Návrh studentského projektu

Název projektu: **Studium rychlosti pohybu rázové vlny**

Vedoucí projektu: **doc. RNDr. Jana Šafránková, DrSc.**

Charakter projektu: **zpracování družicových dat**

Termín ukončení projektu: **30. září 2001**

Řešitel: **Karel Jelínek**, 2. ročník

Popis projektu:

Současný stav problematiky

Rázové vlny ve sluneční soustavě se dělí v zásadě na dvě skupiny - **meziplanetární vlny a rázové vlny vznikající při obtékání těles**. Meziplanetární rázové vlny jsou generovány na povrchu Slunce po sluneční erupci, během níž je ohromné množství hmoty vyvrhováno do prostoru s rychlostí značně přesahující rychlost slunečního větru. Meziplanetární rázová vlna vzniká pak na hranici mezi tímto proudem částic a neporušeným slunečním větrem. Rychlost jejího pohybu je $100 - 1000$ km/s směrem od Slunce.

Rázová vlna vznikající při obtékání těles (bow shock) se vytváří v těch případech, kdy proud plazmatu se pohybuje nadzvukovou rychlostí. Z toho vyplývá, že ve sluneční soustavě vzniká rázová vlna na čele všech planet, komet a jiných překážek (pokud jsou samozřejmě dostatečně velké), i když způsob interakce slunečního větru s překážkou se liší. Faktickou překážkou může být vlastní vnitřní magnetické pole tělesa (Země, nebo např. Merkur [*Ness et al., 1974*]), atmosféra planety (Venuše [*Russell et al., 1980*]) nebo plyn vypařovaný z tělesa (komety [*Biermann, 1974*]). Je pochopitelné, že parametry slunečního větru se mění s heliocentrickou vzdáleností, proto při porovnávání rázových vln vytvořených u různých planet nalezneme velké rozdíly ve struktuře, intenzitě a jiných projevech rázové vlny.

V případě Země jsou **tvar a poloha rázové vlny** výsledkem interakce mezi slunečním větrem (unášejícím zamrzlé interplanetární magnetické pole) a přibližně dipólovým magnetickým polem Země. Dynamický tlak slunečnho větru se ve vzdálenosti $\approx 10R_E$ (kde R_E je zemský poloměr) vyrovnává s tlakem zemského magnetického pole. Tato hranice se nazývá magnetopauza a tvoří skutečnou překážku pro sluneční vítr. Na čele magnetopauzy je přechodová oblast, ve které je proud slunečního větru odkloněn od původního směru pohybu, zabržděn a ohříván. Hranici mezi touto porušenou oblastí a oblastí neporušeného slunečního větru tvoří **rázová vlna**. Její tloušťka je velmi malá ($\approx$ 100 km) a je definovaná náhlým a výrazným snížením rychlosti z nadzvukové a rychlou změnou i ostatních parametrů slunečního větru (tlak, teplota a koncentrace částic). Změna rychlostí je provázena i zvýšením intenzity magnetického pole (až o 1 řád).

Prozatím nebylo nalezeno analytické vyjádření polohy rázové vlny. Z tohoto důvodu provedl *Formisano, 1979* systematickou studii pozorovaných přesečení rázové vlny a na základě předpokladu, že její vzdálenost od Země je funkcí pouze dynamického tlaku slunečního větru, provedl normování zmíněných pozorovaní na hodnotu tohoto tlaku a normovanými body proložil plochu druhého řádu.

Dalším, dosud ne zcela uspokojivě vyřešeným problémem, je reakce rázové vlny na změny parametrů slunečního větru – pohyb rázové vlny. **Rychlost pohybu rázové vlny** je možno určit z předpokladu kontinuity toku plazmatu na dvou stranách hranice. To ovšem vyžaduje přesné určení rychlosti a koncentrace plazmatu, což je vzhledem k silně nemaxwellovské distribuční funkci v okolí rázové vlny [*Safrankova et al., 1994*] velmi obtížné a výsledky není možno považovat za spolehlivé. Autoři článku *Nemecek et al., 1988* použili data z projektu INTERSHOCK a druhou družici se pokusili nahradit modelovou pozicí rázové vlny. Z jejich výsledků vyplývá **lineární závislost mezi změnou dynamického tlaku a rychlostí pohybu rázové vlny**.

Cíl projektu

Cílem navrhovaného projektu je využít data z projektu INTERBALL, kdy se dvě družice, INTERBALL-1 a MAGION-4, pohybovaly po stejné dráze s odlehlostí v okolí rázové vlny 1 až několik R_E a:

1. vyhledat v měřeních družic INTERBALL-1 a MAGION-4 současně pozorovaná přesečení rázové vlny a stanovit jejich souřadnice,
2. přiřadit jednotlivým přesečením podle bodu 1. příslušné parametry slunečního větru (N_{SW}, v_{SW}) a meziplanetárního magnetického pole na základě dat družic WIND a IMP-8,
3. na základě těchto skutečných dvoubodových měření určit **rychlost pohybu rázové vlny**,
4. vyhledat dále v páru družic INTERBALL-1/MAGION-4 ta přesečení rázové vlny, která byla zaregistrována pouze na jedné z družic,
5. pokusit se určit geometrii povrchu rázové vlny a její tloušťku.

Na základě výsledků těchto studií pak určit vliv vnějších parametrů slunečního větru na rychlost pohybu rázové vlny a na změny geometrie jejího pohybu.

Časový harmonogram projektu

V souladu s konkrétními cíli řešení projektu navrhujeme tento časový harmonogram řešení:

- do **15.1.2001**
  - seznámení se s prostředím IDL, ve kterém lze vytvářet příslušné programy pro zpracování dat
  - vyhledání studovaných událostí (body 1. a 4. cíle projektu)
  - vytvoření přehledové tabulky změřených parametrů sledovaných událostí doplněné o parametry slunečního větru a hodnoty všech složek interplanetárního magnetického pole
- do **30.6.2001**
  - vývoj programu pro výpočet rychlosti a geometrie jejího pohybu
  - vývoj programu pro výpočet tloušťky rázové vlny
- do **30.9.2001**
  porovnání vypočtených rychlostí pohybu rázové vlny s výsledky práce [*Němeček et al., 1988*] a určení závislostí tvaru povrchu rázové vlny.

Výsledek projektu

Předpokládáme, že úspěšné řešení projektu bude završeno přípravou referátu na mezinárodní konferenci IAGA (srpen 2001) a přípravou následné publikace v časopise. Informaci o prvních výsledcích studia však předpokládáme již na odborném soustředění katedry.

Literatura

Ness N. F., Behannon K. W., Lepping R. P., Whankg Y. C., Schatten K. H., Magnetic field observations near Mercury: Preliminary results from Mariner 10, *Science*, **185**, 1974, 1151.

Russell C. T., Elphic R. C., Luhmann J. G., Slavin J. A., On the search for an intrinsic magnetic field at Venus, *Proceed. of 11 th Lunar Planet Sci. Conf.*, 1980, 1897.

Biermann L., Interaction of a comet with the solar wind, in: *Solar Wind Three*, ed. by C. T. Russell, Los Angeles, 1974, 396.

Formisano V., Orientation and shape of the Earth's bow shock in three dimensions, *Planet. Space Sci.*, **27**, 1979, 1151.

Němeček Z., Šafránková J., Zastenker G. N., Dynamics of the Earth's bow shock position, *Adv. Space Res.*, **8**, 1988, (9)167.

Šafránková J., Němeček Z., and Santolík O., Ion distribution function in the magnetosheath: Fine structure, *Adv. Space Res.*, **14**, 1994, (7)31.