

UO‘K: 631.82:622.785

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.4.2025.1

XOJAKUL VA PORLITAU FOSFORITLARINING MINERALOGIK TARKIBIDA TEMIR MINERALLARINI O‘RGANISH



**Taxirova Nargisa
Baxriddinovna**

*Dotsent, Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti, Navoiy,
O‘zbekiston*

*E-mail: taxirova1983@mail.ru
ORCID ID: 0009-0009-5016-4525*



**Muxammadova Umida
Xusan qizi**

*Assistent, Navoiy davlat konchilik
va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston*

*E-mail:
talabandki2014@gmail.com*



**Temirov O‘ktam
Shavkatovich**

*Dotsent, Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti, Navoiy,
O‘zbekiston*

*E-mail: temirov-2012@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-0598-9335*

Annotatsiya. Ushbu ishda Qoraqalpog‘istonning Xojaqul va Porlitaу fosforitlari mineralogik tarkibidagi temir minerallari o‘rganildi hamda ularning fosforning agroximik qiymatiga ta’siri tahlil qilindi. Bunda har ikki kon fosforitlarida fosfat minerallari (frankolit va kurskit) bilan birga temir birikmalari ham aniqlandi. Jumladan, Xojaqul fosforitlarida limonit (2,78%), getit (0,86%) va pirit (0,84%), Porlitaу fosforitlarida esa limonit (2,93%) va getit (0,89%) mavjudligi ko‘rsatildi. Ushbu minerallar fosforning suvda eriydigan shaklga o‘tishini cheklab, o‘g‘it sifatidagi agroximik samaradorligini pasaytiradi. Shu sababli, fosforitlarni qayta ishlash jarayonida temir minerallarini selektiv ajratish texnologiyalarini joriy etish zarurligi asoslab berildi. Tadqiqot natijalari temirni ajratish usullarini tanlash va fosforit asosida yuqori qiymatli fosfatli o‘g‘itlar ishlab chiqarishni optimallashtirish uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: Xojaqul fosforitlari, Porlitaу fosforitlari, mineralogik tahlil, temir minerallari, limonit, getit, pirit, selektiv ajratish.

ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ЖЕЛЕЗА В МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ФОСФОРИТОВ ХОДЖАКУЛЯ И ПОРЛИТАУ

**Тахирова Наргиса
Бахриддиновна**

*Доцент, Навоийский
государственный горный и
технологический университет,
Навои, Узбекистан*

**Мухамматова Умида
Хусан кизи**

*Ассистент, Навоийский
государственный горный и
технологический университет,
Навои, Узбекистан*

**Темиров Уктам
Шавкатович**

*Доцент, Навоийский
государственный горный и
технологический университет,
Навои, Узбекистан*

Аннотация. В данной работе изучены минералы железа в минералогическом составе фосфоритов Ходжакуля и Порлытау Каракалпакстана и проанализировано их влияние на агрохимическую ценность фосфора. В фосфоритах обоих месторождений наряду с фосфатными минералами (франколитом и курски́том) обнаружены соединения железа. В частности, показано наличие в фосфоритах Ходжакуля лимонита (2,78%), гётита (0,86%) и пирита (0,84%), а в фосфоритах Порлытау – лимонита (2,93%) и гётита (0,89%). Эти минералы ограничивают переход фосфора в водорастворимую форму, снижая эффективность агрохимикатов в качестве удобрений. Таким образом, обоснована необходимость внедрения технологий селективного разделения железосодержащих минералов при переработке фосфори-

тов. Результаты исследований дают важную научную основу для выбора методов разделения железа и оптимизации процесса получения высококачественных фосфорных удобрений на основе фосфоритов.

Ключевые слова: фосфориты Ходжакула, фосфориты Порлытау, минералогический анализ, минералы железа, лимонит, гетит, пирит, селективное разделение.

STUDY OF IRON MINERALS IN THE MINERALOGICAL COMPOSITION OF KHOJAKUL AND PORLITAU PHOSPHORITES

**Takhirova Nargiza
Bakhriddinovna**

Docent, Navoi State Mining and
Technology University, Navoi,
Uzbekistan

**Mukhammatova Umida
Khusan kizi**

Assistant, Navoi State Mining and
Technology University,
Navoi, Uzbekistan

**Temirov Uktam
Shavkatovich**

Docent, Navoi State Mining and
Technology University,
Navoi, Uzbekistan

Abstract. This study investigates iron-bearing minerals in the mineralogical composition of phosphorites from the Khodzhakul and Porlytau deposits in Karakalpakstan and analyzes their impact on the agrochemical value of phosphorus. Alongside phosphate minerals (francolite and kurskite), iron compounds were identified in the phosphorites of both deposits. Specifically, the Khodzhakul phosphorites contain goethite (0.86%), limonite (2.78%), and pyrite (0.84%), while the Porlytau phosphorites contain limonite (2.93%) and goethite (0.89%). These minerals restrict the conversion of phosphorus into its water-soluble form, thereby reducing the effectiveness of agrochemicals as fertilizers. Based on the results, the necessity of implementing selective separation technologies for iron-bearing minerals during phosphorite processing is substantiated. The findings provide a significant scientific foundation for choosing iron separation methods and optimizing the production of high-quality phosphate fertilizers from phosphorites.

Keywords: Khodzhakul phosphorites, Porlytau phosphorites, mineralogical analysis, iron minerals, limonite, goethite, pyrite, selective separation.

Kirish. Fosforit minerallari qishloq xo'jaligi uchun asosiy fosfor manbai hisoblanadi. Biroq ko'pgina tabiiy fosforit konlari tarkibida temir va alyuminiy oksidlari katta ulushni tashkil qilib, fosfatlarning suvda eriydigan shaklga o'tishiga to'sqinlik qiladi. Shu sababli temir saqlagan fosforitlarni qayta ishlash va ulardan temirni ajratib olish masalasi nafaqat agrosanoat sohasi, balki atrof-muhit muhofazasi va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish strategiyasi uchun ham dolzarb hisoblanadi.

Olimlar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda turli xil yondashuvlar ishlab chiqilgan: kislotali ishlov berish, sorbuqon va ekstraksiya usullar, termoximik jarayonlar hamda biotexnologik yo'nalishlar. Bu texnologiyalar orqali temir selektiv ajratilib, suvda eriydigan $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ va CaHPO_4 kabi birikmalar hosil qilinadi. Bunday o'g'itlar qishloq xo'jaligida yuqori samarali bo'lib, o'simliklar tomonidan oson o'zlashtiriladi.

Eng muhim jihatlaridan biri — chiqindidan

ajratib olingan temir sanoatda ikkinchi xomashyo sifatida qo'llanilishi mumkin. Shu orqali resurs tejamkorligi ta'minlanadi va atrof muhitga chiqindilarning zararli ta'siri kamayadi. Shuningdek, biotexnologik usullarda mikroorganizmlar ishtirokidagi jarayonlar ekologik toza va energiya tejamkor hisoblanadi.

Ushbu tadqiqot (Journal of Sustainable Metallurgy) xitoylik olimlar tomonidan olib borilgan bo'lib, temir bilan ifloslangan fosforitni boyitishda magnit va flotatsiya usullarini foydalanish taklif etilgan. Fosforitni avval past kuchlilikdagi magnit maydonida temirdan tozalash, keyin flotatsiya qilish orqali P_2O_5 miqdorini 28% dan 34% ga oshirish mumkinligi ko'rsatilgan. Temir miqdori 12% dan 2% gacha kamaytirildi. Bu usul boyitish samaradorligini oshirish bilan birga energiya xarajatlarini optimallashtirishga qaratilgan.

Ushbu ishda fosforitni xlorid kislotada eritib, temirni olib tashlash usuli o'rganilgan. Kislota

temirni eritma shaklida ajratib, qolgan qismida foydali fosfor qoldiradi. Natijada P_2O_5 konsentratsiyasi 31% gacha oshirildi, ajralgan temir esa temir oksidi sifatida qayta ishlanishi mumkin. Usul oddiy va samarali, ammo kislota sarfi va korroziya muammolari mavjud.

Tadqiqotda fosforitni magnit xususiyatini oshiruvchi qaynatish (roasting) jarayoni orqali ishlov berish, so'ngra magnit ajratish usuli yordamida temirni yo'qotish tadqiq etilgan. Maxsus pechda qizdirilgan fosforitdagi temir magnitga oson tortiladigan shaklga o'tadi. Bu jarayon yuqori darajada samarali bo'lib, fosforni yo'qotmasdan temirni ajratish imkonini beradi.

Braziliya tadqiqotchilar kislota asosida fosforitdan temir aralashmalarini flotatsiya yo'li bilan olib tashlashni o'rgandilar. Usul temir miqdorini 8% gacha kamaytirishga imkon berdi, fosfor saqlanib qoldi. Bu usul, ayniqsa, mayda zarrali fosforitlar uchun samarali hisoblanadi va kimyoviy chiqindilar muammosini engillashtiradi.

Ushbu ishda oliy-fosforli temir rudalaridan bir vaqtning o'zida ham temir, ham fosforni qayta ishlashga qaratilgan yangi yondashuv tavsiflangan. Kislotali ekstraksiya va kimyo-metallurgiya usullari orqali ikkala komponent ham yuqori darajada qaytarildi. Bu atrof-muhit va resurslar samaradorligi nuqtai nazaridan ayniqsa qimmatli hisoblanadi.

Вишнякова (1981) Kautau fosforitlaridagi yuqori temir miqdori (Fe_2O_3 10-15%) aniqlangan P_2O_5 tarkibini (28-32%) qiyinlashtiradi, chunki temir fosforni o'simliklar o'zlashtira olmaydigan birikmalarga aylantiradi. Cullity va Stock (2001) ta'kidlaganidek, rentgen-fazali tahlil temirning getit ($FeOOH$) va gematit (Fe_2O_3) sifatida mavjudligini aniqlash imkonini beradi, bu esa magnit ajratish usulini tanlashda muhimdir. Abiodun va b. (2023) biomassa asosida sorbentlar (paxta chigiti) fosforitni kimyoviy ishlov berishdan keyin eritmada qolgan kadmiy (Cd) va qo'rg'oshin (Pb) ni 90-95% ga kamaytirish imkonini isbotlagan, bu esa toza fosfat konsentrati olish uchun zarur.

Shen va b. (2011) tadqiqoti ko'rsatadiki, temir bilan ifloslangan fosforning o'simliklar tomonidan o'zlashtirilishi 0.1% dan ham past bo'lishi mumkin. Temirni olib tashlangan fosforitlardan olingan o'g'itlarda esa, fosforning o'zlashish darajasi 70-80% gacha oshadi. Zapata va Roy (2004) xisobotlaricha, fosforitlardan temirni magnit

ajratish orqali olib tashlaganda, TPK (tuproqdagi fosforni o'zlashtirish koeffitsienti) 30-35% ga oshishi mumkin. Han va bosh. (2007) esa, temir yo'q fosfat o'g'itlari ishlatilgan tuproqlarda mangan (Mn) va sink (Zn) kabi mikroelementlarning o'zlashishi 25-30% ga yaxshilanishini ko'rsatgan.

Chien va b. (2009) magnit-flotatsiya kombinatsiyasi orqali fosforitlardagi temir miqdorini 12% dan 2% ga pasaytirish, shu bilan birga P_2O_5 tarkibini 28% dan 34% ga oshirish mumkinligini ko'rsatdi. Xasanov va b. (2019) Markaziy Osiyo fosforitlarini magnit-varash usuli bilan ishlov berish natijasida temirni 85% gacha ajratib olish va fosfat qismining o'suvchanligini 75% dan 92% ga oshirish imkonini aniqladi. Singh va Schulze (2015) tuproqdagi temir oksidlari bir grammi 4-5 mg fosforni bog'lashini ko'rsatganiday, o'g'itdan temirni olib tashlash uning samaradorligini tubdan oshirishning asosiy omilidir.

Demak, fosforitlarining mineralogik tarkibini aniqlash, ulardagi temir minerallari (limonit, getit, pirit) ulushini baholash hamda fosforning agroximik qiymatiga ularning ta'sirini o'rganish, shuningdek, olingan ma'lumotlar asosida temir minerallarini selektiv ajratish imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslab berish va fosforitlarni yuqori qiymatli fosfatli o'g'itlar ishlab chiqarish jarayonlarida qo'llash istiqbollari ko'rsatish muhim va dolzarb hisoblanadi.

Metodika. Fosforitlar namunalarining mineralogik tarkibini aniqlash maqsadida bir qator fizik-kimyoviy tahlil usullari qo'llanildi. Dastlab namunalar 1-2 sm kattalikda maydalanib, laboratoriya sharoitida elektromexanik tegirmonda 0,063 mm gacha yetilishi ta'minlandi. Namunalar havo muhitida quritilib, barqaror vaznga keltirilgandan so'ng mineralogik tahlil uchun tayyorlandi, hamda mineral tarkibini o'rganildi.

Olingan natijalar. Olib borilgan mineralogik tahlillardan ma'lum bo'lishicha, Qoraqalpog'istonning Porlitau fosforitlari asosan kalsiy fosfat minerallariga boy. Jadval natijalariga ko'ra, asosiy mineral kurskit ($Ca_{10}P_4.8C_{1.2}O_{22.8}F_2(OH)_{1.2}$) 44,79% ni tashkil qiladi. Bu ko'rsatkich fosforitning yuqori qiymatli fosfatli o'g'itlar manbai ekanini ko'rsatadi. Shu bilan birga, tarkibda kislota eriydigan kvarts (SiO_2) 36,97 % bo'lib, bu mineral asosan inert aralashma sifatida hisoblanadi.

Kam miqdorli minerallar sifatida feldshpatlar (5,89%), gips (2,88%), magnezit (2,91%) va kalsit (0,76%) aniqlandi. Bu minerallar qo'shimcha ravishda kalsiy, magniy va sulfat ionlari manbai bo'lib xizmat qiladi.

1-jadval

Porlitau fosforitlarining mineralogik tarkibi

№	Mineral nomi	Formula (agar berilgan bo'lsa)	Miqdori, %	Izoh
1	Kurskit	$\text{Ca}_{10}\text{P}_4.8\text{C}_{1.2}\text{O}_{22.8}\text{F}_2(\text{OH})_{1.2}$	44,79	Asosiy mineral, yuqori qiymatli fosfat manbai
2	Kvars	SiO_2	36,97	Kislota eriydigan, inert aralashma
3	Feldshpatlar	—	5,89	Qo'shimcha mineral
4	Magnezit	MgCO_3	2,91	Mg^{2+} ionlari manbai
5	Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2,88	Ca^{2+} va SO_4^{2-} ionlari manbai
6	Limonit	$\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$	2,93	Fosfor bilan raqobatchi mineral
7	Getit	$\text{FeO}(\text{OH})$	0,89	Fosfor bilan raqobatchi mineral
8	Kalsit	CaCO_3	0,76	Ca^{2+} ionlari manbai
9	Qoldiq va suv miqdori	—	1,98	Namlik va aralashmalar

Tarkibda fosfor bilan raqobat qiluvchi temir minerallari ham mavjud: limonit (2,93%) va getit (0,89%). Ushbu minerallar fosforning suvda eriydigan shaklga o'tishini cheklab, uning agroximik qiymatini pasaytiradi. Shuningdek, tarkibda qoldiq va suv miqdori 1,98 % ni tashkil qildi.

Xojakul fosforitlari mineralogik tarkibi jihatidan fosfatlarga boy bo'lib, asosiy minerallar sifatida frankolit ($\text{Ca}_{10}\text{P}_{5.2}\text{C}_{0.8}\text{O}_{23.2}\text{F}_{1.8}\text{OH}$ – 28,18 %) va kurskit ($\text{Ca}_{10}\text{P}_{4.8}\text{C}_{1.2}\text{O}_{22.8}\text{F}_2(\text{OH})_{1.2}$ – 23,78%) ajralib turadi. Bu ko'rsatkichlar ularning yuqori qiymatli fosfatli o'g'itlar manbai ekanini tasdiqlaydi.

Tarkibdagi qo'shimcha minerallardan kvars (SiO_2 – 25,78%) katta ulushni tashkil etadi. U asosan inert faza bo'lib, qishloq xo'jaligi jihatidan faol ahamiyatga ega emas, ammo o'g'it tarkibida mineral yuklanish vazifasini bajaradi. Shuningdek, glaukonit (2,98%), vollastonit (3,01%), kalsit (2,86%) va gips (1,28%) minerallari mavjud bo'lib, kalsiy, magniy va silikat manbalari sifatida

qo'shimcha ahamiyat kasb etadi.

Temir minerallari sifatida limonit (2,78%), getit (0,86%) va pirit (0,84%) aniqlangan. Bu birikmalar fosforning suvda eriydigan shaklga o'tishini cheklaydi, shu sababli ularni ajratish qayta ishlash jarayonida muhim bosqich hisoblanadi.

2-jadval

Xojakul fosforitlari mineralogik tarkibi

№	Mineral nomi	Formula	Miqdori, %	Izoh
1	Frankolit	$\text{Ca}_{10}\text{P}_{5.2}\text{C}_{0.8}\text{O}_{23.2}\text{F}_{1.8}\text{OH}$	28,18	Asosiy mineral, yuqori qiymatli fosfat manbai
2	Kurskit	$\text{Ca}_{10}\text{P}_{4.8}\text{C}_{1.2}\text{O}_{22.8}\text{F}_2(\text{OH})_{1.2}$	23,78	Asosiy mineral, yuqori qiymatli fosfat manbai
3	Kvars	SiO_2	25,78	Asosan inert faza, mineral yuklanish vazifasini bajaradi
4	Vollastonit	CaSiO_3	3,01	Ca^{2+} va SiO_3^{2-} manbai
5	Glaukonit	$(\text{K}, \text{Na})(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Mg})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	2,98	Ko'shimcha mineral, Mg va K manbai
6	Kalsit	CaCO_3	2,86	Ca^{2+} ionlari manbai
7	Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,28	Ca^{2+} va SO_4^{2-} manbai
8	Limonit	$\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$	2,78	Fosfor bilan raqobatchi mineral
9	Getit	$\text{FeO}(\text{OH})$	0,86	Fosfor bilan raqobatchi mineral
10	Pirit	FeS_2	0,84	Fosfor bilan raqobatchi mineral

Xulosa. Olib borilgan mineralogik tahlillar natijasida Xojakul va Porlitau fosforitlarining asosiy minerallari frankolit va kurskit ekani, ular yuqori qiymatli fosfatli o'g'itlar ishlab chiqarish uchun muhim manba bo'lib xizmat qilishi aniqlandi. Biroq tarkibda temir minerallari — limonit, getit va piritning mavjudligi fosforning suvda eriydigan shaklga o'tishini cheklab, uning agroximik qiymatini pasaytiradi. Shu bois, fosforitlarni qayta ishlash jarayonida temir minerallarini selektiv ajratish zarurligi asoslab berildi. Shu sababli qayta ishlash – kislotali ishlov berish, sorbsion yoki biotexnologik usullar – ulardan samarali fosforli o'g'itlar olish imkoniyatini yaratadi. Bu jarayon resurs tejamkorligi va atrof-muhit muhofazasi nuqtai nazaridan istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Li, X., & Zhang, Y. (2023). High-iron phosphorite beneficiation using combined. Journal of Sustainable Metallurgy, 9(2), 712–725. <https://doi.org/10.1007/s40831-023-00681-6>

- [2] El-Shall, H., & Zhang, P. (2022). Leaching of iron from phosphate ore using hydrochloric acid. *Minerals Engineering*, 180, 107473. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107473>
- [3] Wang, J., & Liu, R. (2021). Sustainable utilization of high-iron phosphorus ore via magnetic roasting–magnetic separation. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(15), 5431–5440. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c00509>
- [4] Santos, A., & Peres, A. (2020). Flotation of iron impurities from phosphorite ores using hydroxamic acid. *International Journal of Mineral Processing*, 204, 102408. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2020.102408>
- [5] Jiang, T., et al. (2023). A new approach for simultaneous recovery of iron and phosphorus from high-phosphorus oolitic iron ore. *Chemosphere*, 313, 137325. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137325>
- [6] Вишнякова, А. А. (1981). Фосфорные удобрения из каратауских, гулиобских и других фосфоритов. Москва: Наука.
- [7] Abiodun, O.-A. O., Oyebamiji, A. S., Oladipo, A. Y., Alade, O. S., & Babatunde, E. O. (2023). Remediation of heavy metals using biomass-based adsorbents: Adsorption kinetics and isotherm models. *Surfaces*, 5(3), 145–162.
- [8] Cullity, B. D., & Stock, S. R. (2001). *Elements of X-ray diffraction* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- [9] Shen, J., Yuan, L., Zhang, R., Li, H., Bai, Z., & Chen, X. (2011). Phosphorus dynamics: From soil to plant. *Plant Physiology*, 156(3), 997–1005.
- [10] Zapata, F., & Roy, R. N. (2004). *Use of phosphate rocks for sustainable agriculture*. Rome: FAO.
- [11] Han, F. X., Ouyang, Y., Chen, J., & Jiang, X. (2007). *Phosphorus dynamics in the soil–plant system*. New York: Nova Science Publishers.
- [12] Chien, S. H., Prochnow, L. I., & Cantarella, H. (2009). Recent developments of fertilizer production from phosphate rocks. *Fertilizer Research*, 102(2), 267–277.
- [13] Хасанов, Б., Тиллаева, Н., & Умаров, А. (2019). Фосфатные удобрения из фосфоритов Центральной Азии. *Универсум: химия и биология*, (6[60]), 45–52.
- [14] Singh, B., & Schulze, D. G. (2015). Soil iron and aluminum oxides and their role in phosphorus sorption. *Soil Science Society of America Journal*, 79(3), 1065–1077.