

Temir Tarkibli Sanoat Chiqindilarini Kompleks Tahlil Qilish va Ikkilamchi Xomashyo Bazasini Kengaytirish Istiqbollari

Askarova N.M.¹[0000-0001-7730-4895], Axmedova N.E.²[0009-0000-7947-963X], Eraliyev X.M.³[0009-0001-6351-563X].

¹Olmalik davlat texnika instituti “Metallurgiya” kafedrasida dotsenti t.f.f.d PhD

²Olmalik davlat texnika instituti “Metallurgiya” kafedrasida katta o‘qituvchisi

³Olmalik davlat texnika instituti “Metallurgiya” kafedrasida talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekistonning yirik metallurgiya korxonalarida hosil bo‘layotgan temir saqlovchi texnogen chiqindilarning kimyoviy va fazaviy tarkibi kompleks tahlil qilingan. Elektr yo‘li po‘lat eritish pechlari changlari, shlaklar va boyitish fabrikalari chiqindilarida temir (29–53%), rux (11–14%) va marganes (9,6% gacha) kabi qimmatbaho komponentlar mavjudligi aniqlangan. Tadqiqot natijalari ushbu chiqindilarni import o‘rnini bosuvchi ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlashning iqtisodiy va ekologik istiqbollari asoslab beradi.

Kalit so‘zlar: texnogen chiqindi, ikkilamchi xomashyo, po‘lat eritish changi, metallurgik shlak, temir oksidlari, kompleks tahlil, resurs tejamkorligi.

Комплексный Анализ Промышленных Отходов Металлургической Промышленности и Перспективы Расширения Базы Вторичного Сырья

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ химического и фазового состава железосодержащих техногенных отходов, образующихся на крупных металлургических предприятиях Узбекистана. Установлено, что пыль электродуговых сталеплавильных печей, шлаки и отходы обогатительных фабрик содержат такие ценные компоненты, как железо (29–53%), цинк (11–14%) и марганец (до 9,6%). Результаты исследования обосновывают экономические и экологические перспективы переработки данных отходов в качестве импортозамещающего вторичного сырья.

Ключевые слова: техногенные отходы, вторичное сырье, сталеплавильная пыль, металлургический шлак, оксиды железа, комплексный анализ, ресурсосбережение.

Comprehensive Analysis of Ferrous Industrial Waste and Prospects for Expanding the Secondary Raw Material Base

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of the chemical and phase composition of iron-bearing industrial waste generated at major metallurgical enterprises in Uzbekistan. It was determined that dust from electric arc steelmaking furnaces, slags, and waste from beneficiation plants

contain valuable components such as iron (29-53%), zinc (11-14%), and manganese (up to 9.6%). The research findings substantiate the economic and environmental prospects of processing this waste as an import-substituting secondary raw material.

Keywords: industrial waste, secondary raw materials, steelmaking dust, metallurgical slag, iron oxides, comprehensive analysis, resource conservation.

Kirish

Bugungi kunda jahon miqyosida tabiiy resurslarning kamayib borishi va ekologik vaziyatning keskinlashuvi sharoitida sanoat chiqindilarini qayta ishlash hamda iqtisodiyot tarmoqlariga qayta jalb etish ustuvor vazifalardan biriga aylandi. O‘zbekiston Respublikasida ham bu borada tizimli islohotlar amalga oshirilmoqda. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrdagi PQ-4477-sonli qarori bilan tasdiqlangan “2019-2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi” hamda chiqindilar bilan bog‘liq ishlarni amalga oshirish tizimini takomillashtirishga oid farmonlarida sanoatda resurs tejamkorligini oshirish va “nol chiqindi” tamoyillarini joriy etish alohida belgilab berilgan.

Ushbu strategik vazifalarni ijro etishda metallurgiya sanoati muhim o‘rin tutadi. Zero, metallurgiya jarayonlarida hosil bo‘layotgan texnogen chiqindilar nafaqat atrof-muhitga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi, balki o‘zida katta miqdordagi qimmatbaho komponentlarni saqlaganligi sababli yuqori iqtisodiy resurs manbai ham hisoblanadi. O‘zbekiston sharoitida, ayniqsa temir rudasi zaxiralari cheklanganligini inobatga olgan holda, elektr yoyli po‘lat eritish pechlari changlari, po‘lat va mis ishlab chiqarish shlamlari hamda boyitish fabrikalarining chiqindilarini ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash dolzarb ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqot ishining maqsadi — mamlakatimizning sanoat miqyosida to‘planib qolgan temir saqlovchi texnogen chiqindilarning kimyoviy va fazaviy tarkibini kompleks tahlil qilish orqali, ularni samarali utilizatsiya qilish va mahalliy xomashyo bazasini kengaytirish imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslab berishdan iborat.

Metodologiya

O‘tkazilgan kimyoviy tahlillar natijasida turli metallurgiya korxonalarida hosil bo‘layotgan changlarning tarkibi bir-biridan sezilarli darajada farq qilishi aniqlandi. Xususan, 1- va 2-jadvallar qiyoslanganda, “O‘zmetkombinat” AJ elektr yoyli pechlaridan ajralib chiquvchi changlarda temir miqdori (38,60%) “OKMK” AJ tarkibidagi Quyuv sexiga nisbatan (34,63%) yuqoriroq ekanligi kuzatildi. Biroq, “OKMK” AJ changlarida marganes oksidi (MnO - 9,60%) boshqa korxonalarga qaraganda bir necha barobar ko‘p bo‘lib, bu ushbu chiqindidan marganesni ajratib olish imkoniyatini ko‘rsatadi.

1-jadvalda “O‘zmetkombinat” AJ Elektrda po‘lat eritish sexidagi elektr yoyli po‘lat eritish pechidan hosil bo‘luvchi changning kimyoviy tarkibi keltirilgan [1].

1-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Temir (Fe)	Gematit (Fe ₂ O ₃)	Magniy oksidini (MgO)	Oltinugurt (S)	Kremniy (IV) oksidi (SiO ₂)	Rux (Zn)

Miqdori, %	38,60	55,62	0,01	2,0	10,98	14,43
Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Qo'rg'oshin (Pb)	Mis (Cu)	Kalsiy oksidi (CaO)	Xrom (Cr)	Marganes oksidi (MnO)	Alyuminiy (III) oksidi (Al ₂ O ₃)
Miqdori, %	0,69	0,12	3,67	0,13	1,30	5,41

2-jadvalda "OKMK" AJ Markaziy ta'mirlash mexanika zavodining Quyuv sexidagi elektr yoyli po'lat eritish pechidan hosil bo'luvchi changning kimyoviy tarkibi keltirilgan.

2-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Temir (Fe)	Gematit (Fe ₂ O ₃)	Magniy oksidi (MgO)	Oltinugurt (S)	Kremniy (IV) oksidi (SiO ₂)	Rux (Zn)
Miqdori, %	34,63	52,08	0,01	3,75	10,98	13,96
Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Qo'rg'oshin (Pb)	Mis (Cu)	Kalsiy oksidi (CaO)	Xrom (Cr)	Marganes oksidi (MnO)	Alyuminiy (III) oksidi (Al ₂ O ₃)
Miqdori, %	1,23	0,24	0,80	0,71	9,60	4,26

3-jadvalda "LI DA METAL TECHNOLOGY" MCHJ dagi elektr yoyli po'lat eritish pechidan hosil bo'luvchi changning kimyoviy tarkibi keltirilgan.

3-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Temir (Fe)	Gematit (Fe ₂ O ₃)	Magniy oksidi (MgO)	Oltinugurt (S)	Kremniy (IV) oksidi (SiO ₂)	Rux (Zn)
Miqdori, %	29,57	41,40	0,02	2,02	17,05	13,50
Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Qo'rg'oshin (Pb)	Mis (Cu)	Kalsiy oksidi (CaO)	Xrom (Cr)	Marganes oksidi (MnO)	Alyuminiy (III) oksidi (Al ₂ O ₃)
Miqdori, %	1,42	0,20	5,74	0,18	1,86	13,50

4-jadvalda Toshkent quvur zavodidagi elektr yoyli po'lat eritish pechidan hosil bo'luvchi changning kimyoviy tarkibi keltirilgan.

4-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Temir (Fe)	Gematit (Fe ₂ O ₃)	Magniy oksidi (MgO)	Oltinugurt (S)	Kremniy (IV) oksidi (SiO ₂)	Rux (Zn)
Miqdori, %	31,90	38,32	17,97	2,15	17,05	11,53
Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Qo'rg'oshin (Pb)	Mis (Cu)	Kalsiy oksidi (CaO)	Xrom (Cr)	Marganes oksidi (MnO)	Alyuminiy (III) oksidi (Al ₂ O ₃)
Miqdori, %	0,69	0,15	3,41	0,17	1,9	6,34

Xususiy korxonalar, xususan “LI DA METAL TECHNOLOGY” MCHJ va Toshkent quvur zavodi chiqindilarida (3- va 4-jadvallar) rux miqdori (11,53–13,50%) yuqori darajada saqlanib qolmoqda. Bu esa mazkur changlarni nafaqat temir manbai, balki rux boyitmasi sifatida qayta ishlashning iqtisodiy samaradorligini oshiradi.

Shlaklar tahliliga to‘xtaladigan bo‘lsak (5-9-jadvallar), “O‘zmetkombinat” AJ shlaklari o‘zining yuqori asoslilikiga (CaO — 56,2% gacha) bilan ajralib turadi va asosan qurilish sanoatida sement o‘rnini bosuvchi komponent sifatida xizmat qilishi mumkin. Aksincha, “OKMK” AJ Mis eritish zavodining yallig‘ qaytaruvchi va konverter pechi shlaklarida temirning umumiy miqdori (41,7–48,5%) juda yuqori. Bu ko‘rsatkich po‘lat eritish shlaklaridan (5,2–21,4%) qariyb ikki-uch barobar ko‘pdir. Bunday yuqori temir miqdori mis eritish shlaklarini bevosita cho‘yan yoki po‘lat ishlab chiqarish uchun boyitishga yuborish imkonini beradi.

5-jadvalda “O‘zmetkombinat” AJ Elektrda po‘lat eritish sexidagi elektr yoyli po‘lat eritish pechidan hosil bo‘luvchi shlakning kimyoviy tarkibi keltirilgan.

5-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	CaO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	S	Fe _{um}	MgO	Asos
1-namuna	52,8	24,3	2,4	4,7	0,34	5,2	6,9	2,2
2-namuna	56,2	25,1	0,3	5,0	0,88	0,8	8,2	2,2
3-namuna	40,8	19,2	3,0	5,4	0,14	19,4	3,7	2,1

6-jadvalda “OKMK” AJ Markaziy ta‘mirlash mexanika zavodining Quyuv sexidagi elektr yoyli po‘lat eritish pechidan hosil bo‘luvchi shlakning kimyoviy tarkibi keltirilgan. [2]

6-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	CaO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅
1-namuna	5,493	30,26	20,64	4,847	1,288	13,70	26,07	0,15
2-namuna	5,352	29,92	20,51	4,56	1,12	14,30	25,4	0,09
3-namuna	5,121	30,52	19,52	3,93	1,322	14,02	24,9	1,02

7-jadvalda “LI DA METAL TECHNOLOGY” MCHJ dagi elektr yoyli po‘lat eritish pechidan hosil bo‘luvchi shlak kimyoviy tarkibi keltirilgan.

7-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	CaO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	S	Fe _{um}	MgO	Asos
1-namuna	29,5	13,1	5,3	5,5	0,12	21,4	8,5	2,3

2-namuna	30,5	15,1	5,5	6,1	0,10	17,2	10,5	2,0
3-namuna	29,1	13,4	5,8	7,2	0,08	17,7	7,9	2,2

8-jadvalda “OKMK” AJ Mis eritish zavodi Yallig‘ qaytaruvchi eritish pechi shlaklarining tahlil natijalari keltirilgan.

8-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	CaO	SiO ₂	Cu	Al ₂ O ₃	S	Fe _{um}	MgO	Ni
1-namuna	3,6	30,6	0,29	2,4	0,6	41,7	1,6	0,12
2-namuna	4,9	34,7	0,43	6,5	1,3	44,8	0,9	0,01
3-namuna	1,8	35,6	0,46	3,2	0,4	49,1	3,6	0,2

9-jadvalda “OKMK” AJ Mis eritish zavodi Konverter pechi shlaklarining tahlil natijalari keltirilgan.

9-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	CaO	SiO ₂	Cu	Al ₂ O ₃	S	Fe _{um}	MgO	Fe ₃ O ₄
1-namuna	1,6	26,0	1,60	1,7	-	44,2	-	16,5
2-namuna	2,2	23,2	1,95	2,1	-	46,8	-	23,2
3-namuna	0,75	19,8	2,3	3,16	-	48,5	0,46	16,3

Shlaklarning kimyoviy tarkibini o‘rganish natijalari shuni ko‘rsatadiki, shlaklarning asosiy massasi CaO va SiO₂ oksidlaridan iborat bo‘lib, ularga qo‘shimcha ravishda FeO/Fe₂O₃, MgO, Al₂O₃ hamda MnO sezilarli miqdorda mavjud. Shuningdek, ayrim korxonalarda hosil bo‘luvchi shlaklarda SO₃ va P₂O₅ komponentlari qayd etilgan bo‘lib, ularning miqdori ishlatilgan xomashyo turi hamda texnologik rejimlarga bog‘liq ravishda o‘zgarib turadi. Tahlil natijalari korxonalar kesimida sezilarli tafovutlarni ko‘rsatdi. Jumladan, “O‘zmetkombinat” AJ shlaklari yuqori CaO va SiO₂ miqdori bilan ajralib tursa, “OKMK” AJ shlaklarida MgO va MnO nisbatan yuqori darajada qayd etildi. “LI DA METAL TECHNOLOGY” MCHJ shlaklari esa yuqori temir oksidlari bilan tavsiflandi. Ushbu farqlar shlaklarning mineralogik tarkibini, fizik-kimyoviy xususiyatlarini va ularni qayta ishlash texnologik yondashuvlarini belgilab beradi. Olingan ma‘lumotlar shuni tasdiqlaydiki, elektr yoyli po‘lat eritish pechlari shlaklari oddiy chiqindi emas, balki qurilish materiallari, pigmentlar, metallarning ikkilamchi manbai hamda boshqa qo‘shimcha qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarishda istiqbolli xomashyo sifatida qaralishi mumkin.

Boyitish fabrikalari chiqindilari (10-12-jadvallar) orasida 2-Mis boyitish fabrikasi chiqindisi alohida ahamiyatga ega. Undagi temir miqdori (52,8%) Chodak oltin ajratib olish fabrikasi (2,05%) va 1-Mis boyitish fabrikasi (8,69%) chiqindilariga qaraganda keskin yuqori bo‘lib, u sifatli temir rudasiga deyarli tenglashadi.

10-jadvalda Chodak oltin ajratib olish fabrikasi chiqindilarining kimyoviy tarkibi keltirilgan [3].
10-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Temir (Fe)	Gematit (Fe ₂ O ₃)	Maragnes oksidi (MnO)	Oltinugurt (S)	Kremniy (IV) oksidi (SiO ₂)	Kaliy (K)
Miqdori, %	2,054	2,937	0,030	0,28	83,42	2,85
Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Kremniy (Si)	Mis (Cu)	Kalsiy oksidi (CaO)	Kaliy oksidi (K ₂ O)	Alyuminiy (Al)	Alyuminiy (III) oksidi (Al ₂ O ₃)
Miqdori, %	38,99	0,001	0,84	3,4	6,38	12,06

11-jadvalda “OKMK” AJ 1-Mis boyitish fabrikasi chiqindisining tahlil natijalari keltirilgan.
11-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Temir (Fe)	Gematit (Fe ₂ O ₃)	Temir oksidi (FeO)	Oltinugurt (S)	Kremniy (IV) oksidi (SiO ₂)	Rux (Zn)
Miqdori, %	8,69	8,83	3,23	2,77	67,3	0,026
Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Magniy oksid (MgO)	Marganes oksidi (MnO)	Kalsiy oksidi (CaO)	Kaliy oksidi (K ₂ O)	Titan oksidi (TiO ₂)	Alyuminiy (III) oksidi (Al ₂ O ₃)
Miqdori, %	1,97	0,08	1,30	4,27	0,36	11,57

12-jadvalda “OKMK” AJ 2-Mis boyitish fabrikasi chiqindisining tahlil natijalari keltirilgan.
12-jadval.

Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Temir (Fe)	Gematit (Fe ₂ O ₃)	Mis oksidi (CuO)	Oltinugurt (S)	Kremniy (IV) oksidi (SiO ₂)	Rux oksidi (ZnO)
Miqdori, %	52,8	48,3	0,617	0,80	32,3	1,56
Nomlanishi va kimyoviy formulasi	Magniy oksid (MgO)	Marganes oksidi (MnO)	Kalsiy oksidi (CaO)	Kaliy oksidi (K ₂ O)	Titan oksidi (TiO ₂)	Alyuminiy (III) oksidi (Al ₂ O ₃)
Miqdori, %	1,15	0,25	2,31	2,11	0,29	6,73

O‘rganilgan natijalarga ko‘ra, Chodak oltin ajratib olish fabrikasi chiqindilari asosan SiO₂ va Al₂O₃ ga boy bo‘lib, kremniyli materiallar manbai sifatida tavsiflanadi. “OKMK” AJ Mis eritish zavodi shlaklarida yuqori miqdorda FeO (41,7–49,1%) qayd etilgan bo‘lib, ular temir va rangli metallarning ikkilamchi manbai hisoblanadi. 1-Mis boyitish fabrikasi chiqindilari silikatli tarkibi bilan qurilish materiallari ishlab chiqarishda istiqbolli manba bo‘lsa, 2-Mis boyitish fabrikasi chiqindilari yuqori temir oksidlari ulushi tufayli temir manbai sifatida qayta ishlash uchun muhim ahamiyatga ega.

Xulosa

O'tkazilgan kompleks tahlillar metallurgik ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo'layotgan texnogen chiqindilarning boy ikkilamchi xomashyo manbai ekanligini tasdiqladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, elektr yoyli po'lat eritish pechlarida changlari (Fe 29–39%, Zn 11–14%) va shlaklar (Fe 41–48% gacha) nafaqat temir, balki rux va marganes kabi qimmatbaho elementlarning muhim manbaidir. Korxonalar kesimidagi o'ziga xos farqlar, xususan, OKMK changlaridagi yuqori marganes (9,60%) va Toshkent quvur zavodi chiqindisidagi magniy oksidi (17,97%) har bir chiqindi turi uchun individual texnologik yondashuv zarurligini ko'rsatdi. Mazkur chiqindilarni sanoat aylanishiga qayta jalb etish O'zbekiston sharoitida import o'rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish, tabiiy ruda zaxiralarini tejash hamda atrof-muhitga yetkazilayotgan salbiy ta'sirni keskin kamaytirish imkonini beradi. Shunday qilib, taklif etilayotgan tahlil natijalari mahalliy ikkilamchi xomashyo bazasini kengaytirish va metallurgiya sanoatida chiqindsiz texnologiyalarni joriy etishning ilmiy asosi bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Alisher Samadov, Nilufar Askarova, Rano Toshkodirova, Nigora Akhmedova, Olmos Boltayev, Komiljon Mirzayev and Asadjon Kambarov. E3S Web of Conf., 524 (2024) 02014 Published online: 16 May 2024
DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452402014>
2. Axmedova Nigora Erkin qizi. (2025). Analysis of technogenic waste from iron-containing metallurgical production processes. Innovation science and technology, 1(9), 45–50.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17448081>
3. Nilufar Askarova, & Nigora Axmedova. (2025). Temir oksidli pigmentlarning ishlab chiqarish manbalari va jahon bozoridagi rivojlanish tendensiyalari. «Muhandislik Va Iqtisodiyot» Jurnal, 3(9), 6–10.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17107783>
4. Askarova N. M., Boltayev O. N., Hojiyev S. T. & Axmedova N. E. (2025). Gidrolizlashdan olingan temir (ii)-gidroksidi cho'kmasidan gematit olish jarayonining termodinamikasi va kinetikasi. Development Of Science, 9(2), pp. 61-68.
<https://doi.org/0>
5. Askarova N. M. & Axmedova N. E. (2025). Temir oksidli pigment olishning zamonaviy usullarini o'rganish va tahlil qilish.. Development Of Science, 6(2), pp. 65-72.
<https://doi.org/0>
6. Gayratov, B.; Gayratov, B.; Godirilwe, L.L.; Jeon, S.; Saynazarov, A.; Mutalibkhonov, S.; Shibayama, A. Copper Recovery from Copper Sulfide Ore by Combined Method of Collectorless Flotation and Additive Roasting Followed by Acid Leaching. ChemEngineering 2025, 9, 117.
<https://doi.org/10.3390/chemengineering9060117.7>
7. Kholikulov D.B., Mutalibkhonov S.S., & Khudoymuratov Sh.J. (2025). Hydrogen (h₂) in green metallurgy: application to the tebinbulak titanomagnetite ore of uzbekistan. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS), 9(11), 84–92.

8. Samadov A.U. , & Jalolov B.A. (2024). Po‘lat ishlab chiqarishda hosil bo‘luvchi rux saqlovchi changlar tahlili. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (4), 132-136.
9. Khaydaraliev Kh.R., Khojiev S.T., Mamarakhimov S.K., Eraliyev X.M. Thermodynamic insights into metallic iron-assisted reduction of spinel ferrites // *Development of Science*. — 2025. — 11(3). — P. 126–139.
10. Axmedova N.E., O‘razaliyev Sh.B. “Mineral xomashyolar va texnogen chiqindilarni samarali qayta ishlashning muammolari, istiqbollari va innovatsion yondashuvlar” “Olmaliq KMK” AJ ning 75 yilligiga bag_ishlangan) mavzusidagi respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari to‘plami. Olmaliq shahri, 2024-yil 15-16-may. 156-159 betlar.
11. Asqarova N.M, Axmedova N.E. Возможности переработки отходов флотации шлаков медного производства с получением железоксидного пигмента. Московский международный конгресс обогатителей (ммко-2025) удк 662.7. ББК 33.4 Ч-18. 186ст. Издательский Дом «Графит», 2025. – 350 с
12. Asqarova N.M, Axmedova N.E. Texnogen chiqindilar tarkibidan temir oksidli pigment ajratib olish. «O‘zbekistonda kon-metallurgiya xomashyolarini qayta ishlash texnologiyalarining dolzarb muammolari va yechimlari»
13. Масидиков Эльяр Мирсодикович (2025). ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ЗАВОДОВ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТЕРЬ. *Universum: технические науки*, 8 (11 (140)), 4-9.