

УДК: 622.7:622.793:669.21/.23

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.4.2025.35

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОТВАЛЬНЫХ РУД С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Турдыев Шахбоз Шермамат угли

Доцент, доктор технических наук, Қаршиқ
государственный технический университет,
Қарши, Ўзбекистан

E-mail: shahboz_01011991@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-4116-9799



Турдыев Фарид Раззоқ угли

Ассистент, Қаршиқ государственнй технический
университет, Қарши, Ўзбекистан

E-mail: faridturdiyev3@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-4874-5935

Аннотация. В настоящее время в мировой практике истощение богатых месторождений редкоземельных и благородных металлов обуславливает вовлечение в промышленное производство все более бедное минеральное сырье и низко концентрированные природные и техногенные материалы. Переработка природных и техногенных материалов, которыми являются промышленные техногенные отходы золотоизвлекательных фабрик, отвальные хвосты и забалансовые отходы, требуют принципиально нового подхода к созданию эффективных технологий извлечения благородных и редких металлов. При этом, особое значение имеет разработка и усовершенствование технологий, а также внедрение в практику извлечения драгоценных (Au, Pt, Pd, Rh, Ag) металлов инновационных способов их извлечения из различных забалансовых руд.

Ключевые слова: забалансовые руды, окисленных медных руд, гравитация, центробежная концентрирование благородных металлов, кучное выщелачивание, концентрат, гидрометаллургия.

CHIQUINDI MADANLARDAN NODIR METALLARNI AJRATIB OLISHNI O'RGANISH VA ILMIY TADQIQ ETISH

Turdiyev Shahboz Shermamat o'g'li

Dotsent, i.f.d., Qarshi davlat texnika universiteti,
Qarshi, O'zbekiston

Turdiyev Farid Razzoq o'g'li

Assistent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya. Hozirgi vaqtda dunyo miqyosida noyob tuproq va nodir metallarning boy konlarining kamayishi tobora kambag'al mineral resurslar va past konsentratsiyali tabiiy va texnogen materiallarning sanoat ishlab chiqarishiga kiritilishiga olib kelmoqda. Oltin qazib olish korxonalarining sanoat chiqindilari, qoldiqlari, balansdan tashqari chiqindilar kabi tabiiy va texnogen materiallarni qayta ishlash qimmatbaho va nodir metallarni qazib olishning samarali texnologiyalarini yaratishga prinsipial yangicha yondashuvni talab qiladi. Shu munosabat bilan texnologiyalarni ishlab chiqish va takomillashtirish, shuningdek, turli balansdan tashqari rudalardan qimmatbaho metallarni (Au, Pt, Pd, Rh, Ag) ajratib olishning innovatsion usullarini ularni qazib olish amaliyotiga joriy etish alohida ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: balansdan tashqari rudalar, oksidlangan mis rudalari, tortishish kuchi, qimmatbaho metallarning markazdan qochirma konsentratsiyasi, yig'ib yuvish, konsentrat, gidrometallurgiya.

STUDY AND RESEARCH OF WASTE ORES WITH EXTRACTION OF PRECIOUS METALS

Turdiyev Shahboz Shermamat ugli

DSc, docent, Karshi State Technical University,
Karshi, Uzbekistan

Turdiyev Farid Razzoq ugli

Assistant, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. At present, in world practice, the depletion of rich deposits of rare earth and precious metals causes the involvement in industrial production of increasingly poor mineral raw materials and low-concentration natural and technogenic materials. The processing of natural and technogenic materials, which are industrial technogenic waste from gold recovery plants, dump tailings and off-balance waste, requires a fundamentally new approach to creating effective technologies for extracting precious and rare metals. At the same time, the development and improvement of technologies, as well as the introduction into the practice of extracting precious (Au, Pt, Pd, Rh, Ag) metals of innovative methods for their extraction from various off-balance ores, is of particular importance.

Keywords: off-balance ores, oxidized copper ores, gravity, centrifugal concentration of precious metals, heap leaching, concentrate, hydrometallurgy.

Введение. В Республике Узбекистана остро обозначался проблемы переработке забалансовых руд с извлечением меди и других ценных компонентов для увеличения объёма производства меди и разработка комплексных технологию производства драгоценных металлов по медному кластеру и производство продукции с добавленной стоимостью. Для извлечения драгоценных металлов из сбалансированных рудных месторождений желательно в качестве сырья использовались отвальные хвосты производства. Основная причина этому - высокий спрос на первичное сырьё во всем мире, при его ежегодном сокращении запасов. В то же время рост стоимости редких и благородных металлов делает процессы их отделения от техногенных отходов более эффективными. Общее количество забалансовых сульфидных и окисленных отходов месторождения Кальмакыр в условиях АО «Алмалыкский ГМК», составляет около 1 миллиарда тонн. Сегодня в условиях АО «АГМК» отсутствует комплексная технология извлечения цветных, редких и драгоценных металлов за счёт переработки забалансовых руд [1].

Методы исследования и результаты. В целях изучения химического и вещественного составов сульфидных и окисленных отвальных хвостов Кальмакырского месторождений были получены образцы для проведения химического анализа с применением масс-спектро-

метрического метода для определения количества благородных и редких металлов с использованием высокопроизводительного энергодисперсионного рентгеновского флуоресцентного спектрометра марки NEX CG RIGAKU [2].

Общее количество забалансовой руды месторождения Кальмакыр на отвалах А-7 и А-8 – составляет 74,5 млн. т., в составе которой содержится золота 31,6 т, с концентрацией 0,424 г/т и 132,2 т серебра с содержанием 1,77 г/т [3]. Забалансовые окисленные руды месторождения “Кальмакыр” сконцентрированы в отвалах № 39, 9, 10, 8а, А-4. Для изучения распределения благородных и редких металлов из отвалов забалансовых руд были отобраны моно-минералы: пирит, халькопирит, молибденит и др. [4].

Таблица 1.

**Среднее содержание металлов в отвалах
месторождения «Кальмакыр»**

№	Металл	Количество Ме в окисленных рудах, т	Количество Ме в сульфидных рудах, т	Общие содержание, т
1	Au (золото)	31,1	31,6	62,7
2	Ag (серебро)	144,5	132,2	276,7
3	Se (селен)	74	86,42	160,42
4	Pt (платина)	143,55	167,625	311,175
5	Pd (палладий)	194,59	227,225	421,815
6	Re (рений)	16,97	19,817	36,787
7	In (индий)	0,1276	0,149	0,2766
8	Ru (рутений)	1,0846	1,2665	2,3511

Было изучено 40 проб, на основании которых определено среднее количество драгоценных металлов и проведена отдельная объективная оценка для каждого металла (таблица 1).

В результате изучения химического состава отходов установлена возможность извлечения драгоценных металлов из их состава, используя усовершенствованные методы переработки. Кроме этого, пробы А8 были изучены по вещественному составу энергодисперсионной спектроскопии ЭДС (EDS), которые приведены ниже в рисунках (рис.1.).

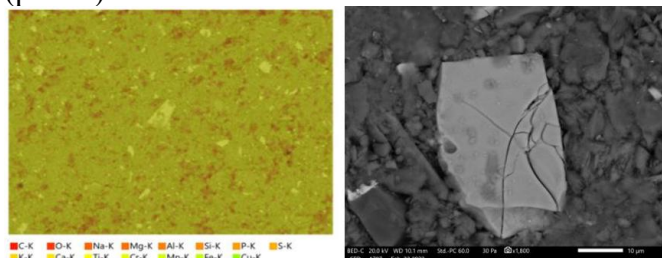


Рис.1. Общий элементарный анализ всей поверхности пробы А8.

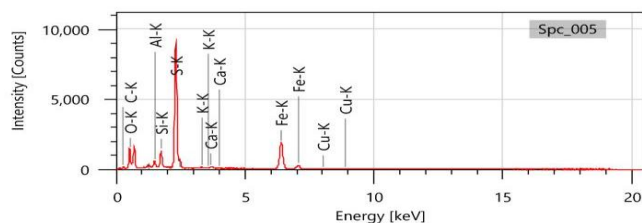


Рис.2. Результаты анализа пробы А8.

Таблица 2.

Элементный состав общей площади пробы участок А8

Элемент	Линия	Масса, %	Атом, %
Spc_005	Line	Mass%	Atom%
C	K	9.37 ± 0.19	20.52 ± 0.42
O	K	17.53 ± 0.18	28.81 ± 0.30
Mg	K	0.68 ± 0.03	0.73 ± 0.04
Al	K	1.73 ± 0.04	1.69 ± 0.04
Si	K	3.69 ± 0.06	3.45 ± 0.06
S	K	32.27 ± 0.16	30.57 ± 0.13
K	K	0.46 ± 0.03	0.31 ± 0.02
Ca	K	0.72 ± 0.03	0.47 ± 0.02
Fe	K	28.41 ± 0.22	13.38 ± 0.10
Cu	K	0.15 ± 0.04	0.06 ± 0.02
Total		100.00	100.00
Spc_005 Fitting ratio 0.0149			

Проводили общий химический анализ проб по всей поверхности каждой пробы для определения возможных составляющих исследуемых объектов. Снимками определён размер медных частиц, составляющий 10 мкм, и он, в основном, связан сульфидами [4; С.107].

Исследуемая поверхность описывается в основном медью, в качестве примеси, минералы железа, находящиеся на пике, встречаются с серой, что в свою очередь образует минералы сульфидов железа, и заметное количество кварца на высоком пике интенсивностью $4.0 \cdot 10^5$.

В спектре 005 обозначена медная поверхность пробы, имеющая содержание меди 0,15% в изучаемой пробе, связанной с кислородом (смотрите рис.2. и таблице 2. элементный состав пробы А8) в качестве примеси встречается сульфид железа и минералы кварца, глинозёма и кальцита.

Результаты анализов проб участка 10 показывает среднее содержание меди 0,15%, и размер медных минералов в среднем 100 мкм. (см. рис.3.).

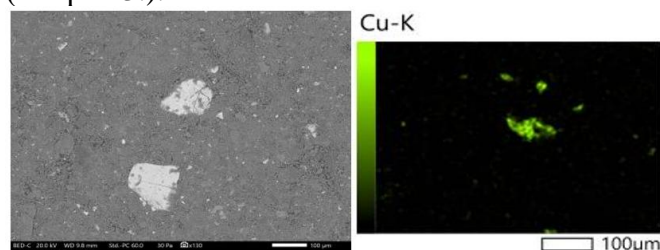


Рис.3. Результаты анализа проб участка 10.

Из рисунков 3 можно определить, что медь и в рудах встречается в окисленном виде, пик Cu равняется пику O₂. Минералогический состав и результаты опытов показывают, что забалансовые руды участка А8 относятся к сульфидным, но результаты анализа флотоконцентратов показали низкую концентрацию меди и благородных металлов, что такой флотоконцентрат не соответствует требованиям МПЗ АО «АГМК». Из результатов только у серебра хороший концентрирования и извлечения в фазе концентрата [8].

Результаты и обсуждение. Исходя из средних содержаний меди и благородных металлов в пробе, проведены опыты по гравитационному обогащению руды складов А4, А7, 9 по разработанной технологической схеме, приведённой на рисунке 4.

Для руды проб отвала А4 и 9 результаты опытов гравитационного обогащения дали хорошие показатели для всех благородных металлов, в частности, золота, серебра, платины и палладия, но для меди низкое.

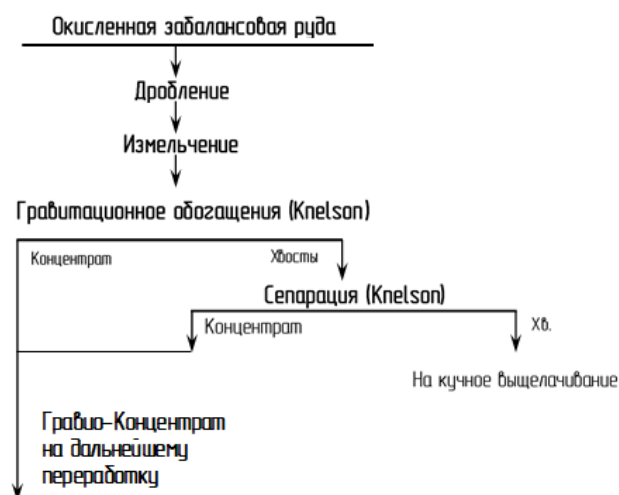


Рис.4. Предлагаемая технологическая схема обогащения окисленных забалансовых руд.

гравитационный концентрат, богатый по благородным металлам по следующего составу: по золоту в среднем 28-46 г/т, по серебру 52-58 г/т, по платине 80-96 г/т, по палладию 100-170 г/т. Идея переработки концентратов, полученных после обогащения окисленных забалансовых руд заключается предварительный обжиг концентрата при 350-400 °С с дальнейшими сернокислотным выщелачиванием примесив, и остаточное кек подвергается двух стадийному азотнокислого селективного выщелачивание серебро и палладия, также царско-водочное растворение платины и золота с разработками оптимальных параметров селективного осаждение серебро, палладия, платины и золото с соответствующими осаждающими

Таблица 4.

Результаты гравитационного обогащения окисленных забалансовых руд

Наим.	Вес, гр	Выход, %	Содержание, %						Извлечение, %					
			Au, г/т	Ag, г/т	Pt, г/т	Pd, г/т	Cu	Ss	Au	Ag	Pt	Pd	Cu	Ss
	Результаты гравитационного обогащение проб А4													
Концентрат	180,00	1,80	46,72	52,91	96,12	170,13	1,46	1,46	72,18	13,72	83,27	81,62	11,78	2,82
Хвосты	9820,00	98,20	0,33	6,10	0,41	0,82	0,20	0,92	27,82	86,28	16,73	18,38	88,22	97,18
Руда	10000,00	100,00	1,16	6,94	2,50	4,40	0,22	0,93	100,00	100,00	100,0	100,0	100,00	100,00
	Результаты гравитационного обогащение проб А7													
Концентрат	192,00	1,92	6,32	57,73	19,22	27,14	17,48	0,58	27,88	21,20	31,98	33,24	25,88	6,27
Хвосты	9808,00	98,08	0,32	4,20	1,01	1,20	0,98	0,17	72,12	78,80	68,02	66,76	74,12	93,73
Руда	10000,00	100,00	0,44	5,23	1,46	1,80	1,30	0,18	100,00	100,00	100,0	100,0	100,00	100,00
	Результаты гравитационного обогащение проб 9													
Концентрат	185,00	1,85	28,70	54,12	80,70	102,85	2,20	0,81	32,97	41,18	66,37	70,38	17,17	3,23
Хвосты	9815,00	98,15	1,10	1,08	0,70	0,80	0,20	0,46	67,03	58,82	33,63	29,62	82,83	96,77
Руда	10000,00	100,00	1,61	1,84	2,10	2,70	0,24	0,47	100,00	100,00	100,0	100,0	100,00	100,00
	Knelson: вода л/мин, g=90, Измельчение -60 мин, Крупность -0,074 мм-80%.													

Образовавшиеся хвосты гравитационного обогащения окисленных руд (отвалов А4, А7 и 9) направить на кучное выщелачивание меди вместе с сульфидными забалансовыми рудами с целью извлечения из них меди.

Заключения. После гравитационного обогащения окисленных забалансовых медных руд (участков А4, А7 и 9) образуется

реагентами разработанных автором работы. В результате разработанной схеме было получено чистейших благородных металлов с массовой долей 99,9% с сквозными извлечениями с выше 90%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Вохидов, Б. Р. (2020). Разработка технологии получения платиновых металлов из техногенных отходов. Евразийский союз ученых (ЕСУ), (6(75)), 38–46.
- [2] Вохидов, Б. Р. (2019). Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов. Горный вестник Узбекистана, (1(76)), 58–61.
- [3] Вохидов, Б. Р., и др. (2020). Исследование повышения степени извлечения аффинированного палладиевого порошка из сбросных растворов. Литье и металлургия, (1), 78–86.

- [4] Вохидов, Б. Р., & Хасанов, А. С. (2021, September). Исследование и разработка технологии извлечения металлов платиновых групп из техногенного сырья АО «АГМК». В Труды XIV Международной конференции (сс. 29–32). Красноярск: Институт химии и химической технологии СО РАН.
- [5] Voxidov, B. R. (2021). Development and improvement of technology for extraction of precious metals from technogenic raw materials. *Universum: технические науки*, (12(93)), 11–16.
- [6] Арипов, А. Р., Ахтамов, Ф. Э., Саидахмедов, А. А., & Вохидов, Б. Р. (2022). Разработка технологии обогащения вермикулитовых руд Караузякского месторождения. *Горный журнал Казахстана*, 33–39.
- [7] Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р., & Мамараимов, Г. Ф. (2020). Изучение возможности извлечения ванадия из техногенных отходов. *Илмий-техник журнал Фарғона политехника институти*, 24(3), 97–102.
- [8] Vokhidov, B. R. (2022). New horizons processing of technogenic waste of the copper industry. *The American Journal of Applied Sciences*, 4(5), 42–51.