

## UCH VALENTLI TEMIR IONI YORDAMIDA SULFIDLI BOYITMADAGI PIRIT VA ARSENOPIRITNING GIDROMETALLURGIK OKSIDLANISHINI TADQIQ QILISH

**Hamidov Hayrullo Ismoilovich**

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, professor v.b.

**Narzullayev Jahongir Norbobo o'g'li**

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, dotsent v.b.

**Nazarova Zinnura Saidahmad qizi**

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, magistr

### ANNOTATSIYA

*Mazkur maqolada flotatsiya jarayoni boyitmasida mavjud pirit ( $FeS_2$ ) mineralini turli sharoitlarda oksidlanishi o'rganildi. Tadqiqotda oksidlovchi sifatida vodorod peroksid ( $H_2O_2$ ), organik kislotalar qo'llanildi va kuchli kislotali muhitda olib borildi. Jarayonning asosiy parametrlariga pH, OQP (oksidlanish-qaytarilish potentsiali), harorat va qo'shimcha reagentlar ta'siri o'rganildi. Asosiy tadqiqot obyekti, flotoboyitma, tarkibidagi piritni turli sharoitlarda oksidlanishi tajribaviy o'rganildi. Olingan natijalar sulfidli boyitmalarning gidrometallurgik qayta ishlash texnologiyasini tanlash va optimallashtirish uchun ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.*

**Kalit so'zlar:** gidrometallurgiya, sulfidli boyitma, pirit ( $FeS_2$ ), arsenopirit ( $FeAsS$ ), uch valentli temir ioni ( $Fe^{3+}$ ), oksidlanish kinetikasi, qayta tiklanish mexanizmi, ekologik xavfsizlik, qimmatbaho metallar, energiya tejamkor texnologiya.

### АННОТАЦИЯ

*В данной статье изучено окисление пирита ( $FeS_2$ ), содержащегося в концентрате, полученном в процессе флотации, при различных условиях. В исследовании в качестве окислителей применялись пероксид водорода ( $H_2O_2$ ) и органические кислоты, а сам процесс проводился в сильнокислой среде. Было изучено влияние pH, ОВП (окислительно-восстановительного потенциала), температуры и дополнительных реагентов на основные параметры процесса. В качестве основного объекта исследования экспериментально изучалось окисление пирита, содержащегося во флотационном концентрате гидromеталлургического завода АО НГМК, при различных условиях. Полученные результаты имеют научно-практическое значение для выбора и оптимизации технологии гидromеталлургической переработки сульфидных концентратов.*

**Ключевые слова:** гидromеталлургия, сульфидный концентрат, пирит ( $FeS_2$ ), арсенопирит ( $FeAsS$ ), ион трехвалентного железа ( $Fe^{3+}$ ), кинетика

окисления, механизм восстановления, окислительно-восстановительного потенциала, экологическая безопасность, благородные металлы, энергосберегающая технология.

### ANNOTATION

*This article examines the oxidation of pyrite ( $FeS_2$ ) contained in the concentrate obtained during the flotation process under various conditions. In the study, hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) and organic acids were used as oxidizing agents, and the process itself was conducted in a highly acidic environment. The influence of pH, ODP (oxidation-reduction potential), temperature, and additional reagents on the main process parameters was studied. As the main object of research, the oxidation of pyrite contained in the flotation concentrate of the NKMK JSC hydrometallurgical plant under various conditions was studied experimentally. The obtained results are of scientific and practical importance for selecting and optimizing the technology of hydrometallurgical processing of sulfide concentrates.*

**Keywords:** hydrometallurgy, sulfide concentrate, pyrite ( $FeS_2$ ), arsenopyrite ( $FeAsS$ ), trivalent iron ion ( $Fe^{3+}$ ), oxidation kinetics, reduction mechanism, oxidation-reduction potential, environmental safety, noble metals, energy-saving technology.

### KIRISH

Pirit ( $FeS_2$ ) va arsenopirit ( $FeAsS$ ) va boshqa sulfidli minerallarni gidrometallurgik qayta ishlash zamonaviy metallurgiyada katta ahamiyat kasb etadi.[1] Sulfidli boyitmalarda qimmatbaho metallar ko‘pincha pirit va arsenopiritning kristall panjarasida mustahkam bog‘langan bo‘lib, ularni bevosita eritmaga o‘tkazish qiyin kichadi [2]. Shu sababli dastlabki oksidlovchi bosqichni tashkil qilish muhimdir. Oksidlanish jarayonini tezlashtirish uchun kuchli oksidlovchilar ( $Fe^{3+}$  ionlari,  $H_2O_2$ ,  $O_2$ ), kislotali yoki organik muhitdan foydalanish keng qo‘llaniladi. Ushbu ishda flotoboyitmada piritni turli sharoitlarda oksidlanishi tajribaviy o‘rganildi.

### Tadqiqot metodlari

Tadqiqot davomida pirit va arsenopiritning  $Fe^{3+}$  ionlari yordamida oksidlanish kinetikasi, reaksiyaning asosiy bosqichlari hamda temir ionlarining qayta tiklanish mexanizmi o‘rganildi. Olingan natijalar gidrometallurgik jarayonlarni ekologik xavfsiz va energiya tejankor sharoitlarda tashkil etish imkoniyatini ko‘rsatdi [3].

Ushbu izlanishlarning amaliy ahamiyati shundaki, uch valentli temir ionlaridan foydalanish sulfidli boyitmalardan qimmatbaho metallarni ajratib olish texnologiyalarini takomillashtirishda samarali yo‘nalishlardan biri hisoblanadi [4].

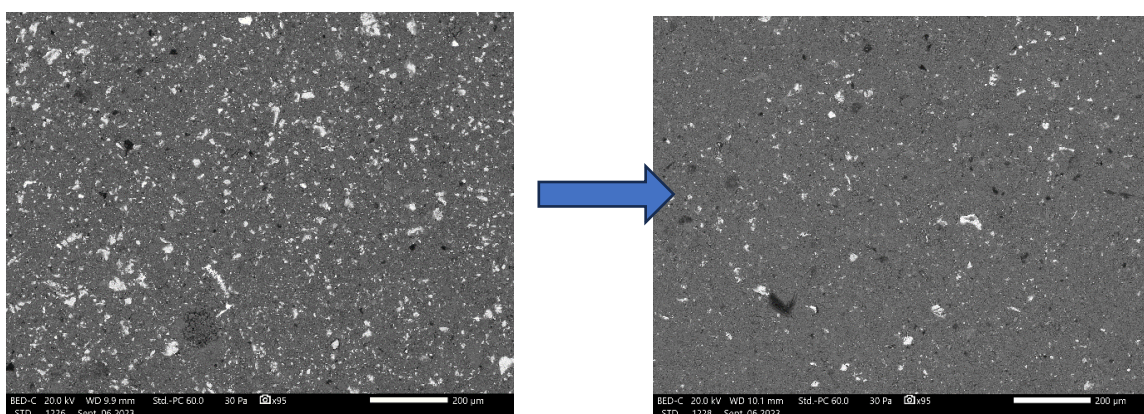
### Piritni vodorod peroksid yordamida oksidlash

Parametrlar: pH=2, Q:S=1:13, T=60°C, OQP=620–720mV. Dastlabki eritma 1000 ml suv, 485 g  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  va 75 g GMZ-5 flotoboyitmadan tayyorlandi. Muhit pH=2 gacha  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bilan rostlandi [5]. Oksidlovchi sifatida  $\text{H}_2\text{O}_2$  byuretka yordamida har 10 sekundda tomchilatib borildi [6]. pH va OQP har 1 soatda o'Ichandi (1- jadval). Natijada OQP 720 mV atrofida barqarorlashdi, bu temirning cho'kishi boshlanganini ko'rsatdi [7]. Jarayon tugaganidan so'ng bo'tana filtrlanib, 90 °C da quritildi. 1-rasmda flotokonsentratni vodorod peroksid qo'shilgan holda  $\text{Fe}^{+3}$  ionlari bilan oksidlanishdan oldingi va keyingi holati ko'rsatilgan [8].  $\text{Fe}^{+3}$  bilan oksidlanish jarayonidan so'ng pirit zarrachalarining sezilarli darajada kamaygani kuzatiladi.

1-jadval

Piritni vodorod peroksid yordamida oksidlashda OQP va pH o'zgarishi natijalari

№	Vaqt	OQP	pH
1	Dastlabki	634	2,1
2	1 soat	654	2,17
3	2 soat	675,8	2,1
4	3 soat	682,6	2,2
5	4 soat	687,1	2,13
6	5 soat	691	2
7	6 soat	698,1	2,4



**1-rasm.** Flotokonsentratni vodorod peroksid qo'shilgan  $\text{Fe}^{+3}$  ionlari bilan oksidlashdan oldin va keyin

### **Kuchli kislotali muhitda oksidlanish**

Parametrlar: pH=2, T=60°C, OQP=600–740mV. Eritma 4400 ml suv, 60 g Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O va 300 gr flotoboyitmadan tayyorlandi [9]. Muhit kuchli kislotali (pH ≈ 1,2–1,5) saqlandi. OQP vaqt davomida 580–741 mV oralig‘ida o‘zgarib, jarayonning faol borishini ko‘rsatdi.

### **Maksimal OQP (740 mV) da jarayon**

Parametrlar: pH=2, T=60 °C, OQP=600–740 mV. Tajriba 4500 ml eritmada olib borildi. Jarayon boshida pH=1,26, OQP=730 bo‘ldi. Ca(OH)<sub>2</sub> qo‘shilgach pH=2 ga ko‘tarilib, OQP 770 mV ga chiqdi, keyinchalik 540 mV gacha pasaydi. Bu hol jarayon davomida Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> nisbatining o‘zgarishini tasdiqlaydi [10]. Keyingi bosqichlarda OQP 600–700 mV oralig‘ida saqlanib qoldi.

### **XULOSA**

Tajribalardan quyidagi qonuniyatlar kuzatildi:

- Piritni H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yordamida oksidlashda jarayon tez va faol kechadi, OQP 720 mV da barqarorlashadi, bu esa Fe<sup>3+</sup> ning qayta tiklanishi va cho‘kish jarayonining boshlanishini bildiradi.

- Kuchli kislotali muhitda OQP 740 mV gacha ko‘tarilib, pirit oksidlanishi yuqori darajada borishi aniqlandi.

- Maksimal OQP (740 mV) sharoitida Fe<sup>3+</sup> va Fe<sup>2+</sup> ionlari muvozanati jarayonni boshqaruvchi asosiy omil ekanligi qayd etildi.

Ushbu natijalar piritning gidrometallurgik oksidlanishi jarayonini samarali boshqarishda pH, OQP va oksidlovchi reagentlar konsentratsiyasi hal qiluvchi omil ekanligini tasdiqlaydi.

- Piritni H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yordamida oksidlanishi qisqa muddatda yuqori OQP ko‘rsatkichlarini beradi va samarali boradi;

- Kuchli kislotali muhitda OQP 740 mV gacha yetib, jarayon eng faol kechdi;

- Maksimal OQP sharoitida Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> muvozanati jarayon tezligini belgilovchi asosiy omil bo‘lib chiqdi;

Natijalar sulfidli boyitmalarni gidrometallurgik qayta ishlash, xususan oltin va boshqa qimmatbaho metallarni ajratib olish texnologiyalarini takomillashtirishda qo‘llanishi mumkin.

### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Yanhua Liu, Wei Sung Ng, Miao Chen, "Acid pressure oxidation leaching of arsenopyrite in the presence of pyrite: Oxygen consumption kinetics" Minerals Engineering 195 (2023).

2. Yanhua LIU , Fang XIA, Yi YANG, Miao CHEN, “Thermodynamic analysis and in situ PXRD study of mineralogy phase transformation of arsenopyrite in acid pressure oxidation” *Minerals Engineering* 205 (2024)
3. Camelia BĂDULESCU1, “The study of the biotechnology of sulfur minerals” *Revista Minelor – Mining Review* vol. 29, issue 3 / 2023, pp. 50-59
4. Corby G. Anderson and Hao Cui, “Advances in Mineral Processing and Hydrometallurgy” *Metals* 2021, 11, 1393. <https://doi.org/10.3390/met11091393>
5. A.B. Peltekov, B.S. Boyanov, T.S. Markova “Behavior of arsenic in hydrometallurgical zinc production and environmental impact” *Tech.*, Vol. 16, No. 4, 2014 *Polish Journal of Chemical Technology*, 16, 4, 80 — 86.
6. Alyona Yachkula, Olga Rozova, Tatiana Abashina, Mikhail Vainshtein, Denis Grouzdev and Aleksandr Bulaev, “Attempts to Stimulate Leaching Activity of *Acidithiobacillus ferrooxidans* Strain TFBk” *Minerals* 2022, 12.
7. Louis J. Cabri, Matthew Newville, Robert A. Gordon and E. Daryl Crozier, Stephen R. Sutton, Greg MCMahon, DE-Tong Jiang “Chemical speciation of gold in arsenopyrite” *The Canadian Mineralogist* Vol. 38, pp. 1265-1281 (2000)
8. Frédéric Demoisson, Martine Mullet, Bernard Humbert “Investigation of pyrite oxidation by hexavalent chromium: Solution species and surface chemistry” *Journal of Colloid and Interface Science* 316 (2007) 531–540
9. Хужамов У.У., Самадов А.У. Анализ способов переработки электронного лома // *Universum: технические науки*. 2023. №1-2 (106).
10. Самадов, А. У., Н. Б. Хужакулов, А. Р. Арипов, У. У. Хужамов, and Р. А. Хамидов. "Гидрометаллургик заводларнинг чиқинди омборини геотехнологик тадқиқоти методологияси." *Ўзбекистон кончилик хабарномаси.—Навоий 2* (2019): 11-13.