

А.Я.БОДУЭН, канд. техн. наук, доцент, (812) 328-84-59

Г.В.ПЕТРОВ, д-р техн. наук, профессор, (812) 328-84-59

М.Л.Л.ДИАКИТЕ, аспирант, med_diak7@yahoo.fr

А.С.БОГИНСКАЯ, аспирантка, kafmetall@mail.ru

А.Ю.СПЫНУ, аспирант, kafmetall@mail.ru

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.YA.BODUEN, PhD in eng. sc., associate professor, (812) 328-84-59

G.V.PETROV, Dr. in eng. sc., professor, (812) 328-84-59

M.L.L.DIAKITE, post-graduate student, med_diak7@yahoo.fr

A.S.BOGINSKAYA, post-graduate student, kafmetall@mail.ru

A.Yu. SPYNU, post-graduate student, kafmetall@mail.ru

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАКОПЫЛЕВЫХ ОТХОДОВ СУЛЬФИДНЫХ РУД

Отвальные шлакопылевые отходы техногенного месторождения Норильского региона – перспективный источник благородных металлов. Изучены методы концентрирования благородных и цветных металлов на многокомпонентных пробах донных осадков прудов-накопителей шлаковых продуктов.

Ключевые слова: сульфидные медно-никелевые руды, промышленные отходы, металлы платиновой группы, концентрирование.

CONCENTRATION PRECIOUS METALS IN PROCESSING SLAGWASTES OF SULFIDE ORES

Dump slag dust products of man-made deposits of Norilsk region are a promising source of precious metals. Methods for concentrating precious and base metals in sediment cores of multiponds slag products are studied.

Key words: sulphide copper-nickel ores, industrial wastes, platinum group metals, concentrating.

В металлургическом цикле переработки сульфидных медно-никелевых руд 3-5 % металлов платиновой группы (МПГ) безвозвратно теряется с отвальными шлаками и пылями плавильных и обжиговых переделов, а также частично с отвальными хвостами гидрометаллургической переработки. Например, согласно [1] на шлаковом поле ОАО ГМК «Норильский никель» ресурсы благородных металлов составляют не менее 20 т.

К настоящему времени накоплено более 300 млн т сухих техногенных отходов, кото-

рые разнообразны по своей природе, содержанию цветных и благородных металлов, масштабам накопления и экономической значимости. Их хранение характеризуется низкой упорядоченностью складирования и смешиванием разнотипных продуктов, а также протеканием в техногенных массивах интенсивных геомеханических процессов, определяющих условия миграции благородных металлов [3].

Для переработки техногенных отходов Норильского промышленного региона пред-

лагается достаточное количество обога- тельных и металлургических технологий, которые в значительной степени ориентиро- ваны на получение концентрата благородных металлов с его дальнейшей переработкой в существующей шламовой технологии [2].

В то же время представлялось целесо- образным оценить возможность извлечения благородных металлов из техногенных сырьевых материалов в форме товарных концентратов по технологии, ориентиро- ванной на применение малыми и средними предприятиями и не требующей значитель- ных капитальных затрат.

Исследования осуществлялись с исполь- зованием проб шлакопылевых отвалов, в ча- стности донных осадков прудов-накопителей, предварительное опробование которых пока- зало высокое содержание (более 100 г/т) Au, Ag, МПГ и до 20 % Cu, Ni, Co.

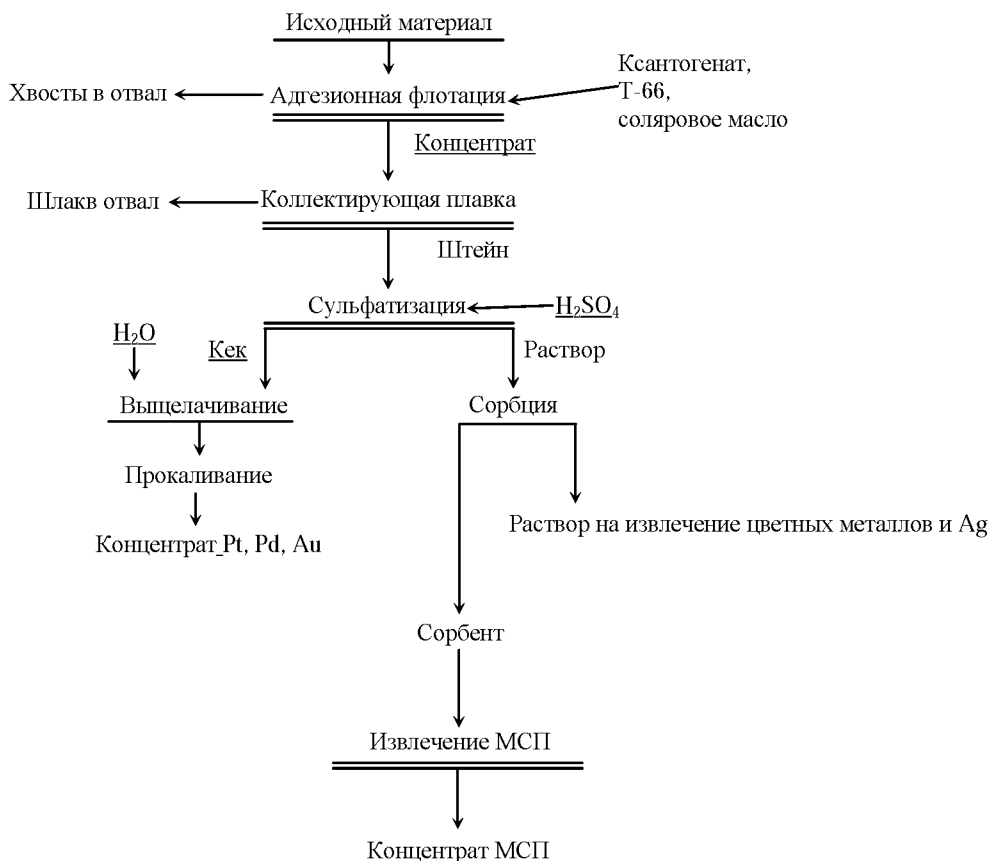
Для определения минералогического со- става проб выполнен гранулометрический анализ с выделением шести классов крупно- сти и изготовлены искусственные полиро- ванные шлифы. С использованием микро- скопа OxioplanOpton, микрорентгеноспек- тральных анализаторов CamScaneDS и системой Linksis и MS-46 (фирма «Cameca») установлено, что пробы материала шлаковых отвалов содержат малоразмерные корольки шлака, штейна, металлической фазы Fe–Cu–Ni состава, а также промышленные сульфиды типа хизлевудита, халькопирита и пирроти- на. Концентрация сульфидной фазы в техно- генном материале составляет 10-15 %, что определяет принципиальную возможность ее выделения в отдельный продукт, коллекти- рующий благородные и цветные металлы.

Экспериментально исследована воз- можность флотоадгезионного концентриро- вания ценных компонентов с использовани- ем солярового масла и установлены опти- мальные параметры процесса: расход солярового масла 50 % от питания, содер- жание в твердом фракции –44 мкм более 90 %, продолжительность 30 мин, Ж:Т = 4, расход коллектора (ксантогената) 175 г/т и вспенивателя (Т-66) – 250 г/т. Выход кон- центрата после четырехкратного контакта с адгезивом в солевом растворе хлорида каль-

ция составил 15,9 % при его обогащении от исходного материала по платине и палла- дию в 3,9 раз, по золоту и серебру до 3 раз. Суммарное содержание благородных метал- лов в полученном концентрате более 250 г/т.

Для разделения цветных и благородных металлов и повышения качества целевого продукта разработан метод рафинирования, включающий коллектирующую плавку с последующей жидкофазной сульфатизацией полученного сплава. Эксперименты осуще- ствлялись на модельных сплавах с высоким содержанием суммы МПГ (до 1 %), что упр- ощило контроль над поведением платиноидов. Глубокое удаление меди, никеля и ко- бальта из раствора (92-95 %) при сульфати- зации сильнометаллизированного сплава при 200 °С наблюдается уже за 1 ч, в то время как глубокое удаление цветных ме- таллов и железа из раствора при сульфати- зации сплава с низкой степенью металлиза- ции обеспечивается только при увеличении продолжительности процесса до 6 ч. В от- личие от платины, палладия и золота, ред- кие платиноиды (до 80 %) концентрируются в серно-кислом растворе выщелачивания. Концентрат после переработки модельного высокометаллизированного сплава содер- жит 59,1 % суммы платиновых металлов. Соответственно, при переработке реальных платинометалльных штейнов, полученных при переработке изученных техногенных продуктов методом «коллектирующая плав- ка – сульфатизация», можно получить кон- центраты с суммарным содержанием Pt, Pd и Au до 1,5 %.

Для извлечения редких платиноидов из раствора сульфатизации предложена ионо- обменная сорбция. Исследования проводи- лись в статическом режиме при механиче- ском перемешивании и вариантных темпе- ратурах на модельных растворах сложного состава. Экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что сорбционное извлечение иридия из изучаемых растворов характеризуется весьма низкими показате- лями: на Полиоргс-VI при 90 °С за 2 ч сор- бировалось 22,4 % иридия, на АМП – менее 15 %, на МСПВС – 6,5 %. Предварительное введение в раствор окислителя (концентра-



Принципиальная технологическая схема концентрирования благородных металлов из материала шлакопылевых отвалов ГМК «Норильский никель»

ция Сг (VI) 5 г/л) для перевода инертных низкозарядных комплексных соединений иридия в активные высокозарядные сопровождается существенной интенсификацией сорбции. Извлечение иридия в сорбент в тех же условиях для Полиоргс-VI, АМП, МСПВС возросло соответственно до 38, 95,5 и 12 %. Максимум извлечения Ig в сорбент 97,6 % для АМП (90 °С, 1 ч).

Отмечено существенное влияние расхода сорбента и температуры на показатели сорбционного извлечения иридия из сульфатных растворов. В статических условиях высокое извлечение иридия достигается только при большом расходе смолы. Так, увеличение расхода анионита АМП в 5 раз (с 4 до 20 г/л и с 20 до 100 г/л) характеризуется увеличением извлечения в 1,6-2,6 раз. Расход 100 г/л сорбента при продолжительности процесса 1-1,5 ч и температуре 80-

90 °С обеспечивает извлечение из окисленного раствора 96-97 % иридия, так как в этих условиях редокс-потенциал раствора в течение длительного времени сохраняет значение, благоприятное для реализации процесса сорбции.

На основании выполненных исследований предложена принципиальная технологическая схема концентрирования благородных металлов из материала шлаковых отвалов ГМК «Норильский никель», включающая в качестве основных стадий адгезионную флотацию, коллектирующую плавку концентрата, сульфатизационную переработку штейна с получением богатого платинометального концентрата и сорбционное извлечение редких платиноидов из раствора сульфатизации. Данная схема обеспечивает замкнутый цикл адгезионной флотации с полной регенерацией адгезива, получение

селективных концентратов благородных металлов и возможность попутного извлечения цветных металлов (см.рисунок).

ЛИТЕРАТУРА

1. Додин Д.А. Суперкрупные техногенные месторождения платиновых металлов / Д.А.Додин, В.М.Изоитко // Обогащение руд. 2006. № 6. С.19-23.
2. Ковалев В.Н. Современные технологии концентрирования платиновых металлов из техногенных отходов переработки сульфидных медно-никелевых руд // Записки Горного института. СПб, 2011. № 189. С.284-287.
3. Макаров В.А. Благородные металлы техногенных минеральных объектов сибирского региона: ресурсы и проблемы геолого-технологической оценки // II

Международный конгресс «Цветные металлы Сибири – 2009»: Сборник докладов. Красноярск. С.37-45.

REFERENCES

1. *Dodin D.A.* Super-large man-caused deposits of platinum metals / D.A.Dodin, V.M.Izoitko // *Orebenefication*. 2006. № 6. P.19-23.
2. *Kovalev V.N.* Modern technologies by concentration platinum metals from technogenic wastes in processing sulfide ores // *Proceedings of the Mining Institute/ Saint Petersburg*, 2011. N 189. P.284-287.
3. *Makarov V.A.* Precious metals content in technogenic mineral formations of the siberian region resources and problems of geotechnical evaluation // II International Congress «Nonferrous Metals of Siberia 2009»: Collected reports. Krasnoyarsk, 2009. P.37-45.