

Szerkezeti egységek lehatárolása tellurikával*

L A N D Y K O R N É L N É - L A N T O S M I K L Ó S **

Az elmúlt 20 évben Magyarország területének jó részét felmérték tellurikus módszerrel. A mérési eredményeket megjelenítő izoarea-térkép földtani következtetések levonására csak mélységadatok ismeretében alkalmas. Geoelektromosan kétrétegesnek várható esetben az aljzat relatív mélységváltozásait tükrözi.

Amennyiben a rétegsorban geoelektromos árnyékoló réteg várható, az izoarea-térkép elvileg sem transzformálható egyetlen szintre vonatkozó mélységtérképpé. Egyéb geoelektromos vagy szeizmikus eredményekkel egybevetve valószínűsíthetők azok a területrészek, ahol az izoarea-értékekben már az árnyékoló réteg hatása is szerepet játszik. Határvonalat húzni azonban nem lehet — egy, a segédadatok sűrűségétől függő szélességű zóna adható meg, amelyen belül az árnyékoló megjelenik.

Az ismertetni kívánt eljárás ezen zóna szélességét szűkíti le a tellurikus állomásponatok távolságára, ehhez elégséges a határvonal mindkét oldalán csak egy-egy ponton a földtani felépítés ismerete. A hagyományos feldolgozáshoz képest viszonylag kevés többletmunkát és kis volumenű gépi számítást igényel.

A feldolgozás folyamán a tellurikus bázisállomáson nagy számú vektorból meghatározzuk a tellurikus abszolút ellipszist az adott periódusidő-tartományban, majd azt az egyes állomásponatok kiértékeléséből származó relatív tellurikus tenzorokkal transzformáljuk. Ilyen módon minden mérési pontra megkapjuk az abszolút ellipszist. Ennek az ellipszisnek nagy- illetve kistengelye a magneto-tellurikus H- illetve E-polarizáció megfelelő frekvenciájú adataihoz hasonlóan értelmezhető.

Egy, az area-értékek szempontjából viszonylag jellegtelen területen mutatjuk be a módszer eredményességét. Az izoarea-térkép még tartalmazza a bázisállomás előre nem látott kedvezőtlen földtani adottságait, az eljárásunk eredményeit szemléltető térképek a terület szerkezeti egységeit (amelyek néhány fúrásból ismertek) jól lehatárolják.

За прошедшие 2 десятилетия в Венгрии была проведена съемка значительной территории страны методом ТТ. Карты изоареал, отображающие результаты наблюдений позволяют делать геологические выводы только при наличии данных о глубинах. При двухслойной модели геоэлектрического разреза на этих картах прослеживаются относительные изменения глубины залегания основания.

Если в разрезе предполагается наличие экранирующего слоя, карта изоареал даже в принципе не может быть преобразована в карту глубин залегания одного из слоев. При сравнении таких карт с результатами сейсмических или прочих электроразведочных методов, на них можно выделить участки, где в величинах изоареал проявляется влияние экранирующего горизонта. Однако, провести границу нельзя, — можно лишь выделить зону шириной, зависящей от плотности вспомогательных данных, в пределах которой появляется экранирующий горизонт.

Предлагаемый метод позволяет сузить ширину этой зоны до расстояния между пунктами наблюдений методом ТТ, при ем достаточно знать геологическое строение лишь в одном пункте по каждой стороне границы. Рассматриваемый метод требует сравнительно небольшого объема дополнительной работы и небольшого объема вычислений на ЭВМ по сравнению с стандартными методами обработки данных.

В процессе обработки данных, по большому количеству векторов базисных станций определяется абсолютный эллипс в заданном диапазоне периодов, который затем преобразуется с использованием относительных теллурических тензоров, получаемых при интерпретации данных наблюдений, проводимых в отдельных пунктах. Таким образом для каждого пункта наблюдений получается абсолютный эллипс. Большие и малые оси этих эллипсов могут быть интерпретированы подобно интерпретации данных соответствующей частоты H- и E- поляризации магнитотеллурического поля.

* Elhangzott a 20. Szimpóziumon. 1975. szept. 16 — 19. Szentendrén

** OKGT Geofizikai Kutatási Üzem.

Эффективность метода иллюстрируется на примере района работ, с сравнительно нехарактерными величинами изоареал. Карта изоареал все еще содержит особенности неблагоприятного геологического строения участка около базисной станции; на картах, иллюстрирующих эффективность предлагаемого метода хорошо выделяются геологические структуры, известные по данным нескольких скважин.

In the last 20 years a great part of Hungary has been covered with telluric measurements. Isoarea maps depicting measurement results can be used for geological conclusions only in the knowledge of depth data. They reflect in (geoelectrically) two-layered cases the relative changes of the depth of the basement.

If some screening layers are expected in the geological layer sequence, then the isoarea map cannot be transformed even theoretically into a depth map of any horizon. By comparing the map with the results of other geoelectric or seismic results, areas can be traced where on the isoarea map the effects of a screening layer play a role. A boundary cannot be drawn, however — only a zone can be traced with a width depending on the density of auxiliary data where the screening layer appears.

The method to be presented narrows this distance down to the distance of the telluric stations, if the geologic structure is known in one point each on both sides of the boundary. It requires a comparatively small amount of surplus processing and computer time.

The processing includes the determination of the absolute ellipse for the basis station from a great number of vectors in the period-domain considered, then this ellipse is transformed with the tensors of the relative telluric ellipses resulting from the normal processing of telluric measurements. Thus the absolute ellipses of all points can be computed. The major and minor axis of these ellipses can be interpreted similarly to the magnetotelluric H- and E-polarizations of the same frequency.

The efficiency of the method is presented on a territory being rather uncharacteristic from the point of view of the area values. The isoarea-map contains the unforeseen disadvantageous geologic situation at the basis station, while the maps demonstrating the results of the present method set the boundaries of the structural units of the territory in accordance with borehole data.

Az elmúlt 20 évben Magyarország területének jó részét felmérték tellurikus módszerrel. A mérések egyetlen eredménye sokáig az izoarea térkép volt, amelyet csak kvalitatíve értelmeztek. Később aljzatot ért fúrások és szeizmikus vonalak mélységadataival vetették össze az area értékeket, a korrelációt mutató részterületekre mélységtérképet szerkesztettek. A kapott szint általában a harmadidőszaki üledékek aljzata volt, de hogy ez mely esetben egységes földtanilag, illetve az esetleges változás hol van, azt csak a mélyfúrások közvetlen környezetében lehetett meghatározni. Az egész eljárás helyességének feltétele a geoelektromosan kétréteges felépítés.

Dipól ekvatoriális elrendezésű egyenáramú mélyszondázással is megkísérelték meghatározni a medencealjzat mélységét. Itt két nehézség adódott:

1. a kiértékelésből kapott látszólagos mélységet korrigálni kell a területre érvényes anizotrópia-tényezővel, ami fúrási adatokból származtatható;

2. ha a megfelelő mélység eléréséhez szükséges 20–30 km-es dipólusgáron belül fellépő ellenállás-vagy mélységváltozások kétséssé teszik a kiértékelést, akkor további bizonytalanság áll elő.

Így az egyenáramú DE-szondázásokat jórészt csak az üledékes összlet átlagos ellenállásának és összvezetőképességének (S) meghatározására lehetett használni.

Árnyékolót — azaz nagyobb ellenállású összletet — tartalmazó rétegsor fölött az area érték a medencealjzat és az árnyékoló hatását együttesen jelzi, így elvileg sem transzformálható egyetlen szintre vonatkozó mélységtérképpé. Mivel a DE-mérések a zavaró tényezők ellenére jelzik az árnyékolót, az adatok egybevetéséből valószínűsíthetők azok a területszettek, ahol árnyékoló van. Ezek határvonala a DE-mérések ritkasága miatt bizonytalan.

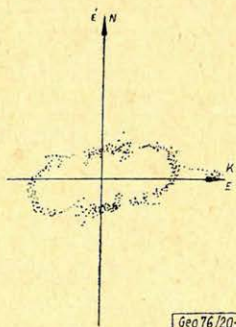
Magnetotellurikus mérésekből a szerkezeti felépítés mélységadatokkal együtt megismerhető, de mivel 1975-ig az országban működő magnetotellurikus berendezésekkel csak 10 sec-nál nagyobb periódusidejű jeleket lehetett fölvenni, így fölülről korlátozott mélységtartományra kaptunk adatokat, valódi mélység nélkül. Szélesebb frekvenciasáv esetén jóval több, de egy pontra vonatkozó információ nyerhető, amelyek kiterjesztése megint csak feltételezésekkel lehetséges.

Célszerűnek látszik, hogy a legsűrűbb geoelektromos mérésből, a tellurikából próbáljunk több információt kapni. Ehhez elsősorban az kell, hogy az area érték helyett olyan, a mérésből származó paramétereket találjunk, amelyek egyes árnyékoló szintek megszűnését mutatják.

Kézenfekvő megoldásként kínálkozott, hogy a tellurikus bázison megmért magnetotellurikus ellipszist a bázisra vonatkoztatott relatív tellurikus tenzorokkal transzformáljuk, így minden pontra megkapjuk azt a magnetotellurikus ellipszist, amit ott mértünk volna. A módszer hallgatólagosan föltételezi, hogy a mágneses tér az egész területen állandó. Ez általánosságban eddig még nem igazolt, sőt negatív eredmények is vannak. [1].

A másik megoldás a bázis abszolút ellipsziséét transzformálni az egyes pontokra. Ismeretes, hogy egy mérési ponton hosszú idő alatt a tellurikus változásvektorok végpontjai olyan ellipszist írnak le, amely kizárólag a mérési pont alatti ellenállásviszonyoktól függ. [2., 3.] Ezt nevezték el abszolút ellipszisnek. A bázisállomás abszolút ellipsziséét megszerkesztve és az egyes relatív tellurikus tenzorokkal transzformálva minden egyes pontra kapunk egy abszolút ellipszist, amely a további vizsgálat alapját képezheti. Ennek az eljárásnak az eredményeit a továbbiakban egy konkrét példán ismertetjük.

Egy Ny-dunántúli mérési terület 290 állomáspontjának felvételeit dolgoztuk fel. A bázisállomáson kétéves regisztrációs anyagból statisztikusan kiragadott 17000 változásvektorból gépi úton számítottuk ki az abszolút ellipszist. A felhasznált periódusidő-intervallum 18–32 sec. A vektorokból kiszámítottuk a fokenként valószínűségi eloszlást (1. ábra); a rádiusz az aktuális intervallumba eső vektorok számával arányos. Látható, hogy a legnagyobb valószínűség kitüntet egy irányt, és a legkisebb valószínűség iránya erre merőleges.



1. ábra. A bázisállomás 17 000 elektromos változás vektorának irány szerinti eloszlása. A rádiusz arányos az 1° -os szögtartományba eső vektorok számával

Рис. 1. Распределение по направлениям 17000 векторов электрических изменений на базисной станции. Радиус является пропорциональным количеству векторов, приходящих на диапазон угла, равный 1°

Fig. 1. The distribution of the 17 000 variation-vectors of the basis vs. direction. Radii are proportional to the number of vectors in 1° angle-intervals

A 2. ábrán az 1° -os intervallumonként számított átlag-vektor végpontjai láthatók. (A kiütő értékek a 45° -os terítési irány miatt vannak.) Behúztuk az összes vektor alapján kiegyenlített nagy- és kistengelyt. Ezek iránya megegyezik az előző ábra maximális, illetve minimális valószínűségi irányával.

2. ábra. A bázisállomás 17 000 elektromos változásvektorának fokenként számított átlagai a kiegyenlített abszolút ellipszis nagy- és kistengelyének feltüntetésével

Рис. 2. Вычисленные по градусам средние значения 17 000 векторов электрических изменений на базисной станции с указанием большой и маленькой осей выравненного абсолютного эллипса.

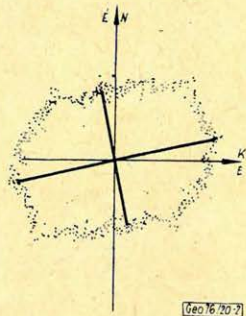


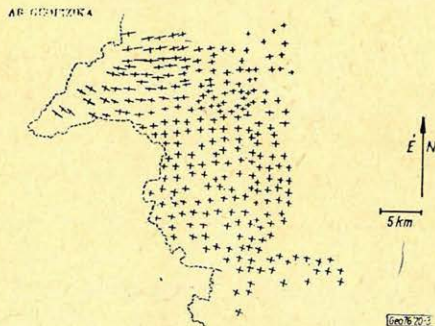
Fig. 2. Average lengths of the electric variation-vectors of the basis. In 1° angle intervals. The major and the minor axes are also shown

A transzformáláshoz szükséges relatív tellurikus tenzort az egyenes módszerrel határoztuk meg. Mérési pontként legalább három független kiértékelés történt. Ez lehetővé tette, hogy a tenzorokat a szokásosnál kisebb, mindössze 3–5%-os hibával határozzuk meg. Ezután a tellurikus tenzorokkal transzformáltuk a bázis abszolút ellipszisét, így minden állomáspontra kaptunk egy abszolút ellipszist. (3. ábra) Ez az eljárás végig korrekt, ha teljesül a tellurikus térkomponensek közötti lineáris összefüggés:

$$u = ax + by$$

$$\text{és}$$

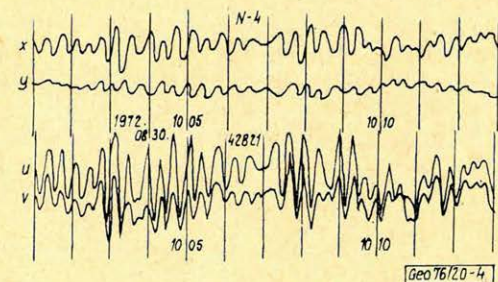
$$v = cx + dy.$$



3. ábra. A mérési terület állomáspontjaira transzformált abszolút ellipszisek térképe. Az ellipsziseket nagy- és kistengelyük feltüntetésével szimbolizáltuk

Рис. 3. Карта абсолютных эллипсов, реобразованных для пунктов измерения района. Эллипсы символизируются указанием их большой и маленькой осей.

Fig. 3. The map of the absolute ellipses, transformed for the stations of the measurement area. Ellipses represented by their axes



4. ábra. A mérési terület egy olyan állomáspontjának elektromos regisztrátuma (a hozzátartozó bázisfelvétellel), amelyre a tellurikus térkomponensek közötti lineáris összefüggések fennállása kétséges. A felvételek azonos típusú műszerrel, azonos érzékenységi fokozaton készültek

Рис. 4. Электрическая запись пункта измерения района (с соответствующей базисной записью), для которого наличие линейных соотношений между компонентами теллурического поля является сомнительным. Записи были изготовлены аппаратурой одинакового типа, на одинаковой ступени чувствительности.

Fig. 4. Electrical record from a station of the area (together with the record at the basis), where the linear connection between the telluric field components is dubious. The records were made with instruments of the same type having the same scale value

A terület egy részére ez ugyan szemmel láthatólag nem teljesül (4. ábra), az egyik komponens jól egyeztethető, a másik azonban időnként nem. A kiértékelés egységessége érdekében ezeket a pontokat is a többivel azonosan kezeltük.

A tárgyalt kutatási terület az ország Ny-i részén van, közel az Alpokhoz. A terület ÉNy-i sarkában lemélyített fúrások 1000-1500 m-ben értek paleozoós fillitet, míg a K-i felén átlagosan 3000 m-ben triász mészkövet tártak fel. A D-i fúrások nem érték el az aljzatot.

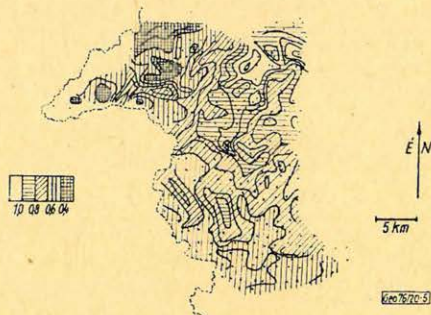
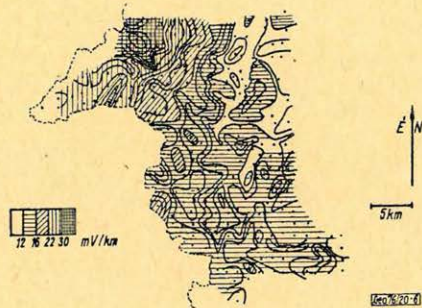
A 5. ábrán az izoarea térkép látható, amely az É-i részen Ny-felé fokozatos emelkedést jelez. Nem mutatja azonban, hogy két különböző szerkezeti ki-fejlődéssel állunk szemben. Ennek oka, mint már említettük, az, hogy nem egyetlen szintre vonatkozik az area érték.

5. ábra. A mérési terület izoarea térképe

Рис. 5. Изоареальная карта района измерения

Fig. 5. Isoarea map of the region

$$A^{-1} = \frac{1}{a \cdot d - b \cdot c}$$



6. ábra. A mérési pontokra kiszámított nagytengelyértékekből szerkesztett térkép

Рис. 6. Карта, построенная по значениям большой оси, вычисленной для пунктов измерения.

Fig. 6. Map of the major axes of the absolute ellipses

A mérési pontokra kiszámított nagytengely-értékből szerkesztett térkép (6. ábra) tulajdonképpen a magnetotellurikus H -polarizáció irányának megfelelő összehatóképeséggel arányos. A határ kiöblösödésénél hirtelen változás látható, az izovonalak párhuzamos menete és sűrűsödése jelzi, hogy a földtani szerkezet itt más típusú, mint tőle K-re. A szerkezet határvonala szemmel látható, helyét alátámasztja egy erre merőleges magnetotellurikus szelvény, amelyen 6 ponton történt 5 komponenses analóg regisztrálás. Az állomáspontra az impedancia ellipszist és a vertikális mágneses komponensekből kapható dőlésvektort határozták meg. A paraméterek szelvény-menti menetében két pont között jelentős ugrás van, ami ezen állomáspontra alatti földtani felépítés különbözőségét jelzi. [4.] Az általunk behúzóható határvonal metszi a jelzett szelvényt.

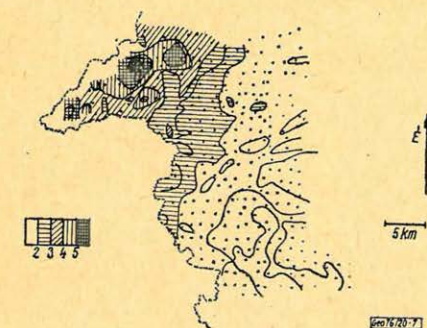
A nagy- és kistengely hányadosából képzett excentricitásból is szerkesztettünk térképet. (7. ábra) Itt is az előzővel azonos helyen lép fel nagyobb mérvű változás, az excentricitás 2,5-ről 4,0-nél nagyobb értékre nő. A kiugróan nagy értékek összefüggő, nagyobb területre való megjelenése egyben azt is jelenti, hogy vertikális, vagy ferde rétegzettségű jól vezető kőzetek is

megjelennek; modellkísérletek szerint ugyanis ilyen nagy excentricitás horizontális vagy ahhoz közeli elhelyezkedésű nagyellenállású rétegek csupán szerkezeti változásából nem adódhat. Ezek szerint az ellipszis kistengelyéből szerkesztett térkép nem jelent feltétlenül szintet, ezért értelmezésével nem is foglalkoztunk.

Megvizsgáltuk az érdekes területre, hogy a tellurikus tenzorkomponensek hogyan torzítanak önkényesen fölvevett irányú áramot. Tetszőleges irányú áramvektort vehettünk volna fel, de legcélszerűbbnek azt tartottuk, hogy a bázisállomás abszolút ellipszisének fő irányait vegyük fel, amelyre regionálisan jellemzők. A kistengelyirányú egységvektorból számított vektort szaggattottal, a nagytengelyirányúból származót pedig folytonos vonallal jelöltük a 8. ábrán. Itt is elkülönül a már előzőekben említett két kifejlődés. A határvonaltól Ny -ra a nagytengelyirányú egységvektorból számított áramvektor megnyúlik. Az irányok merőlegessége K -ről Ny felé haladva fokozatosan felbomlik. Tovább Ny felé a két vektor közel egy egyenesbe esik, ez további szerkezeti egységet jelez, amelynek földtani azonosítását fúrás hiányában nem tudtuk elvégezni.

A bemutatott ábrák alapján a két, fúrásokból ismert szerkezeti egység elválasztható, kizárólag tellurikus adatok alapján. Valószínű, hogy a módszer kiterjesztésével és finomításával további földtani információk nyerhetők.

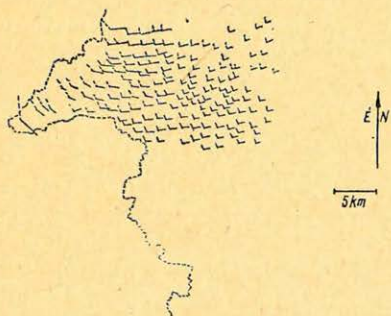
A kapott eredmények azt mutatják, hogy az izoarea térkép megszerkesztésén kívül a tellurikus feldolgozás során érdemes a fenti vizsgálatokat is elvégezni. Amennyiben a relatív tellurikus tenzorokat már a terepen megfelelő pontossággal számítják, akkor a többletmunka mindössze a bázisállomás abszolút ellipszisének meghatározása és ennek transzfor-



7. ábra. A nagy- és kistengely hányadosából képzett excentricitásból szerkesztett térkép

Рис. 7. Карта, построенная по эксцентричности, образованной из отношения большой и маленькой осей.

Fig. 7. Map of the eccentricities (ratio of the major and minor axes) of the absolute ellipses



8. ábra. A bázisállomás abszolút ellipszisének fő irányában fölvevett egységnyi áramvektorok torzulása a tellurikus tenzorkomponensek hatására. A kistengely irányú egységvektorból számított vektor szaggattott, a nagytengely irányúból származót pedig folytonos vonallal jelöltük

Рис. 8. Искажение единичных векторов тока, принятых в направлении главных осей абсолютного эллипса базисной станции под влиянием составляющих теллурического поля. Вектор, вычисленный по единичному вектору в направлении маленькой оси, обозначен пунктиром, а вектор, выведенный в направлении большой оси, — сплошной линией.

Fig. 8. The distortion of the unit current vectors in the directions of the axes of the absolute ellipses of the basis due to the telluric tensor components. The values computed from the unit vector in the direction of the minor axis are drawn by dotted, those in the direction of the major axis by continuous line

málása az egyes mérési pontokra, ami 1–2 hónapot és kis volumenű gépi számítást igényel.

Ezúton is szeretnénk köszönetet mondani mindazoknak, akik segítségünkre voltak, akár értékes tanácsaikkal, akár áldozatkész munkájukkal.

IRODALOM

- [1] *Landyné Nagy Ilona*: Síkhullám-gerjesztés hatására létrejövő magnetotellurikus tér meghatározása (szakdolgozat) 1972.
- [2] *Géza Kunetz*: Anwendung statistischer Eigenschaften der Erdströme in der praktischen Geophysik. Freiburger Forschungshefte C 32. 1957.
- [3] *Josef Veró*: Die Bestimmung der tellurischen Stationellipsen Gerlands Beitr. Geophysik v. 69. Heft 5. 1960.
- [4] *Beke Balázs*: A Szentgotthárd–Ivánc magnetotellurikus szelvény H_z méréseinek néhány kiértékelési eredménye (előadás a Magyar Geofizikusok Egyesületének rendezésében) 1973.

Lapszemle

Zeitschrift für angewandte Geologie, Bd. 21. H. 9., 1975. szeptember.

G. Porstendorfer: 20 Jahre Anwendung tellurischer und magnetotellurischer Messmethoden in der DDR (A tellurikus és magneto-tellurikus mérési módszerek alkalmazása 20 éven át az NDK-ban), 405–410 old.

A dolgozat a Freibergi Bergakademie geofizikai intézetében készült és részletes áttekintést ad a kérdés és kutatási ág fejlődéséről, melyben a szerzőnek fontos szerepe volt. Az irodalmi jegyzék tájékoztatást nyújt a kérdés német nyelvű szakirodalmáról.

Fizikai Szemle: XXV. évf. 11. sz. 1975. november.

Balogh Kadosa: Radiometrikus földtani kormeghatározási módszerek, 401–405 old.

A földtani képződmények kialakulási korának meghatározása években kifejezett, ún. „abszolút” koradattal a természetben előforduló radioaktív izotópok bomlásán alapuló módszerekkel végezhető. A cikk áttekinti az erre a célra ezideig kidolgozott és alkalmazott módszereket és beszámol az MTA Atommagkutató Intézetében, Debrecenben végzett radiometrikus kormeghatározásokról. Két módszerrel dolgoznak: az RB–Sr (rubidium-stroncium) és a K–Ar (kálium-argon) módszerrel.

Fizikai Szemle XXV. évf., 12. sz. 1975. dec.

Előadások az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, a Magyar Biológiai Társaság és a Magyar Kémikusok Egyesülete által az MTA és az OPI támogatásával Sárospatakon tartott „Anyagfejlődés” c. tanári konferencián.

Szalay Sándor: Milyen öreg a Föld? 441–446 old. „Mit nevezünk a Föld korának?”, teszi fel a kérdést a szerző, „Mi legyen az az időpont, amikor felhúzták az órát”? Itt a radioaktív óráról van szó, hiszen a szerző – rövid történeti áttekintés után – a kérdést a modern radioaktív kormeghatározási módszerek szempontjából tárgyalja. Szerinte a Föld korát attól az időponttól számíthatjuk, amikor a kéreg-fázis elkülönülése megtörtént. A módszerek ismertetéséből azt a következtetést vonja le a szerző, hogy „jelen ismereteink a Földkéreg korára elég megbízhatóan a 4.55 milliárd évhez konvergálnak”.

Marx György: A légkör eredete, 446–453 old.

Szűcs Zsuzsanna–Kardoss Elemér: A Föld geokémiai evolúciója, 454–460 old.

Szalay Sándor: Magmatikus kőzetek gáz zárványai és a primordiális atmoszféra, 460–465 old.

T. G.