



## საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია

ქართული ენციკლოპედიის ი. აბაშიძის სახელობის მთავარი სამეცნიერო რედაქცია

### კოსმოსური სხივები

კოსმოსური სხივები, ასტრონაული აკეები, მაღალი ენერგიის ნაწილაკთა ნაკადი, რომელიც მოედინება მზიდან, ჩვენი გალაქტიკიდან და შორეული კოსმოსიდან (პირველადი სხივები), აგრეთვე ამ ნაწილაკების მიერ დედამიწის ატმოსფეროში ატომბირთვებთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნილ ელემენტარულ ნაწილაკთა ნაკადი (მეორეული სხივები). კოსმოსური სხივების ფიზიკა შეისწავლის კოსმოსური წარმოშობის მაღალენერგიული ეკვანტების და ნეიტრონების ნაკადებსაც. კოსმოსიდან დედამიწამდე აღწევს მხოლოდ სტაბილური ნაწილაკები - ძირითადად, პროტონები (92%) და  $\alpha$  ნაწილაკები (6%), აგრეთვე ელექტრონები (1%). მსუბუქი (Li, Be, B), საშუალო (C-F), მძიმე (მასური რიცხვით  $A > 10$ ) და ზემძიმე ( $A > 20$ ) ატომბირთვები (1%). ამასთანავე, Li, Be, B ნაწილაკების კონცენტრაცია კ. ს-ში რამდენიმე ათასჯერ აღემატება მათ კონცენტრაციას ვარსკვლავთშორის სივრცეში. გალაქტიკური კ. ს-ის ძირითად წყაროდ მიიჩნევენ ზეახალი ვარსკვლავების აფეთქებებს, ასევე ძლიერი მაგნ. ველის მქონე სწრაფად მბრუნავ ნეიტრონულ ვარსკვლავებს (პულსარებს და მაგნეტარებს) და გალაქტიკების აქტიურ ბირთვებს. დამუხტული ნაწილაკები შემდგომ ჩქარდება კოსმოსური დარტყმითი ტალღების გავლენით და ვარსკვლავთშორის მაგნ. ველებთან ურთიერთქმედებით. კ. ს-ის ნაწილაკების უდიდესი ნაწილის ენერგია (1 გევ) თითქმის  $10^6$ -ჯერ აღემატება ვარსკვლავებისთვის დამახასიათებელ სითბურ ენერგიას (1 კევ); ამ კ. ს-ის ნაკადი შეადგენს  $10^4$  გ $^{-2}$ წმ $^{-1}$ ,  $10^{16}$  ევ ენერგიის კ. ს-ისა კი -  $10^{-7}$  გ $^{-2}$ წმ $^{-1}$ . ძალზე იშვიათად აკვირდებიან  $10^{20}$ - $10^{21}$  ევ ენერგიის ნაწილაკებსაც. ატმოსფეროს მოლეკულებზე კ. ს-ის გაბნევისას წარმოქმნილი მეორეული კ. ს. ხშირად აჩენს ფართო ატმოსფერულ ღვარს (ფაღ). მზის აქტივობა (მზის ქარის და მასთან დაკავშირებული მაგნ. ველის გაძლიერება) ასუსტებს გალაქტიკური კ. ს-ის ინტენსივობას (ე. წ. ფორბუშ-ეფექტი).

საქართველოში კ. ს-ის შესწავლა დაიწყო 1934. თსუ-ის ფიზიკა-მათ. ფაკ-ტზე ჩამოყალიბდა ლაბორატორია (ხელმძღვ. ბ. ყიზილბაში), სადაც შეიქმნა ელექტრონული სქემები კ. ს-ზე გაიგერ-მიულერის მთვლელებით დაკვირვებებისთვის და ვილსონის ცილინდრული კამერა.

1936 მყინვარწვერზე (ზ. დ. 3950 მ) განხორციელდა პირველი სამეცნ. ექსპედიცია (ბ. ყიზილბაში, დ. კეთილაძე და ხუ შინ ჩანი), რ-მაც გამოიკვლია ნაწილაკთა ღვარების რაოდენობის დამოკიდებულება ატომბირთვის მუხტზე და შეისწავლეს კ. ს-ის ე. წ. რბილი და ხისტი კომპონენტები.

1949-იდან საქართველოში კ. ს-ის კვლევები გააქტიურდა. იალბუზის ფერდობზე (ზ. დ. 3900 მ) ე. ანდრონიკაშვილის ხელმძღვანელობით შეიქმნა კ. ს-ის თვისებების შემსწავლელი მუდმივმოქმედი სადგური, სადაც მუშაობდნენ გ. ჩიქოვანი, ზ. მანჯავიძე, ლ. გედევანიშვილი. თ. გოცირიძე, ე. ცაგარელი და სხვ. შემდგომ მათ შეუერთდნენ მ. ბიბილაშვილი, ნ. როინიშვილი, რ. ძიძიგური, თ. ა. ყანჩელი, ი. საყვარელიძე, ვ. ცინცაძე და სხვ.

ფიზიკოსთა ჯგუფმა (გ. ჩიქოვანი, ზ. მანჯავიძე, მ. ბიბილაშვილი, ლ. გედევანიშვილი, 1952) შეამჩნია ე. წ. V კვალები, რ-ებიც შემდგომში იდენტიფიცირდა როგორც  $\Lambda^0$  და  $K^0$  ნაწილაკების კვალები.

გ. ჩიქოვანის ინიციატივით (1954) იალბუზის ახალ შექმნილ სადგურზე (ზ. დ. 1800 მ) დაამონტაჟეს ელექტრომაგნიტი. გ. ჩიქოვანმა და ზ. მანჯავიძემ შექმნეს ვილსონის კამერა ორმაგი მუშა მოცულობით და განათავსეს მაგნ. ველში. 1957 საქართვ. მეცნ. აკადემიის ფიზ. ინ-ტმა ააგო ორი ახალი სადგური დაბა ბაკურიანსა (ზ. დ. 1700 მ) და ცხრანყაროს უღელტეხილზე (ზ. დ. 2500 მ), სადაც დამონტაჟდა 100-ტონიანი (1959) და უნიკალური 1000-ტონიანი (1960) ელექტრომაგნიტები.

ბაკურიანის კ. ს-ის სადგური ამუშავდა 1960. მაგნიტურ ველში დამონტაჟებული 1 მ-იანი ვილსონის კამერა. ამ დანადგარით („ბაკურიანი“, უფრ. თ. გრიგალაშვილი) იკვლევდნენ კ. ს-ის ენერგეტიკულ სპექტრს  $5 \cdot 10^{10}$ - $10^{12}$  ევ ინტერვალში.

ცხრანყაროს კ. ს-ის სადგური ამუშავდა 1964 ბოლოს. იქ დამონტაჟდა ორი 2 მ-იანი ვილსონის კამერა მაგნიტურ ველში. (დანადგარის უფროსი ა. მესტვირიშვილი, 1965-იდან – დ. კოტლიარევსკი).

პარალელურად, 1960-64 გ. ჩიქოვანი, ვ. მიხაილოვი და ვ. როინიშვილი ატარებდნენ კვლევებს ნაპერწკლოვანი კამერის პარამეტრების გასაუმჯობესებლად, რაც დასრულდა

სტრიმერული კამერის შექმნით (ლენინური პრემია, 1970).

1968-იდან კოსმოსური ნაწილაკების დასამზერი კამერების შექმნა განაგრძეს ზ. მანჯავიძემ, ვ. როინიშვილმა და ა. ჯავრიშვილმა. დამზადდა განმუხტვადი კონდენსაციური კამერა (1969), რ-იც (დროში მაღალ გარჩევისუნარიანობასთან ერთად) მართვადია და საშუალებას იძლევა დაფიქსირდეს მხოლოდ გადარჩეული კვალები.

ცხრანყაროს მაღალმთიან სადგურში 1972-იდან (ვ. მიხაილოვი, თ. ლომთაძე და ვ. მაცაბერიძე; ხელმძღვ. დ. კოტლიარევსკი) დაიწყო დანადგარის გადაკეთება 1011-101<sup>3</sup> ევ ენერგეტიკულ ინტერვალში სამუშაოდ. 1977 ამუშავდა დანადგარი „ცხრანყარო-2“ კვლევებს ატარებდა მეცნიერთა ჯგუფი დ. კატლიარევსკის ხელობით.

XX ს. 80-იან წლებში ფიზ. ინ-ტი შეუერთდა საერთაშ. პროექტ „ჰამირს“, რ-შიც მონაწილეობდნენ მოსკოვის პ. ლებედევის სახ. ფიზიკის ინ-ტი (ФИАИ, მოთავე ორგანიზაცია), რუსეთის მეცნ. აკად. ბირთვული კვლევების, მოსკოვის სახელმწ. უნ-ტის ბფ სამეცნ.-კვლ. (НИИЯФ МГУ), ყაზახეთის მეცნ. აკად. მაღალი ენერგიების ფიზ., ტაჯიკეთისა და უზბეკეთის მეცნ. აკად. ფიზიკა-ტექ. ინ-ტები, ლოდის (პოლ.) უნ-ტის ფიზიკის ინ-ტი, ქ. კელცეს (პოლ.) უმაღლესი პედ. სკოლა. ზ. დ. 4370 მ-ზე რენტგენულ-ემულსიური კამერებით მაღალი ენერგიის კ. ს-ის ნაწილაკთა ურთიერთქმედებებს ატმოსფეროს ბირთვებთან იკვლევდა მეცნიერთა ჯგუფი ნ. როინიშვილის ხელმძღვანელობით შემდგომში პროექტი შეუერთდა იაპონურ-ბრაზილიურ კოლაბორაციას.

მაღალმთიან ლაბორატორიებში წარმოებული კვლევების პარალელურად საქართვე. მეცნ. აკად. ფიზიკის ინ-ტში ტარდებოდა კ. ს-ის მიწისქვეშა კვლევებიც. 1953-იდან დაიწყო ფალ გამჭოლი (ხისტი) კომპონენტის საერთო თვისებების შესწავლა (ხელმძღვ. ე. ანდრონიკაშვილი). დაადგინეს, რომ კ. ს-ის ფალ-ის მიუონური კომპონენტის სივრცულ განაწილებას ცენტრალურ ნაწილში აქვს ვიწრო მაღალი პიკი. ამ კვლევებით განისაზღვრა ძლიერ ურთიერთქმედებებში განივი იმპულსის შეზღუდულობა, რაც საფუძვლად უდევს თანამედროვე წარმოდგენებს ძლიერი ურთიერთქმედების ბუნების შესახებ (ე. ანდრონიკაშვილი, მ. ბიბილაშვილი). 1956-57 ე. ანდრონიკაშვილის, გ. ხუციშვილისა და მ. ბიბილაშვილის ხელმძღვანელობით აშენდა სპეც. მიწისქვეშა ლაბორატორია წყლის ეკვივალენტის 200 მ სიღრმეზე. კვლევებში მონაწილეობდნენ ი. ხალდევა, გ. ღრუბელაშვილი, თ. ბარნაველი, დ. ერისთავი, ნ. ერისთავი და სხვ. (ხელმძღვ. მ. ბიბილაშვილი).

მეორე ჯგუფმა (რ. კაზაროვი, თ. ქურიძე, ჯ. ქეშელაშვილი) მიწის ქვეშ წყლის ეკვივალენტის 130 მ სიღრმეზე შექმნა იონიზაციური კალორიმეტრი და გამოიკვლია კ. ს-ში მიუონების კუთხური განაწილება 10<sup>11</sup>-10<sup>12</sup> ევ ენერგიების ინტერვალში.

XX ს. 90-იანი წლების შემდეგ თბილისის მიწისქვეშა გვირაბსა და გ. ჩიქოვანის სახ. ცხრანყაროს მაღალმთიანი სადგურზე ექსპერიმენტული კვლევები შეწყდა. ამჟამად, ე. ანდრონიკაშვილის სახ. ფიზ. ინ-ტში მიმდინარეობს კ. ს-ის ფალ-ის იშვიათი კორელაციების რეგისტრირება. პროექტი (ხელმძღვ. მ. სვანიძე) მიზნად ისახავს სადგურების ქსელის შექმნას და მიღებული შედეგებით საერთაშ. მონაცემთა ბაზის შევსებას. უკვე ფუნქციონირებს ფიზიკის ინ-ტისა და თელავის უნ-ტის სადგურები.

უკანასკნელ წლებში მნიშვნელოვანი კვლევები ხორციელდება ე. ანდრონიკაშვილის სახ. ფიზ. ინ-ტისა და ФИАН-ის თანამშრომლობით, მუშავდება XX ს. 70-80- იან წლებში ტიანშანის მაღალმთიან დანადგარში რეგისტრირებული მონაცემები. დამუშავების მიზნები, მიდგომა და მეთოდის შემუშავებულია ე. ანდრონიკაშვილის სახ. ფიზ. ინ-ტის მიუონების ლაბორატორიაში (ხელმძღვ. თ. ბარნაველი). კვლევებში მონაწილეობენ თეიმურაზ ბარნაველი, ნ. ერისთავი, ი. ხალდევა (თბილისი) და ა. ჩუბენკო, ნ. ნესტეროვა (მოსკოვი).

XX ს. 60-იანი წლებიდან თსუ-ის ფიზ. ფაკ-ტზე მიმდინარეობდა კვლევები მაღალი ენერჯის მიუონების თვისებების შესასწავლად. ი. საყვარელიძისა და ლ. გედევანიშვილის ხელმძღვანელობით მიწის ქვეშ წყლის ეკვივალენტის 200 მ სიღრმეზე მიიღეს მიუონური კომპონენტის იმპულსის განივი მდგენელის გაგანიერების მრუდი და ენერგეტიკული სპექტრი. 1964-70 სამუშაოები ტარდებოდა საქართვე. მეცნ. აკად. ფიზ. ინ-ტისა და მოსკოვის საინჟინრო ფიზ. ინ-ტის თანამშრომლებთან ერთად კომპლექსური დანადგარით. მეცნიერებმა შეისწავლეს ფალ-ის გამჭოლი კომპონენტების პარამეტრები მიუონების  $10^{11}$  - $10^{12}$  ევ ენერჯიებზე, კ. ს-ის მიუონების არადრეკადი ურთიერთქმედება რკინის ბირთვებთან, სამ. ენერჯიების მქონე პროტონების მიერ პიონების დაბადებისა და ბირთვის სტრუქტურის საკითხები.

კ. ს-ის კვლევები აქტიურად მიმდინარეობდა მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინ-ტშიც. 1952 დაარსდა კ. ს-ის ინტენსივობის უწყვეტი რეგისტრაციის სადგური (ხელმძღვ. ვ. ესიავა). 1969-იდან კ. ს-ის განყ-ბას ხელმძღვანელობდა მ. ალანია. 1970 მან შეიმუშავა ორიგინალური კონსტრუქციის ჯვარედინი ტელესკოპი მიწისქვეშა და მიწისზედა დაკვირვებებისათვის, რ-იც 1972-იდან ამუშავდა. 1973-75 შეიქმნა ორიგინალური გეომეტრიის ჯვარედინი ტელესკოპები MT-12 და T-16.

სადგურ „თბილისისა“ და კ. ს-ის სადგურების საერთაშ. ქსელის მონაცემთა ბაზაზე ლ. დორმანი და ლ. შათაშვილი მრავალი წლის განმავლობაში იკვლევდნენ მზის ქარის აზიმუტურ ასიმეტრიას. მ. ალანია, ლ. დორმანი და ლ. შათაშვილმა შეაფასეს 27-დღიანი ვარიაციების ფორმირების ეფექტური რადიუსი, რ-იც დამოკიდებულია მზის აქტივობაზე და ათობით ასტრონომიული ერთეულის რიგის აღმოჩნდა.

დაკვირვებითი მონაცემების ანალიზზე დაყრდნობით მ. ალანიამ და ლ. დორმანმა განავითარეს წარმოდგენა მზის ქარის პელიოგანედური ასიმეტრიისა და მასთან დაკავშირებული კ. ს-ის ვარიაციების შესახებ. კ. ს-ის ვარიაციები კორელირებს მთვარის ფაზებთან, დამაგნიტებულ დედამიწისპირა პლაზმაზე მთვარის მოქცევების გავლენით (ბ. ნასყიდაშვილი, ლ. შათაშვილი) კვლევებით დადასტურდა კ. ს-ში დაბალი ენერჯის (

2015-იდან ფუნქციონირებს ნეიტრონული სუპერ-მონიტორი; მიღებული მონაცემები რეგულარულად იგზავნება (ი. ტუსკია, თ. ბაქრაძე, ტ. ერქომაიშვილი, ლ. ოსეფაშვილი, ვ. ყვავაძე, ნ. ხაზარაძე) მოსკოვის მონაცემთა საერთაშ. ცენტრში.

კოსმოსური სადგურების საერთაშ. ქსელის 1965–2002 მონაცემებზე დაყრდნობით, მ. ალანიამ, პოლონელ კოლეგებთან ერთად აჩვენა, რომ კ. ს-ის დღელამური ვარიაციების რადიალური კომპონენტი ამჟღავნებს 22-წლიან ვარიაციებს, რაც დაკავშირებულია კ. ს-ის დრეიფის მიმართულების ცვლასთან მზის აქტივობის სხვადასხვა პერიოდში.

მზის აქტივობის ზოგიერთი რეგიონი იწვევს 27-დღიანი ვარიაციების პირველ (27-ე დღე), მეორე (მე-13, მე-14 დღე) და მესამე (მე- 9 დღე) ჰარმონიკებს. მ. ალანიამ (პოლონელ კოლეგებთან ერთად) აჩვენა, რომ I, II და III ჰარმონიკების ამპლიტუდა მზის აქტივობის  $A > 0$  პერიოდში (როდესაც მზის მაგნ. ველის ძალწირები მიმართულია ჩრდ. პოლუსიდან სამხრ-კენ) გაცილებით დიდია, ვიდრე A

აბასთუმნის ასტროფიზ. ობსერვატორიაში მაღალენერგიული რენტგენის გამოსხივების წყაროებზე დაკვირვებები დხთ-ების საშუალებით მიმდინარეობდა (ხელმძღვ. გ. კახიძე). 1963–66 გ. კახიძე მონაწილეობდა დხთ-ების („პროტონ-1“, „პროტონ-2“, „პროტონ-3“ და „პროტონ-4“) მემწეობით კ. ს-ის შესწავლის პროგრამებში.

1987 დაფიქსირდა კ. ს-ის ნეიტრონული კომპონენტი. რამდენიმე დეტექტორმა (Kamiokande II, IMB, ბაქსანის სცინტილაციური ტელესკოპი) 13 ნმ-ში დააფიქსირა 24 ნეიტრინო და ანტინეიტრინო. ნეიტრინო, განსხვავებით კ. ს-ის ელექტრულად დამუხტული ნაწილაკებისგან, არ გადაიხრება მაგნ. ველებით და მისი გავრცელების მიმართულება მიუთითებს კ. ს-ის სავარაუდო წყაროს მდებარეობას. 2006-იდან კ. ს-ში დაიწყო მაღალი – რამდენიმე ასეული ათასი გევ ენერჯის – ნეიტრინოების დაფიქსირება სამხრ. პოლუსზე. ანტარქტიდის ყინულში, 2,5 კმ სიღრმეზე აგებულ გიგანტურ დეტექტორზე – IceCube, რ-ის მუშაობაში მონაწილეობს გ. ჯაფარიძე. 2020-მდე აქ დაფიქსირდა 100-მდე შემთხვევა ენერჯით  $> 30\ 000$  გევ (ამათგან 3 შემთხვევა ენერჯით  $> 10^6$  გევ).

ლიტ.: ლ ა რ ი ბ ა შ ვ ი ლ ი დ. კოსმოსური სხივების ფიზიკა, თბ., 2015;  
А н д р о н и к а ш в и л и Э. Л., Начинаю с Эльбруса..., Тб., 1982;

Д о р м а н Л. И. Экспериментальные и теоретические основы астрофизики космических лучей, М., 1975.

**დ. ღარიბაშვილი**

**თ. ბარნაველი**

**მ. ალანია**

---