

UO‘K: 533.3/9:553.078

 10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.17

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0

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

BOKALI INTRUZIVI PETROGRAFIYASI VA MA’DANDORLIGI (SHIMOLIY BUKANTOV)



Rahmatullayev Ilhom Farmonqul o'g'li

Magistrant, Geologiya Fanlari universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: rahmatullayevilhom587@gmail.com

ORCID: 0009-0006-1306-0442

Science ID: BSR-0525-0012



Ashirbekov Akabir Botirovich

Magistrant, Geologiya Fanlari universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: ashirbekovakabir@gmail.com

ORCID: 0009-0005-8021-9572

Science ID: MSN-0826-0169

Annotatsiya. Maqolada Shimoliy Bukantov struktura-formatsion zonasida joylashgan Bokali granitoid intruzivining petrografik, mineralogik va geokimyoviy xususiyatlari umumlashtirilgan. Massivda kvarsli dioritdan mayda donador trond'yemit, plagiogranit va aplitsimon granitgacha bo'lgan to'rtta intruziv faza hamda to'rtta impulsdan iborat dayka majmuasi ajratilgan. Rogoviklarning keng rivojlangani, kaliyli metasomatoz belgilarining kuzatilmagani va yuqori magnitlanuvchanlik massivning gipabissal darajasini tasdiqlaydi. 116 ta namunaning ICP-MS tahlili keskin kontrastli geokimyoviy maydonni ko'rsatdi: Cu — 3062 g/t, Mo — 536 g/t, W — 249 g/t va Au — 0,104 g/t gacha. Eng ishonchli mahsulдор assotsiatsiya Cu–Mo–Au–As bo'lib, Mo–W–Re majmuasi yuqori haroratli intruziv-kontakt bosqichini ifodalaydi. Janubi-g'arbiy ekzokontaktning chuqur joylashgan, oksidlanmagan shtokverk zonalari birinchi navbatdagi qidiruv obyekti sifatida ajratildi.

Kalit so'zlar: Bokali intruzivlari, Shimoliy Bukantov, tonalit, trond'yemit, skarn, mis-molibdenli ma'danlashuv, ICP-MS, geokimyoviy zonallik, litogeokimyoviy oreol, ma'dandorlik.

Received: 28.07.2026

Accepted: 30.08.2026

Issue publication: 28.09.2026

ПЕТРОГРАФИЯ И РУДОНОСНОСТЬ БОКАЛИНСКОГО ИНТРУЗИВА (СЕВЕРНЫЙ БУКАНТАУ)

Рахматуллаев Илхом Фармонкул угли

Магистрант, Университет геологических наук, Ташкент,
Узбекистан

Аширбеков Акабир Ботирович

Магистрант, Университет геологических наук, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В статье обобщены петрографические, минералогические и геохимические особенности Бокалинского гранитоидного интрузива, расположенного в пределах Северо-Букантауской структурно-формационной зоны (Центральные Кызылкумы, Узбекистан). Выделены четыре интрузивные фазы — от кварцевых диоритов до мелкозернистых трондьемитов, плагиогранитов и аплитовидных гранитов, с четырьмя импульсами даек. Гипабиссальный уровень становления массива подтверждается широким развитием роговиков, отсутствием калиевого метасоматоза и высокой магнитной восприимчивостью. По результатам ICP-MS-анализа 116 проб установлено резко контрастное геохимическое поле: Си до 3062 г/т, Мо до 536 г/т, W до 249 г/т, Au до 0,104 г/т. Наиболее надёжной продуктивной ассоциацией является Си–Мо–Au–As, тогда как Мо–W–Re отвечает высокотемпературной интрузивно-контактной стадии. Глубокие неокисленные штокерковые зоны юго-западного

экзоконтакта выделены как первоочередной объект поисков.

Ключевые слова: Бокалинский интрузив, Северный Букантау, тоналит, трондьемит, скарн, медно-молибденовое оруденение, ICP-MS, геохимическая зональность, литогеохимический ореол, рудоносность.

PETROGRAPHY AND ORE POTENTIAL OF THE BOKALI INTRUSION (NORTHERN BUKANTAU)

Rahmatullayev Ilhom Farmonqul ugli

Master's Student, University of Geological Sciences, Tashkent,
Uzbekistan

Ashirbekov Akabir Botirovich

Master's Student, University of Geological Sciences, Tashkent,
Uzbekistan

Abstract. The article summarizes the petrographic, mineralogical and geochemical features of the Bokali granitoid intrusion situated within the Northern Bukantau structural-formational zone (Central Kyzylkum, Uzbekistan). Four intrusive phases were distinguished, from quartz diorite to fine-grained trondhjemite, plagiogranite and aplitic granite, with a four-impulse dyke complex. The hypabyssal level is confirmed by widespread hornfels development, the absence of potassic metasomatism and high magnetic susceptibility. ICP-MS analysis of 116 samples revealed a strongly contrasting geochemical field: Cu up to 3062 g/t, Mo up to 536 g/t, W up to 249 g/t and Au up to 0.104 g/t. The most reliable productive association is Cu-Mo-Au-As, whereas Mo-W-Re characterizes the high-temperature intrusive-contact stage. The deep, unoxidized stockwork zones of the south-western exocontact are identified as a priority exploration target.

Keywords: Bokali intrusion, Northern Bukantau, tonalite, trondhjemite, skarn, copper-molybdenum mineralization, ICP-MS, geochemical zoning, lithogeochemical halo, ore potential.

Kirish. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 27-iyuldagi "Ma'muriy islohotlar doirasida tog'-kon sanoati va geologiya sohasida davlat boshqaruvini samarali tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-116-son Farmoni hamda 2024-yil 19-fevraldagi "Respublikada mis xomashyosini chuqur qayta ishlashni yanada jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-77-son qarorida istiqbolli maydonlarni kompleks geologik o'rganish va mis xomashyosi resurslarini ko'paytirish vazifalari belgilangan. Bu vazifalar Markaziy Qizilqum mintaqasidagi granitoid massivlar va ular bilan bog'liq endogen ma'danlashuvni zamonaviy analitik usullar asosida qayta baholashni dolzarb qilmoqda. Jahon amaliyotida gipabissal intruziyalar hamda dayka majmualarining mis-molibdenli va oltinli ma'danlashuv bilan genetik bog'liqligini asoslash muhim yo'nalishga aylandi [5; 9; 10].

Bokali intruzivi Shimoliy Bukantov struktura-formatsion zonasidagi eng yirik granitoid jism bo'lib, uning janubi-g'arbiy ekzokontaktida mis-molibdenli (oltin tutuvchi) Orazali ma'dan namoyoni joylashgan. Massivning petrografik tarkibi o'tgan asrning 70-yillarida batafsil

o'rganilgan bo'lsa-da, ma'dandorligi ko'p elementli analitik usullar bilan yetarlicha baholanmagan. Tadqiqotning maqsadi — Bokali intruzivi tog' jinslarining petrografik-mineralogik xususiyatlarini umumlashtirish va ICP-MS ma'lumotlari asosida massiv hamda uning kontakt zonasi ma'dandorligini baholashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili. Bukantov tog'larini rejali geologik o'rganish 1953-yilda 1:100 000 masshtabli davlat syomkasi bilan boshlangan. 1956–1957-yillarda K. K. Pyatkov va A. K. Buxarin mintaqaning 1:200 000 masshtabli yig'ma geologik xaritasini tuzdilar [1]. Bokali massivini maxsus petrografik va mineralogik-geokimyoviy o'rganish 1967-yilda Z. A. Yudalevich va G. G. Sandomirskiy tomonidan bajarilib, gabbro — diorit — tonalit — trond'emit — plagiogranit — biotitli granit yosh ketma-ketligi hamda dayka jinslarining to'rtta ritmi ajratildi. E. P. Izox bilan birgalikda Bokali tonalit-trond'emit majmuasi asoslangan [2]. 1974–1976-yillarda Ya. B. Aysanov va A. I. Yegorov 1:50 000 masshtabli syomka o'tkazib, intruziv hosilalarni oltita majmuaga bo'ldilar va massivning fatsial tuzilishini tavsifladilar (Aysanov Ya. B.). Hududning struktura-tektonik asosi mintaqaviy

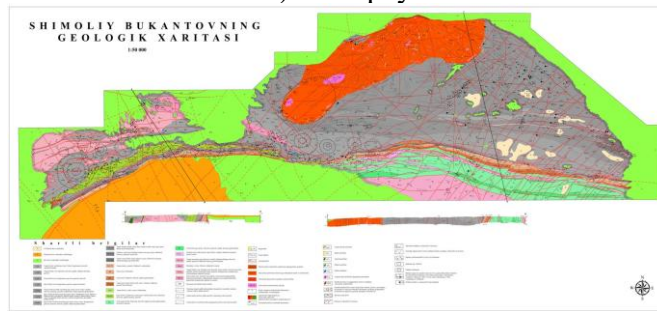
rayonlashtirish [1], paleozoy geodinamikasi [3], halqasimon tuzilmalar [4] va geofizik maydonlar [13] bo'yicha ishlarda shakllantirilgan. Ma'danlashuvning geokimyoviy qidiruv mezonlari ko'rib chiqilgan [12; 14].

Intruzivning yoshi uzoq vaqt munozarali bo'lib keldi: I. H. Hamrabayev uni C_3 – P_1 , Z. A. Yudalevich va E. P. Izox esa C_{1-2} ga tegishli deb hisoblagan [2]. Massivning arxar (C_{2ar}) va ashibuloq (C_3) svitalari yotqiziqlarini yorib o'tishi hamda 274–296 mln yil oralig'idagi mutlaq yosh ma'lumotlari C_3 – P_1 variantini tasdiqlaydi (Aysanov Ya. B.) va Tyan-Shan orogen kamarida gersin postkollizion magmatizmining asosiy impulsi kechki karbon — erta permga to'g'ri kelishi haqidagi U-Pb natijalari bilan uyg'undir [11]. Orazali obyekti bo'yicha asosiy materiallar fond hisobotlarida jamlangan (Vorobyov A. Yu., Denejkin V. A.), biroq intruziv jinslari ma'dan elementlari bo'yicha asosan yarim miqdoriy spektral tahlil darajasida baholangan. Mis-porfir va skarn tizimlarining zamonaviy modellari [9; 10] bunday obyektlarni ko'p elementli geokimyo va metasomatik zonallik nuqtai nazaridan qayta talqin qilishni talab etadi. Mazkur ishda aynan shu bo'shliqni to'ldirishga harakat qilindi.

Tadqiqot metodologiyasi. Ishda dala-geologik, petrografik, mineragrafik, geokimyoviy va grafik-kartografik usullar majmuasidan foydalanildi. Dala bosqichida intruzivning endo- va ekzokontakt zonalari bo'ylab marshrutlar bajarilib, namunalar olindi. Petrografik tadqiqotlar 100 dan ortiq shlifda qutblovchi mikroskopda, ma'dan minerallari esa sayqallangan anshliflarda qaytgan yorug'likda 100–1000 marta kattalashtirishda o'rganildi. Geokimyoviy tahlil 116 ta namunada induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya (ICP-MS) usulida 13 ta element (Mo, Cu, W, Re, Ag, Au, Pb, Zn, As, Se, Sb, Te, Bi) bo'yicha bajarildi. Natijalar klark konsentratsiya koeffitsiyenti ($KK = \text{namunadagi miqdor} / \text{klark}$) va mahalliy fon qiymatlari asosida talqin qilinib [6; 7], elementlar taqsimoti olti sinfli intervallarga ajratildi. O'zaro bog'lanishlar o'nlik logarifmga o'tkazilgan qiymatlar bo'yicha Pearson matritsasi orqali baholandi. Aniqlash chegarasidagi shartli qiymatlar ko'p takrorlangani bois Ag, Se, Sb, Te, Re va Bi korrelyatsiyalari ushbu qatorlar chiqarib tashlangan variant bilan qiyoslandi. Birlamchi

litogeokimyoviy oreollar 1:25 000 masshtabda geoaxborot tizimida qurildi, erozion kesim darajasi multiplikativ zonallik koeffitsiyenti orqali baholandi [8].

Tahlil va natijalar. Bokali intruzivi Shimoliy Bukantov struktura-formatsion zonasida turli yo'nalishdagi ikkita tektonik zona kesishgan tugunda joylashgan (1-rasm). U shimoli-sharqqa cho'zilgan, maydoni 176 km², kengligi 6,0–6,5 km, uzunligi 27 km gacha. Kontaktlari tik (60–70°) bo'lib, qamrovchi jinslar ostiga qiyalangan. Gravimagnit ma'lumotlarga ko'ra, maksimal qalinlik (4–5 km) shimoli-sharqiy qismga to'g'ri keladi; jism shakli qo'ziqorinsimon va assimetrik. Intruziv arxar svitasining qumtosh-slanesli hamda ashibuloq svitasining molassoid yotqiziqlarini yorib o'tgan; kontakt bo'ylab qalinligi 100–200 m bo'lgan rogoviklashgan va skarnlashgan zona vujudga kelgan. Massivning gipabissal darajada joylashganini aplit-pegmatitlarning kamligi va porfirit daykalarining ko'pligi, plagioklazning barqaror zonalligi, rogoviklarning keng rivojlanishi, kaliyli metasomatoz o'rniga albitlanish va epidotlanishning ustunligi hamda yuqori magnitlanuvchanlik (asosiy massiv uchun 400–600·10⁻⁶, spessartit daykalari uchun 1300–3700·10⁻⁶ SGS birlik) tasdiqlaydi.



1-rasm. Shimoliy Bukantovning geologik xaritasi va unda Bokali intruzivining joylashuvi (Denejkin V. A.).

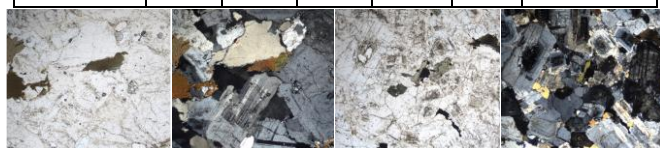
Petrografik tavsifi. Massivda to'rtta intruziv faza ajratiladi. I faza — o'rta donador kvarsli diorit va dioritlar. Ular tonalitlar orasida ksenolit va blok-ksenolitlar ko'rinishida saqlangan; strukturasi gipidiomorf-donador, plagioklaz andezin tarkibiga javob beradi. II faza — gneyssimon tonalit va tonalit-porfirlar. Ular kuchli kataklazlangan bo'lib, avtoskarnlanish, epidotlanish va biotitlanish bilan qamralgan. III (asosiy) faza — porfirsimon biotit-rogovaya obmankali trond'emit va tonalitlar bo'lib,

massivning 90–95% ini tashkil etadi (2-rasm). Tonalitlar chekka qismda 0,8–3 km kenglikdagi tasmani, trond'emitlar esa markaziy qismini egallaydi. IV faza — mayda donador trond'yemit, aplitsimon plagiogranit va granitlarning 10 × 20 dan 200 × 500 m gacha bo'lgan shtoksimon tanalaridir. Plagiogranit va aplitsimon granit kaliyli dala shpati miqdori bo'yicha farqlanadi (mos ravishda 5–10 va 15–20%). Jins hosil qiluvchi minerallarning miqdoriy nisbatlari 1-jadvalda, tipik jinslarning mikroskopik ko'rinishi 2-rasmda berilgan. Intruzivning asosiy daykali fazalaridan diorit porfirit va lamprofirlar 3-rasmda keltirilgan.

1-jadval

Bokali intruzivining asosiy fazalaridagi tog' jinslarining mineral tarkibi, %

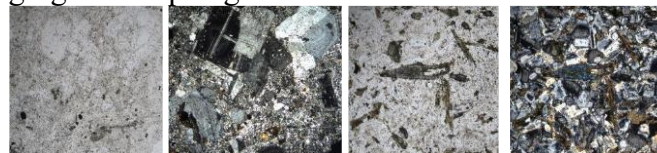
Faza va tog' jinsi	Pl	Kvars	KDSh	Rog. obm.	Biotit	Aksessorlar
I. Diorit, kvarsli diorit	50–75	8–10	2–3	8–30	6–20	sfen, apatit, sirkon, magnetit, ortit
II. Gneyssimon tonalit, tonalit-porfir	70	20	2	2	4	magnetit, ortit, sfen, apatit
III. Porfirsimon tonalit, trond'emit (asosiy faza)	50–80	8–20	3–10	5–20	2–8	apatit, magnetit, sirkon, sfen, ortit
IV. Mayda donador trond'emit, plagiogranit	55–78	20–27	5–10	5–10	10–12	sfen, apatit, sirkon, ma'danli
IV. Aplitsimon granit	30–38	25–30	25–40	—	5	magnetit, apatit, sfen, muskovit



2-rasm. Bokali intruzivining asosiy fazasi jinslari:
a, b — amfibol-biotitli tonalit (BK-78); d, e — amfibol-biotitli plagiogranit (BK-91); a, d — 1 nikolda, b, e — 2 nikolda;
ko'rish maydoni 3,0 mm.

Kontakt oreoli. Arxar svitasi yotqiziqlarining granitoidlar bilan tutashgan qismi jadal rogoviklashgan. Rogoviklar tasmasi 0,1 dan 2,5 km gacha kenglikka ega bo'lib, tarkibida skapolit 32–45%, monoklin piroksen 31–35%, rogovaya obmanka 7–35%, epidot 5–15% va kvars 5–10% miqdorda qatnashadi. Skarnlar kamroq tarqalgan (tasmasi 10–130 m), granat-piroksenli tarkibga ega bo'lib, epidot, aktinolit va vollaistonit bilan assotsiatsiyalanadi. Ularda pirit, xalkopirit, sheelit

hamda misning ikkilamchi minerallari qayd etilgan. Spektral tahlilga ko'ra, rogoviklarda mis 0,0008–0,2%, Mo, Pb, Sn va Sb 0,0001–0,05%, oltin esa 0,3 g/t gacha to'plangan.



3-rasm. Bokali intruzivining daykali faza jinslari:
a, b — diorit porfirit; d, e — spessartit; a, d — 1 nikolda, b, e — 2 nikolda; ko'rish maydoni 3,0 mm.

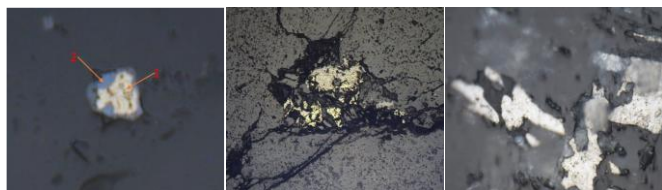
2-jadval

Bokali ma'dan-magmatik tizimida mineral hosil bo'lish etaplari

Etap va bosqich	Xarakterli mineral assotsiatsiya
I. Magmatik	plagioklaz — kvars — kaliyli dala shpati — biotit — rogovaya obmanka; aksessor apatit, sirkon, sfen, magnetit
II. Kontakt-metasomatik	skapolit — piroksen — rogovaya obmanka — epidotli rogoviklar; progressiv granat — piroksen ± sheeliteli skarn; regressiv epidot — aktinolit — tremolit — xlorit + magnetit
III. Hidrotermal ma'danli	kvars — molibdenit (I–II) — pirit; xalkopirit — pirrotin — bornit — umanjit; kechki galenit — sfalerit — sof kumush
IV. Ma'danlashuvdan keyingi	kalsit — kvars
V. Gipergen	xalkozin, kovellin, kuprit, tenorit, sof mis, malaxit, gyotit-gidrogyotit, yarozit

Ma'dan minerallari va paragenesis.

Mineralogik tadqiqotlarda gipogen minerallardan molibdenit, xalkopirit, pirit, bornit, magnetit, gematit, umanjit va sof kumush, gipergen minerallardan xalkozin, kovellin, kuprit, tenorit, sof mis, malaxit, gyotit-gidrogyotit va yarozit aniqlandi (4-rasm). Xalkopirit ikki generatsiyada namoyon bo'lib, misning sanoat konsentratsiyasi ikkinchi generatsiya bilan bog'liq. Molibdenitning eng mahsuldor generatsiyasi kvars-molibdenitli bosqichda shakllangan. Mineral hosil bo'lish jarayoni besh etapga bo'linadi (2-jadval). Metasomatik zonallik uch a'zoli: ichki magnetitli, o'rta molibdenit-xalkopiritli va tashqi galenit-sfalerit-xalkopiritli zonalar. Vertikal kesimda yuqoridan pastga propilitlar, kvars-biotitli metasomatitlar va argillizitlar, jadal kvarslanish hamda albitlanish-kalishpatlanish zonolari almashinadi. Bu ketma-ketlik mis-porfir [9] va skarn [10] tizimlarining klassik modellariga mos keladi.



4-rasm. Orazali maydonining ma'danli minerallari:

a — xalkopirit (1) atrofida kovellin (2), 1000×; b — xalkopiritning ksenomorf ajrilmalari, 200×; d — molibdenitning tangachasimon ajrilmalari, 200×.

Xulosa va takliflar. Bokali intruzivi Shimoliy Bukantov struktura-formatsion zonasining kechki karbon — erta perm (274–296 mln yil) tonalit-trond'emit majmuasiga mansub, maydoni 176 km² bo'lgan ko'p fazali gipabissal massivdir. Uning tarkibida kvarsli diorit-dioritdan mayda donador trond'emit, plagiogranit va aplitsimon granitgacha bo'lgan to'rtta faza hamda to'rt impulsli dayka majmuasi ajratildi.

Massivning gipabissal darajasi aplit-pegmatitlarning kamligi, plagioklazning barqaror zonalligi, rogoviklarning keng rivojlanishi, kaliyli metasomatoz belgilarining yo'qligi va yuqori magnitlanuvchanlik ($400\text{--}3700 \cdot 10^{-6}$ SGS birlik) bilan tasdiqlanadi. Kontakt oreolida skapolit-

piroksenli rogoviklar (0,1–2,5 km) va granat-piroksenli skarnlar (10–130 m) rivojlangan.

Ma'dan mineralizatsiyasi besh etapli paragenetik ketma-ketlikni hosil qiladi va uch a'zoli metasomatik zonallik (ichki magnetitli, o'rta molibdenit-xalkopiritli va tashqi galenit-sfalerit-xalkopiritli) bilan ifodalanadi. Bu Bokali ma'dan-magmatik tizimini mis-molibden formatsiyasining skarn-porfir turiga kiritish imkonini beradi.

Erozion kesim koeffitsiyenti $K_e = 0,2$ bo'lgani holda, hozirgi ochilma ma'danlashgan zonaning o'rta qismidan pastda joylashgan. Shu bois qidiruvni intruziv kontaktining ichki tomoniga va oksidlanmagan chuqur gorizontlarga yo'naltirish lozim: birinchi navbatda Cu-Mo-Au-As anomaliali kvars-shtokverk va skarn zonalarining intruziv tomonga davomi, so'ngra Mo-W-Re anomaliali tonalit-aplit-pegmatit kontaktlari burg'ilanishi maqsadga muvofiq. Molibdenitdagi reniyni mikrozon tahlilida aniqlash va kechki fazalar uchun sirkon bo'yicha U-Pb yoshini olish keyingi tadqiqotlarning ustuvor yo'nalishidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Бухарин, А. К., Масленникова, И. А., & Пятков, А. К. (1985). Домезозойские структурно-формационные зоны Западного Тянь-Шаня. Фан.
- [2] Изох, Э. П., & Юдалевич, З. А. (1975). Формационное расчленение гранитоидов Западного Узбекистана. Наука.
- [3] Мухин, П. А., Каримов, Х. К., & Савчук, Ю. С. (1991). Палеозойская геодинамика Кызылкумов. Фан.
- [4] Крилов, А. Б. (1988). Кольцевые структуры гор Букантау (с. 56–66). Фан.
- [5] Кривцов, А. И. (1983). Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. Недра.
- [6] Барсуков, В. Л., Григорян, С. В., & Овчинников, Л. Н. (1981). Геохимические методы поисков рудных месторождений. Наука.
- [7] Беус, А. А., & Григорян, С. В. (1975). Геохимические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Недра.
- [8] Локалов, В. Т., Хрущев, Н. А., Макаров, А. И., и др. (1964). Поиски, разведка и оценка месторождений молибдена. Недра.
- [9] Sillitoe, R. H. (2010). Porphyry copper systems. *Economic Geology*, 105(1), 3–41.
- [10] Meinert, L. D., Dipple, G. M., & Nicolescu, S. (2005). World skarn deposits. *Economic Geology* 100th Anniversary Volume, 299–336.
- [11] Seltmann, R., Konopelko, D., Biske, G., Divaev, F., & Sergeev, S. (2011). Hercynian post-collisional magmatism in the context of Paleozoic magmatic evolution of the Tien Shan orogenic belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42(5), 821–838.

- [12] Карабаев, М. С. (2016). Геохимические поисково-оценочные критерии золото-редкометалльного оруденения гор Букантау. ЎзМУ хабарлари, (3/1), 150–153.
- [13] Хайдаров, Б. Х., Юсупов, В. Р., & Юсупов, Р. Ю. (2022). Анализ результатов геофизических работ в районе Восточного, Южного и Северного Букантау (Узбекистан). Геофизические исследования, 23(3), 68–85.
- [14] Исаходжаев, Б. А., Тангиров, А. И., & Урунов, Б. Н. (2010). Эндогенные рудные месторождения гор Букантау, закономерности размещения и перспективы. Рудно-магматические системы орогенных областей, 168–171.

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

Rahmatullayev, I. F., & Ashirbekov, A. B. (2026). Bokali intruzivi petrografiya va ma'dandorligi (Shimoliy Bukantov). Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(3). <https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.17>
