

Geomagnetická aktivita je důsledkem sluneční činnosti

Pavel Hejda a Josef Bochníček

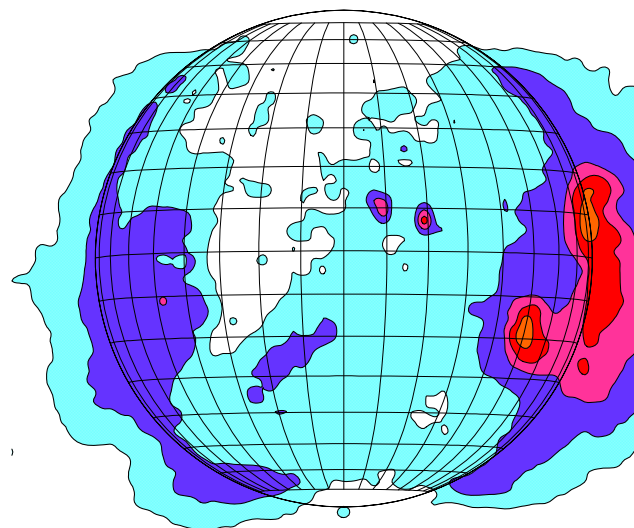
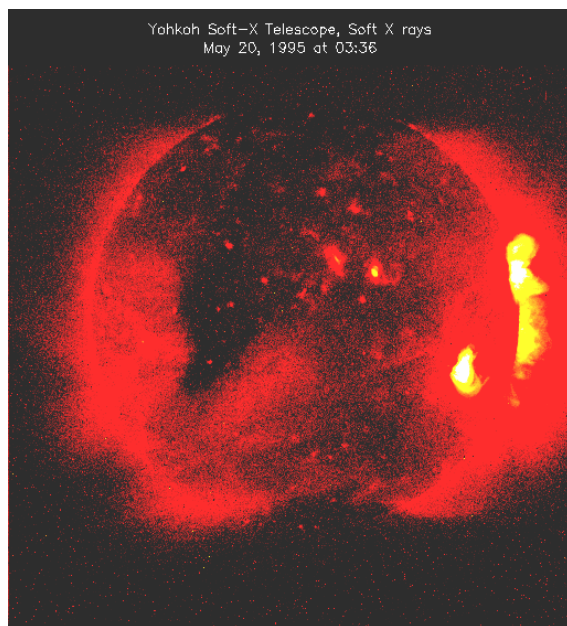
Úvod

Geomagnetická aktivita je důsledkem sluneční činnosti.

Příčinou geomagnetických poruch jsou buď vysokorychlostní proudy slunečního větru vycházející z koronálních děr nebo výrony koronální hmoty.

Koronální díry

Koronální díry se na snímcích v oblasti měkkého roentgenova záření pořízených z dat satelitu YOHKOH jeví jako oblasti velmi nízké intenzity.



20-MAY-95

03:35:38

Obr. 1 Snímek slunečního disku v oblasti měkkého roentgenova záření pořízený družicí YOHKOH a digitální zpracování do vrstevnicové mapy.

Koronální díry

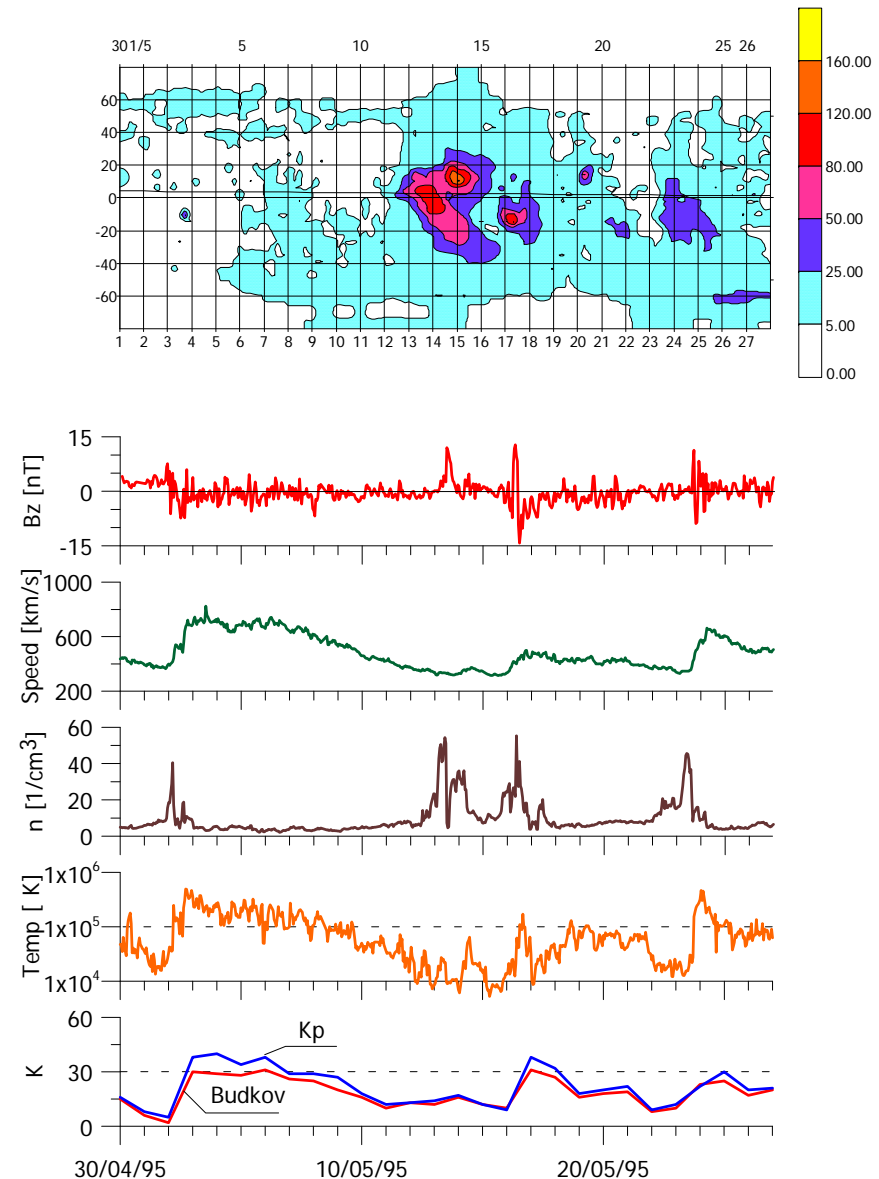
Koronální díry jsou hlavní příčinou poruch geomagnetického pole v sestupné fázi slunečního cyklu a okolo slunečního minima. Vzhledem k poměrné stabilitě těchto útvarů se situace často opakuje v následující sluneční rotaci, tj. po dvaceti sedmi dnech.

Synoptické mapy koronálních děr sestrojené z jednotlivých snímků satelitu YOHKOH a doplněné o grafy relevantních parametrů slunečního větru a K indexů geomagnetické aktivity ukazují, že rychlost proudů slunečního větru závisí na poloze koronálních děr na slunečním disku, na jejich velikosti a tvaru. Oblasti minimální intenzity měkkého roentgenova záření související s vysokorychlostními proudy slunečního větru mají obvykle tvar písmene V otevřeného směrem k pólu. Vysokorychlostní proud se dostane do kontaktu se zemskou magnetosférou přibližně za tři a půl dne po průchodu koronální díry centrálním slunečním meridiánem. To je doba, za kterou urazí sluneční vítr o rychlosti 600 km/s dráhu od Slunce k Zemi. Koncentrace iontů i amplituda severo-jížní komponenty meziplanetárního magnetického pole na čele vysokorychlostního proudu roste. Protonová teplota překračuje hodnotu 10^5 K.

Koronální díry

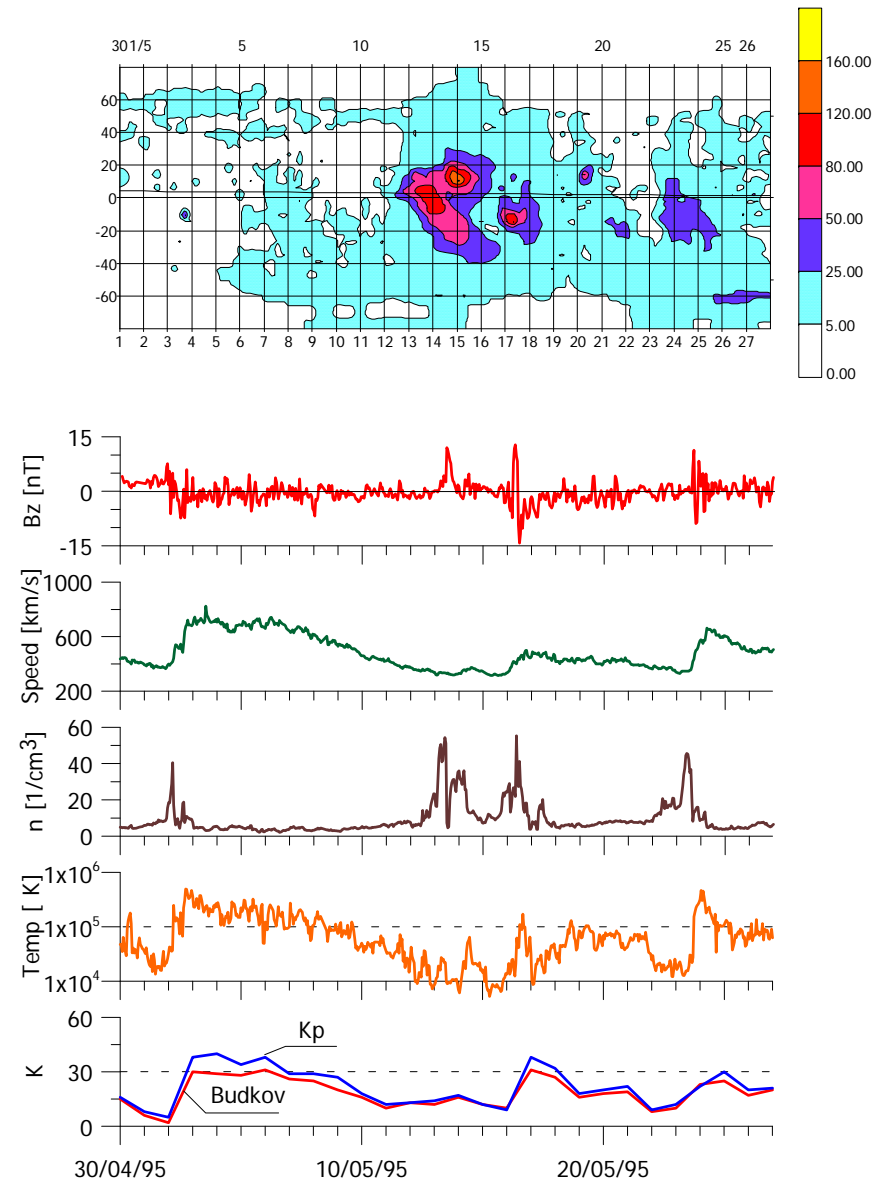
Obr. 2 Jevy na Slunci typické pro období okolo slunečního minima a geomagnetická aktivita.

V horní části je ukázána synoptická mapa Slunce pro jednu sluneční rotaci (27 dní) s koronálními dírami a aktivními oblastmi, sestavená z jednotlivých snímků satelitu YOHKOH. Grafy (shora dolů) ukazují severo-jížní složku meziplanetárního magnetického pole, rychlost, hustotu částic a teplotu slunečního větru v libračním bodě L1 (1,5 mil. km od Země. Dolní graf ukazuje geomagnetickou aktivitu vyjádřenou ve formě sumy K-indexů. Planetární indexy, Kp (modrá křivka), jsou o něco vyšší než indexy z observatoře Budkov (červená křivka).



Koronální díry

Obrázek ukazuje, že příčinou zvýšení geomagnetické aktivity jsou jak koronální díry (světlé oblasti nízké intenzity měkkého roentgenova záření) tak aktivní oblast (12 – 14. května). Časový interval mezi průchodem koronální díry nebo aktivní oblasti centrálním poledníkem a odezvou v magnetosféře je 2 až 4 dny v závislosti na rychlosti slunečního větru.



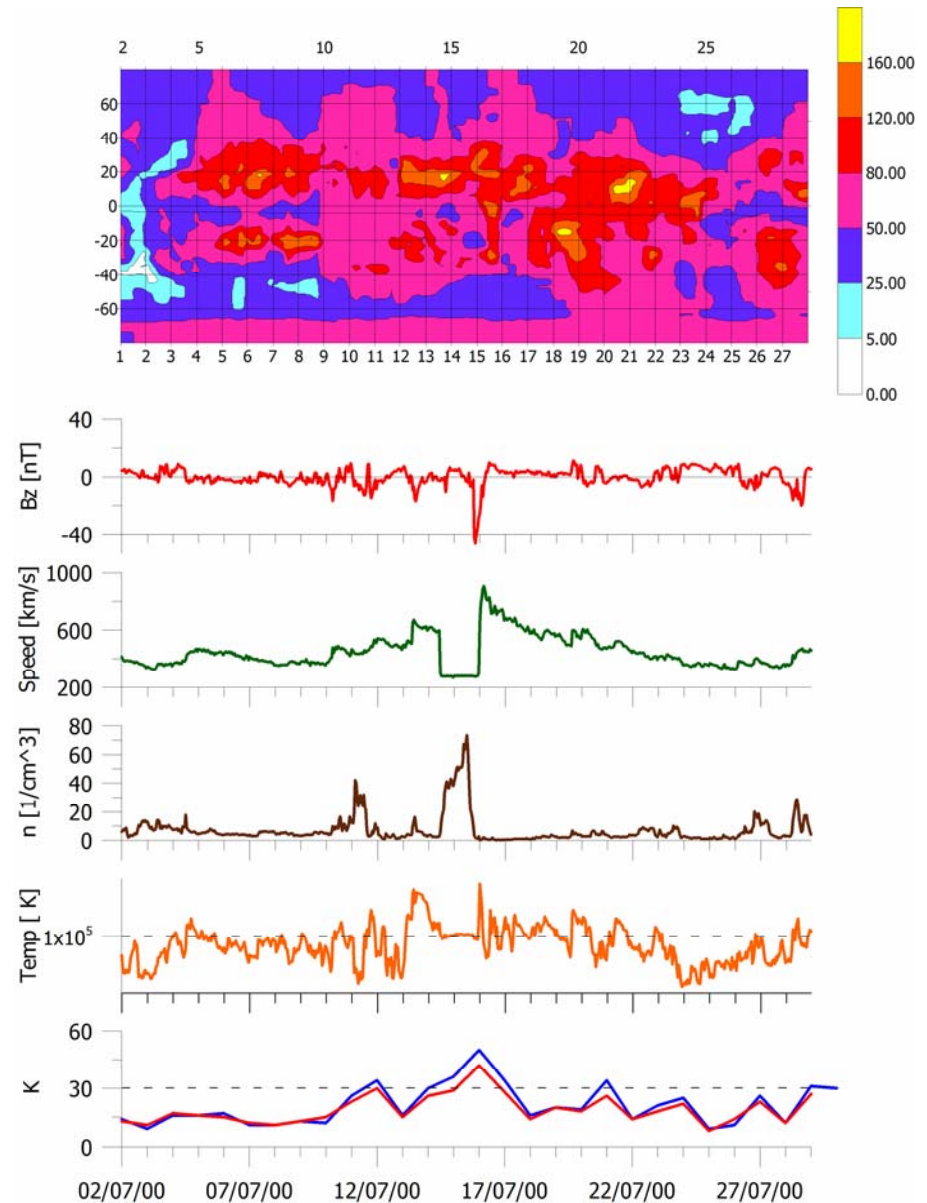
Výrony hmoty z korony (coronal mass ejections – CME)

V období kolem slunečního maxima jsou geomagnetické poruchy způsobeny převážně výrony hmoty ze sluneční korony (coronal mass ejections – CME). Podle rychlosti je dělíme na pomalá (~ 400 km/s) a rychlá (~ 1000 km/s). Pomalá CME souvisejí s eruptivními prominencemi, jejichž viditelným projevem jsou mizející filameny. Pomalé CME dorazí k Zemi přibližně za čtyři dny. Rychlá CME vyletují z okrajů aktivních oblastí a jsou obvykle spojena s roentgenovými erupcemi. Rychlá CME urazí dráhu Slunce-Země za dva až tři dny. Typickým rysem obou typů CME je jejich nízká protonová teplota, která zpravidla nepřesáhne 10^5 K. Je to způsobeno tím, že magnetické pole v oblaku je „zamrzlé“ a omezuje tak volný pohyb částic.

Rázová vlna generovaná na čele CME zesiluje intenzitu interplanetárního magnetického pole a otáčí jeho směr k jihu. Během interakce CME s magnetosférou magnetické pole v CME rotuje, takže jeho severo-jihní složka mění svou orientaci. Po dobu několika hodin je tak magnetické pole v CME orientováno jižním směrem. Jižní orientace magnetického pole na rázové vlně následovaná několik hodin trvající jižní orientací magnetického pole v CME generuje silnou magnetickou bouři. Ukázkou takové silné poruchy je geomagnetická bouře z 15. července 2000 na obr. 3.

Výrony hmoty z korony (coronal mass ejections – CME)

Obr. 3 Jevy na Slunci v období slunečního maxima a geomagnetická aktivita. V horní části je ukázána synoptická mapa Slunce pro jednu sluneční rotaci (27 dní) sestavená z jednotlivých snímků satelitu YOHKOH. Grafy (shora dolů) ukazují severo-jížní složku meziplanetárního magnetického pole, rychlost, hustotu částic a teplotu slunečního větru v libračním bodě L1. Senzor pro měření rychlosti byl 15. července zahlcen množstvím částic, data po obnovení provozu však ukazují, že rychlost překročila hranici 1000 km/s. Dolní graf ukazuje geomagnetickou aktivitu vyjádřenou ve formě sumy K-indexů.



Závěr

Výše uvedená fakta ilustrují obtíže, s nimiž se potýkáme při předpovědi geomagnetické aktivity.

Aktivní oblasti na slunečním disku jsou pouze oblastmi potencionálního výronu sluneční koronální hmoty. Není zřejmé zda a kdy k němu dojde. Samotný oblak koronální hmoty letící ze Slunce k Zemi nemůžeme přímo pozorovat. Jeho existenci lze s jistou pravděpodobností předvídat z doprovodných roentgenových erupcí. Velikost magnetické poruchy dále závisí na polaritě meziplanetárního magnetického pole.

Předpovědi geomagnetické aktivity jsou za této situace méně úspěšné než v případě koronálních děr