

Є.З. МАЛАНЧУК, канд. техн. наук, доц.

ДВНЗ «Національний університет водного господарства та природокористування», м. Рівне

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОЗПОДІЛУ САМОРОДНОЇ МІДІ ЗА КЛАСАМИ КРУПНОСТІ НА РАФАЛІВСЬКОМУ БАЗАЛЬТОВОМУ КАР'ЄРІ

Роботу присвячено експериментальним дослідженням фізико-механічних властивостей самородної міді на Рафалівському базальтовому кар'єрі, сировина якого представляє інтерес не лише як будівельний матеріал, але й як рудовиявлення багатьох цінних мінералів. У результаті свердловинної розвідки і вивчення покладів в декількох кар'єрах Волині встановлено, що самородномідна мінералізація має регіональний характер і належить до декількох морфотипів з різними умовами локалізації, зокрема, у вигляді розсіяно-вкраплених, шарувато-вкраплених, прожилковувкраплених і у вигляді крупно-вкраплених самородків в лавокластичних брекчіях. Усі ці різновиди утворюють різну концентрацію самородної міді від 0,3 до 1,0 %.

Особливістю вкрапленості самородної міді є її різний вміст в базальтових потоках, розділених потужними потоками туфів, туфітів і лавобрекчій. Тому їх дослідження являє великий практичний інтерес і носить комплексний характер з огляду методів вивчення, властивостей окремих вулканітових зон і потоків, їх хімічного і мінералогічного складу.

Метою роботи є визначення мінералогічного складу різних магматичних порід базальтового родовища, визначення їх дробимості, подрібнюваності і характеру розподілу корисних компонентів в підготовленій до їх вилучення гірської маси. Наведено результати експериментальних досліджень з визначення мінерального складу різних магматичних порід базальтового родовища. Обґрунтовано технічну й економічну доцільність видобутку міді і супутніх металів, яка дозволяє встановити поліметалічну мінералізацію вміщуючих порід з відсотковим вмістом кожної мінералізації. Доведено доцільність комплексного підходу до процесу збагачення мінералів.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. З типами самородномідної мінералізації безпосередньо пов'язані особливості технологічних операцій при видобутку, рудопідготовці і вилученню корисних компонентів. Враховуючи великі площі, зайняті базальтовими родовищами, найдоцільніше вести вивчення рудовиявлень і їх особливостей по окремих регіонах.

Аналіз досліджень і публікацій. Базальти Волині тягнуться від Молдавії через Україну і Польщу до Білорусі. Як сировинна база вони представляють інтерес не лише як будівельний матеріал, але і як рудовиявлення багатьох цінних мінералів. Знайдені ще в тридцятих роках минулого сторіччя самородки міді у волинських базальтах поклали початок вивченню походження мідної мінералізації, мінералогічного складу вміщуючих порід, виявленню перспективних родовищ і пошукам нових ділянок оруднення.

Постановка задачі. До теперішнього часу на Волині відомо два міднорудні об'єкти, і дослідження продовжуються. Рівненською геологічною експедицією в результаті свердловинної розвідки і вивчення покладу в декількох кар'єрах встановлено, що самородномідна мінералізація в трапах Волині має регіональний характер і належить до декількох морфотипів з різними умовами локалізації, зокрема, у вигляді розсіяно-вкраплених, шарувато-вкраплених, прожилковувкраплених і у вигляді крупно-вкраплених самородків в лавокластичних брекчіях.

Усі ці різновиди утворюють різну концентрацію самородної міді від 0,3 до 1,0%. У лавобрекчіях зустрічаються самородки масою до 700 г, і концентрація міді в них коливається в межах від 0,04 до 5,0 %.

Подальше вивчення морфологічних типів самородної міді показала їх велику різноманітність. На особливу увагу при цьому заслуговують самородки міді у вигляді розгалужених дендритів різної форми і ваги, які переважно знаходяться в лавобрекчіях волинського рудовиявлення.

Викладення матеріалу і результати. Важливою особливістю вкрапленості самородної міді, яка була встановлена вказаними вище авторами і подальшими дослідженнями, є її різний вміст в базальтових потоках, які розділені потужними потоками туфів, туфітів і лавобрекчій.

У шарах цих потоків, потужності яких можуть змінюватись від 24 до 80 м окрім самородної міді виявлені сполуки таких металів, як мідь, залізо, нікель, титан, алюміній, платина, золото. Тому їх дослідження представляє великий практичний інтерес і носить комплексний характер з точки зору методів вивчення, властивостей окремих вулканітових зон і потоків, їх хімічного і мінералогічного складу.

Такий підхід створює наукову базу для розробки технології комплексної переробки родовища концентрації самородної міді з вилученням не менш цінних мінералів. Морфологія вкрапленості їх в рудному тілі, відсотковий вміст, гранулометричний склад дозволяють вже на стадії передпромислового видобутку сировини розробляти рекомендації по збагаченню основних компонентів рудного тіла в базальтовому масиві і прийняти рішення про подальше використання породоутворюючих компонентів гірської маси, що переробляється.

Мета досліджень - визначення мінералогічного складу різних магматичних порід базальтового родовища, розкритого кар'єрною розробкою і на підставі геологічних проб, визначення їх дробимості, подрібнюваності і характеру розподілу корисних компонентів в підготовленій до їх вилучення гірської маси. Проби узяті в Рафалівському базальтовому кар'єрі і відібрані керни розвідувальних свердловин цієї ділянки з глибини 208-210 м, а також досліджувалися зразки проб з інших кар'єрів. Дослідження проводилися на малих пробах, вага яких не перевищувала 20 кг.

Дроблення й подрібнення зразків проводилося на відцентровій дробарці і млині з подальшою тонкою класифікацією продуктів подрібнення, які піддавалися спектральному аналізу.

У табл. 1 надано результати досліджень порід різного рівня залягання Рафалівського базальтового кар'єру. Їх аналіз вказує, перш за все, на високу рудоносність вміщуючих порід. При цьому кремній, калій, кальцій є породоутворюючими елементами, а мідь, залізо, титан, цинк, нікель є їх поліметалічним вмістом.

Таблиця 1

Результати спектрального аналізу порід базальтового кар'єру

Найменування елементів	Порода - базальт афонітовий з прожилково-вкрапленою самородно-мідною мінералізацією	Порода - лавобрекчія базальтового вмісту, мідевісна	Порода - базальтовий туф з розсіяно-вкрапленою і прожилковою самородно-мідною мінералізацією
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Фосфор	0	1,77	0
Сірка	1,85	1,44	1,377
Калій	2,0	2,07	1,28
Кальцій	17,5	19,85	6,34
Титан	3,28	3,09	3,988
Хром	0,13	0,126	0,138
Марганець	0,045	0,348	0,81
Залізо	42,2	45,7	52,06
Нікель	1,5	1,66	2,177
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Мідь	0,43	0,174	0,7
Цинк	4,71	0,198	3,05
Стронцій	0,2	9,42	0,1

Сполука титаномagnetиту є технологічно зручним поєднанням при збагаченні й використанні.

Характерною особливістю подрібнених порід до крупності 50-100 мікрон є наявність деформованих шматочків самородної міді, розміри яких перевищують подрібнену вміщуючу породу, що свідчить про те, що відцентровий метод подрібнення порід з самородно-мідною мінералізацією бажаний, оскільки подальша тонка класифікація дозволяє вилучати самородно-мідні утворення, минаючи традиційні операції збагачення.

Наявність самородної міді у всіх трьох досліджуваних породах, які знаходяться в базальтовому масиві, вказує на доцільність комплексної переробки базальтового масиву з роздільною технологією вилучення металів з вміщуючих порід.

Дроблення і, особливо, подрібнення на млинах барабанного типу (кульових), валкових, струменевих дають високу тонкість помелу як вміщуючих порід, так і самородних включень міді, після чого її вилучення можливо лише методом флотації.

Подрібнення на валкових млинах характерне появою плоских пластинок з самородних включень, причому ці пластинки прокатуються разом з вміщуючою породою, що ускладнює їх подальшу тонку класифікацію на грохоті і механічне відділення мідних включень.

Результати спектрального аналізу порід базальтового кар'єру

Найменування елементів	Порода - базальт афонітовий з прожилково-вкрапленою самородно-мідною мінералізацією	Порода - лавобрекчія базальтового вмісту, мідевмісна	Порода - базальтовий туф з розсіяно-вкрапленою і прожилково самородномідною мінералізацією
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Фосфор	0	1,77	0
Сірка	1,85	1,44	1,377
Калій	2,0	2,07	1,28
Кальцій	17,5	19,85	6,34
Титан	3,28	3,09	3,988
Хром	0,13	0,126	0,138
Марганець	0,045	0,348	0,81
Залізо	42,2	45,7	52,06
Нікель	1,5	1,66	2,177
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Мідь	0,43	0,174	0,7
Цинк	4,71	0,198	3,05
Стронцій	0,2	9,42	0,1

Аналіз виконаних раніше досліджень показав, що мідь в самородках надзвичайно чиста (Cu - 99,763-99,82 %) і вміст міді в базальтах, а також її запаси в родовищах мають промислове значення. Не дивлячись на те, що поширення самородної міді в трапах Волині має регіональний характер, на діючих базальтових кар'єрах, розробляючи верхні уступи на щєбінь, селективно зустрічаються шари лавобрекчій і туфів з високим вмістом самородної міді різних типів мінералізації і вкрапленості.

Раніше встановлений ряд залежностей, зокрема, залежність вмісту самородної міді в різних класах крупності при дробленні і подрібненні базальтів різних перспективних ділянок Рівненського регіону.

Встановлено найбільш технологічні класи крупності для ефективного вилучення міді. При цьому відмічено, що при однакових після ваги проб в крупношматкових зразках знаходиться більший вміст самородних включень. Така вибірковість обумовлює підбір технологічного устаткування для рудопідготовки і вилучення міді.

Високою мінералізацією відрізняються супутні базальтам туфи. Ця мінералізація коливається в широких межах навіть в рамках одного родовища, проте у всіх випадках представляє промисловий інтерес.

У табл. 2 представлено результати спектрального аналізу коричневого туфу Рафалівського базальтового кар'єру відповідно до фракційного складу подрібненого туфу. На відміну від лавобрекчій, у досліджуваному туфі вміст корисних компонентів змінюється несуттєво від крупності проби в межах дрібного і тонкого подрібнення.

Таблиця 2

Результати спектрального аналізу коричневого туфу

Мінералогічний склад	Розподіл мінералів по фракціях								
	+2,5	+1,6	+1,0	+0,63	+0,315	+0,2	+0,1	+0,05	-0,05
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марганець	0,1	0,09	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1
Свинець	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0009
Молібден	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ванадій	0,02	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,02	0,015
Мідь	0,02	0,01	0,03	0,06	0,06	0,05	0,03	0,01	0,01
Срібло	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Натрій*	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Титан*	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5
Кобальт	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005

Продовження табл. 2

Нікель	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005
Цирконій	0,01	-	-	0,008	0,008	0,009	0,01	0,01	0,01
Магній*	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Кремній*	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0
Алюміній*	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5
Залізо*	>3	>3	>3	>3	>3	>3	>3	>3	>3
Хром	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Кальцій*	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6
Стронцій	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Барій	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Ітрій	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-

* Породоутворюючі елементи

Таблиця 3

Вміст самородної міді за класами крупності в подрібнених породах

Класи крупності, мм	Вміст самородної міді							
	вага, г		%		вага, г		%	
	проба № 1		проба № 2		проба № 3		проба № 6	
+10	33,50	20,70	20,10	14,670	16,50	17,10		
-10+5	40,50	23,60	37,90	27,66	28,40	29,30		
-5+1,0	45,10	23,60	30,50	22,26	24,10	25,70		
-1,0+0,5	25,60	14,63	19,50	14,25	12,40	18,50		
-0,5+0,1	15,10	8,73	15,00	10,90	8,10	8,60		
-0,1+0,05	10,20	5,809	14,00	10,26	6,40	6,80		
Всього в пробі	172,0	100,0	137,0	100,0	96,0	100,0		
	проба № 4		проба № 5		проба № 6			
+10	12,40	15,70	10,50	20,20	-	-		
-10+5	16,20	20,50	8,20	15,80	12,20	26,00		
-5+1,0	22,30	28,30	10,00	19,20	15,30	32,50		
-1,0+0,5	13,20	16,60	11,10	21,30	5,40	11,50		
-0,5+0,1	7,30	9,30	6,40	12,30	7,60	16,10		
-0,1+0,05	7,60	9,60	5,80	11,20	6,50	13,80		
Всього в пробі	79,0	100,0	52,0	100,0	47,0	100,0		

Слід зазначити, що процес рудопідготовки на стадії дроблення потребує окремих досліджень. Вивчення характеру тріщинуватості базальтів в кар'єрах показує, що тріщини утворюють характерні відокремлення, відмічені цілим рядом фахівців на кар'єрах інших корисних копалин.

Відокремлення мають різну величину (від нижчої до вищої) і відображають рівень організації речовини. Тому руйнування вміщуючих порід на закладених природою відокремлення повинно відбуватися з меншою кількістю енергії. Майже всі існуючі в даний час дробильні агрегати не враховують цього факту, тому вони дуже енергоємні.

У зв'язку з цим пошук оптимальних розмірів рудного тіла або породного компоненту для отримання максимального розкриття руди приводить до формування нових технологій вилучення корисних металів.

З цих позицій вивчення вмісту корисних компонентів у різному гранскладі вміщуючих порід має сенс.

Висновок і направлення подальших досліджень. Обґрунтовано технічну й економічну доцільність видобутку міді і супутніх металів, що дозволяє встановити поліметалічну мінералізацію вміщуючих порід з процентним вмістом кожної мінералізації, а також зробити висновок про доцільність комплексного підходу до процесу збагачення мінералів при розробці родовища, що вказує на доцільність відцентрового методу рудопідготовки сировини до збагачення, оскільки він якнайповніше реалізує фізичну природу руйнування гірської маси.

Список літератури

1. Мідь Волині. Наукові праці Інституту фундаментальних досліджень / Відп. ред. **В.О. Шумлянський**. Київ: Знання України, 2002. – С. 112.
2. **Квасниця В.М., Квасниця І.В.** Особливості самородної міді України / Мінерал. зб. – Вип. 1. – 2002. – №52. – С. 55-60.
3. **Матеюк В.В., Мельничук В.Г.** Досвід вивчення базальтових потоків в трапах Волині при геологічній зйомці

та пошуку родовищ самородної міді / В кн.: Регіональні геологічні дослідження в Україні і питання створення «Держгеокарти-2000». – Київ: Геоінформ, 2001. – С. 168-170.

4. **Квасниця І.** Про походження самородної міді з вендських вулканітів Західної Волині / У журн. «Геолог України». Вид. спілки геологів України. – №3. – 2006. – С. 40-51.

5. **Маланчук З.Р.** Перспективи комплексної переробки базальтової сировини Волині / З.Р. **Маланчук, А.Ф. Булат, В.П. Надутий** // Геотехнічна механіка: зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Вип. 85. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 3-8.

6. **Маланчук З.Р.** Спосіб видобутку туфу / **Маланчук З.Р., Руденко Г.В., Надутий В.П.** // Патент №75587 Заявка № U 2012 05357, від 03.05.2012р. Опубл. Бюл. № 23 від 10.12.2012р.

7. **Надутий В.П.** Вертикальний внутрішньо-валковий млин / **Надутий В.П., Сухарєв В.В.** // Патент №67950 Заявка № 2011 09860, від 08.08.2011р. Опубл. Бюл. № 5 від 12.03.2012р.

Рукопис подано до редакції 19.02.14

УДК 622.235

О.О. ФРОЛОВ, д-р техн. наук, доц.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ДЕТОНАЦІЙНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ ПРИ БАГАТОТОЧКОВОМУ ІНІЦІУВАННІ СВЕРДЛОВИНИХ ЗАРЯДІВ

Виконано аналіз досліджень з визначення раціональних параметрів багатоточкового ініціювання. Показано, що існуючі конструкції свердловинних зарядів вибухових речовин не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які дозволили б забезпечити максимальну ефективність детонаційних енергетичних потоків при їхній дії на стінки свердловини. Також не достатньо обґрунтовано способи реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування в порівнянні з точковим ініціюванням.

За результатами досліджень встановлено, що максимальна ефективність дії сумарного імпульсу детонаційних хвиль послідовного багатоточкового ініціювання в 1,39-1,57 разів більше порівняно з одноточковим залежно від зміни швидкості поширення детонації по вибуховій речовині з 5000 до 2500 м/с відповідно. Також доведено, що при одночасному багатоточковому ініціюванні значення сумарного імпульсу детонаційних хвиль більше в 1,61 рази ніж імпульс при одноточковому підриванні незалежно від швидкості детонації вибухової речовини.

Визначено оптимальні відстані між проміжними детонаторами послідовного і одночасного багатоточкового ініціювання. Встановлено, що оптимальна відстань між проміжними детонаторами послідовного багатоточкового ініціювання становить 1,1-2,1 м при збільшенні швидкості детонації вибухової речовини з 2500 до 5000 м/с та при одночасному багатоточковому ініціюванні – 0,92 м незалежно від швидкості поширення детонації по вибуховій речовині.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Чисельними дослідженнями встановлено, що при застосуванні багатоточкового ініціювання створюється багатоімпульсне навантаження на стінки свердловини, яке обумовлює підвищення ефективності руйнування [1-5]. На сьогодні розроблено та запропоновано до використання декілька конструкцій багатоточкового ініціатора, визначено їхні параметри і рекомендовані різні способи розміщення проміжних детонаторів у свердловині.

Однак, незважаючи на успіхи, досягнуті в галузі вивчення механізму вибухового руйнування реальних середовищ, існуючі конструкції свердловинних зарядів вибухових речовин (ВР) не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які дозволили б забезпечити максимальну ефективність детонаційних енергетичних потоків при їхній дії на стінки свердловини. Також недостатньо обґрунтовано способи реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування порівняно з точковим та лінійним ініціюваннями.

Аналіз досліджень і публікацій. Автори роботи [2] при дослідженні ефективності застосування багатоточкового ініціатора встановили, що тривалість дії продуктів детонації в зарядній камері при підриванні зарядів збільшується в декілька разів порівняно зі звичайним способом підривання. Відстань між точками ініціювання становила 1,0 м.

Дослідження [3], що виконані для визначення оптимальної відстані між точками ініціювання з урахуванням руху детонаційних хвиль одночасно з двох сторін та їх взаємодії, дозволили встановити, що відстань між бойовиками, розміщеними по осі свердловини, повинна бути не менше 5-6 і не більше 12-14 діаметрів заряду.