

Эдьед Л.:

ДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ  
ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ

Автором анализируются затруднения, возникающие при изучении внутреннего строения Земли. Показано, что при правильной интерпретации необходимо учесть также и роль давления, температуры и времени. Напротив общепринятому до сих пор статическому истолкованию, динамические методы интерпретации сокращают число возможных решений и дают объяснение всему процессу развития Земли.

L. Egyed

Dynamische Methoden der Interpretation  
geophysikalischer Daten in der Erforschung der  
inneren Struktur der Erde

Verfasser analysiert die bei der Untersuchung der inneren Struktur der Erde auftauchenden Schwierigkeiten. Er zeigt, dass in einer richtigen Interpretation auch die Rolle des Druckes, der Temperatur und der Zeit berücksichtigt werden sollte. Es wird auch erwiesen, dass - gegenüber der bisherigen statischen Behandlungsweise - eine dynamische Interpretationsmethode die Anzahl der möglichen Lösungen vermindert und im Stande ist, nicht nur einen blossen Querschnitt der Erde zu liefern, sondern auch eine Erklärung für ihren ganzen Entstehungsprozess zu geben.

GEOFIZIKAI ADATOK ÉRTELMEZÉSÉNEK DINAMIKUS MÓDSZEREI  
A FÖLD BELSŐ SZERKEZETÉNEK KUTATÁSÁBAN

Egyed László

A Föld belsejének a megismerése lényegében akkor indult el, amikor bevonták a fizikai megfigyeléseket is a felszínen közvetlenül észlelt viszonyoknak a mélység felé való extrapolálásába s megssülett a geofizika.

A geofizikai mérési adatok értelmezése azonban a Föld belső szerkezeti viszonyainak tisztázására több nehézséggel jár.

As első tény amit figyelembe kell vennünk, as, hogy mig a fel-

színen a kőzetek legkülönbözőbb változatai fordulnak elő, addig csupán néhány fizikai jellemzőjük van: sűrűség, rugalmas állandók, mágneses szuszeptibilitás, hővezetőképesség, elektromos vezetőképesség, olvadáspont. Egy adott típusu kőzetnek ezek a fizikai jellemzői viszont sokszor elég tág határok között változnak. Sőt különböző típusu kőzeteknek lehetnek e határok között azonos fizikai jellemzői.

A fizikai adatok tehát nem határozzák meg egyértelműen az anyagi felépítést.

Ez a probléma azonban a gyakorlati geofizikában is ugyanaz. Itt mégis fennáll annak a lehetősége, hogy közvetlen feltárással, vagy furással végül is tisztázzuk a tényleges helyzetet. A nehézségek azonban a mélységgel fokozódnak s bizonyos mélységen túl ma még technikailag nem állunk ott, hogy közvetlen megfigyeléseket végezzünk.

A másik nehézség azért lép fel, mert a mélységgel az anyagok különböző körülmények közé kerülnek. A nyomás hihetetlen mértékűt őrít s eleinte nem ismerték az anyagok viselkedését a nagy nyomás hatása alatt.

Ha a fizikai adatok értelmezését a Föld belső szerkezetének kutatásában fel akarjuk használni, annak egyik alapfeltétele, hogy megismerjék a nyomás hatását az anyag fizikai és anyagszerkezeti viselkedésére.

Kezdetben csak néhány száz, ill. ezer, ma már 100 000 atmoszféra körüli nyomás mellett van lehetőség az anyag viselkedését huzamosabb időn keresztül vizsgálni. Ez a nyomás a Föld esetében mintegy 300 km-es mélységnek felel meg.

Ezek a vizsgálatok sokféle lényeges és új eredményt hoztak. Kint, hogy a nyomás megváltoztatja az anyagok, kőzetek szilárdsági viszonyait. A felszínen teljesen rideg anyagok bizonyos nyomáson képlékennyé válnak. Egyes anyagok sűrűségének növekedése kritikus nyomásokon diszkontinuus lesz, nagynyomású fázisok lépnek fel. E fázisok között stabil fázisok is vannak. Így pl. a sárga foszfor 12 000 és 13 000 kg/cm<sup>2</sup> nyomás és 200° C hőmérséklet mellett stabil fekete foszforra változik; sűrűsége 2,67, szemben a sárga foszfor 1,9-es sűrűségével, elektromos vezető, szemben a rosszvezető sárgafoszforral. Ha kémiai hatásoknak nincs kitéve, évekig változatlanul marad közösleges nyomáson is; ha azonban melegítik, elpárolog és közösleges sárga vagy vörös foszforra alakul át.

A még nagyobb nyomások gyakorlati elérése eleinte kilátástalannak látszott, ezért a nyomás hatását egyelőre elméleti úton igyekeztek tisztázni. Különösen a statisztikus atomelmélet ért el itt sikereket. De megszületett a véges deformációk elmélete is, amely lehetővé tette a laboratóriumi mérések extrapolálását a földképeny méreteire.

Ujabbán kialakult az anyagoknak robbantási nyomáshullámokkal való vizsgálata. Itt már a Föld belsejében lévő nyomásokat laboratóriumi keretben elő tudják állítani. A hátrány és nehézség e laboratóriumi vizsgálatokban azonban az, hogy a nyomásokat csak rendkívül rövid időre, néhány mikroszekundumra tudják létrehozni, úgyhogy problematikus a termodinamikai egyensúly beállításának a kérdése.

A másik nagy nehézséget a geofizikai adatok értelmezésében az idő okozza. A mi megfigyeléseink, laboratóriumi vizsgálataink legfeljebb néhány évet v. évtizedet ölelnek fel, hiszen egész fizikánk alig néhány száz éves. Ugyanakkor a Föld felszínén és belsejében lejátszódó jelenségekre évmilliók vagy évszázadmilliók állanak rendelkezésre. A közvetlen felsszíni megfigyelések is hiányosak, hiszen a hosszú idő alatt lejátszódó jelenségek során sok minden elpusztult és újjáépült. Az idő szerepe egyelőre eléggé kevésbé tisztázott. Laboratóriumi körülmények között is bizonyítható volt, hogy esilárdsági viselkedés szempontjából az időtartan pótolhatja a hatás egy részét.

De ilyen jellegű szerepe van a nyomásnak a kémiai és a migrációs jelenségekkel kapcsolatban.

Az idő kérdésével kapcsolatban is történtek elméleti vizsgálatok, mégpedig a gravitáció vonatkozásában. Itt Dirac mutatott rá először arra, hogy a gravitációs együttható egy időparaméternek a függvénye, mégpedig egy időparaméterrel fordítottan arányos. Ennek az eredménynek korrekt alátámasztását csak 1956-ban adta meg C. Gilbert.

A harmadik nagy nehézséget a Föld belsejének a megismerésében a hőmérsékleti viszonyok és azok hatásának hiánya ismerete jelenti. A laboratóriumi vizsgálatok itt főképpen az olvadáspont kérdésében hoztak érdekes adatokat, mert küszel 100 000 atmoszféráig sikerült pl. a vas olvadáspontját meghatározni a igazolni a félempirikus Simon-formula érvényességét e határon belül, ami lehetővé tette ennek az olvadáspont-görbének egy nagyságrenddel való extrapolálását. Mindent összevéve a Föld belső hőmérsékletének becslése ma még elsősorban anyag-szerkezeti vizsgálatokra alapozott elméleti megfontolásokon alapszik.

A Föld belső felépítésének a megismerésére nem lévén közvetlen megfigyelés, nem is marad más lehetőség hátra, mint a fizikai megfigyelésekből való következtetés.

A legérdekesebb adatokat ezen a téren a szeizmológia szolgáltatja.

Egyik legfontosabb eredmény, amely alig tartalmazott több feltételezést, mint azt, hogy a Föld éves felépítésű, a longitudinális és transzverzális hullámok sebességének a mélység függvényében való meghatározása volt. Ebből adódott a Föld tagolódása kéregre, képenyre, magra és később belső magra, és ez a sebesség-függvény tett lehetővé

minden további szerkezeti kutatást.

A második nagy lépés volt az Adams-Williamson egyenlet alkalmazása a sűrűség meghatározására, ami azután egy egész sor fizikai paraméter meghatározására nyújtott lehetőséget.

A fizikai paraméterek ismerete azonban nem elegendő a felépítés meghatározására. Az értelmezés kérdése itt kezdődik és mindig egy adott model kialakítását jelenti, amely model anyagi paramétereiből a felszínre levont következtetések egyeznek a megfigyelésekkel. Látjuk itt azonban a nehézséget és sokszerűséget. A model megválasztásának sokszerű lehetőségét csökkentette az, hogy figyelembe vették a nyomás és részben a hőmérséklet szerepét és azt, hogy a nyomás maga lényeges változásokat is létrehozhat az anyagszerkezeti felépítésben. Így jött létre a Ramsey-féle model, aminek éppen az volt az előnye, hogy a leglényegesebb diszkontinuitásokat nem anyagi minőség változásában, hanem fázisátalakulásban látta. De ennek a modelnek is volt egy hátránya, hogy statikus volt s a pillanatnyi helyzetet igyekezett rögzíteni. Ezért előnyt a régi vasmagos modellel szemben éppen a Föld fizikai kialakulásában nem jelenthetett.

A modellek sokszerűségében messze le lehet a lehetőségeket csökkenteni, ha olyan modelt keresünk, amellyel a földfelszínen, esetleg a Föld belsejében a földtörténet során lejátszódó jelenségeket is értelmezni vagyunk képesek. Ez lényegében az idő szerepének a bevonását jelenti a modelbe. Egy ilyen lehetőséget jelent a Dirac-egyenlet alkalmazása a Ramsey-féle általánosított földmodelre.

Az így adódó dinamikus földmodel a Bullen-féle adatok alapján 600 millió évre elméletileg évi 1 mm-es sugárnövekedést ad. Ugyanez a Bullen - Bullard - féle 1 diszkontinuitásos sűrűségugrás esetén 0,5 mm/éves átlagos sugárnövekedéshez vezet. Tudjuk, hogy ezek az elméleti értékek jó összhangban vannak a földtani megfigyelésekkel s a földtani jelenségek igen nagy csoportját magyarázni tudják.

Másik példának a dinamikus értelmezésre a Földnek az újabb vizsgálatokból is kialakuló képét hozzuk fel. Eszerint a felső köpeny felépítésében a Gutenberg-öv egy sűrűség minimummal lép fel. Ezt semmiképpen nem lehet megérteni csakis akkor, ha ténylegesen dinamikus magyarázatot adunk s az első időkben a legkülsőbb részben fennálló erős erőtergradienst vesszük számításba.

A dinamikus értelmezésből származó földmodel alapjait az anyagszerkezeti vizsgálatok is megerősítették, mert kimutatható volt, hogy a Föld magjának az átlagos atomsúlya 22-23 között van, míg a vas atomsúlya 26 körül mozog. A könnyebb elemekkel való keveredési magyarázatnak pedig a kompresszibilitási adatok mondanak ellene.

A dinamikus értelmezés alapján a Föld egy homogén, volatilkban

gazdag anyagösszettség és csak a legfelsőbb részében jött létre komolyabb differenciáció, a tényleges sűrűség pedig kizárólag a nyomás függvénye. Az egyes fizikai törésfelületek csak fázisátmeneteket jelentenek. A dinamikai folyamatokat, belső energiákat a tér szerkezetéből következő Dirac-egyenlet szabályozza.

A fentieket ugyancsak megerősíti az a tény, hogy a Föld korát az ólomizotópok alapján meg lehet határozni. Az ólomizotópokkal való kormeghatározás alapfeltétele az, hogy egy viszonylag egyenletes rezervoárból kerültek a Föld felszínére a lebomló ólomizotópok. Ez lényegileg megerősíti a dinamikus földmodelből következő azt a megállapítást, hogy a magmatizmus és a vele együttjáró folyamatok a köpeny lényegesen mélyebb részeiből kerültek a felszínre ami így egy 700-800 km mélységű repedésrendszer mentén való migrációt jelent.

