

# INTERDISCIPLINÁRNE ASPEKTY HUMÁNEJ BIOKLIMATOLÓGIE

A. Prigancová<sup>1</sup>, F. Valach<sup>2</sup>, M. Váczyová<sup>2</sup>, and A. Kaplíková<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Institute of SAS, Bratislava, Slovakia, [geofpria@savba.sk](mailto:geofpria@savba.sk)

<sup>2</sup>Hurbanovo Geomagnetic Observatory of the GPI SAS, Hurbanovo, Slovakia,  
[geomag@geomag.sk](mailto:geomag@geomag.sk)

## Abstract

The interest to follow and forecast meteorological conditions is traditionally fundamental in the field of human bioclimatology. Recently the conviction is growing that so-called space weather aspects are important to characterize the environment quality. This approach takes into account the complicated complex of interactions on the energy-informational basis. On one side, their effects are obvious, but on the other side, those are not considered to be important enough.

For further investigations, the information on space weather, especially ground-based observations of the variable geomagnetic field with high-time resolution, is of a significant value. The notion of space weather includes a chain of physical processes of solar energy release, its transfer in the interplanetary medium and finally more or less intense impact on the magnetosphere. The time structure of processes in the Sun-Earth system is a subject of immense scientific interest. The various methods of its analysis are used. A wide range of frequencies characterizes numerous features of space weather and their possible interrelation to human bioclimatology.

In this contribution some interdisciplinary aspects of human bioclimatology are discussed from the viewpoint of space weather and its variability.

**Key word:** space weather, bioactive effects, solar activity

## Úvod

Zem je súčasťou slnečnej planetárnej sústavy s dominantnou charakteristickou vlastnosťou orbitálneho pohybu okolo Slnka. V animácii naprogramovanej vo FORTRANe (výstup do LaTeXu a PostScriptu) Ladislavom Bittom, pracovníkom Geofyzikálneho ústavu SAV, vidíme aj rotujúcu Zem ako kozmický objekt s Mesiacom (viď priložený súbor *planety.pdf*). Naša planéta sa vyznačuje tým, že na nej existuje život vrátane civilizácie. Úlohou ľudskej spoločnosti je zachrániť život na Zemi aj naďalej za podmienky zachovania kvality životného prostredia.

Humánna bioklimatológia je vedná disciplína vychádzajúca z rozhodujúcej úlohy životného prostredia pre predmet jej výskumu. Zároveň je presvedčivým príkladom interdisciplinárnych prístupov vo výskume.

Ako každý živý organizmus je človek súčasťou biosféry, ktorej funkčnosť a kvalita je daná väzbami na vonkajšie prostredie. Závislosť živého organizmu od vonkajších podmienok sa dokumentuje schopnosťou adaptácie. Nepostačujúca adaptačná schopnosť vylučuje trvalejšiu existenciu. Na druhej strane adekvátna adaptácia je nutnou podmienkou evolúcie druhu.

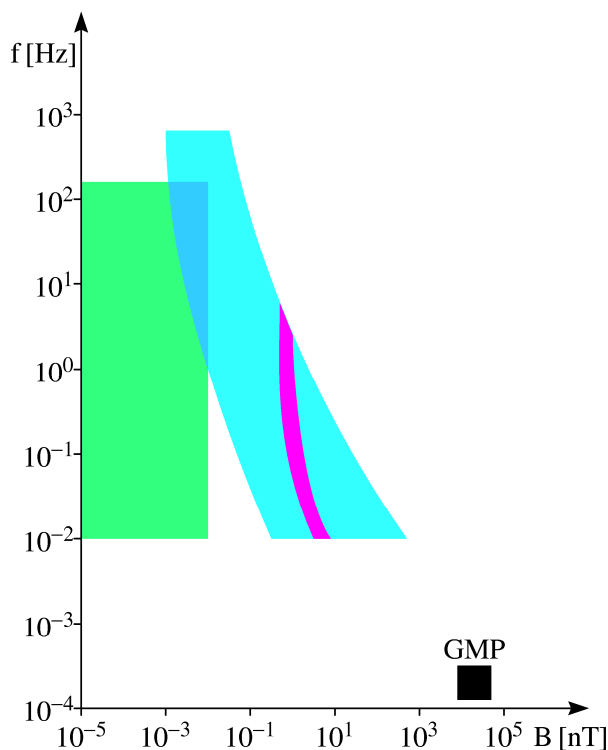
Pojem životné prostredie zahŕňa viaceré zložky. K všeobecne známym zložkám ako atmosféra, svetlo, teplo, energetické zabezpečenie (potrava), neodmysliteľne patrí zložka fyzikálnych polí (napr. gravitačného a tiež elektromagnetického v celej šírke prírodného radiačného spektra). Viaceré signály fyzikálnych polí nie je človek schopný ani vnímať, ale ich efekty sa tým zďaleka nevylučujú. Je ale náročnejšie ich preukázať, čo je spojené o. i. aj s tým, že ich dopad (najmä nepriaznivý) sa prejavuje individuálne (napr. spomenieme si pojem meteosenzitivných jedincov) a súvisí s celkovou dispozíciou (resp. indipozíciou) jedinca.

## Elektromagnetické pozadie životného prostredia

Ako trvalý faktor životného prostredia planetárne magnetické pole ovplyvňované premennou slnečnou činnosťou sa charakterizuje zložitou časovou štruktúrou. Táto nadväzuje na zložitý komplex procesov skúmaných v rámci fyziky vzťahov Slnko-Zem. Ako vidieť z Tab. 1 sú pre tieto procesy

Tab. 1. Časová škála procesov a javov vo fyzike vzťahov Slnko-Zem

Sekundy	Minúty/Hodiny	Dni/Týždne	Mesiace/Roky	Desaťročia/Storočia
Záblesky slnečných X-lúčov	Tranzienty	Slnečná rotácia	Kozmické lúče	Celková slnečná irradiancia
Záblesky rýchlosti plazmy	Erupcie	Magnetické oblaky	Slnečný cyklus	Geomagnetické sekulárne variácie
Magnetické pulzácie	Subbúrky	Magnetické búrky	Geomagnetické variácie	Galaktické kosmické lúče
	Gravitačné vlny	Dynamika okolozemskéj plazmy	Dynamika strednej atmosféry	Ozón – zmeny
	Plazmové vlny		Ozón – zmeny	Evolúcia klímy
	Ionosférické prúdy			
	Magnetické pulzácie			



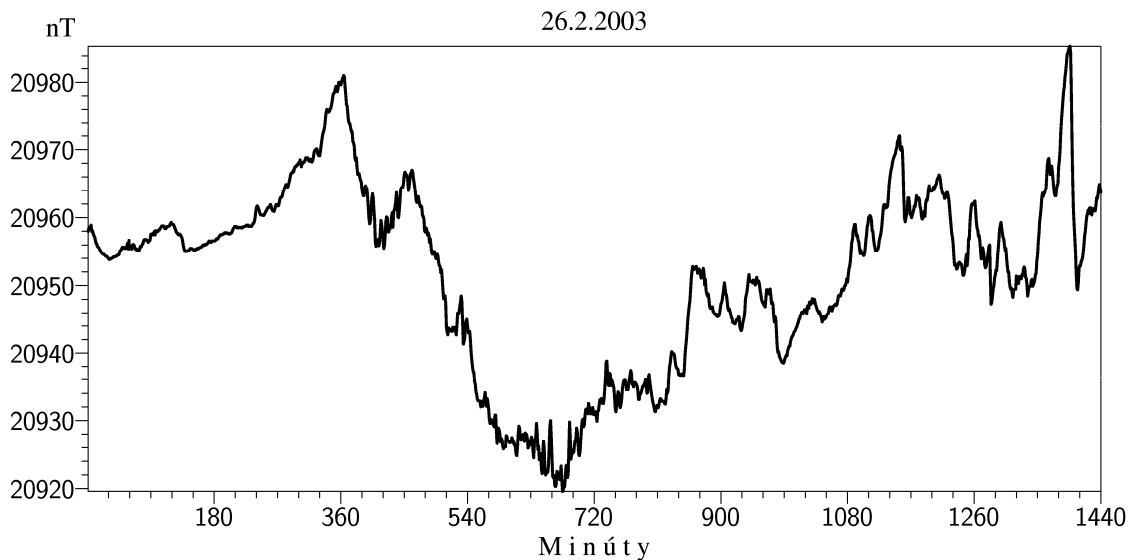
**Obr. 1.** Zhoda časovej štruktúry premenného elektromagnetického pozadia životného prostredia (bledomodrá plocha) s vyznačenou oblasťou magnetických pulzácií (fialová plocha) s biorytmami (zelená plocha). Čierny štvorec zodpovedá permanentnému GMP s hodnotou približne 49000 nT pre Hurbanovo.

a javy, a následne aj pre variácie elektromagnetického pozadia životného prostredia, charakteristické frekvencie od zlomkov až po stovky Hz. Na obr. 1 je zreteľná zhoda časovej štruktúry elektromagnetického pozadia životného prostredia s biorytmami.

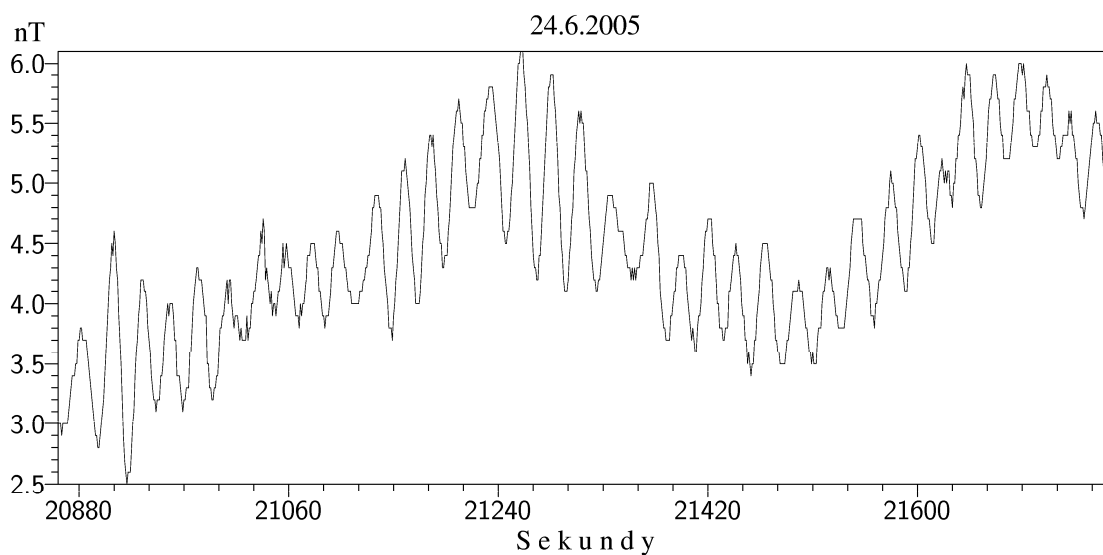
Vystupuje premenné geomagnetické pole (GMP) ako istý synchronizátor bioprocesov? Viaceré štúdie poukazujú na túto vlastnosť GMP [napr. Číževskij, 1976], ale mechanizmy týchto väzieb sú stále neznáme.

Jedna zo základných zložiek biorytmov, circadiálna periodicita (t.j. cca denná), je spojená so striedaním dňa a noci. Rytmus svetelnej energie sa premieta aj do fyzikálnych parametrov plazmového obalu našej planéty (napr. zmeny vodivosti ionosféry). Denná variácia GMP, tzv. Sq (solar quiet) variácia, je zobrazená na obr. 2 s použitím 1-min. meraní z Geomagnetického observatória (GO) v Hurbanove. Jej amplitúda je približne 30 nT. Za porušených podmienok je priebeh Sd (solar disturbed) variácie zložitejšia, ale denná periodicita GMP je trvalou súčasťou elektromagnetického pozadia životného prostredia a možno nie je indiferentná pri rytmizácii bioprocesov. Syn-

chronizačná schopnosť prírodného elektromagnetického pozadia sa zvykne vzťahovať na krátkoperiodické zmeny GMP (známe ako magnetické pulzácie), najmä na tzv. Pc3 pulzácie s periódou 10–40 sek. S použitím 1-sek meraní GMP na GO Hurbanovo uvádzame príklad Pc3 pulzácií pre časový interval zo dňa 24.06.2005 (Obr. 3). Pri zložitejších časových zmenách GMP,



**Obr. 2.** Denná variácia GMP za pokojných podmienok dňa 01. 05. 2006 podľa údajov pre X-zložku z GO v Hurbanove.



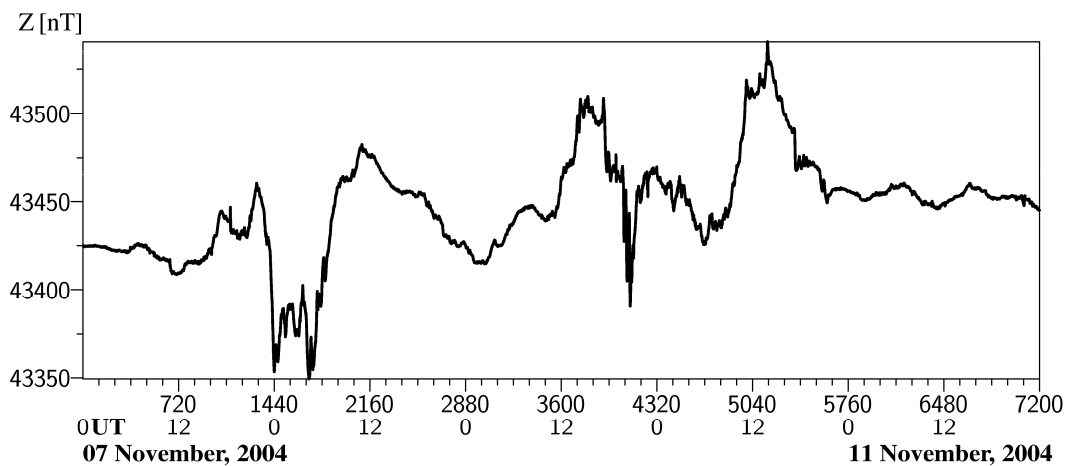
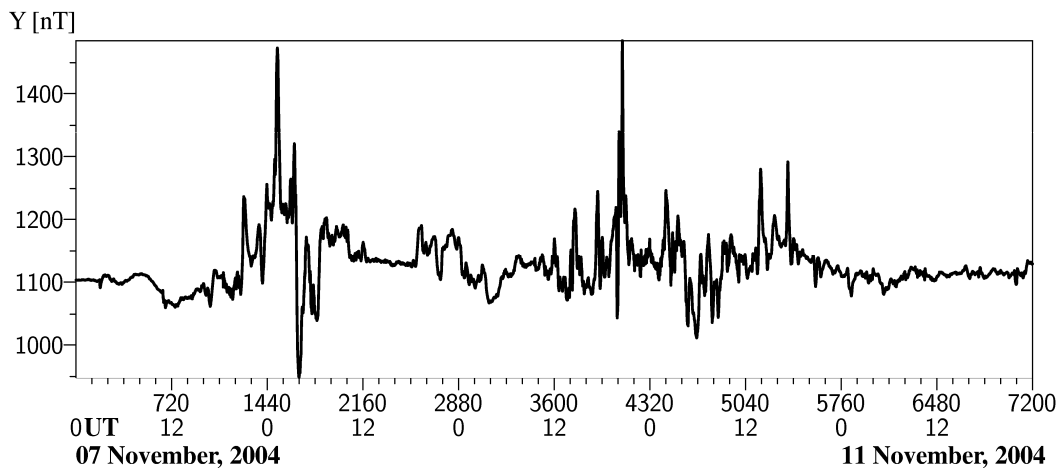
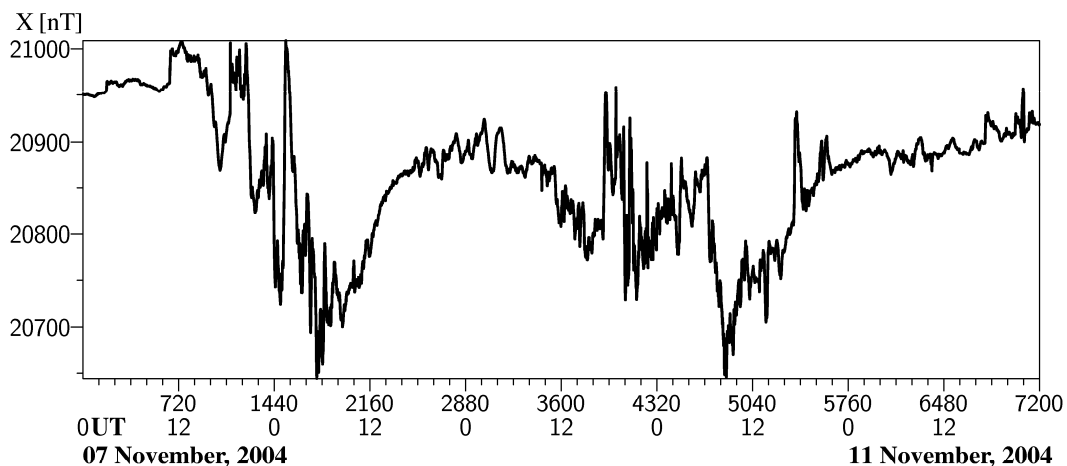
**Obr. 3.** Interval výrazných Pc3 pulzácií zo dňa 24.06.2006 registrovaných na GO Hurbanovo.

kedy fluktuácie s odlišnými periódami superponujú, sa prítomnosť Pc3 pulzácií zisťuje pomocou spektrálnej analýzy.

Pozornosť vedcov vyvolávajú aj ďalšie oscilačné úkazy charakteristické pre okolozemský priestor, napr. tzv. Schumannove rezonancie (frekvenčné pásmo 5–35 Hz), a tiež atmosféricky.

Ak vzniká magnetická búrka, kedy prísun energie slnečného vetra do magnetosféry je zvýšený, GMP zaznamenáva výraznú depresiu a systém magnetosféra-ionosféra rezonuje v širokom pásme frekvencií. Ich vizualizácia je možná vďaka registrácii premenného GMP s vysokou časovou rozlišovacou schopnosťou (napr. obr. 3). GO Hurbanovo, ktoré po nedávnej modernizácii sa od roku 1998 zúčastňuje na celosvetovom programe INTERMAGNET, je dodávateľom výsledkov 1-sek a 1-min meraní do celosvetových centier dát. INTERMAGNET, ktorý dnes združuje vyše 100 observatórií z 39 krajín sveta, bol založený za účelom zberu geomagnetických údajov v reálnom čase (do 72 hodín).

### Záznam veľmi silnej geomagnetickej búrky na Geomagnetickom Observatóriu GFÚ SAV v Hurbanove



Obr. 4. Vývoj mohutnej magnetickej búrky (všetky merané zložky) v dňoch 7.–11. 11. 2004.

Z GO Hurbanovo sa posielajú dáta do celosvetových dátových centier v Edinburghu a v Paríži. Observatóriá, ktoré sa stanú členmi tohto systému musia spĺňať prísne kritériá čo sa týka prístrojového vybavenia a kvality údajov. Merané hodnoty zložiek GMP sú v jednotkách 0.1 nT. V záznamoch GO Hurbanovo nechýba ani jedna hodnota, t.j. GO patrí medzi tie observatóriá, ktoré od vstupu do programu INTERMAGNET nemajú v registrácii výpadok. Dáta v INTERMAGNET-e sú voľne prístupné pre vedecké účely. Údaje z nášho observatória sú žiadané nielen pre výskumné, ale aj pre edukačné účely.

Ako je vidieť na obr. 4, búrková variácia je preukázateľná vo všetkých meraných zložkách GMP, ale je najzreteľnejšia v zložke X, (obvykle sa využíva odvodená horizontálna zložka  $H = (X^2 + Y^2)^{1/2}$ ). Vznik magnetickej búrky je sprevádzaný krátkoperiodickými zmenami GMP maskovanými zložitou časovou štruktúrou fluktuácií poľa, ktoré ovplyvňujú vlastnosti prírodného elektromagnetického pozadia bezprostredne súvisiaceho s premenným kozmickým počasím. Preto rastie presvedčenie, že kvalita životného prostredia nadväzuje aj na kozmické počasie. Výskum zákonitostí jeho tvorby pre účely včasnej predpovede nepriaznivých zmien v systéme magnetosféra-ionosfére je v súčasnosti predmetom medzinárodných vedeckých programov. Spomenieme napr. CAWSES (Climate And Weather in the Sun-Earth System) a COST (European CO-operation in the field of Scientific and Technical research), menovite COST Action 724 (Developing the Scientific Basis for Monitoring, Modelling and Predicting Space Weather).

Problematika predpovede kozmického počasia je v súčasnosti veľmi aktuálna. Je všeobecne známy vplyv kozmických lúčov na procesy ionizácie vo vrchnej atmosfére. V tejto súvislosti sa robia výskumy na základe meraní úrovne žiarenia na palubách diaľkových dopravných letov, uvažujú sa dávky ožiarovania cestujúcich a najmä posádky. V čase očakávaných silných geomagnetických búrok sa uvažuje o odklonení letov z vysokošírkových letových koridorov, resp. o znížení výšok letu kvôli ochrane pred radiačným ohrozením kozmického pôvodu. Toto je konkrétny príklad reálneho praktického využívania poznatkov o premennom kozmickom počasí [Kudela et al, 2000; Prigancová et al., 2005] pre účely bioklimatológie.

### **Mechanizmy vplyvu kozmického počasia na biosféru**

Pojem kozmické počasie vyjadruje celý reťazec fyzikálnych procesov uvoľnenia slnečnej energie, jej prenosu v medziplanetárnom priestore a následného dopadu na magnetosféru [Lang, 2000]. Časová štruktúra procesov v systéme Slnko-Zem je predmetom intenzívneho vedeckého záujmu [Prigancová, 1985 a citované publikácie].

Problematika mechanizmov vplyvu kozmického počasia na biosféru (a tiež na technosféru) sa rieši na energo-informačnom základe. Energetická zložka súvisí s fyzikálnymi zákonitosťami interakcií (napr. v technosfére je to erózia družicových dráh, poruchy vysokonapäťových sietí, plynovodov atď., resp. tepelné efekty v biosfére, napr. predávkovanie infračerveného žiarenia). Informačná zložka vystupuje do popredia pri rezonančných efektoch.

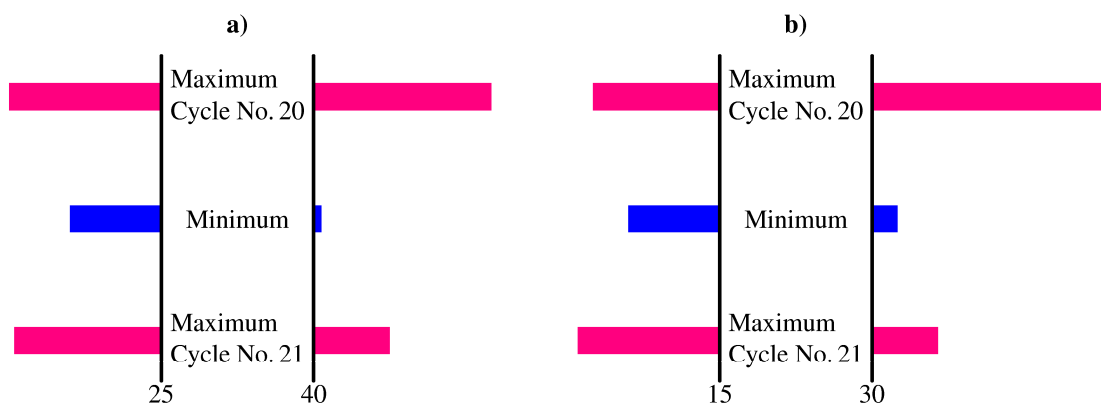
### **Metódy analýzy**

Pre identifikáciu bioaktívnych efektov premenného kozmického počasia sa pre analýzu väčšinou využívajú štatistické údaje jednak o fyziologických parametroch človeka, jednak štatistické podklady o výskyte chorôb, úmrtnosti, dôsledkoch neadekvátneho konania v sfére operátorských a rozhodovacích aktivít. Medzi najrozšírenejšie metódy analýzy patria [Prigancová, 1987 a citované publikácie]:

- superpozícia epoch
- periodogramy
- spektrálna analýza
- štatistická analýza.

Ako príklad uvádzame výsledky analýzy štatistiky dopravných nehôd zavinených deťmi pri ex-

trémnych podmienkach kozmického počasia, a to v maxime a minime slnečného cyklu. Väčší výskyt nehôd v maxime sa prejavuje persistentne aj pre 20., aj pre 21. slnečný cyklus. Výsledky sa uvádzajú pre 2 skupiny detskej populácie (mladšie a staršie deti) v dvoch územných celkoch bývalej federácie (Obr. 5). Porovnanie výskytu nehôd naznačuje, že neadekvátne reakcia nie celkom sformovanej detskej psychiky je častejšia za podmienok nepriaznivého kozmického počasia v maxime slnečnej aktivity.



**Obr. 5.** Výskyt dopravných nehôd zavinených deťmi (v prepočte na 100 000 detí) v dvoch územných celkoch bývalej federácie (SR a ČR) pre obdobie maxima a minima 2 slnečných cyklov: mladšie deti (a), staršie deti (b). Uvažujú sa nárasty nehôd vzhľadom na referenčné hladiny.

Doterajšie výsledky ukazujú, že identifikácia mechanizmov bioaktívnych efektov fyzikálnych parametrov životného prostredia predpokladá predovšetkým dôsledný biologický výskum na bunkovej (resp. subbunkovej) úrovni.

## Záver

Predmet humánnej bioklimatológie si vyžaduje interdisciplinárne prístupy vo výskume bioaktívnych efektov fyzikálnych parametrov životného prostredia. V ostatnom čase sa skúmajú aj efekty premenného kozmického počasia nadväzujúceho na slnečnú a geomagnetickú aktivitu. Štúdiom ich mechanizmov predpokladá predovšetkým dôsledný biologický výskum na bunkovej (resp. subbunkovej) úrovni.

## References

- Číževskij A.L., 1976: Zemnoje echo solnečnych bur', Mysľ, Moskva.
- Kudela K., M. Storini, M.Y. Hofer, and A. Belov, 2000: Cosmic rays in relation to space weather. *Space Sci. rev.*, 93, 153–174.
- Lang K.R., 2000: *The Sun from Space*, Springer-Verlag, Berlin.
- Prigancová A. (Ed.), 1985: Faktor slnečnej a geomagnetickej aktivity v životnom prostredí, GFÚ SAV, Bratislava.
- Prigancová A. (Ed.), 1987: Faktor slnečnej a geomagnetickej aktivity v životnom prostredí II, GFÚ SAV, Bratislava.
- Prigancová A., F. Valach, M. Váczyová, 2005: Premenlivosť kozmického počasia a jeho predpoveď. In J. Rožnovský, T. Litschmann (Eds). *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti: 15. československá bioklimatologická konference : sborník abstraktů s CD ROM, 12.-14. září 2005, Křtiny.*