

Posudek disertační práce T. Šindelářové „Acoustic-gravity waves at ionospheric heights generated by meteorological activity in the troposphere”

Práce se skládá ze sedmi kapitol. Prvá kapitola shrnuje z literatury výsledky předchozích pozorování a teoretické poznatky o vlnách v atmosféře, o způsobu jejich šíření a o jejich úloze v interakci mezi atmosférickými a ionosférickými vrstvami. Autorka zvláště v oblasti infrazvukových vln skutečně adekvátně shrnula současný stav poznání. Ve druhé kapitole jsou vytyčeny cíle práce, které jsou směřovány do oblasti, kde dříve v ČR výzkum nebyl prováděn (ex. pouze práce Šauli et al. (2006, JASTP) pro zatmění Slunce z 11.8.1999).

Ve třetí kapitole, věnované datům a metodice, autorka popisuje použita HF Doppler a ionosondová ionosférická, geomagnetická a komplexní meteorologická data a způsob jejich měření, podrobněji pak Dopplerovský měřicí systém ÚFA AVČR. Pro vyhodnocování Dopplerovských měření v oblasti infrazvuku byla vhodně použita waveletová metoda s komplexní Morlet wavelet. Gravitační vlny jsou v ionosféře přítomny prakticky stále, proto s použitím Fourierovy a wavelet transformace byla nejdříve analyzována ionosféra v klidném stavu a pak při konvektivních bouřích. V oblasti frekvencí infrazvuku jsou také frekvence geomagnetických mikropulzací – pro odlišení efektů infrazvuku od efektů mikropulzací bylo použito srovnání pomocí kroskorelací s měřeními mikropulzací na geomagnetické observatoři Budkov GFÚ AVČR. Autorka pečlivě analyzovala možné vlivy na Dopplerovská měření, aby si byla jista, co jsou efekty skutečně spojené s konvektivními bouřemi. Dopplerovská měření dávají lepší výsledky v noci než ve dne (kvůli intenzitě signálu). Pozice konvektivních bouří je určována současně dvěma nezávislými metodami – z meteorologického radaru a ze systému detekce blesků.

Čtvrtá kapitola popisuje vlastní výsledky autorky. Začínají analýzou 11 klidných dní za květen-září 2006. Při odrazech měřicího signálu od F-vrstvy byly trvale přítomny gravitační vlny, při odrazech od sporadické vrstvy E (Es) byla vlnová aktivita silně potlačena až většinou nepřítomna. V oblasti infrazvuku pokud byla vlnová aktivita, většinou korelovala s geomagnetickými mikropulzacemi. Občas se vyskytly diskrétní Dopplerovské stopy nebo poruchy tzv. S-typu. Pozorování Dopplerova posunu jsou sumarizována v příloze I. Dále jsou analyzovány dny s konvektivními bouřemi. Charakteristiky všech případů jsou detailně popsány v příloze II. Výsledky jsou sumarizovány v tabulkách 1-6. 29.7.2005 byly pozorovány významné efekty infrazvuku, 30.7. nikoliv. 23 konvektivních bouří z období květen-srpen 2006 byly často doprovázeny přítomností Es vrstvy, což znemožňuje detekci infrazvukových oscilací. Pozorované oscilace period 6-25 minut zpravidla více či méně dobře

korelovaly s geomagnetickými oscilacemi. Navíc Dopplerovské záznamy byly často horší (nízké) kvality díky spread signálu, většinou ve spojení s Es vrstvou. 18.1.2007, orkán Kyril který byl spojen s hlubokou tlakovou níží a silným větrem, vyvolal ionosférický infrazvuk v těch částech dne, kdy se nevyskytovaly geomagnetické mikropulzace.

V páté kapitole jsou diskutovány výsledky zvláště ve srovnání s historickými měřeními v USA, kde byla četnost pozorovaného infrazvuku v ionosféře podstatně větší. Příčiny jsou dvě: (1) V USA používali podstatně vyšší frekvence radiových vln pro Dopplerovskou sondáž, čili tato měření byla podstatně méně narušena přítomností Es vrstvy. (2) Topografie v USA způsobuje jednoduchý průnik horkého a vlhkého vzduchu z Mexického zálivu s vysokými rychlostmi větru do oblasti Central Plains, kde byly vytvářeny vhodné podmínky pro vznik silné konvektivní oblačnosti generující infrazvuk. Tam také probíhala většina měření ionosférického infrazvuku v USA. Ve střední Evropě je hlavním zdrojem chladnější a méně vlhký vzduch z Atlantiku, který má nižší potenciál buzení ionosférického infrazvuku i gravitačních vln. Dalším zdrojem je Středozeří, které je ale hodně odstíněno Alpami. Tyto efekty dohromady způsobují podstatně menší četnost pozorování ionosférického infrazvuku ve střední Evropě oproti USA.

V závěru (šestá kapitola) se konstatuje, že cílem práce bylo studovat vlnovou aktivitu v ionosféře vyvolanou zvláště dlouhoperiodickým infrazvukem a též krátkoperiodickými gravitačními vlnami (dohromady periody 1-30 min), generovanými konvektivními bouřemi v dolní atmosféře. Infrazvuk generovaný těmito bouřemi byl pozorován v ionosféře nad ČR velmi zřídka na rozdíl od centrální části USA – vysvětlení je podáno v páté kapitole. Část oscilací v oblasti infrazvukových period v ionosféře je způsobena geomagnetickými mikropulzacemi, jak ukazují srovnání s měřeními geomagnetické observatoře Budkov. Autorka se zabývala i analýzou dalších vlivů na Dopplerovská měření. Uvážení všech možných vlivů na Dopplerovská měření je nesporně silnou stránkou této disertace. Autorka zamýšlí pokračovat ve třech směrech: (1) Současná analýza Dopplerovských ionosférických a pozemních mikrobarografových měření (mikrobarografy byly instalovány v r. 2008). (2) Dvoufrekvenční Dopplerovská měření na 3,59 a 7,0 MHz při zvýšené sluneční aktivitě. (3) Multitrasová Dopplerovská měření, umožňující jednoznačně odlišit efekty infrazvuku od efektů geomagnetických mikropulzací.

Sedmá kapitola, Summary, stručně ale adekvátně shrnuje obsah a výsledky práce.

Angličtina práce je sice občas s drobnými chybami, ale splňuje požadavek řady mezinárodních časopisů na „understandable English“. Překlepů bylo minimálně a nenarušovaly úroveň práce. Autorka již podstatnou část výsledků publikovala v časopisech

s impakt faktorem (Šindelářová et al, Adv. Space Res., 2009a; Studia geoph. Geod., 2009b), což dokumentuje kvalitu disertační práce.

Připomínky:

1. Str. 2 – konvence je, že F2 vrstva ionosféry začíná od ~200 km, ne od 250 km (~250-300 km je maximum ionosféry).
2. Str. 6-7 – mohly být zmíněny reanalýzy ERA-40 a NCEP/NCAR.
3. Str. 8 – třetí a čtvrtá věta jsou v částečném rozporu – v létě je vítr k jihu nebo k pólu?
4. Str. 22 – geograficky „localized nature“ poruch v ionosféře od infrazvuku je způsobena hlavně fokusací infrazvukových signálů v atmosféře pod 100 km (díky profilu teploty), defokusace nad 100 km dělá to, že zasažená oblast není příliš malá.
5. Str. 26, Cíle práce. V ČR bylo podstatně více studií gravitačních vln v ionosféře než jen Šauli (2000), např. v disertaci uvedené práce Šauli a Boška (2001), Boška et al. (2003), Altadill et al. (2004) a některé zcela nové práce.
6. Obecně cíle práce mohly být definovány poněkud přehledněji.
7. Str. 31: „Thanks to the coupling“ má být „Due to the coupling“ – pozor na čechismy.
8. Str. 51: věta „Wavelet analysis does not show geomagnetic oscillations ..... Doppler is correlated with W-E geomagnetic komponent“ je buď protimluv, nebo přinejmenším matoucí. Prosím objasnit.
9. Str. 51. Pozor, referenční atmosféru USSA1976 nelze používat pro přesné analýzy v Evropě, tam je lepší např. CIRA.
10. Str. 62 – angličtina: „ ... supports the flow of warm wet air from the Gulf of Mexico in (má být „to“, takhle to má nesprávný smysl) the Central part of the USA“.

Závěrem lze shrnout, že autorka dosáhla řady zajímavých nových výsledků na mezinárodní úrovni, prokázala schopnost analyzovat výsledky měření s přihlédnutím k celému spektru vlivů na data, a splnila stanovené podmínky kladené na PhD disertace. Mé připomínky jsou z hlediska hlavních výsledků práce jen dílčí a nepodstatné. Proto práci plně doporučuji k obhajobě a k následnému udělení titulu PhD disertantce.

V Praze dne 4.11.2009

RNDr. Jan Laštovička, DrSc