



UDK: 550.838:553.04(575.1)

Nurbek INATOV,

H.M. Abdullayev nomidagi Geologiya va geofizika instituti direktori, PhD

E-mail: nurbek.inatov@gmail.com ORCID: 0000-0001-5216-7345

Svetlana BORISOVA,

«O'zbek geologiya qidiruv» AJ Markaziy GGE, yetakchi mutaxassis (geofizik ishlar bo'yicha)

E-mail: borisova.sveta@list.ru

Sergey MURASHKIN,

«O'zbek geologiya qidiruv» AJ Markaziy GGE, aerogeofizika partiyasi boshlig'i

E-mail: sergej.murashkin.1990@gmail.com

Andrey SHVACHKA,

«O'zbek geologiya qidiruv» AJ Markaziy GGE, geofizik ma'lumotlarni qayta ishlash partiyasi boshlig'i

E-mail: andreysheo@gmail.com

Iskandar ALLAMBERDIYEV,

H.M. Abdullayev nomidagi Geologiya va geofizika instituti laboratoriya boshlig'i, PhD

O'zbekiston Milliy universiteti Geofizika kafedra mudiri A.X. To'xtasinov taqrizi asosida

MAGNIT ANOMALIYALAR VA MINERALIZATSIYA ZONALARI O'RTASIDAGI BOG'LIQLIKNI GEOFIZIK TAHLILI (KULJUKTOG' HUDUDI)

Аннотация

Mazkur maqolada Kuljuktog' hududida olib borilgan magnitorazvedka tadqiqot ishlari geologik ma'lumotlar bilan taqqoslama tahlil qilingan. Kuljuktog' maydonining geologik tuzilishi geofizik ma'lumotlar bilan yanada aniqlashtirilib, yangi istiqbolli strukturalar va mineralizatsiya zonalarini ajratildi. Mazkur tadqiqotda geologik xaritalash jarayonlarini takomillashtirishda geofizik tadqiqotlarning nazariy va amaliy asoslarini ishlab chiqish masalalari Kuljuktog'i maydoni misolida ko'rib chiqildi. Tadqiqotning dolzarbligi yopiq hududlarda murakkab geologik tuzilishi, chuqurlikda yotgan strukturalar va ma'danlashuv zonalarini aniqlash zarurati bilan izohlanadi. An'anaviy geologik usullar bilan yopiq hududlarda tadqiqot olib borish imkonini cheklangan paytda geofizik usullarni majmuaviy qo'llash geologik xaritalarning aniqligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: Geologiya, geofizika, Kuljuktog', mineralizatsiya, ma'dan, magnitorazvedka, struktura.

GEOPHYSICAL ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MAGNETIC ANOMALIES AND MINERALIZATION ZONES (A CASE STUDY OF THE KULJUKTAU AREA)

Annotation

This article presents a comparative analysis of magnetic survey data conducted in the Kuljuktou area with geological data. The geological structure of the Kuljuktou site has been further refined using geophysical data, and new prospective structures and mineralization zones have been identified. The study addresses the development of theoretical and practical foundations of geophysical investigations aimed at improving geological mapping, using the Kuljuktou area as a case study. The relevance of the research is explained by the complex geological structure of covered areas, as well as the need to identify deep-seated structures and ore-bearing zones. The integrated application of geophysical methods alongside traditional geological approaches significantly enhances the accuracy of geological mapping.

Keywords: geology, geophysics, Kuljuktou, mineralization, ore, magnetic survey, structure.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ И ЗОН МИНЕРАЛИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА КУЛЬЖУКТАУ)

Аннотация

В данной статье результаты магнитной разведки, проведённой на территории Кульжуктау, проанализированы в сравнении с геологическими данными. Геологическое строение района Кульжуктау было уточнено на основе геофизических данных, а также выделены новые перспективные структуры и зоны минерализации. В работе рассмотрены вопросы разработки теоретических и практических основ геофизических исследований для совершенствования геологического картирования на примере участка Кульжуктау. Актуальность исследования обусловлена сложным геологическим строением закрытых территорий, необходимостью выявления глубинных структур и зон оруденения. Комплексное применение геофизических методов наряду с традиционными геологическими подходами позволило значительно повысить точность геологических карт.

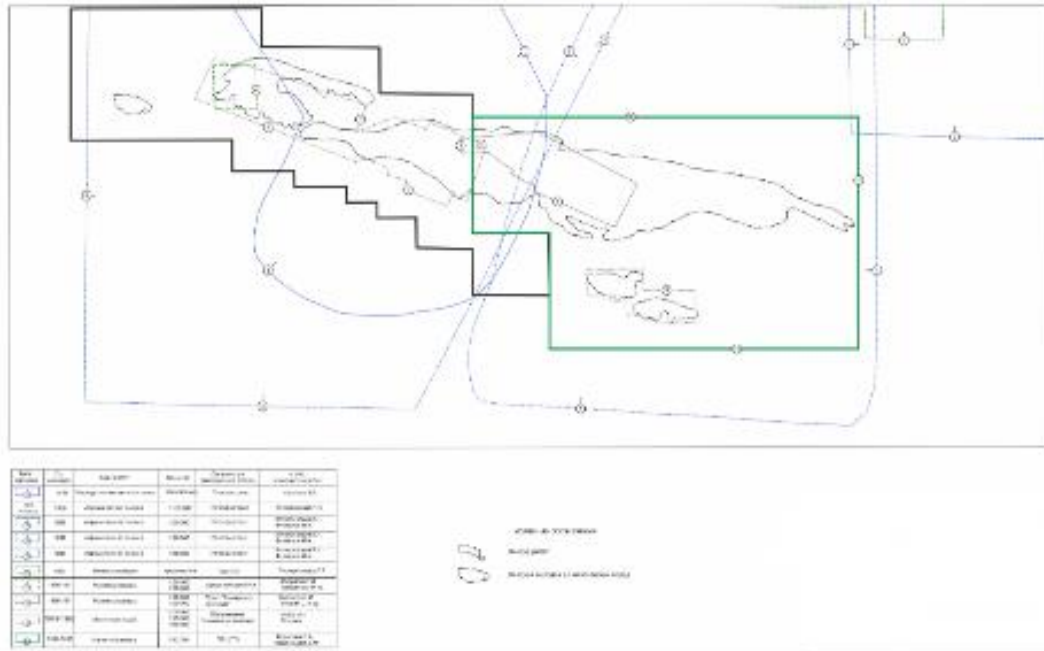
Ключевые слова: геология, геофизика, Кульжуктау, минерализация, руда, магнитная разведка, структура.

Kirish. O'zbekiston Respublikasi mineral xomashyo bazasini rivojlantirish uchun yopiq hududlarda ya'ni cho'kindi yotqiziqqlari bilan qoplangan hududlarda ma'dan konlari va minerallashgan zonalarini aniqlash, shuningdek, cho'kindi qatlamlari mezozoygacha bo'lgan poydevor ostini o'rganishdan iborat. Hududni geologik qayta o'rganish va chuqurlikda geologik xaritalash paytida istiqbolli maydonlarning chuqur geologik tuzilishini o'rganishdir. Zamonaviy geologik xaritalash jarayonlari faqatgina an'anaviy geologik kuzatuvlarga tayanib qolmasdan, yuqori aniqlikdagi geofizik usullar bilan majmuaviy ravishda olib

borilishini talab etadi. Ayniqsa, chuqur yotgan geologik strukturalar, ma'danli zonalar va tektonik buzilishlarni aniqlashda geofizik tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli geologik xaritalashni geofizik ma'lumotlar bilan ilmiy asosda ta'minlash dolzarb masalalardan biridir.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili 2011–2015-yillarda S.A. Borisova, D.M. Gramenitskiy va boshqalar tomonidan Kuljuktog' tog'larining markaziy va sharqiy qismlari, Qing'irtog' tog'lari hamda ularga yondosh hududlarida 1:25 000 miqyosda yuqori aniqlikdagi protonli magnitometlarda amalga oshirilgan.

Kuljuktog' hududida olib borilgan magnit qidiruv ishlari o'rganilganligi 1-rasm.



1-rasm. Tadqiqot hududida avval olib borilgan magnit qidiruv ishlari o'rganilganligi

Tahlil va natijalar. Magnit xususiyatlari jihatidan, hududni tashkil etuvchi barcha cho'kindi va cho'kindi-metamorfik jinslar deyarli magnitlanmagan deb hisoblanadi. Ularning magnit sezgirligi asosan 0-10 oralig'ida o'zgarib turadi, ba'zi hollarda 30-40·10⁻⁶ SGS ga yetadi. Tadqiqot hududi tog' jinslarining magnit qabul qiluvchanligi (1-jadval).

1-jadval

№ t/r	Jinslar nomi	Yoshi	Magnit qabulqiluvchanligi			
			Nam. soni	min	max	ort
1	2	3	8	9	10	11
I "Taskazgan" hududi (Beltau intruzivi)						
1	gabbro, amfibolli gabbro, gabbro-norit	vC ₃	65	12	1500	10; 300
2	Peridotiti, pirokseniti		10	32	2400	-
II "Taushan" hududi						
3	gabbro, amfibolli gabbro, gabbro-norit (Shaydara intruzivi)	vC ₃	78	2	60	20
4	gabbro, amfibolli gabbro, gabbro-norit (Taushan intruzivi)	vC ₃	63	12	40	22
5	Gabbro-diorit, kvarstli gabbro-diorit	vC ₃	67	4	40	22
6	diorit porfiriti, kvartslı diorit porfiriti		27	9	35	15
7	Granit	γP ₁	15	0	19	2
8	Dolomit	S ₂ ld	6	1	6	4
9	Ohaktosh	S ₂ ld	18	0	40	3
10	Ohaktosh	D _{2e}	7	0	9	2
11	Ohaktosh	D ₁	8	0	11	1
12	ko'mirli-seritsitli-kvartslı slanes (qatlamlı metamorfik jins)	C ₁ tch	78	0	32	13
13	Rogovnik	C ₁ tch	2	0	-	-
14	Kvarts	C ₁ tch	15	0	1	1
15	Yashmovidnaya poroda, kremnıstiy alevrolit	C ₁ tch	14	0	7	2
16	Alevrolit	C ₁ tch	16	0	23	2
17	andaluzitli slanes, tugunli (nodulyar) slanes	C ₁ tch	10	9	21	16
18	Gravelit, konglomerat	C ₁ tch	51	0	30	4
19	Ohaktosh	C ₁ tch	55	0	30	2
20	Qumtosh	C ₁ tch	242	0	32	6
21	Gravelit, kanglomerat	C ₂ m ₂ – C ₃ km	23	0	13	4

Kuljuktog' hududidagi magmatik tog' jinslari magnit xossalari bo'yicha sezilarli farqlanadi. Jinslarning asosiligi ortgan sari (ya'ni kremniy miqdoring kamayib, temir va magniyga boy komponentlarning ortishi) ularning magnit qabul qiluvchanligi ham ortadi [1, 2]. Kislotali va o'rta tarkibli jinslar - granit, granodiorit va dioritlar odatda past magnit qiymatlarga ega bo'lib, 10–20 × 10⁻⁶ SGS, ba'zan 40 × 10⁻⁶ SGS gacha yetadi.

Kontakt zonalarda esa assimilyatsiya va metasomatik jarayonlar natijasida ferromagnit minerallar ko'payib, magnit qabul qiluvchanlik oshadi va natijada lokal magnit anomalialar hosil bo'ladi. Bu anomalialar intruziv tog' jinslari va mineralizatsiya zonalari aniqlashda muhim geofizik belgi hisoblanadi.

Asos tarkibli magmatik tog' jinslari magnit xossalari keng diapazonda o'zgaradi va bu ularning mineral tarkibiga bog'liq [3, 4]. Gabbro jinslari odatda kuchsiz magnitlangan bo'lib, magnit qabul qiluvchanligi $20-100 \times 10^{-6}$ SGS ni tashkil etadi. Biroq, olivinli gabbrolarda ferromagnit minerallar miqdori yuqori bo'lgani sababli bu ko'rsatkich $50-884 \times 10^{-6}$ SGS gacha ortadi.

Statistik tahlil natijalariga ko'ra, Kuljuktog'-Qing'irtog' hududida magnit maydonning o'rtacha qiymati $+30,23$ [nTI], standart og'ish $\pm 38,01$ [nTI], minimal qiymat $-147,72$ [nTI], maksimal qiymat $+475,91$ [nTI] ni tashkil etdi. Shu sababli shartli nol daraja 30 [nTI] ga past. Tuzatilgan statistik qiymatlar: o'rtacha $+0,23$ [nTI], standart og'ish $\pm 38,08$ [nTI], minimal $-177,72$ [nTI], maksimal $+441,91$ [nTI].

G'arbiy Kuljuktog' hududida o'tkazilgan magnitorazvedka ishlari tog' jinslarning magnit xossalaridagi farqlanishlarni, metasomatik o'zgarish zonalari hamda uzilmali-tektonik buzilishlarni aniqlash va xaritalashga qaratildi [5, 6].

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, magnitsiz yoki kuchsiz magnitlangan jinslar ($\alpha = 0-50 \times 10^{-6}$ SGS) guruhiga cho'kindi, cho'kindi-metamorfik jinslar hamda granit, granodiorit va diorit kabi kremniyli va o'rta tarkibli magmatik tog' jinslari kiradi. Shuningdek, tarkibida ferromagnit minerallar mavjud bo'lmagan ayrim gabbro turlari ham ushbu guruhga mansub bo'lib, ular magnit maydonda deyarli ifodalanmaydi.

Magnit qabulqiluvchanligi faol bo'lgan tog' jinslar asosan sulfid mineralizatsiyasi bilan boyigan gabbrolar bilan bog'liq [7]. Bu jinslarda pirrit-pirrotin va pirrotin minerallarining mavjudligi magnit sezuvchanlikni keskin oshiradi va natijada ular magnit maydonda aniq ijobiy anomalialar hosil qiladi [8]. Shu sababli bunday anomalialar metasomatik o'zgarish zonalarini va potentsial mineralizatsiya zonalari ajratishda muhim geofizik mezon sifatida xizmat qiladi.

Ushbu hududdagi tog' jinslarning magnit sezgirliги 70 dan 2700 gacha SGS birliklarida o'zgaradi, o'rtacha qiymati 200×10^{-6} SGS. Yuqori magnit xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin bo'lgan jinslar, endo- va ekzokontaktlar joylashgan intruziyalarda, ferromagnit minerallarning yangi shakllanishi yoki granitlar joylashgan jinslar bilan assimilyatsiyasi natijasida rivojlanishga bo'lishi mumkin.

Magnit maydon kuchlanganligi musbat qiymatlari $0, +100$ dan $+445$ [nTI] gacha, manfiy qiymatlari $0, -75$ dan -175 [nTI] gacha o'zgaradi. Magnit maydon kuchlanganligi janubdan shimol va shimol-sharqqa, Kuljuktog' va Auminzatog' tog'lariga tomon oshib borishi kuzatildi. Magnit maydon kuchlanganlik izodinamalarining asosiy yo'nalishi hududning asosiy tuzilish elementlarining umumiy subtropik va shimoliy-g'arbiy yo'nalishiga mos keladi.

Umumiy xarakteri va darajasiga ko'ra, magnit maydon anomaliasini uchta mintaqaviy zonaga aniq ajratilgan. Janubiy zonada maydon manfiy qiymatga ega, katta minimalar va nisbatan kam uchraydigan kichik anomalialar bilan murakkablashadi. Markaziy zonada paleozoy tuzilmalari bilan Kuljuktog' va Beltau orasidagi farqlangan magnit maydoni bilan tavsiflanadi, asosan musbat qiymatlar, deyarli nol fon darajasi va har xil o'lcham va intensivlikdagi ko'plab musbat, kamdan-kam manfiy anomalialar bilan ajralib turadi. Shimoliy zonada yopiq hududda magnit maydoni kuchlanganligi bir tekis bo'lib, qiymatlarining shimol va shimol-sharqqa o'sishi bilan birga keladi, kamdan-kam musbat anomalialarga ega.

Shuningdek, janub-sharqiy qism mintaqaviy zonalaridan ancha farq qiladi, izodinamalar submeridional yo'nalishida kengayadi, qiymatlarining sharqqa o'sishi va mahalliy anomalialar deyarli yo'qligi bilan ajralib turadi. Turli maydonlar o'rtasidagi o'zgarishlar odatda minimal gradientlar bilan tavsiflanadi [9].

Magnit anomalialar va hududning geologik tuzilishi o'rtasidagi korrelyatsion aloqalarni aniqlash uchun paleozoy yotqiziqklarining chiqishlari hududda magnit maydonining tarqalish yo'nalishi bilan bir xil ko'rinmaydi. Chunki paleozoy yotqiziqklarining hammasi ham kremniyga boy tog' jinslari emasligidadir [10].

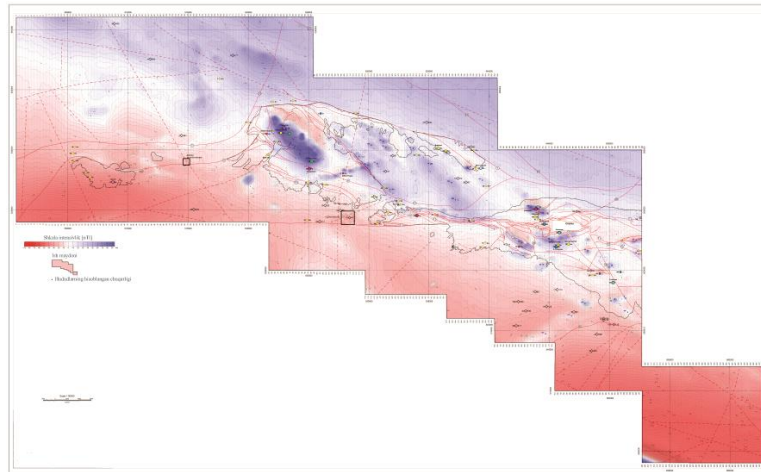
Beltau gabbroid intruziyasi magnit maydonda aniq ifodalangan izometrik-oval shakldagi ijobiy anomaliya bilan tavsiflanadi, bu esa uning litologik tarkibi va ferromagnit komponentlarga boyligi bilan izohlanadi. Anomaliyaning shimoliy-sharqiy qismida 63° magnitlanish burchagi bilan bog'liq xarakterli manfiy komponent kuzatilib, umumiy magnit maydon strukturasi murakkab dipol tabiatga ega ekanligini ko'rsatadi. Ijobiy anomaliya intensivligi $55-60$ [nTI], manfiy qismda esa $-15 \div -20$ [nTI] ni tashkil etadi.

Mazkur intruziya doirasida magnit maydon mayda o'lchamli lokal maksimalar bilan murakkablashgan bo'lib, ularning intensivligi $63-113$ [nTI] oralig'ida o'zgaradi. Ushbu anomalialar asosan izometrik va oval shaklda namoyon bo'lib, meridional hamda subg'arbiy yo'nalishda cho'zilgan. Ularning geometrik o'lchamlari oval shakllar uchun o'rtacha 650×400 m, izometrik shakllar uchun esa $300-350$ m diametrlarni tashkil etadi. Bunday morfologik xususiyatlar intruziv tananing ichki geterogenligi va fazoviy differensiyalangan tuzilishini aks ettiradi.

Magnit maydon kuchlanganlik maksimalarning joylashuvi ultraasos jinslar (giperbazitlar) hamda skarnlashgan zonalar bilan fazoviy jihatdan uzviy bog'liqdir. Ayniqsa, ushbu hududlarda pirrotin kabi ferromagnit sulfid minerallarining mavjudligi magnit sezuvchanlikning keskin ortishiga olib keladi va natijada aniq ifodalangan ijobiy magnit anomalialar hosil bo'ladi. Ma'lumotlarga ko'ra, skarn zonalari pirrotin bilan bir qatorda xalkopirit, arsenopirit va pirit kabi minerallar aniqlangan bo'lib, sulfidlar umumiy miqdori 1% gacha yetadi.

Magnit maydon anomaliasining umumiy uzunligi 25 km gacha yetadi, eni esa Shaydaraz intruzivida 2 km, Taushan intruzivida esa $4,5$ km gacha boradi. Ushbu parametrlar intruziv jismlarning chuqurlikdagi uzluksizligi va ularning regional strukturalar bilan bog'liqligini aks ettiradi. Past amplitudali magnit anomaliya esa ushbu intruzivlarda kuchli sulfid mineralizatsiyasi rivojlanmaganligini yoki ferromagnit komponentlar kamligini ko'rsatadi (2-rasm).

Shaydaraz intruzivi, yuqorida ta'kidlanganidek, $5-15$ [nTI] intensivlikdagi chiziqli cho'zilgan magnit anomaliya bilan birga kuzatilib, u Taushan intruzivigacha uzluksiz tasma ko'rinishida davom etadi. Anomaliyaning shimoliy va shimoli-sharqiy chegarasi deyarli magmatik va cho'kindi kontaktiga mos keladi, bu uning tik (kuchli qiya) yotishini ko'rsatadi; janubi-g'arbiy chegarasi esa kontakt chizig'idan janubroqda o'tib, intruzivning janubi-g'arbiy qismi qisman qoplanganini aks ettiradi.



2-rasm. Tadqiqot hududining magnit maydon kuchlanganlik [nTI] xaritasi (Miqyos 1:50 000)

Shuningdek, intruzivning janubi-g'arbiy kontakt zonasidagi skarnlanish hududi bilan 20–25 [nTI] intensivlikdagi va 2800 m uzunlikka ega bo'lgan chiziqli lokal magnit maksimumlar zonasi fazoviy jihatdan bog'liq ekanligi qayd etiladi. Ushbu anomaliya aynan shu skarnlanish zonasiga mos keladi.

Xulosa va takliflar. Kuljuktog' tog'larining g'arbiy qismida olib borilgan geofizik tadqiqotlar natijasida turli o'lchamdagi, intensivlikdagi va morfologiyadagi, shu jumladan, yopiq joylarda ko'plab ijobiy magnit maydon anomaliyalari aniqlangan. Ijobiy magnit anomaliyalari pirit-pirrotit va pirrotit minerallashuvi (Beltau gabbro intruziyasi, Tosbuloq intruziv massividagi gabbro zahiralari va boshqalar) mavjud bo'lgan gabbro jinslarining deyarli barcha ma'lum bo'laklarida, shuningdek, ma'lum skarn zonalarida kuzatiladi. Qolgan magnit anomaliyalarining geologik tabiati aniqlanmagan va sulfidlangan gabroidlarning ustki qatlamlari, skarn zonalar va pirit-pirrotit minerallashuvining mumkin bo'lgan zonalar bilan bog'liq.

ADABIYOTLAR

1. Рудные месторождения Узбекистана. //Под ред. д.г.-м.н. И.М. Голованова, Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001.
2. Инструкция по магниторазведке, Т., 2002.
3. Комплексная интерпретация результатов геофизических исследований при геологосъемочных работах масштаба 1:50 000 (1:25 000). Методические рекомендации, ВСЕГЕИ, Ленинград, 1986.
4. Айсанов Я.Б., Егоров А.И. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые гор Кульджуктау (объяснительная записка к сводной геологической карте масштаба 1:50000 в пределах листов К-41-115-А,Б,Г; К-41-116-А,Б,Г; К-41-117-В и К-41-128-Б) по работам Кульджуктауской ГСП за 1969-1972гг.
5. Grant, F.S. & West, G.F. (1965). Interpretation Theory in Applied Geophysics. McGrawHill, New York.
6. Reeves, C. (2005). Aeromagnetic Surveys: Principles, Practice & Interpretation. Geosoft Inc.
7. Земная кора Узбекистана (по геолого-геофизическим и геохимическим данным) / Под ред. Хамрабаева И.Х. - Т.: «Фан», 1974.- 275 с.
8. Yin Y, Chen J, Zhao Z, Yang Y, Li C, Li H, Zhao X. Integrated geophysical prospecting for deep ore detection in the Yongxin gold mining area, Heilongjiang, China. Sci Rep. 2025 Mar 1;15(1):7258. doi: 10.1038/s41598-025 92108-3. PMID: 40025120; PMCID: PMC11873187.
9. Zhang G., Lü Q.T., Zhang G.B., Lin P.R., Jia Z.Y., Suo K. Joint Interpretation of Geological, Magnetic, AMT and ERT Data for Mineral Exploration in the Northeast of Inner Mongolia, China.- 2018. Pure and Applied Geophysics, 175,- P. 989-1002. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1733-5>
10. Zhenwei Guo, Guoqiang Xue, Jianxin Liu, Xin Wu, Electromagnetic methods for mineral exploration in China: A review. Ore Geology Reviews. Vol.118, 2020, 103357, <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103357>