

Металлургия өндірісінің құрамында темір бар қалдықтарынан металданған өнімді алу

¹*АЙТКЕНОВ Нурбек Болатович, оқытушы, n.aitkenov@tttu.edu.kz,

¹СМАИЛОВ Сағдат Амангельдинович, т.ғ.к., аға оқытушы, s.smailov@tttu.edu.kz,

¹ЖАБАЛОВА Гульнара Газизовна, т.ғ.к., доцент, g-zhabalova@mail.ru,

¹МОНГОЛХАН Оралған, оқытушы, o.mongolkhan@tttu.edu.kz,

¹«Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Теміртау, Республика даңғылы, 30,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. *Металлургия кәсіпорындарында конвертер газдарын тазартқаннан кейінгі шламдар темірдің жоғары концентрациясы бар металл бар өнеркәсіптік қалдықтардың маңызды бөлігін құрайды. Оларды кәдеге жарату және металлургия үшін шикізат ретінде пайдалану проблема тудырады. Жұмыстың мақсаты – газ тазарту конвертері шламдары мен конвертер шлактарының қоспасы негізінде брикеттелген өнімдерді қалпына келтіру үрдістерін зерттеу. Конвертерлік шлам мен шлак қоспасынан шлам көмірлі брикеттерді дайындау, оларды зертханалық жағдайда металдандыру бойынша эксперименттік зерттеулермен болатты балқыту кезінде шикізат ретінде пайдалану үшін орынды болып табылатын темірдің пайыздық құрамы бойынша конвертерлік шлак пен газтазарту шламы қоспасының компоненттерінің оңтайлы құрамы анықталды. Технологияны жүзеге асыру нәтижесінде шойын мен жоғары көміртекті қорытпаларды өндіру сатысын айналып өтіп, металды көміртектендірісін қарапайым маркалы болаттар алуға болады. Ұсынылатын оттегі-конвертерлік өндіріс шлактары мен шламдарын қайта өңдеу технологиясы жинақталған өндіріс қалдықтарының көлемін қысқартуға мүмкіндік береді.*

Кілт сөздер: конвертерлік шлак, конвертерлік шлам, шлам көмірлі брикеттері, тотық, тотықсыздандырғыш, әк, химиялық құрамы, металдандырылған өнім, қатты фазалық тотықсыздандыру.

Кіріспе

Өңделетін шикізат көлемінің үнемі ұлғаюы, жоғары температуралы технологиялар және жану үрдістерін пайдалану металлургияның қоршаған ортаға теріс әсерін туындатады [1, 2]. Кеннің сапасының нашарлауына байланысты оны өңдеу құнының өсуі, өндіруге, ұсақтауға және бөліп алуға жұмсалатын күрделі шығындар мен пайдалану шығындарының біршама өсуі, жоғары көлік шығындары металлургиялық кәсіпорындарды кен орындарына арзан балама шикізат көздерін іздеуге мәжбүр етеді. Осындай көздердің бірі металлургиялық кәсіпорындар көп жылдар бойы қарқынды өндірісі нәтижесінде жиналған және әрқайсысы бағалы шикізат болып табылатын металл және тотық құрамдастар қоспасының техногендік кен орындарына кіретін шлак үйінділері табылады [3]. Тотықсыздандырумен балқыту кезінде жаңа теориялық қағидаларды қолдана отырып, стандартты емес шикізат пен өнеркәсіптік қалдықтарды тиімді өңдеу мәселесі өте өзекті.

Теориялық зерттеулер және талдау әдістемесі

Шойынды болатқа оттекті-конвертерлік қайта өңдеу кеннің, бос жыныстың, флюстердің жоғары

температуралық әрекеттесуінің өнімі болып табылатын конвертерлік қождың қалыптасуымен қатар жүреді және темір (25%-ға дейін), марганец (10%-ға дейін) тотықтарының жоғары мөлшерімен сипатталады [4].

Оттегінің шойынмен жанасу аймағында конвертерде жоғары температура (3000°C дейін) таралады, онда темір оксидтері мен басқа да қоспалар буланып кетеді. Бұл булар конвертер газымен бірге конвертерден шығады, салқындатылады және көптеген ұсақ шаң бөлшектерін құраумен конденсацияланады. Сонымен қатар, конвертер газы балқыту процесінде конвертерге салынатын кеннің, әк пен басқа да қоспалардың ұсақ бөлшектерін шығарады. 1 тонна балқытуда конвертерде 90 м³ дейін газ және 20 кг дейін шаң пайда болады. Шаң негізінен темір мен оның оксидтерінен (60-70%), әктен (5-17%), кремнийден (0,7-3,0%) және басқа құрамдастардан тұрады. Конвертер газдарын тазартудан кейін жоғары мөлшерде металл бар конвертер шламы алынады. Ылғалды газ тазарту кезінде 1 тонна балқытылған болатқа 10-30 кг шлам (1-3%) пайда болады. Шламдар бай (Fe_{жалпы} = 55-67%) немесе салыстырмалы түрде бай темірге (Fe_{жалпы} = 40-55%) жатады. Шламдардың негізгі бөлігі Fe₂O₃ оксид түрінде кездеседі [5].

Бұл жұмыста металдардың көміртекпен қатты фазалық тотықсыздандыруының теориялық ережелеріне негізделген зерттеулер жүргізілді. Қатты фазалық реакцияларда диссоциациялық буынның әсері тотықтар мен тотықсыздандырғыштың әрекеттесетін бөлшектері мөлшерінің азаюына тең өсетіні белгілі. Сондықтан дисперсті жүйеде тотығу реакцияларының жылдамдығы газды азайту жылдамдығына дейін таралады. Газбен салыстырғанда металды қатты фазалық тотықсыздандырудың артықшылығы – концентраттар, ұсақ өнеркәсіптік қалдықтар түріндегі шихтаның бастапқы құрамдастары энергияны көп жұмсайтын кесектеу үрдісі жасалмайды, бұл металл өнімдерін алу үшін құрамында металл бар ұсақ шикізатты тікелей пайдалануға мүмкіндік береді.

Тотықсыздандыру үрдістері үшін дисперсті және ұсақ дисперсті темір кені шикізатын қолданған кезде, беткі әсер қабаттың газбен әрекеттесуімен ғана емес, сонымен қатар қатты тотықсыздандырғышпен де көрініс табады. Бұған концентратты көміртекті тотықсыздандырғышпен толық немесе жартылай араластыру және алынған шихтаны қыздыру арқылы қол жеткізіледі.

Тәжірибелер металдандырудың жоғары дәрежесі бар металлургиялық өндірістің темір қалдықтарынан металдандырылған өнімін алуға бағытталған.

Зерттеу нәтижелерін талдау

Құрамында металл бар бастапқы материал ретінде «АрселорМиттал Теміртау» АҚ болат балқыту өндірісінің конвертерлік қождары мен шламы таңдап алынды, олардың химиялық құрамы магниттік сепарациямен байытылғаннан кейін 1-кестеде келтірілген [5].

Көміртекті материалдардың тотықсыздандыру қабілеті ұшпа заттар мен күлдің құрамымен, кеуектілігімен, меншікті бетпен анықталады.

Құрамында көміртегі бар тотықсыздандырғыш ретінде Шұбаркөл көмірі пайдаланылды.

Бұл көмірдің ерекшелігі – орташа көміртегі мөлшері 54% болатын төмен күлділігі ($A^d=2,8\%$). Мұндай тотықсыздандырғышты қолдану CO_2 бойынша $1000^\circ C - 5,1 \text{ см}^3/(\text{г}\cdot\text{с})$ кезінде жоғары реакцияға түсуімен, сондай-ақ ұшпа заттардың жоғары бөлінуімен ($V^{daf}=44,1\%$) түсіндіріледі.

Конвертерлік шлам мен қожды престеу нәтижесінде конвертерлік шлам мен қождың ауыспалы арақатынасымен диаметрі 49,4 мм және биіктігі 41,5 мм көмір брикеттері шламы алынды. Байланыстырғыш ретінде гидратталған әк пайдаланылды, оның мөлшері брикеттелетін қоспаның массасына байланысты белгіленеді және массаның 5-15% мөлшерінде 100%-дан асады.

Шлам көмір брикеттері СНОЛ-1,6.2.0.0,8/9-М1-У4 камералы пешінде металданды. Металдандыру процесін жүргізу кезінде шығарылған газдың температурасы, көлемі және құрамы сияқты параметрлер тіркелді, соның негізінде тотықсыздандыру үрдісінің дәрежесі мен жылдамдығы анықталды. Алынған металдандырылған өнім беріктікке тексеріліп, $Fe_{жалпы}$, $Fe_{мет}$, S, P, C және басқа элементтердің құрамы талданды. Талдау нәтижелері 2 және 3-кестелерде ұсынылған.

Эксперименттік нәтижелер барысында алынған 1 және 2-суреттерде көрсетілген тотықсыздандыру дәрежесі мен жылдамдығының уақытқа тәуелділік графиктері салынды.

Металдандыру температурасы $1100^\circ C$ құрады. Үрдістің дәл осы температурасын таңдау, бір жағынан, материалды балқытудың мүмкін еместігіне, екінші жағынан, ұсынылған материалдардың құрамына кіретін металдардың жеткілікті толық тотықсыздандырумен байланысты. Өндіріс қалдықтарындағы металдарды тотықсыздандыру қатты фазаны сақтай отырып жүзеге асырылды.

Тәжірибенің жиырма минут өткеннен кейін көрсетілген температурада CO және CO_2 болатын газдың бөлінуі байқалды. Температура өсуіне байланысты газ бөлінуі де көбейе түсті. Бөлініп шығарылған газдың үлкен бөлігі жүйенің $950-1100^\circ C$ температураға жеткен сәтіне сәйкес

1-кесте – Темір-көміртекті брикеттерді алуға арналған бастапқы материалдардың химиялық құрамы

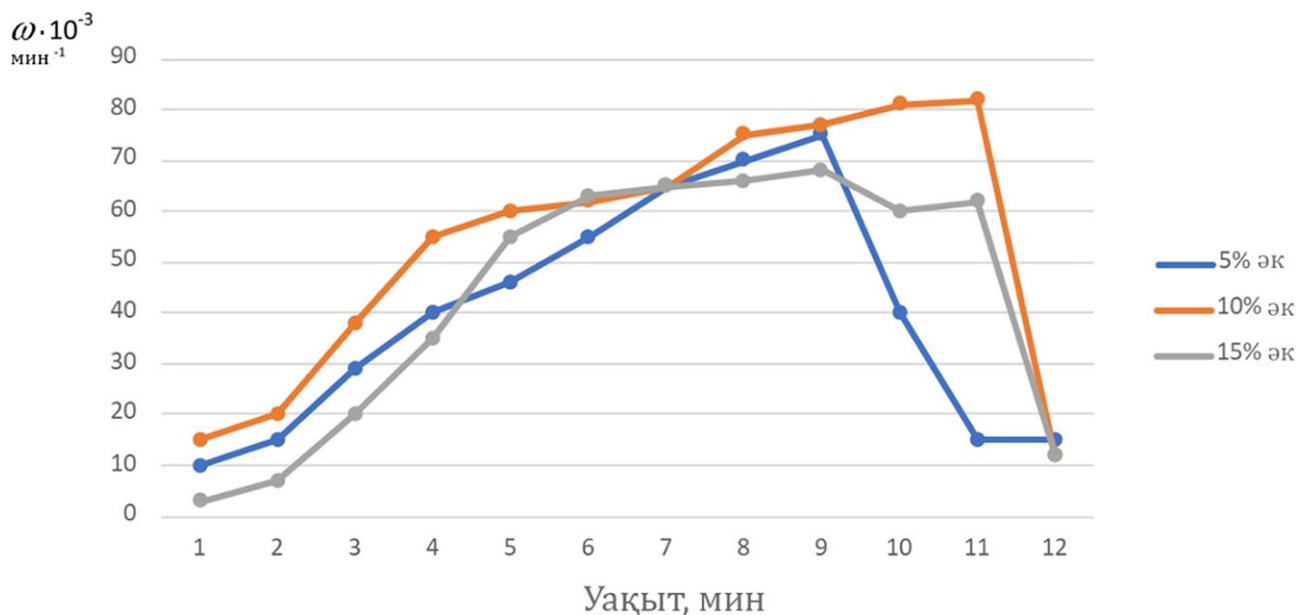
Компоненттер атауы	Химиялық құрамы, %									
	$Fe_{общ}$	FeO	MnO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	S	P	C
Конвертерлік шлам	63,7	15,0	1,28	6,66	0,53	15,2	6,9	0,68	0,06	1,8
Конвертерлік қож	25	32,0	4,5	12,8	4,62	30,5	6,56	0,30	0,34	-

2-кесте – Конвертерлік шлам мен қождың, Шұбаркөл көмірі мен әктің негізінде металдандырылған брикеттердің беріктік көрсеткіштері

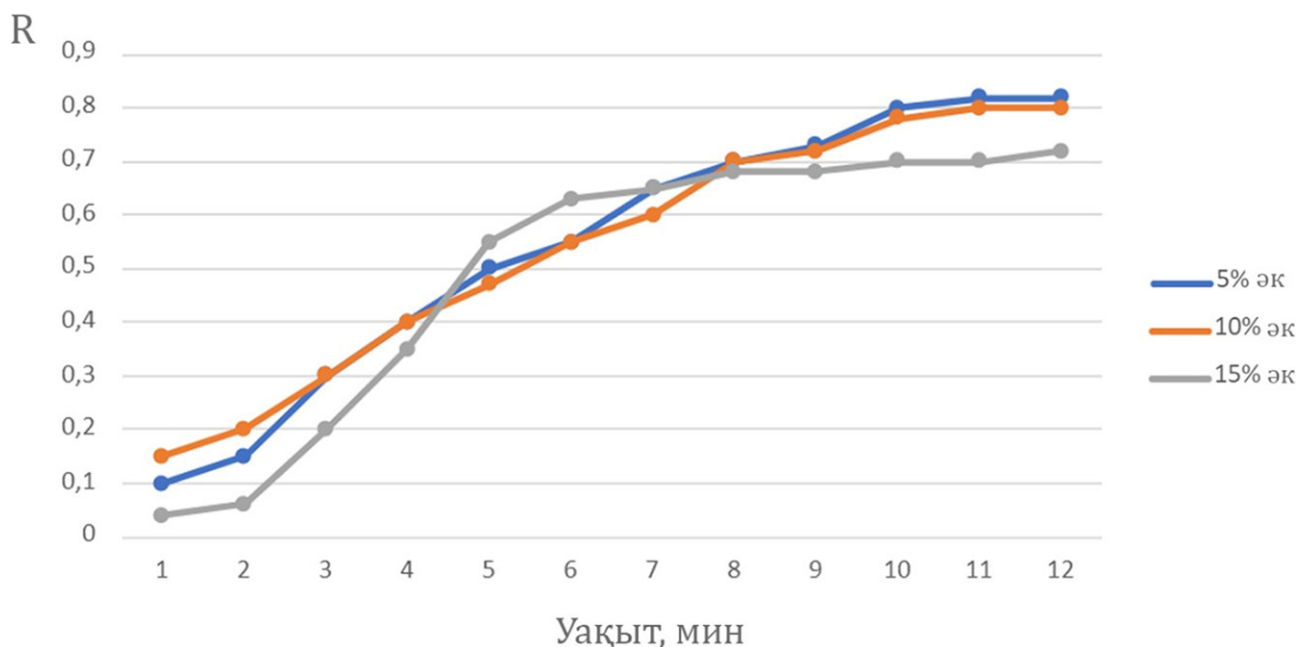
Бастапқы материал	Байланыстырғыш материал (әктас), %	Беріктік, кг/см ²
Конвертерлік шлам мен қождың, Шұбаркөл көмірінің қоспасы	5	4,5
	10	4,9
	15	5,2

3-кесте – Металданған материалдың химиялық құрамы

Үлгі атауы	Конвертерлік шлам мен қождың қатынасы	Енгізілген әк мөлшері, %	Металдандырылған өнімнің химиялық құрамы, %						
			Fe _{жалпы}	Fe _{мет}	SiO ₂	S	P	C	Zn
1 үлгі	85:15	5	63,9	71,05	5,3	0,1	0,26	0,21	0,030
2 үлгі	90:10	10	71,3	60,4	6,11	0,12	0,25	0,32	0,025
3 үлгі	95:5	15	71,3	62,13	5,3	0,23	0,22	0,37	0,03



1-сурет – Тотықсыздандыру дәрежесінің уақытқа тәуелділігі



2-сурет – Уақыт бойында шихтаның тотықсыздандыру жылдамдығының өзгеруі

келді. Тотықсыздандыру үрдісі жалғасқан сайын шығарылатын газдың көлемі азайып, шығатын газдың жалпы көлемінде CO₂ пайызы төмендеді.

Тотықсыздардырумен күйдіру нәтижесінде шихта салмағы төмендеді, бұл газ фазасының пайда болуымен және шығарылуымен байланысты.

Уақыт өтуімен тотықсызданған темір мөлшері көбейді. Температураның жоғарылауы тотықтардың беріктігінің төмендеуіне және оттегіне қатысты көміртегі белсенділігіне әкелді. Тотықсыздандыру дәрежесінің уақытқа тәуелділік қисықтары шламы мен конвертер қожының қоспасынан темірді тотықсыздандыру кинетикасын сипаттайды. Тотықсыздандырумен күйдіру ұзақтығы шамамен үш сағатты құрады, оның барысында шламы көмірлі брикеттер 86-88% дейін металлданды. Металлдандыру үрдісінің сипаты, сондай-ақ металлдандырылған өнімнің химиялық құрамы байланыстырушы материал ретінде пайдаланылатын әктің ең қолайлы мөлшерін анықтауға мүмкіндік берді, ол 15% (шихта массасынан) құрайды.

Қорытынды

1. Барлық зерттелетін үлгілерді брикеттеу технологиялық талаптарды сақтай отырып жүзеге асырылды. Брикеттер қиратуға жақсы беріктікке $> 5,2 \text{ кг/см}^2$, соққыға беріктігі 80% ие болды.

2. Металлдандырылған өнімнің барлық үлгілерінде 60%-дан астам $\text{Fe}_{\text{мет}}$ бар.

3. Зерттелген 3 үлгінің ішінде зиянды қоспалардың (S, P) ең аз мөлшері 1 және 2 үлгілерде байқалды.

Осылайша, эксперименттік зерттеулердің нәтижелері қара металлургияның негізгі өндірісінде шикізат көзі ретінде пайдалануға жарамды өнімді алумен, өнеркәсіптік қалдықтарды кәдеге жарату мүмкіндігі туралы айтуға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Каренов Р.С. Эколого-экономические проблемы деятельности предприятий горно-металлургического комплекса Республики Казахстан // Вестник КарГУ. – 2014. – № 1 (73). – С. 56-65.
2. Тлеугабұлов С.М., Нурумғалиев А.Х., Койшина Г.М., Айткенов Н.Б. Восстановительно-плавильный процесс применительно к металлосодержащим отходам // Сталь. – 2019. – № 3. – С. 65-69.
3. Лосева О.В. Эколого-экономические аспекты деятельности ПАО НЛМК // Евразийский союз ученых. – 2016. № 3-1 (24). – С. 72-74.
4. Левинтов Б.Л., Зейфман В.М., Агаркова М.А. и др. Проблема образования и пути утилизации шламовых отходов в АО «АрселорМитталТемиртау» // Сталь. – 2007. – № 8. – С. 115-118.
5. Тлеугабұлов С.М., Айткенов Н.Б., Жабалова Г.Г., Величко А.Г. Ульева Г.А. Металлургическая переработка конвертерного шлака // Комплексное использование минерального сырья. – № 2 (317). – 2021. – С. 35-42.
6. Tleugabulov S.M., Ryzhonkov D.I., Aitbaev N.B., Koyshina G.M., Kobegen E., Sultanmurat G.I. Vosstanovitelnaya plavka metallsoedержashchikh promyshlennykh otkhodov (Reduction melting of metal-containing industrial wastes). // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. – No. 1. – pp. 32-37.
7. Ибраева И.К., Ибраева О.Т. Технологии утилизации жидких отходов металлургического производства: Монография. – Алматы, 2017.
8. Шотанов А.Е., Рошин А.В. Влияние технологических параметров подготовки шихты на степень восстановления хрома из рудогольных брикетов // Вестник ЮУрГУ. – 2014. Том 14. – № 4. – С. 23-26.
9. Тажиев Е.Б., Тлеугабұлов С.М., Рыжонков Д.И., Койшина Г.М. Восстановительная плавка металлосодержащих промышленных отходов без науглероживания металлического сплава // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – № 4. – С. 71-76.
10. Дүйсеменов Р.К., Маздубай А.В. Пыль и шламы газоочистки металлургических заводов и анализ путей их утилизации // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 3. – С. 29-37.

Получение металлизированного продукта из железосодержащих отходов металлургического производства

¹*АЙТКЕНОВ Нурбек Болатович, преподаватель, n.aitkenov@tttu.edu.kz,

¹СМАИЛОВ Сағдат Амангельдинович, к.т.н., старший преподаватель, s.smailov@tttu.edu.kz,

¹ЖАБАЛОВА Гульнара Газизовна, к.т.н., доцент, g-zhabalova@mail.ru,

¹МОНГОЛХАН Оралган, преподаватель, o.mongolkhan@tttu.edu.kz,

¹НАО «Карагандинский индустриальный университет», Казахстан, Темиртау, пр. Республики, 30,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Шламы после очистки конвертерных газов на металлургических предприятиях составляют значительную часть металлосодержащих промышленных отходов с высокой концентрацией железа. Существует проблема их утилизации и применения в качестве сырья для металлургии. Целью данной работы является исследование процессов восстановления брикетированных продуктов, на основе смеси конвертерных шламов газоочистки и конвертерных шлаков. Экспериментальными исследованиями по подготовке шламоугольных брикетов из смеси конвертерных шламы и шлака, их металлизации в лабораторных условиях установлен оптимальный состав компонентов смеси конвертерного шлака и шламы газоочистки по процентному содержанию железа, представляющему целесообразность для использования в качестве сырья при выплавке стали. В результате реализации технологии могут быть получены стали рядовых марок без на-

углероживания металла, минуя стадии производства чугуна и высокоуглеродистых сплавов. Предлагаемая технология переработки шлака и шламов кислородно-конвертерного производства позволит сократить объемы накапливаемых отходов производства.

Ключевые слова: конвертерный шлак, конвертерный шлам, шламоугольные брикеты, оксид, восстановитель, уголь, известь, химический состав, металлизированный продукт, твердофазное восстановление.

Obtaining a Metallized Product from Iron-containing Waste from Metallurgical Production

¹*AITKENOV Nurbek, Teacher, n.aitkenov@tttu.edu.kz,

¹SMAILOV Sagdat, Cand. Tech. Sci., Senior Lecturer, s.smailov@tttu.edu.kz,

¹ZHABALOVA Gulnar, Cand. Tech., Associate Professor, g.zhabalova@tttu.edu.kz,

¹MONGOLKHAN Oralgan, Teacher, o.mongolkhan@tttu.edu.kz,

¹NCJSC «Karaganda Industrial University», Kazakhstan, Temirtau, Republic Avenue, 30,

*corresponding author.

Abstract. Sludge after purification of converter gases at metallurgical enterprises make up a significant part of metal-containing industrial waste with a high concentration of iron. There is a problem of their utilization and use as raw materials for metallurgy. The purpose of this work is to study the processes of recovery of briquetted products based on a mixture of converter slurries of gas purification and converter slags. Experimental studies on the preparation of sludge briquettes from a mixture of converter sludge and slag, their metallization under laboratory conditions, have established the optimal composition of components of a mixture of converter slag and gas purification sludge by the percentage of iron, which is appropriate for use as raw materials in steel smelting. As a result of the implementation of the technology, ordinary grades of steel can be obtained without carburizing the metal, bypassing the production stages of cast iron and high-carbon alloys. The proposed technology for processing slag and sludge from oxygen converter production will reduce the volume of accumulated production waste.

Keywords: converter slag, converter sludge, slime coal briquettes, oxide, reducing agent, coal, lime, chemical composition,, metallized product, solid-phase reduction.

REFERENCES

1. Karenov R.S. Ecological and economic problems of activity of enterprises of the mining and metallurgical complex of the Republic of Kazakhstan // KarGU Bulletin. – 2014. – No. 1 (73). – pp. 56-65 (in Russ.).
2. Tleugabulov S.M., Nurumgaliev A.Kh., Koishina G.M., Aitkenov N.B., Reduction-melting process in relation to metal-containing waste // Stal'. 2019. – No. 3. – pp. 65-69 (in Russ.).
3. Loseva O.V. Ecological and economic aspects of NLMK PJSC activity // Eurasian Union of Scientists. – 2016. No. 3-1 (24). – pp. 72-74 (in Russ.).
4. Levintov B.L., Zeifman V.M., Agarkova M.A. i dr. Problemy obrazovaniya i puti utilizatsii shlamovykh othodov v AO «MittalStil Temirtau» (Problems of forming and ways for utilization of MittalSteel Temirtau JSC slimes) // Stal' = Steel. 2007. – No. 8. – pp. 115-118 (in Russ.).
5. Tleugabulov S.M., Aitkenov N.B., Zhabalova G.G., Belichko A.G., Uleva G. A. Metallurgical processing of converter slag // Complex Use of Mineral Resources. – Vol. 3. – Issue 318. – 2021. – pp. 35-42.
6. Tleugabulov S.M., Ryzhonkov D.I., Aitbaev N.B., Koyshina G.M., Kobegen E., Sultanmurat G.I. Vosstanovitelnaya plavka metallsoderzhashchikh promyshlennykh otkhodov (Reduction melting of metal-containing industrial wastes) // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. – No. 1. – pp. 32-37.
7. Ibraeva I.K., Ibraeva O.T. Technologies of utilization of liquid waste of metallurgical production: Monograph. – Almaty, 2017 (in Russ.).
8. Shotanov A.E., Roshchin A.V. Influence of technological parameters of charge preparation on the degree of chromium reduction from ore-coal briquettes // Bulletin of SUSU. – 2014. Volume 14. – No. 4. – pp. 23-26 (in Russ.).
9. Tazhiyev E.B., Tleugabulov S.M., Rizhonkov D.I., Koishina G.M. Reduction melting of metal-containing industrial wastes without carburizing of metal alloy // Complex Use of Mineral Resources. – 2018. – No. 4. – pp. 71-76 (in Russ.).
10. Duisenkenov R.K., Mazdubai A.V. Dust and sludge of gas cleaning plants and analysis of ways of their utilization // Science and technology of Kazakhstan. – 2020. – No. 3. – pp. 29-37 (in Russ.).