

## ღრუბლიანობა და კოსმოსური სხივები

ნ.კაპანაძე, ი.მკურნალიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი  
[knaili1990@gmail.com](mailto:knaili1990@gmail.com)

ღრუბლები, რომელთა ფორმირება და განვითარება რთულ პროცესს წარმოადგენს, ბუნების ერთ-ერთ საინტერესო მოვლენად ითვლება. იგი ცვლის დედამიწისა და ატმოსფეროს სითბურ და რადიაციულ რეჟიმს და დიდ გავლენას ახდენს ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაზე, მცენარეულ და ცხოველთა სამყაროზე და ა. შ.

საქართველოში ღრუბლების შესწავლას მრავალწლიანი ისტორია გააჩნია. ამაზე მეტყველებს ჰიდრომეტეოროლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტებში შესრულებული ის მრავალრიცხოვანი თეორიული თუ ექსპერიმენტული სამუშაოები, რომლებიც აღნიშნულ თემატიკას მიეძღვნა. ღრუბლიანობის, როგორც კლიმატის ცვლილების მნიშვნელოვანი ფაქტორის შესწავლა განსაკუთრებით აქტუალური გახდა გასული საუკუნის 70-იანი წლებში, როცა კაცობრიობა დადგა ე.წ. კლიმატის გლობალური დათბობის პრობლემის წინაშე.

მოცემული ნაშრომის მიზანს წარმოგიდგენს დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველო-ლოსთვის წლის როგორც თბილ, ასევე ცივ პერიოდებში სხვადასხვა იარუსის ღრუბლების განაწილების შესწავლა და ზოგადად ღრუბლიანობაზე კოსმოსური სხივების შესაძლო გავლენის გამოკვლევა.

საქართველოს ტერიტორიაზე, მთიანი რელიეფით განპირობებული ჰაერის მასების ცირკულაციის სახესხვაობა, ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებანი (ზღვასთან სიახლოვე, ქედების ორიენტაცია, ადგილის სიმაღლე და ა.შ) და ქვეფენილი ზედაპირის ზემოქმედება, ხელსაყრელ პირობებს ქმნის აღნიშნულ ტერიტორიაზე ღრუბელთა ფორმირებისა და ღრუბლიანობის მრავალწლიანი რეჟიმის ჩამოყალიბებისთვის.

საქართველოს ტერიტორიაზე საერთო საშუალო ღრუბლიანობა დაახლოებით 6 ბალის, ხოლო ქვედა იარუსის ღრუბლიანობა 4-4.5 ბალის ტოლია. საერთო ღრუბლიანობის უდიდესი საშუალო წლიური მნიშვნელობა აღინიშნება კოლხეთის ბარის სამხრეთში, კავკასიონის ცალკეულ რაიონებში და ლიხის ქედის საუღელტეხილო მონაკვეთზე (6,5-7.0 ბალი). ქვედა იარუსის ღრუბლიანობის განაწილების ხასიათი ანალოგიურია საერთო ღრუბლიანობის განაწილების ხასიათისა და დასავლეთ საქართველოში იცვლება 4.5-5.0 ბალის, ხოლო აღმოსავლეთში 3.5-4.5 ბალის ფარგლებში [1]

ღრუბლიანობის განაწილების ხასიათი და რაოდენობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთი-საგან წლის ცივ და თბილ პერიოდებში. ზამთარში საერთო ღრუბლიანობის მიხედვით ყველაზე მოღრუბლულ რაიონებად საქართველოს ტერიტორიაზე შეიძლება ჩათვალოს აფხაზეთის სანაპირო ზოლი, მიმდებარე მთისწინეთითა და რიონის ხეობის მარცხენა ნაწილით, კოლხეთის დაბლობის საზღვრებში და განმეორადობა შეადგენს 65-70 %-ს [2]. დიდი კავკასიონის სამხრეთ კალთებსა და აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილოეთ კალთებზე ღრუბლიანობის განმეორადობა მცირდება 60-65%-მდე, ხოლო აღნიშნული რაიონების მთიან ზონაში 55-60 %-მდე. ღრუბლიანობის განმეორადობის მაქსიმალური რაოდენობა დაიკვირვება მთა-საბუეთზე (72%).

ყველაზე მცირე ღრუბლიან რაიონს წარმოადგენს დიდი კავკასიონის აღმოსავლეთი ნაწილის სამხრეთი კალთები და ჯავახეთის პლატო (45-50 %). უმნიშვნელოდ იზრდება ღრუბლიანობა ქვემო ქართლის დაბლობის ზედა ნაწილში, ხოლო ალაზნის ხეობაში, მასთან მიმდებარე მთისწინეთებთან ერთად ღრუბლიან დღეთა განმეორადობა შეადგენს 55-60%-ს. კავკასიონის კალთებზე, სიმაღლის მატებასთან ერთად ღრუბლიანობაც იზრდება და 2000-2500 მ სიმაღლეზე 60% აღემატება.

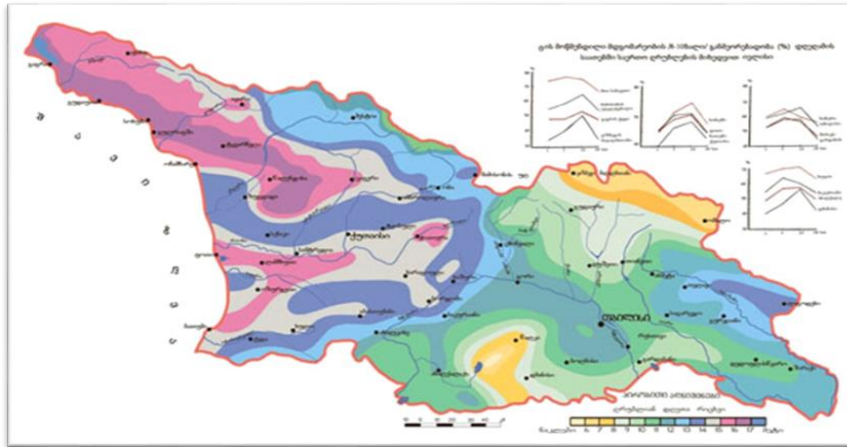
წლის თბილ პერიოდში მოღრუბლულობის უდიდესი განმეორადობით ხასიათდება კოლხეთის ბარის შიდა რაიონები სამხრეთი და ჩრდილოეთით მდებარე მთისწინეთებით და შეადგენს 50-60 %-ს, ხოლო უმცირესი განმეორადობით აღმოსავლეთ საქართველოს სტეპური რაიონები სამხრეთ საქართველოს მთისწინეთით (30-35 %).

კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ რაიონებში აფხაზეთის სანაპირო ზონისა და დიდი კავკასიონის მთიანი და მაღალმთიანი რაიონების ჩათვლით, ღრუბლიან დღეთა წლიური რიცხვი იცვლება 125-დან 140-მდე. იგივე რაოდენობის დღეთა რიცხვი დაიკვირვება აჭარა-იმერეთის ქედის სამხრეთ კალთებზე, ხოლო ჩრდილო კალთებზე, აჭარის სანაპირო ზონის ჩათვლით ღრუბლიან დღეთა რიცხვი 150-170-მდე იზრდება. მაქსიმუმი სადგურ საბუეთში ფიქსირდება (171 დღე).

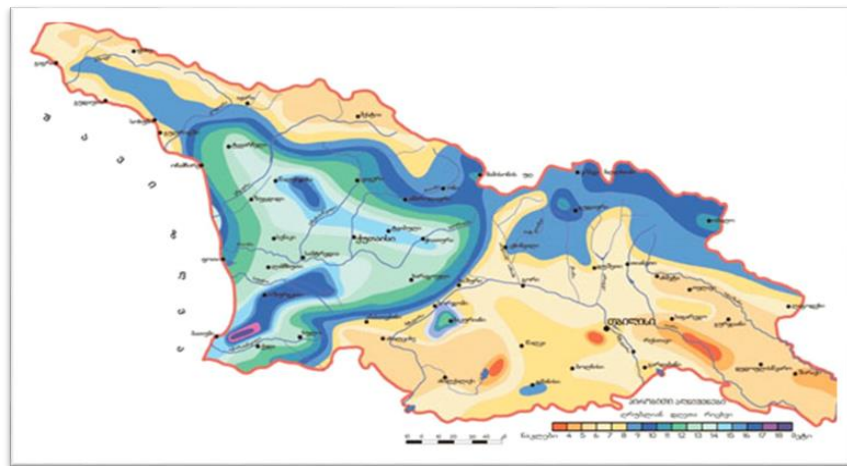
აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს რაიონებში ღრუბლიან დღეთა რიცხვი მნიშვნელოვნად მცირეა და შეადგენს 90-120 დღეს წელიწადში, სიმაღლის ზრდასთან ერთად იზრდება და კახეთის კავკასიონის

მთიან ზონაში 140-ს აღწევს (გულაური, 2200-2300 მ ზ/დ). 3000 მ-ის ზემოთ ღრუბლიანი დღეები მცირდება და 3653 მ-ზე (ყაზბეგი) შეადგენს მხოლოდ 90 დღეს [2].

საილუსტრაციოდ ნახ. 1 და ნახ 2-ზე მოცემულია 8-10 ბალიან დღეთა რიცხვის განაწილება იანვარსა და ივლისში შესაბამისად [3].



ნახ.1. ღრუბლიან დღეთა (8-10 ბალი) რიცხვი. იანვარი [3].



ნახ. 2. ღრუბლიან დღეთა (8-10 ბალი) რიცხვი. ივლისი [3].

ნახ. 1-დან ჩანს, რომ ღრუბლიან დღეთა რიცხვის (8-10 ბალი) მაქსიმალური რაოდენობა იანვარში (16, 17 დღე და მეტი) დაიკვირვება დასავლეთ საქართველოში. კერძოდ, იანვარში ყველაზე ხანგრძლივი მოღრულებლობით გამოირჩევა აფხაზეთის სანაპირო ზოლი, მიმდებარე მთისწინეთითა და რიონის ხეობით, კოლხეთის დაბლობის საზღვრებში. დიდი კავკასიონის სამხრეთ კალთებსა და აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილოეთ კალთებზე ღრუბლიან დღეთა რაოდენობა (8-10 ბალი) შედარებით მცირდება, თუმცა 13- 15 დღეს მაინც აღწევს.

რაც შეეხება აღმოსავლეთ საქართველოს, აქ ღრუბლიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი შეადგენს 14 დღეს და დაიკვირვება ალაზნის ხეობაში მიმდებარე მთისწინეთთან ერთად. შედარებით მცირეა ღრუბლიან დღეთა რიცხვი (6-9 დღე) დიდი კავკასიონის აღმოსავლეთი ნაწილის სამხრეთ კალთებსა და ჯავახეთის პლატოზე.

ნახ. 2-ზე მოცემულია ღრუბლიან დღეთა (8-10 ბალი) განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე ივლისის თვეში. ნახაზიდან ჩანს, რომ მაქსიმალურად ხანგრძლივი ღრუბლიანობით გამოირჩევა ბათუმის რაიონის ზღვის სანაპიროები და გურია, სადაც ივლისის თვეში საშუალოდ 17-18 დღის განმავლობაში 8-10 ბალიანი მოღრულებლობა დაიკვირვება. ჩრდილოეთისაკენ ის უმნიშვნელოდ მცირდება და სამეგრელოს დაბლობის უმეტეს ნაწილში შეადგენს 14-16 დღეს. აღმოსავლეთით, ზღვიდან დაშორებასთან დაკავშირებით, ღრუბლიანობაც მცირდება, ხოლო კახეთის კავკასიონის მთიან ზონაში ღრუბლიან დღეთა რაოდენობა იზრდება 16-17 დღემდე.

ცნობილია, რომ კლიმატის ფორმირება ხდება ტროპოსფეროში, ტენიანობის, ტემპერატურის, აეროზოლების განაწილების სხვადასხვა პირობებში. ეს სიდიდეები განსაზღვრავენ კოსმოსური

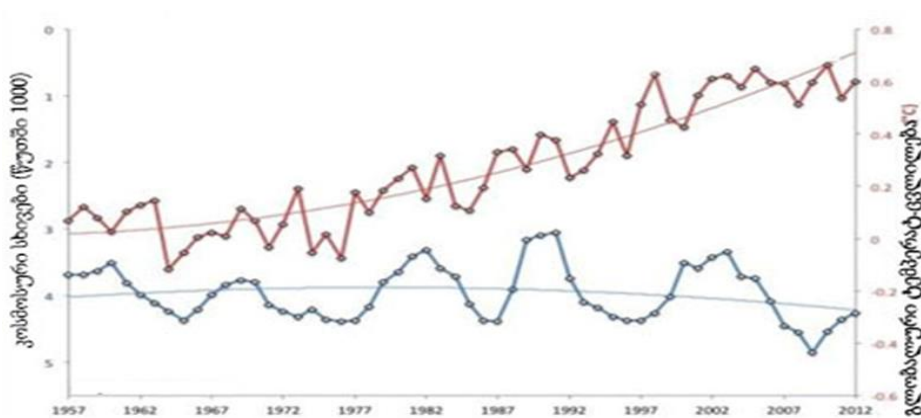
ფაქტორების ღრუბლების ფორმირებისათვის ხელსაყრელ პირობებს. შესაბამისად, კოსმოსური ფაქტორების ცვლილებით გამოწვეულმა ღრუბელთდაფარვამ შესაძლოა გავლენა იქონიოს დედამიწის ზედაპირის რადიაციულ ბალანსზე და, აქედან გამომდინარე, კლიმატის ცვლილებაზე.

XX საუკუნის ბოლო ათწლეულში დანიელმა მეცნიერებმა ჰენრი სვენსმარკის ხემდგანე-ლობით თანამგზავრული დაკვირვებების დროს აღმოაჩინეს, რომ ღრუბლიანობის ფართობები იცვლება კოსმოსური სხივების ინტენსივობის ცვლილებასთან ერთად [4]. სვენსმარკმა წარმოად-გინა ჰიპოტეზა, რომლის თანახმადაც კოსმოსური სხივები ხელს უწყობს დაბალი რუბლიანობის განვითარებას და შესაბამისად გავლენის მოხდენას დედამიწის კლიმატზე. შემდგომში მან სპეცია-ლური კამერის გამოყენებით ექსპერიმენტალურად დაადასტურა, რომ კოსმოსური სხივები, წყლის ორთქლის მოლეკულების იონიზაციით, უზრუნველყოფს ღრუბლის წვეთების წარმოქმნას. მისი თეორიის თანახმად მზის მაგნიტური ველი (განსაკუთრებით მზის აქტივობის პერიოდში) გადახრის გალაქტიკურ კოსმოსურ სხივებს და აქვეითებს ღრუბლების ონიზაციის შესაძლებლო-ბას. მაშასადამე, მზის გაძლიერებულ მაგნიტურ ველს ირიბად შეუძლია შეამციროს დედამიწის ალბედო და გამოიწვიოს კლიმატის დათბობა [4].

სვენსმარკის თეორიის მართებულობის დასამტკიცებლად საჭიროა შესრულდეს შემდეგი ოთხი პირობა:

1. მზის მაგნიტურ ველს უნდა გააჩნდეს გრძელვადიანი ცვლილების დადებითი ტენდენცია;
2. გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ნაკადს უნდა გააჩნდეს გრძელვადიანი ნეგატიური ტრენდი;
3. კოსმოსურმა სხივებმა ინტენსიურად უნდა აწარმოონ დაბალი იარუსის ღრუბლიანობის იონიზაცია;
4. დაბალდონიან ღრუბლიანობას უნდა გააჩნდეს გრძელვადიანი ნეგატიური ტრენდი.

კვლევებმა აჩვენა, რომ ბოლო 30 წლის განმავლობაში მზის არც მაგნიტურ ველს და არც მის სხვა მახასიათებელს რამე მნიშვნელოვანი ცვლილება არ განუცდიათ [5]. კოსმოსური სხივების ნაკადზე დაკვირვებამაც აჩვენა, რომ XX საუკუნის შუა წლებიდან მნიშვნელოვანი ცვლილება არ დაფიქსირებულა. ბენესტადის თანახმად [6] გალაქტიკური კოსმოსური სხივები განიცდიან ცვლილებას, მაგრამ არა იმ მიმართულებით, რომელიც ახსნიდა დედამიწაზე ტემპერატურის მატებას (ნახ.3).



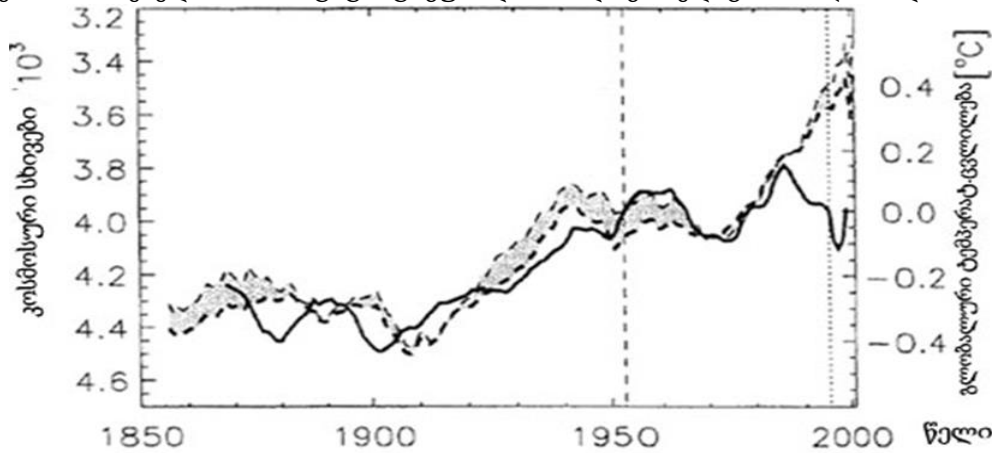
ნახ. 3. ნეიტრონული მონიტორის მონაცემთა ბაზიდან აღებული გალაქტიკური სხივების საშუალო წლიური მაჩვენებლების (ქვედა გრაფიკი) შედარება გლობალურ ტემპერატურის საშუალო წლიურ მონაცემებთან (ზედა გრაფიკი) NOAA NCDC.

ამერიკელი მეცნიერის რიჩარდ მეველდტის კვლევების თანახმად [7] კოსმოსური სხივების ინტენსივობა ბოლო 50 წლის მონაცემებით 19% -ით არის მომატებული. კოსმოსური სხივების გავლენით რომ გაზრდილიყო ღრუბელთდაფარვის ფართობი, მაშინ უნდა მომხდარიყო კლიმატის გაცივება და არა დათბობა. თუმცა, 2009 წელს NASA-მ დააფიქსირა კოსმოსური ნაკადის დიდი მნიშვნელობა, და 2009 და 2010 წლები ყველაზე ცხელი აღმოჩნდა (NASA GISS).

კოსმოსური სხივების ნაკადი 1970-1985 წწ პერიოდში ტემპერატურასთან მიმართებაში თითქმის ერთნაირად იცვლება (ნახ. 4), თუმცა 2000 წლისთვის ამ ორი პარამეტრის სვლა საკმაოდ განხვავებულია ერთმანეთისაგან და არ გვეძლევა იმის საშუალება ვამტკიცოთ, რომ ტემპერატურის 15% -ით ზრდის მიზეზი კოსმოსური სხივებია.

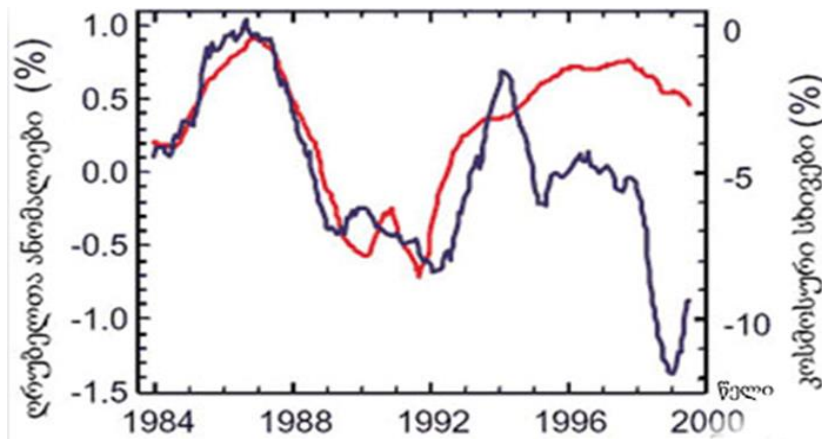
პიერსმა და ადამსმა [8] იონიზირებული აეროზოლების ზრდის ტემპის შესაფასებლად გამოიყენეს მოდელი ონლაინ-მიკროფიზიკით და აღმოაჩინეს, რომ ზრდის სიჩქარე ძალიან მცირეა და მას არ შეუძლია მნიშვნელოვანი როლის შესრულება ღრუბლების ფორმირებაში, და შესაბამისად, კლიმატის ცვლილებაში.

მრავალრიცხოვანმა კვლევებმა [9-13] აჩვენა, რომ გალაქტიკურ კოსმოსურ სხივებსა და ღრუბლის ოთხივე მახასიათებელს შორის სტატისტიკურად ნიშნადი კორელაცია არ აღმოჩნდა.



ნახ. 4. 1952 წლამდე აღდგენილი და 1952 წლის შემდეგ დაკვირვებული კოსმოსური გამოსხივების (მთლიანი ხაზი) შედარება გლობალურ ტემპერატურასთან (პუნქტირი) [6].

ნახ.5-ის მიხედვით კოსმოსურ გამოსხივებას და დაბალი იარუსის ღრუბლიანობას შორის კორელაცია არსებობდა მხოლოდ 1991 წლამდე, შემდეგ სურათი საპირისპიროდ შეიცვალა, ღრუბლიანობა კოსმოსურ გამოსხივებას 6 თვით ჩამორჩება, ეს მაშინ, როცა ღრუბლის წარმოქმნა უნდა მოხდეს რამდენიმე დღეში.



ნახ. 5. ქვედა იარუსის ღრუბლიანობის (ქვედა მრუდი) და გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ინტენსივობის (ზედა მრუდი) შედარება.

თანამგზავრული და სხვა მიწისპირა საშუალებებით მიღებული დაკვირვებების ანალიზმა აჩვენა, რომ დაბალდონიან ღრუბლიანობის და საერთო ღრუბლიანობას შორის დროის საშუალო პერიოდში იკვეთება დიდი სხვაობები, მიუხედავად იმისა, რომ არტეფაქტებიც არსებობს. დაკვირვებული დაბალი ღრუბლიანობის საფარი გასაშუალებული მთელ მსოფლიო ოკეანეზე ეჭვს ბადებს, რადგანაც 1952-1997 წწ პერიოდში ამ მონაცემების მიხედვით ღრუბლიანობა საკმაოდ მომატებულია და მზის ენერჯის შთანთქმა შემცირებულია. ამ ფაქტს უნდა გამოეწვიოს დედამიწაზე გლობალური ტემპერატურის ვარდნა, რაც რეალობას არ შეეფარდება.

სლოელმა და ვოლფენდალმა [10] შეისწავლეს კოსმოსური სხივების გავლენა კლიმატზე ბოლო მილიარდი წლის განმავლობაში და აღმოაჩინეს, რომ გალაქტიკური კოსმოსური გამოსხივების ვარიაციები მცირეა და მნიშვნელოვან გავლენას დედამიწის კლიმატზე ვერ მოახდენდა.

ამრიგად, მეცნიერების წინაშე ისევ დგას უამრავი კითხვა დედამიწის კლიმატის გლობალურ ცვლილებასთან დაკავშირებით.

საერთაშორისო კვლევით ცენტრში CERN ში ხორციელდება გრანდიოზული პროექტი „CLOUD“. პროექტის ფარგლებში ტარდება ღრუბლების როგორც თეორიული, ასევე უნიკალური ექსპერიმენტალური კვლევები. პროექტში ჩართულია სხვადასხვა ქვეყნის ათასობით მეცნიერი. თუმცა, პროექტის ერთერთი ხემძღვანელის ჯასპერ კირკბის ინტერვიუს თანახმად დედამიწაზე კლიმატის

გლობალური ცვლილების მიზეზების, მათ შორის კოსმოსის გავლენის დასადგენად, საჭიროა რამდენიმე ათეული წელი.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ეელიზბარაშვილი. საქართველოს კლიმატური რესურსები. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი 2007, 328 გვ.
2. Справочник по климату СССР, вып.14, часть V. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970.
3. საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2011.
4. H.Svensmark et.al. Variation cosmic ray flux and global cloud coverage a missing link in solar-climate relationship, Journal at Atmospheric and Solar-Terrrestrial Physics, vol.59, issue 11, 1997, 1125-1132pp.
5. N.A.Krivova, L.E.A.Vieira, S.K.Solanki Reconstruction of Solar spectral irradiance since the Maunder minimum, Journal of Geophysical Research Space physics, vol 115, issue A12, 2010.
6. R.E.Benestad et.al. Learning from mistakes in climate research, Theoretical and applied climatology, 126, 2016, 699-703pp.
7. R.Meweldt, Cosmic rays Hit Spare Age High Solar Eruptions and Energetic Particles, (Geophysical Monograph Series) 1st Edition, ISBN-13:978-0875904306, ISBN-10:0875904300, 365p.
8. Pierce, P.J.Adams Can Cosmic rays affect cloud condensation nuclei by altering new particle formation rates? Geophysical Research Letters, vol.36, issue 9, 2009.
9. J,Kazil, E.R.Lovejng et.al. Aerosol nucleation over ocean and the role of galactic cosmic rays, Atmos. Chem. Phys., 6, 4905-4924-2006, 1006.
10. T.Sloan and A.W.Wolfendale, Cosmic rays, solar activity and the climate, Environmental Research Letters, Vol.8, Num.4, 2013.
11. J. Calogovic et.al Sudden cosmic ray decreases: No change of global cloud cover, geophysical Research Letters, Vol.37, issue 3, 2010.
12. J.E.Kristjansson et.al. Cosmic Rays, CCN and Clouds-reassessment using MODIS data, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 8, 13265-13299, 2008.
13. J.Krissansen-Totton and R.Davies Investigation of cosmic ray-cloud connections using MISR, Department of Physics The University of Ouckland, New Zeland, 2013.

უაკ 551.583

**ღრუბლიანობა და კოსმოსური სხივები.** /ნ.კაპანაძე. ი.მკურნალიძე/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.72-76. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატოლოგიის თვალსაზრისით ღრუბლიანობის მოკლე დახასიათება. აღნიშნულია ღრუბლიანობის როლი დედამიწაზე კლიმატის ფორმირებაში. გაანალიზებულია დედამიწის ღრუბლიან საფარზე გალაქტიკური კოსმოსური სხივების გავლენის შესწავლის მიზნით მსოფლიოს სხვადასხვა სამეცნიერო ცენტრში ჩატარებული კვლევები. წარმოდგენილია შესაბამისი ილუსტრაციები.

UDC 551.583

**Cloudiness and cosmic rays.**/Kapanadze N., Mkurnalidze.I./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.72-76. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

In this paper, from a climatological point of view, a brief description of cloudiness in the territory of Georgia is given. The role of cloudiness in the formation of the Earth's climate is noted. Considered are the significant work carried out in various scientific centers around the world to study the influence of galactic cosmic rays on the cloud cover of the Earth.

УДК 551.583

**Облачность и космические лучи.** /Капанадзе Н.И., Мкурналидзе И.П./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.72-76. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус

В данной работе дана с климатологической точки зрения краткая характеристика облачности на территории Грузии. Отмечена роль облачности в формировании климата на Земле. Рассмотрены значительные работы, которые ведутся в различных научных центрах мира по исследованию влияния галактических космических лучей на облачный покров Земли. Представлены соответствующие иллюстрации.