Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso **40**, 165 – 168, (2010)

Merania kozmického žiarenia na Lomnickom štíte: možnosti rozvoja poskytované CKV

R. Langer, V. Kollár, K. Kudela a I. Strhárský

Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied,
Watsonova 47, 040 01 Košice, Slovenská republika
(E-mail: kkudela@kosice.upjs.sk)

Doručené: December 1, 2010; Akceptované: December 15, 2010

Abstrakt. Krátko sú zhrnuté základné charakteristiky terajšieho merania neutrónovým monitorom na Lomnickom štíte. Sú uvedené ciele a predpokladaný prínos podpory ŠF EÚ v Centre kozmických výskumov (CKV) pre modernizáciu a rozšírenie meraní.

Kľúčové slová: kozmické žiarenie – kozmické počasie

1. Úvod

Jedným typom meraní na Lomnickom Štíte (LŠ, výška 2634 m vo Vysokých Tatrách, 49.40 N, 20.22 E, geomagnetická prahová rigidita ∼4 GV) sú kontinuálne pozorovania sekundárneho kozmického žiarenia (KŽ) neutrónovým monitorom (NM) ÚEF SAV Košice. Merania KŽ v Tatrách majú pomerne dlhú históriu. Niektoré články spojé so začiatkom týchto pozorovaní u nás sú napr. v Pernegr a kol., 1953, Chaloupka a Petržílka, 1955, Dubinský a kol., 1960, Petržílka, 1960. Skúsenosti získané počas IGY boli využité v postupnej modernizácii meraní.

2. Niektoré významnejšie doterajšie výsledky

Jestvujú dva typy vzťahov medzi KŽ a kozmickým počasím (KP) : priame a nepriame (Kudela a kol., 2000; Kudela and Storini, 2002). Pre oba aspekty sú merania KŽ na vysokých horách dôležité. K prvému typu patria pozorovania častíc urýchlených v slnečných erupciách do vysokých energií, tzv. GLE (ground level events). Viacej informácií o doteraz zaznamenaných GLE na LŠ možno nájsť v (Kudela and Langer, 2009). Významným výsledkom bolo prvé pozemné pozorovanie odozvy od erupcie s produkciou slnečných neutrónov v roku 1982 (Debrunner a kol., 1983. Efimov a kol., 1983). Počas GLE tiež vzrastá dávka ožiarenia na lietadlách (Spurný and Dachev, 2001). Dlhodobé pozorovania NM na LŠ pomohli opísať variabilitu KŽ na rôznych časových škálach ako aj určiť niektoré kvaziperiodické príspevky k signálu (napr. Kudela a kol., 1991; 2002). Variabilita, resp. anizotropia KŽ sa mení vo viacerých prípadoch pred geoefektívnymi procesmi spojenými s kozmickým počasím. Aj k tomu prispela analýza meraní na LŠ (napr. Kudela a kol., 1995).

3. Súčasná meracia schéma a dlhodobý prehľad intenzity KŽ

Merania prebiehajú v 8 detektoroch SNM-15 plnených $^{10}BF_3$ s využitím toho, že účinný prierez $^{10}B(n,\alpha)^{10}Li$ pre reakciu s neutrónmi je vysoký a zvyšuje sa s poklesom rýchlosti neutrónov. Konštrukcia NM je opísaná napr. v (Simpson, 1958). Registrácia intenzity KŽ na LŠ sa robí s využitím dvoch nezávislých systémov, a to s označením SMP-01 (početnosti súm štyroch dvojic trubíc), resp. s označením SAPI (početnosti každej trubice). Mŕtva doba aparatúry SMP-01 je 15 μs, počas ktorej nie je možné súčasne registrovať impulz z dvoch detektorov. Preto početnosti aparatúry SAPI sú vyššie, priemerný pomer početností SAPI/SMP-01 je 1.0035. Schematický spôsob záznamu ukazuje obr.1 (Schéma registrácie KŽ NM na LŠ) – viď fig.1 v anglickej verzii článku. Z aparatúry S-1 (predchodca SMP-01) sú dostupné dáta hodinové od 1. decembra 1981, 5-minútové od apríla 1982 a potom už z aparatúry SMP-01 aj 1 minútové od 27. júna 1990. Zo SAPI sú dostupné dáta 1 minútové od 10. júna 1992. Možná je rekonštrukcia dát spätne do roku1970 na základe dát z diernych pások a z CAWSES databázy. Dáta sú dostupné v reálnom čase na stránke `http://neutronmonitor.ta3.sk`. Na tejto stránke je taktiež archív hodinových dát ako aj zoznam zaznamenaných GLE na LŠ.

Od roku 2001 v časti NM je meraná multiplicita KŽ, pričom sú využité 2 metódy: klasická s počítaním impulzov počas 1 ms po príchode prvého pulzu a druhá, založená na meraní času medzi dvoma po sebe idúcimi impulzami.

Dlhodobé merania s aparatúrou 8-NM-64 ilustruje obr. 2 (viď Fig.2 v anglickej verzii článku). Na dolnom paneli obrázku je rozdiel denných stredných intenzít a vyhladených 27-denných priemerov. Vidno izolované Forbushove poklesy s amplitúdou $>6\%$: (1) 14-15. júl, 1982; (2) 14. marec 1989; (3) 29. október 1989; (4) 13. jún 1991; (5) 16. júl 2000; (6) 12. apríl 2001; (7) 29-30. október 2003; (8) 19. január 2005; (9) 17–18. júl 2005. Najsilnejší GLE bol pozorovaný 29.9.1989. Je to vidno aj na denných priemeroch.

4. Neutrónový monitor na Lomnickom štíte v medzinárodnej sieti staníc kozmického žiarenia

V rámci 7. rámcového projektu EÚ s označením NMDB je meranie NM Lomnický štít zapojené do siete európskych a ďaľších staníc KŽ. Informáciu o projekte a dostup k dátam možno nájsť na `http://www.nmdb.eu`. Pri jeho riešení bola navrhnutá jednotná štruktúra databázy pre všetky zúčastnené NM, dátová báza bola vytvorená, doplnená archívnymi údajmi, v reálnom čase sú posielané do nej dáta s rozlíšením 1 min, bol vytvorený interface pre výber a opravu dát bázy a bol skonštruovaný aplikačný a servisný softvér pre automatické výstrahy významných eventov kozmického žiarenia v reálnom čase.

5. Možnosti poskytované ŠF EÚ

Jednou z úloh, ktorú možno riešiť s podporou projektu, je obnovenie detektorov v jestvujúcom NM na LŠ novými trubicami. Nakoľko po začiatku projektu došlo k neočakávanému enormnému nárastu ceny trubíc plnených ^{3}He (reakcia ^{3}He(n, p)^{3}H sa využíva na produkciu neutrónov v monitore), bolo potrebné hľadať nové riešenie. S podobnými problémami sa stretli kolegovia aj v laboratóriách iných európskych krajín, kde donedávna plánovali skonštruovať nový neutrónový monitor (napr. Universidad de Alcala, Španielsko). Aby sa využili finančné možnosti projektu, sú podobne ako v uvedenom pracovisku v Španielsku teraz objednávané detektory plnené $^{10}BF_3$, ktoré majú obdobné meracie charakteristiky ako pôvodne plánované detektory ^{3}He, ale sú podstatne lacnejšie. Aby sa zabezpečila stabilita dlhodobých meraní, ktorá je teraz sledovaná pomermi početností jednotlivých detektorov alebo ich dvojíc, predpokladá sa zámena 3 terajších trubíc typu SNM-15 trojicou trubíc $^{10}BF_3$ v priebehu roka 2011. Ďalšia trojica trubíc bude podľa možností umiestnená na LŠ bez olova. Tým sa vytvorí základ spektrometra na LŠ. Po aspoň ročnom sledovaní pomerov početností jednej ^{3}He trubice, 3 $^{10}BF_3$ trubíc a 4 SNM-15 trubíc vo vnútri terajšej konštrukcie NM (s olovom) bude v roku 2013 prijaté rozhodnutie o náhrade všetkých SNM-15 trubíc novými $^{10}BF_3$. Dovtedy budú dve dvojice $^{10}BF_3$ trubíc umiestnené a uvedené do chodu v Starej Lesnej a v Košiciach, čo umožní spektrometriu iného druhu, tj. porovnanie početností na LŠ a na menšej nadmorskej výške v mieste s rovnakou prahovou rigiditou, ako aj vylúčenie zmien tokov tepelných neutrónov spôsobených lokálne. Tým sa umožní aj dvojbodové, resp. trojbodové meranie tepelných neutrónov.

Podpora poskytnutá zo ŠF EÚ umožní rozšíriť energetický interval meraných neutrónov (nielen od KŽ) a rozšíri aj poznatky o primárnych časticiach KŽ.

NM bez olova je hlavne citlivý k sekundárnym neutrónom do energií niekoľkých MeV. Systém meraní takýmto NM plus klasickým NM (odhad spektra primárnych častíc) je úspešne používaný na nízkych rigiditách (napr. Su Yeon Oh a kol., 2009).. Na stredných šírkach akou je pozícia LŠ bude možné takýto systém využívať ako dodatočný prvok alertového príznaku opísaného napr. v (Mavromichalaki a kol., 2010).

Dôležitým rysom nového systému registrácie je identifikácia času každého impulzu. Takto napr. „zhluky“ neutrónov, zodpovedajúce alebo špecifickým interakciám KŽ v atmosfére alebo atmosferickým resp. pozemným procesom, bude možné študovať. Nedávno napr. NM bez olova s využitím BFF_3 na veľkej výške a vysokej rigidite (Gulmarg, India, cut-off rigidity 11.4 GV), opísaný v (Shah a kol., 2010), pozoroval zhluky neutrónov v intervale 50 ms, ktorých výskyt sa menil počas slnečných erupcií. Na LŠ bude možné využiť aj kalibráciu opísanú v citovanej práci.

NM bez olova možno využiť dodatočne aspoň v dvoch typoch štúdií súvisiacich s environmentálnym výskumom. Nedávno autori (Martin and Alves, 2010) hlásili náhly a ostrý vzrast početnosti tepelných neutrónov súvisiaci so silnou bleskovou aktivitou. Skoršie publikované články opisovali tzv. TGF efekty (terrestrial gamma ray flashes) s energiou nad 10 MeV spojené s búrkovou aktivitou. Tie sú pozorované nielen na Zemi ale aj na nízkoorbitálnych družiciach. Článok (Carlson a kol., 2010) poukazuje na to, že s tým môže byť spojená aj produkcia neutrónov. Druhý možný smer výskumu je hlásená súvislosť tepelných neutrónov so seizmickými udalosťami, napr. (Antonova a kol., 2009; Alexeenko a kol., 2009).

Druhým podprojektom modernizácie meraní kozmického žiarenia na LS je predpokladané uvedenie do prevádzky zariadenia s označením SEVAN (Chilingarian a kol., 2009), čo poskytne informácie o iných energiách primárneho kozmického žiarenia a o ich zmenách. SEVAN (Space Enviromental Viewing and Analysis Network) má za cieľ zlepšiť základný výskum urýchľovania častíc v blízkosti Slnka a v medziplanetárnom priestore. Ako nový typ časticového detektora častíc poskytuje nový pohľad na primárne KŽ. Bude súčasne merať zmeny tokov rôznych typov častíc sekundárneho KŽ, čím sa stáva hybridným zariadením používaným na prieskum slnečných modulačných efektov. Prvé SEVAN moduly sú v skúšobnej prevádzke v kozmickom centre Aragats v Arménsku. Sú inštalované postupne vo viacerých krajinách a jeho inštalácia na Slovensku pomôže k tomu, že naše merania KŽ sa stanú súčasťou aj tejto novej siete staníc KŽ, pričom pôjde o jednu z mála staníc registrujúcich primárne KŽ v rozšírenom intervale energií s vysokou štatistickou presnosťou (využitie nadmorskej výšky).

Poďakovanie. Táto publikácia bola vytvorená realizáciou projektu ITMS číslo 26220-120009, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Autori ďakujú všetkým kolegom dlhodobo pracujúcim pri Neutrónovom monitore na Lomnickom Štíte, zvlášť p. Samuelovi Štefánikovi.

Literatúra

Viď zoznam literatúry (References) v anglickej verzii článku.