

ГРАНУЛИРОВАННЫЕ ШЛАКИ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО  
ПРОИЗВОДСТВА КАК ТЕХНОГЕННОЕ СЫРЬЕ. СПОСОБЫ  
ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

**Потапов С.С.<sup>1</sup> (spot@ilmeny.ac.ru), Макаров Д.В.<sup>2</sup>, Светлов А.В.<sup>2</sup>,  
Потапов Д.С.<sup>1</sup>, Ерохин Ю.В.<sup>3</sup>, Потокин А.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ильменское отделение. ИМин УрО РАН; <sup>2</sup> Кольское отделение.  
ИППЭС КНЦ РАН; <sup>3</sup> Уральское отделение. ИГиГ УрО РАН;

GRANULATED SLAG OF COPPER-NICKEL PRODUCTION AS A  
TECHNOGENIC RAW MATERIALS. METHODS TO IMPROVE THE  
EXTRACTION OF METALS

**Potapov S.S.<sup>1</sup>, Makarov D.V.<sup>2</sup>, Svetlov A.V.<sup>2</sup>  
Potapov D.S.<sup>1</sup>, Erokhin Yu.V.<sup>3</sup>, Potokin A.S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ilmen branch. IMin UB RAS; <sup>2</sup> Kola branch. IPPES KSC RAS;  
<sup>3</sup> Urals branch. IGG UB RAS

Изучены гранулированные шлаки медно-никелевого производства комбината «Печенганикель» АО «Кольская ГМК» как потенциальное техногенное сырье. С целью улучшения показателей флотации использовали предварительное электроимпульсное дробление (ЭИД) гранул шлака. Технологии ЭИД открывают дополнительные возможности для решения экологических проблем за счет повышения комплексности использования отходов производства. Измельчение гранул по технологии ЭИД вели до крупности -1 мм.

Химический состав сульфидов в шлаках после ЭИД получен на микрондовом анализаторе Cameca SX 100 (табл. 1).

Результаты пересчетов химических составов на кристаллохимические формулы свидетельствуют, что сульфиды представлены медистым пентландитом и характеризуются весьма высоким содержанием меди. Т.е. сульфиды шлаков представляют потенциальный промышленный интерес не только с целью извлечения никеля, но и меди.

Форма зерен пентландита изометричная или призматическая, порой со сложными границами, либо с простыми и гладкими в виде сферы или капли сульфидного расплава. Подобные же морфологические особенности были характерны и для зерен сульфидов в первичных, не подвергавшихся ЭИД, пробах шлака. Размер сульфидов существенно варьирует от первых десятков микрон до первых сотен микрон: зерно 1 имеет размеры 45 × 65 μm, 2 – 80 × 180 μm, 3 – 16-17 μm. Трещин, сколов на зернах сульфидов не наблюдается. Видимо, при процедуре ЭИД происходит межзерновое растрескивание по границе сульфид – силикатная матрица, способствующее высвобождению сульфидов и, соответственно, лучшей обогатимости при флотации.

Таблица 1

Результаты микрозондового анализа зерен сульфидов – пентландита (Fe, Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>  
в шлаках после ЭИД\*

Содержания элементов, вес. %										
№ зерна	Кол-во точек анализа	Fe	Cu	S	Ni	Co	As	Zn	Bi	Сумма
1	Среднее из 5 анализов	32.92	5.69	33.33	26.67	0.78	0.12	0.01	0.01	99.53
2	Среднее из 3 анализов	36.14	3.49	33.35	25.76	0.62	0.05	0.04	–	99.45
3	Среднее из 3 анализов	32.18	5.15	33.29	27.46	1.00	0.27	0.02	–	99.37
Кристаллохимические формулы										
1	(Fe <sub>4,56</sub> Ni <sub>3,52</sub> Cu <sub>0,72</sub> Co <sub>0,08</sub> As <sub>0,01</sub> ) <sub>8,89</sub> S <sub>8</sub>									
2	(Fe <sub>4,96</sub> Ni <sub>3,36</sub> Cu <sub>0,40</sub> Co <sub>0,08</sub> ) <sub>8,88</sub> S <sub>8</sub>									
3	(Fe <sub>4,48</sub> Ni <sub>3,60</sub> Cu <sub>0,64</sub> Co <sub>0,16</sub> As <sub>0,03</sub> ) <sub>8,83</sub> S <sub>8</sub>									

\*Анализ выполнен в Институте геологии и геохимии УрО РАН (аналитик В.В.Хиллер).

Результаты флотации шлака без и с применением ЭИД гранул представлены в таблице 2. Как видно, флотация исходного шлака идет заметно хуже. Выход концентрата при флотации шлака после ЭИД увеличивается в 2 раза. В опыте № 3 флотации шлака после ЭИД провели перечистку концентрата. Расход реагентов составлял: БКс – 127 г/т, МИБК – 64 г/т.

Таблица 2

Результаты флотации шлаков

№ опыта	Продукт	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			Ni	Cu	Ni	Cu
1	Концентрат	16.8	0.40	0.24	43.5	34.3
	Хвосты	83.2	0.10	0.09	56.5	65.7
	Шлак	100.00	0.155	0.115	100.00	100.00
2*	Концентрат	35.7	0.30	0.19	67.8	56.7
	Хвосты	64.3	0.08	0.08	32.2	43.3
	Шлак	100.00	0.155	0.115	100.00	100.00
3*	Концентрат	31.9	0.19	0.32	64.9	53.0
	Хвосты	68.1	0.08	0.08	35.1	47.0
	Концентрат перечистки	12.5	0.49	0.29	39.5	31.5
	Промпродукт	19.4	0.21	0.13	60.5	68.5
	Шлак	100.00	0.155	0.115	100.00	100.00

\*Флотация шлака после предварительного ЭИД.

Извлечение никеля в концентрат при флотации шлама с применением ЭИД увеличились на 21-24 %, меди – на 18-22 %. Концентрат перераспределения может быть переработан методом бактериального выщелачивания.

Таким образом, результаты флотации свидетельствуют, что предварительное ЭИД может оказаться перспективным методом повышения флотационности шлаков с целью дальнейшей переработки концентратов.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-05-98804р\_север\_а). Авторы признательны аналитику ИГиГ УрО РАН В.В.Хиллер за микронзондовые анализы и сотрудникам ИПКОН РАН к.т.н. Л.М.Саркисовой, к.т.н. Э.А.Шрадер, аспирантке Н.Н.Глухой за флотационные эксперименты и полезные консультации.*