

უაკ 551.576

გეომაგნიტური ინდიკატორების დამუშავება ამინდის და კლიმატის კვლევაში

მ.ტატიშვილი, ზ.ხვედელიძე, ი.სამხარაძე, ა.ფალაგანდიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო marika.tatishvili@yahoo.com

მზეზე გამოვლენილი მოვლენები: მზის ალები, მასიური კორონალური ამოფრქვევები, (CMEs), მზის ენერგეტიკული ნაწილები (SEPs) არის ფართომასშტაბიანი ამინდის წარმოქმნელები გეო-სივრცეში. როდესაც პლაზმური გიგანტური ღრუბელი იფრქვევა მზის ტრანზიტული მოვლენებიდან, ის ურთიერთქმედებს დედამიწის მაგნიტურ გარემოსთან. გეომაგნიტური შტორმები (Geomagnetic storms) შეიძლება დახასიათდეს გეომაგნიტური სფეროს კომპონენტის დეპრესიით. დედამიწის მაგნიტური ველის კომპონენტის ეს დეპრესია გამოწვეულია წრიული დენებით, რომლებიც გარს უვლის დედამიწას დასავლეთის მიმართულებით. დედამიწის იონოსფერო პასუხობს მზისა და მაგნეტოსფეროს სხვადასხვა მოვლენებს. იონოსფეროს ელექტრონების სიმკვრივის სიმაღლე და ადგილმდებარეობა დამოკიდებულია მზის ულტრაიისფერი ნაკადის, რენტგენის სხივების ნაკადის და ნეიტრალური ქარების და ელექტრული ველის დინამიური ეფექტის ცვალებადობაზე. გეომაგნიტური შტორმის დროს, დედამიწის მაგნეტოსფეროს დაწნევის გამო მზის ქარით, ელექტრული ველები ფიქსირდება გეომაგნიტური ველის ძალწირების მთელი სიგრძის გასწვრივ მაღალი განედების იონოსფეროში. ზოგჯერ, ეს ელექტრული ველი და მაღალი ენერჯის მქონე დამუხტული ნაწილაკები თერმოსფეროს ქვედა ფენებამდე აღწევენ. ზრდიან იონოსფეროს გამტარებლობას და ავრორას ზონებს. ეს ინტენსიური ელექტრული დენები განაპირობებს მაღალი განედების იონოსფეროსა და მაგნეტოსფეროს დაწყვილებას და აძლიერებენ ენერჯის მიწოდებას, რაც მნიშვნელოვნად ათბობს იონიზებულ და ნეიტრალურ აირებს. დროის მასშტაბით, არსებობს ორი ტიპის ეფექტი დედამიწაზე მზის ტრანზიენტების მიერ წარმოებული; სწრაფი და დაგვიანებული. გეომაგნიტური შტორმული ეფექტები დაგვიანებულია მზიდან ამოტყორცნილი ნაწილაკების გავლენის გამო.

დედამიწის სადამკვირვებლო სისტემის (Earth Observing System) პროგრამის ფარგლებში დაიწყო დედამიწის შესწავლა თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემებით, NASA, NOAA და EUMETSAT პროგრამების ფარგლებში განხორციელდა თანამგზავრების გაშვება აღჭურვილებს სხვადასხვა ტიპის სენსორებით. აქტუალური გახდა იონოსფეროს ამინდის ამოცანა, რომლის მიხედვით დედამიწაზე ამინდის ჩამოყალიბება იწყება ატმოსფეროს მაღალ ფენებში. NASA-ს მაგნიტური ველის სადამკვირვებლო თანამგზავრი MMS, THEMIS და მზეზე დაკვირვების თანამგზავრები: SOHO, SDO, SOLAR PROBE, და სხვ. გაშვების შემდეგ განუწყვეტლად გადმოსცემენ ინფორმაციას მზის პარამეტრების ცვალებადობაზე, კოსმოსური სხივების მახასიათებლებზე და დედამიწის მაგნიტური ველის რეაქციაზე ამ ცვლილებებზე [1,2].

დედამიწის მაგნიტური ველი წარმოადგენს ფარს, რომელიც იცავს კოსმოსური მოკლელტალღოვანი გამოსხივებისგან და მუდმივად იმყოფება დიდი ზემოქმედების ქვეშ. იგი განსაკუთრებით ზიანდება მზის კორონალური ამოფრქვევების, მზის ლაქების, მზის მაგნიტური ველის და კოსმოსური სხივებისგან. დამუხტული ნაწილაკები: პროტონები, ელექტრონები, მეზონები, დადებითი და უარყოფითი იონები და ნეიტრონები იწვევენ მაგნიტური ველის ძალწირების წყვეტად და შემოიჭრებიან ატმოსფეროში. პოლუსებზე ისინი იწვევენ ეგრეთ წოდებულ Aurora Borealis. საერთოდ დედამიწაზე კი გეომაგნიტურ ქარიშხლებს, რომლებიც დიდ როლს თამაშობენ ამინდის ჩამოყალიბებაში დედამიწაზე. სხვადასხვა დამუხტული ნაწილაკები მოქმედებენ, როგორც ღრუბლის კონდენსაციის ბირთვები და იწვევენ ღრუბლის საფარის გაზრდას, ასევე მოქმედებენ, როგორც წვიმის და ყინულის კრისტალების დამატებითი ბირთვები, რაც იწვევს ნალექის გაზრდას კონკრეტულ ადგილებში. ასევე დამუხტული ნაწილაკები ატმოსფეროში აძლიერებენ ელექტრულ ველს რაც გამოიხატება ელქექების ინტენსივობის ზრდაში. იონოსფეროს ამინდის პროგნოზისთვის ფართო გამოყენება მოიპოვა ელექტრონების სრული შემცველობის პარამეტრმა, რომელსაც NASA თანამგზავრი THEMIS გადმოსცემს.

მზე გადის 22 წლიან ციკლს, რომლის დროსაც მისი მაგნიტური პოლუსები შეტრიალდება (pole reverse), მზის ლაქების აქტივობის სიხშირის მიხედვით. ეს მოიცავს 11 წლიან ციკლურ ფაზებს. პირველ ფაზაზე მაგნიტური პოლუსები პოლარობას შეცვლიან

(რევერსი). მეორე ფაზის დროს მაგნიტური პოლარობა უბრუნდება პირვანდელს. მზის შტორმული აქტივობა მკაცრად დამოკიდებულია ამ ფაზებზე.

მზის ლაქები ის ადგილებია, სადაც წარმოიქმნება შტორმების უმეტესობა. მზე ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო, დაახლოებით 27 დღიანი პერიოდით და მზის ლაქების უმეტესობა აქტიური რჩება რამოდენიმე ბრუნვის განმავლობაში და წარმოქმნის ციკლურ 27 დღიან მზის შტორმს.

მზის ალები მზის ზედაპირზე მიმდინარე ამოფრქვევებია. ამოფრქვევიდან დაახლოებით 8წთ-ის შემდეგ ელექტრომაგნიტური მძლავრი რადიაცია გაბა სხივების, უკიდურესი ულტრაიისფერი, რენტგენის სხივების და რადიოტალღების სახით აღწევს დედამიწაზე. ულტრაიისფერი ტალღები ათბობენ ატმოსფეროს ზედა ფენებს. რენტგენის სხივები ამოყრიან ელექტრონებს ატომებიდან და ქმნიან დამატებით დიდი რაოდენობით ელექტრონების ღრუბელს რადიაციულ სარტყლებზე. მზის ალები ახშობენ თანამგზავრულ კავშირს, რადარულ კავშირს, ახშობენ მოკლე-ტალღურ რადიოკავშირს, ხშირად იწვევენ თანამგზავრის ორბიტის პარამეტრების ცვლილებას და სხვა შეშფოთებებს.

CME არის მაღალ-ენერგეტიკული აირის ღრუბელი, დაბალი ან საშუალო ენერგიების ნაწილაკების პლაზმა, გარშემორტყმული მაგნიტური ველით. როცა ის ეჯახება დედამიწას ეს ველი და პლაზმა შეიჭრება დედამიწის მაგნიტურ ველში, რაც ქმნის დროებით შეშფოთებას დედამიწის მაგნიტოსფეროში - მაგნიტურ შტორმს და დენების ეკვატორულ დინებებს, სხვადასხვა გრადიენტებს და იწვევს დამუხტული ნაწილაკების გადახრას დედამიწის მაგნიტოსფეროში. მათი წარმოქმნის ადგილი ხშირად მზის ალების სიახლოვესაა.

გეომაგნიტური შტორმების სიძლიერე და მიკიდებულია დედამიწის მაგნიტური ველის ორიენტაციაზე მზის ველთან დაკავშირებით. თუ სამხრეთ მიმართულია, მაშინ ძლიერია, თუ ჩრდილოეთ მიმართული- სუსტი.

მზის კორონალურ ამოფრქვევებს (CMEs), მზის ენერგეტიკული ნაწილაკებს (SEPs) შეუძლიათ შემდეგი გავლენის მოხდენა: საფრენი აპარატების ელექტრობის დაზიანება და მწყობრიდან გამოყვანა, ვან-ალენის რადიაციული სარტყლის წანაცვლება, ყველა სახის კავშირგაბმულობის დარღვევა, კოსმოსური ფრენების პარამეტრების ცვლილება, გაზ და ნავთობსადენების კოროზია, კომუნიკაციების სისტემის მოშლა და აღჭურვილობის დაზიანება, ელექტრული განმუხტების საშიშროება, გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების გამწვავება, ენერგოსისტემის წყვეტა და სხვ. ეს მოვლენა 1-3 დღე გრძელდება და ვრცელდება მთელ მაგნიტოსფერულ რეგიონზე და იწვევს მაგნიტური ველის მკვეთრ შემცირებას. მაგნიტოსფეროს ქარიშხალი 1-დან 3-დღიანი მოვლენაა და ამ დროს მაგნიტური ველის მკვეთრი შემცირებაა. ქარიშხლისა და ქვე-ქარიშხლების დროს იონოსფეროს დიდი რაოდენობის სითბო გადაეცემა ენერგეტიკულ ნაწილაკთა მძლავრი ენერგიით. დიდი ენერგია ზრდის იონოსფეროს ტემპერატურას, იწვევს ფართომასშტაბიანი იონების დრეიფს და ნეიტრალურ ქარებს [3,4].

დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ ენერგეტიკული ნაწილაკები გავლენას ახდენს ტალღის გავრცელების, ზონალური ტემპერატურისა და ზონალურ ქარებზე ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ზამთრის სტრატოსფეროში. თუმცა, ის მექანიზმები, რომლითაც ეს ცვლილებები მოხდა, ჯერ კიდევ უცნობია. დედამიწის ატმოსფეროში მომხდარი ცვლილებები გამოწვეულს მზის ცვლილებების ან გაზრდილი ანთროპოგენური აქტივობისა და მომატებული სათბური გაზების (GHG) კონცენტრაციის ცვლილების გამო, დედამიწის ატმოსფეროს ენერგეტიკული ბალანსი იცვლება და ეს გავლენას ახდენს მის დინამიკაში. ცვლილებები შეიძლება მოხდეს ატმოსფერული გრადიენტული ტალღების, პლანეტარული ტალღების პროპაგაციაში, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს შუა ატმოსფეროს ზოგად მიმოქცევაში. თერმოსფერო-იონოსფეროს სისტემა ცნობილი სისტემური მექანიზმების, ასევე კოსმოსური ამინდის შედეგად, არსებითად განსხვავდება სიმაღლის, გრძედის, გრძედის, უნივერსალური დროის, სეზონის, მზის ციკლისა და გეომაგნიტური აქტივობით. პირველადი მართვის მექანიზმი მზის რადიაციაა (EUV და UV), მაგრამ ასევე იონოსფერო-თერმოსფერო სისტემაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მაგნიტოსფერული ნაწილაკებისა და მაგნიტოსფეროს ელექტრული ველები. მამოძრავებელი პროცესები განსაზღვრავს ზედა ატმოსფეროს იონიზებულ და ნეიტრალურ შემადგენლობის სიმჭიდროვეს, შემადგენლობა და რაც მთავარია, ტემპერატურას.

დედამიწის კლიმატის ცვლილება მზე-დედამიწის ფიზიკის კვლევის ფოკუსური წერტილია და განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ტროპოსფეროს, შუა ატმოსფეროს,

გეოსივრცის (მეზოსფეროს, თერმოსფეროს, იონოსფეროს და მაგნეტოსფეროს) და მზის აქტივობის შეკავშირებას.

CME არის მაღალ-ენერგეტიკული აირის ღრუბელი, დაბალი ან საშუალო ენერგიების ნაწილაკების პლამა, გარშემორტყმული მაგნიტური ველით. როცა ის ეჯახება დედამიწას ეს ველი და პლაზმა შეიჭრება დედამიწის მაგნიტურ ველში, რაც ქმნის დროებით შემფოთებას დედამიწის მაგნიტოსფეროში - მაგნიტური შტორმი და დენების ეკვატორულ დინებებს, სხვადასხვა გრადიენტებს და იწვევს დამუხტული ნაწილაკების გადახრას დედამიწის მახლობლობაში. მათი წარმოქმნის ადგილი ხშირად მზის ალფების სიახლოვესაა

მზე განუწყვეტლივ ასხივებს დედამიწას და მის სპექტრულ სიმკვრივეში მნიშვნელოვანი ცვლილებებია. დაცემული რადიაცია განუწყვეტლივ იცვლება მაგნიტოსფეროში, თერმოსფეროში და იონოსფეროში მიმდინარე მოვლენების გამო. მზის კვაზი-მდგრადი ნაკადებიც ასევე იცვლება მზის ამოფრქვევების გამო, რომლებიც აჩქარებენ დამუხტულ ნაწილაკებს და იწვევენ გომამნიტურ შტორმებს, ზედაპირზე დიდი რაოდენობით დაცემული ენერგეტიკული ნაწილაკების თანამდევი ზემოქმედებით დედამიწაზე.

გეომამნიტური ინდექსები არის გეომამნიტური აქტივობის ზომა, რომელიც ხდება დროის მოკლე მონაკვეთში. ზედა ატმოსფერული ფიზიკის, მზის ხმელეთის ურთიერთობების შესწავლის ან დედამიწის სიღრმის შესწავლის დროს არსებული მაგნიტური ვარიაციების გათვალისწინება აუცილებელი ხდება. ამ მოდულში უნდა გაერთიანდეს დედამიწის იონოსფეროს და მაგნეტოსფეროს რეაქციის შესწავლა მზის აქტივობის ცვლილებებზე. **dst, kp, aa** გეომამნიტური ინდექსები და შტორმამდე და შტორმის შემდეგ, 3 დღის მეტეოროლოგიური პარამეტრების (ტემპერატურა, ნალექების, წნევის) დაკვირვების მონაცემები და სინოპტიკური რუკები გამოიყენება კორელაციური ანალიზისთვის.

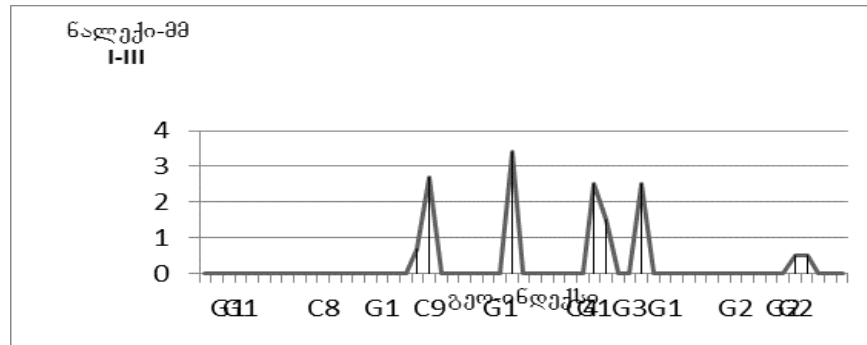
მზის აქტივობა შეიძლება განისაზღვროს ინდექსების რაოდენობის ან ინდექსების კომბინაციებით, როგორცაა მზის ლაქების რიცხვი WN და რადიოსიხშირე F10.7, რომელიც განსხვავდება მზის ელექტრომამნიტური გამოსხივებისგან და საპლანეტაშორისო მაგნიტური ველის დაბახლოების B და მზის ქარის სიჩქარის v, რომლებიც განსაზღვრავენ მზის ქარის თვისებებს.

ეს ინდექსები 1900 წლიდან მუდმივად გამოითვლება პოტსდამის GFZ- ის მიერ და ხელმისაწვდომია ვებ-გვერდზე www.gfz.potsdam.de [5,6]. Kp ინდექსი ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ყველა მაგნიტური მაჩვენებლებით და 1932წ-დან დაწყებული გამოითვლება პოტსდამში. იგი განკუთვნილია "Geomagnetic activity", ან მთელ დედამიწაზე შემფოთების ხარისხის გამოსახატავად, სამი საათის ინტერვალებით უნივერსალური დროით. მარტივი საშუალო ოპერაციების დასაწყებად, Kp ინდექსები კონვერტირებულია ცხრილის გამოყენებით, მათი კვაზი-ლოგარითმიული მასშტაბიდან უხეშად ხაზოვან მასშტაბზე (nT), რითაც მიიღება ე.წ. 3-სთ ap ინდექსი. საბოლოოდ, ინდექსი ap განისაზღვრება, როგორც საშუალოდ რვა 3-საათიანი ap ინდექსი [7,8].

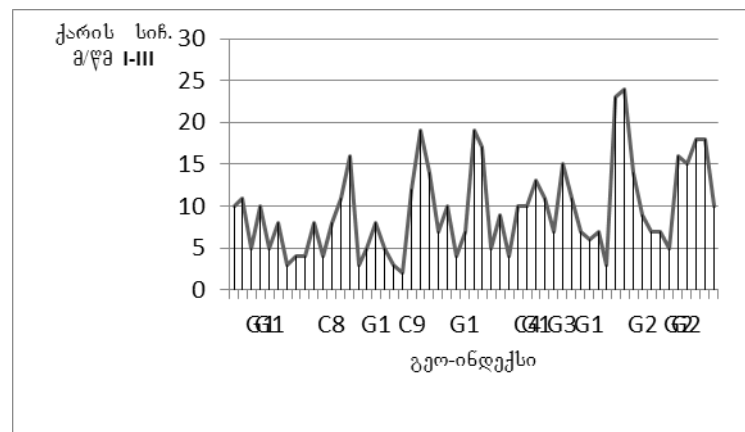
გეო-შტორმის შემფოთების დრო (dst) ინდექსი, ისტორიულად გამოყენებულია გეომამნიტური ქარიშხლის ზომისთვის. გარდა ამისა, არსებობს მაგნიტოსფეროში წარმოქმნილი დენებისაგან, რომლებიც ცვლიან მაგნიტურ ველს, ე.წ. ინდუცირებული დენები. ყველა ეს დენები და მაგნიტური გადახრები, რომლებიც წარმოიქმნება ადგილზე, გამოიყენება პლანეტარული გეომამნიტური დარღვევების ინდექსის სახელწოდებით Kp. ეს ინდექსი საფუძვლად უდევს NOAA- ს იონოსფეროს ამინდის ზომის, გეომამნიტური ქარიშხლის, ან G-ერთეული, რომელიც გამოიყენება კოსმოსური ამინდის აღსაწერად, რომელსაც შეუძლია დედამიწაზე არსებული სისტემების დარღვევა.

კვლევისთვის გამოყენებულია Kp გეომამნიტური ინდექსი და 2014-19წ. მეტეოროლოგიური პარამეტრების (ტემპერატურა, წნევა, ნალექი) დაკვირვების მონაცემები. ჩატარებული ანალიზიდან დგინდება, რომ ყველა ტიპის ინდექსისთვის ამინდის პარამეტრები მკვეთრ ცვლილებას განიცდიან: ძლიერდება ქარი, იზრდება ნალექების რაოდენობა, იცვლება წნევა, რაც ნათლად ჩანს ნახ.1,2-ზე.

კვლევიდან დგინდება, რომ გეო-მამნიტური ინდექსები უნდა გამოიყენებოდეს საპროგნოზო მეთოდოლოგიაში, როგორც ერთგვარი პრედიქტორი. გეო-შტორმის გავლენის გათვალისწინება აუცილებელია ამინდის პროგნოზებში და ასევე აუცილებელია საპროგნოზო მოდელის დაწვილება დედამიწის მაგნიტური ველის მოდელთან [11,12], რაც პროგნოზის სიზუსტის და საიმედოობის ამაღლების საშუალებას მოგვცემს



ნახ.1. გეო-ინდექსის და ნალექების დამოკიდებულება თბილისისთვის 2017წ (I-III)..



ნახ.2. გეო-ინდექსის და ქარის დამოკიდებულება თბილისისთვის 2017წ (I-III)..

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. M.Tatishvili, N.Bolashvili, I.Mkurnalidze. Climate and causes of its variability. //Transactions of Institute of Hydrometeorology, Tbilisi, Georgia, 2013, v. 119, pp. 38-43.
2. Toshitaka Tsuda, Marianna Shepherd and Nat Gopalswamy. Advancing the understanding of the Sun–Earth interaction—the Climate and Weather of the Sun–Earth System (CAWSES) II program. Progress in Earth and Planetary Science (2015) 2:28 DOI 10.1186/s40645-015-0059-0
3. SOLAR PHYSICS AND TERRESTRIAL EFFECTS. Space Environment Center. 2012
4. Natural hydrometeorological disasters, their causes and prevention measures . M.Tatishvili, E.Elizbarashvili, R. Meskhia, Sh.Elizbarashvili. The Macrotheme Review. A multidisciplinary journal of global macro trends, 148-154, A Macrotheme Capital Management, LLC Academic Publication, Volume 2, Issue 1, Winter 2013 (January). ISSN 1848-4735, France
5. www.spaceweather.gov
6. sdo.gsfc.nasa.gov
7. NOAA/SWPC, Boulder, Co, USA. spaceweatherlive.com
8. Earthdata.nasa.gov
9. Impact of solar coronal mass ejections (CME) on formation of Earth climate and weather pattern. Marika Tatishvili, Irine Mkurnalidze, Inga Samkharadze, Nunu Tsintsadze. International Scientific Journal. Journal of Environmental Science. v.7. issue 1. pp1-5. 2018. ISBN -13:978-1721539185
10. THE CONNECTION OF GEOMAGNETIC ACTIVITY AND WEATHER FORMATION IN GEORGIAN REGION. Tatishvili M., Khvedelidze Z., Mkurnalidze I., Samkharadze I., Kokosadze Kh. International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“ Proceedings, ISSN 1512-1976, v. 6, Kutaisi, Georgia. 2018
11. Developing Weather Forecasting System in Georgia. Marika Tatishvili. Ecology & Environmental Sciences 2 (7) DOI:10.15406/mojes. 2017.02.00046.
12. M. Tatishvili. Energy Transformation in Clouds According Quantum Principles. // International Scientific Journal. Journal of Environmental Science. vol 3. ISBN- 13: 978-1499721980; ISBN -10: 1499721986, Vienna, Austria 2014. pp. 7-9.

უაკ 551.576

გეომაგნიტური ინდექსების გამოყენება ამინდის და კლიმატის კვლევაში/ ტატიშვილი მ., ხვედელიძე ზ., სამხარაძე ი., ფალავანდიშვილი ა./სტუ-ის კმი-ის შრომათა კრებული-2020 –ტ.129. –გვ.108-112. – ქართ. რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. სტატიაში განხილულია მზეზე მიმდინარე პროცესები და ამ პროცესების გავლენა დედამიწის ატმოსფეროზე. კვლევისთვის გამოყენებულია 2014-19წ კ_p გეომაგნიტური ინდექსი და მეტეოროლოგიური პარამეტრების (ტემპერატურა, წნევა, ნალექი) დაკვირვების მონაცემები. ჩატარებული ანალიზიდან დგინდება, რომ ყველა ტიპის ინდექსისთვის ამინდის პარამეტრები მკვეთრ ცვლილებას განიცდიან: ძლიერდება ქარი, იზრდება ნალექების რაოდენობა, იცვლება წნევა. მათი გათვალისწინება ამინდის საპროგნოზო მეთოდოლოგიაში აუცილებელია

UDC 551.576

Use of geo-magnetic indices in weather and climate research./ Tatishvili M., Khvedelidze Z., Samkharadze I., Palavandishvili A./Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2020 - vol.129 - pp.108-112. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus. The processes occurred on the Sun and their influence on the Earth atmosphere has been discussed in presented paper. To conduct study, K_p geo-magnetic index and meteorological observation data for weather parameters (temperature, precipitation, pressure) for 2014-19 period were used. The conducted analysis clearly indicates that for all types of index weather parameters were sharply changed: wind speed has been strengthened, precipitation amount has been increased and pressure has been sharply changed. Their consideration in weather prediction methodology is necessary.

УДК 551.576

Использование геомагнитных индексов в исследованиях погоды и климата./Татишвили М.Р., Хведелидзе З.В., Самхарадзе И.И., Палавандишвили А.М./Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2020. вып.129 - с.108-112. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. Процессы, происходящие на Солнце и их влияние на атмосферу Земли обсуждается в представленной статье. Для проведения исследования были использованы данные геомагнитного индекса К_p и метеорологических наблюдений на параметры погоды (температура, осадки, давление) за период 2014-19 гг. Проведенный анализ четко показывает, что для всех типов индексов параметры погоды были резко изменены: скорость ветра была усилена, количество осадков увеличилось, а давление резко изменилось. Их включение в методологии прогнозирования погоды необходимо.