

# **Issiqlik Elektr Stansiyalari Chiqindilaridan Temir va Vanadiyni Kompleks Ajratib Olish hamda Temir Oksidi Pigmentlari Olish Texnologiyasini Ishlab Chiqish**

A.A. Toshpulatov, D. B. Xolikulov, M. Ernazarov, Turdiyev A.B.

Olmalik Davlat Texnika Instituti.

E-mail: [toshpulatovakmal32@gmail.com](mailto:toshpulatovakmal32@gmail.com)

ORCID ID: 0009-0004-3221-836X

**Annotatsiya.** Issiqlik elektr stansiyalari chiqindilari, ayniqsa kul va shlaklar, ekologik muammo bilan birga qimmatli komponentlarni saqlovchi ikkilamchi xomashyo manbai sifatida ham qaraladi, chunki ulardan temir, vanadiy va boshqa metallarni ajratib olish mumkin. Adabiyotlarda issiqlik elektr stansiyalari qattiq chiqindilaridan metall ajratishda mineral boyitish, gidrometallurgik va biogidrometallurgik usullar qo'llanishi mumkinligi qayd etilgan. Shu bois IES chiqindilarini kompleks qayta ishlash nafaqat chiqindi hajmini kamaytiradi, balki sanoat uchun qo'shimcha xomashyo bazasini ham yaratadi.

Mazkur maqolada IES chiqindilaridan temir va vanadiyni kompleks ajratib olish, ajratilgan temir asosida temir oksidi pigmentlari olish hamda ushbu jarayonning texnologik, ekologik va iqtisodiy jihatlari yoritiladi. Ishning asosiy g'oyasi chiqindini oddiy saqlash obyektidan foydali mahsulot beruvchi texnogen resursga aylantirishdan iborat. Taklif etilayotgan yondashuv resurs tejankorlik, mahalliy xomashyoni chuqur qayta ishlash va ekologik xavfsizlik tamoyillariga mos keladi.

**Kalit so'zlar:** IES chiqindisi, kul-shlak, temir, vanadiy, kompleks ajratish, gidrometallurgiya, pigment, temir oksidi.

## **Development of a Technology for the Comprehensive Separation of Iron and Vanadium from Thermal Power Plant Waste and the Production of Iron Oxide Pigments**

**Abstract.** Waste from thermal power plants, especially ash and slag, is considered an environmental problem, as well as a secondary source of raw materials containing valuable components, since iron, vanadium and other metals can be extracted from them. The literature notes that mineral enrichment, hydrometallurgical and biohydrometallurgical methods can be used to separate metals from solid waste from thermal power plants. Therefore, the complex processing of thermal power plant waste not only reduces the volume of waste, but also creates an additional raw material base for industry.

This article discusses the complex separation of iron and vanadium from thermal power plant waste, the production of iron oxide pigments based on separated iron, and the technological, environmental and economic aspects of this process. The main idea of the work is to transform waste from a simple storage object into a technogenic resource that yields useful products. The proposed

approach complies with the principles of resource efficiency, deep processing of local raw materials and environmental safety.

**Keywords;** TPP waste, ash-slag, iron, vanadium, complex separation, hydrometallurgy, pigment, iron oxide.

### **Kirish**

Bugungi kunda issiqlik elektr stansiyalarida katta miqdorda kul va shlak chiqindilari hosil bo'ladi va ularning to'planishi atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bunday chiqindilar yer maydonlarini band qiladi, changlanish xavfini kuchaytiradi va ularni uzoq muddat saqlash qo'shimcha ekologik nazorat talab etadi. Shu sababli energetika chiqindilarini qayta ishlash masalasi zamonaviy ilm-fan va sanoatning dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Adabiy manbalarda IES qattiq chiqindilari tarkibida temir, vanadiy, alyuminiy, galliy, rux va boshqa elementlar uchrashi qayd etilgan. Ayniqsa, vanadiy sanoatda yuqori qiymatga ega element bo'lib, uning texnogen xomashyodan qayta olinishi iqtisodiy jihatdan istiqbolli yo'nalish sanaladi. Temir esa nafaqat metallurgiya uchun, balki temir oksidi pigmentlari olishda ham muhim komponent hisoblanadi.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, bir xil chiqindi oqimidan bir vaqtning o'zida ikki xil foydali mahsulot — vanadiy birikmalari va temir oksidi pigmentlari — olish imkoniyati mavjud. Bu yondashuv "chiqindidan resursga" tamoyilini amalda qo'llashga xizmat qiladi. Shuningdek, bunday texnologiya import o'rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish va chiqindilarni kamaytirish orqali hududiy ekologik barqarorlikka ham hissa qo'shadi.

### **Asosiy qism**

Mazkur tadqiqotning maqsadi IES chiqindilaridan temir va vanadiyni kompleks ajratib olish hamda ajratilgan temir asosida sifatli temir oksidi pigmentlari ishlab chiqarish texnologik sxemasini ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun xomashyoning kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash, temirni boyitish, vanadiyni eritmaga o'tkazish, uni ajratib olish va qolgan temir tutuvchi mahsulotdan pigment sintez qilish bosqichlari asoslanadi. Bunda texnologiya chiqindining to'liqroq o'zlashtirilishiga qaratiladi.

IES chiqindilarini qayta ishlash odatda xomashyoni tayyorlashdan boshlanadi. Dastlab kul va shlak namunalari quritiladi, maydalanadi va granulometrik tarkibiga ko'ra fraksiyalarga ajratiladi, chunki keyingi boyitish va eritish samaradorligi ko'p jihatdan zarracha o'lchamiga bog'liq bo'ladi. Ayrim tadqiqotlarda dastlabki magnit separatsiya temirga boy qismlarni ajratish uchun zarur bosqich sifatida ko'rsatilgan. Bu usul keyingi kimyoviy qayta ishlash bosqichlarida reagent sarfini kamaytirishga va maqsadli komponentlar konsentratsiyasini oshirishga xizmat qiladi.

Vanadiyni ajratib olishda kislotali yoki ishqoriy eritish usullari keng qo'llanadi. Ba'zi texnologik sxemalarda vanadiyning eruvchan shaklga o'tishini kuchaytirish uchun oldindan oksidlovchi qovurish amaliyoti qo'llanadi. Adabiyotlarda ultratovush yordamidagi eritish usuli ham istiqbolli yo'nalish sifatida qayd etilgan, chunki u massa almashinuvini kuchaytirib, eritish samaradorligini oshirishi mumkin. Demak, vanadiyni yuqori darajada ajratish uchun xomashyo tabiati, reaktiv turi, harorat, eritish davomiyligi va fazalar nisbati kabi omillarni optimallashtirish zarur.

Eritmaga o'tgan vanadiyni keyinchalik selektiv cho'ktirish, sorbsiya yoki ekstraksiya usullari orqali ajratib olish mumkin. Amaliyotda vanadiy ko'pincha ammoniy vanadat shaklida cho'ktirilib, keyingi termik ishlov orqali vanadiy pentoksidge aylantiriladi. Vanadiy pentoksidge esa metallurgiya, katalizatorlar ishlab chiqarish va kimyo sanoatida qo'llanadigan muhim oraliq mahsulotlardan biri hisoblanadi. Shu jihatdan qaraganda, IES chiqindilaridan vanadiy ajratish texnologiyasi yuqori qo'shilgan qiymat yaratadigan jarayon sanaladi.

Temirni ajratib olish va undan pigment ishlab chiqarish ushbu kompleks texnologiyaning ikkinchi asosiy yo'nalishidir. Magnit ajratishdan olingan temirga boy fraksiya yoki vanadiy ajratib bo'lingan qoldiq tarkibidagi temir kimyoviy qayta ishlash uchun xomashyo bo'lib xizmat qilishi mumkin. Temirning eritmaga o'tishi va undan kerakli gidroksid yoki oksid shaklida cho'ktirilishi pH, oksidlovchi muhit va harorat bilan boshqariladi. So'ngra hosil bo'lgan mahsulot quritish va qovurish orqali ma'lum fazali temir oksidlariga aylantiriladi.

Temir oksidi pigmentlari sanoatda eng ko'p ishlatiladigan noorganik pigmentlar qatoriga kiradi. Ularning asosiy afzalliklari rang barqarorligi, yorug'likka chidamlilik, nisbatan arzonligi va atmosfera sharoitlariga bardoshlilikidan iborat. Qizil pigment ko'proq gematit fazasi bilan, sariq pigment getit bilan, qora pigment esa magnetit bilan bog'liq ekani manbalarda ko'rsatilgan. Shuning uchun pigment rangini boshqarish uchun sintez va termik ishlov rejimlarini puxta tanlash talab etiladi.

Pigment sifatiga zarracha o'lchami, disperslik, rang intensivligi va yopishuvchanlik kabi ko'rsatkichlar kuchli ta'sir qiladi. Qurilish materiallari, beton buyumlar, lak-bo'yoq mahsulotlari, keramika va polimer kompozitsiyalarda temir oksidi pigmentlariga talab doimiy ravishda yuqori bo'lib qolmoqda. Shu sababli IES chiqindilaridan olingan temirni pigment ishlab chiqarishga yo'naltirish nafaqat chiqindini kamaytiradi, balki bozorbop mahsulot ham beradi.

Texnologik nuqtai nazardan, kompleks sxema quyidagi ketma-ket bosqichlardan iborat bo'lishi mumkin: chiqindini yig'ish va tayyorlash, magnit boyitish, vanadiyni eritish, eritmada vanadiyni ajratish, temir tutuvchi yarim mahsulotni tozalash va pigment sintezi. Bunday yondashuv bir necha alohida jarayonlarni yagona zanjirga birlashtirib, chiqindining maksimal qismini foydali mahsulotga aylantirishga xizmat qiladi. Qoldiqning bir qismini qurilish materiallarida ishlatish imkoniyati ham umumiy samaradorlikni oshiradi.

### **Ilmiy va amaliy ahamiyati**

Mazkur loyiha ilmiy jihatdan texnogen chiqindilarni ko'p komponentli resurs sifatida baholashga asoslanadi. Ya'ni, chiqindi tarkibidagi bitta emas, bir nechta foydali komponentlarni bosqichma-bosqich ajratib olish orqali resursdan foydalanish darajasi oshiriladi. Bu yondashuv zamonaviy aylana iqtisodiyot tamoyillariga mos bo'lib, chiqindilarni minimal qoldiq bilan qayta ishlash g'oyasini qo'llab-quvvatlaydi.

Amaliy jihatdan bunday texnologiya IES hududlarida to'plangan kul-shlak omborlari yuklamasini kamaytiradi va chiqindilar bilan bog'liq ekologik risklarni pasaytiradi. Vanadiy ajratib olish sanoat uchun qimmatli mahsulot beradi, temir oksidi pigmentlari esa qurilish va bo'yoq sanoatiga mahalliy xomashyo asosida mahsulot yetkazib berish imkonini yaratadi. Bundan tashqari, ayrim manbalarda

mavjud kul va kul-shlak namunalari tarkibidagi metallarning iqtisodiy qiymati sezilarli bo'lishi mumkinligi qayd etilgan.

Taklif etilayotgan texnologiyaning yana bir muhim tomoni uning moslashuvchanligidir. Chiqindi tarkibiga qarab kislotali, ishqoriy yoki kombinatsiyalashgan qayta ishlash sxemalari tanlanishi mumkin. Ba'zi tadqiqotlarda kul-shlakni to'liqroq qayta ishlash uchun yuqori haroratli sinterlash ham qo'llanilishi ko'rsatilgan. Demak, loyiha doirasida laboratoriya va pilot sharoitlarda turli sxemalarni taqqoslab, eng samarali texnologik rejimni tanlash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Kelgusida bunday tadqiqotlarni rivojlantirish uchun xomashyoning mineralogik tarkibini chuqur o'rganish, vanadiyning bog'langan shakllarini aniqlash va pigment sifatiga ta'sir qiluvchi parametrlarni optimallashtirish lozim. Shuningdek, jarayonning texnik-iqtisodiy tahlili va ekologik bahosini ishlab chiqish sanoatga joriy etish uchun muhim bosqich hisoblanadi. Shu asosda IES chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha hududiy sanoat klasterlarini shakllantirish mumkin.

### **Xulosa**

Xulosa qilib aytganda, issiqlik elektr stansiyalari chiqindilaridan temir va vanadiyni kompleks ajratib olish hamda temir oksidi pigmentlari olish texnologiyasini ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan istiqbolli yo'nalishdir. Adabiyotlar IES chiqindilarida temir va vanadiy singari qimmatli komponentlar mavjudligini, ularni gidrometallurgik va boyitish usullari bilan ajratish mumkinligini ko'rsatadi. Temir oksidi pigmentlari esa sanoatda keng qo'llanadigan, barqaror va talab yuqori bo'lgan mahsulotlar sirasiga kiradi.

Shu sababli mazkur loyiha chiqindilarni kamaytirish, texnogen resurslardan oqilona foydalanish, mahalliy pigment ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish va vanadiy kabi qiymatli komponentlarni qayta tiklashga xizmat qiladi. Kompleks yondashuv asosida ishlab chiqilgan texnologiya ekologik muammoni iqtisodiy imkoniyatga aylantirishning samarali namunasi bo'la oladi. Ilmiy asoslangan va amaliyotga mos texnologik sxema yaratish esa ushbu yo'nalishning keyingi bosqichdagi eng muhim vazifasi hisoblanadi.

### **ADABIYOTLAR RO'YXATI**

1. **Эрназаров Мухаммад-Тоҳир, Кенжаева Севара Абсаматовна.** Angren IES zoloshlakidan temir, mis, rux va germaniy ajratib olish texnologik sxemasi. Sublimatsiya, magnit separatsiya va ketma-ket yuvish usullari. // Sanoatda raqamli texnologiyalar jurnali. 2023.
2. **Karshiboyev Sh.B, Ramanov I.O'. Mamarahimov S.K. Turdiyev A.B.** Ammoniy xlorid bilan kuydirish, tanlab eritish va temir gidroksid cho'kish parametrlari. // Scienceweb.uz. 2024.
3. **Mamaraimov G'.F. Xasanov A.S. Voxidov B.R.** Tanlab eritish, cho'ktirish, suvish va toblash orqali  $V_2O_5$  olish. Vanadiy eruvchanligi 92,8%. // Journal of Advances in Engineering.
4. **Feruzabonu Ashurova. Shuxratjon Xudoymuratov** IES chiqindilaridan qimmatbaho metallar olish va chiqindisiz texnologiyalar. // Talqin vad tadqiqotlari. 2024. No. 2. Bet 45-52.
5. **Mirzamatov Davron. Ayxodjayev B.B.** Temir kuporosidan oksidlovchi sintez, nitrobenzol usuli va uglekislotali temir oksidlanishi. // Ziyonet.uz. 2023.

6. **Mamaraimov G‘ayrat Farhodovich.** Piro va gidrometallurgik usullar, sorbsiyalash va konverter shlaklarini qayta ishlash. // Cyberleninka. 2025.
7. **Каюмов, О.А. Узюков, Ш.З.** Vanadiy tarkibli rudalardan vanadiy ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish. SRT jurnal. 2024. No. 4. Bet 12-20.  
Xalqaro ilmiy manbalar (ingliz tilida)
8. **Amr S. Meawad, Darinka Y. Bojinova. Yoncho G. Pelovski.** An overview of metals recovery from thermal power plant solid wastes. Panayotova M. et al. Waste Management. 2010. Vol. 31. P. 3-8.
9. **Bakkar A "[Author] "El-Sayed Seleman MM" [Author].** Recovery of vanadium and nickel from heavy oil fly ash using hydrochloric acid leaching. Li et al. PMC. 2023.
10. **Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович, Масидиков Эльяр Мирсодикович, & Ахтамов Фозил Эркинович (2022).** ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА. Universum: технические науки, (11-2 (104)), 40-43.