

A földi elektromágneses térre vonatkozó vizsgálatok szerepe a geoelektromos műszer- és módszerkutatásban*

Dr. ÁDÁM ANTAL, MTA GGKI, Sopron

Obszervatóriumi tevékenységről és magaslégekutatásról

A MTA GGKI (Sopron) az 1957–58. évi Nemzetközi Geofizikai Év óta működteti Nagycenk melletti obszervatóriumát. A tellurikus regisztrálás 1957 augusztusa óta – 20 éve – folyamatos. 1960-ban állítottuk fel a La Cour rendszerű mágneses variométereinket és egészült ki a tellurikus regisztrálás a mágnesessé. Sajátos, periódus-csoportok szerinti bontásban közöljük éves obszervatóriumi jelentéseinkben az elektromágneses tevékenység időbeli változását. Különösen részletesen jellemezzük az elektromágneses pulzációs tevékenységet napi gyakorisági és energetikai (amplitúdó-) indexekkel. Adatközlésünk tehát tendenciózusan eltér a hagyományos formáktól. Az eltérés oka részben az Intézet szakmai múltjában, részben a jelenében gyökerezik. A hazai obszervatóriumi tellurikus regisztrálás szükségessége a terepi tellurikus kutatások (TT) során fogalmazódott meg. A hagyományos TT egyik gyenge, de ugyanakkor más vonatkozásban hasznosítható oldalát: az area periódusfüggését viszonylag korán felismertük. – A jelenlegi kutatásaink jó feloldóképességű, hosszú folyamatos regisztrálási anyag birtokában az elektromágneses pulzációk keletkezésének vizsgálatára, illetve ezen keresztül a magnetoszféra-fizikára koncentrálnak.

Az elmúlt 20 év alatt pulzációkutatásunk jelentős fejlődésen ment keresztül. Ma már éppen a fent említett (1–5 fokozatú) karakterszámok, vagy pulzációs indexek segítségével fontos magnetoszféra- és napfizikai-paramétereket (pl. a magnetopauza mérete, a napszél sebessége) tudunk meghatározni pl. a legnagyobb valószínűség elve alapján. Legújabb vizsgálatainkkal a műholdakon mért interplanetáris mágneses tér (IMF) és a pulzációk paramétereinek kapcsolatát kutatjuk. Eredményeink experimentális bizonyítékát adják a magnetopauzán kívüli pulzációkeletkezési elméletnek, amelynek egyik változatát Kovner szovjet elméleti fizikus dolgozta ki, aki jelentős mértékben épít adatainkra.

Az 1976-os évben a pcl, vagy gyöngy típusú pulzációk, sajátos nagyérzékenységű technikát igénylő regisztrálásának bevezetésével teljessé vált obszervatóriumunkban a pulzációs spektrum (0,3–600 sec) megfigyelése. E sajátos pulzációk érdekes információkat hordoznak a sugárzási övön kívüli plazma-instabilitásokról.

* Elhangzott a Magyar Geofizikusok Egyesülete 1977. évi soproni vándorgyűlésén.

A kozmikus geofizikához tartozó és ma még jórészt elvontnak tűnő vizsgálataink több vonatkozásban hasznosíthatók a geoelektromágneses műszer- és módszerkutatásokban. A kapcsolódás területei a következők:

a) *Műszerszerkesztésnél* az elektromágneses tevékenység a természetes tereket alkalmazó módszereknél meghatározza a műszer alapérzékenységét, használható frekvenciatartományát, míg a mesterséges jelekkel dolgozó módszereknél a kiszűrendő zavarjel nagyságát és spektrumát.

b) *A mérések tervezésénél* célszerű az elektromágneses tevékenység periódicitásai alapján a mérésekre legkedvezőbb időszakokat kiválasztani.

c) A természetes tereket használó *elektromágneses indukciós módszerek elmélete* bizonyos kezdeti feltevésekből indul ki a forrástér jellemzésénél. A kozmikus geofizika azáltal, hogy elméleti és gyakorlati módszereivel meghatározza a forrás fizikai sajátosságait, alapvetően hozzájárul a módszer tökéletességéhez, illetve teljesítőképességének reális megítéléséhez.

Itt kell még megemlíteni azt a hazai gyakorlatot, hogy főként obszervatóriumi célra kikísérletezett geoelektromágneses (elektromos és mágneses) műszereinket közvetlenül is adaptálta az alkalmazott geofizika.

A továbbiakban a fentieket néhány példával kívánjuk igazolni és szemléltetni.

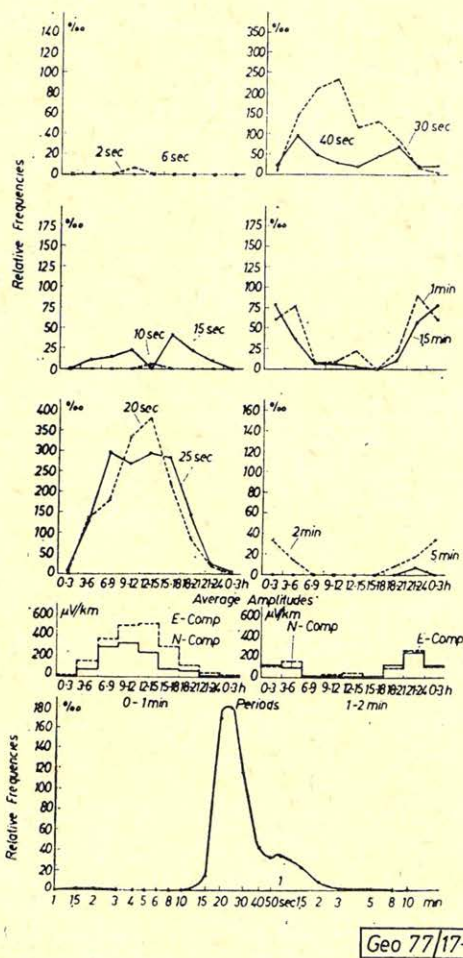
Ad *a)* A Nagycenk melletti obszervatórium éves jelentésében 1973-ig grafikonok formájában közöltük a földi áramok néhány kiválasztott periódusú pulzációjának napszakszerinti gyakorisági és amplitúdóeloszlását 2–2 hónapra vonatkozóan, valamint a pulzációk átlagos spektrumát (1. ábra). 1974-től kezdve már $\mu\text{V}/\text{km}$ -ben táblázatosan adjuk meg 3 órás időintervallumokra és 12 perióduscsoportra a pulzációk átlagos havi amplitúdóját (2. ábrán levő táblázat).

Ezek az adatok egy átlagos magyar medenceszerkezet esetén (1500 m vastag üledék), amelyet az obszervatórium területe is képvisel, irányadók a tellurikus műszerek alapérzékenységének, érzékenységfokozatainak, periódustartományának megválasztásában. A DESZ, vagy egyéb nagy MN távolsággal dolgozó mesterséges szondázásnál a várható tellurikus zavarterről tájékoztatnak, amelyet műszeresen, vagy a számítógépes feldolgozással kell kiszűrni (Adataink – galvanométereink önperiódusát figyelembe véve – reális képet csak 10 sec felett mutatnak. Ennél kisebb periódusoknál az amplitúdókat a galvanométer frekvenciakarakterisztikája alapján korrigálni kell.)

Intézetünk ugyan a $pc1$ periódustartományt (0,2 – 5 sec) kivéve elsősorban a tellurikus pulzációkat vizsgálja, de az obszervatórium magnetotellurikus szondázási görbéi lehetőséget adnak a tellurikus átlagos amplitúdók átszámítására a megfelelő mágneses komponensekre a jól ismert $q = 0,2 T \left(\frac{E}{H} \right)^2$ képletből kiindulva a

$$H = 0,2 T E^2/q$$

formulával. A $pc1$ pulzációk amplitúdóeloszlását közvetlenül a horizontális mágneses komponensekre tudjuk megadni. Ebben az esetben a tellurikus teret kell számítani. A 3. ábrán a különböző amplitúdójú gyöngypulzációk (1 mm – 1,5 m^2 1 Hz-nél) exponenciális eloszlását mutatjuk be. A további morfológiai



1. ábra. Néhány különböző periódusú pulzáció előfordulási gyakorisága és közepes amplitúdója, továbbá a pulzációs spektrum 1973. január és február folyamán. (Kivonat a MTA GGKI 1973. évi EM obszervatóriumi jelentéséből)

Рис. 1. Частота возникновения и средняя амплитуда некоторых пульсаций с различным амплитудами, далее, спектр пульсаций за январь и февраль 1973 г.

(Резюме по отчету электромагнитной обсерватории Исследовательского института АН ВНР по геодезии и геофизике за 1973 г.).

Fig. 1. Frequency of occurrences and average amplitude of several pulsations with various periods as well as pulsation spectra for January and February 1973.

(Abstract from the Report of the EM Observatory of the Geodetical and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences for 1973).

vizsgálatok eredményével külön tanulmányban foglalkozunk (Ádám és Czuczorné, 1976).

A fenti obszervatóriumi téradatoknak jelentős szerepe volt az Intézetben korábban kifejlesztett tellurikus regisztrálók és az elmúlt néhány év alatt kidolgozott és a szaktársadalom részéről is használatba vett mágneses érzékelő műszerek (MTV-2 típusú mágneses variométer, illetve annak korszerűsített változata (4. ábra), valamint a különböző (kis- és nagyimpedanciás) indukciós szondák (5. ábra)) megszerkesztésében. Valamennyi további korszerűsítésnél, illetve újabb berendezések kialakításánál e téradatoknak meghatározó szerepük van.

Ad b) Már az első ábrán bemutatott gyakorisági diagramok, valamint a 2. ábra táblázata is eligazítanak bennünket annak megítélésében, hogy a tellu-

Geo 77/17-1

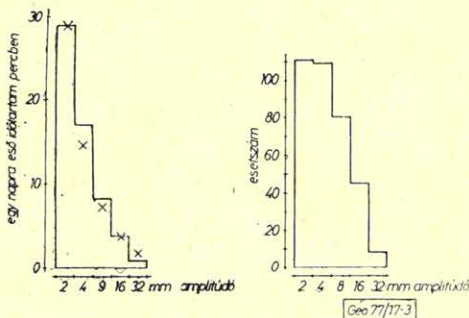
LT	Periodus (sec)											
	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-60	60-90	90-120	120-200	300-600
0-3	0	2	14	10	18	29	94	320	112	45	110	19
3-6	0	0	11	32	62	151	200	89	40	3	50	80
6-9	0	2	35	117	199	251	222	128	17	23	100	90
9-12	0	7	17	212	354	297	179	143	65	8	146	148
12-15	0	22	3	324	421	349	184	80	46	42	69	46
15-18	4	3	3	161	283	260	306	187	20	37	89	44
18-21	3	1	17	47	75	104	240	283	121	124	69	17
21-24	2	0	2	8	39	68	76	236	307	26	79	33
átlag	1	4	12	114	182	189	189	185	93	39	89	59

Geo 77/17-2

2. ábra. 12 pulzációs perióduscsoport átlagos havi amplitúdójának napszak szerinti változása (Kivonat a MTA GGKI 1974. évi EM obszervatóriumi jelentéséből)

Рис. 2. Изменение среднемесячной амплитуды группы 12 пульсационных периодов по частям дня (Резюме по отчету ЭМ обсерватории ИИ АН ВНР по геодезии и геофизике за 1974 г.)

Fig. 2. Variations of the average monthly amplitude of 12 pulsation period groups according to parts of the day (Abstract from the Report of the Em Observatory of the G.G.R.I. of the Hungarian Academy of Sciences for 1974)



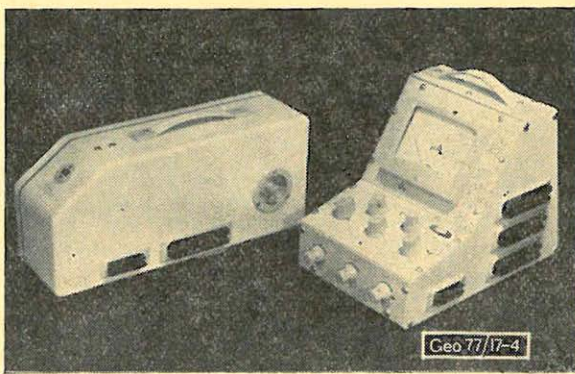
Geo 77/17-3

3. ábra. A pc 1 típusú pulzációk amplitúdógyakoriságának görbéje (1 mm – 1,5 m μ , 1 Hz mellett) 1976-ban (Ádám és Czuczorné, 1977)

Рис. 3. Кривая частоты амплитуд пульсаций типа pc 1 1 мм \approx 1,5 м μ при 1 Гц) в 1976 г. Адам и Цуцор, 1977).

Fig. 3. Curve of amplitude frequency of pulsations type pc 1 (1 mm – 1,5 m μ for 1 cpm) in 1976 (Adam and Mrs. Czuczor, 1977)

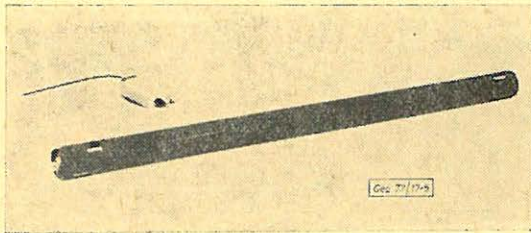
rikus kutatásokat napszakosan, vagy évszakosan hogyan tervezzük. Világosan látható, hogy pl. a tellurikában használatos 20 – 25 sec-os pulzációkkal legkedvezőbb feltételek mellett a helyi déli órák körül dolgozhatunk. A tavaszi nap-éjegyenlőség (aequinox) idején várhatjuk a maximális amplitúdót $T = 15 - 60$ sec periódusstartományban. Ezen általános érvényű gyakorisági- és amplitúdó-maximumok mellett az optimális időszak kiválasztásában döntő szerepe van a tevékenység 27 napos visszatérési tendenciájának. Ez a Nap saját tengelye kö-



4. ábra. MTV-2 típusú mágneses variométer fényképe (MTA GGKI és GAMMA M. konstrukció)

Рис. 4. Внешний вид магнитного вариометра типа MTV-2. (Конструкция ИИ АН ВНР и завода ГАММА).

Fig. 4. Photograph of the magnetic variometer type MTV-2 (Design by G.G.R.I. of the Hungarian Academy of Sciences and GAMMA Works)



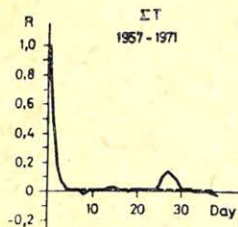
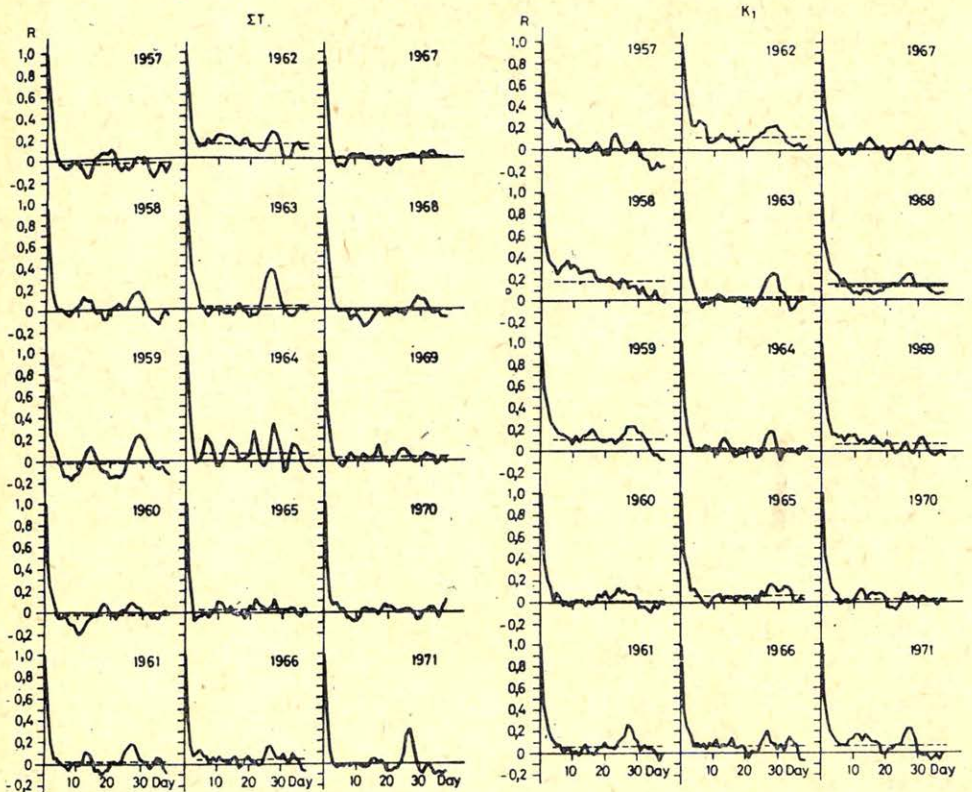
5. ábra. 2 m-es indukciós szonda (MTA GGKI konstrukció)

Рис. 5. Индукционный зонд длиной 2 м. (Конструкция ИИ АН ВНР по геодезии и геофизике).

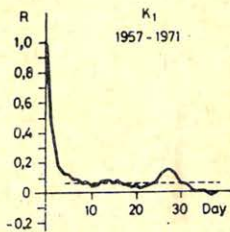
Fig. 5. 2 m induction probe (Design by G.G.R.I. of the Hungarian Academy of Sciences and GAMMA Works)

rüli forgása eredményeként ismétli meg egy-egy hosszúéletű képződményből származó hatást (pl. az interplanetáris tér szektorhatára) és ezzel az általános mágneses tevékenység fokozódását, amely a pulzációkban is megnyilvánul.

A 27 napos visszatérési tendencia, vagy ún. rekurrencia legtisztábban a napfoltminimum éveiben jelentkezik, amint a 6. ábrán látható, mind a ΣT tellurikus (nagyperiódusú) tevékenység, mind a pulzációs tevékenység (K_1) esetében (Ádám és Holló, 1973). Minthogy a tevékenység (ΣT) és a pulzációk periódusa (T) között a Pc 2-3 esetében közelítőleg exponenciális összefüggés van, bizonyos durva spektrumelőjelzésekkel is kísérleteztünk. Ezek az adatok – részben publikálva – a hazai és külföldi kutatók rendelkezésére állnak mint általános irányelvek. A rövidtávú előrejelzés a földi elektromágneses tevékenység (ΣT , vagy ΣK) folyamatos figyelése alapján lehetséges a 27 napos rekurrencia alapján.



Geo 77/17-6a



Geo 77/17-6b

6. ábra. ΣT (3 órás tellurikus) és K_1 (napi pulzációs) indexben a napfoltciklus során megnyilvánuló visszatérési tendenciák (Ádám és Holló, 1973)

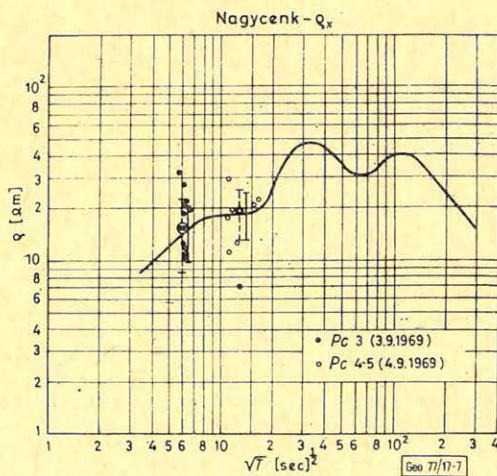
Рис. 6. Тенденции возвращения, проявляющиеся в показателях ΣT (3-часовом теллурическом) и K_1 (суточном пульсационном) в ходе цикла солнечных пятен (Адам и Холло, 1973)

Fig. 6. Return tendencies appearing in the indices ΣT (3 hours telluric) and $K-1$ (diurnal pulsational) in the course of a sun spot cycle (Ádám and Holló 1973)

Ennek alapján Intézetünk rendszeresen készít prognózisokat.

Ad c) Az egyik legkorszerűbb elektromágneses indukciós kutató módszer, a magnetotellurikus szondázás elméletében L. Cagniard elektromágneses síkhullámokkal számolt. Ez csak végtelen kiterjedésű (dimenziójú) homogén

forrás esetében képzelhető el, amint arra először Wait (1954), majd Price (1962) is rámutatott. Price véges dimenziójú terek esetében kiszámította az impedancia változását, amelynek elhanyagolásával az altalaj modelljének meghatározásában durva hibákat követünk el. Szükséges volt a földi elektromágneses terek szerkezetének részletes tanulmányozása, illetve olyan indikátor keresése (pl. H_z komponens), amely a síkhullámfeltevéstől való eltérés jelzésére szolgálhat. Kiterjedt hálózatban végzett szinkronregisztrálások (KAPG szervezésben), valamint a Föld különböző pontjain levő obszervatóriumoktól kért pulzációregisztrátumok alapján több vizsgálatot végezhattünk. Ezek alapján megállapítást nyert, hogy a pulzációs tér dimenziója jól megközelíti a Cagniard-féle feltevést. Cagniardnál $Y = 1,57 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^{-1} \approx 0$, míg a Pc pulzációknál $Y > 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ -es érték adódik a tényleges megfigyelések alapján mint térbeli alapharmonikus. Egy sokkal részletesebb vizsgálatnál a pulzációs tér finomszerkezetének (periódus és amplitúdó eloszlása a geomágneses koordináták mentén) hatását is tanulmányoztuk a magnetotellurikus impedanciára. Kimutattuk, hogy az impedanciaértékek szórása nem lesz nagyobb (7. ábra), ha a pulzációs tér szerkezetében jelentős változások lépnek fel, pl. az \vec{E} -i és \vec{K} -i komponensekben eltérő periódusváltozás a földrajzi szélesség függvényében (8. ábra). Ezek és ezekhez hasonló vizsgálatok megerősítették a pulzációk periódustartományában a MT módszer eredeti Cagniard feltevés szerinti alkalmazásának reális lehetőségét.



7. ábra. A látszólagos fajlagos ellenállás- (ρ) értékek szórása a Nagyecenk melletti obszervatórium $\rho_x(\vec{E}-D-i)$ szondázási görbéjén a primér tér szerkezetéből adódóan (L. 8. ábra) (Ádám - Czuczorné - Verő, 1976)

Рис. 7. Разброс значений кажущегося удельного сопротивления (ρ) по кривой зондирования ρ_x (меридиональной), обсерватории при с. Надьценк вызванный структурой перичного поля (См. рис. 8). (Адам - Цуцор - Верё, 1976).

Fig. 7. Scattering of apparent resistivity (ρ) values on the curve of sounding ρ_x (meridian) at the Nagyecenk observatory due to the structure of the primary field (See: Fig. 8.); (Ádám - Mrs. Czuczor - Verő, 1976)

8. ábra. Egy pc 2-3 típusú pulzációs esemény két komponensének szélességfüggése (Ádám - Czuczorné - Verő, 1976)

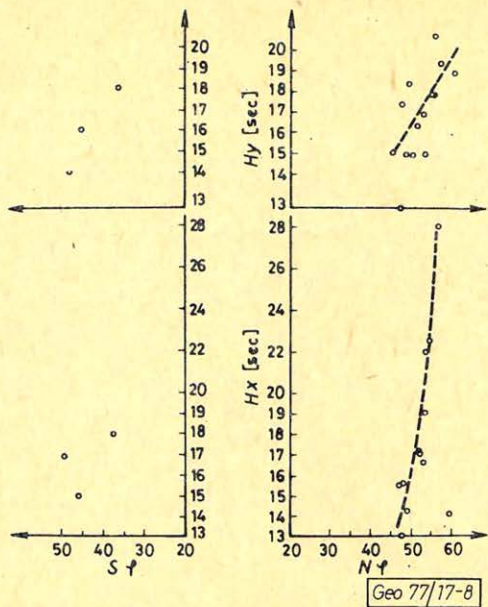


Рис. 8. Зависимость двух составляющих пульсационного события типа pc 2-3 от ширины. (Адам - Цуцор - Вере, 1976).

Fig. 8. Dependence of two components of a pulsation event type pc 2-3 on latitude. (Ádám - Czuczorné - Verő, 1976)

Következtetés

A földi elektromágneses tér vizsgálata obszervatóriumban, vagy obszervatóriumi hálózatban fontos támpontot szolgáltathat alapvető geoelektromos módszereink kidolgozásához, tökéletesítéséhez, műszereink megszerkesztéséhez, valamint a terepi munkák optimális időbeli ütemezéséhez. Az előadás keretében – a teljesség igénye nélkül – ezt kívántuk néhány példával érzékeltetni.

IRODALOM

- Ádám Antal, Verő József, Wallner Ákos: Tellurische und erdmagnetische Messungen im Observatorium bei Nagyecenk, Observatoriumsberichte, 1966, 129–141.
- Ádám Antal, Holló Lajos: On the prognosis of micropulsations activity (27 days recurrence tendency, connection between activity indices and spectra) Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. 8. (1973) 207–216.
- Ádám Antal, Horváth János: Mágneses érzékelők fejlesztése a MTA GGKI-ben. MGE 20. szimpóziumának anyagában angolul és oroszul (1975)
- Ádám Antal, Czuczor Ernőné, Verő József: Inhomogeneity of pulsation field and its effect on MT values Geoelectric and Geothermal Studies, KAPG Geophys. Monograph, Akadémiai Kiadó (1976); 296–303.
- Ádám Antal, Czuczor Ernőné: A gyöngytipusú pulzációk (Pc 1.) regisztrálásának megindításáról a Nagyecenk melletti obszervatóriumban. (Megjelenőben az „Ionoszféra és magnetoszféra fizika V” c. MTE SZ kiadványban)
- Holló Lajos, Tátrallyay Mária, Verő József: Experimental results with the characterization of geomagnetic micropulsations I. The methods of characterization used in the investigations, Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. 7 (1972) 155.
- Verő József: The use of the pulsations in the diagnostics of the magnetosphere (Dissertation 1973) Communications of the Geodetical and Geophysical Res. Inst. of Hung. Acad. of Sci. Sopron, 1976.
- Geophysical Observatory Reports of the Geodetical and Geophysical Res. Inst. of the Hung. Acad. of Sci.
Year 1973 (Sopron, 1974)
Year 1974 (Sopron, 1975)