Érctestek komplex fúrásos és geofizikai felderítésének és kutatásának módszertana a „Keremidoto" ércbányában, DK-Bulgáriában

I. I. BELCSEV – R. M. BAJEV

Az előfordulás érctestei rétegzetten települnek titon korú szerecites-klorites palákban. A testek kis kiterjedésűek. Fő érces anyagok a magnetit, vascsillám, kalkopirit és pirit. Ezek az ásványok két érctípust adnak: tömzsöket nagy magnetit és vascsillám tartalommal és teléreket (vékonyan rétegzett és hintett ércesedés), melyek szinte egyáltalán nem tartalmazzák a fenti két ásványt. A termelés objektuma a réz.

Az ércek és a környező kőzetek jól elkülöníthetőek a sűrűség, mágneses szuszceptibilitás, elektromos ellenállás és polarizálhatóság alapján. Ennek az elkülöníthetőségnek és kísérleti-módszertani vizsgálatok alapján a felderítő-kutató munkák sorába felvették a rádióhullámos átvilágítás módszerét. Az új komplex metodika szerint meghatározott távolságonként vízszintes fúrásokat mélyítenek 80 – 100 m hosszúsággal. Ezután a fúrólyukak és a vízszintes vágatok között végzik az érctestek felderítését rádióhullámos átvilágítással. A méréseknél a műszert mind ugyanarra, mind különböző szintekre helyezik. A kimutatott és részletesen tanulmányozott anomáliákat fúrással ellenőrzik.

Az áttekintett felszínalatti felderítő-kutató komplexum a készletvolumen növekedésére, a fúrási hálózat ritkítására és a felderítő-kutató munkák relatív, ill. abszolút költségeinek csökkentésére vezet.

Рудные тела месторождения залегают послойно в серицит-хлоритовых сланцах титонского возраста. Тела имеют небольшие размеры. Основными рудными минералами являются манетит, железный блес, халькопирит и пирит. Эти минералы дают два типа руд; массивные с большим содержанием магнетита и железного блеска и полосчатые (прожилково-вкрапленные), которые почти не содержат эти два минерала. Объектом эксплуатации является медь.

Руды и вмещающие породы хорошо дифференцируются по плотности, магнитной восприимчивости, электрическому сопротивлению и поляризуемости. С учетом этой дифференциации и в результате проведения опытно-методических исследований в поисково-разведочные работы был включен метод радиоволнового просвечивания. По новой комплексной методике через определенные расстояния бурятся горизонтальные скважины, длиной до 80 – 100 методов. После этого между скважинами и горными выработками методом радиоволнового просвечивания производятся поиски рудных тел. Исследования ведутся при расположении аппаратуры как на одном и том же, как и разных горизонтах. Обнаруженные и детально изученные аномалии проверяются буровыми работами.

Рассматриваемый подземный поисково-разведочный комплекс проводит к увеличению объема приращиваемых запасов, к разрежению буровой сети и к снижению относительных или абсолютных затрат на поисково-разведочные работы.

The ore bodies of the mine are deposited in layers among serecitic and chloritic shales of titon age. The bodies are of small dimensions. Their main ore components are magnetite, iron mica, chalcopirite and pirite. These minerals form two types of ores: stocks with high content of magnetite and iron mica and veins (streaks and disseminated mineralization) which are almost completely free of the above two minerals. The object of production is copper.

The ores and the rock matrix can be readily separated on the basis of density, magnetic susceptibility, electric resistivity and polarizability. Due to this possibility of separation and in the result of experimental methodical work the method of radiowave transillumination has been included in the complex of reconnaissance and exploratory works. According to the new complex methodics horizontal boreholes are drilled with 80 – 100 m length at fixed intervals. Following this radiowave transillumination is used for detecting ore bodies between the boreholes and horizontal openings. For these measurements the instrument is located on both the same and different horizons. The revealed and precized anomalies are checked by drilling.

A „*Keremidoto*" előfordulás területének földtani felépítésében titon korú szerecites-klorites palák, szarukövek, dioritek és teléres kőzetek vesznek részt

[1]. A szericites-klorites palák foglalják el a terület nagy részét. Az intrúziók és az érctestek körül a palák kontakt-hidrotermális metamorfózisa figyelhető meg. A grammatikovi intrúzió apofizise keskeny sávban húzódik keresztül az előforduláson. A teléres kőzetek diorit-porfiritekből, gabbro-dioritekből, szpeszartitekből stb. állnak.

Az érc szericites-klorites palák közé települ és a diorit tömzs körül vagy az alatt helyezkedik el. Az érc a palák rétegződését követi. Az érces zóna *260°* *azimut* alatt húzódik. Az érctestek körül hidrotermális metamorf zóna fejlődött ki, *25 m*-t elérő vastagsággal. Ez a zóna intenzíven kloritesedett és karbonátosodott szericites-klorites palákból áll. Az érctestek megismétlik a palák kisebb gyűrt szerkezeteit. Változatos formájúak és különböző a dőlésszögük, *30°*-tól *80°*-ig északkelet felé. A testek méretei nem nagyok *(1. és 2. ábra)*.

Genezis szerint az előfordulást hidrotermális-metasomatikusnak tekintik [1]. A fő érces ásványok a következők: magnetit, vascsillám (hematit), kalkopirit és pirit. A vascsillám a magnetit martitizációja útján keletkezett. Az előforduláson kétféle érctípus figyelhető meg: tömzsös, nagy magnetit-, hematit-, és szulfidtartalommal, és teléreshintett (csíkozott), mely utóbbiban szinte teljesen hiányzik a magnetit és a hematit. A tömzsös ércek a készletek volumenének több mint *60%*-át teszik ki. Egyes érctestek körül a hintett szulfidos mineralizáció szóródási udvarai fejlődtek ki.

A termelés objektuma a réz. A vasat mellékesen termelik és járulékos komponensként vonják ki.

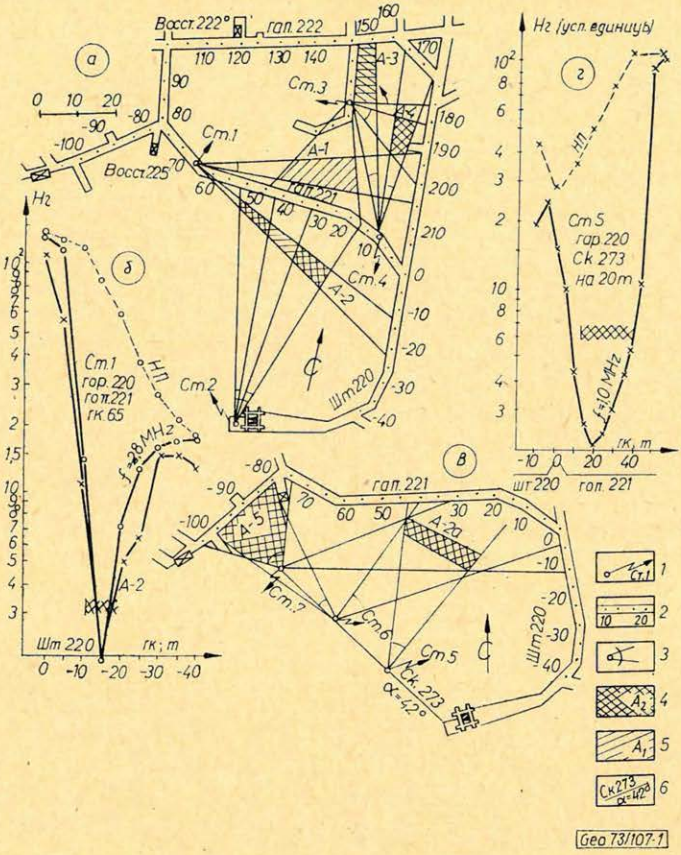
Az előforduláson elég erősen kifejlődött a töréses tektonika. Ennek következtében sok érctest széttört, részeik pedig elmozdultak függőleges vagy vízszintes irányban. Az elmozdulások amplitudója *5 — 10 m*-t is elér.

Az előfordulást aknával tárták fel, melyből *40 m*-ként vizszintes vágatokat hajtottak ki. A legfelső a *260*-as szint. Ezen és a *220*-as szinten befejeződött a fő érctestek kiaknázása. Jelenleg a tisztító munkákat a *180*-as szinten végzik. A készletek nagy részét *(80%)* már kitermelték.

Az előfordulás nagyobb részének kitermelésénél nem végezték el a vágatokat környező térben az ismeretlen érctestek rendszeres kutatását. Néhány helyen a fő vágatokból *50 m*-ként harántvágatokat hajtottak ki. Ott, ahol érctesteket vártak (felszíni fúrási és egyéb adatok alapján), fúrásokat mélyítettek morfológiájuk pontosabb meghatározása céljából. Ezeket a fúrásokat *20 m*-ként mélyítették vagy pedig tetszőleges hálózat szerint (2a ábra — 261. gal.). A felszínalatti kutatásnak ez az önkényes metodikája ipari jelentőségű érctestek kihasználására vezetett. Ezért technikai vágatok és fúrólyukak készítésénél néha váratlanul újabb érctestek tárultak fel. Ez rámutatott annak a szükségességére, hogy rendszeres kutatómunkákat kell végezni a meglevő szinteken és vissza kell térni a már kitermelt szintekre újabb vágatok kihajtása útján — 2a ábra, 265. gal. *(galeria = táró)*.

Kutatómunkákkal megállapították, hogy az ércbányában kedvező feltételek vannak számos geofizikai módszer alkalmazására. Az ércek és a környező kőzetek jól elkülöníthetők sűrűség, mágneses szuszceptibilitás, fajlagos elektromos ellenállás- és polarizálhatóság alapján. A tömzsös érctestek jól mérhető mágneses anomáliákat hoznak létre. Valamennyi érctest erősen elnyeli az elektromágneses hullámokat (1b és 1d ábra). A rádióhullámos átvilágítás behatolása *1,0 MHz* frekvencián *110 m*, *2,8 MHz* frekvencián max. *90 m* (1b ábra).

A bányában végzett kutatómunkák alapján a felszínalatti geológiai kutatás új metodikáját vezették be. Ezen metodika szerint az érctestek kutatását



1. ábra. Kutatás bányafeltárások között

a) Helyszínrajz, mely a horizont szintjén végzett munkálatok eredményeit tartalmazza; *b* és *d* – az elektromágneses térerősség diagramjai; *c* – helyszínrajz azokról az anomáliákról, melyeket a horizont és a ferde fúrás (No 273.) közötti vizsgálatok tártak fel. *1* – generátor állomások és azok száma; *2* – jelzőcövekek; *3* – rádióhullám-átvilágítással nyert anomáliák izovonalai; *4* – rádióhullámos átvilágítás intenzív anomáliái és azok száma; *5* – rádióhullámos átvilágítások gyenge anomáliái, *6* – fúrások, azok száma és dőlése

Рис. 1. Проведение поисковых работ между горными выработками

а – план с результатами работ, проведенных на уровне горизонта; *б* и *г* – графики напряженности электромагнитного поля; *в* – план с проекциями аномалий, обнаруженных при исследовании между наклонной скважиной (№ 273) и гор

1 – станция генератора и ее номер; *2* – пикеты; *3* – границы (засечки) аномалии МРП; *4* – интенсивная аномалия МРП и ее номер; *5* – слабая аномалия МРП; *6* – скважина, ее номер и угол наклона

Fig. 1. Exploration between mine openings

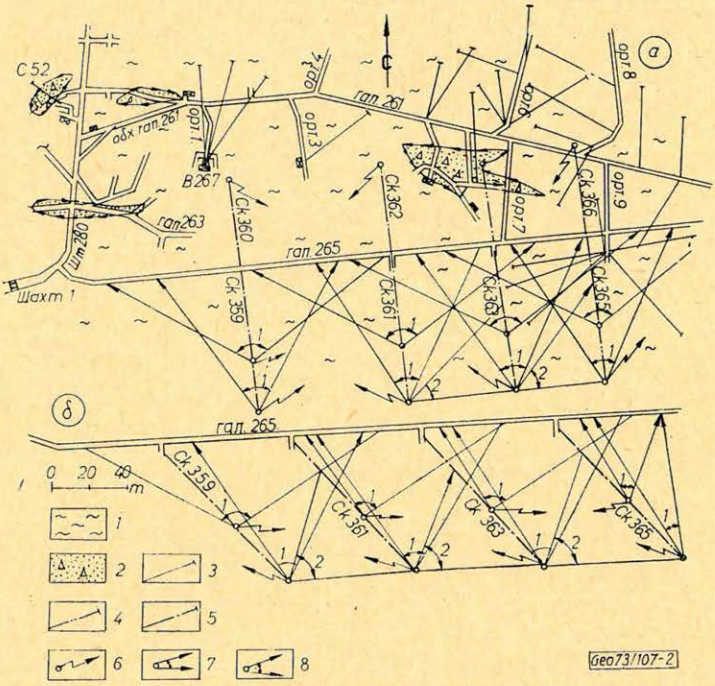
a) Site map indicating the results of works carried out at the level of the horizon; *b* and *d* – diagrams of electromagnetic field intensity; *c* – site plan with the projections of anomalies discovered by investigations between the inclined borehole *(No. 273)* and the horizon.

1 – generator station and its number; *2* – pickets; *3* – contours of anomalies of radiowave-transillumination; *4* – intensive anomaly of radiowave transillumination and its number; *5* – weak anomaly of radiowave transillumination; *6* – borehole, its number and angle of dip

rádióhullámos átvilágítással *(MRP)* végzik föld alatti fúrással kiegészítve. A fúrólyukakat a rádióhullámos átvilágítás behatolása által megszabott távolságra telepítik egymástól. A bányavágatok közötti, a vágatok és a fúrólyukak

közötti és a fúrólyukak közötti teret *MRP* módszerrel tanulmányozzák. Új területrészeken a fúrólyukakat a korábban kijelölt hálózat alapján telepítik (2. ábra – *265. gal)*. Olyan esetekben, mikor a teret a meglevő vágatokból lehet vizsgálni, nincs szükség fúrások mélyítésére (1a ábra).

Az *MRP*-vel végzett kutatómunkáknál a rádióhullám-generátort lebocsátják a fúrásba és meghatározott ponton (állomás) rögzítik úgy, hogy a vizsgálatot a várható érctestek csapására keresztben végezhessék. Megbízható ered-



2. ábra. Új bányarészekben eszközölt kutatások

a) – A 260. sz. horizont tervrajza a régi (261-es galéria) és a tervezett (265-ös galéria) hálózatban végzett kutatásokkal, *b* – A fúrási és geofizikai munkálatok vázlata az optimális variáns szerint: *1* – kvarcos-szericites palák, *2* – érc, *3* – 1970 előtt eszközölt fúrás, *4* – tervezett ferde fúrás, *5* – tervezett vízszintes fúrás, *6* – generátor állomás, *7* – a rádióhullám- átvilágítással felkutatott térség határai (adó a fúrólyukban – felvevő a galériában), *8* – ugyanaz, de a felvevővel a fúrólyukban

Рис. 2. Проведение поисковых работ на новом участке

а – план горизонта *260* с сетью старых *(гал. 261)* и проектных *(гал. 265)* разведочных работ; *б* – схема буровых и геофизических работ по оптимальному варианту

1 – кварц-серицитовые сланцы; *2* – руда; *3* – скважина, пробуренная до 1970 г.; *4* – наклонная проектная скважина; *5* – горизонтальная проектная скважина; *6* – станция генератора; *7* – границы изученного *МРП* пространства при передаче из скважины и приеме в галерее; *8* – то же, но при приеме в скважине

Fig. 2. Exploration in new mine sections

a – Site plan of horizon *No. 260* with the network of old (gallery *No. 261)* and of projected (gallery *No. 265)* exploratory works. *b* – Sketch of drilling and geophysical works carried out according to the optimal variant.

1 – quartz-sericitic shales; *2* – ore; *3* – borehole drilled before 1970; *4* – planned inclined borehole; *5* – planned horizontal borehole; *6* – generator station; *7* – limits of the space explored by radiowave transillumination with transmitter in the borehole and receiver in the gallery; *8* – the same with receiver in the borehole

mények előállítására a tér távoli részeit különböző fúrásokból sugárzott hullámokkal fedik át (2. ábra, *265. gal.)*. Az elektromágneses tér mérését a vágatokban és fúrásokban *5* méterenként végzik. Az érctestek méretétől és a kutatás szükséges részletezésétől függően ezt a távolságot növelik vagy csökkentik.

A felfedezett anomáliákat a generátor különböző állomásairól történő adással részletezik. Az állomásokat úgy helyezik el, hogy minél több információt kapjanak a várható érctestek morfológiájáról. Részletezés után a perspektivikus anomáliákat vágatokkal vagy fúrásokkal ellenőrzik. Gazdaságossági szempontból az ellenőrzést fúrással kell elvégezni. Az ellenőrző fúrásokat kiegészítő rádióhullámos átvilágításra használják fel az érctestek formájára és települési elemeire vonatkozó újabb adatok nyerése és az adott szakaszon újabb térség átvizsgálása céljából (1c ábra).

Az 1. és 2. ábrán mutatjuk be az új metodikával végzett munkák példáit. Az 1. ábrán feltüntetett vágatok között csak az $A-3$ anomáliát okozó érctest volt ismert. Más érctestek jelenlétének ellenőrzése céljából a szakaszt rádióhullámos átvizsgálással vizsgálták. Ezzel a vizsgálattal megállapították az $A-1$, $A-2$, $A-3$ *és* $A-4$ anomáliákat. Ezeket érces hatónak tulajdonították és javasolták az ellenőrzésre. Vágatokkal az $A-1$ anomália alatt nemkondicionális ércesedést tártak fel. Úgy gondolják, hogy emelkedő irányban kondicionális érc jelentkezik. Az $A-2$ anomália alatt érctömzsöt fedeztek fel, melyet termelésbe vettek. Az $A-4$ anomáliát még nem ellenőrizték.

Az $A-2$ anomáliát létrehozó érctest *8 m* magasságban kiékelődött. Emelkedő irányban való folytatásának kutatása céljából földtani megfontolások alapján két fúrást mélyítettek le (az 1. ábrán csak a *273.* fúrás van feltüntetve). A fúrások nem harántoltak ércet. Ezen fúrólyukak közül az egyiket *(No. 273)* felhasználták a *220* és *260* szintek közötti tér egy részének rádióhullámos átvilágítására. Az *5*, *6* és *7* állomásokból (1c ábra) történő adásánál és a *221* gal. mínusz kitűzőléceinél végzett észleléseknél az intenzív $A-5$ anomáliákat regisztrálták, a *260* szinten végzett észlelésnél pedig kisebb anomáliát mutattak ki az $A-2a$ anomália alatt. Ezek az adatok azt mutatják, hogy az $A-2$ és $A-2a$ anomáliát okozó érctest alatt csak kisebb érclencse van, tőle oldalra viszont $7-10$ *m* magasságban jelentkezik az $A-5$ anomáliát előidéző érctest. Emelkedő vágattal ezen anomália alatt jó ércet tártak fel. Ily módon a vizsgált szakaszon rádióhullámos átvilágítással fúrás nélkül a szint magasságában *3* érctestet találtak. A fúrólyuk felhasználásának eredményeként még egy érctestet fedeztek fel és bizonyították, hogy az $A-2$ test emelkedő irányban nem folytatódik. Ezen a részen indokolatlanul fúrtak két fúrólyukat, melyek nem harántoltak ércet. Közülük az egyik geofizikai vizsgálati célokra volt alkalmazható, de a másik teljesen feleslegesnek bizonyult.

Az áttekintett esethez hasonlóan lehet átkutatni mindazon részeket, ahol a tér vágatok között van. Az MRP generátor lebocsátására szolgáló egy vagy több fúrólyuk lemélyítése útján a vizsgált tér jelentősen kibővíthető.

Az új metodika előnyei ahhoz a metodikához képest, melynél csak vágatokat és fúrást alkalmaznak, látható a *261 gal.* körüli térben végzett kutatómunkák analízisénél (2a ábra). Itt a *6.* keresztvágattól nyugatra *6* fúrólyukat mélyítettek, de nem fedeztek fel érctesteket. Ha alkalmazták volna az *MRP* módszert, akkor elég lett volna egyetlen fúrólyuk. A kutatás eredménye pozitív is lehetett volna. Ugyanezen a szakaszon a *6.* és *8.* keresztvágat között *4* fúrólyukat mélyítettek le. A feladat elvégezhető lett volna rádióhullámos átvilágítással fúrás nélkül. A *9.* keresztvágat talpából *6* fúrólyukat készítettek.

A komplex metodikához itt csak kettő kellene. Az, hogy a vizsgált térben nem találtak érctesteket, nem jelenti, hogy nincsenek benne. Előfordulhatnak, de kihagyták a nem tökéletes kutatási metodika miatt. Az új metodika szerint végzett kutatások kimutatták volna az összes érctestet, mivel ilyenkor a tér folyamatos vizsgálatát végzik el.

A 2. ábrán mutatjuk be az 1973. évi kutatómunkák tervét a *265 gal.* körül az új metodika alkalmazásával. Itt nem alkalmazható a rádióhullámos átvilágítás módszere fúrólyukak jelenléte nélkül. A *261.* táró és az összes belőle kihajtott vágat beomlott. A terv szerint a fúrások rendeltetése az érctestek kutatása és a rádióhullám-generátor elhelyezése. A legközelebbi teret a fúrólyukak és a *265.* táró között a lyukból történő adás és a tárón történő vétel mellett fogják vizsgálni, a távolabbi tér vizsgálatánál pedig a fúrólyukból adnak és fúrólyukakban veszik a hullámokat. Az ábrán látható az a terület, melyet a generátor egyes állomásairól vizsgálni lehet. A generátor állomáshelyeit feltételesen tüntettük fel, mivel a generátor a fúrólyuk bármely pontjában elhelyezhető. A kutatómunkák terve ezen a részen sok hiányosságot tartalmaz, mivel nem veszik figyelembe a rádióhullámos átvilágítás módszerének néhány elméleti és gyakorlati sajátságát. Itt a fúrásokat a *265.* táróra *90°* szög alatt telepítették, ami megnehezíti a vizsgálatot törzsük kezdeténél. A generátor dipólusának (antennájának) folytatásában az elektromágneses tér nulla lesz, vagyis a fúrólyuk elejénél hamis anomáliákat fognak regisztrálni. Ezen ok miatt ezt a területet a szomszédos fúrólyukból végzendő adással kell átfedni. Ennek megvalósításához a fúrólyukak közötti távolságot a rádióhullámos átvilágítás lehetséges behatolásának számításba vételével kell meghatározni. A vizsgált esetben a *359.* és *361.* fúrások közötti távolság (2a ábra, *265.* táró) túlságosan nagy és nem ad lehetőséget a köztük levő teljes tér tanulmányozására.

Az áttekintett metodika abban az esetben ad optimális eredményeket, mikor a fúrásokat a vágatra bizonyos szögben telepítik. A 2b ábrán látható ilyen eset. Itt a vágat és a fúrások közötti szög *50°*. Ez lehetőséget ad a fúrólyuk elejénél levő tér megbízható tanulmányozására. Ugyancsak adva van a várható érctestek csapására keresztben való átvilágítás lehetősége, mind a tárón, mind a fúrólyukakban végzett vételnél.

Az új metodika felbontóképességének fokozására az alkalmazott módszerek komplexumába fel kell venni a mágneses kutató módszert is. Segítségével ki lehet mutatni olyan érctesteket, melyek a vágatoktól *5 – 10 m* távolságban vannak. Ez a módszer megadja a kimutatott érctestek legközelebbi végeinek települési elemeit és megkönnyíti a rádióhullámos átvilágítás anyagainak értelmezését. Segítségével fokozható a vizsgált tér volumene is.

Következtetések

A „*Keremidoto*" ércbányában alkalmazott új kutatási metodika a következő pozitív eredményekre vezet a régi metodikához képest:

1. csökkenti a fúrási munkák volumenét;

2. fokozza a készletgyarapodást a tér folyamatos vizsgálata következtében;

3. csökkenti a készletgyarapodás egy tonnájára eső költségeket.

Az új metodika komplexumába fel kell venni a mágneses kutatómódszert is.

IRODALOM a 149. oldalon!