

тості) та можливого накопичення в них шахтного газу.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Böhm August Über die Gesteine des Wechsels – Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen. Wien. №5 (204), 1883. S. 197-21.
2. Григорьев Д.П. Онтогенез минералов / Д.П. Григорьев – Львов: ЛГУ, 1961. – 284 с.
3. Делицин И.С. Структурообразование кварцевых пород / И.С. Делицин – М.: Наука, 1985. – 191 с.
4. Баранов В.А. Микронарушенность кварца песчаников Донбасса в связи с их выбросоопасностью: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. геол.-мин. наук: спец. 04.00.16 „Геология твердых горючих ископаемых” / В.А. Баранов. – Днепропетровск, 1989. – 17 с.
5. Баранов В.А. Закономерности формирования видов пластических микродеформаций в кварце песчаников Донбасса / В.А. Баранов, Л.Ф. Маметова // Науковий вісник НГАУ. – 2001. - №5. – С. 77-79.
6. Маметова Л.Ф. Структурно-мінералогічні перетворення газоносних пісковиків Донбасу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.16 „Геологія твердих горючих копалин” / Л.Ф. Маметова. – Дніпропетровськ. 2011. – 20 с.
7. Минералогическая энциклопедия // – Л.: Недра, 1985. – 512 с.
8. Маметова Л.Ф. Чинники фізичного стану гірничого масиву, визначені на мікрорівні / Л.Ф. Маметова // Геотехнічна механіка: між від. зб. наук. праць // ФГТМ НАН України / 2006. - № 67 – С. 168-174
9. Классен-Неклюдова М.В. Механическое двойникование кристаллов / М.В. Классен-Неклюдова. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 261 с.
10. Пат. 34397 Україна, МПК (2006) E 21 F 7/00 Спосіб визначення кількості тектонічних рухів / Баранов В.А., Маметова Л.Ф.; патентовласник Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова – № 200803051 заявл. 11.03.2008; опубл. 11.08.2008. Бюл. № 15
11. Пат. 51207 України, МПК (2009) E 21 F 7/00. Спосіб визначення типів деформацій / Баранов В.А., Маметова Л.Ф.; патентовласник Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – № 2009 13297; заявл. 21.12.2009; опубл. 12.07.2010. Бюл. № 13.
12. Вернон Р.Х. Метаморфические процессы / Р.Х. Вернон – М.: Недра, 1980. – 227 с.
13. Лукинов В.В. Многоэтапность тектонических преобразований углевмещающих пород Донбасса по данным петрографии / В.В.Лукинов, В.А. Баранов, Л.Ф. Маметова // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. –1998. - №10 – С. 51-55.
14. Привалов В.А. Вращение блоков и сценарий тектонической эволюции Донецкого бассейна / В.А. Привалов // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1998. – № 4. – С. 142-158
15. Привалов В.А. Напряженное состояние разломно-блоковых структур как регулятор локальных палеогеографических обстановок в среднем карбоне Донбасса. / В.А. Привалов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: „Гірничо-геологічна”, вип..81, Донецьк.: - ДонНТУ - 2004. С. 125-139.

**УДК 622.734.621**

Канд. техн. наук Є.З. Маланчук  
(Національний університет водного  
господарства та природокористування)

### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗТАШУВАННЯ САМОРОДНОЇ МІДІ В БАЗАЛЬТОВІЙ ГІРСЬКІЙ МАСІ РАФАЛІВСЬКОГО РУДНОГО ВУЗЛА**

Приведены результаты экспериментальных исследований по выявлению самородной меди в базальтовой горной массе по классам крупности руд и предложена технология рудоподготовки.

### **RESULTS RESEARCHES OF LOCATION NATIVE COPPER IN BASALT ROCK MASS OF RAFALOVKA'S ORE UNIT**

The experimental results for the detection of native copper in basalt rock mass by class size ore are submitted and the technology of ore-preparation is introduced.

**Вступ.** Обґрунтуванням для прийнятого рішення стали результати виконаних досліджень з розміщення самородної міді в базальтовому масиві і перспективі мідевмісних трапових утворень Рафалівського рудного вузла.

Міденосні трапові утворення венду Волинського регіону відомі з 1927 ро-

ку. Перспективи району з виявлення родовищ самородної міді були підтверджені в 80-х роках при проведенні геологорозвідувальних робіт [1].

На даний час площа Волинського міднорудного району вивчена геологічною зйомкою і глибинною геологічною картографією масштабу 1:200000, а також геологічною зйомкою масштабу 1:50000 (60 %). Геологічне картування супроводжувалося геофізичними дослідженнями: граві-, магніто-, електророзвідкою, профільною сейсморозвідкою. Практично всі значні мідні прояви в районі пов'язані з вузлами перетину діагональної і ортогональної систем тектонічних зрушень з тенденцією локалізації міді в крайніх частинах піднятих блоків фундаменту. За результатами геолого-знімальних, пошукових і тематичних робіт в регіоні виділено чотири рудні вузли (Гірняцький, Кухотсько-Вольський, Рафалівський і Шепетівський), потенційні ресурси кожного з яких оцінюються в 5...7 млн. тонн міді. Найбільш вивчений відносно міденості Гірняцький мідний вузол, у межах якого на ділянці Жиричі проведено пошукові роботи. У вулканічних породах трапової формації встановлено шість рудних горизонтів з промисловим вмістом міді (більше 1 %). Рудні горизонти залягають на глибинах 200...500 м від поверхні [2, 3].

**Метою досліджень** є виявлення та розташування самородної міді в базальтовій гірській масі за класами крупності руд.

У проведених раніше дослідженнях встановлено, що у неглибоких рудовмісних трапових утвореннях, виявлених в межах Рафалівського рудного вузла, є прямі ознаки промислових запасів самородної міді. В адміністративному відношенні Рафалівський мідний вузол розташовано в північно-західній частині Рівненської області (70 км на північний захід від м. Рівне). Через площу рудного вузла проходять лінія залізниці Київ-Варшава (ст. Рафалівка, Маневичі) та автомобільна магістраль Київ-Варшава. Значна частина місцевих доріг має тверде покриття. Рудоносні трапові утворення мають вихід на дочетвертинну поверхню смугою 1,0...1,5 км північно-західної протяжності з падінням 15...20 град. на південний захід. У даний час на площі рудного вузла (розміром 40×50 км) виділено дві пошукові ділянки: Мідська і Рафалівська.

На ділянці Мідська за результатами пошукових досліджень діючих базальтових кар'єрів на будівельні матеріали встановлено рудну мінералізацію; вміст міді складає 0,1...0,3 % на потужність до 3 м, а в окремих малопотужних зонах брекчіювання – до 0,6 %.

На Рафалівській ділянці при проведенні геолого-знімальних робіт у масштабі 1:50000 буровою свердловиною 6333 встановлено рудний горизонт з інтервалом 131,8...39,9 м у підшві базальтів Ратненської свити. Самородна мідь знаходиться в мигдалинах і тріщинах; вміст міді 1,14 %. На площі 60 км<sup>2</sup> виконано наземний варіант випробувань в модифікації дипольно-осьового зондування з подальшою деталізацією виявлених аномалій поляризованості на території 15 км<sup>2</sup>. Початок фіксації аномалій пошуковими буровими свердловинами. Пробурено три свердловини (на 3 аномаліях), дві з них підсікли рудні горизонти, що мають пошуковий інтерес.

Бурова свердловина 5878: горизонт I (глибина 34,0...38,5 м), вміст міді

0,4 % на потужність 4,5 м; на потужність 2,3 м вміст міді складає 0,7 %. Горизонт II (глибина 70,7...86,7 м), вміст міді 0,17 % на потужність 16,9 м при коливаннях від 0,1 до 0,3 %. Горизонт III (глибина 137,4...142,7 м), вміст міді 0,46 % на потужність 5,3 м; на потужність 1,2 м вміст міді складає 0,76 %. Буровою свердловиною 5863 було розкрито зруденіння на глибині 36,8...38,6 м (потужність 1,8 м); вміст міді – 0,32 %.

Таким чином, попередні результати робіт свідчать про перспективність виявлення покладів самородної міді, що неглибоко залягають, у межах Рафалівського рудного вузла. Розміри рудного вузла дозволяють сподіватися на відкриття рудних родовищ міді. Враховуючи неглибоке залягання рудних горизонтів (10...150 м), високу технологічність руд (відповідно до результатів досліджень технологічних показників аналогічних руд ділянки Жиричі), розвинуту інфраструктуру району, розробку родовищ в майбутньому можна очікувати високорентабельною.

Виявлена в базальтах Волині самородна мінералізація вимагає ретельного вивчення за своїм поширенням, запасом, складом вміщуючих порід, ступенем концентрації самородної міді, збагаченням руд і відпрацюванням технології допромислової підготовки сировини. Встановлено, що, в основному, носіями мідної мінералізації є базальти, базальтові туфи і лавокластичні брекчії при дуже нерівномірному вмістові міді в породах різного петрографічного складу. Так, наприклад, якщо в туфах спостерігається самородна мінералізація з вмістом міді до 1 % в рудному інтервалі 1,5...7,0 м, то в лавокластичних брекчіях вона коливається від 0,04 % до 5,0 %. При цьому відзначено кілька морфологічних типів мінералізації міді. Провідна роль належить розсіяно-вкрапленій і прожилково-вкрапленій самородномідній мінералізації, характерній для базальтових туфів, в яких мідь міститься в сполучі з гідротермальними мінералами. Самородний тип міді різко відрізняється від попередніх розмірами і вагою самородків. Цей тип розташовано локально в багатих мідних рудниках у малопотужних горизонтах лавокластичних брекчій. Однак запаси міді в них є перспективними для розробки і вимагають першочергового вивчення. Тому далі наведено результати попередніх лабораторних досліджень руд останнього типу мінералізації самородної міді. Наприклад, тонковкраплена мінералізація вимагає тонкого подрібнення вміщуючих порід з подальшими методами флотаційного збагачення. В той же час при крупно-вкрапленій самородній мінералізації доцільно розробляти методи вилучення мідних самородків, не привертаючи повний цикл збагачувального переправлення. Практика показала, що в цьому випадку недоцільно подрібнювати шматки лавобрекчії в шарових млинах, оскільки самородні мідні утворення разом з вміщуючими породами подрібнюються до мікронного рівня, і для збагачення міді необхідна флотація.

Підготовка сировини до збагачення на валкових млинах показала, що при руйнуванні породи утворюються пластинки лускової форми через наявність в ній вулканічного скла і цеолітів, які відіграють роль зв'язку. Найефективніше показав себе процес підготовки сировини з вилучення міді на відцентрових

млинах. Враховуючи ударний механізм руйнування шматків, в цьому випадку дезінтеграція їх відбувається по спаяностях між монокристаллами і, незважаючи на отримання тонкоподрібнених вміщуючих порід, металеві включення міді не руйнуються, а тільки деформуються. Тому подальша, після подрібнення, тонка класифікація на віброгрохоті за декількома класами крупності (в досліджуваному випадку – це класифікація в межах 0,05...0,5 мм) дозволить повністю відділити порожню породу від самородків і зростків. Наступні операції одним з відомих фізичних методів, наприклад електросепарація або металургійний переділ, дозволяють одержувати чисту мідь. Технологічно всі ці операції можуть бути здійснені на наявному стандартному устаткуванні після адаптації його до вимог технології [4].

Враховуючи специфіку процесу рудопідготовки мідевмісних базальтів, в ІГТМ НАН України розроблені (на рівні винаходу), виготовлені і використовуються конусні внутрішньовалкові млини для попередньої підготовки сировини і вібраційні грохоти для тонкої і дрібної класифікації сухих матеріалів і рудних пульп. Діапазон класифікації за крупністю розділення – від 40 мкрн і вище без обмежень. Розроблений і випробовується параметричний ряд таких грохотів для класифікації різної гірської маси і будівельних матеріалів.

Для визначення тенденції розподілу самородної міді в різних класах крупності подрібнення вміщуючих порід були проведені вибіркові дослідження, обмежені малими технологічними пробами кускової лавобрекції з явно вираженими численними вкрапленнями самородної міді [5]. Відбір проб проводився в умовах підірваної гірничої маси Рафалівського базальтового кар'єру в різних точках по фронту забою. Визначалося середнє значення кількості самородної міді в кожному з досліджуваних класів крупності після подрібнення (або тонкого дроблення), класифікації та збагачення вміщуючих порід у кожному класі. Всього було відібрано 10 проб, кожна масою 10 кг у вигляді одного шматка або набором окремих шматків. Контролювався вміст самородної міді в кожному з шести класів крупності подрібненої проби. Результати досліджень представлено в табл. 1. При цьому загальна вага міді в кожній пробі приймалася за 100 %. Для визначення характеру залежності маси самородної міді, що вилучалася, від класу крупності, виконано графічний аналіз отриманих експериментальних результатів, який представлено на рис. 1 (цифрами на кривих позначено номери проб) і показує, що найбільша кількість самородних мідних утворень знаходиться у відносно крупнокускуватих зразках, якщо орієнтуватися на збагачувальну технологію. При цьому спостерігається чітка тенденція до зниження кількості самородних вкраплень у дрібно- і тонкоподрібнених породах. Це вказує на необхідність розробки комплексної технології рудопідготовки, вилучення і доводки при збагаченні самородної міді з базальтових лавобрекцій (6).

Таблиця 1 – Вміст самородної міді за класами крупності у подрібнених породах

Класи крупності, мм	Проба № 1			Проба № 2			Проба № 3			Проба № 4			Проба № 5		
	Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі	
		г	%		г	%		Г	%		г	%		г	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
+10	1,5	33,5	20,7	1,5	20,1	14,6	2,0	16,5	17,1	1,5	12,4	15,7	2,0	10,5	20,2
-10+5	1,0	40,5	23,6	1,5	37,9	27,6	2,0	28,4	29,3	2,0	16,2	20,5	1,0	8,2	15,8
-5+1,0	2,5	45,1	26,2	1,5	30,5	22,3	1,5	24,1	25,7	2,5	22,3	28,3	2,0	10,5	19,2
-1,0+0,5	1,0	25,6	14,9	2,0	19,5	14,25	1,0	12,4	12,5	2,0	13,2	16,6	3,0	11,1	21,3
-0,5+0,1	2,5	15,1	8,73	1,4	15,0	10,6	1,5	8,1	8,6	1,0	7,3	9,3	1,5	6,4	12,3
-0,1+0,05	1,5	10,2	5,9	2,0	14,0	10,23	2,0	6,4	6,8	1,0	7,6	9,6	1,5	5,8	11,2
Всього в пробі	10	172	100	10	137	100	10	96	1000	10	79	100	10	52	100
Класи крупності, мм	Проба № 6			Проба № 7			Проба № 8			Проба № 9			Проба № 10		
	Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі		Вага наважки в класі, кг	Вага міді в класі	
		г	%		г	%		Г	%		г	%		г	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
+10	2,0	12,2	26,0	2,0	41,8	29,0	2,0	27,1	23,1	1,0	38,1	22,0	2,5	10,2	22,2
-10+5	3,0	15,3	32,5	2,0	45,1	31,3	2,0	32,4	27,6	1,5	50,0	28,9	3,0	12,0	26,0
-5+1,0	2,0	5,4	11,5	2,0	36,7	25,5	2,5	22,3	24,2	2,0	40,1	23,1	3,0	11,1	24,1
-1,0+0,5	3,0	7,6	16,1	1,0	9,1	6,3	1,5	16,1	13,7	3,0	28,4	16,4	0,5	5,7	12,4
-0,5+0,1	-	6,5	13,8	1,5	6,2	4,3	1,0	8,4	7,2	2,5	12,3	7,2	0,5	4,0	8,7
-0,1+0,05	-	-	-	1,5	5,1	3,5	1,0	5,0	4,26	0,5	4,1	2,36	0,5	3,0	6,5
Всього в пробі	10	47	100	10	144	100	10	117,6	100	10	173	100	10	46	100

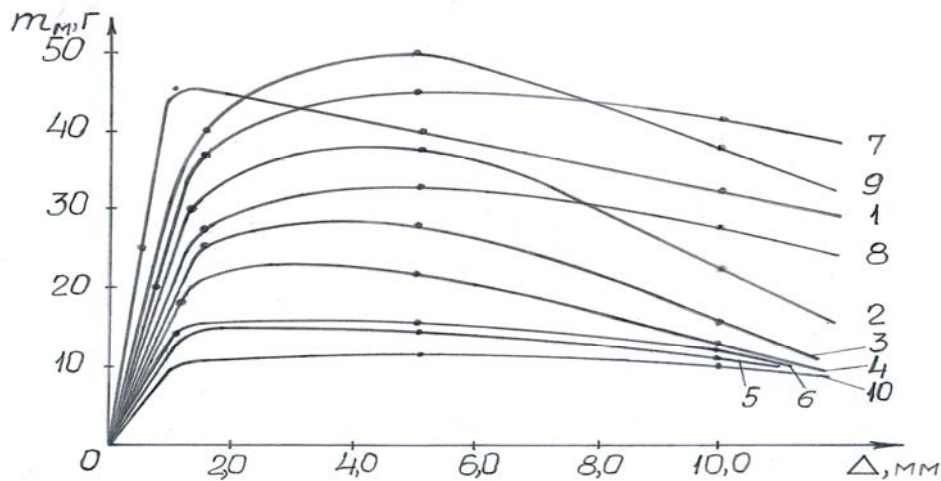


Рис. 1 – Залежність маси міді, що вилучається, від класу крупності руд

Оскільки в процесі експерименту при розсіві всіх десяти проб зважувався вміст кожного класу, то з'являється можливість встановити ваговий розподіл самородної міді в пробі. Графічний аналіз експериментальних результатів представлено на рис. 1 (нумерація кривих на графіках збігається з номерами проб), який показує, що з ростом маси проби кількість міді, що вилучається, монотонно зростає до певної межі.

Наявна можливість класифікації за крупністю в широкому діапазоні дозволила встановити тенденцію в розподілі самородної міді в різних класах крупності подрібнених вміщуючих порід при виконаних авторами технологічних вимогах. Вибірковість цих досліджень обумовлена тим, що вони виконані на малих технологічних пробах кускової лавобрекчії з явно вираженими численними включеннями самородної міді.

Аналіз виконаних технологічних випробувань показує, що найбільша кількість самородних мідних утворень знаходиться в крупнокускових зразках, і намітилася чітка тенденція зниження вмісту самородних включень в дрібно- і тонкоподрібнених породах. Це вказує на необхідність розробки комплексної технології рудопідготовки і вилучення корисного компоненту з петрографічного складу, що вивчається, самородних руд, представлених базальтовою лавобрекчією.

**Висновки.** Винахідливість підбору технологічного обладнання для дроблення, подрібнення і класифікації пов'язана з необхідністю збереження кускуватих включень самородної міді при подрібненні лавобрекчії і їх відділень без перездрібнювання. Найперспективнішими на останній стадії рудопідготовки і вилучення самородної міді є відцентрові дробарки і млини з подальшою дрібною і тонкою класифікацією за крупністю подрібнених вміщуючих порід. Саме за такою технологією було одержано результати представлених вище досліджень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мідь Волині. Наукові праці Інституту фундаментальних досліджень / Відп. ред. В.О. Шумлянський. – К. : Знання України, 2002. – С. 112.

2. Квасниця В.М. Особливості самородної міді України / В.М. Квасниця, І.В. Квасниця // Мінерал : Наук. зб. – Вип. 1. – 2002. – № 52. – С. 55-60.
3. Квасниця І.В. Про походження самородної міді з вендських вулканітів Західної Волині / І.В. Квасниця // «Геолог України». Вид-во спілки геологів України. – № 3. – 2006. – С. 40-51.
4. Надутый В.П. Модельное представление зависимости эффективности виброгрохота при мелкой классификации от регулируемых параметров / В.П. Надутый, А.М. Эрперт, Е.З. Маланчук // Доп. на X наук.-техн. конф. «Потураєвські читання», присвяченій 90-й річниці з дня народження академіка НАН України В.М. Потураєва. – Дніпропетровськ. – 2012.
5. Надутый В.П. Результаты исследований зависимости эффективности тонкого вибрационного грохочения базальтового сырья от параметров процесса рудоподготовки / В.П. Надутый, А.М. Эрперт, Е.З. Маланчук // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Вып. 99. – Днепропетровск. – 2012. – С. 151-156.
6. Булат А.Ф. Перспективы развития сырьевой базы горного производства на основе комплексной переработки техногенных отходов / А.Ф. Булат, В.П. Надутый, Е.З. Маланчук // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Вып. 101. – Днепропетровск. – 2012. – С. 3-9.

**УДК 620.92 004.82:622.012:669.1.004.18**

Гл. констр. проекта М.В. Кирсанов,  
канд. техн. наук А.П. Лукиша  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ИЗБЫТОЧНОГО ТЕПЛА ШАХТНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА**

Отримано співвідношення для калькуляції тягового реактивного моменту та коефіцієнту корисної дії (ККД) установки з реактивною гідропаровою турбіною (РГПТ) в залежності від чотирьох суттєвих параметрів її роботи. Зроблено аналіз цих співвідношень. Для типових параметрів роботи РГПТ значення термічного ККД досягає 46% від максимально можливого за циклом Карно. Тому зроблено висновок про доцільність використання технології РГПТ в складі шахтного енергокомплексу.

## **ESTIMATION THE HYDRO – VAPOUR TURBIN'S EFFECTIVENESS FOR UTILIZATION SUPERFLUOUS HEAT OF MINE'S ENERGY – COMPLEX**

Relationships for calculation of moving jet torque and efficiency factor of jet hydro – vapour turbin s (JHVT) unit in depending on four substantial parameters of its work was derived. The analysis of these relationships is done. For the typical parameters of work of the JHVT value of thermal efficiency factor amount 46% from maximally possible by Carnot's cycle. A conclusion is therefore done about expedience of the use of the JHVT-technology in composition of mine's ergo-complex.

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важнейшими научными или практическими задачами.** Актуальная задача полезной утилизации вторичных энергоресурсов (ВЭР) шахтных энергетических комплексов может решаться применением установок с гидропаровой турбиной (ГПТ) [1] для дополнительной выработки электроэнергии. На предприятиях горно-металлургического комплекса Украины есть существенные источники энергии подобного рода, которая является побочным продуктом основных технологических процессов.

Например, при охлаждении газопоршневых двигателей, работающих на