

I. VERÉ

## ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ЗЕМНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

В первой части работы описываются типы пульсаций земного электромагнитного поля. Более подробно рассматриваются свойства типов  $pt$  и  $pc$ . Помимо различий между этими типами, некоторые их свойства совпадают, в связи с чем отдельные исследователи предполагают наличие утром и вечером постепенного перехода одного типа в другой. Пульсации  $pc$  образуются, по мнению одних исследователей, из длиннопериодной части ( $pi$  2), а по мнению других – из более коротких периодов ( $pi$  1) пульсаций типа  $pt$ . Поскольку переход одного типа в другой играет значительную роль в выяснении механизма их образования, подробному изучению были подвергнуты свойства утреннего перехода. Результаты показывают, что указанные два типа пульсаций следуют друг за другом не постепенно, а скачкообразно и время перехода не зависит от сезона года, а только от степени магнитной активности. В очень спокойные дни ночная активность может полностью отсутствовать, а в дни с сильными возмущениями она может продолжаться и днем.

В заключение описываются выводы о состоянии экзосферы, к которым приводят вышеприведенные соображения.

J. VERŐ

## ÜBER DIE ENTSTEHUNG DER PULSATIONEN DES ELEKTROMAGNETISCHEN FELDDES DER ERDE

Zunächst werden die einzelnen Typen der Pulsationen des elektromagnetischen Feldes der Erde, besonders die  $pc$  3 und  $pt$ -Pulsationen erörtert. Diese beiden weichen voneinander ab, es bestehen jedoch gewisse charakteristische Ähnlichkeiten, die einige Autoren zur Annahme leiten, dass morgens und abends ein allmählicher Übergang zwischen diesen Tages- und Nachtstypen stattfindet. Es bestehen zwei Ansichten über diesen Übergang: nach dem ersten sollten sich die  $pc$ -Pulsationen von der etwa 60 sec periodigen  $pt$  ( $pi$  2), nach dem zweiten von den etwa 8 sec periodigen kurzperiodischen nächtlichen Variationen ( $pi$  1) ausbilden. Diese Hypothesen des Überganges, die eine wesentliche Rolle bei Klärung des Entstehungsmechanismus der Pulsationen spielen, wurden überprüft. Die beiden Typen (Nachts- und Tagestyp) folgen einander öfters sprunghaft. Der Zeitpunkt des Überganges hat keinen echten jährlichen Gang, sondern wird durch die magnetische Aktivität bestimmt. An sehr ruhigen Tagen bleibt die Nachtsaktivität aus, an sehr gestörten Tagen erscheint sie dagegen während des ganzen Tages. Abschliessend werden die Folgerungen aus diesen Tatsachen hinsichtlich des Zustandes der Exosphäre gezogen.

## VIZSGÁLATOK A FÖLDI ELEKTROMÁGNESES TÉR PULZÁCIÓINAK KELETKEZÉSÉRŐL

VERŐ JÓZSEF

1. A földi elektromágneses tér pulzációinak felfedezésekor a pulzációk sajátságaira vonatkozó kutatások eltérő eredményekre vezettek. BEMMELEN

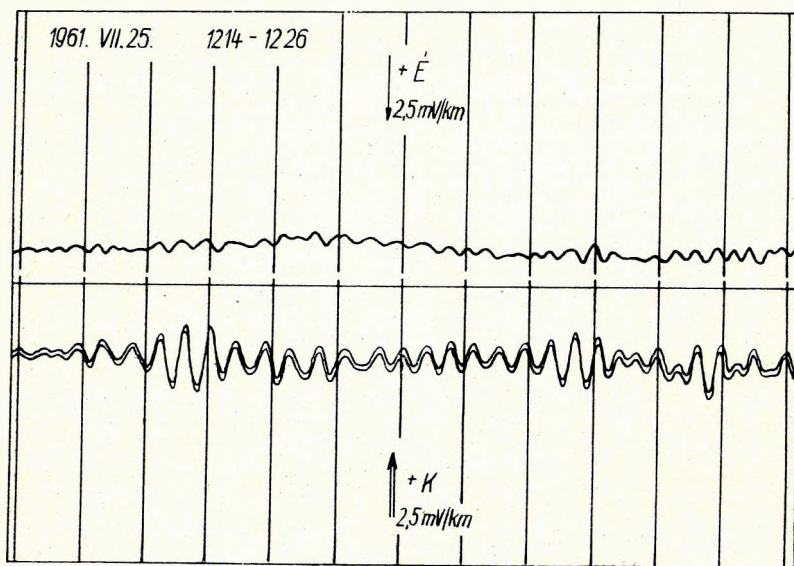
A kézirat 1965. VIII. 15-én érkezett.

(1906) és mások a normális, vagy kissé érzékenyebb magnetogrammok alapján elsősorban éjjel találtak egy perc körüli periódusú, gyorsan csillapodó változásokat. Ezzel szemben ESCHENHAGEN (1897) és többen, akik a pulzációk vizsgálatára külön műszereket szerkesztettek, nappal figyeltek meg hosszú ideig tartó, állandó amplitúdójú, 20–30 sec periódusú variációkat. Feltehetőleg éjjel nem sok mérést végeztek, úgyhogy BEMMELEN típusát nem találták meg.

A két típus végleges meghatározása és elkülönítése csak 60 évvel később, TROICKAJANAK (1953) sikerült. TROICKAJA javaslata alapján fogadta el az IUGG Geomágneses és Aeronómiai Asszociációja a *pt* (pulsation trains = pulzáció vonulatok) és *pc* (pulsations continues = állandó pulzációk) megjelölést a két jelenségre. 1963-ban az IUGG Berkeley-ben tartott gyűlésen ezeket az elnevezéseket módosították (JACOBS, 1964): a nappali, 20 sec körüli *pc* elnevezés helyett *pc 3*, a *pt* helyett *pi 2* (40–120 sec periódussal), illetve a rövidperiódusú (3–8 sec-os) variációkra a *pi 1* (pulsations irreguliéres) elnevezést ajánlják.

2. Azokon a napokon, amikor a mágneses tevékenység nem túlságosan nagy, a *pc 3* típus előfordulása nappalra, a *pt* típus normális alakjának előfordulása viszont éjszakára korlátozódik. Természetesen nem csupán ezek a pulzáció-típusok vannak. Ismét kizárva a viharos napokat, a következő pulzációk együttes megjelenése szokásos:

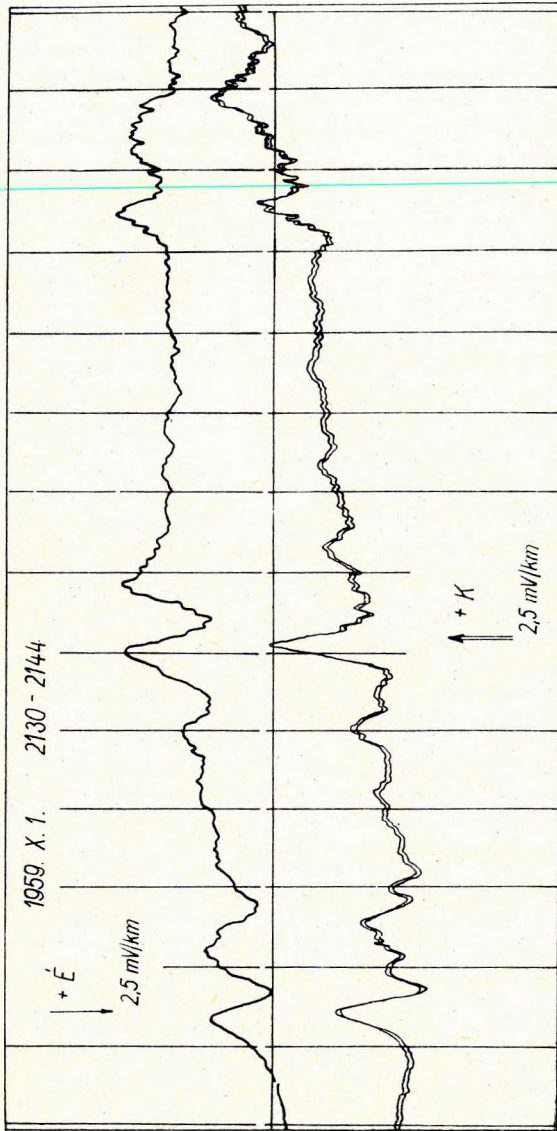
a) Nappali pulzációk (1. ábra): a *pc 3*, tehát a 20–30 sec-os változásokkal nagyon gyakran kb. 5 perces periódusú pulzációk is megjelennek (*pc 5*). Újabban, a napfolt-minimum felé haladva a 40–50 sec-os pulzációk is gyakoribbá válnak a Nagycenk melletti obszervatóriumban végzett megfigyelések szerint.



1. ábra. Szabályos jellegű nappali pulzációk (*pc 3*), 3–4 hullámból álló hullámcsoportokkal

Фиг. 1. Регулярные дневные пульсации (*pc 3*) с группами из 3–4 волн

Abb. 1. Regelmässige Tagespulsationen (*pc 3*) mit Wellengruppen aus 3–4 Wellen



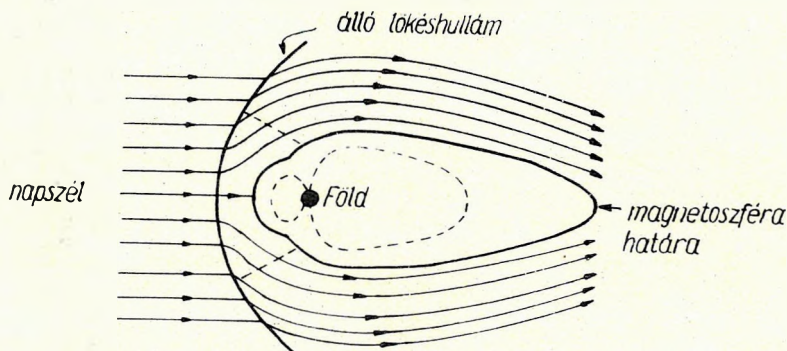
2. ábra. Gyors egymásutánban jelentkező három pt-pulzáció, a kisperiódusú pi 1 egyre határozottabb jelénekzésével

Фиг. 2. Три пульсации pt, быстро следующие друг за другом, со все более резко выделяющейся короткопериодной пульсацией pi 1

Abb. 2. Drei rasch nacheinander auftretende pt-Pulsationen mit immer mehr ausdrücklicher Erscheinung der kurzperiodischen pi 1 Pulsation

b) Éjszakai pulzációk (2. ábra). Éjszaka sokkal változatosabb a pulzációk előfordulása. A legjellemzőbb a pt. impulzusszerű kezdettel, viszonylag rövid, legfeljebb félórás tevékenységgel. Elsősorban a napfoltmaximum idején gyakori a pt-vel együtt a rövidperiódusú, ugyancsak csillapodó vibráció. Az impulzusszerű tevékenységen kívül a pi 1 variációk a nagyobb tevékenységű napokon egészen hosszú ideig is megmaradtak (általában 1 perces variációk nélkül), sőt viharos napokon még nappal is folytatódtak. Ezekon kívül elsősorban napkelte és napnyugta idején gyöngyök (pc 1) is megjelenhetnek.

A kétféle együttes közötti eltérések magyarázata régebben elég nehéznek látszott, ma azonban, amióta tudjuk, hogy a magnetoszféra alakja olyan víz-csepphez hasonlítható, amelynek elnyúlt vége a Nappal ellentétes, (AXFORD, 1962) (3. ábra), tehát éjszakai oldalon helyezkedik el, ez természetesnek látszik. A probléma ma inkább annak magyarázata; milyen mechanizmusok hozzák létre az egyes jelenségeket? A következőkben a két legjellegzetesebb típus, a pc 3 és pt sajátosságait elemezzük.



3. ábra. A magnetoszféra alakja AXFORD nyomán

Фиг. 3. Фигура магнитосферы по Аксфорду

Abb. 3. Die Form der Magnetosphäre nach Axford

3. Az első kérdés: vajon a pc 3 és pt között lehet-e időbelileg határvonalat húzni, vagy pedig a két jelenség fokozatosan alakul át? WARD (1963) elképzelése szerint akkor, amikor az erővonalak a magnetoszféra éjszakai, megnyúlt részébe vezetnek, a hosszabb periódusú pt alakul ki, ezzel szemben nappal az összenyomott, napfelőli oldalon a rövidebb periódusú pc 3 jön létre. SAITO (1962) véleménye szerint éjjel az erővonalak rezgése nem terjedhet ki az egész magnetoszférára, hanem csak az ionoszféra tetejétől a magnetohidrodinamikus hullámok sebességének maximumzónájáig, kb. 3000 km magasságig (így keletkezik a pi 1, 3–8 sec-os periódussal), s reggel a rezgések fokozatosan átmennek a pc 3-ba, amelynél már a teljes erővonal mentén játszódik le a jelenség. Mindkét elképzelés szerint a periódusok fokozatosan változnak meg, egyiknél a pi 2 rövidülésével, a másiknál a pi 1 hosszabbodásával, és emellett a pc 3-mal egyidejűleg egyik éjszakai típusnak sem szabadna fellépnie.

A Nagycenk melletti obszervatórium 6 év alatt összegyűlt gyors regisztrátumai alapján az éjszakai és a nappali tevékenység közötti átmenet jellegét vizsgáltuk. Az éjszakai tevékenységet úgy definiáltuk, hogy a periódus vagy 10 sec-nál kisebb, vagy 60–150 sec-os. Lehetséges, hogy a két sáv együttesen szerepel. Az utolsó ilyen feltételeket kielégítő pulzációcsoportot tekintettük az éjszakai tevékenység végének. Olyan esetekben, amikor a nappali tevékenység periódusa nagyon kicsi, vagy nagyon nagy volt, a szabályosság alapján vontunk határt; az ilyen esetek száma azonban egészen elenyésző. A periódus-kritérium alapján az esetek túlnyomó többségében könnyen megvonhatuk a határt. Az átmenetek jellegét a következőképpen csoportosítottuk:

- A az éjszakai tevékenység után pulzációmentes időszak, majd nappali pulzációk,
- B az éjszakai tevékenység után közvetlenül, átmenet nélkül, ugrás-szerűen megjelenő nappali tevékenység,
- C a pi 1-ből kifejlődő pc 3,
- D a pi 2-ből kifejlődő pc 3,
- CD a pi 1 és pi 2 periódusa felől egyszerre kifejlődő pc 3,
- E nappali és éjjeli típusú pulzációk együttes jelentkezése.

Ezekon kívül voltak nem besorolható esetek is (pl. nem volt éjszakai tevékenység). A nagyobb és kisebb napfoltszámú években ezeknek a típusoknak a gyakoriságát az I. táblázat mutatja.

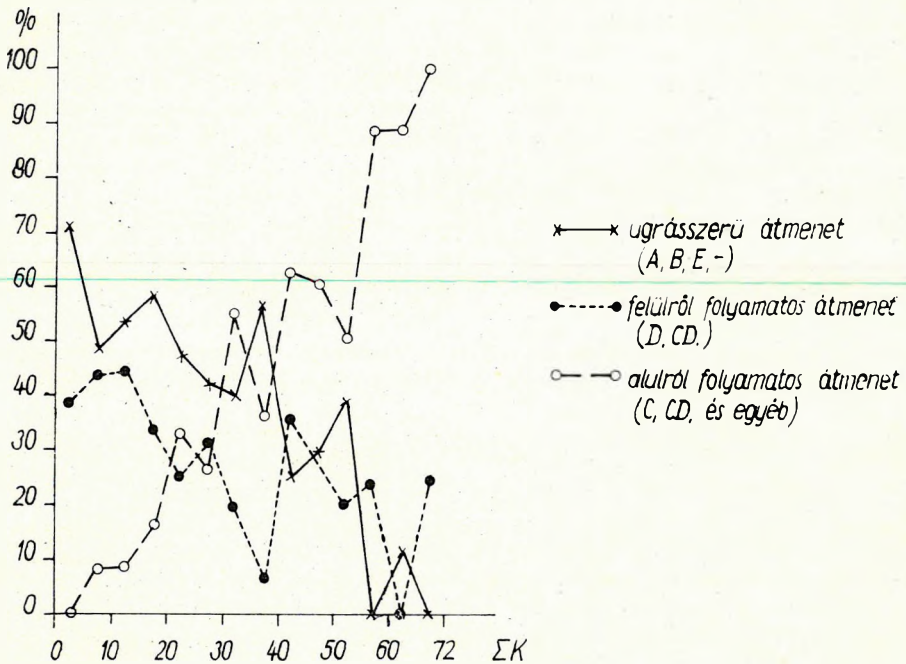
I. táblázat

Időszak	A	B	C	D	CD	E	Egyéb	Felülről, alulról		
								ugrás		folyamatos átmenet
								%	%	%
típusba tartozó esetek %-os aránya										
1957–1959	13	10	28	16	7	10	16	23	35	33
1960–1963	6	19	9	31	9	15	11	40	18	40

A táblázat szerint kb. fele-fele arányban fordulnak elő ugrásszerű és fokozatos átmenetek. Emellett kiderül, hogy a napfoltciklus alatt nagyon lényegesen megváltozott a fokozatos átmenetek jellege: a maximum idején az alulról, a minimum idején a felülről való átmenet volt gyakoribb. SAITO-nak a napfoltmaximum idején a C (alulról), WARD-nak a minimum közelében a D (felülről) típus tűnhetett fel, s erre alapozták fejtegetéseiket. Ez a megváltozás összefügg a spektrum általános megváltoztatásával a pulzációknál, mert a maximum évében a 4–12 sec körüli variációk nagyon gyakoriak voltak, a minimum felé haladva pedig egyre ritkultak. Ez a ritkulás nem magyarázható a tevékenység csökkenésével, mert azonos tevékenységre vonatkoztatva is jelentékeny marad a csökkenés.

Az átmenetek jellegét a napfoltszám mellett elsősorban a mágneses aktivitás mértéke szabja meg. A 4. ábrából látható, hogy nagy tevékenységnél az alulról folyamatos átmenet, vagy az egész nap megmaradó kisperiódusú tevékenység jellemző, míg kis tevékenységnél ezek a típusok nem is fordulnak elő.

Vizsgálataink szerint az átmenet időpontja független az évszaktól, tehát nincs összefüggésben a napkelte időpontjával, hanem szinte kizárólag a tevékenység függvénye (nagyobb tevékenységnél reggel későbbre tolódik).



4. ábra. A nappali és éjszakai típusú tevékenység közötti átmenet legfontosabb csoportjainak eloszlása

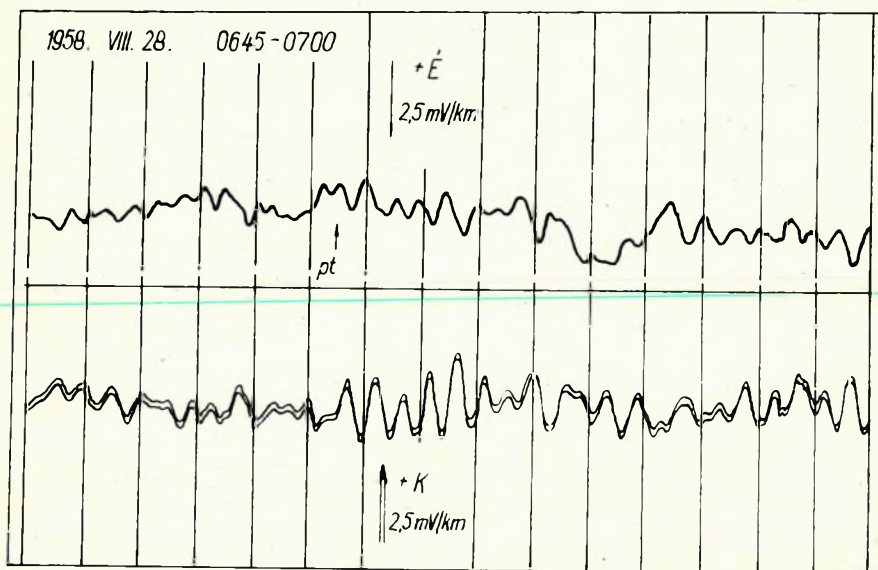
Фиг. 4. Распределение основных групп перехода от дневной активности в ночную, в зависимости от степени активности

Abb. 4. Die Verteilung der wichtigsten Gruppen der Übergänge zwischen der Tages- und Nachtaktivität

4. A következőkben a most ismertetett és más, itt részletesebben nem tárgyalandó vizsgálataink alapján a pt – pc típusú pulzációkkal kapcsolatban tett következtetéseinket ismertetjük.

A kétfajta jelenség szembeszökően elkülönül egymástól akkor is, ha a földfelszíni elterjedésüket vizsgáljuk. A pt-típusú pulzációk nagyon nagy távolságban is egyidejűleg jelentkeznek, a nappali féltekén legtöbbször nem a szokásos alakban, hanem oly módon, hogy nagyon könnyen erős, impulzuszerű pc-pulzációknak tekinthetők, (5. ábra) s a pt-eredet csak több obszervatórium megfigyeléseinek összehasonlítása alapján deríthető ki. Ezek szerint a pt világméretű jelenség, amelynek kifejlődéséhez a kedvező körülmények éjjel vannak meg; a nappali oldalon viszont a tipikus pt-k létrejöttéhez szükséges feltételek nincsenek meg.

A pt-kel kapcsolatban még megoldásra váró probléma: hogyan terjednek ezek az egyenlítőhöz közel fekvő területekre? NISHIDA (1964) az erővonalak irányára merőlegesen terjedő, módosult magnetohidrodinamikuss hullámokkal magyarázza a terjedést, s más japán kutatók álláspontja is általában ez.



5. ábra. Több obszervatórium által megfigyelt pt-pulzáció, amely Nagycenk mellett mint pc-impulzus jelentkezett (a korreggeli órákban)

Фиг. 5. Пульсация pt, наблюдаемая в ряде обсерваторий и появляющаяся в Надьценкской обсерватории (в раннеутренние часа) в виде импульсов pc

Abb. 5. pt-Pulsationen, die von mehreren Observatorien beobachtet wurden und die in Nagycenk (frühmorgens) als pc-Impulsen erscheinen

JACOBS és WATANABE (1964) a terjedést ionoszférikus áramrendszerrel magyarázza. Szerintünk az első feltevés látszik helyesebbnek, mert a pt-k csillapítása és az  $F2$  réteg elektrontartalma között nem sikerült összefüggést találni. Ezzel szemben az első impulzus amplitúdója függ az  $f_0F2$ -től (HOLLÓ, VERŐ, 1965).

A pc-típusú pulzációkat nagyobb távolságra csak nagyon ritkán sikerül korrelálni (eltekintve a már említett, átalakult pt-któl). A pc kizárólag a nap-pali féltekére szorítkozó, és még ott is eléggé szűken körülhatárolt területen fellépő jelenség. Jellemző, hogy Nagycenk, és a konjugált pontjához elég közel eső Hermanus között gyakran egyáltalán nem található párhuzam a pc-k eloszlásában (ÁDÁM, VERŐ, WALLNER, 1965).

Ma még nem tudjuk, a pc-k keletkezése hol megy végbe, melyik rezonáló üregben keletkeznek a pc-eket keltő magnetohidrodinamikusan hullámok. Nagyon sokféle elképzelés van SAITO és WARD már említett nézete mellett. Így pl. WESTPHAL és JACOBS (1962) a torzult dipoltérrel, ill. a plazmasűrűség változásával magyarázza a periódust. OBAYASHI és JACOBS (1958) egy régebbi tanulmánya feltételezi, hogy az 5 perc körüli periódusú, és sarkvidékeken (néha nálunk is) észlelhető pulzációk (pc 5) felharmonikusai a pc-k. A pc-k és pt-k közötti átmenet vizsgálata alapján SAITO (1962) és WARD (1963) nézete nem látszik bizonyítottnak, nyugodt időszakokban azonban mégis lehetséges talán

a felülről való átmenet, vagyis az, hogy a  $pt$ -k a magnetoszféra egészének rezgései. Megjegyezzük, hogy WARD is számol a magasabb felharmonikusok gerjesztésével aszerint, hogy mekkora a beérkező részecskeugárzás energiája (a nagyobb energiájú sugárzás mélyebben hatol be, s így az erővonalon a Föld felszínéhez közel eső részén keletkező zavar okozza a magasabb felharmonikus létrejöttét). Vizsgálataink szerint, amikor a  $pc$  és a  $pc 5$  együttesen jelenik meg – még a legbonyolultabb esetekben is – a  $pc$  felfogható, mint a  $pc 5$  több felharmonikusának eredője; valószínű tehát, hogy a  $pc$ -k valóban a magneto-hidrodinamikusan önperiódus felharmonikusai. (CZUCZORNÉ, VERŐ, 1965). Ezzel kapcsolatban nagyon jelentős a periódusok állandóságának vizsgálata különböző szélességeken, mert az eredmények nagyon ellentmondóak (VOELKER, 1962, KOMACK et al. 1964).

## IRODALOM

- ÁDÁM, A., VERŐ, J., WALLNER, Á. (1966): Az elektromágneses pulzációk térbeli eloszlásának vizsgálata (Geofizikai Közlemények, 14 (1966) 20, Bp.)
- AXFORD, W. I. (1962): The interaction between the solar wind and the Earth's magnetosphere (Journ. Geoph. Research, 67. 3791. Richmond).
- BEMMELEN, W. van, (1906): On pulsations. (Observations made at the Royal Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia, 29. 3. Batavia.)
- CZUCZOR, E-né, VERŐ, J. (1965): A földi elektromágneses tér pulzációinak kapcsolata a hosszabb periódusú változásokkal. (MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei, 35. 107.)
- ESCHENHAGEN, M. (1897): On minute, rapid periodic changes of the Earth's magnetism. (Terrestrial Magnetism, 2. 105. Baltimore.)
- HOLLÓ, L., VERŐ, J. (1965): Zusammenhänge zwischen elektromagnetischen Pulsationen und der F 2-Schicht. (Gerl. Beitr. z. Geoph. 74. 5. 353–356.)
- JACOBS, J. A., KATO, Y., MATSUSHITA, S., TROITSKAYA, V. A. (1964): Classification of geomagnetic micropulsations. (Geoph. Journal, 8. 341. London.)
- JACOBS, J. A., WATANABE, T. (1964): A model of geomagnetic micropulsation with long periods. (Can. J. Phys., 42. 200. Ottawa.)
- KOMACK, R. L., ORANGE, A. S., BOSTICK, F. X., CANTWELL, T. (1964): Simultaneous measurement and spectral analysis of micropulsation activity. (Nature, 460. London.)
- NISHIDA, A. (1964): Theory of irregular magnetic micropulsations associated with a magnetic bay (Journ. Geoph. Research, 69. 947. Richmond.)
- OBAYASHI, T., JACOBS, J. A. (1958): Geomagnetic pulsations and the Earth's outer atmosphere. (Geoph. Journal, 1. 53. London.)
- SAITO, T. (1962): Statistical studies of three types of geomagnetic continuous pulsations. (Sci. Rept. Tohoku University, Ser. V., 14. 81 Tokyo.)
- TROICKAJA, V. A. (1953): Dva kolebnyelnuh rezsimov elektromagnitnogo polja i ih szutocsnij hod po mirovomu vremenyi. (Doklady AN SzSzsZr, 93. 261. Moszkva.)
- VOELKER, H. (1962): Zur Breitenabhängigkeit der Perioden erdmagnetischer Pulsationen. (Naturwissenschaften 49. 8. Braunschweig.)
- WARD, S. H. (1963): Dynamics of the magnetosphere. (Journ. Geoph. Research, 68. 781. Richmond.)
- WESTPHAL, K. O., JACOBS, J. A. (1962): Oscillations of the Earth's outer atmosphere and micropulsations. (Geoph. Journal. 6. 360. London.)