

Ásványtani és röntgenoptikai eljárások alkalmazása kőzetek paleomágneses stabilitásának vizsgálatára (A DAW potsdami földmágneses intézetének 239. sz. közleménye)

H. VOLLSTÄDT

Kitűnt, hogy a paleomágneses stabilitás okainak jellemzésére a mágneses kutatási módszerek — mint pl. a változó- és egyenáramú terek alkalmazása, valamint a termikus demagnetizáció — nem elegendők, hanem egyéb módszerek egész sora szükséges.

A dolgozatban elsősorban az ércmikroszkópiai és röntgenanalitikai kutatásokról és azoknak a stabilitási probléma tisztázásánál játszott szerepéről van szó. A kutatások eredményeiből fenomenológiai stabilitás-kritériumokat vezetünk le, amelyek részben már ismert elméleti számítások helyességét igazolják.

A stabilitási kutatásoknál ezúttal először alkalmazott röntgen-mikroanalízis felvilágosításokkal szolgál a mágneses részecskében jelenlevő nyomelemek eloszlásáról és így adalékokat nyújt azok genetikusság és mágneses előéletéről.

Az említett stabilitási kutatások az NDK-ban terciér bazaltokon és phonoliteken végzett paleomágneses mérésekkel állottak kapcsolatban.

Для выяснения причин палеомагнитно устойчивости горных пород недостаточно применять методы магнитных исследований, как методы полей переменного и постоянного тока, метод термического размагничивания, а необходимо использовать целый ряд других методов.

В настоящей работе излагаются главным образом исследования по методу металлографической микроскопии и по рентгеноаналитическому методу и применение этих методов для выяснения проблем устойчивости. По результатам исследований определяются критерии феноменологической устойчивости, которые частично подтверждают правильность уже известных теоретических расчетов.

Рентгено-микроскопический анализ, впервые применявшийся для изучения устойчивости, позволяет получить сведения о распределении рассеянных элементов, присутствующих в магнитных частицах и тем самым вносит определенный вклад в познание их генетической и магнитной истории.

В ГДР указанные работы по изучению устойчивости проводились в связи с палеомагнитным исследованием образцов третичных базальтов и фонолитов.

Es hat sich herausgestellt, dass zur Charakterisierung der Ursachen der paläomagnetischen Stabilität magnetische Untersuchungsverfahren — wie z. B. Wechselfeld-, Gleichfeld- sowie thermische Entmagnetisierung — nicht ausreichen. Vielmehr wird eine grosse Anzahl weiterer unabhängiger Methoden notwendig.

Im Aufsatz wird besonders über die erzmikroskopischen und röntgenmikroskopischen Untersuchungen und deren Betrag zur Klärung des Stabilitätsproblems berichtet. Aus diesen Untersuchungen können phänomenologische Stabilitätskriterien abgeleitet werden, die die z. T. schon bekannten theoretischen Berechnungen bestätigen.

Die erstmalig für Stabilitätsfragen eingesetzte Röntgenmikroanalyse gibt dabei Auskunft über die Verteilung von Spurelementen in den magnetischen Partikeln und somit Hinweise über deren genetische und magnetische Vorgeschichte.

Die erwähnten Untersuchungen zur Stabilität wurden in Zusammenhang mit paläomagnetischen Messungen an den tertiären Basalten und Phonolithen der DDR durchgeführt.

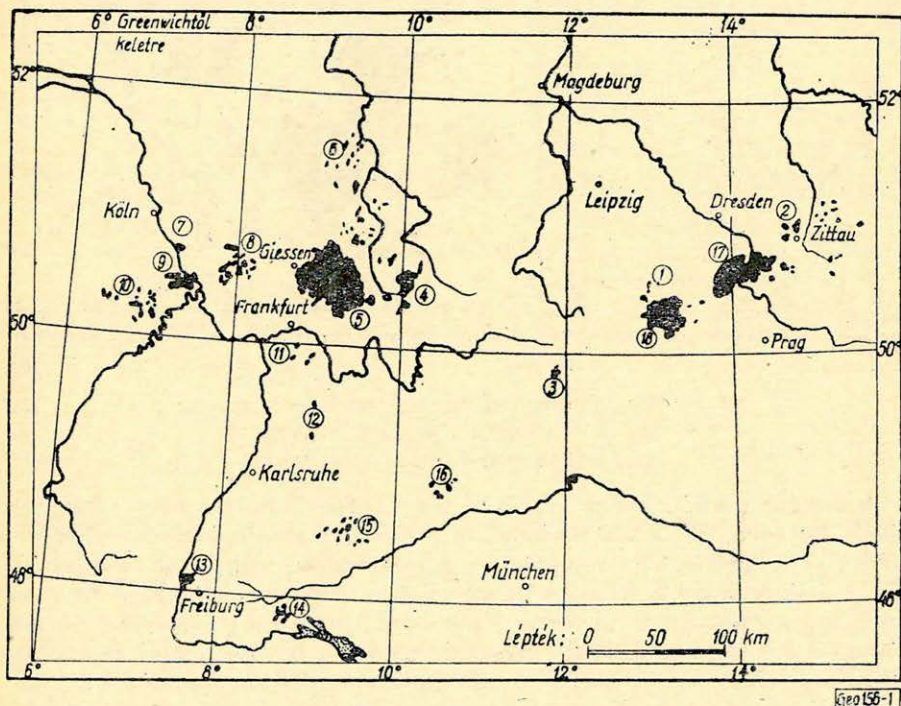
1. Bevezetés

Az NDK délkeleti részén (*Lausitz*) az utóbbi években először végeztek paleomágneses méréseket harmadkori bazaltokon és phonoliteken. [6], [7], [8], [9]. Németország földtani térképének megtekintése alapján megállapíthat-

juk, hogy ezek az előfordulások a legkeletibb, még fel nem dolgozott harmadkori effuzívumok közé tartoznak (1. ábra). Ezek a lausitzi bazaltok és phonolitek mintegy száz egyedi előfordulásból tevődnek össze, amelyek kürtőmaradványokat, itt-ott pedig összefüggő takarókat reprezentálnak. A 2. ábra mutatja be a tulajdonképpeni kutatási területet.

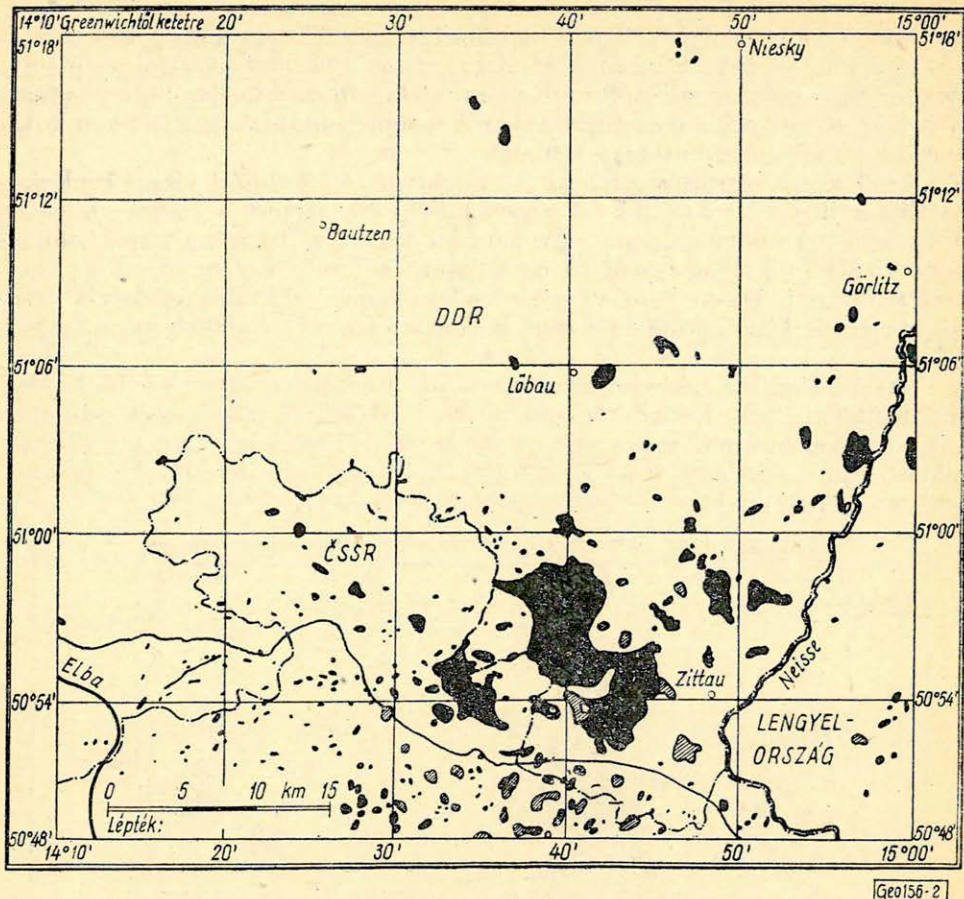
Az előkészítő kutatás során kb. 40 különböző előfordulást vizsgáltunk meg stabilitás, illetve instabilitás szempontjából. Az ismert stabilitásvizsgálati módszerek (termikus, valamint egyenáramú, illetve váltóáramú térrel való demagnetizálás) alkalmazása útján megállapítható volt, hogy az összefüggő lausitzi földtani térségen belül egymás mellett lépnek fel stabil és instabil minták, amelyek között többé-kevésbé intenzív átmeneti alakok is mutatkoznak.

Így állott elő az a feladat, hogy a minták eltérő paleomágneses viselkedésének okait felfedjük. Ennek kapcsán egyes modellekből már ismert stabilitási kritériumokat kísérletileg is meg kellett vizsgálni. Erre a célra két szélső esetet választottunk ki: egy instabil gyűjteményt (nephelin-bazalt Hutbergből, Schönau mellett) és egy stabil (phonolit Koitsche-ből, Zittau mellett).



1. ábra. A harmadkori eruptív kőzetek elterjedése Németországban (1 Érceghéység, 2 Lausitz, 3 Fichtelgebirge, 4 Rhön, 5 Vogelsberg, 6 Hesseni hegyvidék, 7 Siebenhegység, 8 Westerwald, 9 Laach-i tóvidék (diluviális), 10 Eifel, 11 Odenwald, 12 Katzenbuckel, 13 Kaiserstuhl, 14 Hegau, 15 Schwab Alp, 16 Ries, 17 Cseh-középhegység, 18 Duppau-i hegység)

Fig. 1. Распространение изверженных пород третичного возраста на территории Германии
Fig. 1. Verbreitung der tertiären Eruptivgesteine in Deutschland (1 Erzgebirge, 2 Lausitz, 3 Fichtelgebirge, 4 Rhön, 5 Vogelsberg, 6 Hessisches Bergland, 7 Siebengebirge, 8 Westerwald, 9 Laacher Seegebiet, (diluviál), 10 Eifel, 11 Odenwald, 12 Katzenbuckel, 13 Kaiserstuhl, 14 Hegau, 15 Schwäbische Alb, 16 Ries, 17 Böhmisches Mittelgebirge, 18 Duppauer Gebirge)



2. ábra. Harmadkori effuzív kőzetek Lausitzban
 Фиг. 2. Лаузитские третичные эффузивы
 Fig. 2. Die tertiären Effusiva der Lausitz

A vizsgálat során kitűnt, hogy a fentebb felsorolt mágneses vizsgálati eljárások (Petrova, [2]) a stabilitás tisztázására nem elégségesek. Ezért ezen eljárásokon és a természetes remanens mágnesezettség irányának mérésén kívül egy sor más eljárást is felhasználtunk, illetve részben újdonságként vezettük be a kőzetmágnességi kutatásba. Ezek közé tartoznak: az éremikroszkópiai, differenciális termo-analitikai, magnetotermikus, nedveskémiai és spektrokémiai, röntgenfinomszerkezeti és röntgenmikroanalitikus módszerek.

A jelen munkában elsősorban az éremikroszkópiai és a röntgenmikroanalitikai kutatásokról számolunk be, amelyeket részben most alkalmaztunk először stabilitási okok tisztázására.

2. Éremikroszkópiai vizsgálatok

Mindkétfajta megvizsgált mintánál (bazalt és phonolit) a fő mágneses érckomponensek titanomagnetitek voltak. A bazaltnál a mágneses részecskék részaránya 8% volt. A magok alakja xeniform és igen erősen elrongyolódott. Az átlagos magnagyság 6μ körül van. A bazaltnál fontos, hogy több mágneses

fázis lép fel egymás mellett: a titanomagnetit mellett maghemitizált titanomagnetitok illetve tiszta maghematit, illmenit, mint kiválási termék, picotit, valamint ritkábban hematit és természetesen pirit. Az ilmenitkiválás többnyire a bazaltlelőhely felszíni rétegéből származik. Tipikus azonkívül a picotit fellépése, amely mindég a nagy olivinbeütésekhez van kötve.

A bazalttal ellentétben a phonolit mikroszkópiusan homogén titanomagnetitet tartalmaz, amelynek alakja lekerekített és nem ritkán idiomorf. Az átlag 10μ nagyságú részecskék az ásványanyagnak 1% -ánál kisebb részét teszik ki. A titanomagnetit – egy szekunder magnetitfázison kívül – az egyetlen mágneses fázist képviseli. A szekunder fázis mindég amfibolhoz van kötve és nyilván abból állott elő.

Már az ércmikroszkópiai vizsgálat szerény eredményeiből következik, hogy az instabil bazalt és stabil phonolit között szerkezetben és szövetben különbségek állnak fenn. Ezek jelentőségéről a diszkussziónál szólunk.

Emellett azonban egyébfajta eltérések is fellépnek a két extrém eset viselkedésében. A remanens mágnesezettség a bazaltnál egy nagyságrenddel nagyobb:

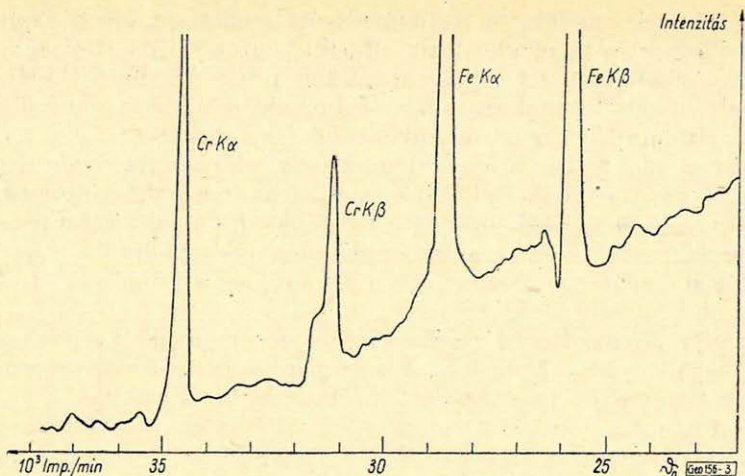
Bazalt:	átlagban	$3,7 \cdot 10^{-4} \text{ Oe.}$
Phonolit:	átlagban	$13,1 \cdot 10^{-4} \text{ Oe.}$

3. Röntgenmikroanalitikus kutatások

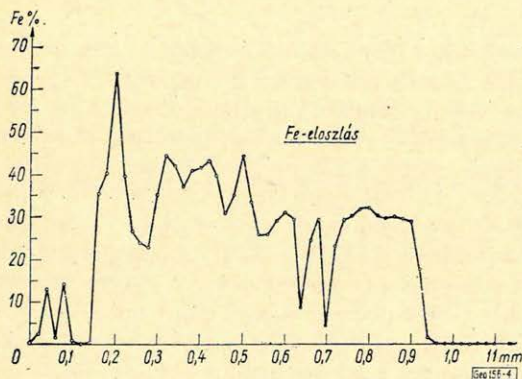
Differenciáltermoanalitikai és magnetotermikus mérésekből a két minta számára a Curie-hőmérséklet (T_c) 500°C -nak adódott. Úgy látszott, hogy az elvégzett nedves-kémiai kutatások az innen számított ulvittartalmat a titanomagnetitban (és így a TiO_2 tartalmat) igazolják. Ez azonban bizonyos mértékű ellentmondásban áll az egyéb módszerek során a phonolitnál és bazaltnál fellépő viselkedésbeli különbséggel. Ennek az ellentmondásnak tisztázására röntgenmikroanalitikus méréseket végeztek, melyeknek módszeréről és a szerzett tapasztalatokról más helyen már beszámoltak ([1], [4], [10]). A röntgenmikroanalízissel egyes magokon is in situ végrehajtott mérések eredményei szerint a phonolit titanomagnetit-magjai több titánt tartalmaznak mint ugyanazok a bazaltnál. Emellett a phonolit mért Curie-pontja megfelel a titántartalomnak. A mérések szerint tehát a bazalt Curie-pontja alacsonyabban kellene, hogy feködjék. Az a tény, hogy mégis itt is ugyanazt a Curie-pontot találjuk, csak úgy magyarázható, hogy míg a phonolitnál lényegileg csak egyfázisú titanomagnetit (legfeljebb szekunder és primer) szerepel, amely a mért Curie-hőmérsékletet reprezentálja, addig a bazaltnál többfázisú rendszer van jelen. Ezek a fázisok együttesen hozzák létre a mért „komplex” Curie-tartományt kb. 500°C körül a bazaltnál.

A vason és titánon kívül a mikroanalízissel króm (a picotitban) és mangán jelenlétét is meg lehetett állapítani (3. ábra). A többi, a spektrokémiai analízis szerint szintén szereplő elem vagy az eljárás kimutatósi határa alatti mennyiségben ($0,5\%$ alatt) van jelen, vagy olyan inhomogén eloszlásban, hogy kimutatásuk nem sikerülhetett (vanádium, nikkell, kobalt), vagy pedig túl alacsony atomsúlyuk miatt eddig nem voltak kimutathatók (alumínium, magnesium). Eme könnyű elemek számára vakuumspektrométerre van szükség, ami nem-sokára használatba kerül.

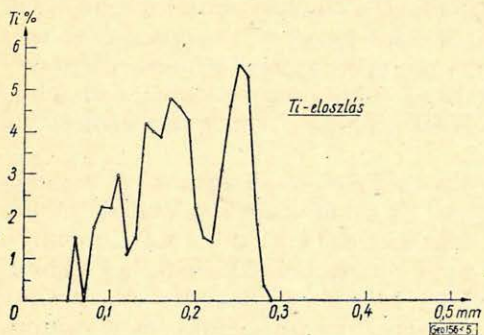
Végül utalunk arra az érdekes és nem lebecsülendő tényre, hogy a nedves-kémiai analízis mennyire elmoshatja a valódi viszonyokat. A 4–6. ábrák mutatják a Fe, Ti és Mn eloszlását egy kb. 400μ nagyságú titanomagnetitmagban.



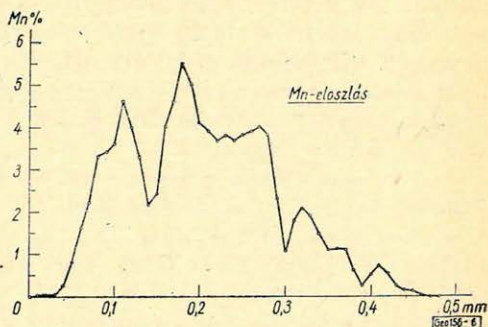
3. ábra. A H-4 minta röntgenmikroanalízise. Spektrum picotiten keresztül az olivinben
 Фиг. 3. Рентгено-микроанализ образца H-4. Спектр пикотита в оливине
 Fig. 3. Röntgenmikroanalyse der Probe H-4. Spektrum über Picotit in Olivin



4. ábra. A Ko-40 minta röntgenmikroanalízise
 Фиг. 4. Рентгено-микроанализ образца Ko-40
 Fig. 4. Röntgenmikroanalytische Untersuchung der Probe Ko-40



5. ábra. A Ko-36 minta mikroanalízise
 Фиг. 5. Микроаналитическое исследование образца Ko-36
 Fig. 5. Mikroanalytische Untersuchung der Probe Ko-36

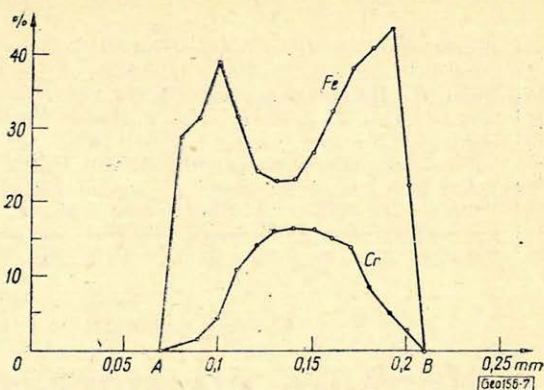


6. ábra. A Ko-36 minta röntgenmikroanalízise
 Фиг. 6. Рентгено-микроаналитическое исследование образца Ko-36
 Fig. 6. Röntgenmikroanalytische Untersuchung der Probe Ko-36

7. ábra. A vas- és krómtartalom eloszlása egy Hutberg-Schönau-i spinell-magon, nephelin bazaltban

Fig. 7. Распределение содержания железа и хрома в спинельном зерне в нефелиновом базальте из Гутберга) Шёнау.

Fig. 7. Verteilung des Eisen- und Chromgehaltes über ein Spinellkorn im Nephelinbasalt von Hutberg/Schönau



Világosan látható, hogy egy ilyen kis távolságon belül az elemek milyen erős ingadozásnak vannak alávetve.

A röntgenmikroanalízis még egy további jelenséget is tisztázott. Egyes ércmagok sötét visszaverő középponti részt mutatnak fel (7. ábra), a mag közepén a krómtartalom erősen megnő.

Ez időszertint kísérletek vannak folyamatban, hogy a kiválási lemezek és a matrix között koncentrációkülönbségeket mutassunk ki. Ez eddig a lamellák kicsiny mérete (gyakran kisebb mint 1μ) folytán nehézségeket okozott.

4. Diskusszió

A közölt eredmények az alábbi stabilitási kritériumok számára szolgáltatnak kísérleti bizonyítékokat:

1. *A szemcse nagyság* befolyása úgy érvényesül, hogy egy bizonyos minimális méretig a stabilitás a mérettel fordítottan arányos, vagyis igen kicsiny szemcseátmérőnél – 10μ -nél kisebb egyedi részecskéknél – a stabilitás a legnagyobb. Vonatkozik ez az igen kicsiny, amphibolhoz kapcsolódó részecskékre is.

2. *A mágneses komponens-tartalom* egy bizonyos értéktől kezdve ($70 - 10\%$ között) kedvezőtlenül hat a stabilitásra, mert a mágneses részecskék között zavaró kölcsönhatások lépnek fel.

3. *A szemcsealak.* A stabilitás illetve instabilitás számára döntő jelentőségű az átmágneseződési folyamat jellege, amely az átmágneseződési magvak keletkezése útján megy végbe. Itt az átmágneseződési magvak kiképződése iránti hajlam instabilitásban nyilvánul meg. Vogler [5] megállapítása szerint ilyenkor a magképződést a maghatárok és határfelületek elősegítik. Ebből levezethető a szemcsealaknak a stabilitási viselkedésre gyakorolt hatása: golyóalakú, valamint idioform részecskék stabilabbak mint a xeniform, elrongyolódott alakok. Ez fennáll a kiválásokra és kinövésekre is, valamint az általános felületi minőségre is (lásd [3]).

4. *Egyéb befolyásoló tényezők.* A felsoroltakon kívül még olyan szempontok is, mint a feszültség anizotrópia, kristály- és növekedési anizotrópia [3], valamint a kémiai összetétel és nem utolsó sorban a rácson belüli tényezők is szerepet játszanak a stabilitásnál és instabilitásnál.

- [1] Brümmer, O. — K. H. Brauer — G. Suwalski: Z. angew. Physik 16 (1963), 27.
 [2] Petrova, G. N.: Izv. Ak. Nauk SZSZSZR, Sr. geof. 11, 1961.
 [3] Stiller, H.: Habilitationsschrift, Berlin, 1961.
 [4] Suwalski, G. — H. Vollstädt: Wiss. Z. Humb. Univ., Berlin, XV (1966), megjelenőben.
 [5] Vogler, G.: Z. angew. Physik 8 (1961), 185.
 [6] Vollstädt, H.: Dissertation, Berlin, Humb. Univ., 1965.
 [7] Vollstädt, H.: Jb. Schmidt-Obs. Erdmagn., Niemeck, 1964, Akademie-Verlag, Berlin 1966.
 [8] Vollstädt, H.: Freiburger Forschungshefte C 202, megjelenőben.
 [9] Vollstädt, H.: Izv. Akad. Nauk SZSZSZR, Ser. geof., megjelenőben.
 [10] Vollstädt, H., G. Suwalski: Heidelb. Beitr. Min. Petr. 11 (1965) 382 — 392.

MAGYAR GEOFIZIKA VIII. ÉVF. 2 — 3. SZ.

Különböző elrendezésű geoelektromos fajlagos-ellenállásmódszerek kritikai vizsgálata

EGERSZEGI PÁL

A geoelektromos szondázási módszereket három csoportba oszthatjuk az elektróda-elrendezések alapján:

1. potenciál,
2. gradiens és
3. több áramkörös elrendezés.

1. A hárompotenciálós módszer három vagy két görbe együttes mérésével lehetővé teszi a vertikális és horizontális inhomogenitás szétválasztását.

2. A gradiens elrendezések közül a MAN módszer legérzékenyebb a horizontális inhomogenitások kimutatására.

3. A terelőáramos módszer négy terelő elrendezése alkalmas a horizontális inhomogenitások kimutatására és kiküszöbölésére.

A vertikális irányú áramsűrűség-eloszlás alapján bizonyított, hogy a terelőáramos elrendezésnek legnagyobb a behatolása, főleg pozitív ellenállás kontraszt esetén.

В зависимости от установки электродов, методы электрического зондирования разделяются на три группы:

1. потенциальные
2. Градиентные
3. многоконтурные установки

1. Трехпотенциальный метод с одновременной записью трех или двух кривых, позволяет разделить вертикальные неоднородности от горизонтальных.

2. Из градиентных установок наиболее чувствительной к горизонтальным неоднородностям является установка MAN.

3. В Методе с направляющим током установка с четырьмя направляющими приспособлениями позволяет выделить и исключить горизонтальные неоднородности.

Изменения плотности тока по вертикали показывают, что наиболее значительная глубинность характерна для установки с направляющим током, особенно при наличии положительного контраста сопротивлений.

Die geoelektrischen Sondierungsverfahren können auf Grund der Elektrodenanordnung in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Potentialanordnungen,
2. Gradientenanordnungen und
3. Anordnungen mit mehreren Stromkreisen.

1. Die Dreipotentialmethode ermöglicht — durch die simultane Messung von drei Kurven — die Trennung der vertikalen und horizontalen Inhomogenität.

2. Von den Gradientenanordnungen die MAN-Methode weist die höchste Empfindlichkeit beim Nachweis der horizontalen Inhomogenitäten.