Az obszervatóriumi vizsgálatok eredményeinek alkalmazása a geoelektromos terepkutatásban

CZUCZORNÉ, MILETITS JUDIT – VERŐ JÓZSEF**

A geomágneses variációk eredetének ismertetése után a tanulmány áttekinti a geomágneses tevékenység előrejelzésének lehetőségeit, különös tekintettel a pulzációkra. A geomágneses és pulzációs tevékenység előrejelezhetősége a naptevékenység szintjétől függően változik. Különösen jó az előrejelzési lehetőség kis naptevékenységű években, amikor hosszúéletű koronalyukakból eredő nagysebességű napszélnyalábok határozzák meg a tevékenységet.

После изложения причин геомагнитных вариаций статья рассматривает возможности прогноза геомагнитной активности, уделяя особое внимание пульсациям. Возможность прогноза геомагнитной и пульсационной активности изменяется в зависимости от уровня солнечной активности. Возможность прогноза особенно хорош в годах малой солнечной активности, когда активность определяется высокоскоростными струями солнечного верта, исходящих из долгосуществующих корональных дырок.

Following a summary of the origin of geomagnetic variations, the possibilities to predict the geomagnetic activity level with special emphasis on pulsations are reviewed. The changing predictability of the geomagnetic and pulsation activity is shown to depend on the solar activity, especially on the presence of longlived coronal holes, mainly in years with low solar activity.

A természetes elektromágneses tér különböző variációit alkalmazó indukciós módszerek alkalmazása szempontjából nem mellékes, hogy tudjuk, milyen volt a tevékenység típusa egy időszakban, illetve milyen tevékenység várható egy adott napon, illetve mikor várható egy bizonyos frekvenciasávban nagyobb tevékenység. A geomágneses obszervatóriumokban összegyűlt anyag, kiegészítve megfelelő napfizikai és magnetoszféra-fizikai ismeretekkel lehetővé teszi, hogy ezen a téren felmérjük lehetőségeinket. Evvel a kérdéssel intézetünk már régebben is foglalkozott (Verő, 1968; Ádám és Holló, 1973).

A következőkben elsősorban a geomágneses tevékenység egészével, a *Pc 3–4* típusú és a *Pc 1* típusú pulzációkkal foglalkozunk összefüggéseik és az előrejelzés szempontjából.

A geomágneses tevékenység meglehetősen széles spektrumú változások összességéből áll. Nem értjük bele a nem-korpuszkuláris eredetű nyugodt (és zavart) napi szabályos változást, amelynek erős nyári maximuma van, emellett naptevékenységi maximum idején ugyancsak jóval nagyobb.

A geomágneses tevékenység legjelentősebb összetevője a *substorm-típusú* tevékenység. Ez lényegében a magnetoszféra csóvájában lejátszódó kitörésszerű folyamat megnyilvánulása; általában 30 perctől 3 óráig tart. Közvetlen okozója a sarkifényöv felett kialakuló elektrojet, illetve ennek az áramrendszernek a közepes szélességeken is megnyilvánuló hatása. A substormok szoros kapcsolatban állnak a bolygóközi mágnestér irányával; ha ez a mágnestér déli (tehát a Föld északi sarkától a déli felé mutató iránnyal párhuzamos, és ilyen irányítottságú) komponenst tartalmaz, akkor ezek a bolygóközi erővonalak összekapcsolódnak a magnetoszférabeli mágneses erővonalakkal, részecskegyorsítás játszódik

* MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete, Sopron

le, a magnetoszféra csóvájában energia gyűlik össze, és 30 perccel a déli komponens megjelenése után elkezdődik az első substorm, amelyet mintegy órás időközökben még több is követhet.

A substormokban megjelenő energia elsődleges forrása a Napból eredő részecskeáramlás, a napszél. Minél nagyobb a napszél sebessége (és részecskesűrűsége), annál nagyobb energiamennyiség juthat a magnetoszférába az összekapcsolódás révén. Így a geomágneses tevékenység kapcsolatban van a napszélsebességgel, ezen keresztül pedig a naptevékenység ciklusával. Azonban nemcsak a vázolt módon, hanem a napszél inhomogenitásainak hatására (pl. lökésfrontok áthaladásakor) is megnő a geomágneses tevékenység, csakhogy ilyenkor a lökésfront áthaladását hirtelen ugrásszerű viharkezdet jelzi, míg a nagy napszélsebesség folytán fellépő tevékenység nem hirtelen, hanem fokozatos kezdetű. Az utóbbi, tehát a fokozatos kezdetű geomágneses viharok a Nap koronalyukaival, a hosszú időn át hiába keresett M-régiókkal kapcsolatosak. A koronalyukak sajátságos erővonal-elrendeződése folytán nagysebességű napszéláramok erednek belőlük, s ezek a Föld környezetébe jutva okozzák a nagy geomágneses tevékenységet. A koronalyukak a naptevékenység maximuma utáni időben, egészen a napfénytevékenységi minimumig jelennek meg, hosszú életűek, sok napkörülfordulást (27 nap) is megélhetnek, így ilyenkor a geomágneses tevékenységnek 27 napos periodicitása erős. Evvel szemben a hirtelen kezdetű viharok általában napkitörésekkel, tehát egyszeri jelenségekkel kapcsolatosak, ennek megfelelően nincs, vagy nagyon gyenge a 27 napos visszatérési hajlamuk.

Bár a geomágneses tevékenység többé-kevésbé követi a naptevékenységi ciklust, mégsem pontos közöttük a kapcsolat. Különösen feltűnő a geomágneses tevékenység késése a naptevékenységhez képest, ami éppen avval van kapcsolatban, hogy a koronalyukak a naptevékenység leszálló ágára jellemzőek. Úgyhogy az is megtörténhetik, mint az 1968-as naptevékenységi maximumnál, hogy a tevékenység maximuma csak 1973–74-ben jelentkezett, a szokatlanul nagy koronalyuk aktivitás miatt.

A geomágneses pulzációk *Pc 3–4* típusának keletkezését még nem sikerült véglegesen tisztázni. [Verő, 1978]. Annyi azonban kétségtelen, hogy legalábbis jelentős részük nem a magnetoszférán belül, hanem vagy annak határán (*Kelvin–Helmholtz instabilitás* révén), vagy azon kívül (a napszél és a magnetopauzáról visszavert protonok ciklotron, vagy más néven két-nyaláb-instabilitása útján) keletkeznek. [Golikov et. al., 1980]. A befelé terjedés során jelentős átalakulás megy végbe. A mágneses erővonalak mentén helyi rezonancia alakul ki, bizonyos periódusokat kiemelve; ezek a periódusok a mágneses szélesség függvényében változnak, hosszabb szélességen nagyobbak, illetve a plazmapauzánál bekövetkező részecskesűrűség-csökkenés miatt a rezonáns periódus a megfelelő felszíni metszéspontok körül szintén csökkenik [Orr, 1973]. Emellett az ionoszféra is módosítja a pulzációkat.

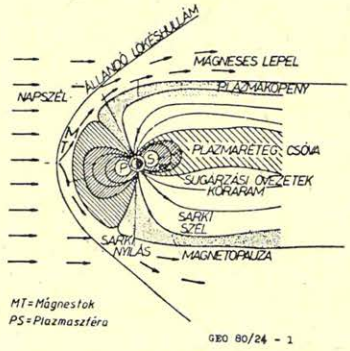
A pulzációk egy része magnetoszférán belüli eredetű lehet, pl. a plazmapauza mozgása, vagy a nagyobb energiájú részecskék sűrűségének erős változása, esetleg a napszél és a vele kapcsolatos mágnestér robbanásszerű behatolása folytán. A két típus elválasztására egyelőre nincs biztos lehetőség (*1. ábra*).

Az elmondottakon kívül, elsősorban a szabálytalan *Pc 1*-típusú pulzációk esetében más keletkezési mechanizmusokkal is kell számolnunk, pl. energetikus részecskéknek a föld környezetében való behatolásával kapcsolatban.

A pulzációk tevékenységét befolyásoló tényezők között a legfontosabb a napszél sebessége; az amplitúdó nagyjából a sebesség négyzetével arányosan

változik. Így közvetve kapcsolat van a geomágneses tevékenységgel is, amely ugyancsak (lineárisan) változik a napszélsebesség függvényében.

Ok-okozati kapcsolatban a tevékenységgel azonban csak a pulzációk kis része van, inkább nagy geomágneses tevékenység esetében.



1. ábra. A magnetoszféra szerkezete

Рис. 1. Сирyктура магнитосферы

Fig. 1. Structure of the magnetosphere

A pulzációk periódusát elsősorban a bolygóközi mágnestér nagysága szabályozza: nagyobb térerősség esetén a periódus rövidebb (természetesen egy adott állomáson, mert a periódus a szélesség függvényében is változik). Mivel nagyobb bolygóközi mágneses térerősség esetén az erővonal-összekapcsolódás is hatékonyabb, a geomágneses tevékenység növekedésével a pulzációk periódusa csökken, egyúttal a magnetoszféra mérete is kisebbedik. Mindezek ismét csak látszólagos kapcsolatok, pontosabban közös okra vezethetők vissza, s nem ok-okozati kapcsolat áll fenn.

A pulzációk tevékenységének változását a naptevékenységi ciklus alatt még nem nagyon ismerjük. Mivel elsődlegesen a napszélsebesség határozza meg a tevékenységet, ennek változását kellene ismernünk a ciklus során. Annyi kétségtelen, hogy a napszélsebesség a leszálló ágban átlagosan is nagyobb; azonban az 1973–74-es rendkívül nagy átlagos napszélsebesség, és az ennek megfelelő nagy pulzációs tevékenység mindenképpen kivételes volt. Napfoltmaximum idején, tehát éppen jelenleg is, télen (vagy esetleg november–február között globálisan, az egész Földön) a pulzációk tevékenysége kisebb az egyidejű napszélsebességek alapján vártnál. Ilyenkor a nagy ionoszferikus-plazmaszférikus részecskesűrűség folytán vagy a rezonancia nem tud kialakulni, vagy csillapítás lép fel az ionoszférában. A csökkenés mértéke mintegy 30–50%-ot érhet el.

A *Pc 1* (gyöngy) típusú pulzációkat a plazmapauza környezetében lejátszódó részecske-hullám kölcsönhatások hozzák létre, ennek megfelelően leggyakrabban a plazmapauza környezetének erővonalai felszíni beérkezése helyén, vagyis valamivel a sarkifény-övezet alatt, a 65° szélesség táján a leggyakoribbak. Onnan valószínűleg az ionoszférán keresztül terjednek az alacsonyabb szélességekre. Időbelileg a plazmapauza instabilitás állapota, különösen kifelé való mozgása kedvező kialakulásuknak. Emiatt geomágneses viharok után, de többnyire már nyugodtabb időszakokban jelentkeznek. Bizonyos, némileg eltérő sajátságú típusaik (pl. az *IPDP*, a csökkenő periódusú erőteljes pulzáció-sorozatok) viszont éppen a geomágneses viharokra jellemzőek.

Az elmondottak alapján a következőket várjuk a geomágneses tevékenység és a *Pc 3 – 4* illetve *Pc 1* pulzációk kapcsolatában, valamint 27 napos visszatérési hajlamával kapcsolatosan. A felhasznált adatok a *Nagycenk melletti obszervatórium* 23 éves adatsorából származnak. [Holló et. al., 1972; Verő, 1972; Cz. Miletits et al., 1978.].

A geomágneses tevékenység növekedésével általában nő a pulzációs tevékenység. Evvel együtt, amint már szó volt róla, a periódusok általában rövidebbek, és a pulzációk kevésbé szabályosak. Jellemző az is, hogy a pulzációkban „utóhatás" jelentkezik, vagyis a tevékenység szintjének csökkenése a pulzációk esetében némileg, 1 – 2 nappal késik a geomágneses tevékenységhez képest. Ennek az utóhatásnak a keletkezése még nem tisztázott, lehet látszólagos (vagyis a bolygóközi tér paraméterei viharok után nem az átlagos értékűek, ennek hatása lenne a nagyobb tevékenység), eredhet a plazmapauza kifelé mozgásából (viharok idején a plazmaszféra kiürül, a plazmapauza jóval kisebb magasságba kerül, utána alulról, az ionoszféra felől részecskék áramlanak felfelé, s újra feltöltik, felfújják a plazmaszférát), esetleg más módon is. Mindenesetre a két jelenség közötti ilyen kapcsolat bizonyos rövid távú előrejelzésre lehetőséget ad. A *Pc 1* esetében az utóhatás még egyértelműbb, és megjelenése kétségtelenül a plazmapauza mozgásával kapcsolatos.

A 27 napos visszatérés akkor és azokra a tevékenységfajtákra jellemző, amelyek a koronalyukakkal és a nagysebességű napszél-áramokkal kapcsolatosak. Ezek szerint a naptevékenységi ciklus csökkenő ágában várhatunk erős 27 napos visszatérési hajlamot. Ez vonatkozik a geomágneses tevékenységre, de a pulzációkra *(Pc 3 – 4)* is, hiszen ezek amplitúdója a napszél sebességének négyzetével arányos. A *Pc 1* esetében az utóhatás során megjelenő tevékenység maximum 27 napos visszatérésű viharok esetén szintén ismétlődik.

Ezek mellett a rövidebb távú előrejelzési lehetőségek mellett nem szabad elfeledkeznünk arról sem, hogy a geomágneses-pulzációs tevékenységnek vannak hosszabb periódusai, éves-évszakos, és más periódusú, pl. 11 éves változásai is. Így a geomágneses tevékenységnek határozott maximuma van tavasszal és ősszel, minimuma pedig télen és nyáron. A pulzációk évszakos változása jelentéktelen a naptevékenység maximumának időszakától eltekintve; a maximum idején nálunk téli minimum lép fel, de nem egyértelmű, hogy ez valóban téli-e, tehát a déli féltekén június – júliusban jelentkezik-e, vagy ott is december januári minimum van-e. Mindenesetre ennek a téli minimumnak a fellépésével akkor kell számolni, ha az ionoszféra *F2* rétegének f_0F2 határfrekvenciája 9 MHz fölé emelkedik helyi dél körül. Még annyi különbség is van a pulzációs tevékenységben tél és nyár között, hogy télen általában később kezdődik a *Pc 3 4* tevékenység, de nem fejeződik be sokkal előbb, vagyis nincs egyszerű kapcsolat a nap hosszával.

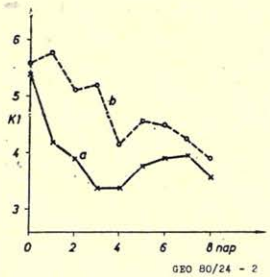
A *Pc 1* tevékenységben a legjelentősebb a naptevékenységi ciklus hatása; közepes szélességeken, naptevékenységi maximum idején alig lép fel *Pc 1*. Más időszakokban viszont határozott téli maximum jelentkezik, többszörösen gyakoribb a *Pc 1* tevékenység december – januárban, mint nyáron.

Az elmondottak alapján várható, hogy bizonyos mértékű kapcsolat egy tetszőleges nap és az utána következő nap(ok) geomágneses és pulzációs tevékenysége között még akkor is van, ha valódi előrejelzésre nincs lehetőség. Némileg a helyzet ahhoz a meteorológiai előrejelzéshez hasonlítható, amely nyáron meleget, télen hideget jósol; ennek beválása elég jó, minden különösebb tudományos megalapozás és az időjárás mechanizmusának ismerete nélkül is. Így az

ilyen, a megtartási hajlamból következő látszólagos előrejelzést meg kell különböztetnünk a valóditól (bár természetesen gyakorlatilag az első is használható).

Nézzük végig néhány, az elmondottak alapján várt hatás jelentkezését a Nagycenk melletti obszervatórium adatai alapján. A vizsgálatokat általában egy-egy éves időszakokra végeztük, pontosabban ilyen időszakokból válogattuk ki a megfelelő helyzeteket. Egyes vizsgálatokat több évre is elvégeztünk a naptevékenység függvényében jelentkező különbségek szemléltetésére. Az évek kiválasztását elsősorban a rendelkezésre álló adatok, másodsorban pedig a naptevékenységi ciklusban elfoglalt helyzetük szabta meg.

Először lássuk az utóhatás jelentkezését a *Pc 3–4* pulzációkban. A *2. ábrán* bemutatjuk az 1979. évre a zavart napok (a ΣT tellurikus tevékenységi index 30 vagy nagyobb) után a *K 1* napi pulzációs index lefutását külön azokra az esetekre, amikor a zavart nap utáni 5 napon nem volt újabb zavart nap, illetve ez alatt még egy zavart nap volt (ha még több zavart nap fordult elő a kulcsnap utáni 5 nap alatt, az utóhatás már elmosódik). Azt látjuk, hogy az elszigetelt zavart nap után gyorsan, a másik esetben kissé lassabban csökkenik a pulzációs tevékenység 5,5-es indexről 3,4 – 4,2-re (ez 2,0 mV/km-es amplitúdóról 0,9 – 1,4 mV/km-re való csökkenést jelent), majd az 5 – 7. napon újabb 0,4 index-egységes emelkedés következik. Ez a mintegy 20%-os emelkedés jelenti az utóhatást. Jelentkezésének időpontja tipikus ebben az évben: annyit kell még hozzátennünk, hogy a látszólag kis, csupán 20%-os emelkedés azért jelentős, mert az utóhatás során többnyire szabályos pulzációk jelentkeznek, szemben a vihar alatti sokszor szabálytalan, valószínűleg lokális eredetűekkel, s emiatt indukciós kutatások céljára az utóhatás idején jelentkező pulzációk jobban használhatók.



2. ábra. Az utóhatás jelentkezése a *Pc 3–4* típusú pulzációkban az 1979-es évre

a) a K_1 napi pulzációs index lefutása azokra az esetekre, amikor a zavart nap utáni 5 napon nem volt újabb zavar,

b) a K_1 napi pulzációs index lefutása azokra az esetekre, amikor a zavart nap utáni 5 napon még egy zavart nap volt

Рис. 2. Возникновение последействия в пульсациях типа *Pc 3–4* на 1979 год

а) Кривая суточного пульсационного индекса *KI* в случаях, когда 5 дней после дня с помехой новая помеха не была,

в) Кривая суточного пульсационного индекса *KI* в случаях, когда 5 дней после дня с помехой был ещё один день с помехой.

Fig. 2. The appearance of the after-affect in the pulsations, year 1979

a) Average value of the daily pulsation index K_1 folloving disturbed days as key days, when during the next 5 days no more disturbed days occurred

b) Key days are here disturbed days after which at least one more disturbed day occurred in 5 days

A *Pc 3–4* típusú pulzációkban jelentkező utóhatásnál határozottabb és egyértelműbb a *Pc 1* típusban fellépő utóhatás. Ennek szemléltetésére az 1976–77-ben végzett regisztrálás eredményeit mutatjuk be, ugyancsak $\sum T > 30$ alapon kiválasztott kulcsnapok után. Itt a jelentkező különbségek miatt külön csoportba kell sorolni a kérdéses kulcsnap előtt és után fellépő, hasonló tevékenységű napok száma szerint eltérő eseteket. Mint tipikus szélsőségeket, a *3. ábrán* bemutatjuk a *Pc 1* tevékenység alakulását a következő három esetben:

a) elszigetelt zavart nap, sem előtte, sem utána nincsen 5 napon belül újabb zavart nap
b) tevékenység eleje: előtte nincs 5 napon belül zavart nap, utána 2 vagy több következik
c) tevékenység vége: előtte 2 vagy több zavart nap, utána nincsen zavart nap.

3. ábra. A *Pc 1* tevékenység alakulása

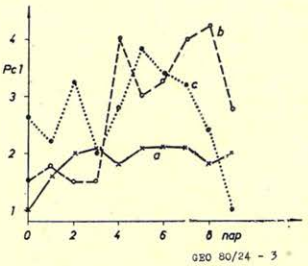
a) elszigetelt zavart nap esetén
b) tevékenység eleje
c) tevékenység vége

Рис. 3. Формирование *Pc 1*-активности

а) в случае изолированного дня с помехой
в) начало активности
с) конец активности

Fig. 3. The distribution of the *Pc 1* activity

a) Following isolated disturbed days
b) After first disturbed days (beginning of activity)
c) After last disturbed days (end of activity)



A *b* és *c* esetben egyaránt két csúcs lép fel, 4 illetve 2, valamint 8, illetve 5 nappal a kulcsnap után. Ez azt jelenti, hogy a zavar vége után lép fel nagy *Pc 1* tevékenység, 2, illetve 5 nap múlva. Egyetlen elszigetelt zavart nap nem elegendő ahhoz, hogy erős utóhatás alakuljon ki.

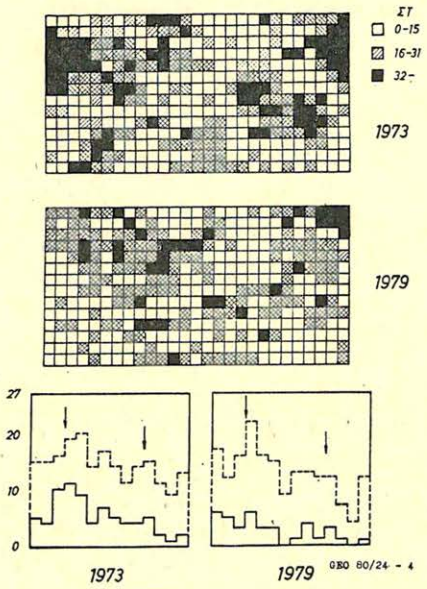
Végeredményben tehát egy-egy erősebben zavart, viharos nap után 5–7 nappal lehet számítani mind a *Pc 1*, mind a *Pc 3–4* típus esetében erősebb tevékenységre.

Áttérve a 27 napos visszatérés vizsgálatára, két év, az 1973-as és az 1979-es adatait hasonlítjuk össze. Az első annak az időszaknak a része, amikor kivételesen erős volt a nagysebességű napszél-áramok előfordulása, a második a napfoltmaximum idején, szinte teljesen mentes a 27 napos visszatérési hajlamtól.

Ezt mutatja a *4. ábra*, ahol a gyenge, közepes és erős tevékenységű napok eloszlását mutatjuk be a 27 napos periódus szerint rendezve. Megjegyzendő, hogy egyik év sem képvisel szélsőséget: 1973-nál erősebb volt a 27 napos periódus a következő, 1974-es évben; az év első felében volt egy hosszúéletű tevékeny góc, míg a következő évben végig két ilyen góc is fellépett. 1979 első felében még volt némi 27 napos ismétlődés, míg a második félévben ez teljesen eltünt, s ez az állapot folytatódott 1980-ban is. A naptevékenység maximuma éppen 1979 végére, 1980 elejére esett. Az *5. ábrán* a két időszakban látjuk 3 csoportba sorolt napok után 27 nappal a tevékenység eloszlását. Elég egyetlen adatot kiemelni számszerűleg is: nyugodt napok után 1973-ban 6%-ban, zavartak után 47%-ban következett újabb zavart nap 27 nap múlva; evvel szemben 1979-ben a megfelelő értékek 7 és 10%. Ez a különbség is jól szemlélteti a két helyzet közötti eltérést. Még azt is figyelembe kell vennünk, hogy a különbségek egy része ered-

het nem 27 napos, hanem annál hosszabb periodicitásból, pl. a féléves hullámból is, mert tavasszal és ősszel nagyobb a zavart napok gyakorisága bármikor, így a zavart nap után 27 nappal is.

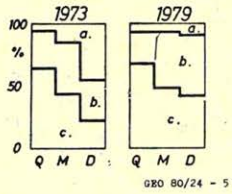
Ha most nem a geomágneses tevékenységet, hanem a pulzációkat vizsgáljuk, akkor szem előtt kell tartanunk, hogy a kettő közötti kapcsolat részben közvetett (közös okra, a napszél sebességének változására) vezethető vissza, részben látszólagos (viharok idején nem szabályos *Pc 3–4* típusú, hanem szabálytalan, s éppen ezért lokális, nem használható pulzációk lépnek fel), s csak egészen kis részben jelentkezik valódi, fizikai kapcsolat. Ennek ellenére termé-



4. ábra. Gyenge, közepes és erős tevékenységű napok eloszlása a 27 napos periódus függvényében, az 1973-as és 1979-es évekre

Рис. 4. Распределение слабых, средних и сильных дней в зависимости от 27-дневного периода на 1973 и 1979 гг.

Fig. 4. The distribution of days with low, medium and high activity in the 27-days solar rotation in the years 1973 and 1979

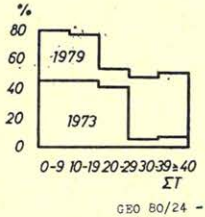


5. ábra. 1973-ban és 1979-ben a tevékenység eloszlása gyenge, közepes és erős tevékenységű csoportba sorolt napok után 27 nappal

Рис. 5. Распределение активности 27 дней после дней причисляемых к группам слабой, средней и сильней активности в 1973 и 1979 гг.

Fig. 5. The geomagnetic activity levels in 1973 and 1979 27 days after low, medium and high activity days

szetesen a látszólagos kapcsolatok alapján is lehet előrejelzést készíteni. A *6. ábrán* azt tüntettük fel, különböző tevékenységű napok után 27 nappal, milyen arányban várható kis pulzációs tevékenység 1973, illetve 1979 adatai alapján. Jól látszik, hogy 1973-ban, amikor nagy volt a pulzációs tevékenység, akkor ez az érték kis tevékenység esetén 43% volt, nagy tevékenységnél 6 – 7%-ra csökkent, vagyis az előrejelzési lehetőség jó volt. 1979-ben kis tevékenység után 78%, nagy



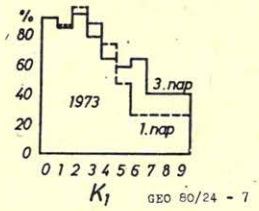
6. ábra. Különböző tevékenységű napok után 27 nappal a kis pulzációs tevékenység gyakorisága az 1973-as és 1979-es évekre

Рис. 6. Частота малой пульсационной активности 27 дней после дней с различными деятельностями на 1973 и 1979 гг.

Fig. 6. The probability of low pulsation activity at the 27-th days after days with different activity levels

tevékenység után 50% volt a kis pulzációs tevékenységű napok száma. Ezek szerint ilyen naptevékenység maximuma körüli években is van előrejelzésre bizonyos lehetőség, de ez javarészt a geomágneses és pulzációs tevékenység hosszú periódusú változásaiból származik: a jelen esetben 1979 első felében nagyobb volt a geomágneses tevékenység, a második felében kisebb, ami naptevékenységi maximum idején elég szokatlan: ugyanakkor erősen jelentkezett november – decemberben a már említett téli minimum, s ez az összeesés hozta létre a látszólagos elfogadható előrejelezhetőséget. Ezt bizonyítja a *7. ábra*, ahol a kulcsnap utáni 3. napon mutatjuk be ugyanezt az eloszlást: ha a pulzációs tevékenység nagyon kicsi (0 index), 90%-ban követi 3 nap múlva kis tevékenység, ha nagyon nagy (7 – 9), mindössze 40%-ban. Ez az összefüggés jelzi, hogy 1979-ben valóban látszólagos kapcsolattal van dolgunk, de természetesen ez az előrejelzést nem befolyásolja.

Visszatérve még egyszer a rövid távú előrejelzés lehetőségére, a *7. ábrán* feltüntettük az 1 napos késéssel várható kis tevékenység gyakoriságát is. Kétség-



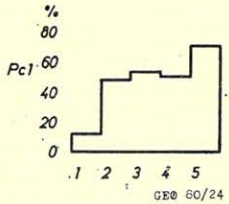
7. ábra. A kis pulzációs tevékenység gyakorisága különböző tevékenységű kulcsnapok utáni 3. napon és 1. napon az 1973-as évre

Рис. 7. Частота малой пульсационной активности 3 дня и 1 день после ключевых дней с разными активностями на 1973 год.

Fig. 7. The probability of low pulsation activity after key-days with diferent activity levels in 1973

telen, hogy bizonyos különbség van a két eloszlás között olyan értelemben, hogy 1 nappal előre jobban jelezhető a várható pulzációs tevékenység, a különbség azonban nem túlságosan nagy, így az előrejelzés itt is megmutatkozóan hosszú periódusú tevékenység változásokon alapul.

Az 1 napos megmaradási hajlam különben a *Pc 1* esetében a viharutóhatás mellett jelentős előrejelzési lehetőséget nyújt; 1976 – 77-ben *Pc 1* mentes napok után 11, közepes *Pc 1* tevékenység után 50, erős *Pc 1* tevékenység után 71%-ban volt várható a következő napon is *Pc 1* tevékenység. (*8. ábra.*) Ez a megmaradási hajlam azonban csak részben magnetoszférikus eredetű, valószínűleg szorosabban kapcsolódik az ionoszféra paramétereihez.



8. ábra. Az 1 napos megmaradási hajlam a *Pc 1* típusú pulzáció esetében az 1976 – 77-es évekre

Рис. 8. Тенденция сохранении пульсации типа *Pc 1* на 1976 – 77 гг.

Fig. 8. Persistency of the *Pc 1* activity for one day in the years 1976 – 77.

Összefoglalva az előrejelzés lehetőségeit az egyes vizsgált csoportokban:

I. *Pc 1*

1. 1 napos előrejelzés: *Pc 1* tevékenység utáni napon, különösen ha a tevékenység erős volt, újabb *Pc 1* tevékenységre lehet számítani (50, illetve 70%).

2. 3 – 8 napos előrejelzés: geomágnesesen tevékeny napok után néhány nappal a *Pc 1* megjelenésének valószínűsége nő (50 – 90%-os valószínűségre).

3. 30 – 35 napos előrejelzés: geomágneses tevékenység után (eltekintve a naptevékenység maximumának időszakától) 27 nappal újabb nagy tevékenységű időszak várható, ez után 3 – 8 nappal pedig megnőtt a *Pc 1* tevékenység.

II. *Pc 3 – 4*

1. 1 napos előrejelzés: a *Pc 3 – 4* tevékenységnek hosszabb periódusú (féléves, éves) hullám, valamint a napszél sebességének megmaradási hajlama folytán nagy tevékenységű napok után néhány napig szintén nagyobb tevékenység várható.

2. 5 – 8 napos előrejelzés: geomágneses tevékeny napok után ennyi idővel némileg megnő a *Pc 3 – 4* tevékenység, elsősorban a szabályos pulzációké.

3. 27 napos előrejelzés: olyan időszakokban, amikor nagy időtartamig megmaradó koronalyukak okozzák a geomágneses tevékenységet, a geomágneses tevékenységgel együtt a 27 napos napkörülfordulás múltán a pulzációs tevékenység növekedése is várható.

Az elmondottakon kívül, előrejelzés készítésénél figyelembe kell venni még a hosszú periódusú változásokat is, de ezek a leírt előrejelzési lehetőségekben automatikusan benne vannak, mert periódusuk (1/2, 1, 11 év) sokkal hosszabb, mint azok. Különösen jelentős közöttük a tevékenység napéjegyenlőség körüli csúcsa, a *Pc 1* téli maximuma és naptevékenységi maximuma idején fellépő minimuma,

amely a jelenség szinte teljes megszűntét jelentheti, valamint a *Pc 3, 4* téli minimuma a naptevékenység maximuma idején.

Az elmondottak alapján az várható, hogy jelenleg, 1980-ban a 27 napos napkörülforduláson alapuló előrejelzés szinte lehetetlen; a rövidebb, 1 – 8 napos előrejelzésnek lehetősége megvan. Ugyancsak számolni kell a naptevékenység maximumára jellemző periodicitásokkal: nagyon kevés a *Pc 1*, a *Pc 3 – 4* típusnak pedig téli minimuma van.

1980 tavasza óta a *Geofizikai Kutató Vállalat* részére hetente adunk előrejelzést a várható tevékenységről, valamint összefoglalást az elmúlt időszak tevékenységéről. Ezek az előrejelzések nagyon kevés kivétellel eleve a „nagyon bizonytalan" minősítést kapták. A *Pc 3 – 4* esetében még külön meg kell említeni, hogy mivel téli időszak nem esett bele az előrejelzésekbe, a téli minimumot sem tudtuk kihasználni. Így nem meglepő, hogy előrejelzéseink beválása nagyon gyenge volt;

ha az előrejelzett tevékenység gyenge, 55%-ban volt gyenge pulzációs tevékenység
ha közepes, 61%ban, ha erős, 60%-ban.

Várható, hogy a naptevékenység minimuma felé haladva ennél lényegesen jobb eredmény lesz elérhető mind a *Pc 3 – 4*, mind a *Pc 1* tevékenység előrejelzésében. Megjegyzendő még, hogy 1980-ban a tavaszi tevékenységi maximum sem volt meg.

Az elérhető eredmények becslésére az 1974-es év alapján az április – szeptemberi, tehát az 1980-as előrejelzésekkel egyező időszakból elvégeztük ugyanezt az előrejelzést, majd az eredményeket az előzőekben ismertetett módon összehasonlítottuk a tényleges pulzációs tevékenységgel. Itt gyenge előrejelzett tevékenység esetén 48%-ban, közepes esetén 8, erős esetén 11%-ban találtunk kis pulzációs tevékenységet (1974-ben sokkal nagyobb volt a pulzációs tevékenység!). Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a gyenge tevékenységű napok 75%-át itt sikerült előrejelezni, míg 1980-ban csak 43%-át. A ténylegesen várható eredmények nagyjából ezen két adat között helyezkednek el a naptevékenység függvényében.

IRODALOM

Ádám, A., Holló, L.: On the prognosis of micropulsations activity (27 days recurrence tendency connection between activity indices and spectra) Acta Geod. Geoph. Mont. Hung., 8 (1973) 207.

Cz. Miletits, J., Holló, L., Tátrallyay, M., Verő, J.: Experimental results with the characterization of geomagnetic micropulsations. VI. Summary of results, recommendation. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung., 13 (1978) 231.

Golikov, Y. Y., Plyasova-Bakounina, T. A., Troitskaya, V. A., Chernikov, A. A., Pustovalov, V. V., Hedgecock, P. C.: Where do solar wind-controlled micropulsations originate? Planet. Space Sci., 28 (1980) 535.

Holló, L., Tátrallyay, M., Verő, J.: 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.

Orr, D.: Magnetic pulsations within the magnetosphere: A review. J. Atm. Terr. Phys., 35 (1973)1.

Verő, J.: Az elektromágneses tér pulzációinak előrejelzéséről. Geof. Közl., 17 (1968) 63.

Verő, J.: Experimental results with the characterization of geomagnetic micropulsation. III. Effect of the geomagnetic activity on pc 3 – 4 and pi-2 type geomagnetic micropulsations. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung., 7 (1972) 177.

Verő, J.: A bolygóközi mágnestér hatása a geomágneses tevékenységre II. Fizikai Szemle 28 (1978) 137.