



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის
ინსტიტუტი



საქართველოში სეტყვასთან და
ზგავებთან ბრძოლის სამუშაოთა
განახლების საკითხისათვის

**ON THE RESTORATION OF HAIL
SUPPRESSION AND ANTI-AVALANCHE
ACTIVITIES IN GEORGIA**

**К ВОПРОСУ О ВОЗОБНОВЛЕНИИ
ПРОТИВОГРАДОВЫХ И
ПРОТИВОЛАВИННЫХ РАБОТ В ГРУЗИИ**

თბილისი
2 0 1 3

მიმოხილვის ავტორები

თენგიზ ცინცაძე

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი,
ტექნიკის მეცნ. აკად. დოქტორი, საქართველოს საინჟინრო
აკადემიის წევრ-კორესპოდენტი

ბაკურ ბერიტაშვილი

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი
თანამშრომელი, გეოგრ.მეცნ. დოქტორი

ნაილი კაპანაძე

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის უფრ.მეცნიერი
თანამშრომელი, გეოგრ.მეცნ.აკად.დოქტორი

მანანა სალუკვაძე

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის უფრ.მეცნიერი
თანამშრომელი, გეოგრ.მეცნ.აკად.დოქტორი

***Tengiz Tsintsadze, Bakur Beritashvili,
Naili Kapanadze Manana Saluqvadze***

***Цинцадзе Т.Н., Бериташвили Б.Ш.,
Капанадзе Н.И., Салуквадзе М.Е***

უაკ 551.576:538.978

მთავარი რედაქტორი:

ნოდარ ბეგალიშვილი

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის განყოფილების გამგე,
ფიზ.-მათ.მეცნ.დოქტორი

Editor in Chief N.Begalishvili

Главный редактор Бегалишвили Н.А.

რედკოლეგია: გ.გრიგოლია, ე.ელიზბარაშვილი,
ლ.ინწკირველი, მ.ტატიშვილი, გ.გუნია, გ.მელაძე,

Editorial Board:

G.Grigolia, E.Elizbarashvili, L.Intskirveli,,

M.Tatishvili,G.Gunia, G.Meladze

Редакционная коллегия:

Григолия Г.Л., Элизбарашвили Э.Ш., Инцкирвели Л.н.,

Татишвили М.А.,Гуния Г.С., Меладзе Г.Г.

რეცენზენტი:

თამაზ თურმანიძე

საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკადემიის წევრ-
კორესპოდენტი, გეოგრ.მეცნ. დოქტორი

Reviewer:

Dr. Sci in Geography, Professor

Tamaz Turmanidze

Рецензент:

Доктор географических наук, профессор

Тамаз Турманидзе

ISBN978-9941-0-6156-1

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

**Institute of Hydrometeorology of the
Georgian Technical University**

Институт Гидрометеорологии

Грузинского Технического Университета



2013

უაკ 551.576:538.978

ნაშრომის პირველ თავში განხილულია საქართველოში სეტყვასთან ბრძოლის ადრე წარმოებულ სამუშაოთა ისტორია, ორგანიზაცია, გამოყენებული ტექნოლოგია. მოცემულია ბულგარეთში ამჟამად წარმოებული სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოების სტრუქტურა, კონცეფცია, სამუშაოებში გამოყენებული კონვექციური ღრუბლისა და რეაგენტის გავრცელების მოდელები. განხილულია სეტყვასაშიში უჯრედებისა და სეტყვიანი ღრუბლების კატეგორიები და მათი განსაზღვრის კრიტერიუმები, ზემოქმედების სტრატეგია, ტექნიკური საშუალებები და კომპიუტერული უზრუნველყოფა, საცეცხლე წერტილის ტექნიკური აღჭურვილობა. ჩატარებულია კახეთსა და ბულგარეთში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა წარმოების შედარებითი ანალიზი.

ნაშრომის მეორე თავში წარმოდგენილია საქართველოს ზვავსაშიში ტერიტორიები, განხილულია ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები და თოვლის ზვავების დაცვის თანამედროვე მეთოდები.

УДК 551.576:338.978

В первой главе работы рассмотрены история, организация и технология работ по борьбе с градом, которые велись ранее в Грузии. Приведены структура, концепция, используемые модели конвективных облаков и распространения реагента в ныне ведущихся работах по борьбе с градом в Болгарии. Рассмотрены категории градоопасных ячеек и градовых облаков, критерии их определения, стратегия воздействия, технические средства и компьютерное обеспечение, техническое оснащение огневой точки. Проведен сравнительный анализ ведения противоградовых работ в Кахетии и Болгарии.

Во второй главе представлены лавиноопасные районы Грузии, рассмотрены противолавинные мероприятия и современные методы защиты от снежных лавин.

UDC 551.576:338.978

In the first part the history, organizational structure and applied technology of hail suppression activities conducted earlier in Georgia are reviewed. The

structure, concept, convective cloud and agent diffusion models used in ongoing hail suppression works in Bulgaria are discussed. Categories of hail-dangerous cells and hailstorms, criteria for their definition are considered along with the seeding strategy, technical means and software, and rocket launching site equipment. The comparative analysis of hail suppression activities undertaken in Georgia and currently being carried out in Bulgaria is performed.

In the second part the avalanche prone territories of Georgia are presented, anti-avalanche measures and modern methods of avalanche protection are described.

ტექსტში გამოყენებული სპეციალური ტერმინების გლოსარიუმი

აეროლოგიური ზონდირება - ატმოსფეროში 40 კმ სიმაღლემდე მეტეოროლოგიური ელემენტების (ჰაერის ტემპერატურა და სინოტივე, ქარი, ატმოსფერული წნევა) ვერტიკალური განაწილების გაზომვა რადიოზონდის საშუალებით.

აეროსინოპტიკური მონაცემები - ატმოსფეროში დიდი ტერიტორიის (რეგიონი, კონტინენტი, ნახევარსფერო) თავზე მეტეოროლოგიური ელემენტების სივრცული განაწილება, რომელიც საშუალებს იძლევა 40 კმ სიმაღლემდე დადგენილი იქნას ძირითადი ბარიული წარმონაქმნების (ციკლონი, ანტიციკლონი, ატმოსფერული ფრონტები, ტროპიკული ქარიშხლები და სხვ.) კონფიგურაცია და მოძრაობის სიჩქარე, აგრეთვე მოცემულ ტერიტორიაზე ცალკეული ღრუბლებისა და საღრუბლო სისტემების განვითარების შესაძლებლობა. აღნიშნული მონაცემების მისაღებად საჭიროა სხვადასხვა. პუნქტებიდან ჩატარებული აეროლოგიური ზონდირების მასალების ერთობლივი ანალიზი.

ამრეკლადობა (რადიოლოკაციური) - ღრუბელში წყლის თხევადი და მყარი ნაწილაკების შემცველობისა და ზომების განმსაზღვრელი ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გაიზომება სხვადასხვა. ტალღის სიგრძეზე მომუშავე რადიოლოკატორების საშუალებით. მისი განზომილებაა დეციბელი (dBz). ეს სიდიდე საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად

შეფასდეს ღრუბლის სტრუქტურა და მისი სექცვასაშიშროება.

გაღამეტიცივებული (წყალი, წვეთი) - უარყოფით ტემპერატურაზე თხევად ფაზაში მყოფი წყალი. მინარევების გარეშე წყლის მცირე წვეთები ატმოსფეროში ხშირად არსებობენ -20°C ტემპერატურამდე. მინარევების შეტანისას წვეთები იწყებენ გაყინვას -5°C და უფრო დაბალ ტემპერატურაზე.

გაზრდილი ამრეკლადობის ზონა - ღრუბელში რადიოლოკაციური ამრეკლადობის არე, რომელიც შემოსახლვრულია ამავე ღრუბელში მაქსიმალურ ამრეკლადობაზე ერთი რიგით ნაკლები ამრეკლადობის იზოკონტურით.

გრდემლი - სექცვასაშიშ სტადიაში გადასული მძლავრი კონვექციური ღრუბლის გრდემლის ფორმის მქონე ზედა ნაწილი, რომელიც ყინულის კრისტალებისგან შედგება.

დეციბელი - რადიოლოკაციური ამრეკლადობის საზომი ერთეული (საერთაშორისო აღნიშვნა dBz).

დიფუზიური ღრუბელი - ღრუბელში შეტანილი რეაგენტის გავრცელების შედეგად წარმოქმნილი არე, რომელშიც სუბლიმაციისა და ღრუბლის წვეთებთან ურთიერთქმედების შედეგად, აგრეთვე ატმოსფერული ტურბულენტობის ზეგავლენით რეაგენტის კონცენტრაცია დროში სწრაფად კლებულობს.

ზვავი - ფერდობიდან სიმძიმის ძალის გავლენით მოწყვეტილი გარკვეული მოცულობისა და სიჩქარის თოვლის მასაა;

ზვავშემკრები - ფერდობის, ხევის ან ხეობის ნაწილია, რომელზედაც წარმოიქმნება, მოძრაობს და ჩერდება ზვავი;

ზვავის კონუსი - ზვავის მიერ ხეობაში, ან გზის სავალ ნაწილზე ჩამოტანილი თოვლის მასა, რომლის სიმაღლე ზოგჯერ ათეულობით მეტრს აღწევს;

თერმიკი - ატმოსფეროში კონვექციური მოძრაობის ძირითადი შემქმნელი ელემენტი, რომელიც წარმოადგენს გარემოსთან შედარებით უფრო თბილი ჰაერით დაკავებულ სფერული ფორმის მოცულობას. კონდენსაციის დონის მიღწევის შემდეგ თერმიკი, რომლის დიამეტრი ჩვეულებრივ რამდენიმე კმ-ს შეადგენს, იქცევა კონვექციური ღრუბლის შემქმნელ ელემენტად. ატმოსფეროში ღრუბელთა განვითარებისთვის ხელშემწყობი პირობების არსებობისას თერმიკე

ბის ერთობლიობა ქმნის ჰაერის აღმავალ ნაკადებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კონვექციური ღრუბლები.

კატასტროფული ზვავი – როგორც სპორადული, ისე სისტემატური ზვავი, რომელიც სცილდება თავის ჩვეულ საზღვრებს. მისთვის დამახასიათებელია ნგრევა, დაზიანება და ადამიანთა მსხვერპლი. საქართველოში ასეთი ზვავები ტერიტორიის 36% -ზე ვრცელდება.

კოაგულაცია - ღრუბელში წყლის წვეთების ან ყინულის კრისტალების ურთიერთშერწყმის პროცესი, რომელსაც თან სდევს საღრუბლო ნაწილაკების ზომების ზრდა და, საბოლოო ჯამში მათი გამოყოფა ნალექების სახით.

კონდენსაცია - ატმოსფეროში არსებულ აეროზოლურ მინარევებზე წყლის წვეთების წარმოქმნის მექანიზმი. ამ აეროზოლურ ნაწილაკებს ჩვეულებრივ კონდენსაციის გულებს ან კონდენსაციის ბირთვებს უწოდებენ.

კონვექციური უჯრედი - აღმავალ თერმიკებში წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად წარმოქმნილი კონვექციური ღრუბლის ძირითადი სტრუქტურული ელემენტი, რომელიც სათანადო პირობებში შეიძლება გარდაიქმნას წვიმის ან სეტყვის მომცემ მძლავრ კონვექციურ ღრუბლად.

მეტეოგრამა - მოცემული ადგილმდებარეობისთვის ატმოსფეროში მეტეოროლოგიური ელემენტების განვითარების საპროგნოზო გრაფიკი, რომელიც შეიცავს უახლოესი 5-10 დღის განმავლობაში ტემპერატურის, ღრუბლებისა და ნალექების სხვადასხვა. საპროგნოზო მოდულებით გათვლილ მოსალოდნელ მნიშვნელობებს.

მომწიფებელი/სიმწიფის სტადიაში მყოფი კონვექციური უჯრედი - მაქსიმალური განვითარების სტადიაში მყოფი უჯრედი, რომელიც ხასიათდება ჰაერის მძლავრი აღმავალი ნაკადებისა და ნალექთა მზარდი ელემენტების – წყლის წვეთებისა და სეტყვის მარცვლების არსებობით. ნალექების გამოყოფასთან ერთად მომწიფებელი უჯრედი იწყებს დისიპაციის სტადიაში გადასვლას.

მრავალუჯრედიანი კონვექციური ღრუბელი - რამდენიმე უჯრედისგან შემდგარი კომპლექსური კონვექციური ღრუბელი, რომელშიც უჯრედები, შესაძლებელია განვითარების სხვადასხვა. სტადიაში იმყოფებოდნენ. ასეთი ტიპის კონ-

ვექციური ღრუბელი შეიძლება დამოუკიდებლადაც ვითარდებოდეს და შეიძლება სუპერუჯრედიანი ღრუბლის ფრონტალურ ნაწილსაც წარმოადგენდეს.

ნალექთა ხელოვნური გაზრდა - სამუშაოთა კომპლექსი, რომელიც მიზნად ისახავს შერჩეულ ტერიტორიაზე დროის გარკვეულ მონაკვეთში (თვე, სეზონი, წელი) შესაფერისი ტექნოლოგიის გამოყენებით ნალექთა რაოდენობის გაზრდას.

ნუკლეაცია - წყლის ორთქლის ფაზური გადასვლის პროცესი, რომლის დროსაც ატმოსფეროში არსებულ მინარევებზე, როგორც ჩანასახებზე, წარმოიქმნება წყლის წვეთები ან ყინულის კრისტალები.

რეაგენტი - ქიმიური ნივთიერება, რომლის შეტანა ღრუბელში იწვევს მისი ფაზური ან კოლოიდური მდგომარეობის დარღვევას. პირველ შემთხვევაში ეს არის მაკრისტალბელი რეაგენტი (უმეტეს შემთხვევაში იოდოვანი ვერცხლის AgI შემცველი ნივთიერება), რომლის ნაწილაკები უარყოფით ტემპერატურაზე იწვევს ყინულის კრისტალების გაჩენას საღრუბლო წვეთების გაყინვის ან წყლის ორთქლის მათზე სუბლიმაციის გზით. მეორე შემთხვევაში ეს არის ჰიგროსკოპული რეაგენტი (უმეტესწილად სუფრის მარილი $NaCl$), რომლის ნაწილაკები იწვევს მათზე კონდენსაციის გზით წყლის წვეთების წარმოქმნას და ამ წვეთების შემდგომ კოაგულაციურ ზრდას.

სატელიტური ინფორმაცია - დედამიწის მეტეოროლოგიური ხელოვნური თანამგზავრიდან მიღებული სატელევიზიო გამოსახულებები, რომლებიც სხვა ინფორმაციასთან ერთად შეიცავს მონაცემებს საღრუბლო სისტემების ტიპის, გეომეტრიული ზომებისა და გადაადგილების მიმართულებისა და სიჩქარის შესახებ.

სისტემატური ზვავი - ყოველწლურად ჩამოსული ზვავი. საქართველოში ასეთ ზვავებს ტერიტორიის 20% უკავიათ;

სპორადული ზვავი - იშვიათი განმეორადობის ზვავი, რომელიც შესაძლებელია 2-3 წელიწადში ერთხელ, ან ათეულ წელიწადში ერთხელ ჩამოვიდეს;

სუბლიმაცია - ატმოსფეროში არსებულ აეროზოლურ მინარევებზე ყინულის კრისტალების წარმოქმნის მექანიზმი. ამ

აეროზოლურ ნაწილაკებს ჩვეულებრივ სუბლიმაციის გუ-
ლებს ან ყინულწარმოქმნელ ბირთვებს უწოდებენ.

სუპერუჯრედიანი კონვექციური ღრუბელი - ატმოსფეროში არ-
სებული ყველაზე მძლავრი ტიპის კონვექციური ღრუბელი,
რომელიც ჩვეულებრივ, განსხვავებული ჰაერის მასების შე-
რევის/კონვერგენციის ზონაში ვითარდება. ამ ღრუბელს,
როგორც წესი, თან ახლავს წვიმისა და სეტყვის მოსვლა,
აგრეთვე ჰაერის მძლავრი ვერტიკალური ნაკადის (ტორნა-
დო ან შკვალი) გაჩენა. მისი სიმაღლე შეიძლება აღწევ-
დეს 1517 კმ, ხოლო ჰორიზონტალური ზომები – რამდენიმე
ათეულ კილომეტრს. ღრუბელმა შეიძლება იარსებოს რამ-
დენიმე საათს და გაიაროს რამდენიმე ასეული კილომეტ-
რი.

ყინულიანობა - ღრუბლის ერთეულოვან მოცულობაში ყინუ-
ლის კრისტალებისა და გაყინული წვეთების ჯამური მასა.
მისი განზომილებაა გ/მ³.

წყლიანობა - ღრუბლის ერთეულოვან მოცულობაში თხევად
ფაზაში მყოფი წყლის წვეთების ჯამური მასა. მისი განზო-
მილებაა გ/მ³.

შემოკლებები

გაზ – გაზრდილი ამრეკლადობის ზონა.

ნსგ – ნალექთა ხელოვნური გაზრდა.

რ/ლ – რადიოლოკაციური.

LED - სინათლის გამასხივებელი დიოდი.

RAPIRA - რადიოლოკაციური და აეროლოგიური ინფორმაციის
რეალურ დროში ანალიზის სისტემა.

WMO - მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაცია.

შინაარსი

წინასიტყვაობა.....	12
თავი I. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა განახლების საკითხისათვის	14
1. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა ისტორია საქართველოში.....	14
1.1. საველე სამუშაოები.....	16
1.2. სამეცნიერო გამოკვლევები.....	19
1.3. არსებული მდგომარეობა.....	20
2. კახეთში წარმოებულ სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა ორგანიზაცია.....	21
3. კახეთის რეგიონში სეტყვასთან ბრძოლის გამოყენებული ტექნოლოგია.....	25
4. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები ბულგარეთში.....	31
4.1. სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის სტრუქტურა.....	31
4.2. სამუშაოთა ორგანიზაცია.....	33
4.3. სეტყვასთან ბრძოლის კონცეფცია.....	35
4.4. ატმოსფერული პირობების აეროსინოპტიკური ანალიზი.....	37
4.5. კონვექციური ღრუბლის ერთგანზომილებიანი მოდელი მიკროფიზიკის პარამეტრიზაციით.....	37
4.6. ღრუბელში რეაგენტის გავრცელების მოდელი.....	40
4.7. სეტყვასაშიში უჯრედებისა და სეტყვიანი ღრუბლების კატეგორიები და მათი განსაზღვრის კრიტერიუმები.....	41
4.8. ზემოქმედების სტრატეგია.....	45
4.9. ტექნიკური საშუალებები და კომპიუტერული უზრუნველყოფა.....	47
4.10. საცეცხლე წვერტილის ტექნიკური აღჭურვილობა.....	51
5. კახეთსა და ბულგარეთში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა წარმოების შედარებითი ანალიზი.....	56
თავი II. ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები	61
6. ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების კლასიფიკაცია.....	61

7.	საქართველოს ზვავსაშიში ტერიტორიები.....	62
8	ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების კატეგორიები.....	64
9	ზვავსაწინააღმდეგო ნაგებობები.....	65
10	ასაფეთქებელი ნივთიერებებისა და არტილერიის გამოყენება.....	73
11	თოვლის ზვავებისაგან დაცვის თანამედროვე მეთოდები.	74

წინასიტყვაობა

კლიმატის გლობალური დათბობის ზეგავლენით გავლილი 20 წლის მანძილზე მსოფლიოს ყველა რეგიონში აშკარად გამოვლინდა ამინდის ექსტრემალური მოვლენების გამძაფრება, რაც დიდ ზარალს და მსხვერპლს იწვევს. საქართველოში ამ მოვლენებმა თავი იჩინა წყალმოვარდნების, ძლიერი შტორმების, მეწყერების, ზეავეების და სეტყვიანობის გახშირებით. ეს შესაბამის რეაგირებას მოითხოვს ქვეყნის მთავრობის მხრიდან, რომელიც ვალდებულია გაატაროს ამ სტიქიური მოვლენებით მიყენებული ზარალის შემარბილებელი ღონისძიებები.

კახეთი, რომელიც სასოფლო-სამეურნეო წარმოების და მევენახეობის ერთ-ერთ წამყვან რეგიონს წარმოადგენს, ბოლო წლებში ყოველწლიურად აღინიშნება ძლიერი სეტყვის მოსვლის შემთხვევები, რაც მნიშვნელოვნად აზარალებს სოფლის მოსახლეობას და იწვევს მის უკმაყოფილებას გასული საუკუნის 60-იან – 80-იან წლებში აქ წარმოებულ სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა შეწყვეტის გამო. საგულისხმოა, რომ ანალოგიური სამუშაოები რომლებიც საქართველოს გამოცდილებაზე დაყრდნობით, მოგვიანებით დაიწყო სხვა ყოფილ საბჭოთა რესპუბლიკებში, აგრეთვე ბულგარეთში, 1990-იანი წლებიდან არ შეწყვეტილა და თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით ამჟამადაც გრძელდება. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები ცალკეული პროექტების სახით მიმდინარეობს აგრეთვე აშშ-ში, კანადაში, არგენტინაში, სამხრეთ აფრიკაში, საფრანგეთში და სხვ. ყოველივე ამან განაპირობა საქართველოს მთავრობაში საკითხის დასმა კახეთის რეგიონში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოების აღდგენის თაობაზე, რამაც გარკვეული წვლილი უნდა შეიტანოს ქვეყნის ეკონომიკის პრიორიტეტული დარგის – სოფლის მეურნეობის ეფექტიანობის გაზრდაში და შექმნას რეგიონის ფერმერებისათვის ამინდის ჭირვეულობისგან უფრო დაცული შრომის პირობები. იმის გათვალისწინებით, რომ სეტყვასაწინააღმდეგო, ნაღებებზე აქტიური ზემოქმედების და ზეავსაწინააღმდეგო სამუშაოები დაკავშირებულია გარკვეული ტიპის საბრძოლო ტექნიკის გამოყენებასთან, აღნიშნული ამოცანის გადაჭრა დაევალა საქართველოს თავდაცვის სამინისტროს სსიპ სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-

ტექნიკურ ცენტრ “დელტას”, რომელმაც 2013 წელს დაიწყო მოსამზადებელი საქმიანობა აღნიშნული მიმართულებით სამუშაოთა გასაშლელად. გასული ორი ათეული წლის მანძილზე ამ დარგში დაშვებული ჩამორჩენის დასაძლევად მიღებულ იქნა გადაწყვეტილება ბულგარეთის სექცევასთან ბრძოლის სამსახურთან სათანადო კონტაქტების დამყარების შესახებ, რაც განპირობებულია ამ ქვეყნის გეოგრაფიული და კლიმატური პირობების მსგავსებით საქართველოს პირობებთან, აგრეთვე სექცევის საწინააღმდეგო სამუშაოთა წარმოების მაღალი დონით.

არანაკლებ დიდ ზიანს აყენებს საქართველოს მთიან რეგიონებს თოვლის ზვავებიც, რომლებთან ბრძოლის დიდი ტრადიციები გააჩნია სვანეთისა და სხვა კუთხეების მოსახლეობას. უხვი ნალექების გახშირების გამო ამჟამად ამ მიმართულების აქტუალობაც გაიზარდა.

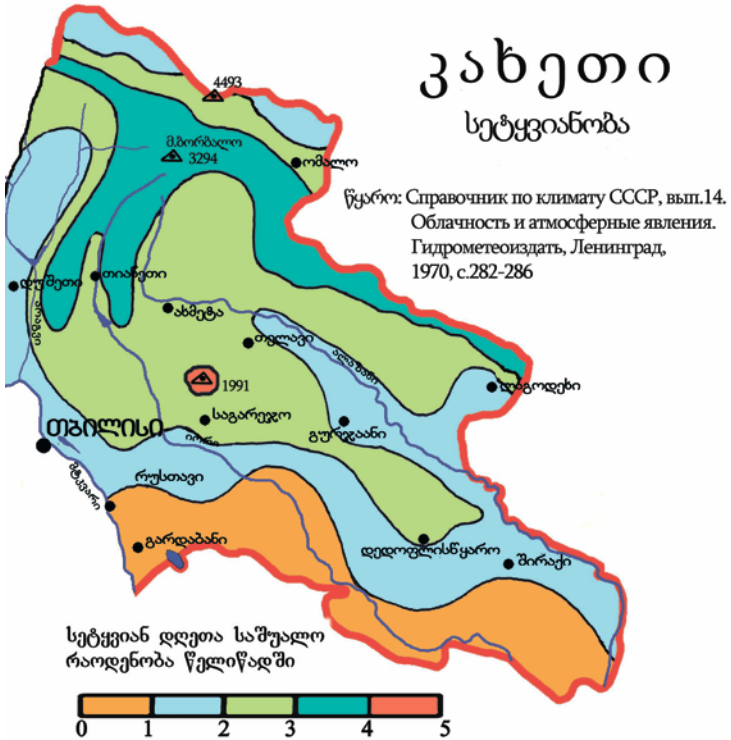
ამასთან დაკავშირებით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს, რომელიც გასული საუკუნის მეორე ნახევარში აქტიურად მონაწილეობდა სამხრეთ კავკასიაში სექცევასთან ბრძოლისა და ნალექთა რეგულირების, აგრეთვე ზვავსაწინააღმდეგო სამუშაოებში, დაევალა მოკლე მიმოხილვის მომზადება საქართველოში, დაკერძოდ კახეთში, 1980-იან წლებში სექცევასთან ბრძოლის სამუშაოთა ორგანიზებისა და ამჟამად ამ სამუშაოთა ბულგარეთში წარმოების, ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების თანამედროვე მდგომარეობის შესახებ.

წინამდებარე მიმოხილვა მიზნად ისახავს ზოგადად გააცნოს ქართველ ექსპერტებს აღნიშნულ დარგში ადრე და ამჟამად გამოყენებული ტექნოლოგიები და მოამზადოს ნიადაგი საქართველოში სექცევასთან ბრძოლის და ზვავსაწინააღმდეგო სამუშაოთა თვისობრივად ახალ დონეზე აღსადგენად.

თავი I. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა განახლების საკითხისათვის

1. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა ისტორია საქართველოში

ბოლო ორი საუკუნის მანძილზე სეტყვასთან ბრძოლა აქტუალურ პრობლემად იქცა კახეთში. გასული საუკუნის დასაწყისში ამ მიზნით უკვე გამოიყენებოდა მორტირები, რომელთა გასროლისას წარმოქმნილ აკუსტიკურ ტალღას, მაშინდელი წარმოდგენით, ხელი უნდა შეეშალა სეტყვის წარმოქმნის პროცესისათვის. ნახ.1-ზე 1970-იანი წლების მონაცემებით წარმოდგენილია სეტყვიანობის სიხშირის განაწილება კახეთის ტერიტორიაზე.



ნახ.1. სეტყვიანობის განაწილება კახეთის ტერიტორიაზე 1970-იანი წლების მონაცემებით.

ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ კახეთის უმეტეს ნაწილში წელიწადში ერთ პუნქტში მოსული სეტყვის სიხშირე საშუალოდ იცვლებოდა 1-დან 3-მდე. კავკასიონის ფერდობებზე და ციფგომბორის ქედის მაღალ ზონაში ეს სიდიდე იზრდება 45-მდე, სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მაქსიმუმი წელიწადში შეიძლება აღწევდეს 8-10, კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში კი 20-ს (ნახ.2).

წყარო: Справочник по климату СССР, вып.14.
Облачность и атмосферные явления.
Гидрометеоиздат, Ленинград,
1970, с.282-286



ნახ.2. სეტყვიან დღეთა მაქსიმალური რაოდენობის განაწილება კახეთის ტერიტორიაზე (1983).

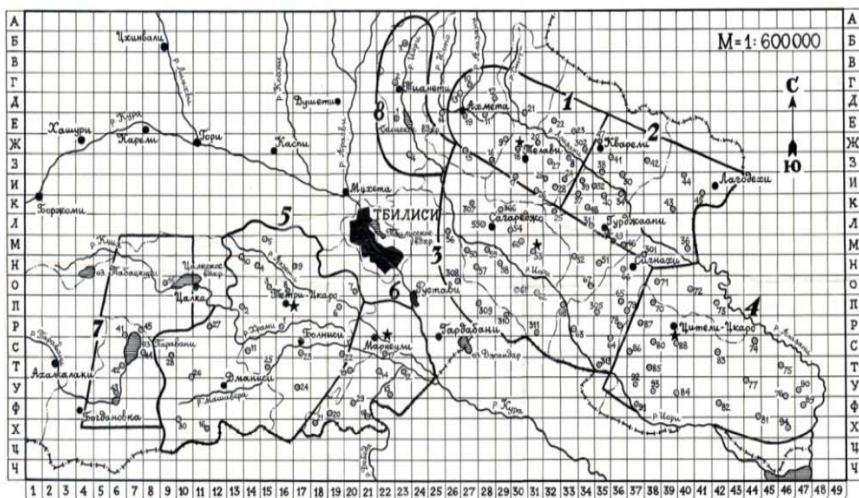
1.1. საველე სამუშაოები

კონვექციური დრუბლებისა და მათთან დაკავშირებული ნალექების (თქეში წვიმა, სეტყვა) შესწავლა საქართველოში დაიწყო გასული საუკუნის 50-იან წლებში გეოფიზიკის ინსტიტუტსა (ა. ქარცივაძე, ა. ბუხნიკაშვილი, ა. ბალაბუევი) და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში (ვ. ლომინაძე, ვ. გივინიშვილი, ი. ბართიშვილი). 50-იანი წლების დასასრულისათვის საბჭოთა კავშირში შეიქმნა სეტყვასთან ბრძოლის სპეციალური ტექნიკური საშუალებები (სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტები „პი“, „ობლაკ“, მოგვიანებით საზენიტო ჭურვები „ელბრუსი“). დრუბლებზე დაკვირვებისა და ზემოქმედების ოპერაციების ჩასატარებლად გამოიყენებოდა სამხედრო დანიშნულების რადიოლოკატორები, არს-3 ($\lambda=3.2$ სმ) და სონ-4 ($\lambda=10$ სმ).

სეტყვასთან ბრძოლის საცდელ-საწარმოო სამუშაოთა პირველი სამსახური გეოფიზიკის ინსტიტუტის ხელმძღვანელობით შეიქმნა 1959 წელს ალაზნის ველზე (ა. ქარცივაძე, ა. ბუხნიკაშვილი), ხოლო 1960 წელს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტმა ანალოგიური საცდელი სამუშაოები დაიწყო ფარავნის ტბის აუზში (ვ. ლომინაძე, ი. ბართიშვილი). 1964 წლიდან საწარმოო სამუშაოები გეოფიზიკის ინსტიტუტის ხელმძღვანელობით გაიშალა კახეთის რაიონებში და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ხელმძღვანელობით – ქვემო ქართლის რაიონებში. კახეთში რეაგენტის (AgI, PbI_2) შეტანა დრუბლებში წარმოებდა რაკეტების საშუალებით, ხოლო ქვემო ქართლში – საარტილერიო ჭურვებით. 60-იანი წლების შუა პერიოდიდან ჰიდრომეტინსტიტუტში შემუშავდა სეტყვასთან ბრძოლის ორიგინალური მეთოდიკა, რომელიც გულისხმობდა დრუბლის ერთდროულ დამუშავებას საზენიტო ჭურვების გამოყენებით როგორც მაკრისტალბელი (AgI), ისე ჰიგროსკოპული ($NaCl$) რეაგენტით.

1980-იან წლებში დასაცავი ტერიტორიების ფართობმა კახეთში 650 ათასი ჰა-ს მიაღწია, ხოლო ქვემო ქართლში 350 ათას ჰა-ს (ნახ.3). კახეთში ზემოქმედება წარმოებდა ერთ და ორსაფეხურიანი „ალაზნის“ ტიპის რაკეტების გამოყენებით, რომლებიც მზადდებოდა რუსეთში, ქ. ჩაპაევსკში.

КАРТА РАЙОНА РАБОТ ВС ГРУЗ УГКС



УСЛОВИЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Границы защищаемой территории военными частями:
 1 - Тбилисской, 2 - Тбилисской, 3 - Сааревской,
 4 - Цхинвальской, 5 - Тетричской, 6 - Моришской
 * - Командные пункты военных частей
 о - Пункты наблюдения

Границы районов работ военными частями по
 назначению команд:
 6 - Иорского, 7 - Трами-Парабанского
 • - Районный пункт, — — — Граница республики
 — — — Границы административных районов

1985

ნახ.3. სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებელი სამსახურის სამოქმედო ტერიტორიის სქემა. სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებელი ნაწილების დასაცავი ტერიტორიები: 1-თელავის, 2-გურჯაანის, 3-საგარეჯოს, 4-დედოფლისწყაროს, 5-თეთრიწყაროს, 6-მარნეულის. ნაღეჭთა ხელოვნური გაზრდის პოლიგონები: 7-ფარაენის, 8-იორის

მათი ფასი შესაბამისად შეადგენდა 100 და 150 მანეთს. სეზონზე დაახლოებით იხარჯებოდა 10-დან 30 ათასამდე რაკეტა, რომლებიც აღჭურვილი იყო 16.8 გ მაკრისტალური რეაგენტით (1980 წლამდე PbI_2 , შემდეგში AgI). ერთსაფეხურიანი რა-

კეტების მოქმედების რადიუსი შეადგენდა 5 კმ, ორსაფეხურიანისა კი 10 კმ.

1970-იან წლებში ოპერაციების ჩასატარებლად გამოიყენებოდა მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორები მრლ-2, ხოლო შემდგომში მრლ-5 (ნახ. 4), რომლებიც მზადდებოდა ქვორკში (ნიჟნი ნოვგოროდი) და მათი ღირებულება 600-800 ათას მანეთს შეადგენდა.



ნახ. 4 მეტეოროლოგიური რადიოლოკაციური სადგური მრლ-5

კახეთის დასაცავ ტერიტორიაზე ფუნქციონირებდა 4 გასამხედროებული ნაწილი საკომანდო პუნქტებით რუისპირში (თელავის რაიონი), გურჯაანში, ბაღიაურში (საგარეჯოს რაიონი) და დედოფლისწყაროში. სამუშაო სეზონი გრძელდებოდა 1 აპრილიდან 30 ოქტომბრამდე. ტერიტორიაზე მოქმედებდა 100-

მდე საცეცხლე წერტილი, რომლებიც ხელით ასრულებდა საკომანდო პუნქტიდან მიღებულ ბრძანებებს. ყველა საცეცხლე წერტილი უზრუნველყოფილი იყო საყოფაცხოვრებო პირობებითა და მისასვლელი გზებით. რამდენიმე მაღალმთიან წერტილს შეეუღლმფრენი ემსახურებოდა.

ქვემო ქართლში ზემოქმედება წარმოებდა საზენიტო ქვემეხების „კს“ გამოყენებით. საკომანდო პუნქტი თეთრიწყაროში იყო განთავსებული. საზენიტო ჭურვი „ელბრუსი“ შეიცავდა 16.5 გრამამდე იოდოვან ვერცხლს, ან 240 გ სუფრის მარილს. თითოეული ჭურვის მოქმედების რადიუსი 12 კმ-მდე აღწევდა, ხოლო ღირებულება 120 მანეთს შეადგენდა. ოპერაციების ჩასატარებლად აქაც გამოიყენებოდა მრღ-2 და მრღ-5 რადიოლოკატორები. საცეცხლე წერტილები ხელით იმართებოდა.

80-იან წლებში იყო მცდელობა ზემოქმედების ოპერაციები ავტომატურ რეჟიმში ჩატარებულიყო, მაგრამ ტექნიკური მიზეზების გამო ეს მცდელობა უშედეგოდ დასრულდა.

სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოების პარალელურად 1980-იან წლებში გასამხედროებული სამსახური 2 პოლიგონზე აწარმოებდა აგრეთვე ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) საცდელ საწარმოო სამუშაოებსაც. იორის პოლიგონზე, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო-მეთოდური ხელმძღვანელობით, ეს სამუშაოები ტარდებოდა თელავის გასამხედროებულ ნაწილში შემავალი ცალკე რაზმის მიერ, ხოლო ფარავნის პოლიგონზე – თეთრიწყაროს ნაწილში შემავალი რაზმის მიერ.

12. სამეცნიერო გამოკვლევები

სეტყვასთან ბრძოლის ოპერატიულ სამუშაოებთან ერთად 1960-იანი წლებიდან საქართველოში ინტენსიურად მიმდინარეობდა ღრუბელთა ფიზიკისა და ნალექთა რეგულირების დარგში თეორიული და ლაბორატორიული სამუშაოებიც. გეოფიზიკის ინსტიტუტში თეორიული გამოკვლევები ძირითადად კონცენტრირებული იყო სეტყვის წარმოქმნის პროცესებზე მაკრისტალური რეაგენტის ზემოქმედების შესწავლაზე, ხოლო ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში – ნალექწარმოქმნელ პროცესებზე ჰიგროსკოპული რეაგენტის გავლენის დადგენაზე. 1970-იან წლებში ორივე ინსტიტუტში ღრუბლებში მიმდინარე

პროცესების ექსპერიმენტული მოდელირებისთვის აგებულ იქნა საღრუბლო კამერები.

გეოფიზიკის ინსტიტუტის 40 მ სიმაღლის კამერაში -30°C -მდე ტემპერატურის პირობებში შეისწავლებოდა სეტყვის მარცვლების ზრდის თავისებურებები ხოლო ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის 250 მ მოცულობის კამერაში – დადებით ტემპერატურაზე მიმდინარე ნალექწარმოქმნის პროცესები. ამ კამერებშივე და უფრო მცირე დანადგარებში გამოიცდებოდა სხვადასხვა ტიპის რეაგენტები.

სეტყვასთან ბრძოლის დარგში საქართველოში წარმოებულ სამუშაოთა პიონერული ხასიათის აღიარებას მოწმობდა ის ფაქტი, რომ 1962 და 1969 წლებში თბილისში ჩატარდა ღრუბელთა ფიზიკისა და აქტიური ზემოქმედების მაღალი დონის საერთაშორისო კონფერენციები, ხოლო შემდგომ წლებში ქართველი მეცნიერები ფართოდ მონაწილეობდნენ სხვადასხვა ქვეყნებში ჩატარებულ ამ მიმართულების მრავალ შეხვედრებში.

1.3. არსებული მდგომარეობა

1990 წლიდან დაწყებულმა პოლიტიკურმა პროცესებმა დამანგრეველი ზემოქმედება მოახდინა სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებზე: ფინანსირების შეწყვეტის გამო გაპარტახდა საკომანდო პუნქტები, განადგურდა რადიოლოკაციური ტექნიკა, სარაკეტო და საარტილერიო დანადგარები გამოყენებულ იქნა სამოქალაქო დაპირისპირების საბრძოლო მოქმედებებში, გაიფანტა ზემოქმედების კვალიფიციური კადრები, რომელთაგან ამჟამად მხოლოდ 10 სპეციალისტამდეა შემორჩენილი. ამრიგად, აღნიშნულ დარგში საველე სამუშაოთა აღდგენა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით ფაქტობრივად ნულიდან იქნება საწარმოებელი.

რაც შეეხება სამეცნიერო გამოკვლევებს, ისინი შეზღუდული სახით გრძელდება გეოფიზიკისა და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტებში. პირველ მათგანში ეს სამუშაოები მოიცავს, ძირითადად, კახეთის რეგიონში ჩატარებული სამუშაოების შედეგების ანალიზს და სეტყვის ზრდის პროცესების ცალკეული ასპექტების შესწავლას, ხოლო მეორეში – კონვექციური ღრუბლების მოდელირების საკითხებს.

2. კახეთში წარმოებულ სექცეასთან ბრძოლის სამუშაოთა ორგანიზაცია

1960 წლიდან კახეთში სექცეასთან ბრძოლის სამუშაოებს აწარმოებდა საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სისტემაში შემაჯავლი სექცეასთან ბრძოლის გასამხედროებული სამსახური. მის ოპერატიულ საქმიანობას სამეცნიერო-მეთოდურ ხელმძღვანელობას უწევდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტი. დაარსების დღიდან 1986 წლამდე სამსახურს ხელმძღვანელობდა გეოფიზიკის ინსტიტუტის დრუბელთა ფიზიკის განყოფილების გამგე აქარცივაძე. 1986 წლიდან გასამხედროებული სამსახური შევიდა საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიისა და გარემოს კონტროლის სამმართველოს დაქვემდებარებაში, რაც გამოწვეული იყო სსრკ ტერიტორიაზე სექცეასთან ბრძოლის ყველა ქვედანაყოფების ერთიანი მეთოდიკით მუშაობის მოთხოვნით.

1980-იანი წლებისთვის კახეთის ტერიტორიაზე მოქმედი სექცეასთან ბრძოლის გასამხედროებული სამსახური (სბგს), რომელიც აწარმოებდა 650 ათას ჰა ფართობზე სექცეისაგან დაცვის სამუშაოებს, შედგებოდა 4 გასამხედროებული ნაწილისაგან, რომელთა საკომანდო პუნქტები მდებარეობდა რუისპირში (თელავი), გურჯაანში, ბადიაურში (საგარეჯო) და ქოჩებში (დედოფლისწყვარო). ნაწილების შეთანხმებულ მუშაობას საერთო ხელმძღვანელობას უწევდა რუისპირში განთავსებული სბგს ცენტრალური სამმართველო, რომელიც შედგებოდა შემდეგი განყოფილებებისაგან: ადმინისტრაცია, ზემოქმედების, რადიოლოკაციის, სარაკეტო ტექნიკის, კავშირგაბმულობისა და სამეურნეო განყოფილებები.

- **ადმინისტრაცია** ხელმძღვანელობდა სამსახურის საქმიანობას ყველა სფეროში: საკადრო, საფინანსო, მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების, აგრეთვე სამეცნიერო-მეთოდურ საკითხებში. შესაბამისად, მასში შედიოდა კადრების სექტორი და ბუღალტერია.

- **ზემოქმედების განყოფილება** უზრუნველყოფდა ოთხივე გასამხედროებულ ნაწილში ზემოქმედების სამუშაოთა ერთიანი მეთოდიკით წარმოებას, დღის განმავლობაში ჩატარებული ზემოქმედების შესახებ, ანგარიშების შედგენას და მათ დეტალურ განხილვას, სეზონის დასრულების შემდეგ სამსახურში

ჩატარებული ზემოქმედების ოპერაციების შეჯამებას, ანალიზსა და ჯამური ანგარიშის შედგენას.

- **რადიოლოკაციის განყოფილება** უზრუნველყოფდა გასამხედროებულ ნაწილებში მოქმედი რადიოლოკაციური სადგურების გამართულ მუშაობას, სადგურების პარამეტრების შესაბამისობას მიღებულ სტანდარტებთან.

- **სარაკეტო ტექნიკის განყოფილების** მოვალეობაში შედიოდა საცეცხლე წერტილებზე (ზემოქმედების პუნქტებზე) მოქმედი სარაკეტო გამშვები დანადგარების გამართული მუშაობის უზრუნველყოფა, საკომანდო პუნქტიდან მიღებული ბრძანებების ოპერატიული შესრულება, რაკეტების შენახვისა და პუნქტებზე დისციპლინის წესების დაცვა.

- **კავშირგაბმულობის განყოფილება** უზრუნველყოფდა ცენტრალური საკომანდო პუნქტის კავშირს ხელმძღვანელ ორგანოებთან და საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრთან, კავშირს გასამხედროებულ ნაწილების საკომანდო პუნქტებსა და საცეცხლე წერტილებს შორის.

- **სამეურნეო განყოფილება** ახორციელებდა სამსახურის მომარაგებას საბრძოლო ტექნიკით (რადიოლოკატორებით, რაკეტებითა და გამშვები დანადგარებით), ავტოტრანსპორტითა და საწვავით, ფორმის ტანსაცმლით, საკომანდო პუნქტებისა და საცეცხლე წერტილების ფუნქციონირებისათვის საჭირო მასალებით და სხვ.

ოთოვეულ გასამხედროებულ ნაწილში შედიოდა დაახლოებით 20-25 ზემოქმედების პუნქტი, რომლებზედაც მომსახურე პერსონალი უზრუნველყოფილი იყო მინიმალური საყოფაცხოვრებო პირობებით (მცირე ზომის მარტივი სახლი, მაღალმთიან პუნქტებზე-კარავი), გაზქურით, ელექტრომომარაგებითა და მისასვლელი გზით. მაღალმთიან პუნქტებზე რაკეტებისა და სხვა მასალების მისაწოდებლად გამოიყენებოდა ვერტმფრენი, რომელიც სამუშაო სეზონზე მიმაგრებული იყო გასამხედროებულ სამსახურზე.

ოთოვეული გასამხედროებული ნაწილის ბაზა წარმოადგენდა მისასვლელი გზით, ელექტრო - და წყალმომარაგებით უზრუნველყოფილ შემოფარგლულ ტერიტორიას, რომელზედაც განთავსებული იყო ერთი ან რამდენიმე რადიოლოკაციური სადგური, სტანდარტული ტიპის საკომანდო პუნქტი სრული

წრიული ხილვადობით, ადმინისტრაციული შენობა, მომსახურე პერსონალის საცხოვრებელი კორპუსები, სახელოსნოები და დამხმარე სათავსოები.

გასამხედროებელი სამსახურის ცენტრალური ბაზა მოიცავდა ცენტრალური საკომანდო პუნქტის სამსართულიან შენობას, რომელშიც დამონტაჟებული იყო 2 რადიოლოკაციური სადგური, განთავსებული იყო ზემოქმედებისა და კავშირგაბმულობის ცენტრები, სამსახურის ადმინისტრაცია და განყოფილებები, სააქტო დარბაზი და სხვა სათავსოები. ცენტრალურ ბაზაზე ცალკე შენობა ეკავა აეროსინოპტიკურ ჯგუფს, რომელიც სპეციალური არხებით დებულობდა თანამგზავრულ და აეროსინოპტიკურ ინფორმაციას ატმოსფეროში 20 კმ სიმაღლემდე კავკასიის რეგიონის ფარგლებში მიმდინარე პროცესების შესახებ და მიღებული მონაცემების საფუძველზე იძლეოდა დღე-ღამის განმავლობაში მოსალოდნელი მოვლენების პროგნოზს. ცენტრალურ ბაზაზე ფუნქციონირებდა აგრეთვე სასტუმრო, სასადილო და ბიბლიოთეკა. აქვე განთავსებული იყო სამსახურის ცენტრალური საწყობი, ავტოფარეხი, სახელოსნოები და მომსახურე პერსონალის 2 მრავალბინიანი საცხოვრებელი კორპუსი. ბაზა უზრუნველყოფილი იყო სპეციალური დადუბლირებული ელექტრო მომარაგებით, საკუთარი წყალმომარაგებით და წყლის გამწმენდი ნაგებობით. ბაზიდან 1 კმ მოშორებით აგებული იყო რაკეტების სპეციალურად დაპროექტებული საწყობი, რომლიდანაც მარაგდებოდნენ ცალკეული გასამხედროებელი ნაწილები.

გასამხედროებულ სამსახურში ზემოქმედების სეზონი გრძელდებოდა აპრილის დასაწყისიდან ოქტომბრის ბოლომდე. ნოემბერ-დეკემბერში მიმდინარეობდა ჩატარებული სამუშაოების შეჯამება, ანალიზი და ანგარიშების გაფორმება, ხოლო თებერვალ-მარტში ტარდებოდა ზემოქმედების, რადიოლოკაციის, სარაკეტო ტექნიკისა და კავშირგაბმულობის განყოფილებათა მომსახურე პერსონალის ტრენინგები.

ზემოქმედების სეზონის განმავლობაში თითოეულ გასამხედროებულ ნაწილში ახალი სამუშაო დღე იწყებოდა 12 საათზე, როდესაც სპეციალისტების საერთო კრებაზე ჯამდებოდა გასული დღე-ღამის შედეგები და იგეგმებოდა მომავალი დღე-ღამის საქმიანობა. რუსისპირის ცენტრალურ საკომანდო

პუნქტზე თათბირს (შტაბის სხდომას) ესწრებოდა სამსახურის მთელი ხელმძღვანელობა. მოხსენებას გავლილ დღე-ღამეში ჩატარებული საქმიანობის შესახებ აკეთებდა გავლილი დღის სამსახურის მორიგე ხელმძღვანელი, რომელიც, როგორც წესი, ინიშნებოდა სამსახურის ხელმძღვანელი პერსონალიდან. ზემოქმედების ჩატარების შემთხვევაში სამუშაო დღის ანალიზისას დეტალურად იხილებოდა ზემოქმედების ჩატარებული ოპერაციები და ფასდებოდა მათი ეფექტურობა. თუ დასაცავ ტერიტორიაზე ადგილი ჰქონდა სეტყვის მოსვლის შემთხვევას, განიხილებოდა დასეტყვილი ტერიტორიის შემოწმების შედეგები, რომელსაც ოპერატიულად ატარებდა სპეციალურად მომზადებული ჯგუფი. ამის შემდეგ განიხილებოდა სხვა გასამხედროებულ ნაწილებში ჩატარებული სამუშაოების შედეგები.

ჩატარებული ოპერატიული მუშაობის შეჯამების შემდეგ მოისმინებოდა აეროსინოპტიკური ჯგუფის ხელმძღვანელის ინფორმაცია, რომელიც შეიცავდა გავლილი დღის აეროსინოპტიკური სიტუაციის დიაგნოზს და მომავალი დღის პროგნოზს. ამ ინფორმაციის საფუძველზე მიიღებოდა გადაწყვეტილება მომავალი დღის განმავლობაში ოპერატიული საქმიანობის შესახებ, აგრეთვე ინიშნებოდა დღის მორიგე შემადგენლობა. თათბირის ჩატარება 12 საათზე განპირობებული იყო იმით, რომ ამ დროისთვის უნდა მოსწრებულიყო წინა დღეს ჩატარებული ზემოქმედების ოპერაციების შესახებ ანგარიშის შედგენა, რაც ძლიერი პროცესების შემთხვევაში საკმაოდ შრომატევად პროცედურას წარმოადგენდა. ამავე დროს მხედველობაში მიიღებოდა ისიც, რომ კახეთის რეგიონში ადგილობრივი ძლიერი კონვექციური პროცესები, უმეტესწილად, დღის მეორე ნახევარში ვითარდება, ხოლო ფრონტალურ პროცესებს, ძირითადად, საღამოსა და ღამის საათებში აქვს ადგილი.

დაახლოებით ანალოგიური წესით ტარდებოდა ყოველდღიური თათბირ-გარჩევები რეგიონის სხვა გასამხედროებულ ნაწილებშიც. გასამხედროებული სამსახურის მუშაობა და მისი შედეგები მუდმივად იმყოფებოდა რესპუბლიკის უმაღლესი ხელმძღვანელობის ყურადღების ქვეშ, რაც უზრუნველყოფდა მის საქმიანობაში სისტემატური დახმარების გაწევას.

წარმოებულ სამუშაოთა გარემოზე ეკოლოგიური ზემოქმედების შესაფასებლად თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტე-

ტის, გეოფიზიკის და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტების სპეციალიზებული ჯგუფების მიერ კახეთის ტერიტორიაზე სისტემატურად წარმოებდა შესაბამისი გამოკვლევები.

1970-იანი წლების დასასრულს სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებულ სამსახურში შეიქმნა ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) სპეციალიზებული ქვედანაყოფი, რომელსაც დაევადა ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით საცდელ-საწარმოო სამუშაოების ჩატარება სიონის წყალსაცავის აუზში. 2 რადიოლოკაციური სადგურით აღჭურვილი ამ რაზმის საკომანდო პუნქტი იმყოფებოდა გორშევირდენის სერზე თიანეთის რაიონში და 1990 წლამდე ატარებდა ზემოქმედების ოპერაციებს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო-მეთოდური ხელმძღვანელობის ქვეშ. რაზმის შემადგენლობაში შედიოდა 5 საცეცხლე წერტილი და სამოქმედო ტერიტორია შეადგენდა 100 ათას ჰა-ს. საკომანდო პუნქტს ემსახურებოდა აეროსინოპტიკური ჯგუფი, პუნქტი უზრუნველყოფილი იყო სათანადო საყოფაცხოვრებო პირობებით.

გასამხედროებულ სამსახურში სათანადო ყურადღება ექცეოდა ახალი კადრების მომზადებას. 1970-იანი წლების მეორე ნახევარში თელავის ი.გოგებაშვილის სახ. პედაგოგიური ინსტიტუტის სასწავლო პროგრამაში შეტანილ იქნა სეტყვასთან ბრძოლის პრაქტიკასთან დაკავშირებული საგნების სწავლება (ზოგადი მეტეოროლოგია, დრუბელთა ფიზიკა, აქტიური ზემოქმედების საფუძვლები, სინოპტიკური მეტეოროლოგია და სხვა), რაც უზრუნველყოფდა სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურისთვის რეგიონის მოსახლეობიდან საშუალო რგოლის სპეციალისტთა მომზადებას.

1991 წლიდან შეწყდა სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა დაფინანსება, მოიშალა მისი ორგანიზაციული სტრუქტურა და განიავდა მისი მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა. ამჟამად შემორჩენილია საკომანდო პუნქტების ცალკეული ელემენტები რუის-პირსა და ბადიაურში.

3. კახეთის რეგიონში სეტყვასთან ბრძოლის გამოყენებული ტექნოლოგია

1960 წლიდან კახეთში სეტყვასთან ბრძოლის პრაქტიკულ გამოცდილებაზე დაყრდნობით, აგრეთვე საბჭოთა კავშირსა და უცხოეთის ქვეყნებში წარმოებულ სამუშაოებში დაგროვილი

ცოდნის გათვალისწინებით, 1980-იანი წლებისთვის სექცვასთან ბრძოლის გასამხედროებულ სამსახურში სექცვასთან ბრძოლის ტექნოლოგია მოიცავდა შემდეგ ძირითად ელემენტებს:

1. აეროსინოპტიკური სიტუაციის გათვალისწინებით საკომანდო პუნქტიდან წრიული რადიოლოკაციური (რ/ლ) მიმოხილვის პერიოდულად ჩატარება. მიმოხილვის რადიუსი, ჩვეულებრივ, $R=100$ კმ შეადგენდა და ტარდებოდა მრღ სადგურის $\lambda=3.2$ სმ ტალღის სიგრძის დიაპაზონში. იმის გათვალისწინებით, რომ კახეთის რეგიონში სექცვასაშიში ღრუბლების გადაადგილების სიჩქარე საშუალოდ 30 კმ/სთ შეადგენს, დაკვირვების ეს რადიუსი საკმარის დროს იძლეოდა დასაცავი ტერიტორიიდან საკმაოდ დაშორებული ღრუბლების (კოვექციური უჯრედების) ან მათი სისტემების აღმოსაჩენად და მათზე ზემოქმედებისთვის მოსამზადებლად. მიღებული ინფორმაციის დასახუსტებლად მიმოხილვები ტარდებოდა $R=300$ და 50 კმ რადიუსებშიც. ინტერვალები მიმოხილვებს შორის შეირჩეოდა აეროსინოპტიკური სიტუაციის გათვალისწინებით და, როგორც წესი, 1 სთ არ აღემატებოდა.

2. რ/ლ დაკვირვების რადიუსში ($R=100$ კმ) მძლავრი კონვექციური ღრუბლების (Cu cong. Cb) რადიოექოს აღმოჩენისას დაკვირვებები უწყვეტ რეჟიმზე გადადიოდა, იზომებოდა და დაკვირვების ჟურნალში ფიქსირდებოდა მათი პარამეტრები: ღრუბლის სიმაღლე, მაქსიმალური ამრეკლადობის აზიმუტი და მანძილი, გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის (გაზ) გეომეტრიული ზომები (სიგრძე/სიგანე, დიამეტრი, ზედა და ქვედა საზღვრის სიმაღლეები), მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობა. გაზ აღნიშნავდა ღრუბლის იმ მოცულობას, რომლის რ/ლ ამრეკლადობა ერთი რიგით ნაკლები იყო ღრუბლის მაქსიმალურ ამრეკლადობაზე. ამ მონაცემებით განისაზღვრებოდა ღრუბლის (ან მათი სისტემის) მოძრაობის სიჩქარე და სექცვასაშიშროება.

3. აღმოჩენილი კონვექციური ღრუბლების სექცვასაშიშ სტადიაში გადაზრდისა და დასაცავი ტერიტორიისკენ მოძრაობის დადგენის შემთხვევაში საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრში გადაეცემოდა ნებართვის მოთხოვნა საჰაერო სივრცის ავიაციისთვის გადასაკეტად სამოქმედო ტერიტორიისა და ზემოქმედების ხანგრძლივობის სავარაუდო მითითებით. მოთ-

ხოვნა უნდა გადაცემულიყო სათანადო წინწასწრებით (დაახლოებით 1 საათით ადრე), რათა ამ დროში მოსწრებულიყო ფრენებში სათანადო კორექტივების შეტანა. აღსანიშნავია, რომ სბგს პრაქტიკაში ყოფილა შემთხვევები, როდესაც სხვადასხვა მიზეზებით ნებართვის მიუღებლობის შედეგად დასაცავ ტერიტორიაზე შემოსულა, ან მის თავზე განვითარებულა სეტყვიანი ღრუბელი და, ზემოქმედების გარეშე დარჩენილს, მოუცია სეტყვა.

4. ზემოქმედების ჩასატარებლად ნებართვის მოთხოვნის გადაცემასთან ერთად საცეცხლე წერტილები სრული საბრძოლო მზადყოფნისა და უწყვეტი რადიოკავშირის რეჟიმში გადადიოდა.

5. სეტყვასაშიში/სეტყვიანი ღრუბლის დასაცავ ტერიტორიასთან მიახლოებისას ან მის საზღვრებში შემოსვლისას/მის თავზე განვითარებისას ზემოქმედების ხელმძღვანელის მიერ გაიცემოდა ბრძანება ზემოქმედების დაწყების შესახებ. ზემოქმედების პროცედურა მოიცავდა შემდეგ ოპერაციებს:

ზემოქმედების პარამეტრების განსაზღვრა სეტყვასაშიში ღრუბლის/უჯრედის რადიოლოკაციური მონაცემების საფუძველზე. ზემოთ დასახელებული მონაცემები რადიოლოკატორის ეკრანზე აითვლებოდა და გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის კონტურები ხელით დაიტანებოდა დასაცავი ტერიტორიის პლანშეტზე. (სეტყვასაშიში ღრუბლის მიახლოებისას რ/ლ დაკვირვებები $\lambda=10$ სმ ტალღის სიგრძის დიაპაზონში გადადიოდა). პარალელურად, გაზრდილი რ/ლ ამრეკლადობის ზონის, მისი გეომეტრიული ზომების და მაქსიმალური ამრეკლადობის მიხედვით სპეციალური ცხრილის მიხედვით განისაზღვრებოდა ღრუბლის სეტყვასაშიშროება და მასზე ერთჯერადი ზემოქმედების ჩასატარებლად საჭირო რაკეტების რაოდენობა.

გაზ კონტურებისა და მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობის არის პლანშეტზე დატანის შემდეგ სპეციალური შიშის დახმარებით შეირჩეოდა ზემოქმედების ჩასატარებლად ოპტიმალურად განლაგებული საცეცხლე წერტილი/წერტილები და გაიცემოდა ბრძანება აქედან შესაბამისი ტიპის (ზემოქმედების რადიუსის, ანუ ერთ-თუ ორსაფეხურიანი „ალაზნის“) და რაოდენობის რაკეტების მოცემული აზიმუტითა და ვერტიკალური კუთხით გაშვების შესახებ. ზემოქმედებაზე გახარჯული რაკეტე-

ბის რაოდენობა სბგს პრაქტიკაში დიდ დიაპაზონში იცვლებოდა სუსტი სეტყვასაშიში ღრუბლის საწვიმარ სტადიაში გადასაყვანად ზოგჯერ 2-3 რაკეტაც კი ყოფილა საკმარისი, მაშინ რადესაც განვითარების სტადიაში მყოფი მრავალუჯრედიაანი ფრონტალური ღრუბლის თითოეულ უჯრედზე ხანდახან 100-ზე მეტი რაკეტაც კი გახარჯულა. განსაკუთრებით მძიმე ვითარება იქმნებოდა დასაცავ ტერიტორიაზე ერთდროულად ბევრი სერყვასაშიში ღრუბლის შემოჭრის/წარმოქმნის შემთხვევაში. ამ დროს ზემოქმედებას დასაცავი ტერიტორიის სხვადასხვა ნაწილში/სექტორში ერთდროულად რამდენიმე პირი ხელმძღვანელობდა და საცეცხლე წერტილებს ანომალური დატვირთვით უწევდათ მუშაობა. თუ ზემოქმედების შედეგად არ შეიმჩნეოდა კონკრეტული უჯრედის სეტყვასაშიშროების შემცირება, ზემოქმედების პროცედურა შესაბამისი დოზირებით უნდა გამეორებულყო და ეს გრძელდებოდა მანამდე, სანამ ღრუბელი არ დაიწყებდა შესუსტებას ან გასვლას დასაცავი ტერიტორიის გარეთ. ინტერვალები ზემოქმედების გამეორებას შორის შეირჩეოდა ზემოქმედების ხელმძღვანელის მიერ რადიოლოკაციური პარამეტრების ცვლილების ტრენდისა და შექმნილი სიტუაციის მიხედვით.

6. ზემოქმედების ჩატარების პროცესში უწყვეტად გრძელდებოდა რ/ლ დაკვირვებები როგორც ზემოქმედებაქმნილ, ასევე ახალ კონვექციურ უჯრედებზე, რომლებიც უახლოვდებოდა დასაცავ ტერიტორიას, ან წარმოიქმნებოდა მის თავზე. დაკვირვებები წყდებოდა მხოლოდ მაშინ, როდესაც ღრუბლები წამყვანი ნაკადის მიმართულებით სტოვებდა დასაცავ ტერიტორიას და მის შემოგარენში $R=100$ კმ რადიუსით აღარ დაიკვირვებოდა კონვექციის ახალი კერების გაჩენა. ამავე დროს იხსნებოდა ნებართვის მოთხოვნა საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრიდან.

7. დასაცავ ტერიტორიაზე ღრუბლის სეტყვასაშიშ სტადიაში დიდი ხნით (12 სთ) ყოფნის შემთხვევაში ან სეტყვის მოსვლის შესახებ ინფორმაციის მიღებისას სავარაუდოდ დასეტყვილ ტერიტორიაზე იგზავნებოდა სპეციალისტთა ჯგუფი შესაძლო ზარალის (ფართობი, დაზიანების ხარისხი) დასადგენად.

8. კონკრეტული სამუშაო დღის განმავლობაში ჩატარებული ზემოქმედების ოპერაციების შესახებ დგებოდა სრული დოკუმენტაცია, რომელიც მოიცავდა შემდეგ ინფორმაციას:

- გასამხედროებულ ნაწილში ამ დღეს მორიგე შემადგენლობის სრული სია;
- ინფორმაცია გასული დღის აეროსინოპტიკური სიტუაციისა და სამუშაო დღის ამინდის პროგნოზის შესახებ;
- დღის განმავლობაში ჩატარებული რ/ლ დაკვირვებების სრული ცხრილი ცალკეული უჯრედების/დრუბლების რ/ლ პარამეტრების დროში ცვლილების მითითებით;
- თითოეულ უჯრედზე ჩატარებული ზემოქმედების სრული აღწერილობა გახარჯული რაკეტების ტიპისა და რაოდენობის მითითებით, დასაცავი ტერიტორიის რუკაზე/პლანშეტზე მათი გაზ და მაქსიმალური ამრეკლადობის არის ტრაექტორიის ჩვენებით;
- სამუშაო დღის სრული ანგარიში ზემოთ ჩამოთვლილი დოკუმენტაციის ანალიზითა და ჯამური შედეგების ჩვენებით, აგრეთვე დღის განმავლობაში მორიგე შემადგენლობის საქმიანობასთან დაკავშირებული ფაქტორების აღწერით (შეფერხებები რადიოლოკატორების, ზემოქმედების ტექნიკისა და კავშირგაბმულობის მუშაობაში, ზემოქმედების ნებართვის მიღებაში, ზემოქმედების დაგვიანება, რაკეტების მარაგის ამოწურვა საცეცხლე წერტილებზე და სხვ.).

სამუშაო დღის ანგარიშები აღნიშნული ფორმით დგებოდა ყველა გასამხედროებულ ნაწილში, სეზონის დასრულების შემდეგ იკრიბებოდა რუისპირის ცენტრალურ ბაზაზე და მათ საფუძველზე ხდებოდა სბგს ჩატარებული ზემოქმედების ოპერაციების სრული წლიური ანგარიშის შედგენა.

მიუხედავად იმისა, რომ 1980-იანი წლებისთვის უცხოეთის განვითარებულ ქვეყნებში კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით უკვე ავტომატიზებული იყო დრუბლებზე რ/ლ დაკვირვების შედეგად მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე ზემოქმედების პარამეტრების დადგენა, საბჭოთა კავშირში ეს მიდგომა ჯერ არ იყო დანერგილი. ამიტომ სექცევასთან ბრძოლის ტექნოლოგია მოიცავდა მონაცემების ხელით დამუშავების პროცედურებს, რაც საგრძნობლად ართულებდა და ანელებდა ზემოქმედების ჩატარებას. ეს კი ატმოსფეროში სწრაფად მიმდინ

ნარე პროცესების დროს ხშირად ამცირებდა ზემოქმედების ეფექტურობას.

სეტყვასაშიში ღრუბლის ოპერატიული მოდელისა და კომპიუტერული ტექნიკის უქონლობის გამო სეტყვასაშიში ღრუბლების მოსალოდნელი განვითარების პროგნოზი დგებოდა კახეთის რეგიონისაგან მოშორებით (თბილისში). ჩატარებული რადიოზონდირების მონაცემების გამოყენებით, ჩვეულებრივ ემაგრამაზე ატმოსფეროს თერმული არამდგრადობის პირობების გათვლის გზით. ეს გარემოება არ იძლეოდა რეგიონში მძლავრი კონვექციის განვითარების პირობების რეალური შეფასების შესაძლებლობას. გარდა ამისა, საიმედო მოდელური გამოთვლების შედეგების უქონლობა შეუძლებელს ხდიდა რადიოლოკაციურ მონაცემთა საშუალებით ზემოქმედების ეფექტის სარწმუნო დონეზე დადგენას. ამასთან ერთად, დასაცავი ტერიტორია არ იყო აღჭურვილი ნალექშოში ხელსაწყოების ადეკვატური ქსელით.

ზემოქმედების ეფექტურობის დადგენას ართულებდა აგრეთვე მსგავს ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში მყოფი საკონტროლო ტერიტორიის არარსებობა, ამიტომ ეფექტურობის კონტროლისათვის ძირითადად გამოიყენებოდა სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა დაწყებამდე არსებული მოსავლის სახელმწიფო დახდევვის მონაცემები და იშვიათად ღრუბლებზე რ/ლ დაკვირვების მასალები. ეს მონაცემები სეზონის დასრულების შემდეგ საფუძვლად ედებოდა ჩატარებულ სამუშაოთა ეკონომიკური ეფექტურობის ჯამურ შეფასებას, რისთვისაც სეზონზე გაწეული საერთო ხარჯები დარღებოდა სეტყვისგან პოთენტურად გადარჩენილ მოსავლის ღირებულებას.

საცეცხლე წერტილებზე საკომანდო პუნქტიდან მიღებული ბრძანებების შესრულება წარმოებდა ხელით, რაც განსაკუთრებით ღამის საათებში და ინტენსიური მუშაობის პირობებში, შეცდომის დიდ ალბათობას შეიცავდა. 80-იან წლებში იყო მცდელობა რაკეტების გამშვები დანადგარების საკომანდო პუნქტიდან ავტომატურ მართვაზე გადაყვანისა, თუმცა ტექნიკური მიზეზების გამო ეს პროექტი ვერ განხორციელდა.

კომპიუტერული ტექნიკის უქონლობის გამო ზემოქმედების მასალების არქივირება ქაღალდზე წარმოებდა და ეს მონაცემები გეოფიზიკის ინსტიტუტში ინახებოდა. მონაცემთა ანალი-

ზი და განზოგადება პერიოდულად ტარდებოდა გეოფიზიკის ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ.

4. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები ბულგარეთში

სახელმწიფო პოლიტიკის რანგში აყვანილი სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები ბულგარეთში დაიწყო 1968 წელს, როდესაც პლოვდივის რაიონში გაიხსნა სეტყვასთან ბრძოლის პირველი ქვედანაყოფი. 2001 წლამდე სეტყვასთან საბრძოლველად გამოიყენებოდა რუსული წარმოების რაკეტები “პვიმ”, “ობლაკო”, “ალაზანი“-1 და “ალაზანი“-2 . 1994 წლიდან დაიწყო აგრეთვე “ალაზნის” მოდიფიცირებული რაკეტების გამოყენება, რომლებიც აღჭურვილია იოდოვანი ვერცხლის (AgI) შემცველი რეაგენტით.

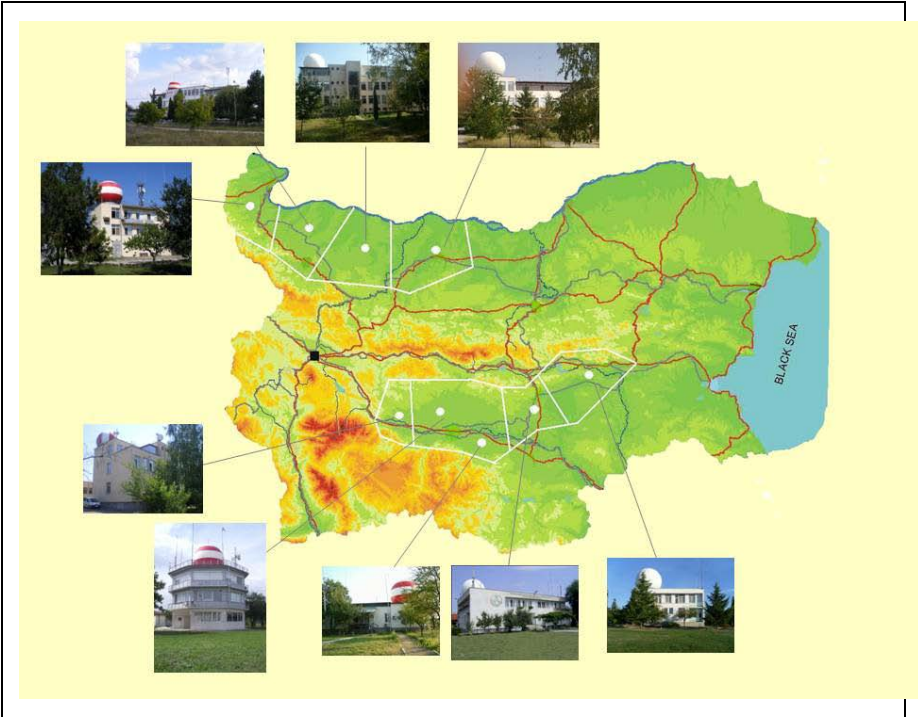
ამჟამად ღრუბლებზე ზემოქმედება წარმოებს 9 საკომანდო პუნქტიდან. დასაცავი ტერიტორიის ფართობი შეადგენს 17257 კვ.კმ ანუ 1მლნ 725.7 ათას ჰა-ს და იგი მოიცავს 4 რაიონს დუნაის ვაკეზე და 4 რაიონს თრაკიის დაბლობზე.

4.1. სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის სტრუქტურა

სეტყვასთან ბრძოლის საკომანდო პუნქტების განლაგება ბულგარეთის ტერიტორიაზე და მათი საერთო ხედები მოყვანილია ნახ.5-ზე. სათანადო მასშტაბის გამოყენებით ამ ნახაზიდან მიიღება, რომ საშუალო მანძილი საკომანდო პუნქტებს შორის დაახლოებით ტოლია 60კმ. თითოეული საკომანდო პუნქტის დასაცავი ტერიტორია საკმაოდ ფართო დიაპაზონში იცვლება 150-დან 300 ათას ჰა-მდე და საშუალოდ შეადგენს 220 ათას ჰა-ს. საგულისხმოა, რომ სამხრეთით თრაკიის სექტორში ერთ დასაცავ ტერიტორიას ორი საკომანდო პუნქტი იცავს.*

თითოეული საკომანდო პუნქტი აღჭურვილია $\lambda=3.2$ და 10 სმ ტალღის სიგრძეზე მომუშავე ორტალღიანი დოპლერის მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორით, რომლებიც გამოიყენება ზემოქმედების ოპერაციების ჩასატარებლად. ამასთან ერთად, 3 საკომანდო პუნქტზე განთავსებულია მრლ-5 ტიპის 3 რადიოლ-

- შენიშვნა: საზგასმული დახრილი შრიფტით მოცემულია ტექსტის ქართული ვერსიის შემდგენელთა კომენტარები.



ნახ.5 ბულგარეთის სექვენსთან ბრძოლის სამსახურის დასაცავი ტერიტორიებისა და საკომანდო პუნქტების განლაგების სქემა.

ოკაციური სადგური (ნახ.6), რომლებიც 150 კმ რადიუსში სისტემატურად აწარმოებს დაკვირვებას საღრუბლო სისტემებზე და რეალურ დროში გადასცემენ მეტეოროლოგიურ ინფორმაციას ამინდის მოვლენების განვითარების შესახებ სოფიაში მდებარე საინფორმაციო ცენტრს და ზემოქმედების პუნქტებს (საცეცხლე წერტილებს) ზემოქმედების ოპერაციებისთვის მათი მზადყოფნის უზრუნველსაყოფად. აღნიშნული ინფორმაცია შეიცავს მონაცემებს დაკვირვების რადიუსში წვიმის ზონების, ღრუბელთა მაქსიმალური სიმაღლისა და რადიოლოკაციური (რ/ლ) ამრეკლადობის, ღრუბელთა გადაადგილებისა და მათი სიჩქარის შესახებ, აგრეთვე რაოდენობრივ მონაცემებს წვიმის

ინტენსივობისა და რაოდენობის, ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის შესახებ.

Network for transfer of real time radar meteorological information

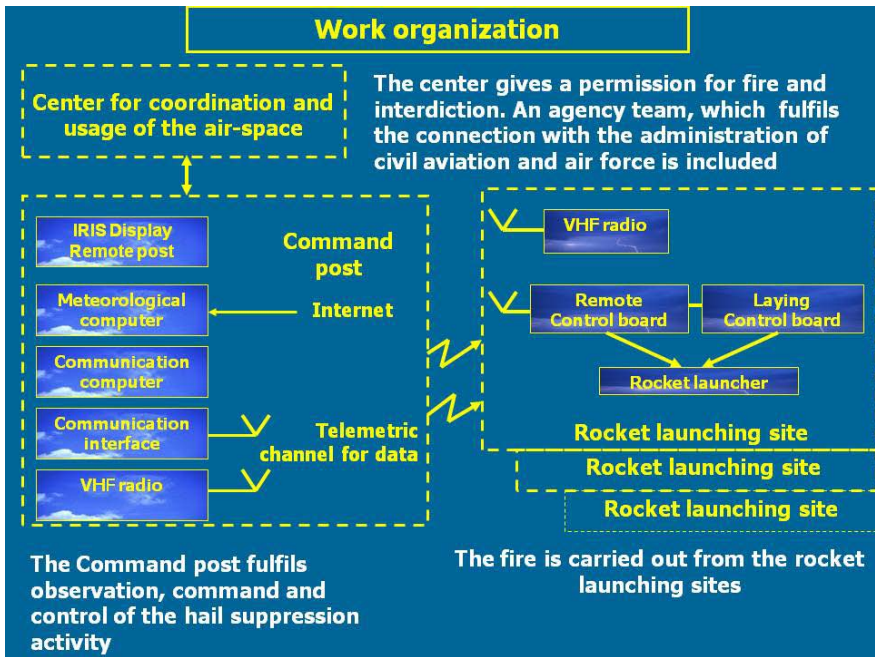
The three radars MRL-5 transfer real time radar data to informative center-Sofia and to remote posts IRIS Display, where hail suppression operations carry out.



ნახ.6 მეტეოროლოგიური ინფორმაციის მიმღები მრლ-5 რადიოლოკატორების განლაგება დასაცავ ტერიტორიაზე.

4.2.სამუშაოთა ორგანიზაცია

ბულგარეთის სექციასთან ბრძოლის სამსახურის ორგანიზაციული სტრუქტურა ნაჩვენებია ნახ.7-ზე. მოყვანილი სქემის მარცხენა ნაწილში პირველ/ზედა ადგილზე განთავსებულია საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრი, რომელიც უზრუნველყოფს სამოქალაქო და სამხედრო ავიაციისგან საჰაერო სივრცის გახსნას ზემოქმედების ოპერაციების ჩასატარებლად. მისი



ნახ.7 ბულგარეთის სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის ორგანიზაციული სტრუქტურა

ნებართვის გარეშე ზემოქმედება დრუბლებზე აკრძალულია. საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრის ქვეშ განთავსებულია საკომანდო პუნქტის ბლოკი, რომელიც შეიცავს წრიული მიმოხილვისა და ზემოქმედების ოპერაციების სამართავ რადიოლოკატორებს, ინტერნეტთან დაკავშირებულ შესაბამის მეტეოროლოგიურ კომპიუტერს, საკომუნიკაციო კომპიუტერს, რადიოკავშირისა და კავშირგაბმულობის სხვა საშუალებებს. საკომანდო პუნქტიდან წარმოებს დაკვირვებები სადრუბლო სისტემებზე, სეტყვასაშიში დრუბლების შერჩევა, მათზე ზემოქმედების ხელმძღვანელობა და ზემოქმედების ოპერაციების კონტროლი. ამ პროგრამით მომუშავე თითოეული საკომანდო პუნქტი მჭიდრო კავშირში იმყოფება დანარჩენ საკომანდო პუნქტებთან, აგრეთვე მათ დასაცავ ტერიტორიაზე მასზე მიმავრებულ საცეცხლე წერტილებთან, რომლებიც გაერთიანებულია სქემის მარჯვენა ნაწილში მოთავსებულ ბლოკში. რადიოლოკ-

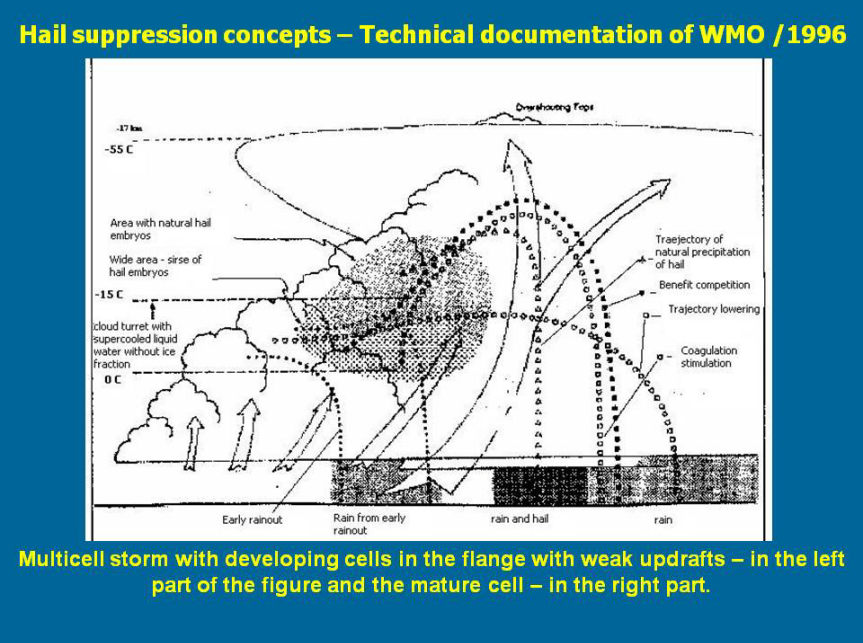
აციური ინფორმაციის საფუძველზე საკომანდო პუნქტზე გამო-
მუშავებული ბრძანების შესაბამისად ამ წერტილებიდან წარ-
მოებს რაკეტების გაშვება.

4.3. სეტყვასთან ბრძოლის კონცეფცია

ბულგარეთში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები ეყრდნო-
ბა ზემოქმედების შედეგად სეტყვასაშიშ ღრუბელში სეტყვის
წარმომშობი მაკონკურირებელი ბირთვების კონცენტრაციის
ხელოვნური გაზრდის კონცეფციას, რამაც უნდა უზრუნველ-
ყოს განვითარების ადრეულ ფაზაში მყოფი ღრუბლის გა-
დაზრდა საწვიმიან სტადიაში, ან სეტყვის მარცვლების ზრდა
მცირე ზომებამდე. ამ მიზნის მისაღწევად ღრუბლის გადამეტ-
ცივებული ნაწილის მინუს 10°C-დან მინუს 20°C-მდე გაზრდი-
ლი რ/ლ ამრეკლადობის არეში შეტანილი უნდა იქნას საკმა-
რისი რაოდენობის მაკრისტალეზული რეაგენტი, რომელიც გა-
მოიწვევს მცირე წვეთების გაყინვას და მათ კონკურენციას
ღრუბელში არსებული წყლის ორთქლის მისათვისებლად. შე-
დეგად წარმოქმნილი სეტყვის მრავალრიცხოვანი მცირე ნაწი-
ლაკები ღრუბლიდან ვარდნისას ასწრებენ გადნობას და მიწამ-
დე აღწევენ წვიმის წვეთების სახით

ეს კონცეფცია სამართლიანია იმ შემთხვევაში, თუ ღრუ-
ბელში შეტანილი რეაგენტის რაოდენობა საკმარისია ღრუ-
ბელში არსებული გადამეტცივებული მცირე წვეთების დასა-
რისტალეზლად. თუკი ღრუბლის გადამეტცივებულ არეში უკ-
ვე არსებობს დიდი რაოდენობით სეტყვის მარცვლები ან
მსხვილი წვეთები, მაშინ შეტანილ რეაგენტს შეუძლია მხო-
ლოდ მათი შემდგომი ზრდის შეფერხება და არა სეტყვის მოს-
ვლის თავიდან აცილება. კონცეფცია სამართლიანია აგრეთვე
იმ შემთხვევაში, როდესაც ღრუბელში წყლის ორთქლის მიწო-
დება ლიმიტირებულია, რაც განაპირობებს ხელოვნურად წარ-
მოქმნილ ბირთვებს შორის კონკურენციას. თუმცა, თუ ღრუბ-
ელი ვითარდება ისეთ პირობებში, როდესაც წყლის ორთქლის
მიწოდება პრაქტიკულად შეუზღუდავია (მაგ. მძლავრი ფრონ-
ტალური პროცესების დროს), მაშინ კონკურენციის მექანიზმი
კარგავს აზრს და სეტყვის წარმომშობის პროცესი შეიძლება
უძარტავად მიმდინარეობდეს.

სეტყვასაშიში ღრუბლის მოდელად შერჩეულ იქნა მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის (WMO) მიერ 1996 წელს შემოთავაზებული სეტყვის მრავალუჯრედიანი ღრუბლის სქემა (ნახ.8), რომლის ზედა საზღვარი ე.წ. “გრდემლის” სახით შეიძლება აღწევდეს 17კმ სიმაღლეს -55°C ტემპერატურაზე. ღრუბლის მარჯვენა ნაწილში გამოსახულია მძლავრი



ნახ.8. სეტყვის მრავალუჯრედიანი ღრუბლის სქემა.

აღმავალი ნაკადებით მკვებავი ღრუბლის სიმწიფის სტადიაში მყოფი უჯრედი, რომელიც იძლევა წვიმასა და სეტყვას. ღრუბლის გამუქებული არე შეესაბამება გაზრდილი ამრეკლადობის არის მდებარეობას, სადაც თავმოყრილია ღრუბელში არსებული, სამივე ფაზაში მყოფი წყლის უმეტესი ნაწილი და რომელშიაც წარმოებს წვიმის წვეთებისა და სეტყვის მარცვლების ზრდა. ღრუბლის მარცხენა ნაწილში წარმოებს ჰაერის შეღარებით სუსტი აღმავალი ნაკადებით მკვებავი ახალი უჯრედების წარმოქმნა, რომლებიც შესაფერისი აეროსინოპტიკური პირობების არსებობის შემთხვევაში შეიძლება გაძლიერდეს და

შემდგომში მიაღწიოს აგრეთვე სიმწიფის სტადიას. სქემაზე გამოსახული ღრუბელი, როგორც წესი, ვითარდება მოძრავი ატმოსფერული ფრონტის პირობებში. ახალი უჯრედების ჩასახვა ხდება ფრონტთან ერთად მოძრავი ღრუბლის წინა ნაწილში, ხოლო წვიმისა და სეტყვის გამოყოფა – მის შუა და უკანა ნაწილში. კონვექციის განვითარებისთვის განსაკუთრებით ხელშემწყობი პირობების არსებობისას შესაძლებელია მოხდეს რამდენიმე მრავალუჯრედიანი ღრუბლის შერწყმა, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ე.წ. სუპერუჯრედიანი ღრუბელი. ამ ტიპის ღრუბლის ჰორიზონტალური ზომები ჩვეულებრივ რამდენიმე ათეულ კმ-ს აღწევს და არსებობის ხანგრძლივობა – რამდენიმე საათს. ზემოქმედება ასეთ ღრუბელზე ძალზე გართულებულია მისი დიდი ზომების, მასში თავმოყრილი წყლის მარაგისა და მეტად მძლავრი აღმავალი ნაკადების არსებობის გამო, რომლებსაც შეუძლია ღრუბელში შეტანილი რეაგენტის სწრაფი გატანა ღრუბლის გრდემლში და მის გარეთ ისე, რომ იგი ვერ ასწრებს ურთიერთქმედებას გაზრდილი ამრეკლადობის არეში არსებულ ნაწილაკებთან.

4.4. ატმოსფერული პირობების აეროსინოპტიკური ანალიზი

ღრუბელთა განვითარების პირობების დასადგენად და მათი პროგნოზირებისათვის საჭირო აეროსინოპტიკური მონაცემები მოიცავს მიწისპირა ამინდის და აეროსინოპტიკურ რუკებს 850, 700 და 500 ჰექტოპასკალ (ჰპა) ბარიულ სიმაღლეებზე, საპროგნოზო მოდელებს, მეტეოგრამებს და მეტეოროლოგიური თანამგზავრებიდან მიღებულ სატელიტურ ინფორმაციას.

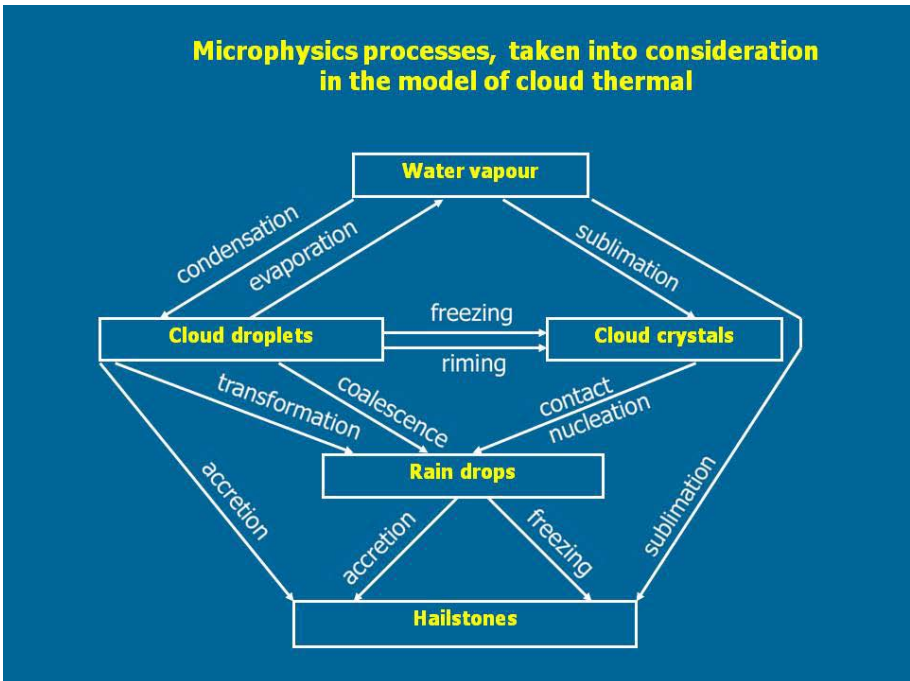
ატმოსფეროს ფიზიკური მდგომარეობის ანალიზისათვის გამოიყენება აეროლოგიური ზონდირების მონაცემები, რომელთა საფუძველზე აიგება კონვექციური ღრუბლის ერთგანზომილებიანი მოდელი.

4.5. კონვექციური ღრუბლის ერთგანზომილებიანი მოდელი მიკროფიზიკის პარამეტრიზაციით

ატმოსფეროს მოცემული სტრატეფიკაციის პირობებში კონვექციური ღრუბლის განვითარებისა და მისგან მიღებული ნალექის პროგნოზირებისთვის გამოყენებულია სოფიას უნივერსიტეტში დამუშავებული ღრუბლის ერთგანზომილებიანი მოდელი. იგი ეყრდნობა შემდეგ ძირითად პრინციპებს:

- ღრუბელში მიმდინარე მიკროფიზიკური და დინამიკური პროცესები ურთიერთდამოკიდებულია;
- მოდელში მიკროფიზიკური პროცესების პარამეტრიზაციის ბლოკი განიხილავს წყლის შემცველობის 5 კლასს (წყლის ორთქლი, ღრუბელში არსებული წყალი, წვიმა, ღრუბელში არსებული ყინულოვანი ფრაქცია, მყარი ნალექები);
- ღრუბლის მახასიათებლები სიმაღლის ფუნქციას წარმოადგენს;
- ნალექთა ტიპის (სეტყვა თუ წვიმა) საპროგნოზო კლასიფიკაციის ფუნქციები მიიღება საფეხურიანი დისკრიმინანტული ანალიზის გამოყენებით.

ღრუბელში მიმდინარე მიკროფიზიკური პროცესების განხილული სქემა მოცემულია ნახ.9-ზე.



ნახ.9. ღრუბელში მიმდინარე მიკროფიზიკური პროცესების ურთიერთკავშირის სქემა.

სქემის მიხედვით აღმავალი ნაკადებიდან და წვეთების ორთქლების შედეგად მიღებული წყლის ორთქლი იხარჯება კონდენსაციასა და სუბლიმაციაზე. კონდენსაციის შედეგად მიღებული ღრუბლის წვეთები განიცდიან კოაგულაციას და წარმოქმნიან წვიმის წვეთებს, ხოლო სუბლიმაციისა და ღრუბლის წვეთების გაყინვის შედეგად წარმოქმნილი ღრუბლის კრისტალები საკონტაქტო ნუკლეაციის გზით აგრეთვე წარმოქმნიან წვიმის წვეთებს. ამ წვეთების კოაგულაციისა და გაყინვის შედეგად მიიღება სეტყვის მარცვლები, რომლებზედაც დამატებით კიდევ ხდება ღრუბლის წვეთების დალექვა (აკრეცია) და წყლის ორთქლის სუბლიმაცია.

გამოთვლების ჩასატარებლად საწყის პირობებად მიიჩნევა:

- ღრუბლის წარმოქმნელი საბაზისო ელემენტის, თერმიკის რადიუსი ღრუბლის ფუძის დონეზე $R_0=5$ კმ, ხოლო მისი საწყისი აღმავალი სიჩქარე $W_0=5$ მ/წმ.

- გამოთვლებში გამოყენებული მუდმივების, საწყისი და ზღვრული სიდიდეების მნიშვნელობები მიღებულია ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგად.

მოდელის შემავალი მონაცემები:

- ატმოსფეროს რადიოზონდირების /აეროლოგიური ზონდირების მონაცემები;
- მიწისპირული მეტეოროლოგიური მონაცემები ტემპერატურა და ფარდობითი სინოტივე, დღის მაქსიმალური ტემპერატურა;
- სეტყვასაშიში ღრუბლის ტიპი: ფრონტალური (კონვერგენციული) ან შიდაბასიური, განსაზღვრული სინოპტიკური ანალიზის საფუძველზე.

მოდელური გამოთვლების შედეგად მიიღება ღრუბლის შემდეგი მახასიათებლები:

- შესაბამის სიმაღლეზე ტემპერატურის სხვაობა ღრუბლის შიგნით და მის გარეთ;
- შესაბამის სიმაღლეზე აღმავალი ნაკადის მაქსიმალური სიჩქარე;
- შესაბამის სიმაღლესა და ტემპერატურაზე ღრუბლის მაქსიმალური წყლიანობა;

- შესაბამის სიმაღლესა და ტემპერატურაზე ღრუბლის მაქსიმალური ყინულიანობა;
- ფენების სისქე აღმავალი ნაკადების მაქსიმალური სიჩქარეებით 20, 25, 30მ/წმ;
- ღრუბლის შიდა ტემპერატურის ვერტიკალური განაწილება, რაც საჭიროა ღრუბელში შეტანილი რეაგენტის დიფუზიის გამოსათვლელად;
- მოსული ნალექის პროგნოზირებული კატეგორია (სეტყვა თუ წვიმა).

4.6. ღრუბელში რეაგენტის გავრცელების მოდელი.

ზემოქმედების პროცესში რეაგენტის ოპტიმალური დოზირების მიზნით დამუშავდა რეაგენტის დიფუზიის მოდელი, რომელიც ეყრდნობა შემდეგ ძირითად პრინციპებს:

- ღრუბელში რეაგენტი ვრცელდება ტურბულენტური დიფუზიის გზით;
- ყინულწარმოქმნელი ბირთვების ყინულის ჩანასახებად გარდაქმნის პროცესში წყაროდან გარკვეულ მანძილზე წარმოიქმნება ყინულის ჩანასახების ფიქსირებული კონცენტრაცია;
- მცირე ზომების გამო რეაგენტის ნაწილაკები გაიტანება გარეთ კონვექციური ნაკადების მიერ, რომლებიც დაიკვირვება რეაგენტის შეტანის არეში, რის შემდეგაც ხდება მათი გავრცელება ტურბულენტური დიფუზიის მექანიზმით.

მოდელის შემავალი მონაცემებია:

- რაკეტების ტრაექტორიის აქტიური ნაწილი;
- ფრენის დროს გენერატორის მიერ ყინულწარმოქმნელი ბირთვების წარმოქმნის ინტენსივობა;
- რაკეტის ეფექტურობის კოეფიციენტი;
- ღრუბელში ტემპერატურის ვერტიკალური განაწილება;
- აღმავალი ნაკადი რეაგენტის შეტანის არეში;
- რეაგენტის გავრცელების დრო და მასშტაბი;
- ყინულწარმოქმნელი ბირთვების კონცენტრაცია დიფუზიური ღრუბლის საზღვარზე;
- ტურბულენტური ენერჯის დისიპაციის ვერტიკალური სიჩქარე;

- ტურბულენტური ენერჯის დისიპაციის ჰორიზონტალური სიჩქარე;
დიფუზიური მოდელის გამოყენებით ხდება შემდეგი პარამეტრების გაანგარიშება:
- დიფუზიის არის მოცულობა ყინულწარმოქმნელი ბირთვების მოცემული კონცენტრაციით;
- რაკეტის გაშვების ვერტიკალური კუთხე სხვადასხვა სიმაღლეზე მყოფი საცეცხლე წერტილებისთვის.

4.7. სეტყვასაშიში უჯრედებისა და სეტყვიანი ღრუბლების კატეგორიები და მათი განსაზღვრის კრიტერიუმები

ბულგარეთის სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურში მიღებულია სეტყვასაშიში და სეტყვიანი ღრუბლების დაყოფა ხუთ კატეგორიად (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. სეტყვასაშიში და სეტყვიანი ღრუბლების კატეგორიები

Categories of hail-dangerous cells and hailstorms. Criteria				
	Zmax dBz	ΔH dBz	Development of cells	Seeding
I	$45 \leq Z \leq 50$	$\Delta H_{45} \geq 1.5\text{KM}$	Slowly growing, with Zmax 15-25dBZ, reaching slowly Zmax 35-40dBZ, $H_{15\text{dBz}} \geq H - 10^{\circ}\text{C}$. Small gradient of radar reflectivity Zmax 45dBz arises at a height $\leq H - 10^{\circ}\text{C}$ and grows slowly in height	Continuous observation If $\Delta H_{45\text{dBz}}$ grows more than 2 KM, the cells are seeded
II	$40 \leq Z < 45$	$\Delta H_{40} \geq 3\text{KM}$	Rapidly growing, with Zmax 15-25dBZ. Zmax reaching 35-40dBZ for 1-2 minutes. High gradient of radar reflectivity and growth of the cell in all directions. $H_{15\text{dBz}} \geq H - 20^{\circ}\text{C}$	The cells are seeded with the purpose of early rainout
III	$45 \leq Z < 50$	$\Delta H_{45} \geq 2\text{KM}$	High formation of an area with 45dBZ $H_{45\text{dBz}} \geq H - 10^{\circ}\text{C}$	The cells are seeded when 45dBz shows
IV	$50 \leq Z \leq 55$	$\Delta H_{45} \geq 3\text{KM}$	Hailstorms	The seeding starts immediately
V	$Z \geq 55$	$\Delta H_{45} \geq 4\text{KM}$	Hailstorms	The seeding starts immediately

პირველ (I) კატეგორიას მიეკუთვნება შედარებით სუსტი და ნელა განვითარებადი კონვექციური უჯრედები, რომელთა მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობა Z_{\max} მოთავსებულია 45-დან 50 დეციბელამდე (დბ) შუალედში. უჯრედი ნელ-ნელა იზრდება 15-25დბ-დან 35-40დბ-მდე. მაქსიმალური ამრეკლადობა 45 დბ-ს აღწევს -10°C იზოთერმის სიმაღლეზე და აგრძელებს სიმაღლეში მდორედ ზრდას. განვითარების საწყის სტადიაში უჯრედზე უნდა წარმოებდეს უწყვეტი რ/ლ დაკვირვებები, ხოლო თუ 45 დბ-მდე მიღწეული გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის (გაზ) ვერტიკალური სიმძლავრე ΔH_{45} დბ 1.5 კმ-დან 2 კმ-მდე მიაღწევს, საჭიროა მასზე ზემოქმედების ჩატარება

მეორე (II) კატეგორიაში შედის სწრაფად მზარდი კონვექციური უჯრედები, რომელთა Z_{\max} 15-25დბ-დან 12 წთ-ის განმავლობაში იზრდება 35-45 დბ-მდე. უჯრედის 40დბ-მდე მიღწეული გაზ ვერტიკალური სიმძლავრე ΔH_{40} დბ უნდა აღემატებოდეს 3კმ-ს და მისი ზომები უნდა იზრდებოდეს ყველა მიმართულებით. 15 დბ ამრეკლადობის ზონა უნდა აღწევდეს მინუს 20°C იზოთერმის სიმაღლეს. ასეთი ტიპის უჯრედებზე ზემოქმედება ტარდება წვიმის მოსვლის დაჩქარების მიზნით. აღნიშნულ შემთხვევაში ზემოქმედება ორ მიზანს ემსახურება. პირველი მათგანი ითვალისწინებს უჯრედში/ღრუბელში ჰაერის დაღმავალი ნაკადების ხელოვნურად შექმნას, რაც თან სდევს ღრუბლიდან ნალექის გამოყოფას. შექმნილი დაღმავალი ნაკადი ასუსტებს ღრუბლის ზრდის განმაპირობებელ აღმავალ ნაკადს და ამით აფერხებს სეტყვასაშიში ღრუბლის სეტყვიან ფაზაში გადასვლას. გარდა ამისა, ღრუბლიდან შესაძლო სეტყვის ნაცვლად დამატებითი წვიმის მიღება, როგორც წესი, სასიკეთოდ აღგება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებას. ამასთან ერთად, თუ ზემოქმედება ტარდება რაიმე წყალსაცავის წყალშემკრების ფარგლებში, ღრუბლიდან მიღებული დამატებითი წვიმა ზრდის ამ წყალსაცავის საირიგაციო და პიდროენერგეტიკულ პოტენციალს.

მესამე (III) კატეგორიაში გაერთიანებულია 45-დან 50 დბ-მდე მაქსიმალური ამრეკლადობის მქონე უჯრედები, რომელთა 45დბ ამრეკლადობის მქონე გაზ-ის ვერტიკალური სიმძლავრე აღემატება 2კმ-ს და 45 დბ ამრეკლადობის მქონე არე იმყოფება -10°C იზოთერმის სიმაღლის ზევით. ზემოქმედება ასეთ უჯ-

რედებზე იწყება მაშინ, როდესაც Z_{max} აჭარბებს 45დბ ფარგლებს.

მეოთხე (IV) კატეგორიაში მოქცეულია სეტყვიან სტადიაში გადასული კონვექციური უჯრედები, რომელთა Z_{max} იცვლება 50-55დბ ფარგლებში. 45 დბ-მდე მიღწეული გაზის ვერტიკალური სიმძლავრე ΔH_{45} დბ აღემატება 3კმ-ს და მათზე დაუყოვნებლივ უნდა დაიწყოს ზემოქმედება.

მეხუთე (V) კატეგორიაში შედის 55დბ-ზე მაღალი მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობის მქონე უჯრედები, რომელთა 45დბ-იანი გაზის ვერტიკალური სიმძლავრე 4 კმ აღემატება. ასეთი უჯრედები, უმეტესწილად უკვე შეიცავს სეტყვის მარცვლებს და მათზე ასევე დაუყოვნებლივ უნდა დაიწყოს ზემოქმედება.

სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის გამართული მუშაობის პირობებში ბოლო ორი კატეგორიის სეტყვიანი დრუბლები, როგორც წესი, დასაცავ ტერიტორიაზე მის ფარგლებს გარედან უნდა შემოდიოდეს და მათზე ზემოქმედება მიზნად ისახავს სეტყვის მარცვლების რაოდენობისა და ზომების შემდგომი ზრდის პირობების მინიმუმამდე დაყვანას.

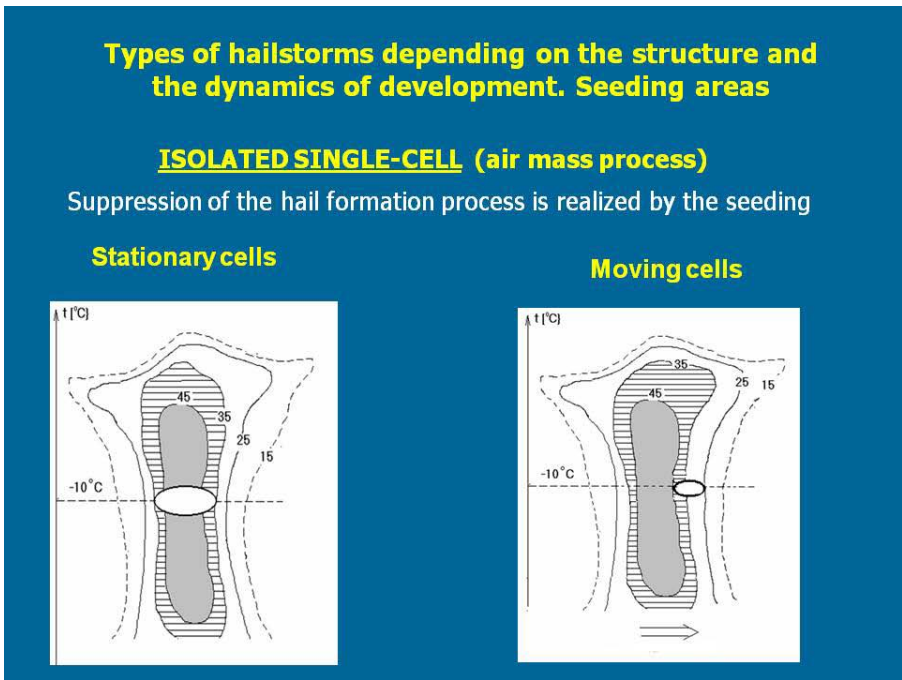
4.8. ზემოქმედების სტრატეგია

სეტყვასაშიშ დრუბლებზე ზემოქმედების სტრატეგია ეყრდნობა ორ ძირითად პრინციპს:

- I. ზემოქმედებისას რეაგენტი შეტანილი უნდა იქნას იმ არეებში, სადაც თავმოყრილია გადამეტცივებული წყლის დიდი რაოდენობა და სუსტია აღმავალი ნაკადი. ყინულწარმომქმნელი ბირთვების შეტანა დრუბლებში უნდა წარმოებდეს რეგულარული ინტერვალებით უწყვეტად, უჯრედის/დრუბლის სეტყვასაშიშ სტადიაში ყოფნის მთელი პერიოდის განმავლობაში.
- II. რეაგენტის გაფრქვევის მომენტიდან ნაწილაკების მაკონკურირებელი ზომების მიღწევამდე საჭიროა დაახლოებით 3 წუთი. ამიტომ რეაგენტის შეტანის დონე უნდა იყოს შერჩეული იმგვარად, რომ დიფუზიური დრუბლის ჰორიზონტალურმა კვეთამ მიაღწიოს -10°C იზოთერმის დონეს იმ დროს, როდესაც ნაწილაკების ზომები მიაღწევენ მაკონკურირებელ ზომებს.

*** იზოლირებული ერთუჯრედიანი (შილამასიური) ღრუბლები**

მუშავდება 2 სქემით (ნახ. 10). უმოდრაოდ განვითარებადი ღრუბლის/უჯრედის შემთხვევაში (A) რეაგენტი შეჰყავთ გაზრდილი ამრეკვლადობის ზონის (45 დბ) შუა ნაწილში -10°C იზოთერმის დონეზე; მოძრავი უჯრედის შემთხვევაში (B) რეაგენტის შეტანა უნდა მოხდეს იგივე დონეზე გაზ-ის მოძრაობის მიმართ ფრონტალურ ნაწილში, რათა უზრუნველყოფილ იქნას დიფუზიური ღრუბლის სრული შეცვლა გაზ-ში.



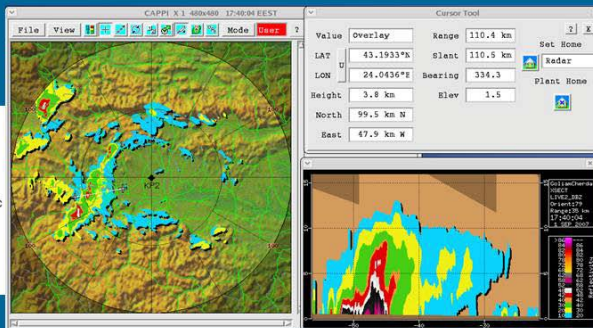
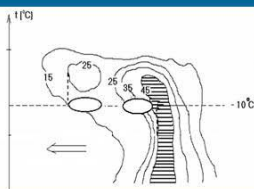
ნახ.10 ერთუჯრედიანი კონვექციური ღრუბლის დამუშავების სქემები: (A) უძრავი, (B) მოძრავი

*** მრავალუჯრედიანი ღრუბლის შემთხვევაში** (ნახ.11) ზემოქმედების, ანუ ღრუბლის დამუშავების მიზანს შეადგენს მისი განვითარების სტაბილურობის დარღვევა ღრუბლის ფრონტალურ ნაწილში მზარდი, ე.წ. "შვილობილი" უჯრედებიდან წვიმის გამოწვევით, რაც ხელს შეუშლის სიმწიფის სტადიაში

მეოფ უჯრედში სეტყვის ფორმირებას. ისევე, როგორც წინა შემთხვევებში, რეაგენტის შეტანა უნდა მოხდეს -10°C იზოთერმის არეში. ნახაზის მარცხენა სურათზე, ანალოგიურად ნახ.4-ზე მოცემული სქემისა, ახალი მზარდი უჯრედები ვითარდება მარცხნივ მოძრავი ღრუბლის წინა ნაწილში, ე.წ. გრდემლის ქვეშ, ხოლო მარჯვენა სურათზე აღბეჭდილია რადიოლოკატორის ეკრანიდან გადაღებული მრავალუჯრედიანი ღრუბლის ვერტიკალური ჭრილი, სადაც კარგად ჩანს მარცხნიდან მარჯვნივ მოძრავი ღრუბლის უკანა მხარეში მუქი მომწიფების უჯრედი და წინა ნაწილში განვითარებადი, შედარებით ნაკლები ამრეკლადობის მქონე ბაცი უჯრედები. ნახაზის შუა ნაწილში მოცემულია რადიოლოკატორის წრიული მიმოხილვის ინდიკატორიდან (ეკრანიდან) მიღებული შესაბამისი სურათი.

MULTI-CELL STORM (front or convergence)

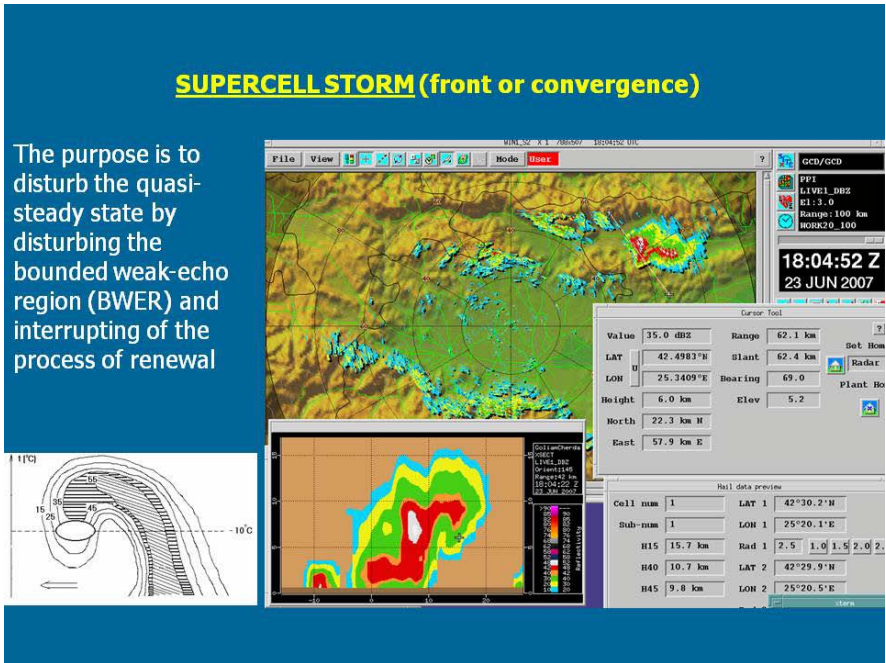
The purpose is to disturb the process stability by early rainout of daughter cells and suppressing the hail formation process in the mature cell



ნახ.11. მრავალუჯრედიანი კონვექციური ღრუბლის დამუშავების სქემა

* ზემოქვემოთ კონვექციურ, ე.წ. სუპერუჯრედიან ღრუბელზე (ნახ.12) ზემოქმედება მიზნად ისახავს მისი კვეთისტაციონარუ-

ლი მდგომარეობის დარღვევას ღრუბლის ფრონტალურ ნაწილში ე.წ. “ხორთუმის” ქვეშ განვითარების სტადიაში მყოფ უჯრედებში რეაგენტის შეტანით, რამაც უნდა შეაჩეროს სეტყვის ასალი ჩანასახების ზრდა.



ნახ.12. სუპერუჯრედიანი კონვექციური ღრუბლის დამუშავების სქემა

ნახაზის მარცხენა ნაწილში სქემატურად ასახულ სუპერუჯრედიან ღრუბელში რეაგენტის შეტანას მოძრაობის მიმართულებით მის უკანა ნაწილში აზრი არა აქვს, რადგან იგი გამოირეცხება ღრუბლიდან გამოყოფილი ნალექებით, ხოლო შუა ნაწილში შეტანილი რეაგენტი, ჰაერის მძლავრი აღმავალი ნაკადებით, მყისიერად ატანილი იქნება ღრუბლის გრდემლში და გადატანილი იქნება თავისუფალ ატმოსფეროში. ნახაზის ქვედა შუა ნაწილში გამოსახულია რადიოლოკატორის ეკრანიდან მიღებული სუპერუჯრედიანი ღრუბლის ვერტიკალური ჭრილი, რომელზედაც ჯვრით აღნიშნულია რეაგენტის შესატანი არე. სქემაზე ნაჩვენებია ღრუბლისაგან განსხვავებით ლოკატორის

ეკრანზე ასახული დრუბელი მოპირისპირე მიმართულებით, მარცხნიდან მარჯვნივ მოძრაობს. სუპერუჯრედიანი დრუბლები, როგორც წესი, ფრონტალური კონვერგენციის პირობებში ვითარდება. საქართველოში სუპერუჯრედიანი დრუბლების კორიზონტალური ზომები, ჩვეულებრივ, ორჯერ და მეტად აღემატება მათ ვერტიკალურ სიმაღლევს.

4.9. ტექნიკური საშუალებები და კომპიუტერული უზრუნველყოფა

ბულგარეთის სექცეასთან ბრძოლის სამსახურში ზემოქმედების ოპერაციების სრული ციკლის ჩასატარებლად შექმნილია რადიოლოკაციური და აეროლოგიური ინფორმაციის რეალურ დროში ანალიზის სისტემა, რომლის აბრევიატურაა RAPIRA.

MRL 5 – IRIS მეტეოროლოგიურ მოვლენებზე დაკვირვების, მათი მონიტორინგისა და პროგნოზირების მძლავრი ქვესისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს რეალურ დროში ინფორმაციის მიღებას;

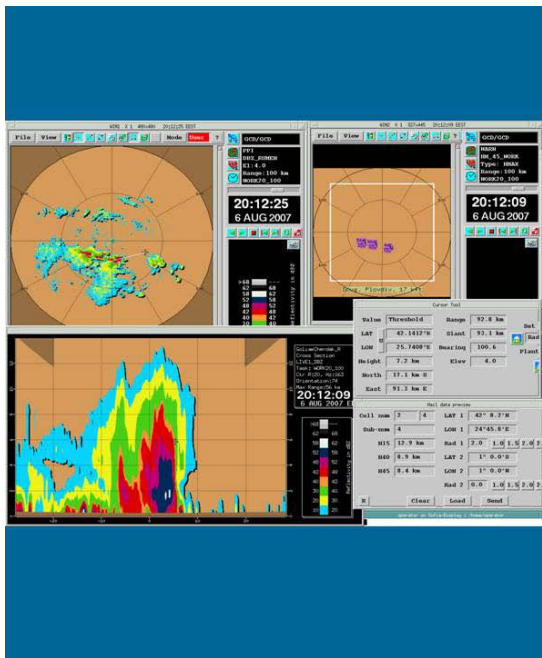
FIRE HAIL კომპიუტერული პროგრამა დრუბლებზე ზემოქმედებისთვის საჭირო მონაცემთა მოსამზადებლად, რომელიც გამოიმუშავებს ზემოქმედების ბრძანებებს;

FIRE W საკომუნიკაციო და საინფორმაციო ქვესისტემა სექცეის საწინააღმდეგო რაკეტების კონტროლისა და გაშვების სპეციალიზებული კომპიუტერული პროგრამით.

პირველი მათგანი **MRL 5 IRIS** ($\lambda=10$ სმ) ქვესისტემა უზრუნველყოფს სადრუბლო სისტემის დისპლეიზე გამოსახულების მიღებას და სექცეასაში უჯრედების შერჩევას, რაც საშუალებას იძლევა დადგენილ იქნას დრუბლის სტრუქტურა, რეაგენტის შესატანი არის ადგილმდებარეობა და რადიუსი, ზემოქმედების პროცედურის დასაწყისი და დასასრული, აგრეთვე სხვადასხვა რ/ლ ამრეკლადობის არეების სიმაღლე. ეს მონაცემები გადაეცემა **FIRE HAIL** ქვესისტემას (მოდულს).

MRL 5 – IRIS ქვესისტემის მიერ გამოიმუშავებულ საინფორმაციო მონაცემთა ნიმუში მოყვანილია ნახაზზე 13, რომელზედაც ნაჩვენებია წრიული მიმოხილვის ინდიკატორზე დაფიქსირებული სადრუბლო სისტემები (ზემოთ) და შერჩეული სექცეასაში დრუბლის ვერტიკალური ჭრილი (ქვემოთ). აქვე მოცემულია

რადიოლოკატორით გაზომილი სიდიდეების ციფრული ამონახეცლები.



MRL5-IRIS (S band) – performs display of cloud systems and selection of hail-dangerous cells, which enables the accurate determination of the cloud’s structure, seeding area location and its radius, the beginning and the end of hail suppression activity

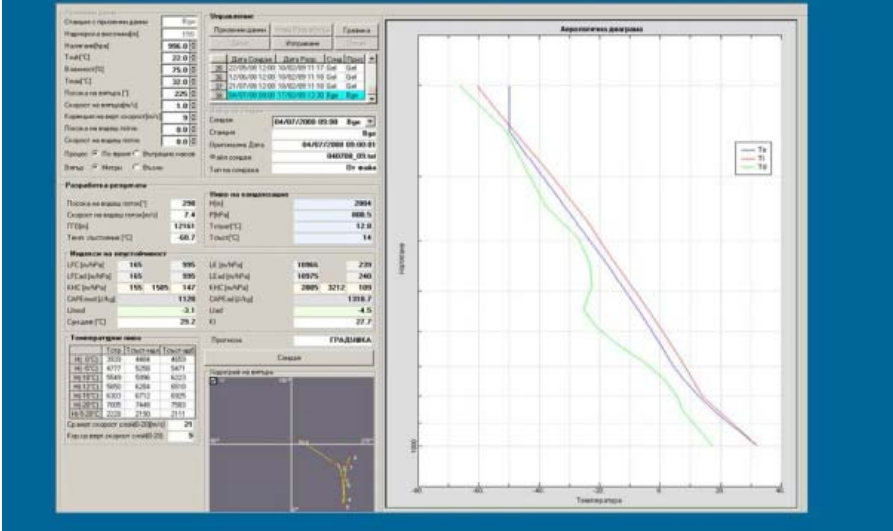
The heights of the areas with different radar reflectivity, seeding area location and its radius are transferred to the FIRE HAIL module

ნახ.13. MRL5 – IRIS საინფორმაციო ქვესისტემების საშუალებით მიღებულ მონაცემთა წარმოდგენის მაგალითი

მეორე ქვესისტემა **FIRE HAIL** მოდული ეყრდნობა ატმოსფეროს რადიოზონდირების მონაცემებს, რომელთა საფუძველზე ხდება ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მახასიათებლების გამოთვლა, ღრუბელთა განვითარების პირობების შეფასება, მოსალოდნელი ნალექების ტიპის პროგნოზირება და ღრუბელში შეტანილი რეაგენტის გავრცელების პარამეტრების დადგენა. ატმოსფეროს ვერტიკალური ზონდირების შედეგად მიღებული აეროლოგიური დიაგრამისა და მის საფუძველზე კომპიუტერული პროგრამის საშუალებით გამოთვლილი მახასიათებლების ციფრული სახით წარმოდგენის მაგალითი მოყვანილია ნახაზზე 14.

FIRE Hail Module Aerological sounding

It calculate thermodynamic characteristics of the atmosphere, necessary for analysis of atmospheric conditions and cloud characteristics, forecasting of the type of precipitation and calculating of the diffusion cloud of the agent.



ნახ.14. FIRE HAIL მოდულის საშუალებით გამოთვლილი ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მახასიათებლების წარმოდგენის მაგალითი

აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე, აგრეთვე **MRL 5 – IRIS** ქვესისტემიდან მიღებული კონვექციური ღრუბლების მახასიათებლების გათვალისწინებით **FIRE HAIL** კომპიუტერული პროგრამა განსაზღვრავს ზემოქმედებისათვის შესაფერის საცეცხლე წერტილებს, რაკეტების გამშვებ აზიმუტებსა და ვერტიკალურ კუთხეებს, აგრეთვე რეაგენტის შესატანი არის მოცულობას. შესაბამისი ბრძანებები გადაეცემა **FIRE W** ქვესისტემას/მოდულს. ციფრული ფორმით წარმოდგენილი, ზემოქმედების ჩასატარებლად საკომანდო პუნქტიდან გაცემული ბრძანებების ნიმუში წარმოდგენილია ნახაზზე 15. აქვე ნაჩვენებია დასაცავ ტერიტორიაზე საცეცხლე წერტილების განლაგების სქემა (პლანშეტი), რომელზედაც მუქი წრეებით დატანილია აგრეთვე რეაგენტის შეტანის არეები.

Module Recommendation for firing

The screenshot displays the 'LIFELATOR' software interface. At the top, there is a menu bar and a title bar. The main area is divided into several sections:

- Left Panel:** Contains three tables for 'Каналы №1', 'Каналы №2', and 'Каналы №3'. Each table has columns for 'Время' (Time) and 'Пол' (Pole) for various modules (H15, H40, H45, H45, F, G1, G1, R, G2, G2, R2).
- Right Panel:** Contains a 'Препорьки - Управление' (Preparations - Management) section with a 'БОЕН РЕЖИМ' (Boen Regime) button, a 'С ПРЕПОРЬКИ' (With Preparations) button, and a 'Разработчик' (Developer) field. Below this is a 'Работ. совлажи' (Work Card) section with a date and time '17/02 13:30 04/07 09:00 Вре'. There is also a 'Ручно управление' (Manual Control) section with 'Час Пок.' (Hour of Day) and 'Час Ноч.' (Hour of Night) fields.
- Bottom Panel:** Contains a 'Работная карта' (Work Card) section with a grid and a circular diagram overlaid on it. The diagram shows a central point with several concentric circles and lines, representing a firing pattern or target area.

ნახ.15. . FIRE HAIL მოდულის საშუალებით გამოთვლილი ზემოქმედების ჩატარების ბრძანებები

ნახაზიდან ჩანს, რომ საკომანდო პუნქტიდან ზემოქმედების ოპერაციების ჩატარებას ემსახურება დაახლოებით 20 საცეცხლე წერტილი, რაც ახლოსაა კახეთის რეგიონში საცეცხლე წერტილების განლაგების სიმჭიდროვესთან. ბულგარეთში 9 საკომანდო პუნქტის მოქმედების არეში საცეცხლე წერტილების საერთო რაოდენობა დაახლოებით 180 უნდა იყოს.

FIRE HAIL მოდულიდან მიღებული ბრძანებების შესაბამისად FIRE W მოდულის საშუალებით ჩატარებული ზემოქმედების კომპიუტერული ფორმით წარმოდგენილი შემაჯამებელი დოკუმენტაციის ნიმუში მოყვანილია ნახაზზე 16.

FIRE Hail - Module Automatic formation of information about hail suppression operation

The information includes data about every process cell at live time, recommendations and real firings, area of cell track, as well as general information about all the hail suppression operation.

Бърдарски геран

Режим на работа: Боен
Отчетано: 25/07/2008 20:18:21

Справка за реализирани Въздействия
за период

Въздействието е:

№ Въздействие:		7 Начало: петък, Юли 25, 2008 19:24				Край: петък, Юли 25, 2008 19:26												
Ултра:		1 Пазва пълна [дм]				13 367 Брой прелетри:												
Време на обработка: 00:04:11		Време на обработка: 00:04:11		Време на обработка: 00:04:11		Време на обработка: 00:04:11		Време на обработка: 00:04:11										
Позиция №	Дата	Позиция	Дата	Разрешава	Тени	ИМГ	Цял	Лока	Азимут	Радиус [м]	Радиус [м]	Лок	Лок	Азимут	Радиус [м]	Радиус [м]	Взаимодействие	
1	(M)	25/07/2008	19:22:41	25/07/2008	08:35:00	спгг	1.7	43°36.2'	23°41.7'	288	22000	1500						
2	(M)	25/07/2008	19:22:41	25/07/2008	08:35:00	спгг	2.3	43°34.4'	23°45.8'	282	16000	1500						
		Дата Прелета		RP	Азимут	Елементи	%	Радиус	Дист [м]	Цял	RP	Дата	Стрелка	Време за изв	Азимут	Еле	Радиус	
		25/07/2008 19:22:41		14	285	60	100	1500	3762			14	25/07/2008 19:24:39	00:01:38	285	60	1500	A
		25/07/2008 19:22:41		16	130	60	100	1500	2347									
		25/07/2008 19:22:41		35	300	55	2	ΔMGE	9729									
3	(M)	25/07/2008	19:25:31	25/07/2008	08:35:00	спгг	2.8	43°34.7'	23°46.3'	282	16000	1500						
		Дата Прелета		RP	Азимут	Елементи	%	Радиус	Дист [м]	Цял	RP	Дата	Стрелка	Време за изв	Азимут	Еле	Радиус	
		25/07/2008 19:25:31		14	290	60	100	1500	2807			14	25/07/2008 19:28:52	00:01:21	290	60	1500	A
		25/07/2008 19:25:31		16	130	60	100	1500	3221									
		25/07/2008 19:25:31		35	305	55	6	ΔMGE	9484									
3	(M)	25/07/2008	19:25:16	25/07/2008	08:35:00	спгг	2.8	43°34.3'	23°46.3'	282	16000	1500						
		Дата Прелета		RP	Азимут	Елементи	%	Радиус	Дист [м]	Цял	RP	Дата	Стрелка	Време за изв	Азимут	Еле	Радиус	
		25/07/2008 19:25:49		14	290	60	100	1500	2807									
		25/07/2008 19:25:49		16	130	60	100	1500	3221									
		25/07/2008 19:25:49		35	305	55	6	ΔMGE	9484									
4	(M)	25/07/2008	19:28:58	25/07/2008	08:35:00	спгг	1.8	43°34.7'	23°45.9'	280	16000	1500						
		Дата Прелета		RP	Азимут	Елементи	%	Радиус	Дист [м]	Цял	RP	Дата	Стрелка	Време за изв	Азимут	Еле	Радиус	
		25/07/2008 19:28:58		14	290	60	100	1500	3790									
		25/07/2008 19:28:58		16	140	60	100	1500	2652									
		25/07/2008 19:28:58		35	300	55	11	ΔMGE	9201									
№ Въздействие:		7																
Общ брой обработени клетки:		1																
Общо време на обработка:		00:04:11																
Общ брой прелетри за всички клетки:		12																
Общ брой изпълнени команди за всички клетки:		2																
Сума от градите пълна за всички клетки:		13 367 дм																
Това е валиден от RP 716 – валиден за големина изчакващо време, за около 1 мин.																		
Ръководител въздействия: Светлана Върбанова																		

ნახ.16. საკომანდო პუნქტიდან ჩატარებული ზემოქმედების ლოკუმენტაციის ნიმუში

საკომუნიკაციო და საინფორმაციო ქვესისტემა **FIRE W**, როგორც მრავალფუნქციური კომპიუტერული პროგრამა, უზრუნველყოფს შემდეგი ოპერაციების ჩატარებას:

- * კოდირებული ტელემეტრული სისტემის საშუალებით საკომანდო პუნქტიდან საცეცხლე წერტილებზე რაკეტების გაშვების კონტროლი;

- * საკომანდო პუნქტიდან გადაცემული ინფორმაციის საიმედოობის კონტროლი;

- * რაკეტების გაშვების ბრძანებების ზუსტი და დროული შესრულების კონტროლი;

- * საცეცხლე წერტილებთან საიმედო კავშირისა და რაკეტების გამშვები დანადგარების გამართული მდგომარეობის კონტროლი;

* ზემოქმედების ჩასატარებლად გაცემული ბრძანებებისა და მათი შესრულების არქივირება;

* საცეცხლე წერტილებზე რაკეტების ხარჯვისა და მათი მიწოდების რაოდენობის, თითოეულ წერტილზე მოცემული მომენტისათვის მათი მარაგის კონტროლი;

* მეტეოროლოგიურ მონაცემთა ავტომატური შეგროვებისა და დამუშავების შესაძლებლობა შემდეგი ელემენტებისათვის: ჰაერის ტემპერატურა და სინოტივე, ატმოსფერული წნევა, ქარის სიჩქარე და მიმართულება, წვიმისა და თოვლის ჯამური რაოდენობა, წვიმის ინტენსივობა.

4.10. საცეცხლე წერტილის ტექნიკური აღჭურვილობა

რაკეტების გამშვები პუნქტის ტექნიკური აღჭურვილობის სქემა მოცემულია ნახაზზე 17. ეს აღჭურვილობა შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან:



ნახ.17. რაკეტების გასაშვები პუნქტის ტექნიკური აღჭურვილობის სქემა

1 – მზის ფოტოელექტრული პანელი, რომელიც სუფთა განახლებადი ენერჯით უზრუნველყოფს მიუდგომელ ადგილას მყოფ დაშორებულ საცეცხლე წერტილებს, სადაც არ არსებობს ელექტრულ ქსელთან მიერთების შესაძლებლობა;

2 – ფოტოვოლტაიკური სისტემის საკონტროლო პანელი, რომლის დანიშნულებაა, MPPT ტექნოლოგიის გამოყენებით, მზიდან მიღებული ელექტროენერჯით აკუმულატორების დამუხტვის პროცესის კონტროლი, მათი მდგომარეობის კონტროლი და განათებისა და სხვა მიზნებისათვის საცეცხლე წერტილის ელექტროენერჯით უზრუნველყოფა;

3 – საცეცხლე წერტილის გასანათებლად გამიზნული, სინათლის გამასხივებელი დიოდებით (LED) აღჭურვილი პროექტორი, რომელიც 10-ჯერ ნაკლებ ენერჯიას მოიხმარს ჩვეულებრივი ვარვარების ნათურებით აღჭურვილ პროექტორთან შედარებით;

4 – აკუმულატორების ბატარეა, რომელიც უწყვეტად მიაწოდებს ელექტროენერჯიას საცეცხლე წერტილის ყველა სისტემას;

5 – დისტანციური კონტროლის პანელი, რომელიც საკომანდო პუნქტთან უზრუნველყოფს საინფორმაციო კავშირს საცეცხლე წერტილზე არსებული მდგომარეობის, რაკეტების გაშვებისა და ამ პროცესის ფიქსირების შესახებ კოდირებული ტელემეტრული სისტემის გამოყენებით;

6 – რაკეტების ავტომატიზებული გამშვები დანადგარი, რომლის დანიშნულებაა სპეციალური კომპიუტერული პროგრამის **FIREW** მიერ გამოიმუშავებული ბრძანების შესაბამისად ავტომატურად დააყენოს დანადგარი აზიმუტების დიაპაზონში 0-360⁰ და ვერტიკალური კუთხეების დიაპაზონში 45-დან 85⁰-მდე და უზრუნველყოს 6 რაკეტის რიგ-რიგობით გაშვება. დანადგარში გათვალისწინებულია აგრეთვე ხელით მართვის შესაძლებლობა;

7 - რაკეტების გამშვები დანადგარის დისტანციური კონტროლის პანელი, რომელიც გამოიყენება საკომანდო პუნქტიდან სროლის აზიმუტისა და ვერტიკალური კუთხის შემცველი ბრძანების შესრულების შესამოწმებლად.

საცეცხლე წერტილის აღჭურვილობაში შედის სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტა, რომლის ამჟამად გამოყენებული ტიპის ტექნიკური პარამეტრები მოყვანილია ნახაზზე 18. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, რაკეტის დიამეტრი/კალიბრი შეადგენს 55 მმ, ხოლო სიგრძე 910 მმ. რაკეტაში მოთავსებულია 400 გ მაკრისტალელები რეაგენტი, რომლის გაბნევა ღრუბელში წარმოებს 34 წამის განმავლობაში. რაკეტის გამშვების ადგილზე ჰაერის ტემპერატურა შეიძლება იცვლებოდეს -5დან +50⁰-მდე. შენახვის საგარანტიო ვადაა 3 წელი.

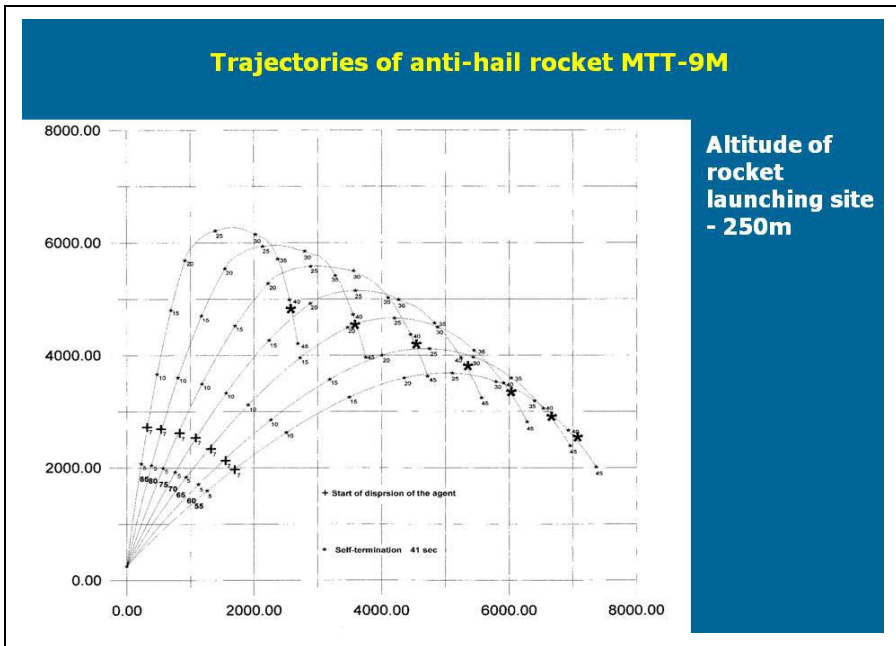
Technical parameters

Length of the container, mm	1045
Outside diameter of the container, mm	60
Length of the rocket, mm	910
Diameter of the rocket, mm	55
Total weight of the rocket with the container, kg	3,45
Weight of the agent, kg	0,4
Initial velocity, m/sec	80
Working time of the engine, sec	4
Time of dispersion, sec	34
Time of self-destruction, sec	41
Working temperature range, T°C	from -5 to +50
Temperature range for storage, T°C	from -30 to +50
Warranty, years	3



ნახ.18. ბულგარეთის სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურში ამჟამად გამოყენებული რაკეტის MTT9M ტექნიკური პარამეტრები

რაკეტის ტრაექტორიები ზღვის დონიდან 250 მ სიმაღლეზე მდებარე გამშვები დანადგარის სხვადასხვა ვერტიკალური კუთხეებისათვის ნაჩვენებია ნახაზზე 19.



ნახ.19. სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტის მტტ-9მ ტრაექტორიები.

მასზე მუქი ჯვრებით აღნიშნულია რაკეტიდან რეაგენტის გამოყოფის საწყისი (7წმ) და საბოლოო (41 წმ) მომენტები, ხოლო პატარა ვარსკვლავით (*) – რაკეტის თვითლიკვიდაციის მომენტი გაშვებიდან 45-ე წამზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ რაკეტის მოქმედების მაქსიმალური სიმაღლე იცვლება შუალედში ზღვის დონიდან 4.0-6,2 კმ, ხოლო მოქმედების რადიუსი 2,5-დან 7 კმ-მდე. ამრიგად, დასაცავ ტერიტორიაზე საცეცხლე წერტილების მოქმედების რადიუსის მინიმალური გადაფარვის პირობებში მანძილი მათ შორის უნდა შეადგენდეს არა უმეტეს 12-13 კმ.

5. კახეთსა და ბულგარეთში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაო- თა წარმოების შედარებითი ანალიზი

ბულგარეთში 1960–იანი წლების შუა პერიოდში დაწყებული სეტყვასთან ბრძოლის საცდელ–საწარმოო სამუშაოები მნიშვნელოვანწილად ეყრდნობოდა საქართველოში, და კერძოდ კახეთში, წარმოებული სამუშაოების გამოცდილებას. ბულგარეთში სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურში 1970–იან წლებში გამოყენებული რადიოლოკატორები, სარაკეტო ტექნიკა, ზემოქმედების მეთოლოგია და მისი ეფექტურობის დადგენის პრინციპები თითქმის მთლიანად გადმოტანილი იყო კახეთში სეტყვასთან ბრძოლის პრაქტიკიდან, რაც აიხსნებოდა დასაცავი ტერიტორიების ფიზიკურ–გეოგრაფიული პირობების დიდი მსგავსებით. ბულგარელი კოლეგები ხშირად სტუმრობდნენ თელავისა და სხვა გასამხედროებულ ნაწილებს, სპეციალისტებს შორის მიმდინარეობდა გამოცდილების ნაყოფიერი გაზიარება.

ეს გარემოება განაპირობებდა იმას, რომ კახეთის რეგიონში 1980–იან წლებში განვითარებული სეტყვასთან ბრძოლის ჩვენს მიერ ზემოთ განხილული ტექნოლოგია თითქმის ანალოგიური იყო ბულგარეთის სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურში დანერგილი ტექნოლოგიისა, თუმცა ზემოქმედების ჩასატარებლად საჭირო ინფორმაციის დამუშავება და ოპერაციების ავტომატიზაცია ჯერ კიდევ იმ წლებში იქ უფრო თანამედროვე დონეზე წარმოებდა, ვიდრე საქართველოში.

1990–იანი წლებიდან ბულგარეთში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები არ შეწყვეტილა. პირიქით, გასულ 20 წელიწადში ეს სამუშაოები, დასავლეთის განვითარებულ ქვეყნებში გამოყენებული ახალი ტექნოლოგიების გათვალისწინებით, უფრო მაღალ დონეზე იქნა აყვანილი, რასაც მოწმობს ბულგარეთის სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოების ზემოთ მოყვანილი მიმოხილვა. ამიტომ, საქართველოში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა აღდგენის გზაზე ერთ–ერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს იმ ტექნოლოგიური სიახლეების გამოგლეხა, რომლებიც მიღებულ იქნა ბულგარეც–

თში 20 წლის მანძილზე და საქართველოში მათი დანერგვის შესაძლებლობათა გარკვევა.

კახეთის რეგიონში 1980–იან წლებში და ბულგარეთში ამჟამად გამოყენებული სეტყვასთან ბრძოლის ზემოთ აღწერილი ტექნოლოგიების შედარება საშუალებას იძლევა გამოვიტანოთ შემდეგი ძირითადი დასკვნაები:

1. სეტყვასთან ბრძოლის კონცეპტუალური მოდელი, რომელიც 1980–იანი წლებისთვის დამუშავდა მრავალი ქვეყნის სპეციალისტთა მიერ და რომელიც ეყრდნობოდა მზარდი კონვექციური უჯრედის გადამეტცივებულ არეში მაკონკურირებელი ჩანასახების კონცენტრაციის ხელოვნურად გაზრდის გზით სეტყვის ზრდის პროცესის შეჩერების იდეას, კვლავაც წარმოადგენს სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა საფუძველს.

2. სეტყვასაშიშ კონვექციურ უჯრედში მაკრისტალეზელი რეგენტის შეტანის საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენს სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტა, რომლის ტექნიკური პარამეტრები უზრუნველყოფს რადიოლოკატორის საშუალებით ღრუბელში შერჩეული გადამეტცივებული არეების დედამიწის ზედაპირიდან დისტანციურ დამუშავებას.

3. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები კვლავაც ეყრდნობა სეტყვასაშიშ და სეტყვიანი ღრუბლების 1980–იან წლებში შემუშავებულ კლასიფიკაციას, რომლის მიხედვით გამოიყოფა ერთუჯრედიანი, მრავალუჯრედიანი და სუპერუჯრედიანი ღრუბლები მათთვის დამახასიათებელი სტრუქტურითა და განვითარების თავისებურებებით.

4. სეტყვასთან ბრძოლის ოპერაციების დასაგეგმად და ჩასატარებლად აუცილებელ პირობას წარმოადგენს აეროსინოპტიკური მონაცემების არსებობა, რომლებიც კონვექციური ღრუბლის სათანადო მათემატიკური მოდელის გამოყენებით კომპიუტერულად უნდა დამუშავდეს. მიღებული შედეგი უნდა გაანალიზდეს რადიოლოკაციური და თანამგზავრული დაკვირვებების მონაცემებთან ერთად.

5. რადიოლოკაციური დაკვირვებების მონაცემები კომპიუტერული პროგრამით უნდა მუშავდებოდეს, რეალურ დროში ხელმისაწვდომი იყოს ზემოქმედების ხელმძღვანელისთვის და ციფ-

რული ფორმით ინახებოდეს არქივში. სეტყვასაშიშ ან სეტყვიან ღრუბლებზე დაკვირვებისას კომპიუტერული პროგრამა უნდა ითვალისწინებდეს აეროსინოპტიკური და რადიოლოკაციური მონაცემების საფუძველზე რეკომენდაციების გამომუშავებას კონკრეტულ უჯრედში შესატანი რეაგენტის რაოდენობისა და ზემოქმედების განსახორციელებლად შერჩეული საცეცხლე წერტილის შესახებ.

6. საცეცხლე წერტილზე საკომანდო პუნქტიდან მიღებული ზემოქმედების ჩასატარებელი ბრძანების შესრულება ავტომატურ რეჟიმში უნდა წარმოებდეს, რაც გამორიცხავს რაკეტების გაშვებაში სუბიექტური შეცდომების დაშვებას. ყველა გაშვება და მისი შესრულება კომპიუტერულად უნდა ფიქსირდებოდეს და ინახებოდეს არქივში. პრინციპულად განსხვავდება საცეცხლე წერტილის ბულგარეთში გამოყენებული სხვა ტექნიკური აღჭურვილობაც. მზის პანელი უზრუნველყოფს სააკუმულატორო ბატარეის საიმედო მოქმედებას, რაც ადრე მოქმედ სისტემებში მოითხოვდა ბენზინზე მომუშავე ელექტროგენერატორების გამოყენებას. ამასთან დაკავშირებით, არ არის გამორიცხული საქართველოს პირობებში ქარიან მაღალმთიან საცეცხლე წერტილებზე პარალელურად გამოყენებული იქნას ქარის ელექტროგენერატორებიც.

7. სეტყვასთან ბძოლის ოპერაციების ჩასატარებლად ბულგარეთში გამოიყენება ერთ სისტემად გაერთიანებული სამი ქვესისტემა:

* MRL5 IRIS რადიოლოკაციური დაკვირვების ქვესისტემა, რომელიც რეალურ დროში უზრუნველყოფს საკომანდო პუნქტზე ინფორმაციის მიწოდებას მეტეოროლოგიურ მოვლენებზე დაკვირვებისა და მათი პროგნოზირების შესახებ;

* FIRE HAIL კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა მომზადებას ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩასატარებლად და იძლევა რეკომენდაციებს საცეცხლე წერტილების შესარჩევად;

* FIRE W – საკომუნიკაციო და საინფორმაციო ქვესისტემა, რომელშიც შედის რაკეტების გაშვებისა და მისი კონტროლის სპეციალური კომპიუტერული პროგრამა.

8. ზემოთ ჩამოთვლილი სამივე ქვესისტემის მიერ გამომუშავებული ინფორმაცია და ბრძანებები თავს იყრის საკომანდო პუნქტის ცენტრალურ კომპიუტერში, რომელიც უზრუნველყოფს ზემოქმედების ოპერაციების დეტალური დოკუმენტაციის შედგენას.

განხილული 8 პუნქტიდან პირველი სამი კახეთში წარმოებული სექცვასთან ბრძოლის სამუშაოებშიც იყო მიღებული, რაც მოწმობს იმას, რომ ბოლო 20 წლის მანძილზე ბულგარეთში სექცვასთან ბრძოლის სტრატეგია პრინციპულად არ შეცვლილა. მეოთხე პუნქტში უკვე შემოვიდა აეროსინოპტიკურ მონაცემთა კომპიუტერული დამუშავების ფაქტორი, რომლის მაღალ დონეზე რეალიზება დამოკიდებულია კონვექციური ღრუბლის მათემატიკური მოდელის შერჩევაზე და გამოთვლების შედეგების სათანადო ფორმით წარმოდგენაზე. საქართველოში სექცვასთან ბრძოლის სამუშაოთა აღდგენის შემთხვევაში მიზანშეწონილად უნდა ჩაითვალოს მოდელური გამოთვლების ჩასატარებლად ღრუბლის საკმაოდ სრული მოდელის გამოყენება, რომელიც შესაძლებელს გახდის სანდოობის მაღალ დონეზე რადიოლოკაციური მონაცემების გამოყენებით შეფასდეს ცალკეულ სექცვასაშიმ ღრუბელზე ზემოქმედების ეფექტურობა.

მე-5 პუნქტი მთლიანად მოიცავს რადიოლოკაციური დაკვირვებების კომპიუტერიზაციას, რაც პრინციპულად ახალ საფეხურზე აიყვანს მონაცემთა დამუშავებისა და წარმოდგენის სისტემას. როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, კახეთში წარმოებულ სამუშაოებში ლოკატორის ეკრანზე ვიზუალურად ათვლილი მონაცემები ხელით რეგისტრირდებოდა ჟურნალში, გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის პარამეტრების მიხედვით ღრუბელში შესატანი რეაგენტის რაოდენობა ისაზღვრებოდა ტიპური პირობებისათვის შედგენილი ცხრილებით, ხოლო საცეცხლე წერტილების შერჩევა ხდებოდა ზონის კონტურების პლანშეტზე დატანით. ყველა ამ პროცედურის კომპიუტერიზაციის შედეგად ზემოქმედების ოპერაცია მნიშვნელოვნად ჩქარდება და გამოირიცხება გადაწყვეტილების მიღებაში სუბიექტური ფაქტორი. ზემოქმედების ხელმძღვანელს მეტი დრო რჩება კომპიუტერის მიერ რეკომენდებული ბრძანებების შესაფასებლად და, საბოლოოდ, ზემოქმედების ოპტიმალური ვარიანტის შესარჩევად.

მე-6 პუნქტი აგრეთვე ითვალისწინებს საცეცხლე წერტილზე წარმოებული სამუშაოს სრულ მოდერნიზაციას. ცეცხლის წარმოების ანუ რაკეტების გაშვების ავტომატიზებული სისტემა გამოირიცხავს სუბიექტური შეცდომების დაშვებას, აგრეთვე ითვალისწინებს ამ პროცესის დეტალურ რეგისტრაციას და კონტროლს, რაც განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს საგანგებო შემთხვევის პირობებში (სარაკეტო სისტემის ავარიული ფუნქციონირება, რაკეტის თვითგასვლა ელჭექის დროს და სხვ.)

მე-7 პუნქტში განხილული ქვესისტემების საქართველოს პირობებში დანერგვა ფაქტობრივად ზემოთ განხილული მოდერნიზაციის პრინციპების შეჯამებას წარმოადგენს, რაც უზრუნველყოფს საქართველოში გავლილი 20 წლის მანძილზე დაგროვილი ჩამორჩენის დაძლევას და სექცვასთან ბრძოლის სამუშაოთა თანამედროვე დონეზე წარმოებას.

გარდა ამისა, საჭირო იქნება კახეთში ადრე წარმოებული ეკოლოგიური მონიტორინგის განახლება სექცვასთან ბრძოლის სამუშაოთა გარემოზე ზემოქმედების შესაფასებლად.

თავი II. ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები

საქართველოს ბუნებრივი პირობები ხელს უწყობს თოვლის ზვავების გავრცელებას. ზვავსაშიშია არა მხოლოდ ცალკეული დასახლებული პუნქტი, არამედ საავტომობილო მაგისტრალები, ელექტროგადამცემი ხაზები, რეკრეაციული დანიშნულების სხვადასხვა ობიექტი. თუ იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ, საქართველოს ტერიტორიის 56% ზვავსაშიშ ზონაში მდებარეობს და ტერიტორიის 20%-ზე ზვავი ყოველწლიურად ჩამოდის, ცხადი გახდება ზვავების შესწავლის აუცილებლობა და ზვავსაწინააღმდეგო რეკომენდაციების შემუშავება.

6. ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების კლასიფიკაცია

არსებული ლიტერატურული წყაროების ანალიზი და მრავალწლიური კვლევები, რომელიც ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში წარმოებდა, შესაძლებლობას იძლევა ჩატარდეს ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების კლასიფიკაცია, რომელსაც საფუძვლად ედება ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების კატეგორიები (პროფილაქტიკური, საინჟინრო, ზვავშემაკავებელი და ზვავდამცავი). ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: პასიურ და აქტიურ ღონისძიებებად (ცხრ.2).

ცხრილი 2. ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების კლასიფიკაცია

№	პ ა ს ი უ რ ი	№	ა ქ ტ ი უ რ ი
1	ზვავსაშიში ტერიტორიის გამოკვლევა, უსაფრთხო ადგილის შერჩევა	4	ღონისძიებები ზვავის კერაში (დროებითი, კაპიტალური, საინჟინრო ნაგებობები, გატყინება)
2	ზვავის პროგნოზის მეთოდების დამუშავება (ცალკეული ზვავშემკრებისათვის, მთიანი რეგიონისათვის)	5	ღონისძიებები ზვავსადენში (ზვავის ამცილებელი, ობიექტის თავზე გამშვები, დამშლელი ნაგებობის მოწყობა)
3	ზვავსაწინააღმდეგო სამეთვალყურო სამსახურის შექმნა (საგუშავოების მოწყობა, სამაშველო რაზმების შექმნა)	6	ღონისძიებები ზვავის გამოზიდვის კონუსში (ზვავის ამცილებელი, დამშლელი, დამამუხრუჭებელი და გამაჩერებელი ნაგებობების მოწყობა)

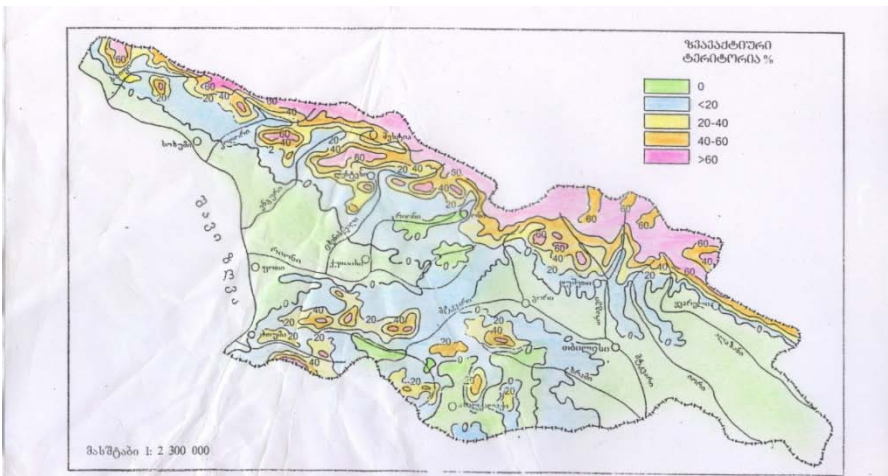
პასიური ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები არ ითვალისწინებს ზვავშემკრების ტერიტორიაზე რაიმე სპეციალური სამუშაოს ჩატარებას (საინჟინრო, გატყიანება, დატერასება და სხვ.), თოვლის საფარზე ზემოქმედებას (თოვლის მოძრაობაში მოსვლის ხელშემწყობელი ფარები, ღობეები, ბადეები, თოვლზე ქიმიური ზემოქმედება, დატკეპნვა და სხვ.), თოვლის საფარის მოძრაობაში მოყვანას (აფეთქება, კარნიზების მოხერხვა და სხვ.), ზვავების ბუნებრივ პროცესებში ჩარევას (მიმართულების შეცვლა, დამუხრუჭება, გაჩერება და სხვ.). პასიური ღონისძიებებიდან ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დღეისათვის შემუშავებული ზვავების პროგნოზის მეთოდები იყოფა ორ ჯგუფად: 1. ცალკეული ზვავშემკრებების ან მცირე ფართობის მქონე ტერიტორიებზე ზვავსაშიში პერიოდის დადგომის პროგნოზირების მეთოდები; 2. შედარებით დიდ ტერიტორიაზე ფონური პროგნოზის მეთოდები. საქართველოში ჩამოსული ზვავების საერთო რაოდენობის 80% ახალმოსული თოვლისაგან წარმოიქმნება. ინსტიტუტის მეცნიერთა მიერ შემუშავებულია ყველა გენეზისის ზვავის ჩამოსვლის პროგნოზირების მეთოდი, რომელიც დანერგილია საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს მონიტორინგისა და პროგნოზირების ცენტრში, საიდანაც მოსახლეობას და დაინტერესებულ ორგანიზაციებს დროულად მიეწოდებათ ინფორმაცია მოსალოდნელი ზვავსაშიშროების შესახებ.

აქტიურ ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებებში მთავარი როლი ადამიანს მიეკუთვნება. იგი ცდილობს ზვავის კერის ზედაპირის ფორმის შეცვლას, გამოიწვიოს ზვავის პროფილაქტიკური ჩამოსვლა ან ხელი შეუშალოს მის წარმოქმნას. აქტიური ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარება შესაძლებელია ზვავსადენში, ზვავის გამოზიდვის კონუსში და ზვავის კერაში.

7. საქართველოს ზვავსაშიში ტერიტორიები

საქართველოს ზვავსაშიში ტერიტორიები დეტალურად არის შესწავლილი და შედგენილია ზვავსაშიშროების რუკები. თვალსაჩინოებისათვის წარმოვადგენთ ტერიტორიის ზვავაქტიურობის რუკას (ნახ.20), რომელიც გვიჩვენებს თუ ტერიტორიის რა ნაწილზე შეიძლება წარმოიქმნას ზვავი, ანუ ტერიტორიის

რა ნაწილია აქტიური ზვავების წარმოქმნის თვალსაზრისით. რუკაზე წარმოდგენილია ნულოვანი, < 20-ზე, 20-დან - 40-მდე, 40-დან 60-მდე და >60 -ზე ზვავაქტიური ტერიტორიები;

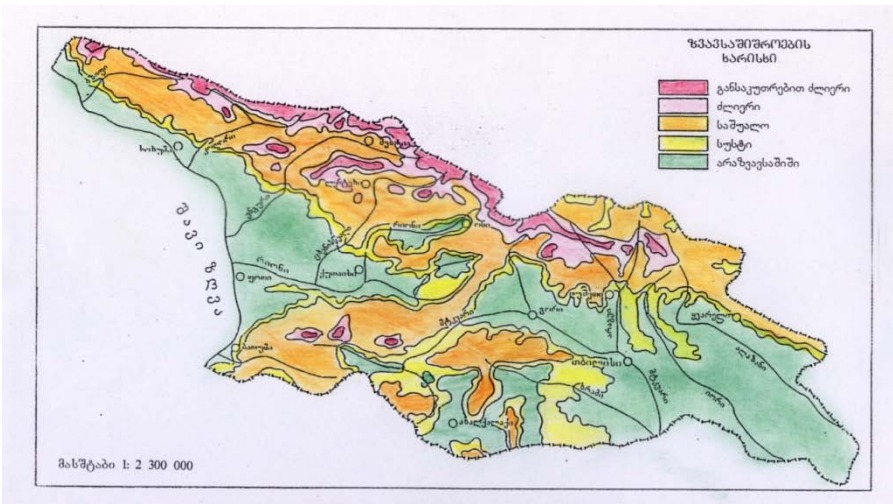


ნახ.20. საქართველოს ტერიტორიის ზვავაქტიურობის რუკა

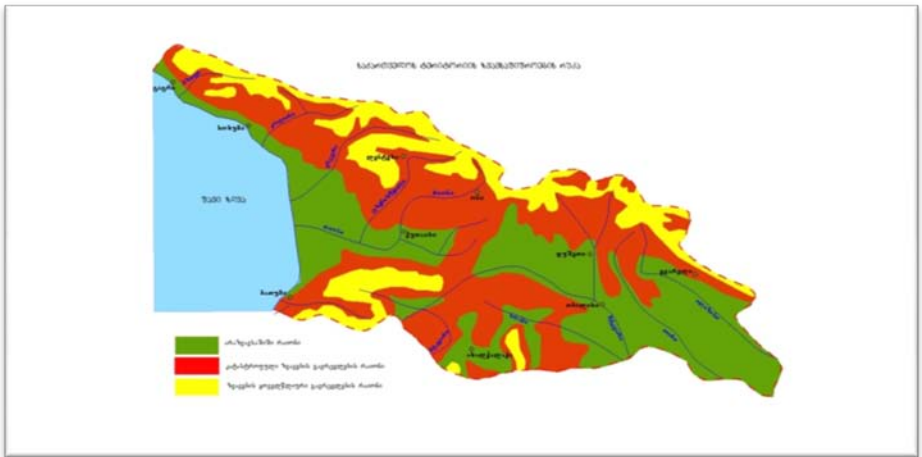
ზვავსაშიშროების ოთხი ძირითადი რაოდენობრივი მახასიათებლის (ტერიტორიის ზვავაქტიურობა, ზვავშემკრებების სიხშირე, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობა) მიხედვით შედგენილია საქართველოს ტერიტორიის ზვავსაშიშროების რუკა, სადაც გამოიყო განსაკუთრებით ძლიერი, ძლიერი, საშუალო, სუსტი და არაზვავსაშიში რაიონები (ნახ.21). ზემოთ ჩამოთვლილ რაიონებს უკავიათ საქართველოს ტერიტორიის 12, 33, 8 და 3% შესაბამისად.

შედგენილია აგრეთვე კატასტროფული და სისტემატური ზვავების გავრცელების რუკა (ნახ. 22).

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საქართველოს ტერიტორიის 56% ზვავსაშიშ ზონაში მდებარეობს და ამასთან ტერიტორიის 20%-ზე, მიუხედავად იმისა უხეთოვლიანია თუ არა ზამთარი, ზვავი ყოველწლიურად ჩამოდის. რაც შეეხება ტერიტორიის 36%-ს, სწორედ აქ ხდება როგორც სპორადული (2-3 წელიწადში ერთხელ ან ათეულ წელიწადში ერთხელ), ისე სისტემატური (როდესაც ზვავის პარამეტრები სცილდება თავის ჩვეულ საზღვრებს) ზვავების ჩამოსვლა, რომელებიც გამოირჩევა დიდი დამანგრეველი ძალითა და მსხვერპლით.



ნახ.21. საქართველოს ზვესაშიში რაიონების რუკა



ნახ.22. საქართველოში კატასტროფული და სისტემატური ზვესაშიში გავრცელების რუკა

8. ზვესაშიშიაღმდეგო ღონისძიებების კატეგორიები
 მსოფლიოს მთიან რაიონებში ზვესაშიშიაღმდეგო ბრძოლის მრავალი მეთოდი არსებობს. მათი განხორციელება უპირ-

ველესად იწყება ტერიტორიის ზეავსაშიშროების შეფასებით, ტყის მასივების დაცვითა და მათი აღდგენით, მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფით. ზეავსაშიში რაიონის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფით აუცილებელია:

1. ადგილმდებარეობის ანალიზი;
2. ამინდის პროგნოზი. მათ შორის ზეავსაშიშროების პროგნოზი;
3. საშიშროების კლასიფიკაცია;
4. მოქმედების გეგმა.

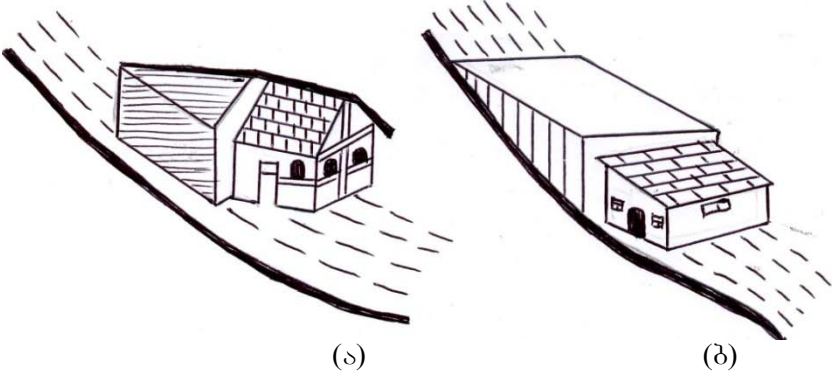
ზეავსაწინააღმდეგო ნაგებობების დაპროექტებისა და სხვადასხვა ღონისძიებების გატარებისას გასათვალისწინებელია ზეავების რეჟიმი და მათი ხასიათი, ასევე თოვლის საფარის სიმაღლე, ლანდშაფტის მორფოლოგია, თავად დასაცავი ობიექტისათვის შესაბამისი ზეავსაწინააღმდეგო კონსტრუქციებისა და ღონისძიებების შერჩევა (ცხრ.3).

9. ზეავსაწინააღმდეგო ნაგებობები

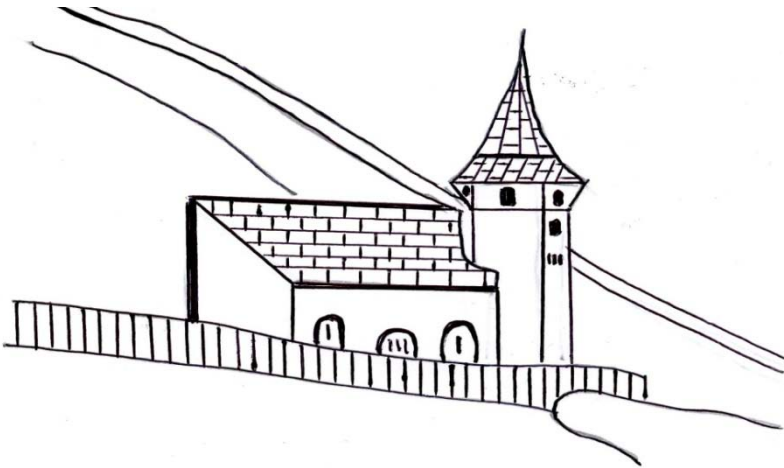
ზეავებისაგან დაცვის სტრატეგია ისეთ ზეავსაწინააღმდეგო ნაგებობების მშენებლობას გულისხმობს, რომელიც ადამიანების უსაფრთხო ცხოვრებასთან არის დაკავშირებული. უხსოვარი დროიდან ალპებსა და კავკასიაში სახლებს ისე აშენებდნენ, რომ სახლის უკანა კედელი ფერდობზე ყოფილიყო მიბჯენილი, ხოლო სახლის სახურავს ისეთი დახრის კუთხე უნდა ჰქონოდა, რომ თოვლის მასას მასზე დაცურების საშუალება მისცემოდა ან უკანა კედელს უნდა ჰქონოდა ისეთი ფორმა, რომ შეესრულებინა ზეავის მჭრელის ფუნქცია (ნახ.23). ასეთი პრინციპით არის აგებული ღვთისმშობლის ეკლესია დავოსში, რომელიც თავდაპირველად აგებისთანავე 1602 წელს 70 სახლთან ერთად დაინგრა. აღდგენის შემდეგ 1817 წელს ჩამოსულმა ზეავმა მხოლოდ ეკლესიის გუმბათი დაფარა და სწორედ ზეავისმჭრელის ფორმით აგებული კედლის წყალობით გადარჩა, 1968 წლის 25 იანვარს ჩამოსულმა ზეავმა კი მხოლოდ გალავნის გვერდითი კედელი დააზიანა (ნახ.24).

ცხრილი 3. ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების კატეგორიები

№	ღონისძიების კატეგორია	ღონისძიების მიზანი
I. პროფილაქტიკური		
1	ზვავსაწინააღმდეგო სამსახურის ორგანიზება, დაკვირვება, პროგნოზი და ინფორმაციის გავრცელება	ზვავების ჩამოსვლის პროგნოზი. მოსახლეობის დროული ინფორმირება და ზვავსაშიში ზონიდან გაყვანა
2	ზვავების ხელოვნური გამოწვევა	თოვლის საფარის მდგრადობის პროგნოზის საფუძველზე ზვავების რეგულარული ჩამოშვება სროლით, აფეთქებით, კარნიზის მოხერხებით და სხვა.
II. ზვავის ამაცილებელი სისტემები		
1	თოვლშემაკავებელი ნაგებობების მოწყობა (ღობე, კედელი, დამცავი ფარი, ხიდი, მავთულხლართი). ფერდობის დატერასება და გატყიანება	თოვლის საფარის მდგრადობის მიღწევა ზვავების წარმოქმნის ზონებში, მათ შორის ფერდობების დატერასებისა და განაშენიანების გზით, რითაც მოხდება თოვლდაგროვების რეგულირება
2	თოვლშემაკავებელი ღობეების და ფარების სისტემის მოწყობა	თოვლდაგროვების აცილება ზვავების წარმოქმნის ზონებში
III. ზვავებისაგან დაცვა		
1	მიმართულების შემცვლელი ნაგებობების შექმნა კედელი, ხელოვნური ზვავსადენი, ზვავისმჭრელი	ზვავის მიმართულების შეცვლა, ზვავსაშიში ობიექტის დაცვა
2	შემაჩერებელი და შემაფერხებელი ნაგებობების მოწყობა: დამბა, ბორცვი, ტრანშეა	ზვავის შეჩერება და მისი გადაადგილების შეფერხება
3	ზვავგამშვები ნაგებობების აგება: გალერეა, ესტაკადა, ფარდული	ზვავების გაჩერება ობიექტის თავზე ან მათ ქვემოთ



ნახ.23. შესაბამისი კონსტრუქციებით საცხოვრებელი სახლების დაცვა ზვავებისაგან



ნახ.24. ღეთისმშობლის ტაძარი დაფოსში (შვეიცარია)

საქართველოში ზვავსაშიშროების გაუთვალისწინებლობის მრავალი სავალალო მაგალითის მოყვანა შეიძლება. ასეთია 1987 წელს სვანეთში, სოფელ ჟამუშში ზვავის შედეგად დაზარეული ახალი ნაგებობებისა და 26 ადამიანის ტრაგიკული ბედი, როცა მხოლოდ სვანური კოშკი გადაარჩა, რადგან სწო-

რედ მისმა კედელმა შეასრულა ზეავისმჭრელის ფუნქცია (ნახ. 25)



ნახ. 25. 1987 წელს სოფ ჟამუშში (მესტიის მუნიციპალიტეტი) ზეავს გადარჩენილი სვანური კოშკი

მთიანი რაიონების მოსახლეობა ზეავებისაგან დასაცავად მიწურებსა და ფარდულებს აფარებდა თავს. 1805 წელს ალპებში სიმპლონის უღელტეხილზე ნაპოლეონის ბრძანებით ყველაზე ზეავსაშიშ მონაკვეთებზე პირველი გალერეა აშენდა. გალერეა რკინიგზისა და საავტომობილო გზების ერთ-ერთი საიმედო დაცვის საშუალებაა. ასეთი გალერეები გვხვდება ყირგიზეთში, კავკასიაში, კერძოდ კი საქართველოს სამხედრო გზაზე (ნახ.26).

მე-18 საუკუნიდან ფიქრობდნენ თუ როგორ შეეკავებინათ თოვლი ფერდობზე: ითხრებოდა ფერდობები, ზეავის მოწყვეტის ადგილას ხდებოდა ბოძების ჩასმა და ეს მარტივი კონსტრუქციები ღობეებს მოგვაგონებდნენ. ზეავსაშიშ ფერდობების პირველი საინჟინრო განაშენიანება 1868 წელს გრაუბიუდენში (შვეიცარია) მოხდა. ზეავსაშიშ ფერდობზე 19 ქვის ღობე 17 რიგად აშენდა, რომელთა ჯამური სიგრძე 412 მეტრს შეადგენდა. მას შემდეგ ამ ფერდობზე ზეავი არ ჩამოსულა. დღეისათვის ქვის ღობეები რკინა-ბეტონის, ხის, ალუმინის, ფოლადის, პლასტმასის მარტივი კონსტრუქციებით იცვლება. პლას-

ტმასისა და ნეილონისაგან ამზადებენ თოვლის შემაკავებელ ბადეებს (ნახ.27,28).



ნახ.26. ზეგვსაწინააღმდეგო გაღერვა საქართველოს სამხედრო გზაზე



ნახ. 27 თოვლის შემაკავებელი პლასტმასის ბადე



ნახ. 28 თოვლის შემაკავებელი რკინის ბადე

თანამედროვე ზვავსაწინააღმდეგო ღობეების ერთი მეტრის ღირებულება 500 დოლარს შეადგენს. მაგალითად, შვეიცარიის ერთ-ერთი დასახლებული პუნქტის - სენ-ანტონიონის 150 ადგილობრივი მოსახლის დასაცავად მილიონ ნახევარი დოლარი გამოიყოფა. არსებობს სხვადასხვა სახეობის ზვავშემაკავებელი ნაგებობები. მაგ. სანატორიუმ “სახალინის” დასაცავად ხის თოვლშემაკავებელი ფარები გამოიყენება, რომლებიც მსხვილი ფოლადის ტროსებით არის მიმაგრებული მთის თხემზე. ეს ფარები ათეული წელია იცავს სანატორიუმს ზვავებისაგან

რიგ ქვეყნებში ზვავის მიმართულების შემცველ დამბებს ზვავის სიჩქარის შესასუსტებლად და შესაკავებლად აგებენ. ასეთი ნაგებობები ბევრია ალპურ ქვეყნებში, მაგალითად ოლიმპიურ სოფელს ინსბრუკს დიდი ზვავსაწინააღმდეგო დამბა იცავს. ასეთი ნაგებობები ბევრია აგრეთვე ხიბინებში ქალაქ კიროვსკის რაიონში.

ზვავის ამცილებელი ნაგებობა თოვლის ზვავის მიმართულების შესაცვლელადაა გამიზნული. შესაძლებელია რკინაბეტონისაგან ან სხვა მასალისაგან აგებული დამბის, კედლის, ქვაყრილის ან მიწაყრილის გამოყენება, ასევე ზვავის მიმართულების შეცვლა ხელოვნური ზვავსადენის გაყვანითაც შეიძლება. ერთ-ერთ მაგალითად განვიხილავთ სოფ.ღურტას (ხუ-

ლოს რაიონი), სადაც 1971 წელს ჩამოსულმა ზვავმა დაანგრია საცხოვრებელი სახლები და 22 ადამიანი იმსხვერპლა. ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ, ადგილობრივი მიკრორელიეფის, ზვავშემკრებების მორფომეტრიული და დინამიკური მახასიათებლების დადგენის საფუძველზე 1984 წელს შექმნილია სოფლის დაცვის ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიება (ნახ.29).



ნახ. 29. ხელოვნური ზვავსადენის მაგალითი (სოფ.ღურტა)

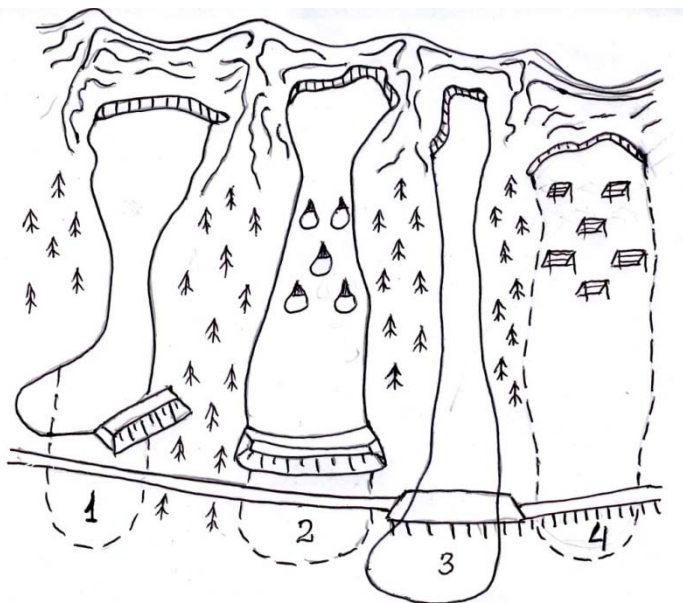
დამრეც ფერდობზე, სადაც ხდებოდა ზვავის გაშლა, აშენდა ზვავის მიმართულების შემცველი ორი დამბა. 7მ სიმაღლისა და 50-55 მ სიგრძის პირველი დამბის დანიშნულებას ზვავის სიჩქარისა და დარტყმის ძალის შემცირება და, ნაწილობრივ, მიმართულების შეცვლა წარმოადგენდა, ხოლო მეორე დამბის (სიმაღლე 10 მ, სიგრძე 190-200 მ) დანიშნულებას უშუალოდ ზვავის მიმართულების შეცვლა. ამ მეორე დამბის გასწვრივ ხელოვნური ზვავსადენი იქნა გაყვანილი. გარდა ამ ღონისძიებისა, გათვალისწინებული იქნა ისიც, რომ ჰერიმდარდოს ფერდობზე, სადაც ეს სოფელი არის გაშენებული, აუცილებელი იყო უტყეო მონაკვეთების წიწვოვანი ჯიშის ხეებით გატყიანება და არსებული ტყის გაჩეხვის აკრძალვა. ამ

ლონისძიებების შემდეგ სოფლისთვის ზვავს ზარალი აღარ მიუყენებია.

1885 წელს პირველი ბეტონის კედელი საქართველოს სამხედრო გზაზე ზვავ “ბოდოსაგან” დასაცავად აშენდა.

ზვავის მოძრაობის შეფერხება ან შეჩერება ხდება ზიგზაგოვანი მონაკვეთების შექმნით, რაც შესაძლებელია მიზანმიმართული აფეთქებების გზით. ასეთი მეთოდი ესპანეთის პირინეის მთებში გამოიყენება. ზვავსაწინააღმდეგო ნაგებობების სიმტკიცეს და საიმედოობას თავად ზვავი განსაზღვრავს. სიბინებში, ალპებში, იაპონიის მთებში ჩატარებული ღონისძიებები მიუთითებს, რომ აუცილებლად გასათვალისწინებელია ადგილობრივი პირობები და ზვავის ხასიათი.

აქმ პრინციპის განსახორციელებლად ზოგჯერ გასათვალისწინებელია კომპლექსურ ღონისძიებათა გატარება (ნახ. 30).



ნახ. 30. ზვავებისაგან დაცვის კომპლექსური სისტემა. 1. ზვავის მიმართულების შემცველი დამბა; 2. ზვავის შემაფერხებელი ბორცვები და ზვავშემაკავებელი დამბა; 3. ზვავსაწინააღმდეგო გალერეა. 4. თოვლშემაკავებელი ნაგებობა.

10. ასაფეთქებელი ნივთიერებებისა და არტილერიის გამოყენება

აშშ-ში ზვავების პროფილაქტიკური ჩამოშვებისათვის გამოიყენება ნაღმები და სატყორცნი ყუმბარები. სატყორცნი ყუმბარების გამოყენების შემთხვევაში რამდენიმე საცეცხლე პოზიციიდან არის შესაძლებელი დიდი რაიონის კონტროლირება. აღნიშნული მეთოდი გამოიყენეს ოლიმპიური თამაშების დროს სკოო-ველიში, გასული საუკუნის 60-იან წლებში, როცა ორი საათის განმავლობაში ოცდაათამდე ზვავშემკრებიდან ჩამოვიდა ზვავი.

ზვავსაშიშ ზონაში აფეთქება შესაძლებელია შემდეგ შემთხვევებში:

1. ერთი ფერდობიდან ზვავის ჩამოსვლის დროს აუცილებლად უნდა შემოწმდეს სხვა ფერდობებიც;
2. ზოგჯერ, აფეთქების შემდეგ თოვლი ისევ რჩება ფერდობზე ან შესაძლებელია მცირე ზომის ზვავის ჩამოსვლა.

ფერდობებიდან ზვავების ჩამოსაშვებად გამოიყენება:

1. ტეტრიტროლის საბრძოლო ფუგასური ჭურვები C – 3 და ტროტილი;
2. სეისმოგრაფიული დენთი;
3. 105 მმ-ზე ნაკლები კალიბრის საბრძოლო ჭურვები;
4. გამონაკლის შემთხვევაში – დინამიტი.

თოვლის კარნიზების ჩამოსაშლელად გამოიყენება:

1. ტექნიკური 40%-იანი ჟელატინ-დინამიტი, რომელიც არ იყინება;
2. სამხედრო ფუგასური ჭურვები ან სეისმოგრაფიული დენთი;
3. კარნიზის წარმოქმნამდე შესაძლებელია წინასწარ გათხრილ ორმოებში ფუგასური ჭურვების განლაგება;
4. შესაძლებელია დეტონატორების გამოყენება, კერძოდ: ა) ელექტრონული და ცეცხლოვანი კაფსულა დეტონატორები ან დეტონატორის ზონარი; ბ) დეტონატორი ფუგასური ჭურვისათვის უნდა იყოს №8 ან მეტი.

აუცილებლად გასათვალისწინებელია ასაფეთქებელი ნივთიერებების შენახვის წესები.

ქვემეხს, ნაღმტყორცნს, სარაკეტო მოწყობილობებს უნდა გააჩნდეს სიზუსტე და შორ მანძილზე სროლის უნარი, უნდა

იყოს მობილური, საიმედო და გამოირჩეოდეს მართვის სიმარტივით. სხვადასხვა იარაღებს შორის აღსანიშნავია 75 და 105 მმ-ის კალიბრის ქვემეხები, ასევე 75 მმ-ის ჰაუბიცები. 105 მმ-ზე მეტი კალიბრის იარაღის გამოყენება რეკომენდებული არ არის.

105 მმ-იანი ე.წ. უკუგორების არმქონე ქვემეხი თითქმის არ განსხვავდება 75 მმ-იანი ქვემეხისაგან როგორც სროლის სიზუსტით, ისე ექსპლუატაციითა და სანდოობით. სროლის სიმორე მისი უფრო დიდია, ასევე დიდია დარტყმის ძალაც, თოვლზე ადვილად გადაადგილდება, მისი განთავსება შესაძლებელია როგორც ავტომობილზე, ისე რომელიმე პლატფორმაზე. ეს იარაღი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას საავტომობილო გზების დაცვის მიზნით. ნაღმტყორცნების გამოყენება შეუძლებელია იმ ადგილებში, სადაც ნაგებობები და დასახლებული პუნქტებია, რადგან მათი დაზიანება შესაძლებელია ყუმბარის ნამსხვრევებით. ასევე ზემოქმედების დროს აუცილებელია გზების გადაკეცვა და გადაადგილების შეზღუდვა. გათვალისწინებული უნდა იყოს უსაფრთხოების ტექნიკის ძირითადი პრინციპები.

გასული საუკუნის 70-იან წლებში საქართველოში საავტომობილო მაგისტრალზე ზვავების პროფილაქტიკური გამოწვევა დაბომბვისა და აფეთქების გზით (ექსპერიმენტის სახით) საქართველოს სამხედრო გზაზე ტარდებოდა. ინსტიტუტი აქტიურ მონაწილეობას იღებდა ზვავსაშიში უბნების განსაზღვრაში, ზვავების დინამიკური პარამეტრების (ზვავის სიჩქარის, დარტყმის ძალის, მოძრავი ზვავის სიმაღლის და კონუსის მაქსიმალური სიმაღლის) გამოთვლებში.

11. თოვლის ზვავებისაგან დაცვის თანამედროვე მეთოდები

ზვავებისაგან დასაცავად აუცილებელია როგორც აქტიური (ზვავებთან ბრძოლა), ისე პასიური (ზვავებისაგან დაცვა) ზვავსაწინააღმდეგო მეთოდების გამოყენება.

აქტიურ ღონისძიებებს მიეკუთვნება თოვლის საფარზე ზემოქმედების თანამედროვე სისტემის **GAZEX**, **AVALANCHE** (პნევმატური ქვემეხი) და **DAISYBELL** კომპლექსების გამოყენება.

1989 წელს ფრანგულმა ფირმამ 15 - წლიანი ექსპერიმენტის ჩატარების შემდეგ დააპატენტა **GAZEX** სისტემა, რომლის

დახმარებით ჟანგბადისა და პროპანის ნარევის საშუალებით ხდება ზვავების ხელოვნურად გამოწვევა. ასეთი სისტემა მსოფლიოში გამოიყენება როგორც ზამთრის კურორტების, ასევე გზების, გვირაბების და საცხოვრებელი კომპლექსების დასაცავად. 2002 წელს ეს სისტემა გამოიყენეს რუსეთის ფედერაციაში კრასნოდარის მხარის “კრასნაია პოლიანასა” და 2008 წელს კურორტ “როზა ხუტორში” (ნახ. 31).

ამ სისტემას სამმაგი მოქმედება გააჩნია:

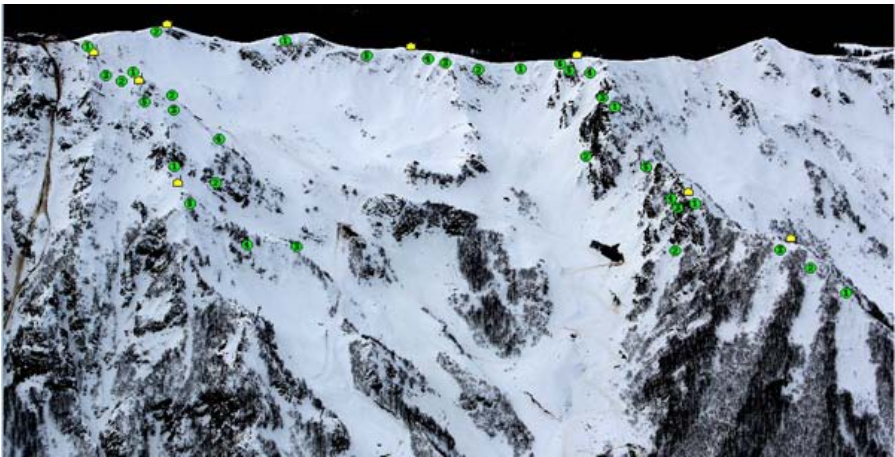
1. იწვევს თოვლის მასის რღვევას გაზების წვის შედეგად;
2. იწვევს თოვლის საფარის გამკერძებას;
3. სეისმური ტალღა, რომელიც სისტემის ამოქმედებისას წარმოიქმნება, იწვევს თოვლის მასის ჩამოსვლას.
- 4.



ნახ.31. ზვავსაწინააღმდეგო სისტემა **GAZEX**

სისტემა შედგება ორი ნაწლისაგან: **SHELTER** მართვის პუნქტისაგან, სადაც ჟანგბადისა და პროპანის რეზერვუარი, ელექტრონული მართვის სისტემა, რადიოსიგნალების მიმღები მოწყობილობა, თოვლის საფარის პარამეტრების განმსაზღვრე-

ლი ხელსაწყოა მოთავსებული (სურათის მარჯვენა ნაწილი) და აქტიური ზემოქმედების რამდენიმე **EXPLODER** დანადგარი-საგან. ნახაზზე გამოსახული ერთი ასეთი რეზერვუარი მომსახურებას უწევს 5 **EXPLODER**-ს (სურათის მარცხენა ნაწილი). ეს აქტიური ზემოქმედების დანადგარი წარმოადგენს მეტალის მილს, რომელიც თავსდება ზვავშემკრებში და რომელთანაც მიერთებულია გაზგამტარი მილები. თავად მილები ძირითად პუნქტში განთავსებულ რეზერვუართან არის მიერთებული. **EXPLODER**-ის შიგნით ხდება ჟანგბადისა და პროპანის (1:6 წილით) შეერთება. ეს სისტემა მუშაობს ზამთრის მთელი სეზონის განმავლობაში ნებისმიერი ამინდის პირობებში და ზვავების გამოწვევა შეუძლია მანამ, სანამ ზვავი მიაღწევს დამანგრეველ მასას და ძალას. მაგ. კურორტ “როზა ხუტორ”-ში ცირკში განთავსებულია 34 **EXPLODER** დანადგარი (ნახ.32).



ნახ. 32. კურორტ “როზა ხუტორში” განთავსებული **EXPLODER**-ები

თანამედროვე ზემოქმედების კიდევ ერთ სახეობას წარმოადგენს პნევმატური ქვემეხი **AVALANCHE**, რომელმაც საარტილერიო იარაღი შეცვალა. ჭურვი-რაკეტა სპეციალური თხევადი (უსაფრთხო) კომპონენტებისაგან და დეტონატორისაგან შედგება. ქვემეხი შეიძლება განთავსდეს როგორც სტაციონარულად ერთ გარკვეულ ადგილზე, ისე შესაძლებელია მისი გა-

დატანა მუხლუხიანი ტრანსპორტით. მისი გასროლის მანძილი 2 კმ-ია (სურ.33).



ნახ.33. პნევმატური ქვემეხი **AVALAUNCHE**.

DAISYBELL (ე.წ.“ზარი) ზვავებზე აქტიური ზემოქმედების მესამე უახლესი ტექნოლოგიაა, რომელიც ძნელადმისაწვდომი ზვავშემკრებების ცალკეულ უბნებზე ზემოქმედების შესაძლებლობას იძლევა. სისტემა წარმოადგენს მეტალის კონუსს სპეციალური მოწყობილობით, რომელიც ტროსით არის მიმაგრებული ვერტმფრენზე. **DAISYBELL** – ის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ დისტანციური ინიცირებით ხდება მეტალის კონუსში მოთავსებული ჟანგბადისა და წყალბადის ნარევის აფეთქება. კონუსი დამზადებულია მაღალი მდგრადობის ფოლადისაგან, რაც საშუალებას იძლევა დაიკავოს გაზების ნარევი აალებამდე და მიმართოს თოვლის საფარისაკენ ასაფეთქებლად. (ნახ.34).

DAISYBELL – ის ექსპლუატაცია დამოკიდებულია ფრენის პირობებზე, მისი გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ დღის

საათებში კარგი ხილვადობის პირობებში და მიჩნეულია, რომ ეს წარმოადგენს ამ სისტემის ნაკლს.

გარდა ზემოქმედების აღნიშნული სისტემებისა, ზვავებთან საბრძოლველად ამჟამად სხვადასხვა ქვეყნებში გამოიყენება შემდეგი ტიპის ზვავსაწინააღმდეგო რაკეტები:

1. ПРЛ -2,5 Н . კალიბრი 60 მმ, სიგრძე – არაუმეტეს 850 მმ, მასა -3 კგ, მოქმედების რადიუსი – 2500 მ.



ნახ.34. ზვავშემკრებზე **DAISYBELL** სისტემით ზემოქმედება.

2. “КИЗИЛ –Т “ რეაქტიულ ზვავსაწინააღმდეგო კომპლექსს გააჩნია 650-7000 მ-მდე გასროლის სიშორე. გამოიყენება ძნელადმისაწვდომ რაიონებში, მისი დანიშნულების აღვილზე გადატანა ხორციელდება ვერტმფრენით ან ავტოტრანსპორტით შესაბამისი უსაფრთხოების ტექნიკის დაცვით.

კომპლექსი შედგება: 80 მმ-იანი C-8 სისტემის რაკეტების გამშვები პულტის მქონე მრავალღუღიანი დანადგარის, МК – 52 ტიპის მიკროკალკურატორისა და ლაზერული სამიზნებელი – მანძილზომისაგან. მისი ტექნიკური მახასიათებლებია: კალიბრი -80მმ, გასროლის მაქსიმალური მანძილი 7000 მ, მინიმალური – 650 მ; რაკეტის მასა 11,6 კგ; გამშვები დანადგარის ПУ მიმართველების რაოდენობა – 5, ПУ- ს მასა არაუმეტეს 150 კგ, ПУ საველე მდგომარეობიდან საბრძოლო მდგომარეობაში გადასვლის დრო 8-10 წთ.