

УДК 550.85 : 553.494 + 553.641 (477)

Харитонов В.М., Олійник Т.А.

ВТОРИННЕ ОПРОБУВАННЯ КОРИННИХ ФОСФОР-ТИТАНОВИХ РУД

Перевірена можливість застосування формули Гая для скорочення проб при вирішенні задач прикладної мінералогії фосфор-титанових руд. На прикладі руд Носачівського родовища розраховані значення факторів f , g , l , m . Доведено пріоритетність формули Гая над формулою Річардса-Чечотта при опробуванні крупно-уламкового рудного матеріалу. Зроблено припущення про необхідність додаткових коефіцієнтів у формулі Гая, яка використовується з метою скорочення проб дрібноуламкового матеріалу фосфор-титанових руд.

Україна володіє значними ресурсами титану, є членом «титанового клубу» світу. Близько 76% балансових запасів титану країни відносяться до корінних фосфор-титанових руд. Найбільш відомими родовищами є Стремигородське, Федорівське, Кропивенське, Носачівське та ін. Всього в межах Українського щита відомі більше десяти родовищ та рудопроявів фосфор-титанових руд. Вони просторово тяжіють до розшарованих інтрузій базитів габро-сієнітової, анортозит-рапаківігранітової й перидотит-піроксеніт-норитової формацій [3]. Рівень потенційних ресурсів титану і потужностей виробництва ільменітових концентратів України, за умови залучення до переробки його корінних джерел, оцінюється в 20% від світових [1]. Проте корінні родовища титану в нашій країні не розробляються.

Підготовка родовищ корисних копалин, в тому числі родовищ титанових руд до експлуатації проводиться в декілька етапів. Одним з напрямків попереднього дослідження сировини є визначення її збагачуваності. З цією метою відбираються технологічні проби руд. Вдосконалення схем переробки сировини відбувається з поступовим збільшенням маси проб – від одиниць кілограмів (початкові стадії) до сотень тонн (завершальні напівпримислові і примислові дослідження). Обов'язковим супроводом цих робіт є мінералогічне вивчення матеріалу вихідних проб і продуктів збагачення. Саме на мінералогічну службу покладається задача вторинного опробування.

На відміну від первинного мінералогічного опробування, яке проводять безпосередньо на місці залягання руд або на підприємствах з переробки мінеральної сировини, вторинне опробування виконують у спеціально обладнаних місцях – лабораторіях, керносховищах, склад-подвір'ях та ін. Вторинному опробуванню підлягає первинна проба, маса якої, в залежності від конкретної задачі дослідження, може сягати десятків, сотень і навіть тисяч кілограмів. Тому головною задачею вто-

ринного опробування є скорочення первинної проби зі збереженням її представницького рівня. Коректно відібрана вторинна проба повинна відповідати первинному об'єму сировини за вмістом корисного компоненту та кількісним співвідношенням мінералів [2].

Первинні проби корінних фосфор-титанових руд родовищ України мають свою специфіку. Проби складаються, переважно, з половинок керну розвідувальних свердловин діаметром 76, або 112 мм. Проби представляють певні технологічні сорти руд, які виділяють за вмістом діоксиду титану. Різниця в значеннях вмісту TiO_2 у складі матеріалу проб, які належать до того чи іншого сорту, може коливатись від часток до перших одиниць відсотків, тобто проби візуально можуть не відрізнятись. В той же час, до однієї технологічної проби потрапляють різні мінералого-петрографічні види гірських порід (перидотити, піроксеніти, габро-перидотити, габро, габро-норити тощо).

Для скорочення матеріалу первинних проб, зазвичай, застосовують квартування з попереднім конусуванням [2, 4]. Іншим способом є дев'яти-точкове вторинне опробування (рис. 1).

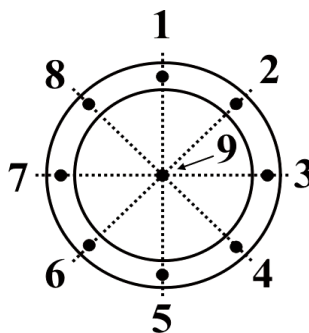


Рис. 1. Схема проведення дев'яти-точкового опробування [2].

Опробування полягає у відборі з матеріалу первинної проби дев'яти рядових проб, які складатимуть вторинну пробу. Точки відбору розташовуються наступним чином. Плaskий „пиріг”, який формують з первинної проби після її конусування, чотирма лініями, які перетинаються в центрі „пирога”, поділяють на вісім рівновеликих секторів. У кінцевих частинах восьми променів (по два на кожному з чотирьох умовних ліній) відбирають вісім рядових проб; дев'яту відбирають у місці перетину чотирьох ліній опробування [2]. На думку авторів, така схема відбору проб більш достовірна в порівнянні з квартуванням, оскільки останнє передбачає відбір двох діаметрально протилежних четвертин „пирога” матеріалу первинної проби, тобто половина її при цьому взагалі не підлягає опробуванню.

Важливим при вторинному опробуванні є визначення маси скороченої проби. На практиці часто застосовують формулу Річардса-Чечотта

$$Q=kd^2, \quad (1)$$

де:

Q – маса скороченої проби, кг;

k – коефіцієнт неоднорідності руди, значення якого змінюється від 0,05 до 1,0 (табл. 1);

d – розмір найбільш крупного уламку в матеріалі проби, мм.

Таблиця 1.

Категоризація руд за рівнем неоднорідності розподілу в них корисного компоненту [4]

Категорія	Характер розподілу корисного компоненту в складі руди	Коефіцієнт варіації значень вмісту корисного компоненту, %	Значення k
I	дуже рівномірний	До 20	0,05
II	рівномірний	20-40	0,05
III	нерівномірний	40-100	0,1
IV	дуже нерівномірний	100-150	0,2-0,4
V	вкрай нерівномірний	Понад 150	0,8-1,0

Формула маси скороченої проби, запропонована Р.Річардсом і Г.Чечоттом є спрощеною модифікацією формули, яку рекомендували Д.Брантон, С.М.Везін, П.Л.Каллістов та ін. [4]. Ці дослідники наголошували на прямій пропорційності маси скороченої проби третьому ступеню середнього значення розміру уламків матеріалу досліджуваної проби, тобто $Q=kd^3$. Оскільки визначення середнього значення d є більш складною задачею в порівнянні з визначенням d_{max} , Р.Річардс і Г.Чечотт запропонували користуватись саме цим значенням. Компенсацію ж завищення маси скороченої проби, на їх думку, забезпечить зменшення показника ступеню при d у відповідній формулі з третього до другого.

Авторами цієї статті був проведений розрахунок маси вторинної скороченої проби сировини з різною крупністю уламків (табл. 2). Використовувались формули Річардса-Чечотта і Д.Брантона (див. вище). Для формули $Q=kd^3$ приймали декілька варіацій значень d : середнє геометричне і арифметичне між крайніми значеннями інтервалу крупності уламків, а також максимальний розмір уламків відповідного інтервалу. В зв'язку зі значним розбігом значень вирахованих показників, графічне порівняння отриманих авторами даних є досить складним. Тому, з метою наочності, було вирішено порівняти порядки значень маси скороченої проби (рис. 2).

Питання про масу скороченої проби можна також вирішити за допомогою формули Гая [2, 5]:

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

де:

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

$$C = fglm, \quad (3)$$

де:

f – фактор форми частинок дробленого матеріалу проби;

g – фактор розмірності частинок;

l – фактор свободи;

m – мінералогічний фактор.

Таблиця 2.

Значення маси вторинних скорочених проб (Q),
 визначені за допомогою формул Річардса-Чечотта і Д.Брантона

Розмір уламків, мм			Q (кг), за формулою Річардса-Чечотта	Q (кг), за формулою Д.Брантона		
інтервал значень	середнє геометричне значення	середнє арифметичне значення		при значенні $d_{\text{геом.}}$, мм	при значенні $d_{\text{арифм.}}$, мм	при значенні $d_{\text{макс.}}$, мм
понад 500,0	500,0*	500,0*	125000,0	62500000,0	62500000,0	62500000,0
- 500,0+300,0	387,3	400,0	45000,0	29047375,1	32000000,0	13500000,0
- 300,0+100,0	173,2	200,0	5000,0	2598076,2	4000000,0	500000,0
-100,0+10,0	31,6	55,0	50,0	15811,3	83187,5	500,0
-10,0+5,0	7,1	7,5	12,5	176,8	210,9	62,5
-5,0+3,0	3,9	4,0	4,5	29,04	32,0	13,5
-3,0+1,0	1,7	2,0	0,5	2,59	4,0	0,5
-1,0+0,5	0,7	0,8	0,1	0,18	0,2	0,06
-0,5+0,25	0,3	0,4	0,03	0,02	0,03	0,008
-0,25+0,16	0,2	0,2	0,01	0,004	0,004	0,002
-0,16+0,125	0,1	0,1	0,008	0,00141	0,001	0,001
- 0,125+0,100	0,1	0,1	0,005	0,0007	0,0007	0,0005
- 0,100+0,074	0,1	0,1	0,003	0,0003	0,0003	0,0002
- 0,074+0,050	0,1	0,1	0,001	0,0001	0,0001	0,0001

* – в зв'язку з незначною кількістю в складі дробленого рудного матеріалу частинок крупністю понад 500 мм, середні значення розміру таких частинок умовно прийняті рівними значенню нижньої межі цієї гранулометричної фракції.

$$m = \frac{1-a}{a} [(1-a)r + at], \quad (4)$$

де:

a – середній вміст частинок корисного мінералу в матеріалі, %;

t – середня густина порожньої породи, г/см³;

r – середня густина корисного мінералу, г/см³.

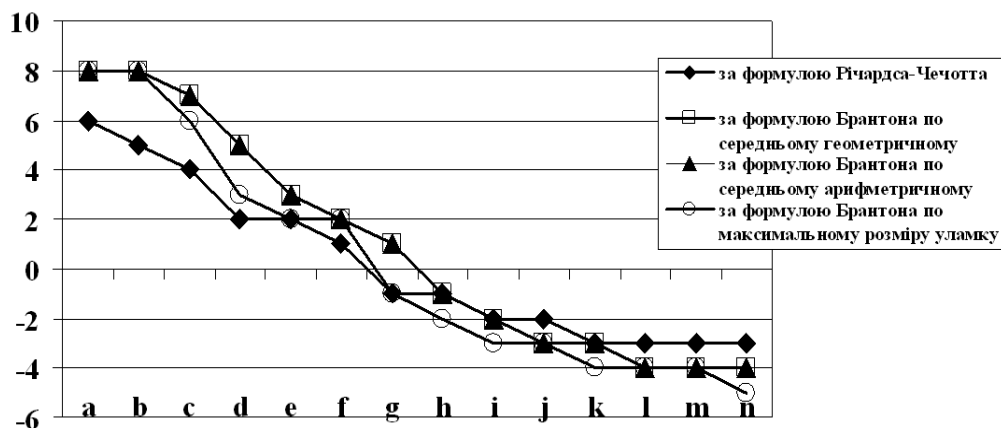


Рис. 2. Залежність зміни порядків значень маси скорочених проб, розрахованих за формулами Річардса-Чечотта і Д.Брантона, від крупності уламків первинної проби (пояснення в тексті).

a – гранулометрична фракція з розміром уламків 500,0 мм; $b-n$ – гранулометричні фракції (мм): b – 500,0-300,0; c – 300,0-100,0; d – 100,0-10,0; e – 10,0-5,0; f – 5,0-3,0; g – 3,0-1,0; h – 1,0-0,5; i – 0,5-0,25; j – 0,25-0,16; k – 0,16-0,125; l – 0,125-0,100; m – 0,100-0,071; n – 0,071-0,050.

Отже, маса скороченої проби вираховується:

$$M_S = (Cd^3 M_L)/(M_L \sigma^2 + C) \quad (5)$$

Враховуючі, що M_L прямує до нескінченності, порівняно з масою скороченої проби, формула (5) набуває вигляду:

$$M_S = Cd^3/\sigma^2 \quad (6)$$

З метою перевірки можливості використання формули Гая для вторинного опробування корінних фосфор-титанових руд, авторами статті були розраховані всі чотири фактори для сировини Носачівського родовища як одного з перспективних родовищ титану України.

Фактор форми (f) – коефіцієнт, який переводить об'єм куба будь-якого розміру в об'єм більш реального уламку відповідної розмірності; ідеальна форма такого уламку – куля. Для зручності f часто приймають рівним 0,5; саме на стільки відрізняється об'єм куба з ребром d від об'єму кулі відповідного діаметру. Тобто,

$$f = \frac{V_{\text{кул}}}{V_{\text{куб}}} = \left(\frac{4\pi R^3}{3(2R)^3} \right) = \frac{\pi}{6} = 0,5. \quad (7)$$

Для вирішення задач прикладної мінералогії фосфор-титанових руд (розробка і вдосконалення технологій їх переробки) вторинному опробуванню підлягає кусковий матеріал, представлений фрагментами напівкерна розвідувальних свердловин.

Носачівські руди являють собою апатит-ільменітову відміну титанової сировини. Отже, f_{ilm} буде визначатись як перевідний коефіцієнт об'єму куба в об'єм індивіда ільменіту. В попередніх роботах авторів зазначалось, що в плоских полірованих поверхнях спостерігається два види форми перетинів індивідів ільменіту – округла і видовжена із закругленими обрисами. Отже, форма індивідів ільменіту найбільш наближена до циліндру, висота якого поступається діаметру. В такому випадку f_{ilm} більш доцільно вираховувати за формулою:

$$f_{ilm} = \frac{(\pi R^2 h)}{(2R)^3} = \frac{\pi R^2 h}{8R^3} = \frac{\pi h}{8R} = 0,4 \frac{h}{R}. \quad (8)$$

У формулі (8) h відповідає ширині видовженого зрізу зерна ільменіту, $2R$ – його довжині. Ізометричні ж перетини дають інформацію лише про діаметр циліндру, тому враховуватись не можуть.

Попередніми дослідженнями авторів для носачівських руд були також визначені гранулометричні показники ільменіту – діаметр ізометричних перетинів і ширина та довжина видовжених зрізів. Заміри проводились у полірованих шліфах, виготовлених з матеріалу трьох технологічних проб, які були скомпоновані з кернавого матеріалу свердловин 04, 03, 05. Статистична база даних проби 01/04 нараховувала 427 значень, серед яких 206 представляла виміри видовжених зрізів. Для проби 02/03, відповідно, 403 і 207, для проби 03/05 – 452 і 241. Була також проаналізована загальна вибірка, до якої увійшли дані всіх трьох проб. Альтернативним варіантом (№2) за значення фактору f_{ilm} авторами було прийняте співвідношення ширини і довжини видовжених зрізів індивідів ільменіту. Результати наведені в табл. 3.

Отже, значення фактору форми виділень ільменіту носачівських руд, визначене з урахуванням особливостей морфології індивідів ільменіту, знаходиться в межах 0,2-0,3.

Фактор розмірності (g) показує рівень неоднорідності руди за розміром індивідів мінералів. Визначається за коефіцієнтом варіації гранулометричного складу дробленої руди – коливається, зазвичай, у межах 0,25-1,0.

Результати досліджень неоднорідності гранулометричного складу руд Носачівського родовища наведені в табл. 4. Розбіжність у значеннях

розміру індивідів ільменіту оцінювалась за трьома показниками – довжина і ширина видовжених зрізів, а також розмір ізометричних перетинів. Лінійні параметри стали вихідними даними для визначення об'єму індивідів ільменіту. Коефіцієнт варіації значень об'єму саме і став основою для визначення фактора g .

Таблиця 3.

Значення фактора f_{ilm} для руд Носачівського родовища

Варіант	Індекси проб	Середнє арифметичне значення	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Інтервал з переважною кількістю значень (середнє)
1	01/04	0,286	0,128	44,740	0,160-0,244(0,202)
	02/03	0,307	0,139	45,208	0,082-0,169(0,126)
	03/05	0,270	0,121	44,898	0,264-0,360(0,312)
	загальна вибірка	0,277	0,124	45,591	0,208-0,346(0,277)
2	01/04	0,358	0,160	44,740	0,205-0,315(0,260)
	02/03	0,384	0,174	45,208	0,103-0,211(0,157)
	03/05	0,337	0,151	44,898	0,330-0,451(0,391)
	загальна вибірка	0,347	0,158	45,591	0,174-0,260(0,217)

Таблиця 4.

Категорії неоднорідності руд Носачівського родовища за розміром індивідів ільменіту

Спосіб розрахунку	Середнє арифметичне значення	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Категорія неоднорідності	Фактор g
проба 01/04					
I	0,161	0,369	228,943	V	0,9
II	0,010	0,024	243,697	V	0,9
загалом для проби	0,083	0,267	322,987	V	1,0
проба 02/03					
I	0,551	0,793	143,973	IV	0,4
II	0,028	0,040	141,584	IV	0,4
загалом для проби	0,304	0,642	211,451	V	0,9
проба 03/05					
I	0,230	0,400	174,140	V	0,8
II	0,012	0,017	142,709	IV	0,4
загалом для проби	0,128	0,311	243,447	V	0,9
загалом для трьох проб	0,168	0,443	263,379	V	1,0

Для кожної з технологічних проб розрахунки виконувались двома способами. Перший – з використанням значень довжини і ширини видовжених зрізів – за формулою об'єму циліндру; другий – з використанням даних розмірності ізометричних зрізів – за формулою:

$$V_{ilm} = f_{ilm} a^3, \quad (9)$$

де:

f_{ilm} – фактор форми індивідів ільменіту;

a – діаметр ізометричного зрізу індивіду ільменіту, мм.

Для проб 02/03 і 03/05 значення об'єму кристалів ільменіту, розраховані за різними способами, мають рівень неоднорідності IV, тобто фактор g дорівнює 0,4. Проте, за розмірами ізометричних і видовжених зрізів кристалів ільменіту, значення їх об'єму в кожній з трьох проб окремо і для всіх проб загалом, мають рівень неоднорідності V (вкрай нерівномірний). Отже, значення фактору розмірності частинок дробленої руди для носачівських руд слід прийняти рівним 1,0.

Фактор свободи (l) за математичним змістом відповідає коефіцієнту неоднорідності руди (k) у формулах Річардса-Чечотта і Д.Брантона. Він теж визначається за коефіцієнтом варіації значень вмісту корисного компонента в складі сировини. Для родовищ України прийнята наступна сортність корінних фосфор-титанових руд – бідні (4,0-6,0 мас.% TiO_2), середні (6,0-10,0) і багаті (понад 10,0). Було проведено статистичну обробку результатів хімічних аналізів матеріалу рядових проб, відібраних з керну розвідувальних свердловин. Всього було проаналізовано дані семи свердловин. До вибірки увійшли дані проб з вмістом TiO_2 не менше 4,0 мас.%.

Всі дані було розділені у відповідності до сортності руд. Фактор свободи визначався окремо для трьох сортів (табл. 5). Для кожного з них значення його становило 0,05.

Таблиця 5.

Значення фактору l для руд Носачівського родовища з різним вмістом TiO_2

Сорти руд	Середнє арифметичне значення вмісту TiO_2 , мас. %	Стандартне відхилення, мас. %	Коефіцієнт варіації	Категорія неоднорідності за вмістом TiO_2	Значення фактору l
бідні	4,639	0,486	10,484	I	0,05
середні	7,929	1,104	13,920	I	0,05
багаті	14,455	3,581	24,773	II	0,05

Фактор l визначався також для окремих свердловин. Для них коефіцієнт варіації титаноносності носачівських руд коливається від 43,84 до 60,84%, що відповідає III-й категорії неоднорідності, тобто l дорівнює 0,1 (табл. 4). Отже, для дослідження окремих сортів фосфор-титанових руд достатньо прийняти фактор свободи на рівні 0,05. У разі мінералогічних досліджень сировини по окремих свердловинах його слід підвищити до 0,1.

Мінералогічний фактор (m) зв'язує вміст і густину рудного мінералу з густиною жильної породи. Фактично, m вираховується, як співвідношення в певних пропорціях компонентів двох типів:

1) на 100-% складений чистими рудними уламками (присвоюється коефіцієнт 1);

2) на 100-% складений фрагментами порожньої породи або нерудних мінералів (присвоюється коефіцієнт 0).

Отже, в формулі (4) параметр a приймається як відношення вмісту рудного компоненту (мас.%) до 100. Наприклад, при 5,0% TiO_2 в руді, $a = 0,05$.

Руди Носачівського родовища мають наступний мінеральний склад – ільменіт, апатит, піроксен, плагіоклаз, рогова обманка, біотит, сульфіді (піротин, халькопірит, пентландит, пірит) та інші (хлорит, карбонат, мікроклін, кварц, магнетит, серицит).

Для визначення фактору m використовувалася середній вміст і значення густини основних рудних (ільменіт, апатит) і нерудних (плагіоклази, піроксени, олівін) мінералів, вміст яких перевищує 5% від загального об'єму руди (табл. 6). Біотит також враховувався, оскільки матеріал більшості технологічних проб містить його в кількості близько 5%.

Таблиця 6.
Середній мінеральний склад матеріалу технологічних проб
Носачівського родовища

Мінерали	№№ проб/№№ свердловин		
	01/04	02/03	03/05
плагіоклаз	53,82	61,27	51,94
піроксен	14,5	11,36	18,81
біотит	4,69	1,33	6,95
apatит	3,22	3,69	2,27
ільменіт	12,27	9,71	11,41
інші	11,50	12,64	8,62
Загалом	100,00	100,00	100,00

В зв'язку з тим, що рудна й нерудна складові є багатокомпонентними, фактор m визначався за формулою (10), похідною від формули (4).

$$m = \frac{1 - \bar{a}'}{\bar{a}'} \left[(1 - \bar{a}') \bar{r} + \bar{a}' \bar{t} \right], \quad (10)$$

де:

\bar{a}' – сума значень середнього вмісту рудних мінералів (ільменіту й апатиту), %;

\bar{t} – середня густина порожньої породи (приймається як середньо-озважене значення густини головних нерудних мінералів – плагіоклазу,

піроксену й біотиту (відповідно, 2,68, 3,65 і 3,00 г/см³); для проби 01/04 – 2,893, проби 02/0,3 – 2,835, проби 03/05 – 2,943 г/см³.

\bar{r} – середня густина корисного компоненту (приймається як середньозважене значення густини ільменіту й апатиту (4,70 і 3,16 г/см³); для проби 01/04 – 3,480, проби 02/0,3 – 3,584, проби 03/05 – 3,416 г/см³.

За результатами розрахунків, значення мінералогічного фактору для матеріалу трьох технологічних проб носачівських руд склали, відповідно, 18,49, 22,51 і 21,15 г/см³.

Статистична похибка (σ^2) прийнята рівною $2,5 \cdot 10^{-3}$, тобто $(0,05)^2$, оскільки при 5,0%-й похибці мінералогічного методу досліджень значення σ становитиме 0,05.

Підставивши значення факторів f, g, l, m і значення похибки σ^2 у формулу (4), автори отримали значення маси вторинної проби, яку слід відібрати з матеріалу фосфор-титанових руд з різним розміром уламків (табл. 7). Для порівняння була також розрахована маса скороченої проби за формулою Річардса-Чечотта ($k=0,05$).

Таблиця 7.
Маса вторинної проби, розрахована за допомогою формул Річардса-Чечотта і Гая

Максимальний розмір уламків, мм	Q, кг (за формулою Річардса-Чечотта)	Розмір уламків, см	Ms, г (за формулою Гая)														
			01/04					02/03					03/05				
			f=0,20	g=1,00	l=0,05	m=18,50	$\sigma^2=1,21$	f=0,13	g=0,9	l=0,05	m=22,5	$\sigma^2=0,24$	f=0,31	g=0,9	l=0,05	m=21,1	$\sigma^2=0,24$
500,0	12500,0	50,0	9342500,0					6378750,0					14812200,0				
300,0	4500,0	30,0	2017980,0					1377810,0					3199435,2				
100,0	500,0	10,0	74740,0					51030,0					118497,6				
10,0	5,0	1,0	74,74					51,03					118,45				
5,0	1,25	0,5	9,34					6,38					14,81				
3,0	0,45	0,3	2,02					1,38					3,12				
1,0	0,05	0,1	0,07					0,05					0,19				
0,5	0,013	0,05	0,01					0,006					0,014				
0,25	0,003	0,025	0,001					0,0008					0,002				
0,16	0,001	0,016	0,0003					0,0002					0,0005				
0,125	0,0008	0,013	0,0001					0,0001					0,0002				
0,100	0,0005	0,010	0,00007					0,00005					0,0001				
0,074	0,0003	0,007	0,00003					0,00002					0,00005				
0,050	0,0001	0,005	0,000009					0,000006					0,00001				

З аналізу викладеного (рис. 3) випливає, що маса вторинної проби, розрахованої за формулою Річардса-Чечотта для крупноуламкового матеріалу, перевищує масу проби, визначену за формулою Гая, для дрібноуламкового матеріалу – навпаки, M_s значно поступається (на декілька порядків) Q .

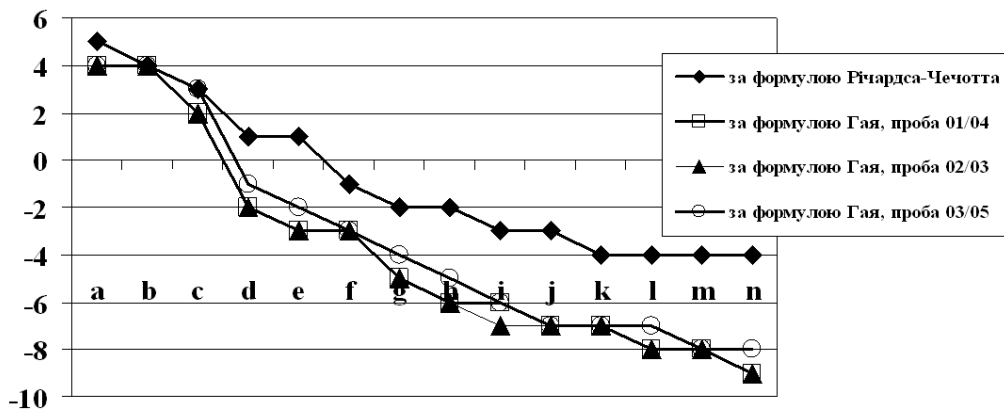


Рис. 3. Залежність зміни порядків чисел значення маси скороченої проби (кг), розрахованої за формулами Річардса-Чечотта і Гая, від крупності уламків (мм) первинної проби.

a-n – гранулометричні фракції з максимальним розміром уламків (мм): 500,0; *b* – 300,0; *c* – 100,0; *d* – 10,0; *e* – 5,0; *f* – 3,0; *g* – 1,0; *h* – 0,5; *i* – 0,25; *j* – 0,16; *k* – 0,125; *l* – 0,100; *m* – 0,074; *n* – 0,050.

Висновки

Формули Річардса-Чечотта і Гая не можна вважати універсальними і застосовувати для опробування матеріалу фосфор-титанових руд будь-якого розміру. Кожна з формул має свої переваги і недоліки. Нажаль, вони не компенсують одне одного.

Формула вітчизняної школи досліджень гірничої маси (Річардса-Чечотта) є оптимальною для матеріалу з крупністю частинок від 10,0 до 0,25 мм. У формулі порушені співвідношення одиниць виміру маси, лінійних розмірів і густини. Проте, головною перевагою цієї формули є її простота, що пояснює її застосування впродовж тривалого часу (майже 80 років).

Формула Гая більш повно враховує особливості неоднорідності руд, у ній чітко пов'язані між собою три базові поняття фізики – маса, об'єм, густина. За її розрахунками вимагається менша кількість речовини для дослідження крупноуламкового матеріалу проб. Проте для дрібнозернистого матеріалу (частинки менше 1,0 мм) визначена маса вторинної проби є замалою для мінералогічного контролю якості руд і продуктів її збагачення.

Застосування формули Гая, на думку авторів, є більш доцільним, проте проводити розрахунки слід за певних припущень.

1. Для крупноуламкового матеріалу (розмір штуфів або бутів в сотні або тисячі разів перевищує розмір індивідів рудних мінералів) фактори *f* і *g* слід визначати для уламків руди, а не для мінеральних індивідів. Це не складно виконати за умов однорідності кускового матеріалу більшості технологічних проб, оскільки вони складені напівкер-

ном розвідувальних свердловин одного діаметру. Значення фактору m у цих випадках можна прийняти рівним значенню густини руди. В такому випадку маса скороченої проби відповідатиме масі уламку руди заданого розміру, віднесеної до дисперсії значень вмісту корисного компонента. Таких уламків слід відібрати 9 (за схемою дев'яти-точкового опробування) – їх загальна маса буде складати масу вторинної проби.

2. Для дрібноуламкового матеріалу (з розміром частинок, близьким до розміру індивідів рудних мінералів) пропонується визначити фактори f , g , m , як для руд Носачівського родовища. Значення фактору l для матеріалу малої крупності не може залишатись на тому ж рівні, що і для крупноуламкового матеріалу. Низьке значення фактора свободи для фосфор-титанових руд обумовлене вузьким інтервалом значень вмісту корисного компоненту, оскільки за цих умов до статистичних виборок потрапляють рядові проби з близькими якісними показниками і, відповідно, для них властиве низьке значення коефіцієнтів варіації. Для дрібнозернистого матеріалу очевидним є збільшення рівня неоднорідності через те, що вони складені розкритими (вільними) уламками рудних і нерудних мінералів, а також їх зростками. Отже маса вторинної проби повинна базуватись на кількості спостережень, достатній щоб задовольнити необхідний рівень достовірності досліджень. Сумарна маса такої кількості уламків і буде складати пробу після скорочення. Розрахована таким чином M_s ділиться на 9, що буде становити масу (M_i) однієї з дев'яти рядових вторинних проб.

3. Різке падіння маси скороченої проби для дрібноуламкового матеріалу, розрахованої за формулою Гая, пов'язане з різким зменшенням маси уламків у порівнянні зі зменшенням їх лінійних розмірів. Так, внаслідок зменшення вихідного гіпотетичного уламку (куб) з ребром d , до розміру вдвічі меншого, маса вторинного уламку зменшується у вісім разів. Якщо розмір учетверо менший, маса зменшується в шістьдесят чотири рази і т.д. Мінералогічні дослідження базуються на вимірах простору, який займає той чи інший мінеральний індивід чи його фрагмент, отже лінійний розмір є більш пріоритетним критерієм для досліджень з прикладної мінералогії. Саме це обумовлює необхідність збільшення маси вторинної проби дрібноуламкового матеріалу, визначеної за формулою Гая.

Подальші дослідження слід спрямувати на встановлення пропорційності збільшення мас вторинних проб у залежності від розміру уламків матеріалу, з якого вони відбираються, а також на визначення факторів форми, розмірності, свободи і мінерального складу фосфор-титанових руд інших родовищ України, необхідних для розрахунків M_s за допомогою формули Гая.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галецкий Л.С., Быховский Л.З. *Решение Международной конференции «Рудная база титана СНГ-2009» (Москва, 12 ноября 2009 г.) // Титан. – 2010. – № 1. – С. 22-24.*

2. Джонс М.П. Прикладная минералогия. Количественный подход / Пер. Е.А.Годовиковой // Москва: Недра, 1991.– 391 с.
3. Митрохіна Т., Митрохін О. Титаноносні інтрузії в анортозитових комплексах протерозою // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Серія Геологія.– 2010.– №48.– С. 22-26.
4. Смирнов В.И. Геологические основы поисков и разведок рудных месторождений // Москва: Изд. МГУ, 1957.– 587 с.
5. Gerlach R.W., Nocerino J.M. Guidance for obtaining representative laboratory analytical subsamples from particulate laboratory samples // U.S. Environmental protection agency.– 2003.– 134 p.

ХАРИТОНОВ В.М., ОЛІЙНИК Т.А. Вторинне опробування корінних фосфор-титанових руд.

РЕЗЮМЕ. Формула Річардса-Чечотта для розрахунку маси скороченої вторинної проби є загальноприйнятою при вирішенні прикладних мінералогічних питань дослідниками вітчизняних наукових шкіл. Альтернативою цій формулі при вивченні фосфор-титанових руд може бути формула Гая, яку застосовують представники західних шкіл. Для сировини Носачівського родовища (Український щит) були розраховані фактори f , g , l , m , значення яких знаходяться в інтервалах, відповідно, 0,2-0,3; 0,4-1,0; 0,05-0,1 і 18,5-21,1. Використання формули Гая є пріоритетним при опробуванні крупноуламкового матеріалу фосфор-титанових руд у порівнянні з формулою Річардса-Чечотта, оскільки при використанні останньої необхідна значно більша маса вторинних проб.

Ключевые слова: фосфор-титановые руды; вторичное опробование.

ХАРИТОНОВ В.Н., ОЛЕЙНИК Т.А. Вторичное опробование коренных фосфор-титановых руд.

РЕЗЮМЕ. Формула Річардса-Чечотта для расчета массы сокращенной вторичной пробы является общепринятой при решении прикладных минералогических вопросов исследователями отечественных научных школ. Альтернативой этой формуле при изучении фосфор-титановых руд может быть формула Гая, которую применяют представители западных школ. Для сырья Носачевского месторождения (Украинский щит) были рассчитаны факторы f , g , l , m , значения которых находятся в интервалах, соответственно, 0,2-0,3; 0,4-1,0; 0,05-0,1 и 18,5-21,1. Использование формулы Гая является приоритетным при опробовании крупнообломочного материала фосфор-титановых руд по сравнению с формулой Річардса-Чечотта, так как при использовании последней требуется значительно большая масса вторичных проб.

Ключеві слова: фосфор-титанові руди; вторинне опробування.

KHARITONOV V.M., OLIYNYK T.A. Ledge phosphorus-titanium ores resampling.

SUMMARY. The formula by Richards-Chechott for mass calculation of secondary subsample is standard when solving applied mineralogical problems by investigators from domestic schools of sciences. An alternative to it when studying phosphorus-titanium ores can be the formula by P.Gy used by the representatives of westerly schools. For the raw material from Nosachivske deposit (the Ukrainian Shield) the factors f , g , l , m , have been calculated, the values of which are within interval 0,2-0,3; 0,4-1,0; 0,05-0,1 and 18,5-21,1 accordingly. The use of the formula by P.Gy is higher priority when sampling macrofragmental material of phosphorus-titanium ores comparing to the formula by R.Richards-G.Chechott as it requires much bigger volume of resampling.

Key words: phosphorus-titanium ores; resampling.

*Надійшла до редакції 23 грудня 2010 р.
Представив до публікації доц. Ю.Л.Ахкозов.*