

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

გვანცა გვასალია

***სინოპტიკური სიტუაციების როლი ატმოსფერული პროცესების
ფორმირებაზე***

სამაგისტრო პროგრამა- ფიზიკური გეოგრაფია და გარემოს მდგრადი განვითარება

ნაშრომი შესრულებულია გეოგრაფიის მაგისტრის აკადემიური
ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელები: გეოგრაფიის აკადემიური დოქტორი,
ასოცირებული პროფესორი, ლამზირა ლალიძე
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
ასოცირებული პროფესორი, ავთანდილ ამირანაშვილი

თბილისი

2019

შინაარი

ანოტაცია.....	4
შესავალი.....	6
თავი I.	
1.1 ატმოსფეროს ზოგად ცირკულაცია.....	8
1.2 ცირკულაციური პროცესები საქართველოში.....	10
1.3 გაბატონებული ქარები.....	18
1.4 ადგილობრივი ქარები.....	19
1.5 ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენები.....	21
1.6 ატმოსფეროს ელექტრული მოვლენები.....	22
1.7 ღრუბლები.....	24
1.8 ღრუბლების მიკრო ფიზიკური კლასიფიკაცია.....	25
1.9 ღრუბლების კლასიფიკაცია წარმოშობის მიხედვით.....	26
1.9 ღრუბლების კლასიფიკაცია სიმაღლის და ფორმის მიხედვით.....	28
1.11 ღრუბლიანობის განაწილება საქართველოში.....	30
1.12 კონდენსაციის გულები.....	30
1.13 ნალექები, ნალექების გენეტიკური კლასიფიკაცია.....	32
1.14 ნალექების მორფოლოგიური კლასიფიკაცია.....	33
1.15 ხორხოშელა და სეტყვის წარმოშობა.....	34
1.16 მიწისპირა ჰორიზონტალური ნალექები (ჰიდრომეტეორები).....	37
1.17 ნისლი, ნისლის კლასიფიკაცია და ბურუსი.....	38
1.18 წყინვები.....	40
თავი II.	
2.1 სეტყვის პროგნოზი და სეტყვისაწინააღმდეგო ღონისძიებები.....	41
2.2 სეტყვის პროცესის ანალიზი, აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთი (19-20.05.2019).....	43
2.3 სეტყვის პროცესები საქართველოში, თბილისი (10.06.2017.).....	50
2.4 ატმოსფერული ნალექების ფორმირება გუდაური-კობის მონაკვეთზე (17.04.2019).....	55
2.5 ნისლის წარმოშობის პირობები და გავრცელების არეალი (თბილისი, 27.07.2018).....	57

2.6 სტიქიური პროცესები საქართველოში.....	60
მიღებული შედეგები.....	69
დასკვნა.....	70
გამოყენებული ლიტერატურა.....	72

ანოტაცია

თანამედროვე მსოფლიოში და მათ შორის საქართველოშიც ინტენსიურად მიმდინარეობს კლიმატის გლობალური ცვლილება. კლიმატის ცვლილების ტენდენცია განსაკუთრებით შეიმჩნევა გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან, როდესაც მსოფლიოში და მათ შორის საქართველოშიც, აღინიშნა ხშირი კლიმატური კატასტროფები. მეცნიერულად დადასტურდა, რომ კლიმატის ცვლილება პლანეტის მასშტაბით, ცალკეულ რეგიონში გამოიხატა საშუალო ტემპერატურის მატებით, მასთან დაკავშირებული ნალექების ინტენსივობის ზრდითა და ექსტრემალური მოვლენების სიხშირით. სინოპტიკური პროცესები განსაზღვრავენ ამინდის რეჟიმს და მისი ცვლილების ხასიათს, რის გამოც ის წარმოადგენს ერთ-ერთ კლიმატწარმომქმნელ ფაქტორს დედამიწის ზედაპირზე.

ნაშრომში (მაღალტექნოლოგიური რადარის METEOR735 CDP10-DOPPLER WEATHER RADAR გამოყენებით), გაანალიზებულია კონკრეტული სინოპტიკური პროცესები და მასშტაბები, კერძოდ: ა). 2015 წლის 13-14 ივნისს ქ. თბილისში სტიქიური უბედურების გამომწვევი სინოპტიკური პროცესი (რომელიც გამოწვეული იყო თავსხმა ნალექით); ბ). 2019 წლის 19-20 მაისს კახეთის ტერიტორიაზე, ძლიერი სეტყვის პროცესის, გამომწვევი სინოპტიკური პროცესის დეტალური ანალიზი; გ). ქ. თბილისში 2018 წლის 27 ივლისს, ნისლის (მტვრიანი ღრუბელი) გამომწვევი (<< METEOR 735CDP10>> რადარის მონაცემებით) პროცესის ანალიზი და მონიტორინგის შედეგები.

ნაშრომში შეფასებულია, სინოპტიკური სიტუაციების როლი ატმოსფერული პროცესების ფორმირებაში, შესწავლილია გამომწვევი მიზეზები და მისი გავლენა მიმდებარე ეკოსისტემაზე. წარმოდგენილია, კონკრეტული რეგიონებისათვის დამახასიათებელი, მკვეთრად გამოხატული სინოპტიკური პროცესები და მასშტაბები (თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით), რაც პირდაპირ კავშირშია ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებასთან.

საქართველოს ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი უკავია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს და რეკრეაციულ ზონებს, მათი განვითარება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ატმოსფერულ პროცესებზე. განსაკუთრებით კი ექსტრემალური მოვლენების სიხშირეზე (თავსხმა წვიმების მეტეოროლოგიური პროგნოზი, სეტყვა და ჭექა-ქუხილი, ამინდის მოდიფიკაცია, კლიმატის ცვლილების შეფასება და სხვ.).

Annotation

In modern world and in Georgia too climate is changed globally. Tendency of climate amendment is noticed from the 70s of the last century when in the world and in Georgia too frequent climatic catastrophes happened. It was scientifically confirmed that climate amendment worldwide, in separate regions is expressed by increasing the temperature, increasing the intensity of precipitates and frequency of extreme phenomena. Synoptic processes determine the regime of weather and its amendment, that's why it is one of the climate producer factors in the world.

Concrete synoptic processes and scales are analyzed in the thesis (using high technologic radar METEOR735 CDP10-DOPPLER WEATHER RADER), namely: a) synoptic process causing natural calamity on June 13-14, 2015 in Tbilisi (caused by pouring rain); b) detailed analysis of synoptic process causing strong hail on the territory of Kakheti on May 19-20, 2019; c) analysis of the process (per data of << METEOR 735CDP10>> radar) causing mist (dusty cloud) in Tbilisi, on July 27, 2018 and results of monitoring.

A role of synoptic situations in the formation of atmospheric processes is appreciated in the thesis; causing results and its influence over adjacent eco-system are examined. There are presented synoptic processes and scales (using modern technologies) characteristic for concrete regions which are in direct connection with the development of the economics.

An important part of the territory of Georgia is occupied by cultivable lands and recreation zones; their development is significantly depended on atmospheric processes and especially on the frequency of extreme phenomena (meteorological forecast of pouring rains, hail and thundering, modification of the weather, evaluation of climate amendment and etc.).

შესავალი

ატმოსფერო, წარმოადგენს დროში და სივრცეში ცვლად გარემოს, რომელიც თანდათანობით გადადის საპლანეტაშორისო სივრცეში. ატმოსფეროში მეტეოროლოგიური პროცესების ჩამოყალიბებაში მთავარ როლს ასრულებს წყლის ორთქლი, რომელიც განაპირობებს ნისლს, ღრუბლებს. ღრუბლები კი თავის მხრივ წარმოადგენენ ნალექების, ელჭექის და სხვა ოპტიკური მოვლენების წყაროს.

ატმოსფეროში მიმდინარე ძირითადი პროცესები ამინდში გამოვლინდება. ამინდის ცალკეული პროცესებისა და მოვლენების დახასიათება შემდეგი მეტეოროლოგიური ელემენტების მეშვეობით ხდება: მზის რადიაცია, დედამიწისა და ატმოსფეროს სითბური გამოსხივება, ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურა, ატმოსფეროს წნევა, ქარი, აორთქლება, ტენიანობა, მოღრუბლულობა, ნალექები და სხვა. მეტეოროლოგიაში კი განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ატმოსფერულ მოვლენებს, რომლებიც ცვლიან ატმოსფეროს და მის მდგომარეობას. ასეთ მოვლენებს მიეკუთვნება: ნისლი, ელჭექი, ლიპყინული, მტვრის ქარიშხალი, გრიგალი, ქარბუქი, ჭირხლი, ნამი, თრთვილი, ნალექები, ღრუბლები, პოლარული ნათებები და სხვა.

ატმოსფეროს შემადგენლობაში არსებული მინარევეები (წყლის ორთქლი, ნახშირორჟანგი, ოზონი და სხვა), არიან აიროვანი, მყარი და თხევადი ნაწილაკების სახით, რომლებიც გადაადგილდებიან როგორც ვერტიკალური ისე ჰორიზონტალური მიმართულებით, ატმოსფეროში ჰაერის მოწესრიგებული დინებებისა და ტურბულენტური შერევის გზით.

წლის განმავლობაში ოკეანის ზედაპირიდან ორთქლდება 1127 მმ, ანუ $4,07 \times 10^{17}$ კგ წყალი, ხმელეთის ზედაპირიდან 446 მმ, ანუ $0,66 \times 10^{17}$ კგ. წლის განმავლობაში ოკეანეების ზედაპირზე მოსული ნალექების სისქე შეადგენს 1024 მმ-ს, ხმელეთზე 700 მმ, რაც იმას ნიშნავს, რომ ხმელეთზე ნალექების რაოდენობა აჭარბებს აორთქლებას. ატმოსფერო კი საშუალოდ $1,24 \times 10^{16}$ კგ ნალექს შეიცავს (დაახლოებით 24 მმ ნალექი).

საქართველოში გამოიყოფილია 15 კლიმატური ზონა, სადაც მოსალოდნელია სხვადასხვა გეოფიზიკური კატასტროფები. ამ ზონების დეტალური შესწავლა განხორციელდა და დღესაც მინდინარეობს ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხის ხარისხის, ეკონომიკური ზიანის და რისკის ზონების შესაფასებლად.

საქართველოში, კლიმატის ცვლილების ფონზე, ნალექების სივრცით-დროით შესწავლას, მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. ნალექებზე დაკვირვებებს (პროგნოზირებასთან ერთად) აწარმოებს საქართველოს სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“

გერმანული წარმოების მაღალტექნოლოგიური რადარის METEOR735 CDP10-DOPPLER WEATHER RADAR მეშვეობით.

თავი 1.

1.1. ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაცია

ჰაერის მასების მოძრაობა ატმოსფეროში იმდენად მრავალფეროვანია, რომ ერთი დაიმავე სურათის განმეორებადობა წარმოადგენს უიშვიათეს მოვლენას. ატმოსფეროს მოძრაობის ძირითად რგოლს წარმოადგენენ ციკლონები და ანტიციკლონები, რომელთა მეშვეობითაც ხდება მერიდიანული და ზონალური ცირკულაციები. მათი გადაადგილება ვერტიკალური მიმართულებით მოიცავს ტროპოსფეროს და სტრატოსფეროს ქვედა ნაწილსაც კი. ატმოსფეროს ჰორიზონტალური მოძრაობის მასშტაბები დიდია ვერტიკალურთან შედარებით, ძირითადად ჰაერის ვერტიკალური მოძრაობა განაპირობებს ამინდის ფორმირებას.

ატმოსფეროს ცირკულაციაზე დამოკიდებული ამინდის ცვალილება, ჰაერის მასების ტრანსფორმაციასა და ოროგრაფიასთან ერთად.

ატმოსფეროს ჰაერის მოძრაობაზე და მის კანონზომიერებებზე დიდ გავლენას ახდენს ატმოსფერული წნევა, კორილიოსის ძალა და ხახუნის ძალა.

ხახუნის ფენის ზემოთ ქარის მიმართულება ზონალურია. ტროპიკულ და ზონალურ სარტყელში ქარის მიმართულებას აღმავალი ხასიათი აქვს; ზომიერ სარტყელში დასავლეთის მიმართულებისაა; ხახუნის ფენაში კი გადაიხრება იზობარების მიმართულებიდან ბარიული გრადიენტის მხარეს.

დაბალ და მაღალ განედებს შორის ადგილი აქვს მერიდიანულ და ზონალურ ცირკულაციას, ხოლო ტროპიკები მაღალი განედებისათვის წარმოადგენს სითბოს დამატებით წყაროს.

მერიდიანული ცირკულაცია შეიძლება შევადაროთ ვერტიკალურ რგოლებს, სადაც პირველ რგოლს წარმოადგენს პასატური ცირკულაცია. ძლიერი ინსოლაციის შედეგად, ეკვატორულ რაიონში, ცხელი ჰაერი განიცდის აღმავალ დინებას და გარკვეულ სიმაღლეზე ანტიპასატების სახით პოლუსებისკენ მიემართება. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში აღმავალი დინება (დაახლოებით 10-15⁰-დან) განედურ მიმართულებას ემთხვევა და სუბტროპიკულ განედებზე დაბლა ეშვება, ქვედა ფენებში კი ჰაერის ნაწილი ჩრდილო აღმოსავლეთ პასატების სახით ეკვატორისკენ მიედინება; ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში აღმავალი დინება სამხრეთ აღმოსავლეთის მიმართულებისაა და ჰაერის ნაკადის ნაწილი, კი ზომიერი და მაღალი განედებისკენ მიედინება.

60-65⁰ განედზე, თბილი დინებები ხვდება პოლარული აუზიდან შემოსულ ჩრდილო აღმოსავლეთის ცივ დინებებს, განიცდიან აღმასრიალს, რის შედეგადაც წარმოიშობა პოლარული ფრონტი, სადაც ჩნდება ცირკულაციის მეორე რგოლი.

ეკვატორის გასწვრივ, მაღალ განედებში არსებული მაღალი წნევა, ხოლო პოლუსებთან არსებული დაბალი წნევა, ყველა ზონაში განაპირობებს ჰაერის მასების დასავლეთიდან აღმოსავლეთით გადატანას.

ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ მზის სხივური ენერგია თანდათანობით მცირდება. ამის შედეგად ჰაერის ტემპერატურა ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ მცირდება. მნიშვნელოვანია ის გარემოება რომ, მზის სხივურ ენერგიას ოკეანე და ხმელეთი სხვადასხვა რაოდენობით შთანთქავს. ზაფხულში ოკეანესთან შედარებით ხმელეთი მეტად თბება, ზამთარში კი მეტად ცივდება. ზამთარში, ოკეანეებისა და ზღვების წყლის მაღალი ტემპერატურის გამო, თავისუფალი ატმოსფეროში (გარკვეულ სიმაღლეზე) წარმოიქმნება მაღალი წნევის არე. სიმაღლეზე ბარიერულ სისტემების ასეთი განაწილება იწვევს ჰაერის გადაადგილებას ზღვიდან ხმელეთისკენ, რაც ოკეანის თავზე წარმოქმნის **ციკლონს**, ხოლო ხმელეთის თავზე **ანტიციკლონს**. ზაფხულის პერიოდში პროცესი შებრუნებულ ხასიათს ატარებს. ციკლონში, რომელთანაც დაკავშირებულია ატმოსფერული ფრონტები, ჩვეულებრივ ვითარდება ჰაერის აღმავალი დინება, რომელიც იწვევს ღრუბლების წარმოქმნას და ნალექებს, ხოლო ანტიციკლონში კი ჰაერი დაბლა ეშვება, ამიტომ, მასში არსებული წყლის წვეთები ორთქლდება, დგება უღრუბლო, მოწმენდილი ამინდი.

წარმოშობის მიხედვით ჰაერის მასებს ყოფენ **ზღვიურ** და **კონტინენტურ** ჰაერის მასებად. ჰაერის მასები განიცდიან გადაადგილებას სხვადასხვა კლიმატური პირობების მქონე გეოგრაფიული რაიონებისკენ, რის გამოც იცვლიან თვისებებს. შესაბამისად ჰაერის მასები იყოფა შემდეგ ტიპებათ: არქტიკულ, პოლარულ, ტროპიკულ და ეკვატორულ ჰაერის მასები. სხვადასხვა ტიპის ჰაერის მასებს შორის, წარმოიქმნება ჰაერის დახრილი, გარდამავალი ფენა, რომლის ძირითადი ფიზიკური თვისებები მკვეთრად განსხვავებულია. გამყოფ ზედაპირს კი წარმოადგენს ატმოსფერული **ფრონტები**.

ტროპოსფეროს ზედა ფენებში და სტრატოსფეროს ქვედა ფენებში ქარის მაქსიმალური სიჩქარის ლოკალიზაცია ხდება, სადაც ჰაერის დინებები ვიწრო ზოლშია მოქცეული, რის გამოც ქარის სიჩქარე მაქსიმალურ სიდიდეებს აღწევს. აქ ჰაერის მასების გადაადგილების სიჩქარე 60-130 მ/წმ აღემატება. ჰაერის ეს ნაკადი **ჭავლური დინებებს** წარმოადგენს და გავრცელებულია ძირითადათ სუბტროპიკულ განედებზე. ზოგჯერ **ჭავლური დინებები**

მაღალ და დაბალ განედებზეც შეინიშნება. **ჭავჭავური დინებებს** სუბტროპიკულ და უფრო მაღალ განედებზე აქვს დასავლეთის მიმართულება, ხოლო ტროპიკულ განედებზე აღმოსავლეთის მიმართულებისაა.

ჭავჭავურ დინებებთანაა დაკავშირებული **ციკლონების** და **ანტიციკლონების** წარმოშობა.

ციკლონები თვისებების მიხედვით იყოფა ფრონტალური და არაფრონტალურ ციკლონებად.

თბილ ჰაერში ფრონტის ერთ მხარეს იზობარული ზედაპირები უფრო მაღლა მდებარეობს ვიდრე ცივიში, რაც იწვევს ფრონტალურ ზონაში ცივი ჰაერისკენ იზობარების მკვეთრ შემობრუნებას. ფრონტალურ ზონაში, რაც უფრო მეტია იზობარების სიმრუდე, მით მეტია ქარის სიჩქარე.

ციკლონების წარმოშობა ტროპიკებისგარე განედებზე მიმდინარეობს არქტიკულ და უფრო ხშირად პოლარულ ფრონტზე. საბოლოოდ ჩამოყალიბებული ციკლონების დიამეტრი 1000 კმ-ია.

ანტიციკლონი წარმოადგენს მაღალი წნევის არეს, სადაც ჰაერის მასების მოძრაობა მიმართულია ცენტრიდან პერიფერიებისკენ, საათის ისრის მიმართულებით ჩრდილო ნახევარსფეროში, სამხრეთ ნახევარსფეროში კი საათის ისრის მიმართულების საწინააღმდეგოდ. ანტიციკლონი ხშირად ვითარდება ერთგვაროვან ჰაერის მასებში. ანტიციკლონის ცენტრში ადგილი აქვს ჰაერის დაღმავალ დინებას, რის შედეგადაც ჰაერი ადიაბატურად თბება რაც წარმოშობს ტემპერატურულ ინვერსიას, უღრუბლო მშრალი ამინდით. ანტიციკლონის ზომა ციკლონის ზომაზე მცირეა. ანტიციკლონები ციკლონებისგან განსხვავებით აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ მოძრაობენ.

1.2. ცირკულაციური პროცესები საქართველოში.

ამინდის რეჟიმზე და მის ცვლილებებზე ძირითად გავლენას ახდენს დიდი მასშტაბის ციკლონები და ანტიციკლონები, რომლებიც ვითარდებიან და ქრებიან ტროპიკებისგარე კონტინენტებისა და ოკეანეების ზედაპირზე. ციკლონებში (სადაც წარმოიქმნებიან ატმოსფერული ფრონტები) ჩვეულებრივ ვითარდება ჰაერის დაღმავალი დინება, რომელიც იწვევს ღრუბლების წარმოქმნას და ნალექებს. ანტიციკლონებში კი ჰაერი დაბლა ეშვება, ამიტომ მასში არსებული წყლის წვეთები ორთქლდება, რაც განაპირობებს უღრუბლო, მოწმენდილ ამინდს. ეკვატორსა და პოლუსებს შორის, ოკეანესა და კონტინენტებს შორის

არსებული ჰაერის მასების განუწყვეტლივი ცვლა, მერიდიანული მიმართულებით და განედების გასწვრივ, ატმოსფეროს ჰაერის მსხვილმასშტაბიან მოძრაობას წარმოადგენს. ბარიერული გრადიენტები წარმოიქმნება, დაბალ და მაღალ განედებს შორის ტემპერატურათა სხვაობის გავლენით, რომლებიც ეკვატორიდან პოლუსებისკენაა მიმართული მერიდიანის გასწვრივ. კორიოლისის ძალის გავლენით, ჰაერის მასების მოძრაობა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გადახრილია მარჯვნივ, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში კი მარცხნივ.

ატმოსფეროს ცირკულაციისა და კორიოლისის ძალის (დედამიწის ბრუნვით გამოწვეული გადამხრელი ძალის მოქმედებით) გავლენით, ტროპოსფეროსა და ქვედა სტრატოსფეროში დასავლეთის ქარები წარმოიქმნება. ატმოსფეროს ძირითადი მასა მოძრაობს (ბრუნავს) დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ და უსწრებს დედამიწის ბრუნვას იმავე მიმართულებით. აღნიშნული მოვლენა კარგად არის გამოხატული ტროპოსფეროს მაღალ ფენებში, ასევე საქართველოს ტერიტორიაზეც. ი. კვარაცხელიას კვლევებით, 3-6 კმ სიმაღლეზე გაბატონებულია ჰაერის მასების მოძრაობა: სამხრეთ დასავლეთის, დასავლეთის და ჩრდილო დასავლეთის მიმართულებით. რაც დამახასიათებელია ზომიერი განედებისათვის.

ტროპოსფეროს ქვედა ფენებში, ცირკულაციის ხასიათზე გავლენას ახდენს, კავკასიონის ქედების მიმართულება, რაც იწვევს დასავლეთისა და აღმოსავლეთის მიმართულების ქარების გაბატონებას. ძირითადად, საქართველოსა და სამხრეთ კავკასიის მთიან ნაწილში, ამინდის მკვეთრი ცვლილება ორი მიმართულების ჰაერის მასების შემოჭრასთანაა დაკავშირებული. მკვლევარების: კ. პაპინაშვილის, ე. ნაფეტვარიძის, ვ. გიგიგნიშვილის და სხვათა შრომებში, სინოპტიკური პროცესები, რომელთა მეშვეობითაც ხდება ჰაერის მასების შემოჭრა სამხრეთ კავკასიასა და კერძოდ, საქართველოს ტერიტორიაზე შეიძლება გამოვყოს 5 ტიპი: დასავლეთის, აღმოსავლეთის, ორმხრივი შემოჭრები, ანტიციკლონური მდგომარეობა, ამიერკავკასიის სამხრეთ რაიონებში განვითარებული ტალღური აღრევა.

ცირკულაციური პროცესების განვითარებაში, რომელსაც ადგილი აქვს საქართველოში, მონაწილეობს ის ბარიერი ველები, როგორცაა, ციმბირის ანტიციკლონი, ხმელთაშუა ზღვის ციკლონები, აზორის ანტიციკლონი, პოლარული აუზების ციკლონები და ანტიციკლონები. რომელიც განაპირობებს ჩრდილო ნახევარსფეროში მიმდინარე ატმოსფეროს ცირკულაციის ხასიათს.

საქართველოს ამინდის ტიპის ჩამოყალიბებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დასავლეთის პროცესი. ამ პროცესის დროს ტერიტორიის მნიშვნელოვან ნაწილში

ღრუბლიანი და ნალექიანი ამინდი წარმოიქმნება. დასავლეთის პროცესთანაა დაკავშირებული ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელოვანი დაწვევა როგორც ცივ, ისე თბილ პერიოდში. ქარი ძირითადი მიმართულება კი დასავლეთისაა.

ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრა იმ შემთხვევაში ხდება, როდესაც ბარიული გრადიენტი მიმართულია დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ. ასეთ შემთხვევაში, რუსეთის ევროპული ნაწილის, ცენტრალურ რაიონებში მდებარე ციკლონთან (რომელიც საქართველოში შემოიჭრება სამხრეთ-დასავლეთიდან ან ჩრდილოეთიდან, ხოლო მათ ზურგში მოძრაობს ანტიციკლონი ან მაღალი წნევის თხემი) დაკავშირებული ცივი ფრონტი გადის საქართველოზე. ძირითადად, დასავლეთიდან ჰაერის მასების შემოჭრა ხორციელდება პოლარული, ულტრაპოლარული ღერძებისა და აზორის ანტიციკლონის ზემოქმედებით.

საქართველოს ტერიტორიაზე, ხშირია ისეთი სინოპტიკური პროცესები, როდესაც ხმელთაშუა ზღვიდან გადმონაცვლებული ციკლონები (ან მასთან დაკავშირებული ოკლუზიის ფრონტი) შემოიჭრება. ამ შემთხვევაში ჰაერის მასების შემოჭრა ხდება დასავლეთიდან. ასეთ შემთხვევაში საქართველოში შემოიჭრება საკმაოდ ნოტიო ჰაერის მასები, შავ ზღვაზე მოძრაობის შედეგად ტენიანობა იზრდება, რაც თავის მხრივ, ხელს უწყობს უხვი ნალექების წარმოქმნას.

საქართველოში როდესაც ჰაერის მასების შემოჭრა ხდება ულტრაპოლარული ღერძით, მართალია მოდის ნალექი, მაგრამ დიდი სიუხვით არ გამოირჩევა, ვინაიდან იმ შემთხვევაში ძირითადად შემოიჭრება კონტინენტური არქტიკული ან ზომიერი განედების ჰაერის მასები, რომლებიც მცირე სინოტივით ხასიათდება: ეს ჰაერის მასები იმდენად მშრალია, რომ შავ ზღვაზე მოძრაობისას შეძენილი სინოტივე საკმარისი არ არის მათი დანესტიანებისათვის იმ ზომამდე, რომ უხვი ნალექები გამოიწვიოს. უხვი ნალექებით გამოირჩევა პოლარული ღერძით მოძრავი ჰაერის მასების შემოჭრა, რადგან ამ შემთხვევაში შემოიჭრება არამდგრადი ჰაერის მასები.

ზოგჯერ აზორის ანტიციკლონის ზემოქმედებასთან ერთად ვითარდება პოლარული ჰაერის მასების ზემოქმედებაც. ასეთ შემთხვევაში პროცესი უფრო რთულდება, ციკლონები ღრმავდებიან, რის გამოც მათ ზურგში წარმოებს ცივი ჰაერის მასების ინტენსიური შემოჭრა. ასეთ შემთხვევაში ადგილი აქვს ჰაერის ტემპერატურის განსაკუთრებით დაწვევას და უხვ ნალექების წარმოქმნას.

ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრის დროს, დამახასიათებელია თხემისა და ღარის მერიდიანული მიმართულება და თერმობარიული ველის ასიმეტრიულობა. მკვეთრად

გამოხატული დაბალი წნევის ღარი მიმართულია ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანიდან შავი ზღვისაკენ, ხოლო მაღალი წნევის თხემი გადაადგილდება ხმელთაშუა ზღვიდან ჩრდილოეთის მიმართულებით. ეს პროცესი კარგად არის გამოხატული ბარიული ტოპოგრაფიის 700 და 500 მილიბარიან რუკებზე. ამ შემთხვევაში სიცივის ადვექცია მიმართულია ჩრდილოეთიდან ან ჩრდილო-დასავლეთიდან შავი და ხმელთაშუა ზღვებისაკენ, სითბოს ადვექცია მიმართულია ირანის ტერიტორიიდან ჩრდილო კავკასიის მიმართულებით.

ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრა მთელი წლის განმავლობაში აღინიშნება, განსაკუთრებით ხშირია ზაფხულში.

ცხრ.1.ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრა.

	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	სულ
შემთხვევათა რიცხვი	43	59	74	59	235
%-ში	18	25	32	25	100

საქართველოს ტერიტორიაზე, ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრის დროს, ცივი ფრონტი კავკასიონის გავლენით იცვლის კონფიგურაციას და შემდეგ შემოიჭრება დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე. ამ პროცესის ხანგრძლივობა საშუალოდ 2-3 დღეა. არის ისეთი შემთხვევები, როცა რამდენიმე ფრონტი გადის ერთიმეორის მიყოლებით, მაშინ ხანგრძლივობაც და ნალექების რაოდენობაც მატულობს. ამ პროცესის მაქსიმალური ხანგრძლივობა წლის ცივ პერიოდში 5-6 დღეა, თბილ პერიოდში კი 4 დღე. შემოჭრის ერთი შემთხვევის დროს მოსული ატმოსფერული ნალექები, დასავლეთ საქართველოში 60-430 მმ შორის, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 25-160 მმ შორის მერყეობს.

დასავლეთიდან ჰაერის მასების შემოჭრის დროს თითქმის მთელი საქართველოს ტერიტორიაზე აღინიშნება ჰაერის ტემპერატურის ნორმიდან უარყოფითი გადახრა. უფრო მეტად, ტემპერატურა ეცემა დასავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით შივი ზღვის სანაპიროზე.

ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრის დროს ჩვეულებრივ მნიშვნელოვანი ნალექები დასავლეთ საქართველოში მოდის, რადგან მისი ტერიტორია შემოფარგლულია მაღალი ქედებით, ეს ხელს უწყობს ჰაერის მასების მოძრაობის შესუსტებას, ხოლო აღმავალი დინების და კონვერგენციული პროცესების გაძლიერება იწვევს წყლის ორთქლის ინტენსიურ კონდენსაციას. აღმოსავლეთ საქართველოში, აღნიშნული პროცესის დროს,

ჰაერი ორთქლით გაღარიბებული გვევლინება, ხოლო ლიხის ქედიდან დაღმა დაშვებისას ჰაერი იკუმშება და თბება, რის გამოც, შედარებით ნაკლებ ნალექი მოდის, ამ პროცესის დროს, სხვა პროცესებთან შედარებით, ნალექების რაოდენობა იზრდება. აღმოსავლეთ საქართველოში ამ პროცესების დროს დასავლეთის ქარი ძლიერდება, განსაკუთრებით ძლიერია იგი მდინარე მტკვრის ხეობაში.

დასავლეთის პროცესის დროს საქართველოში ყველგან მნიშვნელოვანი ნალექები მოდის, კერძოდ წლიური ნალექების ჯამიდან დასავლეთ საქართველოში 30-35%, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 20-30% ამ პროცესზე მოდის.

დასავლეთიდან ჰაერის მასების შემოჭრისაგან განსხვავებით საწინააღმდეგო სურათი გვაქვს ჰაერის მასების **აღმოსავლეთ შემოჭრის** დროს. ეს პროცესი ვითარდება უმთავრესად კავკასიონის გავლენით. ჩრდილო-დასავლეთიდან ან ჩრდილოეთიდან შემოჭრილი ცივი ჰაერის მასები უშუალოდ ვერ აღწევს საქართველოში. ცივი ფრონტი ასეთი პროცესის დროს, ყოვნდება კავკასიონის წინამთების ზოლში. იმის გამო, რომ რუსეთის ევროპული ნაწილის ტერიტორიაზე მაღალი წნევის თხემი ეშვება კასპიის ზღვისაკენ, ცივი ფრონტის აღმოსავლეთი ნაწილი კავკასიონის აღმოსავლეთ კიდეზე მოიხრება და იწყებს ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე გადანაცვლებას დასავლეთით. ამ პროცესის განვითარებისათვის აუცილებელი პირობაა შავ ზღვაზე შედარებით დაბალი წნევის არსებობა, ისე რომ ბარიული გრადიენტი მიმართული იყოს აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ. აღმოსავლეთიდან შემოჭრა ხშირად ხორციელდება ციმბირის ანტიციკლონის გავლენით.

ამ პროცესის დროს თერმობარიული ველი ასიმეტრიულობით ხასიათდება. მძლავრი მაღლივი ანტიციკლონი მდებარეობს უმთავრესად რუსეთის ევროპული ნაწილის ცენტრალურ რაიონში. მისი აღმოსავლეთი პერიფერიიდან ღრმა ღარი მიმართულია ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან სამხრეთ-დასავლეთით, კასპიის ზღვისაკენ, დასავლეთის პერიფერიიდან კი ჩრდილო-დასავლეთით შავი ზღვისაკენ. ინტენსიური სითბოს ადვექცია მიმდინარეობს ანტიციკლონის დასავლეთ პერიფერიაზე, სიცივისა-აღმოსავლეთ ნაწილში, კასპიის ზღვისაკენ. ამ პროცესის დროს ცივი ჰაერის მასა შემოჭრა ხდება ჯერ აღმოსავლეთ, შემდეგ დასავლეთ საქართველოში.

აღნიშნული პროცესის ვერტიკალური სიმძლავრე არც ისე დიდია, ამიტომ ცივი ფრონტი ლიხს იქით არ გადადის და აღმოსავლეთით იშლება. აღმოსავლეთ საქართველოში ამინდი ჩვეულებრივ ღრუბლიანი და ნისლიანია, ხშირად მოდის წვიმა, ზამთარში თოვლი, დასავლეთ საქართველოში კი უმთავრესად მოწმენდილი და ქარიანი ამინდია

დამახასიათებელი. ამ პროცესთანაა დაკავშირებული დასავლეთ საქართველოში ხშირი, ძლიერი აღმოსავლეთის ფიონური ქარები, აღმოსავლეთ საქართველოში ჰაერის ტემპერატურა ჩვეულებრივ ნორმაზე დაბალა ეცემა, თითქმის ყოველი შემოჭრის დროს, დასავლეთ საქართველოში კი-მხოლოდ ძლიერი პროცესების დროს არის დამახასიათებელი.

აღმოსავლეთის პროცესი დამახასიათებელია წლის ცივი პერიოდისათვის, რომლის ხანგრძლივობა საშუალოდ 5-6 დღეა, მაქსიმალური -10 დღე და მეტიც შეიძლება იყოს.

ცხრ.2. ჰაერის მასების აღმოსავლეთიდან შემოჭრა.

სეზონები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	სულ
შემთხვევათა რიცხვი	27	19	0	25	71
%-ში	38	27	0	35	100

საქართველოს ტერიტორიაზე თავისებური ამინდის ტიპს ქმნის ჰაერის მასების დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან ერთდროული შემოჭრა. ეს პროცესი ხორციელდება ისეთ შემთხვევაში, როდესაც რუსეთის ევროპულ ნაწილში ვრცელდება მძლავრი ანტიციკლონი. ამ დროს ამიერკავკასიაში და მცირე აზიაში ჩვეულებრივ დაბალი წნევაა გაბატონებული. ორმხრივი შემოჭრა უმთავრესად კავკასიონის გავლენით ვითარდება. ჩრდილოეთიდან შემოჭრილი ცივი ჰაერის მასები ვერ გადმოლახავს კავკასიონის ქედს, ხოლო ჩრდილოეთ კავკასიაში ხდება ამ ცივი ჰაერის თანდათანობით დაგროვება, რის გამოც, ცივი ფრონტი ჩვეულებრივ განთავსებულია კავკასიონის ჩრდილო ფერდობის გასწვრივ. ქედის მიერ შეკავებული ცივი ჰაერი იშვიათ შემთხვევაში იძულებულია ქედს შემოუაროს აღმოსავლეთიდან და დასავლეთიდან ერთდროულად. ცივი ფრონტები ერთმანეთს ჩვეულებრივ აღმოსავლეთ საქართველოში ხვდებიან და წარმოიშობა ოროგრაფიული ოკლუზია. ამ დროს კავკასიონის მაღალ ნაწილებს იკავებს თბილი ჰაერი. აღნიშნული პროცესის დროს მთელ საქართველოში რამდენიმე დღეს გრძელდება ღრუბლიანი ამინდი, ჰაერის ტემპერატურა საგრძნობლად ეცემა და უხვი ნალექი წარმოიქმნება.

ჰაერის მასების ორმხრივი შემოჭრა ხშირი არ არის, საშუალოდ 1-2 შემთხვევა წელიწადში. აღმოსავლეთის პროცესის მსგავსად ეს პროცესი ზაფხულში არ ვითარდება.

სამხრეთ კავკასიის და, კერძოდ, საქართველოს ტერიტორიაზე თავისებური ამინდის პირობებს ქმნის ამიერკავკასიის სამხრეთით განვითარებული ტალღური აღრევები,

რომელიც ძირითადად ორმხრივი ან დასავლეთიდან ჰაერის მასების შემოჭრის დასრულების შემდეგ ვითარდება.

სამხრეთის ტალღური აღრევების განვითარების ორ ძირითად სინოპტიკურ სიტუაციას გამოყოფენ. ერთი, როდესაც რუსეთის ევროპული ნაწილის ტერიტორიაზე დასავლეთიდან გადმონაცვლებს ანტიციკლონი ცივი ჰაერის მასებით, ხოლო ხმელთაშუა ზღვაში, ირანსა და მცირე აზიაში გავრცელებულია შედარებით დაბალი წნევა თბილი ჰაერის მასით. მეორე, სინოპტიკური სიტუაციის დროს, მაღალი წნევა აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენაა მიმართული, სამხრეთით ისევ დაბალი წნევაა გაბატონებული. ამ შემთხვევაში ორი სხვადასხვა თვისების მქონე ჰაერის მასის გამყოფ ზედაპირზე წარმოიშობა ტალღური აღრევა, რაც განაპირობებს აღნიშნული პროცესისათვის დამახასიათებელ ამინდის ტიპს.

სამხრეთის ტალღა ხშირად ჩრდილო-აღმოსავლეთით ინაცვლებს და უმთავრესად აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ხდება მისი ოკლუდირება. ასეთ შემთხვევაში განსაკუთრებით უხვი ნალექები აღმოსავლეთ საქართველოსათვის არის დამახასიათებელი. ზოგჯერ ერთმანეთის მიყოლებით წარმოიქმნება რამოდენიმე ტალღა, რაც იწვევს ამინდის სწრაფ ცვლილებას. სამხრეთის ტალღის გავრცელება დამახასიათებელია ყველა სეზონისათვის, ხშირია წლის თბილ პერიოდში.

საქართველოში ტროპიკული ჰაერის შემოჭრა აღნიშნულ პროცესთანაა დაკავშირებული, რომელიც ყველა სეზონის განმავლობაში იწვევს ჰაერის ტემპერატურის გაზრდას. ამ დროს ზაფხულში, არც თუ ისე იშვიათად, ჰაერის ტემპერატურა აღწევს 40-41⁰ C. ზამთარში ტროპიკულ ჰაერს თან მოაქვს ისეთი სითბო, რომ თოვლი მთებშიც კი ინტენსიურად დნება და საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე რამოდენიმე დღის განმავლობაში საგრძნობი სითბოა.

ცხრ.3. სამხრეთის ტალღის განმეორებადობა.

სეზონები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	სულ
შემთხვევათა რიცხვი	27	52	58	45	182
%-ში	15	28	32	25	100

150 წლიანი პერიოდის განმავლობაში, სინოპტიკური სიტუაციების დაკვირვებათა ანალიზით, დადგენილია ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ჰაერის მასების გადაადგილების 4 ტიპი.

ცხრ.4. სინოპტიკური პროცესები და მათი განმეორებადობა.

სეზონები	დასავლეთის ტიპი	აღმოსავლეთის ტიპი	ანტიციკლონური მდგომარეობა	ტალღური აღრევები
ზამთარი	19	27	35	12
გაზაფხული	31	46	17	22
ზაფხული	23	0	18	44
შემოდგომა	27	27	30	22

საქართველოს ტერიტორიაზე ძირითადი ციკლონური პროცესების განმეორებადობა წარმოდგენილია ცხრილის სახით (ცხრ.5).

ცხრ.5. ციკლონური პროცესების განმეორებადობა.

სეზონი	დასავლეთის შემოჭრა	ციკლონი და ოკლუზიის ფრონტი	აღმოსავლეთის შემოჭრა	ორმხრივი შემოჭრა	სამხრეთის ტალღა
ზამთარი	32	22	20	7	19
გაზაფხული	38	14	12	2	34
ზაფხული	54	5	-	-	41
შემოდგომა	39	9	17	5	30

ჰაერის მასების შემოჭრის შემდეგ, საქართველოს ტერიტორიაზე, ჩვეულებრივ მყარდება მაღალი წნევა (ანტიციკლონი), რომელთანაც დაკავშირებულია მცირე ღრუბლიანი მშრალი ამინდი. ამასთან, წლის თბილ პერიოდში დამახასიათებელია მაღალი ტემპერატურები, ხოლო ცივ პერიოდში, დაბალი. მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ ტემპერატურის მკვეთრ დაცემას ადგილი აქვს არა მაშინ, როცა ფრონტი გადის, არამედ მაშინ, როცა მყარდება მაღალი წნევა. ამ პროცესის დროს უღრუბლო ამინდია დამახასიათებელი, რის გამოც დედამიწის გამოსხივება ძლიერდება.

საქართველოს ტერიტორიაზე ხშირია ზომიერი განედებიდან წამოსული ჰაერის მასების შემოჭრა, მაგრამ ამინდის პირობებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს აგრეთვე, როგორც თბილი ტროპიკული, ისე მაღალი განედებიდან შემოსული ცივი ჰაერის მასები.

1.3. გაბატონებული ქარები

გაბატონებული ქარების წარმოშობა დაკავშირებულია წნევის ზონალურ განაწილებასთან. პოლარული და სუბტროპიკული მაღალი წნევის ოლქიდან ქარი ქრის დაბალი წნევისკენ. სუბტროპიკული განედებიდან ზომიერი განედებისკენ ქრის ჩრდილო ნახევარსფეროში დასავლეთით და სამხრეთ დასავლეთით, ხოლო სამხრეთ სამხრეთ ნახევარსფეროში დასავლეთის და ჩრდილო დასავლეთის ქარები. რაც ტროპიკულ სარტყელში სამი პარალელური ზონის გამოყოფის საშუალებას იძლევა: სუბტროპიკული მაღალი წნევის ზონა, პასატების ზონა და ეკვატორული დაბალი წნევის ზონა.

სუბტროპიკულ ზონის ანტიციკლონებსა და ეკვატორულ დეპრესიას შორის ჰაერის გაცვლა **პასატების** და ანტიციკლონების სახით ხდება.

ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში პასატები წლის განმავლობაში ჩრდილო აღმოსავლეთით ქრის, ხოლო სამხრეთ სამხრეთ ნახევარსფეროში აღმოსავლეთით.

პასატების მიმართულება და სიჩქარე წლის განმავლობაში ფაქტობრივად ცვლილებებს არ განიცდის, ამიტომ მას მუდმივ ქარსაც უწოდებენ. სუბტროპიკებში პასატების უმცირესი სიჩქარე 0,5-1,0 მ/წმ, 10-15° განედებში მატულობს 3-5 მ/წმ-მდე, ეკვატორზე კი 5-8 მ/წმ-ია. ჩრდილო და სამხრეთ ნახევარსფეროს პასატები ერთმანეთს ხვდებიან ეკვატორის მახლობლად, სადაც ვითარდება გროვა და წვიმის გროვა ღრუბლები, დამახასიათებელია კოკისპირული წვიმა.

ოკეანების დასავლეთ ნაწილში, პასატური დინებები დიდი ტენიანობით გამოირჩევა და დამახასიათებელია არამდგრადი სტრატეფიკაცია. ამიტომ ამ რაიონებისთვისაა დამახასიათებელია ტროპიკული ციკლონები და მსგავსი აღრევები.

მუსონების წარმოშობა დაკავშირებულიაარა მარტო ხმელეთის და ოკეანის თერმულ პირობებთან, არამედ ეკვატორული დეპრესიის და სუბტროპიკული ანტიციკლონების გადაადგილებასთან. მუსონები თერმული წარმოშობისაა და ამიტომ წარმოადგენენ კონტინენტებისა და ოკეანეების არათანაბარი გათბობა-გაცივების შედეგად წარმოშობილ სეზონურ ქარებს, რომელიც მიმართულებას იცვლის სეზონების მიხედვით.

ყველა მუსონურ რაიონში ზაფხულის მუსონი დაკავშირებულია ციკლონებთან, ხოლო ზამთარში ანტიციკლონებთან, რაც ზაფხულში ღრუბლიან და ნალექიან ამინდებს იწვევს, ზამთარში კი პირიქით.

გავრცელების მიხედვით განარჩევენ ტროპიკულ და ტროპიკებისგარე მუსონებს.

სქართველოს ტერიტორიაზე ქარების გაბატონებული მიმართულების წლიური მსვლელობა სეზონურ ცვლილებებს განიცდის, განსაკუთრებით კი კოლხეთს დაბლობზე,

სადაც აშკარად არის გამოხატული მუსონური ხასიათი. ძირითადად ეს გამოწვეულია ხმელეთის და ზღვის არათანაბარი გათბობით და ატმოსფერული წნევის განაწილების თავისებურობით.

1.4. ადგილობრივი ქარები.

ადგილობრივი ქარები ეკუთვნის იმ მეზომეტეოროლოგიურ მოვლენებს, რომელთა ჰორიზონტალური მასშტაბებიც, რამდენიმე ასეული მეტრიდან, ათეულ და ასეულ კილომეტრამდე იცვლება.

ატმოსფეროზე დედამიწის ზედაპირი მოქმედებს როგორც თერმულად ასევე მექანიკურად. ქარის წარმოშობის მიზეზს, ტემპერატურის ჰორიზონტალური სხვაობის დროს წარმოქმნილი ბარიერული გრადიენტები წარმოადგენენ. ამ ქარებს მიეკუთვნება: **ბრიზები, მთა-ბარის და მცინვარული** ქარები. რელიეფის გავლენით ხდება ჰაერის მასების აღმავალი და დაღმავალი მოძრაობები. ასეთი ქარები მით უფრო კარგად არიან გამოხატულნი, რაც უფრო დიდია დაბრკოლება. ასეთ ქარებს ეკუთვნის: **ფიონი, ბორა, ჩამდინარე ქარი.**

ბრიზი ორი სახისაა: დღის და ღამის ბრიზი, ვინაიდან იცლის მიმართულებას დღის და ღამის მონაცვლეობასთან ერთად. ბრიზი წარმოადგენს სუსტ ქარს, მისი სიჩქარე 4 ბალამდეა.

ზღვის თავზე, ჰაერის მასის გაზრდის გამო, წნევა ქვედა დონეებზე იმატებს იზობარული გრადიენტები კი დახრილია ხმელეთისკენ, ამიტომ ქვედა ფენებში წარმოიქმნება ჰაერის მასების მოძრაობა ზღვიდან ხმელეთისკენ, რაც ცნობილია დღის ბრიზის სახელით.

ღამით, ხმელეთის ძლიერი გაცივების გამო, წარმოიქმნება დღის ცირკულაციის საწინააღმდეგო დინება, რის დროსაც ქარი ხმელეთიდან ზღვისკენ არის მიმართული, არსებული ჰაერის დინება ღამის ბრიზის სახელით არის ცნობილი.

ბრიზის ვერტიკალური სიმძლავრე 2 კმ-მდეა, ბრიზი კარგად არის გამოხატული საქართველოში. ფოთში ბრიზის ვერტიკალური სიმძლავრე 200 მ-ს აღწევს და ვრცელდება ზესტაფონამდე 7 მ/წმ სიჩქარით.

ტროპიკულ განედებში ბარიერული სიტუაცია შეიქმნება მთელი წლის განმავლობაში, ზომიერ და მაღალ განედებში კი მხოლოდ ზაფხულობით.

მთა-ბარის ქარების წარმოქმნა უკავშირდება, დღისა და ღამის განმავლობაში მთასა და ბარს შორის ტემპერატურულ გრადიენტების არსებობას.

ბარის ზემოთ, ფერდობსა და ატმოსფეროს ჰაერს შორის ტემპერატურათა სხვაობის გავლენით წარმოიქმნება ჰაერის ჩაკეტილი მოძრაობა. ქვედა ფენებში ქარი ხშირად მთის ფერდობის გასწვრივაა მიმართული, ზედა ფენებში კი მთის ფერდობიდან ბარისკენ. ღამით კი წარმოიქმნება ქარის საწინააღმდეგო მიმართულება.

როდესაც მთის ფერდობები ყინულითაა დაფარული მყინვარული ქარი ქვედა ფენებში ყოველთვის მყინვარიდან ბარისკენ არის მიმართული, ხოლო ზედ ფენებში ბარიდან მყინვარისკენ, რომლის დროსაც მყინვარის თავზე შეინიშნება ჰაერის დაღმავალი, ხოლო ბარის თავზე აღმავალი მოძრაობა. ქარის სიჩქარე იზრდება ღამით და მცირდება დღისით. ფიონი წარმოადგენს თბილ და მშრალ ქარს, რომელიც ასევე ცნობილია ცეცხლა ქარის სახელწოდებით, რადგან ფიონის დროს ჰაერი ტემპერატურა სწრაფად მატულობს. ფიონი წარმოიშობა მაშინ, როდესაც ქედის ერთ მხარეს წნევა დაბალია, მეორე მხარეს კი მაღალი, რაც კარგად არის გამოხატული საქართველოს ტერიტორიაზე, იმ შემთხვევაში როდესაც აღმოსავლეთ საქართველოში მაღალი წნევაა, ხოლო დასავლეთში კი დაბალი. ლიხის ქედიდან ჰაერი დაღმა ეშვება, იკუმშება და თბება. ამის შემდეგად ქარზურგა ფერდობის ძირთან ჰაერი უფრო თბილი და მშრალია, ვიდრე ქარპირა ფერდობის ძირთან. ეს ქარი სწორედ ფიონს წარმოადგენს.

ფიონი ხშირია სამხრეთ კავკასიაში, ქუთაისში წელიწადში 114 დღე არის ფიონი.

ბორა წარმოადგენს ცივ და შტორმულ ქარს, რომელიც მთის გასწვრივ ქრის ზღვის მხარეს, და დამახასიათებელია წლის ცივი პერიოდისათვის. ბორა წარმოიქმნება იმ შემთხვევაში როდესაც ცივი კონტინენტის თავზე ანტიციკლონი ყალიბდება, ხოლო თბილი წყლის თავზე დაბალი წნევის არე.

ჩამდინარე ქარები ვითარდება, იქ სადაც ცივი ჰაერი საკუთარი სიმძიმის გამო ქვევით ეშვება. ამ ტიპის ქარი დამახასიათებელია ანტარქტიდისთვის. ძირითადად ვითარდება მოწმენდილი ამინდის დროს და აქვს წყვეტილი ხასიათი.

საქართველოში ქარების გაბატონებული მიმართულება ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზეა დამოკიდებული. წლის განმავლობაში დაბლობ რაიონებში გაბატონებულია ქარის დასავლეთ და სამხრეთ აღმოსავლეთ მდგენელები. სანაპიროზე ყველაზე ხშირია აღმოსავლეთის, ჩრდილო აღმოსავლეთის, დასავლეთ და სამხრეთ დასავლეთის მიმართულების ქარები.

მთებში საკმაოდ რთული სურათი გვაქვს, ხეობებში ჭარბობს ხეობების მიმართულების ქარები, კერძოდ ჩრდილოეთის და სამხრეთის მიმართულებები. განედური მიმართულების ხეობებში კი აღმოსავლეთის და დასავლეთის მიმართულების ქარები.

მაღალმთიან ზონაში კი ქარის რეჟიმი დამოკიდებულია მხოლოდ თავისუფალი ატმოსფეროს ცირკულაციის პირობებზე. დღე-ღამურ და სეზონურ ცვალებადობას კი ქარის მუსონური და მთა-ბარის ცირკულაციის ხასიათი განაპირობებს.

საქართველოში ქარის სიჩქარის მაქსიმუმი ზამთარში, ან გაზაფხულზე, ხოლო მინიმუმი ზაფხულშია დამახასიათებელი.

მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვებების მონაცემების მიხედვით ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე იცვლება 0,6 მ/წმ-დან (აბასთუმანი)-9,2 მ/წმ-მდე (მთა საბუეთი). ყველაზე ძლიერი ქარები დამახასიათებელია ლიხის ქედისთვის.

1.5. ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენები

ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენები ძირითადად დაკავშირებულია ამინდის ფიზიკურ მდგომარეობასთან. მათი წარმოშობის პროცესებიდან გამომდინარე, ოპტიკური მოვლენები იყოფა სამ ჯგუფად:

1. სხივების გაბნევით და შთანთქმით გამოწვეული მოვლენები, რომლებშიც შედის: ცის თაღის ფორმა, ფერი, აისი, დაისი.

ცის თაღის ფორმა წარმოადგენს ბრტყელი ფორმის ნახევარსფეროს, რომელიც შესაძლოა ავხსნათ მზის და მთვარის დისკოების სხვადასხვაობით. ცის თაღის მოჩვენებითი ფორმის ძირითადი მიზეზი, კი ჩვენი მხედველობის აღქმის უნარიანობაზე არის დამოკიდებული.

ცის თაღს გააჩნია სხვადასხვა **ფერი**. შესაძლოა იყოს: მტრედისფერი, ცისფერი, ლურჯი და სხვა. რაც დამოკიდებულია მზის სხივების გაბნებაზე. რელეის კანონის თანახმად გაბნევის ინტენსივობა, წითელი ფერიდან იისფერისკენ მატულობს, რაც განაპირობებს ცის თაღის მოლურჯო შეფერილობას.

აისი და **დაისი** წარმოადგენს გარდამავალ პერიოდს, ღამიდან დღისაკენ და დღიდან ღამისაკენ.

2. ატმოსფეროში სხივების გარდატეხით გამოწვეულ ოპტიკურ მოვლენებს მიეკუთვნება **დიფრაქცია**, რაც წარმოიწმნება მაშინ, როდესაც სინათლის სხივები ატმოსფეროს მაღალ, ნაკლებ მკვრივი ფენიდან, გადადის ქვედა უფრო მკვრივ ფენაში, სადაც სხივი გარდატყდება და გადაიხრება საწყისი მიმართულებიდან, რის გამოც ციური მნათობების მდგომარეობა, მათი ნამდვილი მდგომარეობიდან შედარებით, მაღლა გვეჩვენება. ამ

ეფექტით შესაძლოა მივიღოთ დედამიწაზე განლაგებული საგნების ანომალური რეფრაქციები ქვედა, ზედა და გვერდითი მირაჟის სახით.

3. ღრუბელთა ელემენტებიდან სხივების გარდატეხით და არეკვლით გამოწვეულ მოვლენებს მიეკუთვნება: ცისარტყელა, ჰალო და შარავანდედი.

ცისარტყელა წარმოიშობა წყლის წვეთებში მზის სხივების გარდატეხის და არეკვლის შედეგად და წარმოადგენს მრავალფენიან სპექტრს, რომელიც საწვიმარი ღრუბლების ფონზე მოჩანს.

ჰალო წარმოიშობა მაღალ ფენებში არსებული (ატივანარებული) ყინულის კრისტალებზე გარდატეხილი და არეკვლილი სხივების შედეგად. ის წარმოადგენს მოთეთრო რგოლს, რომლითაც გარშემორტყმულია მზე, ან მთვარე. ჰალოს მოვლენები დაკავშირებულია ფრთა ღრუბლებთან, ამიტომ აღნიშნული მოვლენა მოგვასწავლებს ამინდის ცვლილებას, კერძოდ გაუარესებას.

შარავანდედი სხვადასხვა ფერის რგოლებს წარმოადგენს, რომელიც მზის და მათვარის ირგვლივ მოჩანს. მათი წარმოშობი ღრუბლები (Cs, Cc, Ac, Sc) შედგება როგორც წყლის წვეთის, ისე ყინულის კრისტალებისგან.

1.6. ატმოსფეროს ელექტრული მოვლენები

ატმოსფერო ელექტროგამტარია, რაც ხორციელდება ატმოსფეროში არსებული დადებითად და უარყოფითად დამუხტული იონების მეშვეობით.

ძირითად იონიზატორებს წარმოადგენს ალფა, ბეტა და გამა გამოსხივებები, კოსმოსური სხივები, მზის კორპუსკულური და ულტრაიისფერი გამოსხივება. მეორეხარისხოვანია წვის პროცესი, წყლის წვეთებისა და მყარი ნაწილაკების მექანიკური დანაწევრება.

ატმოსფეროში იონების წარმოშობა ხდება მასში არსებული გაზების იონიზაციის შედეგად. ატმოსფეროში ჭარბობს დადებითი, ხოლო დედამიწაზე უარყოფითი მუხტები.

ატმოსფეროში მუხტების მეშვეობით იქმნება ელექტრული ველი, რომლებზეც მოქმედებენ ელექტრული ძალები. ელექტრული ველის დამაბულობა მკვეთრად იცვლება ჭექა-ქუხილის, კოკისპირული წვიმის და ქარბუქის დროს.

წვეთები, ყინულის კრისტალები და სხვა სახის ნალექები არიან დადებითი და უარყოფითი ელექტრული მუხტების მატარებელი. ნალექებში დადებითი მუხტების რაოდენობა საერთო ჯამში მეტია უარყოფითი მუხტების რაოდენობაზე. მსხვილ წვეთებს ახასიათებს დადებითი მუხტი, მწვრილს კი უარყოფითი. ძლიერი დამუხტულობით

ხასიათდება ჭექა-ქუხილის ღრუბლები, რომლებიც არიან გროვა წვიმის (Cb) ღრუბლები. ჭექა-ქუხილის დროს ხდება ატმოსფეროში ელექტრო განმუხტვა, როგორც ღრუბლებს, ისე დედამიწასა და ღრუბლებს შორის.

თავსხმა ნალექების წვეთის საშუალო დამუხტულობა $3-4 \times 10^{-3}$ ელექტოსტატიკულ ერთეულს შეადგენს.

განასხვავებენ შიდამასიურ და ფრონტალურ **ჭექა-ქუხილს**. აღმოსავლეთ საქართველოში უმეტესად შიდამასიური ელჭექი ვითარდება, რაც ინტენსიური კონვექციური პროცესების შედეგია. დასავლეთ საქართველოში ფრონტალური, რასაც ბრიზები განაპირობებენ. შიდამასიური ჭექა-ქუხილი მცირე არეალში ხდება და ხანგრძლივობა მცირეა, ფრონტალური კი მოიცავს დიდ ტერიტორიას.

ჭექა-ქუხილის უდიდესი რაოდენობა სამხრეთ საქართველოში, მთიანეთში აღინიშნება და წლის განმავლობაში 50-დღეს არემატება. დასავლეთ კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში და კახეთის კავკასიონის ჩრდილო აღმოსავლეთ ნაწილში 40-50 დღის ფარგლებში მერყეობს. საქართველოს ბარში 40-50 დღე. კოლხეთის დაბლობზე კი 20-30 დღე აღინიშნება ჭექა-ქუხილით.

ელექტრული მუხტების განაწილება ხდება ორ პროცესად. ერთი მათგანი მოქმედებს 10^0 -იანი იზოთერმის ზემოთ, სდაც ხდება ყინულის კრისტალების ძლიერი დამუხტვა, უწვრილესი ნაწილაკები იმუხტებიან დადებითად და ტურბულენტური მოძრაობით გადაიტანებიან ღრუბლების ზედა ნაწილში. მსხვილი ნაწილაკები იმუხტებიან უარყოფითად და ეშვებიან ღრუბლების შუა ნაწილში. მეორე პროცესი ღრუბლების ქვედა ნაწილში 0^0 -იანი იზოთერმის ქვემოთ ხდება. სადაც წყლის წვეთის უწვრილესი ნაწილაკები უარყოფითად იმუხტება და მალა აიტაცება, ხოლო მსხვილი, დადებითად დამუხტული ნაწილაკები, ღრუბლების ქვედა ნაწილში რჩება. ამგვარად წარმოიქმნება ძლიერი ელექტროგროვები. საწინააღმდეგო ნიშნის ელექტრონები მიიზიდავენ ერთმანეთს და წარმოიქმნება სწრაფი განმუხტვა, რაც წარმოშობს ელექტრულ ნაპერწკალს, ანუ **ელვას**.

ელვის სიგრძე საშუალოდ 2-3 კმ-ია, მაგრამ შესაძლოა განმუხტვის არის სიგრძემ 40 კმ მიაღწიოს. ელვა წარმოადგენს ცალკეული იმპულსებისგან შემდგარ განმუხტვას, რომელსაც ადამიანი აღიქვამს ერთ, მთლიან ნათებად.

არჩევენ ხაზოვან, ბრტყელ, მძივისებრ, ბურთისებრ ელვას და წმინდა ელმის ნათებას.

ხაზოვანი ელვის დროს ელექტრული ველის დამაბულობა აღწევს კრიზისულ მნიშვნელობას. ჰაერის თავისუფალი ელექტრონები მიისწრაფვიან დედამიწისკენ, რის

შედეგადაც წარმოიქმნება ელვის ლიდერი, რომელიც წარმოადგენს მაღალი გამტარობის მქონე არხს. ლიდერი დიდი სიჩქარით ვრცელდება დედამიწზე (5-10მ/წმ), რასაც ახლავს სხვა განმუხტვებიც. განმუხტვების რიცხვმა შესაძლოა 50-ს მიაღწოს.

ბრტყელი ელვა მოჩანს ღრუბლებში ნათელი სიბრტყის სახით. წარმოიქმნება ღრუბლებს შიგნით ცალკეულ ნაწილაკებს შორის.

მძივისებრი ელვა წარმოადგენს მძივის მსგავსად, პატარა ბურთულებისგან შემდგარ ელვას, რომელიც იშვიათად შეინიშნება.

ბურთისებრი ელვა წარმოადგენს აზოტისა და ჟანგბადის არამდგრად შენაერთს. აქვს მოლურჯო შეფერილობა. ზომა კი 10-30 სმ-ია. მოძრაობს ჰაერის დინებასთან ერთად და დედამიწასთან შეხებისას სწრაფად ფეთქდება.

წმინდა ელმას ნათება წარმოადგენს ალის ენების სახით, მტრედისფერ კონებად შეკრულ, ელექტრო განუხტვის შედეგად გაჩენილ ცეცხლოვან ნათებას. ნათება ჩნდება ადამიანის აწეული ხელების, თითების ბოლოებზე, ადამიანის თმა ყალყზე დგება და შეუძლია ნათება. იგივე ნათება შესამჩნევია მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების მახლობლად. ასევე მაღალ მთებში თოვლისა და ქვიშიანი ქარბუქის დროს.

პოლარულ ნათებას ადგილი აქვს პოლარული რაიონებში, ატმოსფეროს მაღალ ფენებში. არსებობს მისი მოძრავი და უძრავი ფორმები. მის შეფერადებაში კი მონაწილეობს სპექტრის ყველა ფერი. მისი სიმაღლე 80-100კმ-დან ზოგჯერ 1000-1200 კმ-მდე ვრცელდება. პოლარული ნათების პროცესი ბოლომდე არ არის შესწავლილი.

1.7. ღრუბლები

ღრუბლები წარმოადგენს თავისუფალ ატმოსფეროში შეტივნარებულ წყლის წვეთს, ან ყინულის კრისტალების ერთობლიობას. მიკროფიზიკური თვალსაზრისით ნისლსა და ღრუბლებს შორის პრინციპული განსხვავება არ არის, მაგრამ შესამჩნევია მათი წარმოქმნის პირობებს შორის და ვერტიკალური სიმძლავრეების განსხვავება.

ჰაერის ასვლა და ადვექცია თავისუფალ ატმოსფეროში იწვევს ტემპერატურის შემცირებას და ღრუბლების წარმოქმნას, რასაც შეუძლია გამოიწვიოს, ასევე გამოსხივება და ტურბულენტური გადაადგილება.

ღრუბლები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე. გარეგანი ფორმის, წარმოშობის და ფიზიკური აგებულების მიხედვით არჩევენ მიკროფიზიკურ, მორფოლოგიურ და გენეტიკურ ღრუბლებს.

ვინაიდან ღრუბლების ველი წარმოადგენს რთულ და დისკრეტულ არეს, მათი დაკვირვება ხდება ღრუბელთა სისტემური ზონების, უჯრედების, ხვეულების, გრიგალების სახით. მათი ჰორიზონტალური გავრცელება $10-10^4$ კმ, ვერტიკალური 2-6 კმ, ან მთელ ტროპოსფეროში ხდება.

ღრუბელის წარმოშობის მომენტში წვეთის ნაწილაკის დიამეტრი 0,005-0,05 მმ-ს უტოლდება, ხოლო დასრულებისას კი 0,5-5 მმ. ღრუბლების მყარი ნაწილაკების ზომა კი ძირითადად ექვსწახნაგოვანია.

1.8. ღრუბლების მიკროფიზიკური კლასიფიკაცია.

ღრუბლების და ნისლის წარმოშობის პირველად ნაწილაკს წარმოადგენს ჩანასახოვანი წყლის წვეთი, ან ყინულის კრისტალი, რომლებიც წარმოიქმნებიან მაშინ, როდესაც მათი ტემპერატურა ეცემა ნამის წერტილამდე, დადებითი და უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში. როდესაც ტემპერატურა მცირდება, წყლის ორთქლის გაჯერება უფრო ადრე ხდება ყინულის ზედაპირზე, ვიდრე თხევად ზედაპირზე. რაც იმას ნიშნავს, რომ ყინულის კრისტალის წარმოშობა შესაძლოა ადრე დაიწყოს, ვიდრე გადაცივებული წყლის წვეთის. აქედან გამომდინარე ღრუბლებს მიკროფიზიკურ კლასიფიკაციაში ყოფენ წვეთოვან, კრისტალურ და შერეული ტიპის ღრუბლებს.

წვეთოვანი ღრუბლების წარმოშობა ხდება კონდენსაციის დონესა და ნულოვან იზოთერმას შორის, მათი წვეთების დიამეტრი 5-50 მკმ-ს შეადგენს. წვეთის დამსხვილებისას 200-250 მკმ-მდე წარმოიქმნება ჟინჯულა ნალექი, თქორი, რომელიც დედამიწაზე ნელა ეცემა. ზოგიერთი წვეთის დიამეტრი იზრდება 1-5 მმ-მდე. ღრუბლებში წვეთის წყლიანობა იცვლება 0,13-0,33 გ/მ³ შორის (St, Sc, Ns, As), გრობა ღრუბლებში შესაძლოა 5-15 გ/მ³-ს გადააჭარბოს. ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად მცირდება წყლიანობაც.

კრისტალური ღრუბლები ძირითადად ექვსწახნაგოვან, ასევე შესაძლოა წაწვეტებული ყინულის კრისტალებისგან შედგებოდეს, რომლებიც წარმოიშობიან $-15-30^{\circ}\text{C}$ პირობებში. ყინულის სვეტების სიგრძე მერყეობს (Ci, Cs) 0,1-0,3÷2-3 მმ-მდე. ექვსწახნაგოვანი ფირფიტები წარმოიქმნებიან $-4 \div -18^{\circ}\text{C}$ პირობებში. როდესაც ჰაერი გაჯერებულია ყინუ-

ლის მიმართ, სუბლიმაცია მიმდინარეობს ინტენსიურად და კრისტალი ყოველი მხრიდან იწყებს უწყსრიგო ზრდას, რომლის შედეგად წარმოიქმნება თოვლის ხორხოშელა.

შერეული ტიპის ღრუბლებში ინტენსიურია ნალექწარმოქმნის პროცესი, ამ ტიპში შედის გროვა-საწვიმარი, ფენა-საწვიმარი და მაღალფენა ღრუბლები, რომლებიც შედგებიან წვეთოვანი და კრისტალური აგრეგატებისგან.

1.9. ღრუბელთა კლასიფიკაცია წარმოშობის მიხედვით.

ღრუბლები წარმოშობის პროცესის ხასიათით იყოფა კონვექციურ, ტალღურ და ფენა წარმოშობის ღრუბლებად, რომელთა დაყოფაც დამყარებულია მათ გენეტიკურ თავისებურებებზე.

ღრუბლები შეიძლება წარმოიშვას ჰაერის მასის შიგნით მიმდინარე პროცესებიდან, რომლებიც იქნებიან **შიდამასიური** ხასიათის, ასევე შესაძლოა უკავშირდებოდნენ ატმოსფერულ **ფრონტებს**.

გროვა ღრუბლების წარმოშობა დაკავშირებულია არამდგრად, შიდამასიურ ჰაერში არსებულ **კონვექციური** პროცესებსა და ტურბულენტურ გაცვალსთან. კონვექციური ღრუბლები ვერტიკალურად ძლიერ არიან განვითარებულნი და გააჩნიათ შედარებით მცირე ჰორიზონტალური განფენილობა.

როდესაც გარკვეულ სიმაღლეზე ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი მცირდება, ქვედა ფენები ინარჩუნებენ ტენდმდგრად მდგომარეობას და კონდენსაციის ზემოთ წარმოიქმნება კარგი ამინდის გროვა ღრუბლები. კონვექციური პროცესის შემდგომი გაძლიერებისას ფორმირდება მძლავრი გროვა ღრუბლები.

ჩასახვის პერიოდში გროვა ღრუბლების ვერტიკალური გადაადგილების სიჩქარე 6-7 მ/წმ უტოლდება, ბოლო სტადიასა და გაზნვის პერიოდში კი 20-25 მ/წმ.

კონვექციური ღრუბლები დამახასიათებელია წლის თბილი პერიოდისთვის, იმ შემთხვევაში, თუ ცივი ჰაერის ადვექცია ხდება თბილ ჰაერზე. გროვა ღრუბლების გაჩენა ასევე შესაძლებელია ცივი ფრონტის შემთხვევაშიც, ამ დროს თბილი ჰაერი იძულებით ასრიალდება მაღლა, ამ შემთხვევაში გროვა წვიმის ღრუბლებიდან მოდის თოვლი.

ტალღური ღრუბლები წარმოიშობიან ძირითადად იმ ტალღური მოძრაობის მოქმედებით, რომლებიც აღიძვრებიან მთებისა და გორაკების გადალახვის შემთხვევაში. მათ გააჩნიათ ჰორიზონტალური განფენილობის დიდი არე (ათეული და ასეული კმ), ვერტიკალური სიმძლავრე კი შედარებით მცირეა (ათეული მეტრი, იშვიათად 2-3 კმ). ტალღოვან

ღრუბლებს მიეკუთვნება ფრთა ფენა (Cs), მაღალი გროვა (Ac) და ფენა გროვა (Sc) ღრუბლები.

თუ ორი ჰაერის მასა, ტემპერატურული ინვერსიის ქვემოთ ერთმანეთის მიმართ მოძრაობს გარკვეული კუთხით, ტალღურიგანფენილობის სწორხაზოვნება ირღვევა და ვითარდება ფირფიტისებური, გუნდის ფორმის ღრუბლები, რომლებიც განლაგებულნი არიან მწკრივად, ან ჭადრაკისებურად.

ტალღოვან ღრუბლები აგრეთვე შესაძლოა გაჩნდნენ უჯრედოვანი კონვექციის პირობებში, მას აგრეთვე უწოდებენ ბენარის უჯრედებს. ასეთ დროს ადგილი აქვს ატმოსფეროში სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურის მკვეთრ დაცემას, რომლის დროსაც ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი აჭარბებს $0,82^{\circ}/100\text{მ}$. ასეთ დროს ატმოსფეროს შესაბამისი ფენა იყოფა ცალკეულ უჯრედებად, რომელთაც უმეტესად სწორი, ექვსწახნაგოვანი ფორმა გააჩნიათ.

მთის მწვერვალზე, სადაც ინვერსიის დონე მაღლა მდებარეობს, ტალღის თხემში ფორმირდება ღრუბლები, რომლის ორივე ბოლო მოგრძო და გაწელილია, ღერძის გასწვრივ არის მკვრივი, ნაპირები კი აქვს გათხელებული. ხშირად შეიმჩნევა საგურამოს ქედის მთელ სიგრძეზე.

ფენა ღრუბლების ჯგუფს მიეკუთვნება: ფრთა ფენა (Cs), მაღალი ფენა (As), ფრთა-გროვა(Sc), ფენა (St), ფენა წვიმის (Ns) ღრუბლები და სხვა.

ფენა ღრუბლები წარმოიშობა როდესაც, ფრონტალურ ზედაპირზე და მთის ფერდობზე ჰაერი მცირედ სრიალებს მაღლა, სადაც ხდება ტურბულენტური შერევა, შედარებით თბილი ჰაერი კი ზედაპირზე გადაადგილდება, ხოლო მიწისპირა ფენები რადიაციულად გადაცივდება, რომლის დროსაც მიწისპირა ფენებში წარმოიშობა ნისლი. სიმაღლის მიხედვით, როდესაც ერთდროულად ხდება ტემპერატურის დაცემა და ტენიანობის მომატება, ჩნდება ფენა გროვა და ფენა ღრუბლები.

ფენა ღრუბლების სახესხვაობას წარმოადგენს ფრონტალურ ზედაპირზე წარმოქმნილი ღრუბლები.

თბილ ფრონტზე ღრუბლების წარმოშობა ხდება, როგორც ფრონტის ხაზის წინ, ისე ზურგის მხარეს. ფრონტის წინ თბილი ჰაერის მასების მოწესრიგებული აღმავალი მოძრაობისა და ადიაბატური გაცივების შედეგად, სადაც ხდება ჭარბი წყლის ორთქლის კონდენსაცია, წარმოიშობა ღრუბელთა სისტემა. ფრონტის მოახლოებას გვამცნობს ფრთა ღრუბლები (Ci), შემდგომ ფრთა-ფენა (Cs), რომელიც მაღალი ფენა (Ac) ღრუბლების წინამორბედიან. აქ ჩნდება ცუდი ამინდის წარმომშობი ნაფლეთი წვიმის ღრუბლები,

რომლებიც თან ახლავს მაღალფენა და ფენა წვიმის ღრუბლებს (Ns). თბილი ფრონტის ღრუბლებიდან წლის სხვადასხვა დროს მოდის გაბმული ნალექი, წვიმა, თოვლი.

ცივი ფრონტის ღრუბლების მოძრაობის სიჩქარე აღემატება თბილი ფრონტის ღრუბლების სიჩქარეს. ფრონტის ქვედა ნაწილში თბილი ჰაერი მაღლა ასრიალდება და ფორმირდება გროვა წვიმის (Cb) ღრუბლები.

1.10. ღრუბლების კლასიფიკაცია სიმაღლისა და ფორმის მიხედვით.

სიმაღლის მიხედვით არჩევენ ზედა, შუა და ქვედა იარუსის ღრუბლებს, ასევე ვერტიკალური განვითარების ღრუბლებს. იარუსებში განლაგებულია 10 ძირითადი ფორმის ღრუბელი (ცხრ.6).

ცხრ.6. ღრუბლების კლასიფიკაცია სიმაღლის და ფორმის მიხედვით.

I ზედა იარუსი: 1.ფრთისებრი (Ci) 2.ფრთისებრი გროვა (Cc) 3.ფრთისებრი ფენა(Cs)	პოლარულ განედებში 3-8კმ; ზომიერი განედებში 6-12კმ; ტროპიკული განედებში 6-18კმ.
II შუა იარუსი: 4.მაღალგროვა (Ac) 5.მაღალფენა (As)	პოლარულ განედებში 2-4კმ; ზომიერ განედებში 2-6კმ; ტროპიკულ განედებში 2-8კმ.
IV ქვედა იარუსი: 6.ფენა გროვა (Sc) 7.ფენა (St) 8.ფენა წვიმის (Ns)	დეამიწის ზედაპირიდან 2კმ-მდე.
III ვერტიკალური განვითარების: 9.გროვა (Cu) 10. გროვა წვიმის (Cb)	500-1000მ-დან შუა იარუსამდე, ზოგჯერ ტროპოპაუზამდე.

1. **ფრთისებრი ღრუბლები** წარმოადგენს თეთრი ფერის, ხშირად გამჭვირვალე ღრუბელს. შესაძლებელია მოჩანდეს მტრედისფრად. შედგება ფრთისებრი წვრილი, მაფოვანი ზოლების, ან მოკაუჭებული ზოლებისგან. იმყოფებიან დიდ სიმაღლეზე და შედგებიან ყინულის კრისტალებისგან. მათი სისქე იცვლება 1-3 კმ-მდე. ხშირად წარმოქმნის ნალექს, მაგრამ მაღალ სიმაღლეზე სწრაფად ორთქლდება.

2. **ფრთისებრი გროვა** ღრუბლები არიან თეთრი და თხელი, რომლებიც მოგვაგონებენ ბურთულებს. შედგებიან ყინულის კრისტალებისგან. ისინი გადადიან ფრთა და ფრთა

ფენა ღრუბლებში. ცალკე იშვიათად გვხვდებიან. სისქე 200-400 მ, ფრთა გროვა ღრუბ-
ლებში ნალექები არ გამოიყოფა.

3. **ფრთისებრი ფენა** ღრუბლები წარმოადგენს თეთრ, თხელ, გამჭვირვალე ფენას, რომელიც გარკვეულწილად ფარავს ცის თაღს. მათი სისქე იცვლება 100 მ-დან რამდენიმე კმ-მდე. ხშირად მოასწავლებს წვიმას, სუსტი თოვლის, ან ყინულოვანი ნემსების მოსვლას.

4. **მაღალგროვა ღრუბლები** განლაგებულნი არიან ურთიერთ პარალელურ მწკრივ-ვებად. არიან მოთეთრო, ან რუხი ფერის. ძირითადად შედგებიან წყლის ერთნაირი წვეთებისგან. ღრუბლების სისქე 200-700 მ-ია, ნალექები შეიძლება მოვიდეს თოვლის, ან წვიმის წვრილი წვეთების სახით.

5. **მაღალფენა ღრუბლები** წარმოადგენს მონაცრისფრო, ან მოლურჯო მკვრივ საფარს. მისი სისქე 1-2 კმ, ნალექი ზამთრში უმეტესად თოვლის სახით მოდის.

6. **ფენა გროვა** ღრუბლები ვითარდება კონვექციის და ტურბულენტური მოძრაობის დროს, რომლებიც წარმოადგენენ ღრუბლების ზვინების მწკრივს. შეიცავენ წვრილ და ერთგვაროვან წვეთებს. ნალექი შესაძლოა ჟინჯლის სახით მოვიდეს, მისი ხანგრძლივობა კი მცირეა. ღრუბლების სისქე 0,2-0,8 კმ-ია.

7. **ფენა ღრუბლები** ძლიერ განსხვავდებიან ნისლიგან. წარმოადგენენ მონაცრისფრო ერთგვაროვან ფენას. სისქე 0,2-0,8 კმ. ნალექი შესაძლოა გამოიყოს ჟინჯლის, ყინულის ნემსების, ან მცირე თოვლის სახით.

8. **ფენა წვიმის** ღრუბლებიდან მოდის გაბმული ნალექები თოვლის ან წვიმის სახით. ღრუბლების სისქე 2-3 კმ, შესაძლოა 5კმ-საც გადააჭარბოს. აქვთ მუქი მონაცრისფრო შეფერილობა. ჩვეულებრივ მთლიანად ფარავენ ცის თაღს.

9. **გროვა ღრუბლებს** ასევე უწოდებენ კარგი ამინდის ღრუბლებს. წარმოადგენს მკვეთრად გამობატულ, მომრგვალებულ, მკვრივ ღრუბელს. შედგება მხოლოდ წყლის წვეთებისგან და ნალექს არ იძლევა.

10. **გროვა წვიმის ღრუბლები** არიან მოთეთრო ფერის, რომლებიც თანდათანობით გადადიან მუქ ტყვიისფერ შეფერილობაში. არიან ბოჭკოვანი აგებულების. წარმოადგენენ ღრუბელთა ზვინულებს. მათი სისქე არის 3-4 კმ, შესაძლოა ტროპოპაუზამდეც გავრცელდეს. ქარის მოქმედებით წარმოშობს გრდემლის ფორმის ღრუბლებს, რომლებიც შედგებიან ყინულის კრისტალებისგან. როგორც სახელწოდებიდან ჩანს ამ ღრუბლებიდან მოდის კოკისპირული და ძლიერი წვიმა, რომელსაც ხშირად თან ახლავს ჭექა-ქუხილი და სეტყვა.

1.11. ღრუბლიანობის განაწილება საქართველოში.

მოდრუბლულობის განსაზღვრა ხდება ათბალიანი სკალით. 10 ბალით აღნიშნავენ, როდესაც ცის თალი სრულიად დაფარულია ღრუბლებით, მოწმენდილს კი 0-ით.

განსაზღვრავენ როგორც საერთო, ისე ქვედა ღრუბლიანობას. საერთო ღრუბლიანობა მოიცავს ყველა ღრუბელს, რომელიც დაკვირვებისას შეინიშნება. ქვედა მოდრუბლულობაში კი შედის ქვედა და ვერტიკალური განვითარების ღრუბლები. მათი დღე-ღამური და წლიური მსვლელობა კი დამოკიდებულია წელიწადის დროზე, ქვეფენილ ზედაპირზე, გეოგრაფიულ პირობებზე და სხვა.

საქართველოს ტერიტორიაზე საერთო საშუალო ღრუბლიანობა დაახლოებით 6 ბალს, ქვედა ღრუბლიანობა 4-4,5 ბალია. ღრუბლიანობის უდიდესი საშუალო წლიური მნიშვნელობა კოლხეთის ბარის სამხრეთით, კავკასიონის ცალკეულ რაიონებში და ლიხის ქედის საუღელტეხილო მონაკვეთში აღინიშნება 6,5-7 ბალი. ღრუბლიანობის უმცირესი მნიშვნელობა კი ახლაქალაქის პლატოს და კავკასიონის მაღალმთიანი რაიონებისთვის (5-5,5 ბალი) არის დამახასიათებელი. ქვედა იარუსის ღრუბლიანობა დასავლეთ საქართველოში 4,5-5 ბალი, აღმოსავლეთ საქართველოში კი 3,5-4 ბალია.

1.12. კონდენსაციის გულები

ატმოსფეროში კონდენსაციისა და სუბლიმაციისთვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ჰაერში კონდენსაციის გულების არსებობა, რომლებიც წარმოადგენენ მყარ და თხევად მიკროსკოპულ ნაწილაკებს, რომელთა გარშემოც ხდება წყლის ორთქლის კონდენსაცია.

კონდენსაცია იწყება მაშინ, როდესაც ატმოსფეროში ტემპერატურის გაცემის შედეგად ჰაერი მიაღწევს ნაჯერ მდგომარეობას (4-დან 8-ჯერამდე გაჯერებისას) ამ ცვალებადობათა დროს წარმოიქმნება მოლეკულების კომპლექსი, რომელიც გარკვეულ პირობებში იძენენ მდგრადობას და ხდებიან წყლის წვეთის ჩანასახები.

ჰაერის ცალკეული ნაწილაკის მოძრაობისას ჰაერის ხვედრითი ტენიანობა რჩება მუდმივი, დანარჩენი მახასიათებლები (აბსოლუტური და ფარდობითი ტენიანობა, სიმკვრივე, ნამის წერტილი) იცვლება ნაწილაკის მოძრაობისას. ამის გამო წყლის ორთქლის ტურბულენტური ნაკადი, ხვედრითი ტენიანობის გრადიენტის პროპორციულია.

$$Q = -Kn\rho \frac{\delta s}{\delta z}$$

Kn - წყლის ორთქლის ტურბულენტური კოეფიციენტი მ²/წმ.

δz - სიმაღლის ჰაერის ელემენტარული მოცულობა.

ამგვარად წყლის ორთქლი გადატანა ადვექციის (ჰორიზონტალური გადატანა), კონვექციის (ვერტიკალური გადატანა) და ჰორიზონტალურ-ვერტიკალური მიმართულეებით ხდება.

წყლის ორთქლის კონდენსაცია, ან სუბლიმაცია შეიძლება მოხდეს იმ შემთხვევაში, თუ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის დრეკადობა (e) გაუტოლდება, ან მეტი გახდება წყლის ორთქლის მაქსიმალურ დრეკადობაზე ($e \geq E$). აღნიშნული მდგომარეობა წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც ჰაერის ტემპერატურა ნამის წერტილამდე, ან მეტად ეცემა ($t \leq r$).

ასხვავებენ გაუხსნელ (მაგრამ დამასველებელ) და გახსნილ კონენსაციის გულებს.

გახსნილი, იგივე ჰიგროსკოპული გულები შემოდინან ატმოსფეროში მარილებისა და წვიმის შედეგად. მარილის ნაწილაკები ატმოსფეროში ხვდება ზღვის ღელვის დროს, ძლიერი ქარებისას (>10მ/წმ). ოკეანეების ზედაპირიდან ატმოსფეროში გადაიტენება $2,7 \times 10^{10}$ ტ ზღვის მარილი (NaCl-78%, MgCl-11%).

კონდენსაციის გულები წარმოიქმნება აგრეთვე გამოფიტვით, ვულკანური ამოფრქვევებით, ტყის ხანძრებით და ა.შ.

სველებადი ნაწილაკებისგან შემდგარი კონდენსაციის გულები წარმოადგენს ჰაერში ატივწარებულ ნიადაგისა და მისი ქანების, აგრეთვე ორგანული ნივთიერებების ნაწილაკებს.

კონდენსაციის გულების რადიუსი მერყეობს 10^{-7} -დან 10^{-3} სმ-მდე. ისინი იყოფიან სამ კატეგორიად:

1. აიტკენის გულები $r < 10^{-5}$ სმ (0,1მკმ), ასეთი ზომის გულები კონდენსაციისთვის ნაკლებად აქტიურია;
2. მეტეოროლოგიური, ანუ ღრუბლების გულები $r = 10^{-5} - 10^{-4}$ სმ (0,1-1 მკმ);
3. გიგანტური გულები $r > 10^{-4}$ სმ (1-3,5მკმ) მათი რაოდენობა ატმოსფეროში მცირერიცხოვანია, მაგრამ ასრულებენ დიდ როლს ღრუბლების მსხვილი წვეთების წარმოქმნაში.

კონდენსაციის გულების რაოდენობა სიმაღლის მიხედვით მცირდება.

1.13. ნალებები. ნალებების გენეტიკური კლასიფიკაცია.

ატმოსფეროდან გამოიყოფა წყლის წვეთები და ყინული კრისტალები, რომელიც დედამიწის ზედაპირზე გვევლინება ნალებების სახით. ნალებების კლასიფიკაცია ხდება მისი გენეტიკის და მორფოლოგიის მიხედვით.

გენეტიკური თვალსაზრისით გამოყოფენ ნალებების სამ ტიპს:

1. **გაბმული ნალები**, ძირითადად დაკავშირებულია ატმოსფეროს ფრონტებთან, გამოიყოფა მაღალფენა და ფენა წვიმის (Ns, As) ღრუბლებიდან. არის საშუალო ინტენსივობის და ხანგრძლივი, ასევე მოიცავს დიდ ტერიტორიას. ნალები შესაძლოა წვიმის ან თოვლის სახით მოვიდეს.

2. **თავსხმა ნალები**, ცივი ფრონტის გავლასთან არის დაკავშირებული. წარმოადგენს არამდგრადი ჰაერის მასების ნალებს. ნალები მოდის კონვექციური განვითარების გროვა წვიმის (Cb) ღრუბლებიდან. გამოიყოფა საკმაოდ მოკლე დროში დიდი რაოდენობის ნალები. დმახასიატებელია ძირითადათ ეკვატორულ და ტროპიკულ ზონაში. გვევლინება წვიმის, თოვლის, ხორხომელის ან სეტყვის სახით.

3. **ჟინჯლი ნალები**, დაკავშირებულია თბილ, ან მდგრად სტრატეფიცირებულ ჰაერის მასებთან. არის შიდამასიური ნალები, რომელიც გამოიყოფა ფენა, ან ფენა გროვა ღრუბლებიდან. ეს ღრუბლები გამოირჩევა მცირე ვერტიკალური სიმძლავრით, ეს გარემოება კი, წვეთის დამსხვილების საშუალებას არ იძლევა, რის გამოც ინტენსივობა მცირეა და მისი თვალით დანახვა კი, თითქმის შეუძლებელი.

დასავლეთ საქართველოსთვის ძირითადად დამახასიათებელია წვრილ წვეთოვანი, გაბმული და თავსხმა ნალებები. აღმოსავლეთ საქართველოსთვის თავსხმა ნალებები. თავსხმა ნალებების ხვედრითი წილი საერთო ჯამში 40-80%-ია.

ცხრ.7. ნალებების ტიპების განმეორებადობა საქართველოში.

წვიმის სახეები	ჟინჯლი	წვრილწვეთოვანი გაბმული	მსხვილწვეთოვანი გაბმული	თავსხმა
დასავლეთ საქართველო	11	34	24	31
აღმოსავლეთ საქართველო	7	28	24	41

საქართველოში ნალებების წლიური მსვლელობის ძირითადი ტიპები:

- I. ზღვიური ტიპი (მაქსიმუმი აღინიშნება შემოდგომაზე, მინიმუმი გაზაფხულზე);
- II. ხმელთაშუა ზღვის ტიპი (მაქსიმუმი აღინიშნება ზამთარში, მინიმუმი ზაფხულში);

III. კონტინენტური ტიპი (მაქსიმუმი აღინიშნება გაზაფხულზე, ან ზაფხულში, მინიმუმი ზამთარში). აქვს ორი ქვეტიპი:

ა) ნალექების მაქსიმუმი გაზაფხულზე;

ბ) ნალექების მაქსიმუმი ზაფხულში.

IV. გარდამავალი ტიპი (მაქსიმუმი ზამთარში, ან ზაფხულში, მინიმუმი გაზაფხულზე).

გამოიყოფა ორი ქვეტიპი:

ა) ნალექების მაქსიმუმი ზაფხულში;

ბ) ნალექების მაქსიმუმი ზამთარში.

V. შერეული ტიპი (მაქსიმუმი შემოდგომაზე, მინიმუმი ზაფხულში, ან ზამთარში).

1.14. ნალექების მორფოლოგიური კლასიფიკაცია

მორფოლოგიური თვალსაზრისით გამოყოფენ ნალექების შემდეგ სახეებს:

1. წვიმა წარმოიქმნება ძირითადად ფენა წვიმის (Ns), გროვა წვიმის (Cb), ზოგჯერ მაღალფენოვანი (As) ღრუბლებიდან. წარმოადგენს 0,25 მმ-ზე დიდი რადიუსისგან შემდგარ თხევადი წყლის ნაწილაკებს. არ გვხვდება 2,5-3,2 მმ-ზე დიდი რადიუსის წვეთები, რადგან ისინი ბრტყელდებიან და იშლებიან უფრო წვრილ ნაწილაკებად. მსხვილი წვიმის წვეთის ვარდნის სიჩქარე არის 8-10მ/წმ, ხოლო წვრილი წვეთის 4-4,5 მ/წმ. გაბმული ნალექის წვიმის წვეთის დიამეტრი უფრო მცირეა, ვიდრე თავსხმა ნალექისას.

2. თოვლი- წარმოადგენს გარკვეული რაოდენობის კრისტალების სიმეტრიულ შენაერთს. აქვს ვარსკვლავის ფორმა. გაბატონებულ ფორმას წარმოადგენს ექვსწახნაგოვან კრისტალზე განვითარებული ვარსკვლავი. შეიმჩნევა ფიფქების ფორმის მრავალფეროვნება. მათგან ყველაზე მარტივი ფორმებია: ნემსები, სვეტები, ფირფიტები. ფიფქების ზომები განსხვავებულია. ზოგიერთი ვარსკვლავის რადიუსი 4-5 მმ-ს აღწევს, ფიფქები ხშირად ერთმანეთს უერთდება და ბარდნის სახით გვევლინება, ამ დროს შეიმჩნევა ფანტელების რადიუსი 15-20 მმ.

როდესაც დედამიწის ზედაპირის მახლობლად ტემპერატურა $\geq 0^{\circ}\text{C}$ -ზე, ნალექი შესაძლოა წამოვიდეს თოვლის ან თოვლჭყაპის სახით, რომელიც წარმოადგენს მდნარი ფიფქების ნალექს.

3. ჟინჯული (თქორი)- წარმოადგენს ფენა (St) და ფენა გროვა (Sc) ღრუბლებიდან, აგრეთვე ნისლის გაფანტვისას წარმოქმნილ ერთგვაროვან ნალექს. მისი წვრილი წვეთების რადიუსი 0,25 მმ-ზე მცირეა. ნალექების ინტენსივობა 0,25 მმ/სთ-ს არ აღემატება, წვეთის ვარდნის სიჩქარე კი უძრავ ჰაერში 0,3 მ/წმ-ია. ადვილად გადააქვს ქარს ჰორიზონტალური მიმართულებით, რის გამოც ის ჰაერში ატივანარებული და მოსრიალე გვეჩვენება.

საინტერესოა ხორხოშელასა და სეტყვის წარმოშობა, რომელიც მოცემული გვაქვს შემდეგ თავში.

1.15. ხორხოშელა და სეტყვის წარმოშობა.

ხორხოშელა (დიამეტრი 2-7,5 მმ) წარმოიქმნება გროვა წვიმის ღრუბლებში. გადაცივებული წყლის წვეთის და დამარცვლილი ფიფქების გაყინვის შედეგად, როდესაც ჰაერი გაჯერებულია წყლის და გადაჯერებულია ყინულის მიმართ. ღრუბლების ზედა ფენებიდან კრისტალების ვარდნის პროცესში ხდება გადაცივებული წყლის წვეთების შეყინვა და დამსხვილება, რომელიც მიმდინარეობს არა მარტო სუბლიმაციის გზით, არამედ კრისტალზე შემომარცვლის გზითაც, რის შედეგადაც წარმოიქმნება თოვლიანი ხორხოშელა, რომელიც წარმოადგენს მოთეთრო-მქრქალი ფერის სფეროკრისტალებს. თოვლიანი ხორხოშელა თუ მოხვდა ღრუბლის ქვედა ნაწილში სადაც მოხდება მსხვილი გადაცივებული წყლის წვეთების შეყინვა, წარმოიშობა ყინულოვანი ხორხოშელა, რომელიც წარმოადგენს გარდამავალ ფორმას თოვლიან ხორხოშელასა და სეტყვას შორის. ორივე სახის ხორხოშელა შეიძლება მოვიდეს დამოუკიდებლად ცალ-ცალკე. ძირითადად მოდის გაზაფხულსა და შემოდგომაზე, როდესაც ტემპერატურა 0°-ის ფარგლებში იცვლება.

გროვა წვიმის ღრუბლებიდან მოსული ნალექების 2/3 მოდის თავსხმა წვიმაზე, ხოლო 1/3 სეტყვაზე. **სეტყვა** წარმოიქმნება ჭექა-ქუხილის გროვა საწვიმარ (Cb) ღრუბლებში კონვექციური პროცესების ინტენსიური განვითარების შედეგად. აქვს ფენოვანი აგებულება, რომლის ცენტრშიც განლაგებულია თეთრი მქრქალი ბირთვი, წააგავს თოვლის ხორხოშელას. გარშემორტყმულია ყინულის გამჭვირვალე გარსით, შემდეგ კი ერთმანეთს ენაცვლებიან გამჭვირვალე და გაუმჭვირვალე ფენები. სეტყვის რადიუსი 1-25 მმ÷ 8 სმ-ის ინტერვალში მერყეობს, დაფიქსირდა 19 სმ ზომის სეტყვაც. მცირე წყლიანი სეტყვის მარცვლების სიმკვრივე 0,5-0,7 გ/სმ³ გაცილებით ნაკლებია, უხვწყლიან ღრუბლებში წარმოქმნილ სეტყვასთან შედარებით 0,9 გ/სმ³. სეტყვის მარცვლების

შემცველი ღრუბლების გადაადგილების სიჩქარე 20-30 კმ/სთ-ია. სეტყვის ზოლი 10-15 კმ (შესაძლოა აღემატებოდეს 200 კმ-ს), სეტყვის ინტენსიობა 15-30 წთ იშვიათად აჭარბებს. კავკასიაში დასეტყვილი ტერიტორიის ფართობი 100 კმ² არ აღემატება.

ლ.ს. განდინის თეორიის მიხედვით, შესაძლოა წარმოიქმნას სეტყვის მარცვლების შემცველი ღრუბლები, რომლის ვერტიკალური გავრცელების სიმაღლე 2 მ-ზე მეტია. რაც გვლენას ახდენს ღრუბლების გადაადგილებაზე. გავრცელებულია მათი პერიოდული გადაადგილება, რომლის დროსაც მეზოთერმული ხაზი სიმაღლის შემცირების შემთხვევაში იღებს ფხვიერ, ან თხევად სახეს, რის შედეგადაც სეტყვის მასშტაბები მცირეა და ნაკლებად სახიფათო.

აღსანიშნავია ვ. ლუდლამის თეორია, რომლის მიხედვითაც ჰაერის აღმავალი დენები ქარის მიმართულებითაა დახრილი. გროვა წვიმის ღრუბლებიდან მოსული თავსხმა ნალექები წარმოშობს „ბარიერს“, ამ დროს თბილი ჰაერის მასები ბარიერიდან ადის მაღლა -40±-50°C იზოთერმის დონეზე და იწვევს ქარის მიმართულების მკვეთრ ცვლილებას, ხოლო ცივი ჰაერის მასები კი ნაწილობრივ დაბლა ეშვება და აჩქარებს ნალექის მოსვლას, ამ დროს ჰაერის მასის დინების დიდი სიჩქარის გამო, ღრუბელთა ელემენტები განიცდის ძლიერ დამსხვილებას, რის შედეგადაც გვევლინება დედამიწაზე თავსხმა ნალექების და სეტყვის სახით.

სეტყვის მარცვლების გაჩენა ღრუბლების გადაციებულ ნაწილში, 0° იზოთერმის ზემოთ ხდება, დამსხვილება კი საწყის ეტაპზე კონდენსაციისა და სუბლიმაციის მეშვეობით, შემდეგ კი გრავიტაციული კოაგულაციით მიმდინარეობს. გ. სულაქველიძის კვლევები გვიჩვენებს, რომ 4 მმ რადიუსის მქონე სეტყვის მარცვალი შეიძლება მთლიანად გადნეს, თუ 0°-იანი იზოთერმა განთავსებულია 2-3 კმ სიმაღლეზე, ხოლო 8 მმ-იანი რადიუსის-სთვის 4-5კმ- ზე. სეტყვის ზრდასთან ერთად მისი ვარდნის სიჩქარეც ღრუბლების შიგნით იზრდება, მაგრამ ინტენსიური აღმავალი დინებები მას ისევ მაღლა აიტაცებს. სეტყვის მარცვლების რამდენჯერმე ასვლა და ჩამოსვლა იწვევს მის იმ ზომამდე დამსხვილებას, რის შედეგადაც ხდება აღმავალი დენების ძალთა გადალახვა და მისი მოსვლა დედამიწაზე.

რაც უფრო იზრდება ჰაერის ვერტიკალური სიჩქარე და წყლიანობა, მით უფრო ინტენსიურად იზრდება სეტყვის ზომა. ღრუბლების დიდი წყლიანობის და აღმავალი დენების ინტენსიური მოქმედებისას 1 მმ დიამეტრის მქონე ყინულის ნაწილაკები 30 წთ-ის განმავლობაში შეიძლება 3 სმ-ით გაიზარდოს.

მცირე წყლიან ღრუბლებში, სეტყვის მარცვლების სიმკვრივე (0,5-0,7 გ/სმ³) ნაკლებია უხვწყლოვან ღრუბლებში წარმოშობილ სეტყვასთან შედარებით (0,9 გ/სმ³). რაც დაკავშირებულია ჩანასახოვანი სფეროსებრი კრისტალების ზომის ზრდასთან, თოვლის ფიფქისა და ყინულის კრისტალების შემოყინვის გზით. სეტყვის მარცვლის ზედაპირი იფარება გაუმჭვირვალე ყინულის ქერქით, რომლის სიმკვრივე შედარებით მცირეა.

უხვ წყლიან ღრუბლებში წარმოქმნილი სეტყვა იზრდება სფეროსებრი კრისტალის გლუვ ზედაპირზე გადაცივებული წყლის წვეთების თანაბარი დალექვისა და შეყინვის შედეგად. სეტყვის ქერქის ზედაპირი იღებს გამჭვირვალე სახეს, სიმკვრივე კი გაცილებით მაღალია მცირე წყლიან ღრუბლებში წარმოშობილ სეტყვასთან შედარებით.

კონვექტიური წარმოშობის გროვა-წვიმის ღრუბლების წყლიანობა იცვლება დროსა და სივრცეში. თანადროულად სფეროსებრი კრისტალები განიცდიან სწრაფ გადაადგილებას ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით, რის შედეგადაც სეტყვის მარცვლებში შეინიშნება გამჭვირვალე და გაუმჭვირვალე ფენების მონაცვლეობა.

მეცნიერთა ჯგუფმა გ.სულაქველიძის ხელმძღვანელობით, რომელმაც შეისწავლა სეტყვის წარმოშობის პირობები ჩრდილო კავკასიაში, დაადგინა, რომ უმრავლეს შემთხვევაში, სეტყვის ყველაზე ინტენსიური ზრდა მიმდინარეობს კონვექციური ღრუბლების იმ ფენაში, სადაც ტემპერატურავერტიკალური გავრცელების $-2 \div -15^{\circ}\text{C}$ -ის ინტერვალში იცვლება, ხოლო ღრუბლის საშუალო მოცულობა 10-15 კმ³ და იშვიათად 30 კმ³-ს არ აღემატება.

სეტყვის ღრუბლების განვითარების და თვისებების მიხედვით სეტყვის პროცესი იყოფა შემდეგ ტიპებად:

ერთუჯრედიანი- სეტყვის პროცესის ღრუბელთა სისტემა შედგება სიმეტრიულ ღერძიანი ნელა მოძრავი და ხანმოკლე კონვექტიური უჯრედებისგან. წარმოიქმნიან ღრუბელთა სისტემის ნებისმიერ წერტილში.

მოუწესრიგებელი მრავალუჯრედიანი- ერთმანეთთან სუსტად მოქმედი სიმეტრიული და ასიმეტრიულღერძიანი კონვექტიური უჯრედები, რომლებიც წარმოიქმნიან ღრუბელთა სისტემის ნებისმიერ წერტილში და მოძრაობენ სხვადასხვა მიმართულებით, განსხვავებული სიჩქარეებით.

მოწესრიგებული მრავალუჯრედიანი- ღრუბელთა სისტემა შედგება არასიმეტრიული, პერიოდულად წარმოქმნილ ქარპირა ფლანგებზე, რომელთა კონვექტიური უჯრედები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და მოძრაობისას, ჩრდილო ნახევარსფეროში გადაიხრება მარჯვნივ და სამხრეთ ნახევარსფეროში მარცხნივ.

მოდულიზებული გარდამავალი ტიპის (ჰიბრიდული)- რომელთაც სტრუქტურაში და განვითარების დინამიკაში, აქვთ მოწესრიგებული მრავალუჯრედიანი და სუპერ-უჯრედიანი სექციის პროცესების თავისებურებები.

სუპერუჯრედიანი სექცია- შედგება ერთი მძლავრი ასიმეტრიული კონვექტიური უჯრედებისგან. მოძრაობს ჩრდილო ნახევარსფეროში უმეტესად მარჯვნივ, სამხრეთ ნახევარსფეროში მარცხნივ- წამყვანი ნაკადის მხრიდან (კონკრეტული სექციის პროცესების ანალიზი იხ. მე-2 თავში).

1.16. მიწისპირა ჰორიზონტალური ნალექები (ჰიდრომეტეორები).

დედამიწის ზედაპირზე ჰიდრომეტეორების, კონდენსაციის და სუბლიმაციის პროდუქტების წარმოქმნა ხდება, როდესაც წყლის ორთქლის დრეკადობა გაუტოლდება, ბრტყელი ზედაპირის მაქსიმალურ დრეკადობას. ამისთვის საჭიროა ჰაერის ტემპერატურამ დაიწიოს ნამის წერტილამდე. მიწისპირა ფენაში ეს ხდება, როდესაც: ა). წყნარ, მოწმენდილ ამინდში ინტენსიური გამოსხივების შედეგად ხდება ქვეფენილი ზედაპირის გაცივება; ბ)თბილი ჰაერის მასების ცივ ზედაპირზე გადაადგილების შედეგად.

მაღალ ფენებში კი ტემპერატურის დაწვეა ნამის წერტილამდე დაკავშირებულია, ჰაერის ვერტიკალურ მოძრაობასთან.

ჩვენ მიერ აღწერილი ნალექები მიეკუთვნება უმეტესად კონვექტიური ღრუბლებიდან წამოსულ ვერტიკალურ ნალექებს. გარდა ამისა არჩევენ მიწისპირა ჰორიზონტალურ ნალექებს, იგივე ჰიდრომეტეორებს. მათ მიეკუთვნება:

1) ნამი- მის წარმოქმნას ხელს უწყობს ორთქლის მარაგი ჰაერის მიწისპირა ფენაში, მოწმენდილი ცა და სუსტი ქარი. ნამი წარმოადგენს თხევად ნალექს, რომელიც გამოიყოფა დედამიწის ზედაპირზე და განსაკუთრებით მცენარეულ საფარზე, საგნებზე ჰაერის შეხებისას. ნამის გამოყოფის დროს ტემპერატურა 0°C -ზე მეტია.

2). თხევადი ნაფრქვი (ფენი)- წარმოიქმნება წლის თბილ პერიოდში, როდესაც ზომიერად ცივი ამინდი იცვლება, თბილი და ნოტიო ამინდით. გვხვდება კედლებზე, ხეებზე, ქვებზე და ა.შ. უმთავრესად ქარის მხრიდან. საგნების ტემპერატურა, რომლებზეც ნამი ილექება უნდა იყოს 0°C -ზე მაღალი.

- 3). თრთვილი- თეთრი, ნაზი, ყინულის კრისტალი, რომლის წარმოქმნაც ნამის ანალოგიურად ხდება. წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც ტემპერატურა 0°C-ზე დაბლა ეცემა.
- 4). ჭირხლი- ჩნდება ჰაერში მყოფი წვრილ-წვრილი კრისტალების საგნებზე შეყინვის შედეგად. წარმოადგენს თეთრ, ფხვიერ, თოვლის მსგავს ნალექს. არჩევენ კრისტალურს და მარცვლოვანს. უმეტესად გამოიყოფა ღრუბლიან და ქარიან ამინდში.
- 5). ლიპყინული- ყინულის შრე, რამოიქმნება წყლის, ჟინჟლის, გადაცივებული წვეთების შეყინვის შედეგად. მცირე სიმკვრივის დროს აქვთ მოთეთრო შეფერილობა, ხოლო დიდი სიმკვრივის დროს არის გამჭვირვალე, ან მღვრიე. უმეტესად ქარის მხრიდან წარმოიშობა და ადგილი აქვს სუსტი ყინვების დროს.

1.17. ნისლი, ნისლის კლასიფიკაცია და ბურუსი.

ნისლი და ბურუსი წარმოადგენს წყლის ორთქლის კონდენსაციისა და სუბლიმაციის შედეგს მიწისპირა ფენებში, რომელიც წარმოადგენს ჰაერში შერეული წყლის წვეთისა და ყინულის კრისტალების ერთობლიობას. ამ დროს ატმოსფეროს ხილვადობა მცირდება 1კმ-მდე და ნაკლები. თუ მხედველობა 1-დან 10 კმ-მდეა მას უწოდებენ ფოშფოშს. ნისლის წვეთების რადიუსი 2-5 მკმ, ფოშფოშის 1მკმ-ზე ნაკლებია.

როდესაც ატმოსფეროში კონდენსაციის პროდუქტებს წარმოადგენს არა წყლის წვეთი და ყინულის კრისტალები, არამედ მტვრისა და კვამლის ნაწილაკები, ჩნდება ბურუსი. ქალაქებს და სამრეწველო ადგილებში ხდება ბურუსის და წვეთოვანი ნისლის შერევა, რომლის დროსაც ხდება საშიში მოვლენა სმოგი.

ცხრ. 8. ხილვადობა ნისლის დროს.

ძლიერი ნისლი	50 მ
ზომიერი ნისლი	50-500 მ
სუსტი ნისლი	50-1000 მ
ძლიერი ბურუსი	1-2 კმ
ზომიერი ბურუსი	2-4 კმ
სუსტი ბურუსი	4-10 კმ

ცხრ. 9. წვეთის ვარდნის სიჩქარე.

ბურუსის უწვრილესი ნაწილაკები	0,1მკ	1 მმ/სთ
ბურუსის უფრო მსხვილი ნაწილაკები	1მკ	10 სმ/სთ
ნისლის ნაწილაკები	10მკ	100 მ/სთ

ტემპერატურული წარმოშობის მიხედვით ნისლი შეიძლება იყოს წვეთოვანი- დადებითი და უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში, კრისტალური- უარყოფითი ტემპერატურის, შერეული-უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში. გ. ვილეთის კლასიფიკაციით წარმოშობის პირობების მიხედვით იყოფა შიდამასიურ და ფრონტალურ ნისლად.

შიდამასიური ნისლის პირობებს მიეკუთვნება:

რადიაციული ნისლის წარმოშობის პირობებს მიეკუთვნება წყნარ და მოწმენდილ ამინდში ქვეფენილი ზედაპირის ძლიერი სითბური გამოსხივება. ამ დროს ტემპერატურა ეცემა ნამის წერტილამდე და ადგილი აქვს კონდენსაციას. რადიაციული ნისლის ვერტიკალური სიმაღლე 300-5000 მ.

ადვექციური ნისლი წარმოიქმნება თბილი ჰაერის გადაადგილებით დაბალი განედებიდან მაღალი განედებისკენ, როდესაც თბილი ტენიანი ჰაერი მოძრაობს ცივ ქვემდებარე ზედაპირზე. მას ასევე უწოდებენ ზღვის და აორთქლების (ჭაობები, მდინარეები, ტბები) ნისლს.

ადვექციურ-რადიაციული ნისლი წარმოიშობა თბილი ჰაერის ადვექციით ცივ ქვეფენილ ზედაპირზე, წარმოადგენს ხშირ მოვლენას.

ადიაბატური ნისლი წარმოიშობა ფერდობზე ადიაბატურად აღმავალი ჰაერის გაცივების შედეგად.

ფრონტალურ ნისლში არჩევენ ფრონტის წინა ზონის, ფრონტის ზონის და ფრონტის ზურგის ნისლებს. წარმოიშობა ორი სხვადასხვა თვისების ჰაერის მასის გამყოფ ზედაპირზე.

დედამიწის ზედაპირზე ყველაზე მეტი ნისლიანი დღეები არქტიკულ რაიონებშია (80 დღე), ხშირია ასევე ანტარქტიდაზე.

საქართველოს დაბლობ ნაწილში ნისლიანი დღეები საშუალოდ წელიწადში 10-40 დღეა, ზღვის სანაპიროზე 3-5 დღე. სიმაღლის მატებასთან ერთად ნისლიანი დღეების რაოდენობა იზრდება. ყველაზე ნისლიანი ადგილი არის ლიხის ქედის ცენტრალური რაიონი

მთა საბუეთი- 258 დღე, ხოლო მამისონის გადასასვლელზე 223 დღე. (ქ. თბილისის შესახებ, იხილეთ მე-2 თავში).

1.18. წაყინვები.

ტემპერატურის დაცემის პირველი სქემა ეკუთვნის ინგლისელ მეცნიერ ბრენტს, რომლის თანახმადაც, ტემპერატურის ღამით დაცემას თან ახლავს ინვერსიის წარმოქმნა, რის გამოც ამ ფენაში შესუსტებულია ტურბულენტური გაცვლა-გამოცვლა. ღამით ტემპერატურა ჰაერში 3-5-ჯერ ნაკლებია, ნიადაგის ტემპერატურაზე. დღე-ღამის დადებითი ტემპერატურის ფონზე როდესაც ღამის ტემპერატურა ნულს ქვემოთ ეცემა, ადგილი აქვს წაყინვებს.

წაყინვები დამახასიათებელია შემოდგომასა და გაზაფხულზე. მის ხელშემწყობ პირობებს წარმოადგენს დაბალი ტენიანობა, სუსტი ქარი და მოღრუბლულობა.

განასხვავებენ წაყინვების სამ ტიპს:

1.რადიაციული წაყინვები, წარმოიქმნება ღამით და დილის საათებში, რაც უკავშირდება ეფექტური გამოსხივების შედეგად ნიადაგის გაცივებას. ჰაერი მასის სიმძლავრე კი დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირის გამოსხივების ინტენსივობაზე. უფრო ხშირად დამახასიათებელია ქვაბულებისა და ხეობებისთვის.

2. ადვექციური წაყინვები, გამოწვეულია დედამიწის ზედაპირთან შედარებით ცივი ჰაერის მასების შემოჭრით. შესამჩნევია დღე-ღამის ნებისმიერ დროს. საშუალო განედებზე დამახასიათებელია მასის თვეში. ღამის საათებში ადვექციური წაყინვების დროს არ შეინიშნება მოღრუბლულობა.

3.ადვექციურ-რადიაციული წაყინვები წარმოიქმნება ცივი ჰაერის მასების შემოჭრით და შემდგომი რადიაციული გადაცივებით.

თავი II.

2.1 სეტყვის პროგნოზი და სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებები.

სეტყვის წარმომქმნელი პროცესების თვალსაზრისით, საქართველო მსოფლიოში ერთ-ერთ სახიფათო ქვეყანას წარმოადგენს. სეტყვის წარმომქმნელ პროცესებზე დაკვირვება განახლდა 2015 წელს და ამჟამად კახეთის რეგიონში, სეტყვაზე ზემოქმედება თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით მიმდინარეობს.

საქართველოს სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“ სარადარო დაკვირვებას და სამუშაოს აწარმოებს გერმანული წარმოების მაღალტექნოლოგიური რადარის METEOR735 CDP10-DOPPLER WEATHER RADAR საშუალებით. სარადარო სისტემაში გამოყენებულია რადარის 20 პროდუქტი. ერთ-ერთ მათგანს წარმოადგენს HAILSZ, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოითვალოს სეტყვის ზომა ღრუბლებში რადარიდან 100 კმ რადიუსში. განგაშის სიგნალის ჩართვის მინიმალური მაჩვენებელი არის 35 Dbz, რომელიც იცვლება ალგორითმიდან.

რადოლოკაციური დანადგარების მეშვეობით ხდება სეტყვის წარმოშობის კერებისა და განვითარების ადგილების აღმოჩენა. ღრუბლებში თვითმფრინავების, საზენიტო არტილერიის და სპეციალური რაკეტების საშუალებით, ხორციელდება სეტყვის საწინააღმდეგო რეაგენტების ღრუბლებში ჩათესვა. რომლის მიზანია ნალექების ხელოვნური გამოწვევა და ამით კატასტროფული ნალექების თავიდან აცილება. ზემოქმედება ხდება მყარი ნახშირმჟავას (CO_2), იოდინი ვერცხლის ფხვნილით (AgI) და იოდინი ტყვიით (PbI_2).

აქტიური ზემოქმედება ხორციელდება სეტყვის შემცველ ღრუბლებზე, რომელთაც გააჩნიათ განვითარების ტენდენცია და სეტყვის მდგომარეობაში გადაზრდა.

ზემოქმედების ობიექტები იყოფა 4 კატეგორიად:

I კატეგორიის ზემოქმედების ობიექტი - ახალი პოტენციური სეტყვა, საშიში კონვექციური უჯრედი, რადიოექოს მაქსიმუმით 0-5 კმ ფენაში, ნულოვანი იზოთერმის დონის ზემოთ, ანუ უარყოფითი ტემპერატურების არეში, გააჩნიათ განვითარების ტენდენცია პარამეტრების ზრდის სიჩქარეებით:

$$dZ_m/dt > 1 \text{ dBZ/წთ}, dH_{25}/dt > 0,1 \text{ კმ/წთ}, d\Delta q_m/dt > 0,2 \text{ კგ/მ}^2\text{წთ}, d\Delta M_{25} > 0;$$

II კატეგორიის ზემოქმედების ობიექტი - სეტყვასაშიში კონვექციური უჯრედი, რომელსაც გააჩნია განვითარების ტენდენცია პარამეტრების ზრდის სიჩქარეებით:

$$dZ_m/dt > 0,5 \text{ dBZ/წთ}, dH_{35}/dt > 0,1 \text{ კმ/წთ}, d\Delta q_m/dt > 0,2 \text{ კგ/მ}^2\text{წთ}, d\Delta M_{25} > 0;$$

III კატეგორიის ზემოქმედების ობიექტი - სეტყვის შემცველი კონვექციური უჯრედი, საიდანაც, რადიოლოკაციური მონაცემებით, მოდის სეტყვა, ხოლო მის პარამეტრებს გააჩნია ზრდის ტენდენცია ან გარკვეულ დროში მათი შენარჩუნება;

IV კატეგორიის ზემოქმედების ობიექტი - ზემძლავრი სეტყვის შემცველი კონვექციური უჯრედი, საიდანაც, რადიოლოკაციური მონაცემებით, მოდის სეტყვა კატასტროფული ინტენსივობით.

I კატეგორიის ზემოქმედების ობიექტის ჩათესვა ხდება ერთჯერადად;

II კატეგორიის ზემოქმედების ობიექტის - ორჯერადად;

III და IV კატეგორიის ზემოქმედების ობიექტების - სამჯერადად და ოთხჯერადად.

სხვადასხვა კატეგორიების ზემოქმედების ობიექტების ამოცნობა ხორციელდება, ერთგანზომილებიანი პარამეტრების სეტყვის საშიშროების კრიტერიუმებით, რომლებიც განსაზღვრავენ კონვექციური უჯრედის გადაციებულ ნაწილში მომატებული წყლის შემცველობის, სეტყვის ჩასახვისა და გაზრდის პირობების არსებობას.

სეტყვის პროგნოზი დაკავშირებულია ქუხილის პროგნოზთან, ვინაიდან სეტყვის ვარდნისას ადგილი აქვს მის დნობას, ამის გამო სეტყვის მარცვლების ზომა დამოკიდებულია, არა მარტო აღმავალი დინების მაქსიმალურ ვერტიკალურ სიჩქარეზე, არამედ 0° იზოთერმის სიმაღლეზეც, ვინაიდან მსხვილი მარცვლები ვარდნის დროს ვერ ასწრებენ გაღობას $V > 30$ მ/წმ სიჩქარის პირობებში.

სეტყვის პროგნოზი შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი სქემით: ა) სინოპტიკური სიტუაციის ანალიზი და სეტყვის მარცვლების წარმოქმნის შესაძლებლობების გამოვლენა; ბ) ჰაერის მასების მაქსიმალური სიჩქარის (V) სიდიდის გამოვლენა; გ) გრაფიკულად სეტყვის წარმოქმნის შესაძლებლობის განსაზღვრა; დ) სეტყვის შესაძლო ზონის განსაზღვრა.

დღის განმავლობაში ზონდირების მონაცემებისა და მიწისპირა ფენების ანალიზით შესაძლოა სეტყვის პროგნოზირება 10-15 სთ-ით ადრე.

2.2. სეტყვის პროცესის ანალიზი, აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთი (19-20.05.2019).

გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან საქართველოში დაიწყო სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარება, ვინაიდან ჩვენი ქვეყანა მსოფლიოში არსებულ სეტყვა საშიშ ქვეყნებს განეკუთვნება. სეტყვასთან ბრძოლის ღონისძიებების განახლება თანამედროვე ტექნოლოგიებით მოხდა 2015 წელს, რომელიც უზრუნველყოფს აღმოსავლეთ საქართველოში არსებულ ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების მონიტორინგს და დაცვას. კერძოდ, ჩვენი ქვეყნის დასაცავი ტერიტორიების საერთო ფართობი შეადგენს 800 000 ჰა, აქედან სასოფლო სამეურნეო სავარგულებს უკავია 565,8 ათასი ჰა. დასაცავ ტერიტორიაზე განთავსებულია 83 ზემოქმედების პუნქტი, საიდანაც ხდება სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელება.

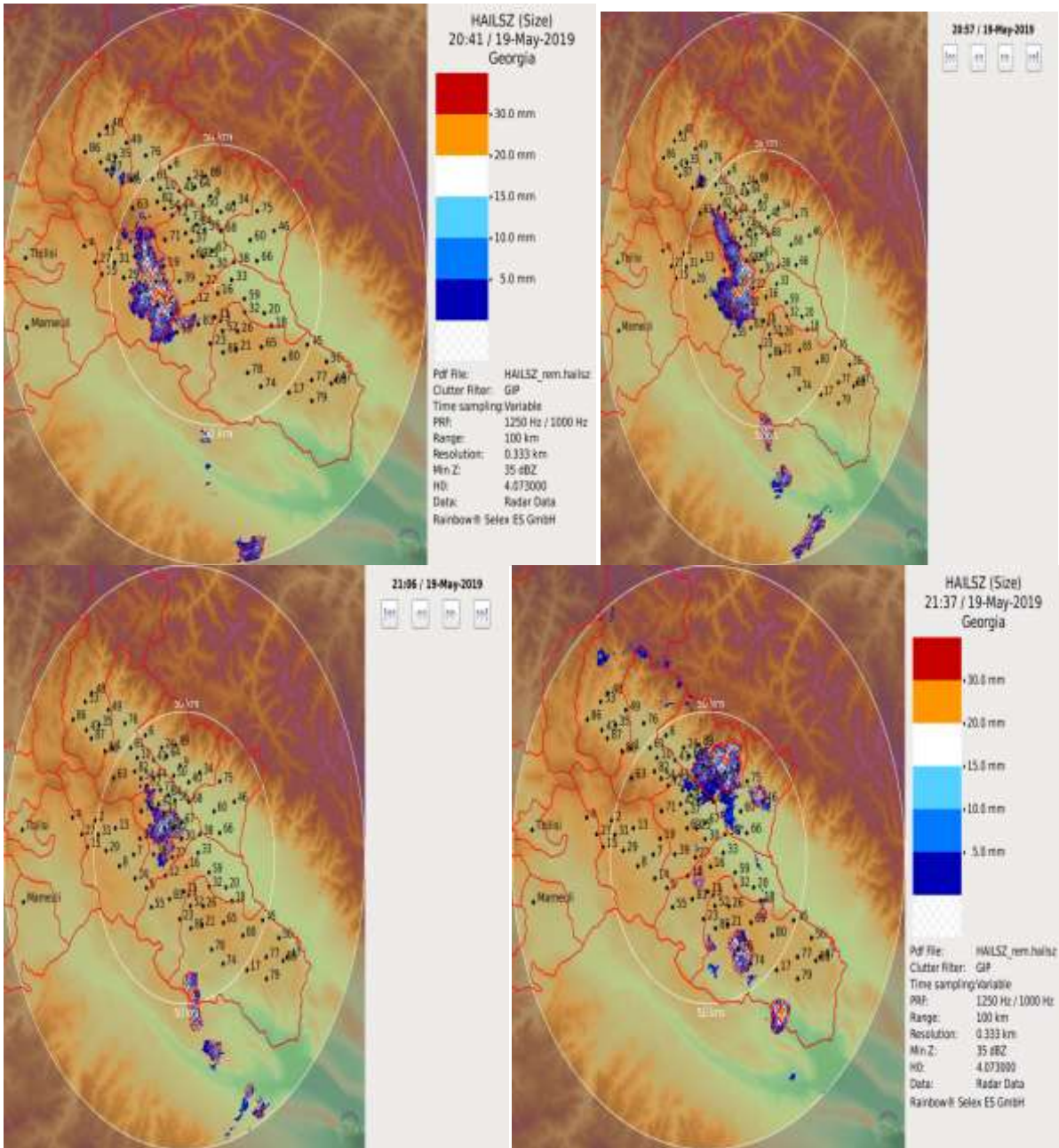
2019 წლი 19-20 მაისს აღმოსავლეთ საქართველოს, კერძოდ კახეთის ტერიტორიაზე აღინიშნა ძლიერი სეტყვის პროცესი. 19 მაისს დღის მეორე ნახევარში კახეთის ტერიტორიაზე ამინდის ცვლილება გამოწვეული იყო დასავლეთიდან წამოსულ ცივი ფრონტის გავლით.

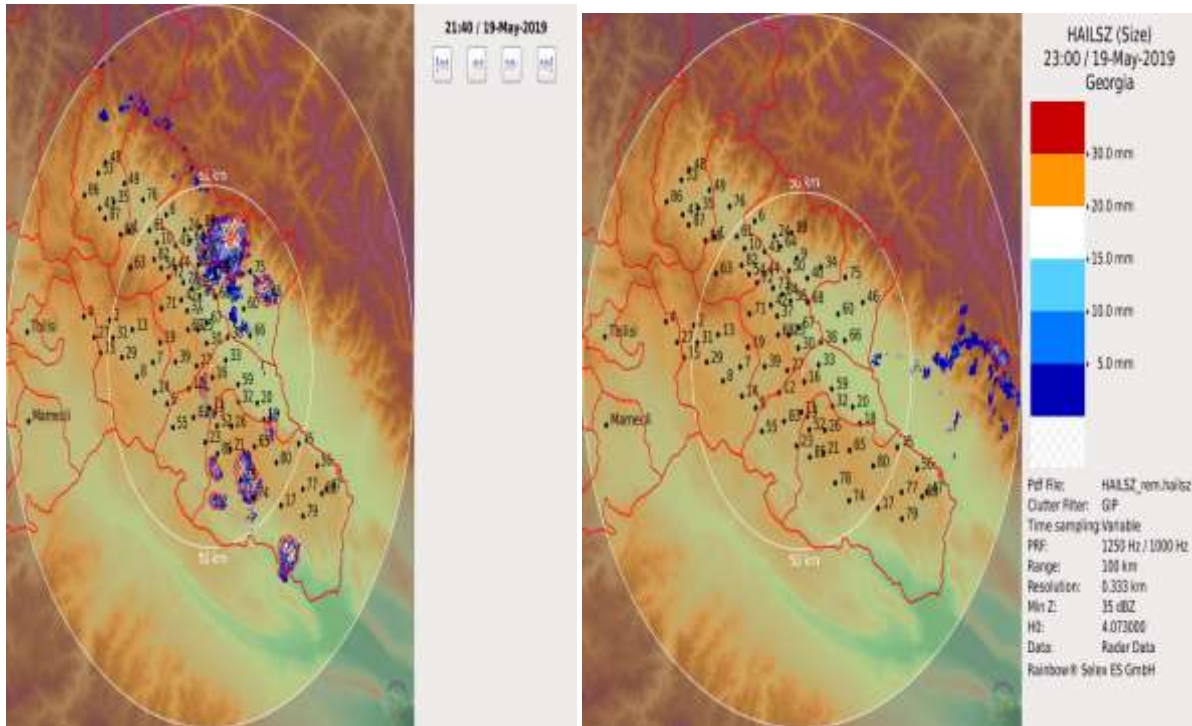
19-20 მაისის პროცესის დროს ტროპოსფეროს სიმაღლე, სადაც ჰაერის ტემპერატურა 0°C -ის ტოლია, ანუ ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლე $H^0=4000$ მ-ს; $H^{-6}=4800$ მ. წამყვანი დინების მიმართულება 245° , სიჩქარე 11 მ/წმ.

პროცესის მიმდინარეობისას კონვექტიური უჯრედების სიმაღლე აღწევდა 12 კმ-ს, ხოლო მაქსიმალური სიმაღლემ ($H_{\max}=16$ კმ) მიაღწია 16 კმ-ს.

მაქსიმალური ამრეკვლადობა პროცესის განმავლობაში აღწევდა 65 Dbz-ს, ხოლო სეტყვის საშიში ღრუბლების კატეგორიები წარმოდგენილი იყო II, III, IV ჯგუფით.

სეტყვის მარცვლის მაქსიმალურმა ზომამ მიაღწია 35 მმ-ს, რომელიც წარმოდგენილი გვაქვს ქვემოთ მოყვანილ HAILSZ სარადარო პროდუქტში, 100 კმ რადიუსში (ნახ.1.)





ნახ.1. სეტყვის მარცვლის ზომები რადარის მონაცემებით, 100კმ რადიუსში.

სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარება დაიწყო 18:28 საათიდან თელავის რაიონის ტერიტორიაზე.

20:29 საათიდან დაიწყო ზემოქმედება სიღნაღის რაიონის ტერიტორიაზე;

20:40 დაიწყო ზემოქმედება ყვარელის რაიონის ტერიტორიაზე;

20:47 საათიდან დაიწყო ზემოქმედება საგარეჯოს რაიონის ტერიტორიაზე;

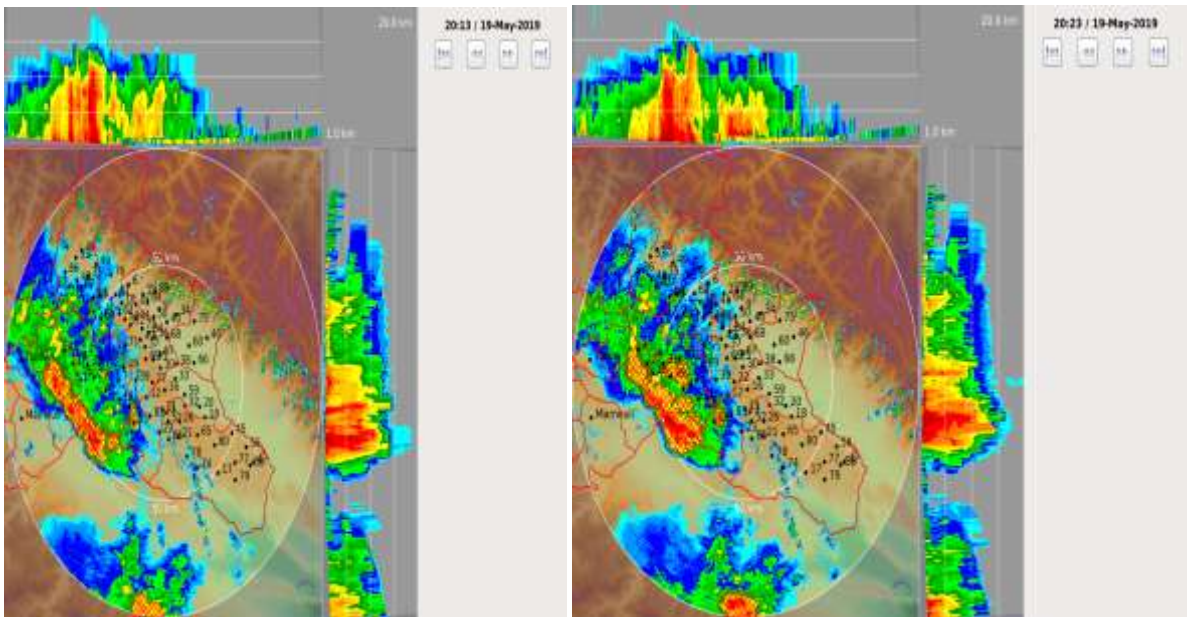
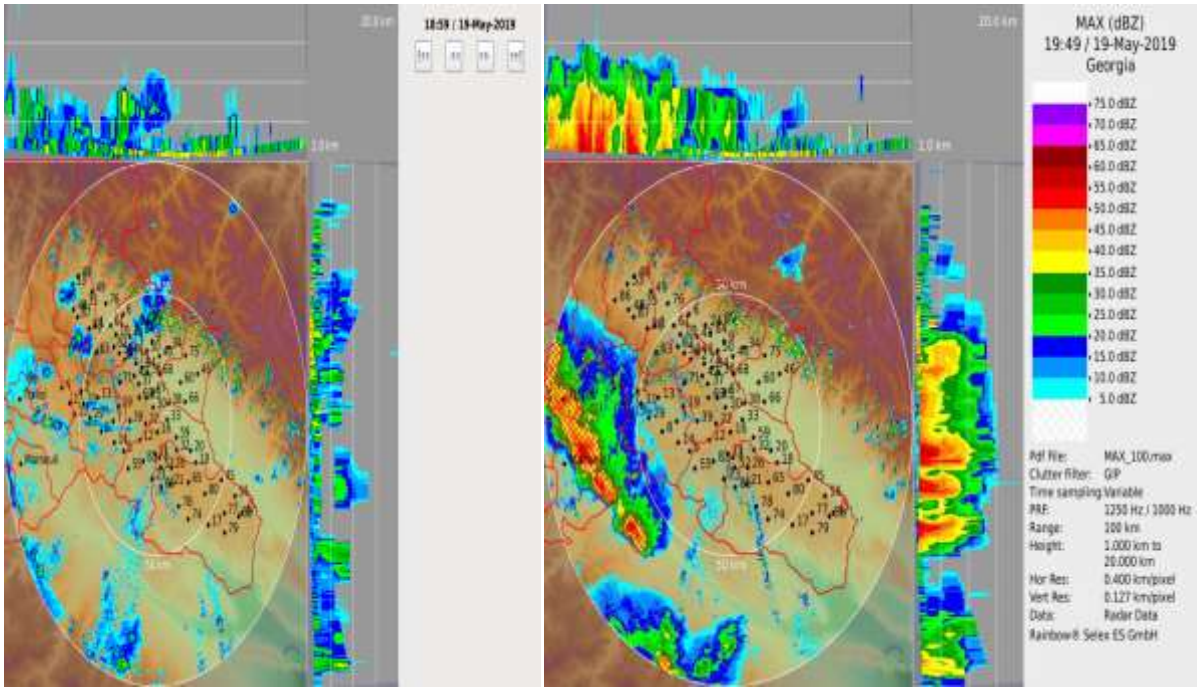
20:53 საათიდან დაიწყო ზემოქმედება გურჯაანის რაიონის ტერიტორიაზე;

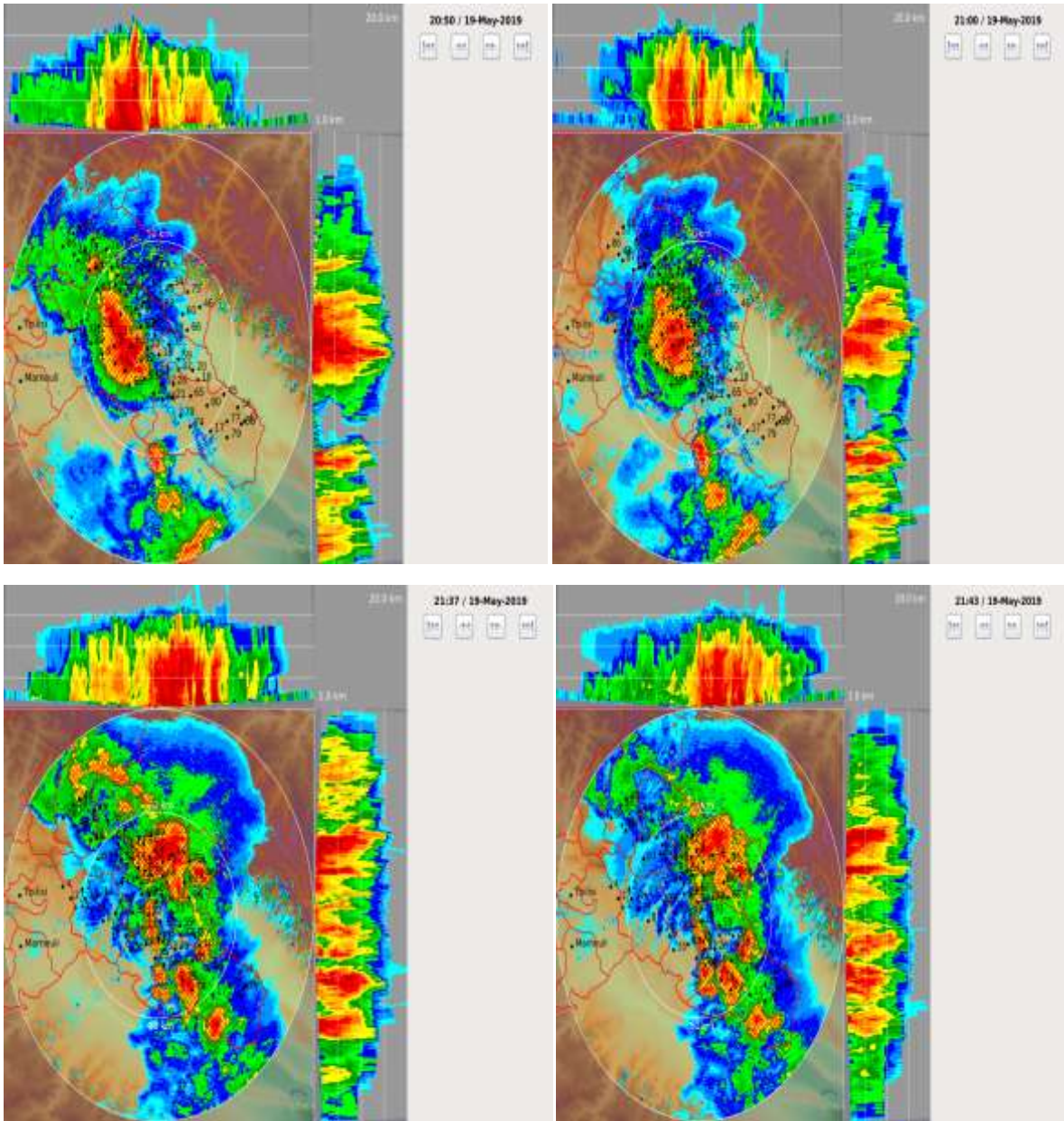
20:55 საათიდან დაიწყო ზემოქმედება თელავის რაიონის ტერიტორიაზე;

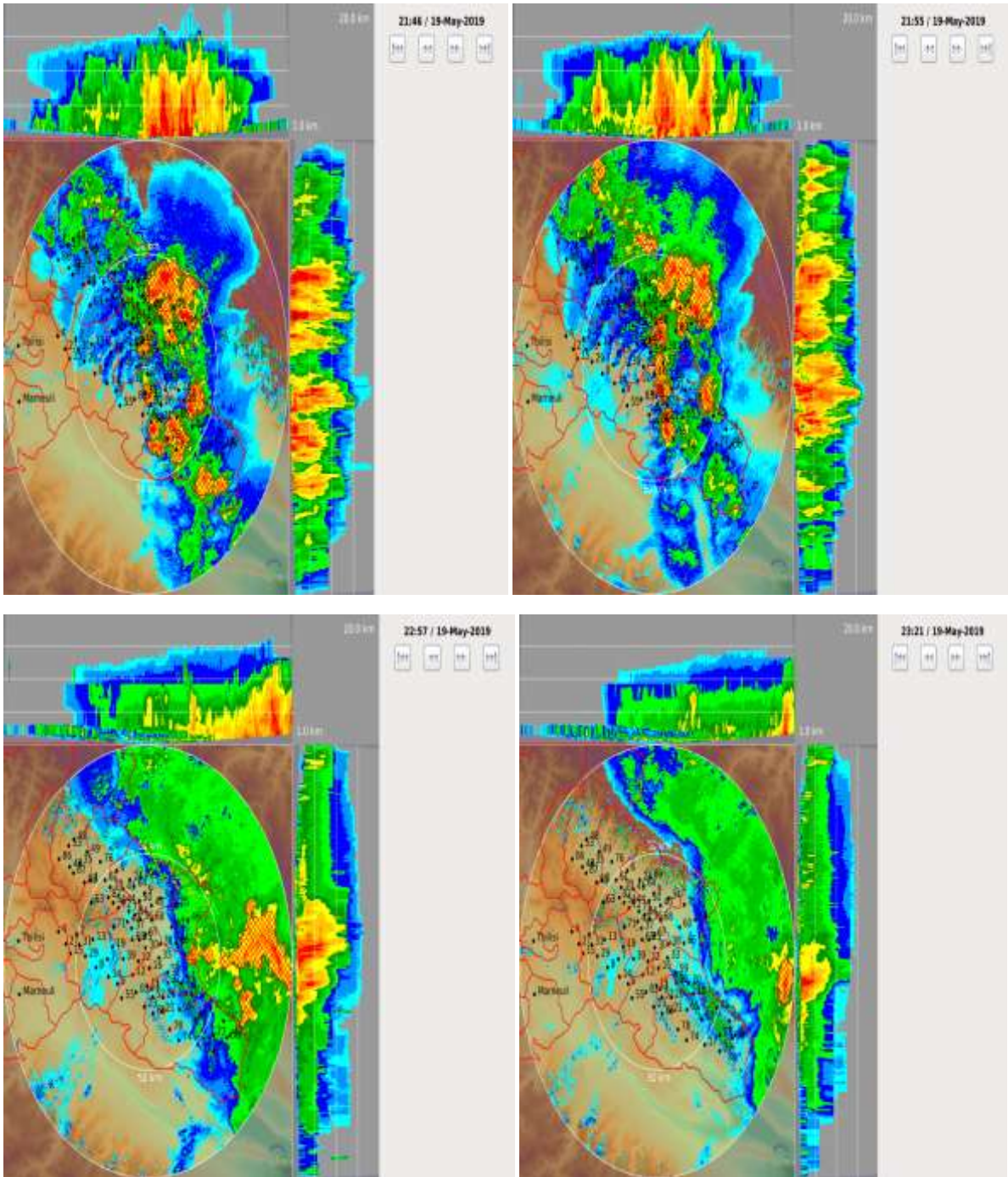
21:41 საათიდან დაიწყო ზემოქმედება დედოფლისწყაროს რაიონის ტერიტორიაზე;

23:55 საათიდან პროცესმა დაიწყო შესუსტება და აქტიური ზემოქმედება დასრულდა.

მთლიანი პროცესის მიმდინარეობა და ღრუბლების სიღრმისეული ანალიზი წარმოდგენილი გვაქვს ქვემოთ მოყვანილ MAX Dbz სარადარო პროდუქტში. სისტემაში მოვახდინეთ ღრუბლების ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ჭრა ელვაციით 2 კმ სიმაღლეზე დედამიწის ზედაპირიდან (ნახ.2).







ნახ.2. ღრუბლების ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ჭრა ელვაციით (2 კმ სიმაღლეზე).

სეტყვის ღრუბლების სიმღავრიდან და მასშტაბურობიდან გამომდინარე, მიახლოებით დათვლილი იქნა, თუ რა ფართობის ტერიტორია შეიძლება დასეტყვილიყო აღნიშნული პროცესის დროს, რამაც მიაღწია 134 000 ჰა-ს, მაგრამ ჩატარებული სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებების შედეგად დაისეტყვა 1500-1700 ჰა ფართობი, რაც თვალნათლივ დაგვანახებს აღმკვეთი ღონისძიების ეფექტურობას.

19-20 მაისს სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიების დროს ბრძანება გაცემული იყო 264 რაკეტის გაშვებაზე, მაგრამ პროცესის სიძლიერით გამოწვეული ტექნიკური შეფერხებების გამო მოხდა 230 რაკეტის გაშვება.

2016,2017,2018 წწ ჩატარებული ზემოქმედების და სეტყვიან დღეთა რაოდენობის, ასევე სტიქიისგან დაზიანებული ფართობების განაწილება თვეების მიხედვით წარმოდგენილია ცხრილის სახით. სადაც ჩანს, რომ 2018 წელს სეტყვიან დღეთა რაოდენობა შემცირებულია 22%-ით, როგორც 2016, ასევე 2017 წელთან შედარებით. სეტყვისაგან დაზიანებული ფართობი 2018 წელს შემცირებულია 47%-ით 2016 წელთან შედარებით, ხოლო 52%-ით 2017 წელთან შედარებით (ცხრ.10.)

ცხრ.10.ჩატარებული ზემოქმედებისა და სეტყვიან დღეთა რაოდენობა, სტიქიისგან დაზიანებული სავარგულების ფართობების განაწილება, თვეების მიხედვით (2016,2017,2018 წწ).

თვე	ჩატარებული ზემოქმედების დღეთა რაოდენობა			სეტყვიან დღეთა რაოდენობა			სტიქიისგან დაზიანებული სავარგულების ფართობი, ჰა		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
IV	0	4	1	2	0	0	300	0	0
V	10	20	10	4	6	2	4723	4965	860
VI	15	17	12	4	5	6	1398	3125	1361
VII	2	9	10	2	1	0	1713	496	0
VIII	0	1	4	0	0	2	0	0	1305
IX	2	5	3	2	2	1	60	338	834
X	2	0	0	0	0	0	0	0	0
ჯამი	35	56	40	14	14	11	8194	8924	4360

2018 წლის სამუშაო პერიოდში ატმოსფერული მასების გადაადგილების წამყვანი დინებების ძირითადი მიმართულება იყო: სამხრეთ-დასავლეთი 35,6% და დასავლეთი 38,2% (ცხრ. 11).

ცხრ.11. ატმოსფერული მასების გადაადგილების წამყვანი დინებების მიმართულებები (%).

მიმართულებები	ჩრდ.	ჩრდ.აღ.	აღ.	სამხ.აღ.	სამხ.	სამხ.დას.	დას.	ჩრდ.დას.
რაოდენობა	4	5	4	9	19	64	68	7
%	2,2	2,6	2,2	5,0	10,3	35,6	38,2	3,9

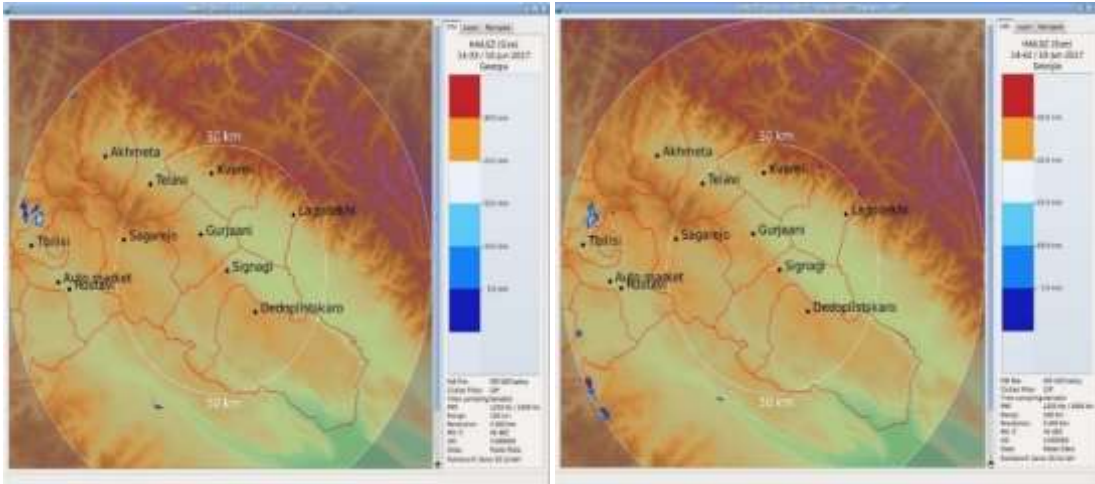
2.3. სეტყვის პროცესები საქართველოში, თბილისი (10.06.2017.)

სეტყვა საქართველოში განპირობებულია, როგორც ფრონტალური ისე ადგილობრივი ჰაერის მასებით. სეტყვის მოსვლა ხორციელდება ჰაერის მასების დასავლეთიდან, აღმოსავლეთიდან, ან ამიერკავკასიის სამხრეთში ტალღური აღრევების, შემოჭრის შედეგად. ვ. გიგინეიშვილის კვლევებით საქართველოს ტერიტორიაზე სეტყვის 85% გამოწვეულია ცივი ფრონტის გავლასთან და შიდამასიურ კონვექციურ პროცესებთან. აღმოსავლეთ საქართველოში სეტყვის პროცესის 44% განპირობებულია ცივი ფრონტის შემოჭრით; 24% ტალღური აღრევებით; 17% შიდამასიური პროცესებით, 15% ფრონტალური ოკლუზიის შედეგად.

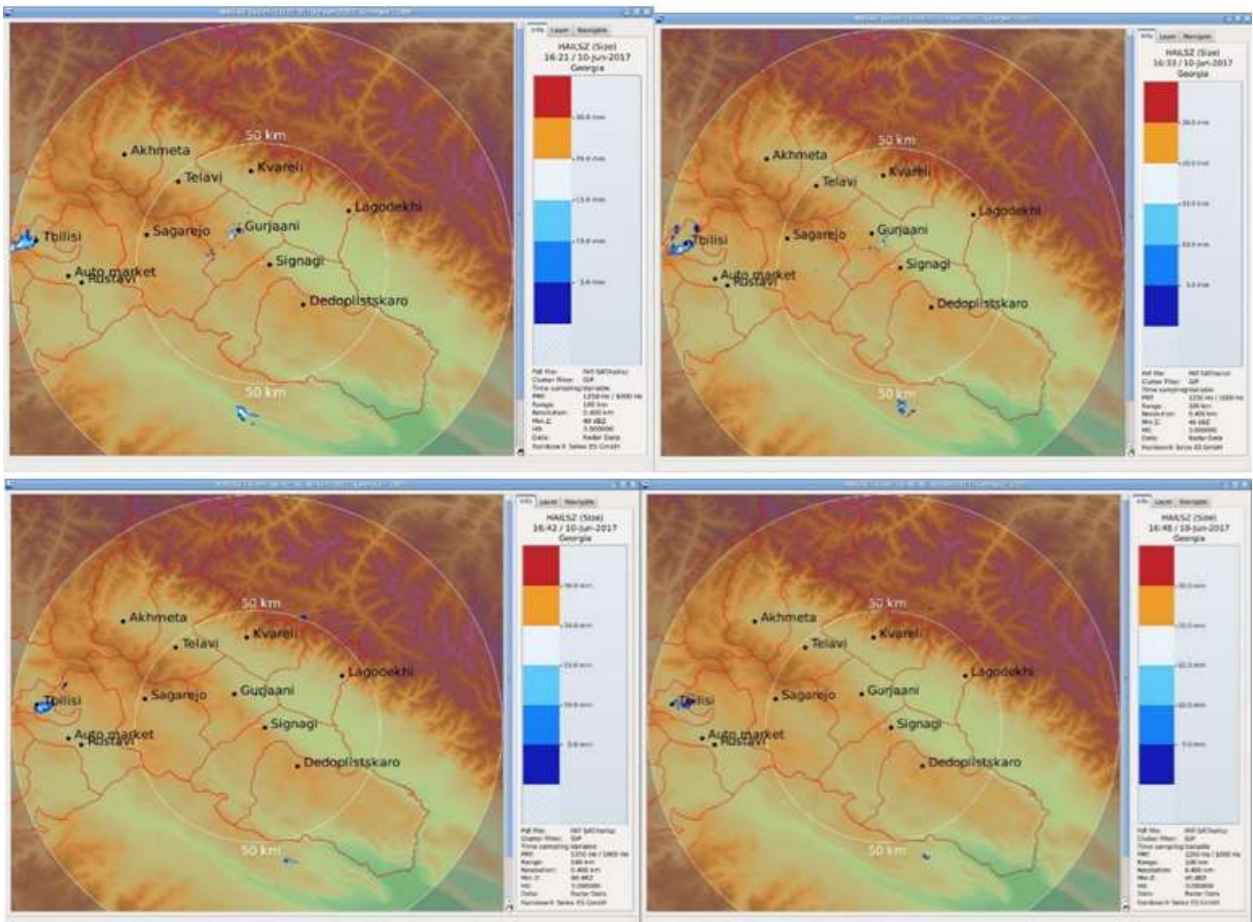
სეტყვა ყველაზე ხშირი ჯავახეთის ზეგანზე, მესხეთის და თრიალეთის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, კოლხეთის ქედის ჩრდილოეთ ნაწილში აღინიშნება, სადაც სეტყვის პროცესების განმეორებადობა მაქსიმუმს აღწევს და წელიწადში საშუალოდ 9-10 დღეა. მესხეთის და თრიალეთის ქედის ჩრდილო ფერდობზე, გომბორის ქედზე და კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში საშუალოდ 2-4 დღე, კოლხეთის ბარში 1-2 დღე. კახეთში 2-3 დღეა. სამხრეთ საქართველოში 7-10 დღე. კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში 6 დღე. სეტყვიან დღეთა უდიდესი რიცხვი სამხრეთ საქართველოში, მთიანეთში და კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში 20 დღეს აღემატება.

2017 წლის 10 ივნისს ქ. თბილისში მოვიდა სეტყვა, სეტყვის პროცესი 14:17-14:45 საათებში მიმდინარეობდა. სეტყვის მარცვლის ზომები იცვლებოდა პირველი პროცესის დროს 0,3-2,1 სმ ფარგლებში, ხოლო მეორე პროცესის დროს 0,5-2,3 სმ (სურ. 1).

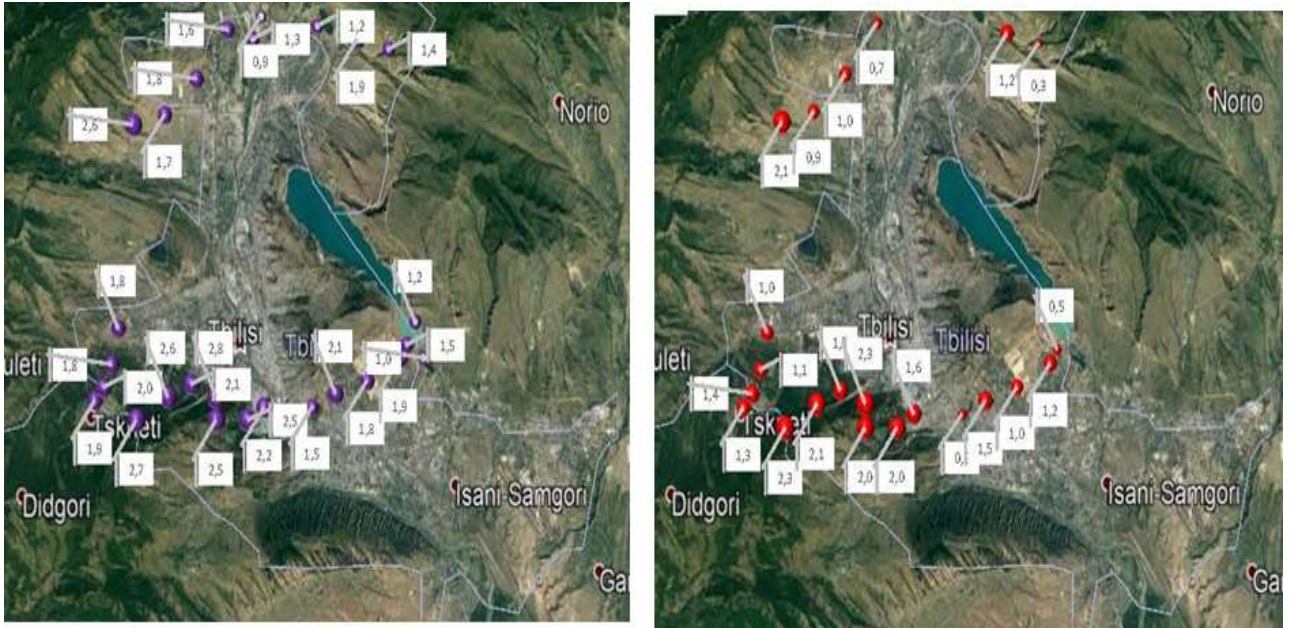




სურ.3. HAILSZ პროდუქტის, 2017 წლის 10 ივნისის, მაჩვენებელი 14:33 ($D_0 = 1,5\text{სმ}$; $S_{\geq 0,5} = 30\text{ კმ}^2$) და 14:42 ($D_0 = 1,9\text{ სმ}$; $S_{\geq 0,5} = 35\text{ კმ}^2$).

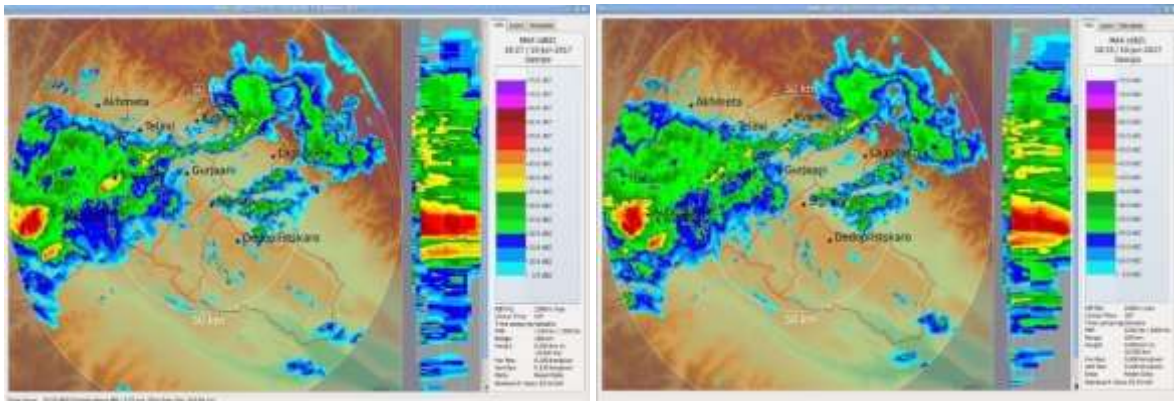


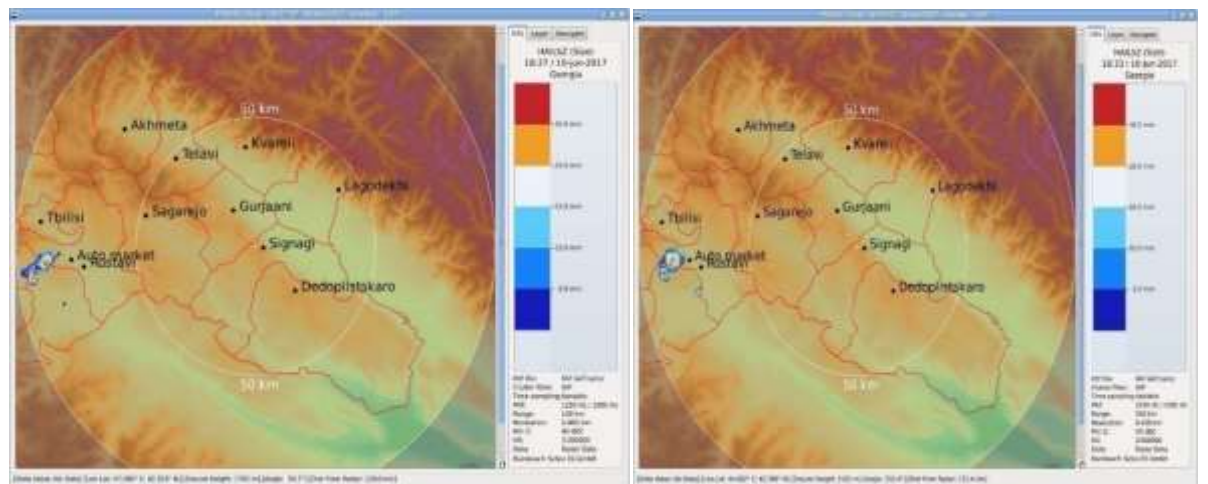
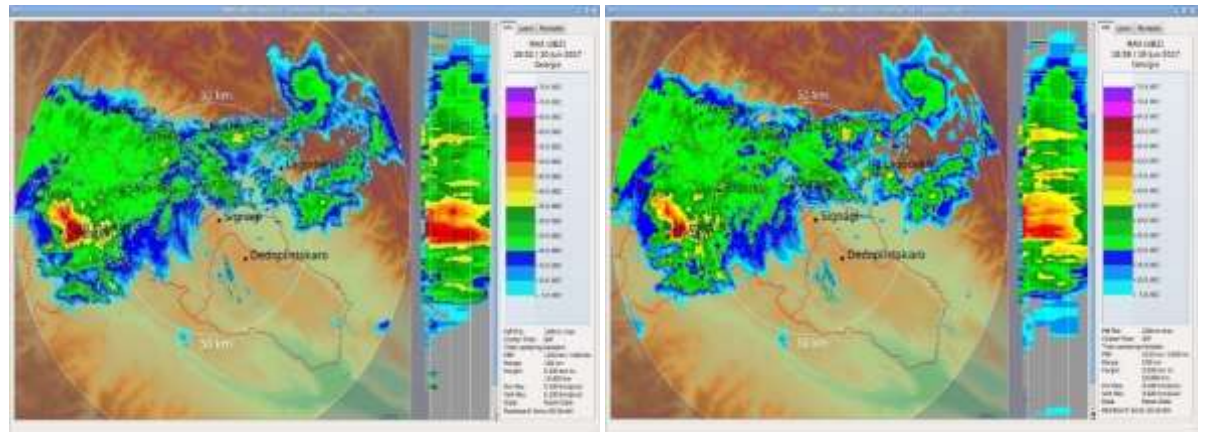
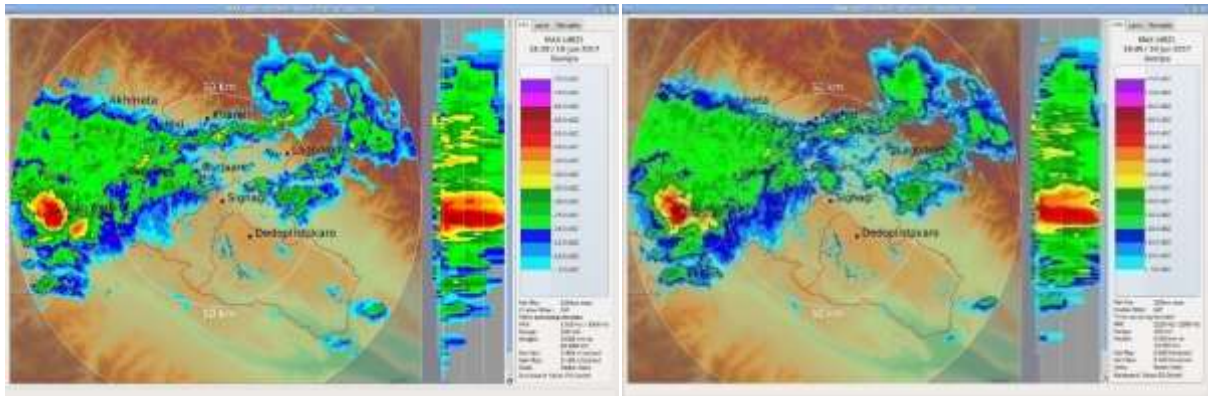
სურ.4. HAILSZ პროდუქტის, 2017 წლის 10 ივნისის, მაჩვენებელი 16:21 ($D_0 = 2,6\text{სმ}$; $S_{\geq 0,5} = 50\text{სმ}^2$), 16:33 ($D_0 = 2,5\text{ სმ}$; $S_{\geq 0,5} = 60\text{სმ}^2$), 16:42 ($D_0 = 2,1\text{სმ}$; $S_{\geq 0,5} = 31\text{კმ}^2$) და 16:48 ($D_0 = 1,9\text{სმ}$; $S_{\geq 0,5} = 20\text{კმ}^2$).

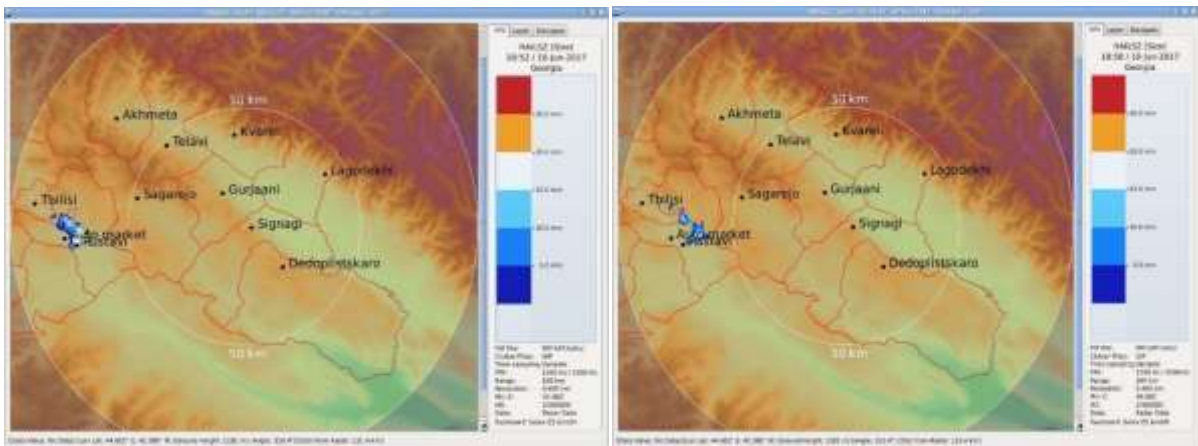
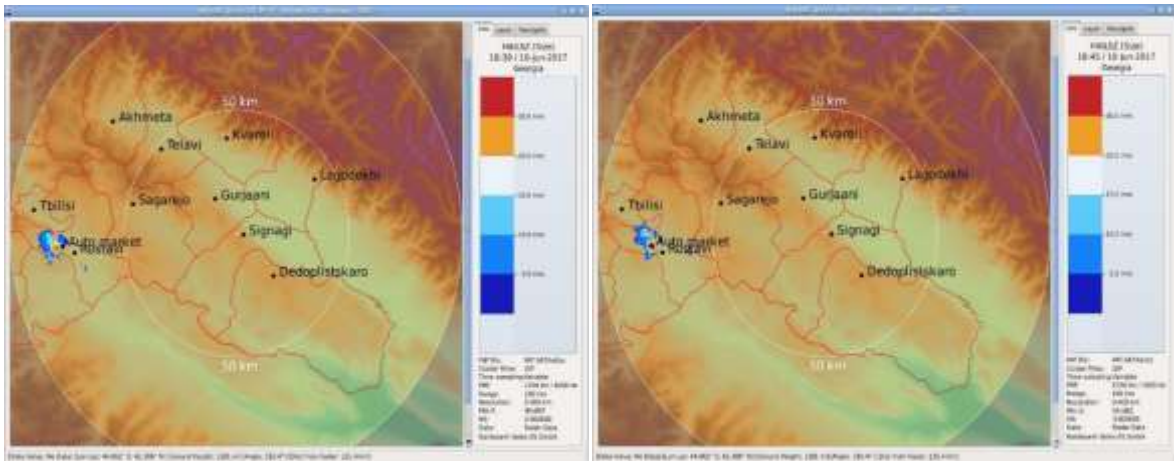


ნახ.5. სეტყვის ზომები და ლოკაციები (2017 წლის 10 ივნისი, თბილისი).

2017 წლის 10 ივნისს ქ. თბილისში არსებული სეტყვის პროცესის ერთგვარ გაგრძელებას წარმოადგენდა რუსთავის ტერიტორიაზე მოსული სეტყვა 18:30-18:58 სთ განმავლობაში. რომლის დროსაც ღრუბლებში არსებული სეტყვის დიამეტრი 8-31 მმ ფარგლებში იცვლებოდა. ავტომაგისტრალზე სეტყვის შედეგად დაზიანდა 5000-ზე მეტი ავტომობილი.







ნახ.6. სარადარო პროექტ HAILSZ მიერ დაფიქსირებული სეტყვის ზომები ღრუბელში. (2017 წლის 10 ივნისი, რუსთავი).

ცხრ.11. სარადარო პარამეტრები (10.06. 2017; რუსთავი).

დრო	H _{max} , კმ	Z _{max} , dBZ	H _{Zmax} , კმ	S _{≥5 mm} , კმ ²	S _{≥15 mm} , კმ ²
18:27	13.8	65	6.5	91	31
18:33	13.4	65	6.8	98	37
18:39	14.9	67	5.7	102	28
18:45	15.8	63	7.9	107	27
18:52	13.1	59	6.2	126	30
18:58	13.2	56	4.9	75	6

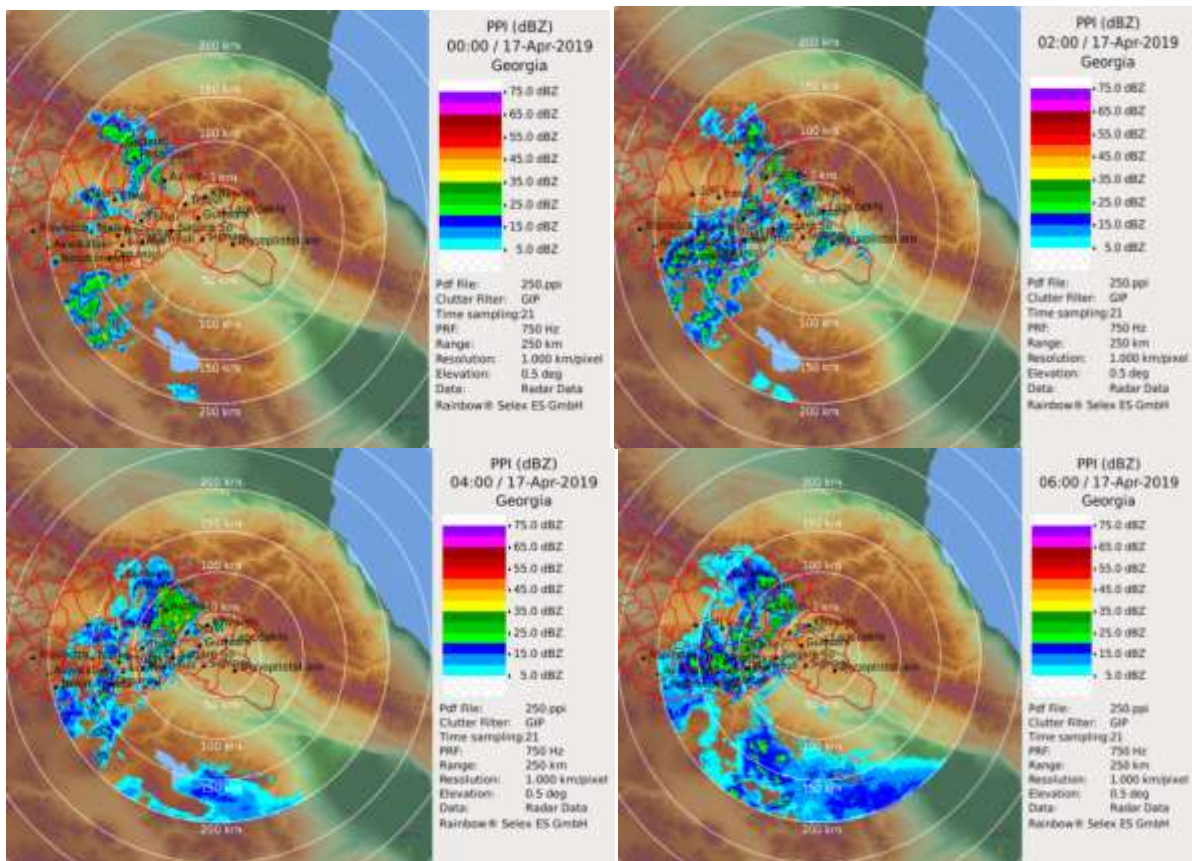
ამჟამად სეტყვის საწინააღმდეგო სამსახური ახორციელებს უწყვეტ სარადარო მონიტორინგს, რომლის მიერ მოპოვებული ინფორმაცია გადაეცემა საქართველოს გარემოს ეროვნულ სააგენტოს. დაგეგმილია სისტემის გაუმჯობესება, სახიფათო

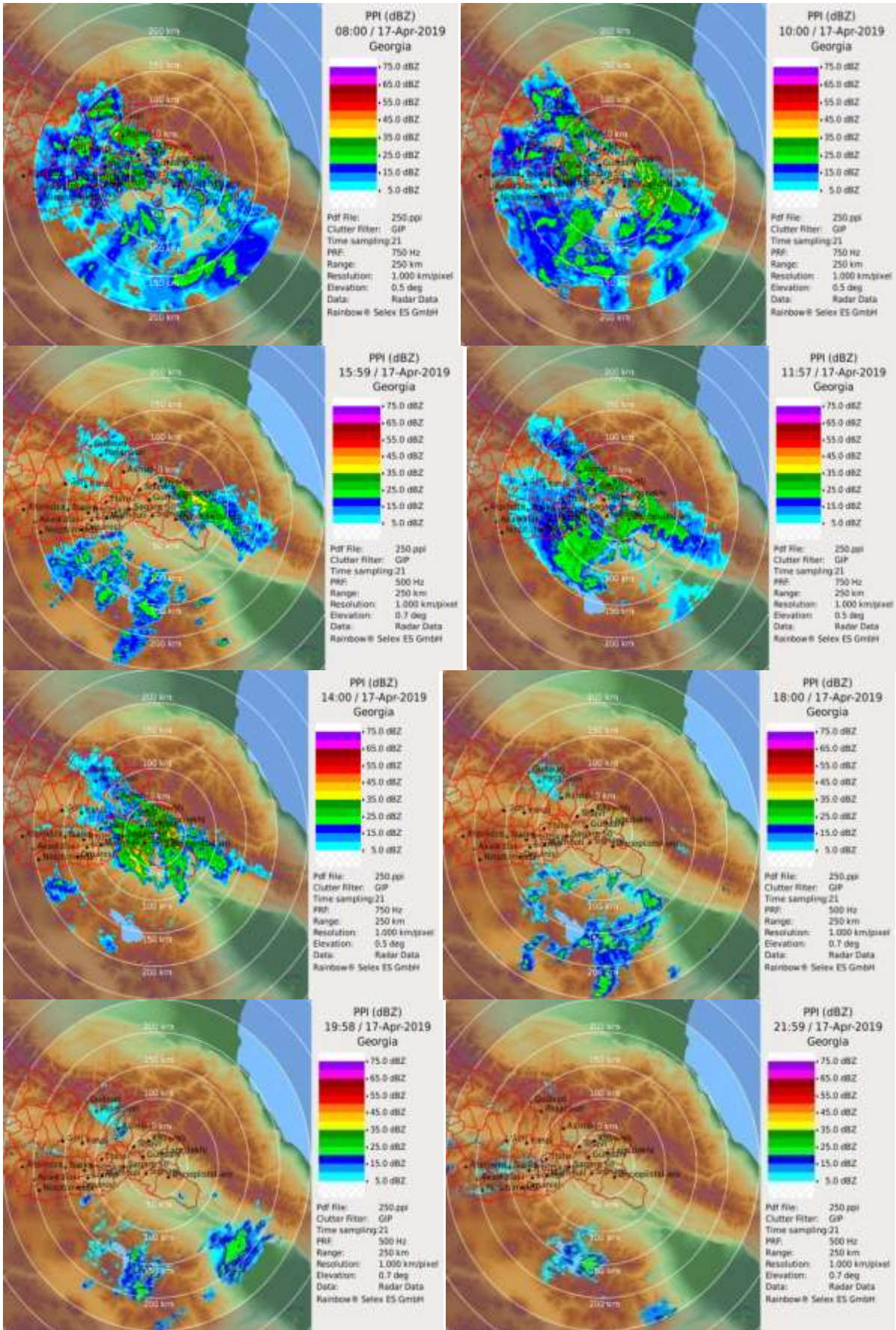
ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების დროული თავიდან აცილების და მოსახლეობის ოპერატიული გაფრთხილების მიზნით.

2.4. ატმოსფერული ნალექების ფორმირება გუდაური-კობის მონაკვეთზე (17.04.2019)

თანამედროვე მეტეოროლოგიურ სარადარო სისტემას << METEOR 735CDP10>>შეუძლია ჰაერის მასების გადაადგილების, მასთან ერთად ატმოსფერული ნალექების (სეტყვა, წვიმა, თოვლი) და მტვრის ფორმების (ვულკანური ამოფრქვევები, გამონახობი), ცვალებადობის ჩაწერა დროსა და სივრცეში ციფრულ ფორმატში.

2019 წლის 17 აპრილს თოვლმა საქართველოში, კერძოდ გუდაური-კობის მონაკვეთზე სერიოზული დაბრკოლება შექმნა. ზვავსაშიშროების და ძლიერი ქარბუქის გამო, გუდაურის დამაკავშირებელ მაგისტრალზე მოხდა ავტოსაგზაო შემთხვევები, რის გამოც გადაადგილება პარალიზებული იყო. არსებული პროცესი მთლიანად დაფიქსირებულ იქნა სარადარო სისტემის მიერ.





ნახ.7. ატმოსფერული ნალექების ფორმირება გუდაური-კობის მონაკვეთზე (17.04.2019).

2.5. ნისლის წარმოშობის პირობები და გავრცელების არეალი (თბილისი, 27.07.2018).

ბურუსის კარგ მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ 2018 წლის 20 ივლისიდან 27 ივლისის ჩათვლით არსებული მტვრიანი ღრუბელი, თურქმენეთის, აზერბაიჯანისა და აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე. აზერბაიჯანის ეკოლოგიის სამინისტრომ განაცხადა, რომ ღრუბელი გადაადგილდა თურქმენეთიდან აზერბაიჯანის მიმართულებით. თბილისში კი ეს ღრუბელი მოსახლეობამ 27 ივლისს შენიშნა.



Fig.1a. Baku, 26.07.2018



Fig.1b. Tbilisi, 27.07.2018 – 15:33 hour

20 ივლისიდან 4 აგვისტოს ჩათვლით შავი ზღვის სამხრეთ და კასპიის რეგიონებში მტვრის ფორმირებას ადასტურებს ბურუსის კარგ მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ 2018 წლის 20 ივლისიდან 27 ივლისის ჩათვლით არსებული მტვრიანი ღრუბელი, თურქმენეთის, აზერბაიჯანისა და აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე. აზერბაიჯანის ეკოლოგიის სამინისტრომ განაცხადა, რომ ღრუბელი გადაადგილდა თურქმენეთიდან აზერბაიჯანის მიმართულებით. თბილისში კი ეს ღრუბელი მოსახლეობამ 27 ივლისს შენიშნა.

2a და 2b რუკები მუქი ყავისფერი პიქსელებით, გვიჩვენებს მაღალ აეროზოლურ კონცენტრაციებს, ღია შეფერილობით კი მცირეს. შავი ასახავს ისეთ მაჩვენებელს, როდესაც სენსორმა ვერ მოახდინა გაზომვა (გადააჭარბა გაზომვის ზღვარს).

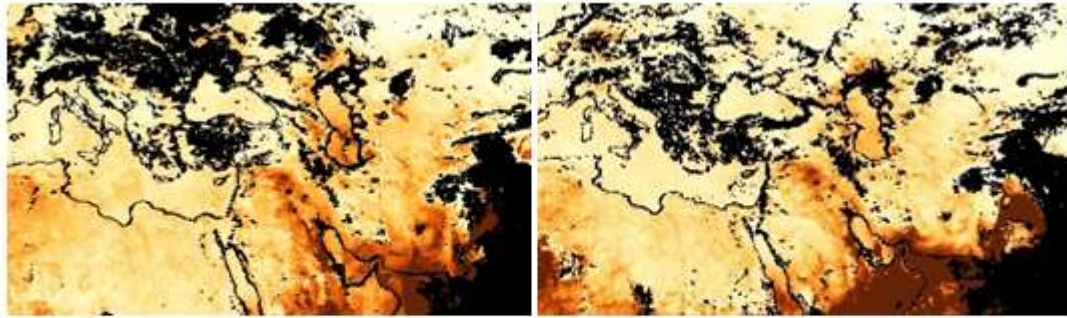
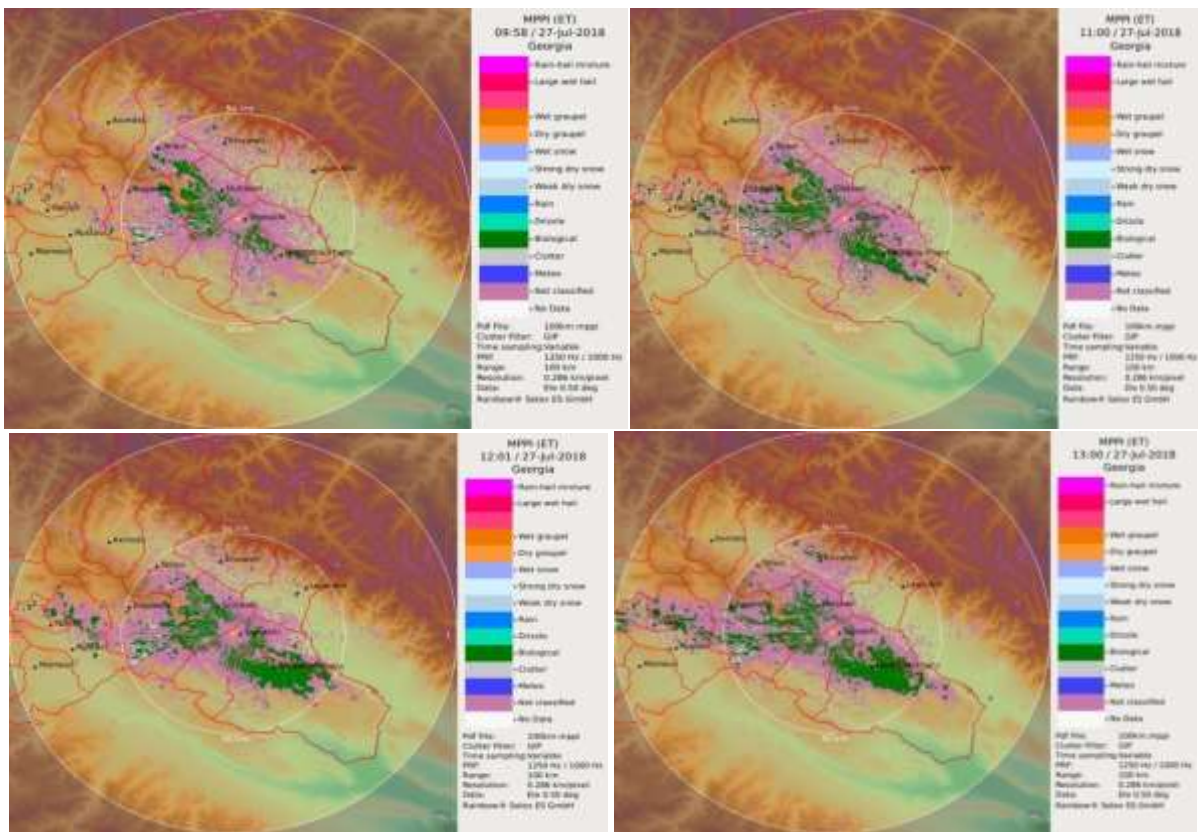


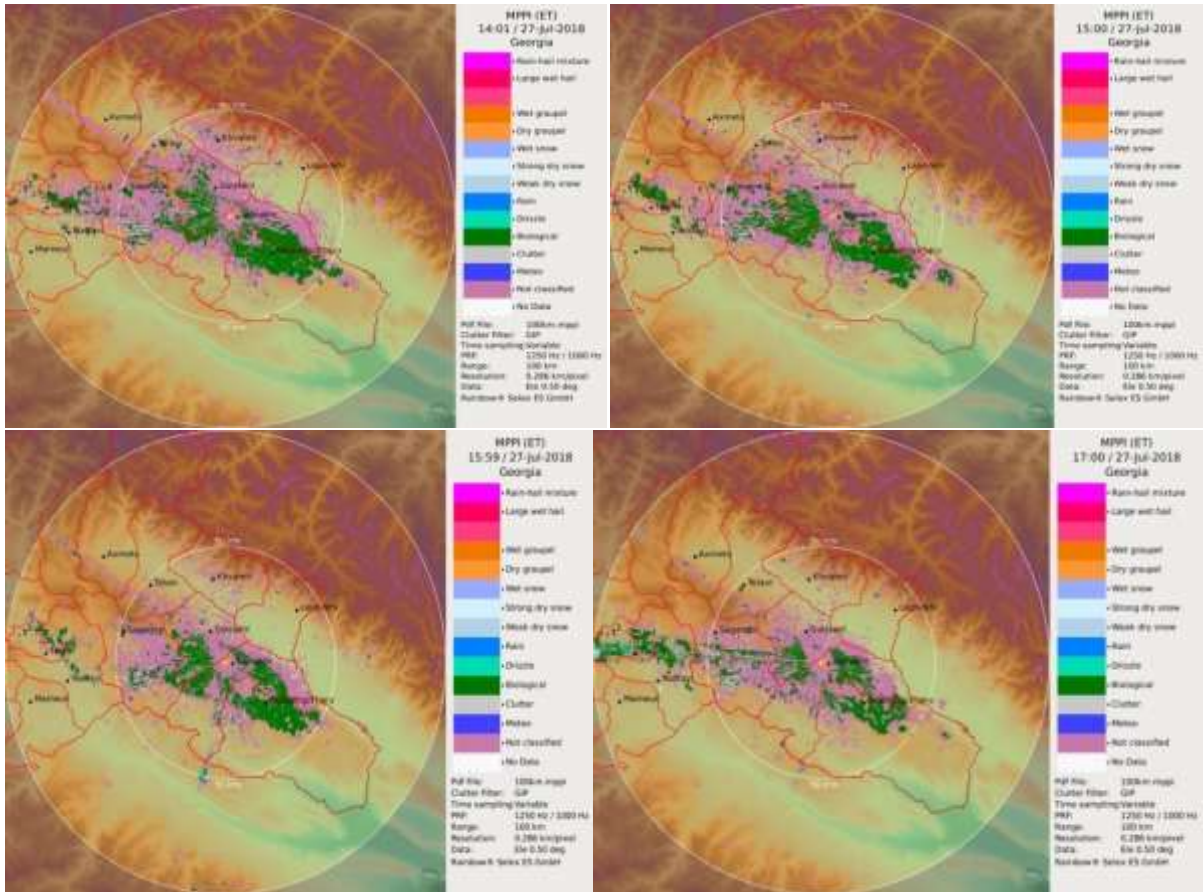
Fig.2a. AOD, July 20 - 27, 2018

Fig.2b. AOD, July 28 - August 4, 2018



2018 წლის 27 ივლისს 09:58-17:00 საათებში << METEOR 735CDP10>>რადარის ანალიზის და მონიტორინგის შედეგებით, წამროდგენილ იქნა, მტვრის ფორმირება ატმოსფეროში, აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე. როგორც ჩანს მწვანე შეფერილობით მტვრის დიდი რაოდენობა თბილისის და კახეთის მნიშვნელოვან ნაწილზე გამოვლინდა.





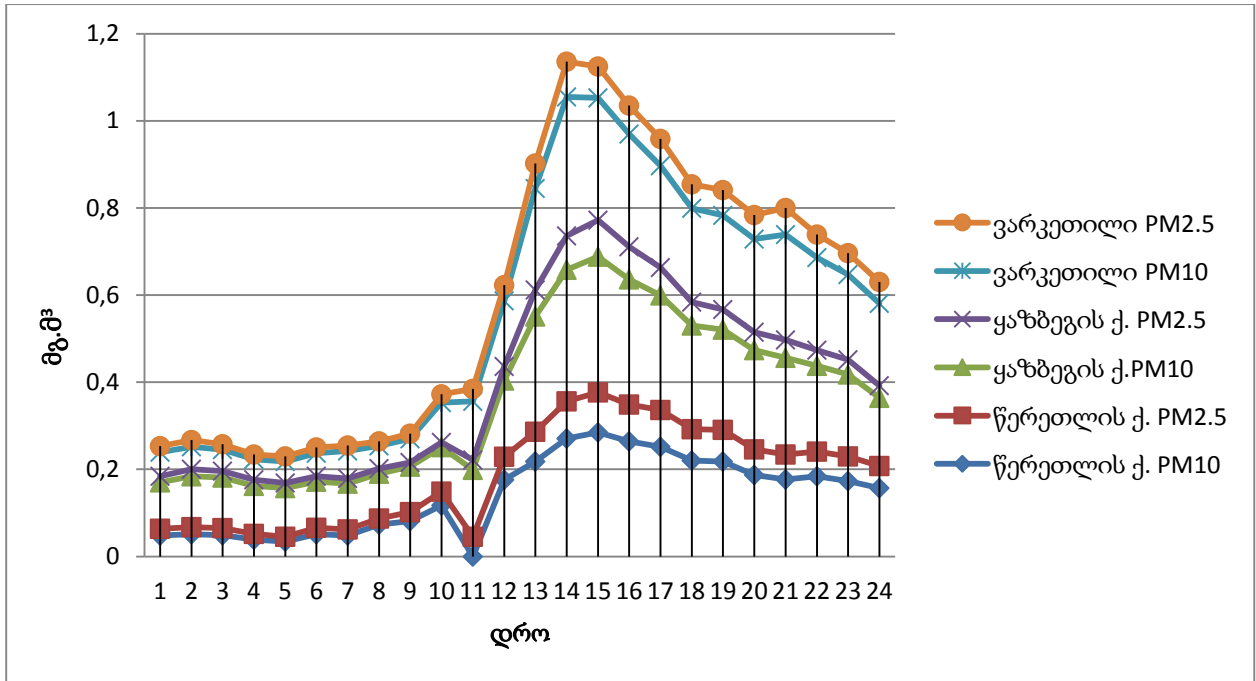
ნახ.8. ატმოსფეროში მტვრის ფორმირება და მიგრაცია აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე.

არსებული სარადარო სისტემის გარდა გამოყენებულ იქნა, საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მტვრის კონცენტრაციის მონაცემები თბილისის სამ პუნქტზე.

ცხრ.12. ჰაერის დაბინძურების პუნქტების კოორდინატები(თბილისი).

მდებარეობა	გრძედი, N°	განედი, E°	H, m
1. წერეთლის გამზ.	41.742539	44.779069	423
2. ყაზბეგის გამზ.	41.724767	44.752956	467
3. ვარკეთილი	41.699947	44.871611	518

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის სტანდარტით მტვრის ნაწილაკების მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს PM2.5: წლიური საშუალო- 0,01 მგ/მ³, 24 საათიანი საშუალო- 0,025 მგ/მ³ და PM10: წლიური საშუალო- 0,02 მგ/მ³, 24 საათიანი საშუალო- 0,05 მგ/მ³.



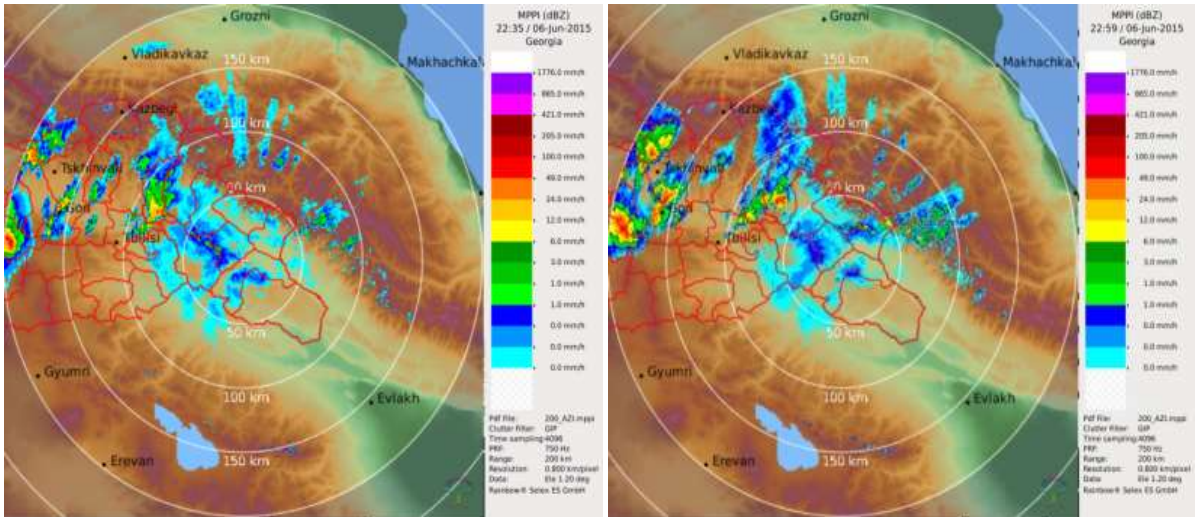
ნახ.9. მტვრის კონცენტრაცია ქ. თბილისში (27.07.2018).

ცხრ.13. მტვრის კონცენტრაციის (მგ/მ³) სტატისტიკური მაჩასიათებლები თბილისი. 27.07.2018.

მდებარეობა	წერეთლის ქ.		ყაზბეგის ქ.		ვარკეთილი	
პარამეტრი	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Min	0.034	0.011	0.102	0.010	0.047	0.010
Max	0.285	0.092	0.311	0.084	0.319	0.081
Mean	0.148	0.046	0.179	0.034	0.152	0.038
Range	0.251	0.081	0.209	0.074	0.272	0.071
St Dev	84.3	27.9	72.6	23.8	90.7	23.7
Cv, %	57.1	60.6	40.5	69.4	59.5	62.3
Mean/24-hour mean MPC	2.96	1.84	3.58	1.36	3.04	1.52

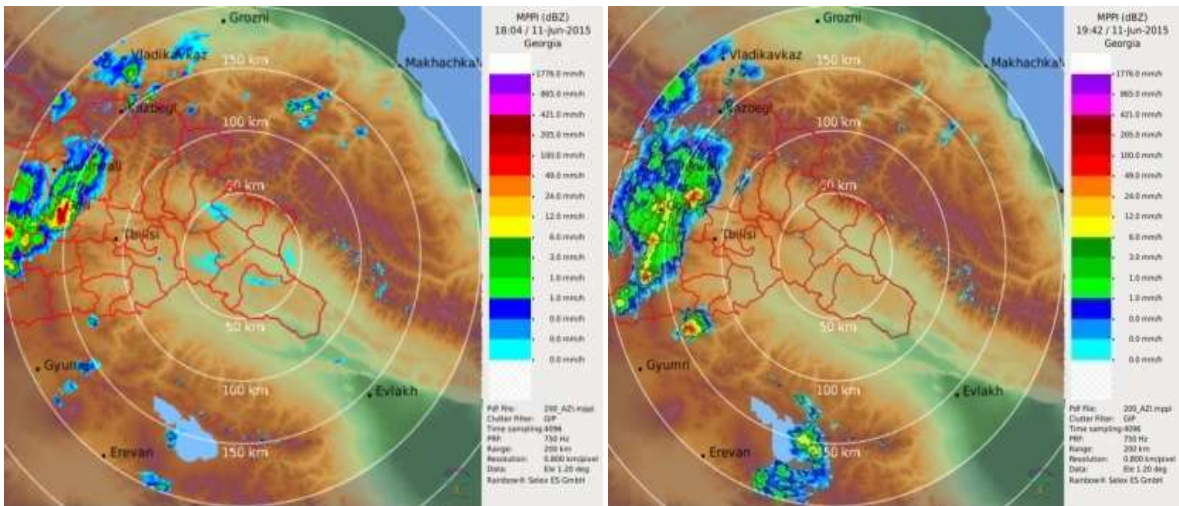
2.6. სტიქიური პროცესები საქართველოში.

2011-2014 წლებში საშუალოდ იყო 14 წყალდიდობა, 9 ზვავი, 370-ზე მეტი სხვადასხვა სტიქიური გარემოებები. ადრეული პერიოდიდანვე მნიშვნელოვან სამუშაოებს წარმოადგენდა საქართველოში ნალექების სივრცე-დროითი შესწავლა, კლიმატის ცვალებადობასა და მის პროგნოზირებასთან ერთად. დღეისთვის მნიშვნელოვანია სარადარო დაკვირვებების მონაცემების დეტალური შესწავლა.



ნახ.10. სარადარო მონაცემები: ღრუბლების ფენის ჭრილი და ნალექების ინტენსივობა (6.06. 22:35-22:59 სთ.2015.)

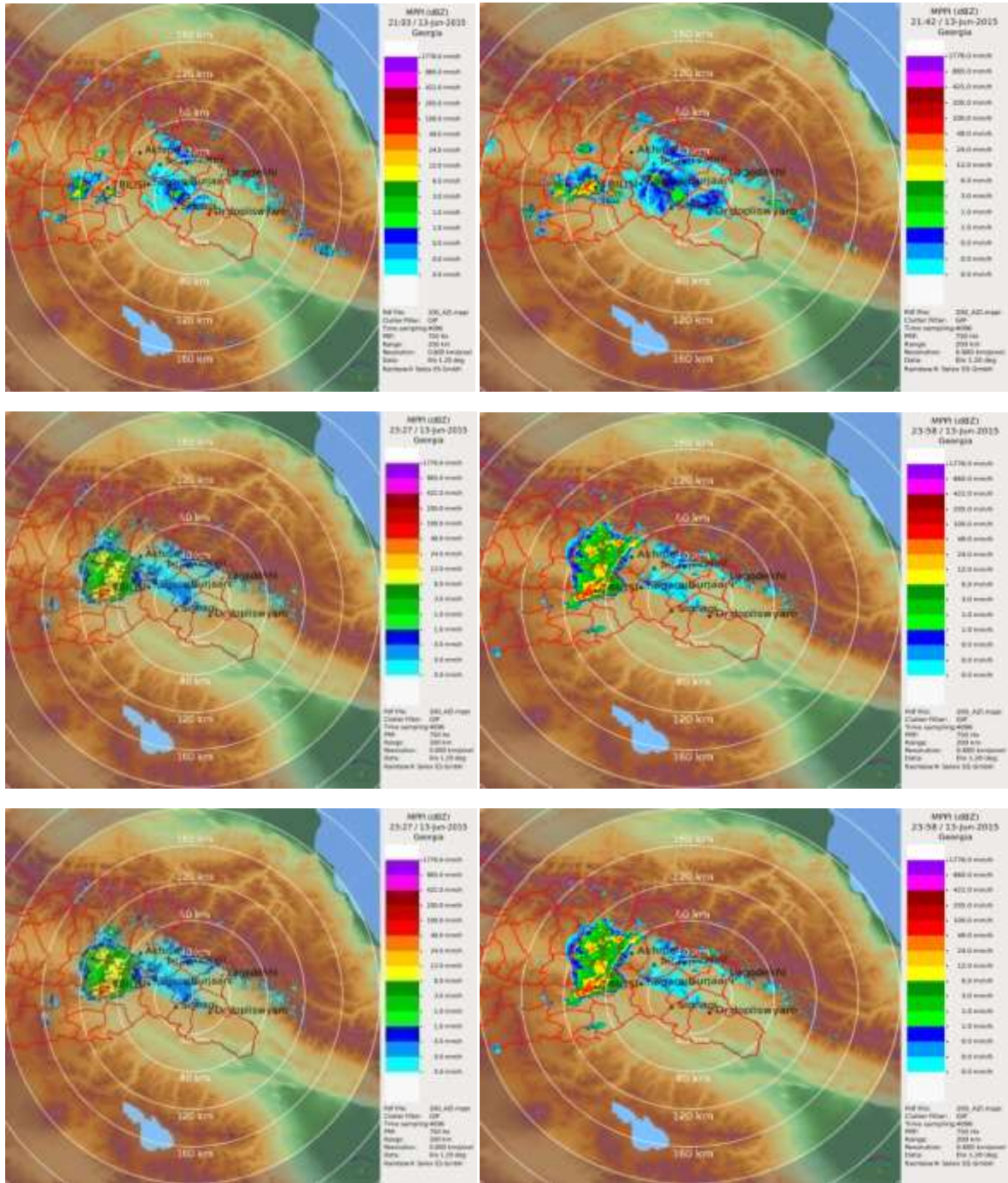
რადარის მონაცემებით, გორის მუნიციპალიტეტში ნალექების ინტენსივობამ 100 მმ/სთ მიაღწია (ნახ.11). წვიმამ გამოიწვია წყალდიდობა. 2015 წლის 7 ივნისის ღამით 4 საათიანი ინტენსიური წვიმის შედეგად 20-ზე მეტი სოფელი დაიტბორა. ხუთი დღის შემდეგ 11 ივნისს ატენის ხეობის მდინარის კალაპოტის დატბორვის შედეგად დაზიანდა საცხოვრებელი სახლები, გზები, ხიდები, სამეურნეო კულტურა.



ნახ.11. თავსხმა ნალექი, სარადარო დაკვირვება (2015 11.06; 18:04-19:42 სთ, ქ. გორი).

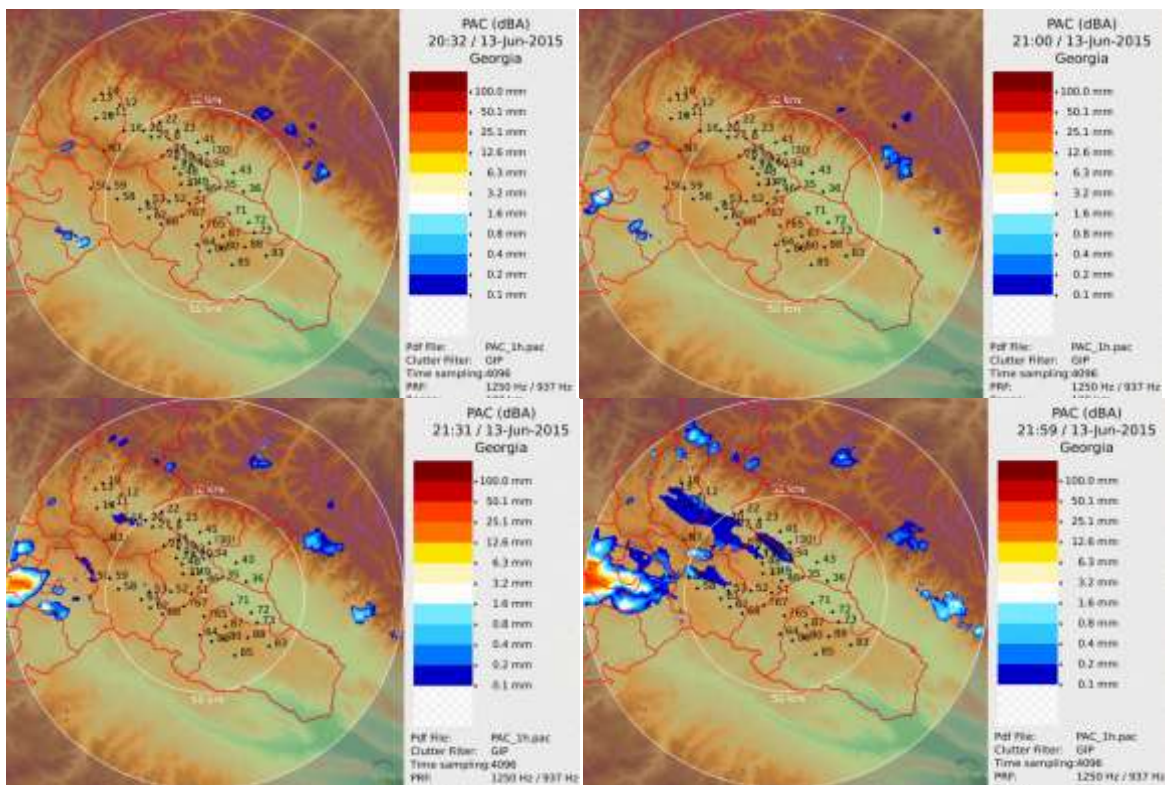
2015 წლის 13-14 ივნისს ქ. თბილისში მოხდა სტიქიური უბედურება. რომელიც გამოწვეული იყო მდ. ვერეზე მომხდარი წყალმოვარდნით. რადარის დაკვირვებით თითქმის 5 საათის განმავლობაში ღრუბელი უძრავად იყო განთავსებული, რომლის

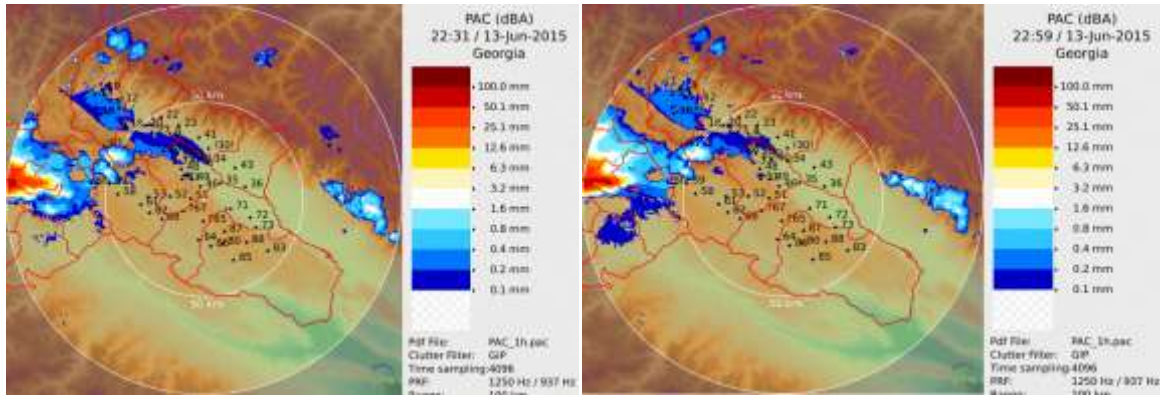
დროსაც ნალექების ინტენსივობა შეადგენდა 200მმ/სთ-ს. $H_6=4800\text{მ}$, $H_0=3850\text{ მ}$, წამყვანი დინების მიმართულება 300° და სიჩქარე 5 მ/წმ. დღის მეორე ნახევარში თბილისის ტერიტორიაზე ამინდის მკვეთრი ცვლილება გამოწვეული იყო სამხრეთიდან და აღმოსავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერის მასებით.



ნახ.12. ნალექების ინტენსივობა ღრუბლების ფენებში (ჭრილში), გადაღებული MPPI Dbz სარადარო პროდუქტით (2015 წლის 13-14 ივნისი, თბილისი).

თვითმხილველების მონაცემებით, დიდი მეწყერი ჩამოწვა სოფელ ახალდაბის მიდამოებში სადამოს, დაახლოებით 11 საათზე. ძირითადი რაოდენობა ქვა-ღორღის, მიწისა, ხეების და ბუჩქების სწორედ მან ჩაიტანა მდინარე ვერეს კალაპოტში, თუმცა ამ კატასტროფის დროს 60-ზე მეტი მეწყერი ჩამოწვა. ნახაზზე წარმოდგენილია დაახლოებით ნახევარ საათიანი ინტერვალით აღებული რადიოლოკაციური სურათი, რომელიც მოსული ნალექის ინტენსივობას გვიჩვენებს. ის ღრუბლების ზონა, რომელიც ჩვენს ინტერესს წარმოადგენს, განლაგებულია ამ ექვსივე სურათის უკიდურეს მარცხენა მხარეს. პირველ სკანზე (20:32 სთ) ღრუბელი ჯერ არ ჩანს. მეორე სკანზე (21:00 სთ) ნალექების ზონა უკვე გამოჩნდა, მაგრამ ნალექების ზონა განლაგებულია ქალაქის სამხრეთ ნაწილში. შემდეგ ოთხ სკანზე ზონა დგას უძრავად, ქალაქის უკიდურეს სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილის მახლობლად, იზრდება მისი ზომები და ნალექების ინტენსივობა, მაგრამ დიდი ხნის განმავლობაში იგი ადგილიდან არ იძვრება. ამ ზონის გარჩევა ძალიან ადვილია, ვინაიდან ნალექის მაღალი ინტენსივობის გამო მისი ფერი მოყავისფრო-წითელია (ნახ.13).





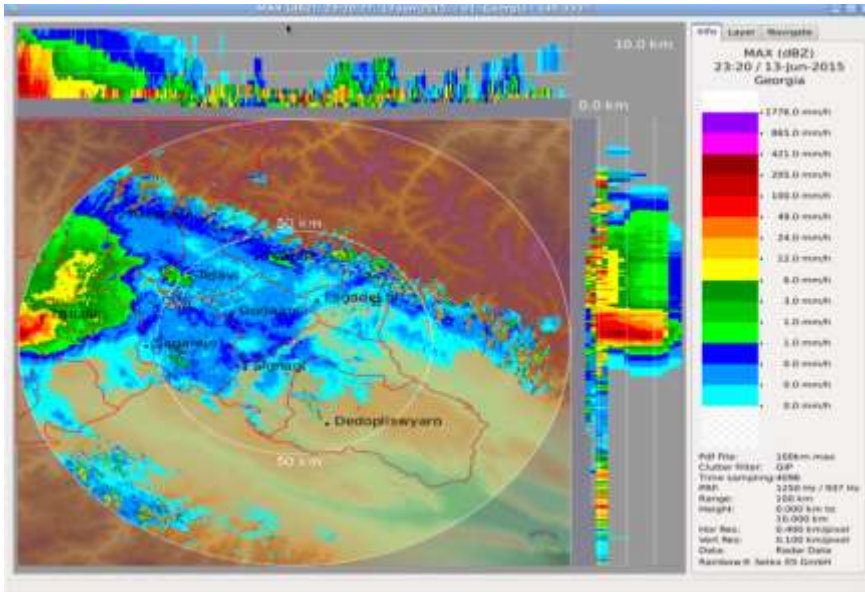
ნახ.13.ნალექების ინტენსივობა, რადარის (MAX Dbz) რადარის პროდუქტით (30 წთ-იანი ინტერვალთ, 20.32 სთ-22.59 სთ).

ცხრ.13. მეწყერის თავზე განლაგებული ღრუბლების მაქსიმალური რადიოლოკაციური ამრეკლადობის კოორდინატები (ახალდაბა, 2015 წლის 13-14 ივნისი)

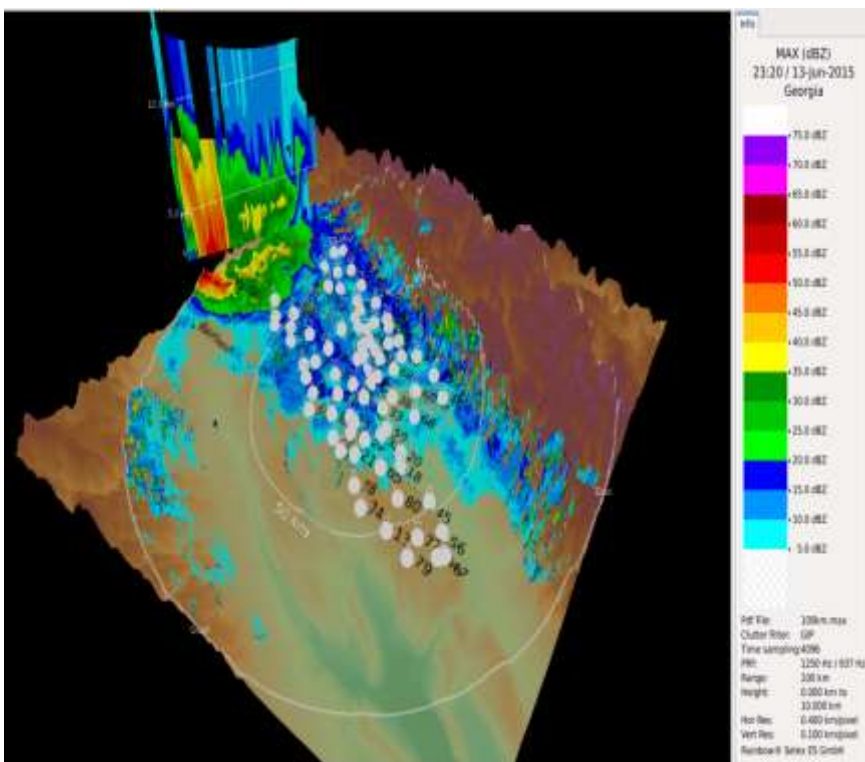
პუნქტი	გრძედი, E°	განედი, N°	სიმაღლე, მ	მანძილი მეწყერის შუა წერტილიდან (კმ)
გზის წაღებული ადგილი, ცენტრი	44.68	41.68	1289	0
ახალდაბა, წყალგამტარი გზაზე	44.67	41.68	910	1.3
ახალდაბა, ცენტრი	44.66	41.69	902	1.5
ვაშლიჯვარი, მეტეოსადგური	44.77	41.75	441	11.5
ფილარმონია	44.79	41.71	449	9.8
ზონის დასავლეთი ნაწილი	44.64	41.69	788	3.1
RP-5, მეტეოსადგური	44.75	41.70	425	6.7
1 გვირაბის დასაწყისი	44.74	41.71	471	7.2
2 გვირაბის დასაწყისი	44.76	41.76	448	8.2

ცხრ.14. 2015 წლის 13 ივნისი 20-დან 22 სთ. ახალდაბის მიდამოებში წარმოქმნილი ღრუბლების რადიოლოკაციური მახასიათებლები.

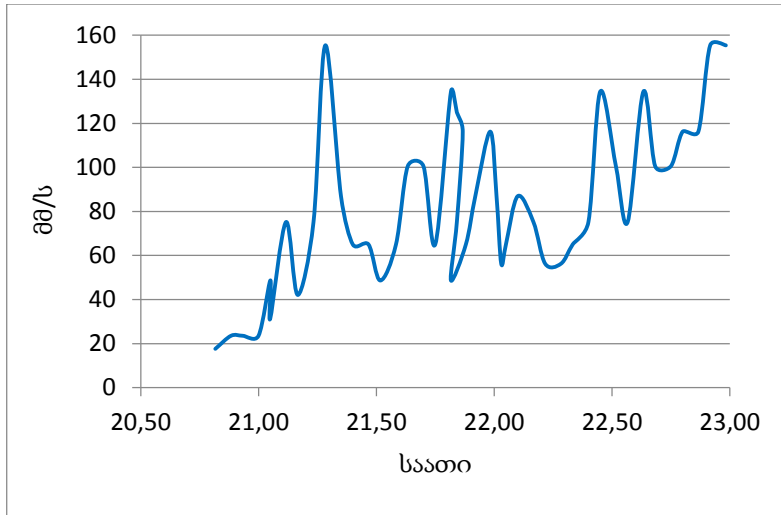
პარამეტრები	H _m , კმ	H _{Zm} , კმ	Z _m , dBZ	Z _m , კოორდინატები		ღრუბლის ზონის ფართობი, ნალექი ≥100 მმ/სთ
				გრძედი, E°	განედი, N°	
საშუალო	7.4	4.8	55	44.7	41.7	5.1
მინიმუმი	3.7	2.7	43	44.4	41.6	0.5
მაქსიმუმი	8.8	8.2	64	44.9	41.8	20



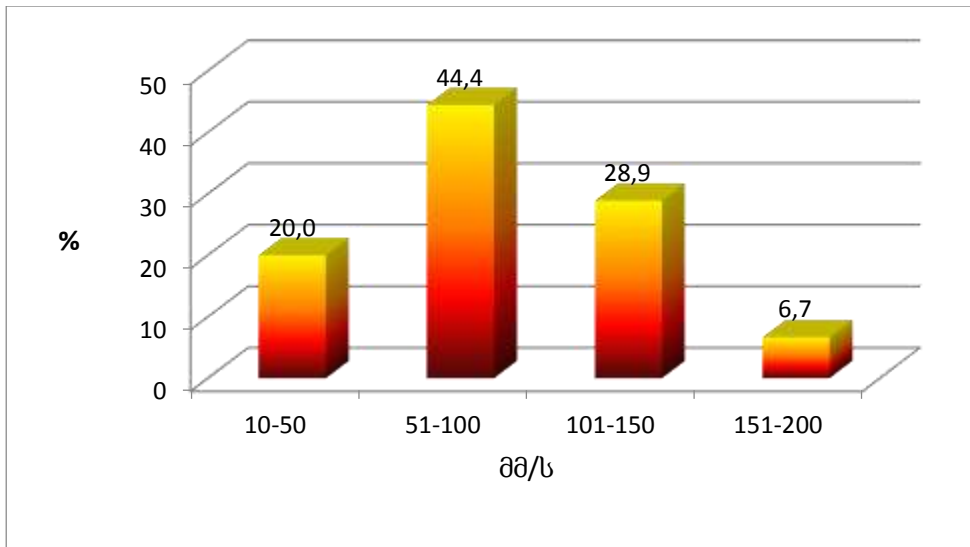
ნახ.14. ღრუბლების ჰორიზონტალური კრილი, რადარის MAX Dbz პროდუქტით (2015, 13.06. 23:20 სთ, თბილისი).



ნახ.15. ღრუბლის ჰორიზონტალური 3D კრილი რადარის MAX Dbz რადარის პროდუქტით (2015 წლის 13 ივნისი 23:20 სთ, თბილისი).



ნახ.16. ღრუბლის მაქსიმალური რადიოლოკაციური ამრეკლადობის არეს ქვეშ მოსული ნალექების ინტენსივობის დროითი სვლა (2015. 13.06. 20:50—23:00)



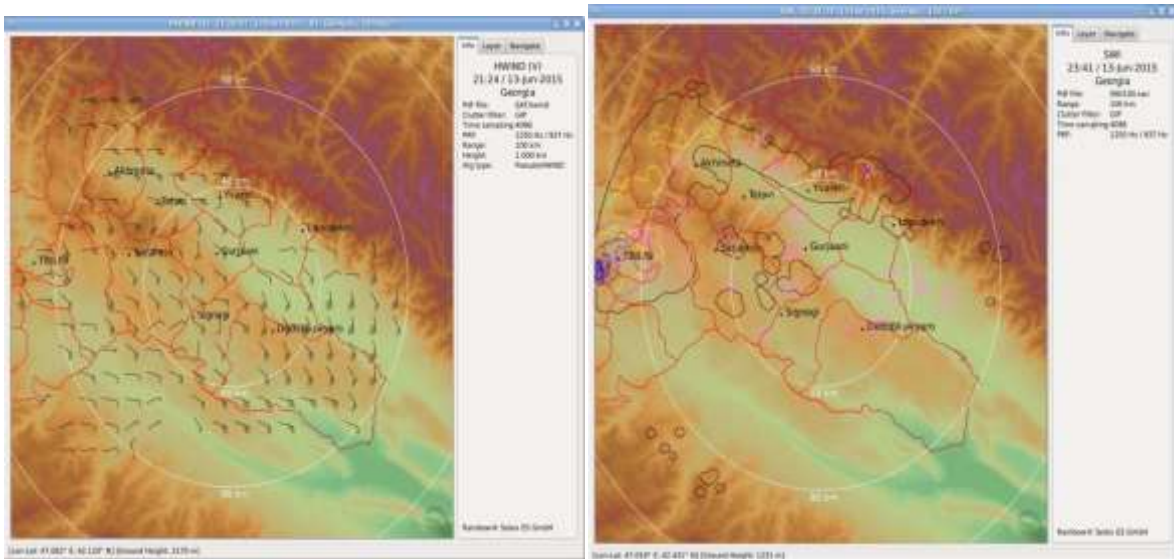
ნახ.17. ღრუბლის მაქსიმალური რადიოლოკაციური ამრეკლადობის არეს ქვეშ მოსული ნალექების ინტენსივობის განმეორადობა (2015.13.06. 20:00—22:00)

თავსხმა წვიმის დაწყებიდან, მეწყერის თბილისის ტერიტორიაზე მოღწევამდე 178 მმ ნალექი დაფიქსირდა, მაშინ როდესაც თბილისის, 1957–2006 წლების, ნალექებზე მონიტორინგის მონაცემების დამუშავების შედეგად, დადგენილია, რომ წლის განმავლობაში ნალექების ჯამურმა მაქსიმალურმა რაოდენობამ შეადგინა 601,8 მმ, ხოლო მაქსიმალური დღეღამური ნალექი 130 მმ-ია. აქ წარმოდგენილია მხოლოდ ივნისის თვის შედეგები, ვინაიდან ნალექების დღე-ღამური მაქსიმუმები, მხოლოდ ამ თვის განმავლობაში არის დაფიქსირებული.

ცხრ.16. ნალექების დღეღამური ჯამების სტატისტიკური მახასიათებლები (თბილისი, 1957 – 2006 წწ. ივნისი).

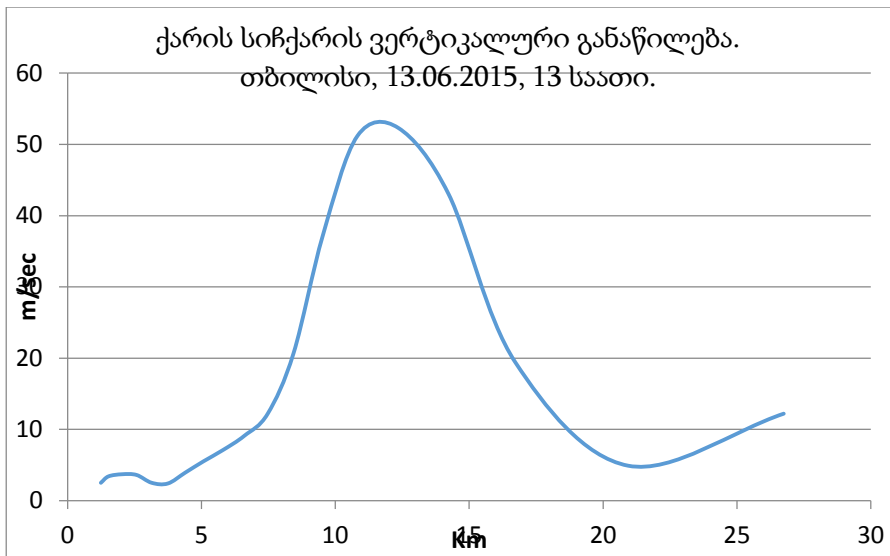
პარამეტრი	ყველა დღე	ნალექიანი დღე	პარამეტრი	ყველა დღე	ნალექიან დღეთა რიცხვი
შემთხვევათა რაოდენობა	1500	539	სტანდ. გადახრა	7.6	11.4
საშუალო	2.4	6.8	სტან.ცდომილება	0.2	0.5
მინიმუმი	0.0	0.1	ვარიაციის კოეფ.(%)	309.9	167.7
მაქსიმუმი	130.1	130.1	ასიმეტრიის კოეფ.	8.7	5.9
დიაპაზონი	130.1	130.0	ექსესის კოეფ.	113.4	50.5
მედიანა	0.0	3.1	99% CONF-L	1.9	5.5
მოდა	0.0	0.5	99% CONF-U	3.0	8.1

2015 წლის 13 ივნისს ქარის მიმართულებების და სიჩქარის გამზომი პროდუქტის HWIND (V) მონაცემებით, ქარის სიჩქარე 100 კმ-იან რადიუსში მერყეობს 3-25 მ/წმ-მდე. თბილისში და მის შემოგარენში ქარის სიჩქარე იცვლება 15-20 მ/წმ ფარგლებში (ნახ.18).

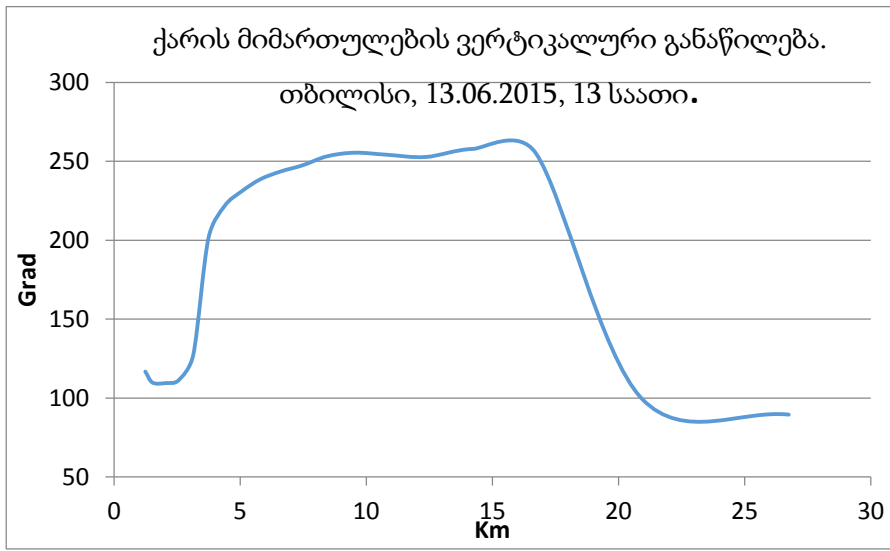


(ნახ.18.) ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გამზომი პროდუქტის HWIND (V) მონაცემები (2015. 13.06.)

დიაგრამებზე (ნახ.20, 21.) წარმოდგენილია, ქარის სიჩქარის და ქარი მიმართულებების ვერტიკალური განაწილება 13.06.2015 წლის 13 საათის მონაცემებით.



ნახ.19. ქარის სიჩქარის ვერტიკალური განაწილება (13.06.2015.13 სთ.)



ნახ.20. ქარის მიმართულების ვერტიკალური განაწილება (13.06.2015. 13 სთ.).

წყალდიდობის შედეგად დაიტბორა სახლები, შენობები. დაზიანდა გზები და ინფრასტრუქტურა, დაიღუპა 19 ადამიანი.ზოოპარკიდან გაიქცა ათეულობით ცხოველი, ნახევარზე მეტი გარდაიცვალა. ყველაზე რთული მდგომარეობა იყო ვაკე-საბურთალოს სამარ-შრუტო ტერიტორიაზე. ჯამურმა ზარალმა შეადგინა 2000 მლნ. ლარი.

მიღებული შედეგები:

1. სეტყვის პროცესი საქართველოში განპირობებულია, როგორც ფრონტალური ისე ადგილობრივი ჰაერის მასებით. აღმოსავლეთ საქართველოში, სეტყვის პროცესის 44% ცივი ფრონტის შემოჭრის შედეგად ხდება; 24% ტალღური აღრევებით; 17% შიდამასიური პროცესებით, ხოლო 15% ფრონტალური ოკლუზიის შედეგად.
2. 2019 წლის 19-20 მაისს კახეთის ტერიტორიაზე, აღინიშნა ძლიერი სეტყვის პროცესი, რომელიც გამოწვეული იყო დასავლეთიდან შემოსული ცივი ფრონტის გავლით.
2.19-20 მაისის პროცესის დროს, დღის მეორე ნახევარში თბილისის ტერიტორიაზე ამინდის მკვეთრი ცვლილება გამოწვეული იყო სამხრეთიდან და აღმოსავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერის მასებით. ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლე $H^0=4\text{კმ}$, ხოლო $H^{-6}=4.8\text{კმ}$ სიმაღლეზე აღინიშნა. ჰაერის მასების წამყვანი დინების მიმართულება 245° , ხოლო დინებების სიჩქარე 11 მ/წმ.
3. 19-20 მაისის პროცესის მიმდინარეობისას კონვექციური უჯრედების სიმაღლე საშუალოდ $H_{\text{საშ}}=12\text{ კმ}$ -ია, ხოლო მაქსიმალურმა სიმაღლემ $H_{\text{მაქს}}=16\text{ კმ}$ მიაღწია.
3. 2018 წლის განმავლობაში, სეტყვაზე ზემოქმედების პერიოდში, წამყვანი ჰაერის მასების დინებების ძირითადი მიმართულება იყო: სამხრეთ-დასავლეთი 35,6% და დასავლეთი 38,2%.
4. 2015 წლის 13 ივნისს, ქარის სიჩქარის გამზომი პროდუქტის HWIND მონაცემებით, ქარის სიჩქარე 100 კმ-იან რადიუსში მერყეობს 3-25 მ/წმ-მდე. თბილისში და მის შემოგარენში ქარის სიჩქარე იცვლება 15-20 მ/წმ ფარგლებში.
5. ზემოქმედების შედეგად, სეტყვისაგან დაზიანებული ფართობი 2018 წელს, 2016 წელთან შედარებით შემცირებულია 47%-ით, ხოლო 2017 წელთან შედარებით 52%-ით.

დასკვნა

ამინდის რეჟიმს და მისი ცვლილებების ხასიათს განსაზღვრავს ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური პროცესები, რომელიც წარმოადგენს ყველა სახის ჰაერის დინებათა ერთობიობას და მის ცვლილებას, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებით. საქართველოს ტერიტორიაზე მიმდინარე ატმოსფერული პროცესები განპირობებულია, ძირითადად გეოგრაფიული მდებარეობით და რთული ოროგრაფიული პირობებით. ამინდის შექმნაში მონაწილეობს როგორც ზომიერი, ისე სუბტროპიკულ ზონაში განვითარებული ატმოსფერული პროცესები. ამ ზონებში ძირითადად ადგილი აქვს ზონალურ ცირკულაციას, ე.ი. ჰაერის მასების გადაადგილება ხდება განედურად. ხშირად ზონალურ ცირკულაციას არღვევს მერიდიანული ცირკულაცია, რომლის დროსაც ჩრდილო განედებიდან ხდება ცივი ჰაერის მასების, ხოლო სამხრეთიდან-თბილი ჰაერის მასების შემოჭრა. საქართველოს ამინდის ფორმირებაში მონაწილეობს კონვექციური პროცესები, რომელიც წლის თბილ პერიოდშია მკვეთრად გამოხატული. იმის გამო, რომ საქართველოში, განსაკუთრებით მის დასავლეთ ნაწილში, თბილი ზამთარი იცის, ეს პროცესი ამ პერიოდშიც ხშირად ვითარდება და საკმაო რაოდენობის ნალექებსაც წარმოქმნის. ასევე მნიშვნელოვანია ადგილობრივი ცირკულაცია, რომელიც განპირობებულია, რელიეფის დასერილობით, დასავლეთით შავი ზღვის არსებობით და სიმაღლით ზღვის დონიდან, ვინაიდან ბევრი მწვერვალი მყინვარებით არის დაფარული. სეტყვის პროცესების თვალსაზრისით საქართველო მსოფლიოში ერთ-ერთ სახიფათო ქვეყანას წარმოადგენს. საქართველოს სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“ სარადარო დაკვირვებას და სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოებს აწარმოებს კახეთის რეგიონში, გერმანული წარმოების მაღალტექნოლოგიური რადარის (METEOR735 CDP10-DOPPLER WEATHER RADAR) საშუალებით. კერძოდ, ჩვენი ქვეყნის სეტყვისაგან დასაცავი ტერიტორიების საერთო ფართობი შეადგენს 800 000 ჰა-ს. სასოფლო სამეურნეო სავარგულებს უკავია 565,8 ათასი ჰა. დასაცავ ტერიტორიაზე განთავსებულია 83 ზემოქმედების პუნქტი, საიდანაც ხდება სასოფლო სამეურნეო კულტურებზე სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელება, რომელიც შეიცავს, რადიოლოკაციური დაკვირვების ჩატარების თანმიმდევრობას, ზემოქმედების ობიექტების ამოცნობას და ფიზიკური ეფექტურობის ოპერატიულ კონტროლს.

აღნიშნული მეთოდოლოგიის დახვეწის და შემდგომი განვითარების შედეგად, შესაძლებელი იქნება ატმოსფერული მოვლენების ზუსტი პროგნოზირება, რომლის მეშვეობითაც მოხდება დროული ღონისძიებების გატარება და ეკონომიკურ-მატერი-ალური ზიანი მინიმუმადე დაიყვანება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ი. ავაზაშვილი, ა. ამირანაშვილი, ე. კაპანაძე, დ. კირკიტაძე, რ. ნაფეტვარიძე, თ. სალუქვაძე, მ. ტატიშვილი, ე. ხელაია., ატმოსფერო და ატმოსფერული მოვლენები. თბილისი, „მეცნიერება“ 1995.
2. ა. ამირანაშვილი, ზ. კერესელიძე, მ. მიტინი, ი. ხვედელიძე, ვ. ჩიხლაძე. მდინარე ვერეს ხეობის მიკროკლიმატის შემაშფოტებელი ფაქტორები და მათი გვალენა წყალმოვარდნების ინტენსივობაზე. მიხეილ ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXIX, 2018.
3. ა. ბუხნიკაშვილი. სეტყვა და მასთან ბრძოლა. თბილისი 1962.
4. ლ. გვერდწითელი, თ. შარაშიძე. ატმოსფერული ჰაერის დაცვის ტექნიკა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი 2017.
5. ე. ელიზბარაშვილი. საქართველოს ჰავა. თბილისი 2017.
6. შ. ელიზბარაშვილი. ატმოსფერული ნალექების მოდელირება და გეოინფორმაციული კარტოგრაფირება მთიან პირობებში. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი 2009.
7. შ. ჯავახიშვილი. ატმოსფერული ნალექები საქართველოს ტერიტორიაზე. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა 1981.
8. ა. კოტარია. მეტეოროლოგიის საფუძვლები. თბილისი 1992.
9. ა. კოტარია. ზოგადი მეტეოროლოგია და კლიმატოგრაფია. თსუ გამომცემლობა, თბილისი 1973 .
10. ა. კოტარია. ზოგადი მეტეოროლოგია და კლიმატოგრაფია. თსუ გამომცემლობა, თბილისი 1972 წ.
11. საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, ტომი 115. კლიმატი, ბუნებრივი რესურსები, სტიქიური კატასტროფები სამხრეთ კავკასიაში. თბილისი 2008.
11. სახელწიფო სამხედრო სამეცნიერო ტექნიკური ცენტრი „დელტა“. სეტყვის საწინააღმდეგო დაცვის სამსახურის სახელმძღვანელო დოკუმენტი. თბილისი 2016.
12. ზ. ხვედელიძე. სინოპტიკური მეტეოროლოგია. თსუ გამომცემლობა, თბილისი 1998.
13. შ. ჯავახიშვილი. მეტეოროლოგია და კლიმატოგრაფია. თბილისი 2000.
14. შ. ჯავახიშვილი. ლექციების კურსი მეტეოროლოგიასა და კლიმატოგრაფიაში. თსუ გამომცემლობა, თბილისი 1984.

15. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 114. მეტეოროლოგიის პრობლემები. თბილისი 2010.
16. Avtandil G. Amiranashvili, Nino T. Berianidze, Victor A. Chikhladze, Mikheil N. Mitin, Ana A. Mtchedlishvili. Preliminary Results of the Analysis of Radar and Ground-Based Monitoring of Dust Formation in Atmosphere Above the Territory of Eastern Georgia on 27 July 2018. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127. Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(2), 2018.
17. N. R. Javakhishvili. Radar Characteristics of the Hail Process on 10 June 2017 in Rustavi Municipality (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127. Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(1), 2018.
18. М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, М.В. Бареева, А.М. Малкарова. *РУКОВОДСТВО ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ПРОТИВОГРАДОВЫХ РАБОТ*. Нальчик, 2014.
19. Банеташვილი ვ.გ., გელოვანი გ.ტ., გრებენცოვა ა.ვ., ჯავახიშვილი ნ. რ., იობაძე კ.ვ., მითინ მ.ნ., საგინაშვილი ნ.მ., სამხარაძე ი.ნ., ხურციდზე გ.ტ., ცერეთელი ა.გ., ცხვედიასვილი გ.ნ., ჩხაიძე ბ.დ. *НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ СИЛЬНЫХ ЛИВНЕЙ В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ ПО ДАННЫМ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 2015 ГОДА*. 2016.