

# Az erőtér-geofizikáról

CSÓKÁS JÁNOS

*A bevezetésben a szerző meghatározza az erőtér-geofizika fogalmát. Ezután végigtekinti az egyes kutatási ágak feladatait és a rendelkezésre álló eszközöket, módszereket az azok által szolgáltatott mérési pontosságot és a fejlesztési lehetőségeket. Itt két utat vesz figyelembe: kis lépésekben történő tökéletesítést és új, a megszokottól teljesen eltérő gondolatok megszületését és megvalósítását. Itt kitér a digitalizálás kihatásaira és hangsúlyozza a nemzetközi szakmai összefogás jelentőségét.*

*В введении автор определяет понятие геофизики силовых полей. Затем рассматриваются задачи, решаемые отдельными отраслями исследований, обсуждаются средства и методы, применяемые для решения этих задач и дается оценка точности получаемых данных, а также возможностей дальнейшего развития. Анализируются два направления развития: усовершенствование средств и методов шаг за шагом и возникновение и реализация новых мыслей, совершенно отклоняющихся от стандартных. Рассматриваются перспективы цифровой техники и подчеркивается значение объединения усилий в международных масштабах.*

*In der Einleitung wird der Begriff der Kraftfeld-Geophysik eingeführt. Dann wird ein Überblick über die Aufgaben der einzelnen Forschungsarten, die zu Verfügung stehenden Instrumentierung und Methoden und die erreichbare Genauigkeit, sowie die Entwicklungsmöglichkeiten geführt. Hierbei werden zwei mögliche Wege betrachtet: jener der Entwicklung in kleinen Schritten, sowie derjenige des Auftauchens von ganz neuen Gedankengängen und deren Verwirklichung. Hierbei wird auf die Rolle der Digitalisierung eingegangen und die Wichtigkeit der internationalen Zusammenarbeit betont.*

## Bevezetés.

A fizikában alaperőként a gravitációs, az elektromos és az utóbbihoz szorosan kapcsolódó mágneses erőket értik. Pszeudo-erőknek nevezhetjük a gyorsulással arányos erőket, melyek azonban nem különböztethetők meg a gravitációs erőktől. A molekuláris és a nukleáris erők zárják a természetben ismert erők körét. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatták, hogy a tér fogalmának bevezetése nagyon megkönnyíti az alaperők analízisét, viszont a molekuláris és főleg a nukleáris erők analízise helyett azonban a kölcsönhatási energiák vizsgálata célszerűbb.

A térerősség-vektor bevezetésével az analízist két, egymástól független lépésre bonthatjuk: először valami térerősséget hoz létre, másodsor ez a tér hat valamire. Mivel ez a kölcsönhatás nem pillanatszerű, ezért a tér megörzi az időben előbb történt események nyomait és éppen ez jellemző.

Az erőtér-geofizikán érthetjük a gravitációs, a mágneses és az elektromos módszereket, de a szeizmikus, a karottázs és a nukleáris módszereket nem.

Így leszűkítve vizsgálataink körét, mégis két nagy terület áll előttünk: az egyik terület az általános geofizikához tartozik, a másik az alkalmazott vagy ipari geofizika területének egy része.

Körülményeink miatt nagyobb figyelmet szentelhetünk a földtani kutatást szolgáló gravitációs, mágneses, elektromos és elektromágneses módszereknek, de ha szükséges, ne zárjuk ki a Föld fizikáját sem.

A gravitációs mérések az utóbbi évtizedekben nagyon háttérbe szorultak, annak ellenére, hogy a műszerfejlesztés terén sok történt. Mind az Eötvös-ingák, mind a graviméterek érzékenysége és pontossága meghaladja a korrekciók pontosságát. Technikailag lehetőség van a nehézségi erőter vertikális gradiense korrigálatlan értékének a geológiai kutatás céljaira elegendő pontosságú meghatározására is. Problémát elsősorban a Bouguer- és a topografikus-korrekciók pontosságának növelése jelent. Ha sikerülne az Eötvös-ingák észlelési idejét  $15-20$  percre csökkenteni, továbbá az említett korrekciók meghatározását automatizálás útján meggyorsítani és olyan pontossá tenni, hogy az anomália értékének pontossága  $\pm 3$  Eötvös, ill.  $\pm 0,03$  mgal lenne, akkor hamarosan nemcsak az Eötvös-inga reneszánszáról beszélhetnénk, hanem a graviméteres mérések felderítő méréseken és viszonylag nagy szerkezetek kimutatásán kívül alkalmasak lennének részletező kutatásra, sőt még litológiai változások (csapadék) felkutatására is.

A topografikus korrekció pontossága átlagban  $\pm 0,05$  mgal [1], a Bouguer-anomália pontossága a legjobb esetben is  $\pm 0,2$  mgal körüli érték. Ez utóbbit kellene egy nagyságrenddel, vagy legalább negyedére leszorítani, de úgy, hogy a kutatás fajlagos költsége ne legyen a jelenleginél lényegesen nagyobb.

Fogadjuk el Ward és Rogers definícióit, amelyek szerint „jel”-nek nevezük az anomália és a „zaj” összegét, zajnak pedig a geológiai és topográfiai „zaj”-okat, melyek a helyi sűrűség inhomogenitásokból, a regionális gradiensekből, az alapkőzet reliefjétől, továbbá a topográfiai korrekció pontatlanságából erednek. Az anomália kiemelése a „zaj”-ok csökkentése és/vagy kiszűrése útján lehetséges. A helyi sűrűség-inhomogenitások, a regionális gradiensek, valamint az alapkőzet reliefjének hatását csakis valamilyen szűréssel lehet csökkenteni, vagy eltávolítani.

A topografikus korrekciók pontosabbá tételére van elvi lehetőség, ugyanis a Nettleton-eljárás helyett közvetlen közettérfogatsúly meghatározáshoz folyamodhatunk, vagy fúrólyukban [2], bányavágatokban, aknákban, valamilyen közvetett eljáráshoz, mint amilyen a víz visszaszórt gammasugárzása, a fúrólyuk gravimetria, vagy a kozmikus sugárzás elnyelődésének mérése. A tereń-korrekció analitikus meghatározásában, pl. a csehszlovák geofizikusok sokat tesznek [3].

A mérési pontok tengerszint feletti magasság-meghatározásának pontossága is fokozandó legalább  $\pm 3 - \pm 5$  cm-ig, hogy az anomália kiemelkedjék a topografikus zajból. A fentiek szerint érdemes figyelmet fordítani a Bouguer-anomáliamérések pontosságának fokozására, mert ez esetben remélhető csak, hogy a gravitációs mérések az összes földtani célú geofizikai kutatásokból a jelenlegi  $10\%$ -nál nagyobb hányaddal részesülnek. Ha sikerülne 1 mikrogramm pontosságú vagy jobb gravimétereket konstruálni, akkor a vertikális gradiens  $10$  Eötvös pontossággal könnyen meghatározható lenne. Úgy tűnik, ebben az esetben, pl. a nem mágneses ércék kutatásában megelőzné az elektromágneses eljárásokat is.

Nagyobb anomália-jel hányados esetén megnőne a különböző analitikus eljárások, szűrések jelentősége is [4], mivel kevesebb fiktív és hamis másodlagos anomália okozna gondot az interpretátoroknak. A gravitációs méréseket a műszernél nem célszerű digitalizálni, azonban a feldolgozás ideális anyag a

számítógépi feldolgozáshoz [5]. Ezen a téren jelentős elvi haladás nem látszik a közeljövőben, azonban a gyors feldolgozás és gépi rajzolás új kutatási területet nyithat meg a gravimetria előtt. Ilyenek: ércetek felkutatása, kőbányászati kutatás, a kő minőségi eloszlásának feltérképezése, vagy pl. kőzetek porozitás-eloszlásának és víztároló-kapacitásának kiszámítása és a már említett litológiai változások felkutatása, továbbá petrológiai és sztratigráfiai vizsgálatok üledékes és vulkáni képződményekben [6], [7].

## 2. Magnetometria

Mágneses mérések céljaira, hasonlóan a gravimetriához, sokkal pontosabb műszereket fejlesztettek ki, mint amilyenek a korrekciók miatt kisebb pontosságú anomáliák meghatározásához elegendőek lennének. A kőzetek mágneses remanenciájának és szuszceptibilitásának inhomogenitása és anizotrópiája sokkal bonyolultabb és változatosabb, mint a térfogatsúlyuké. A mágneses anomáliák földtani értelmezését nagyon megnehezíti a térerősség eloszlásában anomáliákat okozó kőzettömegek szuszceptibilitásának és mágneszettségének irány és nagyság szerinti nem elég pontos ismerete. Vulkanai kőzetekből álló változatos topográfia esetén topografikus korrekciót is kellene alkalmazni, ennek pontossága azonban az előbbi okok miatt szintén korlátozott. A szénhidrogén-tároló szerkezetek kutatásában a felszíni és légi mágneses mérések nagyon háttérbe szorultak, nem is várható változás, amíg valamilyen új elv nem születik. Lehet, hogy a légi gradiensmérés áll nagy jövő előtt, mivel nagy érzékenységgű nukleáris magnetométerek rendelkezésre állanak. A mágneses kutatás előtt klasszikus céljain és módszerein kívül új kutatási területek nyíltak a legutóbbi években. A mesterséges-hold-magnetometria adatai szerint a maradék-anomáliák kijelölik a földkéreg nagy földtani régióit, nagy hőfluxusú helyek egybeesnek a nagy amplitúdójú minimumokkal [8]. Érdekes megfigyelés, hogy a mágneses variációk amplitúdója a geológiai szerkezetek fizikai tulajdonságaitól is függ, amit a variációk korrekciójánál számításba kell venni, esetleg földtani kutatásra fel lehet használni [9]. A mágneses tér átfordulása üledékes összeletek egyes rétegeiben fordított polaritású zónákat hozott létre, ez sztratigráfiai és kronológiai kutatásra használható. Teret hódítanak a mikromágneses mérések, különösen vulkáni eredetű kőzetváltozások nyomozása céljából. Széleskörű kutatás folyik a kőzetek mágneses és mechanikai sajátságai között levő kapcsolatok meghatározására. A számítógéptechnika azonban a szénhidrogénkutatásban újra kifizetődővé tette a mágneses módszert [10].

## 3. Elektromos és elektromágneses módszerek

A műszer- és a számítógéptechnika fejlődést hozott mind a klasszikusnak nevezhető vertikális geoelektromos szondázás (*VESZ*), mind a váltóáramú és tranzienst módszerek területén, de különösen a magnetotellurikában. Szép eredményeket értek el, főleg egyes hadászati rádióállomások felhasználása útján nagyon alacsony frekvenciás elektromágneses (*VLF-E. M.*) módszerrel (*15–25 kHz*) az utóbbi öt év alatt [11], elsősorban szulfidos ércetek felkutatásában és bármilyen talaj vezetőképességváltozás kimutatásában. Ugyancsak széles körben elterjedt az indukált polarizációs (*IP*) módszer. A jelenség elmélete még ma sem teljesen tisztázott [12], annak ellenére, hogy a módszer igen eredményes ércutató eljárás. A magnetotellurikus mérések

értelmezésének elméletét is sikerült továbbfejleszteni, elsősorban zavart tektonikai viszonyok esetére különféle transzformációs eljárások útján. Úgy látszik, a magnetotellurika és a szeizmika éles harcban áll egymással, úgy, mint a hanglemez és a magnetofon. Valószínűleg mind a kettő győztesen kerül ki a fejlesztési harcból, bár pillanatnyilag a szeizmika nagy fölényben van.

#### 4. Lehetőségek

Az említett módszerek fejlődése két úton történhet. Az egyik út az eddig ismertek alapján azok kis lépésekben történő tökéletesítése; a másik út: új, a megszokottól teljesen eltérő gondolat megszületése és megvalósítása. Hogy melyik útra lépünk az egyes módszereknél, azt a jövő (vagy a jelen?) mutatja meg.

A graviméteres, a mágneses és az elektromos méréseknél fel lehet vetni a „hosszú idő koncepció”-t. Lehetne mérni az árapály okozta nehézségi erő vagy a mágneses variáció hely szerinti relatív változását. Lehetne nagy intenzitású árammal a talajt hosszú ideig elektrolizálni. Lehetne vizsgálni a kőzetek szuszceptibilitásának megváltozását a variáció amplitúdója függvényében a kőzetek ásványi összetételének kutatása céljából. Meg lehetne próbálni a Vibroseishez hasonló nagyteljesítményű agregátorokkal a felszínről felmágnesezni a formációkat és a remanens mágnesség nagyságából és/vagy az indukált mágnesség lecsengéséből a kőzetek minőségére, ásványtani összetételére következtetni nukleáris mágneses elvek alapján.

#### 5. Digitalizálás, számítógépi feldolgozás

A graviméteres és mágneses mérések digitalizálása legtöbbször az izogal, ill. izogamma térképen ábrázolt szabálytalan eloszlású mérési adatok egyenközi hálóra történő interpolációját jelenti. Kivétel lehet némely légi mágneses felvétel. A nyers adatok korrigálása és az anomáliák kiszámítása nagyon meggyorsult a számítógépek segítségével. Nagy lehetőségeket jelentenek a további számítások szempontjából a digitális alapadatok. Azonban nem oldódott meg a régi alapprobléma: milyen realitásuk van földtani szempontból a különböző leszármaztatott anomáliáknak, amelyek a különböző deriváltak és analitikus folytatások útján nyerhetők. Milyen súlya van az alapadatok és a korrekciók hibájának a másodlagos anomáliákban és a különféle szűrések eredményében? Vannak közlemények olyan szűrési eljárásokról is, melyek a légi mágneses felvételtől kiszűrjük a variációt [13].

A VESZ-mérések értelmezését nagyon megkönnyítette, gyorsabbá és megbízhatóbbá tette a számítógéptechnika azáltal, hogy algoritmusok, programcsomagok állnak rendelkezésre, amelyek segítségével a terepi görbékhez elméleti görbék számíthatók, annak paramétereivel együtt. [14]. Valószínűleg el fognak terjedni az olyan VESZ-mérőállomások, amelyek digitálisan is megjelenítik a mérési adatokat, melyeket célszámítógép helyben feldolgoz és „értelmez”. Nagyjelentőségű lenne még a felderítő, térképező geológiában is. Különleges vagy fókuszált áramterű elektróda-elrendezésekkel három dimenziós inhomogén képződmények és szerkezetek is értelmezhetők lesznek.

A digitális megjelenítéstől és szűréstől a magnetotellurikában várható a legtöbb. A frekvencia-sávok kiválasztása, a hozzájuk tartozó *MT*-ellipszisek geometriai paraméterei és a különféle transzformációk szinte a szeizmikához

közélló felbontóképességűvé teszik a módszert. Litológiai csapdák kutatásában is nagy jövő előtt áll a magnetotellurika.

Ezen vitaindító szavaknál azonban összehasonlíthatatlanul nagyobb eredmény várható a nemzetközi szakmai összefogástól és barátságtól, mind a geofizika, mind az emberiség hasznára.

#### IRODALOM

- [1] *Ward, S. H. and Rogers, G. R.*: Introduction, *Mining Geophysics*, v. II. p. 3. 1967.
- [2] *Razved. Geofizika*, no. 34. 1969.
- [3] *Českoslovens. Akad. Ved. Studia Geophys et Geod.* v. 74, no. 2, 1970.
- [4] *Razved. Geofizika*, no. 35. 1969.
- [5] *Razved. Geofizika*, no. 34. 1969.
- [6] *Internat. Assoc. Sci. Hydrology Bull.*, v. 15. no. 2, 1970.
- [7] *Lithos*, v. 3., no. 3. 1970.
- [8] *Jour. Geophys. Research.*, v. 75, no. 20 p. 4007–4015, 1970.
- [9] *Geomagnetism and Aeronomy*, v. 9. no. 6. p. 910–912, 1969.
- [10] *Oilweek*, v. 20. no. 50. p. 42–56. 1970.
- [11] *Geoexplor.*, v. 9., no. 1. p. 7–26, 1971.
- [12] *Geoexplor.* v. 9., no. 1. p. 35–54. 1971.
- [13] *Geomagnetism and Aeronomy*, v. 9. no. 6, p. 850–853, 1969.
- [14] *Soc. Venezolana Geologos Bol.*, v. 4. no. 2, p. 37–41. 1969.
- [15] *Magyar Geofizika*, v. 12. no. 2–3, 0. 41–50, 1971.

(Folytatás a 12. oldalról)

A két kiadvány a Midland-ban, illetve Dallas-ban (Texas) tartott két SPWLA (Society of Professional Well Log Analysts = Hivatásos Fúrólýukelemzők Társasága) konferenciájának előadás-szövegeit tartalmazza. A fordítás nem szó szerinti és elsősorban azokra a részekre szorítkozik, melyek hazai szempontból fontosak lehetnek. Barlai Zoltán valamennyi cikk elé méltányló és ajánló sorokat írt, melyekben rámutat a kínálkozó hazai alkalmazási lehetőségekre. Mindkét kiadvány valóságos tárháza a korszerű fúrólýukelemző módszerek és ismeretek leírásainak, az alapvető kifejtésektől a legmesszebbmenő alkalmazásokról való beszámolóig, úgyhogy a tárgykör kutatói igen nagy haszonnal forgathatják.

További ilyen szimpóziumok anyagának kiadása folyamatban van.

TG