

SLOVENSKÉ ÚSTREDIE AMATÉRSKEJ ASTRONÓMIE

HURBANOV O

SLNEČNÁ AKTIVITA
A JEJ GEOAKTÍVNE PREJAVY

Zborník referátov

Celoštátny seminár

Bardejov

máj, 1978

6

SLOVENSKÉ ÚSTREDIE AMATÉRSKEJ ASTRONÓMIE

H U R B A N O V O

S L N E Č N Á A K T I V I T A

A J E J G E O A K T Í V N E P R E J A V Y

Zborník referátov zo seminára

Bardejov

máj, 1978

pt. č. 4746

Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy
KNIHOVNA HVĚZDÁRNY NA PETŘE
118 46 Praha 1, Petřín 205

g. 1/1

Slovenské ústredie amatérskej astronómie v spolupráci so Slničnou sekciou SAS pri SAV a Slničnou sekciou ČAS pri ČSAV usporiadalo celoslovenský slnečný seminár s celoštátnou účasťou "Slnečné aktivity a jej geoaktívne prejavy". Seminár sa uskutočnil v dňoch 17.-20. mája 1978 v Bardejovských kúpeľoch.

V tomto zborníku sú uverejnené referáty, ktoré odzneli na seminári a Slovenské ústredie amatérskej astronómie v Hurbanove ďakuje touto cestou všetkým za dodanie materiálov.

Z o z n a m

účastníkov celoslovenského seminára

Dr. Ambrož Pavel, CSc.	AÚ ČSAV Ondřejov
Dr. Csere Elemír	KH Hlohovec
Fabini Tatiana	SÚAA Hurbanovo
Fecko Milan	KMA Prešov
Fialková Štefánia	KH Prešov
Gajdoš Štefan	KMA Prešov
Dr. Halenka Jaroslav, CSc.	GFU ČSAV Praha
Haulitzszové Irena	SÚAA Hurbanovo
Havrilák Michal	OH Humenné
Hazucha Pavol	KH Hlohovec
Ing. Chrenka Ľudovít	AÚ SAV Tatranské Lomnica
Chromek Igor	KH Banské Bystrica
Ilenčík Jozef	ÚEF SAV Košice
Joták Oskar	KMA Prešov
Kecskei Elemír	AK Bratislava
Klimeš Ján	OH Úpice
Ing. Knoška Štefan, CSc.	AÚ SAV Tatranské Lomnica
Kochan Štefan	OH Žiar nad Hronom
Dr. Korcová Tatiana	PF Nitra
Dr. Kotrč Pavol	AÚ ČSAV Ondřejov
Dr. Krajčovič Silvester, CSc.	GFU SAV Bratislava
Kulčár Ladislav	AÚ SAV Tatranské Lomnica

Dr. Laštovička Jan, CSc.	GFÚ ČSAV Praha
Le Bach Yen	ved. ašpir. AÚ ČSAV Ondřejov
Dr. Letfus Vojtěch, CSc.	AÚ ČSAV Ondřejov
Ligus Peter	KMA Prešov
Litavský Milan	AK Košice
Lukáč Bohuslav	SÚAA Hurbanovo
Majerikové Magda	KH Hlohovec
Malik Ľubomír	KMA Prešov
Markové Eva	OH Úpice
Maštenová Katarína	PKO Bratislava
Mlejnek Vladimír	OH Úpice
Dr. Mréz Ľudovít	UPSS Košice
Némor Jozef	MH Žilina
Neubauer Milan	OH Valažské Meziříčí
Očenáš Daniel	KH Banské Bystrica
Dr. Pajdušákové Ľudmila, CSc.	AÚ SAV Tatranské Lomnica
Dr. Prigancová Alla, CSc.	GFÚ SAV Bratislava
Prikryl Pavol	AÚ SAV Tatranské Lomnica
Dr. Rušin Vojtech, CSc.	AÚ SAV Tatranské Lomnica
Dr. Rybanský Milan, CSc.	AÚ SAV Tatranské Lomnica
Samková Alena	OH Úpice
Scheirich Ladislav	AÚ SAV Tatranské Lomnica
Dr. Stollérová Naďa	UPSS Košice
Svíčková Katarína	KH Hlohovec
Dr. Sýkora Július, CSc.	AÚ SAV Tatranské Lomnica

Titka Eugen

Vaškuty Alexander

Vávrová Barbora

Veselý Štefan

Závodský Jozef

Zloch František

AK Nitra

AK Rimavská Sobota

CH Levice

MH Žilina

OOS Bratislava

CH Rimavská Sobota

Slnnečné aktivita a jej geoaktívne prejavy

Ľ. PAJDUŠÁKOVÁ

Astronomický ústav SAV Tatranské Lomnica

Úvodné slová k porade

Už po štvrtý krát sa schádzajú astronómi zaoberajúci sa výskumom Slnka a jeho vplyvov na Zem a to ako z vedeckých ústavov astronomických a geofyzikálnych ČSAV i SAV, tak i hvezdární riadiacich Ministerstvom kultúry a Ministerstvom školstva. Účel takéhoto stretnutia je vzájomné oboznamovanie sa s výsledkami z oboru fyziky Slnka vzťahov Slnko - Zem dosiahnutých na našich pracoviskách a najaktuálnejších problémoch výskumu Slnka vôbec.

Pri štvrtom stretnutí ešte nemôžeme hovoriť o tradícii, ba ešte ani nie o zvyku, ale iste - na základe skúsenosti a výsledkov z minulých porád - si všetci prajeme, aby tieto slnečné semináre sa stali tradičnými, aby sa opakovali každý rok. Pri tejto príležitosti považujem za vhodné upozorniť na prvú pracovnú poradu "slniečkárov" dvoch susedných štátov - ČSSR a Poľska - a troch bratských národov, ktorú v roku 1960 vyvolal prof. J. Mergentalev z Wroclawy. Porady sa najprv uskutočňovali striedavo v ČSSR a v Poľsku - posledné však

už i v iných socialistických krajinách /MLR, NDR, ZSSR/ a v súčasnej dobe pripravujú IX. poradu poľskí kolegovia. Tu možno povedať, že sa tieto pracovné slnečné porady stali už tradičnými, rozšírili sa nie len čo do počtu účastníkov, ale i zastúpení štátov. Ich význam časom stúpал a dnes sú začlenené do programu KAPG. Porady prešli i vnútorne určitým vývojom: posledné sú venované vymedzenému problému fyziky Slnka.

Som presvedčená, že i tieto pracovné porady bez zahraničnej účasti sa stanú tradičnými a to nie len z dôvodu prospešnosti pre astronomické pracoviská, ale hlavne preto, že Slnko sa stalo doslova "prvou hviezdou" v astronómii - že sa vzťahy Slnko - Zem stali prvoradým problémom v astronómii.

Príčiny, prečo Slnko vystúpilo do popredia záujmu astronómov, prečo výskum Slnka sa radí medzi najdôležitejšie a najzávažnejšie riešené vedecké problémy vôbec, je niekoľko - z ktorých uvádzam nasledovne:

Slnečná energia

Jeden z najzávažnejších problémov ľudstva súčasnej doby je energia. Spotreba energie, ktorá je mierou životnej úrovne, nezadržateľne stúpa. Tradične používané zdroje energie majú obmedzenú kapacitu, vyčerpajú sa a to pomerne veľmi rýchlo /uhlie, ropa/. Náhradných zdrojov je niekoľko: jadrová energia, geotermálna, energia vetrov a morských prúdov a energia slnečná.

Energia slnečná sa zdá byť najnádejnejšou a to z nasledujúcich príčin: Slnko je prakticky pre ľudstvo večným zdrojom energie a to bez odpadu a možného nebezpečia a Slnko Zem ožiaruje prakticky s nezmenenou intenzitou žiarenia, inými slovami, prúd slnečnej energie je nepretržitý a stabilný. Je poučné uviesť, že všetka spotreba energie v súčasnej dobe na celom svete za jeden rok sa práve vyrovná slnečnej energii, ktoré dopadne na Zem za jedinú štvrt-hodinu. Premena slnečnej energie na energiu upotrebitelnú nie je problémom astronomickým, ale fyzikálnym a technickým, ktorý bude iste v budúcnosti úspešne doriešený. Ľudstvo so slnečnou energiou pre budúcnosť vážne počíta a to ako na Zemi, tak i v kozmickom priestore, kde sa používa už v súčasnej dobe. A tak Slnko nebude len zdrojom tepla a svetla, ktoré pre život na Zemi sú základnou podmienkou, ale sa stane i výdatným pomocníkom pri zabezpečovaní spotreby energie a to ako v malom množstve v jednotlivých domácnostiach, tak i vo veľkom merítku v priemysle, doprave, poľnohospodárstve atď.

Kedysi ľudstvo uctievalo Slnko ako najvyššie božstvo inštinktívne vycítiať jeho nesmierny význam pre holú existenciu života na Zemi - v budúcnosti človek k Slnku bude pútaný ešte ďalšou závislosťou - energiou, ktorej spotreba vyspelosťou ľudskej spoločnosti bude stúpať.

V oblasti využívania slnečnej energie naša vlasť zaostáva za niektorými zemiami v tomto smere progresívnymi

/ZSSR, USA, Francúzsko, Holandsko/ i keď problém energie u nás nie je menší.

Je preto povinnosťou práve našej generácie astronómov, neprestajne poukazovať na možnosti využívania slnečnej energie - a to nie len líčením grandióznych projektov budúcnosti, ale poukazovať na jednoduché malé, domáce zariadenia, ktoré v konečnom výsledku by znamenali veľkú úsporu energie získavanej klasickými zdrojmi.

Základný výskum Slnka

Dôležitosť výskumu Slnka je tiež dané faktom, že Slnko je jedinou hviezdou na ktorej zatiaľ môžeme sledovať jednotlivé javy a prebiehajúce deje a to i v detailoch a v časovej postupnosti. Slnko je najbližším objektom vo vesmíre, na ktorom môžeme sledovať hmotu za extrémnych podmienok. Výskum Slnka môže teda zásadne prehovoriť v problémoch základného výskumu a zvlášť v astrofyzike.

Uvediem v tejto súvislosti aspoň jeden príklad. Hlavne na základe výskumu Slnka bola vytvorená teória o jadrových procesoch prebiehajúcich vo vnútri hviezd, ktorými tieto uvoľňujú žiarivú energiu. Predpokladané termonukleárne procesy prebiehajúce v jadre Slnka uvoľňujú i určité množstvo neutrín. Dosiaľ používanými detektormi sa nepodarilo zo Slnka zachytiť adekvátne množstvo neutrín.

Niektorí autori za jedno z možných vysvetlení uvádzajú, že predpokladané termonukleárne reakcie vo vnútri Slnka

neprebiehajú a potom by bolo treba problém žiarenia hviezd riešiť iným spôsobom. Prevažná väčšina autorov sa však domnieva, že chybu treba hľadať v nedokonalosti experimentu na zachytenie neutrín. Na zdokonalení tohoto experimentu sa horúčkovite pracuje na niekoľkých miestach sveta, pretože má zásadný význam pre celú astrofyziku.

Vzťahy Slnko- Zem

V súčasnej dobe význam výskumu Slnka rastie i z dôvodov čiste praktických, ktoré problémy sme si v posledné roky zvykli zhrňovať do pojmu "vzťahy Slnko - Zem".

Dnes už nikto nepochybuje, že určité vzťahy existujú, problémom však ostáva miera vplyvu slnečnej aktivity na jednotlivé zemské procesy. Jedni autori sa domnievajú, že geoaktívne vplyvy Slnka sa preceňujú, iní zase, ako napr. akademik Popov, predseda komisie pre Interkozmos vyhlásil: riadiaci pult všetkých dejov na Zemi treba hľadať na Slnku. Otázky vzťahov Slnko - Zem sú veľmi komplikované, náramne zložité, doslova tiahnuce sa od procesov prebiehajúcich na Slnku, cez jeho rozsiahlu atmosféru, cez priestor medzi Slnkom a Zemou, cez zemskú magnetosféru až do troposféry, biosféry, ba až do vnútra živých bytostí a myslí ľudí. Je to veľké množstvo stále otvorených otázok, problémov čiste astronomických, problémy geofyzikálne, meteorologické až po problémy biologické a medicínske. Tento problém vzťahov Slnko - Zem stáva sa typickým interdisciplinárnym problémom,

vyžadujúci si stretávanie zástupcov rôznych vedných disciplín, a to i tradične kladených na temer protilahlé póly - ako napríklad astronómia a medicína. Spoločné pracovné porady sú tým potrebnéjšie, pretože treba ujednotiť pracovnú metódu, záznamy údajov, ich spracovanie atď.

Úlohou súčasnej doby je zistiť kvalitatívnu i kvantitatívnu mieru vplyvu slnečnej aktivity na Zem. A vzhľadom k tomu, že tento problém sa môže každého z nás dotýkať i čiste osobne /možné vplyvy na srdco-cievny a nervový systém človeka/ interes o výskum Slnka je veľmi živý i v najširších vrstvách verejnosti. A tu astronómi stoja v súčasnej dobe pred druhou závažnou úlohou voči verejnosti: je potrebné, aby odborníkmi bola verejnosť správne informovaná a aby odborné kruhy otvorene hovorili i o ťažkostiach a nedoriešených problémoch v tomto smere.

Odborníci, zvlášť astronómi si musia uvedomiť, že riešenie problémov vzťahov Slnko - Zem, sú cesty a cestičky, ktorými astronómia bude postupne prenikať do praktického života ľudstva. Vedľa výskumu vplyvu slnečnej aktivity je treba súčasne riešiť i problém prognóz a to ako prognóz vlastnej aktivity Slnka, tak i prognóz jej dôsledkov na Zem v najširšom zmysle slova.

Riešenie týchto problémov si vyžaduje nie len veľké odborné znalosti, ale i množstvo pozorovaní Slnka a dostatočné množstvo štatistického materiálu zbieraného tu na Zemi, - na observatóriách, v ambulanciách, na cestách atď. Nie je to práca jednoduchá. A hoci vieme, že problém nebude vyriešený

ani za rok, ani dva, uvedomujeme si význam každého jedného krôčika vpred - a čím skôr je hoci malý jednotlivý krok vpred urobený, tým je dôležitejší. Môžeme povedať, že ačkoľvek sa o vplyvu slnečnej činnosti hovorí už viac ako sto rokov, k riešeniu problému v celej šírke sa prišlo až v dobe súčasnej.

Výsledky, ktoré prinesie budúcnosť na základe rozboru veľkého množstva údajov zo Slnka a Zemi získaných na Zemi i v kozmickom priestore, možno, že nepotvrdia všetky dnešné domnienky, možno že v mnohom svoje názory budú musieť odborníci poopraviť. Inými slovami, ďalší široký a dobre organizovaný výskum z množstva oblasti rôznych domnienok nás dovedie k poznaniu a istote.

Cieľom dnešného stretnutia je oboznámiť sa s najnovšími výsledkami v oblasti výskumu vzťahov Slnko - Zem, poukázať na problémy, ktoré treba riešiť a diskutovať o pracovných metódach, zvlášť takých, ktoré sú nám dostupné.

Slunce a jeho geoaktivizující emise

P. AMBROŽ

Astronomický ústav ČSAV Ondřejov

Úvod

Sluneční záření jako celek patří k základním faktorům, které se podílejí na vytváření našeho životního prostředí. Poměrně složitost sluneční činnosti a řada neznámých a často jen tušených souvislostí vedou však k přirozenému zájmu široké veřejnosti o vlivy aktivity Slunce na procesy na Zemi. Od počátku tohoto století se ve vědecké literatuře objevují práce, jejichž těžiště leželo zpočátku mezi geofyzikou a astronomií a v poslední době se staly hraničním oborem i pro meteorologii a medicínu. Máme zde na mysli práce, které uvádějí do vztahu sluneční aktivitu a její působení na zemskou magnetosféru, atmosféru i biosféru. Počet vědeckých prací věnovaných této problematice jde do stovek a i když budeme velmi kritičtí a řadu postupů i výsledků zavrhneme, stále zůstává dostatečné množství uspokojivě průkazných zjištění o tom, že variace sluneční aktivity vyvolávají odpovídající celoplanetární geofyzikální a klimatické variace, jejichž logickým důsledkem jsou i příslušné změny v oblasti biosféry. Mnohdy nemístně atraktivní publicita těchto výsledků způsobila, že se od tohoto výzkumu očekává více, než můžeme dnes seriózně

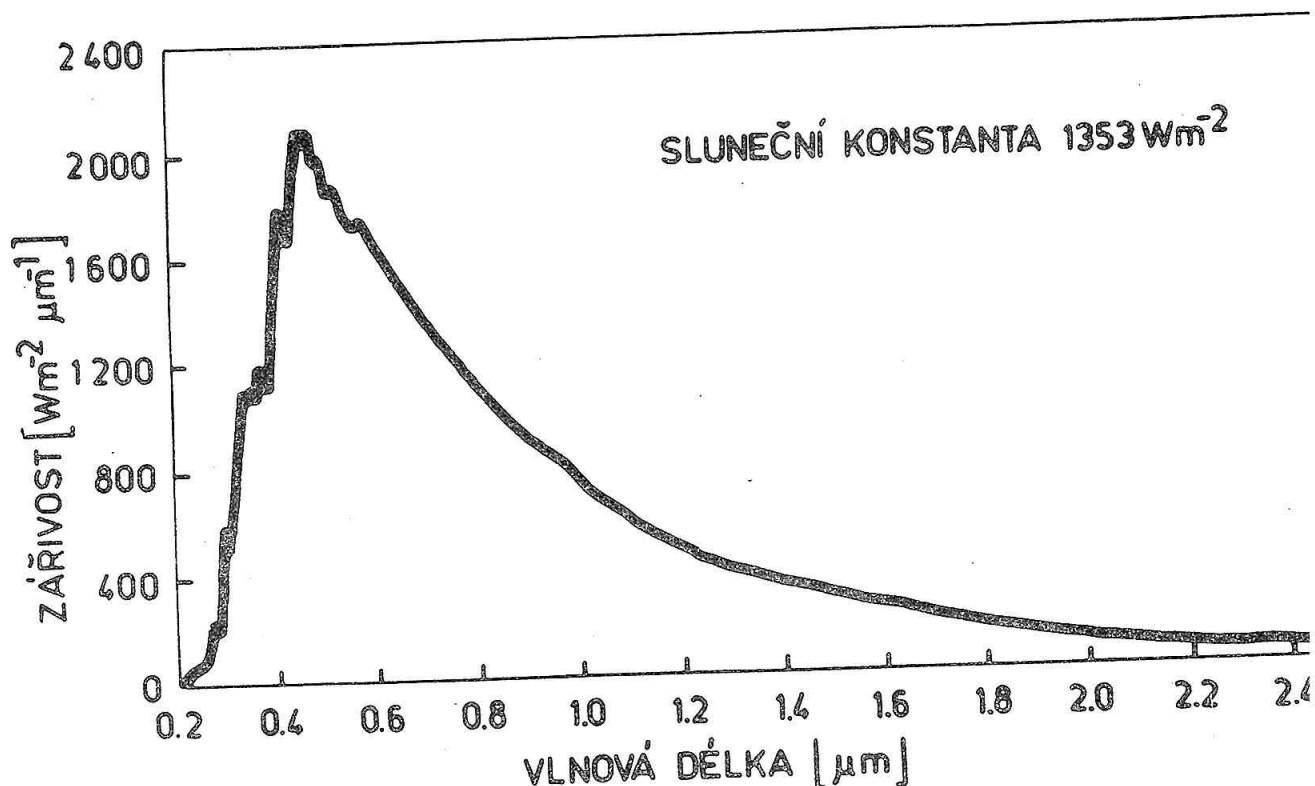
zaručit. Je třeba si ale uvědomit, že se jedná převážně o výsledky statistické a předmětem dalšího studia a vědecké diskuse, kdy zůstává nalezení konkrétního mechanismu a stanovení účinnosti, se kterou se tyto vztahy realizují v každodenní praxi. Tato etapa si vyžádá daleko těsnější spolupráci a vzájemné pochopení odborníků všech zainteresovaných oborů než tomu bylo doposud.

Astronomovi nepřísluší hovořit o této problematice v celé šíři a omezíme se proto pouze na tu část otázek, které se týkají sluneční činnosti a meziplanetárního prostoru, jež je přirozeným prostředím pro šíření důsledků sluneční aktivity k Zemi.

2. Sluneční konstanta a její proměnlivost

Spektrální složení slunečního elektromagnetického záření je z fyzikálního hlediska poměrně jednoduché a v prvním přiblížení odpovídá záření absolutně černého tělesa při teplotě kolem $6\ 000^{\circ}\text{K}$. Tato skutečnost byla experimentálně potvrzena a na obr. 1 je uvedena naměřená křivka, kterou přijaly NASA a American Society of Testing and Materials v r. 1974 jako oficiální standard. Integrální hodnota energetického toku je nazývána sluneční konstantou a má hodnotu $1353\ \text{Wm}^{-2}$. Sluneční konstanta je základní veličinou používanou jak v astrofyzice tak i v meteorologii a informace o přesnosti její absolutní hodnoty případně o její časové proměnlivosti mají principiální význam. Uvedená hodnota reprezen-

tuje s nepřesností asi 2% řadu hodnot odvozených na základě dlouhodobých měřicích programů z výškových letadel, balonů a satelitů prováděných v USA i SSSR v uplynulých dvaceti le-



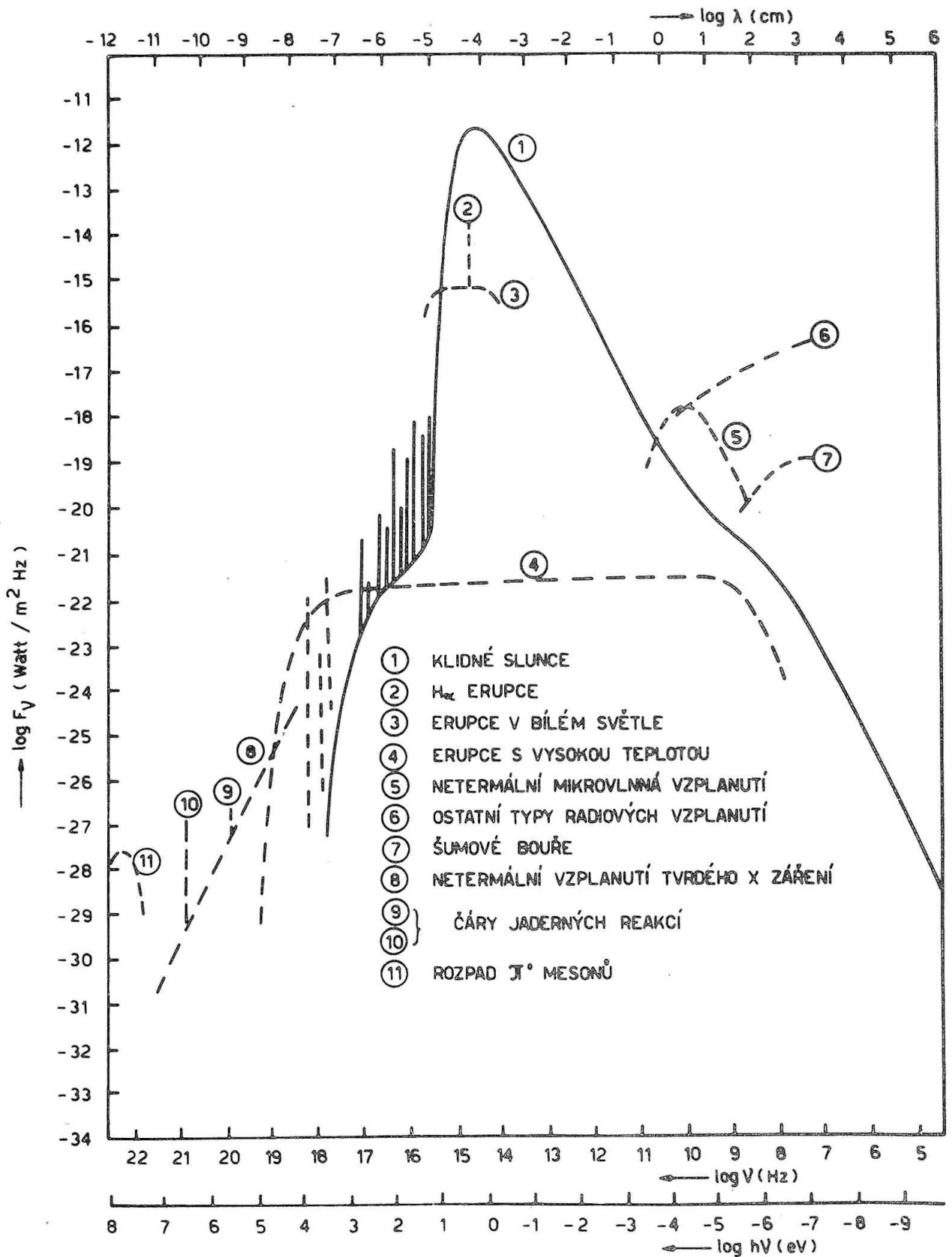
Obr. 1. Standardní křivka rozložení energie slunečního elektromagnetického záření v závislosti na vlnové délce. Rozložení odpovídá hodnota sluneční konstanty 1353 Wm⁻².

Otázka časové stability sluneční konstanty byla studována především na nejrozsáhlejším materiálu, který v průbě-

hu 50-ti let shromáždil C. G. Abbot s pracovníky Smithsonian Institution v USA. Existují ovšem i jiné pozorovací řady pořízené v západní Evropě a v SSSR, které byly analyzovány ze stejných hledisek. Výsledek těchto šetření je krajně neuspokojivý. Nelze říci, že by změny sluneční konstanty nebyly zjištěny, avšak řada výsledků si odporuje a nelze z nich vyvodit dostatečně objektivní závěr. Totéž lze říci i o studiu změn sluneční konstanty v závislosti na relativním čísle slunečních skvrn, které je mnohdy používáno jako index charakterizující úroveň sluneční aktivity.

Problém změn sluneční luminosity v závislosti na výskytu aktivních oblastí byl studován i z opačné strany. Z grafu na obr. 1 je zřejmé, že převážná část toku, který tvoří sluneční konstantu, pochází z viditelné a infračervené oblasti spektra.

Ze známých hodnot kontrastu mezi poměrně tmavými slunečními skvrnami, klidnou fotosférou a jasnými slunečními fakulemi a ze statistik o ploše a četnosti slunečních skvrn a fakulí byla stanovena dolní hranice proměnlivosti sluneční luminosity v tomto oboru. Vzhledem k tomu, že výskyt fakulí a skvrn je příčinně vázán, dochází ke kompenzaci vzrůstu toku vyvolaného fakulemi poklesem toku v důsledku relativně tmavých skvrn, takže proměnlivost sluneční luminosity v tomto oboru není větší než 0,1 %. Proměnlivost spektrálního rozložení slunečního záření vlivem sluneční aktivity je daleko názorněji vidět na obr. 2, kde stupnice na obou osách jsou logaritmické.



Obr.2. Graf rozložení energie slunečního elektromagnetického záření vyneseny v logaritmické stupnici. Je zahrnuta i proměnlivá složka působená sluneční aktivitou.

Odtud je zřejmé, že výrazné změny toku energie se projevují především v krátkovlnné / X a UV / a radiové oblasti spektra. Příčiny a forma těchto změn nejsou jednoduché a jsou stěžejním předmětem výzkumu astrofyziků v oboru sluneční aktivity.

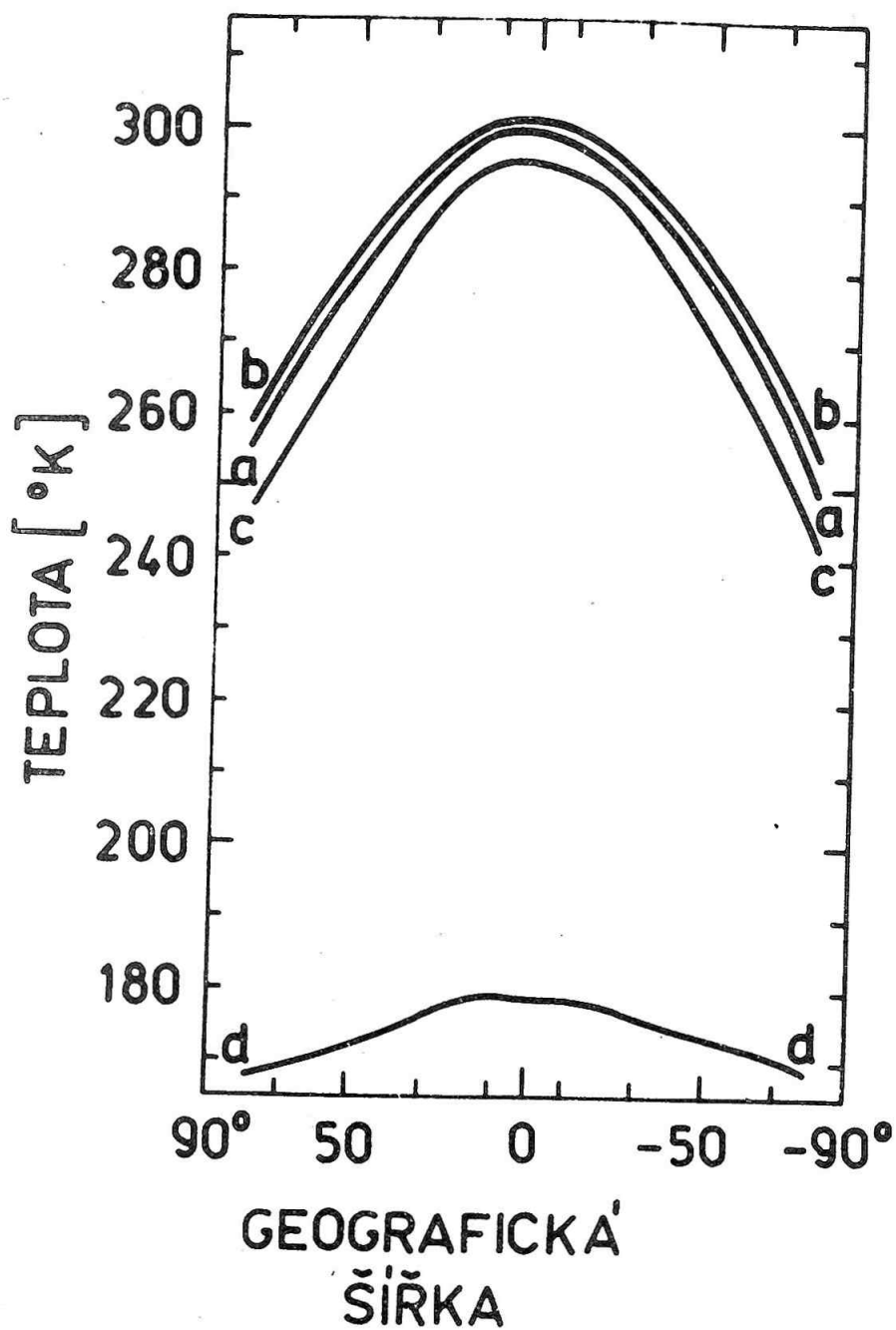
Relativní hodnoty změn jsou poměrně značné a této skutečnosti je někdy využíváno pro argumentaci vlivu sluneční aktivity na Zemi. Tak např. v ultrafialovém oboru / $0,12 \mu\text{m}$ / sluneční záření se mění o faktor větší než 2, v rentgenovém oboru / pod $0,01 \mu\text{m}$ / více než o jeden řád, v radiové decimetrové oblasti o 1,5 řádu, v metrové oblasti téměř o 3 řády a v dekametrové oblasti dokonce o 4,5 řádu. Takové variace jsou nesporně emotivní, avšak je třeba zdůraznit, že jejich vliv na změnu sluneční konstanty je zanedbatelný. Problém spočívá v tom, že energetický tok právě o těchto proměnlivých je co do absolutní hodnoty velmi malý a např. oblast s vlnovou délkou kratší než $0,12 \mu\text{m}$ se podílí na celkové hodnotě sluneční konstanty asi 0,0005 %. Podíl v radiovém oboru je ještě menší.

Diskusi proměnlivosti sluneční konstanty v důsledku sluneční aktivity lze tedy uzavřít konstatováním, že jsou dobré objektivní důvody předpokládat, že tato změna je i při značném optimismu menší než 1 %, což je ale hodnota, které zároveň udává i hranici současných měřících možností této veličiny.

Zda se jedná o změnu nepodstatnou, nelze ale tak jednoduše rozhodnout. Mechanismus, který zajišťuje určitý stav klimatu je značně složitý a poměrná stabilita klimatu je zajišťována řadou účinných zpětných vazeb. V nedávné době bylo realizováno několik pokusů vypracovat dostatečně reprezentativní matematické modely tvorby klimatu. Takové modely si ce nepostrádají řadu zjednodušujících předpokladů, avšak nelze o nich říci, že jsou bezcenné. Skýtají totiž řadu informací o kvalitativních poměrech při změnách klimatu a o jejich stabilitě. Jedním z výsledků těchto propočtů je zjištění, že klima při současné hodnotě sluneční konstanty je ve stavu asymptotické rovnováhy.

Na obr. 3 jsou jako příklad znázorněny změny v rozložení stacionárního stavu teploty v závislosti na změně hodnoty sluneční konstanty. Jestliže tyto změny jsou v rozmezí $\pm 1\%$ dochází k výkyvu globální střední teploty o 1 - 2% oproti současnému stavu.

Při poklesu sluneční konstanty o více než 1,6 % jsou ale vypočtené změny drastické a globální střední teplota klesá na 174 K a je překročen bod tuhnutí vody na celé Zemi. Samozřejmě, že takové pesimistické údaje nelze akceptovat iž proto, že např. roční variace celkového energetického toku slunečního záření působená výstředností zemské dráhy odpovídá změně sluneční konstanty v rozmezí $\pm 3,5\%$ a v podstatě není sto narušit rovnováhu celoplanetárního klimatu.



Obr. 3. Změny v rozložení globální teploty na Zemi v závislosti na změně hodnoty sluneční konstanty pro stacionární model klimatu. Křivka a/ odpovídá dnešní hodnotě, b/ hodnotě o 1% vyšší, c/ hodnotě o 1% nižší a d/ hodnotě nižší než 1,6 %.

Právě tento markantní rozdíl mezi hodnotami pro trvalou a proměnlivou změnu sluneční konstanty akcentuje význam časového faktoru. Jak bude uvedeno dále, je proměnlivost sluneční aktivity jedním z jejích základních charakteristických rysů a všechny již diskutované argumenty pro proměnlivost sluneční konstanty v důsledku sluneční aktivity obsahují časový faktor jehož variabilita jak bude ukázáno dále, je řádově 10 dnů.

3. Statistické indexy sluneční aktivity a jejich cykličnost

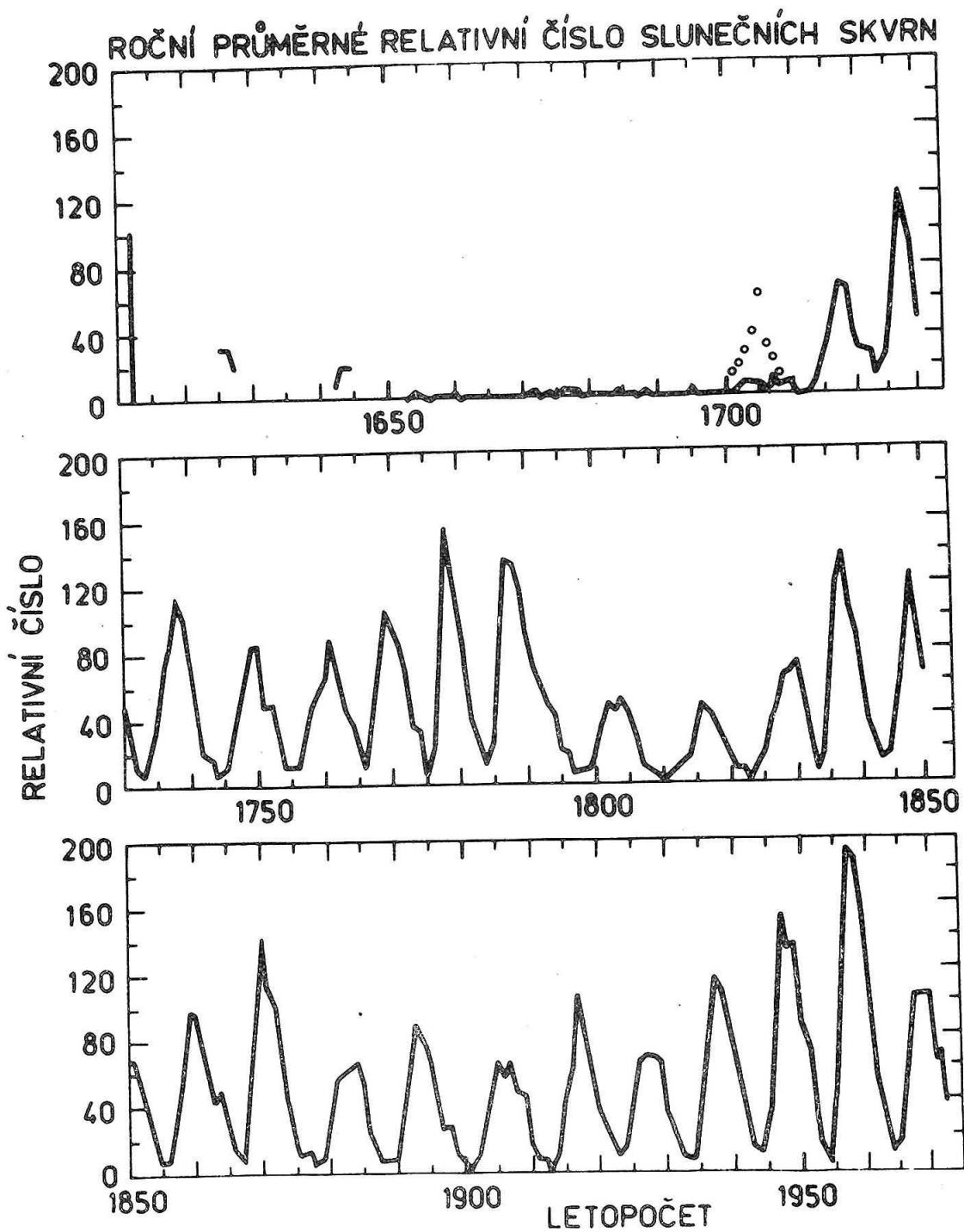
Na tomto místě je vhodné zmínit se o cykličnosti sluneční aktivity, konkrétně o cyklech se střední periodou 11, 22 a 80-100 let. Jejich existence byla nalezena a dnes je demonstrována na cyklických variacích některých uměle vytvořených parametrů, nejčastěji Wolfova relativního čísla slunečních skvrn. Toto číslo bylo vytvořeno pro statistické účely a spojuje v sobě pozorovací údaj o počtu slunečních skvrn a počtu skupin, v něž se tyto skvrny sdružují, pro každý kalendářní den. Metodou výpočtu průměrných hodnot se potom stanovují průměrná relativní čísla za jednu sluneční otočku /27,275 dne/ za kalendářní měsíc /28 - 31 dní/, za rok /365 - 366 dní/, příp. se metodou klouzavých průměrů stanovuje zhlazené měsíční a roční průměrné relativní číslo. Jedná se tedy o způsob statistické filtrace, s cílem

odstranit krátkoperiodickou složku a zdůraznit dlouhodobé trendy, který ne vždy bývá správný.

Zhlazené roční průměrné relativní číslo velmi dobře prezentuje 11-ti letou cykličnost a např. změna výšky maxim jednotlivých cyklů naznačuje i delší cykly / 80 let příp. 200 let atp./ - obr. 4.

Všechny tyto cykly mají výrazně statistický charakter. Dlouholetý výzkum chodu relativního čísla ale dovoluje formulovat některé statistické závěry. Základní střední perioda změn relativního čísla je 11,1 let. Délka trvání jednotlivých cyklů se převážně pohybuje v rozmezí od 9,1 do 13,6 let. Vezmeme-li křivku měsíčních vyhlazených relativních čísel za základní popis cyklu, potom denní pozorovaná i průměrná měsíční pozorovaná relativní čísla kolem vyhlazené křivky fluktuují. Absolutní amplituda těchto fluktuací je největší v maximu cyklu, nejmenší v minimu. Spektrum těchto fluktuací je složité a poměrně široké. Nejkratší fluktuace jsou důsledkem přirozeného vývoje slunečních skvrn, kde doba života skvrny se pohybuje v rozmezí od několika hodin do několika měsíců. Střední doba života skupiny skvrn je v průměru kolem 10 dní.

Situace se komplikuje sluneční rotací, poněvadž v nejlepším případě můžeme skupinu na disku pozorovat maximálně 14 dní než se přesune na odvrácenou polokouli Slunce. Zvláště vitální skupiny můžeme pozorovat několik otoček za sebou a říkáme že jsou rekurentní.



Obr. 4. Průběh relativního čísla od počátku 17. století.

střední perioda rekurentních fluktuací odvozené z dlouhých řad je v závislosti na rychlosti rotace 27 - 29 dní, což závisí na heliografické šířce výskytu skvrn. Samotný vznik skupin skvrn je závislý na tom, zda je k tomu vytvořena řada podmínek ve sluneční atmosféře. Ani ty nejsou stálé a jejich perioda fluktuje v intervalu od 100 do 400 dní. Relativní číslo v sobě všechny tyto fluktuace slučuje a zahrnuje jejich původ.

Ovšem ani křivka měsíčních vyhlazených relativních čísel není bez problémů. Lze říci, že ze všech pozorovaných 11-ti letých cyklů není ani jeden totožný s některým jiným, přestože lze provést na základě podobnosti určitou zjednodušující typizaci. V řadě případů bylo nalezeno dvojité maximum cyklu, které se zpravidla dostavuje za 1-2 roky po hlavním maximu.

Z hlediska použitelnosti křivky měsíčních vyhlazených relativních čísel, resp. jejich ročních průměrů pro popis sluneční cykličnosti je třeba ale přiznat, že velmi podobný chod vykazují i průměrné hodnoty počtu skupin skvrn, průměrné měsíční i roční hodnoty denního počtu skupin skvrn, průměrné roční hodnoty ploch slunečních fakulí, ploch slunečních protuberancí / zde je fázové zpoždění asi o 2-3 měsíce/ a v základních rysech i intenzity zelené koronální čáry.

Úhrnem lze říci, že pro účely statistické korelační analýzy vztahů Slunce - Země je cykličnost sluneční aktivity popsána relativním číslem pouze postačující podmínkou. Relativní

číslo je uměle vytvořený statistický index, zahrnující především počet skvrn a jejich skupin. Údaje o mohutnosti skupin jsou v něm zahrnuty implicitně. Jestliže i jiné statistické indexy mají podobný chod s časem, je to pouze indikace jejich spojitosti s mechanismem skvrnotvorné aktivity. Naproti tomu lze nalézt některé jiné statistické indexy případně i přímo měřitelné fyzikální veličiny, jejichž chod se od chodu relativního čísla podstatně liší, přestože jsou se sluneční aktivitou těsně svázány a mohou se ve vztazích Slunce - Země principiálně uplatňovat.

Tato otázka dosti typicky reprezentuje úskalí a přirozená omezení statistických forem výzkumu. Konečně zde jako všude ve vědeckém výzkumu platí, že statistické vyhledávání souvislosti mezi různými jevy a procesy je prvním krokem v poznání celého mechanismu vztahů a vlastní výzkum musí probíhat a zpravidla probíhá na bázi fyziky.

Dlouhé cykly s trváním 80 let a delší se zvláště výrazně projevují u parametrů odvozených z mohutnosti skvrnotvorné aktivity. Příčina těchto cyklů není doposud známa. V souvislosti s téměř nulovou sluneční aktivitou v druhé polovině 17 století se připouští možnost určitých dlouhodobých periodických změn v celé činnosti magnetohydrodynamického dynama zodpovědného za generaci sluneční cykličnosti. Tato možnost se sice vymyká jakýmkoliv dnešním představám a nebyla doposud modelově zpracována, nicméně by nutně musela být doprovázena změnami režimu ve sluneční konvektivní zóně a snad i ve sluneční luminositě a tedy i v hodnotě sluneční konstanty.

Spekulativní odhady dlouhodobé změny sluneční konstanty v souvislosti s paleoklimatickými změnami závisí na přijatém klimatickém modelu a odhadují se na změny o 2-5 %. Astronomové tyto dlouhodobé změny nevylučují, přestože je nesnadné říci, zda k nim došlo v důsledku sekulárních poruch elementů dráhy Země či v důsledku skutečnosti, že Slunce je proměnná hvězda. Příčinou této proměnlivosti by mohl být periodický proces při generaci sluneční energie v jeho nitru /zde se ale jedná o periodu delší než 20 000 let/.

Řada prací provedených v minulosti na podkladě různých statistických materiálů ať již regresními metodami, nebo různými formami periodické analýzy ukazuje na pozoruhodný souhlas mezi variabilitou klimatických změn, geomagnetických změn a změn parametrů sluneční aktivity. To byl základ, na němž se vytvořil převládající názor, že všechny tyto změny jsou příčinně svázány.

V zásadě se jedná o čtyři charakteristické periody, z nichž ta nejkratší má délku 25-30 dnů. Perioda 27-28 dní patří mezi nejvýraznější při statistickém popisu sluneční aktivity a je působena rekurencemi v důsledku sluneční rotace. Její délka případně polovina a čtvrtina se objevuje i ve statistickém zpracování geomagnetických indexů. U meteorologických údajů je její přítomnost poněkud zastřena procesy spojenými s místním vývojem počasí, nicméně existují práce, které na ni upozorňují.

Další tři periody spadají do oblasti dlouhých period.

Patří sem jak jedenáctiletá tak i 80 a 200 letá perioda. Jejich přítomnost byla nalezena ve variabilitě slunečních, geomagnetických i meteorologických indexů a do značné míry potvrzena i metodami regrese.

Takový souhlas nás sice ještě neopravňuje tvrdit, že existuje průkazný a dostatečně účinný vztah mezi změnami sluneční aktivity a variacemi klimatu, avšak rozhodně je pozoruhodný a vytváří precedens pro studium této problematiky. Předchozí poznámka o podobnosti period vychází ze statistických výsledků a z tohoto hlediska je také potřeba ji interpretovat. Je nezbytné velmi citlivě posuzovat význam jednotlivých period s ohledem k vlastnímu mechanismu naznačených vztahů.

Na obr. 6 je schematicky znázorněn velmi složitý soubor procesů, vztahů a zpětných vazeb, které známe, o nichž víme, nebo které jen předpokládáme v souvislosti se sluneční aktivitou, meziplanetárním prostorem, geomagnetizmem, zemskou atmosférou, klimatem a případně počasím. Toto schema je poze rámcové a v mnoha místech se jistě setkáváme s konfliktními poznatky, přesto nám ale dovoluje se na otázku vztahu Slunce-Země podívat daleko konkrétněji než pouze z hlediska dvoustranných statistických vztahů.

Je přirozené, že východiskem jsou informace o sluneční aktivitě, jejíž vznik a fyzikální formy projevu jsou poměrně složité a statistika je nepopisuje dostatečně.

4. Sluneční aktivita

Jediným zdrojem veškeré sluneční energie jsou pravděpodobně termonukleární reakce proton-protonového cyklu, které probíhají ve slunečním jádře.

Nejvhodnější formou přenosu energetického toku uvnitř Slunce v hloubce kolem $0,2R_{\odot}$ se stává konvekce a tedy až k povrchu Slunce se vytváří konvektivní zóna. Polytropická struktura této slupky způsobuje preferenci celé diskretní rozměrové hierarchie konvektivních pohybů. Vedle konvektivních pohybů pozorovatelných při povrchu - granulí a supergranulí, dochází v dolní části konvektivní zóny k formování velkorozměrových konvektivních cel, které působí transport rotačního úhlového momentu do rovníkových oblastí a jsou příčinou toho, že Slunce rotuje při rovníku rychleji / asi jednou za 27 dní vůči pozorovateli na Zemi / než na pólech /29 - 30 dní/. Jsou také spolu se základní sluneční rotací hnacím elementem magnetohydrodynamického alternujícího dynamoprocesu, který způsobuje cyklický charakter vzniku a zániku slunečních magnetických polí a střídání jejich polarit.

Sluneční magnetické pole, které je hlavním symptomem sluneční aktivity, má poněkud jiný charakter než magnetické pole Země. Vzhledem k tomu, že vzniká v povrchové vrstvě, není dipólové, nýbrž má obecně charakter magnetického multipólu. Zmíněný dynamoproces způsobuje, že dochází v kon-

vektivní zóně k cyklické přestavbě poloidálního charakteru polí na toroidální charakter v důsledku diferenciální rotace. Fragmenty koroidálního pole lze pozorovat při povrchu jako bipolární magnetické oblasti.

Fáze, kdy jsou tyto oblasti nejlépe rozvinuty je nazývána fází maxima slunečního cyklu. Patrně v důsledku konvektivních pohybů při povrchu, přesný mechanismus neznáme, dochází v této etapě k přeskupování a zesilování těchto polí natolik, že v šířkových zónách $\pm 40^\circ$ od rovníku vznikají sluneční skvrny resp. jejich skupiny a tvoří tak zárodky aktivních oblastí. Ve slunečních skvrnách je intenzita magnetického pole až o dva řády větší než v okolních magnetických oblastech. Procesy spojené s tvorbou aktivních oblastí mají v rámci cyklu důležitou funkci, poněvadž jejich důsledkem je zpětná regenerace toroidálního pole na poloidální. Znamená to, že původní magnetické oblasti jsou vzájemně rozrušovány, dochází k jejich neutralizaci opačnou polaritou až posléze se původní orientace poloidální komponenty obrátí.

Celý tento vývojový cyklus trvá v průměru 11 let a jestliže při jeho začátku bylo dipolové pole např. orientováno tak, že v okolí severního pólu Slunce byla kladná polarita pole a v okolí jižního záporná, na konci cyklu se polarita převrátily.

Něco podobného se děje v průběhu cyklu i v nižších šířkách v zóně tvorby skupin slunečních skvrn. Pro skupiny skvrn je charakteristické jejich bipolární uspořádání. Spojnice

skvrn o opačné polaritě je téměř rovnoběžné se směrem sluneční rotace. Z hlediska směru rotace je potom účelné označit jednu skrvnu či polaritu ve skupině za vedoucí a druhou za následnou. Následná polarita se shoduje s polaritou pólu v druhé polovině téhož cyklu na dotyčné polokouli. Při každém 11-ti letém cyklu dojde tedy jak ke změně polarit při pólech, tak i k výměně polarit v uspořádání skvrn na obou polokoulích.

Z tohoto stručného popisu tedy vyplývá, že pozorovatel ze Země může v průběhu cyklu pozorovat v dlouhodobém průměru postupný vzrůst četnosti výskytu skupin skvrn a do jisté míry i jejich mohutnosti až do fáze maxima /trvá to asi 3-4 roky/, což je doprovázeno i vzrůstem počtu, složitosti a rozsáhlosti magnetických oblastí. Po této fázi následuje volnější pokles do minima. Tím se 11-ti letý cyklus uzavírá. Z fyzikálního hlediska je ale cyklus uzavřen až po 22 letech, tedy po dvou takových cyklech, kdy se orientace a uspořádání polarit vrátí do původního stavu.

Z hlediska vztahů Slunce-Země se ale jeví 11-ti letý cyklus určený především změnou četnosti aktivních oblastí jako daleko důležitější.

V souvislosti s průběhem 11-tiletého cyklu se často hovoří o fluktuacích indexů aktivity. Ve skutečnosti vzrůst a pokles četnosti není monotonní, nýbrž kolem jakéhosi plynulého vývoje více či méně pravidelně kolísá. Tak například křivka četnosti mohutných aktivních oblastí vykazuje v prů-

běhu cyklu dvě relativní maxima. Podobně se stává, že s fluktuacemi po osmi až dvanácti otáčkách kolísá plocha slunečních skvrn a magnetických oblastí.

Počet nově vzniklých mohutných skvrn kolísá ještě daleko rychleji v průměru již po 90-ti dnech. Co je příčinou těchto fluktuací přesně nevíme, všechno ale nasvědčuje tomu, že jsou důsledkem těch procesů, které se podílí na udržování diferenciální rotace resp. probíhají při regeneraci poloidálního pole z toroidálního.

Znamená to, že cykličnost a parametry, které ji popisují, svědčí o velmi složitých kvalitativních změnách ve sluneční atmosféře, které mohou vyvolat i kvalitativní změny na Zemi, nedává nám ale téměř žádné informace o konkrétních fyzikálních mechanismech těchto změn a jejich kvantitativním vyjádřením.

Všechna zářivá energie, která dopadá ze Slunce na Zemi a konečně většina informací o procesech na Slunci k nám přichází z oblastí, jejíž dolní hranice leží jen několik set kilometrů pod slunečním povrchem. Jedná se o oblast nejmírně zajímavou a důležitou jak pro Slunce, tak i pro celou sluneční soustavu. Povrch bílé zářící sluneční koule, sluneční fotosféra a poměrně tenká vrstva sluneční chromosféry nad ní, vytvářejí kompoziční, hustotní i tepelné rozhraní mezi konvektivní zónou a sluneční korunou, v níž působí zcela odlišný mechanismus přenosu energiového toku.

Magnetohydrodynamická konvekce při horním okraji konvektivní zóny vyvolává vznik akustických kmitů, které se su-

personickou rychlostí šíří korunou a zahřívají ji. Jen tak lze pochopit vysokou teplotu korony, která se pohybuje kolem $10^5 - 10^6$ K. Z hlediska vztahů Slunce-Země je korona zajímavá jednak proto, že v ní, konkrétně v její struktuře je obsaženo mnoho informací o magnetickém poli Slunce, ale i proto, že právě v koruně dochází ke generaci té části zářivé energie, které je výrazně proměnlivé jak o ní byla řeč v souvislosti s grafem na obr. 2.

Hlavní význam korony pro výzkum vztahů Slunce-Země spočívá v jejím vlivu na složení a strukturu hmoty v meziplanetárním prostoru.

5. Sluneční vítr

Vysoká koronální teplota způsobuje supersonickou expanzi koronální plazmy. Trajektorie jednotlivých částic v ideálním případě homogenní expanze jsou výslednicí vektorového součtu radiální rychlosti expanze a tangenciální složky sluneční rotace a mají tvar velmi podobný tvaru Archimedovy spirály. Pro tento stálý tok plazmy od Slunce byl zvolen případný název sluneční vítr a jeho vliv především na geomagnetismus je principiální.

Na úrovni dráhy Země, kdy ve vzdálenosti jedné astronomické jednotky je střední rychlost slunečního větru 200-400 km/sec a částice sem doletí ze Slunce v průměru za 4,5 dne. Tok kinetické energie slunečního větru v okolí Země je

v průměru $5 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$. Je to jen nepatrný zlomek procenta toku, kterým Slunce zásobuje Zemi v oboru elektromagnetického záření, avšak dostatečný k tomu, aby zcela změnil tvar a strukturu zemské magnetosfery a vytvořil tam tak podmínky pro vznik fyzikálních procesů, které by bez slunečního větru a tedy v nedeformované magnetosféře vůbec nemohly vznikat.

Vlastnosti slunečního větru, o nichž byla řeč, ani zdaleka nevystihují rozmanitost tohoto prostředí, jak se podařilo zjistit z umělých družic Země, kosmických sond a kosmických lodí.

Především struktura slunečního větru není homogenní. Příčinou jsou z velké části poměry na Slunci, dokonce přímo v konvektivní zóně. Bipolární magnetické oblasti ve fotosféře jsou uspořádány tak, že ve směru rovnoběžek vytvářejí na každé polokouli čtyři páry oblastí se střídající se polaritou. Jejich tvar je v důsledku horizontální globální konvekce a diferenciální rotace značně nepravidelný a dochází k tomu, že v určitých oblastech heliografické délky jsou tyto oblasti daleko více nahuštěny než v jiných.

V literatuře se pro ně vžil název aktivní délky proto, že sem, kde jsou i větší gradienty magnetických polí, se koncentruje výskyt aktivních oblastí a všech jevů, které s nimi souvisí. Aktivní délky jsou dvě, v průměru vzdálené o 180° . Matematický výpočet struktury magnetického pole, pozorování struktury sluneční korony při úplných zatměních Slunce i fotografie Slunce v oboru X-emise ukazují, že právě zde existuje v koruně řada uzavřených smyčkových útvarů tvořených mag-

netickými silotrubicemi, které spojují vzájemně i několik oblastí o opačné polaritě. Jsou patrné do vzdálenosti $2R_{\odot}$ a dále se potom přeměňují v téměř radiální koronální paprsky. Děje se to proto, že kinetická energie koronální expanze - tedy slunečního větru, je větší než magnetické energie těchto útvarů a magnetické siločáry, které jsou v této elektricky vodivé plazmě "zamrzlé" jsou doslova vytahovány do meziplanetárního prostoru. To je mechanismus formování meziplanetárního magnetického pole. Ve vzdálenosti jedné astronomické jednotky se již vyhladí všechny drobné nehomogenity pole natolik, že polarita meziplanetárního magnetického pole odpovídá průměrné magnetické polaritě viditelného disku Slunce.

Celý prostor v rovině ekliptiky je rozdělen s ohledem na strukturu fotosferických polí zpravidla na čtyři sektory, v nichž se střídá kladná a záporná polarita. Rozhraní mezi polaritami bývá velmi výrazné a jeho průchod Zemí se dá určit s přesností na 1/10 dne. Čára rozhraní má také tvar Archimedovy spirály a v průměru protíná Zemí 4,5 dne a po průchodu jeho počátku na Slunci centrálním poledníkem. Poněvadž každý sektor má charakteristický průřez z hlediska rozložení rychlosti i hustoty slunečního větru, a poněvadž rozhraní je výraznou diskontinuitou v meziplanetárním magnetickém poli, je existence sektorů a jejich rozhraní důležitá pro studium korpuskulárních toků v blízkosti Země.

Z hlediska těchto projevů forem sluneční aktivity je podstatná jejich změna s časem. Ta je určována jednak dobou

života jednotlivých jevů a potom jejich viditelností ze Země, kde se projevuje efekt sluneční rotace.

Doba života existence magnetických rozhraní je značné, můžeme říci že 1-3 roky a potom dochází spíše ke změně polohy v heliografické délce než v principiální změně popsaného obrazce. Vývojové procesy ve fotosféře sice působí změny v rozložení jednotlivých oblastí, avšak ty se projevují hlavně změnou vzájemné vzdálenosti v délce. Má to přímý odraz v existenci, počtu a šířce sektorů meziplanetárního magnetického pole. V průběhu cyklu se jejich počet mění, v minimu byly pozorovány pouze dva a v maximu naopak až šest, avšak tyto fluktuace mají poměrně krátkou životnost o trvání 3-4 otoček. V zásadě jsou sektory čtyři a čtyři rozhraní. Poloha těchto rozhraní se zachovává 1-3 roky.

Typické uspořádání magnetických oblastí, které vede k opakovanému vzniku aktivních oblastí se nazývá komplex aktivity a jeho doba života je 8-12 otoček.

Doba života jedné aktivní oblasti je v průměru 80-100 dní a doba života rozvinuté skupiny skvrn je v průměru kolem 10-15 dní, výjimečně ale i několik otoček. Aktivní délky, o nichž bylo řečeno, že jsou na Slunci zpravidla dvě a nemívají stejnou úroveň aktivity, se zachovávají také téměř po celou dobu cyklu a změny v jejich struktuře se odehrávají ne častěji než za 8-12 otoček.

Z koróny nad aktivními délkami zaznamenáváme zvýšený zřejivý tok v oblasti měkkého X záření a UV záření i tok v de-

decimetrové oblasti radiového záření. Poněvadž životnost aktivních oblastí, sektorů meziplanetárního magnetického pole a jejich rozhraní je značná ve srovnání s dobou rotace Slunce /27-28 dní/, opakují se jejich účinky s každou otočkou Slunce a říkáme, že jsou rekurentní.

Perioda rekurencí je dána podílem doby rotace Slunce a počtu rekurentních útvarů. Perioda rekurence jednotlivých konvekčních aktivních oblastí je tedy 27-28 dní. Aktivní délky a tedy vzrůst hladiny měkkého X záření a radiového záření v decimetrovém oboru vyhovují rekurence po 27 resp. po 13,5 dnech. Sektory meziplanetárního magnetického pole a jejich rozhraní vykazují rekurence po 27, 13,5 a 6,8 dnech.

Jednotlivé rekurentní maxima mohou být vzájemně ještě fázově a tedy časově posunuta v závislosti na tom, co je příčinou studovaného jevu. Tak např. bylo zjištěno, že největší rychlost vykazuje sluneční vítr, který expanduje z koróny v oblastech mimo aktivní oblasti. Poněvadž tyto oblasti jsou na snímcích koróny v oboru X záření tmavé, dostaly název koronální díry. Magnetické pole nemá v nich svůj obroubovaný charakter a siločáry zde mají téměř směr do meziplanetárního prostoru a leží mezi aktivními délkami i rozhraní sektorů.

Z toho, co zde bylo uvedeno vyplývá, že studium samotných rekurencí jednotlivých změn na Slunci a jejich porovnání s rekurencemi procesů na Zemi nám příliš mnoho neřekne o mechanismu případných vlivů Slunce na Zemi. Je totiž velmi nesnadné rozhodnout, zda daný efekt je působen zvyše-

ným tokem X záření či změnou polaritu meziplanetárního magnetického pole, jestliže oba tyto jevy probíhají na Zemi téměř současně. Statisticky to je mnohdy téměř nerozlišitelné, avšak z fyzikálního hlediska to je otázka principiálního významu.

6. Sluneční erupce

Všechny zmíněné projevy sluneční aktivity popisovaly poměrně dlouhodobé a pomalé procesy. Existují ale i procesy velmi rychlé, které mají téměř explozivní charakter. Probíhají jednak ve slunečních erupcích a dílem v tzv. koronálních explozivních útvarech.

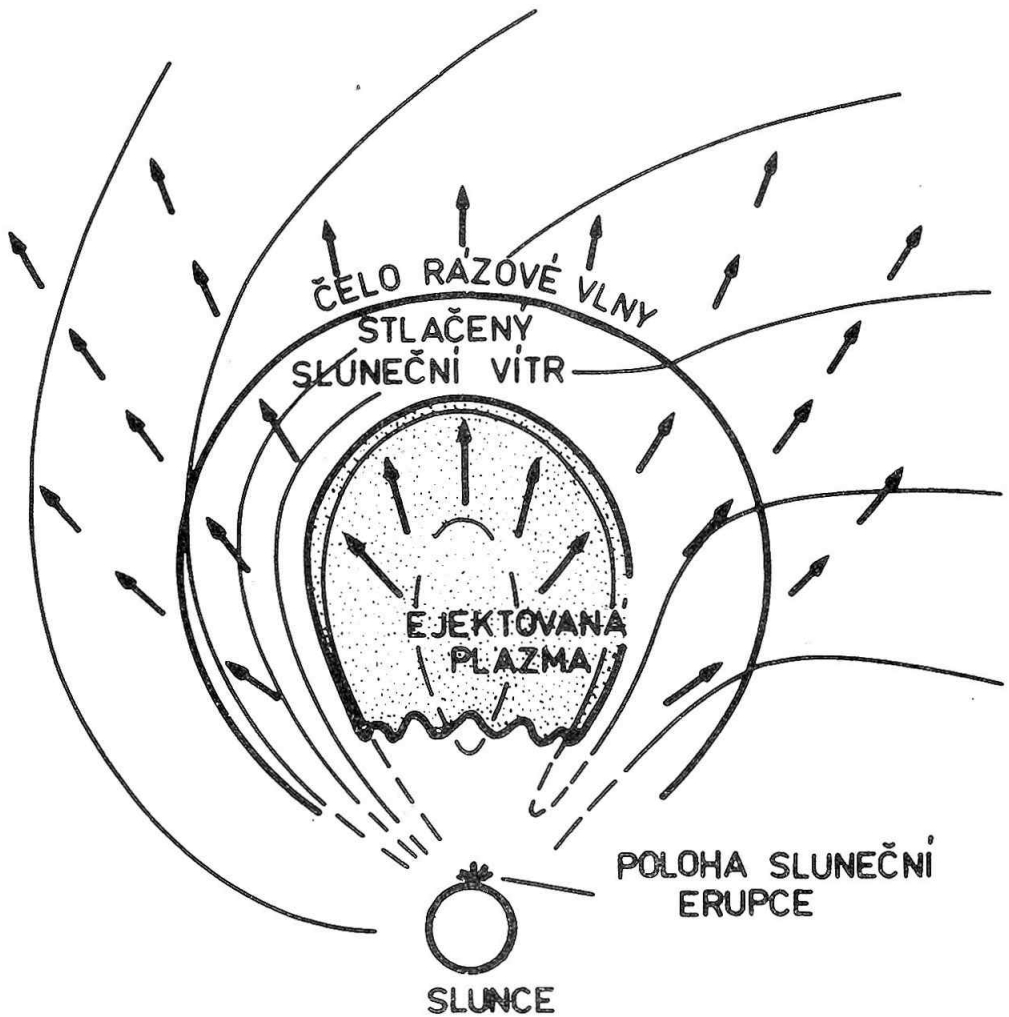
Sluneční erupce jsou krátkodobé procesy, probíhající především v aktivních oblastech. Svým charakterem představují sporadický aktivní jev. Jejich trvání je v průměru desítky minut a v tomto období se v nich uvolní energie řádově 10^{32} ergů. Ne všechny erupce jsou stejně mohutné a tedy jak doba trvání tak i uvolněná energie se mohou až v rozmezí jednoho řádu lišit, což je dílem zachyceno i v jejich klasifikaci. Přesný kvantitativní model erupce dosud neznáme, s největší pravděpodobností ale v nich dochází k anihilačnímu procesu, při němž dochází k přímé konverzi magnetické energie aktivní oblasti na kinetickou energii částic plazmy a tedy k jejich urychlení, při čemž jejich energetické spektrum je značně široké. Část této energie se okamžitě tepel-

ně disipuje a působí termalizaci plazmy v erupci, jejíž teplota zde v některých případech dosahuje hodnoty až $10^6 - 10^8 \text{K}$. V erupci tak dochází ke zvýšené emisi X-záření. Netermálně urychlené proudy elektronů, protonů a případně celé oblaka neutrální plazmy interagují se sluneční atmosferou v okolí erupce a působí vznik impulzivních vzplanutí netermálního tvrdého X-záření a vznik několika typů radiového vzplanutí v oblasti centimetrových a decimetrových rádiových vln. Pohyb plazmatického oblaku, obr.5, bývá doprovázen generací magnetohydrodynamických vln, které se s rychlostí 500 - 1000 km/sek /výjimečně byly ale změněny i rychlostí 6000 km/sek/ šíří pod prostorovým úhlem často větším než 90° do chromosféry a korony a mají zde zpravidla destrukční účinky.

Při průchodu ejektovaného plazmatického oblaku korunou a oblastí tvorby slunečního větru dochází v místech, kde rychlost oblaku přestupuje lokální rychlost zvuku k vytvoření rázové fronty, která se potom šíří meziplanetárním prostorem až za dráhu Země. Část protonů o vysoké energii 1-15 GeV zvláště mohutných erupcí, kterým říkáme protonové, vede přímo v oblasti erupce ke vzniku nukleárních reakcí, jejichž dílčím produktem je γ -záření.

Někdy jsou tyto částice pozorovány i na Zemi jako vzplanutí slunečního kosmického záření. Pozorovatel na úrovni dráhy Země může tedy z tohoto velmi atraktivního jevu pozorovat vedle zajímavých změn v morfologii na slunečním disku v čáře

H_{α} a změn ve viditelné oblasti spektra především i markantní změny v toku γ záření, X záření a vzdáleného UV záření, které proniká do zemské atmosféry a převážně se zde absorbuje ve výškách až do 20 km.



Obr.5. Schema procesu probíhajícího bezprostředně po velké sluneční erupci v meziplanetárním prostoru.

Maximum tohoto toku se projevuje jen několik minut po začátku erupce v tzv. explozivní fázi. Toto záření se podílí

na ionizaci ionosferických vrstev D, E a F a vyvolává zde elektrické toky, jejichž důsledkem jsou známé geomagnetické háčky.

Energetické protony a elektrony, které jsou při erupci urychleny a uvolněny do meziplanetárního prostoru, projevují svoji geoaktivitu v závislosti na své energii. Zatím co velmi energetické protony o energii 1-15 GeV nevyvolávají žádné geomagnetické efekty, částice o energii 100 keV až několik MeV jsou geomagnetickým polem svedeny do polárních oblastí, kde je můžeme přímo měřit a kde působí značnou ionizaci vysoké atmosféry.

Plazmatické oblaka o energii několika keV představují rychlostní i hustotní diskontinuitu v klidném slunečním větru. Průchod rázové fronty způsobuje výrazné změny ve struktuře meziplanetárního magnetického pole a při nárazu na magnetosferu pole vyvolává její deformace a geomagnetické poruchy s náhlým začátkem.

Stojí za zmínku, že zdrojem plazmatických oblak nemusí být vždy přímo erupce, nýbrž i tzv. koronální exploze. Ty bývají často vyvolány aktivací protuberance. Příčina aktivace není uspokojivě známá, avšak soudí se, že je působena magnetohydrodynamickými vlnami, jejichž zdrojem je sice erupce, avšak mnohdy značně vzdálené, například i na odvrácené straně Slunce a ze Země nepozorovatelná.

Proudy částic ejektovaných erupcí jsou směřované a mnohdy značně úzké a ne vždy musí zasáhnout Zemi. S ohledem

na střední dráhu těchto částic jsou geofyzikálně nejvíce atraktivní erupce vznikající 55° západně od centrálního meridianu na Slunci.

Časový průběh všech jevů při erupci na Slunci je velmi rychlý, avšak vzhledem k širokému energetickému spektru částic je jejich dopad na Zemi časově rozvrstven. Elektromagnetická složka je indikátorem počátku erupce. Energetické protony a elektrony k Zemi dorazí v průměru za několik desítek resp. stovek minut, zatímco čelo rázové vlny, které se pohybuje v průměru rychlostí 500 km/sek asi za 60 hodin. Jak již bylo řečeno, erupce představují typický sporadický projev sluneční aktivity a jejich vznik a průběh zcela závisí na vnitřním vývoji aktivní oblasti. Statistickou cestou sice lze nalézt určité periodické změny v četnosti výskytu erupcí, počínaje periodami od 90 dnů, 8-12 otoček až po 11-ti letou cykličnost, avšak to je pouze zprostředkované vyjádření cykličnosti, o níž byla řeč při popisu statisticky aktivních oblastí a nemá tedy k mechanismu erupce mnoho co říci.

7. Závěr

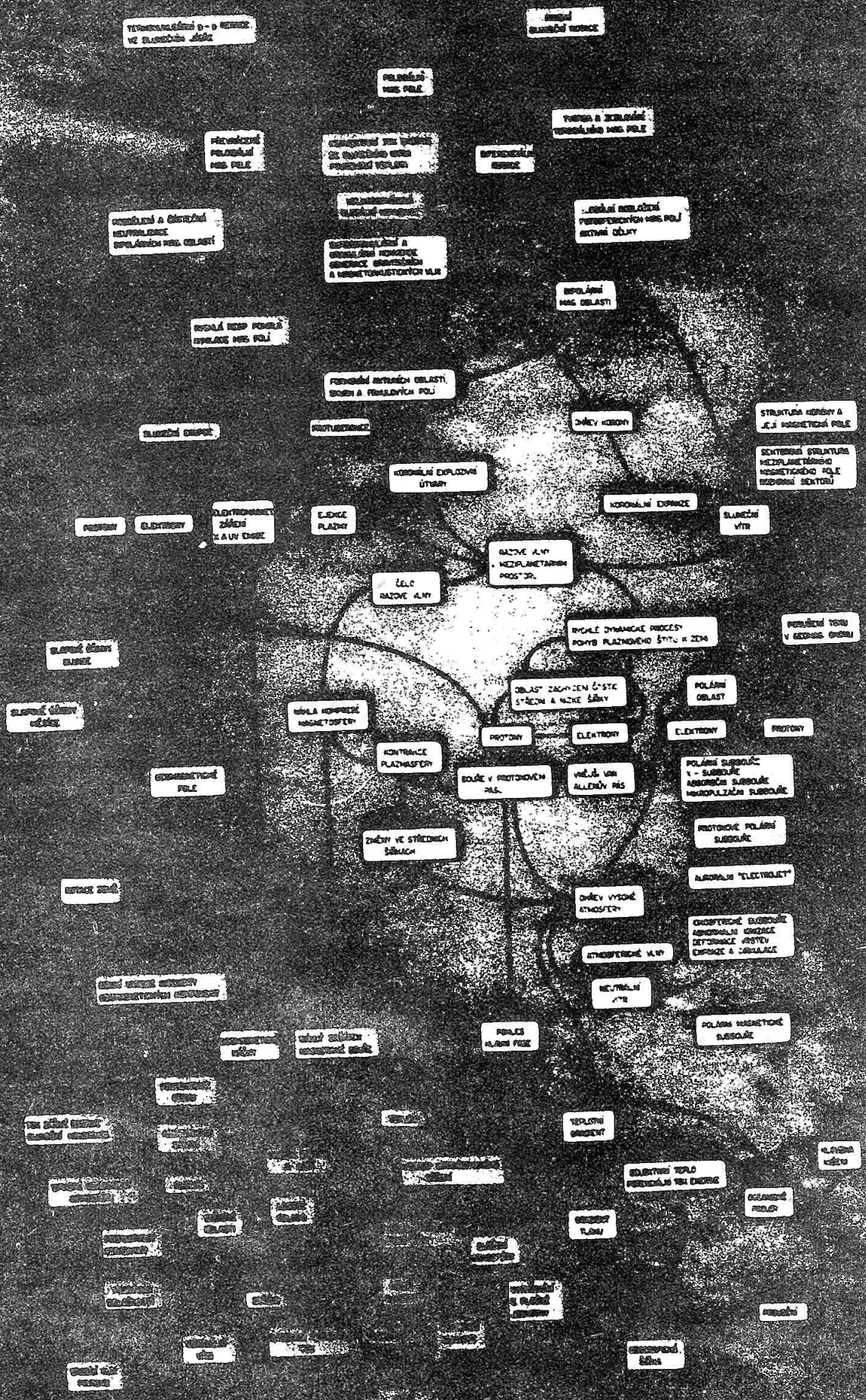
Z předneseného popisu projevů sluneční aktivity je patrná jejich mnohotvárnost a složitost. Je třeba říci, že neexistuje jednoduchý index či parametr, který by jí jako celek uspokojivě popsal a jakákoliv snaha takový parametr na-

lézt je naivní. Mnohotvárnost ve změnách fyzikálních veličin a jejich veliký počet nedává naději na jednoduchou formu vlivu sluneční aktivity na Zemi.

Proměnlivé dopadající elektromagnetické záření, částice i magnetické pole způsobují, jak známe z geofyziky, nejen kvantitativní změny, nýbrž přímo změny v kvalitě magnetosféry a vysoké atmosféry vytvářením nových prostředí, vazeb a vztahů. Popsané geoaktivizující emise a pole se v prostorovém úhlu asi 20° , pod nímž je Země ze Slunce pozorovatelná, mění takřka zanedbatelně, avšak jejich projevy na Zemi se velmi výrazně liší v závislosti na geografické šířce. Částice sluneční korpustulární emise i slunečního větru a magnetické pole pronikají především v oblasti polů nejníže k povrchu Země a tak je pravděpodobné, že právě tudy se prosazují vztahy Slunce-Země nejúčinněji.

Lze předpokládat, že tento proces zasahuje i níže až do samotné troposféry, avšak zcela určitě ne formou přímých vlivů, nýbrž opět zprostředkovaně. Není tajemstvím, že informací o zaručeném vztahu mezi vysokou atmosférou a troposférou je poskrovnu a dlouhá léta byl zdůrazňováním autonomie troposféry tento problém ignorován především z důvodu nedostatku přímých pozorování.

Na obr. 6 je realizován pokus vytvořit stručné schéma jednotlivých vztahů a vazeb mezi sluneční činností, geomagnetickými procesy a tvorbou klimatu v dolní atmosféře. Schema dozajista není definitivní a úplné, avšak i přesto



dovoluje nahlédnout do složitosti diskutované problematiky. Je odtud zřejmé, že před specialisty různých oborů stojí obtížný úkol jednotlivé vztahy kvalitativně i kvantitativně ocenit a posoudit do jaké míry se mohou celé řetězce vztahů realizovat, resp. jaké zpětné vazby tyto realizace mohou potlačit.

Technické možnosti posledních dvou desetiletí v tomto směru skýtají určité naděje a tak bude úkolem geofyziky a především fyziky atmosféry, aby problém vlivu sluneční aktivity na klima a počasí buď definitivně zavrhly, nebo ukázaly kvantitativní vztahy, jimiž se realizují.

Změna synodické rotační periody během slunečního cyklu
a rekurentní geomagnetické aktivity

V. LETFUS

Astronomický ústav ČSAV Ondřejov

E. M. APOSTOLOV

Geofyzikální ústav BAV Sofia

Abstrakt

Vyšetřování Ap-indexu za období 1932-1975, zahrnující čtyři sluneční cykly, ukazuje, že perioda rekurentní aktivity během slunečního cyklu se postupně zkracuje z asi 30 na 27 dní jako důsledek šířkové změny těžiště aktivity v závislosti na diferenciální rotaci Slunce. Autokorelační koeficient rekurence minimální v období maxima a maximální krátce před minimem slunečního cyklu, má charakteristický průběh, související s 22 letým magnetickým cyklem sluneční aktivity. S tím souvisí pravděpodobně i velikost excessu geomagnetické aktivity na sestupné větvi sudých cyklů. Prognozy na základě rekurence jsou nadějně v pozdní fázi slunečního cyklu.

Je všeobecně známo, že geomagnetická aktivita je ve vysokém stupni kontrolována sluneční aktivitou. Vedle pomalých změn, vázaných na 11-letý cyklus sluneční aktivity,

hlavní složku časových variací u všech indexů, popisujících geomagnetickou aktivitu, evidentně způsobuje synodická rotace Slunce. Vzhledem k tomu, že rychlost rotace Slunce se s heliografickou šířkou mění a je proto označována jako diferenciální rotace Slunce, jsou jak Carringtonova rotační perioda 27,275 dne, používaná především ve sluneční fyzice, tak Bartelsova perioda 27,0 dne, používaná především v oblasti geofyziky, pouze konvenčními hodnotami, odpovídajícími rychlosti diferenciální rotace v různých heliografických šířkách. První odpovídá šířce asi 16°, druhá šířce asi 8°. Diferenciální rotace a změna šířkového rozložení aktivních oblastí podle Spörerova zákona během slunečního cyklu musí nutně vyvolávat změny v efektivní hodnotě této periody v určitých mezích. Cílem práce bylo sledovat projev této proměnnosti synodické periody během cyklu v geomagnetické aktivitě pomocí autokorelační analýzy.

Jako index, charakterizující geomagnetickou aktivitu, byl použit Ap-index pro období let 1932-1975, t.j. pro sluneční otočky 1353-1946 podle Bartelse. Toto období odpovídá téměř zcela čtyřem slunečním cyklům od 17tého do 20tého.

Autokorelační funkce má tvar

$$R/p/ = \frac{N-p/ \sum x_i x_{i+p} - / \sum x_i / / \sum x_{i+p} /}{[(N-p) \sum (x_i)^2 - / \sum x_i)^2]^{1/2} [N-p/ \sum / x_{i+p} / ^2 - / \sum x_{i+p} / ^2]^{1/2}} \quad / 1 /$$

Sumace se v rov. /1/ provádějí od $i=1$ do $i=N-p$, kde N je počet všech použitých hodnot x_i časové řady s konstantním časovým intervalem Δt mezi dvěma sousedními hodnotami. Autokorelační funkci $R/p/$ dostaneme, měníme-li hodnotu p v rozmezí $p=0,1,\dots,M$, kde M je maximální hodnota posuvu mezi páry hodnot x_i a x_{i+p} $/M < N/$. Jestliže časová řada x_i obsahuje složku s periodou T , dostaneme na autokorelační funkci $R/p/$ maxima pro hodnoty $p=kT/\Delta t$, kde k je vždy celé číslo, určující pořadové číslo maxima.

Pro konstantní intervaly o délce $N=189$ dní $/\Delta t=1$ den/, rovné 7 Bartelsovým otočkám, posouváním po jedné otočce v celé vyšetřované řadě od r. 1932 do r. 1975, byly vypočteny autokorelační funkce s maximálním posuvem $M=65$ dní.

U většiny slunečních jevů, užívaných jako indexy sluneční aktivity v důsledku diferenciální rotace vyvolává závislost sluneční aktivity na heliografické šířce periody, jež mohou ležet v rozmezí přibližně od 27 do 32 dní. Z charakteristického maxima v chodu autokorelační funkce, ležícího v uvedeném intervalu možných synodických period, jež odpovídá první rekurenci aktivity $/k=1/$, jsme určovali efektivní hodnotu synodické periody rotace T_s a odpovídající korelační koeficient R_s . Jestliže se vyskytly v uvedeném intervalu dvě nebo více maxim, byly vzaty vždy hodnoty pro maximální R_s . V případech, že v tomto intervalu nebylo nalezeno maximum, hodnoty T_s a R_s chybí, avšak takových případů je velmi málo a nemohou mít vliv na závěry.

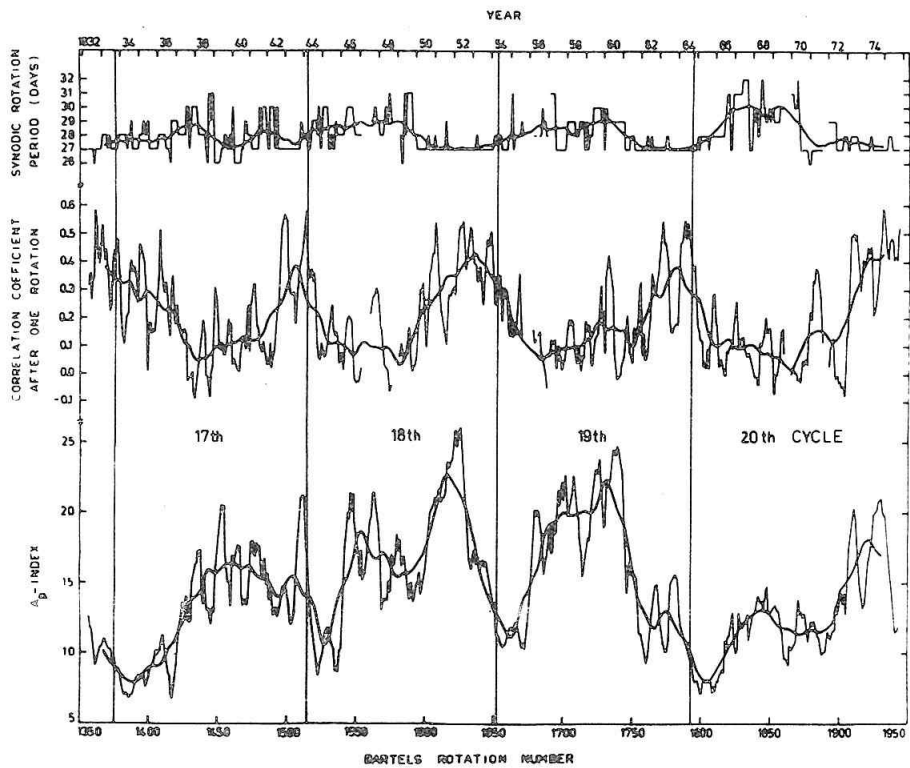
Interval 189 dní jednoho úseku pro výpočet autokorelační funkce byl vybrán tak, aby výsledky zde uvedené byly srovnatelné s výsledky Hakury a Nakamury /1974/, odvozenými pro K_p -index. Avšak Hakura a Nakamura provedli výpočet autokorelačního koeficientu pouze pro konstantní hodnotu synodické periody, rovnou 27 dnům, jež odpovídá přesně Bartelsově periodě. Na rozdíl od našeho postupu, kdy určujeme maximální hodnotu korelačního koeficientu pro reálnou hodnotu periody T_s , nemůže metoda, užitá Hakurou a Nakamurou pro případy, kdy $T_s \neq 27$ dní, dát zcela správné hodnoty R_s .

Výsledky autokorelační analýzy jsou uvedeny na obr. 1. Na časové ose jsou uvedena jednak čísla slunečních otoček pro prostřední údaj v intervalu sedmi použitých Bartelsových otoček, jednak odpovídající roky.

Shora dolů jsou uvedeny křivky hodnot synodické periody T_s , autokorelačního koeficientu R_s/T_s pro odpovídající synodickou periodu a středních hodnot \overline{Ap} pro příslušný interval 189 dnů. Hodnoty T_s , R_s a \overline{Ap} zhlazené klouzavým průměrem z 25 otoček jsou zakresleny plnou tlustou čarou. Svislé čáry oddělují jednotlivé sluneční cykly a odpovídají minimům relativního čísla.

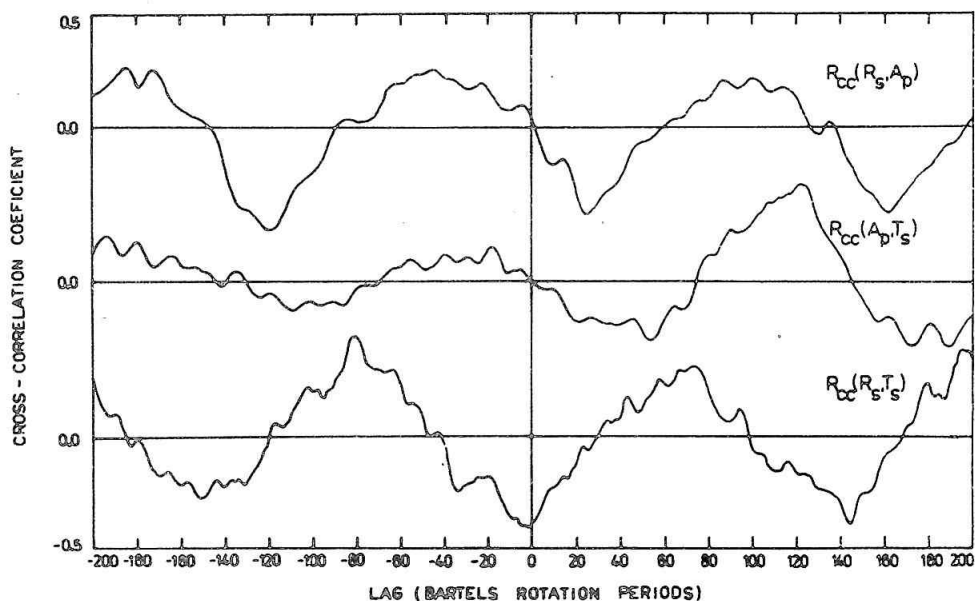
Z obr. 1 je zřetelně patrna závislost všech uvedených křivek na slunečním cyklu. Vzájemný vztah mezi fázovými rozdíly maxim resp. minim jednotlivých křivek lze určit použitím funkce křížové korelace $R_{cc/p}$. Tato funkce má shodný tvar jako autokorelační funkce, daná rov. /1/, pouze s tím rozdílem, že proměnnou x_{i+p} zaměníme proměnnou y_{i+p} . Hodno-

ty x_i patří tedy srovnávané časové řadě a hodnoty y_i řadě srovnávací. Přitom časový posun mezi řadami se bere pro $p = -M, -M + 1, \dots, 0, 1, \dots, M$.



Obr. 1. Časový průběh synodické rotační periody T_s ve mech /nahore/, maximálního korelačního koeficientu rekurrence R_s po jedné otočce /uprostřed/ a průměrné hodnoty A_p -indexu/dole/. Tenké čáry představují údaje odvozené z intervalů 7 Bartelsových otoček, posouvaných po jedné otočce a tlusté čáry klouzavé průměry těchto hodnot z 25 otoček.

Křížová korelační funkce R_{cc} s maximálním posuvem $M = 200$ otoček pro všechny tři srovnávané časové řady T_s , R_s a $\overline{A_p}$, tedy $R_{cc}/R_s \cdot \overline{A_p}/T_s$, $R_{cc}/\overline{A_p} \cdot T_s$ s $R_{cc}/R_s \cdot T_s$, udávající fázové rozdíly v průběhu jednotlivých křivek jsou uvedeny na obr. 2. Všechny tři křivky mají výraznou periodu shodnou se slunečním cyklem.



Obr. 2. Křížově-korelační funkce R_{cc} hodnot synodické periody T_s , maximálního korelačního koeficientu rekurence R_s a průměrných hodnot A_p .

Z výsledků, uvedených na obr. 1 a 2 můžeme odvodit tyto závěry:

1. Efektivní synodická perioda sluneční rotace, odrážející se v periodické složce variací geomagnetické aktivity, se mění v průběhu slunečního cyklu v mezích od 27 do 32 dnů.

Proto metoda Hakury a Nakamury /1974/, postavená na předpokladu konstantní 27 denní periody není zcela korektní.

2. Průběh synodické periody má společný charakteristický rys pro všechny čtyři sluneční cykly. Minimální hodnoty T_s okolo 27 dní jsou na sestupné větvi cyklu až do minima, kdy na začátku následujícího cyklu nastupuje rychlý růst periody až asi na hodnoty 30-32 dní. V období maxima cyklu se perioda postupně začíná zkracovat a klesá k hodnotě 27 dní. Tento průběh odpovídá zcela logicky kombinaci diferenciální rotace Slunce a posuvu těžiště aktivity z vyšších heliografických šířek na začátku cyklu k nízkým šířkám na konci cyklu podle motýlkového diagramu resp. Spörerova zákona.

Změnu synodické rotační periody v závislosti na fázi slunečního cyklu zjistili pomocí autokorelační analýzy např. rovněž Wilcox a Colburn /1970/ pro meziplanetární magnetické pole a El-Raey a Amer /1975/ pro koronu z variace integrálních toků sluneční radiové emise. Zatím co výsledky Wilcoxe a Colbura pro konec 19tého a začátek 20tého cyklu nejsou v rozporu s použitým schématem, našli El-Raey a Amer pro koronu narůstání synodické periody na sestupné větvi 19tého cyklu, což je v rozporu s očekávaným průběhem, a je pravděpodobně ovlivněno efekty, nespojujícími se sluneční rotací. Změnu synodické periody, analogickou s našimi výsledky, našli pro období 1958-1968 Kuklin a Parchomov /1976/ pro index, odvozený z amplitud geomagnetických Pc variací.

3. Z maxima křížově-korelační funkce $R_{cc} / \overline{Ap}, T_s /$ je patrné, že změny v průběhu T_s předcházejí změny v Ap -indexu přibližně o 2,5 roku, t.j. asi o 35 Bartelsových otoček. Z průběhu $R_{cc} / R_s, T_s /$ vyplývá, že změny v R_s a T_s mají podobný průběh, avšak s opačnou fází, t.j. maximálními hodnotami T_s odpovídají minimální hodnoty R_s a naopak.

4. Na sestupné větvi před koncem každého cyklu se objevuje nápadné náhlé zvýšení korelačního koeficientu R_s , jež pro Kp -index zjistili již Hakura a Nakamura /1974/. Protože velikost autokorelačního koeficientu R_s je mírou rekurence /Letfus, 1976/, je evidentní, že s klesající aktivitou Slunce na sestupné větvi cyklu vzrůstá v celkové aktivitě podíl rekurentních geoaktivních oblastí minimálně s jednou rekurencí.

5. Změny korelačního koeficientu R_s , jak patrné z křivky $R_{cc} / R_s, \overline{Ap} /$, předcházejí změny v Ap -indexu přibližně o 2 roky, a jestliže uvážíme, že geomagnetický cyklus je fázově zpožděn asi o 1,5 roku proti slunečnímu cyklu /tzv. efekt doznívání starého cyklu/, pak minimum R_s přibližně souvisí s maximem slunečního cyklu. Podíl rekurentní geomagnetické aktivity je tedy v maximu slunečního cyklu potlačen a je podstatně menší než v období před minimem a souvisí zřejmě s četností a rozložením aktivity na slunečním povrchu během slunečního cyklu.

6. Oproti průběhu indexů sluneční aktivity vykazuje geomagnetická aktivita na sestupné větvi slunečního cyklu nápad-

né zvýšení, především v cyklech 18 a 20. Tento exces je patrný jak v Ap-indexu /obr. 1/, tak v Kp-indexu /Hakura a Nakamura 1974/. Současně dochází v této fázi cyklu k růstu korelačního koeficientu R_s , indikujícího vzrůst podílu rekurence v geomagnetické aktivitě a současně ke zkrácení periody na 27 dní. Proto v analýzách delších časových řad při určování periodicity v geomagnetické aktivitě musí převažovat perioda 27 dní. Tato zjištění současně ukazují, že prognózy geomagnetické aktivity na základě rekurence jsou nadějně v období před koncem slunečního cyklu.

7. Charakteristické vrcholům podobné okolomaximální části křivky zhlazených hodnot R_s /obr. 1/ s maximem vždy před koncem každého slunečního cyklu vykazují velmi symetrický průběh, avšak různou šířku.

Tyto vrcholy v 17. a 19. cyklu jsou užší a strmější než vrchol v 18. cyklu. Sestupná část vrcholu, přesahující z 16. do 17. cyklu, a vzestupná část ke konci 20. cyklu mají strmost / i šířku/ podobnou s vrcholem v 18. cyklu. Ze střídavého opakování šířky vrcholů lze soudit, že chod rekurence R_s souvisí s 22letým magnetickým cyklem sluneční aktivity, přičemž vrcholy v sudých cyklech jsou široké a v lichých úzké. Se šířkou vrcholů pravděpodobně souvisí i velikost nápadného zvýšení geomagnetické aktivity na sestupné větvi obou sudých cyklů.

Jestliže by se souvislost uvedených efektů rekurence s 22letým cyklem prokázala v geomagnetických datech z většího počtu slunečních cyklů, mělo by to značný význam jak z hle-

diska prognózy geomagnetické aktivity, tak i z hlediska poznání základních mechanismů sluneční aktivity.

L i t e r a t u r a

- El - Raey M., 1975: Solar Phys. 45, 533.
- Hakura Y., Nakamura Y., 1974: Rep. Ionosph. Space Res.
Japan 28, 49.
- Kuklin G. V., Parchomev V. A., 1976: Contr. Astron. Obs.
Skalnaté Pleso 6, 341.
- Letfus V., 1976: Contr. Astron. Obs. Skalnaté Pleso 6,
255.
- Wilcox J., Solburn D., 1970: J. Geophys. Res. 75, 6366.

Slničná aktivita a poruchovosť geomagnetického poľa
v období 17. - 20. slnečného cyklu

S. KRAJČOVIČ

Geofyzikálny ústav SAV Bratislava

L. KŘIVSKÝ

Astronomický ústav ČSAV Ondřejov

A b s t r a k t

Práca sa zaoberá odozvou slnečnej aktivity v geomagnetickom poli. Pre tento cieľ boli určené frekvenčné charakteristiky K_p indexov pre 17. - 20. slnečný cyklus. Zo vzťahu medzi K_p a a_p indexami sa vypočítali sumárne hustoty energie porušeného geomagnetického poľa pre denné, mesačné, ročné intervaly a pre 17. - 20. slnečný cyklus.

Okrem toho boli vypočítané sumárne hustoty energie pre veľké geomagnetické búrky a pre tzv. veľmi kludné intervaly. Ukázalo sa, že histogramy sumárnych energií vykazujú - na rozdiel od kriviek slnečnej aktivity - dve maximá, medzi ktorými je posun od 3 do 7 rokov. Dokázalo sa, že minimá sumárnych energií sú posunuté voči minimám slnečnej aktivity o jeden rok. Pre obdobie 20. slnečného cyklu bolo identifikovaných vyše 80 erupcií, ku ktorým možno priradiť veľmi intenzívne geomagnetické búrky.

Pre 47 erupcií na západnej strane slnečného disku a 34 erupcií na východnej strane, je sumárna energia intenzívnych geomagnetických búrok jednoznačne vyššia pre východné erupcie.

Úvod

Najčastejšie sa na určenie slnečnej aktivity používajú Wolfove čísla:

$$R = f + 10g \quad (1)$$

kde g je počet skupín slnečných škvŕn, f je počet individuálnych slnečných škvŕn, [1]. Na začiatku tridsiatych rokov zaviedol J. Bartels K_p indexy, ako mieru geomagnetickej aktivity, alebo porušenosť geomagnetického poľa pre celú planétu, [2]. Tieto indexy, resp. im odpovedajúce hustoty energie geomagnetického poľa budeme v tejto práci používať ako mieru odozvy slnečnej aktivity v geomagnetickom poli.

Pre tento cieľ boli štatisticky spracované rozloženia K_p indexov za posledné štyri slnečné cykly, teda od decembra 1933 až do júla 1976, [3].

Vzťah medzi K_p indexami a hustotou energie geomagnetického poľa

Indexy K_p sú s indexami a_p vo vzťahu, vyjadrenom v Tab. 1, kde a_p sú vyjadrené v nT.

Tabulka 1

K_p	0_0	0_+	1_-	1_0	1_+	2_-	2_0	2_+	3_-	3_0	3_+	4_-	4_0	4_+
a_p	0	2	3	4	5	6	7	0	12	15	18	22	27	32
K_p	5_-	5_0	5_+	6_-	6_0	6_+	7_-	7_0	7_+	8_-	8_0	8_+	9_-	9_0
a_p	39	48	56	67	80	94	111	132	154	179	207	236	300	400

Z nich ľahko určíme hustotu energie porušeného geomagnetického poľa podľa vzorca:

$$w = \frac{1}{8\pi} \Delta B^2 \quad (2)$$

pre príslušný trojhodinový interval, charakterizovaný K_p indexom. Platí však $\Delta B = 2a_p$, ak teda $a_p = 48$ nT, odpovedá mu $K_p = 5_0$, dostaneme pre hustotu energie geomagnetického porušeného poľa:

$$w = \frac{4 \cdot 48^2}{8\pi} \cdot 10^{-23} \text{ J/m}^3$$

Môžeme teda zvoliť "energetickú jednotku" $\frac{1}{2\pi} \cdot 10^{-23} \text{ J/m}^3$

a počítat w v "energetických jednotkách".

Ak teda poznáme pre každý deň K_p indexy, teda aj a_p in-

dexy, ľahko vypočítame pre každý deň sumérnu hustotu energie porušeného geomagnetického poľa:

$$\sum w_i = \sum_{i=1}^8 /a_{pi}/^2 \quad (3)$$

vyjadrenú v horeuvedených energetických jednotkách. Analogicky postupujeme pri výpočte sumárnej hustoty energie pre mesiac, rok a pre celý cyklus.

Rozloženie K_p indexov 17.- 20. slnečnom cykle

Aby sme získali objektívny pohľad o rozložení K_p indexov, vypočítali sme frekvencie ich výskytu pre všetky štyri slnečné cykly, pričom v Tab. 2 sú uvedené frekvencie výskytu v absolútnych číslach, ako aj v percentách, ďalej sa uvádza začiatok a koniec cyklu, K_p o maximálnej frekvencii výskytu, ako aj celkový počet trojhodinových intervalov uvažovaného cyklu.

Na prvý pohľad sa ukazuje, že niet podstatných rozdielov medzi odpovedajúcimi frekvenciami výskytu K_p indexov určených pre jednotlivé slnečné cykly. Ak však vypočítame sumárne hustoty energie pre jednotlivé roky toho-ktorého cyklu, potom ich rozdiely budú podstatné. Je to spôsobené výskytom a dĺžkou trvania geomagnetických búrok a veľmi kľudných intervalov v tom - ktorom cykle.

K_p	0_0	0_+	1_-	1_0	1_+	2_-	2_0	2_+	3_-	3_0	3_+	4_-	4_0	4_+
N	1267	2747	2763	2673	2603	2385	2342	2198	2016	1847	1638	1285	1074	760
%	4,26	9,65	9,30	9,00	8,76	8,02	7,88	7,39	6,78	6,21	5,51	4,32	3,61	2,55
17. cykl., dec. 1933 - januar 1944, max. frekv. $K_p = 1_-$, poč. interv. = 29712														
N	450	1558	2029	2323	2479	2411	2562	2422	2347	2139	1850	1598	1315	1044
%	1,52	5,25	6,83	7,82	8,35	8,12	8,63	8,16	7,90	7,20	6,23	5,38	4,43	3,52
18. cykl., febr. 1944 - mar. 1954, max. frekv. $K_p = 2_0$, poč. interv. = 29696														
N	801	1646	2102	2462	2616	2586	2613	2491	2463	2148	1997	1654	1307	948
%	2,61	5,36	6,85	8,02	8,42	8,51	8,52	8,12	8,02	7,00	6,51	5,39	4,45	3,09
19. cykl., apr. 1954 - september 1964, max. frekv. $K_p = 1_+$, poč. interv. = 30688														
N	1029	2538	3011	3234	3174	3099	2946	2846	2606	2273	1960	1565	1248	893
%	2,98	7,34	8,71	9,35	9,18	8,96	8,52	8,23	7,53	6,57	5,67	4,53	3,61	2,58
20. cykl., okt. 1964 - júl 1976, max. frekv. $K_p = 1_0$, poč. interv. = 30672														

pokračovanie tabuľky č. 2

Kp	5 ₋	5 ₀	5 ₊	6 ₋	6 ₀	6 ₊	7 ₋	7 ₀	7 ₊	8 ₋	8 ₀	8 ₊	9 ₋	9 ₀
N	656	405	323	210	132	113	84	54	44	30	21	18	18	6
%	2,21	1,36	1,08	0,70	0,44	0,38	0,18	0,28	0,15	0,10	0,07	0,06	0,06	0,02
N	839	650	527	346	279	172	108	72	63	42	28	25	16	2
%	2,83	2,19	1,77	1,16	0,94	0,58	0,36	0,24	0,21	0,14	0,09	0,08	0,05	0,01
N	792	535	374	395	189	169	121	86	52	60	40	42	31	8
%	2,59	1,74	1,22	0,96	0,62	0,55	0,39	0,28	0,17	0,20	0,13	0,14	0,10	0,03
N	662	488	329	211	154	84	69	57	32	23	20	15	6	4
%	1,91	1,41	0,95	0,61	0,44	0,24	0,20	0,16	0,09	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01

V geofyzike sú zavedené kritéria pre pojem geomagnetickej búrky a pre pojem veľmi kludného intervalu nasledovne,

[4] :

geomagnetická búrka je rad následných K_p indexov, z ktorých ani jeden nie je menší ako 5_- a aspoň jeden je rovný alebo väčší ako 7_+ , pričom celkový počet následných K_p indexov je rovný alebo väčší trom. Teda energeticky najmenšia geomagnetická búrka trvá 9 hodín a má nasledujúcu schému:

$5_- \quad 5_- \quad 7_+$,

pričom nezáleží na poradí hodnôt K_p indexov. Sumárna hustota energie tejto búrky je podľa (2) a (3) 26.758 energetických jednotiek. Veľmi kludný interval trvá aspoň 8 trojhodín, teda jeden deň, pričom ani jedno K_p nesmie byť väčšie ako 1_+ . To značí, že sumárna energia takéhoto intervalu sa pohybuje v medziach:

$$0 \text{ energet. jedn.} \leq \sum w_i \leq 200 \text{ energet. jedn.}$$

To znamená, že geomagnetické búrky sa môžu vyskytovať len v tej časti Tab. 2, kde $K_p \geq 5_-$, zatiaľ čo veľmi kludné intervaly majú možnosť výskytu len pre tú časť Tab. 2, kde $K_p \leq 1_+$.

Zostavme prehľadnú tabuľku frekvencií výskytu K_p indexov pre veľmi kludné intervaly a pre geomagnetické búrky, vyjadrené v % pre jednotlivé slnečné cykly, Tab. 3.

Tabuľka 3

K_p	0_0	0_+	1_-	1_0	1_+	5_-	5_0	5_+	6_-	6_0
17.	4,26	9,65	9,30	9,00	8,76	2,21	1,36	1,08	0,70	0,44
18.	1,52	5,25	6,83	7,82	8,35	2,83	2,19	1,77	1,16	0,94
19.	2,61	5,36	6,85	8,02	8,52	2,59	1,74	1,22	0,96	0,62
20.	2,98	7,34	8,71	9,35	9,18	1,91	1,41	0,95	0,61	0,44

6_+	7_-	7_0	7_+	8_-	8_0	8_+	9_-	9_0
0,38	0,28	0,18	0,15	0,10	0,07	0,06	0,06	0,02
0,58	0,36	0,24	0,21	0,14	0,09	0,08	0,05	0,01
0,55	0,39	0,28	0,17	0,20	0,13	0,14	0,10	0,03
0,24	0,20	0,16	0,09	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01

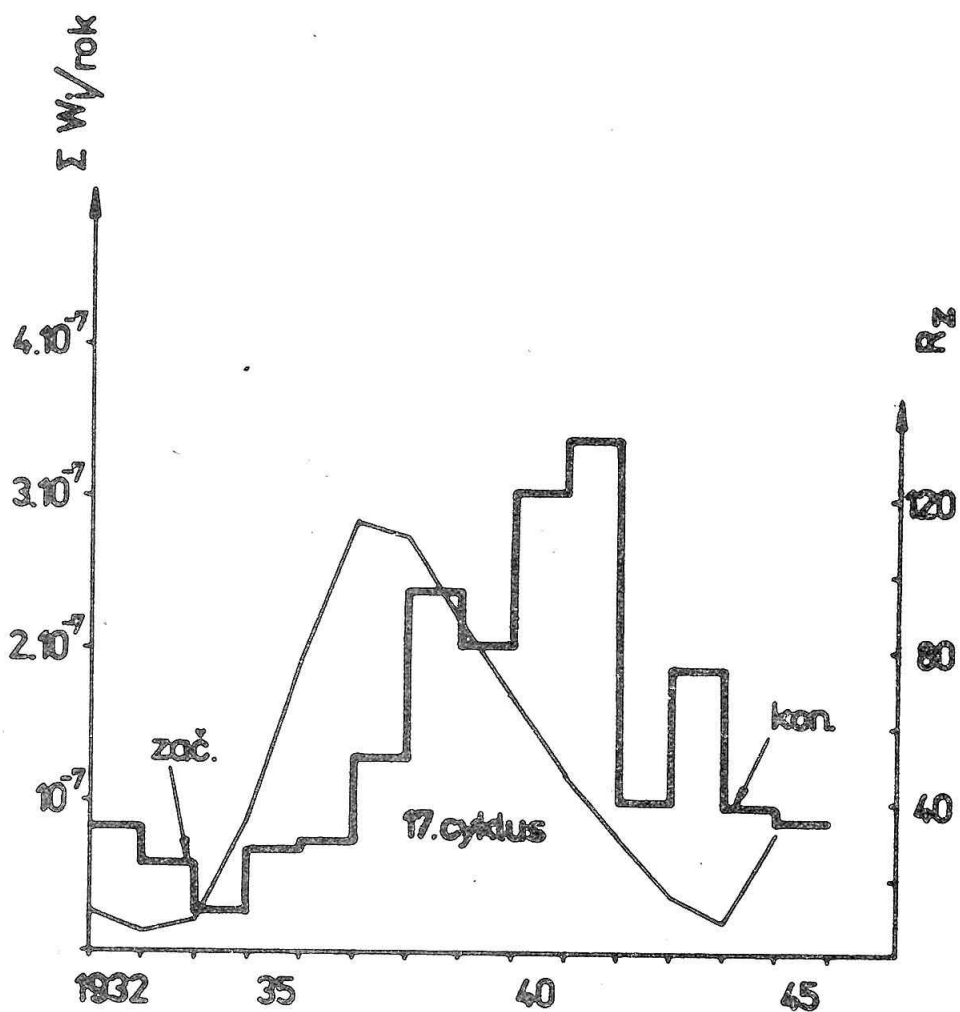
Pravdepodobnosť výskytu veľmi kludných intervalov pre
 cykly: 17 - 40,07, 18 - 29,77, 19 - 31,36 ,
 20 - 37,56

Pravdepodobnosť výskytu geomagnetických búrok pre
 cykly: 17 - 7,09, 18 - 10,65, 19 - 9,12, 20 - 6,21

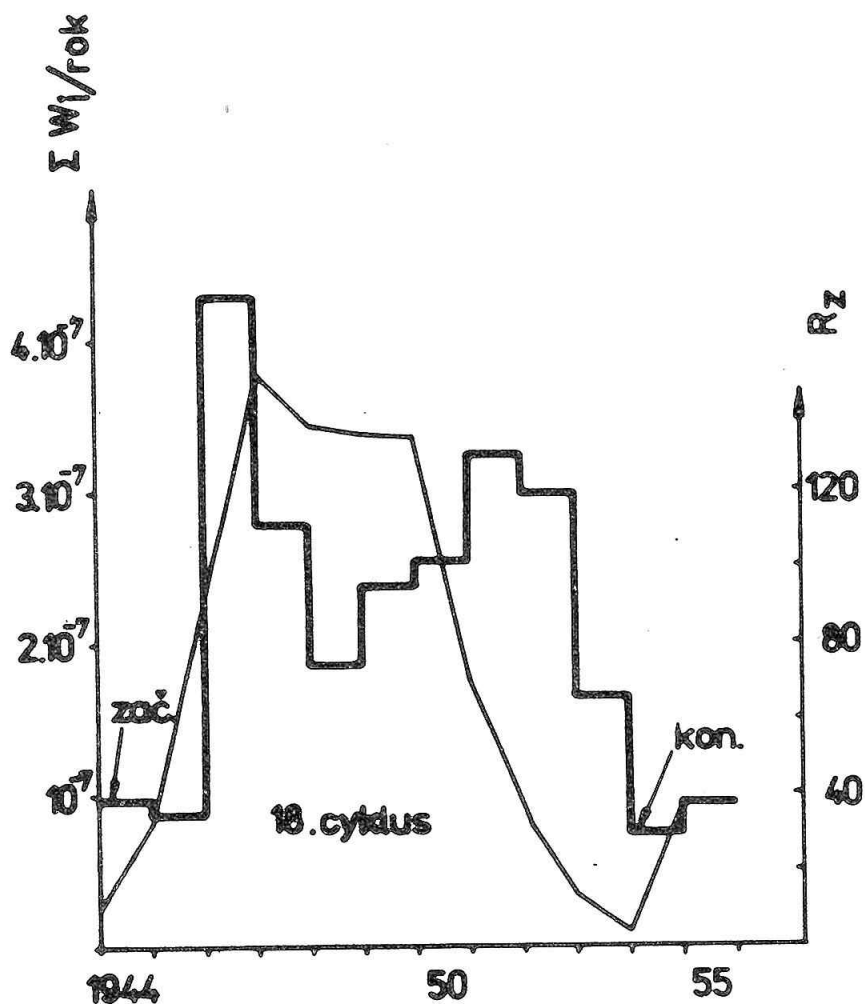
Vidíme na prvý pohľad, že najväčšia možnosť výskytu veľmi kludných intervalov je v 17. slnečnom cykle, zatiaľ čo najväčšia možnosť výskytu geomagnetických búrok je v 18. cykle.

Výpočet sumárnych hustôt energie pre jednotlivé roky cyklov

Podľa vzorcov (2) , (3) boli vypočítané sumárne hustoty energie porušeného geomagnetického poľa pre jednotlivé roky slnečných cyklov, ktorých priebeh je znázornený na obr. 1 - 4.

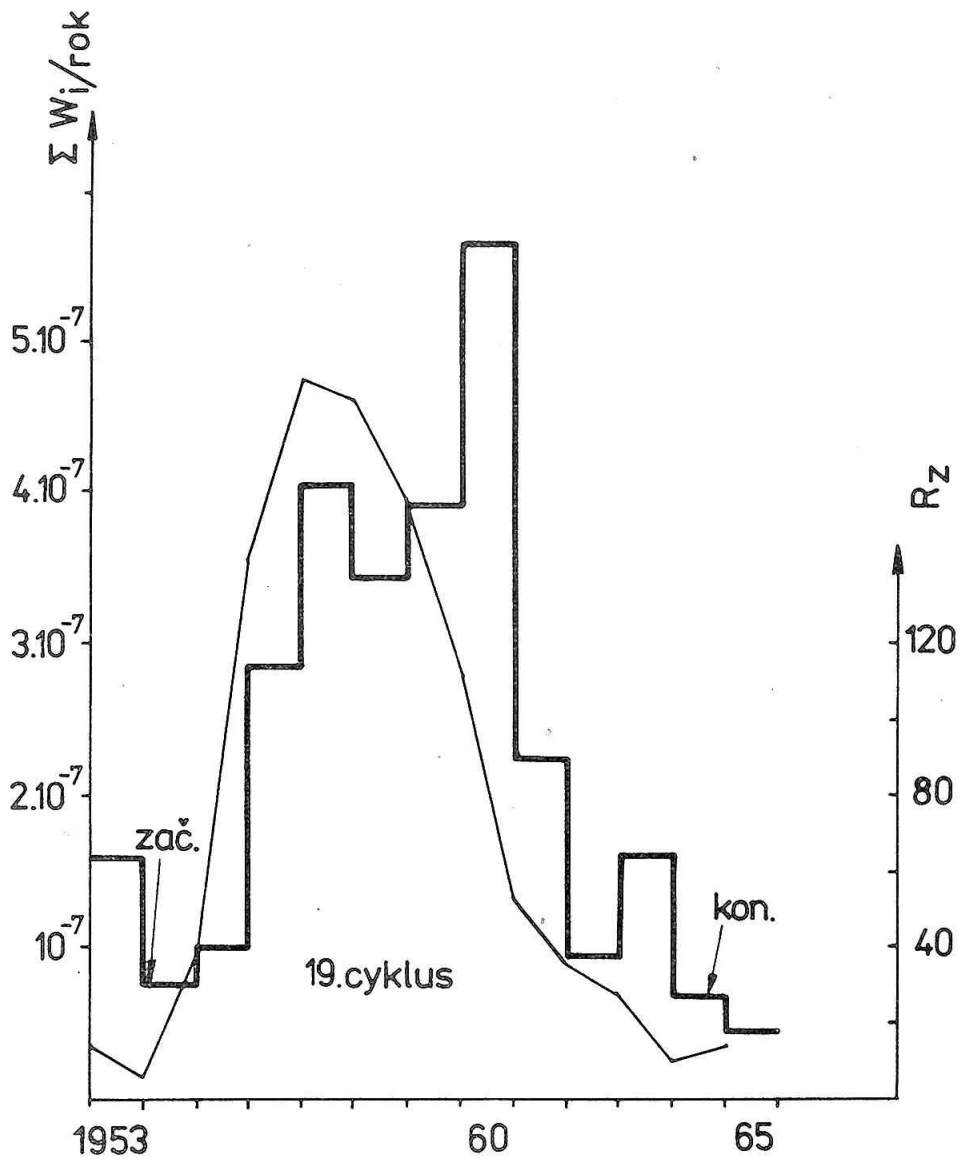


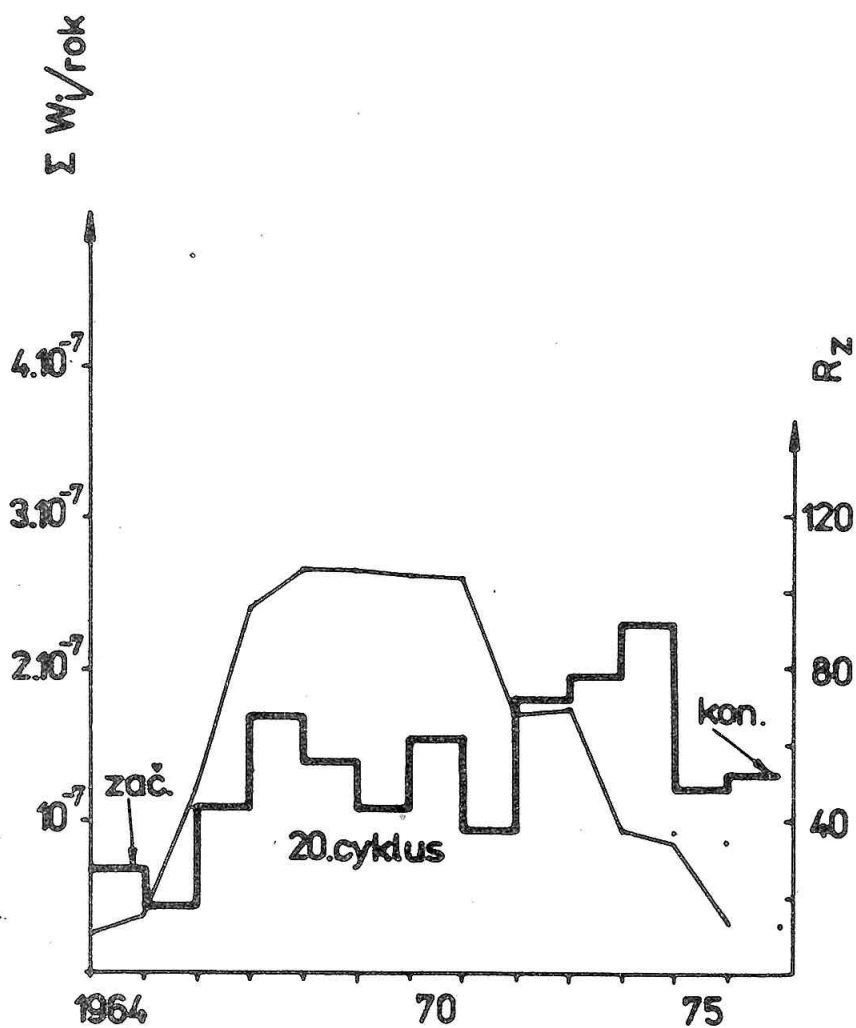
Obr. 1



Obr. 2

Všetky štyri cykly sú charakterizované tým, že sumárne hustoty energie na začiatku a na konci cyklu sú približne rovnaké, pričom určitú výnimku tvorí 20. cyklus, na konci ktorého prekročila sumárna hustota energie hodnotu 10^{-7} energetických jednotiek, čo bolo spôsobené mimoriadnymi geomagnetickými búrkami 10. - 11. januára, 26. - 27. marca,





Obr. 4

1. apríla a 2. - 3. mája 1976. Vo všetkých štyroch cykloch sa vyskytujú dve maximé pre sumárnu hustotu energie, ktoré sú rozložené nasledovne:

pre 17. cyklus - roky 1938 a 1941,

pre 18. cyklus - roky 1946 a 1951,

pre 19. cyklus - roky 1957 a 1960,

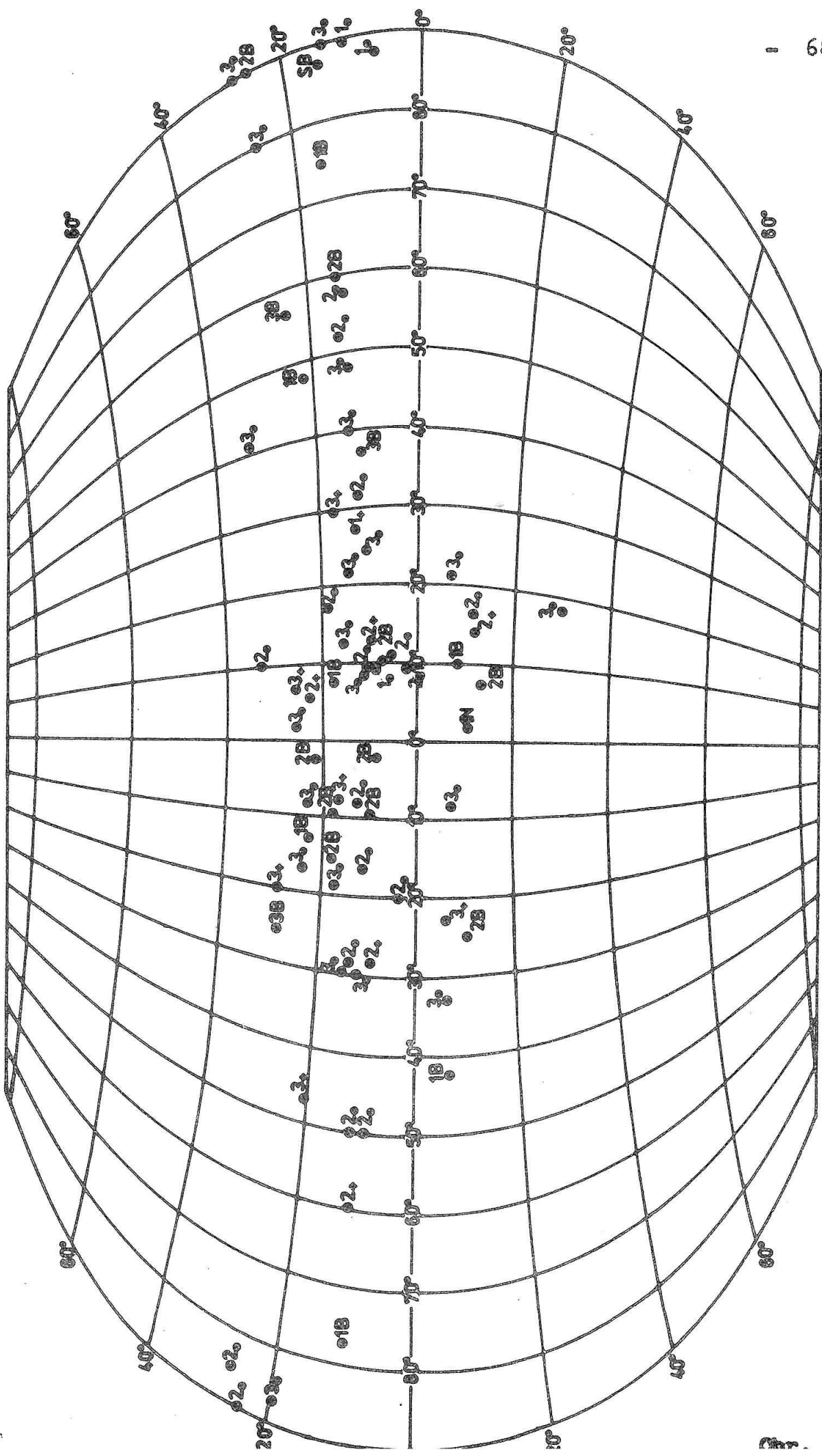
pre 20. cyklus - roky 1967 a 1974.

Kvôli porovnaniu sú na obr. 1 - 4 zakreslené priebehy slnečnej aktivity /priemerné Wolfove čísla/, na základe ktorých môžeme konštatovať, že u 17. cyklu je energetické minimum geomagnetickej aktivity posunuté o jeden rok voči minimu slnečnej aktivity. Podobne je posunuté prvé energetické maximum o jeden rok voči maximu slnečnej aktivity, kým druhé energetické maximum nasleduje o tri roky po prvom. U 18. cyklu je energetické minimum posunuté tiež o jeden rok voči minimu slnečnej aktivity, kým prvé energetické maximum predchádza maximum slnečnej činnosti o jeden rok, zatiaľ čo druhé energetické maximum nasleduje päť rokov po prvom. U 19. cyklu existuje zhoda energetického minima a minima slnečnej aktivity, ako aj zhoda prvého energetického maxima a maxima slnečnej aktivity, kým druhé energetické maximum nasleduje tri roky po prvom. U 20. cyklu nasleduje energetické minimum jeden rok po minime slnečnej činnosti, prvé energetické maximum predchádza jeden rok maximu slnečnej činnosti, kým druhé energetické maximum nasleduje až 7 rokov.

Môžeme teda považovať tento cyklus z energetického hľadiska za anomálny.

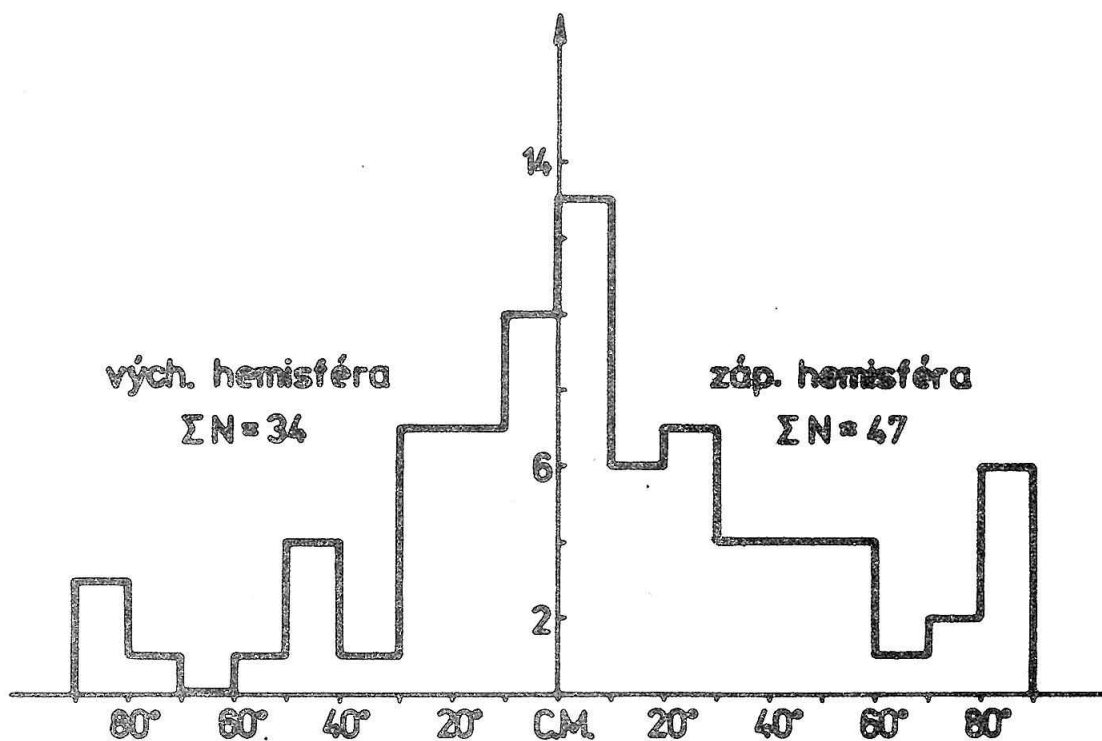
Energetické odczvy vybraných slnečných erupcií

Pre roky 1955 - 1974 sa nám podarilo identifikovať 61 geoaktívnych erupcií, ktorých rozloženie na slnečnom



povrchu je znázornené na obrázku 5, pričom u každej erupcie je uvedená jej importancia.

Frekvencia výskytu erupcií na západnej a východnej hemisfére - pre desaťstupňové intervaly héliografickej dĺžky, je znázornená na obrázku 6.



Obr. 6

Na západnej hemisfére sa vyskytlo 47 erupcií, na východ-

Tabuľka č. 4

dátum	imp.	poloha	Σw_i	č.
56.02.23	3 _o	80W , 23N	122.775	1
56.04.27	1 ₊	27W , 16N	113.526	2
56.11.13	2 _o	10W , 16N	109.574	3
57.01.20	3 _o	18W , 30S	182.770	4
57.06.30	2 ₊	03W , 10N	288.009	5
57.09.30	3 _o	02W , 25N	256.942	6
58.02.09	2 ₊	14W , 12S	443.038	7
58.07.07	3 ₊	07W , 25N	499.742	8
59.07.16	3 ₊	30W , 17N	352.790	9
60.03.29	2 _o	31W , 12N	720.254	10
60.04.29	3 _o	21N , 14N	369.539	11
60.07.14	2 _o	52W , 15N	184.556	12
60.08.14	2 ₊	06W , 22N	128.138	13
60.10.04	1 _o	88W , 07N	738.138	14
60.10.12	2 _o	17W , 19N	107.980	15
61.04.13	3 _o	90W , 26N	100.141	16
61.07.15	2 _o	21W , 07S	108.227	17
63.10.28	3 _o	24W , 12N	149.531	18
66.09.02	3 _B	56W , 24N	311.306	19
68.06.09	2 _B	09W , 14S	112.047	20
68.10.30	3 _B	37W , 14S	138.678	21
72.06.15	1 _N	02W , 12S	201.221	22
72.09.11	1 _B	07W , 19N	101.706	23
			5,840.628	

pokračovanie tabuľky č. 4

č.	dátum	imp.	poloha	$\sum w_i$
1	57.06.28	2 ₊	28E , 10N	288.009
2	57.09.18	3 _o	08E , 21N	457.898
3	57.09.26	3 _o	16E , 23N	476.083
4	58.06.26	2 _o	80E , 11N	167.593
5	59.04.08	2 _o	85E , 27N	108.515
6	59.05.10	3 ₊	47E , 20N	125.629
7	59.07.14	3 ₊	07E , 17N	592.005
8	59.08.14	2 _o	28E , 12N	305.513
9	59.09.01	2 ₊	60E , 12N	128.091
10	60.05.06	3 _o	08E , 09S	164.575
11	60.09.03	3 _o	87E , 20N	237-262
12	60.11.20	3 ₊	20E , 29N	484.516
13	61.07.11	3 _o	32E , 06S	149.779
14	61.07.12	3 ₊	22E , 07S	112.890
15	61.07.24	3 _o	18E , 18N	153.480
16	67.05.23	3 _B	25E , 28N	502.947
17	69.03.21	2 _B	16E , 19N	139.736
18	69.09.27	3 _B	02E , 09N	135.868
19	70.03.07	2 _B	09E , 11S	306.726
20	70.04.18	1 _B	09E , 09N	127.198
21	72.08.02	2 _B	27E , 13N	553.777
22	74.07.03	2 _B	08E , 15S	248.341
23	74.09.13	2 _B	24E , 13S	186.409
				6,516.840

nej 34 erupcií.

Pre každú erupciu bola vypočítaná sumérna hustota energie geomagnetickej búrky, vyjadrené v horeuvedených jednotkách a ukázalo sa, že celková sumérna hustota energie pre erupcie na východnej strane Slnka je asi o 20 % vyššia, než na strane západnej. Kvôli stručnosti uvádzame v Tab. 4 len 23 sumérnych hustôt energie geomagnetických búrok pre erupcie na západnej a 23 sumérnych hustôt energie pre erupcie na východnej strane Slnka. Boli vybrané tak, že im odpovedajú maximálne sumérne hustoty energie geomagnetických búrok.

Aj pre tento redukovaný súbor údajov je celková sumérna energia geomagnetických búrok asi o 11 % vyššia pre erupcie na východnej strane, než pre erupcie na strane západnej, čo nie je náhodný jav.

Budeme mu preto venovať pozornosť pri komplexnom spracovaní údajov o erupciách a geomagnetických búrkach za 20. slnečný cyklus.

Záver

Predbežné výsledky o vzťahu slnečnej aktivity a poruchovosti geomagnetického poľa dokazujú, že je možné -
- pri dostatočne bohatom materiáli o slnečných erupciách a o rozložení K_p indexov získať cenné výsledky, najmä ak sa do analýzy zahrnú aj ďalšie experimentálne údaje, menovite o parametroch medziplanetárneho magnetického

poľa, slnečného vetra a medziplanetárnych nárazových vln, prípadne aj iných údajov. Je zaujímavé, že štatistickému spracovaniu geomagnetických indexov A_p sa venuje mimoriadna pozornosť v práci [5], čo potvrdzuje oprávnenosť našej metódy.

L i t e r a t ů r a

- [1] J. Bartels, Collection of Geomagnetic Planetary K_p and Derived Daily Indices, A_p and D_p for the Years 1932 to 1961, Amsterdam, 1962,
- [2] Geomagnetic indices K and D, 1965, Amsterdam, 1969,
- [3] M. Krajčovič, Rozloženie K_p indexov, geomagnetických búrok a veľkí kludných intervalov pre slnečné cykly 17. - 20, 1976, nepublikované,
- [4] M. Waldmeier, The Sunspot - Activity and Geomagnetic - Activity Data, London, 1965,
- [5] M. Meyers - J. H. Allen, Some summary Geomagnetic Activity Data 1932 - 1976, NGSD-1, Boulder, Colorado, 1977.

Sluneční jevy před geomagnetickými bouřemi během světového
retrospektivního intervalu 20. 3. - 5. 5. 1976

J. HALENKA

Geofyzikální ústav ČSAV Praha

Během uvedeného období došlo k výraznému oživení sluneční aktivity, meziplanetárních a geofyzikálních jevů, a to i přes blízkost minima cyklu sluneční činnosti.

Zásluhu na tom má aktivní oblast označená jako McMath 14143, při následující rotaci jako McMath 14179 /průchody středním slunečním poledníkem 30. 3. a 27. 4. 1976/.

Soudí se, že meziplanetární a geofyzikální jevy, které nastaly v retrospektivním intervalu /STIP II/, souvisejí právě s činností ve zmíněné aktivní oblasti. Pokud jde o tři nejvýraznější geomagnetické bouře z tohoto období je však souvislost s oblastí nejvyšší sluneční činnosti téměř jistá pouze u jedné z nich /bouře 1.4./, zatím co pro bouře 26. 3. a 2./3. 5. je možno s velkou pravděpodobností udat zdroje jiné, jak je dále uvedeno.

Bouře patří vesměs do nejvyšší kategorie co do intensity, začínají náhlým počátkem a kromě nepodstatných rozdílů v délce trvání lze konstatovat pouze jediný výrazný rozdíl, a to v průběhu bouřkové variace. Jak vyplývá z časo-

vého průběhu horizontální složky geomagnetického pole na nízkošířkových geomagnetických observatořích, bouře 26. 3. a 1. 4. jeví typickou bouřkovou variaci s výrazným poklesem horizontální složky během hlavní fáze, což svědčí o vyvinutém prstencovém elektrickém proudu v rovníkových oblastech magnetosféry. Naproti tomu bouře 2./ 3.5 je bez hlavní fáze, místo níž se projevuje silné nepravidelné kolísání horizontální složky ve sledu zálivovitých poruch, což ukazuje na původ z oblasti proudových systémů zony polárních září následkem nestability magnetosférického ohonu.

Významnější z našeho pohledu jsou rozdíly v zařazení bouří do okolní geomagnetické aktivity, dobře patrné ve 27 denním diagramu Kp indexu ve formě rekurentních tendencí. Skutečně sporadickou, izolovanou bouří je pouze bouře 1.4. a může proto nejspíše souviset s izolovanou, krátkodobou sluneční příčinou.

Zbývající dvě bouře jsou vnořeny do jasných rekurentních zvýšení geomagnetické aktivity, opakujících se v důsledku sluneční rotace po 27 dnech, které je možno dobře sledovat ve dvou předcházejících rotacích. V těchto případech jde tedy spíše o jistou modifikaci dlouhodobě existující sluneční situace, přídatnou emisi geomagneticky účinného činitele v prostoru heliografických délek s dlouhodobou emisí. /Dobře známe i opačný stav, totiž tzv. negativní efekt v geomagnetické aktivitě, kdy se v intervalu dlouhodobě i rekurentních geomagneticky účinných délek přechodně objeví například

skupina skvrn staršího vývojového typu - ale i jiné, včetně fakulí bez skvrn, pokud jejich magnetické pole je relativně neproměnné- a způsobí po průchodu středním slunečním poledníkem dočasný výrazný pokles geomagnetické aktivity/. Že by zmíněnou modifikaci existující situace mohla způsobit právě oblast McMath 14143 nebo o rotaci později McMath 14179 je i při velkých rozměrech slunečních struktur krajně nepravděpodobné zvláště u bouře 26.3., kdy aktivní oblast během výskytu bouře teprve vycházela na slunečním okraji.

Během bouře 2./3.5. byla uvedená oblast daleko na západní sluneční polokouli; rovněž eruptivní činnost v ní se oživila až po průchodu centrálním poledníkem /nejvýraznější erupce zde nastala tři dny po průchodu, 30. 5. ,i=1B, W46/.

Bouře 26. 3

/SSC 02.33UT/ je z hlediska předcházejících slunečních jevů nejsložitější a také sluneční materiály poskytují v kritickém období před bouří jen málo informací. Na první pohled je široké okolí středu disku nerušené, jediná skupina skvrn je daleko na západní polokouli, těsně před středem ve smyslu rotace je nespolehlivě na filtrogramu z 23. 3. sotva zřetelná struktura připomínající filamentový kanál a velmi slabá malá flokule. Je nutné vyšetřit materiály z okolních dnů s ohledem na vývoj projevů sluneční činnosti v kritickém prostoru. Především je patrné ze snímků z 19. a 20. 3. , že ve

velkém rozsahu heliografických délek se na jižní polokouli táhne vysokošířkový filament, zřetelně proměnlivý a dočasně mizející ve svých východních částech. 23. a 25. 3. jsou v této posici během průchodu centrálním poledníkem pozorovatelné pouze jednotlivé zbytky filamentu.

Takové děje, za podmínky nerušeného prostoru podél centrálního poledníku a kolem středu disku mohou znamenat obohacení rovníkového křídla sluneční korony /vytvoření dočasné korony minimálního typu podél příslušného slunečního poledníku/, směřujícího k Zemi, a tím způsobit zvýšení geomagnetické aktivity.

V našem případě se dále zdá pravděpodobné, že se změny uspořádání magnetického pole, které vyvolali nestabilitu filamentu, projeví nejen ve vysokých šířkách, ale zasáhly i oblast kolem středu disku, o čemž svědčí objevení dvou skupin skvrn v kritické posici ale již po průchodu centrálním poledníkem /26. 3. skupina A N6 a symetricky k rovníku skupina B S9 obě v pásu W13-W26/. Vznik skvrn signalisuje, jako v dalších podobných případech, náhlou změnu magnetického pole a možnost přestavby sluneční korony v tomto prostoru s emisí geomagneticky účinného činitele směrem k Zemi. Lze spekulovat, že filamentové uzly, které se objevili za zmíněnými skvrnami na filtrogramu z 26. 3. jsou projevem kondensace koronálního materiálu po proběhlé přestavbě korony v důsledku změn tamního magnetického pole.

Pokles geomagnetické aktivity před počátkem bouře vyvolává podezření na přítomnost rušivého magnetického pole na středu slunečního disku, předcházejícího asi o den místo emise poruchového činitele. I když dané filtrogramy neumožnili bezpečně nalézt toto rušivé pole, které by se mělo projevovat jako aspoň slabá flokule, je pole samo spolehlivě zachyceno na synoptických mapách slunečních magnetických polí z pozorování 23.3. na centrálním poledníku v průsečíku $L=140$ a rovníku.

Bouře 1.4.

/SSC 02.55UT/ je z hlediska předcházejících slunečních jevů nejjednodušší a její výklad téměř nepochybný. Zde jde o přesně středový průchod vyvinuté aktivní oblasti s proměnným magnetickým polem, jak to dokumentuje časový průběh četnosti výskytu erupcí a dále změna typu z D na C v období průchodu centrálním poledníkem 30./31.3., S8. V takové případě se nad aktivní oblastí vytváří více méně souvislý úzký koronální útvar válcového tvaru směřující k Zemi. Není vyloučeno, že náhlý počátek tu vzniká spíše v důsledku ostře vymezeného rozhraní při bočním střetnutí útvaru s magnetosférou, než při čelném střetnutí s některou z nehomogenit uvnitř korpuskulárního proudu.

Nutno zdůraznit, že tato aktivní oblast, při své izolovanosti a déletrvajících erupčních aktivitě, poskytuje velmi názorný doklad, že se aktivní centrum na Slunci může geomagne-

ticky aktivně projevit pouze jednou, a to právě po průchodu centrálním poledníkem, s typickým zpožděním asi 1-2 dny.

Bouře 2./3.5.

/SSC 18.29UT/ poskytuje z hlediska předcházejících slunečních jevů pěkný příklad /dosti častých/ případů problematického přiřazení geomagnetických bouří sice důležitým a výrazným slunečním jevům, zejména erupcím, které však vzhledem ke své prostorové i časové odlehlosti nemohou být zdrojem vyšetřovaných magnetických bouří.

V našem případě, jak je na první pohled patrné z filtrogramu z 30.4., máme na disku dvě aktivní centra: McMath 14179 na západní polokouli, s již zmíněnou erupcí 1B, a flokule v těsné blízkosti středu disku se středovým filamentem poledníkového směru. Je tedy především nutno odmítnout tvrzení, že kromě oblasti McMath 14179 nebylo v daném období na Slunci další aktivní centrum, a to tím spíše, že v prostoru flokulí u středu je skupina skvrn /maximum rozvoje při vzniku 26.4. typ C, během průchodu 30.4. typ A v šířce N3, zaniká, 2.5. nepozorovatelná/.

Jde tedy opět o proměnné pole v blízkosti středu disku, filament rovněž jeví známky proměnnosti na filtrogramech z 30.4.-2.5. Za takovýchto situací se nad filamentey vytváří koronální útvar přilbovitého tvaru s rovinou symetrie v podélné ose filamentu. Při filamentech poledníkového směru je zvýšená pravděpodobnost, že přidružený koronální útvar bude

procházet i středem disku, jako v našem případě, a tak směřovat k Zemi, čímž jsou splněny podmínky pro vznik geomagnetické bouře.

V souhrnu lze konstatovat, že i přes zdánlivě značně rozdílné sluneční situace před diskutovanými geomagnetickými bouřemi, mají všechny tři případy společný rys - proměnnost magnetického pole na středu slunečního disku. Podobně je možné vysvětlit i řadu dalších méně výrazných zvýšení v retrospektivním intervalu.

L i t e r a t u r a

Collected Data Reports For STIP Interval II. Report UAG-61,
WDC A, Boulder 1977.

Heliographic Maps of the Photosphere for the Year 1976.

Eidg. Sternw. Zürich, 1977.

Quarterly Bull. on Solar Activity No. 193, 194. IAU, Eidg.
Sternw. Zürich, 1977.

Photographic Journ. of the Sun No. 111, 112, 113. Osserv.
Astr. di Roma, 1976.

B. Bednářová-Nováková, J. Halenka: Results of Investigating
the Relations Between Solar and Geomagnetic Activity Obtai-
ned at the Geophysical Institute CSAS. Travaux No 424,
Geofyzikální sborník 1974, Academia, Praha 1976.

Vysokorychlostné toky slnečného vetra a 27-denná
variácia geomagnetického poľa

A. PRIGANCOVÁ

Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava

A b s t r a k t

Analýza odlišností v rozložení spektrálnej energie geomagnetického poľa v frekvenčnom pásme 27-dennej variácie vo vzťahu ku zmenám rýchlostného profilu slnečného vetra potvrdzuje súvislosť rekurentných porúch magnetického poľa Zeme s dlhodobou evolúciou štrukturálnych útvarov slnečnej koróny.

Poukazuje sa na vhodnosť komplexného využitia fotosférických a koronálnych údajov o slnečnej aktivite pri štúdiu mechanizmu generovania 27-dennej variácie geomagnetického poľa.

Pörušenosť geomagnetického poľa /GMP/ úzko súvisí so slnečnou činnosťou. Preto štúdium geomagnetickej aktivity je dôležité nie len z hľadiska výskumu zákonitostí samotného geomagnetizmu, ale aj z hľadiska pochopenia podstaty solárno-terestriálnych vzťahov a skúmania zdrojov porúch

v GMP. Táto problematika sa dostala do popredia najmä v poslednej dobe, umožňujúcej porovnávať morfológické vlastnosti geomagnetickej a slnečnej aktivity na základe konkrétnych údajov pozemských a kozmických meraní. Jednou z dôležitých otázok v tomto smere je štúdium dlhodobých zmien geomagnetickej aktivity, menovite rekurentnej porušenia GMP.

Predkladaná práca sa zaoberá interpretáciou spektrálneho obrazu GMP v pásme 27-dennej variácie na základe dlhodobých zmien rýchlostného profilu slnečného vetra s použitím komplexnej informácie o slnečnej činnosti zahrňujúcej fotosférické, chromosférické a koronálne údaje.

Rekurentné poruchy GMP

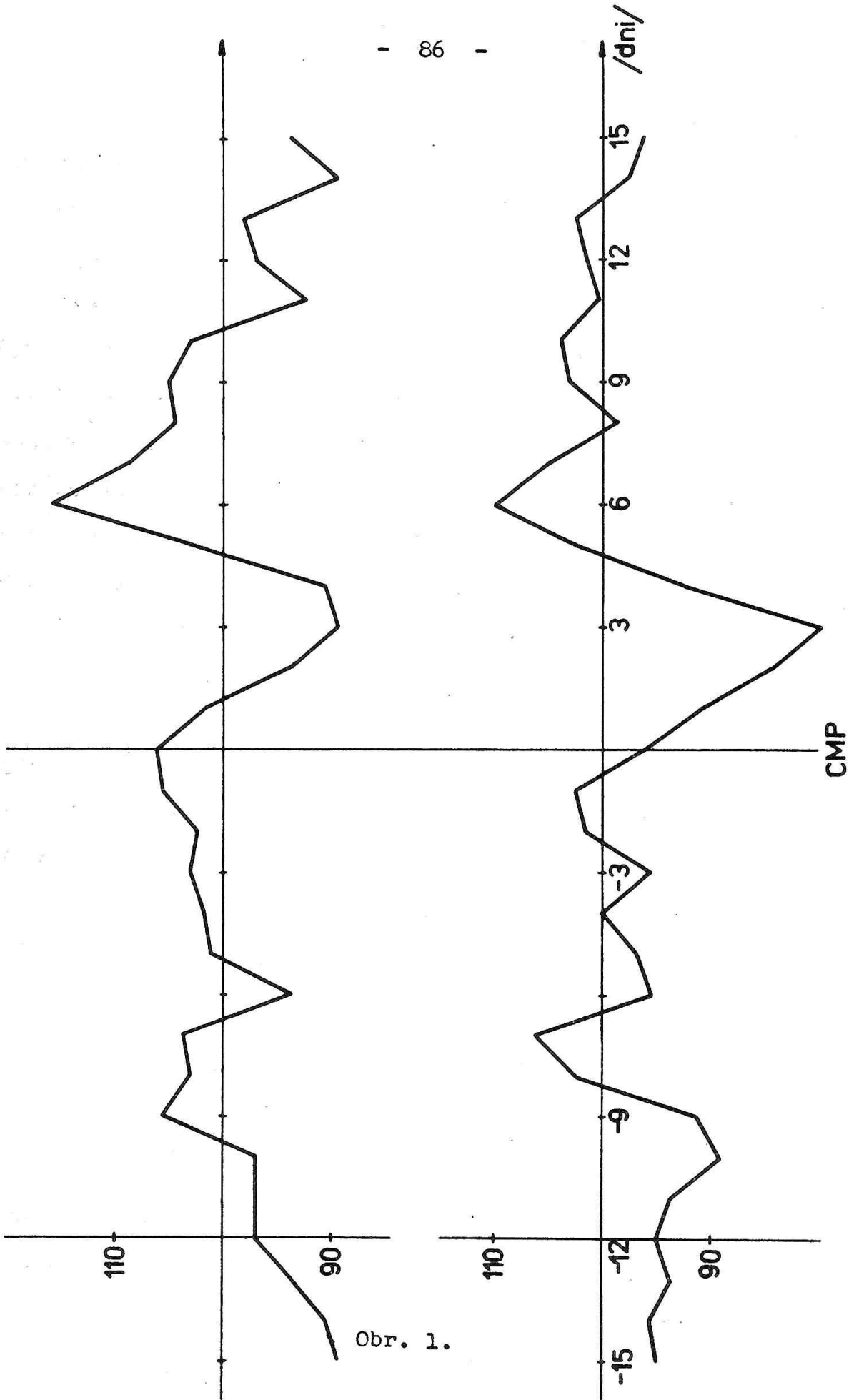
Rekurentná vlastnosť v zmenách GMP sa skúma už dlhší čas [1]. Pri štúdiu rekurentných porúch GMP vyvstáva otázka identifikácie ich zdrojov na Slnku. V 30-tých rokoch Bartels zaviedol pojem hypotetických M-oblastí ako zdrojov rekurentnej geomagnetickej aktivity a pripúšťal ich lokalizáciu mimo aktívnych oblastí /AO/ na Slnku vzhľadom na ich neviditeľnosť pri optickom pozorovaní prístupnými prostriedkami. V priebehu ďalších desaťročí rekurentné geomagnetické poruchy sa skúmali vo vzťahu k rozličným ukazovateľom slnečnej činnosti, pozorovateľným na rôznych úrovniach slnečnej atmosféry /fotosférickej, chromosférickej, a koronálnej/. Najviac zaužívanou metódou analýzy bola metóda superpozície

indexov slnečnej a geomagnetickej aktivity. Sledovanie úrovne geomagnetickej porušenia, charakterizovanej indexami A_p , ΣK_p alebo začiatkami rekurentných búrok ako aj ich počtom vo vzťahu k CMP slnečných škvrn, CMP kalciových flokúl, CMP vysokej a nízkej intenzity koronálnej emisie $\lambda 5303$ viedlo rôznych autorov k protichodným výsledkom [2,3].

Interpretácia výsledkov analýzy geomagnetickej aktivity v rokoch 1906-1952 vo vzťahu k CMP kalciových flokúl v slnečnej atmosfére vyústila v tvrdenie, že korpuskulárne kvazistacionárne toky z aktívnych oblastí na Slnku vyvolávajú rekurentné geomagnetické poruchy [2]. Pritom zvýšenú rekurentnú vlastnosť pri klesajúcej do minima slnečnej aktivity Mustel' vysvetľoval dlhšou životnosťou aktívnych oblastí, nevykazujúcich "optickú" aktivitu.

Protichodná interpretácia výsledkov analýzy počtu magnetických búrok za obdobie 1919-1954 vychádza z väčšej štatistickej vierohodnosti minima fluktuácií úrovne geomagnetickej aktivity vzhľadom na CMP aktívnych oblastí [3]. Na obr. 1. vidíme, že minimálny počet rekurentných búrok sa pozoruje na 3. deň po CMP aktívnych útvarov na Slnku. Nasledujúce na 6. deň maximum nie je primárne a je menej vierohodné. O vierohodnosti minima svedčia aj výsledky analýzy úrovne geomagnetickej aktivity vzhľadom na CMP extrémnej intenzity

Obr. 1. Zmena počtu rekurentných búrok vzhľadom na CMP kalciových flokúl v období klesajúcej slnečnej aktivity. /Podľa [3] /.



Obr. 1.

koronálnej emisie $\lambda 5303$; maximum sa objavuje na 3. deň po CMP nízkej intenzity koronálnej emisie $\lambda 5303$ [3] .

Z toho plynie, že bezprostredný vplyv aktívnych oblastí na rekurentné poruchy v GMP je vylúčený, t.j. zdroje týchto porúch sa nachádzajú v oblastiach so zníženou slnečnou aktivitou. O tom svedčí aj záporná korelácia rýchlosti slnečného vetra na CMP extrémne nízkej intenzity $\lambda 5303$ [4] .

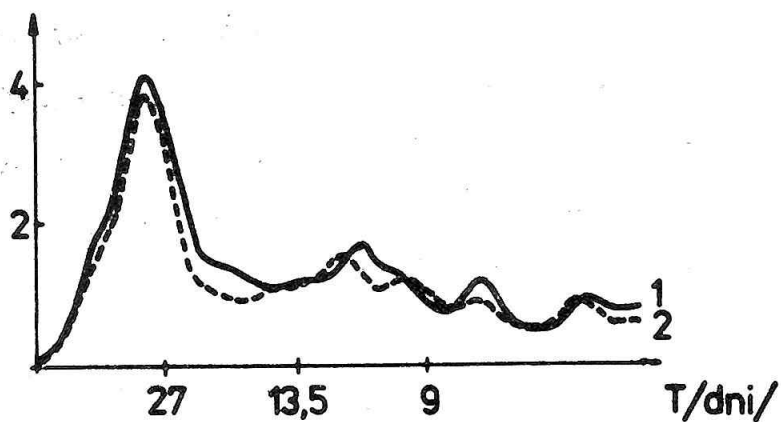
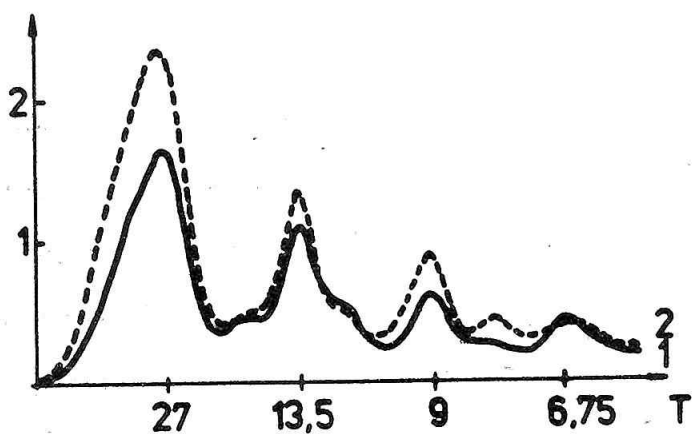
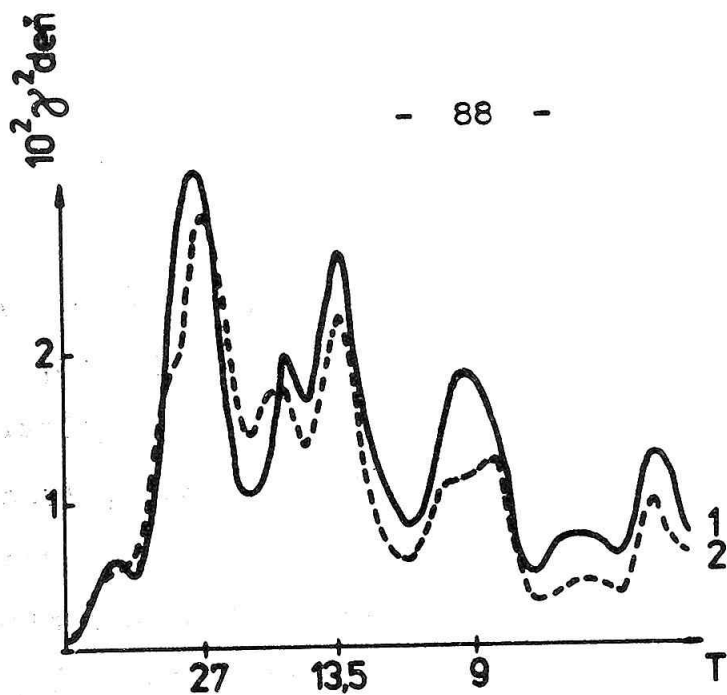
Pri štúdiu geoejektu korpuskulárnych tokov musíme poznať časový rozdiel, potrebný pre transformáciu plazmy medzi Slnkom a Zemou. Riešenie otázky lokalizácie M-oblastí naráža na ťažkosť spojenú s neurčitostou kvantitatívnej hodnoty tranzitného času, ktorého veľkosť sa udáva rozličnými autormi v rozpätí $4,5 \pm 1,5$ /dní/ [5] .

Tranzitný čas je ovplyvňovaný rýchlosťou slnečného vetra. Pre vysokorýchlostné toky tranzitný čas je zhruba 3 dni, a táto hodnota sa môže považovať za smerodatnú, keď uvážime, že variácie rýchlosti slnečného vetra so zväčšením radiálnej vzdialenosti sú zanedbateľné [6] .

Spektrum 27-dennej variácie GMP

Spektrum GMP poskytuje celkový obraz rekurentnej vlastnosti magnetického poľa Zeme v priebehu slnečného cyklu. Porovnávajúc štatistické rozloženie energie v spektrách pre určité obdobia môžeme sledovať ich evolúciu [7,8] .

27-denná variácia sa pozoruje v dlhodobých zmenách celkovej úrovne geomagnetickej aktivity.



Obr. 2. Spektrum H-zložky: a/ v období r. 1960-62 pre observatórium Viktória - 1 a Kazaň - 2; b/ v období r. 1963-65 pre observatóriá Memambetsu - 1, Tananarive - 2; c/ v období r. 1966-68 pre observatóriá Tbilisi - 1, Taškent - 2.

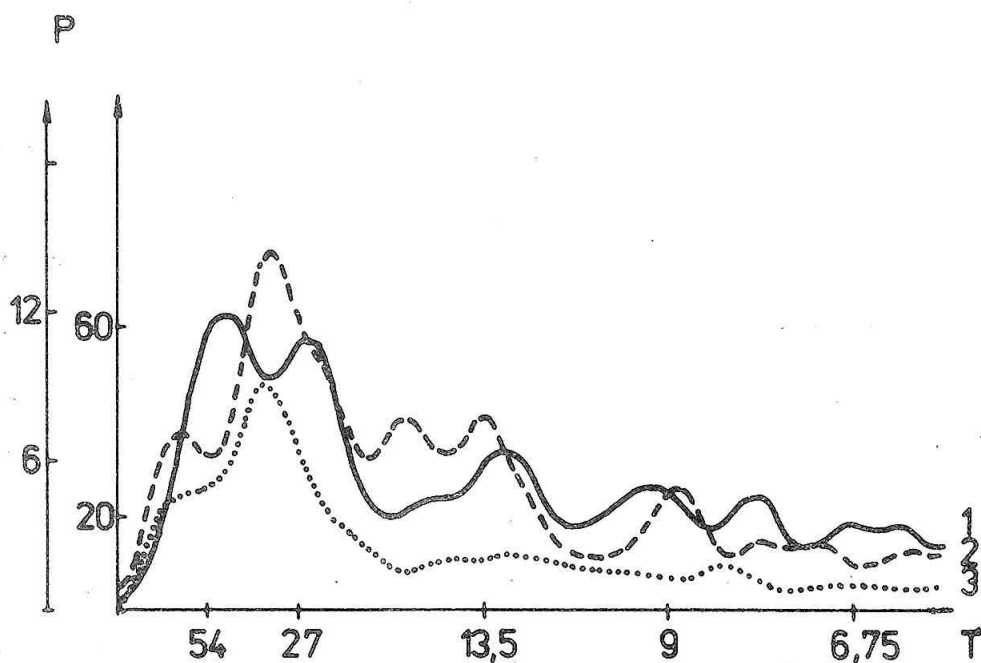
Spektrálna analýza priemerných denných hodnôt komponentov GMP preukazuje prítomnosť 27-dennej variácie vo všetkých zložkách GMP.

Na obr. 2. je uvedené spektrum H-zložky GMP v rôznych fázach slnečnej aktivity. Spektrálne krivky preukazujú výraznú variabilitu spektrálneho zloženia GMP v priebehu 11-ročného cyklu. Najväčšiu regulárnosť v spektrálnom zložení GMP pozorujeme v období minimálnej slnečnej aktivity. Stabilita výskytu 27-dennej rekurentnej variácie a jej vyšších harmonických 13,5-, 9-, 6,75- dní sa prejavuje v globálnom merítke / Obr. 2b/. V období zväčšujúcej sa do maxima slnečnej aktivity pravidelnosť v rozložení spektrálnej energie P je potlačená, celkový spektrálny obraz je nestacionárny a prejavuje sa globálne.

Maximum 27-dennej variácie sa posúva smerom k vyšším periódam /Obr. 2c/, čo súvisí s meniacou sa rekurentnou periódou sektorovej štruktúry medziplanetárneho magnetického poľa / MMP/ [9] . Napriek tomu, že celkové spektrum Z-zložky, resp. D-zložky v porovnaní s H-zložkou je vo väčšej miere porušené a je menej stabilné, rekurentný charakter geomagnetických porúch je preukazateľný /Obr. 3/.

Názorná je aj prítomnosť maxima $T = 54$ dní, ktoré je najvýraznejšie v období minima slnečnej aktivity. Odlišnosti v spektrálnom zložení GMP o existencii dĺžkovej modulácie úrovne geomagnetickej aktivity. Prítom charakter dĺžkovej modulácie sa mení v priebehu cyklu slnečnej aktivi-

ty čo súvisí s evolúciou slnečných zdrojov rekurentných porúch, prípadne zdrojov sporadickej aktivity, ktoré v menšej či väčšej miere maskuje rekurentnú vlastnosť GMP [9] .



Obr. 3. Spektrum Z- zložky pre observatóriá: Irkutsk /r. 1963-65/-1 /meritko vľavo/, Tananarive /r. 1960-62/- 2, Odessa /r. 1966-1968/ - 3.

Zdroje rekurentných porúch

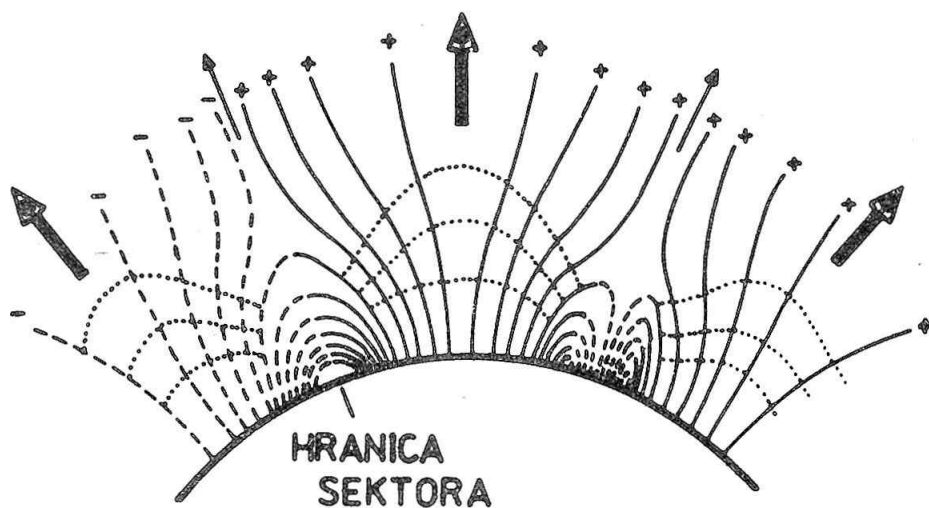
Z hľadiska moderných teoretických predstáv o podstate slnečnej činnosti a bezprostredných pozorovaní v kozmickom priestore magnetické polia v slnečnej atmosfére majú rozho-

dujúci vplyv na podmienky úniku slnečnej plazmy do medziplanetárneho priestoru [10]. Vysokorýchlostné toky slnečného vetra, spôsobujúce vyššiu porušenosť GMP [9] vznikajú v oblastiach s unipolárnymi magnetickými poľami otvorenej konfigurácie.

Nízkorýchlostné toky sa šíria z oblasti s uzavretou konfiguráciou magnetických polí /Obr. 4/.

SLNEČNÝ VIETOR

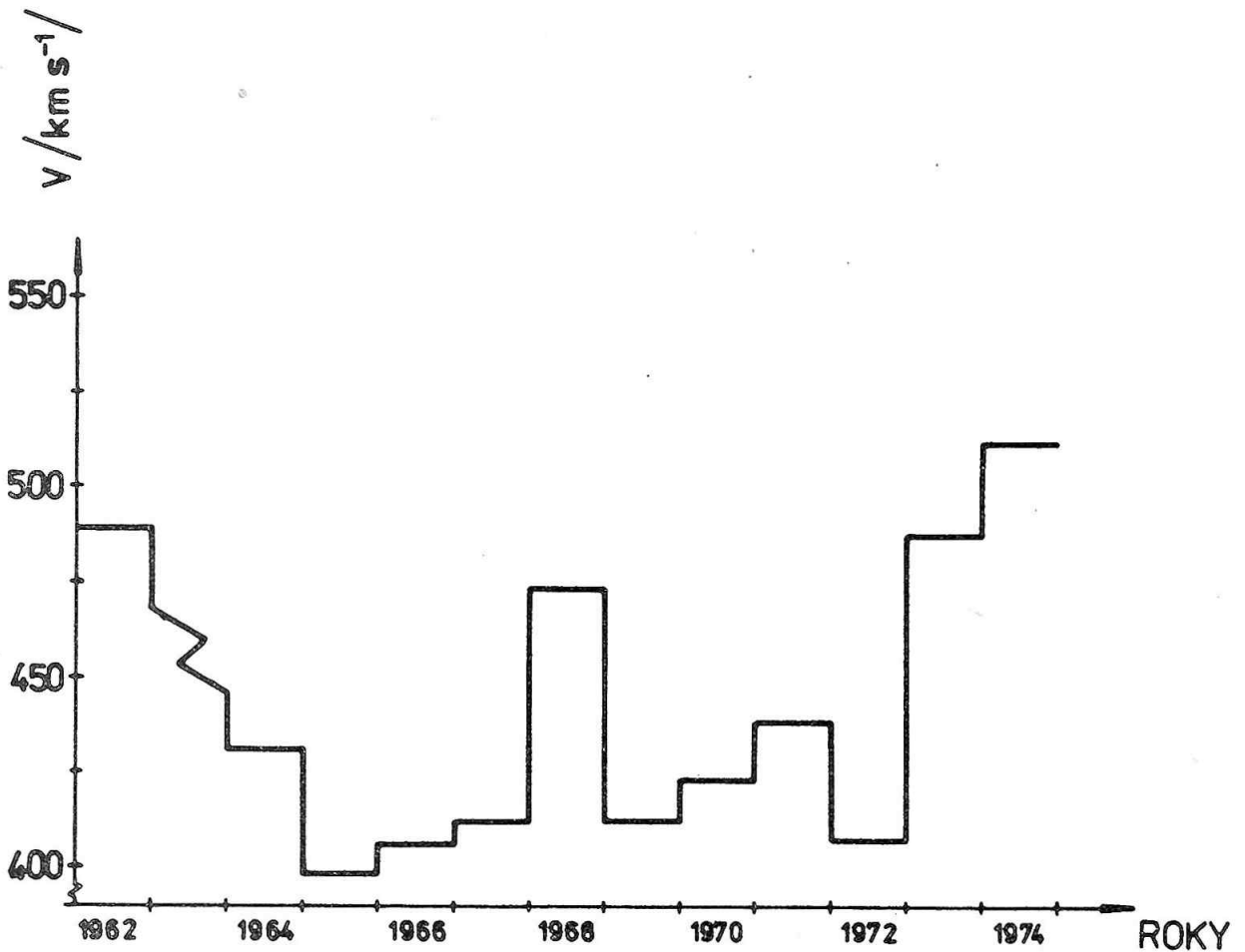
VYSOKORÝCHLOSTNÝ 
NÍZKORÝCHLOSTNÝ 



MAGNETICKÉ SILOČIARY  
IZOTERMY 

Obr. 4. Konfigurácia koronálnych magnetických polí a rýchlosť slnečného vetra- / Podľa [10] /.

Pomer medzi vysokorýchlostnými a nízkorýchlostnými tokmi sa mení v priebehu cyklu [9] , pričom rýchlosť slnečného vetra je v antifáze s úrovňou slnečnej aktivity. /Obr. 5/.



Obr. 5. Rýchlostný profil slnečného vetra v období rokov 1962-1974.

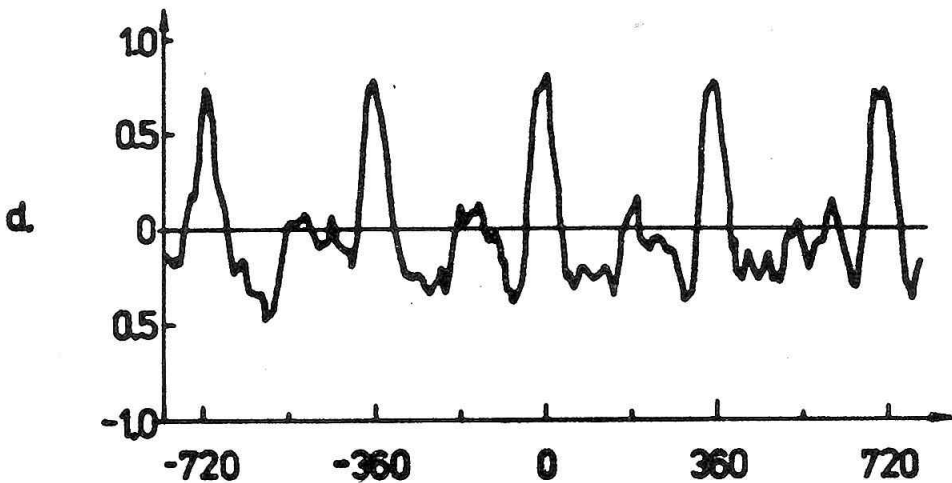
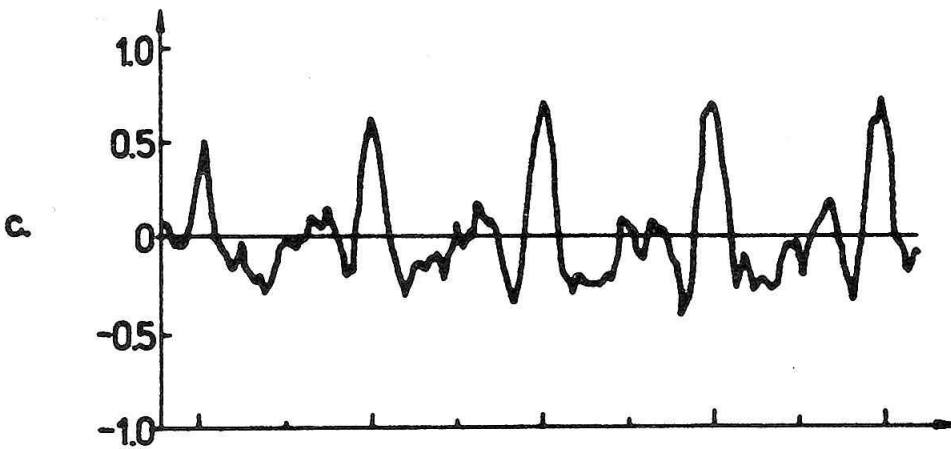
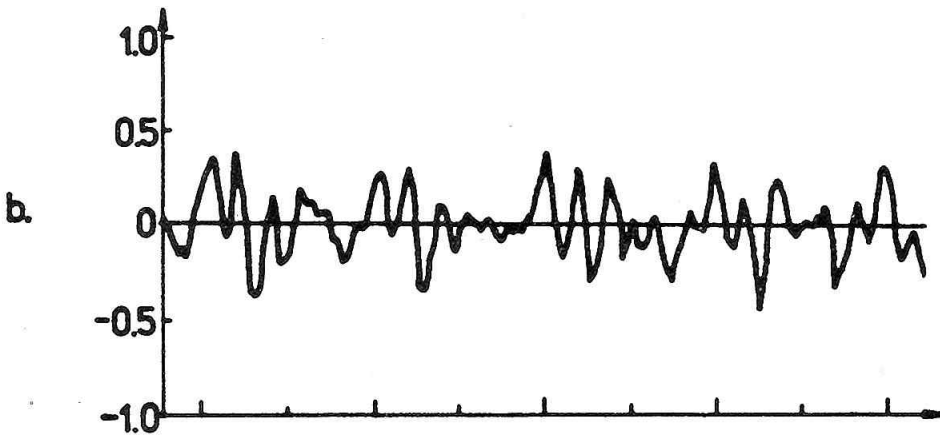
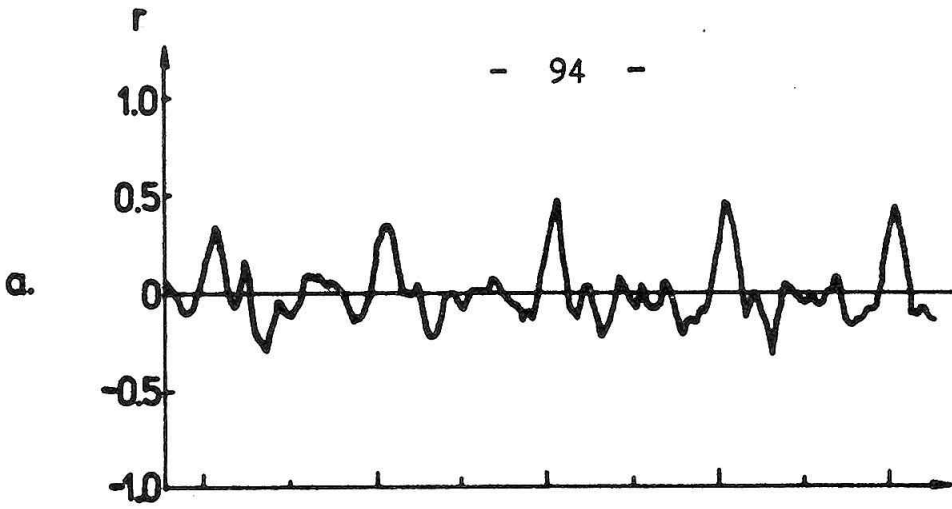
Vysokorýchlostné toky sú spravidla unipolárne a vykazujú rekurentnú vlastnosť vo väčšej miere ako nízkorýchlostné toky / Obr. 6/, čo je najviac charakteristické pre vysokorýchlostné toky z oblastí slabých koronálnych magnetických polí otvorenej konfigurácie, tzv. koronálnych dier /KD/.

Sledujúc zmenu kroskorelačného koeficientu medzi polaritou slnečných magnetických polí a polaritou tokov slnečného vetra v závislosti na časovom posune τ pri rotácii Slnka, vidíme, že maximálna hodnota koeficientu $r = 0,84$ je príznačná pre vysokorýchlostné toky 2 KD /Obr. 6/.

KD- oblasti extrémne nízkej koronálnej emisie s veľmi nízkou hustotou / až 5 krát nižšia v porovnaní s kľudnou korónou/, teplotou a kinetickým tlakom- sa charakterizujú pravidelným dĺžkovým rozložením [4] . Dĺžkové asymetria v lokalizácii KD, výrazné korelácie s fotosferickým magnetickým polom, ich charakteristická konfigurácia /pretiahnutosť v severojužnom smere/ [12] svedčí o tom, že medzi koronálnymi útvarmi s unipolárnymi poľami otvorenej konfigurácie a sektorovou štruktúrou existuje vzťah, vyžadujúci podrobnejší výskum.

Vychádzajúc z faktu, že maximálna úroveň geomagnetickej aktivity spôsobená rekurentnými poruchami sa pozoruje

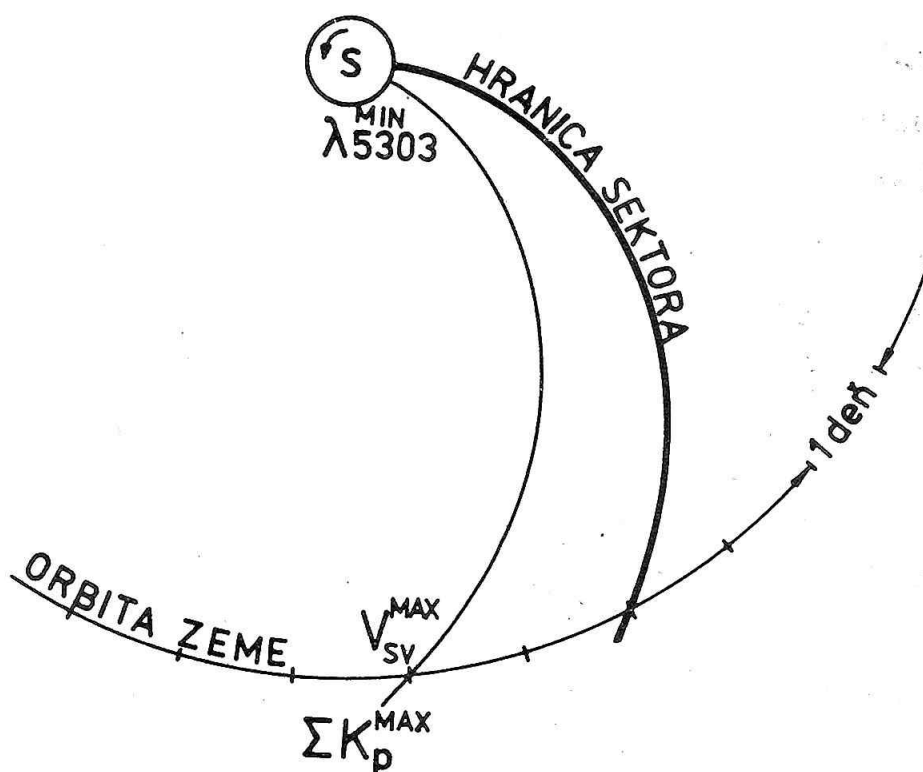
Obr.6. Kroskorelácie medzi polaritou slnečných magnetických polí a polaritou a/tokov slnečnej plazmy; b/ nízkorýchlostných tokov; c/ vysokorýchlostných tokov; d/ vysokorýchlostných tokov z KD. /Podľa [11] /.



Obrázok
č. 6

-720 -360 0 360 720 T /v stupňoch/

na druhý deň od hranice sektoru, usudzujeme, že KD ako zdroje rekurentných vysokorychlostných tokov sa lokalizujú vzhľadom na sektorovú štruktúru východnejšie /Obr. 7/.



Obr. 7. Lokalizácia oblastí extrémne nízkej koronálnej emisie vzhľadom na sektorovú štruktúru MMP.

Táto topológia je najstabilnejšia v období blízkom nízkej úrovne slnečnej aktivity, kedy sektorová štruktúra a KD /podľa najnovších pozorovaní/ vykazujú výraznú rekurentnú vlastnosť [13]. Práve rekurentná vlastnosť KD, rýchlosti slnečného vetra a geomagnetickej aktivity svedčí

o ich súvislosti, ktoré je najnázornejšia v období blízkom minimálnej slnečnej aktivite. Pôsobenie KD je potlačené pri maximálnej slnečnej aktivite, čo môže súvisieť s celkovou evolúciou slnečných magnetických polí, spôsobujúcej priaznivejšie podmienky pre výskyt KD vo fáze nízkej slnečnej aktivity. To je spojené s tým, že zložitá konfigurácia s početnými magnetickými slučkami v maxime slnečného cyklu sa mení na konfiguráciu otvorených siločiar vo fáze minima slnečnej aktivity [14], pričom v procese porušenia uzavretej konfigurácie relatívna plocha KD sa zväčšuje na úkor AO, ako ukazujú kozmické pozorovania [15].

Dynamika veľkorozmerovej konfigurácie slnečných magnetických polí ovplyvňuje podmienky emisie slnečnej plazmy v priebehu cyklu, kedy relatívny pomer vysokorýchlostných tokov, vyvolávajúcich sporadickú a rekurentnú geomagnetickú aktivitu sa mení. Pritom rekurentné vysokorýchlostné toky prevládajú v období blízkom minimálnej slnečnej aktivite [9]. Koronálne oblasti otvorenej magnetickej konfigurácie v poslednej dobe pripútali zvýšenú pozornosť vďaka kozmickým pozorovaniam, zabezpečujúcim zvýšenú rozlišovaciu schopnosť.

Práve pre nepostačujúcu rozlišovaciu schopnosť pozemských pozorovaní intenzity koronálnej emisie oblasti extrémne nízkej emisie ostávali nepovšimnuté. Vizúálne nepozorovateľné, tieto oblasti sa sledujú v UV, EUV emisii /285-1370 Å / ako aj v X-emisii /3-54 Å/. Získané experimentál-

ne údaje o KD potvrdzujú zápornú koreláciu medzi rekurentnými poruchami v GMP a oblasťami nízkej slnečnej aktivity. Pri kozmických pozorovaniach KD sa zistilo, že energetický tok zo slnečného povrchu sa zvyšuje pri prechode k oblastiam s KD.

Experimentálne sa potvrdil vzťah medzi fotosferickými magnetickými poľami, chromosferickými a koronálnymi štruktúrami [9]. Komplexné štúdium tohto vzťahu s prihliadnutím na analýzu koronálnych údajov pomôže pochopiť fyzikálne zákonitosti slnečnej aktivity. Maximálnu pozornosť si zaslúži otázka spätosti aktívnych slnečných pomplexov a koronálnych dier, na možnosť existencie ktorej sa už aj poukazovalo [9]. Z hľadiska sledovania relatívneho rozloženia oblastí nízkej a vysokej intenzity koronálnej emisie, resp. KD a AO, ktoré môže sa meniť od cykla k cyklu, je dôležitý výskum časovo-priestorových zákonitostí lokalizácie KD.

Blízka vzájomná lokalizácia oblastí značnej a nízkej aktivity môže byť jednou z príčin odlišnej identifikácie M-oblastí pri interpretácii výsledkov vzťahu rekurentnej geomagnetickej a slnečnej aktivity. Neprítomnosť optickej viditeľnosti AO, na čo upozorňoval Mustel', môže sa vzťahovať nie na AO, ale môže súvisieť s koronálnymi oblasťami extrémne nízkej aktivity. Ich životnosť je najväčšia v období blízkom minimu slnečnej aktivity, kedy je najvýraznejšie aj dĺžkové rozloženie KD [13], čo svedčí o tom, že na preferovaných dĺžkach veľkorozmerová konfigurácia magnetických polí

ostáva stabilná v priebehu dlhších časových intervalov.

KD, ako aj veľkorozmerové sektorové štruktúra slnečných magnetických polí nepreukazujú diferenciálnu rotáciu, ale na druhej strane diferenciálna rotácia charakteristická pre Slnko, podľa všetkého vplyva na veľkorozmerovú konfiguráciu magnetických polí [16] .

Záver

Konfrontácia spektrálneho obrazu GMP a dynamiky vysokorýchlostných tokov slnečného vetra poukazuje na bezprostrednú súvislosť spektrálneho zloženia pásma 27-dennej variácie GMP s evolúciou veľkorozmerovej konfigurácie slnečných magnetických polí. Vzťah medzi stabilitou rekurentného charakteru zmien GMP a vysokorýchlostnými tokmi z oblastí s otvorenou magnetickou konfiguráciou je názorný.

Vysokorýchlostné toky z oblastí sporadickej aktivity s charakteristickou uzavretou konfiguráciou magnetických polí narušujú rekurentný obraz geomagnetických porúch a úplne skresľujú prínos rekurentných zdrojov pri zväčšujúcej sa do maxima slnečnej aktivity.

Práve v tomto období globálne koronálne štruktúry trpia na ustálenosti vzhľadom na variabilitu veľkorozmerovej konfigurácie slnečných magnetických polí [14] .

Na základe horeuvedenej analýzy môžeme konštatovať, že rozhodujúcim faktorom variability spektrálneho zloženia pás-

ma 27-dennej variácie GMP je evolúcia koronálnych štruktúr, vyvolávaná slnečnými magnetickými poľami a určujúca rýchlostný profil slnečného vetra.

Pochopiť kvalitatívnu stránku tejto problematiky pomôže ďalšie štúdium podstaty fyzikálnych procesov, spôsobujúcich dlhodobé zmeny veľkorozmerovej konfigurácie slnečných magnetických polí, a to s použitím fotosférických, chromosférických a koronálnych údajov o slnečnej aktivite. Táto otázka vyúsťujúca v identifikáciu M-oblastí má nielen teoretický význam. Jej definitívne riešenie je dôležité z praktického hľadiska pre predikciu geomagnetickej aktivity s väčším časovým predstihom.

L i t e r a t ú r a

- 1 S. Matsushita, W. H. Cambell, Ed.: Physics of Geomagnetic Phenomena, Academic Press, New York, 1967.
- 2 E. R. Mustel': Solnečni je korpuskuljarnije potoki i magnetizm, Astron. žurnal, t. 41 /1964/, 777.
- 3 A. Gulbrandsen: On the Correlation between the 5303 Coronal Intensity and Geomagnetic Activity in the Years 1958-1964, Physica Norvegica, v. 7 /1973/, 65.
- 4 B. Bell, G. Noci: Intensity of the Fe XV Emission Line Corona, the Level of Geomagnetic Activity and the Velocity of the Solar Wind, J. Geoph. Res., v. 81 /1976/, 4508.
- 5 J. M. Wilcox: Interplanetary Sector Structure at Solar Maximum, J. Geoph. Res., v. 77 /1972/, 751.
- 6 D. S. Intriligator, M. Neugebauer: A Search for Solar Wind Velocity Changes between 0.7 and 1 AU, J. Geoph. Res., v. 80 /1975/, 1332.
- 7 A. Džodenčuková: Some Properties of the Time-space Distribution of the 27-day Variation in the Geomagnetic Field, Part I, Contributions Geoph. Inst. SAS, v. 6, /1976/, 87.
- 8 A. Džodenčuková: Some Properties of the Time-space Distribution of the 27-day Variation in the Geomagnetic Field, Part II, Contributions Geoph. Inst. SAS, v. 7 /1977/, 153.

- 9 A. Prigancová: Solar Wind Evolution and Recurrent Geomagnetic Disturbances, Contributions Geoph. Inst. SAS, v. 10 /v tlači/.
- 10 A. J. Hundhausen: Coronal Expansion and Solar Wind, Springer-Verlag Berlin, New York, 1972.
- 11 J. T. Nolte et. al.: Coronal Holes as Sources of Solar Wind, Solar Phys., v. 46 /1976/, 303.
- 12 J. M. Wilcox, L. Svaalgard: Coronal Magnetic Structure at a Solar Sector Boundary, Solar Phys., v. 34 /1974/, 461.
- 13 W. J. Wagner: Solar Rotation as Marked by Extreme- Ultraviolet Coronal Holes, Astroph. J., v. 198 /1975/, L 141.
- 14 H. Yoshimura: Solar-cycle evolution of the Coronal General Magnetic field of 1959-1974 and the Synchronous Variation of Highspeed Solar Wind Streams and Galactic Cosmic Rays, Solar Phys., v. 54 /1977/, 229.
- 15 R. Howard, Z. Švestka: Development of a Complex of Activity in the Solar Corona, Solar Phys., v. 54 /1977/, 65.
- 16 S. F. Hansen, R. T. Hansen: Reorientation of Global Coronal Magnetic Fields due to Differential Rotation, Solar Phys., v. 51 /1977/, 169.

Vzťah emisnej zelenej koróny a geomagnetických búrok

B. LUKÁČ

Slovenské ústredie amatérskej astronómie Hurbanovo

Úvod

Slnечно- zemské vzťahy sú stredobodom pozornosti tak slnečných fyzikov, ako aj geofyzikov. Náhle a silné geomagnetické búrky majú svoj pôvod vo veľkých slnečných erupciách. Takéto geomagnetické búrky nasledujú obyčajne dva až tri dni po erupčnej činnosti na Slnku.

Druhou stránkou geoaktivity sú geomagnetické búrky rekurentného typu s periódou 27 dní. Dávnejšie sa hľadajú na Slnku zdroje týchto rekurentných búrok a tým aj možnosť ich predpovede. V ostatnom období sa v prácach niekoľkých autorov ukazuje, že takýmto zdrojom môže byť koronálna diera. V tejto práci sa vyšetruje súvislosť medzi intenzitou koronálnej emisnej čiary 530,3 nm a geomagnetickými poruchami za obdobie 1971 až 1975.

K štúdiu vzťahov medzi intenzitou emisnej čiary 530,3 nm a geomagnetickou aktivitou sa použila metóda nakladania epoch. V tejto metóde sa definuje tzv. nulový deň a jednotlivé epochy sa na seba superponujú. Teda ak máme daný súbor hodnôt X_{ij} kde index j sa vzťahuje

k nultému dňu a index i je poradový index súboru, potom výsledné hodnoty v jednotlivých dňoch sú priemerné hodnoty

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n}$$

Výsledkom takéhoto spracovania materiálu je chod priemerných hodnôt.

1. Údaje koróny

Pozorovania intenzity emisnej koronálnej čiary Fe XIV z rôznych koronálnych staníc sa od seba značne líšia v dôsledku niektorých faktorov. V prvom rade je to dané metódou pozorovania a fotometrie, ktoré nie sú rovnaké. Mimo toho výsledky sa určite líšia v rámci fotometrických chýb. Je samozrejmé, že sa výsledky líšia v dôsledku toho, že nie je možné vykonať pozorovania na všetkých staniách v dôsledku dĺžkového rozloženia staníc a pretože pozorovania koróny si vyžadujú mimoriadne dobré pozorovacie podmienky. Ako je vidieť, je potrebné pozorované údaje z jednotlivých staníc dať na spoločnú škálu. Hodnoty udávané jednotlivými stanicami sa obvykle líšia v pozičnom uhle a v absolútnej hodnote. Redukciu na spoločnú škálu urobil Rybanský /1975/ takým spôso-

bom, že sa prestavali hodnoty v pozičnom uhle tak, aby maximálne boli v tom istom bode a potom sa porovnali ku škále danej referenčnej stanice, ktoré v danom prípade je stanica na Lomnickom štíte. Bližší popis redukcie koronálnych údajov na spoločnú škálu je uvedený v horeuvedenej práci.

Takýmto spôsobom Rybanský vypočítal intenzity čiary 530,3 nm pre roky 1971 až 1975 ktoré sú udané v päť stupňových intervaloch okolo Slnka. Na základe týchto údajov sa vypočítali priemerné hodnoty na východnom okraji Slnka z 5 stupňových meraní odpovedajúce šírkovým oblastiam $15^{\circ} - 25^{\circ}\text{N}$, $10^{\circ}\text{N}-0^{\circ}$, $0^{\circ}-10^{\circ}\text{S}$, $15^{\circ}-25^{\circ}\text{S}$, $10^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}$. Takto získané hodnoty sa využívali pre ďalšiu analýzu.

2 Údaje o geomagnetickej aktivite

Údaje o geomagnetickej aktivite sa získali zo Solar geophysical data NOAA Boulder 1971 - 1975. Na základe Bartlesových diagramov z K_p indexov a údajov o základných magnetických búrkach sa vybrali rady rekurentných búrok. Kritériom pre výber bolo, aby rad rekurentných búrok pozostával z 5 individuálnych búrok. Vybrané rady sú uvedené v tabuľke č. 1 s dátumom prvej a poslednej individuálnej búrky a s počtom individuálnych búrok v danom rade.

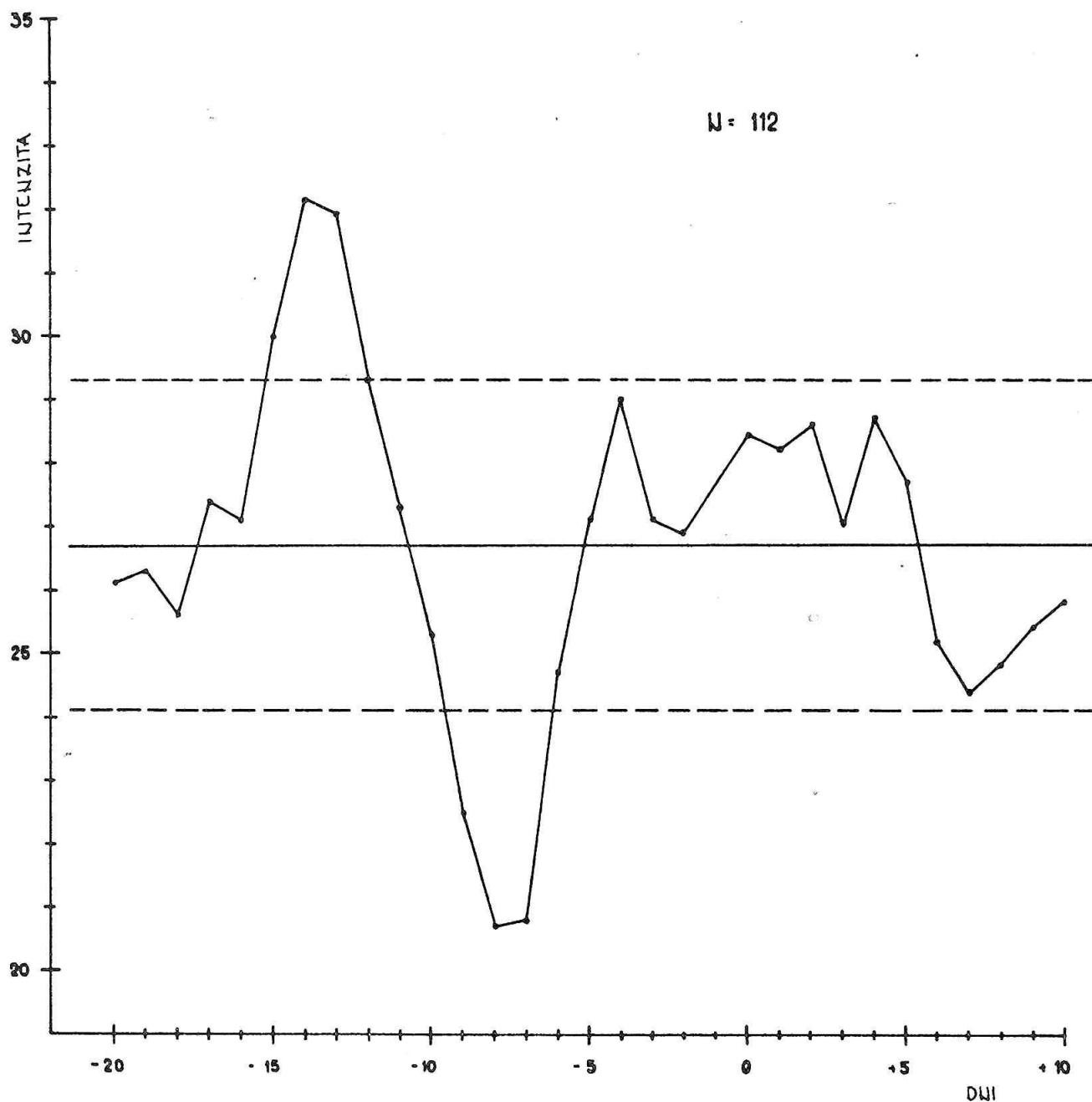
Údaje o geomagnetickom indexe AE sa získali z údajov publikovaných vo WDC- A Report UAG.

Tabuľka č. 1

P.č.	Začiatok	Koniec	Počet
1.	18. 1. 1971	10. 11. 1971	12
2.	28. 1. 1972	15. 5. 1972	5
3.	25. 8. 1972	28. 4. 1973	10
4.	28.12. 1972	4. 8. 1973	9
5.	10. 4. 1973	16. 10. 1973	8
6.	21.11. 1973	8. 11. 1974	14
7.	15. 9. 1973	14. 6. 1974	11
8.	28.12. 1973	9. 3. 1974	16
9.	27. 1. 1975	4. 8. 1975	8
10.	16. 1. 1975	8. 12. 1975	13
11.	14. 8. 1975	26. 12. 1975	6
s p o l u :			112

3 Variácie intenzity emisnej čiary 530,3 nm

V prvom prípade sa sledovalo chovanie intenzity koronálnej čiary na východnom okraji slnka. Vzhľadom k tomu sa definoval začiatok individuálnej rekurentnej búrky ako nultý deň ku ktorému sa vzťahovala intenzita koronálnej čiary v rozsahu 20 dní pred počiatkom búrky a 10 dní po nej. V metóde naloženia epoch sa teda index j menil v rozsahu $\langle -20, 10 \rangle$. Výsledok pre šírkovú oblasť 10°N až 10°S je na obrázku č. 1.

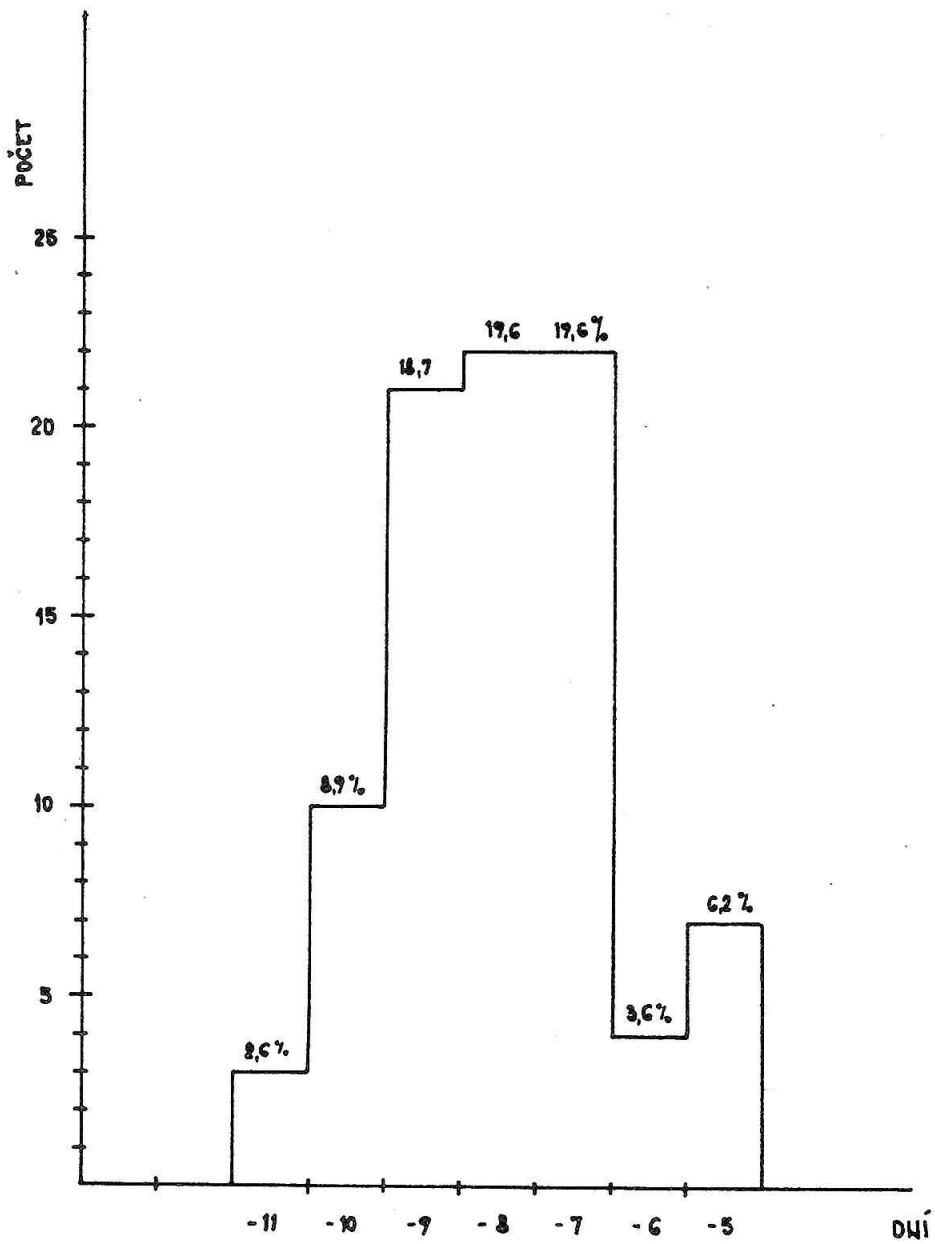


Obrázok č 1 Variácia intenzity koronálnej čiary
530,3 nm.

Graf nám znázorňuje závislosť intenzity koronálnej čiary v jednotlivých dňoch. Plná vodorovná čiara určuje priemer vynesných hodnôt a čiarkované čiary určujú štandardnú odchýlku od tohoto priemeru. Z priebehu krivky je vidieť, že najväčší pokles v intenzite zelenej koronálnej čiary na východnom okraji nastáva okolo 8 dní pred začiatkom geomagnetickej búrky rekurentného typu. Pre overenie spoľahlivosti takéhoto chodu priemerných hodnôt sa vykreslili krivky jednotlivých radov daného súboru v rozmedzí od -15-tého dňa do nultého dňa. V danom rozsahu sa určovalo na ktorý deň pripadne minimum. Z celkového počtu 112 prípadov minimum pripadlo na -11-ty až -5-ty deň v 89 prípadoch, ostatné nevykazovali taký priebeh. Histogram rozloženia počtu miním pripadajúcich na jednotlivé dni, je uvedený na obrázku č. 2. Nad jednotlivými dňami je uvedené percentuálne zastúpenie z celkového počtu.

Na základe toho môžeme hovoriť, že 79,5 % prípadov má typický chod intenzity koronálnej emisnej čiary 530,3 nm v rozsahu od -15-tého dňa do nultého dňa, aký je na obrázku č. 1.

K zisteniu závislosti koróny ku geomagnetickej aktivite vzhľadom na priaznivú polohu Zeme rozdelil sa tento materiál na dve časti. V prvej časti sa vybrali len geomagnetické búrky ktorých začiatok bol z obdobia medzi 6 januárom a 6 májom, teda keď heliografická šírka slnečné-

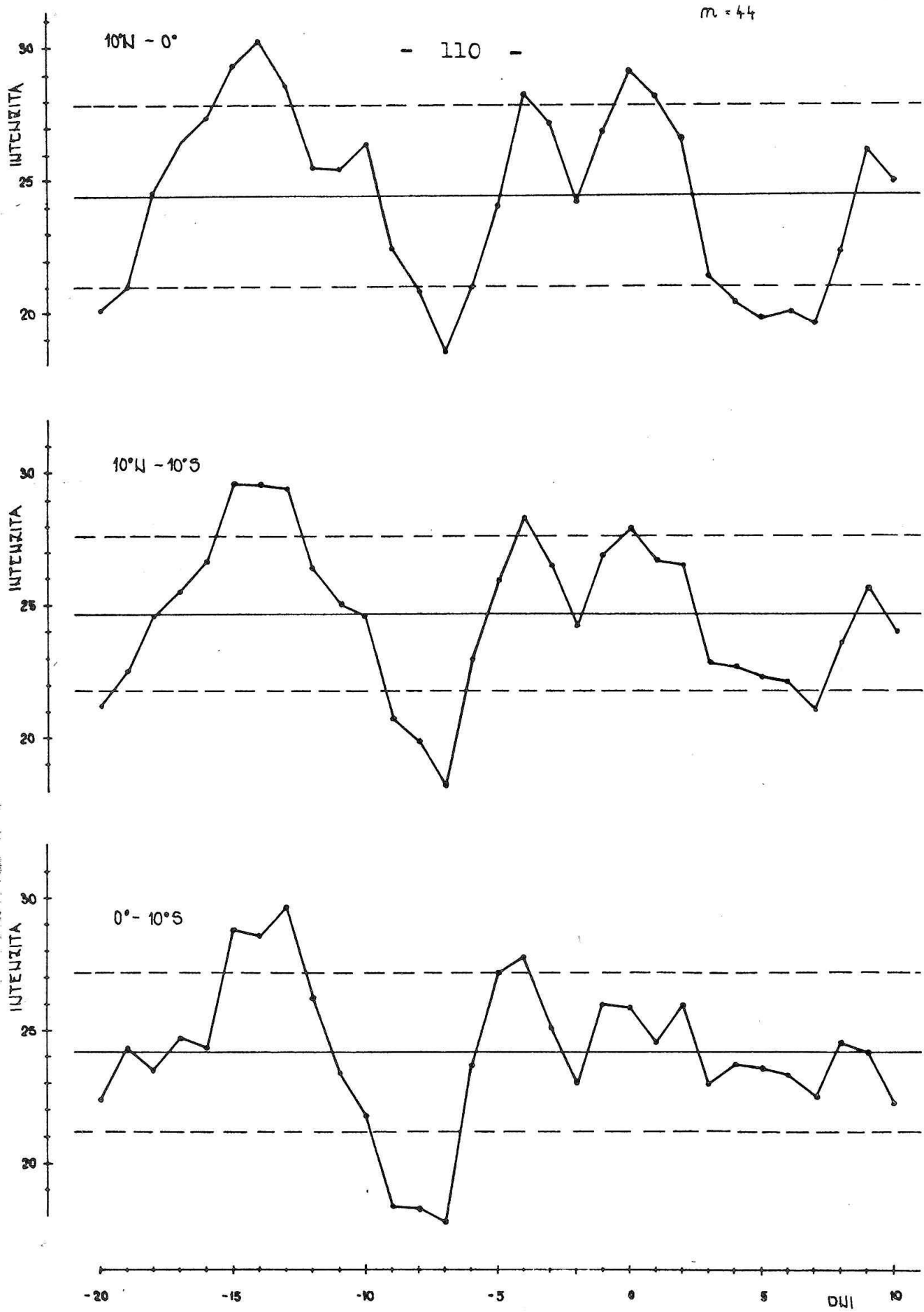


Obrázok č. 2 Histogram rozloženia počtu minim pripadajúcich na jednotlivé dni

ho stredu nadobúda najväčšie hodnoty v južnej pologule Slnka. Z celkového počtu 112 individuálnych búrok pripadá na toto obdobie 44 búrok. Previedla sa opäť analýza metódou naloženia epoch v tom istom rozsahu ako v predchádzajúcom prípade pre všetky koronálne intenzity šírkových zón Slnka uvedených vpredu.

Výsledky sú na obrázkoch č. 3 a 4. V hornej časti obrázku č. 3 je analýza pre šírkovú zónu $0^{\circ} - 10^{\circ}\text{N}$, v strede pre šírkovú zónu $10^{\circ}\text{N} - 10^{\circ}\text{S}$ a v dolnej časti je pre zónu $0^{\circ} - 10^{\circ}\text{S}$. Vidíme, že chod priemerných hodnôt v jednotlivých šírkových zónach je podobný ako na obr. č. 1. Minimum nastáva vo všetkých troch prípadoch 7 dní pred nulovým dňom. Z daného obrázku nie je vidieť výraznejšie minimum v niektorých z uvedených šírkových zón. V hornej časti obrázku č. 4 je priebeh intenzity šírkovej zóny $15^{\circ} - 25^{\circ}\text{N}$ a v dolnej časti šírkovej zóny $15^{\circ} - 25^{\circ}\text{S}$. Z obrázku vidíme, že výrazné minimum je -7 deň len pre šírkovú oblasť $15^{\circ} - 25^{\circ}\text{S}$, kdežto pre šírkovú oblasť $15^{\circ} - 25^{\circ}\text{N}$ tomu tak nie je. Z toho sa dá usudzovať, že sa pri týchto šírkových oblastiach prejavuje vplyv priaznivej pologule Slnka.

V druhom prípade sa vybrali geomagnetické búrky z obdobia od 9. augusta do 8. novembra, teda keď heliografická šírka slnečného stredu nadobúda najväčšie hodnoty v severnej časti slnečnej pologule. Z celkového počtu pripadá na toto obdobie 35 individuálnych búrok. Výsledok vykonanej analýzy je na obrázkoch č. 5 a 6. Na obr. č. 5

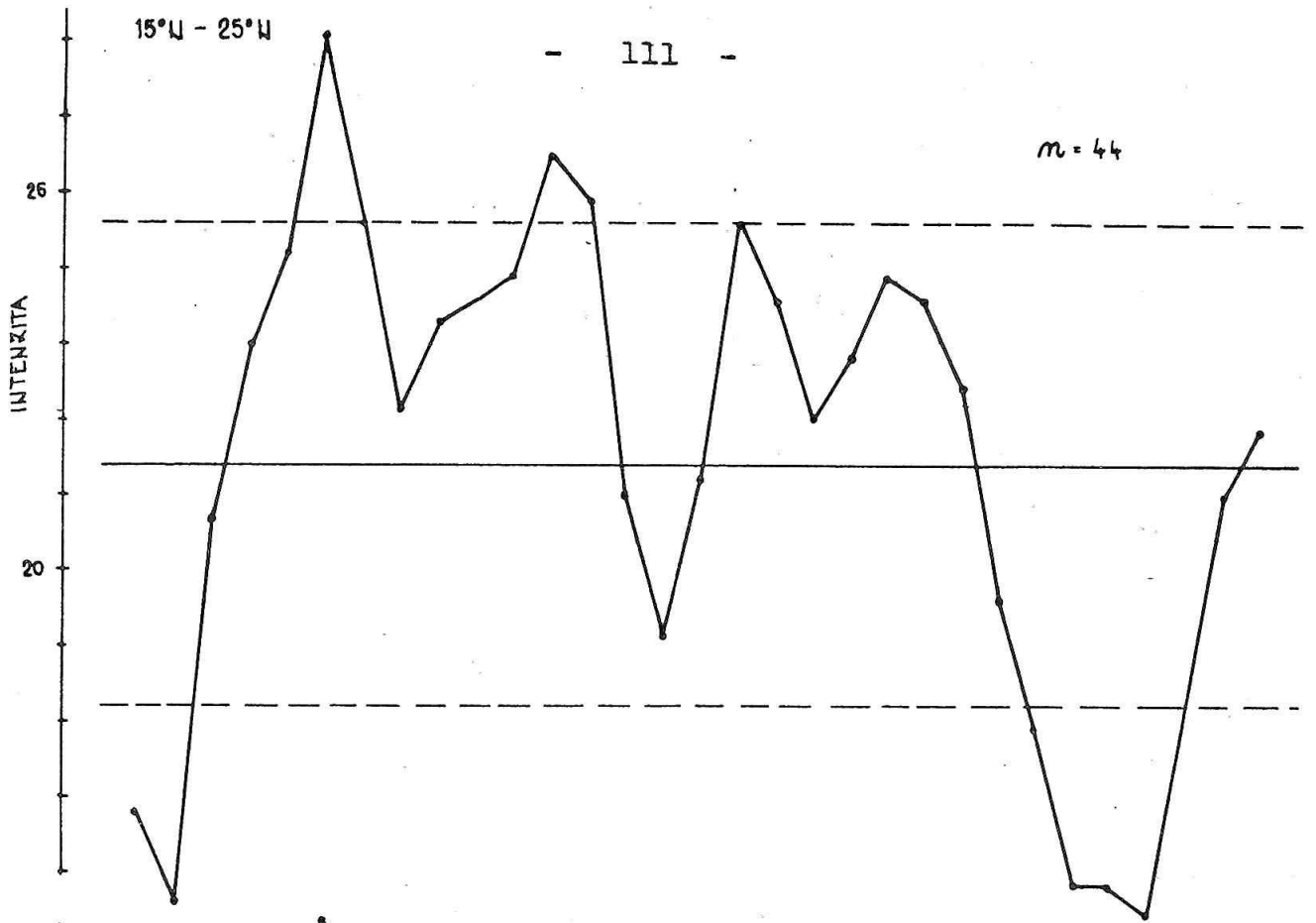


Obrázek č. 3

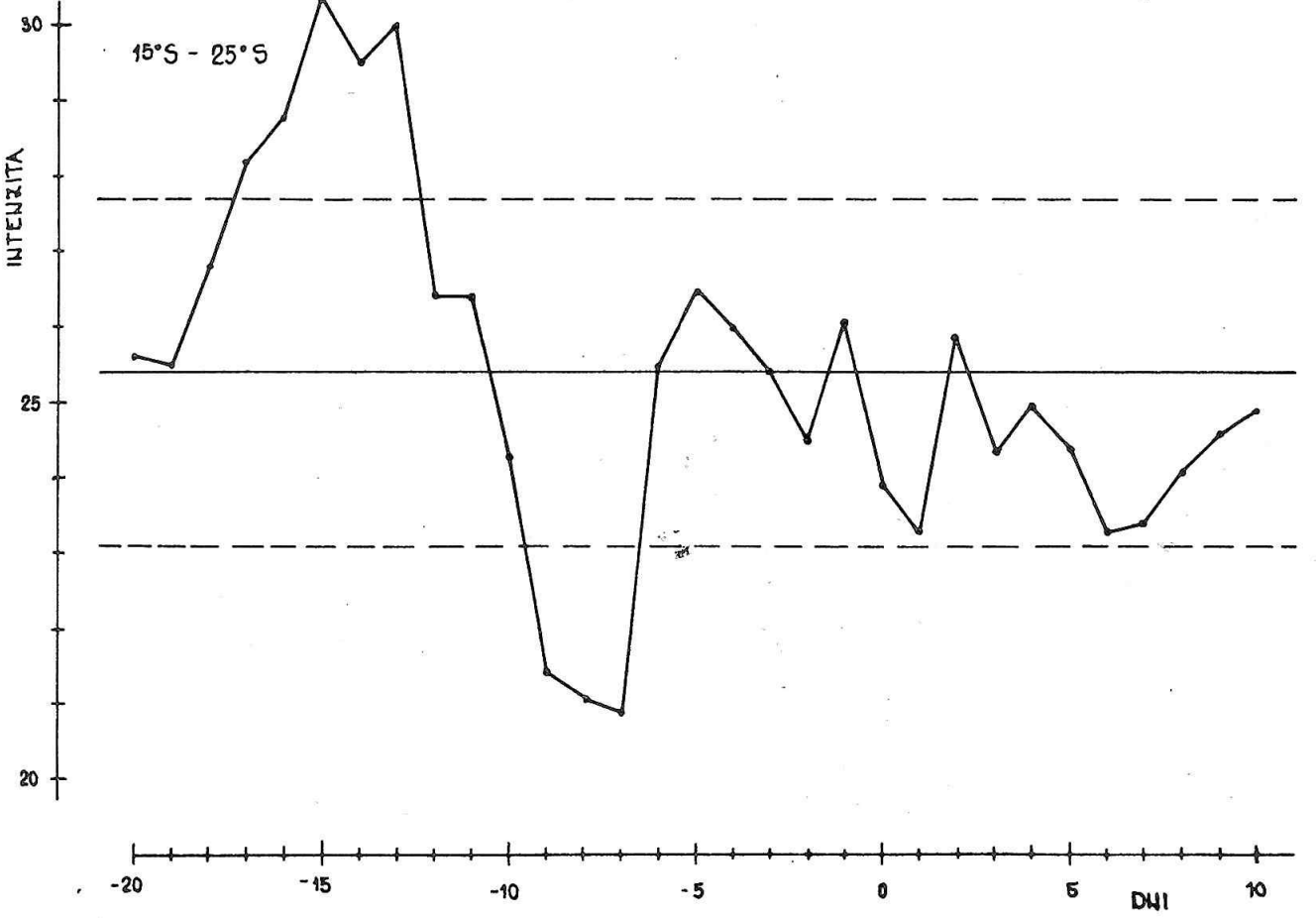
15°N - 25°N

- 111 -

$n = 44$

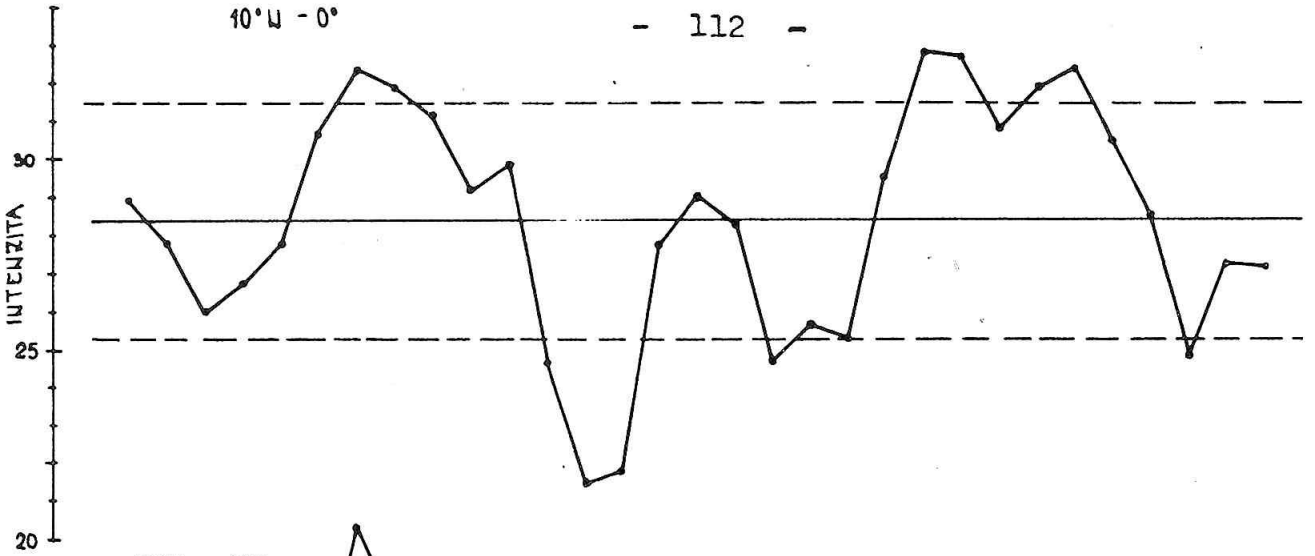


15°S - 25°S

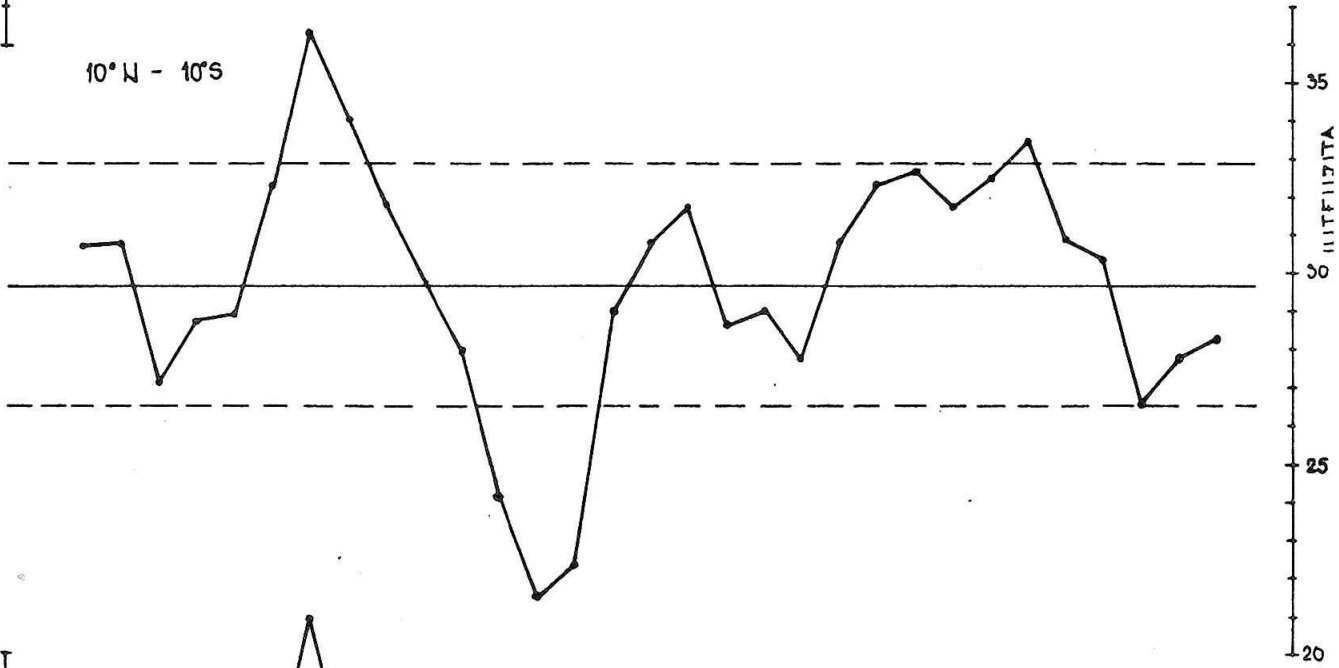


Obrázok č. 4

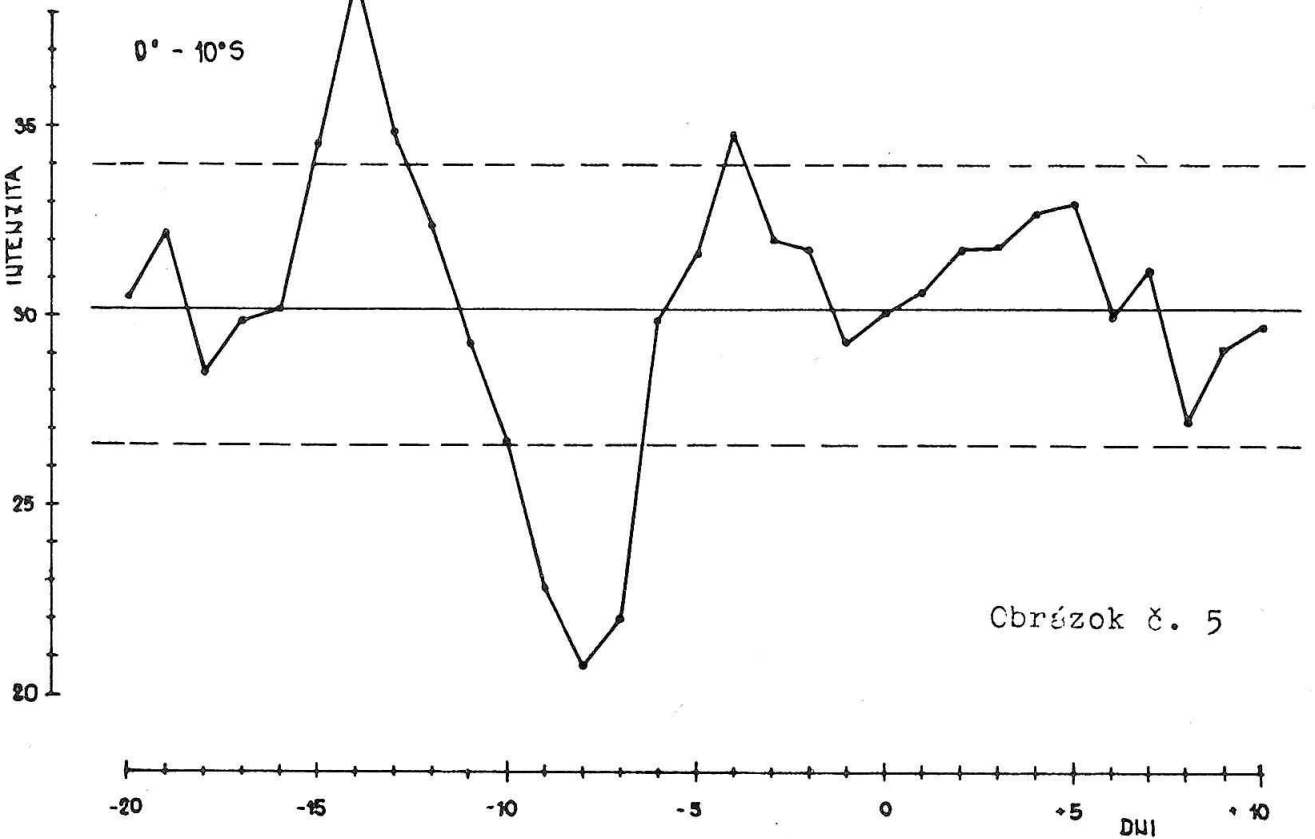
10°W - 0°



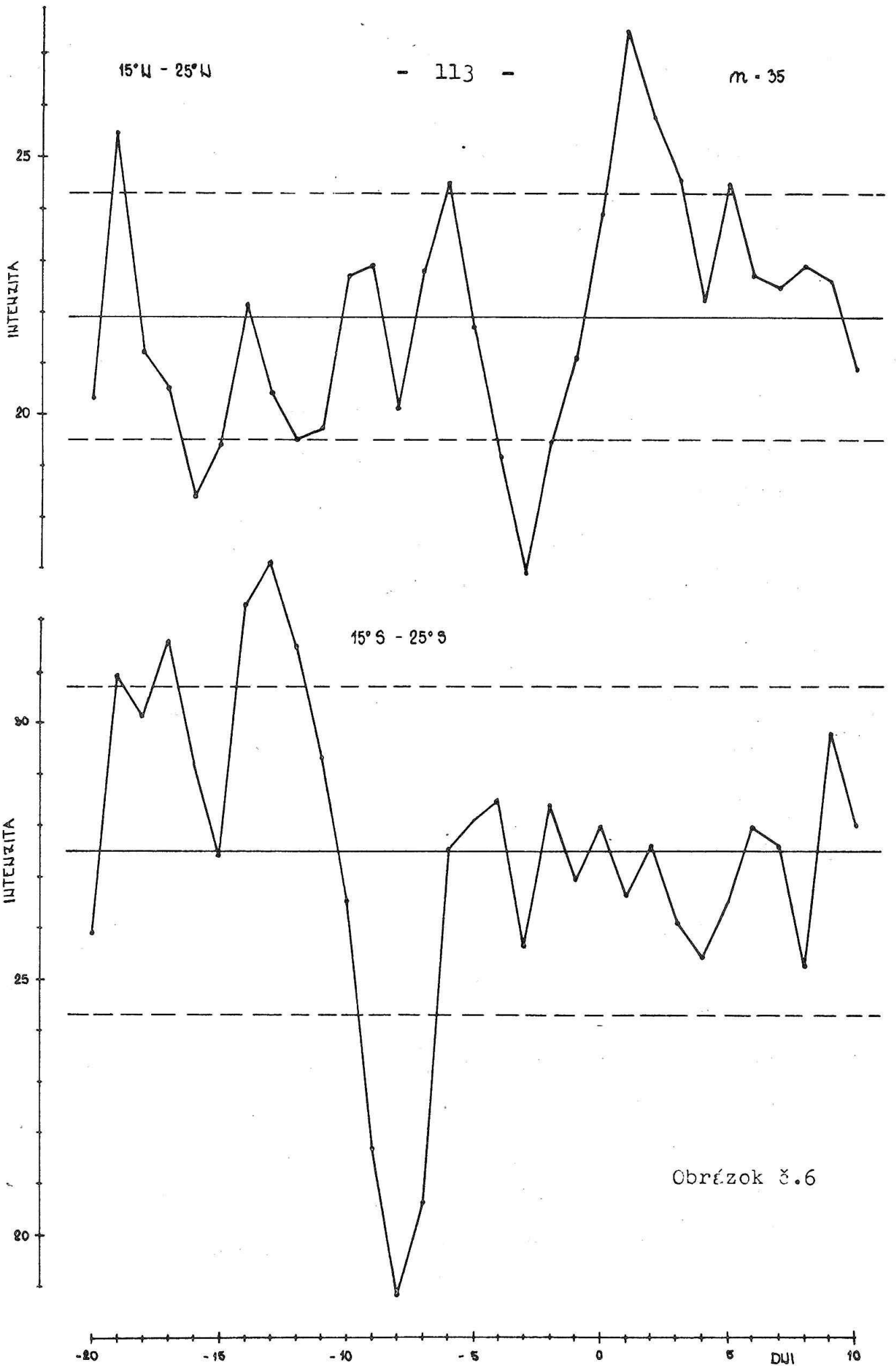
10°W - 10°S



0° - 10°S



Obrazok č. 5



Obrázok č.6

sú analýzy pre šírkové oblasti $10^{\circ}\text{N} - 0^{\circ}$, $10^{\circ}\text{N} - 10^{\circ}\text{S}$ a $0 - 10^{\circ}\text{S}$ v tom istom poradí ako v predchádzajúcom obrázku. Vidíme, že všetky krivky majú minimum - 8 deň, ovšem najvýraznejšie minimum je opäť v šírkovej zóne $0^{\circ} - 10^{\circ}\text{S}$. Na obrázku č. 6 sú analýzy pre šírkové oblasti $15^{\circ} - 25^{\circ}\text{N}$ horná krivka a $15^{\circ} - 25^{\circ}\text{S}$ dolná krivka. Hneď na prvý pohľad vidíme, že v dolnej krivke je výrazné minimum - 8 deň a naproti tomu v hornej krivke je menej výrazné minimum - 3 deň. Z toho je vidieť, že sa tu vôbec neprejavuje vplyv priaznivej pologule Slnka, ale práve naopak, oblasti z južnej pologule Slnka majú výraznejšie minimum.

Z predchádzajúcich analýz sa ukazuje, že v rovníkových a južných šírkových zónach Slnka počiatku geomagnetickej búrky rekurenčného typu predchádza zníženie intenzity koronálnej línie 530,3 nm na východnom okraji Slnka s minimom okolo - 8 dňa.

4 Geomagnetické variácie

Predchádzajúce analýzy sa robili tak, že na základe údajov o geomagnetickej aktivite /index K_p / sa určili nulté dni ku ktorým sa priradili koronálne údaje. V nasledujúcej analýze sa vychádza z koronálnych údajov zo šírkovovej zóny 10°N až 10°S . Pre každú otočku Slnka sa vypočítala priemerná hodnota. Pre analýzu sa vybrali tie dni, v ktorých hodnota intenzity poklesla o 50 % od priemeru

a trvanie poklesu bolo minimálne 2 dni. Prvý deň tohto poklesu sa stanovil ako nultý deň v analýze metódou naloženia epoch. Dátumy v jednotlivých rokoch sú uvedené v tabuľke č. 2. Za roky 1971 - 1975 sa robila analýza pre geomagnetický index ΣK_p v rozsahu 1 - 20 dní po nultom dni. Denná závislosť tohoto indexu je na obrázku č. 7 v hornej časti. Analýza pre index AE pokrýva roky 1971 - 1974, pretože údaje z roku 1975 neboli k dispozícii. Priebeh tejto analýzy je v dolnej časti obr. č. 7. Obedva priebehy ukazujú, že priemerné hodnoty daných geomagnetických indexov nadošľujú maximálnu hodnotu 10-ty deň. Opäť sa vykreslili priebehy jednotlivých radov daného sčítaného od 5-tého dňa do 15-tého dňa v ktorých sa určil deň na ktorý pripadla maximálna hodnota indexov. Pre index ΣK_p z celkového počtu 84 pripadlo v 79 prípadoch maximum na 8 až 11-ty deň, čo predstavuje 94 %.

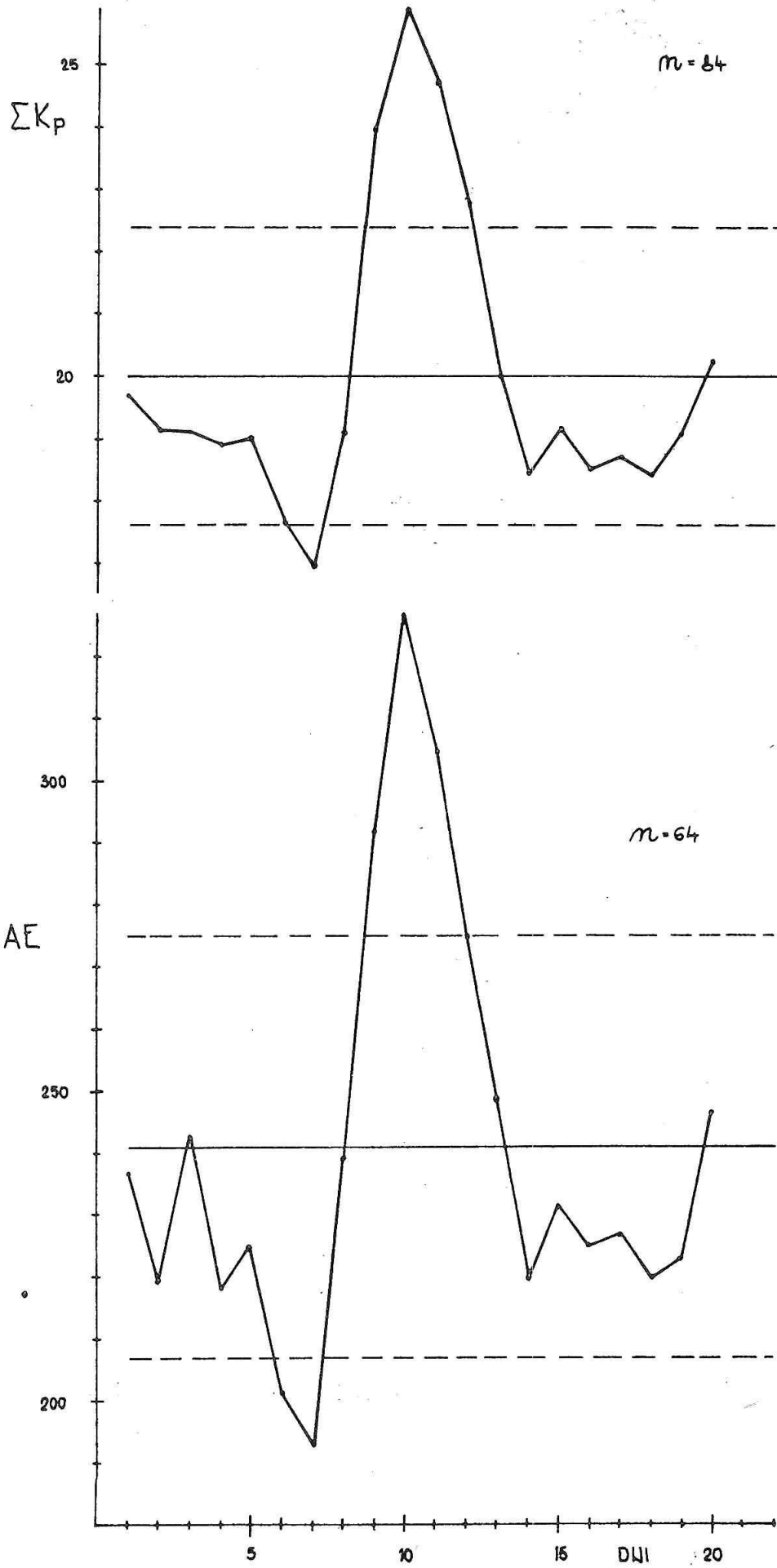
Pre index AE zo 64 prípadov pripadlo maximum na 8 až 12-ty deň v 60 prípadoch, čo predstavuje 93 %. Rozloženie počtu maxím v jednotlivých dňoch je ukázaný v histogramoch na obrázku č. 8. Čísla uvedené nad jednotlivými dňami dávajú percentuálne zastúpenie z celkového počtu.

Z obrázku č. 7 sa dá usudzovať, že ak sa vyskytli na výskoknej okraji v rovníkovej zóne dlhá oblasť veľmi nízkej koronálnej intenzity, tak geomagnetická aktivita reprezentovaná uvedenými indexami začne po 6 dňoch

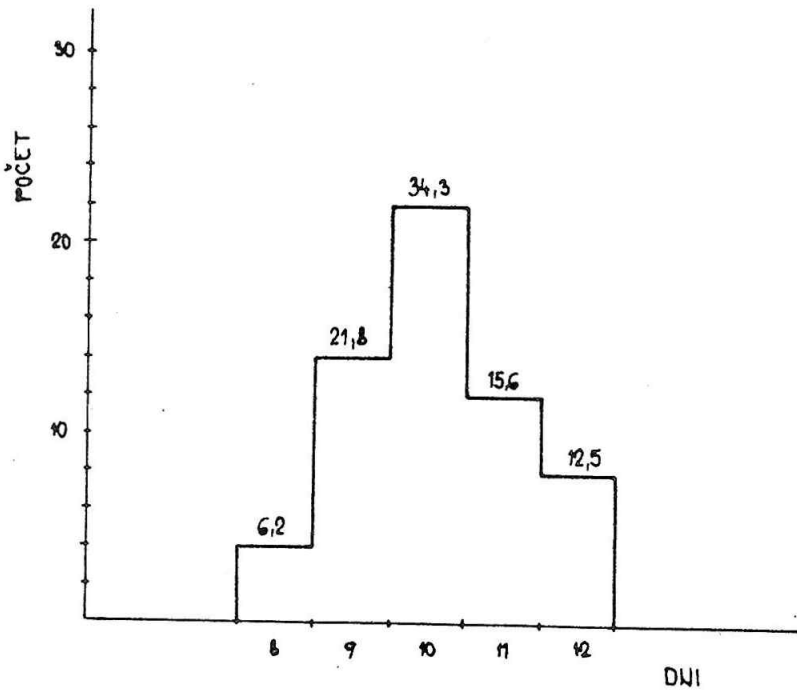
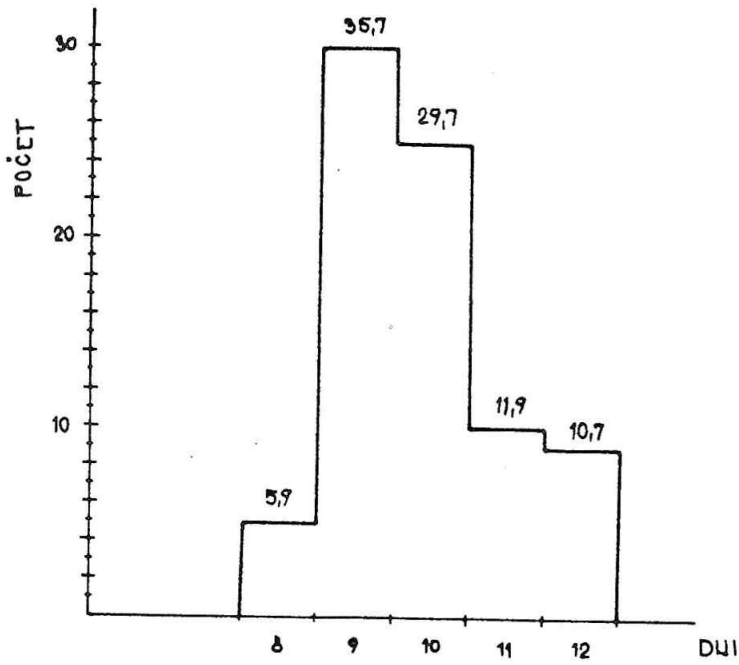
stúpať a maximálnu hodnotu nadobúda okolo 10 dňa.

Tabuľka č. 2

1971	1972	1973	1974	1975
9. 1.	18. 1.	9. 1.	18. 1.	23. 1.
19. 1.	4. 2.	17. 1.	25. 1.	14. 2.
5. 2.	1. 3.	14. 2.	14. 2.	15. 3.
4. 3.	21. 3.	22. 3.	11. 3.	4. 5.
31. 3.	20. 4.	9. 4.	10. 4.	16. 5.
27. 4.	19. 5.	5. 5.	22. 4.	28. 5.
15. 5.	13. 6.	23. 5.	12. 5.	7. 6.
20. 6.	15. 7.	1. 6.	23. 5.	29. 6.
8. 9.	10.10.	29. 6.	5. 6.	16. 7.
26. 9.	6.11.	16. 7.	9. 6.	24. 7.
29.10.	5.12.	12. 8.	21. 6.	12. 8.
14.11.	20.12.	5. 9.	7. 7.	18. 8.
14.12.	26.12.	11. 9.	13. 7.	2. 9.
		1.10.	9. 8.	8. 9.
		7.10.	20. 8.	28. 9.
		5.11.	17. 9.	25.10.
		25.11.	14.10.	31.10.
		10.12.	9.11.	9.11.
		22.12.		21.11.
		29.12.		15.12.
spolu: 13	13	20	18	20



Obrázok č. 7



Obrázok č. 8 Histogram rozloženia počtu maxím pre K_p v hornej časti. V dolnej časti histogram rozloženia počtu maxím pre AE.

Ak predpokladáme, že oblasť z východného okraja Slnka prechádza centrálnym meridiánom o sedem dní, tak môžeme povedať, že geomagnetická porucha nastáva približne tri dni po prechode oblasti s veľmi nízkou koronálnou intenzitou centrálnym slnečným meridiánom.

Záver

V predloženej práci sa sledovali vzťahy medzi slnečnou korónou a geomagnetickými poruchami na základe homogénneho materiálu o intenzite koronálnej čiary Fe XIV vlnovej dĺžky 530,3 nm. Výsledky sa porovnávali s výsledkami získanými druhými autormi, s ktorými sa zistila pomerne dobrá zhoda. Observačný materiál pokrýva obdobie od roku 1971 do roku 1975. Výsledky môžeme zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- 1/ Za uvedené obdobie sa našlo, že počiatku rekurentnej magnetickej búrky predchádza zníženie koronálnej intenzity na východnom okraji Slnka s minimom osem dní pred ním. Táto skutočnosť je výraznejšia v rovníkových a južných šírkových zónach Slnka.
- 2/ Ak je na východnom okraji oblasť so zníženou emisiou v rovníkovej zóne Slnka, tak po nej nastáva zvýšenie geomagnetickej aktivity s maximom okolo 10 dní. Tieto oblasti sa môžu stotožniť s koronálnymi dierami.
- 3/ Obidva predchádzajúce výsledky by nám mohli dovoliť predpovedať zvýšenie geomagnetickej aktivity 10 dní dopredu.

L i t e r a t ú r a

- 1/ Akasofu S. I. and Chapman S., /1972/, Solar-terrestrial Physics, ruský překlad, Mir, Moskva 1974.
- 2/ Bell B. and Noci G., /1976/, Fe XV Corona, Geomagnetism, and Solar Wind, J. Geophys. Res. 81, 4508.
- 3/ Gulbrandsen A., /1973/. Relation between coronal 5303 intensity, recurrent geomagnetic storms, and solar sector structure. J. Geophys. Res. 78, 4787.
- 4/ Gulbrandsen A., et. al., Green corona emission, Calcium plage activity and Solar Sector Magnetism, 1976, Planet. Space Sci. Vol. 24 883.
- 5/ Allen J. H. et. al. /1975 a/ Auroral Electrojet Magnetic Activity Indices AE /11/ for 1971, World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, Report UAG - 39.
- 6/ /1975 b/ Auroral Electrojet Magnetic Indices /AE 11/ for 1972, World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, Report UAG - 45.
- 7/ /1975 c/ Auroral Electrojet Magnetic Activity Indices AE /11/ for 1973, World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, Report UAG - 47.
- 8/ 1976 Auroral Electrojet Magnetic Activity Indices AE /11/ for 1974, World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, Report UAG - 59.
- 9/ Neupert, W. M. and Pizzo, V. /1974/. Solar coronal Holes as sources of recurrent geomagnetic disturbances, J.

- geophys. Res. 79, 3701.
- 10/ Nolte and al. /1976 a/ An atlas of coronal hole boundary positions 28 to november 21, 1973, Solar Phys. 46, 291.
- 11/ Nolte et. al. /1976 b/ Coronal Holes as Sources of solar wind Solar phys. 46, 303.
- 12/ Rybanský M. /1975/ Coronal Index of Solar Activity Bull. Astron. Inst. Czech. 26, 367.
- 13/ Solar Geophysical Data Part I, NOAA Boulder, 1971 - 1975.

Efekty přechodu sektorové hranice meziplanetárního
magnetického pole v atmosféře Země na výškách
0-100 km v zimě

J. LAŠTOVIČKA

Geofyzikální ústav ČSAV, Praha

V poslední době značně vzrostl zájem o studium vlivů sluneční aktivity na dolní a střední atmosféru / výšky 0-100 km nad povrchem Země/, a to zvláště ve spojitosti s možnostmi vlivu sluneční aktivity v tom nejširším slova smyslu na počasí.

Mezi projevy sluneční aktivity s možnými geofyzikálně-meteorologickými následky patří i variabilita meziplanetárního magnetického pole. Meziplanetární magnetické pole vychází ze Slunce a jeho variabilita je spojena s řadou jevů na a nad viditelným povrchem Slunce.

V podstatě lze sledovat tři hlavní typy možných geoaktivních působení variability meziplanetárního magnetického pole. Za prvé, lze sledovat efekty variability severo-jihní složky B_z meziplanetárního magnetického pole, kdy změny polarity spojené s výraznějším růstem jižně orientované složky pole způsobují ve vnější atmosféře Země vznik magnetosferických subbourří. Za druhé, lze sledovat efekty změny polarity radiální nebo azimutální složky meziplanetárního magnetické-

ho pole. Tyto složky jsou spolu většinou svázány vzhledem k převažujícímu směru vektoru meziplanetárního magnetického pole podél Archimedových spirál vycházejících ze Slunce. Za třetí, lze sledovat efekty přechodu sektorové struktury meziplanetárního magnetického pole.

Co jsou to hranice sektorů meziplanetárního magnetického pole?

Meziplanetární magnetické pole se dělí na několik sektorů, nejčastěji na 4 /1/, které se od sebe liší převládajícím směrem radiální složky pole, jež směřuje buď od Slunce / + sektor/ nebo ke Slunci / - sektor/. Hranice mezi sektory jsou dobře vyvinutými fyzikálními strukturami v meziplanetárním prostoru a vyznačují se i řadou dalších fyzikálních jevů kromě změny polaritý meziplanetárního magnetického pole. Přechod sektorových hranic Zemí je pak doprovázen řadou efektů v celé oblasti začínající vnější magnetosférou a končící dolní atmosférou.

Jak ukazují různé výsledky, například /2, 3/, efekty přechodů sektorových hranic jsou v dolní ionosféře a v dolní atmosféře nejvýraznější v zimě, kdy představují / s výjimkou vysokošířkových oblastí/ nejvýraznější efekt meziplanetárního magnetického pole na výškách 0-100 km. Proto se jimi v této práci budeme dále zabývat.

Hledání efektů přechodu sektorové hranice se provádělo metodou superpozice epoch /metodou nulového dne/ s použitím dat za léta 1966-1973. Zima byla definována jako období

15. listopad - 15. březen. Byla analyzována řada veličin, charakterizujících prostředí na výškách 0-100 km a chování některých možných fyzikálních příčin pozorovaných jevů.

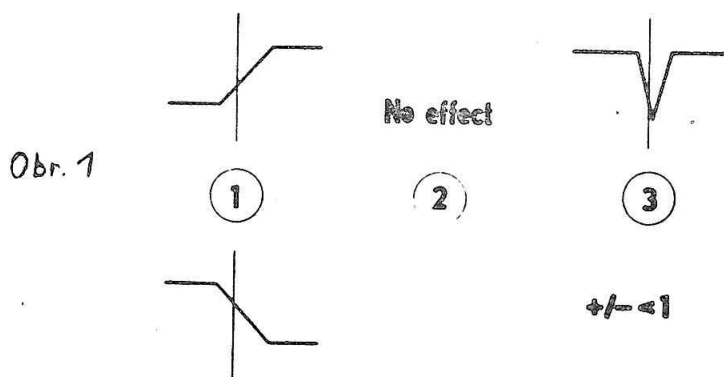
Studovaný materiál sestává z:

- a/ Sluneční radiový šum s délkou vlny 10,7 cm
/index $F_{10.7}$ /.
- b/ Sektorové hranice /4/ a intenzita /B/ /5/ meziplanetárního magnetického pole.
- c/ A_p indexy geomagnetické aktivity
- d/ Kosmické paprsky měřené na Zemi /Apatity, $67,5^\circ\text{N}$, $33,3^\circ\text{E}$ / a v jejich stratosferickém ionizačním maximu nad Murmanskem / $68,9^\circ\text{N}$, $33,1^\circ\text{E}$ / /6/.
- e/ Absorpce radiových vln v dolní ionosféře měřené metodou A3 /šikmý dopad/ na dvou dlouhovlnných /245 a 272 kHz/ a dvou středovlnných /1178 a 2775 kHz/ trasách v oblasti 50° - 55°N , 11° - 16°E , $L=2,1-2,7$.
- f/ Stratosferická teplota na hladině 10 mb a výška 10 mb hladiny nad Berlínem / $52,5^\circ\text{N}$, $13,6^\circ\text{E}$ / /7/.
- g/ Indexy plochy atmosferické vorticity na hladině 500 mb /8/.
- h/ Meteorologické mikrozeismy pozorované na seismické stanici Praha /9/.

Celkový počet použitých tzv. "dobře definovaných" přechodů sektorových hranic je 72. Kosmické paprsky měřené ve stratosféře, 272 kHz absorpce a mikrozeismy nebyly k dispo-

zici za celé období 1966-1973 a proto jsou studovány pro jiná období /viz obr. 2, 3/. Pro 272 kHz absorpci a pro mikro-seismy byly proto vzaty starší výsledky studia efektu přechodu sektorové hranice meziplanetárního magnetického pole /10, 9/, založené na seznamu přechodů z /11/.

Můžeme pozorovat tři základní typy efektu přechodu sektorové hranice na výškách 0-100 km v zimě, jež jsou ukázány na obr. 1. Prvý typ spočívá ve vzrůstu nebo poklesu sledované

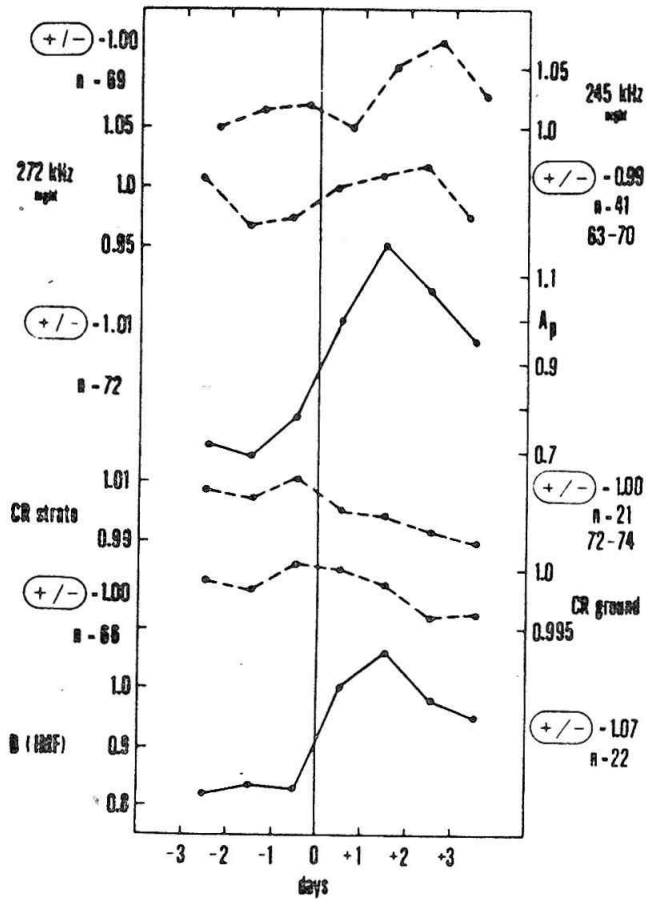


veličiny okolo přechodu sektorové hranice. Změna probíhá několik dní, typicky 3 dny. Nejpodstatnějším efektem je markantní rozdíl mezi velikostí /úrovní/ veličin před a po přechodu hranice. Nepozorujeme naopak výrazný, pouze na přechodový den vázaný efekt.

Jako pomocné kritérium druhého řádu, podíl \pm je větší než nebo zhruba roven jedné. Podíl \pm je podíl hodnot pozorovaných v + sektorech k hodnotám pozorovaným v - sektorech. Druhým typem efektu je vlastně žádný nebo zcela zaned-

batelný efekt. Třetí typ spočívá v hlubokém poklesu vázaném na den přechodu sektorové hranice. Přitom úrovně před hranicí a dostatečně daleko za hranicí sektorů se vcelku neliší. Jako pomocné kritérium, podíl +/- je trochu menší než jedna.

Efekt prvního typu můžeme pozorovat v různých fyzikálních veličinách, uvedených na obr. 2.



Obr. 2

Křivky v obr. 2 byly získány metodou nulového dne bez ohledu na typ přechodů / +/- nebo -/+ /. Avšak pro různé typy

přechodů se výsledky liší jen kvantitativně, nikoliv kvali-
tativně. Zkoumá se pouze interval ± 3 dny okolo přechodu,
neboť v použitém seznamu přechodů sektorových hranic /4/
dosahuje nejmenší časová separace mezi přechody délky čtyř
dnů. Všechny hodnoty jsou uvedeny ve formě podílu k hodno-
tě v den přechodu, t.j. ve formě I/I_0 . Na jedné straně kaž-
dé křivky je vždy uvedena fyzikální veličina a škála hodnot
 I/I_0 , na druhé straně každé křivky příslušný podíl \pm a
 n , počet přechodů použitých k jejímu sestrojení. Posun jed-
notlivých křivek / bodů / vůči škále dní je dán tím, že tato
je dělána podle přechodů hranic, jež jsou ve /4/ uváděny
k 00 UT každého dne.

Dominantní efekt v obr. 2, vzrůst hodnot při přechodu
hranice, vedoucí k značnému rozdílu hodnot před a po pře-
chodu, je výrazně vyjádřen v intenzitě meziplanetárního mag-
netického pole B a v geomagnetické aktivitě A_p .
Méně výrazně, avšak opět dominantně, je tento efekt vyvinut
i v dlouhovlnné /245 a 272 kHz/ absorpci v dolní ionosféře
v noci. Inverzní efekt, pokles hodnot při přechodu sektoro-
vé hranice, pozorujeme v kosmických paprscích jak v pozem-
ních, tak i ve stratosferických měřeních. Poměr \pm je vždy
větší než nebo zhruba roven jedné.

Prvý typ efektu přechodu sektorové hranice meziplane-
tárního magnetického pole, ukázaný na obr. 2, lze vysvětlo-
vat tímto mechanismem: Přímá modulace meziplanetárním mag-
netickým polem, buď jeho intenzitou B nebo její jižní slož-

kou B_z , které má velmi podobné chování při přechodu hranice /12/, působí pozorované efekty v kosmických paprscích a geomagnetické aktivitě.

I když zvláště v případě geomagnetické aktivity fyzikální mechanismus působení meziplanetárního magnetického pole není ještě dostatečně objasněn, jedná se o výběr toho z mechanismů, který skutečně působí, nikoliv o nedostatek představ o možných mechanismech. Se změnami geomagnetické aktivity korelují změny intenzity toku energetických elektronů $/E > 20 \text{ keV}/$, pronikajících do dolní ionosféry /13/.

Energetické elektrony výrazně přispívají k ionizaci / tvorbě volných elektronů/ noční dolní ionosféry v geomagnetických šířkách, kde byla měřena absorpce radiových vln. Změny v pronikání energetických elektronů a tím i změny v ionizaci dolní ionosféry spojují pak pozorované změny v geomagnetické aktivitě při přechodu sektorové hranice s pozorovanými změnami v absorpci radiových vln v noční dolní ionosféře, neboť absorpce úzce koreluje s koncentrací volných elektronů.

Prvý typ efektu přechodu sektorové hranice jsme tedy vysledovali z meziplanetárního prostoru až do dolní ionosféry a našli jsme pro něj kvalitativní vysvětlení.

Tento efekt ale neproniká hlouběji, t.j. do stratosféry a troposféry, do dolních vrstev zemské atmosféry.

Druhý typ efektu, t.j. prakticky žádný efekt přechodu sektorové hranice, pozorujeme ve stratosferické teplotě na hladině 10 mb / zhruba výška 30 km nad povrchem / a ve výšce

10 mb hladiny. Přitom je důležité, že v téže geografické oblasti pozorujeme efekty přechodu sektorové hranice v dolní ionosféře. Z toho plyne, že přinejmenším ve středněšířkové střední stratosféře se efekty přechodů hranic sektorů meziplanetárního magnetického pole neprojeví.

Pro úplnost, abychom vyloučili možnost vlivu slunečního vlnového záření na efekty přechodu sektorové hranice /14/, byl vyšetřován též index slunečního radiového šumu $F_{10.7}$. Skutečně nebyl nalezen žádný efekt při námi zvoleném nulovém dni, který by umožňoval zavést systematický vliv slunečního vlnového záření na pozorované výsledky.

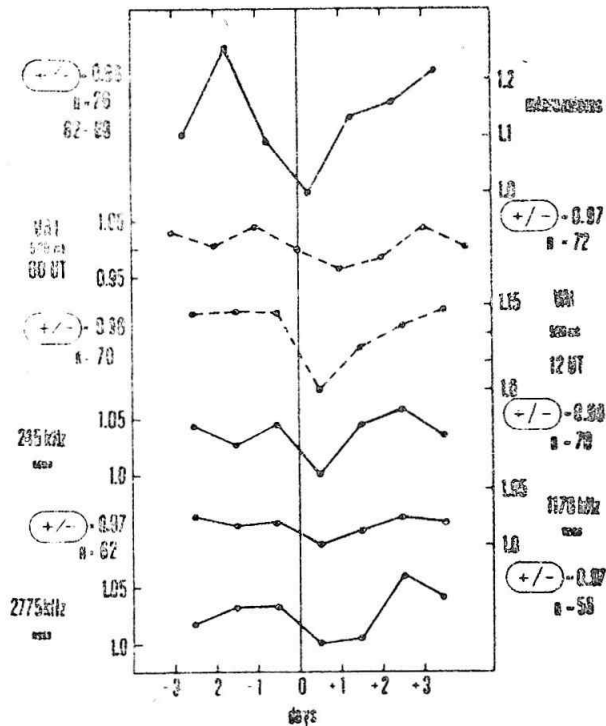
Třetí a nejzajímavější typ efektu přechodu sektorové hranice meziplanetárního magnetického pole je ukázán na obr.3.

Obrázek 3 je sestrojen úplně stejným způsobem jako obrázek 2. Dominantní efekt, hluboké minimum během prvních 24 hodin po přechodu sektorové hranice, můžeme pozorovat v lépe či hůře vyvinuté formě ve všech ukázaných veličinách. Tento efekt pozorujeme v polední středovlnné / 1178 a 2775 kHz / absorpci v dolní ionosféře i v polední absorpci dlouhých vln na frekvenci 245 kHz, na které v noci pozorujeme efekt prvního typu.

Dlouhovlnné noční a středovlnná denní absorpce vznikají v zhruba téže výškové oblasti, přičemž opět pozorujeme efekt prvního typu, kdežto ve dne efekt třetího typu. Efekt třetího typu je velmi dobře vyvinut v troposferických parametrech. Index atmosferické vorticity / VAI / na hladině

500 mb jak v 00 hodin UT, tak zvláště ve 12 hodin UT vykazuje velmi výrazný efekt s amplitudou dosahující téměř 15 %. Výrazný efekt pozorujeme i pro meteorologické mikro-seismy /"neurovnaný" charakter křivky je dán nízkým počtem přechodů/.

Obr. 3



Meteorologické mikro-seismy, registrované v Praze, jsou vyvolávány meteorologickou aktivitou v severoatlantické frontální zóně /15/, a proto m.j. mohou být použity pro studium dějů, probíhajících v této pro československé počasí životně důležité oblasti. Podíl +/- je pro všechny zkoumané veličiny o trochu menší než 1 /0,97-0,98/.

Velmi důležité je skutečnost, že efekt třetího typu je pozorován nejen v dolní ionosféře, ale i v troposféře, a přitom není pozorován ve středněšířkové stratosféře / t.j. v mezivrstvě/.

Fyzikální mechanismus, kterým bychom mohli vysvětlit třetí typ efektů přechodu sektorové hranice meziplanetárního magnetického pole, zůstává stále nejasný.

Tento mechanismus není spojen ani s kosmickými paprsky, ani přímo s geomagnetickou aktivitou, jak plyne z jejich odlišného /prvý typ/ chování při přechodu sektorové hranice. Nicméně známe tři důležité vlastnosti tohoto mechanismu.

1. Pozorovaný efekt je zklidnění místo rozbourání v troposféře i dolní ionosféře, t.j. spíše "vypnutí" než "zapnutí" nějakého zdroje energie.
2. Zdá se, že mechanismus v podstatě přeskakuje stratosféru, přinejmenším ve středních šířkách.
3. Jak ukazují absorpční data, mechanismus je pravděpodobně spojen s denní, nikoliv s noční dobou.

Tento neznámý mechanismus je v principu schopen ovlivňovat počasí.

Závěrem je nutno poznamenat, že efekty přechodu sektorové hranice meziplanetárního magnetického pole jsou buď malé nebo pouze střední důležitosti, i když jsou v dolní ionosféře a troposféře zcela evidentní. Všechny uvedené výsledky byly získány pro zimu, v jiných sezónách se mohou poněkud lišit.

L i t e r a t u r a

- /1/ S. M. Mansurov, L. G. Mensurova, Z. Ts. Rapoport, L.I. Vinogradova: *Ergs. Soleriterrestris*, 4 /1977/, 71.
- /2/ J. Laštovička: *Prav. Inst. Géophys. Acad. Tchecosl. Sci. No* , *Geofysikální sborník 1977*, Academia, Praha / v tisku/.
- /3/ J. M. Wilcox, L. Svalgaard, P. H. Scherrer: *Nature*, 255 /1975/, 539.
- /4/ *Solar- Terrestrial Physics and Meteorology: A Working Document*, SCOPEP Secretariat, Washington 1975.
- /5/ *Interplanetary Magnetic Field Data. WDC-A Report UAG-46*, NOAA, Boulder 1975.
- /6/ *Kosmičeskije dannaije 1966-1974*, Moskva 1966-1975.
- /7/ *Meteorologische Abhandlungen, Aerologische Daten Berlin-Tempelhof*, Berlin 1966-1974.
- /8/ *Solar-Terrestrial Physics and Meteorology: Working Document II*, SCOPEP Secretariat, Washington 1977.
- /9/ J. Laštovička: *Studia geoph. et geod.*, 21 /1977/, 168.
- /10/ J. Laštovička: *Geom. aeronomija*, 16 /1976/, 364.
- /11/ J. M. Wilcox: *J. atmosph. terr. Phys.*, 37 /1975/, 237.
- /12/ H. Schreiber: *J. Geophys.*, 42 /1977/, 437.
- /13/ V. F. Tulincev, B. M. Fajgin, J. M. Žučenko, V. A. Lipoveckij, L. S. Novikov: *Kosm. issledovanija*, 13 1975, 513.

- /14/ J. W. King, A. J. Slater, A. D. Stevens, P. A. Smith,
D. M. Willis: J. atmosph. terr. Phys., 39 /1977/, 1357.
- /15/ A. Zátpek: Acta Univ. Oulu A 43 /1976/, 21 /Sec. Re-
port IASPEI Com. Microseisms/.

Slnečná činnosť a pozemská klíma

M. RYBANSKÝ

Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica

Vo svojom príspevku sa budem zaoberať otázkou, či zmeny slnečnej aktivity majú vplyv na zmenu pozemskej klímy. Že sa klíma neustále mení, o tom niet pochybností. Poznáme to hlavne z geológie, ale aj z iných vedných oblastí. Ľudí dávno trápí otázka, čo tieto zmeny spôsobuje a čo nás v budúcnosti očakáva.

Hneď na začiatku je potrebné povedať, že otázka zatiaľ nie je zodpovedaná. J. A. Eddy /1977/, v recenzii k zborníku referátov zo sympózia na túto tému, ktoré sa konalo v roku 1973 pod patronátom NASA hovorí, že stále je aktuálny Youngov výrok z roku 1895, publikovaný v monografii "The Sun", zmysel ktorého je nasledujúci:

"...v tejto otázke je astronomický svet rozdelený na dva početné tábory. Jeden tábor tvrdí, že stav slnečného povrchu je determinujúcim faktorom pre pozemskú meteorológiu, druhý zastáva názor, že nepatrné zmeny na Slnku, nemôžu byť príčinou klimatických zmien a že príčiny je potrebné hľadať inde.

...z údajov, ktoré máme k dispozícii, nie je možné povedať, ktorý tábor je v práve..."

Eday v spomínanej recenzii hovorí, že po osemdesiatich rokoch sa 200 účastníkov sympózia zhodlo na rovnakom stanovisku.

V ďalšom vas chceme oboznámiť s jednou zaujímavou prácou klimatológov Schneidera a Massa /1975/, ktorý sa zaoberá vytvorením jednoduchého modelu klimatických zmien; s niektorými výsledkami z práce Edaya o slnečno-zemských vzťahoch a z práce Ch. Hänsela /1975/ "Klimaänderungen...".

Autori Schneider a Mass vidia príčinu klimatických zmien v zmene slnečnej konštanty a predpokladajú, že jej zmeny sú spôsobené dvoma faktormi: zmenami úrovne slnečnej aktivity a zmenami obsahu sopečného popola v atmosfére. Merítkom pre zmenu slnečnej aktivity je relatívne číslo slnečných škvrn R/r a pre koncentraciu sopečného popola tzv. Lambov index L/L .

Najprv, aké je súvislosť medzi slnečnou konštantou S a relatívnym číslom. Dve skupiny, jedna zo Smithsonian Astrophysical Observatory a druhá zo Sovietskeho zväzu, dospeli k rovnakému záveru, že slnečné konštanty rastie spolu s relatívnym číslom, pri hodnote $R = 80$ dosahuje maxima a pri ďalšom zvyšovaní R , slnečné konštanty klesá. Aproximačný výraz, ktorý používajú autori je od Kondratjeva a Nikolského:

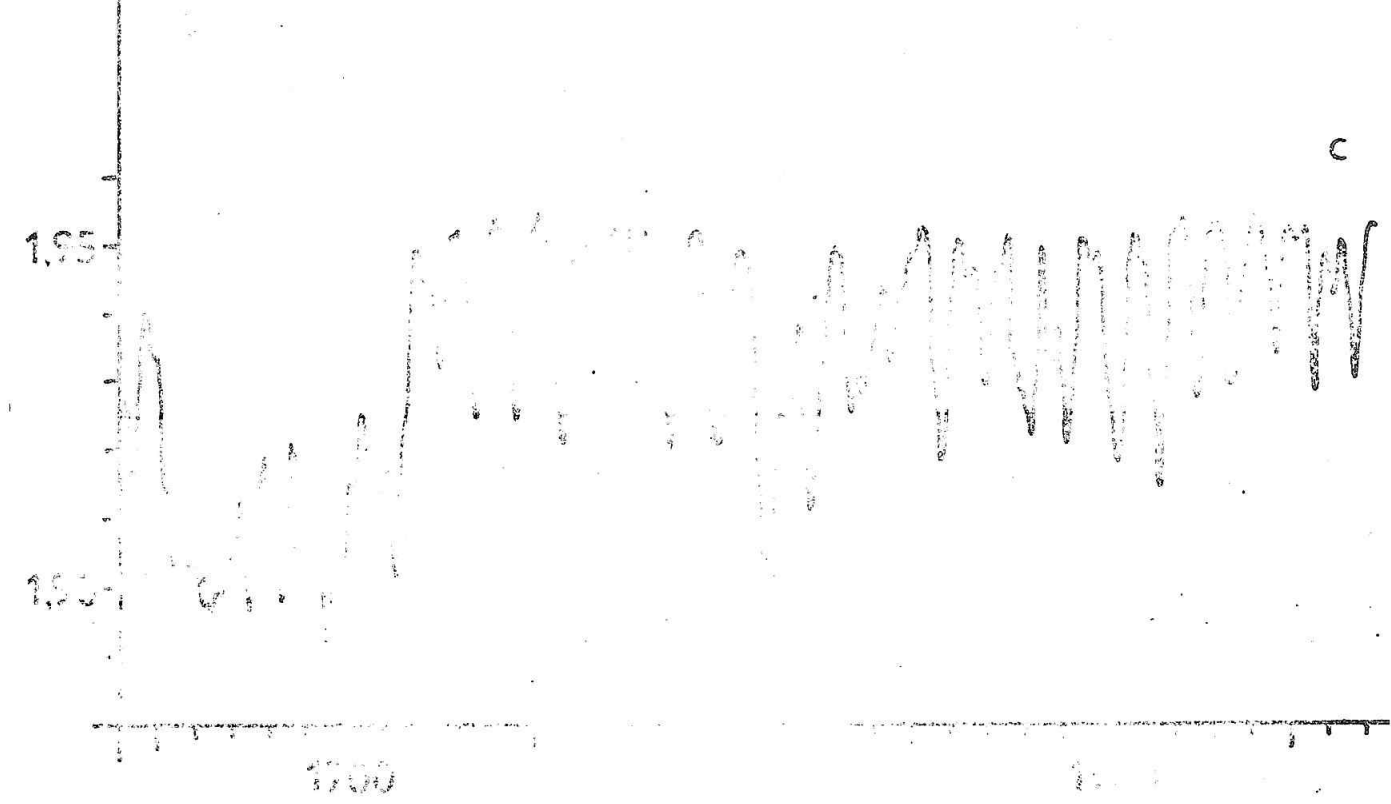
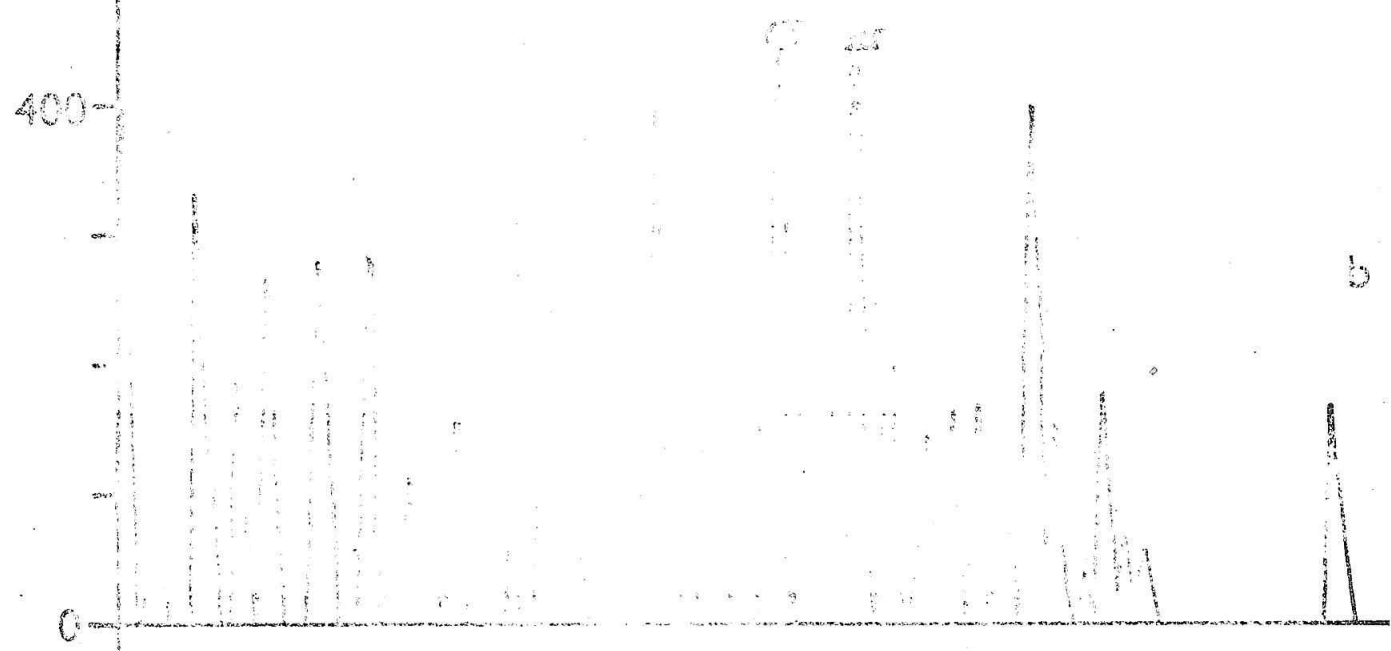
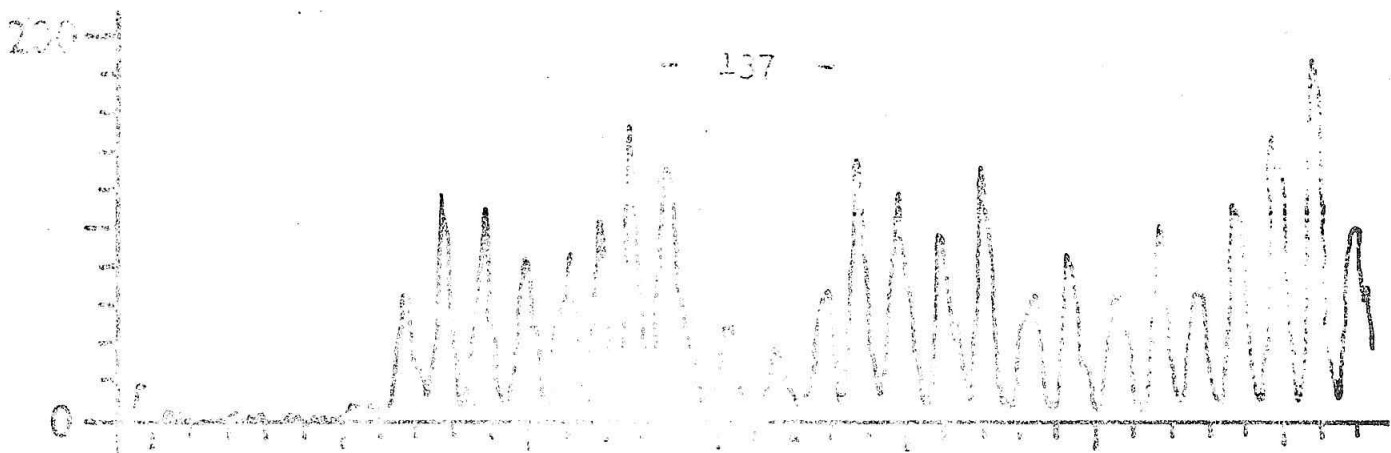
$$S/R = 1,903 + 0,011 R^{1/2} - 0,0006 R \quad \text{cal cm}^{-2} \text{min}^{-1}$$

Použitím hodnôt R , ktorých graf v závislosti na čase je zná-

zornený na obr. 1a a rovnica /1/ dostaneme $4 S_R/t/$ - premenný príspevok pre slnečnú konštantu, závisiaci od relatívneho čísla. Podľa vyjadrenia Roberta, je potrebné vzťahu medzi relatívnym číslom a slnečnou konštantou rozumiť tak, že nejde o zmeny vo svietivosti Slnka, ale o zmeny transmisnej schopnosti hornej atmosféry, ktoré sú spôsobené slnečnou aktivitou.

Vulkanický popol pôsobí ako vonkajšia príčina klimatických zmien, lebo zabráňuje časti slnečného žiarenia dosiahnuť troposféru. Kvantitatívne je táto závislosť určená Lambovým indexom /L/, znázorneným na obr. 1b. Aby autori dostali vzťah medzi L a S, použili merania z observatória Mauna Loa na Havajských ostrovoch, kde bolo určené, že po erupcii sopky Mount Agung na ostrove Bali v roku 1963, poklesla priepustnosť atmosféry približne o 2 % /L = 160/. Z týchto 2 % je iba 1/4 absorbovaná v stratosfére, zvyšok je rozptýlený, ale preniká do troposféry. Teda pri L = 160 sa slnečná konštantu zníži o 0,5 %. Autori poznamenávajú, že táto hodnota je v dobrom súhlase s inými prácami.

Takéto zjednodušenie môže byť však iba prvým priblížením riešenia. Zohrievanie a chladenie rôznych vrstiev je komplikovanou funkciou, závislou od vlnovej dĺžky žiarenia, absorpčných koeficientov, účinného prierezu pre rozptyl, rozdelenia veľkostí častíc, optickej hĺbky aerosólovej vrstvy a mnohých iných parametrov.



Autori predpokladajú, že efekt spätnej väzby je v tomto jednoduchom určení S efektom sekundárnym a určujú $\Delta S_L/t/$ - príspevok k zmene slnečnej konštanty následkom zmeny koncentrácie vulkanických prachových častíc.

Kombináciou ΔS_R a ΔS_L dostaneme:

$$/2/ \quad S /t/ = S_0 + \Delta S_R/t/ + \Delta S_L/t/ .$$

Výsledné hodnoty sú znázornené na obr. 1c.

Čiitlivosť β_S globálnej povrchovej teploty T_S na zmeny slnečnej konštanty je definované výrazom:

$$/3/ \quad \beta_S = S_0 \frac{\delta T_S}{\delta S}$$

Pre výpočet β_S môžu byť použité rôzne fyzikálno-matické modely. Najjednoduchšie je použiť nie povrchovú teplotu, ale teplotu radiačnej rovnováhy T_p . Potom máme:

$$\sigma T^4 = \frac{S}{4} / 1 - \alpha /$$

kde α je albedo a σ Stefan-Boltzmannova konštantna. Pre stredné podmienky / $T_p = 255^\circ\text{K}$, $\alpha = 0,3$ / dostaneme $\beta_p = 65^\circ\text{K}$, t.j. pri zmene S o 1 %, zmení sa T_p o $0,65^\circ\text{K}$.

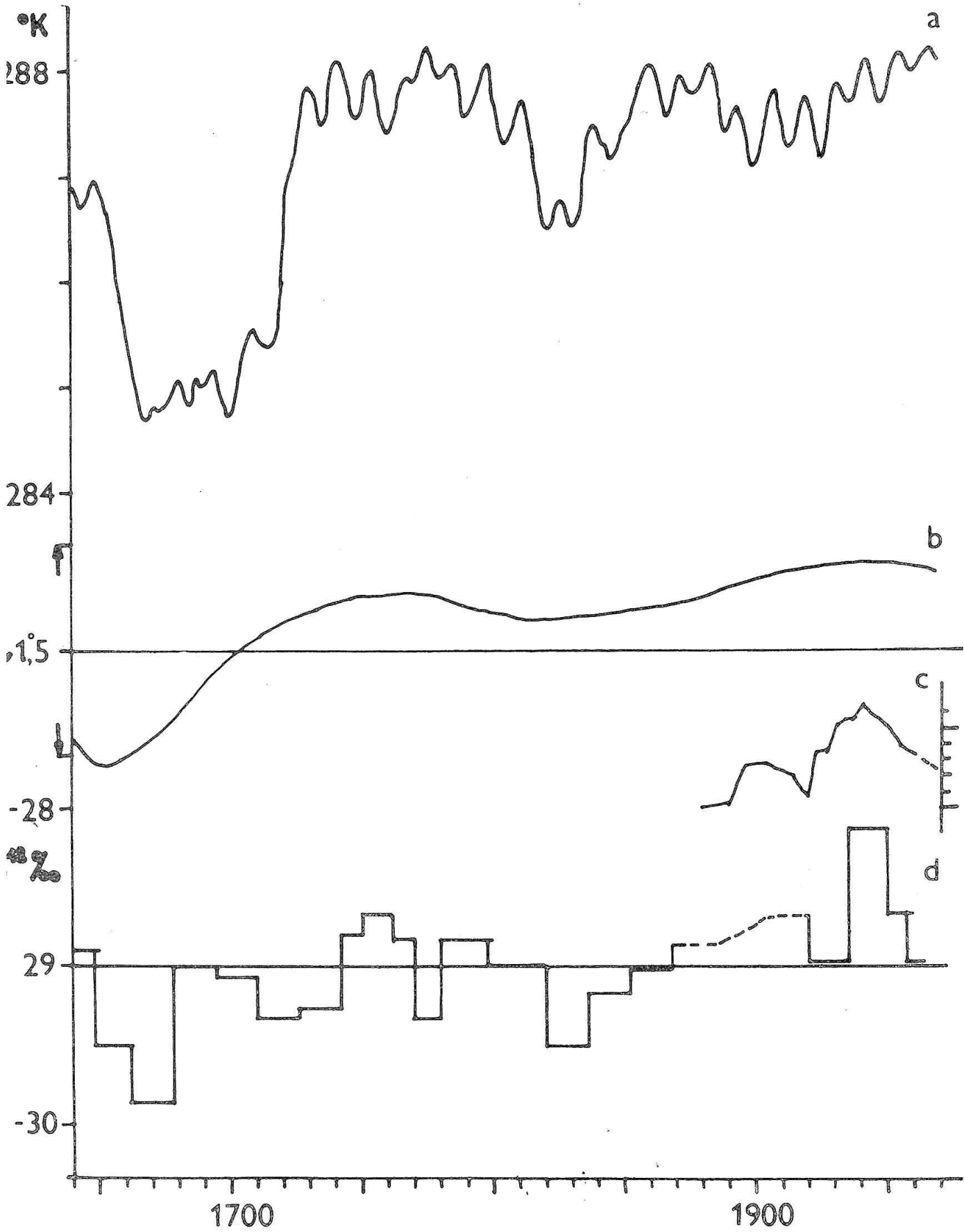
Ale $T_S = 287^{\circ}\text{K}$ a pri použití zložitejšieho modelu, so započítaním konvekcie, dostaneme $\beta_S \doteq 120^{\circ}\text{K}$.

Ak započítame efekt spätnej väzby a riešime rovnicu energetickej rovnováhy, dostaneme vo výsledku teplotu T_S určenú pre dobu, odkedy poznáme relatívne číslo. Výsledok je znázornený na obr. 2a.

Porovnanie s rôznym určením teplotného trendu je znázornené na obr. 2. Na obr. 2b. je v relatívnej škále určená drsnosť zím v Paríži a v Londýne. Rozkmit škály sa odhaduje na $1,5^{\circ}$. Určenie globálnej teploty na časti zemského povrchu sa dá urobiť iba od roku 1880. Na obr. 2c. je znázornená zmena globálnej teploty na časti zemského povrchu medzi rovníkom a 80° severnej šírky. Záznam na obr. 2d. je získaný z určenia pomeru obsahu izotópov voľného kyslíka $\text{O}^{16}/\text{O}^{18}$ v ľade z grónskeho ľadovca. Tento pomer je citlivý na okolitú teplotu pri tvorbe ľadu.

Tieto priebehy však znázorňujú viac-menej iba lokálne zmeny povrchovej teploty a nie globálne. V celku však môžeme hovoriť o pomerne dobrej zhode priebehov.

Naše znalosti v oblasti vzájomných vzťahov medzi slnečnými a atmosferickými parametrami a medzi samotnými atmosferickými parametrami sú však nedostatočné. V tejto oblasti nás čaká veľa hlavne experimentálnej práce. Pokiaľ sa tento stav nezlepší, iba ťažko môžeme tvoriť nové dokonalejšie teórie o pôsobení slnečnej činnosti na atmosféru. /Autori sami poznamenávajú, že zmenou parametrov $S(R), \beta_S, \Delta S_L$ a $S/t/$ do-



Obr. č. 2

siahnu zhodu hocičoho s hocičím, čo však nie je účelom práce/.

V uvedenej práci boli analyzované klimatické zmeny iba za posledných 400 rokov a už sme narazili na veľké ťažkosti v našom poznaní. Ak chceme preniknúť ďalej do minulosti /a to je kľúč ku znalosti dlhodobých prognóz/ musíme sa obrátiť na geologické ukazovatele. Ich analýzou bolo určené výkonové spektrum klimatických zmien. Prejavujú sa v ňom periódy: 12^h, 1 deň, 6 mes., 1 rok, 2 roky, 100-400 rokov, 2 500 rokov, 20 000 rokov, 40 000 rokov, 100 000 rokov a 300 mil. rokov. Vôbec sa v ňom neprejavujú periódy: 27-28 dní, 11 rokov, 22 rokov a 80-90 rokov, čo sú periódy opakovania slnečnej činnosti. Zéštančí pôsobenia slnečnej činnosti na klimatické zmeny budú musieť túto skutočnosť náležite objasniť.

Celkove možno povedať, že v tejto oblasti je veľa nejasného, ako už bolo povedané úvodom.

Svojím príspevkom som chcel obrátiť pozornosť na túto oblasť výskumu. Je jasné, že riešenie si vyžiada sústredené úsilie vedcov rôznych odvetví, s čím je treba počítat' pri zostavovaní vedeckých plánov.

Je tu však možnosť aj pre prácu astronomických krúžkov, hlavne historických sekcií. V mnohých našich mestách existujú kroniky už od XIII. storočia. Bolo by veľmi zaujímavé a užitočné zhromaždiť údaje o mimoriadne suchých, vlhkých, teplých, studených rokoch a vôbec o rôznych udalostiach súvisiacich s počasím a klímou v minulosti.

L i t e r a t ú r a

1. J. A. Eddy, 1977, SCIENCE, 195, 670
2. Ch. Hänsel, 1975, Klimaänderungen-Erscheinungsformen und Ursachen, Leipzig.
3. S. H. Schneider and C. Mass, 1975, SCIENCE, 190, 741.

Rigiditné spektrá protónov slnečného kozmického žiarenia na hranici zemskej atmosféry v 20-tom cykle slnečnej aktivity

JOZEF ILENČÍK

Ústav experimentálnej fyziky SAV Košice, pracovisko
Lomnický štít

Úvod

Pre teórie urýchľovacích mechanizmov slnečného kozmického žiarenia, pre modely popisujúce šírenie týchto častíc v medziplanetárnych magnetických poliach ako pre riešenie mnohých geofyzikálnych problémov je veľmi dôležité poznať absolútne toky slnečných častíc v blízkosti Zeme v rôznych intervaloch rigidít $R / R = pc/Ze /$ pre rôzne časové momenty od ich eiekcie do medziplanetárneho priestoru.

K presnému popisu primárneho spektra v širokom intervale rigidít častíc slnečného kozmického žiarenia je potrebné zosúhlasiť výsledky meraní získané pomocou rakiet, družíc, riometrov a ionosférických sond v oblasti malých rigidít $/0.045-0,45/$ GV s údajmi balónových meraní na hranici zemskej atmosféry v intervale registrácie $/0.45-0.1/$ GV ako i s výsledkami získanými pozemnými experimentálnymi zariadeniami v oblasti rigidít s $R \geq 1$ GV. Za týmto účelom je potrebné poznať absolútnu citlivosť zodpovedajúcich detektorov k rôznym úsekom primárneho spektra.

Pri štúdiu primárnych častíc s rigiditou $R \geq 1$ GV mimoriadnu pozornosť nadobúda otázka citlivosti pozemných detektorov, ktoré registrujú neutrónovú zložku kozmického žiarenia - neutrónových supermonitorov.

Stanice svetovej siete neutrónových supermonitorov lokalizované v miestach kde vertikálna prahová rigidita častíc je ≤ 5 GV, majú prvoradý význam pri štúdiu dodatkového toku kozmického žiarenia generovaného počas niektorých slnečných erupcií na Slnku.

Šírkový efekt neutrónovej zložky kozmického žiarenia v absolútnych jednotkách

Absolútny integrálny tok F_g galaktického kozmického žiarenia registrovaný v čase t , experimentálnym zariadením lokalizovaným na atmosférickej hladine h , s vertikálnou prahovou rigiditou R_c je daný:

$$F_g / z, R, h, t / = \int_{R_c}^{\infty} m_z / R, h / \cdot D_z / R, t / \cdot dR \quad (1)$$

kde $D_z / R, t /$ - diferenciálne spektrum rigidít prvotných častíc s nábojom Z ,

$m_z / R, h /$ - celkové násobné funkcie pre primárnu zložku s nábojom Z t.j. pomer počtu častíc registrovaných experimentálnym zariadením od častíc s nábojom Z z malého telesného uhlu v blízkosti vertikálu s rigiditami v intervale $R, R + dR$.

Diferencovaním rovnice (1) podľa R dostávame:

$$\left| \frac{dFg}{dR} \right| = m_z / R, h / \cdot D_z / R, t / \quad (2)$$

kde ľavá strana rovnice predstavuje rozdelenie absolútneho toku častíc v experimentálnom zariadení, ktoré registruje jednu zo zložiek galaktického kozmického žiarenia.

V ďalšom sa budeme zaoberať neutrónovou zložkou kozmického žiarenia na úrovni mora / $h = 1030 \text{ g.cm}^{-2}$ /. Funkciu dFg/dR vystupujúcu na ľavej strane v rovnici (2) je možné určiť v intervale rigidít / 1-15 / GV na základe šírkového efektu početností neutrónovej zložky kozmického žiarenia.

V analýze sme použili merania šírkového efektu početností neutrónovej zložky kozmického žiarenia, získané počas ciest japonských expedícií do Antarktídy a v obdobiach špeciálnych experimentov v rokoch 1954-1962. Výsledky sú zhrnuté v práci [1]. Tým je obsiahnuté časové obdobie od slnečného minima po slnečné maximum. Vzhľadom na odchýlky v geometrii testovacích monitorov sú výsledky normalizované s údajmi z neutrónového monitoru v Chicagu / $R_c = 1.72 \text{ GV}$ /, ktorý nepretržite pracoval počas celej série meraní šírkového efektu. Pre dlhodobú zrovnateľnosť sú výsledky početností neutrónového monitoru časove normalizované tak, že relatívna intenzita v období slnečného minima v roku 1954 je pre $R_c = 15 \text{ GV}$ rovná 100. V uvedenom období slnečného minima je šírková závislosť

početností neutrónov najlepšie aproximovaná analytickou závislosťou:

$$N_g^n / >R/ = 188,5 \left\{ 1 - \exp / -6,58 \cdot R^{-0,71} / \right\} \quad (3)$$

Veľmi cenné výsledky týkajúce sa experimentálneho určenia absolútneho toku neutrónov registrovaných neutrónovým monitorom v období slnečného minima získali pracovníci v observatóriu Leeds [2]. Kalibračné merania ukázali, že absolútny tok neutrónov registrovaný neutrónovým monitorom v Leeds / $R_c = 2.2$ GV/ je rovný $10.0 \pm 0.7 \cdot 10^{-4}$ neutrón.cm⁻². .s⁻¹, čo predstavuje približne 82 % z celkovej početnosti registrovanej neutrónovým monitorom. Pomocou rovnice (3) a kalibračných meraní dostávame šírkový efekt neutrónovej zložky kozmického žiarenia v absolútnych jednotkách:

$$\frac{dF_g^n}{dR} = 4,8 \cdot 10^{-3} \cdot R^{-1,71} \cdot \exp / -6,58 \cdot R^{-0,71} / \quad (5)$$

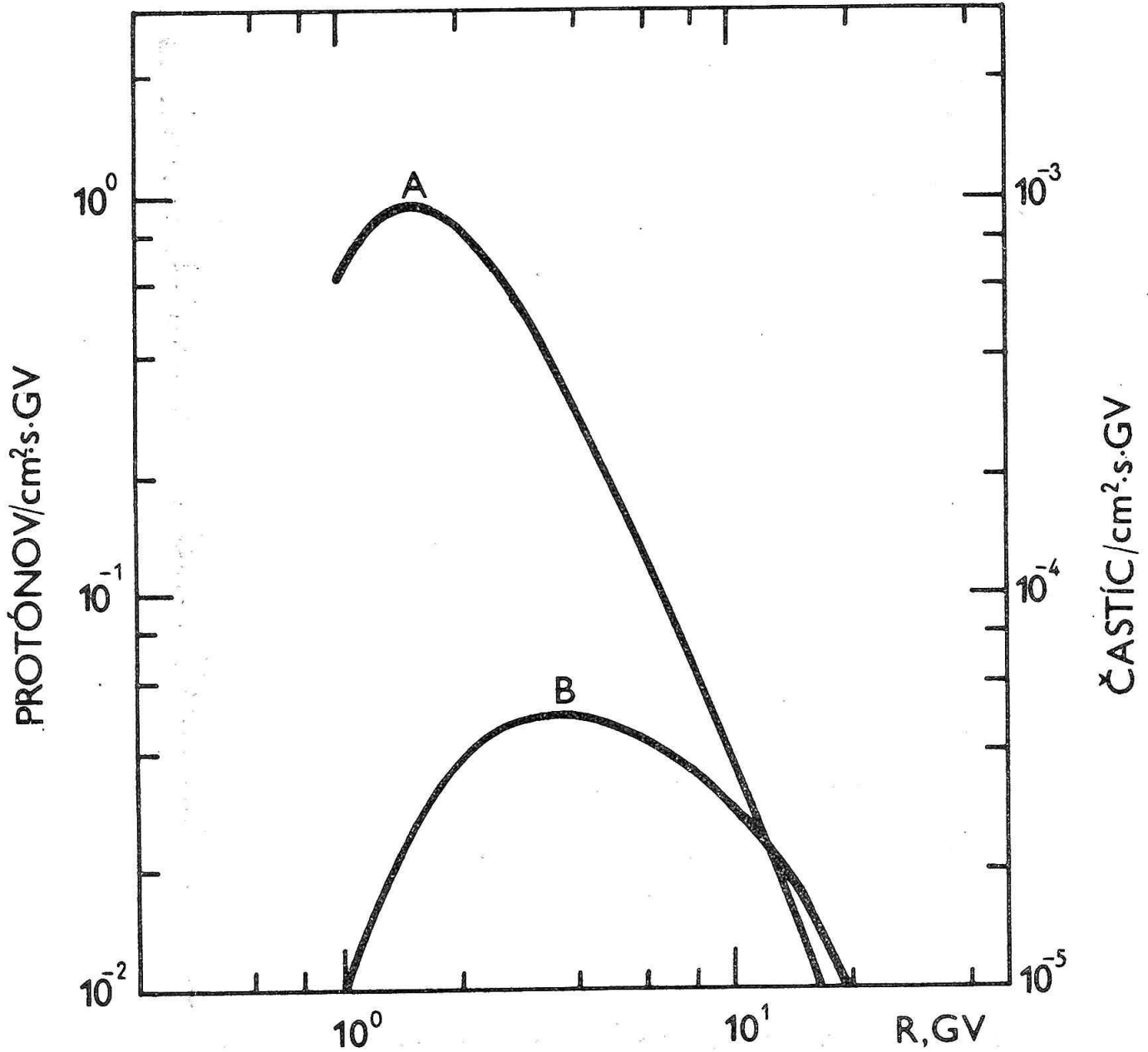
Potom pre diferenciálny tok neutrónov v intervale /1-15/ GV na hladine mora máme:

$$F_g^n / >R/ = 1,02 \cdot 10^{-3} \cdot \left\{ 1 - \exp / -6,58 \cdot R^{-0,71} / \right\}, \text{neutrón.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4)$$

Másobné funkcie protónov kozmického žiarenia

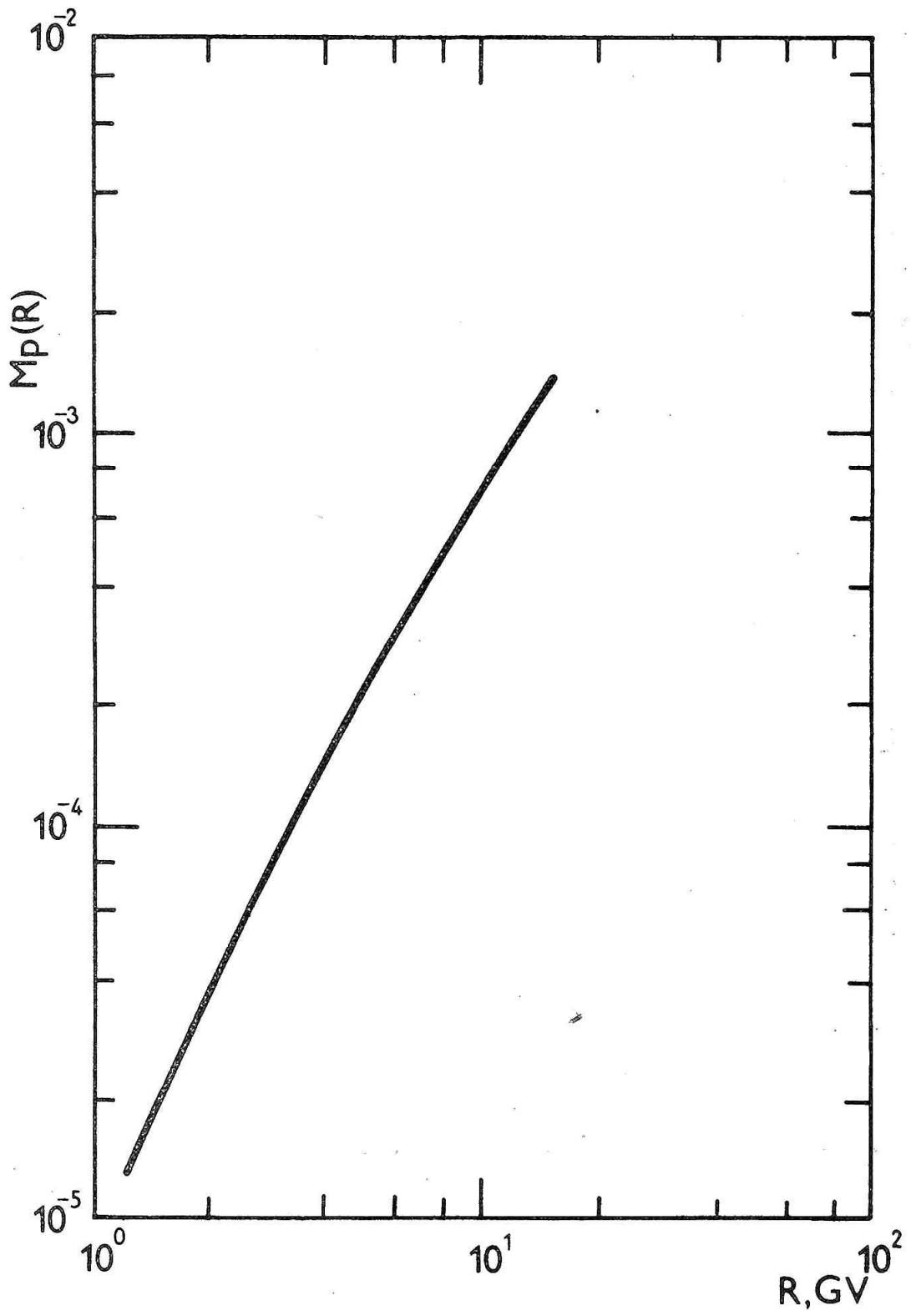
V oblasti citlivosti neutrónových supermonitorov priame merania integrálneho spektra tvrdostí protónov kozmického žia-

renia získané pomocou Čerenkovho počítača pre obdobie blízke slnečnému minimu sú zhrnuté v práci [3] .



Obr. 1

Experimentálne hodnoty integrálneho spektra protónov sú v in-



tervale / 1-15 / GV aproximované vzťahom:

$$J_g^p / >R/ = 3,2 \cdot \left\{ 1 - \exp / -3,2 \cdot R^{-1,5} / \right\} , \text{protón.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

odtiaľ pre diferenciálne spektrum primérnych protónov:

$$D_g^p /R/ = 15,3 \cdot R^{-2,5} \cdot \exp / -3,2 \cdot R^{-1,5} / \quad (6)$$

Na obr. 1 sú porovnané diferenciálne spektrá primérnych protónov a sekundárnych neutrónov.

Dosadením hodnôt z rovníc (5) a (6) do rovnice (2) dostávame násobné funkcie pre protóny primárneho kozmického žiarenia - $m_p /R/$. Na obr. 2 sú znázornené násobné funkcie v závislosti od rigidity primérnych protónov. [4] .

Spektrum slnečných protónov na hranici zemskej atmosféry

V niektorých prípadoch výskytu slnečných protónových erupcií sú na Slnku generované a urýchlené protóny slnečného kozmického žiarenia s rigiditami dostatočnými k preniknutiu na povrch Zeme. Neutrónové supermonitory v týchto prípadoch registrujú dodatkový tok, ktorý je väčší ako normálna hladina galaktickej radiácie.

Ak $F_S^n / >R/$ je absolútny integrálny tok registrovaný neutrónovým monitorom vplyvom dodatkového toku slnečných častíc a $D_S^p /R/$ je diferenciálne spektrum slnečných protónov na hranici zemskej atmosféry, potom v analógii s rovnicou (2),

môžeme $D_S^P / R /$ určiť nasledovne:

$$D_P^S / R / = \left| \frac{\partial F_S^n / R /}{\partial R} \right| \cdot \frac{1}{m_p / R /} \quad (7)$$

kde $m_p / R /$ sú absolútne násobné funkcie protónov kozmického žiarenia a $\partial F_S^n / \partial R$ reprezentuje diferenciálny tok slnečných častíc na povrchu Zeme.

Z údajov svetovej siete neutrónových supermonitorov určíme diferenciálne spektrum slnečných protónov na hranici zemskej atmosféry pre daný časový interval v jednotkách $\text{protón} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{GV}^{-1}$ nasledovne:

- vypočítame absorpčnú dĺžku λ_s pre slnečnú zložku kozmického žiarenia v zemskej atmosfére a určíme percentuálny výťažok A_2 [5,6] .
- integrálny tok $F_S^n / >R /$ pre daný neutrónový supermonitor určíme zo šírkovvej závislosti jednopercentného vzrastu toku sekundárnych častíc $F_{1\%} / R /$ [4] .

$$\text{Pre dané } A_2 \cdot F_S^n / >R / = A_2 \cdot F_{1\%} / >R / .$$

- hodnoty integrálneho toku aproximujeme mocninovou a exponenciálnou závislosťou:

$$\begin{aligned} \text{/a/} \quad F_S^n / >R / &= C_1 \cdot R^{-\delta} \\ \text{/b/} \quad F_S^n / >R / &= C_2 \cdot \exp / -R / Z_0 / \end{aligned} \quad (8)$$

kde $C_1 \cdot C_2 \cdot \delta$ a Z_0 sú konštanty.

- hodnoty $D_S^P / R /$ pre dané R určíme zo vzťahu (7) , pričom použijeme hodnoty absolútnych násobných funkcií aj z práce [4] .

- v konečnej fáze množinu hodnôt $D_S^P/R/$ aproximujeme metódou najmenších štvorcov funkciami:

$$I. D_S^P/R/ = K_1 \cdot R^{-\gamma} \quad (9)$$

$$II. D_S^P/R/ = K_2 \cdot \exp[-R/R_0]$$

kde $K_1 \cdot K_2 \cdot \gamma$ a R_0 sú konštanty a ich hodnota sa mení od prípadu k prípadu.

Analýza protónových javov v 20. cykle slnečnej aktivity

20-ty slnečný cyklus začal v druhej polovici roku 1964. Hladina zbytkovej aktivity na prechode 19. a 20. cyklu, meraná úrovňou slnečného rádiového toku na frekvencii 2 800 MHz, bola výnimočne vysoká /67,2 $10^{-22} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}$ / [7]. Potom sa slnečná aktivita postupne zvyšovala, až dosiahla maximálnu úroveň v novembri 1968 roku, s relatívnym počtom slnečných škvŕn $R_z = 110.6$. Táto hodnota je približne 2-krát menšia ako hodnota relatívneho počtu slnečných škvŕn v marci 1958 / $R_z = 201.6$ / - maximum 19. slnečného cyklu. Ročné priemery hodnôt relatívneho čísla R_z 105.9, 105.5 a 104.5 za roky 1968, 1969 a 1970 poukazujú na dlhotrvácnosť a nevýraznosť maxima 20. cyklu slnečnej aktivity.

Zostupná fáza je charakterizovaná neregulárnym priebehom. Od začiatku II. polovice roku 1970 do konca I. polovice

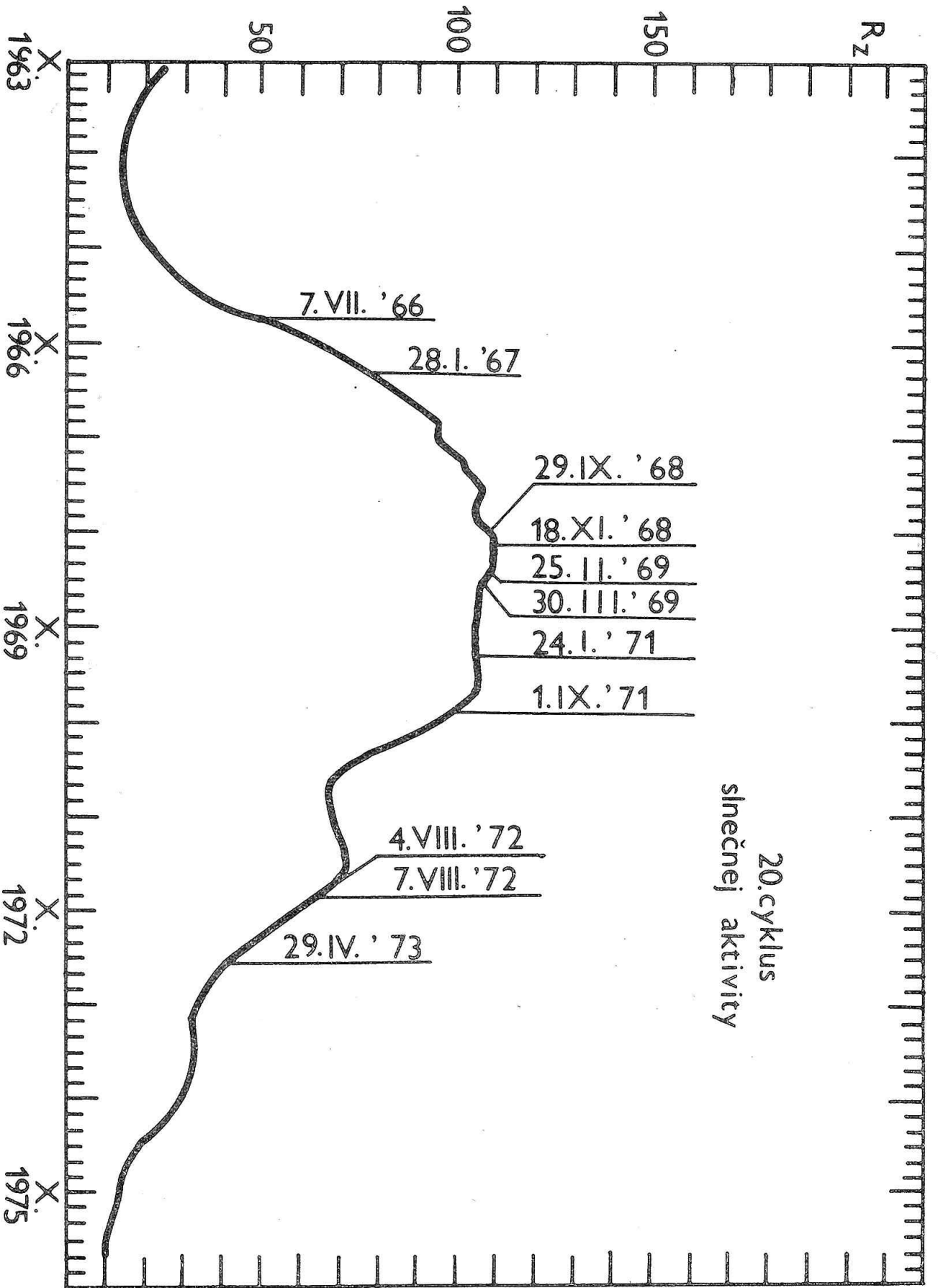
roku 1971 sa pozoroval rapídny pokles v slnečnej aktivite.

V ďalšej fáze poklesu boli pozorované tri výrazné pulzácie v hladine aktivity, charakterizované jednotlivými rotačnými hodnotami [ε]. Najvýraznejší z nich trval od júla 1971 do jesene 1972 a bol výsledkom priority slnečnej aktivity v južnej hemisfére. Ďalšie dve pulzácie boli zaznamenané od januára do septembra roku 1973 a začiatkom apríla 1974.

V období 20-teho cyklu slnečnej aktivity svetové sieť neutrónových supermonitorov zaznamenala 11 prípadov zvýšenia početnosti v neutrónovej zložke kozmického žiarenia vplyvom generácie vysokoenergetických protónov v zdrojoch na Slnku. Prvé dva / 7. júl 1966 a 28. január 1967 / boli zaregistrované počas vzostupnej časti slnečnej aktivity.

V období maxima aktivity /1968 - 1970/ boli zaznamenané štyri zvýšenia slnečného kozmického žiarenia / 29. september a 18. november 1968, 25. február a 30. marec 1969/, kým v tom istom období 19. cyklu nebol zaznamenaný žiadny prípad. Zbývajúcich päť prípadov / 24. január a 1. september 1971, 4. a 7. august 1972 a 29. apríl 1973/ bolo zaznamenaných v poklese úrovne slnečnej aktivity, pričom 3 z nich sa pozorovali počas prvej výraznej pulzácie v hladine slnečnej aktivity.

Závislosť vyhladeného relatívneho čísla počtu slnečných škvrn od výskytu vzrastov slnečného kozmického žiarenia registrovaných na povrchu Zeme v 20. cykle slnečnej aktivity je zobrazené na obrázku 3.



X.
1963

X.
1966

X.
1969

X.
1972

X.
1975

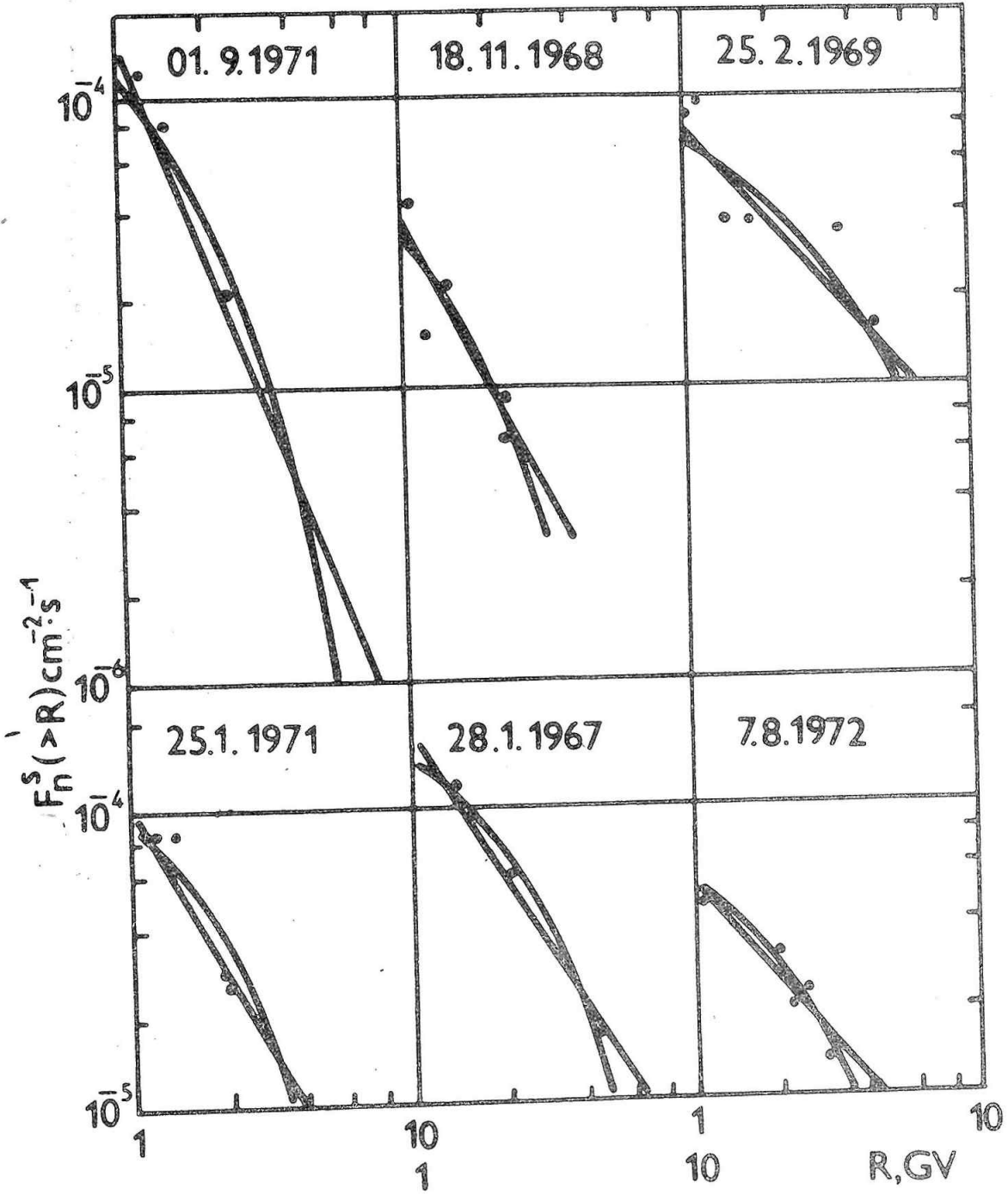
R_z

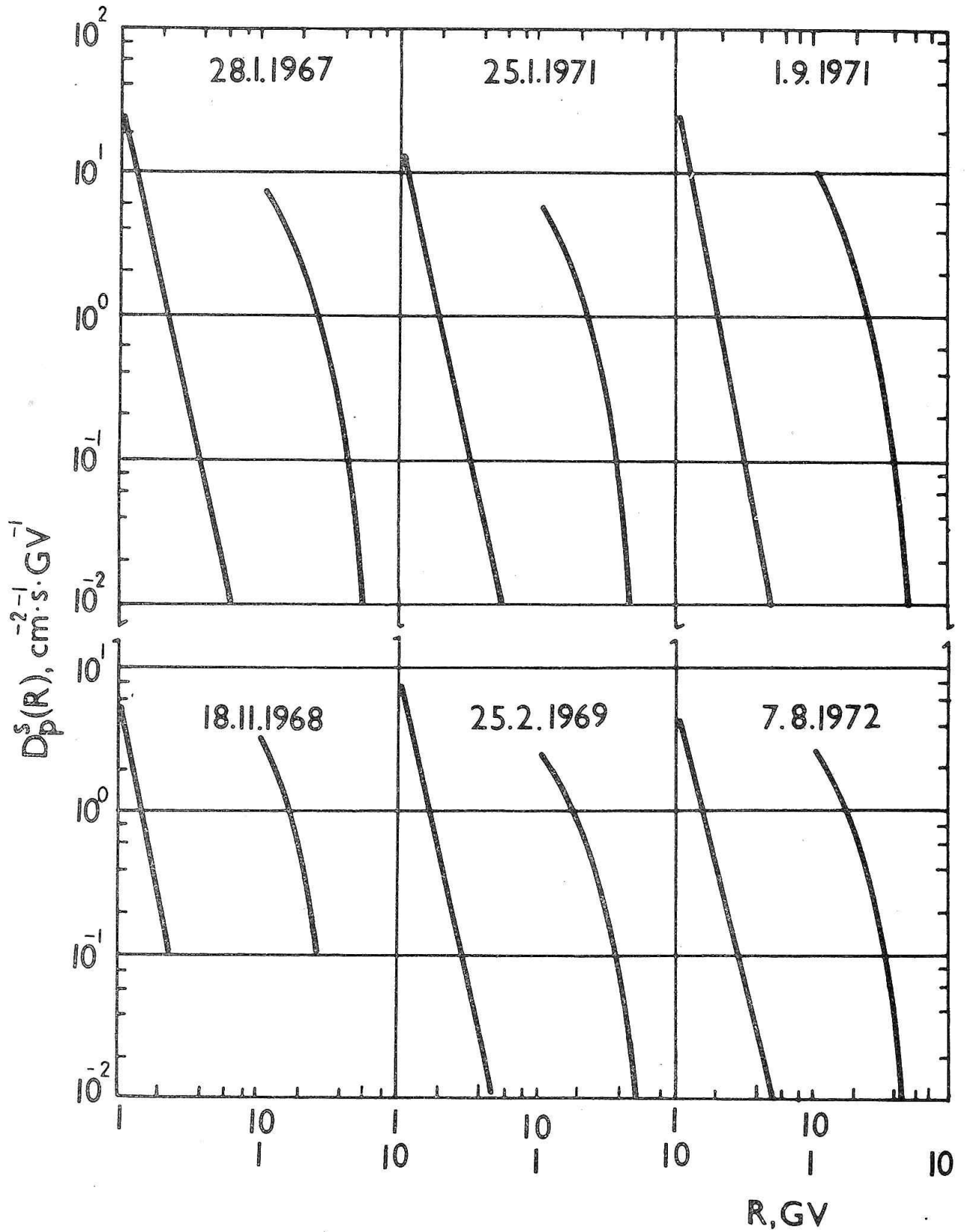
V tabuľke I sú zhrnuté charakteristické parametre vybraných staníc svetovej siete neutrónových supermonitorov, ktorých údaje sme použili pri analýze vyššie uvedených vzrastov slnečného kozmického žiarenia. Hodnoty vertikálnej prahovej rigidity sú z práce [9].

Hodnoty integrálnych tokov sekundárnych neutrónov od slnečných protónov v absolútnych jednotkách, aproximované závislosťami (8), sú uvedené v tabuľke II a znázornené na obrázku 4.

Diferenciálne spektrá rigidít slnečných protónov na hranici zemskej atmosféry, aproximované závislosťami (9), sú uvedené v tabuľke III a znázornené na obrázku 5.

Záverom ďakujem spolupracovníkom s. T. Ďurišovi a s. S. Podhradskému za vyhotovenie grafického materiálu.





Tabuľka I

Názov stanice	Geokoordináty		Nadmorské výška m	Vert.prah. rigidita GV
	šírka	dĺžka °E		
1. Deep River	46.10	282.50	145	1.02
2. Sanae	-70.30	357.65	53	1.06
3. Ottawa	45.40	284.40	57	1.08
4. Kerguelen	-49.35	70.22	0	1.19
5. Durham	43.10	289.17	0	1.41
6. Uppsalla	59.85	17.58	0	1.43
7. Chicago	41.83	272.33	200	1.72
8. Swarthmore	39.90	284.65	80	1.92
9. Leeds	53.83	358.42	70	2.20
10. Kiel	54.30	10.10	54	2.29
11. Lindau	51.60	10.10	140	3.00
12. Irkutsk	52.47	104.03	433	3.66
13. Dallas	32.98	263.27	208	4.35

Tabuľka II Integrálny tok sekundárnych neutrónov od
slnečných protónov v absolútnych jednotkách
/častica.cm⁻².s⁻¹/

Tvar spektra				
Dátum erupcie	a		b	
	c ₁	δ	c ₂	Z ₀
28.01.1976	1,81.10 ⁻⁴	1.52	2,76.10 ⁻⁴	1.56
18.11.1968	3,56.10 ⁻⁵	1.81	1,01.10 ⁻⁴	0.89
25.02.1969	7,87.10 ⁻⁵	1.09	1,05.10 ⁻⁴	2.33
24.01.1971	1,09.10 ⁻⁴	1.67	2,15.10 ⁻⁴	1.22
01.09.1971	1,50.10 ⁻⁴	2.42	3,45.10 ⁻⁴	0.94
07.08.1972	5,76.10 ⁻⁵	1.18	1,87.10 ⁻⁴	1.45

Tabuľka III Diferenciálne spektré slnečných protónov na hranici zemskej atmosféry pre rôzne erupcie v 20-tom cykle slnečnej aktivity v absolútnych jednotkách

Tvar spektra					
Dátum erupcie	I.		II.		Interval rigidít GV
	K_1	γ	K_2	R_0	
28.01.1967 11-12 UT	31.1	4.5	32.4	0.699	1.02-4.35
18.11.1968 11-12 UT	6.7	4.5	32.8	0.452	1.02-2.29
25.02.1969 09-10 UT	9.5	4.1	8.7	0.820	1.02-4.35
24.01.1971 01-02 UT	19.3	4.5	39.0	0.579	1.02-3.66
01.09.1971 22-23 UT	38.8	5.3	72.52	0.536	1.02-4.35
07.08.1972 16-17 UT	10.6	3.9	18.4	0.594	1.02-3.00

L i t e r a t ú r a

- 1 Kodama M., JARE Sci. Rep., Ser.A. No 5,1968
- 2 Hughes E. B., Marsden P.L., J. Geophys. Res., 71, 1966, 1435
- 3 Ormes J. F., Webber W. R., Proc. Int. Conf. Cosmic Rays, 1, 1965, 346
- 4 Ilenčík J., Dubinský J., Acta Phys. Slov. /v tlači/
- 5 McCracken K. G., J. Geophys. Res., 67, No 2, 1962, 423
- 6 Wilson B. G., Mathews T., Johnson R. H., Phys. Rev. Lett., 18, No 16 1967, 675
- 7 Dodson H. W., Hedeman E. R., Mohler O. C., Rev. Geophys. Space Sci., 12, 1974, 329
- 8 Dodson H. W., Hedeman E. R., Sol. Phys., 42, 1975, 121
- 9 Shea M. A., Smart D. F., McCracken K. G., Rao U. R., Supplement to IQSY Instruction Manual, No 10, Cosmic Ray Tables, AFCRL, Special Reports, No 21, 1968.

Vzrast slnečného kozmického žiarenia 22. novembra 1977

J. ILENČÍK

Ústav experimentálnej fyziky SAV Košice

pracovisko Lomnický štít

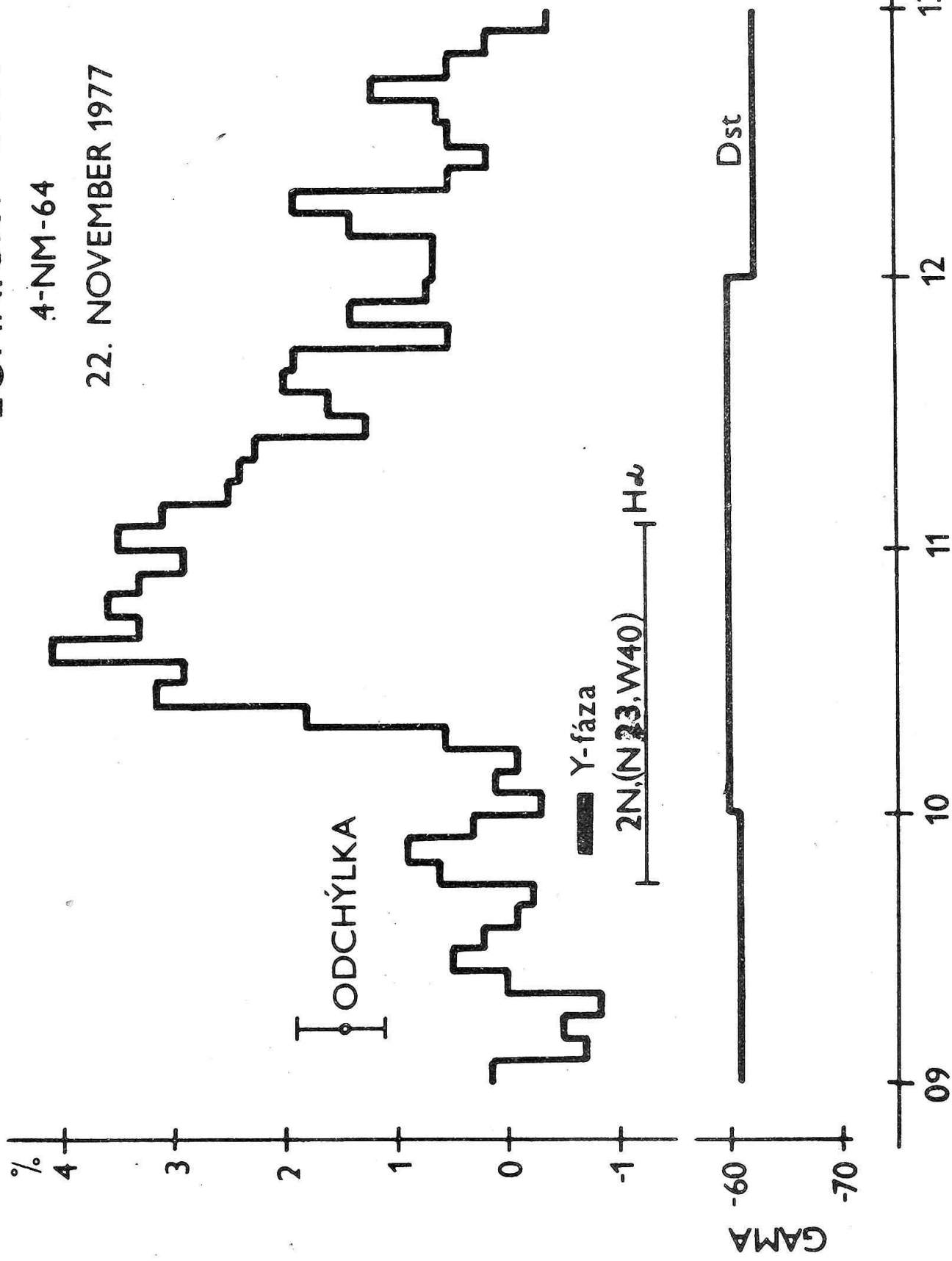
Neutrónový supermonitor 4-NM-64 umiestnený na Lomnickom štíte /49.20°N, 20.22°E/ vo výške 2 632 m nad úrovňou mora s vertikálnou prahovou rigiditou $R_c = 4.0$ GV [1] /rigidita častice $R = Z.e/p.c/$ zaznamenal 22. novembra 1977 zvýšenie početností vzhľadom na normálnu úroveň neutrónovej zložky kozmického žiarenia.

Uvedený vzrast bol spôsobený prítomnosťou dodatkového toku slnečných častíc generovaných na Slnku. Po 30. apríli 1976 [2] , 19. a 24. septembri 1977 [3] je to už štvrtý prípad registrácie slnečných častíc GeV energií pozemnými experimentálnymi zariadeniami v 21. cykle slnečnej aktivity. V porovnaní s časovými priebehmi početností neutrónovej zložky v predchádzajúcich obdobných prípadoch, dosiahol tento vzrast najväčšiu hodnotu amplitúdy od roku 1960 /20. november 1960/. Je potrebné poznamenať, že registrácia týchto prípadov v lokalitách s podobnou zemepisnou šírkou ako je Lomnický štít je veľmi zriedkavá. Od 1. januára 1971, kedy bol uvedený do činnosti na

LOMNICKÝ STIT

4-NM-64

22. NOVEMBER 1977



Obr. 1

Lomnickom štíte neutrónový supermonitor typu NM-64 so strednou hodnotou početnosti $\sim 8 \cdot 10^5$ imp/hod, je to prvý prípad registrácie slnečného kozmického žiarenia týmto zariadením.

Pozemné pozorovania

Na obr. 1 je znázornený časový priebeh 5-minútových údajov z neutrónového supermonitoru na Lomnickom štíte. Údaje sú tlakove korigované vzhľadom na strednú hodnotu atmosférickej hladiny 550 mmHg s barometrickým koeficientom 1.024 % na mmHg. Pri korekciách nie je uvážená absorpčná dĺžka slnečných častíc pri ich prechode zemskou atmosférou. Percentuálne vzrasty sú vypočítané vzhľadom na priemernú početnosť /65120 impulzov za 5 min/ v prederupčnej úrovni od 09 05 - 10 00 UT. Štandardná odchýlka meraných údajov je vyznačená na obrázku. Z obrázku je vidieť, že početnosť neutrónového supermonitoru začala narastať v intervale 10 20 - 10 25 UT, kedy jej hodnota 4 krát prevýšila hodnotu štandardnej odchýlky, a za 20 minút dosiahla maximálnu hodnotu / 4.1 ± 0.4 % . Potom početnosť postupne klesala, až dosiahla približne o 12 30 UT hodnôt v prederupčnej úrovni.

Uvedený vzrast intenzity slnečného kozmického žiarenia bol spôsobený slnečnou erupciou dôležitosti 2N s heliokoordinátmi 24°N , 38°W v McMath oblasti 15 031. V čiare H_α bola uvedená erupcia pozorovaná od 09 45 -

- 10 07 - 11 05 UT [4] . Urýchlenie a ejakcia slnečných častíc v tzv. Y - fáze [5] nastalo v časovom intervale od 09 53 - 09 58 - 10 02 UT / po oprave na rýchlosť šírenia svetla/. Najrýchlejšie častice dosiahli Zem za 24 ± 4 min [6] .

Z priebehu Dst indexu je vidieť, že počas sledovaného efektu neboli zaznamenané žiadne geomagnetické poruchy. Aj hodnota $\sum K_p = 6 +$ v porovnaní s typickou hodnotou $\sum K_p \sim 17$ v podobných prípadoch, je veľmi nízka.

Pozorovania v medziplanetárnom priestore

Je známe, že slnečné kozmické žiarenie je ejektované do medziplanetárneho priestoru po urýchlení v blízkosti erupčných oblastí. Po urýchlení je časť kozmického žiarenia ejektovaná do fotosféry a je zdrojom pre viditeľnú, röntgenovskú a neutrónovú emisiu. Časť je zachytená magnetickým poľom v oblastiach urýchľovania kde nastáva hromadenie častíc resp. v oblastiach blízkych a zvyšok je ejektovaný do medziplanetárneho priestoru kde interaguje s plazmou a magnetickým poľom tohto priestoru.

V uvedenom období boli v medziplanetárnom priestore zaznamenané zvýšené toky slnečných častíc. Protónový detektor umiestnený na družici SMS - 2 /Synchronous Meteorological Satellite/, ktoré sa pohybuje na geostacionárnej výške $h = 6.67 r_e$ [7] , registroval intenzity slnečných

protónov v nasledovných energetických intervaloch:

(6 - 10) MeV, (18 - 38) MeV, (84 - 150) MeV a (150 - 500) MeV. Údaje z protónového detektoru [4] využijeme k štúdiu šírenia sa slnečných častíc zo zdroja na Slnku cez medziplanetárny priestor k miestu pozorovania.

K aproximácii časových závislostí intenzity protónov použijeme riešenie zovšeobecnenej difúznej rovnice s difúznym koeficientom závislým od polohy v medziplanetárnom priestore - model Krimigisa [8]. Model vychádza z predpokladov:

- 1/ častice difundujú cez náhodné statické rozptylové centrá,
- 2/ rozptyl má izotropický charakter,
- 3/ difúzia je bez energetických strát,
- 4/ hustota rozptylových centier klesá s radiálnou vzdialenosťou r od Slnka.

Ak sa predkladá fyzikálny stav medziplanetárneho priestoru symetrický vzhľadom na os rotácie Slnka, potom priestorové závislosti sú dané len zmenou rádius vektora r . Difúzny koeficient má tvar:

$$\mathcal{K} / r / = M r^{\beta}$$

kde β , M sú parametre nezávislé od r , no môžu závisieť od energie častíc.

Potom difúzna rovnica má tvar:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{r^\alpha} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ M \cdot r^{\alpha+\beta} \frac{\partial n}{\partial r} \right\}$$

kde n je hustota častíc, α je parameter určujúci dimenziu difúzneho priestoru. Pre $\alpha = 0$ dvojrozmerná, $\alpha = 1$ jednorozmerná a $\alpha = 2$ trojrozmerné difúzia.

Pri použití vzťahu $I = nv/4\pi$, kde I je smerová intenzita a v rýchlosť častíc, môžeme prejsť k priamym údajom z pozorovaní a riešenie difúznej rovnice pre $\alpha = 2$ má tvar:

$$I(r, t) = \frac{N_0 v}{16\pi^2 (2-\beta)^{(4+\beta)/(2-\beta)} \Gamma\left(\frac{3}{2-\beta}\right)} \cdot \left(\frac{1}{M}\right)^{\frac{3}{2-\beta}} \left(\frac{1}{t}\right)^{\frac{3}{2-\beta}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{M} \cdot \frac{r^{2-\beta}}{(2-\beta)^2} \cdot \frac{1}{t}\right)$$

kde N_0 je celkový počet častíc danej energie generovaný v čase t_0 v slnečnej erupcii.

Charakteristickou črtou poslednej rovnice je lineárna závislosť funkcií $\ln\left(I \cdot t^{\frac{3}{2-\beta}}\right)$ od t^{-1} , pričom tangens uhlu sklonu tejto priamky je rovný :

$$m = \frac{r^2}{(2-\beta)^2 \chi(r)} \quad (1)$$

Priesečník priamky s osou t^{-1} pre $t \rightarrow \infty$ nám dáva hodnotu veličiny:

$$b = \ln \left\{ \frac{N_0 \cdot v}{16\pi^2 \cdot (2-\beta)^{\frac{4+\beta}{2-\beta}} \Gamma\left(\frac{3}{2-\beta}\right)} \cdot \frac{1}{M} \right\} \quad (2)$$

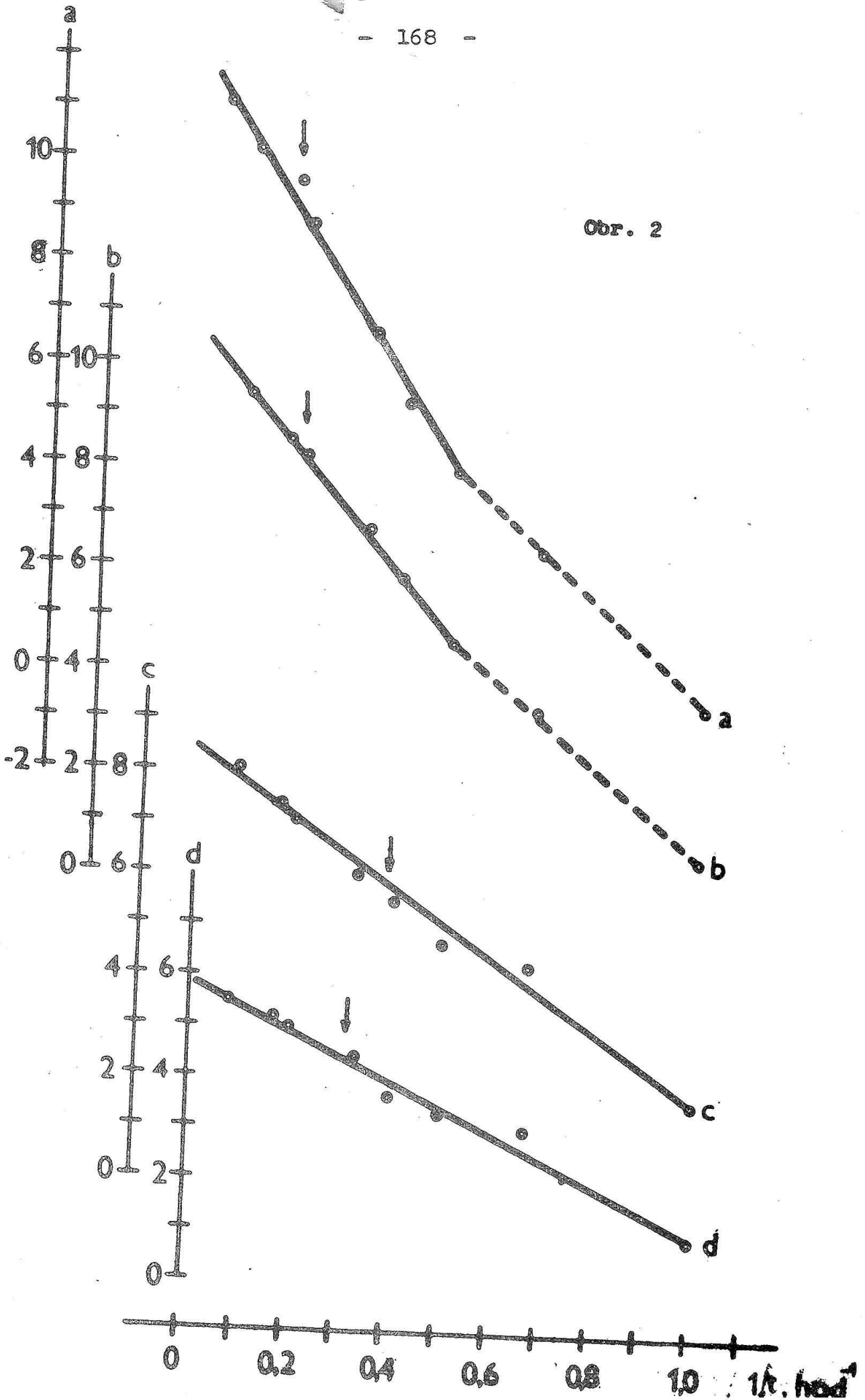
odkiaľ je možné určiť hodnotu N_0 .

Uvedené výrazy dávajú úplný opis variácií intenzity slnečných častíc ako funkciu času a polohy v priestore.

Na obrázku 2 sú znázornené závislosti $\ln(I \cdot t^s)$ od t^{-1} s optimálnou hodnotou veličiny s / t - v hodinách a I v jednotkách $\text{protón} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$ / pre štyri rôzne energetické intervaly slnečných protónov registrovaných družicou SMS-2. Maximé intenzít sú vyznačené šípkami. Za počiatkový čas bol zobrazený čas $t_0 = 10 \text{ OO UT}$, totožný s Y - fázou. Z uvedených závislostí je vidieť, že časové priebehy intenzity protónov v uvedených energetických intervaloch môžu byť opísané pomocou modelu sféricko-symetrickej difúzie. Odchýlky od linearít pre protóny s energiami 6 - 10 MeV a 18 - 38 MeV, môžu byť spôsobené anizotropnými tokmi protónov v počiatočnom štádiu. V tejto oblasti je izotróp-

Obz. 2

$\ln(I.t^s), s=3/(2-\beta)$



ne difúzne priblíženie nepoužiteľné.

Zobrazené závislosti boli získané aplikáciou metódy najmenších štvorcov k linearizácii masívov $\ln(I \cdot t^s)$ a t^{-1} . Hodnoty veličín m a b pre optimálnu hodnotu parametra $s = 3 / (2 - \beta)$ sú uvedené v tabuľke 1.

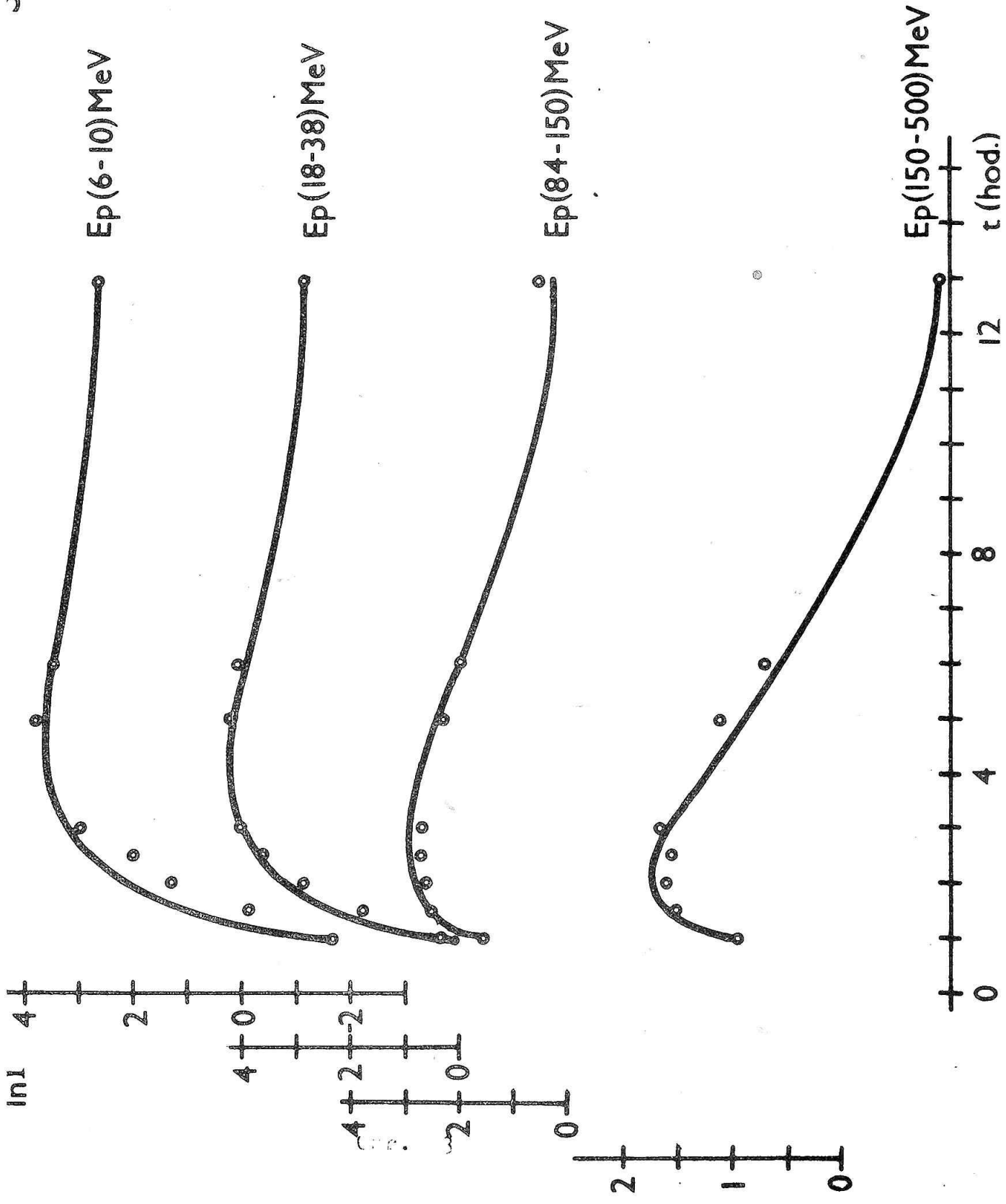
Tabuľka 1

	E_p MeV	s	b	s_b	m	s_m	s
a	6 - 10	2.5	10.11	0.33	-12.55	2.68	0.6189
b	18 - 38	2.5	10.04	0.17	-9.91	0.35	0.2774
c	84 - 150	2.5	8.45	0.12	-6.83	0.24	0.1956
d	150 - 500	2.5	5.92	0.15	-4.89	0.36	0.2315

Veličiny s_m resp. s_b predstavujú štatistické odhady pravdepodobných parametrov m resp. b a $k = \sqrt{s_0 / n - 2}$, kde s_0 je hodnota zbytkového súčtu štvorcov pre n použitých hodnôt [9].

Na obrázku 3 sú porovnané časové priebehy intenzity protónov. Krúžkami sú vyznačené hodnoty experimentálnych údajov. Vypočítané hodnoty intenzity, s použitím hodnôt parametrov m , b a s z tabuľky 1, sú znázornené krivkou. Je vidieť dobrý súhlas experimentálnych údajov s použitým difúznym priblížením.

Radiálny difúzny koeficient môžeme určiť pomocou vzťa-



hu (1) pre každý energetický interval protónov.

V tabuľke 2 sú uvedené ich hodnoty na vzdialenosti $r = 1$ AU.

Tabuľka 2

R [MV]	$\mathcal{K}(r)$ [cm ² . s ⁻¹]
100 - 140	3.43 10 ²¹
190 - 270	4.35 10 ²¹
400 - 550	7.35 10 ²¹
550 -1090	8.82 10 ²¹

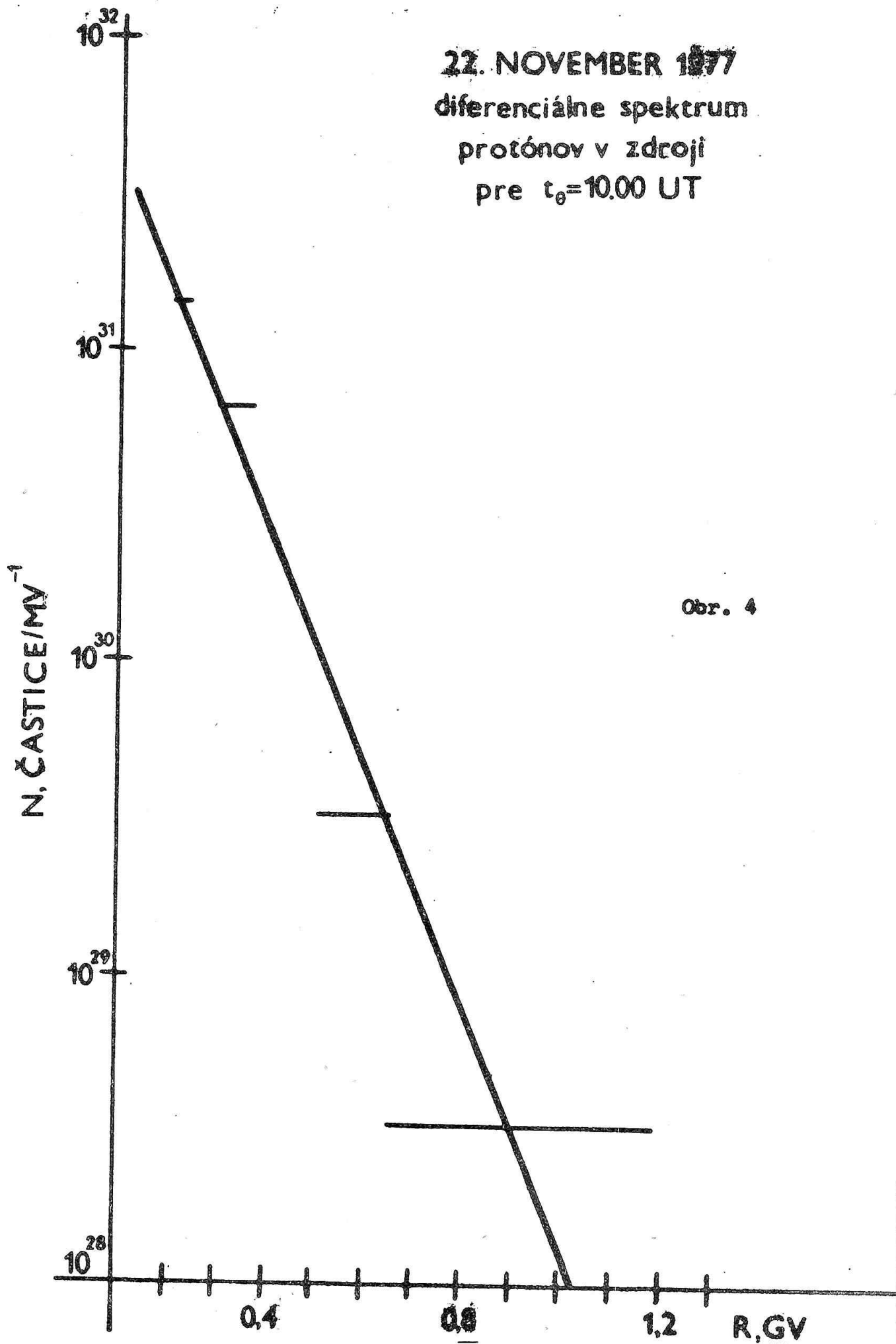
Zo vzájomného porovnania uvedených hodnôt plynie, že hodnoty radiálneho difúzneho koeficientu rastú s rastom strednej rigidity protónov v intervale 120 - 820 MV, pri konštantnej hodnote r .

Celkový počet častíc danej rigidity generovaný v čase t_0 v slnečnej erupcii 22. novembra 1977 sme určili zo vzťahu (2). Diferenciálne spektrum generácie protónov je zobrazený na obrázku 4 a možno ho aproximovať nasledovnou analytickou závislosťou:

$$\frac{dN}{dR} = \left(3,8^{+6,6}_{-2,4} \right) \cdot 10^{31} \cdot \exp \left(-R/R_0 \right), \text{ protón} \cdot \text{MV}^{-1}$$

kde $R_0 = (111.9 \pm 15.6)$ MV je charakteristická rigidita

22. NOVEMBER 1977
diferenciálne spektrum
protónov v zdroji
pre $t_0=10.00$ UT



Obr. 4

a jej hodnota sa mení od prípadu k prípadu.

Z exponenciálneho tvaru spektra generácie možno súdiť, že urýchlenie častíc je podmienené elektrickými poliami, ktoré môžu vzniknúť mechanizmom discipácie magnetického poľa [10, 11] .

Záverom ďakujem ss. T. Ďurišovi a S. Podhradskému za vyhotovenie grafického materiálu.

L i t e r a t ú r a

- 1 Shea M. A., Smart D. F., McCracken K. G., Rao U. R.
Supplement to IQSY Instruction Manual N. 10, Cosmic
Ray Tables. AFCRL Special Reports No 71, 1968
- 2 Filippov A. T., Ipatjev V. I., Novikov A. M., Čirkov
N. P. Bžulleten naučno-techničeskoj informacii, AN SSSR
SO, Jakutskij filial, Jakutsk 1976
- 3 McKinnon J. A. Report from WDC-A, NOAA, Boulder, Co.,
1978
- 4 Solar-Geophysical Data, N 400, Part I, 1977
- 5 Křivský L. Lull. Astron. Inst. Czech. 14, 1963
- 6 Dubinský J., Ilenčík J., Stehlík M., Křivský L., to be
published in UAG-Report, WDC-A.
- 7 NOAA Technical Report ERL 357-SEL 37, Boulder, 1976
- 8 Krimigis S. M., J. Geophys. Res. 70, 1965
- 9 A. A. Clifford Multivariate Error Analysis, Applied
Science Publishers Ltd, London, 1973
- 10 Mirošničenko L. Ā., 15 th ICRC, 5, Plovdiv, 1977
- 11 Syrovatskij S. I., Astron. ž., 43, 1966

Výskum vzťahov Slnko - Zem v ČSSR - KAPG, SCOSTEP

J. SÝKORA

Astronomický ústav SAV Skalnaté Pleso

Pokiaľ mám hovoriť o štúdiu fyzikálnych vzťahov systému Slnko - Zem v rámci ČSSR, nemôžem to v žiadnom prípade urobiť tak, že by som komentoval výsledky jednotlivých vedeckých prác z tohoto odboru. Tých je totiž každoročne určite viac ako stovka a patrí sem samozrejme i väčšina prác prezentovaných na tomto našom seminári. Poukážem skôr na určité globálne problémy a na náš podiel v predmetnom štúdiu v medzinárodnom meradle, na zastúpenie jednotlivých našich ústavov v ňom.

Zároveň sa chcem ospravedlniť, že môj pohľad nebude asi celkom úplný a v podrobnostiach vyvážení, pretože je písaný z pozície slnečného fyzika.

I. K A P G

Jednou z najvýznamnejších spoluprác socialistických krajín v oblasti vedy je KAPG /Komisia Akademií po Planetarnej Geofizike - v preklade Planetárne geofyzikálne výskumy/. Nejedná sa teda o výskumy planét, ale o výskum

Zeme ako planéty. V rámci KAPG pracuje osem podkomisií, z nich Podkomisia 2 má názov "Fyzika vzťahov Slnko - Zem".

Úlohou Podkomisie 2 je objasnenie fundamentálnych fyzikálnych procesov v energetickom systéme Slnko - Zem, fyzikálnych procesov, ktoré určujú existujúce podmienky obklopujúceho nás prostredia. Patrí sem predovšetkým štúdium premenlivých zdrojov slnečnej energie a komplexné štúdium prostredia obklopujúceho sféru ľudského a biologického života vôbec, prostredia chrániaceho tento život a interagujúceho s ním. Patrí sem aj štúdium rôznych vplyvov prenikajúcich do tohoto prostredia a ich zdrojov.

Vzhľadom na takto všeobecne formulovaný program, vytvorilo sa v rámci Podkomisie 2 päť pracovných skupín:

2. 1 Fyzika magnetosféry
2. 2 Fyzika hornej atmosféry
2. 3 Kozmické lúče
2. 4 Fyzika prejavov slnečnej aktivity
2. 5 Koordinácia komplexných pozorovacích programov.

Na práci týchto skupín sa zúčastňuje viac ako 30 vedeckých ústavov z Bulharska, Československa, Maďarska, NDR, Rumunska, Poľska a ZSSR. V súhlase so schválenými plánmi je rozpracovaných 26 tém. Práca je založená na princípe kooperácie pod vedením predsedov pracovných skupín /člen korešpondent ČSAV M. Kopecký pre pracovnú skupinu 2. 4/ a koordinátorov jednotlivých tém, ktorí každoročne podáva-

jú správu o dosiahnutých výsledkoch predmetného výskumu. Treba povedať, že ako rozsah práce v jednotlivých skupinách, tak aj podiel jednotlivých štátov nie je rovnaký. Rozsahom úloh vynikajú pracovné skupiny Fyzika prejavov slnečnej aktivity, Fyzika magnetosféry a Fyzika hornej atmosféry. Z jednotlivých krajín najväčší objem práce vykonáva Sovietsky zväz, hneď za ním s približne rovnakým podielom nasledujú ČSSR a NDR. Prakticky iba symbolická je účasť Rumunska.

Z dôvodov časových nie je možné hovoriť tu podrobne o témach, na ktorých sa podieľa ČSSR. Jednoduchšie je povedať, že sa z celkového počtu 26 nepodieľame na riešení iba jedinej: 2.4.4.1 - Rýchle zmeny slnečných magnetických polí.

Ústavy podľa rozsahu ich zapojenia do KAPG možno zoradiť asi nasledovne:

Geofyzikálny ústav ČSAV /podieľa sa na riešení 14 tém/,

Astronomický ústav ČSAV /6/,

Astronomický ústav SAV /4/,

Geofyzikálny ústav SAV /3/,

Ústav experimentálnej fyziky SAV /2/.

Jednotlivé témy, a taká je aj požiadavka, sú silne napojené na úlohy Štátneho plánu základného výskumu. Úspešné sú v rámci KAPG hlavne rôzne medzinárodné sympóziá, konferencie, observačné programy, a pod., na ktorých podiel ČSSR je obyčajne veľmi významný. Sympóziá, zahrňujúce prob-

lematiku celej Podkomisie "Fyzika vzťahov Slnko - Zem" sa v záujme čo najširšej účasti vedeckých pracovníkov obyčajne konajú v ZSSR - posledné v roku 1976 v Tbilisi, najbližšie na jeseň 1979 v Ašchabade.

Značnú tradíciu, s účasťou obyčajne okolo sto pracovníkov, si už získali tzv. "Konzultatívne porady o slnečnej fyzike" pracovnej skupiny 2.4. Z nich napríklad siedma sa konala v roku 1973 v Starom Smokovci na tému "Slnečné aktivity a vzťahy Slnko - Zem", ôsma v roku 1976 v Irkutsku - "Vývoj aktívnych oblastí na Slnku a otázky ich prognózovania" a deviata sa uskutoční na jeseň v PĽR /Karpáč/ a témou budú "Slnečné erupcie". Všetko teda otázky majúce priamy vzťah i k téme nášho seminára.

O nič menej dôležitú úlohu hrajú rôzne observačné projekty. Je to hlavne preto, že sa nachádzame na začiatku akejsi novej etapy v našich vedných odboroch a v problematike vzťahov Slnko - Zem zvlášť, kedy je nutné analyzovať, posudzovať a interpretovať javy čo z najkomplexnejšieho hľadiska, založeného pravda na čo najkomplexnejšom pozorovaní materiáli. A tak ako v priemysle, ekológii a mnohých iných oblastiach ľudskej činnosti, tak aj v oblasti základného výskumu je neoddiskutovateľnou nutnosťou spolupracovať, koordinovať výskum, nerozptyľovať ho, využívať prístrojovú kapacitu všetkých socialistických krajín v záujme čo najrýchlejšieho a čo najkvalitatívnejšieho pokroku v našich vedomostiach. Z oblasti fyziky Slnka takým cieľom

v posledných rokoch slúžili dva projekty "Zrod aktívnych oblastí", ďalej Sieť magnetografov, rýchle zmeny magnetických polí, Fluktuácia slnečného rádiového žiarenia, a iné.

Popri časopise *Physica solari-terrestris*, ktorý Podkomisia 2 KAPG vydáva od roku 1976 veľmi významnú úlohu iste zohrá aj pripravovaná "banka" pozorovacích údajov v Moskve, do ktorej budú prispievať a môcť z nej čerpať všetky zúčastnené krajiny.

Čo je zatiaľ určitým negatívom spolupráce, je skutočnosť, že sa stále ešte objavuje pomerne málo spoločných prác - ako autorov rôznych krajín, tak aj prác autorov rôznych vedných odborov. Toto však koniec-koncov platí i v rámci jednej krajiny a je obecným znakom pri prekonávaní rôznych interdisciplinárnych bariér.

II. S C O S T E P

SCOSTEP je skratka zo Special Committee on Solar - Terrestrial Physics, čo v preklade je Zvláštny výbor pre fyziku Slnko - Zem, ktorý bol zriadený pri Medzinárodnej rade vedeckých únií /ICSU/ s cieľom organizovať vedecké programy spoločné niekoľkým vedeckým úniám, združeným v ICSU. Ide predovšetkým o programy medzinárodnej spolupráce, vyžadujúce úzku koordináciu a zamerané na štúdium širokého okruhu problémov vplyvov Slnka na Zem, jej okolie a medziplanetárny priestor.

Jedným z členov tejto svetovej organizácie je od roku 1974 aj Československý národný komitét pre vzťahy Slnko - Zem, ktorý v nej reprezentuje Československú akadémiu vied.

Komitét sa venuje hlavne koordinácii účasti československých pracovísk na vedeckých projektoch a programoch, ktoré v medzinárodnom meradle organizuje SCOSTEP a ich návaznosti na programy mnohostrannej vedeckej spolupráce akadémií vied socialistických krajín - KAPG a INTERKOZMOS. Účast' radu československých vedeckých pracovísk na medzinárodných programoch SCOSTEP sa stala veľmi užitočným prínosom aj z hľadiska riešenia úloh ŠPZV, najmä kľúčových úloh II-1 a II-2.

V súčasnej dobe prebiehajú nasledovné programy:

IMS - Medzinárodný výskum magnetosféry

SIP - Slnčné a medziplanetárne programy

APP - Program fyziky atmosféry

MONSEE - Monitorovanie okolia Slnka a Zeme.

V prípravnej fáze je Program výskumu strednej atmosféry, zameraný na komplexný výskum zemskej atmosféry v oblasti výšok 15 - 120 km, ktorého začiatok sa predpokladá v roku 1980. Zaradiť sem možno zrejme aj významnú pozorovaciu kampaň "Rok maxima Slnka", plánovanú na apríl 1979 - november 1980 a podporovanú ako SCOSTEP-om, tak aj zo strany KAPG. V súčasnosti sa uvedených programov z československých pracovísk zúčastňujú Astronomický ústav ČSAV,

Astronomický ústav SAV, Geofyzikálny ústav ČSAV, Geofyzikálny ústav SAV, Ústav experimentálnej fyziky SAV a mimoakademické pozorovacie stanice v Hradci Králové, Hurbánove, Úpici a Vsetíne.

Konkrétne formy využitia nášho zastúpenia v SCOSTEP sú v podstate nasledovné:

- a/ Členstvo v SCOSTEP dáva možnosť zasahovať do formovania vedeckých programov v odbore vzťahov Slnko - Zem jednak účasťou delegátov v diskusii a prednesením návrhov na valných zhromaždeniach a jednak príspevkami do materiálov a periodických publikácií SCOSTEP-om vydávaných /napr. SCOSTEP-Notes, IMS-Newsletters, MONSEE-Bulletin, a pod./.
- b/ Úspešnou propagáciou rozvoja československej vedy je rozsiahla účasť na horeuvedených programoch SCOSTEP, predovšetkým na projekte IMS. V dvoch vydaných zborníkoch "IMS-Bulletin" je program československých pracovníkov podrobne uvedený a o ohlase naň svedčí rad žiadostí zahraničných účastníkov o výmenu observačných materiálov a poskytnutie iných vedeckých výsledkov.
- c/ Veľkým a hlavným prínosom pre prácu československých ústavov v odbore fyziky vzťahov Slnko - Zem sú observačné výsledky a vedecké informácie získavané zo zahraničia prostredníctvom publikácií a informačných materiálov SCOSTEP. Národný komitét využíva svoje možnosti vyžiadať bezplatne príslušné materiály v potrebnom množst-

ve pre zúčastnené pracoviská, alebo aj bezprostredne sa podieľajúcich vedeckých pracovníkov.

Aj v rámci SCOSTEP-u sú pravidelne poriadané celosvetové sympóziá na tému "Fyzika vzťahov Slnko - Zem". Najbližšie sa uskutoční už o desať dní v rakúskom Innsbrucku, pričom medzi témami sú napríklad: Slnko a trojrozmerná štruktúra slnečného vetra, planetárne magnetosféry a ich interakcia so slnečným vetrom, chémia a dynamika ionosféry a termosféry, slnečná aktivita a suchá, slnečná aktivita a zmeny v atmosferickej cirkulácii, vplyvy na ozónovú vrstvu atmosféry a počasie, atď.

Hoci existuje množstvo prác, i vo vzdialenejšej minulosti, skúmajúcich vplyvy slnečnej činnosti na biosféru, resp. samotného človeka a hoci na túto tému sú z času na čas organizované určité semináre, prevažne však popularizačného charakteru /v Prahe sa začiatkom novembra 1977 konal už tretí seminár "Kosmické vlivy na biosféru"/, stále treba konštatovať, že táto problematika neprenikla do programov takého významu, akými sú KAPG a SCOSTEP. Príčin môže byť viac, napr. aj určitý konzervativizmus. Hlavnou príčinou však je celkom isto pochopenie veľkej zložitosti takej problematiky. Prakticky vôbec sa nejedná o vplyvy primárne. Z menšej časti sa snáď jedná o vplyvy sekundárne, ale najpravdepodobnejšie o terciálne, či vplyvy ešte vyšších stupňov, teda o vplyvy napríklad prostredníctvom narušenia magnetosféry, ionosféry, atmosferickej cirkulácie,

počasia a pod. Keď si ešte uvedomíme, koľko rôznych vplyvov sociálneho, ľudského, psychického charakteru pôsobi súčasne na človeka, je jasné, že k naznačenej problematike treba pristupovať s najväčšou opatrnosťou, s vylúčením rizika zjednodušenia a zavádzania.

Napriek povedanému však treba konštatovať, že problém je tu, má svoju fyzikálnu podstatu, o jeho riešenie je veľký spoločenský záujem a tak nezostáva nič iné, iba sa neustále pokúšať hľadať nové prístupy, nové metódy jeho riešenia a tak nahryznúť toto tvrdé jablko.

- 151 -

Změny strukturální a sporadické složky frekvence velkých skupin slunečních skvrn v cyklu 19

P. KOTRČ

Astronomický ústav ČSAV Ondřejov

Abstrakt

Metodou hlavních komponent jsou nalezeny souřadnicové funkce frekvence výskytu skupin slunečních skvrn v cyklu č. 19. Je stanovena a vyzkoušena metoda sloužící k detekci změn struktur ve studované veličině. Bylo nalezeno, že v období sekvencí velkých skupin slunečních skvrn se struktury zachovávají.

V problematice výzkumu časově-prostorových zákonitostí sluneční aktivity lze vysledovat dva základní pohledy:

1. Zkoumání struktur, t.j. úseků vrchní části sluneční atmosféry se zvýšeným výskytem aktivních jevů. Struktury jsou statisticky průkazné a časově přetrvávají déle než činí průměrná doba života aktivní oblasti. V literatuře můžeme tyto práce sledovat od Losh /1939/ až po shrnutí v monografiích /např. Rubašev 1964/.
2. Zkoumání bezstrukturálních časových variací, kdy se před-

pokládá pouze změna hladiny projevu a struktury jsou statisticky nerozlišitelné. Zkoumané aktivní jevy se tedy vyskytují s přibližně stejnou pravděpodobností v celém páse heliografických délek. Např. Kopecký /1975/ předpokládá, že frekvence výskytu skupin slunečních skvrn je funkcí závislou pouze na čase: $f_0 = f_0 / t$

Těmto dvěma pohledům odpovídají dvě základní metodiky výzkumu. Jednak je to hledání skrytých periodičností pomocí autokorelační, případně také Fourierovy analýzy. Výsledkem prací této skupiny je obvykle výčet nalezených period dominujících pro studovaný index ve studovaném období bez možností obecné interpretace či praktické aplikace. Navíc zde vyvstává otázka, nelze-li většinu nalezených period prostě interpretovat jako výsledek superpozice vlivů přirozené evoluce aktivních jevů a sluneční rotace. Hledisko výzkumu struktur je racionálnější jak z důvodů možnosti konkrétního studia evoluce struktur, tak pro možnost určitého stupně prognostické aplikace výsledků. V kratší časové škále se při prognózách využívá rekurence aktivních oblastí a v delší časové škále je možno využívat modelů aktivních délek se stejnou nebo různou periodou synodické rotace / Dodson a Hedeman 1968, Bumba 1976/.

Použití obou metodik ke zpracování téhož výchozího materiálu obvykle vede k vzájemně neporovnatelným výsledkům, neboť metody jsou jednocelové. Jako příklad může sloužit zpracování Katalogu velkých skupin slunečních skvrn

/ Kopecký a Kotrč 1974/ Kotrčem /1976 a / a Surkovem /1977/. Metodika zkoumání struktur lze stručně shrnout jako výzkum sérií symbolických slunečních synoptických map s různým stupněm časové integrace a prostorového rozlišení:

- A/ prostorově dvourozměrná metoda izochar Vitinského s úplnou časovou integrací /Vitinský 1969/
- B/ prostorově jednorozměrná metoda s možností sledování časového vývoje v jednotlivých otočkách / tzv. sluneční kalendář/.

Pro skloubení obou hledisek jak strukturálního, tak sporadického by bylo vhodné užívat metodiku, které dovolí při oddělení časových a prostorových složek jevu, udělat v kterékoliv fázi rozboru opětnou syntézu a nalézt jednotné hledisko. Domníváme se, že jednou z vhodných metod je metoda hlavních komponent /Vertlib a spol. 1971/.

Předmětem naší práce je aplikace metody hlavních komponent k rozboru frekvence výskytu skupin slunečních skvrn. Zvláštní důraz byl přitom kladen na vývoj metody, které dovoluje relativně rychlou a operativní detekci struktur ve výskytu skupin slunečních skvrn a změny těchto struktur. Předpokládá se, že základní materiál je převeden z katalogu do formy vhodné ke zpracování počítačem.

Mějme soubor hodnot F_{ij} veličiny měřené v okamžiku t_i současně v bodech o souřadnicích x_j .

Hledáme rozložení ve tvaru řady:

$$F_{ij} = \sum_{k=1}^N T_{ik} \cdot X_{kj} ,$$

kde X_{kj} je k -tá souřadnicová funkce popisující chování studované veličiny jako funkci souřadnic pro určitý časový okamžik. T_{ik} je s ní spřažená časová funkce popisující chování parametru v určité souřadnici jako funkci času.

Požadujeme, aby hledané souřadnicové funkce byly navzájem ortogonální. Tutéž podmínku klademe na funkce časové. Tím dosahujeme vzájemnou nezávislost funkcí po stránce statistické a můžeme tak předpokládat lineární nezávislost fyzikálních příčin, jejichž příspěvky do zkoumaného pole hodnot se vyjadřují různými souřadnicovými funkcemi. Dále vyžadujeme, aby hledané rozložení bylo nejlepším přiblížením v středněkvadratickém smyslu.

Zkoumanými veličinami F_{ij} byla jednak frekvence výskytu všech skupin a jednak frekvence výskytu skupin, které během svého přechodu přes disk dosáhly průměrné plochy větší než 500 miliontin sluneční polokoule. Veličiny byly vyhledány z katalogů Greenwich Photoheliographic Results 1957 - 1963 a definovány následovně:

F_{ij} je celkový počet skupin slunečních skvrn dané průměr-

né plochy, který se vyskytoval v pásu heliografických délek příslušných dni j v průběhu přechodu přes disk v bartelsovské otočce i . Vzhledem k zamýšlenému účelu, t.j. vydělení struktur nebyly zpracovávány jen jednotlivé otočky, nýbrž serie devíti otoček stejné váhy. Každá následující serie se vůči předchozí o 3 otočky posouvala.

Zkoumali jsme tvar a změny tvaru prvních tří souřadnicových členů rozvoje, t.j. funkcí X_{kj} .

Následující tabulka ukazuje, jakou průměrnou část původního souboru hodnot v procentech představovaly jednotlivé první tři souřadnicové funkce a jejich souhrnný příspěvek.

k	1	2	3	souhrn
frekvence výskytu všech skupin	56	12	9	78
frekvence výskytu velkých skupin	34	22	15	71

Podle Pearsonova kritéria /Zaks 1976/ byla zhodnocena statistická významnost extrémních hodnot souřadnicových funkcí. Bylo nalezeno, že u první souřadnicové funkce jsou v obou studovaných případech odchylky statisticky nevýznamné. U všech ostatních souřadnicových funkcí vyššího řádu byly uvedeným kritériem zjištěny odchylky statisticky významné.

Na základě této skutečnosti byl zaveden model, podle

kteřeho první souřadnicové funkce vyjadřuje především příspěvek bezstrukturální, t.j. sporadické složky studované veličiny. Souřadnicové složky vyššího řádu pak vyjadřují příspěvky struktur.

V sérii fáze maxima 19. cyklu byl procentuální příspěvek sporadické složky vyšší a příspěvek strukturálních komponent nižší. S postupem fázi minima cyklu se příspěvek sporadické složky snižoval a příspěvek struktur rostl.

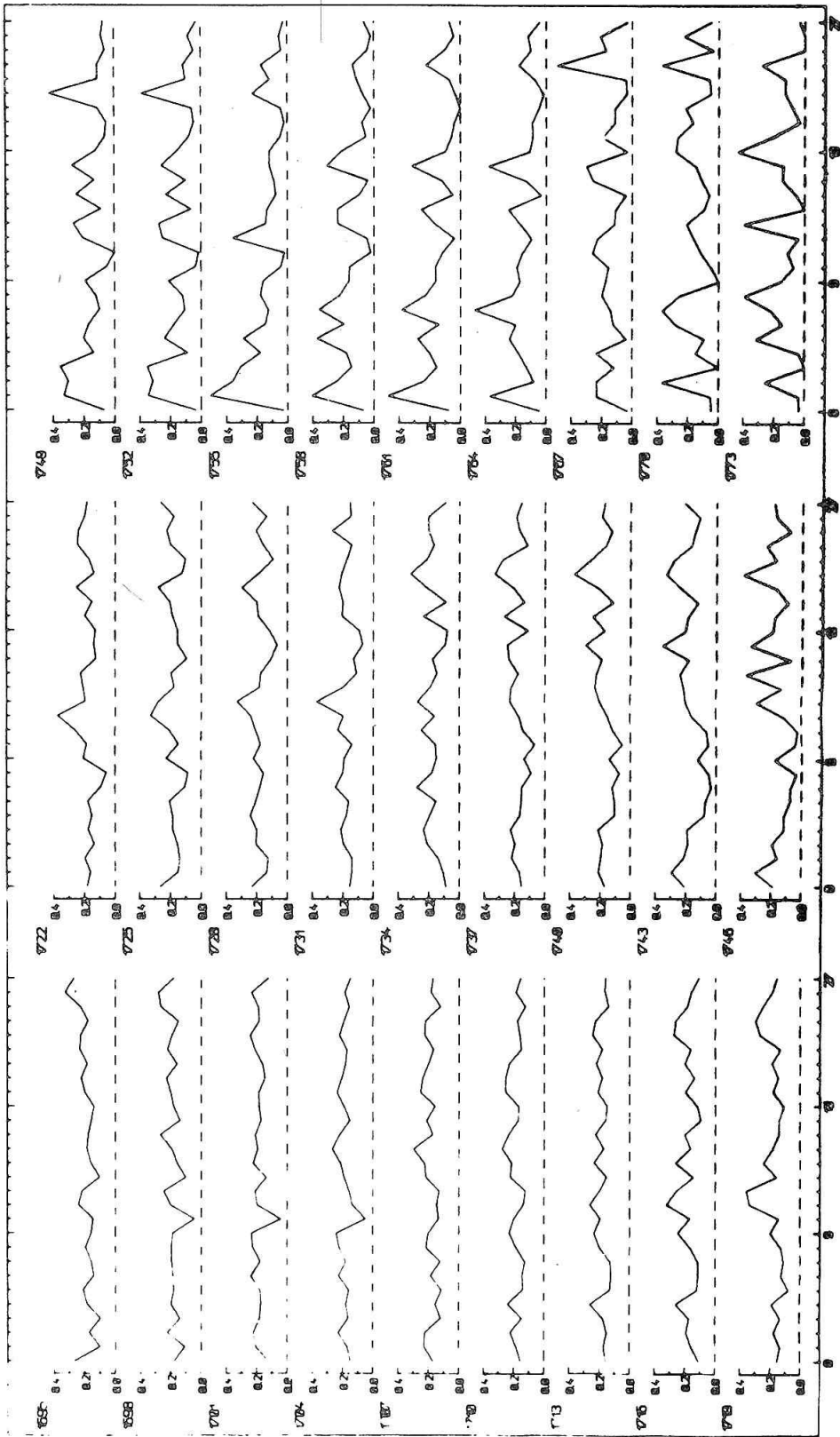
Obrázky 1, 2 a 3 ukazují tvary souřadnicových funkcí frekvence výskytu všech skupin slunečních skvrn pro jednotlivé série devíti otoček. Jako identifikátor je na levé straně každého grafu uvedeno číslo prostřední bartelsovské otočky každé série.

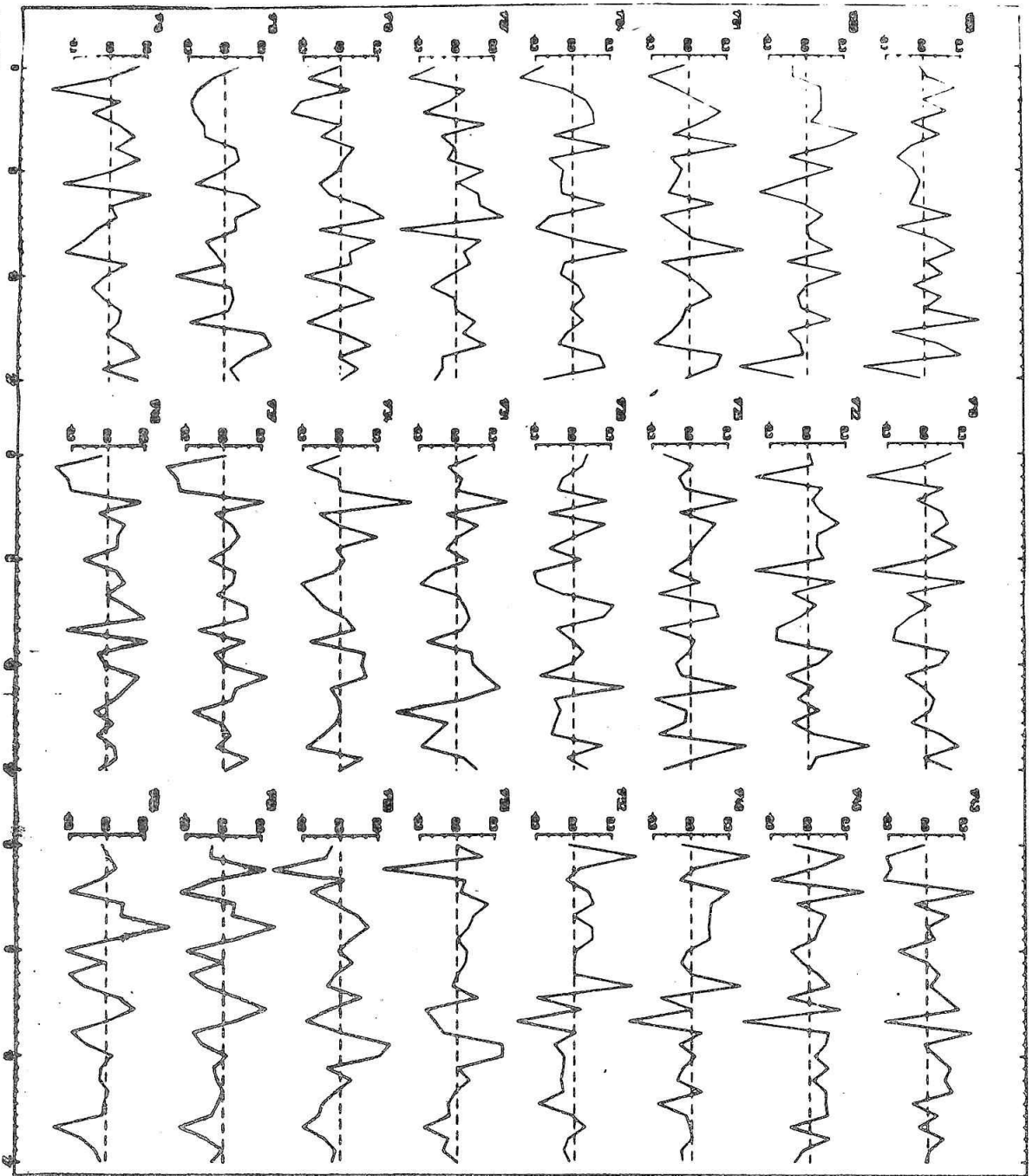
Na obrázku 1 vidíme souřadnicovou funkci příslušející sporadické komponentě. Na obr. 2 a 3 je pak vyjádření strukturálních komponent frekvence výskytu všech sku-

Obr. 1 První souřadnicové funkce frekvence výskytu všech skupin slunečních skvrn pro jednotlivé série bartelsovských otoček. Na horizontální ose dni bartelsovských otoček. Bližší v textu.

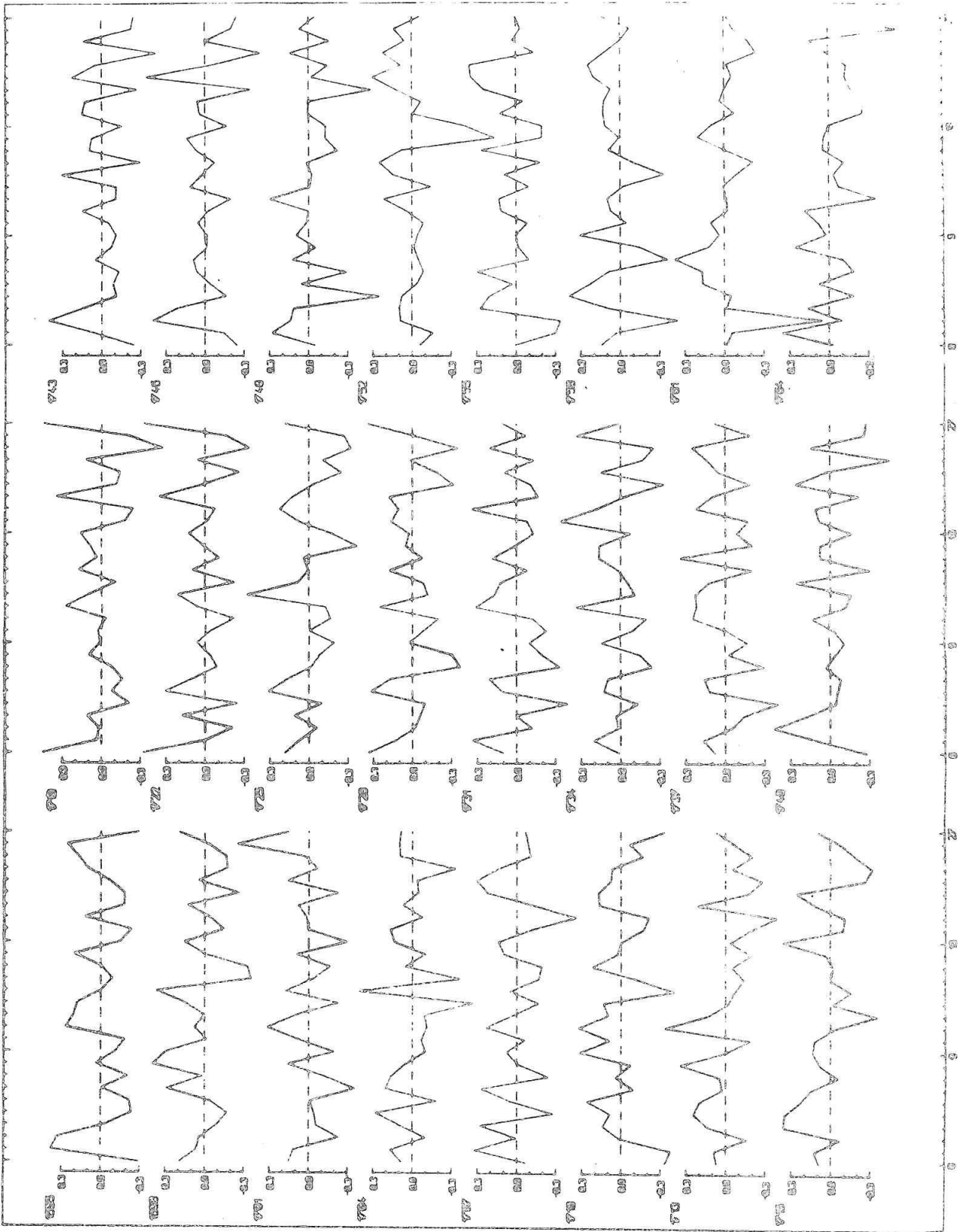
Obr. 2 Druhé souřadnicové funkce frekvence výskytu všech skupin slunečních skvrn. Ostatní viz popis k obr.1.

Obr. 3 Třetí souřadnicové funkce frekvence výskytu všech skupin slunečních skvrn. Ostatní viz popis k obr.1.





Obr. 2



pin slunečních skvrn. Můžeme pozorovat do jaké míry se mění charakteristické znaky funkcí při přechodu k následujícím sériím.

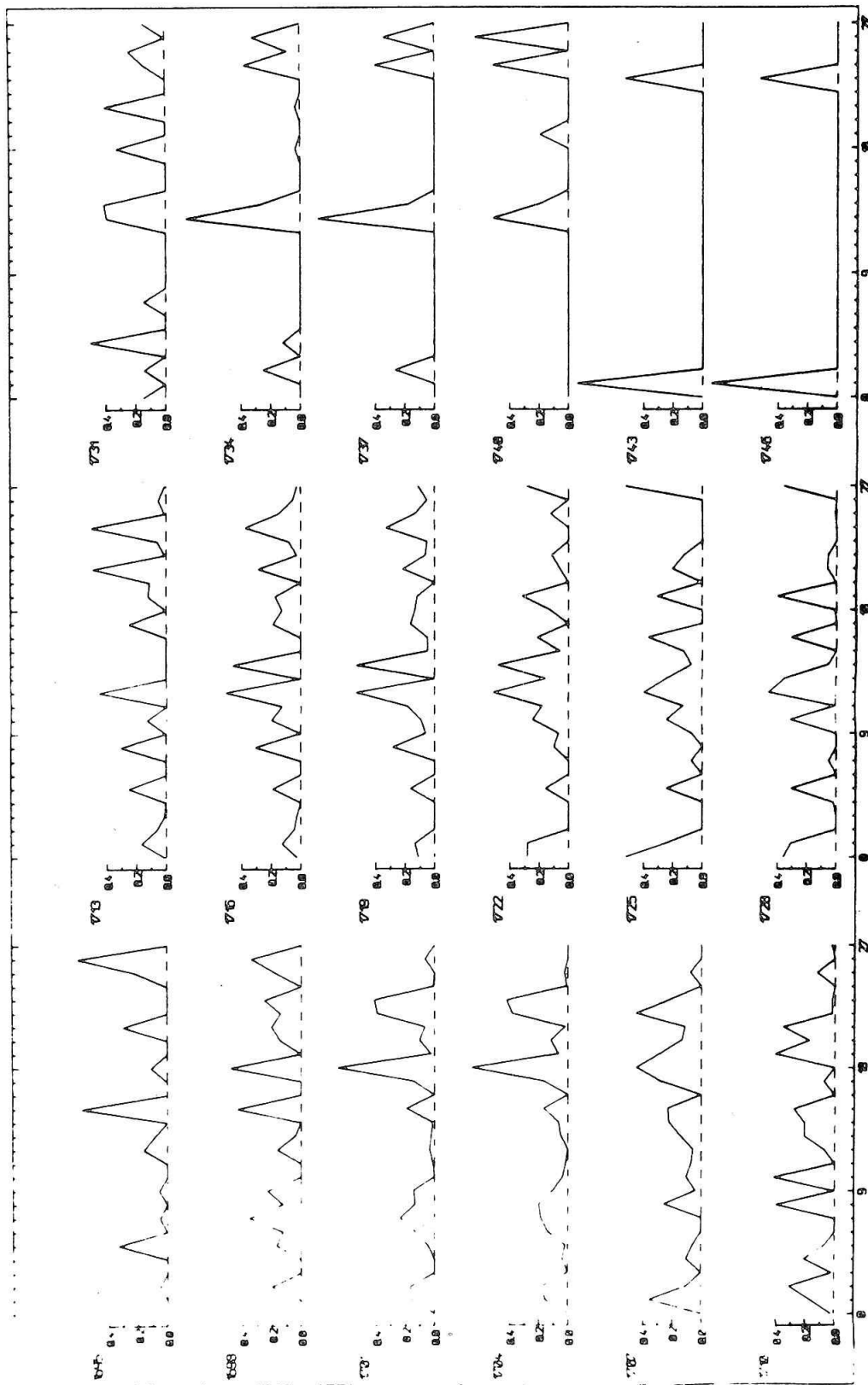
Mnohem výraznější tendenci tvoření struktur vidíme na grafech souřadnicových funkcí rozložení frekvence výskytu velkých skupin /Obr. 4 - 6/.

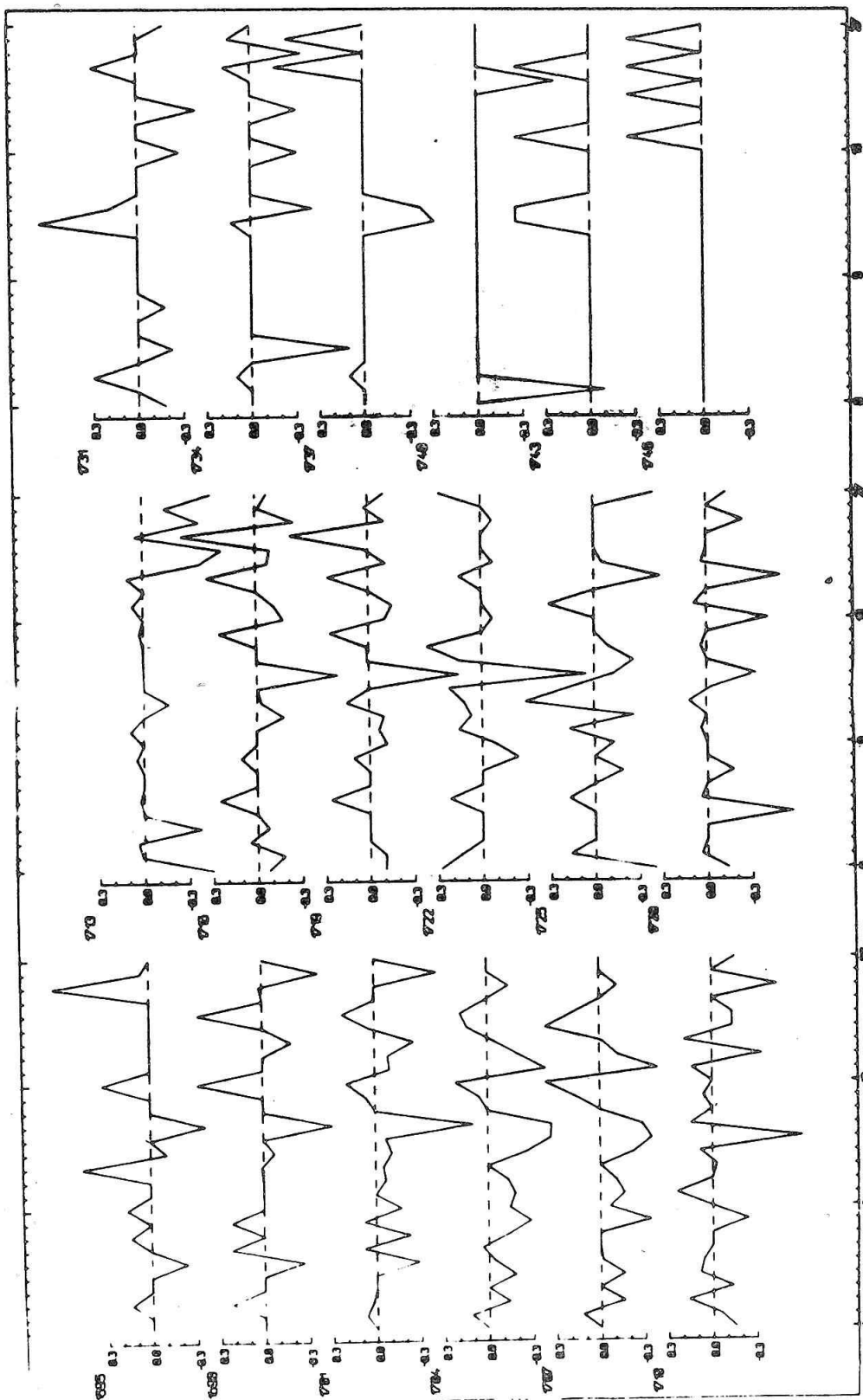
Pro souřadnicovou funkci první složky je ve většině případů hodnota Pearsonova kritéria těsně pod hranicí rozlišitelnosti statisticky významných struktur. Přestože odchylky funkce na grafech obr. 4 se ukázaly jako statisticky neprůkazné vidíme, že úzce souvisí s rozložením struktur na obr. 5 a 6. Tam už jsou zřetelně vyjádřeny struktury, které v některých bartelsovských souřadnicích můžeme rozpoznat v celém sledovaném období.

Na obr. 5 je například výrazná struktura v bartelsovské souřadnici 14 patrna v celém studovaném období s výjimkou série 1713.

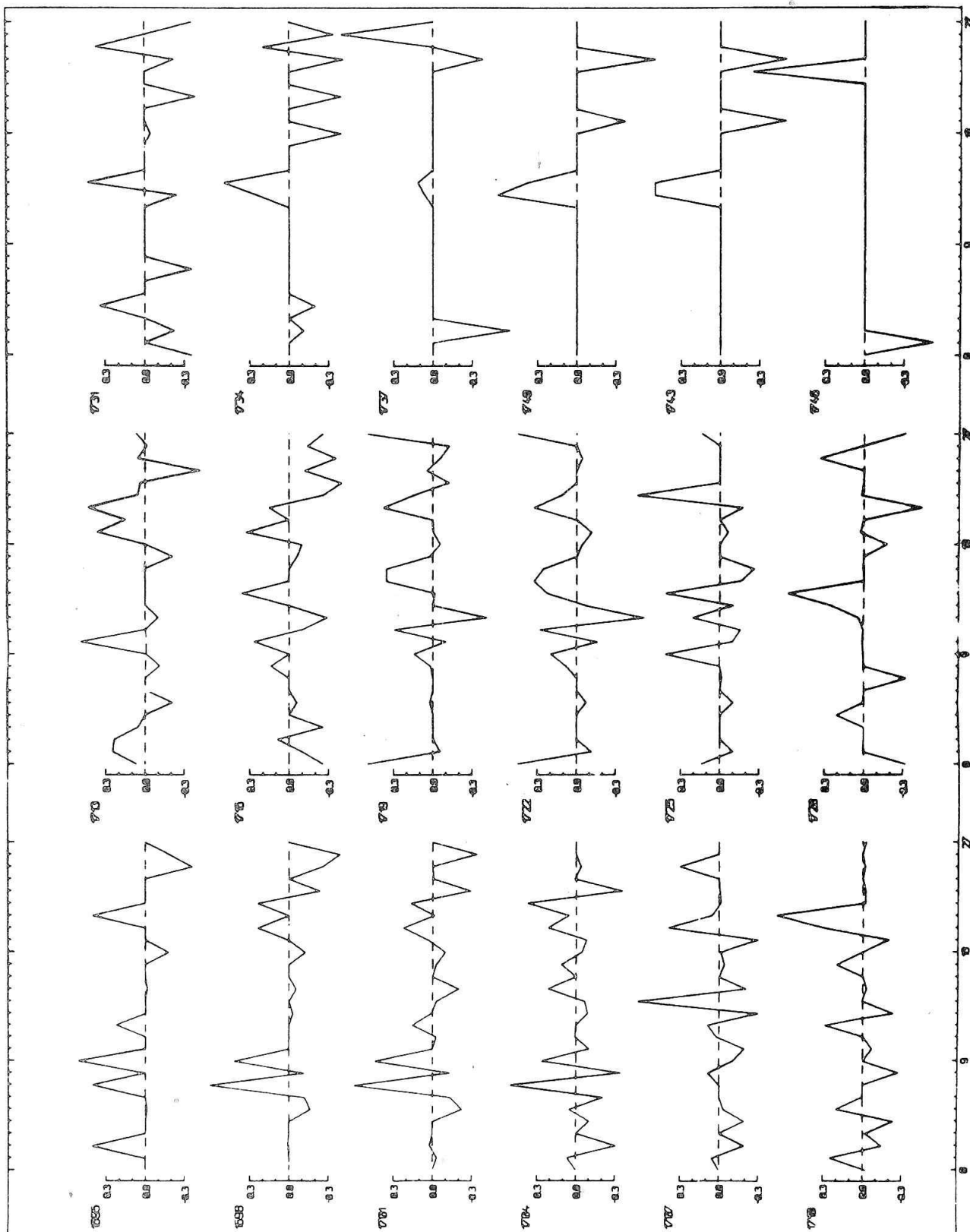
V této sérii aktivita v uvedené souřadnici poklesla ve všech souřadnicových složkách obou studovaných indexů,

-
- Obr. 4 První souřadnicové funkce frekvence výskytu velkých skupin slunečních skvrn. Ostatní viz popis k obr.1.
- Obr. 5 Druhé souřadnicové funkce frekvence výskytu velkých skupin slunečních skvrn. Ostatní viz popis k obr. 1.
- Obr. 6 Třetí souřadnicové funkce frekvence výskytu velkých skupin slunečních skvrn. Ostatní viz popis k obr.1.





Obr. 5



Obz. 6

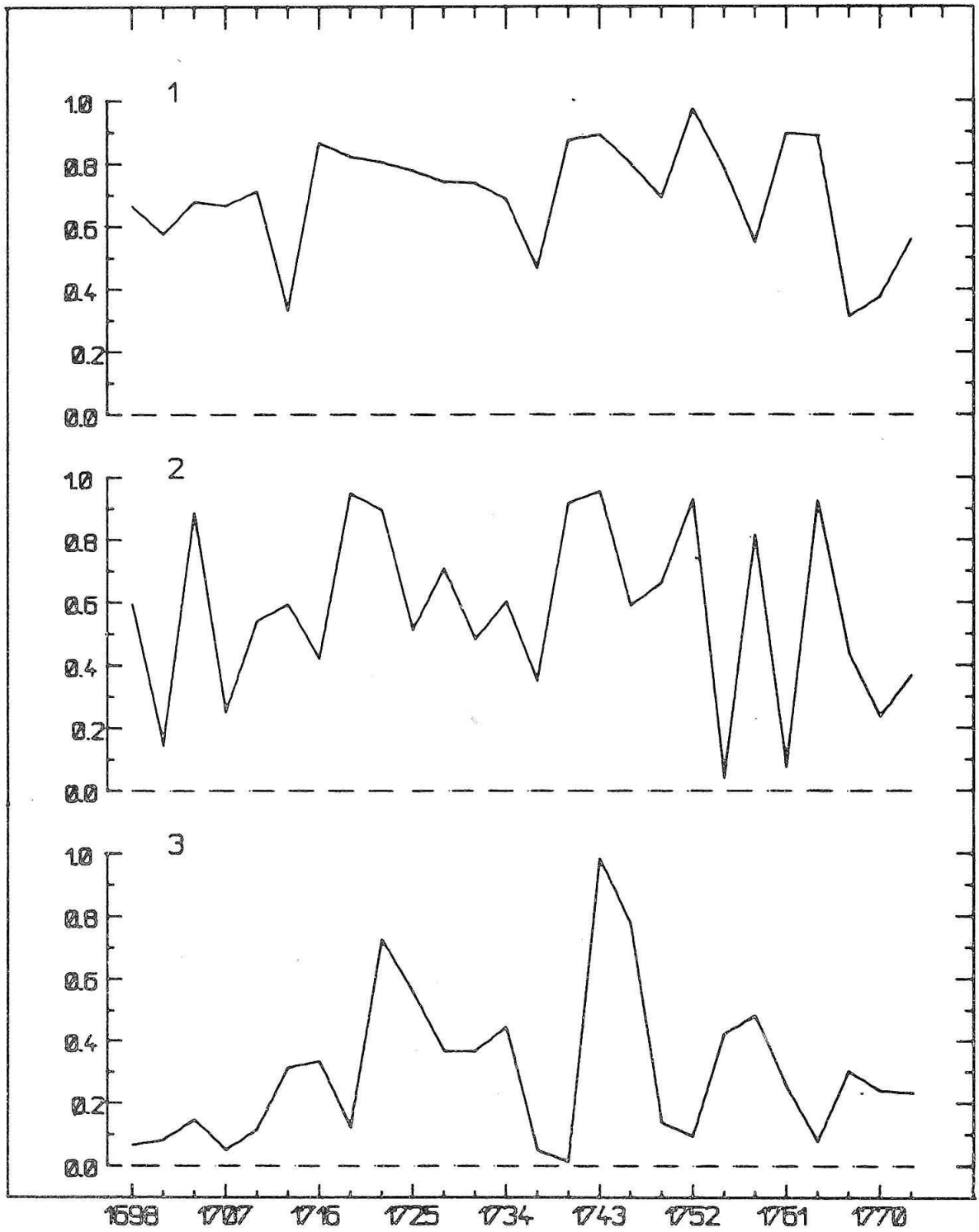
aby vzápětí vzrostla a byla dobře zjevná až do konce sledovaného období / obr. 5/. Význačné je, že období dočasného vymizení této struktury časově koinciduje s fází poklesu aktivity mezi dvěma hlavními maximy devatenáctého cyklu. Zde je patrně možno také hledat souvislosti k objasnění druhého maxima cyklu. Tomu nasvědčuje i skutečnost, že tato serie odděluje dvě skupiny sekvencí velkých skupin slunečních skvrn z cyklu 19 uvedených v dřívější práci /Kotrč 1976 a, b /.

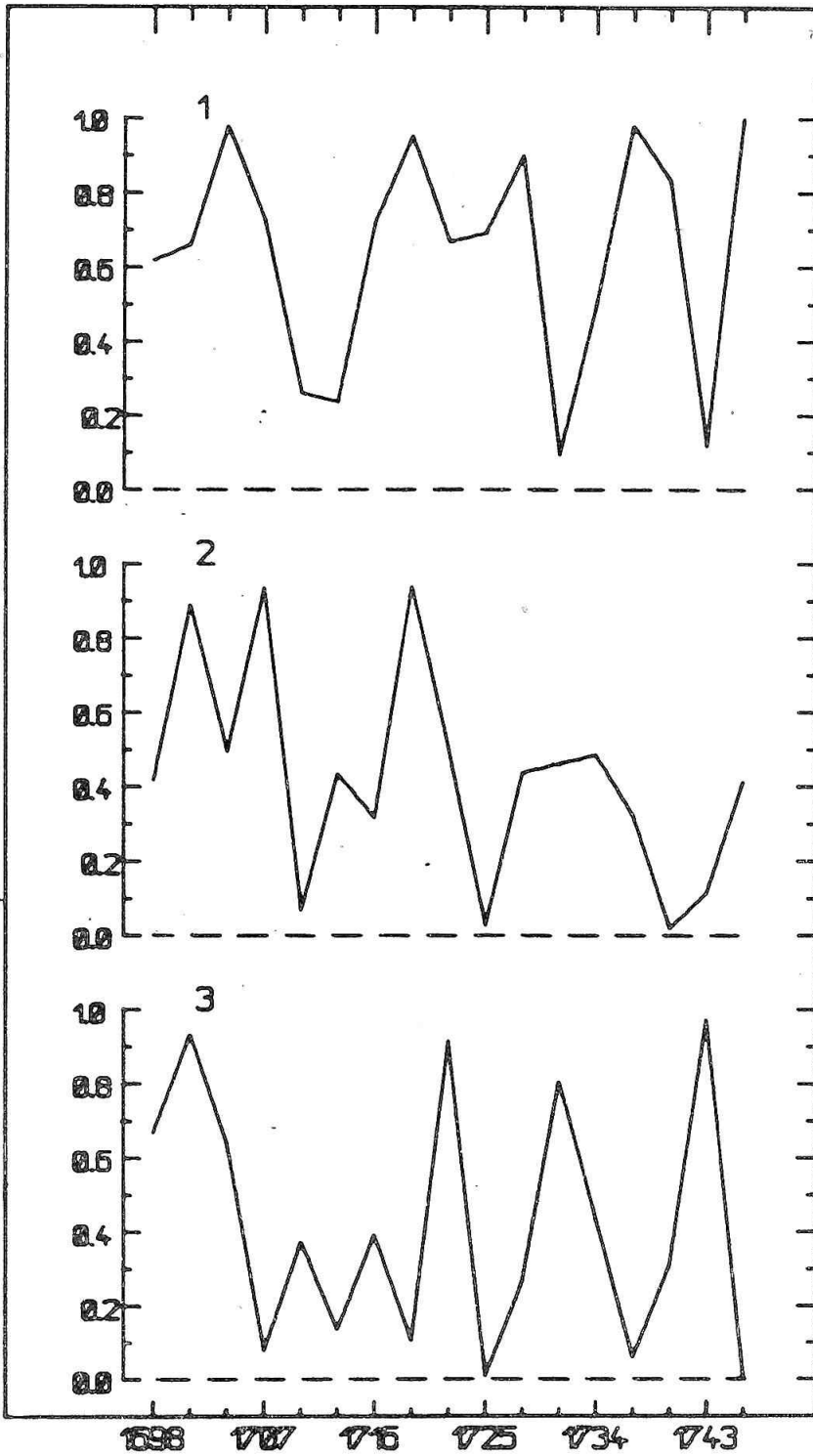
K účelu snadné detekce změn struktur byla vyvinuta metoda, při níž je vyčíslován koeficient korelace odpovídajících si souřadnicových funkcí po sobě následujících serií. Vysoká hodnota koeficientu korelace označuje serie, při nichž nedošlo k podstatné změně struktury. Nízká hodnota pak detekuje období, v němž došlo k přeuspořádání struktury studované veličiny.

Obr. 7 Koeficienty korelace po sobě následujících serií souřadnicových funkcí frekvence výskytu všech skupin slunečních skvrn. Číslice nad grafy udávají číslo komponenty k .

Na horizontální ose čísla bartelsovských otoček.

Obr. 8 Koeficienty korelace po sobě následujících serií souřadnicových funkcí frekvence velkých skupin slunečních skvrn. Ostatní viz popis obr. 7.





Obr. 7 a 8 ukazují grafy koeficientů korelace pro souřadnicové funkce dané série se souřadnicovou funkcí série předcházející.

Porovnáním s odpovídajícími grafy obr. 1 - 6 vidíme, že použitá metoda velmi dobře detekuje změny tvarů souřadnicových funkcí. Význam a reálnost změn struktur studovaných veličin nejlépe dokumentuje fakt, že vysoké hodnoty koeficientů korelace lze pro souřadnicové funkce velkých skupin slunečních skvrn nalézt především v těch seriích, které časově koincidují se sekvencemi velkých skupin.

Můžeme rovněž potvrdit závěr Surokova /1976/, že velké skupiny se v cyklu 19 vyskytují ve strukturách častěji než mimo ně.

Tato práce měla vyzkoušet možnosti detekce struktur sluneční aktivity a změn těchto struktur. Ke studiu byly záměrně vybrány takové parametry, které Kopecký /1975/ z hlediska porozumění mechanismu sluneční aktivity nazývá primárními.

V závěru chce autor vyjádřit co nejsrdečnější poděkování Dr. G. V. Kuklinovi za umožnění užívat verze výpočetního programu GLAVKOM a za četné připomínky ve stadiu výpočtů. Poděkování rovněž patří všem pracovníkům AsÚ ČSAV a výpočetního střediska AsÚ, kteří se na realizaci práce podíleli.

L i t e r a t u r a

- Bumba, V., 1976, IAU Symp. No 71, Reidel Publ. Co.,
Dordrecht - Holland, str. 47
- Dodson, N. W., Hedeman, E. R., IAU Symp. No 35, Reidel
Publ. Co., Dordrecht - Holland, 1968, str. 56
- Kopecký, M., 1975, BAC 26, 1975, str. 351
- Kopecký, M., Kotrč, P., 1974, BAC 25, str. 171
- Kotrč, P., 1976 a, BAC 27, str. 265
- Kotrč, P., 1976 b, IAU Symp. No 71, Reidel Publ. Co.,
Dordrecht - Holland, str. 199
- Losh, H. M., 1939, Publ. observ. Univ. Michigan 7, 127
- Rubašev, B. M., 1964, Problemy solněčnoj aktivnosti, Nau-
ka, M - L, 1966
- Surkov, E. P., 1977, Solněčnyje dannyje, 1977, No 5,
str. 47
- Vertlib, A. B., a spol., 1971, Issledovanija po geomagne-
tismu, aeronomii i fizike Solnca, Vypusk 2,
str. 194
- Vitinský, J. I., 1969, Solar Phys. 7, str. 210
- Zaks, L., 1976, Statističeskoje ocenivanije, Moskva
"Statistika" 1976

- 202 -

Erupčná činnosť v 20. cykle slnečnej aktivity

Š. KNOŠKA

Astronomický ústav SAV Tatranské Lomnica

L. KŘIVSKÝ

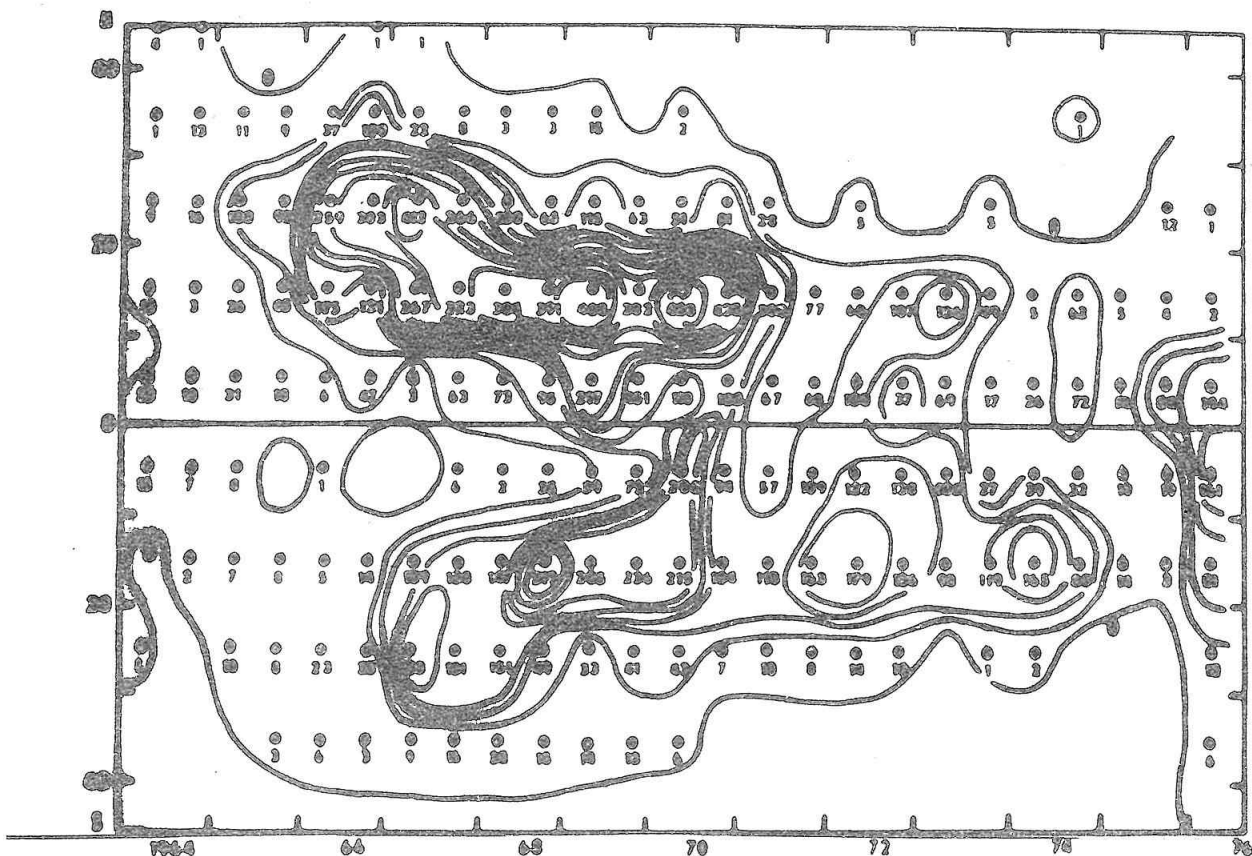
Astronomický ústav ČSAV Ondřejov

Štúdium erupčnej aktivity v 20. cykle a zvlášť časovo-širokové rozdelenie výskytu erupcií prináša niektoré zaujímavé poznatky, hlavne v porovnaní s chodom relatívneho čísla ako najbežnejšieho indexu charakterizujúceho slnečnú činnosť.

Za obdobie ostatného 20. cyklu /roky 1965 - 1976/ sme sledovali časovo-širokový výskyt slnečných erupcií. Ako základný materiál sa použili pozorovania erupcií publikované v Quarterly Bulletin on Solar Activity. Všetky erupcie boli rozdelené podľa výskytu v polročných intervaloch a v pásoch po 10° heliografickej šírky na sever a juh od slnečného rovníka. Toto rozdelenie je vykreslené na motýľkovom diagrame obr. č. 1.

Z diagramu vyplýva, že severná polovica slnečného disku bola na výskyt erupcií bohatšia. Erupčná aktivita sa viditeľne akumulovala v určitých jadrách. Hlavné jadrá výskytu erupcií sa nachádzajú v prvej polovici roka 1967 v páse

20 - 30° severnej heliografickej šírky / počet 412 /,
v prvej polovici 1969 v páse 10 - 20° sev. h. š. / počet
408 / a maximum výskytu erupcií je v prvej polovici 1970
v páse 10 - 20° sev. h. š. / počet 453 /.



Obr. 1 Časovo-širokové rozdelenie výskytu erupcií všetkých
mohutností /Sf až 4b/ pre slnečný cyklus č. 20.
Počty sú v polročných intervaloch a v 10° šírko-
vých pásoch. Izočiary sú kreslené s krokom 40.

Výskyt erupcií na južnej polovici disku je nižší a vykazuje určité časové spozdenie voči severnej polovici disku. Výrazné je jedno jadro výskytu erupcií v druhej polovici roka 1968 v páse $10 - 20^{\circ}$ južnej h. š. /počet 319/.

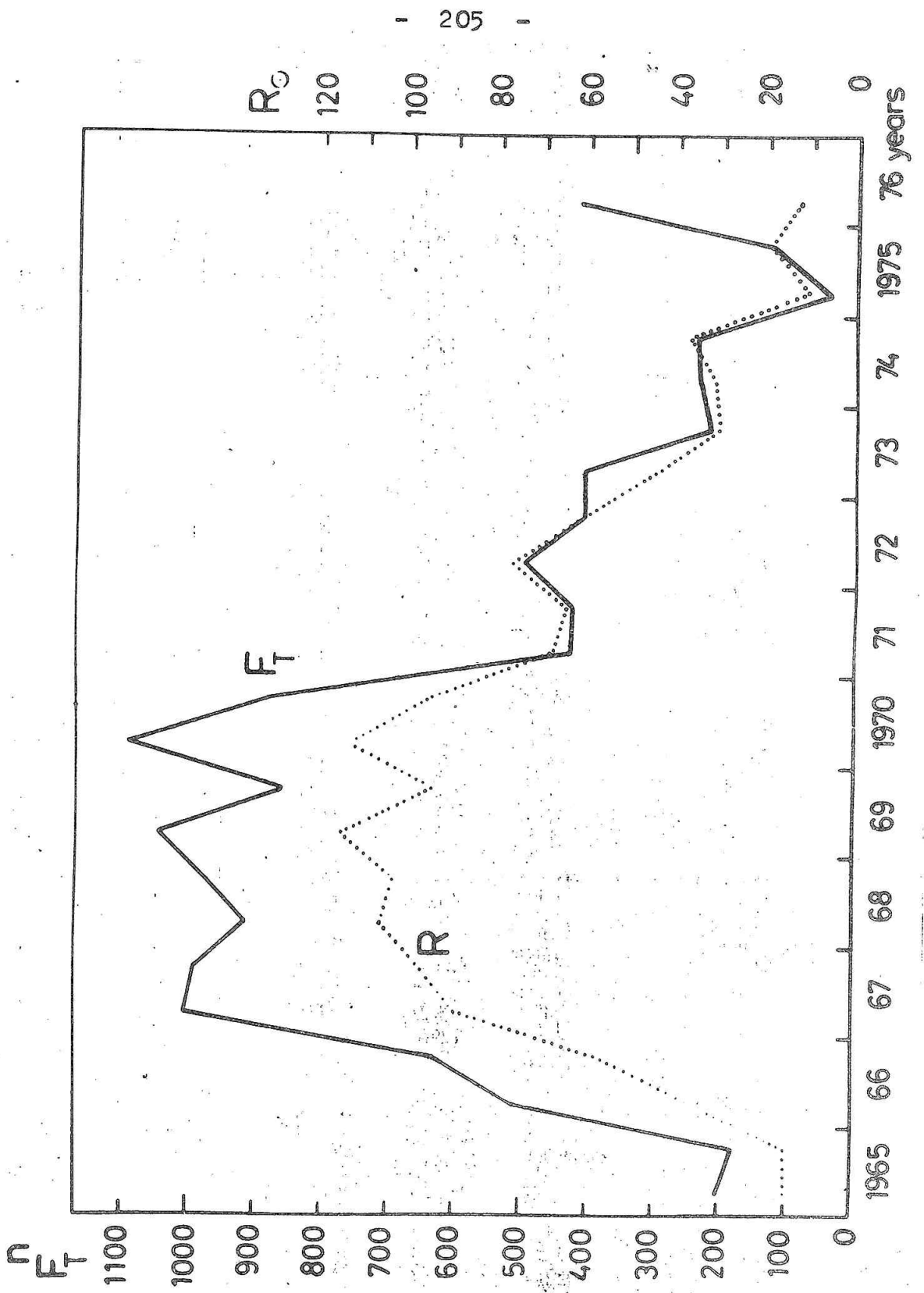
Na severnej aj južnej polovici disku pozorujeme po roku 1970 prudký pokles výskytu erupcií. Názornejšie to môžeme sledovať na grafe obr. č. 2.

Neočakávaný chod výskytu bol zistený pre erupcie mohutnosti Sb až 4b /bez suberupcií Sf a Sn/ vzhľadom na chod relatívneho čísla slnečných škvŕn R, ako to vidíme na grafe obr. č. 3. Výrazný pokles vo výskyte týchto erupcií bol v rokoch časove širokého maxima relatívneho čísla R.

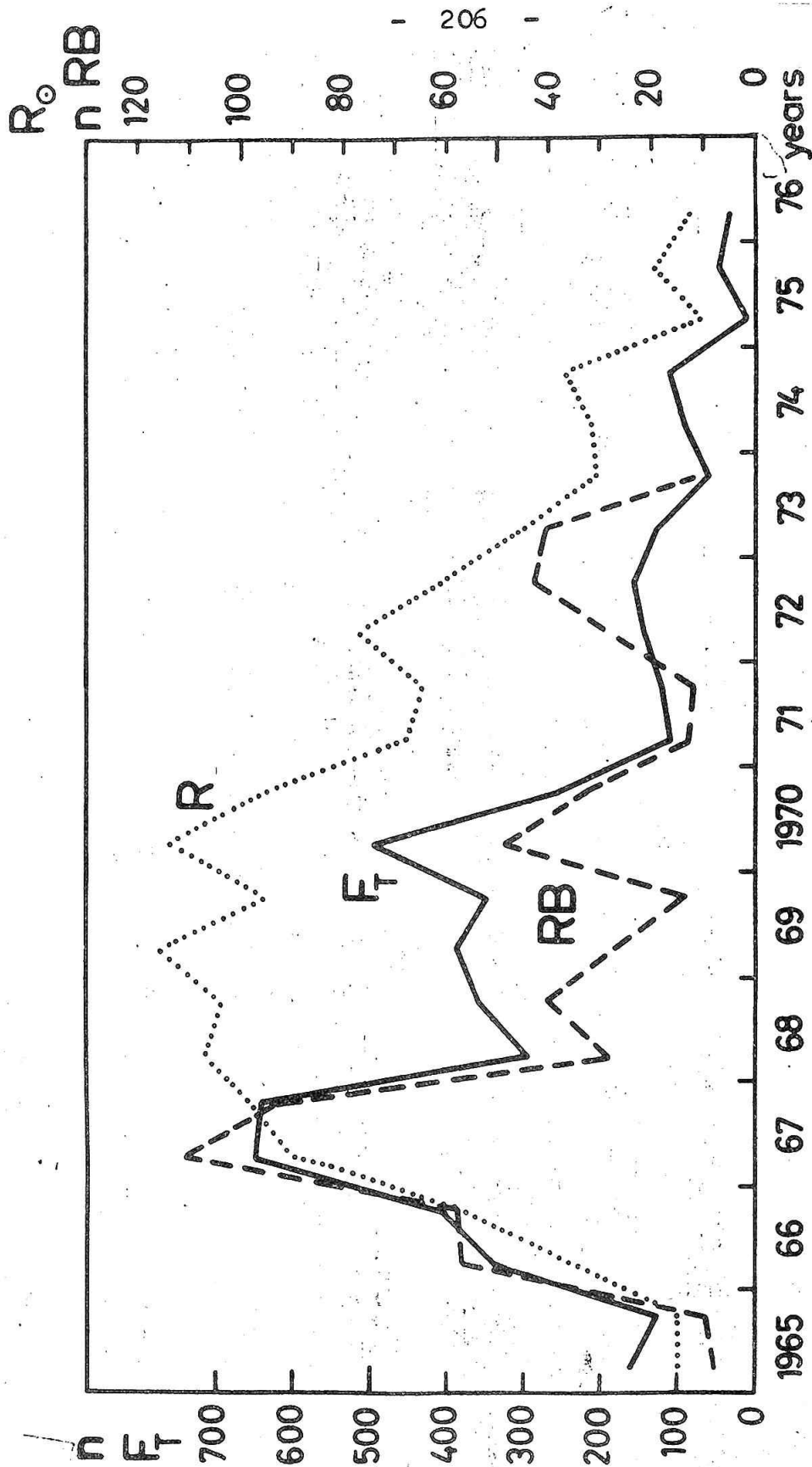
Obr. 2 Graf počtov výskytu všetkých erupcií / mohutnosti Sf až 4b / v polročných intervaloch za 20. cyklus. F_T - počty erupcií, R - relatívne číslo slnečných škvŕn.

Obr. 3 Graf počtov výskytu erupcií mohutnosti Sb až 4b /bez suberupcií Sf a Sn/ v polročných intervaloch za 20. cyklus. F_T - počty erupcií mohutnosti Sb až 4b

R - relatívne číslo slnečných škvŕn
RB - počty vyskytnutých sa zábleskov /23 MHz/ s trvaním > 2 min.



Obr. 2



Obr. 3

hlavně a výrazně maximum výskytu uváděných rušivých jevů v roce 1967, t.j. v období vzostupné fáze 20. cyklu. Po roce 1967 je výrazný pokles výskytu těchto eruzí, hoci relativně číslo dáleji stúpa.

Realitu tohoto výsledku podporuje obdobný přírůstek zistený pre výskyt radiových zábleskov v obore dekametrových vln - 23 MHz z Heinrich Hertz Institutu /stanica Trensloerf pri Berlíne/.

K radiovým vlastnostem protonové oblasti

červen - červenec 1974

LE BACH YEN

Štátny pedagogický ústav Hanoi Vietnam

Abstrakt

Aktivní oblast McMath 13043 od 28. června do 10. července byla zdrojem intenzivních rádiových vzplanutí. Je uvedeno několik vzplanutí zaregistrovaných na Ondřejevě a jejich vyhodnocení. Vzhledem k tomu, že aktivita oblasti v blízkosti minima slunečního cyklu /1976/ byla ojedinelá a nebyla rušena jinými zdroji na Slunci, byla sledovaná pomalu proměnná složka na některých vybraných frekvencích / její spektrální průběh / a byla srovnána se situací klidného Slunce.

Aktivní oblast McMath 13043 /CMP 3. července/ od 28. června do 10. července 1974 byla zdrojem intenzivních rádiových vzplanutí zvláště na začátku července, které byly zaznamenány různými observatořemi. Během této doby bylo pozorováno 5 velkých vzplanutí, t.j. vzplanutí s intenzitou přes 500 jednotek s.f.u. /1 solar flux unit = 10^{-22} $Wm^{-2}Hz^{-1}$ /. Rádiová aktivita byla mimořádně velká dne 4. července, tehdy dosáhla hodnoty 1370 s.f.u., a to když byla

současně pozorována erupce v bílém světle.

I. Denní hodnoty rádiového záření Slunce

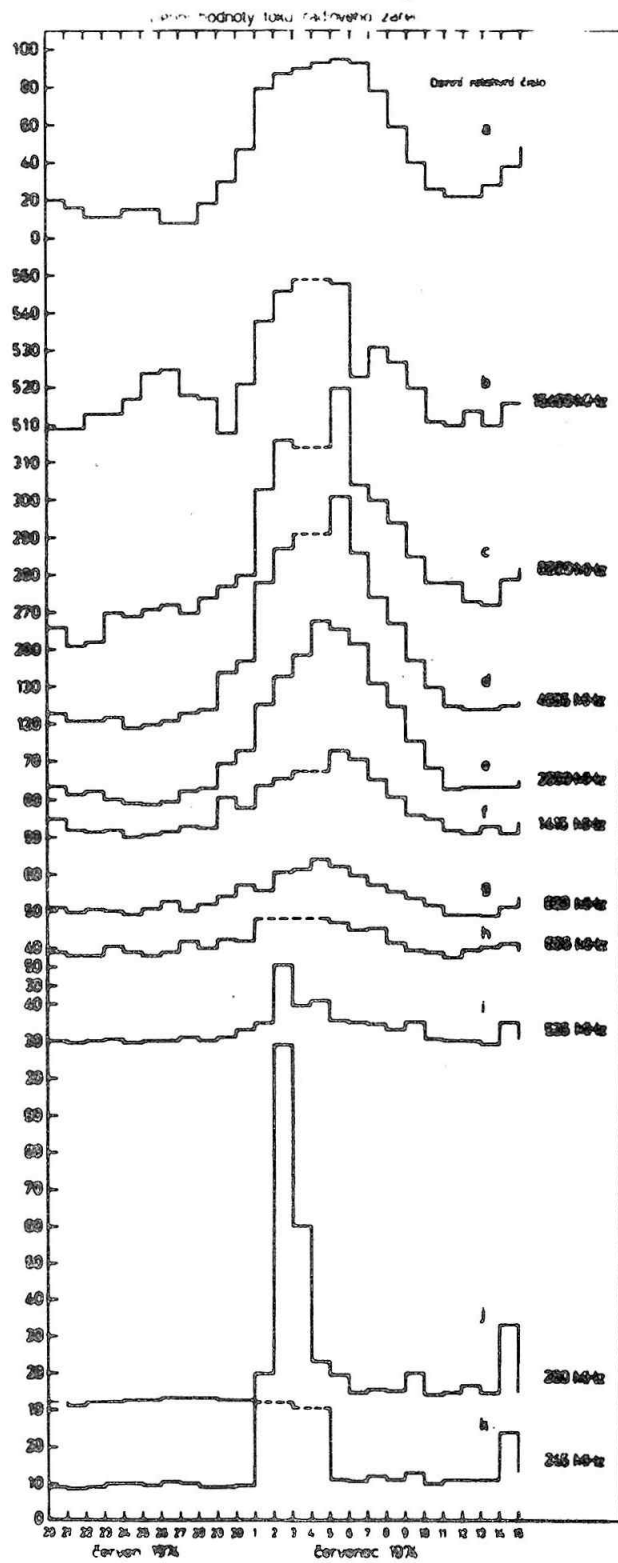
/červen - červenec 1974/

Denní toky radiového záření byly vzaty z různých observatoří /Ondřejov, Heinrich-Hertz-Institut, Bedford/ na frekvencích 245, 260, 606, 808, 1415, 2800, 4995, 8800 a 15400 MHz. Tyto hodnoty jsou opraveny na vzdálenost astronomické jednotky a jsou vyjádřeny v jednotkách toku $/10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}/$. Obr. 1 ukazuje, jak probíhaly změny denního toku na uvedených frekvencích od 20. června do 15. července 1974. Nás zajímá nejaktivnější období od 28. června do 10. července 1974, ale pro úplnější přehled bylo zpracováno delší období.

Nejaktivnější projevy v radiovém oboru nastaly v období 1. až 9. července. Na frekvenci 260 MHz 2. července dosáhla emise zvýšení o hodnotu 108,8 s.f.u. vzhledem ke klidové hladině. 4. července byla velké aktivita, jejíž projev v radiovém oboru nebyl zcela zachycen na řadě frekvencích / na obr. 1 je to označeno tečkami.

Obr. 1 -Denní relativní číslo skvrn /a/ vzato z Solnečnyje Dannyje /SSSR/.

-Následující křivky /b - m/ jsou denní toky radiového záření na různých frekvencích. Hodnoty byly vzaty z různých stanic a redukovány na vzdálenost 1 A.U.



Obr. 1

Je známo, že radiové záření se skládá ze 3 složek:

- základní - klidové složky /pocházející z klidného Slunce/
- pomalu proměnné složky /pocházející z příspěvku aktivních oblastí/
- aktivní složky /pocházející z přechodných jevů sluneční aktivity jako jsou erupce/, též se označuje jako rychle proměnná složka.

V dané práci se snažíme zkoumat všechny tyto složky a zjistit, jakým podílem aktivity přispěla zkoumaná aktivní oblast v radiovém oboru.

Vybrané hodnoty toku probíhají od metrových vln /260 MHz/ do oboru několika centimetrů /15 400 MHz/. Během doby 28. června - 10. července 1974 kromě zkoumané oblasti neexistovala jiná významnější činnost, takže ke zvýšení denních hodnot přispěla jedinečně tato zkoumaná aktivní oblast. Pomalu proměnná složka pochází z oblastí vysokých hustot elektronů v koróně a to z koronálních kondenzací s teplotami kolem $2 \cdot 10^6$ °K, které se nacházejí nad skvrnami a erupčními oblastmi. Silná magnetická pole skvrn ležící v nižších vrstvách atmosféry hrají důležitou roli při generaci intenzivní radiace od těchto oblastí na krátkých centimetrových vlnách. Podle některých autorů /Livingston 1975, Tanaka 1975/ horizontální složka magnetického pole dané oblasti dosáhla 3. července hodnoty přes 4 000 gauss.

Pomalu proměnná složka je těsně svázána s vývojem

skvrn. První křivka na obr. 1 ukazuje průběh relativního čísla skvrn během zkoumané doby /podle Solnečnyje Dannyje, 1974/. Je patrná dobrá korelace mezi relativním číslem skvrn a tokem radiového záření, zvláště na centimetrových a decimetrových vlnách. Pomalu proměnnou složku lze sledovat spolehlivě na kratších vlnových délkách. Měli jsme k dispozici ze stanice Ottawa emisi na 10,7 cm /2800 MHz/. Na tomto kmotočtu probíhá křivka denního toku téměř shodně s křivkou relativního čísla /viz. obr. 1/. Směrem ke kretším vlnám proměnnost této složky klesá a kolem 1 cm úplně mizí. Na decimetrových vlnách je dlouhodobé kolísání poněkud méně výrazné a korelace s relativním číslem se zhoršuje. Konečně na metrových vlnách je korelace již velmi slabá, popřípadě je narušena krátkodobými jevy /kupř. šumovými bouřemi/. Tyto poměry vystihují dobře křivky na obr. 1.

II. Vybraná vzplanutí

Na obr. 2 jsou vybraná vzplanutí z 2., 3. a 4. července 1974 převzata ze Solar Radio Data Ondřejov, která pocházejí od erupcí /Tab. 1/.

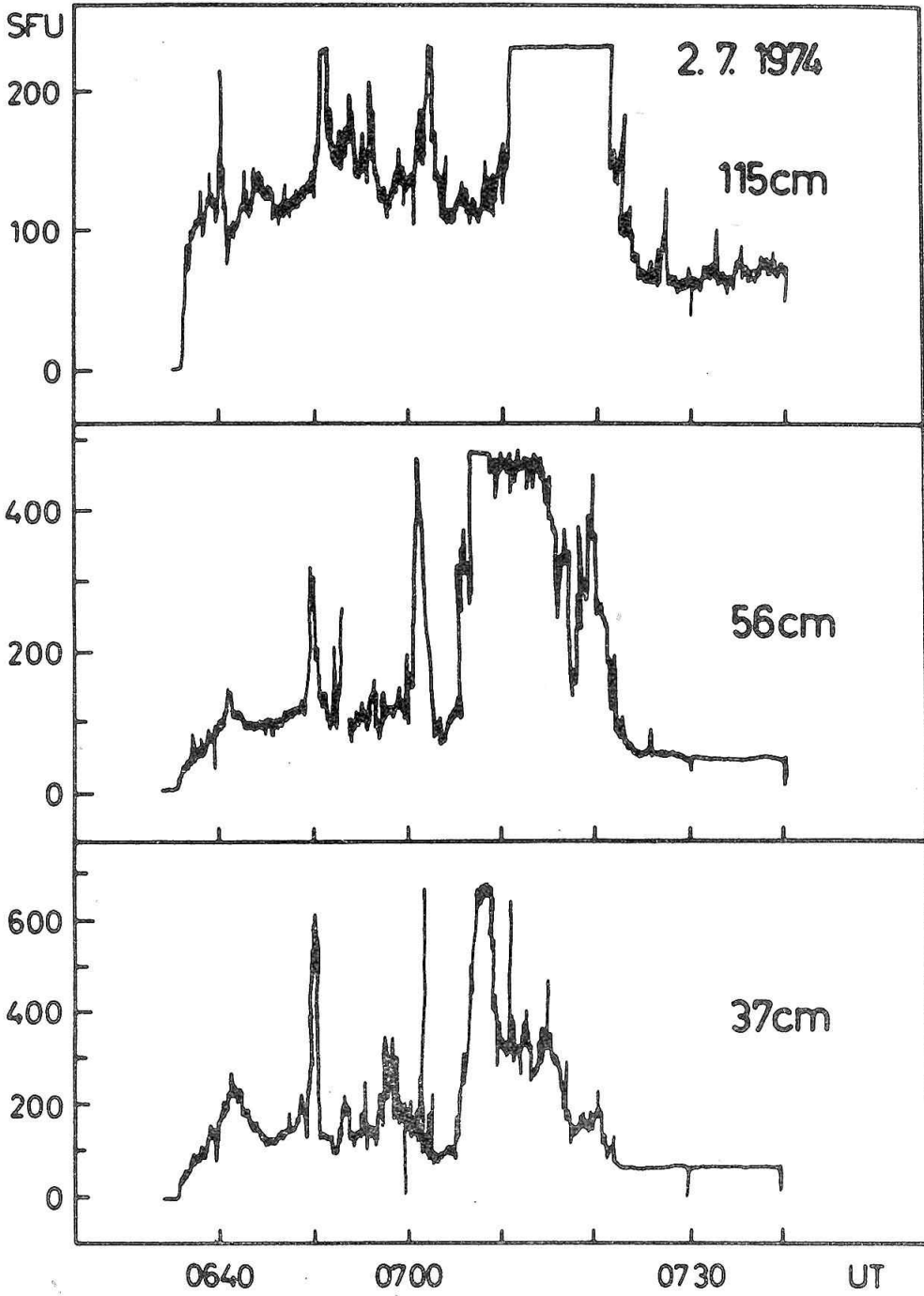
Obr. 2 Vybraná vzplanutí z Solar Radio Data Ondřejov:

obr. 2a - z 2. VII. 1974

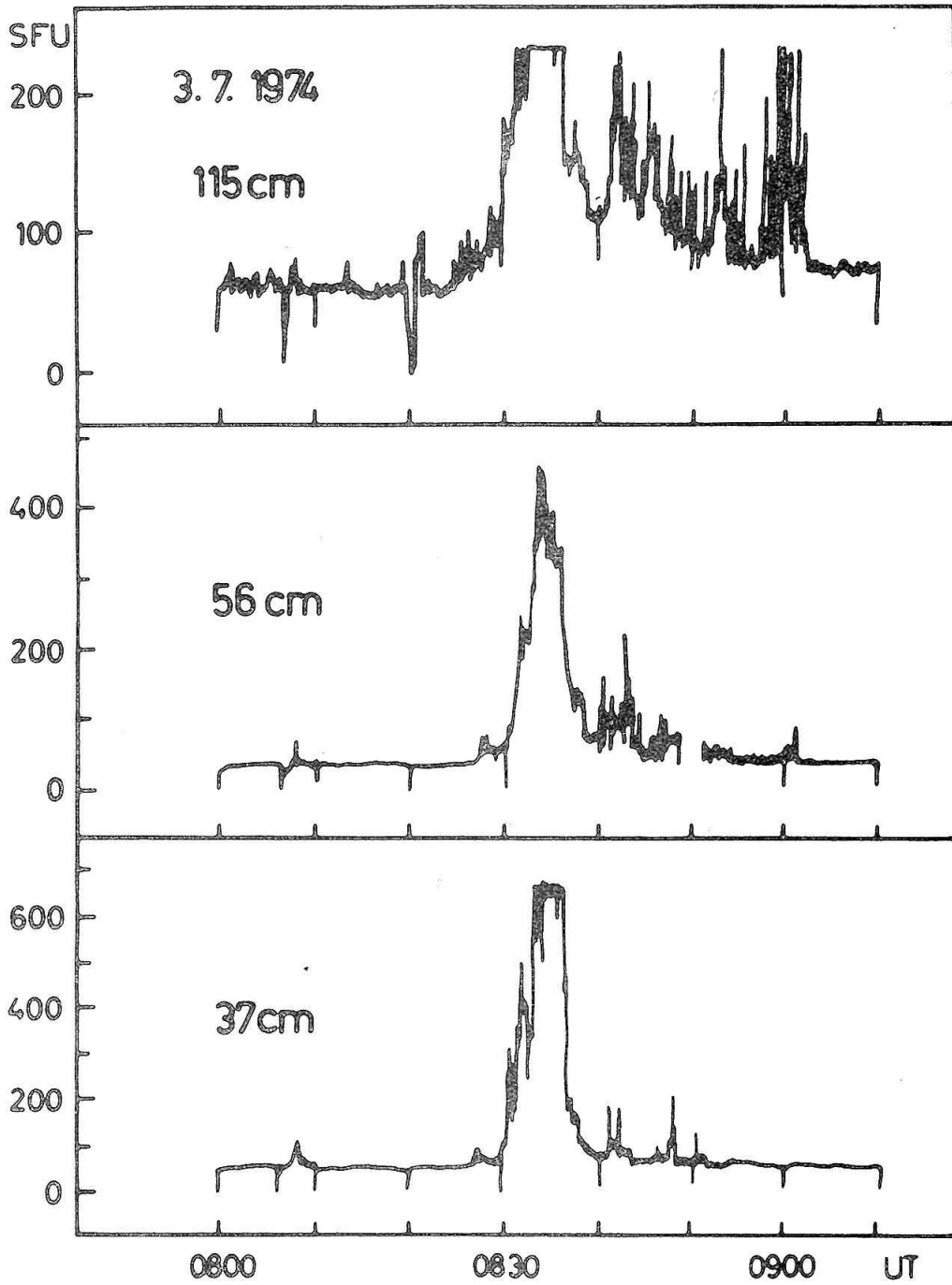
obr. 2b - z 3. VII. 1974

obr. 2c - z 4. VII. 1974

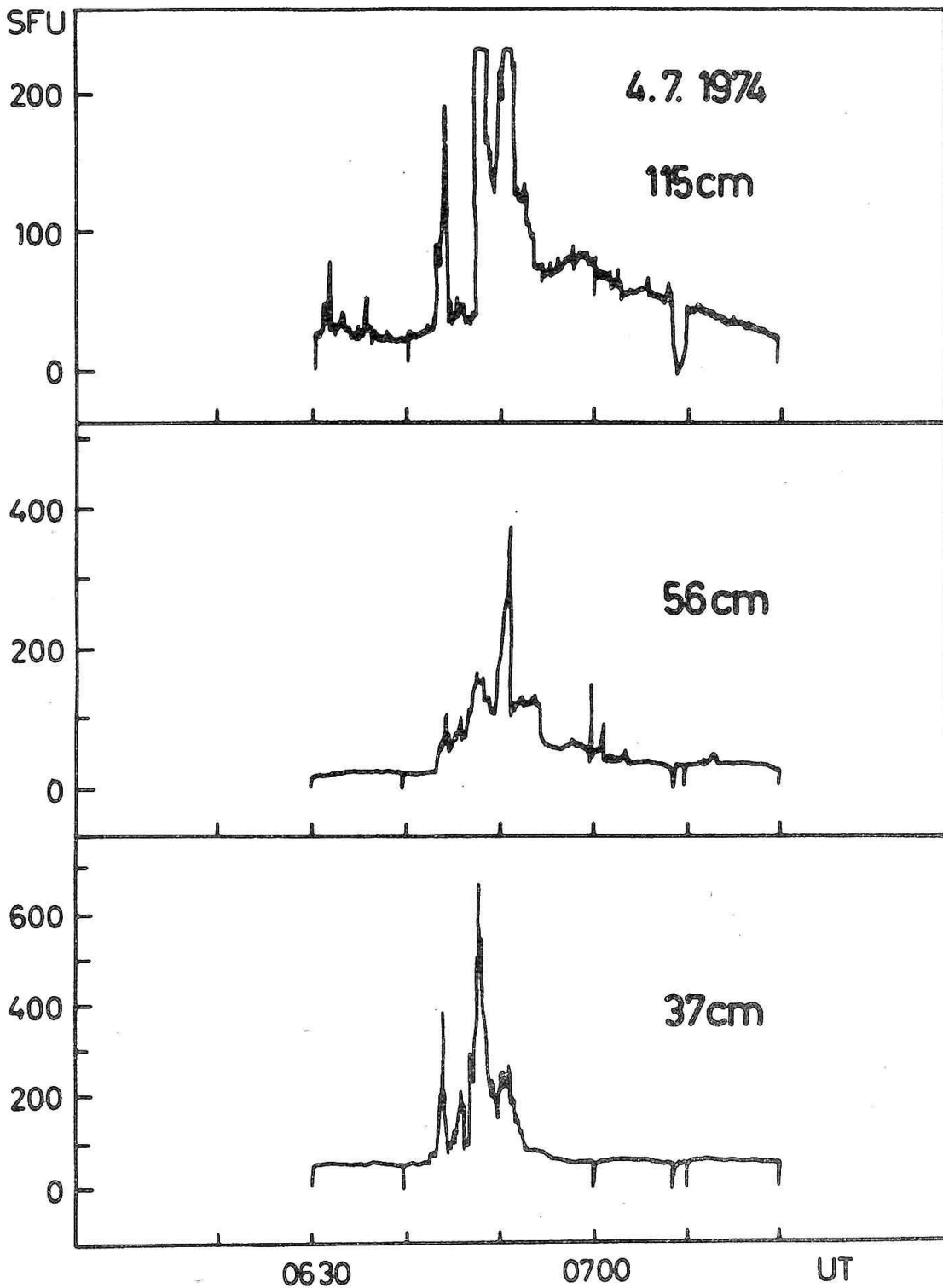
na vlnách 115 cm, 56 cm, 37 cm



Obr. 2a



Obr. 2b



Obr. 2c

Main Flares		Radio Bursts																
		Bedford 15400 MHz					Toyokawa 9400 MHz					Sagamore Hill 8800 MHz						
1974 No July	start max. end imp. position	start	max.	dur. min.	mean flux	start	max.	dur. min.	mean of flux	start	max.	dur. min.	mean of flux	start	max.	dur. min.	mean of flux	
																		22-2-1 10 W/mHz
1. 2	0629 0655 0803 1N-S15°, E23°	0636	0640.7	30	55	0637	0715	68	1060									
2. 3	0258 0305-0319 0425 2B-S15°, E09°	0300	0317.7	30	35	0311	0318	14	170									
3. 3	0758 0832-0838 0940 2B-S15°, E08°	0830	0836	42	3900													
4. 4	0610 ? 0852 1B-S15°, W04°	0610	0612.2	6		0611	0612	4	15									
5. 4	1312 ? 1535 1B-S16°, W08°		1315.0	1351.6	36.6	3.3				0642	0648	20	2600					
6. 4	1816 1828 2100-2105 1905 1B-S17°, W10°		1817.7	1821.1	19.7	197.6				1317	1352	35	38					
7. 4	2014 2105 2300 1B-S16°, W12°		2049.2	2058.8	26.8	563.0	2148	2152.0	10	4	2049	2059	27	1470				
8. 5	1506 1511-1517 1642 1B-S16°, W23°		1507.0	1510.2	12.1	613.0				1507	1510	12	2270					
9. 5	2118 2142 2345 2B-S15°, W26°		2131.0	2138.8	35.5	831.4	2135	2138.8	20	620	2130	2139	34	4500				
10. 6	1053 ? 1233 1N-S16°, W35°		1035.6	1037.4	4.7	491.0				1035	1037	5	1370					
11. 6	1812 ? 2020 1B-S16°, W39°		1842.1	1904.1	64.6	436.8				1838	1905	86	1420					
12. 7	0916 1016 1255 1B-S17°, W46°		1005.6	1006.1	16.4	61.1				1005	1010	20	291					
13. 7	1150 1223 1355 1N-S17°, W49°		1216.4	1220.2	22.8	16.7				1216	1220	16	72					
14. 9	1348 1359 1409 1B-S17°, W73°		1355.6	1356.8	5.1	18.5				1357	1357	5	58					

Tabulka 1 Hlavní erupce a jejich rádiové vzplanutí se spektrálními typy

Heinrich - Hertz - Institut Berlin 3000 MHz		max. flux		dur. min.		start max.		dur. min.		flux		Radiospectral type		world net-work			
												Weissmann		Ondřejov		start end	
No	start	max.	dur.	min.	start	max.	dur.	min.	start	max.	dur.	min.	end	frekvence	type	type	
1.	0645	0715	276	531	0636	?	54	470	0646	0724	100-800	IV	0639.7	0728	80-810	IV, III GG	
2.																	
3.	0805	0923	149	19	0807.5	0808	3	95/	0742.7	0743	35-47	III	GDP	0807.8	0808.1	100-470	III G
4.	0640.0	0647.8	180	1900	0643.5	0651.5	56	375	0610.5	0612.1	30-160	III G	0638	1700	80-150	I	
5.	1340.0	1353.9	108	2100	1353	?	190	470	1353.5	1540.0	100-960	IV	1353	1700	70-810	IV, III	
6.	1757.0	1757.5	2	24					1828.6	1829.5	30-140	III G				II, IV	
7.																	
8.					1510	1510	15.5	155	1509.8	1519.4	30-430	III GG	1509.8	1518	100-470	III GG	
9.																	
10.	1034.0	1037.1	9	320	1036	1038	7	75	1034.8	1040.0	30-500	III GG	1035.8	1039.6	80-470	III G	
11.									1849.6	1850.0	30-85	III G					
12.	1005.0	1010.5	65	219					1912.1	0913.9	30-46	III G	1013	1013.4	270-470	III G	
13.	1218.0	1224.5	12	49									1221.5	1222.6	350-450	III G	
14.	1355.0	1357.5	5	174	1352	1356	8	95	1355.8	1358.2	30-550	III G	1356	1357.4	200-470	III G	

pokračovanie tabulky č. 1

Vzplanutí z 2. července 1974: /obr. 2a/

Vzplanutí začalo před 06:40 UT a končilo před 07:30 UT. V metrovém oboru /115 cm/ se dosahuje maxima hned po začátku s hustotou přes 200 s.f.u. V průběhu jevu se vyskytlo několik maxim. Zvláště kolem 07:10 UT je patrné delší trvající maximum s intenzitou přes 200 s.f.u. Klidová hladina se zřetelně zvyšuje, zvláště v metrovém oboru. Erupce, která souvisí se vzplanutím 2. července /06:40 - 07:30 UT/ měla importanci 1 N, pozici S 15° a E 23°, začala v 06:29 UT a končila v 08:03 UT. Maximální fáze dosáhla přibližně v 06:55 UT. Byl určen též typ radiového vzplanutí III a IV. Ukázalo se, že současný výskyt typu III a erupce závisí na vývoji aktivní oblasti, kde se erupce vytvořila. Podla Malville /1961/ a Simona /1962/, procento erupcí souvisejících s typem III stoupá významně, když radové vzplanutí typu IV leží nad aktivní oblastí, ve které se vyskytuje erupce. Typ III je silnější, když bývá doprovázen i typem IV. V zkoumaném případě se to stalo 2. a 4. července.

Vzplanutí ze 3. července 1974

3. července se vyskytla druhá aktivní série velkých vzplanutí.

Na obr. 2b je záznam vzplanutí z observatoře Ondřejov. Kolem 08:30 UT se intenzita zřetelně zvyšovala a dosáhla

hodnoty přes 600 s.f.u. na 37 cm, kolem 500 s.f.u. na 56 cm a 250 s.f.u. na 115 cm - vlnách. Zdá se, že vzplanutí probíhají na těchto vlnách současně a dosahují maxim zhruba ve stejné době /po 08:30 UT/. V metrovém oboru však existovalo několik maxim a jev trval déle a s menší intenzitou / > 200 s.f.u./.

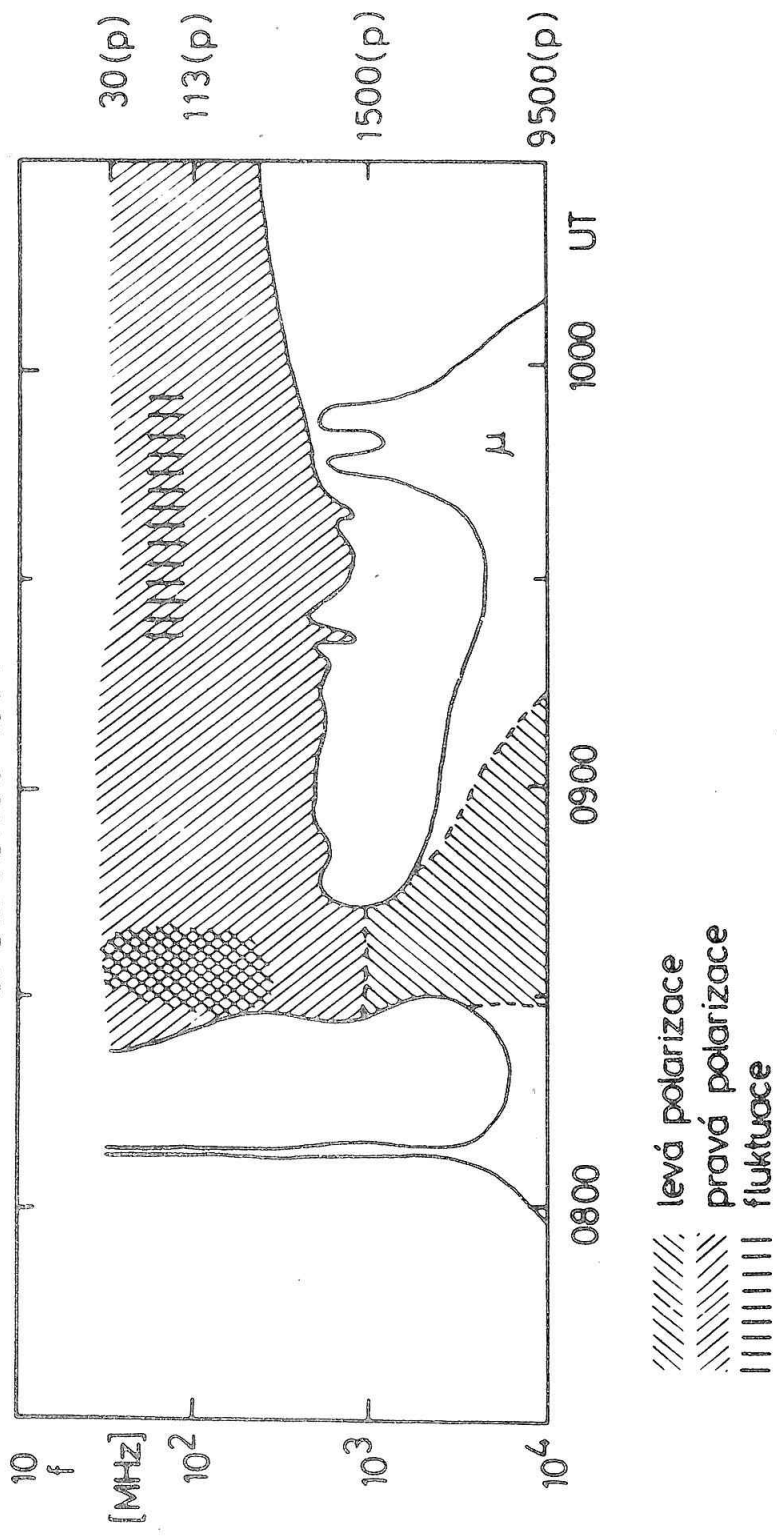
Zdrojem radiového vzplanutí 3. července byla protonová erupce, která začínala v 07:58 UT, končila v 09:40 UT, s maximem jasu kolem 08:38 UT, s pozicí S 15° E 08° a importancí 2 B.

Vzhledem k tomu, že dne 3. července 1974 byla komplexně zpracována jedna erupce /Le Bach Yen a kol. 1977/, byl sestaven spektrální graf na základě měření toku záření Slunce na zvláštních fixovaných frekvencích v oboru od 30 MHz do 9500 MHz. Tento graf odráží obecnou strukturu vzplanutí a má velmi charakteristický průběh /obr. 4/, /Krüger, 1972/ :

- u zkoumané erupce /07:58 UT - 09:40 UT, 3. července 1974/ se vyskytla prederupce, která se nalézala v oblasti menší složité struktury magnetického pole a její vznik se projevuje jen impulsivní fází /skupina typu III/

Obr. 4 Spektrální graf v oboru od 30 MHz do 9500 MHz sestavený podle měření Heinrich - Hertz - Institutu /NDR/

3. červenec 1974



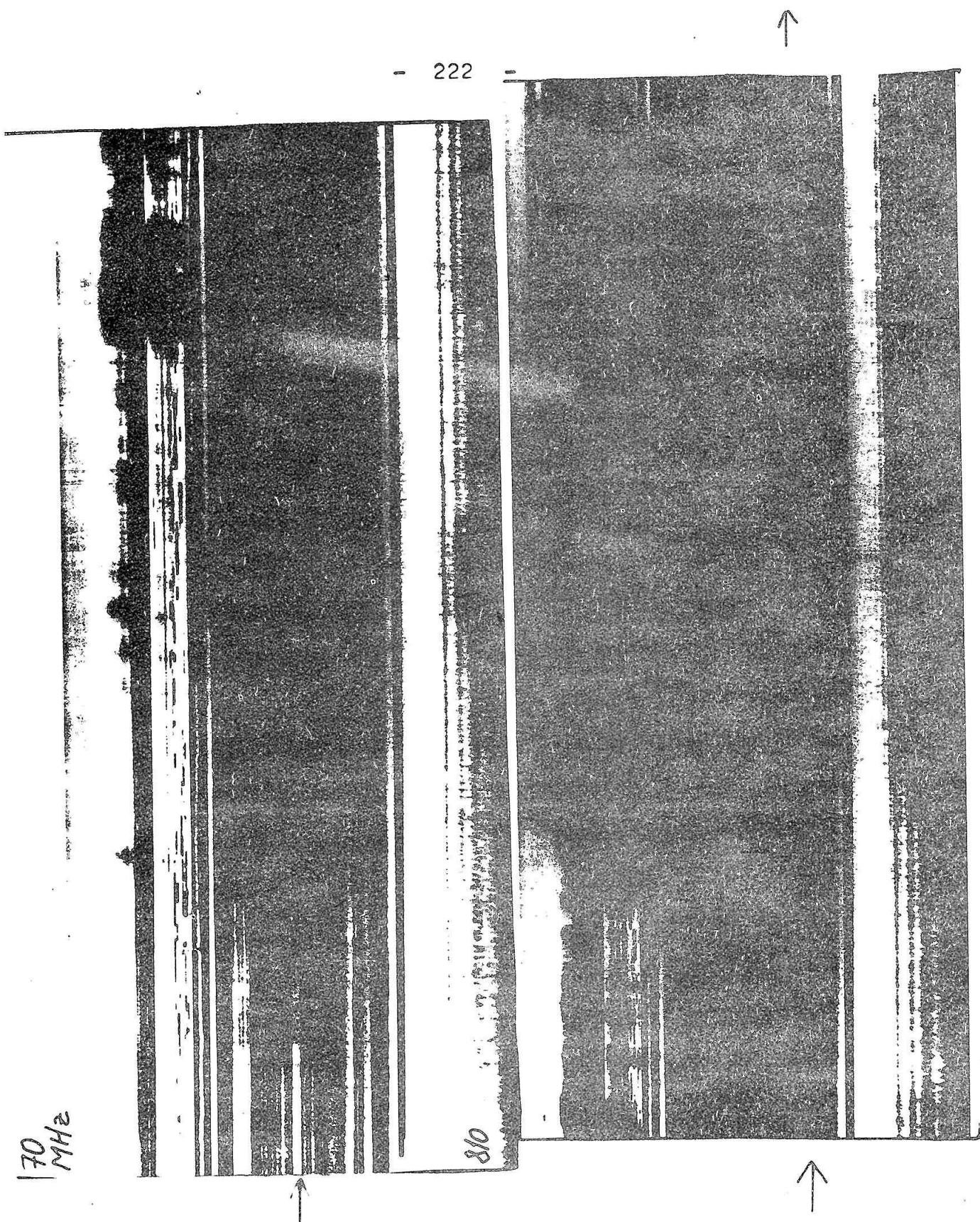
Obr. 4

- dále existence nepřetržité fáze typů IVmB jako to bývá často na začátku šumové bouřky. V této komponentě se objevily kvaziperiodické pulzace s periodami řádově několika minut /asi 2 min., zvláště v intervalu od 09:30 UT do 09:50 UT na kmitočtu 64 MHz/.

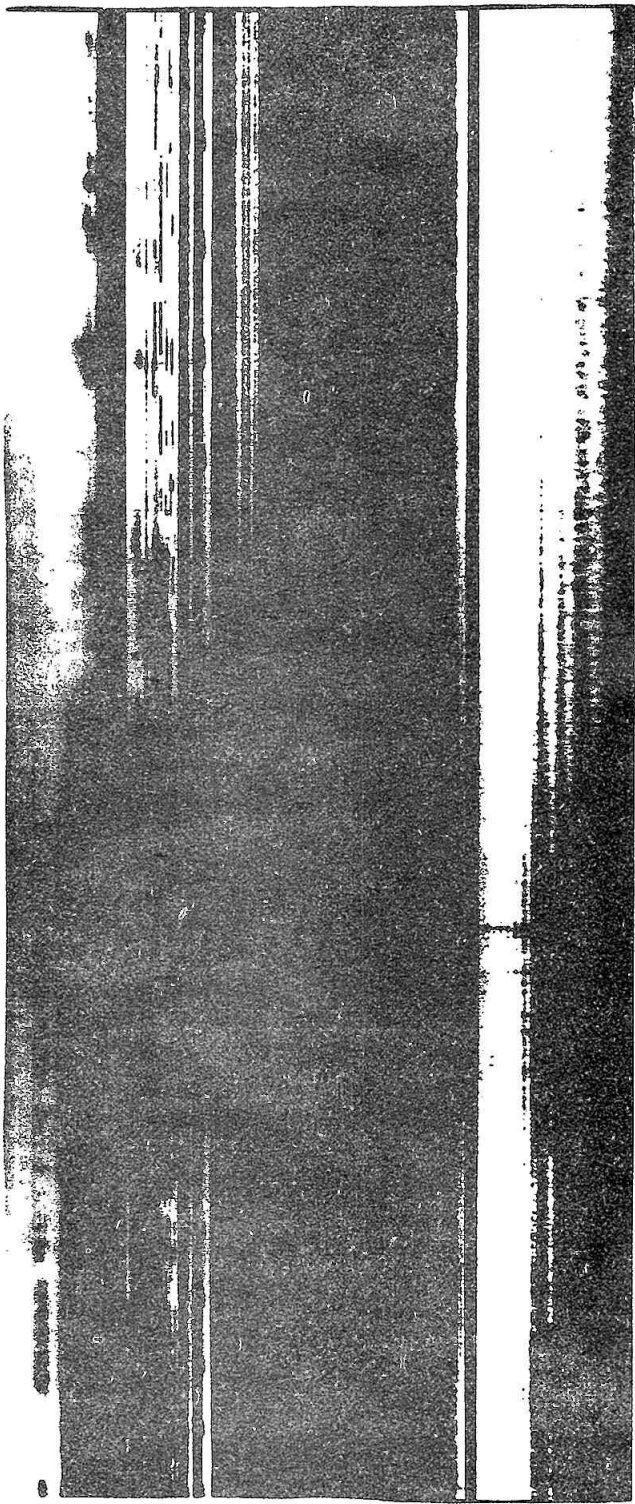
Bylo by třeba ještě zaznamenat, že komponenty typů IVmB byly opačně polarizovány jako obvykle. To svědčí o tom, že největší část objemu erupce byla rozmístěna nad oblastí jižní magnetické polarity skupiny skvrn.

V souvislosti s uvedenou erupcí chtěli bychom ukázat ještě dynamické rádiové spektrum /810 MHz - 70 MHz/ zaregistrované na observatoři v Ondřejově. Spektrum je užito negativní modulace, to znamená, že rádiová emise je tmavá. Ve středu spektrogramu je čas v minutách /obr. 5/.

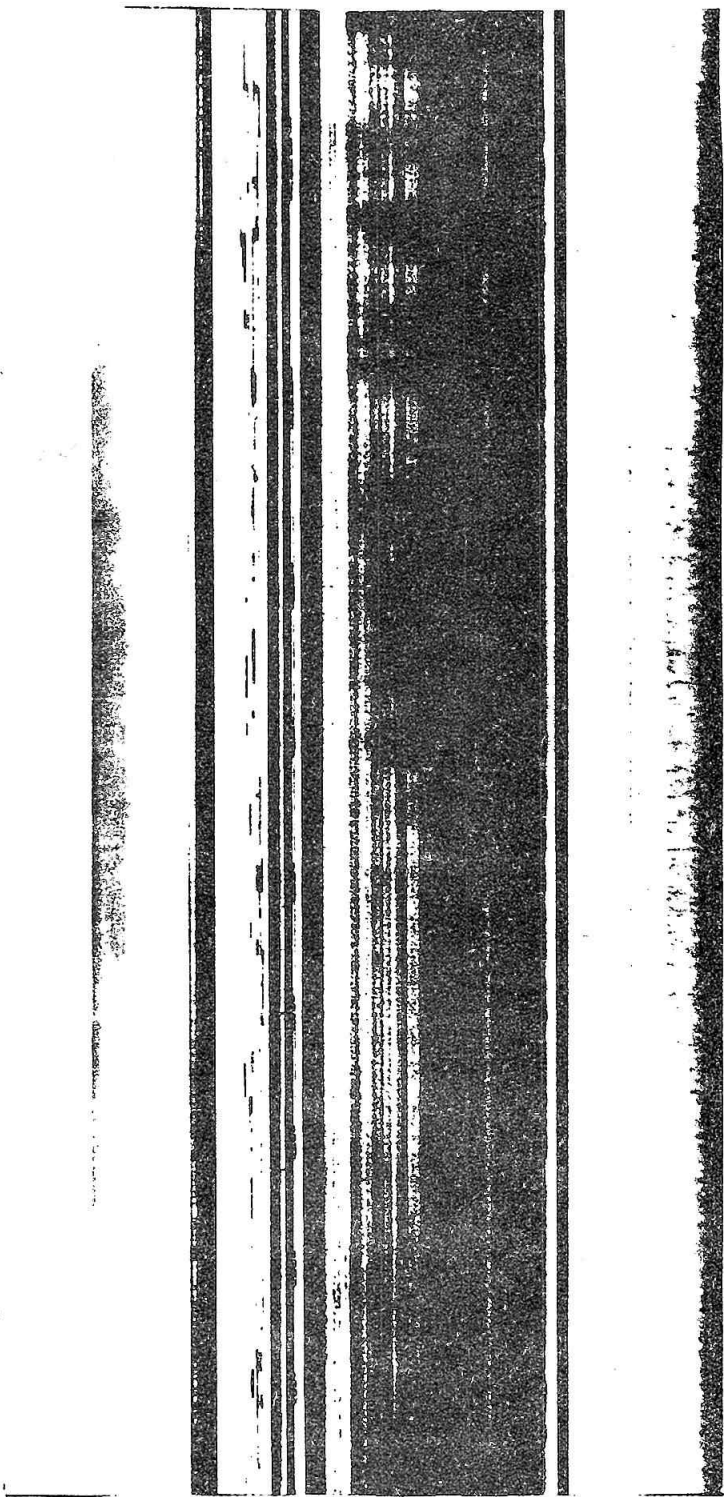
V době přederupce /08:08 UT/ lze vidět série typů III v celém rozsahu kmitočtů. Během protonové erupce v explozivní fázi začíná emise přibližně v 08:26 UT /na 350 MHz - 470 MHz/ a rozšíří se od 08:29 UT na celý rozsah kmitočtů s typem IV a modulovaným typem III, zvláště v decimetrovém oboru. Nejzřetelnější fáze emise končí k 08:38 UT. Naznačuje se slabá emise typů II /08:36 UT - 08:37 UT/. Emise kontinua pokračuje přes 2 hodiny. Nejzajímavějším efektem v oboru 270 MHz - 240 MHz jsou kvaziperiodické pulzace. Po erupční fázi lze vidět skupinu typů III, které pokračuje do konce erupce /09:40 UT/ a projevují se efekty negativních driftů. To znamená, že zdroj emise klesá



Obr. 5 Dynamické rádiové spektrum /810 MHz - 70 MHz/
zaregistrované na observatoři v Ondřejově



Pokračování obr. 5



dolu /kupř. 08:52 UT, 08:53 UT/.

Vzplanutí 4. července 1974:

Vzplanutí začalo v 06:42 UT a trvalo na různých frekvencích různě dlouho /viz obr. 2c/. V metrovém oboru existovalo po tomto jevu ještě několik maxim, jejich nejvyšší hodnoty nejsou příliš odlišné ve srovnání se vzplanutím z 3. července, avšak klidová hladina se již snižuje.

V decimetrovém oboru /2700 a 2800 MHz/ podle záznamu stanice Algonquinu Radio Observatory /Solar Geophysical Data, June - July 1974/ 4. července byl velmi aktivní. První vzplanutí začalo před 14:00 UT a dosahovalo intensity až 1370 s.f.u. Od zhruba 17:00 UT do 19:00 UT bylo druhé velké vzplanutí s intenzitou 706 s.f.u. Jev trval dlouho, maximální aktivita nastala mezi 18:00 a 19:00 UT. Třetí velké vzplanutí toho dne se vyskytlo kolem 21:00 UT, s intenzitou 2070 s.f.u. Pravděpodobně to bylo největší vzplanutí za celou dobu vývoje zkoumané aktivní oblasti.

4. července byla řada protonových erupcí. Dokonce se objevila i bílá erupce, která byla pozorována Robertem Pikem /1974/ v 13:54 UT. Tyto erupce způsobily velká radiová vzplanutí. Vzplanutí 06:45 UT a 13:53 UT byla typu II. Od nich se šířící nárazová vlna vytvořila na Zemi geomagnetickou bouři s ssc / s náhlým začátkem/.

Erupce ve 20:50 UT byla spojena s typy II a IV.

Pravděpodobně tato generovala nárazovou vlnu, která postupovala v meziplanetárním prostředí až do vzdálenosti 5 A.U /L. Křivský a Š. Pintér, 1975/.

III. Radiová spektra pomalu proměnné složky

Obrázky 3 ukazují radiová spektra z 2., 3., 5., a 6. července 1974 "aktivní" pomalu proměnné složky a klidné minimální proměnné složky. Na každém obrázku jsou tedy uvedeny dvě křivky:

- křivka a je pomalu proměnná složka radiového záření Slunce
- křivka b je minimální radiová aktivita odvozená z posledního minima slunečního cyklu, což je pravděpodobně i hodnota radiového záření klidného Slunce.

Pro poslední minimum cyklu je vhodné pokládat za záření klidného Slunce záření z 27. července 1976, kdy sluneční činnost dosáhla minima. Takže na všech čtyřech grafech, máme obdobnou složku klidného Slunce, její hodnoty byly vzaty z ondřejovského pozorování. Během období existence zkoumané oblasti můžeme tak rozlišit pomalu proměnnou složku od záření zcela klidného Slunce. To lze získat tak, že sledujeme denní hodnoty toku na různých frekvencích, v daném případě od 245 MHz do 14.500 MHz v souvislosti s hodnotou toku klidného Slunce v minimu aktivity. Hodnoty byly vzaty z různých observatoří: Bedford /245,

410, 606, 1415, 2695, 4995, 8800 a 15.400 MHz/, Heinrich - Hertz - Institut /1470 a 9500 MHz/, Ondřejov /260, 536, 808 MHz/, Ottawa /2800 MHz/, a byly redukovány na 1 A.U.

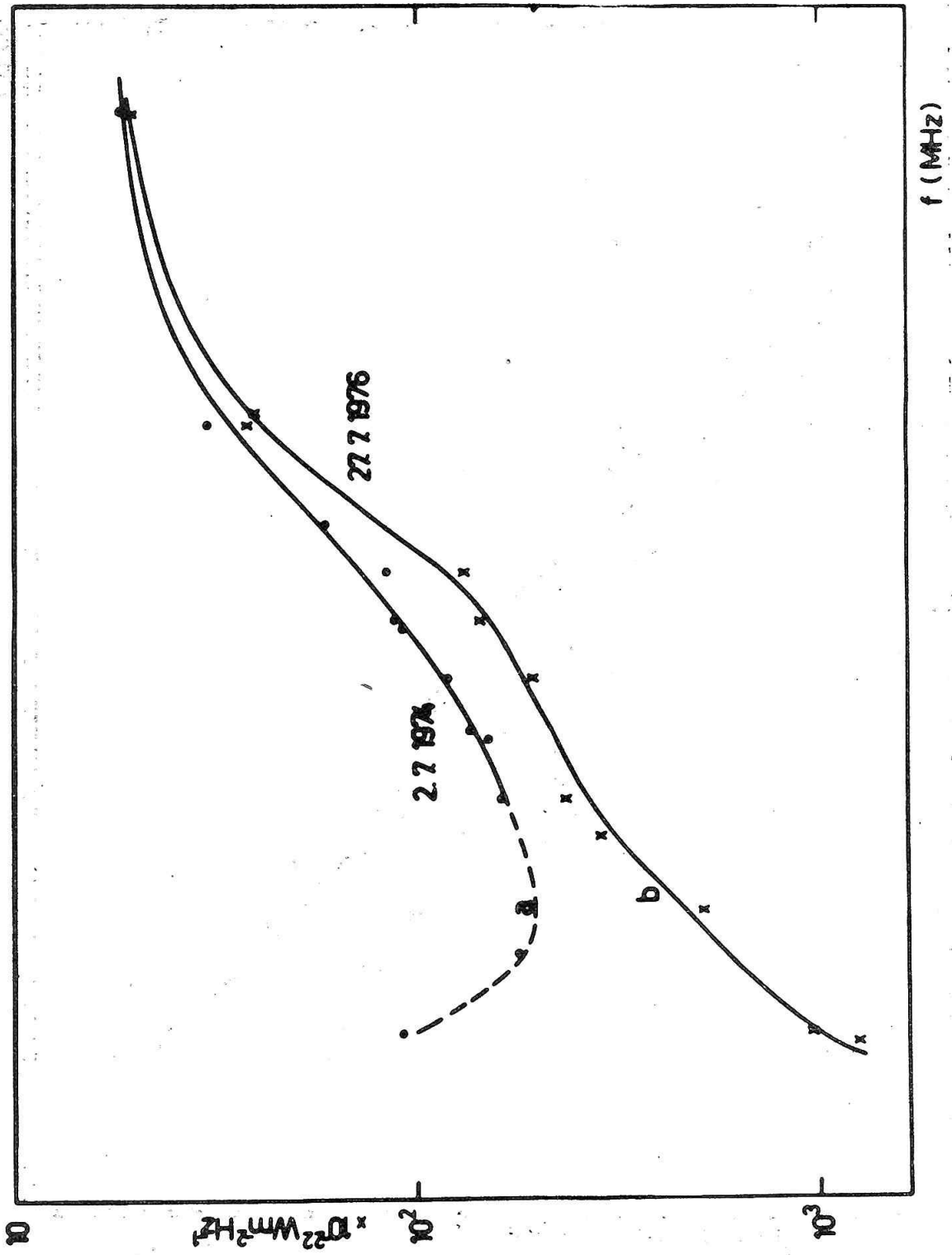
Tímto způsobem plocha mezi křivkami "a" a "b" představuje tu část záření, kterou přispívá zkoumaná aktivní oblast. Tato metoda se osvědčuje dobře v centimetrovém a decimetrovém oboru. Nás zajímá pomalu proměnná složka ve střední části křivek, kde tato metoda je vyhovující. Obr. 3 ukazují, změnu toku klidného Slunce a pomalu proměnné složky jako funkce frekvencí. Je patrné na první pohled, že tok se zvětšuje se zvětšováním frekvence.

Maximum pomalu proměnné složky 2. července bylo kolem 1000 MHz /30 cm/, v dalších dnech se posunulo směrem k vyšším frekvencím. Maximum po 6. července bylo u frekvence kolem 2800 MHz.

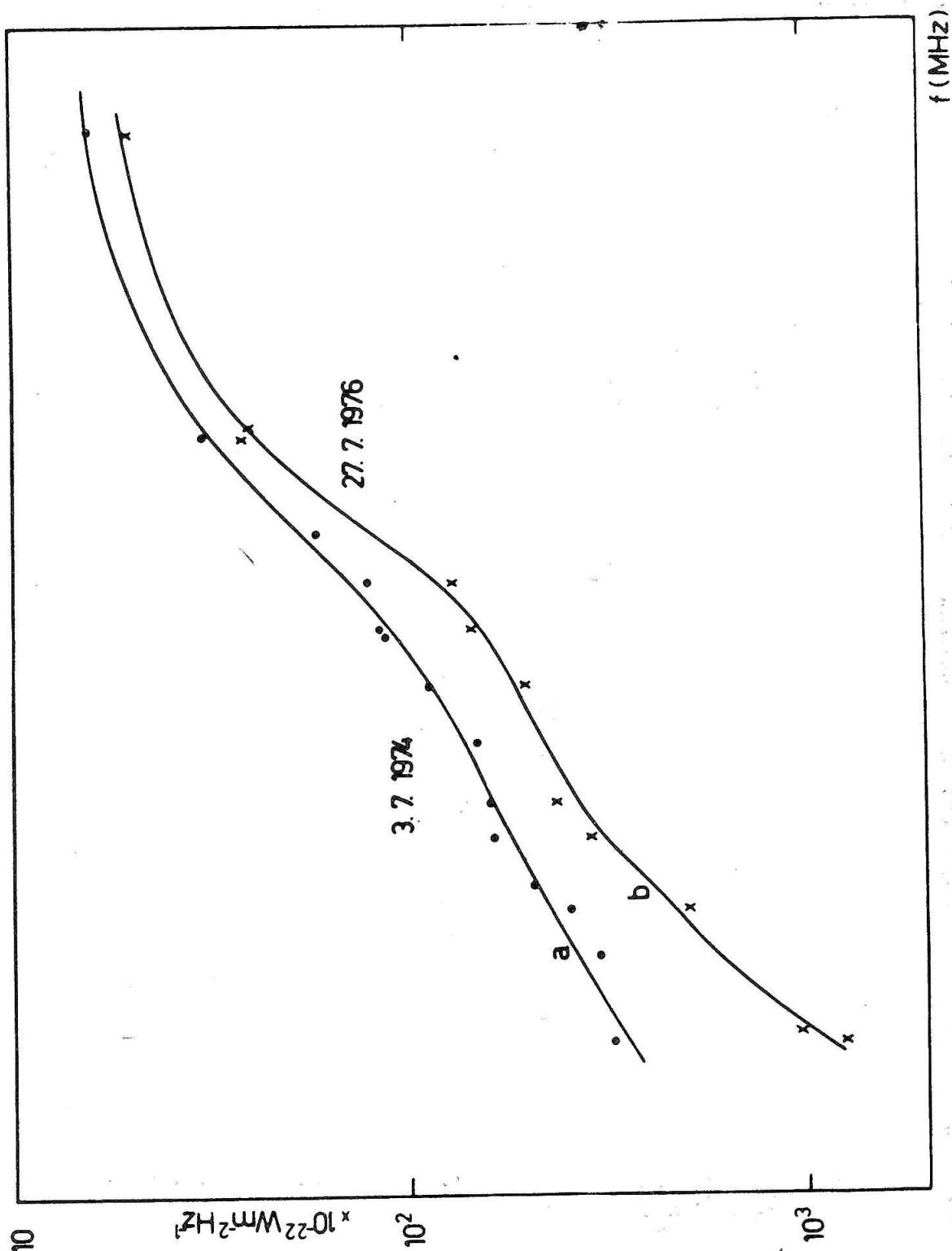
Na kratších vlnách /menší než 3 cm/ obě složky se k sobě přibližují. Na metrových vlnách se někdy rozcházejí obě složky od sebe, někdy splývají. Domníváme se, že

Obr. 3 Radiová spektra z 2., 3., 5. a 6. července 1974 /obr. 3a, 3b, 3c, 3d/.

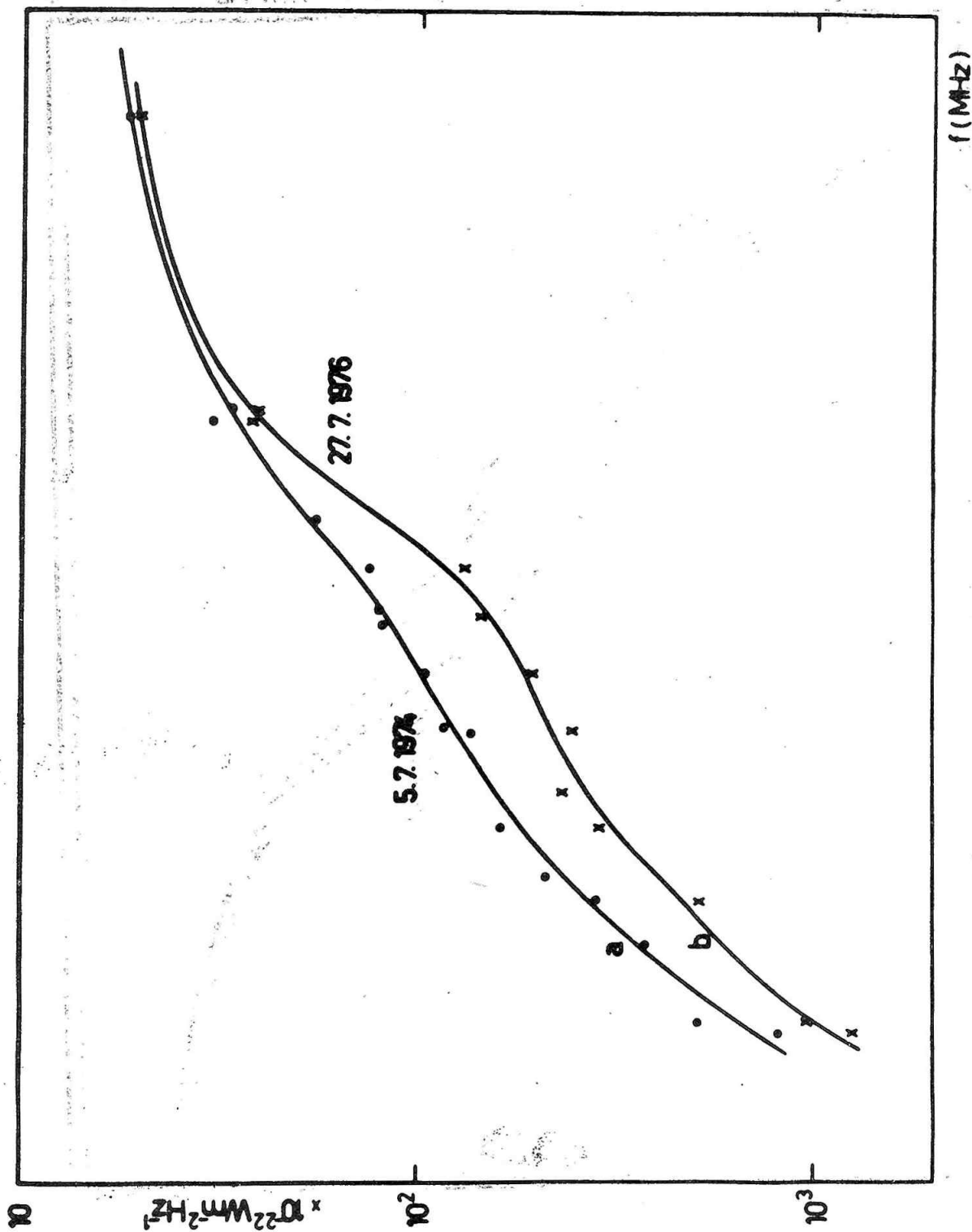
Křivka "a" je pomalu proměnná složka odpovídajícího dne. Křivka "b" je minimální hodnota radiové aktivity dosažená v posledním minimu cyklu aktivity /27. července 1976/.



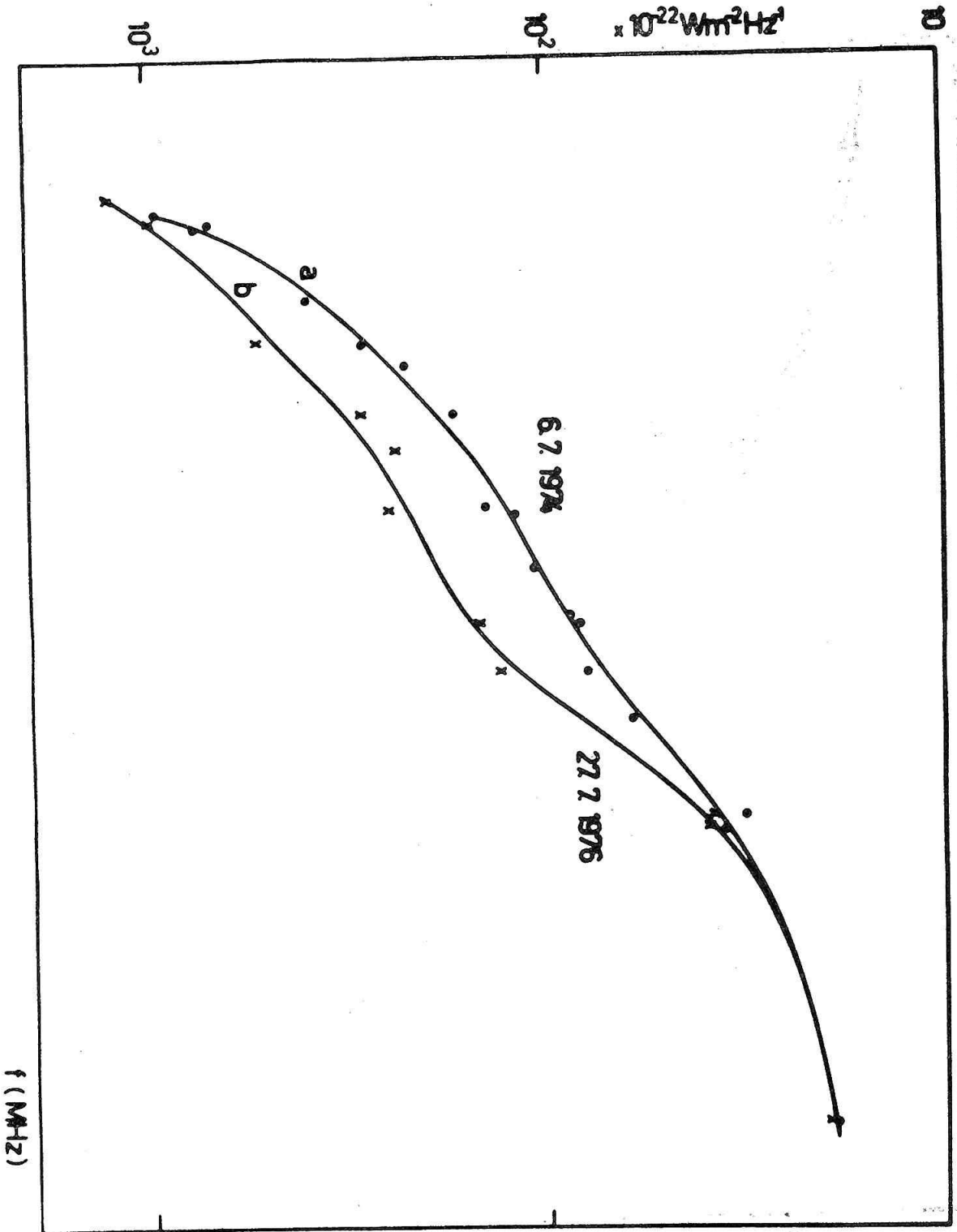
Obr. 3 a Radiová spektra z 2. července 1974



Obz. 3b radiové spektra z 3. července 1974



Obr. 3 c Radiová spektra z 5. července 1974



Obr 3 d Radiové spektra z 6. července 1974

to závisí na stupni aktivity Slunce. Když je celkově velká aktivita, pomalu proměnná složka se rozchází od složky klidného Slunce v metrovém oboru a při celkové nízké aktivitě je tomu naopak.

Závěr

Stručný popis radiového záření Slunce během existence aktivní skupiny červen - červenec 1974 přispívá k celkovému obrazu o činnosti zkoumané oblasti. Uvedené výsledky potvrzují a rozšiřují známé poznatky:

1. Existuje těsná korelace v průběhu vícedenního období mezi relativním číslem skvrn a tokem pomalu proměnné složky radiového záření, zvláště v centimetrovém oboru.
2. Erupce určitého vývojového typu /se dvěma vlákny / i s malou importancí I byly doprovázeny typem II. Typ III je silnější, když byla erupce provázena typem IV.
3. Byl stanoven příspěvek aktivní oblasti /McMath 13043/ pomalu proměnné složky v širokém oboru spektra vzhledem k hodnotě klidové složky v minimu cyklu sluneční aktivity.

V závěru autorka by chtěla vyjádřit mimořádné poděkování Dr. L. Křivskému a Ing. A. Tlamichovi za vedení v práci. Další poděkování patří s. Dvořákové za přípravu materiálů a textu k publikování.

L i t e r a t u r a

Křivský L.,:1975, Bull. Astron. Inst. Czech. 26, 360

Krüger, V.,:1972, Physics of Solar Continuum Radio

Bursts Akademie - Verlag - Berlin

Kundu Mukul R.,:1964, Solar Radio Astronomy, Interscience Publishers New York, 1965

Le Bach Yen, Křivský L., Krüger A., Macák P.,

Tlamicha A.,:1977, referát přednesený na ymposiu o výsledcích programu Interkosmos v oblasti sluneční fyziky v Debrecenu /Maďarsko/, VIII -
- 1977

Pacholčík A.: 1973, Radioastrofísica, Mir Moskva

Pike R., :1974, J. R. Astron. Soc. Canada 68, 330

Solar Geophysical Data /Prompt Reports/, 360 /I/, 1974

Solnechnye Dannye /SSSR/ No 6 and 7, 1974

Sluneční aktivita 13. - 15. 6. 1970 v aktivních oblastech
McMath 10780, 10781 a 10789.

E. MARKOVÁ
Hvězdárna Úpice

V době od 13. do 15. 6. 1970 došlo ke zcela mimořádné hustotě erupční aktivity. V tomto poměrně krátkém časovém intervalu se tehdy vyskytlo nebývalé množství velkých a menších erupcí. Mimořádné bylo i nakupení skvrn a aktivních oblastí ve kterých se aktivita vyskytla. Vzhledem k mimořádnosti aktivity v tomto období a na základě dřívějších diskusí o mimořádnosti rádiové a rentgenovské aktivity uskutečněných mezi dr. A. D. Fokkerem /Utrecht/ a dr. Křivským /Ondřejov/ bylo toto období vybráno ke zpracování.

Komplex aktivních oblastí, ve kterém došlo k této aktivitě obsahoval aktivní oblasti McM 10780 typu A-C, McM 10781 typu G a McM 10789 typu E-F. Hlavní roli v erupční aktivitě hrály aktivní oblasti McM 10781 a hlavně McM 10789. Aktivní oblast McM 10780 v době, kdy erupční aktivita komplexu dosahuje maxima se prakticky rozpadá, takže její excitace tuto aktivitu může ovlivňovat nepřímo, působí jako satelitní skupina / Křivský a Obridko, 1969; Kasinskij V. V., 1971, 1973/.

Aktivní oblast McM 10780 vychází 7. 6. 1970, ale již

před tím jsou v ní zaznamenány drobné erupce na E okraji /Solar - Geophysical Data/ a je na disku do 14. 6. 1970, kdy se prakticky rozpadá. Hlavní erupční aktivita této aktivní oblasti probíhala tedy ještě před nasazením hlavní aktivity komplexu.

Aktivní oblast McM 10781 vychází 8. 6. 1970 a zapadá 19. 6. 1970. Má dvě podoblasti A a B, v každé z nich se vyskytlo velké množství erupcí. V kritickém období se podoblasti nedaly rozlišit, prakticky se slily.

Aktivní oblast McM 10789 vychází 10. 6. a zapadá 22. 6. Má tři podoblasti A, B a C. V době maxima se tyto podoblasti opět nedaly rozlišit.

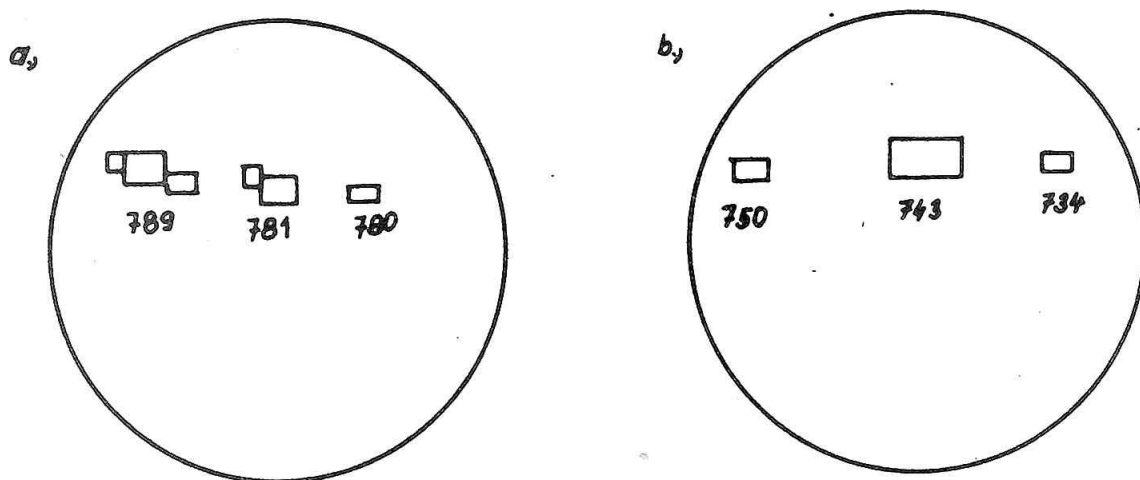
Tyto dvě oblasti, McM 10781 a McM 10789 měly podíl na velké aktivitě právě v období 13. - 15. 6. 1970. Drobné erupce se v nich vyskytovaly již v době, kdy byly tyto oblasti za východním okrajem slunečního disku a rovněž na západním okraji, ale maximum bylo v době od 13. - 15. 6.

Nyní si všimneme otočky před zkoumaným obdobím. Zjistíme, že v místě, kde je v kritickém období aktivní oblast McM 10780, byla v květnové otočce aktivní oblast McM 10734. Aktivní oblast McM 10781 se ve květnu vyskytovala pod číslem McM 10743, t.j. tato oblast se navrátila. Přibližně v místě, kde byla v kritickém období aktivní oblast McM 10789, byla v květnu aktivní oblast McM 10750 /obr. 1a, 1b/. V případě aktivních oblastí McM 10780 a McM 10789 se

zřejmě jedná o oživlé skupiny, které mají vliv na velkou erupční aktivitu a aktivní oblast McM 10781 je navracející se oblast, pro níž platí podobné /Švestka, 1953/.

V květnové otočce se v uvedených aktivních oblastech rovněž vyskytlo poměrně hodně erupcí.

/ Solar - Geophysical Data, 1970/.



obr. 1.

Obr. 1 a/ Komplex aktivních oblastí v červnové otočce 1970
b/ Aktivní oblasti v květnové otočce 1970

V otočce po zkoumaném období, t.j. v červenci, se aktivní oblast McM 10780 nevyskytuje, rozpadla se v době maximální aktivity v červnu, jak již bylo řečeno. Aktivní oblast McM 10781 se vrací pod č. McM 10821 a aktivní oblast McM 10789 se vrací pod č. McM 10827.

O průběhu erupční aktivity nás nejlépe informují sumační křivky erupční aktivity, vzhledem k tomu, že umožňují zjistit několikadenní trendy rozložení výdaje energie aktivní oblasti ve formě výskytu erupcí. Z úseků jednotlivých trendů lze pak určit, kolik činil erupční index F na jednotku času / např. na 1 den/. Excitace několikadenních trendů ve výskytu erupcí byla objevena právě touto metodou /Křivský, 1975/. Tato metoda umožňuje též z grafického záznamu stanovit začátek a konec téhož trendu, což je výhodné pro zkoumání příčin změn trendů v souvislosti s jinými jevy aktivní oblasti /např. s typem magnetického pole, s výskytem satelitní skupiny a pod./.

K sestrojení sumačních křivek je třeba určit erupční index F /flare index/. Flare index je definován jako součin přepočtené importance i a doby trvání erupce t

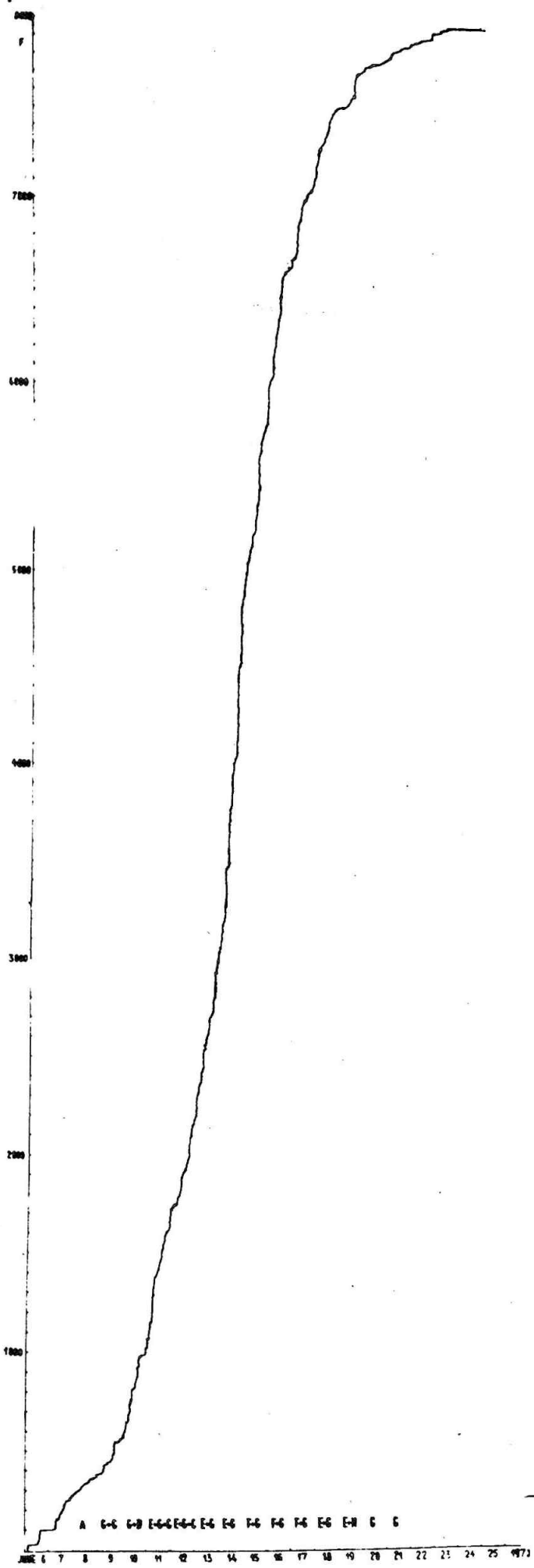
$$/ F = i \times t /.$$

Ze Solar - Geophysical Data byly vybrány jednotlivé erupce vyskytující se ve zkoumaných aktivních oblastech od jejich východu do západu a byl u nich určen F - index. Z F - indexu byly sestrojeny sumační křivky aktivity tak,

že na osu x byl nanášen čas ve dnech a na ose y sčítany hodnoty F - indexu. Totéž bylo provedeno pro erupce vyskytující se v aktivních oblastech, které nás zajímaly v otočce před zkoumaným obdobím / květen 1970 / a v otočce po zkoumaném období / červenec 1970/. Sumační křivky byly sestrojeny pro jednotlivé aktivní oblasti komplexu a jejich podoblasti a pro celý komplex zvlášť. Jako příklad zde uvedu sumační křivku celého zkoumaného komplexu / obr. 2/ a sumační křivku aktivní oblasti McM 10789 / obr. 3/, která je z celého komplexu nejrepresentativnější. Na uvedených sumačních křivkách vidíme, že stoupají nejprve pozvolně, pak v době maximální aktivity / t.j. od 13. do 15. června/ jsou nejstrmější a pak jsou opět pozvolnější. Totéž platí pro všechny ostatní sumační křivky aktivních oblastí a jejich jednotlivých podoblastí z tohoto období.

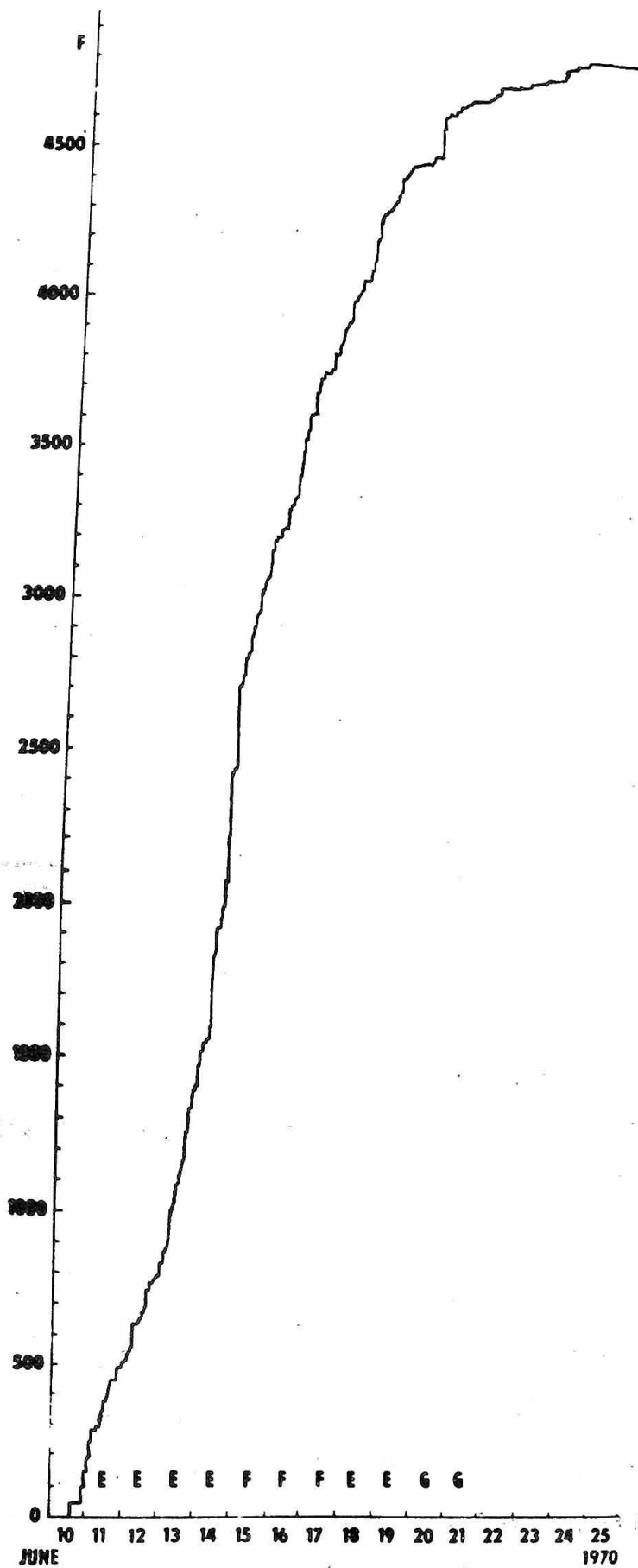
Výjimku tvoří aktivní oblast McM 10780, jejíž sumační křivka má sice podobný průběh, ale nejstrmější část je časově posunuta / obr. 4/, neboť oblast má své maximum erupční aktivity dříve a v době největší erupční aktivity komplexu se rozpadá. Sumační křivky zkoumaných aktivních oblastí v květnové a červencové otočce měly rovněž podobný průběh.

Podíváme se dále na chování magnetických gradientů v komplexu aktivních oblastí. Magnetickým gradientem se v našem případě rozumí změna intenzity podélné složky mag-



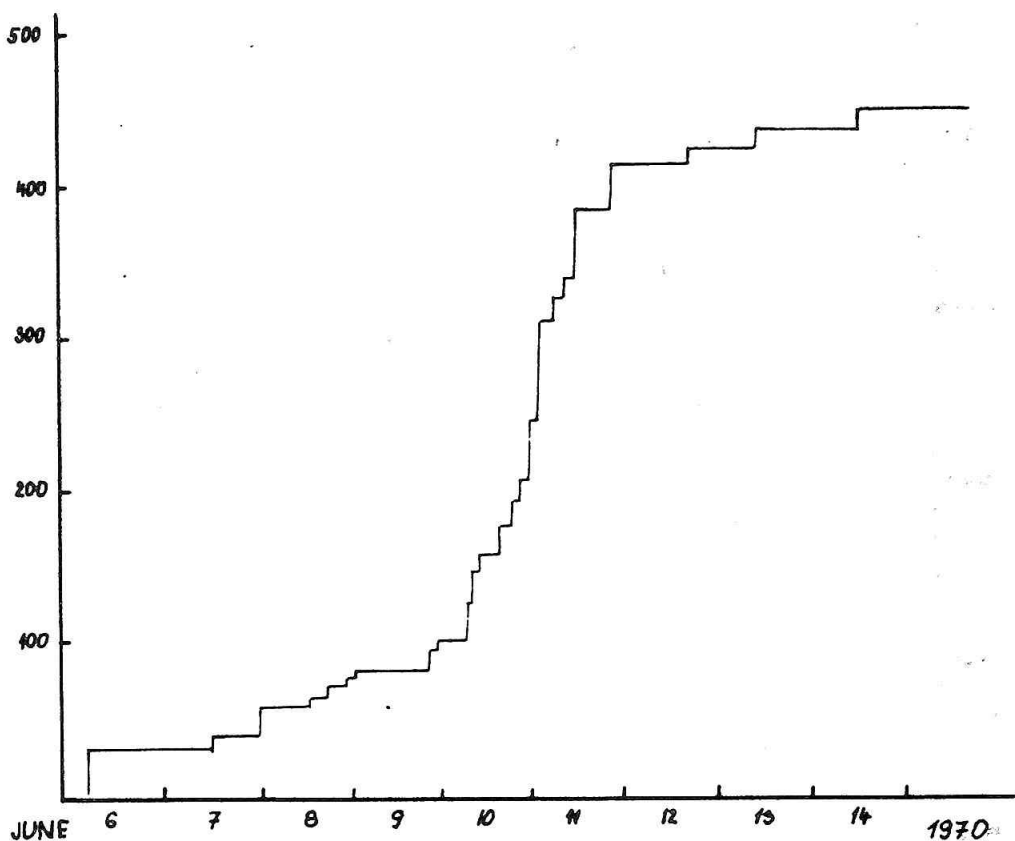
Obr. 2

Sumační křivka erupční
 aktivity celého
 komplexu



Obr. 3

Sumační křivka erupční
aktivity aktivní
oblasti McM 10789



Obr. 4

Obr. 4 Sumační křivka erupční aktivity aktivní oblasti McM 10780

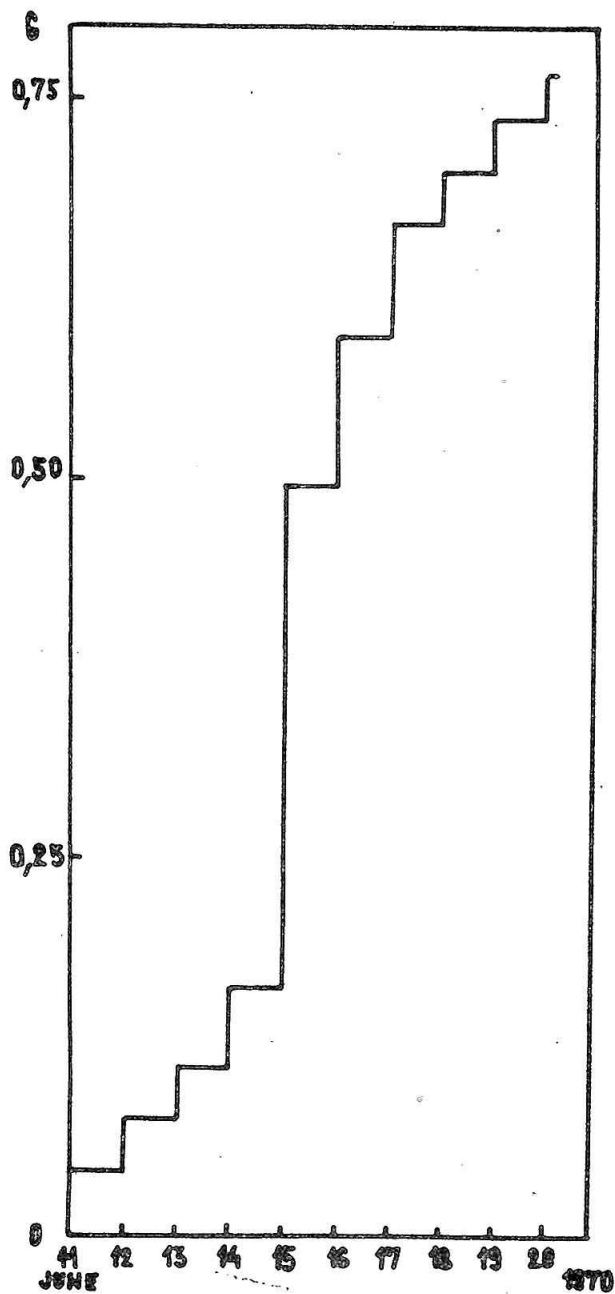
netického pole na jednotkové vzdálenosti. Tento gradient byl vypočten z měřených maximálních intenzit obou polarit v dané skupině. Z aktivních oblastí McM 10780, McM 10781 a McM 10789 byly vybrány pro každý den skvrny s největší magnetickou intenzitou severní a jižní polarity /Magn. polja, 1970/ a byla změřena jejich vzdálenost.

Jestliže G je magnetický gradient, $B_{\max N}$ je největší magnetická intenzita severní polarity, $B_{\max S}$ největší magnetická intenzita jižní polarity a d vzdálenost mezi skvrnami s největší severní a jižní polaritou, pak námi sledovaný gradient je

$$G = \frac{|B_{\max N}| + |B_{\max S}|}{d} .$$

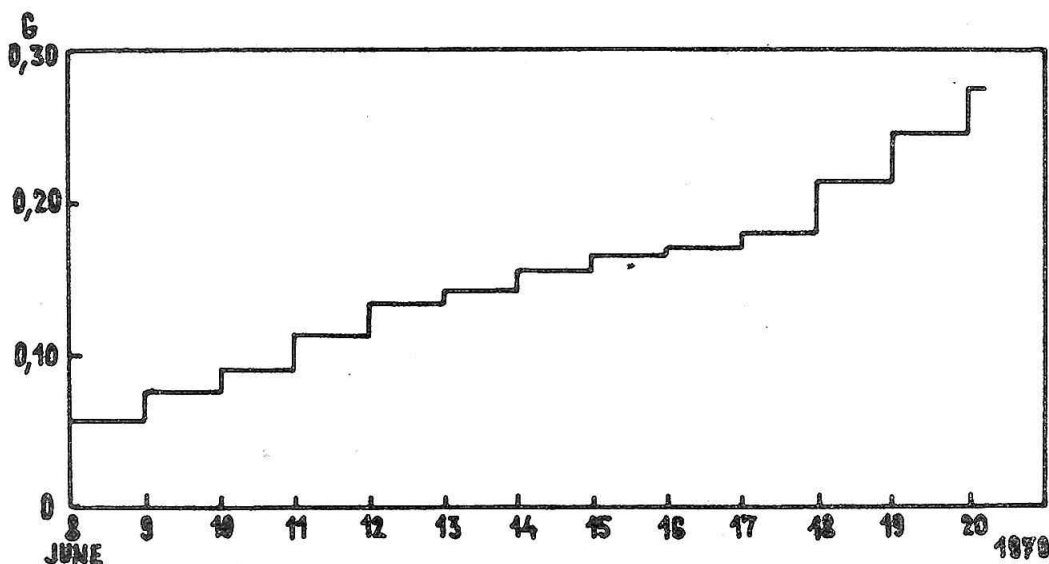
Tyto výpočty byly provedeny jak odděleně pro každou skupinu skvrn v daném komplexu, tak pro celý komplex, kde z celého komplexu byla vzata skvrna s největší magnetickou intenzitou severní polarity a největší magnetickou intenzitou jižní polarity. Takto stanovené magnetické gradienty pro jednotlivé dny byly sčítány a tak zkonstruovány sumační křivky.

Sumační křivky magnetických gradientů pro jednotlivé aktivní oblasti jevíly podobný trend jako sumační křivky F- indexu těchto aktivních oblastí. Jako příklad zde uvedu aktivní oblast McM 10789, která je nejreprezentativnější z celého komplexu /obr. 5/. Jestliže obr. 5 srovnáme s obr. 3 - sumační křivkou F- indexu, vidíme, že křivky na obou obrázcích mají nejprve pozvolný průběh, pak v době nasazení maximální erupční aktivity prudce rostou a po snížení erupční aktivity jsou opět pozvolnějši.



Obř. 5 Sumační křivka magnetických gradientů aktivní oblasti McM 10789

Tento průběh svědčí o úzkém fyzikálním vztahu mezi erupční aktivitou a magnetickým stavem aktivní oblasti /Bumba a kol., 1968/. Totéž platí i pro aktivní oblast McM 10781. V případě aktivní oblasti McM 10780 to nebylo tak výrazné, protože tato aktivní oblast byla celkem malá. Sumační křivka magnetických gradientů celého komplexu nevykazuje souvislost s trendy erupční aktivity, není možné v jejím průběhu nalézt nějaké ohraničené trendy /obr. 6/.



Obr. 6 Sumační křivka magnetických gradientů celého komplexu

Z toho lze usoudit, že vzájemný vztah erupční aktivity a magnetických vlastností v celém komplexu aktivních oblastí není tak úzký jako v jednotlivých aktivních oblas-

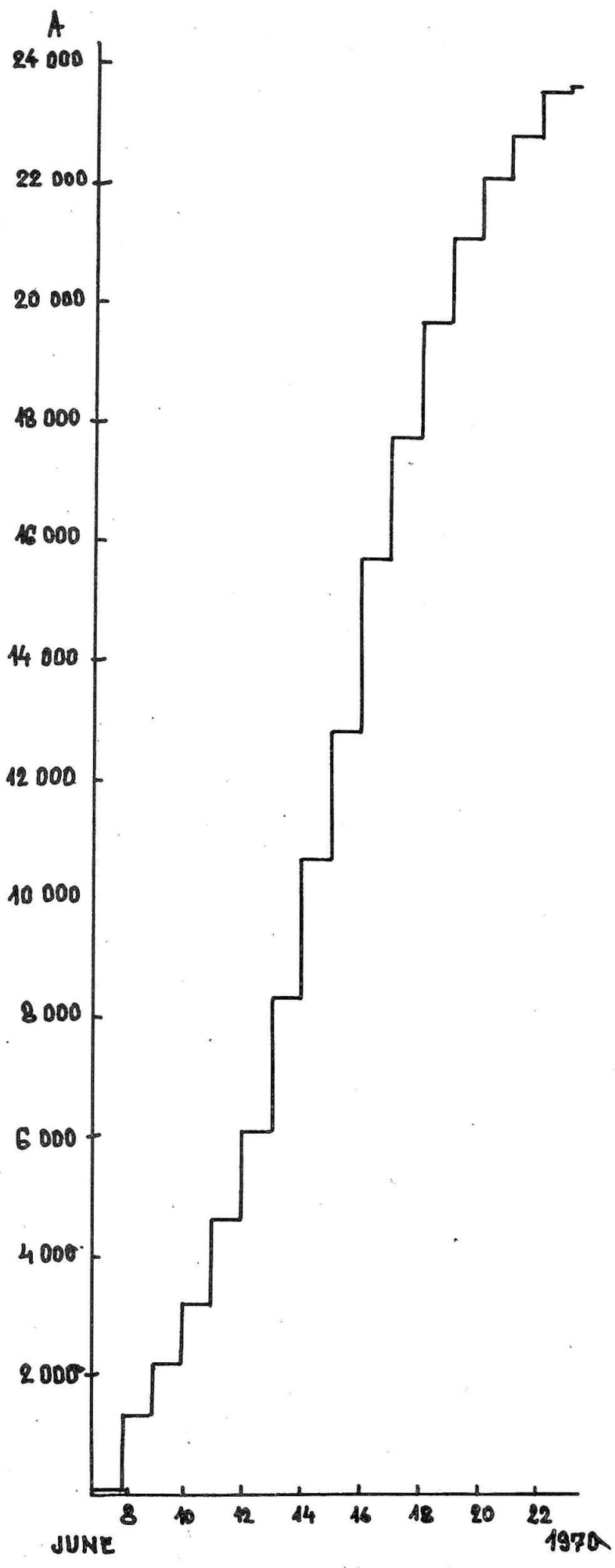
tech.

Dalším parametrem, kterým jsme se zabývali při zpracování komplexu aktivních oblastí byla plocha a počet skvrn v aktivních oblastech. Ze Solněčných Danych byly vybrány hodnoty ploch a počtu skvrn v jednotlivých aktivních oblastech a z těchto hodnot byly opět sestrojeny sumační křivky ploch skvrn a sumační křivky počtu skvrn a to jak pro jednotlivé aktivní oblasti, tak pro celý komplex aktivních oblastí.

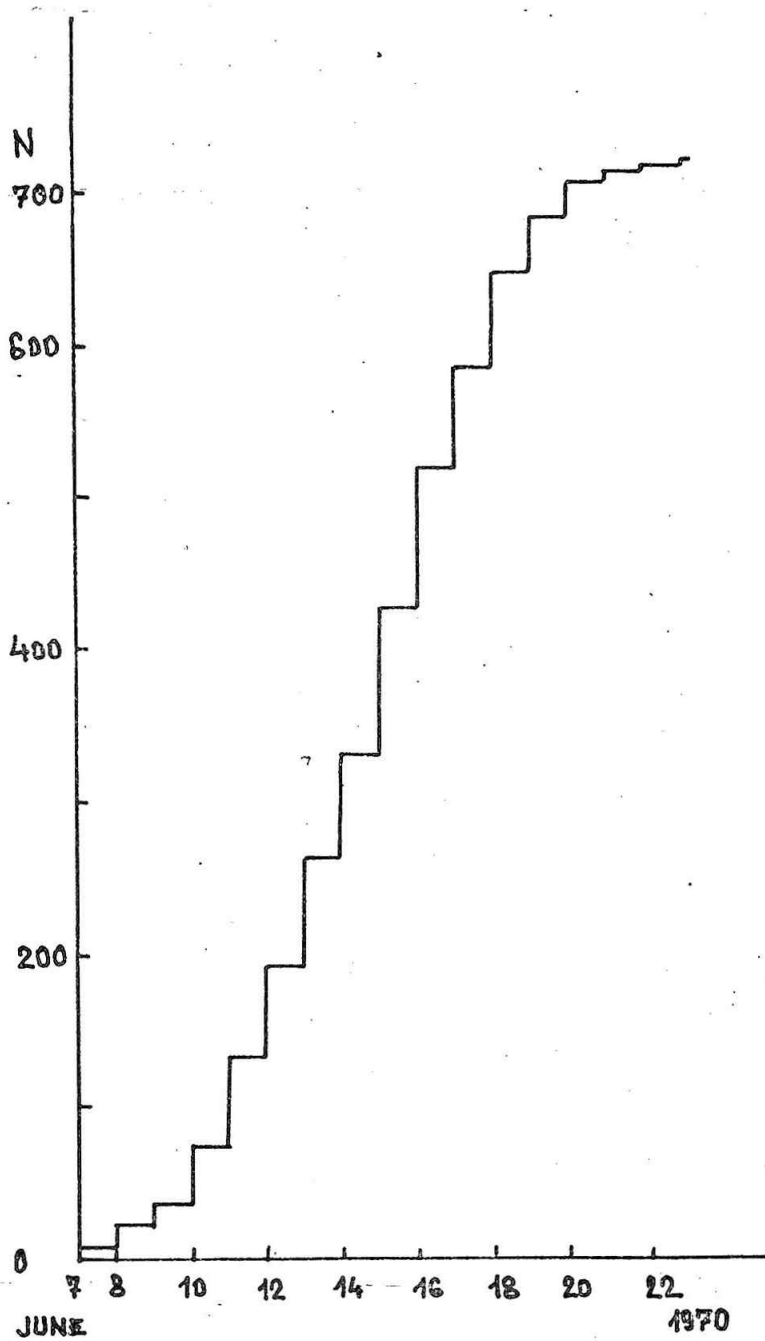
Nejprve se podíváme na sumační křivky ploch skvrn. U těchto křivek můžeme nalézt podobný průběh jako u sumačních křivek erupční aktivity, ale nejstrmější část se vyskytuje s určitým časovým zpožděním. Nejvýraznější to je u sumační křivky ploch celého komplexu /obr. 7/. Toto zpoždění má hodnotu dva dny.

Totéž platí pro sumační křivky počtu skvrn /obr. 8/. Vzhledem k tomu, že jsme k tomuto výsledku došli při zkoumání jediného případu, nelze učinit obecné závěry, naopak při posuzování větší řady případů autoři došli k výsledku jinému /Burov, 1976/.

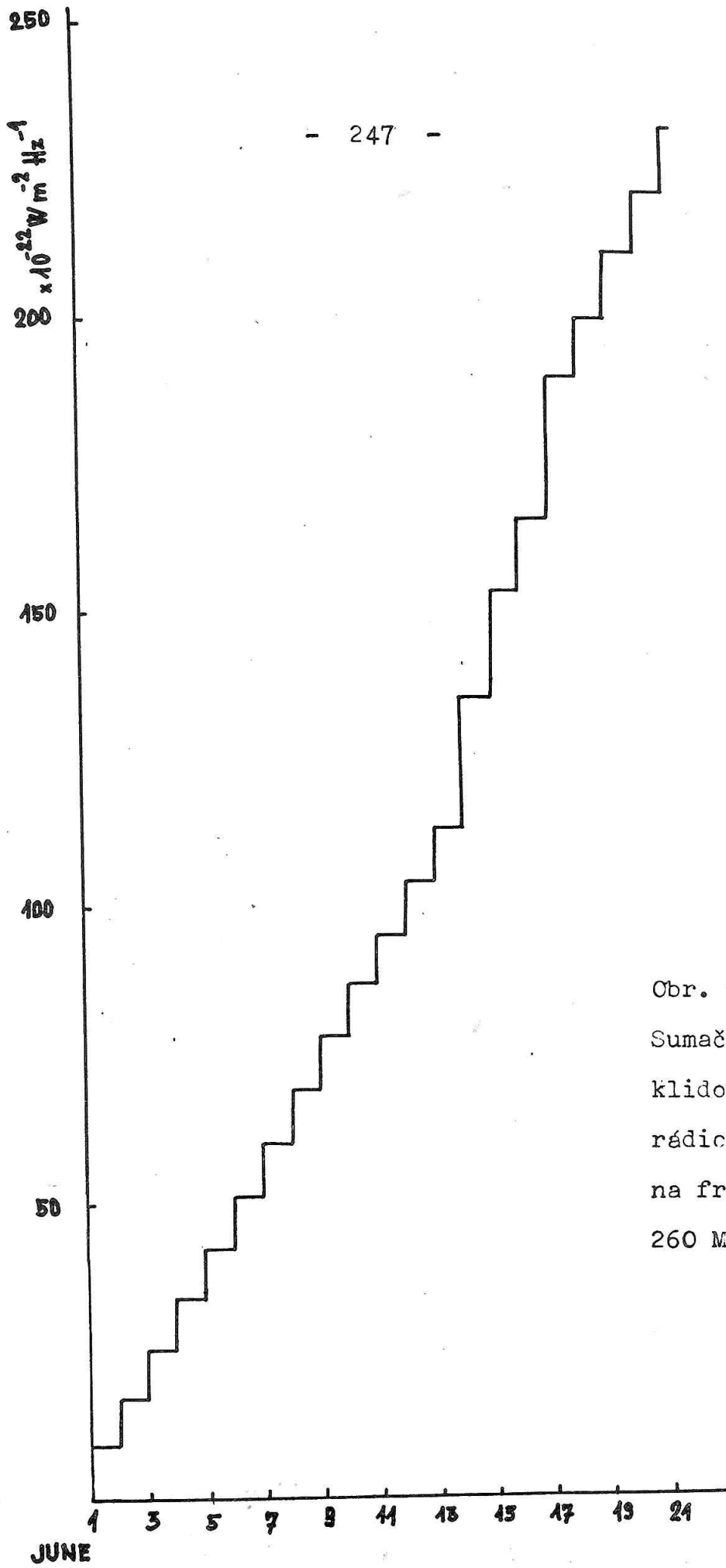
Nyní si všimneme, jak se v té době chovala klidová hladina rádiového toku na frekvencích 260 MHz / $\lambda = 115$ cm/ a 536 MHz / $\lambda = 56$ cm/. Byly použity záznamy pořizené na observatoři Ondřejov. Z denních hodnot klidových hladin byly opět sestrojeny sumační křivky. V jejich průběhu opět nalezneme výraznější vzestup v době maximální



Obr. 7
 Sumační křivka ploch
 skvrn v miliontinách
 sl. disku /celý
 komplex/



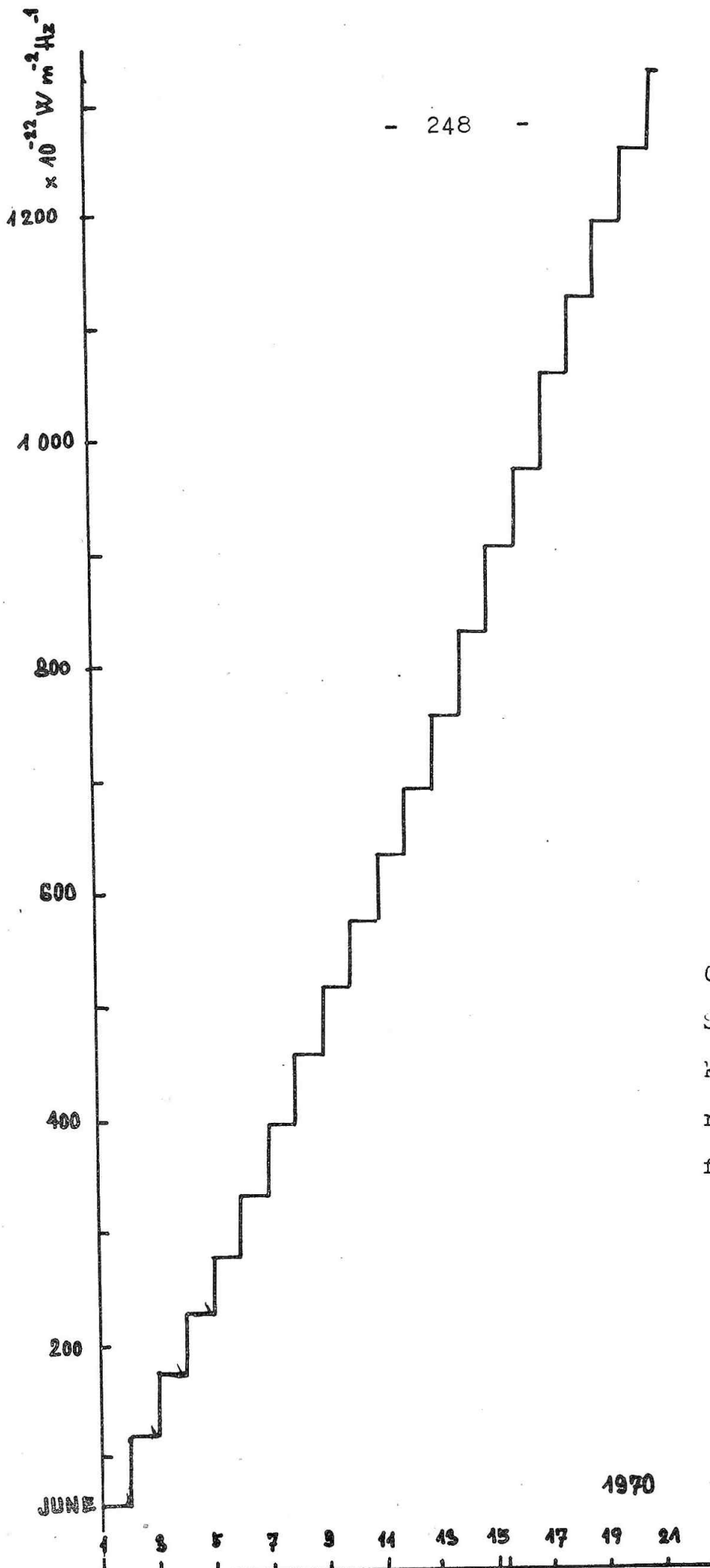
Obr. 8 Sumační křivka počtu skvrn /celý komplex/



Obr. 9
 Sumační křivka
 klidové hladiny
 rádiového toku
 na frekvenci
 260 MHz

JUNE

1970



Obr. 10
 Sumační křivka
 klidové hladiny
 rádiového toku na
 fr. 536 MHz

aktivity, t.j. 13. - 15. 6. /obr. 9 a 10/.

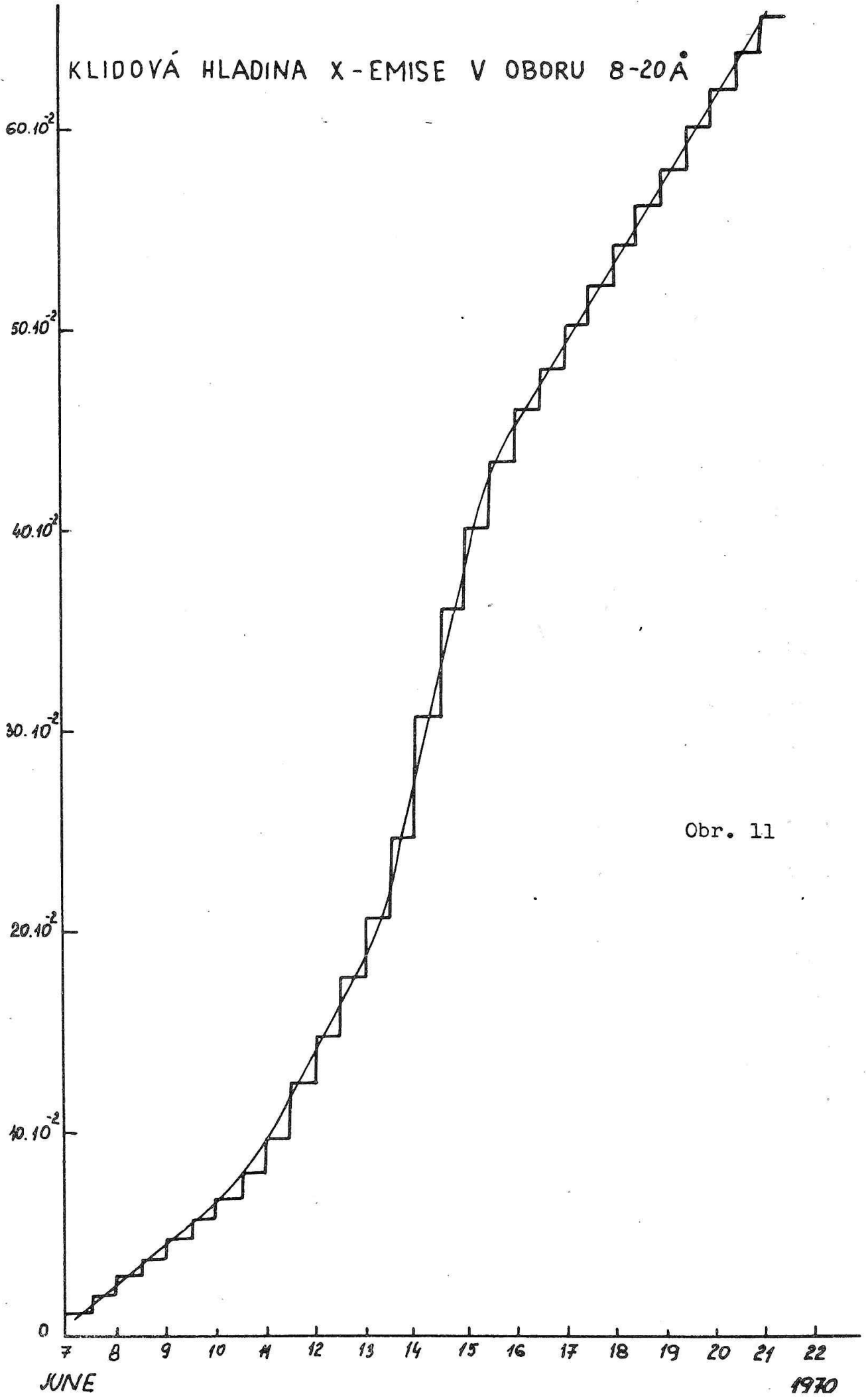
Zajímalo nás také, jak se v době maxima aktivity a kolem ní chová klidová hladina X- emise. Ke zjištění hladiny X- emise byly použity údaje ze Solradu 9 publikované v Solar Geophysical Data. Publikovanými křivkami pro rentgenové toky 1 - 8 Å a 8 - 20 Å jsme proložili klidové hladiny a odečetli jejich půldenní hodnoty. Z nich jsme sestrojili sumační křivky. Průběh sumačních křivek u obou toků opět odpovídá průběhu sumačních křivek erupční aktivity, t.j. v době od 13. - 15. 6. jsou sumační křivky klidových hladin X- emise podstatně strmější než v jiném období /obr. 11 a 12/. Z toho je vidět, že rentgen kolísá nejen přímo v době erupcí, ale že se mění s vývojem aktivních oblastí.

Vedle sumačních křivek nás zajímalo, jak korelují denní změny některých parametrů. Z denních hodnot magnetických gradientů a F- indexů byly určeny jejich denní změny a to jak pro každou aktivní oblast, tak pro celý komplex a z nich byly sestrojeny sumační křivky. Pro takto vzniklé křivky byly spočítány korelační koeficienty mezi denními změnami F- indexu a magnetických gradientů pro jed-

Obr. 11 Sumační křivka klidové hladiny X- emise v oboru
1 - 8 Å

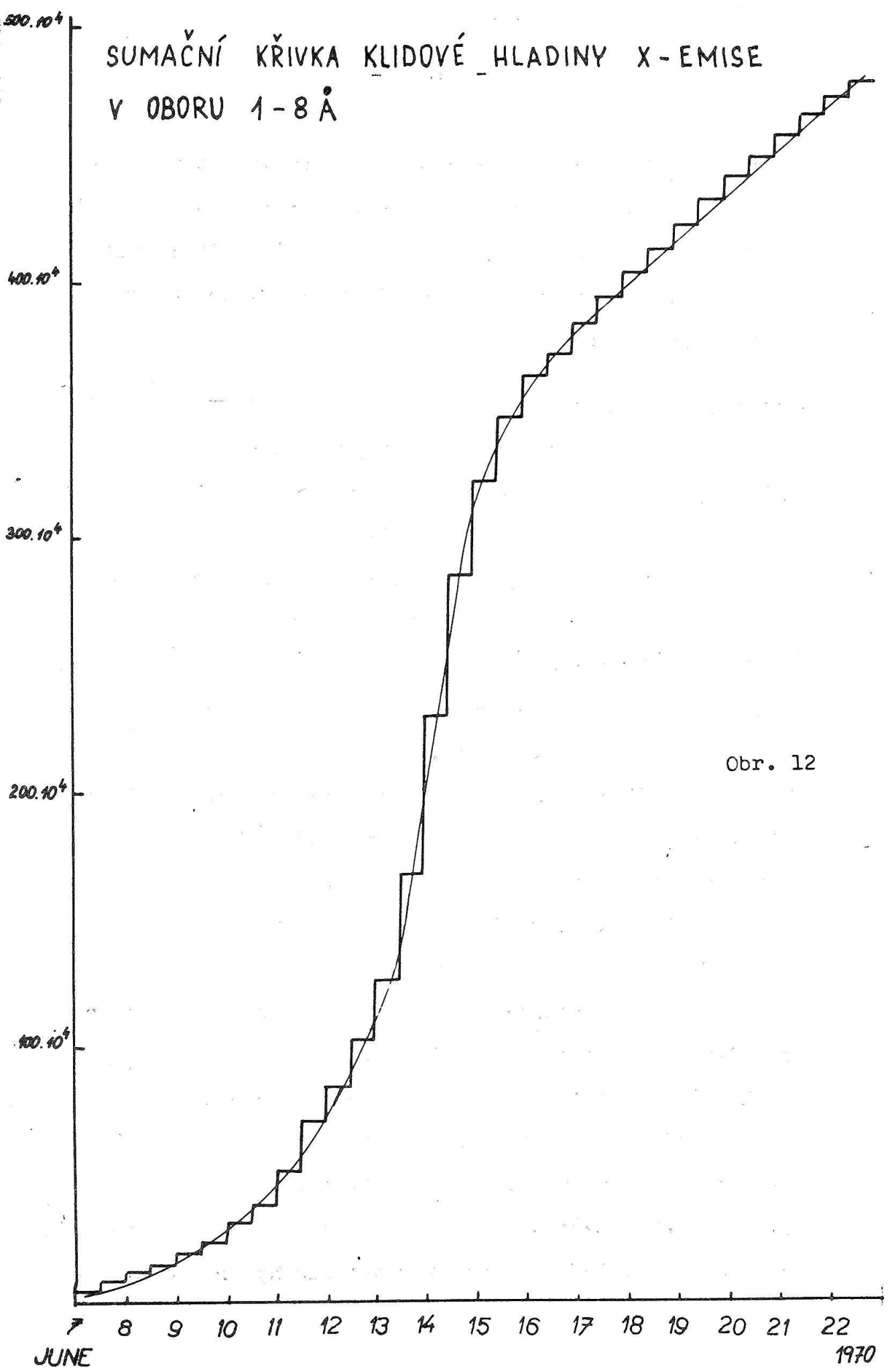
Obr. 12 Sumační křivka klidové hladiny X- emise v oboru
8 - 20 Å

KLIDOVÁ HLADINA X-EMISE V OBORU 8-20Å



Obr. 11

SUMAČNÍ KŘIVKA KLIDOVÉ HLADINY X-EMISE
V OBORU 1-8 Å



Obr. 12

notlivé aktivní oblasti a pro celý komplex. Rovněž byly mezi sebou porovnány sumační křivky denních změn F- indexu celého komplexu a magnetických gradientů aktivní oblasti McM 10789. Uvedu přehled korelačních koeficientů pro jednotlivé případy:

McM 10781 $r = -0,86$ pro zpoždění F- indexu o tři dny za magnetickým gradientem

McM 10789 $r = 0,94$ pro zpoždění magnetického gradientu 1 den za F- indexem

celý komplex - vzájemný vztah chybí, korelační koeficient byl velmi nízký

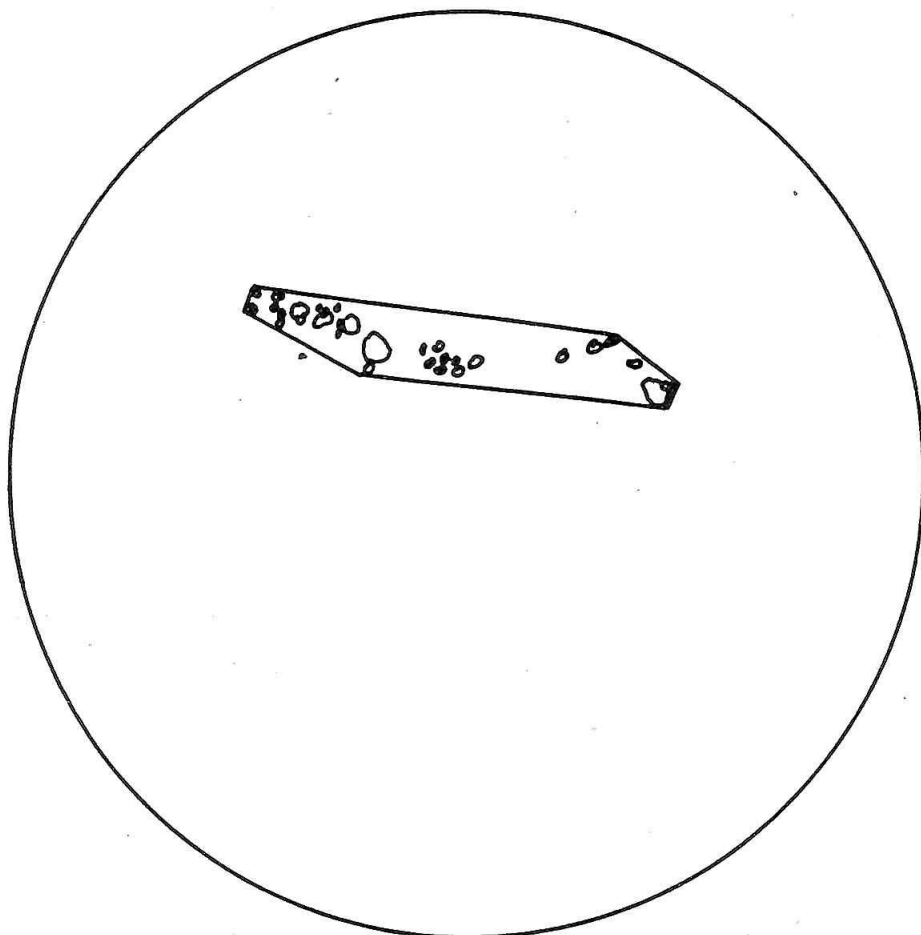
F- index celého komplexu a magn. gradient aktivní oblasti

McM 10789 $r = 0,95$ pro zpoždění magn. gradientu 1 den za F- indexem.

V aktivní oblasti McM 10780 bylo naměřeno velmi málo údajů, které nepostačují k určení korelačního koeficientu. Tato oblast je sice ve zkoumaném makrokomplexu, ale v době největší aktivity již zaniká. /Obr. k této části jsou publikovány v BAC - Marková, 1978/.

K dalšímu posuzování komplexu aktivních oblastí byly zavedeny nové indexy a to okamžitá hustota plochy skvrn a okamžitá hustota počtu skvrn a byl proveden pokus o zachycení efektu přibližování a rozchodu skvrn v komplexu. Jako základ uvažujeme plochu, které zahrnuje všechny skvrny. Skvrny zkoumaného komplexu v každém dni ohraničíme obálkou /obr. 13/ a určíme velikost plochy P touto obál-

kou uzavřené.



Obr. 13 Komplex skvrn uzavřený do obálky - princip měření jednotkové plochy

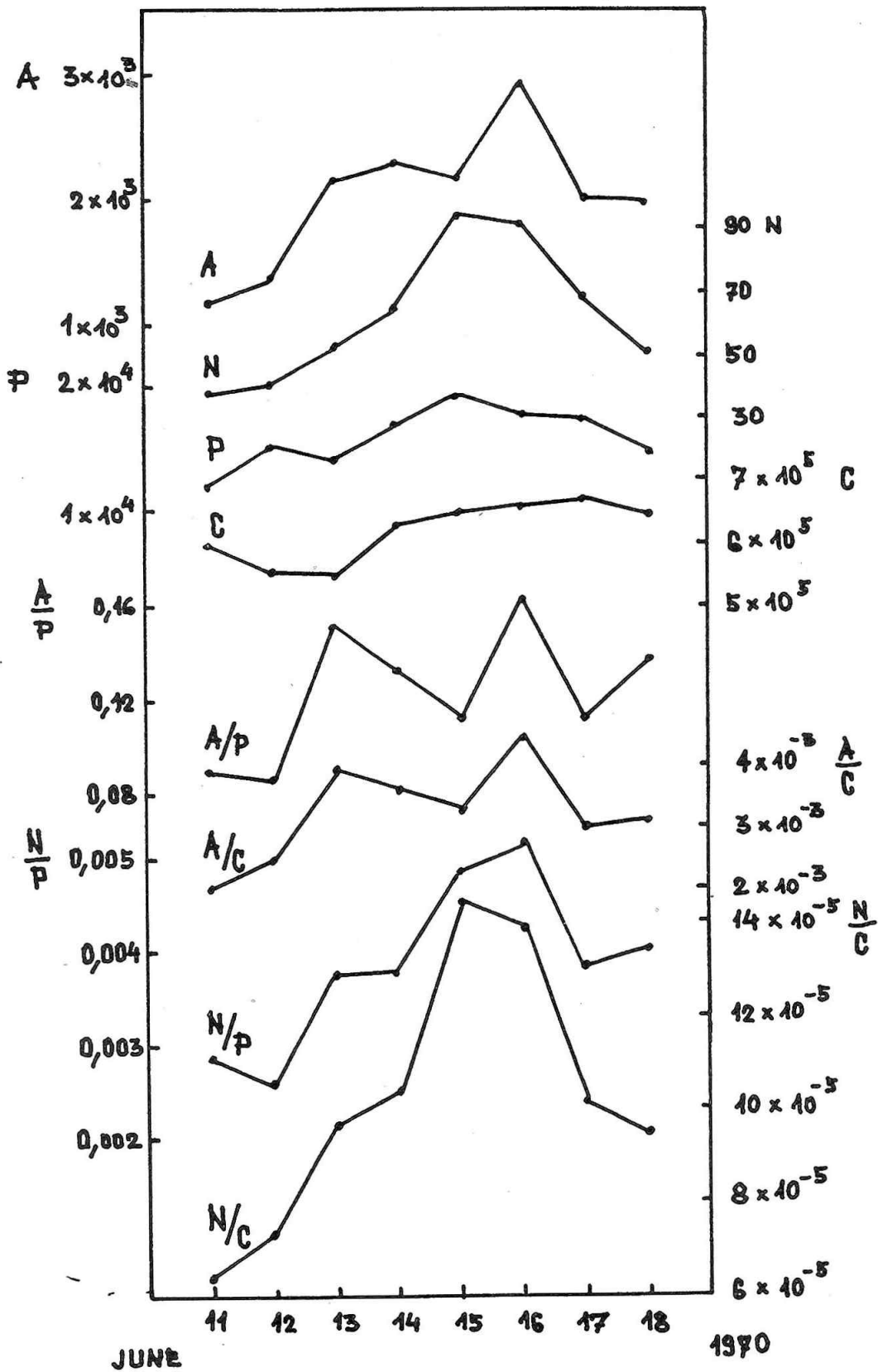
Jestliže A je plocha všech skvrn uzavřených v obálce, pak A/P je okamžitá hustota plochy skvrn v jednotkové ploše komplexu aktivity. Tento index zjistíme pro jednotlivé dny od východu do západu komplexu a dostaneme tak po-

sloupnost hodnot vyjádřujících změnu. Analogický index určíme na základě celkového počtu skvrn uzavřených v obálce. Počet skvrn uzavřených v obálce N dělíme plochou obálky P . Pak okamžitá hustota počtu skvrn je N/P .

Toto proměření a výpočet bylo provedeno pro komplex obsahující aktivní oblasti McM 10781 a McM 10789, vyskytující se v červnu 1970 /obr. 14/. Aktivní oblast McM 10780 v tomto měření nebudeme uvažovat, protože během zkoumaného období zaniká a v důsledku toho by mohlo dojít ke zkreslení výsledku.

Pro zjištění efektu přibližování a rozchodu skvrn v komplexu budeme sledovat průběh hodnot A /celková plocha skvrn v obálce/, N /celkový počet skvrn v obálce/ a P /plocha uzavřená - obálkou/ a porovnáme je mezi sebou /obr. 14/. Křivka P na obr. 14 představuje průběh hodnot ploch uzavřených obálkami. Tato křivka má v první části mírně rostoucí a ve druhé části mírně klesající tendenci. Z průběhu těchto křivek lze usoudit, že v počáteční fázi dochází k růstu hustoty plochy a počtu skvrn a ve druhé fázi jde o úbytek hustoty plochy a počtu skvrn v komplexu.

Obr. 14 Průběh hodnot plochy skvrn /křivka A /, počtu skvrn /křivka N /, plochy obálek /křivka P /, vzdáleností mezi vedoucí a poslední skvrnou /křivka C /, a indexů A/P /křivka A/P /, N/P /křivka N/P /, A/C /křivka A/C /, a N/C /křivka N/C / .



K největšímu nakupení skvrn na malé ploše došlo právě v době největší aktivity.

Nyní si určíme denní změny indexů A/P a N/P a sestrojíme sumační křivky těchto změn a porovnáme je se sumačními křivkami denních změn F- indexu. Zjistíme, že jak v případě indexu A/P tak v případě indexu N/P F- index dva dny tyto indexy předbíhá /Marková, 1978/.

Pro zjednodušení výpočtů a měření jsme se pokusili nahradit plochu obálky P vzdáleností C mezi první /t.j. vedoucí/ skvrnou aktivní oblasti McM 10781 a poslední skvrnou aktivní oblasti McM 10789. Aktivní oblast McM 10780 byla opět vypuštěna, protože, jak již bylo řečeno, v době maximální aktivity se rozpadá. K měření vzdáleností byly použity kresby fotosféry z 11. - 18. června 1970 /t.j. období, kdy byl celý komplex na disku/, pořizené v Ondřejevě. Na obr. 14 je vidět průběh vzdáleností C a průběh indexů A/C a N/C, což jsou indexy analogické indexům A/P a N/P, kdy ve výpočtech byla plocha P nahrazena vzdáleností C. Vidíme, že křivky mají podobný průběh, Určíme denní změny indexů A/C a N/C, sestrojíme sumační křivky a opět je porovnáme se sumačními křivkami denních změn F- indexu. F- index opět dva dny předbíhá indexy A/C a N/C, z čehož lze říci, že jsme při použití vzdáleností došli ke stejnému výsledku jako při použití ploch obálek /Marková, 1978/.

Obrovský vzrůst sumační křivky erupční aktivity 13. - 15. 6., t.j. v maximu sledovaného komplexu, svědčí o vý-

skytu protonových erupcí. Velmi slabý Forbuschův efekt byl zaznamenán 17. 6. - patří k erupci z 15. 6. a dále 18. 6. - patří k erupci z 16. 6. Z předchozích dnů nebyl Forbuschův efekt zaznamenán, přestože v ty dny se vyskytly největší erupce. Pátrali jsme mimo povrch Země a našli jsme velký vzestup kosmického záření 14. 6. v 18 00 UT. Patří k protonové erupci, které má uvedené maximum v Solar - Geophysical Data v 17 07 UT.

O výskytu protonových erupcí svědčí také U- typ rádiové emise. Byly použity snímky rádiového spektra pořizované na observatoři Weissenau /NSR/. Na této observatoři byly zaznamenány dva případy U- typu rádiové emise a to 12. 6. před 05 22 UT a 17. 6. před 06 37 UT. V Solar - Geophysical Data je 12. 6. uvedená protonová erupce s max. v 21 21 UT a vyskytla se v aktivní oblasti mimo zkoumaný komplex, 17. 6. žádná protonová erupce publikována není. Kromě toho oba případy U- typu rádiové emise byly zaznamenány mimo maximum erupční aktivity daného komplexu, v době maxima aktivity observatoř Weissenau U- typ rádiové emise nezaznamenala.

L i t e r a t ú r a

- Bumba, V., Křivský, L., Martres, M. J., Soru-Iscovici, I.: 1968, IAU Symp. No 35 /Budapest 1967/, Structure and Development of Solar Active Regions, ed. K. O. Kiepenheuer, Dordrecht-Holland, 1 p. 311
- Burov, V. A.: 1976, Soln. Dannye, 6, 63
- Kasinskij, V. V.: 1971, Solnečno-zemnaja fizika, 3, 296
- Kasinskij, V. V.: 1973, Issledovanija po geomagnetizme, aeronomii i fizike solnca, 26, 118
- Křivský, L., Obridko, V.: 1969, Solar Physics, 6, 418
- Křivský, L.: 1975, Bull. Astron. Inst. Czech., 26, 203
- Magnitnye polja solnečnych pjaten, 1970, 1-15 June and 16-30 June
- Marková, E.: 1978, Bull. Astron. Inst. Czech., 29
- Solar - Geophysical Data, 1970, 312/1, 315/2, 316/2, 317/2
- Soln. Dannye, 1970, 6
- Švestka, Z.: 1953, Bull. Astron. Inst. Czech., 4, 186

Emisná koróna 530,3 nm v 20. cykle slnečnej aktivity

V. RUŠIN, M. RYBANSKÝ, L. SCHEIRICH
Astronomický ústav SAV Lomnický štít

V predloženej práci predkladáme analýzu koronálnych údajov emisnej čiary 530,3 nm. Analýza sa prevádza na základe meraní získaných na koronálnej stanici Lomnický štít, za časové obdobie 1965 - 1976. Doterajšia časová a šírková zmena tvaru koróny a existencia dvoch maxím, sa plne potvrdzuje. Vývin intenzít má v mnohých prípadoch odlišný charakter na južnej ako na severnej pologuli.

Pre vysoké heliografické šírky, okolo 60° , nachádzame tretie maximum intenzít. Tento vzrast intenzít s časovým posuvom 4 - 5 rokov za druhým maximom, pozoruje sa temer vo všetkých heliografických šírkach na oboch pologuliach.

Úvod

Doterajší výskum emisnej čiary koróny 530,3 nm, ktorej pozorovanie sa systematicky vykonáva na viacerých koronálnych staniciach len za posledné tri slnečné cykly,

ukázal, že priemerné intenzity za určité zvolené časové obdobie v prvom priblížení sledujú priebeh vyrovnaných mesačných relatívnych čísel slnečných škvrn /Gentili di Giuseppe et al., 1966, Waldmeier, 1971 a iní / v priebehu cyklu. Sledované obdobie je zatiaľ veľmi krátke, aby sme mohli urobiť už dnes všeobecné zévery o vzťahoch emisnej koróna - relatívne čísla slnečných škvrn, prípadne iné prejavy slnečnej aktivity. Táto skutočnosť je podporovaná nielen dnes ešte nie úplne dokonalým pozorovaním emisnej koróny a najmä priestorového rozloženia jednotlivých koronálnych štruktúr v blízkosti slnečného límbu, ale pripájajú sa tu ďalšie fakty, ktoré sa definitívne odkryli v poslednej dobe. Máme tu na mysli existenciu dvoch maxím v priebehu cyklu /Gnevýšev, 1967/ a existenciu "Maunderovej minima" /Eddy, 1976/.

V súčasnom článku prinášame analýzu koronálnych dát zo stanice Lomnický štít.

Celkové intenzity čiary 530,3 nm

Podkladovým materiálom sú merania absolútnej intenzity emisnej čiary koróny 530,3 nm. Merania intenzít tejto čiary na našej koronálnej stanici sa pravidelne prevádzajú od 1. júla 1965 do súčasnej doby, takže máme k dispozícii merania temer pre celý cyklus slnečnej aktivity.

Intenzity tejto čiary sú získavané okolo celého límbu Sln-

ka, s krokom v pozičnom uhle 5° , so začiatkom na severnom póle Slnka a vo výške $40''$ nad fotosférou.

Od 1. januára 1970 bola síce zmenená fotometria koronálnych čiar /Rybanský, 1971/, ale pre súčasnú analýzu sme brali redukované údaje starých pozorovacích dát na novú škálu, ktoré previedol Rybanský /1972/. Takto máme na spracovanie relatívne homogénny rád koronálnych intenzít.

Zo získaných intenzít sme robili polročné priemery v každom pozičnom uhle. Súhrnné výsledky uvádzame v tabuľke 1. Vzhľadom na značnú /N - S/ asymetriu aktivity, ktorá sa pozorovala v rokoch 1959 - 1969 /Waldmeier, 1971/, uvádzame zvlášť údaje pre južnú pologuľu / S / a zvlášť pre severnú pologuľu / N /. Okrem toho, uvádzame ročné priemery ako pre južnú, tak aj pre severnú pologuľu.

Začiatok 20. cyklu podľa relatívneho čísla slnečných škvrn bol v októbri 1964 a koniec v apríli 1976 /Solar Geophysical Data, 1977/. Prvá hodnota vyrovnaného relatívneho čísla 100,6 pripadá na december 1967 a posledná hodnota väčšia ako 100, bola určená na august 1970. Maximálna hodnota relatívneho čísla - 110,6 - pripadla na november 1968. Maximum bolo teda vyrovnané a široké. Stúpajúca vetva 20. cyklu slnečnej aktivity prebiehala rovnomerne. Na zostupnej vetve sa vyskytli dve podružné maxima. Prvé z nich vrcholilo v apríli 1972, druhé v máji 1974. V prvom prípade vzrast relatívneho čísla voči najnižšej

Tabulka 1

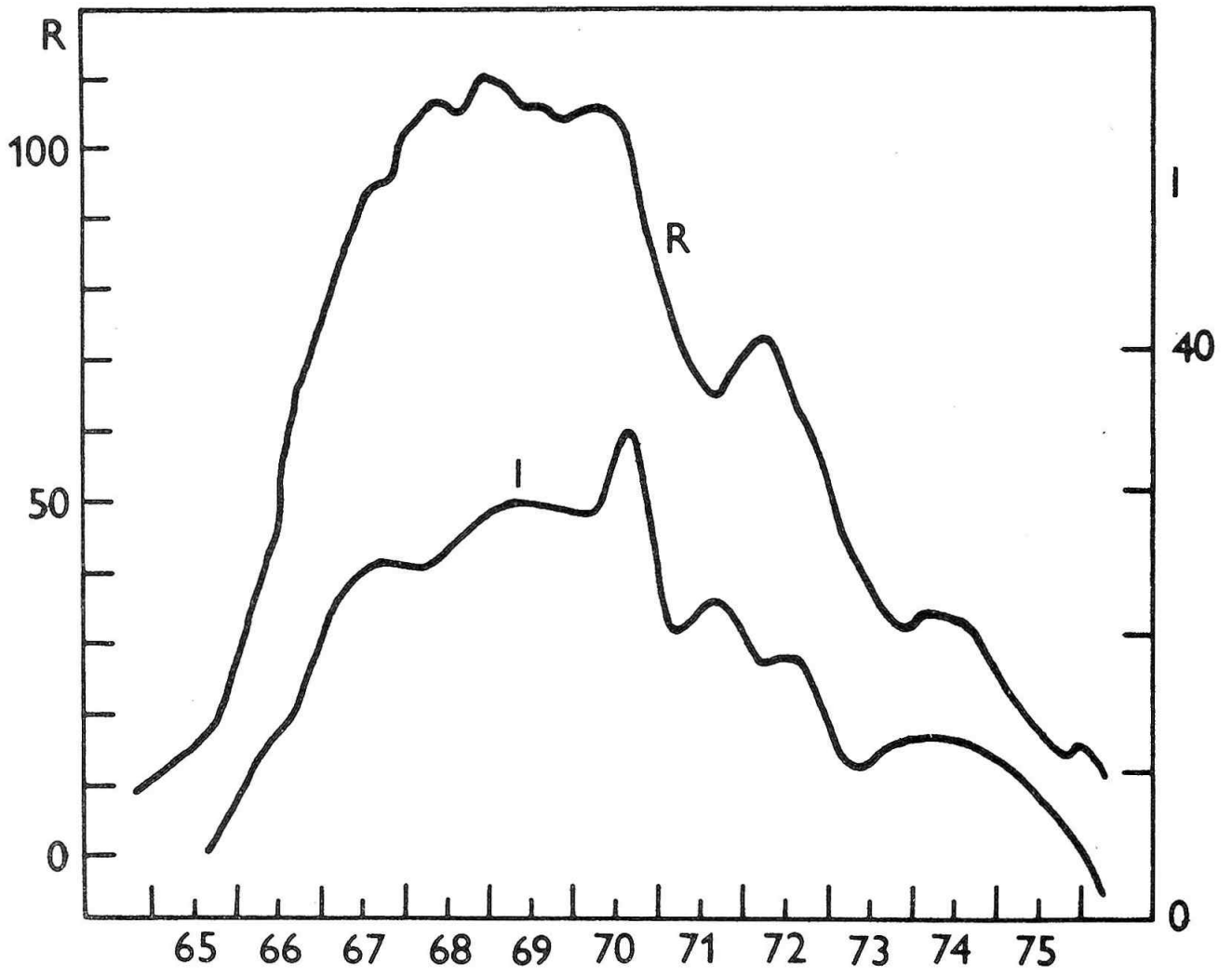
Celkové intenzity koróny 530,3 nm						
Rok	polročné			ročné		
	N	S	/N+S/	N	S	/N+S/
1965/2	142	69	211	142	69	211
1966/1	400	84	484			
1966/2	443	126	569	843	210	1053
1967/1	557	343	900			
1967/2	576	413	989	1133	756	1889
1968/1	493	488	981			
1968/2	549	535	1084	1042	1023	2065
1969/1	607	577	1184			
1969/2	586	577	1163	1193	1154	2347
1970/1	595	563	1158			
1970/2	856	516	1372	1451	1079	2530
1971/1	499	326	825			
1971/2	430	476	906	929	802	1731
1972/1	347	384	731			
1972/2	334	423	757	681	807	1488
1973/1	235	222	457			
1973/2	235	254	489	470	476	946
1974/1	237	314	551			
1974/2	198	320	518	435	634	1069
1975/1	232	224	456			
1975/2	129	141	270	361	365	726
1976/1	45	53	98	45	53	98

hodnote, ktoré sa pred týmto vzrastom určila, bol o 8,8. V druhom prípade o 3,1. Percentuálne pre oba podružné maximé je to okolo 10 %.

Priebeh vyrovnaných mesačných relatívnych čísel slnečných škvŕn a priemerných polročných hodnôt koronálnych intenzít je ukázaný na obrázku 1. Ukazuje sa, že súhlas priebehu oboch kriviek je viac než dobrý. S výnimkou vzrastu intenzity v druhom polroku 1971 voči prvému podružnému maximu relatívnych čísel, môžeme ku každému úseku priebehu krivky relatívnych čísel nájsť zodpovedajúci priebeh v intenzitách koróny.

Dá sa dokonca povedať, že v počiatočných fázach a v maxime cyklu, maximálne hodnoty intenzít koróny sa pozorujú po maximách v relatívnom čísle. Na zostupnej fáze je to naopak. Najprv sa pozoruje vzrast intenzít koróny a až potom zvýšenie relatívnych čísel. Maximálna hodnota strednej intenzity pripadá však až na druhú polovicu roka 1970, teda takmer 1,5 roka neskôr ako maximum relatív-

Obrázok 1 Časový priebeh vyrovnaných mesačných čísel slnečných škvŕn a priemerných intenzít /polročné hodnoty/ pre 20. cyklus slnečnej aktivity. Stupnica pre relatívne čísla je na ľavej strane grafu. Na pravej strane je stupnica pre koronálne intenzity.



Obr. 1

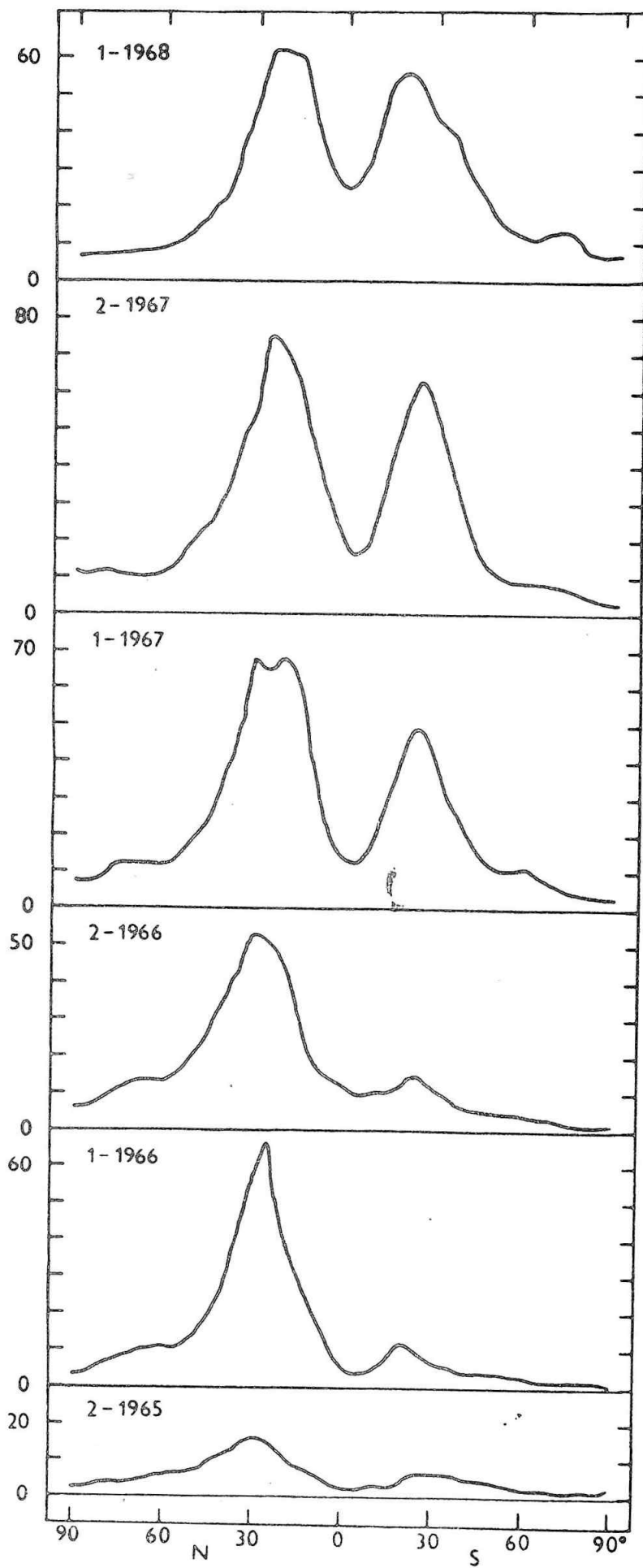
neho čísla. Takýto priebeh koronálnych intenzít v 20. cykle slnečnej činnosti je v protiklade s výsledkom, ktoré sa získali pre predchádzajúce dva cykly /Gentili di Giuseppe et. al., 1966/. V predchádzajúcich dvoch cykloch, maximálne intenzity sa pozorovali v koincidencii s maximum relatívnych čísel.

Zonálna štruktúra koróny

Variácie intenzít emisnej čiary koróny 530,3 nm v priebehu cyklu neprebiehajú len s časom, ale menia sa aj s heliografickou šírkou. Na tieto zákonitosti vývoja emisnej koróny v priebehu cyklu prvý poukázal Waldmeier /1941/. Šírkové rozdelenie vývoja intenzít koróny pre cyklus No. 20, je ukázané na obrázkoch 2a - 2d. Hlavná zóna sa pozoruje v nízkych heliografických šírkach nad zónou, kde sa pozorujú slnečné škvrny a flokulové polia. V druhej polovici roka 1965, maximum tejto zóny sa začína pozorovať v heliografických šírkach $\pm 30^{\circ}$. S časom, maximum tejto hlavnej zóny sa postupne posúva do nižších šírok a v druhej polovici roka 1975 definitívne končí na rovníku.

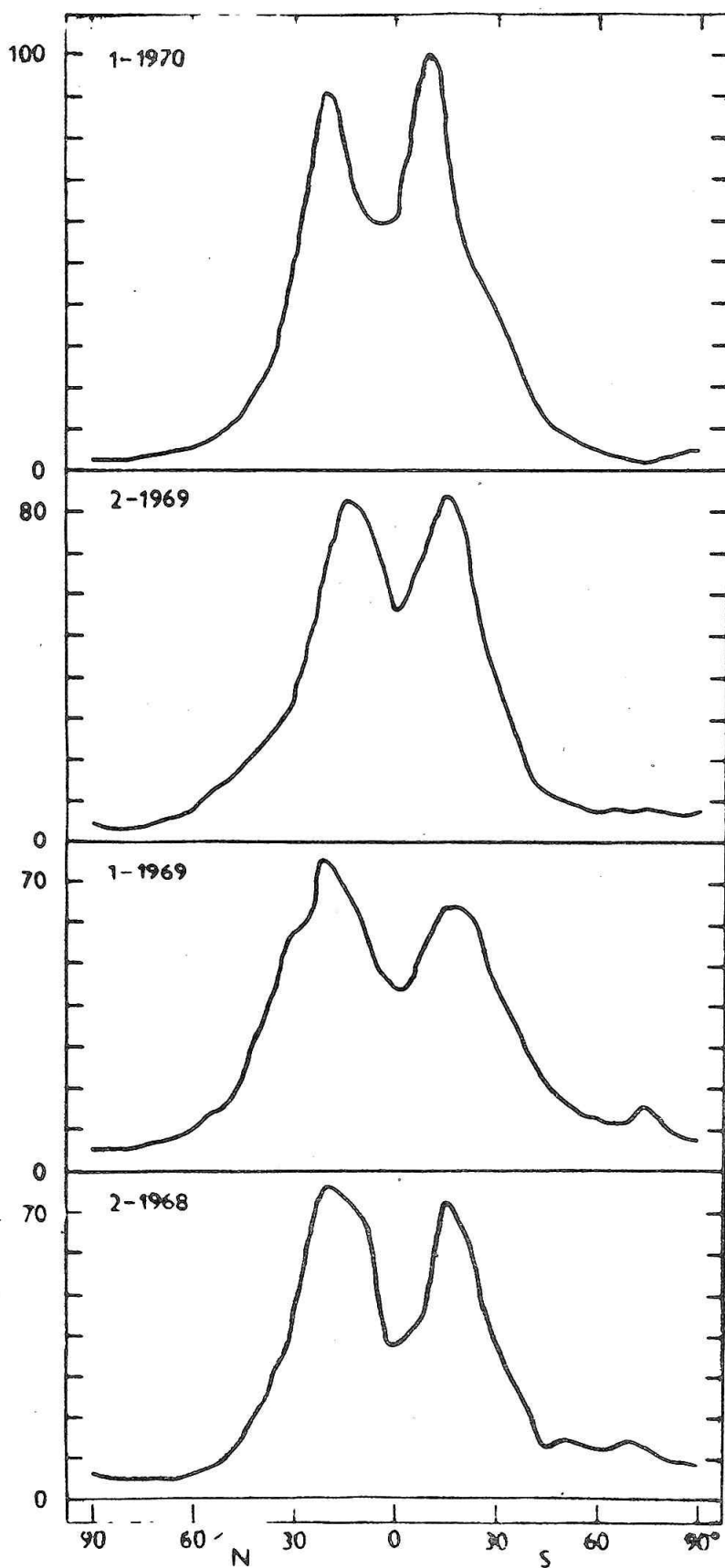
Vzrast intenzít v hlavnej zóne na severnej pologuli na začiatku cyklu bol veľmi rapídny. Po dosiahnutí určitej maximálnej hodnoty v druhej polovici roka 1967, nas-

Obrázok 2 /a/, /b/, /c/, /d/ šírkové rozdelenie intenzít čiary 530,3 nm pre jednotlivé polroky v časovom intervale 1965/2 - 1976/1.

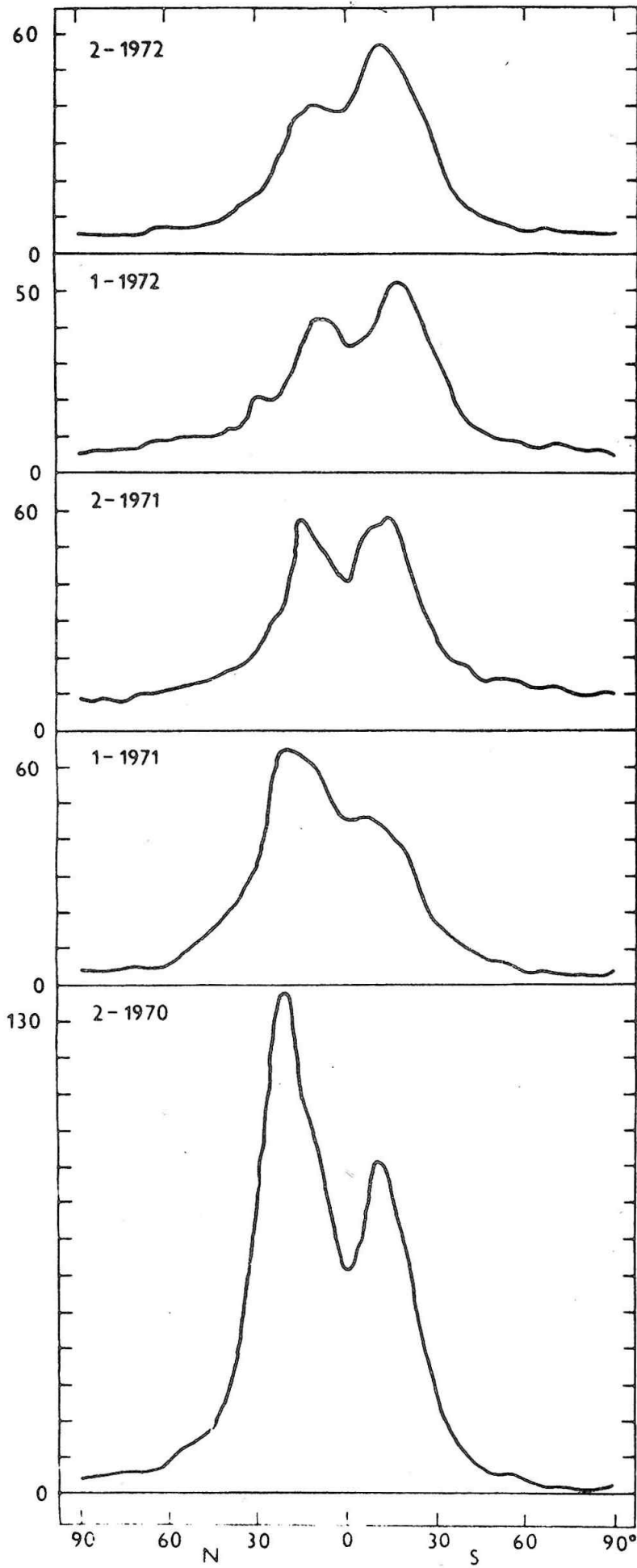


Obrázok

2 a

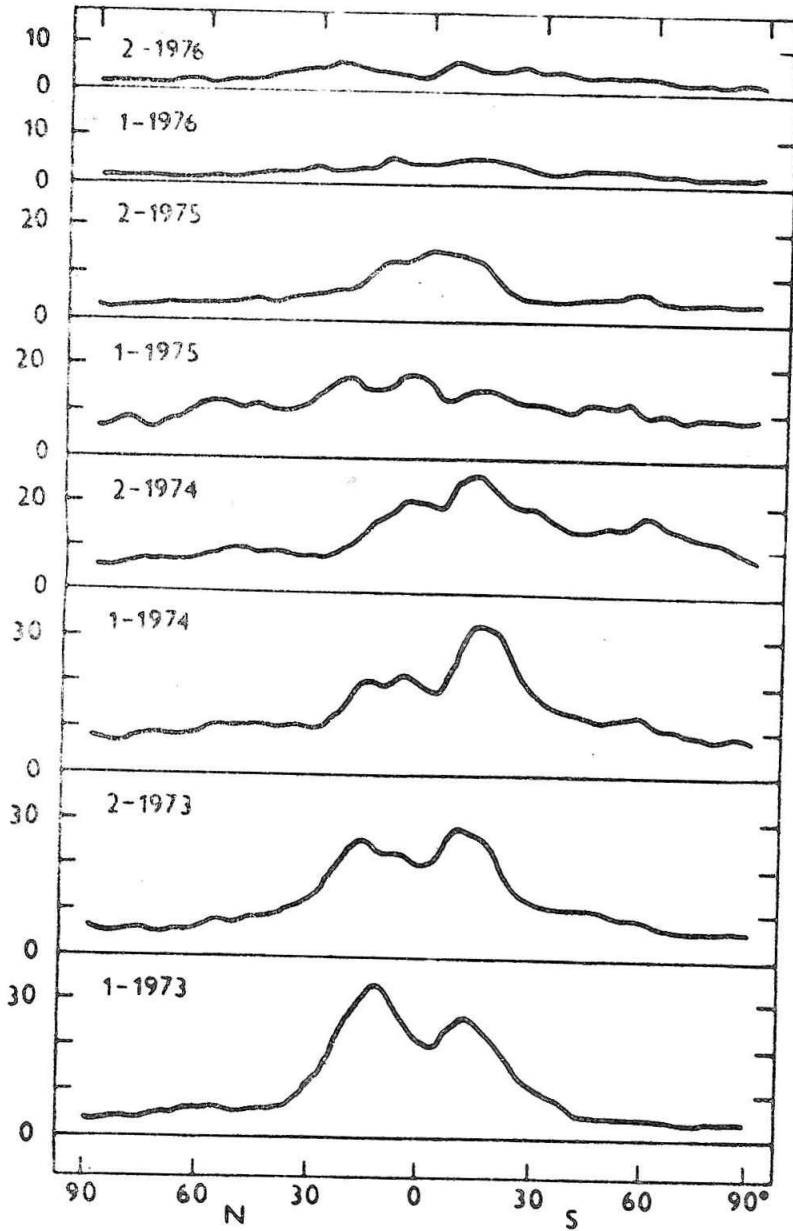


Obrazok 2 b



Obrazok

2 c



Obrázok 2 d

táva v prvej polovici roka 1968 mierny pokles, po ktorom nastáva opätovný vzrast intenzity do absolútneho maxima, ktoré bolo pozorované v druhej polovici roka 1970. Po tomto maxime nastáva pozvoľný pokles až do ukončenia cyklu. Výnimkou je prvý polrok 1975, v ktorom sa pozoruje určitý vzrast intenzít voči druhému polroku 1974.

Vývoj intenzít v hlavnej zóne na južnej pologuli, najmä čo sa týka časových variácií intenzít, je zložitejšie. Uvedme len tie, ktoré pokladáme za najdôležitejšie. Vzrast intenzít v hlavnej zóne na začiatku cyklu je oveľa pomalší ako na severnej pologuli v rovnakom časovom období. Vyrovnanie nastáva až v druhej polovici roka 1967. V tomto období tu intenzity dosahujú určité maximálne hodnoty, po ktorých nastáva v prvej polovici roka 1968 mierny pokles. Absolútne maximum intenzít sa pozoruje v prvej polovici roka 1970, teda o pol roka skôr ako na severnej pologuli. Potom nastáva pozvoľný pokles intenzít s podružnými maximami v druhej polovici roka 1972 a v prvej polovici roka 1974.

Pre obidve pologule je veľmi charakteristický náhly pokles intenzít, ktorý nastal medzi druhou polovicou roka 1970 a prvou polovicou roka 1971. Tento pokles, o ktorom sme sa spočiatku domnievali, či nebol spôsobený práve zmenou fotometrie koronálnych čiar /Rybanský 1971/, nebol náhodný, ani spôsobený zmenou fotometrie. Rápidny úbytok v počte slnečných škvŕn, intenzity rádiového žiarenia a pre calcium plages, pre toto obdobie uvádza Dodson a Hedeman

/1975/.

Druhou zónou, kde sa pozorujú variácie intenzít, sú oblasti vysokých heliografických šírok. Intenzity koróny v tejto polárnej zóne sú všeobecne nižšie ako v hlavnej zóne, zato variácie, zdá sa, sú častejšie. Na severnej pologuli oblasť zvýšenej intenzity sa začína pozorovať v heliografickej šírke 60° v prvej polovici roka 1966 a s priebehom času sa postupne posúva smerom k pólu. V druhej polovici roka 1967 sa pozoruje v šírke 80° . V ďalšom polroku sa už nepozoruje. Ďalšie vetvy zvýšených intenzít v tejto polárnej zóne sa začínajú pozorovať v druhej polovici roka 1970 a v prvej polovici roka 1972 v heliografických šírkach okolo 60° . Časové trvanie prvej vetvy je pomerne krátke: končí už v roku 1971. Druhá vetva je pozorovateľná ešte v roku 1975.

Na južnej pologuli prvá oblasť zvýšenej intenzity sa začína pozorovať v prvej polovici roka 1966 v heliografickej šírke okolo 50° . V rokoch 1968 - 1969 je táto vetva výraznejšia ako vetva na severnej pologuli. Zánik tejto vetvy môžeme datovať v prvej polovici roka 1970, skoro pri samotnom póle. Ďalšie vetvy začínajú v druhých polrokoch 1970 a 1971. Postupne smerujú k pólu a asi po dvoch rokoch zanikajú rovnako ako oblasti zvýšených intenzít, začínajúcich v druhej polovici roka 1973 a v prvej polovici roka 1975.

Medzi hlavnou zónou a polárnymi zónami, v ktorých sa

v priebehu cyklu oblasti zvýšených intenzít objavia 3 - 4 krát a postupne smerujú k pólom, v stredných heliografických šírkach pozorujeme minimálne intenzity. Jednotlivé oblasti zvýšených intenzít boli lepšie pozorovateľné v južnej ako v severnej polárnej zóne.

Kolko maxim má koróna počas cyklu ?

Ako ukázal Gnevyšev /1967/ vo svojej práci o tomto probléme, v priebehu cyklu slnečnej aktivity môžeme v emisnej koróne pozorovať dve maxima. Prvé maximum sa pozoruje v heliografických šírkach okolo $\pm 25^{\circ}$ a temer v koincidenzii aj s výskytom maximálneho relatívneho čísla slnečných škvrn. Druhé maximum korónálnych intenzít sa pozoruje v heliografických šírkach okolo $\pm 10^{\circ}$ a nastáva 2 - 3 roky po výskyte prvého maxima v koróne. Tieto jeho závery pre 19. cyklus slnečnej činnosti boli potvrdené novšími údajmi z koróny za 20. cyklus ako prácami iných autorov /Pathak, 1972; Supermann a Sternlieb, 1972/ tak aj ním samým /Gnevyšev, 1977/.

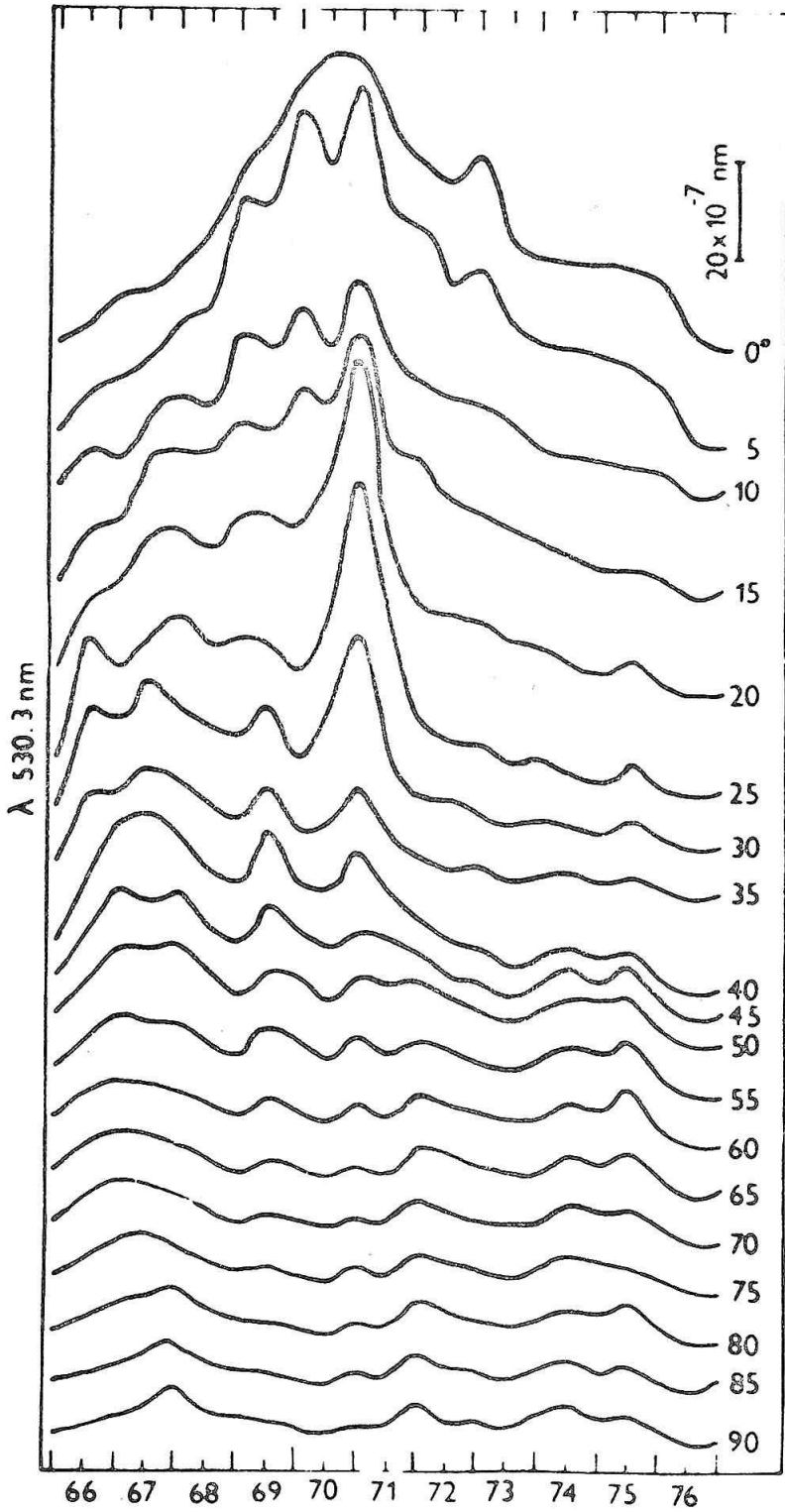
Celá rada ďalších autorov našla dva maxima výskytu aj pre iné prejavy slnečnej činnosti alebo v geomagnetických efektoch. Ich úplný zoznam môžeme nájsť práve v Gnevyševovej práci /1977/. hypotetické vysvetlenie problému dvoch maxim v koróne, dáva Yoshimura /1977/ do súvislosti

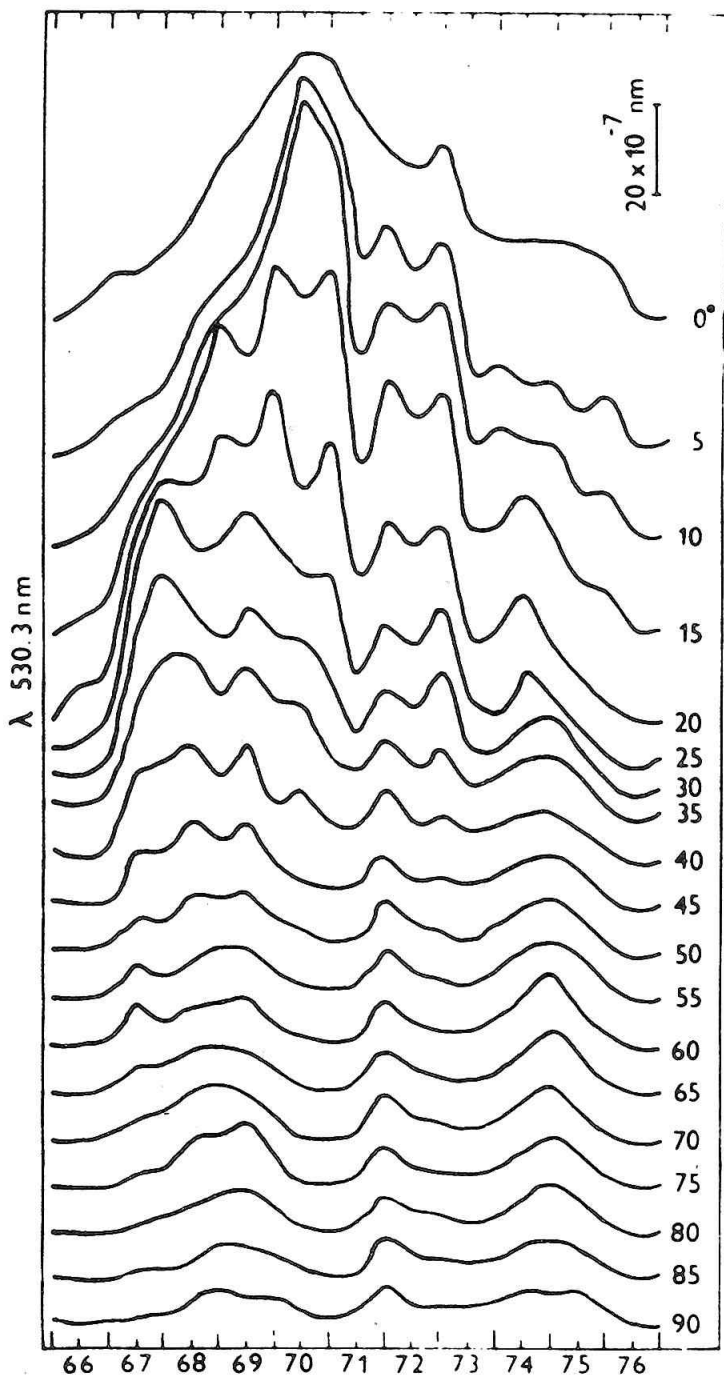
s vývojom všeobecného magnetického poľa Slnka.

Vráťme sa teraz k výsledkom našich pozorovaní emisnej koróny 530,3 nm za 20. cyklus. Výsledky pre severnú pologuľu sú uvedené na obrázku 3 a pre južnú pologuľu na obrázku 4. Ak odhliadneme od mikrovariácií, potom na základe týchto dvoch obrázkov môžeme povedať, že v 20. cykle sa pozorovali tri maxima výskytu intenzít koróny. Prvé maximum sa pozoruje v stredných heliografických šírkach. Pre severnú pologuľu je to v šírkach okolo 25° - 30° v prvej polovici roka 1957. Mimoriadne vysoké intenzity koróny v druhej polovici roka 1970 však toto maximum v týchto šírkach prevyšujú a posúvajú ho do širok okolo 35° - 40° . Pre južnú pologuľu toto maximum sa pozoruje v druhej polovici roka 1957 v šírkach okolo 25° - 30° . Druhé maximum sa pozoruje v nízkych heliografických šírkach. Na severnej pologuli sa pozoruje v druhej polovici roka 1970 v šírkach okolo 20° , kým na južnej pologuli toto maximum sa pozoruje v prvej polovici roka 1970 v šírkach okolo 10° .

Obrázok 3 Variácie intenzít korónálnej čiary 530,3 nm pre jednotlivé šírky na severnej pologuli v časovom intervale 1955 /druhý polrok/ - 1976. Vertikálna čiara vpravo hore označuje škálu intenzít.

Obrázok 4 To isté ako pre obrázok 3, ale pre južnú pologuľu.





Obz. 4

Pri tomto maxime dosahujú intenzity koróny maximálnych hodnôt. Tretie maximum výskytu intenzít pre obe pologule sa pozoruje v heliografických šírkach okolo 60° . Pre južnú pologuľu, kde jeho výskyt je oveľa výraznejší ako na severnej pologuli, pripadá na druhú polovicu roka 1974. Na severnej pologuli tento jav nastáva akoby v dvojnásobne: a to v prvej polovici rokov 1974 a 1975. V druhej polovici roka 1974 je pozorovaný pokles. Intenzity v tomto poslednom maxime sú oveľa menšie ako v predchádzajúcich dvoch prípadoch, ale voči intenzitám v rovnakých heliografických šírkach v inom časovom období, predsa len najväčšie.

Je zaujímavé, že na južnej pologuli počas druhého maxima, vzrast intenzít nenastáva vo všetkých šírkach, ale od šírky -45° smerom k pólu, pozorujeme pokles. Naopak, v druhej polovici roka 1971, s výnimkou rovníka, pozorujeme vzrast intenzít vo všetkých šírkach. Okrem toho, v druhej polovici roka 1972, pozorujeme od širok -45° smerom k rovníku opäť výrazný vzrast intenzít. Na severnej pologuli vzrast intenzít pre toto časové obdobie je veľmi nepatrný, ba v niektorých šírkach nijaký.

Na severnej pologuli počas druhého maxima pozorujeme vzrast intenzít vo všetkých heliografických šírkach. Obdobne je tomu pri treťom maxime. Vzrast intenzít sa pozoruje na oboch pologuliach temer vo všetkých šírkach.

Záverové poznámky

Z prevedenej analýzy vyplýva, že vývoj intenzít koróny na severnej pologuli bol spravidla odlišný ako na južnej pologuli. Za jednu z najpozoruhodnejších odlišností považujeme dva prudké poklesy / medzitým bol určený vzrast / intenzít na južnej pologuli - z druhej polovice roka 1970 do prvej polovice roka 1971 a potom z roku 1972 do prvej polovice roka 1973, kým na severnej pologuli sme obdobný jav pozorovali len v prvom časovom intervale. Ďalej k tomu priradujeme nerovnomerný časový a šírkový vývoj intenzít na jednotlivých pologuliach.

Výskyt tretieho maxima /snáď by bol vhodnejší výraz "tretí impulz aktivity"/ asi dva roky pred ukončením cyklu, veľmi dobre koinciduje so vzrastom relatívnych čísel slnečných škvrn a iných prejavov aktivity /Dodson a Hedeman, 1975/, takže považujeme tento úkaz za reálny. Môže vzniknúť otázka, či toto zvýšenie intenzít koróny, pozorované temper vo všetkých heliografických šírkach, nie je totožné so záverom Millingsa /1966/, podľa ktorého, niekoľko rokov pred začiatkom nového cyklu dochádza k zvýšenej emisii v 530,3 nm vo vysokých heliografických šírkach, alebo je vlastné len tým cyklom, ktorých priebeh relatívnych čísel je podobný, aký bol v cykle No. 20. V doterajšej histórii, cykly s podružnými maximami sa pozorovali už viackrát /Waldmeier, 1961, Dodson a Hedeman, 1975/. My sa domnievame, že takéto zvýšenie, aké sa pozorovalo v cykle No. 20,

je charakteristické len pre tie cykly, ktoré majú podobný priebeh relatívnych čísel ako 20. cyklus a nie je teda totožné so záverom Billingsa.

Intenzity emisnej čiary koróny 530,3 nm, sú vlastne odozvou na činnosť pod ňou ležiacich vrstiev. Ich nerovnomerný vývoj a rôzne variácie v priebehu cyklu, spolu s ďalšími variáciami pozorovanými v slnečnej aktivite, ako ukázali napríklad Waldmeier /1961/, Eddy /1976/, Roy /1977/ a iní, ukazujú na zatiaľ nevysvetlené veľko a mikro škálove deje v jadre Slnka.

O b s a h

Zoznam účasníkov	2
Slnečná aktivita /Ľ. Pajduškové/	4
Slunce a jeho geoaktivizující emise /P. Ambrož/	12
Změna synodické rotační periody během slunečního cyklu a rekurentní geomagnetické aktivita /V. Letfus, S. K. Apostolov/.....	44
Slnečná aktivita a poruchovosť geomagnetického poľa v období 17.-20. slnečného cyklu /S. Krajčoviš, L. Křivský/.....	55
Slneční jevy před geomagnetickými bouřemi během světo- vého retrospektivního intervalu 20. 3.-5. 5. 1976 /J. Hulénka/	75
Vysokorychlostné toky slnečného vetra a 27- denné variá- cia geomagnetického poľa /A. Prigancová/	83
Vzťah emisnej zelenej koróny a geomagnetických búrok /L. Lukáč/	102
Effekty přechodu sektorové hranice meziplanetárního mag- netického pole v atmosféře země na výškách 0-100 km v zi- mě /J. Laštovička/	122
Slnečná činnosť a pozemské klíma /M. Kybanský/	134
Rigiditné spektré protónov slnečného kozmického žiaren- ia na hranici zemskej atmosféry v 20- tom cykle slneč- nej aktivity /J. Ilenčík/	143
Vzrast slnečného kozmického žiarenia 22. nov. 1977 /J. Ilenčík/	161

Výskum vzťahov Slnko - Zem v ČSSR - KAPG, SCOSTEP

/J. Sýkora/	175
Změny strukturální a sporadické složky frekvence vel- kých skupin slunečních skvrn v cyklu 19 /P. Kotrč/	184
Erupčné činnosť v 20. cykle slnečnej aktivity /Š. Knoška, L. Křivský/	202
K radiovým vlastnostem protonové oblasti červen - čer- venec 1974 /Le Bach Yen/	208
Sluneční aktivita 13.-15. 6. 1970 v aktivních oblastech McMath 10780, 10781 a 10789 /E. Marková/	233
Emisné koróna 530,3 nm v 20. cykle slnečnej aktivity /V. Rušin, M. Rybanský, L. Scheirich/	259

Vydalo: Slovenské ústredie amatérskej astronómie Hurbanovo

Názov: Slnečná aktivita a jej geoaktívne prejavy

Za publikáciu zodpovedá: Milan Bélik, riaditeľ SÚAA

Zostavil: RNDr. Bohuslav Lukáč

Recenzia: RNDr. Július Sýkora, CSc. a ing. Štefan Knoška, CSc.

Technický redaktor: Martin Brezina

Obálku navrhol: Teodor Pintér

Náklad: 1000 ks

Rok vydania: 1979

Za jazykovú úpravu zodpovedajú autori

Vytlačili: Západoslovenské tlačiarne, n.p. prevádzka Komárno

Účelová publikácia

Číslo: MK 821/1973 - osv.