

3. Международное энергетическое агентство. "Critical Minerals and the Energy Transition", IEA, 2021.
4. US Geological Survey. "Rare Earth Elements", 2022.

About authors:

Oktamov Umarjon Xusan o'g'li	–	<i>Head of the Department of the State Geological Fund at the State Institution "Центр недропользования", Uzbekistan, Tashkent, Mirzo Ulug'bek district, Olmazor str. 46.</i>
Shodmonov Oydin Odilovich	–	<i>Senior Lecturer at Tashkent State Technical University named after I. Karimov, 100095, Uzbekistan, Tashkent, Almazar district, University str. 2.</i>
Shanazarov Sunnat Ixtiyor o'g'li	–	<i>Lecturer at the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek 100095, Uzbekistan, Tashkent, Almazar district, University.</i>
		<i>ORCID 0000-0001-4815-6405, g-mail: umarjonoktamov1993@gmail.com</i>
		<i>ORCID 0000-0002-2470-1982, g-mail: shodmonovoydinxoja@gmail.com</i>
		<i>ORCID 0000-0001-7887-0717, g-mail: sunnatshanazarov007@gmail.com</i>

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА МЕДЫ ИЗ ТАДЖИКИСТАНА

Х.Ш. Рахимзода¹, Б.Б. Эшов¹, С.Б. Мирзажанова², А.Б. Бадалов³, О.Осими⁴

¹ ЦИИТ Национальной академии наук Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан

² Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

³ Таджикский технический университет им. М. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

⁴ Таджикский горно-металлургический институт

Doi: 10.5281/zenodo.18092769

АННОТАЦИЯ

Учитывая обилие запасов металлической меди на территории Республики Таджикистан, их добыча, переработка и эффективное использование имеет большое значение для развития экономики республики.

Следует отметить, что Стратегией промышленного развития Республики Таджикистан на период до 2030 года, отраслевыми программами, в том числе Программой развития цветной и черной металлургии в Республике Таджикистан на период до 2025 года, являются в настоящее время внедряется в промышленность страны. Эти программы способствуют увеличению объемов производства, обеспечению его конкурентоспособности, созданию новых предприятий и цехов с созданием рабочих мест и решению социальных задач государства, закладывают основу для перехода экономики страны от сырьевой формы производства материалы производителю конечной продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА

Четвёртая стратегическая задача РТ, медь, развития экономики республики, мировое производство меди, стабилизации рынка, перспективы производства медного концентрата

ВВЕДЕНИЕ

В целом мировой рынок меди в последние годы продолжал ориентироваться на китайский спрос, рост которого замедлился, но все же продолжал оставаться значительно выше общемирового

Согласно отчету о мировом рынке меди за 2024 год, подготовленному The Business Research Company, размер рынка меди за последние годы сильно вырос. Он вырастет со 166,25 млрд долларов в 2023 году до 179,84 млрд долларов в 2024 году при совокупном годовом темпе роста (CAGR) 8,2%. Рост в исторический период можно отнести к электротехнической и электронной промышленности, строительному сектору, производству промышленного оборудования, автомобилестроению, развитию инфраструктуры [1].

Ожидается, что в ближайшие несколько лет объем рынка меди будет стремительно расти. В 2028 году он вырастет до \$ 240, 52 млрд при совокупном годовом темпе роста (CAGR) 7,5 % [1,2].

Следовательно, растет заинтересованность главных потребителей меди в поставках рафинированного металла. При этом наблюдается тенденция к диверсификации этих поставок - их направления расширяются, подключаются все новые страны.

В настоящее время основными сырьевыми источниками для производства меди являются руды, концентраты и штейны, огарки, металлическое вторичное сырье. В зависимости от формы нахождения меди в рудах их разделяют на сульфидные, окисленные и смешанные. По характеру пустой породы руды делят на основные, содержащие оксиды кальция, магния и других

металлов, и кислые, включающие глинозем, кремнезем. При содержании меди менее 0,4-43,5% руды считаются забалансовыми [3]. Переработка и производство меди в условиях Республики Таджикистан является одним из основных и

актуальных вопросов, поскольку на территории страны имеется большое количество месторождений меди. Невозможно представить развитие новой науки и техники без использования меди..

Структура потребления меди по отраслям



Рис. 1. Структура потребления меди по отраслям

Самый распространенный тип золотосодержащих руд - медистые руды. Этот вид минерала сейчас добывается на рудниках ООО «Зарафшан» (Таджикистан). Присутствие минералов меди сильно осложняет процесс цианирования, повышая расход цианида и снижая извлечение золота. Однако при выборе технологической схемы переработки медистой золотосодержащей руды следует учитывать также и то, что в определенных случаях попутное извлечение меди может представлять практический интерес [4].

В состав золотых руд медь может входить как в виде сульфидных, так и в виде окисленных минералов. Если основная масса меди в руде присутствует в форме сульфидных минералов (халькопирит, борнит, халькозин и др.), то наиболее простой и рациональный способ обработки такой руды - флотационное обогащение. В результате флотации получают золотомедный концентрат, который отправляют на медеплавильный завод. Хвосты флотации в зависимости от содержания в них золота цианируют или направляют в отвал [5].

Металлургическое производство базируется на двух главных технологических направлениях - пирометаллургии, т.е. высокотемпературных огневых процессах и гидрометаллургии, т.е. процессах, основанных на использовании химии растворов и электролитов [6].

Пирометаллургические технологии получения меди, наиболее распространенные в настоящее время, оказываются более затратными в виду высокого расхода энергоресурсов - капитальные затраты по переделам плавки и рафинирования составляют от 3000 до 5000 \$ США на 1 т меди [7].

Следует отметить, что Стратегией промышленного развития Республики Таджикистан на период до 2030 года, отраслевыми

программами, в том числе Программой развития цветной и черной металлургии в Республике Таджикистан на период до 2025 года, являются в настоящее время внедряется в промышленность страны. Эти программы способствуют увеличению объемов производства, обеспечению его конкурентоспособности, созданию новых предприятий и цехов с созданием рабочих мест и решению социальных задач государства, закладывают основу для перехода экономики страны от сырьевой формы производства. материалы производителю конечной продукции.

В 2023 году в Таджикистане в сфере добычи полезных ископаемых и драгоценных металлов начало работать огромное промышленное предприятие с самыми современными мировыми технологиями — Совместное предприятие «Зарафшан». Производственные линии совместного предприятия «Зарафшан» не имеют аналогов в регионе и по международным оценкам отвечают требованиям «зеленой экономики». Предприятие, занятое производством меди катодного стандарта, имеет возможность перерабатывать 165 тысяч тонн концентрата с медью и золотом, производить из него высококачественную конечную продукцию.

Было сообщено, что из этого количества перерабатываемого концентрата в первую очередь производится 4,5 тысячи тонн катодной меди, а также определенное количество золота и серебра.

Следует отметить, что до настоящего времени порошок концентрата с медью как сырье экспортировался в другие государства для доведения до конечной продукции.

Медеплавильное предприятие компании «Зарафшан» создано с учётом самых современных мировых технологий, его производственные линии уникальны в регионе и, по международным

оценкам, соответствуют требованиям «зелёной» экономики.

Еще одним преимуществом этой технологии является то, что в одном цеху медь отделяется от золота. Этот опыт реализован впервые в мировой металлургической отрасли, и этот процесс имеет множество преимуществ с экологической точки зрения.

Также в процессе обработки порошок, содержащий медь, золото и серебро, нагревают в автоклаве со сжатым кислородом при температуре до 220 градусов, таким образом вредные для окружающей среды вещества, в том числе МИШ-1 (мышьяк) и сера естественным образом нейтрализуются. Данная технология в Таджикистане была применена впервые.

Это крупное промышленное предприятие состоит из 9 цехов, в том числе цехов по переработке целлюлозы, производства меди, известняка, цеха по предварительному окислению, цеха по выщелачиванию под давлением кислорода, цеха по электронизации меди, а также котельной, цеха водоснабжения, компрессорной станции воздуха и чистой воды.

Наряду с этим при предприятии с учётом современных технологий создан отдельный цех вторичной переработки, где перерабатывается сырьё, отходы используются заново для производства конечной продукции, что даёт возможность переработки сырья полностью. Полный процесс производства контролируется из

административно-управленческого здания посредством современных аппаратов и камер.

Следует сказать, что в прошлом цианид содержащие отходы долгое время оставались на заводе как вредные отходы, а открытие нового цеха устранило эту проблему. Таким образом, с открытием этого цеха все возможные воздействия на экологию были устранены.

Адсорбционная кислородная база также играет важную роль в завершении производственного цикла в обществе, а технология, установленная в цехе, позволяет снабжать автоклавную систему сжатым кислородом.

На Рисунке 2 показана перспектива производства концентрата и меди на 2019-2025 годы. Согласно представленной на рисунке перспективе, объём производства медного концентрата в ближайшие пять лет, 2019-2025 годы, будет увеличен с 44,6 до 57,1 тыс. тонн, что позволит увеличить производство почти в 1 раза. Также объём производства металлической сурьмы в ближайшие пять лет, 2020-2025 годы, будет увеличен с 2,3 (2023) до 3,1 тысяча тонн, что позволит увеличить производство почти в 1 раза [8]. Насколько известно, производство металлической меди в стране начнется не раньше 2023 года, а переработка начнется с 2023 года, что является первым шагом на пути развития меднодобывающей отрасли к конечному продукту.

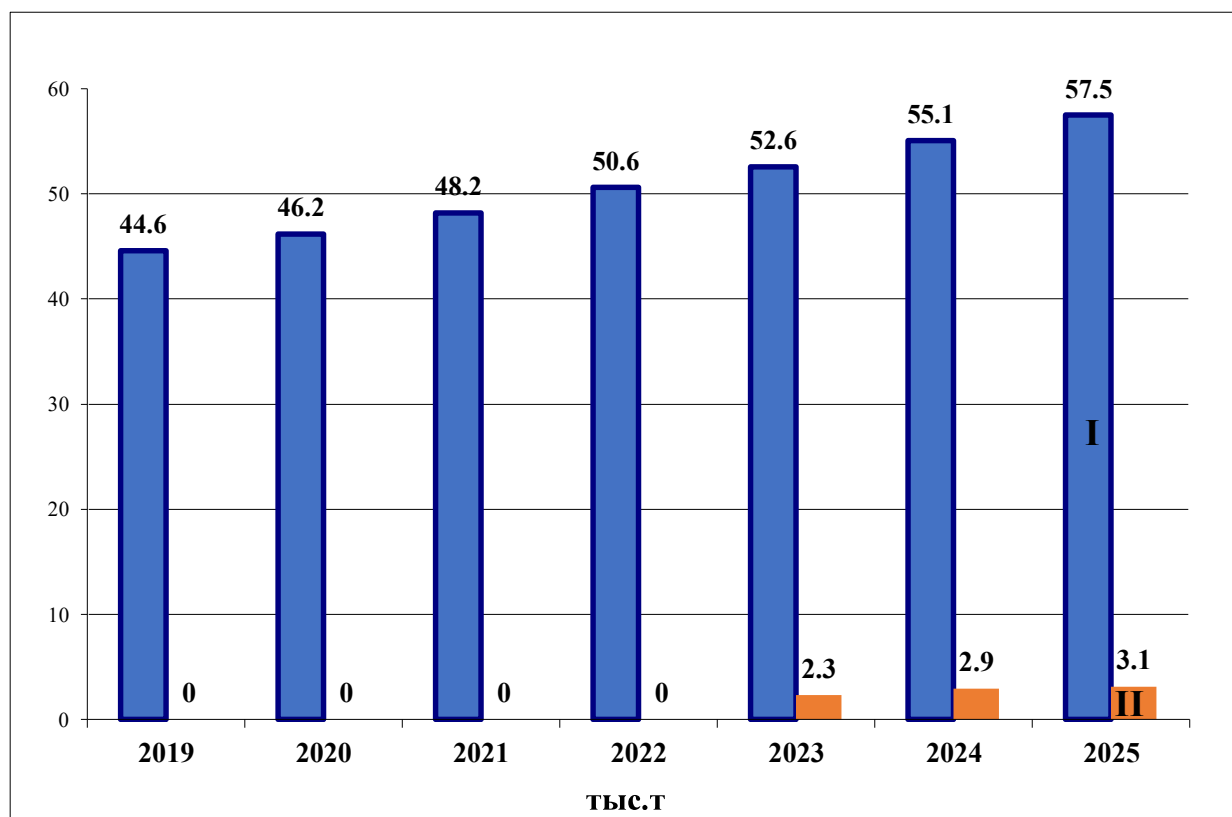


Рис. 2. Перспективы производства медного концентрата-«I» и металлической сурьмы-«II» в 2020-2025 годах показаны согласно программе индустриализации Республики Таджикистан

Проектируемая обогатительная фабрика СП «Зерафшан» было создано в 1994 году на базе бывшего Таджикского золоторудного комбината. Семьдесят пять процентов акций принадлежало британской компании «Commonwealth & British Mineral Co.Ltd», двадцать пять - правительству Таджикистана. В июле 2007 г. гонконгская золотодобывающая компания «Zijin Mining Group» объявила о своем намерении приобрести дочернее предприятие Лондонской фирмы «Avocet Mining Plc», которой принадлежат права на проведение разведывательных работ по добыче золота на территории Таджикистана и которая находится на грани банкротства. «ZiJin Mining Group Co.Ltd» является одной из крупных китайских золотодобывающих компаний.

Компания «ZiJin Mining Group Co.Ltd» имеет большой опыт в разработке золотосодержащих руд с низким содержанием золота, а также в разработке специальной технологии для работы на таких месторождениях. Компания «ZiJin Mining Group Co.Ltd» Китайская Народная Республика является одним из основных производителей меди в мире и в настоящее время занимается производством меди в Таджикистане. Медедобывающая компания также вошла в десятку крупнейших производителей меди в мире в 2025 году.

Совместное предприятие «Зарафшан» в настоящее время осуществляет разработку месторождений «Тарпор», «Джилав», «Олимпиаки», «Хирсхона», известнякового месторождения «Дахани мазор», песка и гравия «Могиён дарё». Для производства меди катодного стандарта используется концентрат месторождения «Тарпор», его запасов достаточно для бесперебойной и эффективной работы. Геологоразведочные работы по поиску новых источников сырья будут проводиться с привлечением специалистов. В будущем также будет импортировано сырье для переработки из других месторождений на территории республики и за рубежом.

Золоторудное месторождение «Тарпор» расположено на южном склоне Зеравшанского хребта на северо-западе Таджикистана, в 290 км от столицы страны города Душанбе, 300 км от областного центра города Худжанда и 30 км от районного центра города Пенджикента и площадь месторождения относится к Пенджикентскому району.

Химический состав золотосодержащих руд во многом предопределяет её металлургическую ценность. Она определяет содержание в ней основного компонента, а также полезных, вредных и шлакообразующих примесей.

Таблица 1

Химический состав

Компоненты	Состав породы				
	Амфиболы, серпентин, доломит		Пироксены, амфиболы, тальк, серпентин, кварц	Кварц, доломит	
	«от»-«до»			«от»-«до»	
SiO2	40,74	52,95	50,52	39,81	36,32
Al2O3	2,47	1,04	0,86	1,18	1,38
Fe2O3	6,07	3,28	3,13	2,24	1,6
FeO	3,88	2,8	1,65	1,94	2,33
MnO	0,15	0,16	0,07	0,12	0,14
MgO	30,58	24	23,85	11,95	8,45
CaO	3,43	7,71	8,27	20,91	23,56
Na2O	0,12	0,11	0,14	0,02	0,13
K2O	0,48	0,04	0,04	0,11	0,06
n.n.n	9,58	7,68	10,12	19,12	24,82
H2O ⁺	0,40	0,28	0,16	0,18	0,24
H2O ⁻	6,30	1,4	0,62	0,98	--
SO3	1,57	--	0,99	2,11	0,93
P2O5	Сл	0,02	Сл	0,03	0,03
F	0,49	0,18	0,46	0,1	0,06
Сумма	99,43	99,79	99,68	99,54	99,8

По фазовому анализу значительная часть меди находится в виде хризоколлы CuSiO₃·nH₂O (связанная окисленная) и малахита Cu₂[(OH)₂CO₃], азурита, куприта Cu₂O, тенорита CuO, брошантита Cu₄ [(OH)₆SO₄] (свободная окисленная). Сера

присутствует в основном в окисленной форме. В результате анализа установлено, что количество меди в соединениях рудника Тарпор присутствует, и перспектива ее переработки выгодна.

Таблица 2.

Химический состав руды Тарорского месторождения

Наименование компонентов	Содержание, %	Примечание
Медь	0,77	Спектральный анализ
Мышьяк	1,49	то же
Свинец	0,03	то же
Цинк	Не обн.	то же
Кадмий	Не обн.	то же
Сера	1,99	то же
Оксид кремния	41,6	то же
Оксид кальция	15,31	то же
Оксид магния	14,52	то же
Железо окисное	4,0	то же
Железо закисное	4,14	то же
Трехокись алюминия	2,92	то же
Оксид марганца	0,12	то же
Оксид титана	0,2	то же
Оксид калия	0,5	то же
Оксид натрия	0,1	то же
Пятиокись фосфора	0,03	то же
Легучие	11,9	то же
Золото	4,2 г/т	Пробирный анализ
Серебро	20,1 г/т	Пробирный анализ

Следует отметить, что, помимо СП «Зерафшан», в районе Айнинского района в сфере добычи золота работает компания ООО «ТВЕА Душанбе саноати кухи». Согласно проведенному анализу, в составе золота и серебра компании ООО «ТВЕА Душанбе саноати кухи» имеется большое количество соединений меди, которые также весьма эффективны при их переработке.

Общая площадь предприятия ООО «ТВЕА Душанбе саноати кухи» составляет 1200 га. Рудный концентрат добывается из месторождений «Кумарги Боло» и «Дуобаи Шарки». Месторождение «Кумарги Боло» находится на высоте около 4000 метров, а месторождение Дуобаи Шарки – на высоте 2300 метров над уровнем моря.

Для добычи и переработки руды в месторождении «Кумарги Боло» внедрен комплексный гидрометаллургический процесс,

установлена современная технология автоматического литья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях Республики Таджикистан исследования в области медной металлургии имеют особое значение для успешного осуществления стратегической цели индустриализации нашей страны – перехода от аграрного государства к индустриально-аграрному. Наличие богатых природных ресурсов и многоэлементных месторождений полезных ископаемых, относительно недорогой и доступного источника электроэнергии являются надежной основой для развития металлургической промышленности нашего государства.

TOJIKISTONDA MIS ISHLAB CHIQARISH ISTIQBOLLARI

X.Sh. Raximzoda¹, B.B. Eshov¹, S.B. Mirzajonova², A.B. Badalov³, O. Osimi⁴

¹Tojikiston Fanlar Akademiyasi Milliy Axborot va Innovatsion Texnologiyalar Markazi, Dushanbe, Tojikiston Respublikasi

²Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

³M. Osimi nomidagi Tojik texnika universiteti, Dushanbe, Tojikiston Respublikasi

⁴Tojikiston kon-metallurgiya instituti

ANNOTATSIYA

Tojikiston Respublikasining hududida metall misning katta zahiralari mavjudligini hisobga olgan holda, uni qazib olish, qayta ishlash va samarali foydalanish respublika iqtisodiyotini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, Tojikiston Respublikasining 2030-yilgacha bo'lgan sanoat rivojlantirish strategiyasi, shuningdek 2025-yilgacha bo'lgan rangli va qora metallurgiyani rivojlantirish dasturi hozirda mamlakat sanoatida joriy etilmoqda. Ushbu dasturlar ishlab

chiqarish hajmini oshirishga, uning raqobatbardoshligini ta'minlashga, yangi korxonalar va sexlar tashkil etish orqali ish o'rinlari yaratishga, ijtimoiy masalalarni hal etishga xizmat qiladi hamda mamlakat iqtisodiyotini xomashyo yetkazib berishdan tayyor mahsulot ishlab chiqarishga o'tishiga zamin yaratadi.

KALIT SO'ZLAR Tojikiston Respublikasining to'rtinchi strategik vazifasi, mis, respublika iqtisodiyotini rivojlantirish, dunyo mis ishlab chiqarishi, bozorni barqarorlashtirish, mis kontsentratini ishlab chiqarish istiqbollari

PROSPECTS FOR COPPER PRODUCTION IN TAJIKISTAN

Kh.Sh. Rahimzoda¹, B.B. Eshov¹, S.B. Mirzajonova², A.B. Badalov³, O. Osimi⁴

¹*Center for Information and Innovation Technologies, National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan*

²*Tashkent State Technical University, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

³*M. Osimi Tajik Technical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan*

⁴*Tajik Mining and Metallurgical Institute, Republic of Tajikistan*

ABSTRACT

Considering the abundance of metallic honey reserves on the territory of the Republic of Tajikistan, their extraction, processing and efficient use are of great importance for the development of the republic's economy. It should be noted that the Industrial Development Strategy of the Republic of Tajikistan for the period until 2030, industry programs, including the Program for the Development of Non-ferrous and Ferrous Metallurgy in the Republic of Tajikistan for the period until 2025, are currently being implemented in the country's industry. These programs help increase production volumes, ensure its competitiveness, create new enterprises and workshops with the creation of jobs and solve the social problems of the state, lay the foundation for the transition of the country's economy from the raw material form of production to the manufacturer of final products.

KEYWORDS

The fourth strategic task of the Republic of Tatarstan, copper, economic development of the republic, global honey production, market stabilization, prospects for the production of copper concentrate.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мировой рынок меди: добыча руды, производство, потребление, мировые цены на медь [Электронный ресурс] // EXPORT.RU мировая экономика [сайт]. - Режим доступа: <http://www.export.ru/articles/commod/copper.htm>
2. Металлические полезные ископаемые Беларуси [Электронный ресурс] // Мир знаний [сайт]. - Режим доступа:
3. Бодуэн, А.Я. Попутное извлечение редких микроэлементов при комплексной переработке сульфидных медных руд / А.Я. Бодуэн, Г.В. Петров, А.Ю. Спыну, И.И. Мардарь // *Металлург.* - 2014. - №1. - С. 83-85
4. Стрижко Л.С., Бобохонов Б.А., Бобоев И.Р. Исследование и разработка технологии извлечения золота из окисленных руд одного из крупнейших месторождений Таджикистана // *Цветные металлы.* - 2012 - № 7. - С. 41-44.
5. Бобохонов Б.А., Рабиев Б.Р., Бобоев И.Р. СП «Зарафшон»: технологии переработки золотосодержащих руд // *Горный журнал. Специальный выпуск.* - 2012. - С. 46-50.
6. Петров, Г.В. Исследование аммиачного автоклавного выщелачивания некондиционного медного концентрата, содержащего серебро и рений / Г.В. Петров, А.Я. Бодуэн, Б.С. Иванов, М.А. Серебряков // *Цветные металлы.* - 2016. - №10. - С.23-28
7. Алтушкин, И.А. Инновации в металлургии меди на примере реализации проекта реконструкции ЗАО «Карабашмедь» / И.А. Алтушкин, Ю.А. Король, А.Н. Голов // *Цветные металлы.* - 2012. - №8. - С.25-34
8. Программа ускоренной индустриализации Республики Таджикистан на 2020-2025 годы. Душанбе-2020, № 293, 65 с.

Information about authors:

Rahimzoda – Leading Researcher, Laboratory of Materials Science, Center for Innovative Technology Research, National Academy of Sciences of Tajikistan.
Khayot Shifokul E-mail: hayotrahimi95@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6246-2917>

Eshov Bakhtier Badalovich	–	Doctor of Technical Sciences, Director of the Center for Innovative Technology Research, National Academy of Sciences of Tajikistan E-mail: ishov1967@mail.ru
Mirzajanova Saodat Bakidjanovna	–	Associate Professor, Department of Metallurgy, Tashkent State Technical University. E-mail: sabi30302@gmail.com , ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0375-6415
Badalov Abdulkhayr Badalovich	–	Doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of General and Inorganic Chemistry, M. Osimi Tajik Technical University, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: badalovab@mail.ru , ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0659-0529
Osimi Okil	–	Candidate of Technical Sciences, Head of the Academic Process Department, Tajik Mining and Metallurgical Institute. E-mail: osimiokil@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ МЕТОДОМ МОКРОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

С.Р. Худояров, У.М. Халикулов, Ш.А. Мухаметджанова, С.Н. Файзуллаев, В.Б. Хамроев

Филиал НИТУ МИСИС в г.Алматы

Doi: 10.5281/zenodo.18092806

АННОТАЦИЯ

В работе исследовано мокрое электромагнитное обогащение переработанных сталеплавильных шлаков. Установлено, что оптимальная напряжённость магнитного поля составляет 20 кА/м, обеспечивая селективное извлечение металлического железа и магнетита. Магнитный концентрат содержит 46,9 % Fe, что делает его перспективным железосодержащим компонентом шихты. Повторная сепарация хвостов при 60 кА/м показала низкую эффективность и не приводит к дополнительному извлечению металлического железа. Определена целесообразность одностадийного мокрого электромагнитного обогащения при оптимизированных параметрах поля.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

сталеплавильные шлаки, магнитная сепарация, электромагнитное обогащение, железный концентрат.

ВВЕДЕНИЕ

Рост объемов выпуска стали сопровождается увеличением количества сталеплавильных шлаков, представляющих собой техногенное сырьё со значительной долей металлосодержащих компонентов. Эффективная переработка и вовлечение этих отходов в хозяйственный оборот является актуальной задачей современной металлургии, обусловленной необходимостью снижения ресурсной нагрузки, повышения экономической эффективности производства и уменьшения экологического воздействия [1].

Сталеплавильные шлаки после первичной переработки содержат заметные количества металлического железа, железистых соединений и неметаллических минералов, различающихся по магнитным свойствам. Так переработанные сталеплавильные шлаки представляют собой конгломераты (рис.1), в которых в тесной ассоциации находятся все компоненты шлаков:

$\text{Fe}_{\text{мет}}$, FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Al_2O_3 , MgO , MnO , CaO , SiO_2 . Это делает их перспективным объектом для технологий магнитного обогащения. Среди таких технологий мокрое электромагнитное обогащение занимает особое место благодаря способности эффективно разделять частицы с близкими физико-механическими характеристиками и работать с мелкодисперсными фракциями, не поддающимися сухому разделению [2].

Объекты и методика исследования. В качестве объектов исследования были выбраны переработанные сталеплавильные шлаки электросталеплавильного производства, содержащие железосодержащие включения различной природы, как металлические частицы, оксидные соединения типа, а также немагнитную минеральную матрицу сложного состава. Материал характеризуется значительной неоднородностью фаз, различиями в магнитных свойствах и присутствием устойчивых