

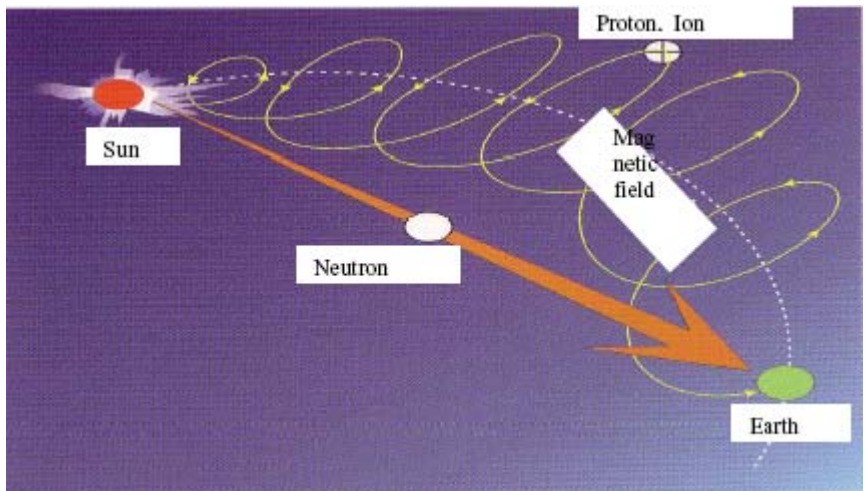
**Գալակտիկական տիեզերական ճառագայթների վրա արևի  
մոդուլյացիոն էֆֆեկտների ազդեցություն**

Տիեզերական ճառագայթները հայտն ագործվել են 1912թ. ավստրիացի գիտնական Վ.Հեսսի կողմից:Տիեզերական ճառագայթների ուսումնասիրությունից կարելի է մեծ տեղեկություն ստանալ բարձր էներգիաներով մասնիկների և միջուկների փոխազդեցությունների մասին: Տիեզերական ճառագայթների հետզոտությունը կարևոր է նաև աստղաֆիզիկայի համար: Տարբերում են առաջնային և երկրորդային տիեզերական ճառագայթներ. առաջնային տիեզերական ճառագայթներն իրենց հերթին բաժանվում են Արեգակնային և Գալակտիկական Տիեզերական ճառագայթների. երկրորդային տիեզերական ճառագայթներն առաջանում են մթնոլորտի հետ առաջնային տիեզերական ճառագայթների փոխազդեցության արդյունքում:

**Աղ.1 Տիեզերական ճառագայթների բաղադրությունը**

	Գալակտիկական տիեզերական ճառագայթներ	Արեգակնային տիեզերական ճառագայթներ
Հոսքը	$1 \text{ սմ}^{-2} \text{ վ}^{-1}$	Արեգակնային բռնկումների ժամանակ կարող է հասնել $10^6 \text{ սմ}^{-2} \text{ վ}^{-1}$
Բաղադրությունը	1.Միջուկային բաղադրիչ՝ $\approx 90\%$ պրոտոններ, 10% հելիումի միջուկներ, 1% ավելի ծանր միջուկներ 2.էլեկտրոններ (միջուկների թվի 1%-ը) 3.Պոզիտրոններ(էլեկտրոնների թվի 10%-ը ) 4.Անտիհադրոններ	1.P-35% 2.He-25% 3.O-15% 4.Si-15% 5.Fe-10%
Էներգիաների տիրույթը	$10^6 - 10^{21}$ էՎ	$10^5 - 10^{10}$ էՎ

Տիեզերական ճառագայթների արագացման մեխանիզմները դեռևս պարզ չեն. այդ երևույթի վերաբերյալ կան մի քանի վարկածներ: Գալակտիկական տիեզերական ճառագայթների հիմնական աղբյուրն են հանդիսանում գերնոր աստղերի մնացորդները: Գալակտիկական տիեզերական ճառագայթները գրեթե իզոտրոպ են, ինչը չի կարելի ասել բռնկման ժամանակ արևից եկող մասնիկների մասին, որոնց անվանում են արեգակնային տիեզերական ճառագայթներ, իսկ արեգակից անընդհատ եկող մասնիկների հոսքը հաճախ անվանում են արեգակնային քամի: Արեգակնային քամու արագությունը հավասար է մոտ 400Կմ/վ-ի, սակայն բռնկումների ժամանակ այն կարող է հասնել մոտ 1000Կմ/վ-ի: Արեգակի մագնիսական դաշտի ուժագծերն ունեն Արքիմեդի պարույրի տեսք (նկ.1):



Նկ.1 Արեգակից եկող մասնիկների հետագիծը

Արեգակից եկող էլեկտրաչեզոք մասնիկների՝ մասնավորապես նեյտրոնների հետագծերն ուղիղ են:

Այն մասնիկները որոնք կարողանում են հաղթահարել Երկրի մագնիսական դաշտի կողմից ստեղծված արգելքը, փոխազդելով մթնոլորտի հետ, առաջացնում են հեղեղներ (էլեկտրաչեզոք մասնիկների՝ մասնավորապես նեյտրոնների համար այդպիսի արգելք չկա): Կախված դիտման կետի աշխարհագրական դիրքից՝ այդ արգելքը փոխվում է: Արագածի համար մագնիսական կոշտությունը 7.14ԳՎ է:7.14ԳԷՎ-ն այն նվազագույն էներգիան է, որով օժտված առաջնային պրոտոնը կհաղթահարի Երկրի մագնիսական դաշտը և կփոխազդի մթնոլորտային նյութի հետ:

Այդ փոխազդեցության արդյունքում առաջանում են  $\pi$ -մեզոններ և նուկլոններ, որոնց տրոհման արգասիքներն էլ գրանցվում են Երկրի մակերևույթին տեղակայված սարքերով:

$\pi^0$ -մեզոնները  $10^{-16}$  վ-ում տրոհվում են

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma,$$

իսկ  $\pi^\pm$  մեզոնները՝

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu,$$

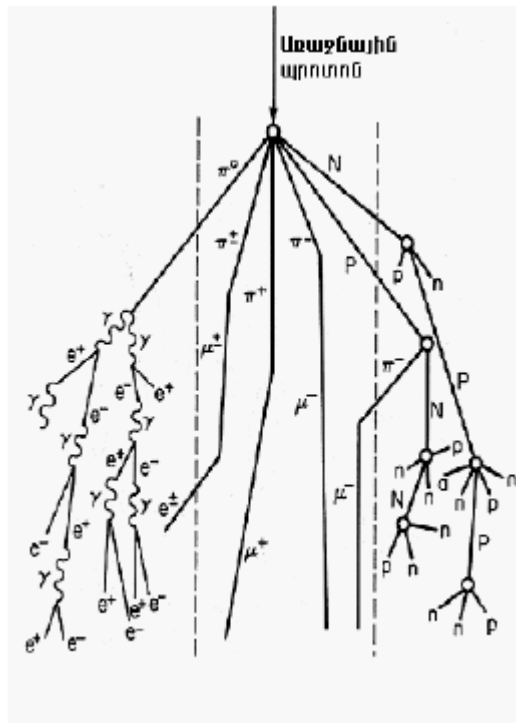
$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \tilde{\nu}_\mu$$

կանալներով: Մյուսներն իրենց հերթին  $10^{-6}$  վ-ում կարող են տրոհվել՝

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \tilde{\nu}_\mu,$$

$$\mu^- \rightarrow e^- + \tilde{\nu}_e + \nu_\mu,$$

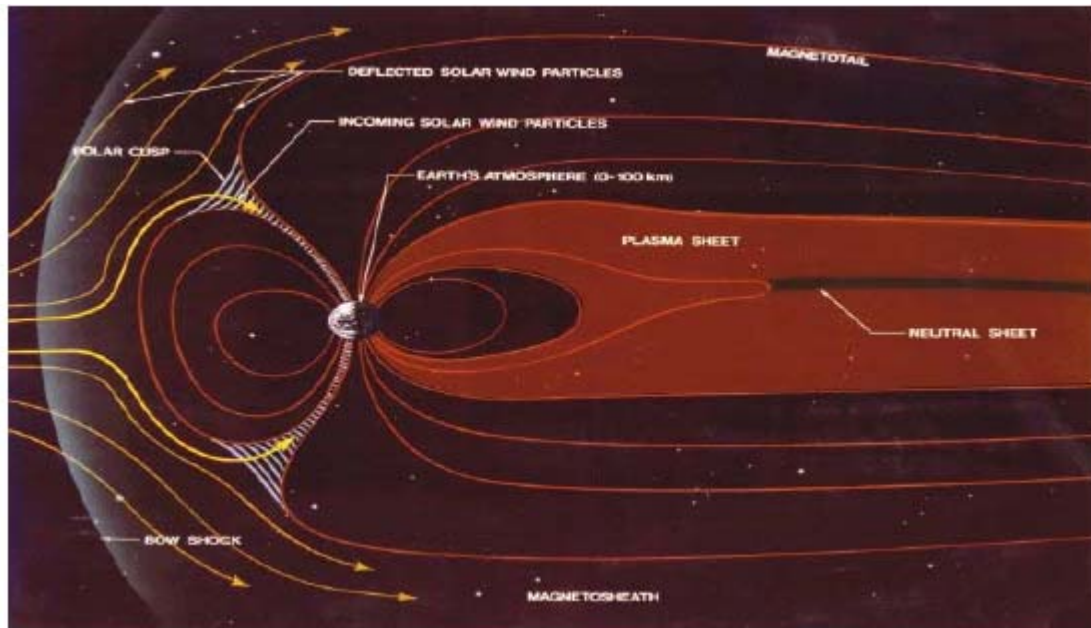
Արդյունքում երկրորդային մասնիկների հաղորմային բաղադրիչը, փոխակերպվելով մյուսների, նեյտրինոների և ֆոտոնների, գրեթե չի հասնում ծովի մակարդակին:



Նկ.2 Հեղեղների առաջացումը մթնոլորտում

### Երկրի մագնիսական դաշտը

Երկրի մագնիսական դաշտը պայմանավորված է ընդերքում գտնվող հեղուկ երկաթի շարժումներով: Սեփական առանցքի շուրջը Երկրի պտույտի հետևանքով երկաթի իոնները պտտվում են և առաջանում են մեծ հոսանքներ, որոնք ստեղծում են Երկրի մագնիսական դաշտը, որի ուժագծերը դուրս են գալիս հյուսիսային բևեռից և մտնում են հարավային բևեռ: Բևեռների մոտ այն հասնում է 65000 nT-ի, իսկ հասարակածում մոտ 25000 nT-է: Մագնիսական բևեռներն աշխարհագրական բևեռներից մոտ 10 աստիճանով: Դեպի Արեգակն ընկած կողմում մագնիսական դաշտի սահմանները հասնում են մոտ 10  $R_{\oplus}$ , իսկ հակառակ կողմում այն ձգվում է մինչև մի քանի հարյուր  $R_{\oplus}$  ( $R_{\oplus}=6370$  կմ): Երկրի մագնիսական դաշտի փոփոխությունները բնութագրող մի քանի ինդեքսներ կան: Դրանցից է Dst ինդեքսը: Այն միջին և հասարակային լայնություններում չափված Երկրի մագնիսական դաշտի միջին արժեքն է: Dst ինդեքսն ընդունում է բացասական արժեքներ:



Նկ. 3 Երկրի մագնիսական դաշտը

## Տիեզերական ճառագայթների ինտենսիվության փոփոխությունները

Երկրի մակերևույթին տիեզերական ճառագայթների ինտենսիվությունը ժամանակի ընթացքում փոփոխություններ է կրում: Այդ փոփոխությունները տարբեր բնույթի են՝ երկրային և արտերկրային: Երկրային փոփոխությունները տեղի են ունենում հետևյալ պատճառներով՝

1) Երկրի մթնոլորտում տեղի ունեցող փոփոխություններ. ճնշման փոփոխություն, ջերմաստիճանի փոփոխություն և այլն:

2) Երկրի մագնիսական դաշտի փոփոխություններ:

Արտերկրային փոփոխությունները նույնպես բաժանվում են խմբերի՝

1) Արեգակի 11-ամյա ցիկլի հետ կապված փոփոխություններ:

2) Սեփական առանցքի շուրջը Արեգակի պտույտով պայմանավորված երևույթներ, որոնք արեգակնային քամու անիզոտրոպության հետևանք են:

3) Արեգակնային ակտիվության հետ կապված երևույթներ: Դրանցից են գեոմագնիսական փոթորիկները և Ֆորբուշի երևույթը: Արեգակի գունդոլորտում տեղի ունեցող բռնկումների հետևանքով մեծ էներգիաներով մասնիկների առաջացումը. այդպիսի երևույթ է GLE-ն (ground level enchancement):

4) Արտարեգակնային փոփոխությունները, որոնք, օրինակ, կարող են տեղի ունենալ գերնոր աստղերի պայթյունների ժամանակ:

Այս փոփոխությունների արդյունքում ունենում ենք Երկրի մակերևույթին տեղակայված երկրորդային մասնիկներ գրանցող սարքերի հաշվի արագությունների փոփոխություններ:

Երկրի մթնոլորտում ճնշման փոփոխության ազդեցությունը Սյուունային բաղադրիչի դեպքում կազմում է 0.1-0.2%. նեյտրոնային բաղադրիչի դեպքում դրա տոկոսն ավելի մեծ է: Այդ փոփոխությունները կարելի է հաշվի չառնել՝ կատարելով ճնշման շտկումներ:

Ֆորբուշի երևույթի և գեոմագնիսական փոթորիկների պատճառը հետևյալն է: Արեգակնային ակտիվության հետևանքով միջնոլորակային տարածություն է արտա-

նետվում մեծ քանակությամբ պլազմա: Այդ պլազմայի ամպը կարող է հասնել Երկիր և իր «սառեցված» մագնիսական դաշտով վերադրվել Երկրի մագնիսական դաշտին: Եթե արդյունարար դաշտն ուժեղ է գեոմագնիսական դաշտից, տեղի է ունենում տիեզերական ճառագայթների ինտենսիվության նվազում՝ Ֆորբուշի երևույթ: Այս դեպքում Երկրի մա-կերևույթին տիեզերական ճառագայթների ինտենսիվությունը կարող է նվազել նեյտրոնային բաղադրիչի համար 30%-ով և մյուսնային բաղադրիչի համար 10%-ով:

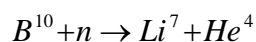
Գեոմագնիսական փոթորիկ դիտվում է այն դեպքում, երբ պլազմայի բերած ամպը այնպես է վերադրվում գեոմագնիսական դաշտին, որ արդյունարար դաշտը գեոմագնիսականից ավելի թույլ է լինում. ցածր էներգիաներով ավելի շատ մասնիկներ են փոխազդում մթնոլորտի հետ և գրանցվում Երկրի մակերևույթին՝ տվյալ աշխարհագրական դիրքին համապատասխանող մագնիսական կոշտությունը նվազում է:

Գեոմագնիսական փոթորիկների ուժգնությունը կախված է «սառեցված մագնիսական» դաշտերի մեծությունից և մագնիսական ամպերի տարածական բաշխվածությունից: Գեոմագնիսական դաշտի, արեգակնային քամու և տիեզերական ճառագայթների ինտենսիվության փոփոխությունները փոխկապակցված են, քանի որ դրանք բոլորը պայմանավորված են Արեգակում տեղի ունեցող միևնույն երևույթներով:

### **ASEC-ի սարքավորումները**

#### **1) Նեյտրոնային մոնիթոր**

Նեյտրոնները գրանցվում են  $B^{10}$  իզոտոպով հարստացված  $BF_3$  պարունակող համեմատական հաշվիչների միջոցով: Նեյտրոնների՝  $B^{10}$  իզոտոպի կողմից կլանվելու հետևանքով տեղի է ունենում

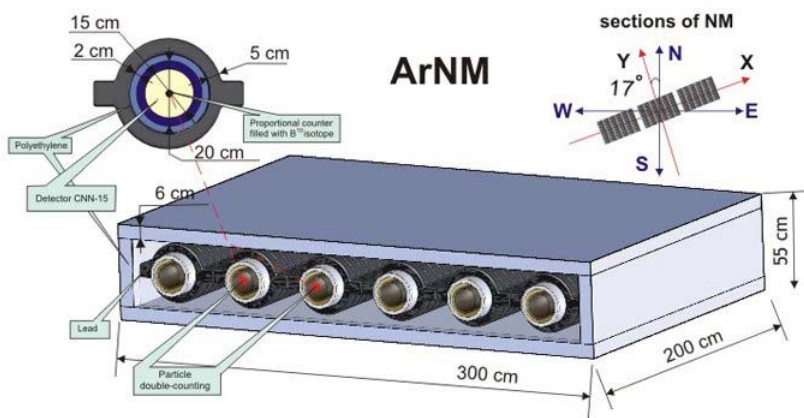


ռեակցիան. անջատվում է 2.5 ՄէՎ էներգիա, որից 1.6-ը բաժին է ընկնում ալֆա մասնիկին, 0.9-ը՝ լիթիումի միջուկին:  $BF_3$ -ի ատոմներն իոնանում են. առաջանում է էլեկտրական իմպուլս: Նեյտրոնների կլանման բարձր էֆեկտիվության համար հաշվիչը շրջապատված է դանդաղացուցչով:

### **Աղ.2 ԱՆՄ և ՆԱՆՄ բնութագրերը**

Տեսակը	18NM-64	18NM-64
Տեղակայման վայրը	Արագած	Նոր Ամբերդ
Բարձրությունը	3200մ	2000մ
Միջին մթնոլորտային ճնշումը	700մԲ	800մԲ
Աշխարհագրական դիրքը	4030'N 4410'E	4030'N 4410'E
Մագնիսական կոշտություն	7.6 ԳՎ	7.6 ԳՎ
Մակերեսը	18մԱ	18մԱ
Հարաբերական սխալը 1ր. տվյալների համար	0,4%	1,0%
Շենք	50մէՎ	50մէՎ

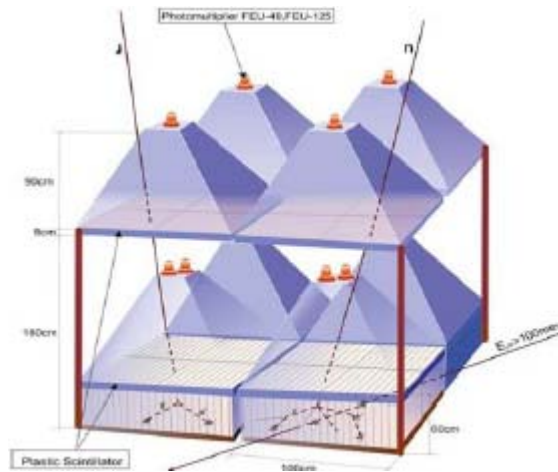
Նեյտրոնային մոնիթորում օգտագործվում են 2սմ հաստությամբ պոլիէթիլենե խողովակներ: Նեյտրոնային մոնիթորում կիրառվում է նեյտրոնների լոկալ գեներացիայի մեթոդը. հաշվիչը շրջապատված է մեծ կարգաթիվ ունեցող նյութով՝ կապարով: Գրանցվում են կապարում միջուկային ռեակցիաների ժամանակ առաջացած նեյտրոնները:



ՆԿ.4 Արագածի նեյտրոնային մոնիթորի արտաքին տեսքը

Ձգալիորեն ավելանում է նաև մասնիկների հաշվի արագությունը: Արագածի և Նոր Ամբերդի նեյտրոնային մոնիթորների (ԱՆՄ և ՆԱՆՄ) բնութագրերը բերված են աղյուսակում: Մթնոլորտում և շրջապատող առարկաներում առաջացած և դանդաղած նեյտրոնների հոսքը փոքրացնելու նպատակով սարքը շրջապատված է Ցսմ հաստությամբ պոլիէթիլենի շերտով: Նկ.4-ում պատկերված է ԱՆՄ-ի արտաքին տեսքը:

2) Արեգակնային նեյտրոնային դիտակ(ԱՆԴ)



Նկ.5 Արեգակնային նեյտրոնային դիտակ

Կազմված է յուրաքանչյուրը  $1մ^2$  մակերեսով 60սմ հաստությամբ չորս սցինտիլատորներից, որոնց վերևում գտնվում են նույն մակերեսով, բայց 5սմ հաստությամբ չորս սցինտիլատորներ: Դրանք նախատեսված են ցածր էներգիաներով լիցքավորված մասնիկների գրանցման համար: ԱՆԴ-ի միջոցով հնարավոր է նաև գնահատել նեյտրոնների էներգիաները: ԱՆԴ-ը ունի էներգիայի չորս շեմ՝ 120,190, 290, 490ՄէՎ: Վերևում և ներքևում գտնվող սցինտիլատորները միացված են հակահամընկման սխեմայով, որպեսզի լիցքավորված մասնիկները չգրանցվեն ուղղաձիգին մոտ ուղղությամբ:

3) Արագածի բազմականալային մյուլոնային մոնիթոր(ԱԲՄՄ)

Արագածի բազմականալային մյուլոնային մոնիթորը բաղկացած է  $15մ^2$  ընդհանուր մակերեսով սցինտիլացիոն դետեկտորներից, որոնցից 24մ ներքև գտնվում են 45 սցինտիլացիոն դետեկտորներ՝ յուրաքանչյուրը  $1մ^2$  մակերեսով: Համընկման սխեմայի շնորհիվ կարող ենք որոշել մասնիկների ինտենսիվության փոփոխությունների

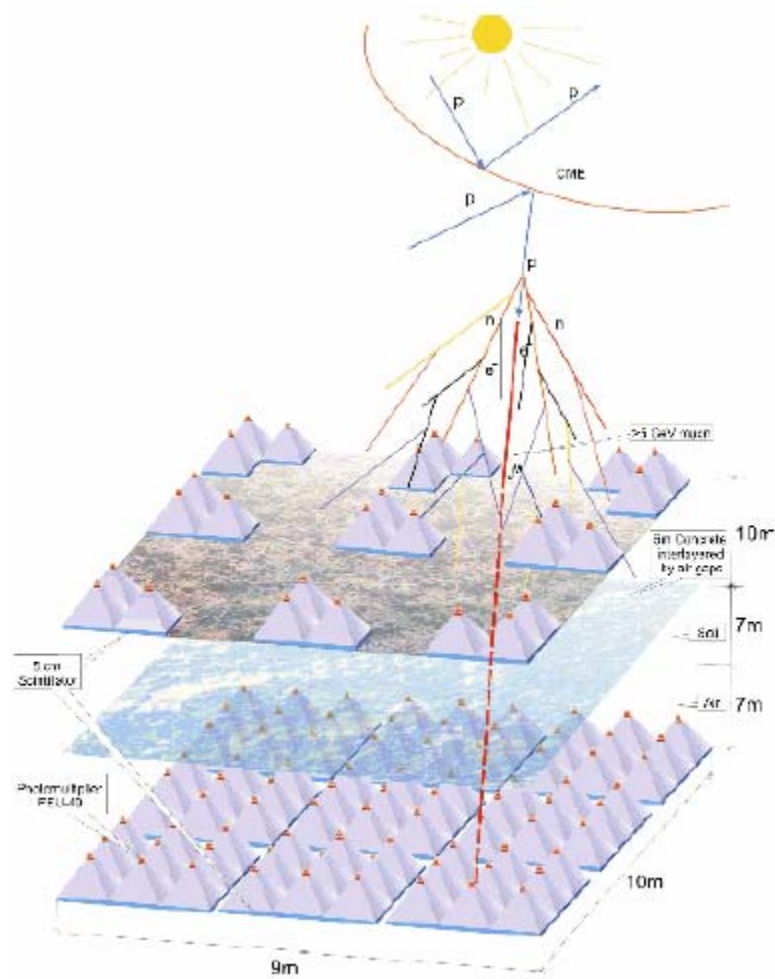
կախումը տարբեր ուղղություններից: Դետեկտորի ստորին մասը բարձր էներգիաների մյուլոնային մոնիթոր է, որի շեմը հավասար է 5ԳէՎ-ի:

Ցածր էներգիաներով լիցքավորված մասնիկների, նեյտրոնների և բարձր էներգիաներով մյուլոնների գրանցումը թույլ է տալիս հետազոտել տարբեր արեգակնային պատահարներ, դրանց ֆիզիկական բնույթը և ուժգնությունը:

### Աղ. 3 ԱԲՄՄ-ի բնութագրերը

Տեսակը	սցինտիլատոր
Տեղակայման վայրը	Արագած
Բարձրությունը	3200 մ
Միջին մթնոլորտային ճնշումը	700 մԲ
Աշխարհագրական դիրքը	4030'N,4410'E
Մագնիսական կոշտությունը	7,6 ԳՎ
Մակերեսը	45մ <sup>2</sup>
Հարաբերական սխալը 1ր. տվյալների համար	1%
Շեմը	5ԳէՎ

Աղյուսակ 3-ում պատկերված են ԱԲՄՄ բնութագրերը, նկ.6-ում՝ նրա արտաքին տեսքը:



Նկ. 6 Արագածի բազմականալային սյուրնային մոնիթորի արտաքին տեսքը

### Աշխատանքի նպատակը

2005թ. հունվարի 20-ին, ժամը 7:02-7:05 ժամանակահատվածում, ծովի մակերես-վույթից 3200 մ բարձրության վրա գտնվող Արագածի Բազմականալային Սյուրնային

Մոնիթորը (ԱԲՄՄ) գրանցեց բարձր էներգիաներով երկրորդային մյուոնային հոսքի աճ (շեմը՝ 5 ՉԷՎ): Երեք ռոպե տևող աճն ունի մոտ 4,5σ վիճակագրական արժեք (երեք ռոպեանոց ժամանակային շարքերի համար) և պատկանում է X7.1 բռնկումներին: ԱԲՄՄ-ի կողմից գրանցված մյուոնային ազդանշանի էներգետիկ և ժամանակային բնութագրերը համեմատված են ASEC-ի (Aragats Space-Environmental Center) մյուս արեգակնային մոնիթորների նույն բնութագրերի հետ: ASEC-ի տարբեր դետեկտորներ ընտրում են Արեգակնային Տիեզերական Ճառագայթների տարբեր տիրույթներ: Փոխկապակցված ժամանակային շարքերից եզրակացնում ենք, որ 6:55-7:05 ժամանակահատվածում մասնիկային արագացումների ժամանակահատվածում ա) պրոտոններն Արեգակում արագացվել են 20 ՉԷՎ-ից բարձր էներգիաներով, բ) 10ՉԷՎ-ից բարձր էներգիաներով պրոտոններն ավելի վաղ են արտանետվել միջմոլորակային տարածություն, քան 20 ՉԷՎ և ավելի էներգիաներով պրոտոնները, գ) 7:12-7:15 հաշվի արագության մաքսիմումն ունեցող ժամանակահատվածում արագացված պրոտոններն ունեցել են ավելի փոքր էներգիաներ, քան առաջին պահին արագացվածները:

2005թ. հունվարի 20-ին NOAA-ն գեկուցեց X7 կարգի բռնկման մասին՝ (14N,67W) հելիոկորոդինատներով, որը մեկնարկել էր ժամը 6:36՝ 7:01-ին X-ճառագայթների առավելագույն հոսքով: Տիեզերական սպեկտրոմետրերի առաջին արդյունքները ցուցադրում են Արեգակնային էներգետիկ Մասնիկների շատ բարդ էներգետիկ սպեկտր 800 ՄԷՎ-ից ավելի էներգիաներով պրոտոնների համար: Դա պատճառ հանդիսացավ GLE N 68-ի մանրամասն ուսումնասիրմանը, որի նպատակներից է արեգակնային արագացուցիչների առավելագույն էներգիայի գնահատումը:

Այս աշխատանքի նպատակն է արեգակնային բռնկումների ժամանակ առաջացած մեծ էներգիաներով (>1ՉԷՎ) մասնիկների հոսքերով պայմանավորված տիեզերական ճառագայթների աճերի ուսումնասիրումը: Այդպիսի աճերն ընդունված է անվանել GLE: Միջին աշխարհագրական լայնություններում GLE-ներ շատ փոքր են և հազվադեպ (մի քանի տարում մեկ անգամ)՝ մագնիսական մեծ կոշտությունների հետևանքով:

GLE-ների մասին առկա էքսպերիմենտալ տվյալները հաստատում են պրոտոնի մինչև 20 ԳէՎ էներգիաներով արագացումը. ավելի բարձր էներգիաներով արագացումը ստույգ հաստատված չէ:

Աշխարհագրական միջին և փոքր լայնություններում տեղակայված նեյտրոնային մոնիթորները չեն կարող օգտագործվել 5ԳէՎ-ից բարձր էներգիական սպեկտրերի վերականգման համար թույլ հոսքերի և դետեկտորների բավական փոքր չափերի պատճառով: Այդ պատճառով Մթնոլորտային Հեղեղները չափող մակերևութային մասնիկային դետեկտորները օգտագործվում են նաև արեգակնային պրոտոնային և իոնային ճառագայթումների բարձր էներգիաների հետազոտման համար: Ընդարձակ մակերևութի, բավարար անկյան և լիցքավորված մասնիկների գրանցման բարձր էֆեկտիվության շնորհիվ այս դետեկտորները բազմազան ինֆորմացիա են մատակարարում 5 ԳէՎ-ից բարձր էներգիաներով արեգակնային հեղեղների մասին:

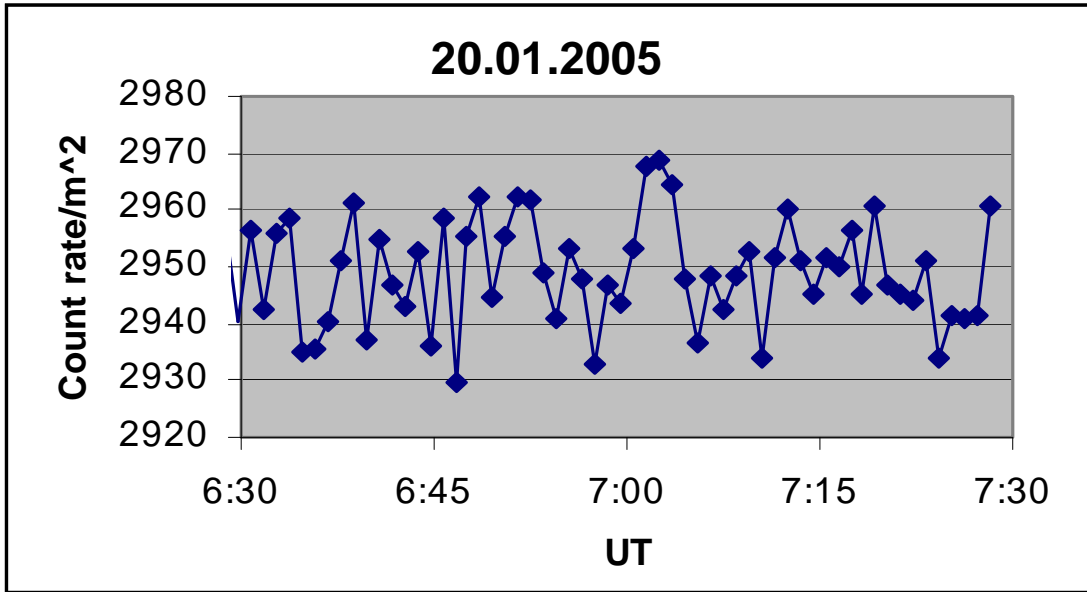
GLE N 69-ի հետևանքով հունվարի 20-ին, ժամը 7:02-7:05 ժամանակահատվածում ԱՐՄՄ-ը գրանցեց ~4,5σ արժեքով պիկ: Ստորև ներկայացված են ASEC-ի մյուս մոնիթորների ժամանակային շարքերի հետ համադրությունները և հունվարի 20-ին Արեգակում արագացված պրոտոնային հեղեղների էներգետիկ և ժամանակային բնութագրերը:

### **ASEC-ի մոնիթորների կողմից գրանցված GLE N 68-ը**

Հունվարի 20-ին X7,1 բռնկման հետևանքով GLE N 68-ը գրանցվել է ASEC-ի որոշ մոնիթորների կողմից: Նկ.1-ում բերված են ԱՐՄՄ-ի 1 թույլանոց ժամանակային շարքերը:

Հաշվի արագության աճը դիտարկվում է 7:02-7:05 ժամանակահատվածում՝ 7:03-ին մաքսիմումով: ԱՐՄՄ-ի 45 սցինտիլյատորներից երեքն այդ ժամանակ չեն գործել, հետևաբար մյուսնային դետեկտորներից միայն 42-ն են օգտագործվել բարձր էներգիաներով մյուսային հեղեղի չափման համար: Գալակտիկական Տիեզերական

Ճառագայթների հաշվի միջին արագությունը 6:30-7:35 ժամանակահատվածում՝ բացառությամբ 7:01-7:05 աճման տիրույթը, կազմում է 123820 մասնիկ րոպեում: 7:03-ի ավելցուկային ազդանշանը հավասար է 858 մասնիկի (0.70%): Հաշվի առնելով, որ 1 րոպեանոց տվյալների (նկ.7) ստանդարտ շեղումը հավասար է 352-ի (0.29%)՝ 7:03-ի 1 րոպեանոց պիկի համար ստանում ենք 2,5 $\sigma$  արժեքը:



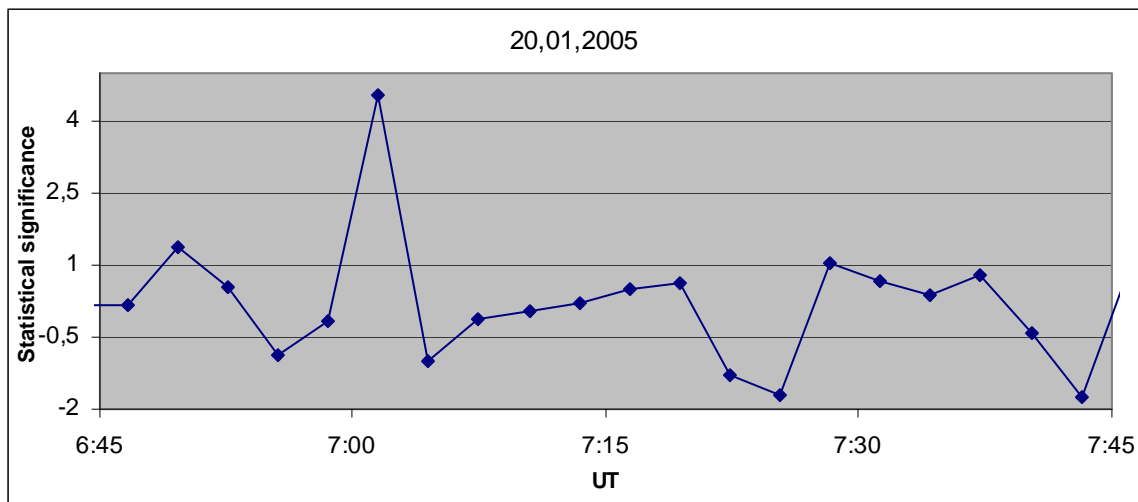
Նկ.7 ԱԲՄՄ-ի 1 րոպեանոց հաշվի արագությունը  
59էՎ-ից մեծ էներգիաներով երկրորդային մյուոնների համար

Ժամանակային շարքերի պիկն ընդգծելու համար 1րոպեանոց տվյալները խմբավորում ենք 3 րոպեանոց ժամանակահատվածներում (նկ.2): 3-րոպեանոց ժամանակային շարքը ցուցադրում է ավելի վառ արտահայտված՝ 3,93 $\sigma$  արժեքով պիկ: Նորից գնահատված է հաշվի միջին արագությունը 6:30-7:35 միջակայքի համար (բացառությամբ 7:01-7:05 տիրույթի) և այն հավասար է 3 րոպեում 371460 մասնիկի: 7:02-7:05 ժամանակահատվածի ավելցուկային ազդանշանը հավասար է 2388-ի (0.643%): Եթե 3 րոպեանոց ժամանակային շարքի համար օգտագործենք ստանդարտ շեղումը՝ 0,142%, 7:02-7:05-ի 3-րոպեանոց պիկի համար կհանգենք 4,52 $\sigma$  արժեքին: ԱԲՄՄ-ի գրանցած հաշվի ավելցուկը համապատասխանում է  $3.1(+/-0.8)10^{-5}$  մյուոն/սմ<sup>2</sup>/վ հոսքին:

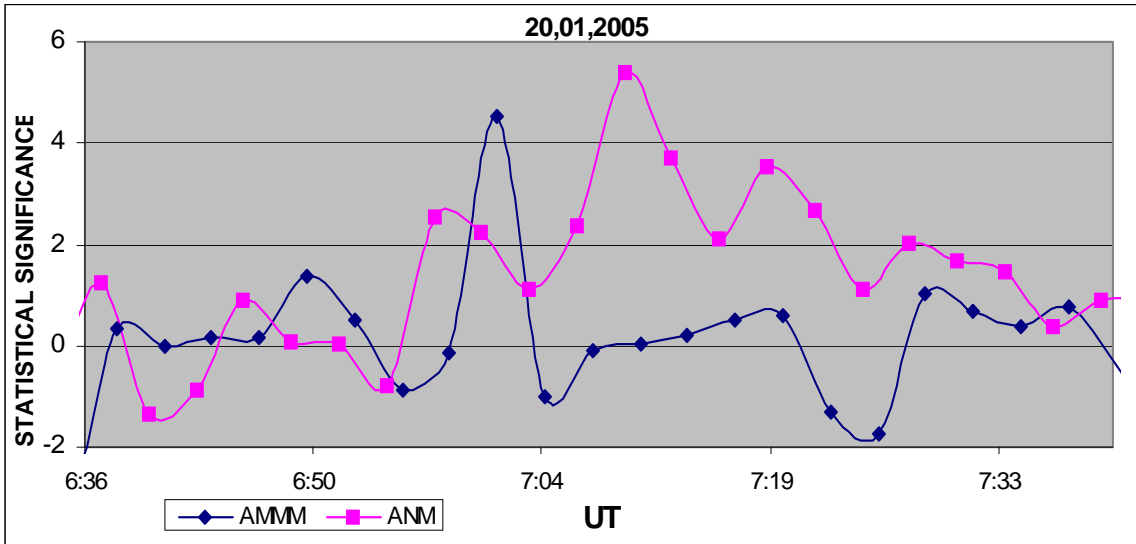
Նկ.9 և 10-ում պատկերված են հաշվի արագության աճերը՝ չափված ծովի մակարդակից 3200մ բարձրության վրա գտնվող Արագածի Նեյտրոնային Մոնիթորի (ԱՆՄ) և 2000մ բարձրության վրա գտնվող Նոր Ամբերդի Նեյտրոնային Մոնիթորի (ՆԱՆՄ) (երկու նեյտրոնային մոնիթորներն էլ 18NM64 չափի են): Նկարներում կարող ենք տեսնել, որ նեյտրոնային մոնիթորներում հաշվի աճը մեկնարկում է 3 րոպե ավելի վաղ, քան ԱԲՄՄ-ի գրանցած պիկն է (7:03):

Նեյտրոնային մոնիթորների կողմից գրանցվող երկրորդային նեյտրոնների քանակի աճ հարուցող առաջնային պրոտոնների էներգիաները փոքր են այն պրոտոնների էներգիաներից, որոնք մթնոլորտում ծնունդ են տալիս էներգիաներով մյուսներ: Հետևաբար, կարող ենք եզրակացնել, որ ~10 ՉԷՎ էներգիաներով ռելատիվիստական պրոտոններն ավելի վաղ են արտանետվել միջմոլորակային տարածություն, քան 20ՉԷՎ-ից մեծ էներգիաներով պրոտոնները:

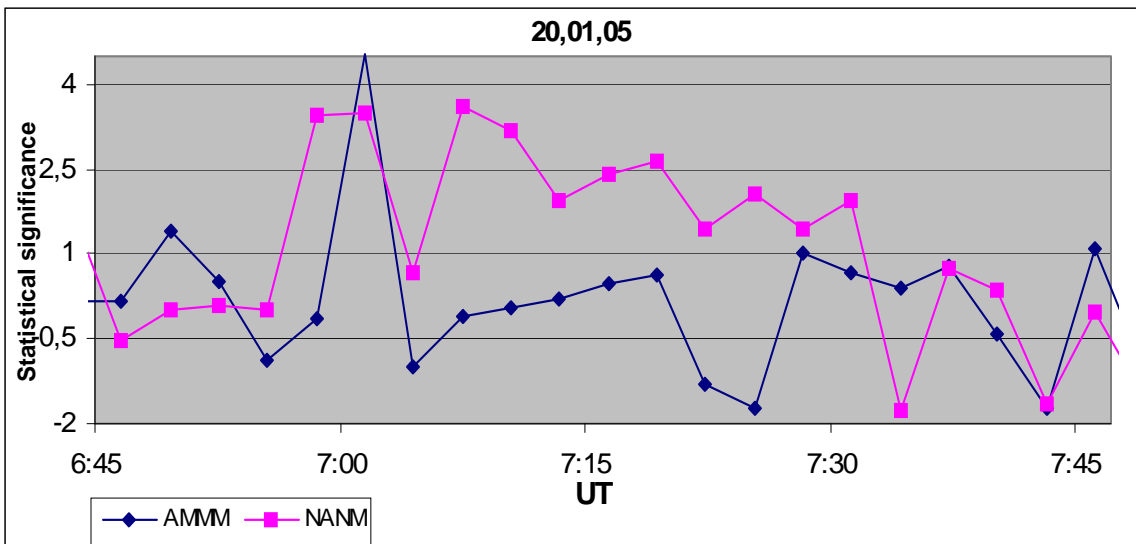
Նկ.9-ից և 10-ից կարող ենք տեսնել, որ ASEC մոնիթորները 6:55-7:45 ժամանակահատվածում ցուցադրում են նվազագույնը երկու պիկ՝ 3σ-ից մեծ արժեքով:



Նկ.8 ԱԲՄՄ-ի 3-րոպեանոց ժամանակային շարքը՝ արտահայտված ստանդարտ շեղման միավորներով.



ՆԿ.9 ԱՆՄ-ի և ԱԲՄՄ-ի հաշվի աճերի համեմատությունը

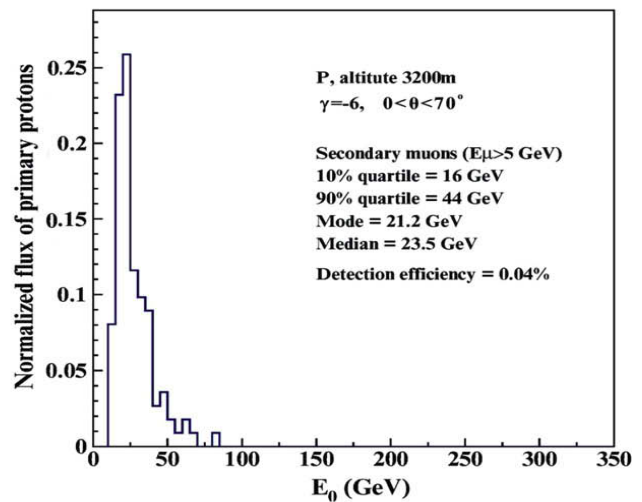
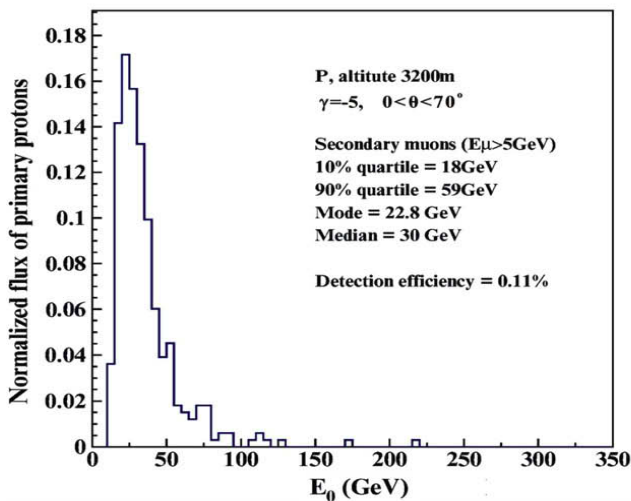
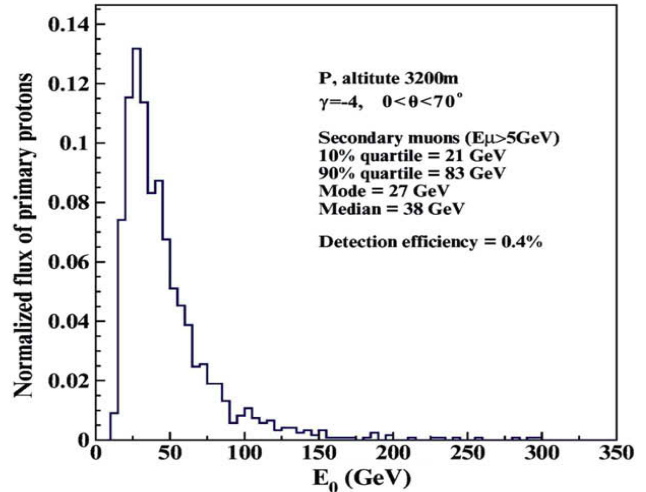
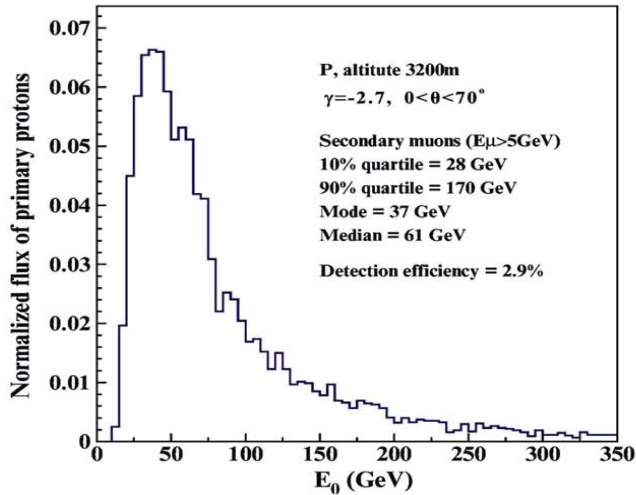


ՆԿ.10 ՆԱՆՄ-ի և ԱԲՄՄ-ի հաշվի աճերի համեմատությունը

Արեգակում իոնների արագացումը սովորաբար բացատրվում է երկու տարբեր մեխանիզմներով:

1. Մասնիկները արագանում են բռնկման ժամանակ
2. Մասնիկները արագանում են Արեգակի պսակից մասսայի արտանետման հետևանքով առաջացած հարվածային ալիքի հետևանքով:

ԱԲՄՄ-ի կողմից գրանցված 5 ԳէՎ-ից մեծ էներգիաներով մյուռոնների հոսքը գեներացված է 15 ԳէՎ-ից մեծ էներգիաներով պրոտոնների կողմից: պրոտոնների էներգիական բաշխվածությունը տարբեր սպեկտրալ ինդեքսների դեպքում ցուցադրված է նկ.11-ում:



Ն Կ .11 Առաջնային պրոտոնների էներգիաների բաշխվածությունը, որոնք գեներացրել են 5գ էՎից մեծ էներգիաներով մյուսները 3200մ բարձրության վրա

Տիեզերական ճառագայթների դիֆերենցիալ և ինտեգրալ

սպեկտրները

Առաջնային տիեզերական ճառագայթների էներգիան կախված է նրանց էներգիաներից: Որքան մեծ են այդ էներգիաները, այնքան թույլ է հոսքը: Տիեզերական ճառագայթների  $D(E)$  դիֆերենցիալ սպեկտրը դրանց հոսքի բաշխվածությունն է կախված էներգիայից: Դիֆերենցիալ սպեկտրի միջոցով կարելի է որոշել տրված էներգիայի այն մասնիկների թիվը, որոնք միավոր ժամանակում միավոր մարմնային անկյան մեջ ընկնում են միավոր մակերեսին: Դիֆերենցիալ սպեկտրը չափվում է  $1/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ster} \cdot \text{MeV})$  միավորներով: Ինտեգրալ սպեկտրը որոշվում է դիֆերենցիալ սպեկտրի ինտեգրմամբ՝

$$I(E) = \int_E^\infty D(E) dE$$

Ինտեգրալ սպեկտրի միջոցով կարելի է որոշել, թե տվյալ էներգիայից մեծ էներգիաներով որքան մասնիկներ են ընկել միավոր մակերեսին միավոր ժամանակում միավոր մարմնային անկյան մեջ: Ինտեգրալ սպեկտրը չափվում է  $1/(cm^2*s*ster)$  միավորներով:

1ԳէՎ-1000ՏէՎ գալակտիկական ճառագայթները օժտված են դիֆերենցիալ սպեկտրի հզորության  $\sim - 2.71$  ինդեքսով՝  $D(E)\sim 1/E^{2.71}$ , հետևաբար, համաձայն (1)-ի, ինտեգրալ սպեկտրը  $I(E)\sim 1/E^{1.71}$ :

Արեգակնային ուժեղ բռնկումների ընթացքում ցուցիչը փոփոխվում է: Արեգակից արտանետվում են պրոտոններ և էլեկտրոններ, որոնք էլ պատճառ են հանդիսանում ավելցուկային հոսքի:

### **ASEC և GOES տվյալների հիման վրա առաջնային պրոտոնների սպեկտրի վերականգնումը**

Երկրի մակերևույթին տեղակայված դետեկտորների հաշվի արագությունները համապատասխանում են  $R_c$  գեոմագնիսական կոշտությունից մեծ կոշտություն ունեցող բոլոր մասնիկների ինտեգրալ հոսքերին: Այդ մոնիթորների հոսքերը տրվում են  $1/m^2*min$  միավորներով: Տիեզերքում գտնվող դետեկտորները չափում են մասնիկների և դիֆերենցիալ, և ինտեգրալ հոսքերը՝ դիֆերենցիալ հոսքը ներկայացնելով  $1/cm^2*s*ster*MeV$ , ինտեգրալ հոսքը՝  $1/cm^2*s*ster$  միավորներով: Օրինակ՝ GOES արբանյակների դիֆերենցիալ և ինտեգրալ սպեկտրները տրվում են հետևյալ տիրույթներում. Դիֆերենցիալ սպեկտրները՝ 4 – 9 MeV, 9 – 15 MeV ... տիրույթներում, ինտեգրալ սպեկտրները՝ >10MeV, >30MeV...տիրույթներում:

Օգտագործելով միայն GOES արբանյակների տվյալները, կարելի է կառուցել առաջնային մասնիկների սպեկտրները մինչև 700ՄէՎ տիրույթում: Ավելի բարձր էներգիական տիրույթներում դիֆերենցիալ և ինտեգրալ սպեկտրները կառուցելու համար պետք է օգտագործել նաև Երկրի մակերևույթին տեղակայված դետեկտորների տվյալները: Դրա համար այս երկու տվյալները պետք է ներկայացվեն միևնույն միավորներով:

Դիտարկենք 20,01,2005–ին գրանցված դեպքի հաշվարկները:

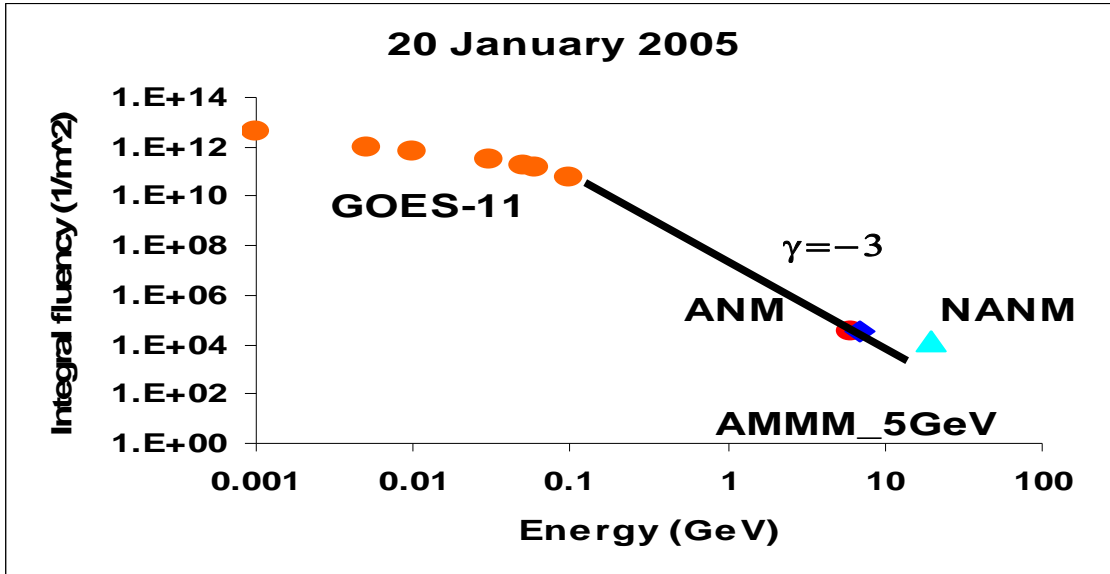
ԱԲՄՄ-ի կողմից չափված 5ԳէՎ-ից մեծ էներգիաներով մյուսների հաշիվը 7:02-7:04 ժամանակահատվածում կազմում է  $8901/m^2$ ,  $8844/m^2$ , հետևաբար այդ ժամանակահատվածում մյուսների ավելցուկը կլինի  $57/m^2$ :  $1/m^2*ster$  միավորներով հոսք ստանալու համար պետք է պետք է հաշվի առնել, որ մթնոլորտում կորուստների հետևանքով զենիթից եկող երկրորդային մասնիկների հոսքն առավելագույնն է և զենիթի անկյան հետ արագ նվազում է: Հոսքի կախաբաժությունը զենիթի անկյունից ունի  $\sim \cos^6 \theta$  տեսք: Ընդհանուր հոսքը ստացվում է ըստ ամբողջ զենիթի անկյան ինտեգրումից.

Հետևաբար  $1/m^2*ster$  միավորներով դիֆերենցիալ հոսք ստանալու համար դետեկտորի ավելցուկային հոսքը պետք է բաժանենք  $k1$  գործակցին՝

$$k1 = 2\pi \int_0^{90} \cos^6 \theta \sin \theta d\theta = \frac{2\pi}{7} \sim 0.9 \quad (9)$$

Արդյունքը բաժանելով CORSIKA մոդելավորման ծրագրով ստացված 0,004 գործակցի վրա՝ կստանանք 20-30ԳէՎ առաջնային պրոտոնների թիվը, որոնք

համապատասխանում են մոնիթորի հաշվին: ԱՆՄ-ի և ՆԱՆՄ-ի համար մենք պետք է գումարենք նրանց հաշվի ավելցուկները 6:58-7:43 ժամանակահատվածի համար: Արդյունքում ստանում ենք համապատասխանաբար  $1110/m^2$  և  $970/m^2$  արժեքները: Համադրելով GOES-ի՝ ավելի ցածր էներգիական տիրույթների համար ստացված սպեկտրի հետ ստանում ենք սպեկտրի ցուցիչի – 3 արժեքը(նկ.15):



Ն Կ .12 20.01.2005-ի դ է պ ք ի առ ա ջ ն ա յ ի ն մ ա ս ն ի կ ն ե բ ի ի ն տ ե գ բ ա լ ս պ ե կ տ ր ը

### Մնացորդների վերլուծությունները (Քաուսյան մոդելի ստուգումը)

Քաուսի վարկածի ստուգման բարդությունը կայանում է նրանում, որ որոշ միջնուլորակային և գեոֆիզիկական պարամետրերի սիստեմատիկ փոփոխությունների հետևանքով հաշվի արագությունների միջինների ժամանակային շարքերը դանդաղ տեղաշարժեր են կատարում: 2005թ. հունվարի վերջին Միջնուլորակային Մագնիսական Դաշտի (ՄՄԴ) խախտումների հետևանքով մոդուլացվել է Տիեզերական Ճառագայթների հոսք, որը ներդրում է ունեցել Երկրորդային Տիեզերական Ճառագայթներում:

5 Գ է Վ-ից մեծ էներգիաներով մյունային հոսքի միջինը գնահատելու համար հաշվում ենք յուրաքնչյուր ժամի միջին հաշվի արագությունները և համապատասխան մնացորդները.

$$X_{ij} = \frac{C_{i,j} - \bar{C}_{i,j}}{S_j}, \quad i = 1, 20; \quad j = 1, N_h, \quad (1)$$

որտեղ  $X_{i,j}$ -երը նորմավորված մնացորդներն են,  $C_{i,j}$ -ները ԱԲՄՄ-ի 3 թույլտեսանոց հաշվի արագությունները  $j$ -րդ ժամին,  $\bar{C}_j$ -ները 3 թույլտեսանոց ժամանակային շարքերի ժամային միջինները և

$$S_j \approx \sqrt{\bar{C}_j}, j = 1, N_h \quad (2)$$

Պուասսոնի ստանդարտ շեղումներն են, որոնք փոխարինում են միջին քառակուսային շեղումներին,  $N_h$ -ը ժամերի քանակն է:

Վիճակագրական (1) բաշխումն իրենից ներկայացնում է մուլտինոմիալ պրոցես: Այն բաղկացած է  $j$  թվով Գաուսյան պրոցեսների գումարից. մեր դեռաքում՝ հաշվի արագությունների ժամանակային շարքերը տարբեր միջիններով և նույն շեղումներով Գաուսյան պրոցեսների խնբավորում են: Խնդրի հավանականային մեկնաբանությունում ժամանակային շարքերը նորմավորում ենք յուրաքանչյուր ժամի համար գնահատված «քայլող»  $\bar{C}_j$  միջիններով և  $S_j^2$  շեղումներով:

(1) բաշխման Գաուսյան բնույթը ստուգելու համար կատարվում են մնացորդների հաշվումներ 2005թ. հունվարի 20-ի և ամբողջ հունվարի համար: Ինչպես վերը նշված է, 1 թույլտեսանոց ժամանակային շարքերը խնբավորված են 3 թույլտեսանոց ժամանակային շարքերում: Նորմավորված մնացորդների արդյունարար հիստոգրամները բերված են նկ.-ներում:

Տեսնում ենք բավական լավ համապատասխանություն  $N(0,1)$  ատանդարտ բաշխման հետ: Առավելագույն 3.77 արժեքը համապատասխանում է 7.02-7.04 ժամանակահատվածում գրանցված պիկին:

### Պատահարի հավանականության հաշվարկումը

Ինչպես ստատիստիկական ստուգման դեպքերի մեծամասնությունում, այնպես էլ մեր դեռաքում ցանկանում ենք ստուգել այն վարկածը (անվանենք  $H_0$ ), որը հակասում է մեզ հետաքրքրող վարկածին («առանց ազդանշանի» հիպոթեզ): Պետք է ստուգենք այն վարկածն, ըստ որի 3 թույլտեսանոց ժամանակային շարքերում չկան ավելցուկային մյուտոններ  $\bar{C}_j$ , հետևաբար, գրանցված պիկը սոսկ պատահական ֆլուկտուացիա է: Ազդանշանի առկայությունն ապացուցելու համար մենք պետք է հերքենք  $H_0$  վարկածը

հնարավոր առավելագույն հավաստիությամբ:  $H_0$ -ի համար գրանցված մեծ շեղումները, այսինքն՝  $H_0$ -ի ճշմարիտ լինելու շատ փոքր հավանականությունը, չի նշանակում, որ հակասող վարկածը ճշմարիտ է:

Եթե փորձնական տվյալները նշանակալիորեն չտարբերվեն «առանց ազդանշանի» ( $H_0$ ) վարկածին համապատասխանող բաշխվածությունից, այն հերքելու հիմք չենք ունենա և, հետևաբար, չենք կարող պնդել, որ ԱԲՄՄ-ը գրանցել է «արեգակնային ծագմամբ» բարձր էներգիայի մյուոններ: ԵՎ եթե իրավասու լինենք հերքել  $H_0$ -ն, կարող ենք որոշակի ճշտությամբ ընդունել, որ ավելցուկային ազդանշանի պատճառը արեգակից եկող բարձր էներգիայի պրոտոններն են: Սովորաբար այդ հավաստիության աստիճանը անվանվում է «պատահարի հավանականություն»՝  $H_0$ -ի ճշմարիտ լինելու հավանականությունը: Ընդունվող կամ հերքվող վարկածի վիճակագրական ստուգումը հիմնված է ժամանակային շարքերում ստացված ամենահավանական արժեքի առավելագույն շեղման վրա: Այս կամ այն առավելագույն շեղումը ստանալու հավանականությունը կախված է դիտարկված դեպքերի քանակից, այսինքն՝ ժամանակային շարքերի երկարությունից: Հետևաբար ամենալավ բնորոշող թեստը տրամադրում է հակադարձ վիճակագրական բաշխումը:

$$c^M(x) = M \cdot g(x)(1 - G_{>x})^{M-1}$$

(3)

որտեղ  $g(x)$ -ը  $N(0,1)$  Չաուսյան բաշխման խտության ֆունկցիան է:

$$G_{>x} = \int_x^{\infty} g(t) dt \tag{4}$$

(4)-ը ստանդարտ Չաուսյան բաշխման հավանականությունն է՝  $x$ -ից մեծ արժեք ստանալու հավանականությունը:  $M$ -ը  $H_0$ -ի առավելագույն շեղումը որոշելու նպատակով կատարված փորձերի քանակն է:

Նույնաբար բաշխված  $M$  թվով պատահական փոփոխականների մեջ  $x$ -ին հավասար ծայրահեղ շեղում դիտելու հավանականությունը՝

$$C_x^M = \int_x^{\infty} c^M(t) dt \quad (5)$$

$C_x^M$  -ը (3) բաշխվածության հավանականությունն է, որը հավասար է հավանականությանն այն բանի, որ դիտարկվող  $X$  առավելագույնս շեղված է ամենահավանական արժեքից՝  $H_0$ -ի ճշմարիտ լինելու դեպքում: ԵՎ եթե այդ հավանականությունը բավարար փոքր լինի, ապա կարող ենք հերքել  $H_0$ -ն և ընդունել այլընտրանքային վարկածն, ըստ որի դիտված շեղումը ոչ թե պատահական է, այլ ունի ուրիշ վիճակագրական բնույթ, այսինքն՝ ազդանշան է: (3)-ից և (5)-ից ստանում ենք, որ 480 փոփոխականներից կազմված ժամանակային շարքում հաշվի արագության 3,77σ աճ դիտելու հավանականությունը՝

$$C_{3.77}^{1440} = 0.1045 \quad (6)$$

Դա նշանակում է որ ազդանշանի բացակայության դեպքում 3 թուպեանոց հաշվի արագություններում տասից մեկ դեպքում կդիտվի 3,77σ արժեքով շեղում, որը համարժեք է այն պնդմանը, որ մոտավորապես միայն տաս օրը մեկ անգամ ԱԲՄՄ-ի 3 թուպեանոց ժամանակային շարքերում կգրանցենք 3,77σ արժեքով աճ, որը հիմք է տալիս  $H_0$ -ն հերքելու համար:

### Եզրակացություն

1. 2005թ. հունվարի 20-ին, ժամը 7:02-7:05 ԱԲՄՄ-ը գրանցել է  $3.1(+/-0.8)10^{-5}$  մյուոն/սմ<sup>2</sup> վ -ին հավասար բարձր էներգիաներով մյուոնների ավելցուկային հոսք:

2. 6-10 ԳէՎ էներգիաներով ռելատիվստական պրոտոնները, որոնք հարուցում են Արագած լեռան գագաթին տեղակայված նեյտրոնային մոնիթորների հաշվի աճ, միջ-մոլորակային տարածություն են արտանետվում մոտավորապես 3 թուպե ավելի շուտ, քան 20 ԳէՎ էներգիաներով պրոտոնները:

3. Նեյտրոնային մոնիտորի գրանցած GLE-ի երկրորդ պիկը կազմող մասնիկներն ունեն ավելի փոքր էներգիա, քան առաջին պիկը կազմողները: