

УДК 622.7

В.С. БЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, К.Л. ШПИЛЬОВИЙ, інженер, ТОВ «Азов-Мінералтехніка»

## ВИЛУЧЕННЯ ВАЖКИХ МІНЕРАЛІВ З РІДКІСНОМЕТАЛІЧНОЇ РУДИ У ВІДЦЕНТРОВОМУ ПОЛІ

Статтю присвячено проблемі збагачення тонковкраплених рідкіснометалічних руд у безнапірних відцентрових концентраторах. Показано, що збагачення таких руд, які містять крім легких та важких мінералів також мінерали проміжної густини, проходить з малою ефективністю. Для підвищення ступеню контрастності мінеральних зерен, що розділяються, нами запропоновано перед розділенням важких і легких мінералів у відцентровому полі проводити попереднє вилучення магнітною сепарацією мінералів проміжної густини - егірину, біотиту і т.ін. Але повна відсутність в збагачуваній руді зерен проміжної густини також є несприятливою.

Досліджено закономірності вилучення важких мінералів рідкіснометалічної руди одного із вітчизняних родовищ у відцентровому полі за різного вмісту мінералів проміжної густини. Показано, що для даного типу руд оптимальним є вміст мінералів проміжної густини на рівні 4,8-5,2 %.

Проведене вивчення магнітних властивостей мінералів дозволило визначити технічні параметри магнітного поля, за яких забезпечується необхідний вміст в руді мінералів проміжної густини.

**Ключові слова:** рідкіснометалічна руда, відцентрова концентрація, магнітна сепарація, вилучення.

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Загальна тенденція залучення до переробки бідної рідкіснометалічної сировини та зменшення розмірів вкрапленості цінних компонентів в ній вимагають вирішення проблеми переробки тонковкраплених руд, та відвальних продуктів збагачення, накопичених за тривалий період роботи збагачувальних фабрик.

Руди рідкісних металів найчастіше є бідними і тонковкрапленими. Традиційні гравітаційні методи збагачення таких руд не забезпечують достатньо високого вилучення металів у чорнові концентрати. Так, багаторічні дослідження збагачуваності рідкіснометалічної руди єдиного в Україні Мазурівського родовища різними дослідницькими організаціями з метою розробки ефективної технології збагачення не призвели до позитивних результатів. Вилучення найбільш цінного мінералу - пірохлору, - в кращому випадку не перевищувало 35-40 % [1-2].

На зарубіжних збагачувальних фабриках для переробки тантал-ніобієвої сировини останнім часом застосовують збагачувальні апарати нового покоління - безнапірні відцентрові концентратори. В таких апаратах зернам мінералів різної питомої маси надається прискорення, в результаті якого мінерали з більш високою питомою масою концентруються біля стінки конусоподібної чаші, витискуючи більш легкі. Останні попадають у хвостову ринву відцентрового концентратора.

Подрібнені тонковкраплені руди та продукти їх збагачення, а також піски розсипних родовищ, які не пройшли природну гідравлічну класифікацію, є найбільш придатними матеріалами для збагачення у відцентрових апаратах.

Такі концентратори добре зарекомендували себе при збагаченні тонкого золота, питома маса якого в кілька разів перевищує питому масу породи.

Відмінності у густині мінеральних зерен цінних компонентів та породи для рідкіснометалічних руд є менш значними, ніж для золотовмісних руд. З огляду на це для рідкіснометалічних руд доцільним було б перед збагаченням у відцентровому полі провести попереднє вилучення мінералів проміжної густини - егірину, біотиту, гетиту/ферогідриту, та інших, - одним із відомих методів збагачення.

Виходячи із загальних закономірностей гравітаційного збагачення це мало б привести до підвищення ступеню контрастності мінеральних зерен, що розділяються.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблема ефективності розділення мінеральних зерен у відцентровому полі відносно золотовмісної сировини розглядалася та в значній мірі вирішена [3-5]. Відомо, що ефективність вилучення цінних компонентів з руди визначається крупністю зерен легких та важких мінералів (їх співвідношенням), їх густиною, вмістом важких мінералів.

Важкі зерна у відцентровому концентраторі вилучаються з вищою ефективністю, ніж зерна меншої густини [6].

У роботах [7-9] досліджувався вплив частоти обертання ротора концентратора, густини пульпи та витрат води на ступінь вилучення тонкого золота.

Руди рідкісних металів містять значну частку важких зерен проміжної густини.

У роботі [10] відмічається, що збагачення таких матеріалів проходить з малою ефективністю. У [11-12] стверджується, що повна відсутність в збагачуваній руді зерен проміжної густини також є несприятливою. Тож для кожного типу збагачуваних тонковкраплених рідкіснометалічних руд мають бути обґрунтовані режимні технологічні параметри роботи відцентрового концентратора.

**Постановка задачі.** Метою роботи є вивчення особливостей вилучення важких мінералів (пірохлору, циркону) у відцентровому полі з рідкіснометалічної руди, що містить мінерали проміжної густини.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення досліджень підготовлена технологічна проба, яка характеризує комплексні ніобій-цирконієві корінні руди нефелінових сієнітів Мазурівського родовища, складена із окремих кернових проб, відібраних з трьох спеціально пройдених для цього свердловин, що перетинали перший та другий рудний поклади.

Уламки кернів складені дрібно- і середньозернистими нефеліновими сієнітами, в невеликій кількості серед них присутні уламки егірин-нефелінових пегматитів.

Підготовка технологічної проби до досліджень полягала в стадіальному дробленні та подрібненні, і відборі показного матеріалу для хімічних, мінералогічних досліджень і дослідів по збагаченню.

При виконанні досліджень речовинного складу використовувалися відомі методи визначення хімічного складу рентген-флюоресцентним та хімічним аналізом, оптико-мікроскопічні дослідження, фракціонування у важких рідинах (бромформі), кількісні мінералогічні аналізи, магнітна та електромагнітна сепарації.

Технологічна проба складалася в основному з нефеліну, мікрокліну та невеликої кількості альбіту, лепідомелану (біотиту) і егірину.

За мінеральним складом проба відповідає нефеліновим сієнітам. Мінеральний склад технологічної проби (у %):

*легкі мінерали* (<2,9 г/см<sup>3</sup>): нефелін - 18,5; мікроклін - 36,8; альбіт - 30,2; содаліт - 0,3; канкриніт - 0,6; карбонат - 1,33;

*мінерали проміжної густини* (2,9-3,6 г/см<sup>3</sup>): лепідомелан (біотит) - 4,8; егірин - 4,2; апатит - 0,1; флюорит - 0,1; гетит/ ферогідрит - 2,2;

*важкі мінерали* (>3,6 г/см<sup>3</sup>): циркон - 0,38; пірохлор - 0,13; магнетит - 0,15; ільменіт - 0,11; сульфіди (пірит) - 0,10.

Деякі фізичні властивості мінералів Мазурівського родовища наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фізичні характеристики матеріалу

Мінерал	Хімічна формула	Питома маса, г/см <sup>3</sup>	Питома магнітна сприйнятливість, м <sup>3</sup> /кг*10 <sup>-8</sup>
Пертит /мікроклін	(Na, K)Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	2,55-2,65	Не магнітний
Альбіт	Na,Al,Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	2,6	Не магнітний
Нефелін	Na,Al,SiO <sub>4</sub>	2,45-2,55	Не магнітний
Содаліт		2,13-2,29	Не магнітний
Канкриніт		2,3-2,5	Не магнітний
Кальцит		2,72	0,4-0,6
Егірин (піроксен)	Na,Fe(SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,4-3,5	3-11
Лепідомелан (Fe- біотит)	K <sub>2</sub> (Mg,Fe) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> Al,Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	3,1	4-12
Гідроксида заліза (гетит/ферогідрит)	FeO,OH	3,8	20-30
Апатит		3,1-3,2	0,1-0,4
Флюорит		3,15	0,10-0,36
Циркон	ZrSiO <sub>4</sub>	4,6	0,15
Пірохлор	Nb/Ta/Fe/Ca Complex	5,27	0,6-0,7
Магнетит		5,1	25-50
Ільменіт		4,6	30-120
Пірит		5,1	0,5-1,0

Як показали мінералогічні дослідження розсіяного (розситованого) матеріалу при подріб-

ненні до -1 мм циркон розкривається достатньо повно і може ефективно вилучатися існуючими методами гравітаційного збагачення. Пірохлор, навпаки, розкривається лише частково і головним чином в крупності дрібніше 0,063 мм.

Тому для проведення технологічних досліджень по збагаченню проба була доздрібнена до -0,2 мм (табл. 2). Але і при такому тонкому подрібненні переважна частина матеріалу (66,0 %) залишалася в класах крупніше 0,063 мм. У ньому ж залишилось майже 60 % загальної кількості  $Nb_2O_5$  та 72 %  $ZrO_2$ .

Таблиця 2

Вміст цінних компонентів в класах крупності подрібненої технологічної проби

Класи крупності, мм	Вихід, %	Вміст, %		Розподіл, %	
		$Nb_2O_5$	$ZrO_2$	$Nb_2O_5$	$ZrO_2$
Подрібнення до -1 мм					
-1+0,5	39,56	0,10	0,55	35,74	33,73
-0,5+0,25	19,32	0,10	0,82	17,60	25,50
-0,25+0,125	14,53	0,11	0,82	13,99	18,42
-0,125+0,063	11,41	0,11	0,72	11,55	12,57
-0,063+0,032	6,15	0,13	0,64	7,22	6,06
-0,032	9,03	0,17	0,34	13,90	4,72
Вихідна руда	100,00	0,11	0,65	100,00	100,00
Подрібнення до -0,2 мм					
+0,2	0,72	0,08	0,47	0,53	0,51
-0,2+0,125	30,81	0,10	0,70	27,01	35,03
-0,125+0,063	34,45	0,10	0,65	30,18	36,44
-0,063+0,032	15,55	0,13	0,70	17,75	17,52
-0,032	6,49	0,17	0,50	9,65	5,25
ВСЬОГО: піски	88,02	0,117	0,71	85,12	94,75
шлами	11,98	0,15	0,27	14,88	5,25
вихідна руда	100,00	0,12	0,62	100,00	100,00

Вміст  $Nb_2O_5$  в цих класах знаходиться на рівні вихідного вмісту у руді або дещо нижчому, і зберігається переважно у вигляді включень пірохлору в породоутворюючих мінералах.

Вихід класів дрібніше 0,063 мм складає 34 %, в тому числі 11,98 % шламів.

Вони помітно збагачені  $Nb_2O_5$  і в них зосереджено близько 43 % його загальної кількості.

Оксид цирконію розподіляється досить рівномірно по всіх класах, як при подрібненні до -1 мм, так і до -0,2 мм. На відміну від пірохлору циркон достатньо повно розкривається вже у класі -1÷+0,5 мм.

Аналіз фізичних властивостей мінералів, які складають руди Мазурівського родовища, показав, що перспективним методом попереднього вилучення мінералів проміжної густини може бути магнітна сепарація.

Звичайно магнітні властивості мінералів різних родовищ суттєво відрізняються. Так, з більш ранніх робіт [13] відомо, що пірохлору Мазурівського родовища притаманні магнітні властивості завдяки чорній цупкій рудній «сорочці» на поверхні зерен.

Визначальним фактором для показників магнітної сепарації важкозбагачуваних руд рідкісних металів є ступінь розкриття сировини та її цінних компонентів, яка в свою чергу залежить від крупності подрібнення руди.

Як було показано в роботі [14], розкриття зерен пірохлору - найбільш цінного компоненту руди, - відбувається в основному при подрібненні руди до 0,1-0,09 мм (60-70 % вмісту класу -0,074 мм). Але при цьому утворюється значна кількість шламів, ефективне вилучення цінних компонентів з яких є неможливим. Тому магнітну сепарацію такої сировини пропонується розпочинати не з зазначеної оптимальної крупності, а тої, яка характеризується наявністю вже достатньої кількості розкритих зерен пірохлору. Таким чином, сировиною для магнітної сепарації був широко класифікований матеріал з крупністю від 0 до 0,2 мм, в якому доля розкритих зерен пірохлору складала близько 60 %. Виявлення початкової і кінцевої крупності магнітної сепарації здійснювалося за рекомендаціями роботи [15].

Більшість руд рідкісних металів відноситься до слабomagнітних. За мінеральним складом руда Мазурівського родовища є комплексною мінеральною сировиною. В ній встановлено близько 20 мінералів, що зумовлює необхідність отримання широкого спектру товарної продукції.

При цьому можливим є виділення з руди концентратів основних компонентів: ніобію та танталу (пірохлоровий), цирконію та гафнію (цирконовий), рідкісних земель. Крім того, доцільним є отримання концентратів (продуктів) з попутних мінералів - польовошпатового, магнетитового, ільменітового, егіринового, біотитового, та інших.

У зв'язку з цим було проведено детальне вивчення магнітних властивостей всіх мінералів, що входять до складу важкозбагачуваної рідкіснометалічної руди. Дослідження проводились в лабораторії НГУ на установці Фарадея (межа виявлення магнітної сприйнятливості  $10^{-12}$  м<sup>3</sup>/кг). Матеріалом слугували мономінеральні фракції компонентів руди, отримані розділенням у важких розчинах.

Діапазони коливань значень магнітної сприйнятливості мінералів руди наведено вище, див. табл. 2.

Як бачимо, такі мінерали проміжної густини, як егірин, біотит, гетит, доля яких в руді є досить високою, мають помітну магнітну сприйнятливість і відносяться до класу слабомагнітних матеріалів.

При відповідній напруженості магнітного поля промислового сепаратора вони можуть бути вилучені з руди. Інші мінерали проміжної густини - апатит і флюорит, - є немагнітними. Але їх вміст у руді зовсім незначний, і тому великого впливу на результати розділення мінералів у відцентровому полі не матимуть.

Важкі мінерали - магнетит та ільменіт - мають високу магнітну сприйнятливість і можуть бути вилучені в магнітну фракцію. Їх вміст у руді також є невисоким; вилучення цих мінералів перед сепарацією у відцентровому полі не позначиться суттєво на результатах розділення важких та легких мінералів.

Магнітне фракціонування продуктів полягало в проведенні магнітної сепарації при зростаючій напруженості магнітного поля з отриманням магнітної та немагнітної фракцій, які піддавалися рентгено-флюоресцентному аналізу.

Досліди проводили на сухому роликівому сепараторі СЭ-138 з нижньою подачею матеріалу та максимальною величиною напруженості магнітного поля 16,4 кЕ.

Попередньо вихідна руда, подрібнена до -0,2 мм, та знешламлена по класу -0,032 мм піддавалася магнітній сепарації при напруженості магнітного поля 3,0 кЕ для вилучення магнетиту та ільменіту. З отриманого немагнітного продукту при напруженості магнітного поля 4,5 кЕ, 6,0 кЕ, 7,5 кЕ та 9,0 кЕ напрацьовано чотири проби матеріалу (немагнітна фракція), які потім досліджувалися на збагачуваність у відцентровому полі.

Результати магнітного фракціонування вихідної руди наведено в табл. 3.

Таблиця 3

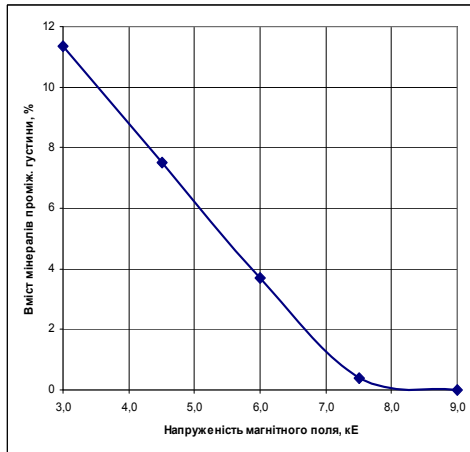
Результати магнітного фракціонування вихідної руди -0,2 мм, знешламленої по класу -0,032 мм

Назва продукту	Вихід, %	Вміст мінералів проміжної густини, %			Вміст важких мінералів, %		
		егірин	біотит	гетит	пірохлор	циркон	магнетит, ільменіт
Магнітна фракція 1 Н=3,0 кЕ	1,45	-	-	-	-	-	27,58
Немагнітна фракція 1	98,55	4,26	4,87	2,23	0,132	0,36	-
Магнітна фракція 2 Н=4,5 кЕ	4,92	23,57	19,72	35,16	-	-	-
Немагнітна фракція 2	95,08	3,1	3,9	0,5	0,138	0,377	-
Магнітна фракція 3 Н=6,0 кЕ	12,56	21,97	22,85	16,16	-	-	-
Немагнітна фракція 3	87,44	1,5	2,0	0,2	0,150	0,41	-
Магнітна фракція 4 Н=7,5 кЕ	25,18	16,12	18,55	8,64	-	-	-
Немагнітна фракція 4	74,82	0,2	0,2	-	0,176	0,48	-
Магнітна фракція 5 Н=9,0 кЕ	27,8	15,32	17,52	-	0,023	-	-
Немагнітна фракція 5 Н=9,0 кЕ	72,2	-	-	-	0,174	0,50	-
Вихідна руда -0,2 мм	100,0	4,2	4,8	2,2	0,13	0,38	0,4

На рис. 1 наведено графічні залежності вмісту мінералів проміжної густини в немагнітній фракції від величини напруженості магнітного поля.

Встановлено, що пірохлор переходить до магнітної фракції, починаючи з напруженості магнітного поля 8,0÷8,5 кЕ.

Для проведення досліджень збагачення руди у відцентровому полі використовувався концентратор KNELSON марки КС-МДЗ, який в лабораторному масштабі забезпечує таку ж ефективність збагачення, як і більш продуктивні апарати в промислових умовах. Продуктивність сепаратора по твердому - до 45 кг/год., по рідкому - до 660 л/год. Густина пульпи живлення - до 25 % твердого. Витрати води для промивання - 660÷900 л/год.



**Рис. 1.** Графічна залежність вмісту мінералів проміжної густини в немагнітній фракції (егірін, біотит, гетит) від величини напруженості магнітного поля

Матеріал у вигляді пульпи із змішувача надходив через центральну трубку до внутрішнього конуса (чаші) діаметром 3 дюйми. При цьому вертикальні (знизу до верху) потоки пульпи створюються за допомогою води, яка подається через спеціальні отвори в конусі.

Важка фракція накопичується за рахунок відцентрової сили в жолобках конуса та періодично, при зупинці апарату, розвантажується шляхом зняття конуса та його промивання.

Легка фракція розвантажується через верхній край чаші в зливний приймальник. Тиск води підтримувався

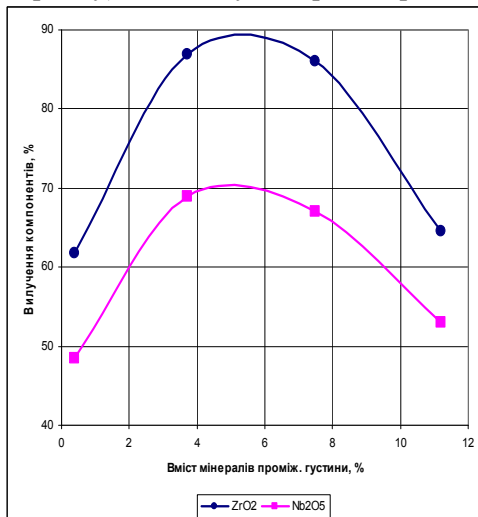
стабільним в межах 276-690 кПа. Частота обертання ротора підтримувалася стабільною - 1460 об/хв.

Регулювання режимів збагачення здійснювалося зміною тиску води, що подавалася у чашу. Величина тиску води для кожної проби підбиралася експериментально.

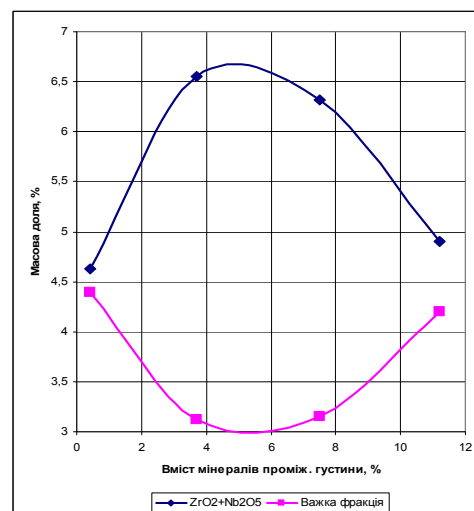
Досліджувалися чотири проби матеріалу з різним вмістом мінералів проміжної густини, які отримані магнітною сепарацією проби вихідної руди. Кожну пробу (близько 20 кг) пропускали через концентратор Нельсона з отриманням важкої та легкої фракцій. Після висушування та зважування визначали вихід продуктів збагачення. З кожного продукту відбирали проби по 50-100 г на хімічний та мінералогічний аналізи. Визначали вміст пірохлору, циркону, та  $Nb_2O_5$  і  $ZrO_2$ .

Оцінка ефективності збагачення проб руди на концентраторі Нельсона здійснювалася за даними хімічного та мінералогічного аналізів.

На рис. 2 наведено графічні залежності ступеню вилучення  $Nb_2O_5$  та  $ZrO_2$  у важку фракцію; на рис. 3 - масової частки  $ZrO_2 + Nb_2O_5$  у важкій фракції, та виходу важкої фракції (пірохлору + циркону) від вмісту мінералів проміжної густини у руді.



**Рис. 2.** Графічна залежність ступеню вилучення  $Nb_2O_5$  та  $ZrO_2$  у важку фракцію від вмісту мінералів проміжної густини у руд



**Рис. 3.** Графічна залежність масової долі суми оксидів цирконію та ніобію і виходу важкої фракції (пірохлору + циркону) від вмісту мінералів проміжної густини у руді

**Висновки.** 1. Найбільш прийнятні показники збагачення руди Мазурівського родовища у відцентровому безнапірному концентраторі (вилучення  $Nb_2O_5$  та  $ZrO_2$ , масова частка ( $ZrO_2 + Nb_2O_5$ , досягаються при вмісті в руді мінералів проміжної густини (біотиту, егірину, гетиту) на рівні 4,8-5,2 %.

2. Вміст мінералів проміжної густини (біотиту, егірину, гетиту) на рівні 4,8-5,2 % забезпечується попередньою магнітною сепарацією руди, доподрібненої до крупності менше 0,2 мм, при напруженості магнітного поля 5,4-5,5 кЕ.

3. Магнітне фракціонування вихідної тонковкрапленої руди є перспективною технологічною операцією, яка дозволяє підвищити ефективність вилучення важких мінералів - пірохлору та цирконію, - у відцентровому полі.

### Список літератури

1. **Зубков Л.Б., Прозорова М.В., Акоева Е.К.** и др. Оценка минерально-технологических перспектив комплексной переработки ниобий-циркониевых руд Октябрьского месторождения: Отчет о НИР / Гиредмет. – М., 1984. – 124 с.
2. **Тихонов С.А.** и др. Изучение вещественного состава и технологических особенностей 25 малообъемных проб руд Мазуровского месторождения: Отчет о НИР по теме 59/80-8 / ИМП. - Симферополь, 1985. - 125 с.
3. **Федотов К. В., Романченко А. А.** Механизм сепарации золотосодержащего минерального сырья в безнапорном сепараторе // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – Иркутск, 2003. - № 9. - С. 80-85.
4. **Орлов Ю. А., Афонсенко С. И., Лазариди А. Н.** Рациональное использование центробежных концентраторов при обогащении золоторудного сырья // Горный журнал. – М., 1997. - № 11. – С. 44-47.
5. **Huang, L.** Upgrading of Gold Gravity Concentrates a Study of the Knelson Concentrator. Ph.D Thesis / L. Huang. – Mc Gill University, 1999. – Pp. 319.
6. **Korpalkar, S.** Effect of Operating Variables in Knelson Concentrators: A Pilot-Scale Study. Ph.D Thesis / S. Korpalkar. – Mc Gill University, 2009. – Pp. 147.
7. **Заярный А. А.** Повышение эффективности обогащения труднообогатимых тантал-ниобиевых руд на основе центробежной сепарации (на рудах месторождения «Липовый Лог»): Дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.13 / ЧГУ. – Чита, 2004. - 160 с.: илл., табл.
8. **Богданович А. В.** Разделение минеральных частиц в центробежных полях – обогатительные технологии будущего // Горный журнал. – М., 1997.- № 4. – С. 24-26.
9. **Фалей Е. А.** Исследование закономерностей и разработка технических решений турбулизационной центробежной сепарации минерального сырья: Дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.13 / Уральский ГГУ. – Екатеринбург, 2014. – 175 с.: илл., табл.
10. **Романченко А.А.** Моделирование процесса центробежной сепарации золотосодержащего сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.13 / ИГУ. – Иркутск, 2009. – 22 с.
11. **Шохин В. Н., Лопатин А. Г.** Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1993. – 350 с.
12. **Федотов К.В., Тютюнни В.В.** Обогащение в центробежных концентраторах: монография. – Иркутск.: Изд-во Иркут. гос. техн. ун-та, 2008. – 115 с.
13. **Шаповалов Г.М., Быков Ю.А.** и др. Изучение вещественного состава и разработка схемы обогащения пироксидо-цирконовых руд Октябрьского месторождения: Отчет о НИР по теме / ИМП. - Симферополь, 1968. - 155 с.
14. **Шпилевой К.Л., Шпилевой Л.В.** Повышение извлечения пироксидов за счет совершенствования рудоподготовки // IX Конгресс обогатителей стран СНГ. 26-28 февраля 2013 г. Сб. материалов в 2-х томах. Т. 11. – М.: МИ-СиС, 2013. – С. 679-681.
15. **Петров И. М.** Повышение эффективности переработки и извлекаемой ценности редкометаллических руд на основе оптимизации параметров и глубины обогащения минеральных компонентов: Дисс. ... д-ра техн. наук: 25.05.13 / МГГУ. – М., 2002. - 390 с.: илл., табл.

Рукопис подано до редакції 221.03.15

УДК 622.7.09.543.52

А.Н. ГРИЦЕНКО, научный сотрудник, Криворожский национальный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАНИЙ РУЧНОГО И КОМБИНИРОВАННОГО КАРОТАЖНОГО ЗОНДА ПРИ КАРОТАЖЕ БУРОВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН

Изложены результаты полевых испытаний разработанного ручного скважинного снаряжения для каротажа взрывных скважин при открытой добыче железных руд. Результаты каротажа сопоставлялись с данными каротажа по этим же скважинам каротажной станцией «Карьер-Кривбасс», зарекомендовавшей себя и эксплуатируемой на предприятиях Криворожского месторождения более 10 лет. Ручной каротажный зонд превосходит эксплуатируемую каротажную станцию мобильностью, высокой скоростью получения результатов измерений и снижением затрат физиче-