**UO‘K:** 549:622.7

10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.31

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

# INGICHKA BOYITISH FABRIKASI TEXNOGEN CHIQINDILARINING MIKROSKOPIK TUZILISHI VA MINERAL FAZALARINING MAYDONLAR BO‘YICHA TAVSIFI



***Xasanov Adham Amankulovich***

*Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq, O‘zbekiston*
*E-mail: adhamhasanov122@gmail.com*
*ORCID ID: 0009-0001-9946-7123*
*Science ID: FTV-1225-0014*



***Xasanov Abdirashid Saliyevich***

*Texnika fanlari doktori, professor, Olmaliq kon-metallurgiya kombinati AJ Innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqish va tatbiq etish markazining texnologiya bo‘yicha direktor o‘rinbosari, Olmaliq, O‘zbekiston*
*E-mail: a.xasanov@srt-journal.uz*
*ORCID ID: 0009-0004-9162-7622*
*Science ID: DTV-1225-0005*



***Tolibov Behzod Ibrohimovich***

*Texnika fanlari doktori, dotsent, O‘zbekiston Respublikasi Ta’lim va ilm-fan vazirligi huzuridagi Innovatsion rivojlanish agentligi bosh mutaxassisi, O‘zbekiston*
*E-mail: intelekt16@gmail.com*
*ORCID ID: 0000-0003-3955-2825*
*Science ID: DNV-0425-0002*



***Boymurodov Najmiddin Abduqodirovich***

*Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston*
*E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru*
*ORCID ID: 0009-0007-7820-7799*
*Science ID: MQD-0625-0004*

***Annotatsiya.*** *Ushbu tadqiqotning maqsadi Ingichka boyitish fabrikasi texnogen chiqindilarining mikroskopik tuzilishi, mineral fazalarning kuzatuv maydonlari bo‘yicha taqsimlanishi va o‘zgarish teksturalarini tavsiflashdan iborat. Maydalangan namunadan tayyorlangan briket-anshlif ADF U300P polyarizatsion mikroskopi yordamida aks ettirilgan yorug‘likda o‘rganildi. Mineral donalarining chegaralari va o‘lchamlari ImageView dasturida baholanib, to‘qqizta asosiy maydon hamda oltita qo‘shimcha diagnostik mikrotasvir natijalari hisob jadvallari bilan solishtirildi. Rudali mineral donalarining maydondagi jami zarralar soniga nisbatan ulushi 8,60–23,46% oralig‘ida ekanligi aniqlandi. Sheelit, vismutin va magnetitning ayrim maydonlarda qayd etilishi namunaning mahalliy mineralogik notekisligini tavsifladi. Piritning gyotit bilan qisman almashinishi, magnetitning martitlanishi, vismutinning plastinkali ichki tuzilishi, granatning konsentrik zonalligi va pirit chetidagi ikkilamchi sulfidlar sifatida talqin qilingan hoshiya o‘rganildi. Natijalar mineral fazalarni keyingi mikroanalitik tekshiruvlar uchun tanlash va texnogen chiqindilarni qayta boyitish tadqiqotlarini rejalashtirishga asos yaratadi. Donalar soniga asoslangan ko‘rsatkichlar massa ulushi, metallarning kimyoviy miqdori yoki texnologik ajratib olish samaradorligini ifodalamaydi.*

***Kalit so‘zlar:*** *Ingichka boyitish fabrikasi, texnogen chiqindilar, mikroskopik tuzilish, mineral fazalar, almashinish teksturasi, martitlanish, vismutin, sheelit, granat zonalligi, optik diagnostika.*

Received: 15.09.2026 | Accepted: 10.10.2026 | Issue publication: 10.10.2026

# МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПОПОЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ИНГИЧКИНСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

***Хасанов Адхам Аманкулович***

*Доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент, Алмалыкский государственный технический институт, Алмалык, Узбекистан*

***Хасанов Абдирашид Салиевич***

*Доктор технических наук, профессор, заместитель директора по технологии Центра разработки и внедрения инновационных технологий АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», Алмалык, Узбекистан*

***Толибов Бехзод Иброхимович***

*Доктор технических наук, доцент, главный специалист Агентства инновационного развития при Министерстве образования и науки Республики Узбекистан, Узбекистан*

***Боймуродов Нажмиддин Абдукодирович***

*Доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан*

***Аннотация.*** *Цель исследования — охарактеризовать микроскопическое строение, распределение минеральных фаз по полям наблюдения и текстуры изменения техногенных отходов Ингичкинской обогатительной фабрики. Брикет-аншлиф измельчённой пробы изучен в отражённом свете на поляризационном микроскопе ADF U300P. Границы и размеры минеральных зёрен оценены с помощью программы ImageView; результаты изучения девяти основных полей и шести дополнительных диагностических микрофотографий сопоставлены с таблицами подсчёта. Установлено, что доля рудных зёрен относительно общего числа частиц в отдельных полях составляет 8,60–23,46%. Выявление шеелита, висмутина и магнетита в отдельных полях характеризует локальную минералогическую неоднородность пробы. Исследованы частичное замещение пирита гётитом, мартитизация магнетита, пластинчатое внутреннее строение висмутина, концентрическая зональность граната и кайма по краю пирита, интерпретированная как вторичные сульфиды. Результаты служат основой для выбора минеральных фаз для последующих микроаналитических исследований и планирования испытаний по повторному обогащению отходов. Показатели, рассчитанные по числу зёрен, не отражают массовые доли, химические содержания металлов или эффективность извлечения.*

***Ключевые слова:*** *Ингичкинская обогатительная фабрика, техногенные отходы, поле наблюдения, минеральная ассоциация, текстура замещения, мартитизация, висмутин, шеелит, оконтуривание, оптическая диагностика.*

# MICROSCOPIC TEXTURES AND FIELD BY FIELD CHARACTERIZATION OF MINERAL PHASES IN PROCESSING WASTE FROM THE INGICHKA BENEFICIATION PLANT

***Xasanov Adham Amankulovich***

*Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor, Almalyk State Technical Institute, Almalyk, Uzbekistan*

***Xasanov Abdirashid Saliyevich***

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Technology at the Center for Development and Implementation of Innovative Technologies, Almalyk Mining and Metallurgical Complex JSC, Almalyk, Uzbekistan*

***Tolibov Behzod Ibrohimovich***

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Specialist at the Agency for Innovative Development under the Ministry of Education and Science of the Republic of Uzbekistan, Uzbekistan*

***Boymurodov Najmiddin Abduqodirovich***

*Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan*

***Abstract.*** *This study aims to characterize the microscopic textures, distribution of mineral phases across observation fields, and alteration features of processing waste from the Ingichka beneficiation plant. A polished mount prepared from a crushed sample was examined in reflected light using an ADF U300P polarizing microscope. Mineral grain boundaries and sizes were assessed with ImageView, and observations from nine main fields and six supplementary diagnostic micrographs were compared with grain-count tables. Ore mineral grains accounted for 8.60–23.46% of the total particle count in individual fields. The occurrence of scheelite, bismuthinite and magnetite in selected fields characterized local mineralogical heterogeneity within the sample. Partial replacement of pyrite by goethite, magnetite martitization, the lamellar internal structure of bismuthinite, concentric garnet zoning, and a rim around*

*pyrite interpreted as secondary sulfides were examined. The findings provide a basis for selecting mineral phases for further microanalytical investigation and planning waste rebeneficiation tests. Grain-count proportions do not represent mass fractions, chemical metal grades or recovery performance.*
***Keywords:*** *Ingichka beneficiation plant, processing waste, observation field, mineral association, replacement texture, martitization, bismuthinite, scheelite, grain delineation, optical diagnostics.*

**Kirish.** Texnogen chiqindilar tarkibini o‘rganishda mineral donasining nomi va o‘lchami uning qayta ishlashdagi barcha xususiyatlarini ifodalamaydi. Donaning sirtida hoshiya, ichida relikt, noruda kiritma yoki boshqa faza plastinkalari mavjud bo‘lishi mumkin. Ushbu belgilarni aniq mikroskopik maydon bilan bog‘lash foydali komponentning mineral holatini tavsiflash va tekshiriladigan kontaktlarni tanlashga yordam beradi. Amaliy mineralogiya mineral tavsif va texnologik muammo o‘rtasidagi shu aloqani o‘rganadi [1].

Aks ettirilgan yorug‘likdagi mikroskopiya fazalarni optik farqlash, o‘zgarish teksturalari va o‘zaro kontaktlarini baholash imkonini beradi [2]. Donalarni konturlash esa tasvirdagi kuzatuvni hisob jadvali bilan solishtirishga xizmat qiladi. Biroq bitta rang yoki kontur mineralning kimyoviy tarkibini isbotlamaydi. Shuning uchun faza identifikatsiyasi, sonli tavsif va paragenetik izoh alohida dalil darajalari sifatida ko‘riladi.

Ingichka boyitish fabrikasi chiqindilarining o‘rganilgan namunasida sulfidlar, temir saqlovchi oksidli fazalar, kam sonli sheelit va vismutin hamda noruda silikatlar qayd etilgan. Ushbu ishning maqsadi to‘qqizta maydondagi mineral assotsiatsiyalarni asl tasvirlar va jadvallar bilan hujjatlashtirish, diagnostik teksturalarni aniqlashtirish va kuzatuvlarning mahalliy notekisligini tavsiflashdir. Umumiy tarkibdan tashqari har bir maydonning daliliy tavsifi natijalarning asosiy qismini tashkil qiladi.

**Materiallar va metodlar**. Tadqiqot obyekti Ingichka boyitish fabrikasi texnogen chiqindilaridan olingan namuna hisoblanadi. Maydalangan materialdan briket-anshlif tayyorlanib, ADF U300P polyarizatsion mikroskopi yordamida aks ettirilgan yorug‘likda o‘rganildi. Asosiy tasvirlar 200 marta kattalashtirishda olingan; ularda 0,1 mm masshtab chizig‘i mavjud. Donalar chegaralari va o‘lchamlari ImageView dasturi yordamida baholangan.

Miqdoriy kuzatuv to‘qqizta asosiy maydonda bajarilgan. Tasvir chetida kesilgan donalar hisobdan chiqarilgan. Jami 837 ta zarra hisoblangan, shundan 144 tasi rudali guruhga tegishli. Granat va piroksen alohida tasniflangan; qolgan noruda minerallar umumiy kategoriya sifatida sanalgan. Qo‘shimcha olti mikrotasvir mineral diagnostikasini aniqlashtirish uchun qo‘llanib, yangi miqdoriy tanlanma sifatida hisoblanmagan.

Har bir maydonning umumiy tasviri, o‘lchov belgilari tushirilgan tasviri va konturlangan ko‘rinishi tegishli jadval bilan solishtirildi. Faqat 5-maydon uchun umumiy va konturlangan ikkita ko‘rinish mavjud. Rasmlar bir xil maydonning turli ishlovdagi ko‘rinishlari bo‘lgani uchun ulardagi donalar takroran sanalmadi. Matndagi “erkin dona” kuzatilgan kesimning tavsifidir; u hajmiy mineral ochilishining sonli o‘lchovi sifatida qabul qilinmadi.

Maydonning rudali donalar ulushi $R_j = \frac{100n_{r,j}}{N_j}$, mayda donalar ulushi $F_j = \frac{100n<71_j}{N_j}$ formulalari bilan hisoblandi. Bu yerda $N_j$ — maydondagi jami zarra, $n_{rj}$ — rudali kategoriya, n<7, $1_j \leq 71$ mkm guruh donalari soni. Umumiy ulushlar maydonlar foizlarining oddiy o‘rtachasi bilan emas, tegishli donalar yig‘indisini jami soniga bo‘lish orqali olindi. Jadvaldagi mahalliy qiymatlar manbadagi yaxlitlash darajasida saqlandi.

Grafiklar manbadagi jadvallar va gistogramma ustunlarining sonlari asosida qayta chizildi. Noruda gistogramma ustunlari yig‘indisi 687, piritniki 51 donaga tengligi tekshirildi. <71 va >71 mkm guruhlari 20 mkm qadamli gistogramma bilan bir xil guruhlash emas: 60–80 mkm oralig‘i 71 mkm chegarasini kesib o‘tadi. Logarifmik grafikda nol sonlar ustun sifatida ko‘rsatilmagan; ularning yo‘qligi jadvaldan aniqlanadi.

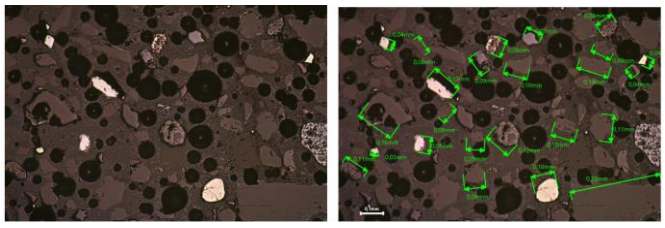
Mikroskopik rang, nisbiy aks ettirish, relyef, izotroplik yoki anizotroplik, hoshiya, relikt va ichki tuzilishlar faza diagnostikasida foydalanildi [2]. Qora yumaloq havo pufaklari mineral ichidagi notekis g‘ovaklardan farqlandi. Optik xulosalarni tasdiqlash uchun SEM–EDS va fazaga sezgir

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

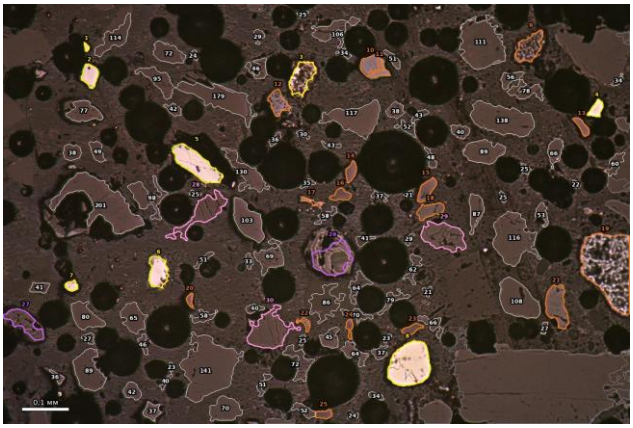
qo‘shimcha usullar tavsiya etildi [3].

O‘lchov aniqligi manbada 0,01 mm sifatida keltirilgan, biroq ayrim qiymatlar mikrometr birliklarigacha yozilgan. Shu bois asl diapazonlar saqlangan holda, ularning metrologik aniqligi bo‘yicha qo‘shimcha da’vo qilinmadi. Maydonlar mustaqil takroriy namuna bo‘lmagani uchun farqlar tavsifiy baholandi. Mazkur maqola avvalgi mineral tarkib tahlili bilan ayni namuna bazasiga asoslanadi; unda maydonlar va teksturalarning batafsil daliliy tavsifi kengaytirilgan.

**Natijalar. 1-maydon Pirit va gyotitli silikat assotsiatsiyasi**. 1-maydonda pirit, gyotit, granat va piroksen birgalikda qayd etildi. Konsentrik zonal granat asosiy noruda muhitida ajralib turadi; yoriqli va yuqori relyefli donalar piroksen sifatida tasniflangan. Tasvir chetida kesilgan granat hisobga olinmagan. Umumiy ko‘rinishni konturlangan tasvir bilan taqqoslash faza chegarasini ajratish va jadvalga kiritilgan donalarni aniqlashga yordam beradi.



***1-rasm. a va b. 1-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***



***1-rasm. c. 1-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

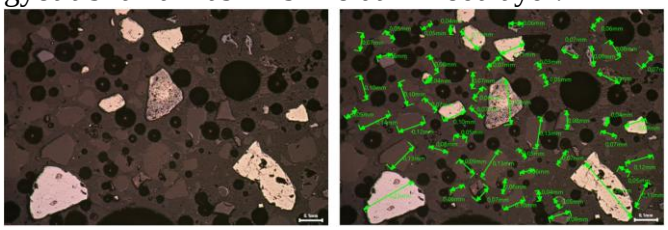
114 ta zarraning 24 tasi rudali kategoriyaga mansub bo‘lib, maydonning son ulushi 21,05 % ga teng. <71 mkm guruhda 81 ta dona qayd etilgan. Piritning mahalliy diapazoni 18–130 mkm, gyotitniki 31–95 mkm. Piroksenning barcha qayd etilgan donalari >71 mkm guruhda; bu faqat ushbu maydonning kuzatuvini tavsiflaydi.

1-jadval

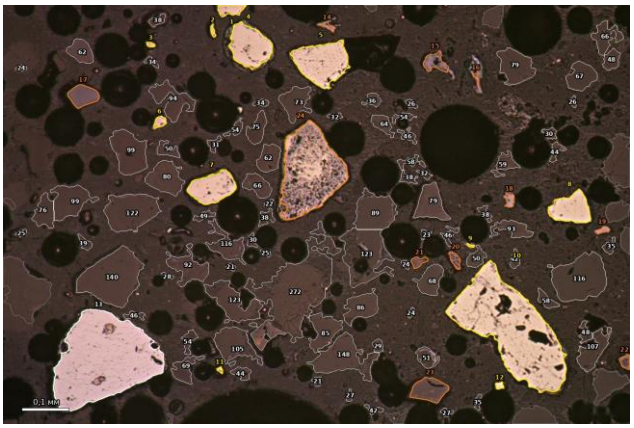
***1-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirit | 8 | 5 | 3 | 62,5 | 18–130 |
| Gyotit | 16 | 14 | 2 | 87,5 | 31–95 |
| Granat | 1 | 0 | 1 | 0 | 120 |
| Piroksen | 3 | 0 | 3 | 0 | 80–105 |
| Noruda minerallar | 86 | 62 | 24 | 72,1 | 21–201 |

**2-maydon Relikt pirit va vismutin mavjud maydon**. 2-mikroskopik maydonda yirik pirit va vismutin donalari, shuningdek, gyotit bilan qisman almashgan piritli dona qayd etildi. G‘ovakli hosila tarkibida pirit reliktining saqlanishi boshlang‘ich sulfidning to‘liq almashinmaganligini ko‘rsatuvchi teksturaviy belgi sifatida baholandi. Vismutin aks ettirilgan yorug‘likda nisbatan yorug‘faza sifatida kuzatilib, konturlangan mikrotasvirda alohida belgilandi. Hisob jadvalidagi “Pirit → gyotit” kategoriyasi mustaqil mineral turini emas, piritning gyotit bilan almashinish holatini ifodalaydi.



***2-rasm. a va b. 2-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***



***2-rasm. c. 2-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

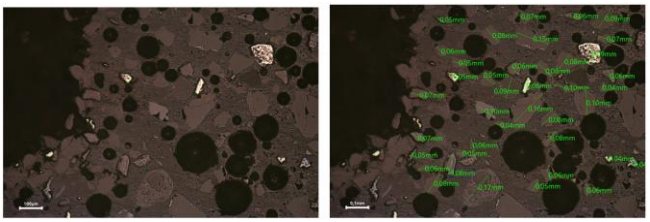
2-jadval

***2-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

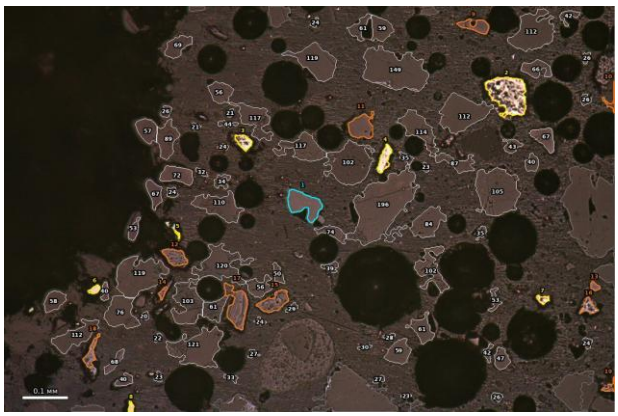
| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirit | 11 | 6 | 5 | 54,5 | 12–290 |
| Pirit → gyotit | 1 | 0 | 1 | 0 | 190 |
| Vismutin | 1 | 0 | 1 | 0 | 230 |
| Gyotit | 9 | 8 | 1 | 88,9 | 27–78 |
| Noruda minerallar | 81 | 57 | 24 | 70,4 | 21–148 |

2-mikroskopik maydonda hisobga olingan 103 ta zarraning 22 tasi rudali minerallar guruhiga mansub bo‘lib, ularning son bo‘yicha ulushi 21,36 % ni tashkil etdi. Pirit relikti saqlangan g‘ovakli donaning o‘lchami 190 mkm, vismutin donasiniki esa 230 mkm deb qayd etildi. Pirit donalarining o‘lchamlari 12–290 mkm oralig‘ida bo‘lib, maydonda mayda va yirik donalar birgalikda uchrashi aniqlandi. Teksturaviy kuzatuvlar mineralning o‘zgarish holatini tavsiflaydi, biroq fazaning kimyoviy tarkibi yoki oksidlanish tezligini aniqlash uchun mustaqil dalil hisoblanmaydi.

**3-maydon. Yirik sheelit donasining mikroskopik tavsifi.** Maydonning markaziy qismida optik belgilariga ko‘ra sheelit sifatida aniqlangan 100 mkm o‘lchamli dona qayd etildi. G‘ovakli tuzilishga ega donalar pirit va gyotit sifatida tavsiflandi.



***3-rasm. a va b. 3-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***



***3-rasm. c. 3-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

Tasvirning chap qismidagi qora soha briketdagi havo pufagi sifatida belgilangan bo‘lib, mineral faza yoki dona ichidagi g‘ovaklik bilan tenglashtirilmaydi. Konturlangan mikrotas-virda sheelit donasining o‘rganilgan kesim yuzasidagi chegaralari ajratib ko‘rsatilgan.

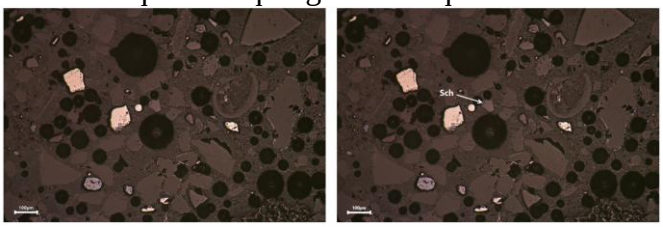
3-jadval

***3-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Sheelit | 1 | 0 | 1 | 0 | 100 |
| Pirit | 6 | 5 | 1 | 83,3 | 19–90 |
| Gyotit | 9 | 6 | 3 | 66,7 | 24–104 |
| Noruda minerallar | 75 | 52 | 23 | 69,3 | 20–160 |

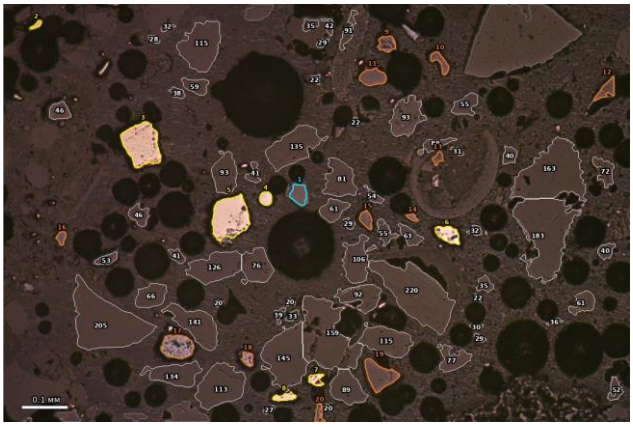
3-mikroskopik maydonda jami 91 ta zarra hisobga olindi, shundan 16 tasi rudali minerallar guruhiga mansub bo‘lib, ularning son bo‘yicha ulushi 17,58 % ni tashkil etdi. Sheelit donasi >71 mkm, pirit donalarining aksariyati esa <71 mkm o‘lcham guruhida qayd etildi. Yagona sheelit donasining aniqlanishi ushbu fazaning o‘rganilgan maydonda mavjudligini tasdiqlaydi. Biroq bu kuzatuv sheelitning butun namunadagi miqdori yoki mineral ochilish darajasini baholash uchun yetarli emas.

**4-maydon. Mayda sheelit va gyotitli mineral assotsiatsiya.** Maydonda optik belgilariga ko‘ra sheelit sifatida aniqlangan mayda dona strelka bilan ajratib ko‘rsatildi. Pirit izometrik shaklli, gyotit esa g‘ovakli tuzilishga ega donalar bilan ifodalandi. Dastlabki, belgilangan va konturlangan mikrotasvirlarni o‘zaro solishtirish sheelit donasining joylashuvi va chegaralarini izchil kuzatish imkonini berdi. Donaning kichik o‘lchamini hisobga olgan holda, optik identifikatsiya natijasini mustaqil fazaviy tahlil bilan tasdiqlash maqsadga muvofiq.




***4-rasm. a va b. 4-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026



***4-rasm. c. 4-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

4-jadval

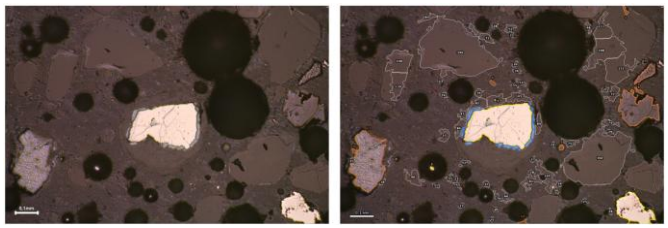
***4-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Sheelit | 1 | 1 | 0 | 100 | 42 |
| Pirit | 7 | 5 | 2 | 71,4 | 26–93 |
| Gyotit | 11 | 10 | 1 | 90,9 | 26–73 |
| Noruda minerallar | 62 | 38 | 24 | 61,3 | 20–220 |

4-mikroskopik maydonda hisoblangan 81 ta zarraning 19 tasi rudali minerallarga mansubligi aniqlandi. Ularning son bo‘yicha ulushi 23,46% ni tashkil etib, o‘rganilgan to‘qqizta maydon orasida eng yuqori ko‘rsatkich qayd etildi. Sheelit donasining o‘lchami 42 mkm, pirit donalarining o‘lchamlari 26–93 mkm, gyotitniki esa 26–73 mkm oralig‘ida aniqlandi. Gyotitning 11 ta donasidan 10 tasi <71 mkm guruhga mansub bo‘lib, mayda donalar ulushi 90,91% ni tashkil etdi. Rudali minerallarning mazkur ulushi donalar soniga asoslanganligi sababli, ularning massa miqdorini ifodalamaydi.

**5-maydon. Piritning chekka hoshiyasi va gyotitning g‘ovakli tuzilishi.** Yirik pirit donasining chekka qismlarida qalinligi taxminan 8–14 mkm bo‘lgan hoshiya aniqlandi. Hoshiya optik diagnostik belgilariga ko‘ra xalkozin–digenit assotsiatsiyasi sifatida talqin qilindi. Pirit atrofidagi dumaloq kulrang halqaning briketdagi havo pufagiga tegishli ekanligi aniqlanib, u mineral hoshiyadan ajratildi. Maydonning chap qismida yirik, g‘ovakli tuzilishga ega gyotit donasi qayd etildi.

5-mikroskopik maydonda jami 65 ta zarra hisobga olinib, ulardan 9 tasi rudali minerallarga mansubligi aniqlandi. Rudali donalarning son bo‘yicha ulushi 13,85 % ni tashkil etdi. Pirit donalarining o‘lchamlari 16–307 mkm, gyotitniki 22–244 mkm, boshqa noruda minerallarniki esa 20–346 mkm oralig‘ida aniqlandi. <71 mkm o‘lchamli zarralar ulushi 61,54% ni tashkil etib, o‘rganilgan maydonlar orasida eng past ko‘rsatkich qayd etildi. Pirit chetidagi hoshiyaning sulfid tarkibini aniqlashtirish uchun optik diagnostikani SEM–EDS yoki boshqa mikroanalitik tekshiruv bilan to‘ldirish zarur.



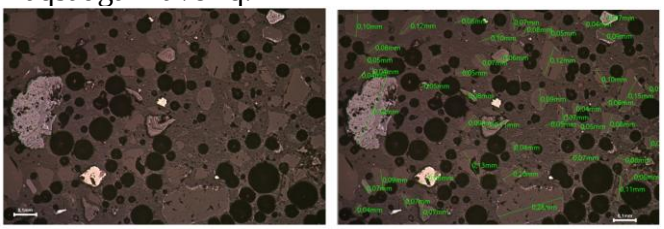
***5-rasm. 5-maydon: chapda umumiy, o‘ngda konturlangan ko‘rinish.***

5-jadval

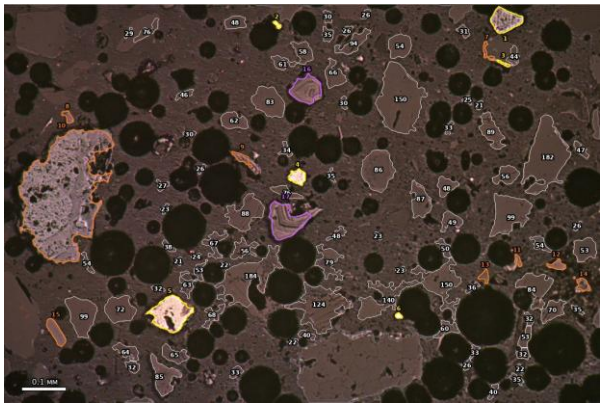
***5-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirit | 2 | 1 | 1 | 50 | 16–307 |
| Gyotit | 7 | 4 | 3 | 57,1 | 22–244 |
| Noruda minerallar | 56 | 35 | 21 | 62,5 | 20–346 |

**6-maydon. Granatning konsentrik zonalligi va gyotitning g‘ovakli tuzilishi.** Maydonda konsentrik zonal tuzilishga ega ikkita granat donasi hamda yirik g‘ovakli gyotit donasi aniqlandi. Granatning ichki zonalligi qo‘shimcha diagnostik mikrotasvirda ham qayd etildi. Aniqlangan optik zonallik dona ichidagi tuzilish farqlarini ifodalaydi, biroq zonalarning kimyoviy tarkibi alohida o‘lchanmagan. Tarkibiy o‘zgarishlarni aniqlash uchun granat markazidan chetiga yo‘nalgan element profilini o‘rganish maqsadga muvofiq.



***6-rasm. a va b. 6-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***



***6-rasm. c. 6-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

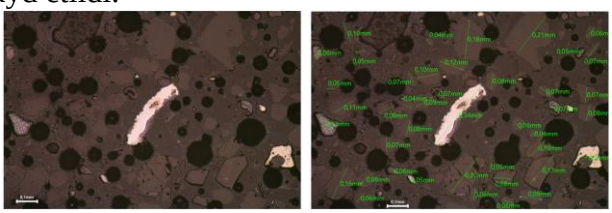
6-jadval

***6-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirit | 6 | 5 | 1 | 83,3 | 16–80 |
| Gyotit | 9 | 8 | 1 | 88,9 | 28–300 |
| Granat | 2 | 1 | 1 | 50 | 60–110 |
| Noruda minerallar | 85 | 64 | 21 | 75,3 | 21–280 |

6-mikroskopik maydonda hisobga olingan 102 ta zarraning 15 tasi rudali minerallarga mansubligi aniqlandi. Ularning son bo‘yicha ulushi 14,71% ni tashkil etdi. <71 mkm o‘lcham guruhida 78 ta zarra aniqlanib, mayda donalar ulushi 76,47% ga teng bo‘ldi. O‘rganilgan to‘qqizta maydon orasida mayda zarralarning eng yuqori ulushi ushbu maydonda qayd etildi. Granat donalarining o‘lchamlari 60 va 110 mkm, gyotit donalarining o‘lchamlari esa 28–300 mkm oralig‘ida aniqlandi.

**7-maydon. Vismutinning prizmatik tuzilishi va piritdagi noruda kiritma.** Maydonning markaziy qismida cho‘zinchoq prizmatik vismutin donasi, o‘ng pastki qismida esa noruda mineral kiritmasi saqlagan pirit donasi aniqlandi. Pirit tarkibidagi kiritma donaning ko‘p fazali tuzilishini ko‘rsatdi. Vismutinning qo‘shimcha yaqin mikrotasvirida plastinkali ichki tuzilish va chekka qismlardagi o‘zgarish belgilari qayd etildi.



***7-rasm. a va b. 7-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***



***7-rasm. c. 7-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

7-jadval

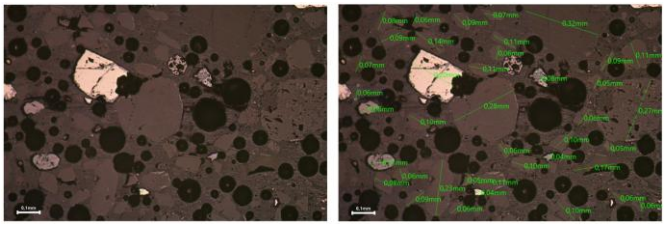
***7-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirit | 3 | 2 | 1 | 66,7 | 25–100 |
| Vismutin | 1 | 0 | 1 | 0 | 340 |
| Gyotit | 6 | 5 | 1 | 83,3 | 21–120 |
| Noruda minerallar | 71 | 48 | 23 | 67,6 | 20–210 |

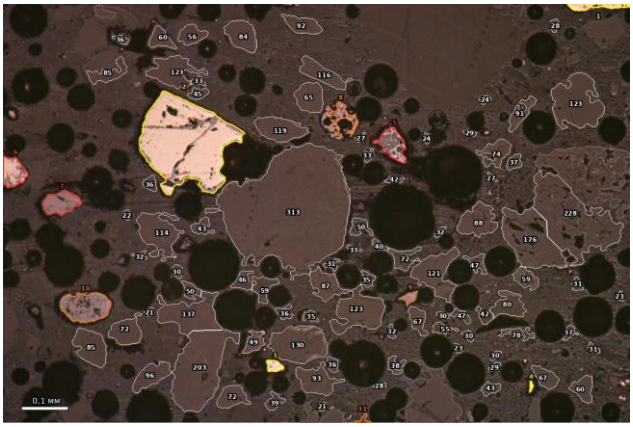
7-mikroskopik maydonda hisoblangan 81 ta zarraning 10 tasi rudali minerallarga mansubligi aniqlandi. Ularning son bo‘yicha ulushi 12,35% ni tashkil etdi. Vismutin donasining o‘lchami 340 mkm, pirit donalarining o‘lchamlari esa 25–100 mkm oralig‘ida aniqlandi. Vismutinning qo‘shimcha mikrotasviri ayni donaning ichki tuzilishini o‘rganish uchun foydalanilib, miqdoriy hisobga takroran kiritilmadi. Piritdagi noruda kiritmaning fazaviy tarkibi va hajm ulushi aniqlanmaganligi sababli, mineralning ochilish darajasi miqdoriy baholanmadi.

**8-maydon. Pirit va magnetitning mikroskopik assotsiatsiyasi.** Maydonda yirik pirit donasi va uning ikki tomonida joylashgan magnetit donalari aniqlandi. Ushbu minerallarning bir kuzatuv maydonida birgalikda uchrashi qayd etildi, biroq ularning o‘zaro o‘sishmasi tasdiqlanmadi. O‘sishma xususiyatini aniqlash uchun donalar orasidagi bevosita fazalararo kontaktni o‘rganish zarur. Magnetitning optik diagnostikasida rangi va aks ettirish xususiyatlari bilan birga kesishgan nikollar sharoitidagi izotroplik belgisi hisobga olindi.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026



***8-rasm. a va b. 8-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***



***8-rasm. c. 8-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

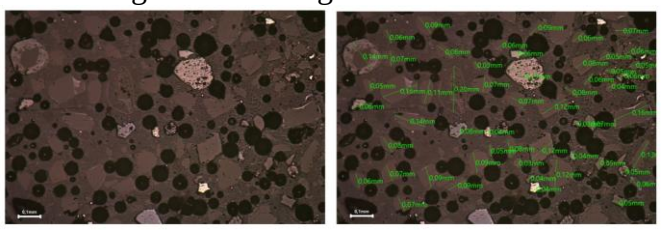
8-jadval

***8-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

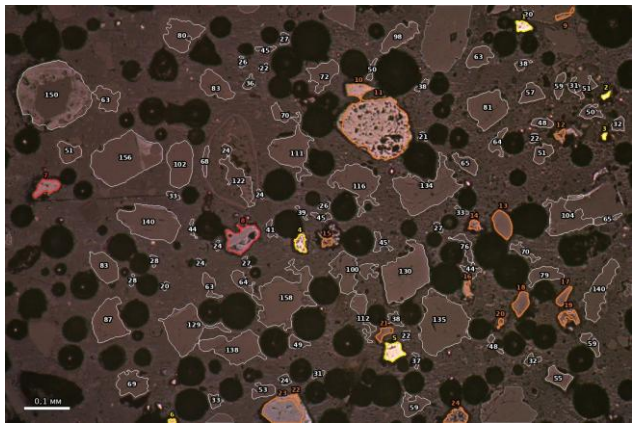
| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirit | 3 | 2 | 1 | 66,7 | 22–200 |
| Magnetit | 2 | 0 | 2 | 0 | 80 |
| Gyotit | 3 | 2 | 1 | 66,7 | 32–110 |
| Noruda minerallar | 85 | 57 | 28 | 67,1 | 21–313 |

8-mikroskopik maydonda hisobga olingan 93 ta zarraning 8 tasi rudali minerallarga mansubligi aniqlandi. Ularning son bo‘yicha ulushi 8,60% ni tashkil etib, o‘rganilgan to‘qqizta maydon orasida eng past ko‘rsatkich qayd etildi. Magnetitning ikkala donasi >71 mkm o‘lcham guruhiga mansub bo‘lib, pirit donalarining o‘lchamlari 22–200 mkm oralig‘ida aniqlandi. Rudali donalarning past son ulushi o‘rganilgan maydonning mahalliy mineralogik xususiyatini ifodalaydi; ushbu ko‘rsatkich texnogen chiqindilardagi metallarning kimyoviy miqdorini baholash uchun yetarli emas.

**9-maydon. Magnetit va gyotitning mikroskopik tavsifi.** Maydonda ikkita magnetit donasi hamda g‘ovakli tuzilishga ega gyotit aniqlandi. Pirit donalarining barchasi <71 mkm o‘lcham guruhiga mansubligi qayd etildi. Magnetitning martitlanish darajasi ushbu maydon uchun miqdoriy aniqlanmadi. Qo‘shimcha mikrotasvirda kuzatilgan gematit plastinkalarini mazkur donalarga tegishli deb baholash uchun tasvirlar o‘rtasidagi dona mosligini tasdiqlash zarur. Shu sababli alohida donadagi almashinish belgisi barcha magnetit donalariga umumlashtirilmadi.



***9-rasm. a va b. 9-maydonning umumiy va o‘lchov yoki belgi tushirilgan ko‘rinishlari.***



***9-rasm. c. 9-maydondagi mineral donalarining konturlangan ko‘rinishi.***

9-jadval

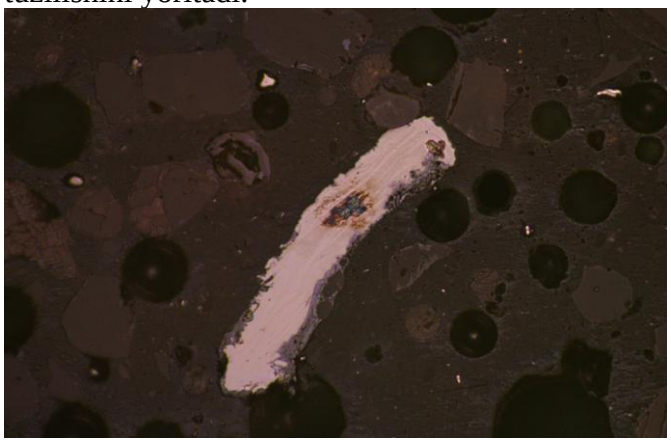
***9-maydondagi mineral donalarining o‘lcham guruhlari***

| Mineral | Jami dona | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirit | 5 | 5 | 0 | 100 | 12–44 |
| Magnetit | 2 | 1 | 1 | 50 | 60–80 |
| Gyotit | 14 | 13 | 1 | 92,9 | 21–150 |
| Noruda minerallar | 86 | 60 | 26 | 69,8 | 20–200 |

107 ta zarraning 21 tasi rudali guruh, son ulushi 19,63%. Pirit diapazoni 12–44 mkm, magnetitniki 60–80 mkm, gyotitniki 21–150 mkm. <71 mkm guruhda 79 ta zarra, ya’ni 73,83% qayd etilgan. Ushbu maydon 8-maydon bilan taqqoslanganda gyotit donalari ko‘proq, biroq maydonlar mustaqil takroriy namuna bo‘lmagani uchun tafovut tavsifiy baholanadi.

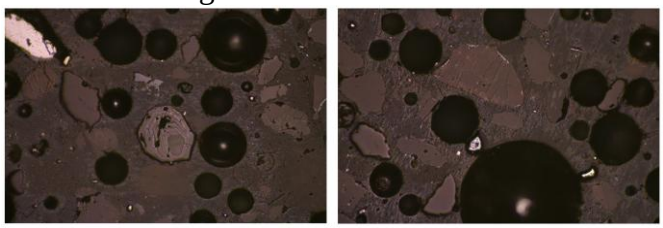
**Qo‘shimcha mikrotasvirlarda diagnostik belgilar**. Qo‘shimcha yaqin tasvirlar asosiy maydonlarda kuzatilgan mineral belgilarini batafsil

ko‘rsatadi. Ular miqdoriy hisobga alohida dona sifatida kiritilmagan. Vismutin fotosurati 7-maydondagi donaga tegishli; granat va yoriqli silikat tasvirlari esa noruda minerallarning ichki tuzilishini yoritadi.



***10-rasm. Vismutinning cho‘zinchoq donasi va plastinkali ichki tuzilishi.***

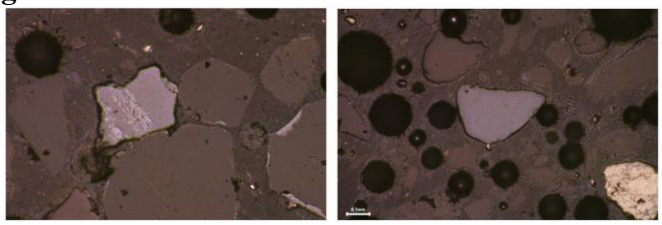
Vismutin donasining ichki qismida egilgan, to‘lqinsimon plastinkalar, chekka qismlarida esa o‘zgarish hoshiyasi aniqlandi. Plastinkalarning morfologiyasi mineralning past qattiqligi va egiluvchanligi bilan bog‘liq xususiyatlar doirasida baholandi [4]. Biroq ularning egilishiga tabiiy deformatsiya yoki namunani silliqlashdagi mexanik ta’sir sabab bo‘lganligi aniqlanmadi. Chekka hoshiyaning fazaviy tarkibi mikroanalitik usulda tekshirilmaganligi sababli, uni tashkil etuvchi mineral turi belgilanmadi.



***11-rasm. Chapda konsentrik zonal granat, o‘ngda yuqori relyefli yoriqli silikat dona.***

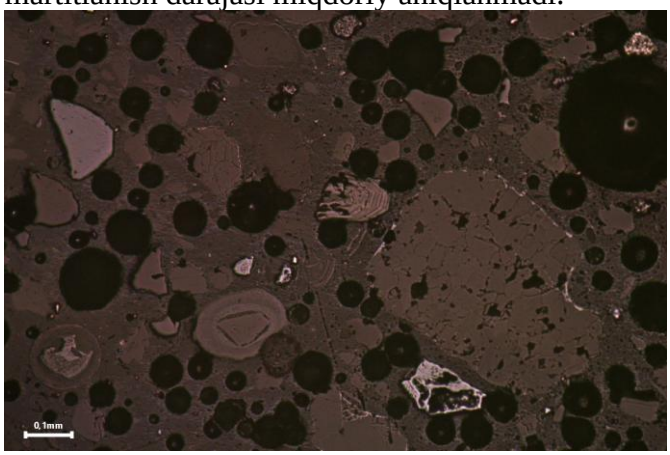
Granat donasida kuzatilgan konsentrik zonallik uning ichki tuzilishidagi farqlanishni, silikat donasidagi yoriqlar to‘ri esa darzlanish xususiyatini ifodalaydi. Asosiy mikroskopik maydonlarda o‘xshash optik belgilarga ega silikatlar piroksen sifatida tavsiflangan. Biroq qo‘shimcha mikrotasvir ushbu donaning piroksenga mansubligini mustaqil tasdiqlash uchun yetarli emas. Optik zonallik asosida element tarkibidagi o‘zgarishlarni, darzlanish belgilaridan esa maydalash uchun zarur energiya sarfini bevosita aniqlab bo‘lmaydi; bunday baholashlar tegishli mikroanalitik va mexanik sinovlarni talab etadi.

**Temirli fazalarning ichki tuzilishi va g‘ovaklik.**



***12-rasm. Chapda magnetit asosidagi gematit plastinkalari sifatida tavsiflangan tuzilish.***

Magnetit donasining ichki qismida gematit plastinkalari aniqlandi. Ularning rivojlanishi magnetitning gematit bilan qisman almashinishini ifodalovchi martitlanish belgisi sifatida baholandi. Kesishgan nikollar sharoitida magnetit asosining izotropligi va gematit plastinkalarining anizotropligi qayd etildi. Ushbu optik farqlar hamda plastinkali tuzilish fazalarni ajratish va almashinish teksturasini aniqlashga asos bo‘ldi. Gematitning yuza yoki hajm ulushi o‘lchanmaganligi sababli, martitlanish darajasi miqdoriy aniqlanmadi.



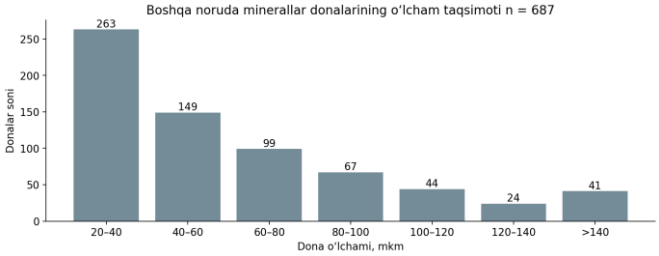

***13-rasm. G‘ovakli pirit va gyotit hamda konsentrik zonal donalar mavjud qo‘shimcha maydon.***

G‘ovakli mineral donalarini tavsiflashda mineral ichidagi bo‘shliqlar briketning bog‘lovchi muhitida uchraydigan yumaloq, qora havo pufaklaridan farqlandi. Teksturaviy talqinda hosila faza tarkibida boshlang‘ich mineral reliktlarining saqlanishi, g‘ovaklarning dona chegaralariga nisbatan joylashuvi hamda fazalararo kontaktlar

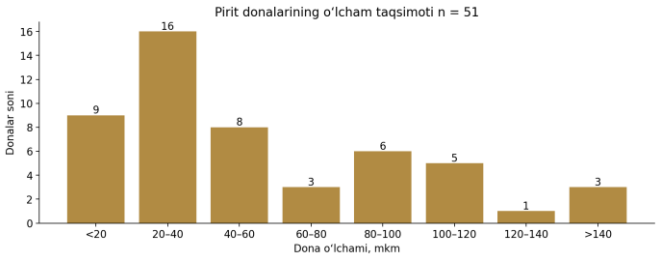
(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

birgalikda baholandi. Mineral almashinish jarayonida g‘ovaklikning shakllanishi adabiyotlarda qayd etilgan [5]. Biroq mavjud mikrotasvir g‘ovaklik ulushini miqdoriy aniqlash yoki almashinish reaksiyasining mexanizmini tasdiqlash uchun yetarli emas.

**Donalar taqsimotining tasvir va jadval bilan tekshirilishi.**




***14-rasm. Boshqa noruda minerallarning o‘lcham gistogrammasi.***

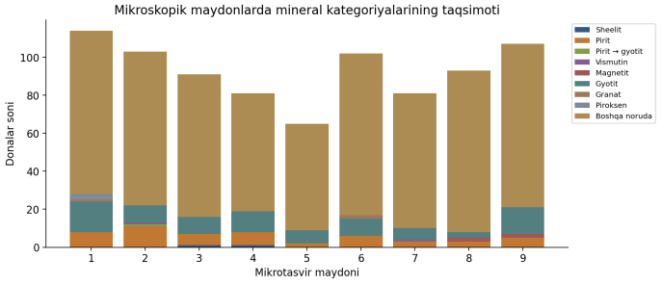



***15-rasm. Pirit donalarining o‘lcham gistogrammasi.***

Noruda minerallar donalarining o‘lcham bo‘yicha taqsimotida 20–40 mkm guruhga 263 ta, 40–60 mkm guruhga esa 149 ta dona mansub. Ushbu ikki guruh jami 412 ta donani birlashtirib, hisobga olingan 687 ta noruda mineral donasining 59,97% ini tashkil etadi. Pirit donalari orasida <20 mkm guruhda 9 ta, 20–40 mkm guruhda 16 ta va 40–60 mkm guruhda 8 ta dona qayd etilgan. Mazkur uch guruhning umumiy soni 33 ta bo‘lib, hisoblangan pirit donalarining 64,71% iga teng. Natijalar ikkala mineral guruhida ham donalar soni bo‘yicha mayda o‘lchamlarning ustunligini ko‘rsatadi.

Gistogrammalarda mineral donalarining son bo‘yicha taqsimoti aks ettirilgan. Yuqori chegarasi belgilanmagan >140 mkm guruhi yirik donalarni umumlashtiradi, biroq ularning ushbu oraliqdagi batafsil taqsimotini ifodalamaydi. Shuningdek, 60–80 mkm oralig‘i 71 mkm tasniflash chegarasini qamrab olganligi sababli, undagi donalarni to‘liq <71 mkm yoki >71 mkm guruhiga kiritish mumkin emas. Ushbu ikki o‘lcham guruhi bo‘yicha donalarning aniq sonlari 11-jadvalda keltirilgan.

**Maydonlar orasidagi tavsifiy farqlar.**




***16-rasm. To‘qqizta maydonda mineral kategoriyalarining donalar soni bo‘yicha taqsimoti.***

10-jadval

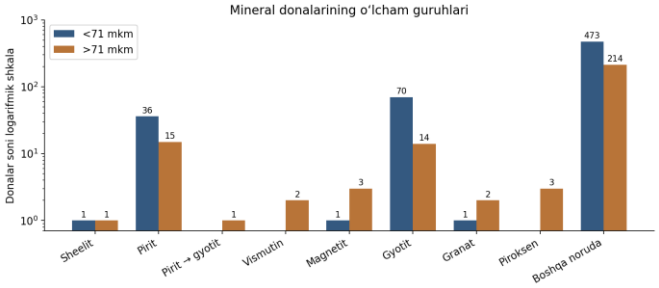
***Maydonlar bo‘yicha hisob va o‘lcham guruhlari***

| Maydon | Jami | Rudali | Noruda | <71 mkm | >71 mkm | <71 ulushi % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-mikrotasvir | 114 | 24 | 90 | 81 | 33 | 71,1 |
| 2-mikrotasvir | 103 | 22 | 81 | 71 | 32 | 68,9 |
| 3-mikrotasvir | 91 | 16 | 75 | 63 | 28 | 69,2 |
| 4-mikrotasvir | 81 | 19 | 62 | 54 | 27 | 66,7 |
| 5-mikrotasvir | 65 | 9 | 56 | 40 | 25 | 61,5 |
| 6-mikrotasvir | 102 | 15 | 87 | 78 | 24 | 76,5 |
| 7-mikrotasvir | 81 | 10 | 71 | 55 | 26 | 67,9 |
| 8-mikrotasvir | 93 | 8 | 85 | 61 | 32 | 65,6 |
| 9-mikrotasvir | 107 | 21 | 86 | 79 | 28 | 73,8 |
| JAMI | 837 | 144 | 693 | 582 | 255 | 69,5 |

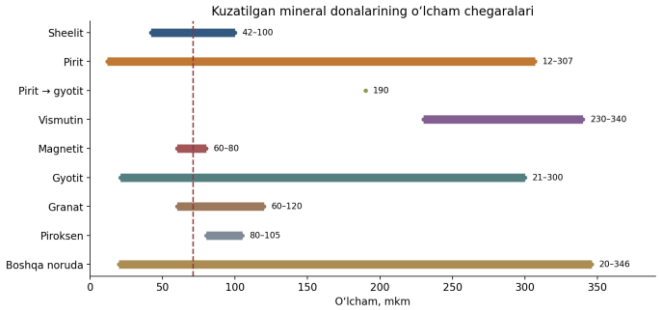
Rudali mineral donalarining maydondagi jami zarralar soniga nisbatan ulushi 4-maydonda 23,46%, 8-maydonda esa 8,60% ni tashkil etdi. Ushbu ko‘rsatkichlar orasidagi tafovut 14,86 foiz punktiga teng. <71 mkm o‘lchamli donalar ulushi 5-maydonda 61,54%, 6-maydonda esa 76,47% bo‘lib, kuzatuv maydonlari orasida o‘lcham taqsimotining farqlanishi qayd etildi. Aniqlangan tafovutlar o‘rganilgan briket-anshlifdagi mahalliy mineralogik va o‘lcham jihatidan notekislikni tavsiflaydi. Maydonlar mustaqil takroriy namunalar bo‘lmagani sababli, bu natijalar texnogen chiqindi partiyalari o‘rtasidagi statistik farq sifatida talqin qilinmaydi.

Rudali donalarning son bo‘yicha eng yuqori ulushi 4-maydonda, <71 mkm donalarning eng yuqori ulushi esa 6-maydonda aniqlandi. Demak, rudali minerallar son ulushining yuqoriligi mayda zarralar ulushining ham eng yuqori bo‘lishini anglatmaydi. Shu bois maydonlarning mineralogik tarkibi va donalarning o‘lcham bo‘yicha taqsimoti o‘zaro bog‘liq, ammo alohida ko‘rsatkichlar sifatida baholandi.

**Mineral kategoriyalari va o‘lcham chegaralari.**




***17-rasm. Mineral donalarining <71 va >71 mkm guruhlari.***




***18-rasm. Minerallarning kuzatilgan eng kichik va eng katta o‘lchamlari.***

Pirit va gyotit donalarining o‘lcham diapazonlari <71 mkm hamda >71 mkm guruhlarni qamrab oladi. Sheelitning qayd etilgan ikki donasi mos ravishda 42 va 100 mkm, vismutin donalari esa 230 va 340 mkm o‘lchamga ega. Kam sonli mineral fazalar uchun ushbu qiymatlar faqat kuzatilgan donalarning o‘lchamlarini tavsiflaydi. Kuzatuvlar sonining cheklanganligi ularni namuna tarkibidagi tegishli mineral donalarining to‘liq o‘lcham taqsimotiga umumlashtirish imkonini bermaydi.

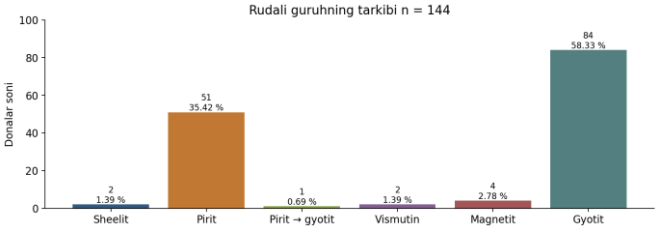
Donalar soni keskin farqlanadigan mineral kategoriyalarini bir grafikda taqqoslash uchun vertikal o‘qda logarifmik shkala qo‘llanildi. Nol qiymat logarifmik shkalada ifodalanmaganligi sababli, dona qayd etilmagan guruhlar grafikda ustun bilan ko‘rsatilmagan. Ushbu guruhlardagi nol va musbat qiymatlar 11-jadvalda keltirilgan.

**Umumlashtirilgan hisobning mineralogik talqini.** Jadval va diagrammalarda bir xil mineralogik hisob natijalari turli shakllarda ifodalangan. Granat va piroksen alohida tasniflanganda, boshqa noruda minerallar guruhi 687 ta donadan iborat bo‘lib, jami zarralarning 82,1% ini tashkil etadi. Granat va piroksen donalari qo‘shilganda esa noruda minerallarning umumiy soni 693 taga, ulushi 82,8% ga teng bo‘ladi. Ushbu ko‘rsatkichlar donalar soniga nisbatan hisoblangan bo‘lib, minerallarning massa ulushi yoki metallarning kimyoviy konsentratsiyasini ifoda-lamaydi.

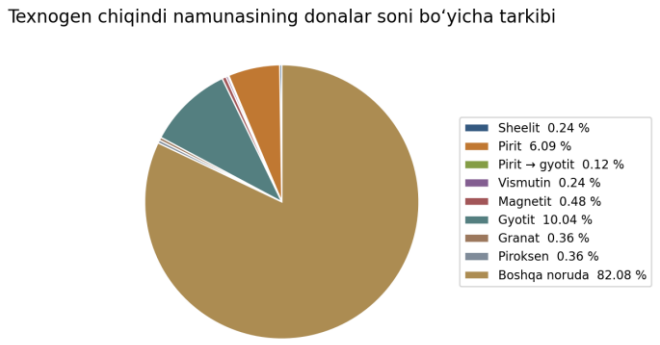
11-jadval

***Mineral kategoriyalarining umumiy soni va o‘lcham guruhlari***

| Kategoriya | n | Son ulushi % | <71 | >71 | <71 ulushi % | O‘lcham mkm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sheelit | 2 | 0,2 | 1 | 1 | 50 | 42–100 |
| Pirit | 51 | 6,1 | 36 | 15 | 70,6 | 12–307 |
| Pirit → gyotit | 1 | 0,1 | 0 | 1 | 0 | 190 |
| Vismutin | 2 | 0,2 | 0 | 2 | 0 | 230–340 |
| Magnetit | 4 | 0,5 | 1 | 3 | 25 | 60–80 |
| Gyotit | 84 | 10,0 | 70 | 14 | 83,3 | 21–300 |
| Granat | 3 | 0,4 | 1 | 2 | 33,3 | 60–120 |
| Piroksen | 3 | 0,4 | 0 | 3 | 0 | 80–105 |
| Noruda minerallar | 687 | 82,1 | 473 | 214 | 68,9 | 20–346 |
| JAMI | 837 | 100 | 582 | 255 | 69,5 | 12–346 |




***19-rasm. Rudali guruhning donalar soni bo‘yicha tarkibi.***




***20-rasm. Texnogen chiqindi namunasining hisoblangan donalar bo‘yicha tarkibi.***

**Muhokama.** Mikroskopik maydonlar bo‘yicha tahlil Ingichka boyitish fabrikasi texnogen chiqindi namunasidagi mahalliy mineral assotsiatsiyalarni tavsiflash imkonini berdi. O‘rganilgan to‘qqizta maydon doirasida sheelit 3- va 4-maydonlarda, vismutin 2- va 7-maydonlarda, magnetit esa 8- va 9-maydonlarda qayd etildi.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

Mazkur taqsimot tanlangan kuzatuv maydonlariga tegishli bo‘lib, boshqa maydonlarda ushbu minerallarning mavjud emasligini tasdiqlamaydi. Aniqlangan donalar va ularning kontaktlari keyingi mikroanalitik tadqiqotlar uchun boshlang‘ich obyektlar sifatida foydalanilishi mumkin.

Gyotitli hosila tarkibida pirit reliktlarining saqlanishi boshlang‘ich sulfidning qisman almashinishiga mos keladi. Pirit oksidlanishining elektrokimyoviy mexanizmlari adabiyotlarda yoritilgan [6], biroq mazkur namunada jarayonning tezligi, davomiyligi va fizik-kimyoviy sharoitlari aniqlanmagan. Pirit chetidagi xalkozin–digenit sifatida talqin qilingan hoshiyani baholashda uning fazaviy tarkibi va shakllanish ketma-ketligini alohida tekshirish zarur. Cu va S ning element xaritalari hamda nuqtaviy mikroanalitik o‘lchovlar hoshiyaning tarkibini aniqlashtirishga xizmat qiladi.

Magnetit asosidagi gematit plastinkalari martitlanish teksturasiga xos belgi sifatida baholandi. Zhao va hammualliflar gidrotermal tajribalarda magnetitning gematit bilan almashinishi oksidlanish hamda oksidlanish-qaytarilishsiz mexanizmlar orqali kechishi mumkinligini ko‘rsatgan [7]. Ushbu natijalar kuzatilgan teksturani talqin qilish uchun nazariy asos beradi, ammo o‘rganilgan namunadagi almashinishning aynan gidrotermal sharoitda sodir bo‘lganini tasdiqlamaydi. Temir saqlovchi fazalarni EDS tahlili bilan birga Raman spektroskopiyasi yoki difraksion usullar yordamida tekshirish ularning identifikatsiyasini aniqlashtiradi.

Vismutinning egilgan plastinkali ichki tuzilishi va granatning konsentrik zonalligi qo‘shimcha diagnostik belgilar sifatida qayd etildi. Vismutindagi deformatsion belgilarni talqin qilishda tabiiy tuzilish bilan namunani silliqlash jarayonidagi mexanik ta’sirni farqlash lozim. Granatdagi optik zonallikning tarkibiy xususiyatlarini aniqlash uchun dona markazidan chetiga yo‘nalgan element profillarini o‘rganish maqsadga muvofiq. Noruda kiritmali pirit, g‘ovakli hosilalar va mineral chekka zonalarini tavsiflashda BSE tasvirlari hamda EDS element xaritalarini birgalikda qo‘llash fazalararo munosabatlarni aniqlashtirish imkonini beradi [3]. Donalar soniga asoslangan hisobni kimyoviy yoki hajmiy mineral balansga o‘tkazish esa qo‘shimcha o‘lchovlarni talab etadi.

**Xulosa.** Ingichka boyitish fabrikasi texnogen chiqindi namunasining to‘qqizta mikroskopik maydoni tasvirlar va hisob jadvallari asosida tavsiflandi. Tahlil natijasida relikt sulfidlar, mineral hoshiyalar, martitlanish, plastinkali ichki tuzilish, konsentrik zonallik va darzlanish belgilari qayd etildi. Manbadagi 11 ta jadval va 7 ta umumlashtiruvchi grafikning sonli ko‘rsatkichlari o‘zaro tekshirildi. Bir xil maydonning dastlabki, o‘lchov belgilari tushirilgan va konturlangan tasvirlari mustaqil kuzatuv sifatida hisoblanmadi.

Rudali mineral donalarining maydondagi jami zarralar soniga nisbatan ulushi 8,60–23,46% oralig‘ida o‘zgarib, o‘rganilgan kesimning mahalliy mineralogik notekisligini ko‘rsatdi. Kam uchraydigan fazalarning aniq maydonlarda qayd etilishi ularni keyingi mikroanalitik tekshiruvlar uchun tanlash imkonini beradi. Biroq mazkur hisob asosida metallarning kimyoviy miqdori, minerallarning hajmiy ochilish darajasi yoki texnologik ajratib olish samaradorligini bevosita aniqlash mumkin emas.

Keyingi tadqiqotlarda relikt–hosila kontaktlari, pirit chetidagi sulfid hoshiya, magnetitdagi gematit plastinkalari, vismutinning chekka zonalari va granatning ichki zonalarini o‘rganish ustuvor yo‘nalishlar sifatida tavsiya etiladi. Optik mikroskopiya natijalarini mustaqil kimyoviy va fazaviy tahlillar bilan birlashtirish texnogen chiqindilarni qayta boyitish bo‘yicha tajribalarni rejalashtirish uchun asos yaratadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Petruk, W. (2000). Applied mineralogy in the mining industry. Elsevier. https://www.sciencedirect.com/science/book/9780444500779
[2] Craig, J. R., & Vaughan, D. J. (1994). Ore microscopy and ore petrography (2nd ed.). John Wiley & Sons. https://msaweb.org/ore/
[3] Fandrich, R., Gu, Y., Burrows, D., & Moeller, K. (2007). Modern SEM-based mineral liberation analysis. International Journal of Mineral Processing, 84(1–4), 310–320. https://doi.org/10.1016/j.minpro.2006.07.018

[4] Mineral Data Publishing. (2005). Bismuthinite. In Handbook of mineralogy (Version 1). https://handbookofmineralogy.org/pdfs/bismuthinite.pdf
[5] Putnis, A. (2009). Mineral replacement reactions. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 70(1), 87–124. https://doi.org/10.2138/rmg.2009.70.3
[6] Rimstidt, J. D., & Vaughan, D. J. (2003). Pyrite oxidation: A state-of-the-art assessment of the reaction mechanism. Geochimica et Cosmochimica Acta, 67(5), 873–880. https://doi.org/10.1016/S0016-7037(02)01165-1
[7] Zhao, J., Brugger, J., & Pring, A. (2019). Mechanism and kinetics of hydrothermal replacement of magnetite by hematite. Geoscience Frontiers, 10(1), 29–41. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.05.015
[8] Schulz, B., Sandmann, D., & Gilbricht, S. (2020). SEM-based automated mineralogy and its application in geo- and material sciences. Minerals, 10(11), 1004. https://doi.org/10.3390/min10111004
[9] Hrstka, T., Gottlieb, P., Skála, R., Breiter, K., & Motl, D. (2018). Automated mineralogy and petrology—Applications of TESCAN Integrated Mineral Analyzer (TIMA). Journal of Geosciences, 63(1), 47–63. https://doi.org/10.3190/jgeosci.250
[10] Lotter, N. O. (2011). Modern process mineralogy: An integrated multi-disciplined approach to flowsheeting. Minerals Engineering, 24(12), 1229–1237. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2011.03.004
[11] Gu, Y. (2003). Automated scanning electron microscope based mineral liberation analysis an introduction to JKMRC/FEI Mineral Liberation Analyser. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 2(1), 33–41. https://doi.org/10.4236/jmmce.2003.21003
[12] Saberi, N., & Vriens, B. (2023). Sample preparation biases in automated quantitative mineralogical analysis of mine wastes. Microscopy and Microanalysis, 29(1), 94–104. https://doi.org/10.1093/micmic/ozac006
[13] Khojakulov, A., Ruziyev, U., Boymurodov, N., Shernazarov, I., Mashaev, E., & Shoyimova, K. (2024). Research and determination of parameters for extracting valuable components from technological waste. In BIO Web of Conferences (Vol. 149, p. 01049). EDP Sciences.
[14] Khasanov, A., Kuttybayev, A., Boymurodov, N., Turobov, S., Khasanov, O., Nimchik, A., ... & Kambarov, A. (2025). METHODS OF SEPARATION OF TUNGSTEN AND MOLYBDENUM IN THE PROCESSING OF TUNGSTEN WASTE. New Materials, Compounds and Applications, 9(3), 645-657.

**Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article**

Xasanov, A. A., Xasanov, A. S., Tolibov, B. I., & Boymurodov, N. A. (2026). Ingichka boyitish fabrikasi texnogen chiqindilarining mikroskopik tuzilishi va mineral fazalarining maydonlar bo‘yicha tavsifi. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(3–1). https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.31