

სსიპ მიხეილ ნოდუას გეოფიზიკის ინსტიტუტი
(ხელნაწერის უფლებით)

მარინე სალუქვაძე

აღმოსავლეთ საქართველოს ატმოსფერული ნალექების ქიმიურ შედგენილობაზე
მეტეოროლოგიური, ანთროპოგენური და ტერიგენული ფაქტორების გავლენის კვლევა

04.00.23_გეოფიზიკა, ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს ფიზიკა
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი
2006

ნაშრომი შესრულებულია სსიპ მიხეილ ნოდის გეოფიზიკის და სსიპ პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტებში

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: **ანზორ გველესიანი**,
ფიზიკა-მათემატიკის
მეცნიერებათა დოქტორი.
ომარ ლომთაძე,
ტექნიკურ მეცნიერებათა
კანდიდატი.

ოფიციალური ოპონენტები: **ჯუმბერ ხარჩლავა**,
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი.
გურამ მაისურაძე, ქიმიის მეცნიერებათა
დოქტორი

დისერტაციის დაცვა შედგება 2006 წლის-----საათზე, სსიპ მიხეილ ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო ხარისხების მიმნიჭებელ (G04.22.Nº2, სპეციალობა 04.00.23 _ გეოფიზიკა, ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს ფიზიკა) სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე.
მისამართი: თბილისი, მ. ალექსიძის 1.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სსიპ მიხეილ ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ბიბლიოთეკაში.
ავტორეფერატი დაიგზავნა 2006 წლის -----

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი,
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატი: (ნ. წერეთელი)

თემის აქტუალობა: ატმოსფეროსა და ატმოსფერული ნალექების ფიზიკური და ქიმიური თვისებების შესწავლა ყოველთვის იდგა დედამიწისა და მასზე მიმდინარე პროცესების შემსწავლელი მეცნიერების ყურადღების ცენტრში, რადგანაც ადამიანის თითქმის მთელი პრაქტიკული საქმიანობა მიმდინარეობს დედამიწის ატმოსფეროს ფსკერზე. ამ თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი როლი აკისრია ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობის შესწავლას. ასეთ კვლევას აქვს როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობა, რადგანაც ამ გზით შეიძლება დედამიწაზე

სიცოცხლისათვის საჭირო გარემოს ქიმიის გაკონტროლება. ნალექების ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ ატმოსფეროს ანთროპოგენური, ტერიგენული, ბიოგენური და სხვა წყაროების მიერ დაჭუჭყიანების შესახებ. ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობა, გამოსახული ნალექებში შემავალი ქიმიური ელემენტების კონცენტრაციებით, წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გეოქიმიურ კონსტანტას.

ატმოსფერულ ნალექებს მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია დადამიწის ჰიდროსფეროში. ატმოსფეროში ყოველწლიურად მიმოქცევაშია წყლის უზარმაზარი რაოდენობა (წყლის სამივე ფაზის სახით), რაც დედამიწაზე არსებულ გაყინულ და მდინარეების, ტბების წყლებთან ერთად მტკნარი წყლის მარაგს წარმოადგენს. ამდენად ამ წყლის ქიმიური შემადგენლობის გაკონტროლებას დედა-მიწაზე არსებული თითქმის ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა გააჩნია.

ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა ფრიად მნიშვნელოვანია აგროქიმიური თვალსაზრისითაც, რადგანაც ნალექების მიერ ნიადაგში შეტანილი მინერალური ნივთიერებები დიდ როლს თამაშობს მცენარეების ამ მარტივებით უზრუნველყოფის საქმეში. ხშირად ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობა განსაზღვრავს ნიადაგში მიმდინარე გეოქიმიურ პროცესებს.

ატმოსფერული ნალექების ქიმიურ შემადგენლობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სხვადასხვა ატმოსფერული, ტერიგენული და ანთროპოგენური ფაქტორები. რეგიონის ატმოსფერული ნალექების ქიმიური დახასიათებისათვის აუცილებელია მინერალიზაციაზე ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების გავლენის შესწავლა, რადგანაც ნალექებში შემავალი მინერალებისა და მიკროელემენტების 50 – 80 % ნალექებში მოხვედრილია წვიმის წვეთის ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ვარდნის დროს.

სამუშაოს მიზანი: სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს აღმოსავლეთ საქართველოს ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობის მიზანმიმართული და ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სისტემატური კვლევა აღნიშნული რეგიონის ჰიდრო-ქიმიური დახასიათების მიზნით და ნალექების მინერალიზაციაზე სხვადასხვა მეტეოროლოგიური, ტერიგენული და ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენის შესწავლა. კვლევის რეგიონის არჩევა განპირობებული იყო იმითაც, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს ამ ნაწილში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ტარდებოდა სეტყვის პროცესებზე ხელოვნური ზემოქმედება ტყვიის იოდიდის აეროზოლის გამოყენებით. ტყვიისა და იოდის იონების აღნიშნული წყარო ანთროპოგენურ წყაროთა რიგს განეკუთვნება და ამიტომ საჭირო იყო ამ წყაროს გავლენის შესწავლა ნალექების ქიმიურ შემადგენლობაზე. იმის გამო, რომ ტყვია ცოცხალი ორგანიზმისათვის მაღალტოქსიკურ ნივთიერებას წარმოადგენს, პარალელურად საჭირო იყო ამ ნივთიერების კონცენტრაციის გაკონტროლება რეგიონის სხვა ობიექტებშიც – ნიადაგში, ზედაპირულ წყლებში და სასოფლოსამეურნეო პროდუქტებში. ბუნებრივ ობიექტებში ტყვიის გარდა საჭირო იყო ტყვიის იოდიდის შემადგენელი მეორე ელემენტის – იოდის კონცენტრაციის გაკონტროლებაც. ეს მოგვემდა აღნიშნულ ობიექტებში მოხვედრილი ტყვიის გენეზის დადგენის საშუალებას.

მეცნიერული სიახლე: პირველად ჩატარდა სისტემატური და ხანგრძლივი დროის განმავლობაში აღმოსავლეთ საქართველოს კახეთის რეგიონის ატმოსფერული ნალექების ქიმიური კვლევა, რომლის შედეგადაც სტატისტიკურად უზრუნველყოფილ მასალაზე შესწავლილ იქნა: ნალექებში შემავალი ქიმიური ელემენტებისა და იონების კონცენტრაციების მნიშვნელობის ემპირიულ ალბათობათა სიმკვრივეების განაწილების

სახე; ამ განაწილებათა სტატისტიკური მახასიათებლები (საშუალო, სტანდარტული გადახრა, მოდა, მედიანა, ექსტრემალური მნიშვნელობები, ექსცესის და კორელაციის კოეფიციენტები); საშუალო მნიშვნელობების სეზონური და დღეღამური ცვლილებები. გამოკვლეულია ატმოსფერულ ნალექებში შემავალ იონთა კონცენტრაციების საშუალო მნიშვნელობების დამოკიდებულება ნალექების სინჯის ადების ადგილის ზღვის დონიდან სიმაღლის სიდიდეზე. შესწავლილია ნალექების ქიმიურ შემადგენლობაზე ზოგიერთი მეტეოროლოგიური ელემენტის (მიწისპირა ფენაში ტემპერატურა, სინოტივე, ქარის მიმართულება და სიჩქარე) გავლენა და შეფასებულია სათანადო კორელაციური კავშირები. პირველად იქნა გამოკვლეული ატმოსფერულ ნალექებში, ნიადაგში, საკვებ პროდუქტებში და ზედაპირულ წყლებში შემავალი ტყვიისა და იოდის კონცენტრაციებზე ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების დროს გამოყენებული ტყვიის იოდის გავლენა. დადგენილია კავშირი საკვლევი რეგიონის ატმოსფერული ნალექების იონურ შემადგენლობასა და მჟავიანობას შორის.

პრაქტიკული მნიშვნელობა: ჩვენს მიერ ჩატარებული ატმოსფერული ნალექებისა და სხვა ბუნებრივი ობიექტების ქიმიური კვლევის შედეგები წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული:

- ჰიგიენისტების მიერ თავიანთ პრაქტიკულ საქმიანობაში გარემოს სხვადასხვა ტოქსიკური ელემენტებით დაჭუჭყიანების კონტროლის დროს;
- ატმოსფეროს ფიზიკის სპეციალისტების მიერ კონდენსაციის ცენტრების სივრცული განაწილების, მათი გენეზისისა და ბუნების შესწავლისა და ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების მოდელირების დროს;
- ატმოსფერული ნალექებით სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების ნიადაგში წლიური შენატანის გათვალისწინებით სოფლისმეურნეობის სპეცი-ალისტების მიერ მინერალური სასუქებით ნია-დაგის განაყოფიერების დროს;

ატმოსფერული ნალექების იონურ შემადგენლობასა და მჟავიანობას შორის ჩვენს მიერ დადგენილი კავშირი შეიძლება გამოყენებული იყოს ატმოს-ფეროს ანთროპოგენური დაჭუჭყიანების პროგნო-ზირებისათვის.

აპრობაცია: კვლევის შედეგები სხვადასხვა დროს მოხსენებული იყო სსიპ პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის იონსტიტუტის გაერთიანებულ სემინარებზე და სსიპ მიხეილ ნოდისა გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს ფიზიკის განყოფილების სემინარებზე. სამეცნიერო სტატიის სახით გამოქვეყნებულია 6 ნაშრომი.

სამუშაოს მოკლე შინაარსი

სადისერტაციო ნაშრომი წარმოადგენს ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგს, რომელსაც აწარმოებდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ანალიზური ქიმიის კათედრასთან ერთად. ავტორი მონაწილეობას იღებდა ნალექების სინჯების შეგროვებასა და მათ წინასწარ ქიმიურ ანალიზში. აგრეთვე მონაცემთა კომპიუტერული ბაზის შექმნაში. მეცნიერული ანალიზი ჩატარებულია ავტორის მიერ ხელმძღვა-ნელებთან ერთად.

ნაშრომი შედგება შესავლის, ექვსი თავისა და დასკვნისაგან.

შესავალში დასაბუთებულია საკვლევი თემის აქტუალობა, დასახულია სამუშაოს მიზანი და ამოცანები.

პირველ თავში განზოგადოებულია ატმოსფერული ნალექების ქიმიური კვლევის მდგომარეობის საკითხები. მიმოხილულია ძირითადი ლიტერატურა, რომელიც ეხება ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შესწავლის, ქიმიური ანალიზის მეთოდების, ნალექების სინჯების აღების, შენახვისა და ტრანსპორტირების საკითხებს.

ცნობილია გეოქიმიური და ჰიდროქიმიური მიმართულებების სამეცნიერო ნაშრომები, სადაც განხილულია ატმოსფერული ნალექების როლი სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის ატმოსფეროში მიმოქცევის და ბუნებრივი წყლების ფორმირების საქმეში. ცალკე შეიძლება იქნას გამოყოფილი ნაშრომები, რომლებიც მიზნად ისახავდნენ ატმოსფეროში არსებული კონდენსაციის ცენტრების, მათი ბუნებისა და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლას.

ძლიერ დაჭუჭყიანებულ გარემოში ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობა მნიშვნელოვანწილად ფორმირდება ღრუბლის ქვემოთ არსებული ატმოსფეროს ფენიდან მასში შეწონილ მდგომარეობაში მყოფი მინარევების გამორეცხვით. წვიმის წვეთების ატმოსფეროში არსებული მინარე-ვებით გამდიდრების ეს მექანიზმი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ნალექების ქიმიური შემადგენლობის ფორმირებაში, რადგანაც, რიგ შემთხვევაში, საერთო მინერალიზაციის 50-80 % ამ გზით არის წვიმის წყალში მოხვედრილი. წლის განმავლობაში ატმოსფეროდან სხვადასხვა ნივთი-ერების წვიმის წვეთებით გამორეცხილი რაოდენობა ძალიან დიდია.

ჩვენთვის ხელმისაწვდომი ლიტერატურის ანა-ლიზმა აჩვენა, რომ მიუხედავად ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობის შესახებ დაგროვილი დიდი ემპირიული მასალისა, ნალექების ქიმიური ბევრია საკამათო და გაურკვეველი საკითხი. ჩვენს მიერ განხილული სამეცნიერო ნაშრომების ძირითად ნაკლს წარმოადგენს:

- არასისტემურობა დაკვირვების დროის ხან-გრძლივობისა და ადგილის შერჩევის დროს, აგრეთვე ნალექების სინჯების აღების, შენახვის და ქიმიური ანალიზის არასრულყოფილი მეთოდების გამოყენება;
- ზოგიერთი ავტორის დასკვნა გაკეთებულია სტატისტიკურად ნაკლებად უზრუნველყოფილ ექსპერიმენტალურ მასალაზე და ამდენად მისი საიმედოობა დაბალია;
- უმრავლეს შემთხვევაში ნალექების სინჯების შეგროვება ატარებდა ეპიზოდურ ხასიათს, ხოლო შეგროვების მეთოდებს გააჩნდა ნაკლი.

ჩვენი წარმოდგენით აუცილებელი იყო საქარ-თველოს ხსენებული რაგიონის ჰიდროქიმიური შესწავლა, რადგანაც, როგორც მრავალრიცხოვანი მეცნიერული ნაშრომიდან ჩანს, ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობა, სხვადასხვა გარეშე ფაქტორებთან ერთად, რეგიონალურ ხასიათს ატარებს, ხოლო საქართველოს ამ რეგიონში ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის გეგმაზომიერი და სისტემატიური შესწავლა დღემდე ჩატარებული არ ყოფილა.

დისერტაციის მეორე თავი ეძღვნება კვლევის რეგიონის ზოგად ფიზიკო-გეოგრაფიულ და კლიმატურ დახასიათებას, აგრეთვე ჩვენს მიერ გამოყენებული სინჯების აღების, შენახვისა და ქიმიური ანალიზის მეთოდების აღწერას.

ჩვენს მიერ გაანალიზებული ატმოსფერული ნალექების სინჯების აღება წარმოებდა ორგანული მინისაგან დამზადებული ძაბრის საშუალებით მიწის ზედაპირიდან 2 მ-ის სიმაღლეზე არა ნაკლებ 20 - 30 მეტრის დაშორებით ხეებისა და ნაგებობებისაგან.

ატმოსფერული ნალექების ანალიზი ჩატარებულია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ანალიზური კათედრის ლაბორატორიაში პროფესორ გ. სუპატაშვილის ხელმძღვანელობით, რისთვისაც ავტორი ღრმა პატივისცემით უხდის მადლობას.

ქიმიური ანალიზის ჩვენს მიერ გამოყენებული მეთოდების მგრძობიარობა შეადგენდა 0.5 მკგ/ლ, ხოლო იონების კონცენტრაციის განსაზღვრის ფარდობითი ცდომილება 5-10 %-ს არ აღემატებოდა.

ატმოსფერული ნალექების სინჯების შეგროვება ხდებოდა ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე განლაგებულ რეგიონის შვიდ პუნქტში. რეგიონის კლიმატური პირობების გამო ნალექების სინჯების თითქმის მთლიანი რაოდენობა მოდის წლის თბილ სეზონზე (აპრილის დასაწყისიდან ოქტომბრის ბოლომდე).

საერთო ჯამში ჩვენს მიერ შეგროვილია ატმოს-ფერული ნალექების 572 სინჯი.

მესამე თავში გადმოცემულია კვლევის რეგიონის ზოგადი ჰიდროქიმიური დახასიათება. კერძოდ, გამოთვლილია აღმოსავლეთ საქართველოს ატმოს-ფერულ ნალექებში წყალბადის იონების კონცენტრაციის მაჩვენებლის – pH, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ იონების, მიკროელემენტების - Pb²⁺, I⁻, Cu²⁺, P⁵⁺ და ბიოგენური იონების - NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ კონცენტრაციების, აგრეთვე ძირითადი იონების ჯამური კონცენტრაციის სტატისტიკური მახასიათებლები. საშუალო მნიშვნელობების ნიშნადობის შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა სტიუდენტის t კრიტერიუმი. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ ყველა საშუალო სიდიდე ნიშნადია 95 % საიმედოობით.

გარდა საშუალოსი, შესწავლილი იქნა აგრეთვე ხსენებული სიდიდეების სხვადასხვა სტატისტიკური მახასიათებელი, როგორცაა: მოდა, მედიანა, საშუალო კვადრატული გადახრა, ექსტრემალური მნიშვნელობები, დისპერსია და ემპირიულ ალბა-თობათა სიმკვრივეების განაწილების პარამეტრები – ასიმეტრიის და ექსცესის მნიშვნელობები.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ქიმიური ანალიზის მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოს ნალექები განეკუთვნება კალციუმის ჯგუფის სუსტმჟავე, სულ-ფატურ ან სულფატ-ჰიდროკარბონატულ წყლებს. ხარისხობრივად კვლევის რეგიონის ატმოსფერული ნალექები თავისი ქიმიური შემადგენლობით კონტი-ნენტური რაიონებისათვის არის დამახასიათებელი. ძირითადი იონების ჯამური რაოდენობის Σ_o-ის პუნქტების მიხედვით საშუალო სიდიდე იცვლება დიაპაზონში 8.6 მგ/ლ-დან 21.6 მგ/ლ-ის ფარგლებში. მიუხედავად იმისა, რომ Σ_o-ის მნიშვნელობა ფართო დიაპაზონში იცვლება, უმრავლეს შემთხვევაში ის არ აღემატება 20 მგ./ლ-ს. სინჯების საერთო რაოდენობის მხოლოდ 2 %-ს გააჩნდა მთავარი იონების ჯამური მნიშვნელობა 50 მგ/ლ-ზე მეტი. Σ_o-ის საერთო საშუალო 15.4 მგ/ლ-ის ტოლია. Σ_o-ის აბსოლუტური მინიმალური მნიშვნელობა იყო 1.21 მგ/ლ (ს. რუისპირში), ხოლო მაქსიმალური – 94.82 მგ/ლ. საჭიროა აქვე აღინიშნოს, რომ ჯამური მინერალიზაციის ეს მნიშვნელობა ტომპსონის წესის თანახმად დიდი ალბათობით (0.95) შეიძლება მივა-კუთვნოთ მცდარ მნიშვნელობას. ამიტომ საკვლევი რეგიონისათვის (Σ_o)_{მაქს.}=68.97 მგ/ლ, რომელიც დაფიქსირებული იყო ს. რუისპირში, უნდა ჩავთვალოთ აღმოსავლეთ საქართველოს ატმოს-ფერული ნალექების მინერალიზაციის მაქსიმუმად.

ჩვენი მონაცემებით კახეთის რეგიონის ატმოს-ფერული ნალექების საშუალო მრავალწლიური მინერალიზაცია 15.40 მგ/ლ-ის ტოლია, ხოლო საშუალოს მიმართ ვარიაციის კოეფიციენტი 0.295-ს უდრის.

კახეთის რეგიონის ყოველ კვადრატულ კილო-მეტრზე ატმოსფერულ ნალექებთან ერთად ნიადაგში ერთ წელიწადში 10დან 20-მდე ტონა მინერალური მარილები ხვდება,

რომელსაც მნიშვნელოვანი როლი განეკუთვნება იქ მიმდინარე გეო-, ჰიდრო- და აგროქიმიურ პროცესებში.

წყლებისთვის და, განსაკუთრებით, ატმოსფერული ნალექებისთვის, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ჰიდროქიმიურ მახასიათებელს წარმოადგენს pH-ის სიდიდე. pH-ის საშუალო მნიშვნელობის მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ (მისი გასაშუალებული მნიშვნელობა იცვლება 5.86-სა და 6.80-ს შორის), აღმოსავლეთ საქართველოს ატმოსფერული ნალექები განეკუთვნება ნეიტრალურ-სუსტმჟავე წყლებს, რაც დამახასიათებელია არადაჭუჭყი-ანებული ატმოსფერული წყლებისათვის.

მესამე თავში შეფასებულია ჩვენს მიერ განხილული იონების კონცენტრაციების ურთიერთწრფივი კორელაციის კოეფიციენტები

ძირითადი იონების ჯამური მინერალიზაცია (Σ_0), როგორც მოსალოდნელი იყო, კარგ კორელაციურ კავშირშია SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} , და Mg^{2+} იონების კონცენტრაციებთან. მათ შორის კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0.6 და 0.91-ის ფარგლებში იცვლება.

ნალექებში ტყვიის იონის კონცენტრაციის საერთო მინერალიზაციასთან კორელაციის კოეფიციენტი დაბალია. იგი ტოლია 0.14-ის. დაახლოებით ასეთივე სუსტი კორელაციაა იოდის იონების კონცენტრაციასა და Σ_0 -ს შორის – 0.18.

ატმოსფერული ნალექების იონური შემადგენლობა პირდაპირ თუ არაპირდაპირ დამოკიდებულია წლის დროზე. ნალექების ქიმიურ შემადგენლობაზე მრავალწლიანი და სისტემატიური დაკვირვების მასალების ანალიზმა მოგვცა საშუალება დაგვედგინა ძირითადი იონების კონცენტრაციების სეზონზე დამოკიდებულების სახე. ატმოსფერულ ნალექებში მინერალიზაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები დაიკვირვება წლის თბილ პერიოდში (გაზაფხული, ზაფხული, შემოდგომა), ხოლო ზამთრის ნალექები სუსტად მინერალიზებულია. წლის სეზონზე დამოკიდებული აგრეთვე წყალბადის იონების კონცენტრაციის მაჩვენებელიც – pH. ამ მაჩვენებლის მიხედვით კახეთის რეგიონის ზამთრისა და შემოდგომის ნალექები პრაქტიკულად ნეიტრალურ წყლებს უახლოვდება, ხოლო გაზაფხულისა და ზაფხულის ნალექები – სუსტად მჟავე წყლებს. პირველ შემთხვევაში ნალექები ნაკლებად მინერალიზებულია (წლის ამ დროს სუსტია აღმავალი ნაკადები, რომლის მეშვეობითაც შეიძლება მოხვდეს ტერიგენული ნივთიერებები ატმოსფეროში და შემდეგ წვიმის წვეთში) და Σ_0 -ის საშუალო მნიშვნელობა 9.13 მგ/ლ-ის ტოლია. ამის გამო ასეთი წყლები ნეიტრალურ წყლებს განეკუთვნებიან. თბილი სეზონის ნალექებში მნიშვნელოვნად იზრდება SO_4^{2-} და NO_3^- იონების შემცველობა, რომელიც განაპირობებს მათ სუსტად მჟავე ხასიათს. ნალექებში აღნიშნული იონების მოხვედრას ხელს უწყობს თბილი სეზონისათვის დამახასიათებელი ატმოსფეროში არსებული ძლიერი აღმავალი ნაკადები. ნალექების სუსტ მჟავიანობას გარკვეულად ხელს უწყობს ატმოსფეროში არსებული CO_2 -ის წვიმის წყალში ხსნადობის შემცირება ჰაერის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად.

ატმოსფერული ნალექების ქიმიურ შემადგენლობას გააჩნია დღეღამური ცვალებადობა. დღისით მოსული ნალექების მინერალიზაცია საშუალოდ 1,28-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე ღამის ნალექების მინერალიზაცია. ეს შეიძლება აიხსნას, ერთის მხრივ, დღის განმავლობაში მაღალი ტემპერატურის გამო აქტიურდება კონვექციური ნაკადები, რომელიც ხელს უწყობს ატმოსფეროში ტერიგენული ნივთიერებების მოხვედრას და, მეორეს მხრივ, იგივე მაღალი ტემპერატურის გამო ადგილი აქვს წვიმის წვეთებიდან წყლის ინტენსიურ აორთქლებას, რაც აგრეთვე ხელს უწყობს მინერალიზაციის მატებას. ასეთი მოსაზრების სისწორე დასტურდება იმით, რომ დღის

პირველი ნახევრის ნალექები (ამ დროს ატმოსფეროს დაბალ ფენებში ტემპერატურაცა და აღმავალი ნაკადების ინტენსივობაც შედარებით დაბალია) უფრო ნაკლებად მინერალიზებულია, ვიდრე დღის მეორე ნახევრის ნალექები. საშუალო მინერალიზაცია 12.98 მგ/ლ და 17.27 მგ/ლ-ის ტოლია შესაბამისად.

ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მნიშვნელობა სხვა ზემოთხსენებულ ფაქტორებთან ერთად ფუნქციაა აგრეთვე დროის იმ მონაკვეთის სიდიდისა, რომელიც გავიდა ნალექების მოსვლის დაწყებიდან. ამის მოსაზრების დასამტკიცებლად ნალექების სინჯის აღებას ვაწარმოებდით ფრაქციულად და წვიმის პირველი და მეორე ნახევრების ქიმიურ ანალიზს ვატარებდით ცალ-ცალკე. 13 ასეთი შემთხვევის ანალიზმა აჩვენა, რომ წვიმის პირველი ნახევრის საშუალო მინერალიზაცია (23.15 მგ/ლ) თითქმის ორჯერ აღემატება მეორე ნახევრის მინერალიზაციას (12.92 მგ/ლ). აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნალექებში შემავალი ქიმიური კომპონენტების მნიშვნელოვანი ნაწილი მასში ატმოსფეროს ქვედა ფენებში შექონილ მდგომარეობაში მყოფი აეროზოლების გამორეცხვის გზით ხვდება.

ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციაზე გარკვეულ გავლენას ახდენს სინჯის აღების ადგილის ზღვის დონიდან სიმაღლე. ჩვენი მონაცემებით წვიმის წვეთი სინჯის ასაღებ ჭურჭელში მოხვედრამდე ატმოსფეროს რაც უფრო სქელი ფენას გავლა უწევს, მით უფრო მინერალიზებულია. ანუ რაც უფრო მაღლაა ზღვის დონიდან სინჯის აღების ადგილი, მით უფრო ნაკლებად მინერალიზებულია ნალექების სინჯი. ამის მიზეზს წარმოადგენს, ერთის მხრივ წვეთის ზედა-პირიდან წყლის აორთქლება მისი დადებითი ტემპერატურის მქონე ატმოსფეროს ფენაში ვარდნისას, მეორეს მხრივ წვეთის მიერ ატმოსფეროს ქვედა ფენებში არსებული აეროზოლების მიტაცება. ჩვენი მონაცემებით სინჯის აღების ზღვის დონიდან სიმაღლის მატების გამო 300 მ-დან 1800 მ-დე მინერალიზაცია მცირდება დაახლოებით 2 – 2.5-ჯერ.

მესამე თავშია გადმოცემული აგრეთვე აღმოსავლეთ საქართველოს ატმოსფერულ ნალექებში ზოგიერთი მიკროელემენტის კონცენ-ტრაციის შესწავლის შედეგები. კერძოდ, შესწავ-ლილია ბორის, ფტორის, დარიშხანის, ბრომის, რკინის, ნიკელის და თუთიის იონების კონცენ-ტრაციები და შეფასებულია მათი კავშირი ძირითადი იონების ჯამურ კონცენტრაციასთან.

საქართველოს ეს რეგიონი იმყოფება ზღვებისა და დიდი საწარმოო ცენტრებისაგან დაშორებით, ამიტომ მიკროელემენტების უმრავლესობის წყაროს ნიადაგისა და ქანების ეროზიის პროდუქტები წარმოადგენს. ამის გამო მაღალია კორელაციური კავშირი ჯამურ მინერალიზაციასა და ნალექებში მიკროელემენტების იონების კონცენტრაციებს შორის.

ამავე თავშია გადმოცემული კახეთის რეგიონის ატმოსფერულ ნალექებში მიკროელემენტების (Pb^{2+} და I^-) შემცველობაზე ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების გავლენის შესწავლის შედეგები.

დადგენილ იქნა, რომ ზემოქმედების შედეგად იცვლება ნალექებში ტყვიისა და იოდის შემცველობა. ნალექებში, რომლებიც აღებული იყო დღეებში, როცა ადგილი არ ჰქონდა ზემოქმედებას, ტყვიისა და იოდის საშუალო შემცველობა ტოლი იყო 8.03 და 9.28 მკგ.ლ⁻¹ შესაბამისად. ნალექები, რომლებიც შეგროვილი იყო ზემოქმედების დღეებში, შეიცავდა 9.59 და 11.54 მკგ/ლ ტყვიასა და იოდს შესაბამისად. კონცენტრაციების ზრდა რომ ზემოქმედების შედეგია, შეიძლება დადასტურებულ იქნას იმ ფაქტით, რომ პარალელურად ნალექების სინჯებში ისაზღვრებოდა სპილენძის შემცველობაც (აღნიშნულ მიკროელემენტს ზემოქმედების რეაგენტი არ შეიცავდა).

ანალიზმა აჩვენა, რომ ორთავე ჯგუფის დღეებისათვის ნალექებში ამ მეტალის შემცველობა პრაქტიკულად უცვლელი რჩებოდა. ეს ცალსახად მიუთითებს იმაზე, რომ ზემოქმედების დროს ტყვიისა და იოდის კონცენტრაციების ზრდა ნალექებში განპირობებულია ღრუბლებზე ზემოქმედების დროს ატმოსფეროში ტყვიის იოდის აეროზოლოს გაფრქვევით.

ჩვენი მონაცემების მიხედვით კახეთის რეგიონის ატმოსფერულ ნალექებში ტყვიის საშუალო მრავალ-წლიური შემცველობა 9.0 მკგ/ლ-ს ტოლია (ექსტრემალური მნიშვნელობებია 0.0 და 37.0 მკგ/ლ), ხოლო იოდისა – 12.1 მკგ/ლ (ექსტრემალური მნიშვნელობებია 2.1 და 34.0 მკგ/ლ). თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ საერთაშორისო ნორმების მიხედვით საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო დანიშნულების წყლის ერთ ლიტრში ტყვიის დასაშვები სანიტარული რაოდენობა 50 მკგ-ის ტოლია, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების შედეგად ტყვიისა და იოდის კონცენტრაცია ნალექებში ფონურ მნიშვნელობასთან შედარებით იზრდება, მაგრამ არც საშუალო და არც ერთჯერადი მნიშვნელობები დასაშვებ სანიტარულ ნორმებს არ აღემატებოდა.

აღმოსავლეთ საქართველოს ნალექები ტყვიის საშუალო შემცველობის მიხედვით დიდად არ განსხვავდება საქართველოს სხვა რეგიონების ნალექებისაგან.

მეთხე თავში გამოკვლეულია ზოგიერთი მეტეოროლოგიური და კლიმატური ფაქტორების გავლენა ატმოსფერული ნალექების ქიმიურ შემადგენლობაზე. მეტეოროლოგიური ფაქტორების, სახელობრ, მიწისპირა ფენაში ტემპერატურის, ფარდობითი ტენიანობის, ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის ატმოსფერული ნალექების ქიმიურ შედგენილობაზე გავლენის გამოსაკვლევად, გაანალიზებულ იქნა ჩვენს ხელთ არსებული ნალექების სინჯების ქიმიური ანალიზის შედეგები. დადგენილ იქნა, რომ მიწისპირა ფენას ტემპერატურის ზრდა იწვევს საერთო მინერალიზაციის ზრდას, ხოლო ფარდობითი ტენიანობის ზრდა – მის შემცირებას. საერთო მინერალიზაციის ტემპერატურაზე და ფარდობით ტენიანობაზე დამოკიდებულების ხასიათს ნალექებში განსაზღვრავს HCO_3^- , Ca^{2+} და SO_4^{2-} იონთა კონცენტრაციების იგივე არგუმენტებზე დამოკიდებულების ხასიათი. ეს ასეც უნდა ყოფილიყო, რადგანაც საერთო მინერალიზაციაში ამ იონების წვლილი სხვა იონებთან შედარებით მნიშვნელოვანია. ნაპოვნი იქნა საერთო მინერალიზაციისა და ყველა ძირითადი იონის Σ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) კონცენტრაციების ტემპერატურაზე და ფარდობით სინოტივზე დამოკიდებულების ანალიზური სახე n რიგის პოლინომის სახით, გამოვთვალეთ შესაბამისი მუდმივი კოეფიციენტები და აპროქსიმაციის საიმედოობის მაჩვენებელი – R^2 .

იმის გამო, რომ ჩვენთვის საინტერესო სიდიდეებს შორის არაწრფივი დამოკიდებულებაა, საჭიროდ ჩავთვალეთ წრფივი კორელაციის კოეფიციენტის ნაცვლად გამოგვეთვალა ე.წ. კორელაციური თანაფარდობა η -როგორც გამო-თვლებმა აჩვენა, η -ს ყველა მნიშვნელობა 0.6 და 0.9-ს შორის იცვლება. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ Na^+ -ის ტენიანობისაგან და Cl^- -ის ტემპერატურასა და ტენიანობისაგან დამოკიდებულება.

შესწავლილ იქნა მიწისპირა ქარის გავლენა ნალექების ქიმიურ შემადგენლობაზე. გეოგრაფიული პირობების გამო, საკვლევ რეგიონში ჩრდილოეთის ქარი არ დაიკვირვება. ნალექების სინჯების აღების დროს უმრავლეს შემთხვევაში (დაახლოებით 55 % შემთხვევაში) ქარი ან არ დაიკვირვებოდა ან მისი სიჩქარე იყო 1 მ/წმ-ზე ნაკლები. სინჯების 27 % აღებულია დასავლეთის, ხოლო 18% - აღმოსავლეთის ქარის დროს.

ამასთან ერთად, ქარის სიჩქარე ხშირად 1 – 3 მ/წმ-ის ფარგლებში მერყეობდა. ქარის მაქსიმალური დაფიქსირებული სიჩქარე, როცა აღებულ იქნა ნალექების სინჯი, ტოლი იყო 9 მ/წმ-ისა. ნალექების სინჯები მაქსიმალურად იყო მინერალიზებული, როცა ქარი არ დაიკვირვებოდა, ან მისი სიჩქარე 1 მ/წმ-ზე ნაკლები იყო.

მინერალიზაციის ქარის სიჩქარისაგან დამოკიდებულება კარგად აღიწერება სხვადასხვა რიგის პოლინომით, რომელთათვისაც გამოვთვალეთ მუდმივი კოეფიციენტებისა და აპროქსიმაციის მაჩვენებლის მნიშვნელობები. დამოკიდებულების არაწრფივობის გამო განვსაზღვრეთ კორელაციური თანაფარდობის η -ს სიდიდეები.

ანალიზმა აჩვენა, რომ მხოლოდ Ca^{2+} , HCO_3^- იონების და Σ -ის შემთხვევაში კორელაციური თანა-ფარდობის (მნიშვნელობა ცოტათი აღემატებოდა 0.5-ს, სხვა შემთხვევებში მისი მნიშვნელობა 0.3 – 0.4-ის ფარგლებში იცვლებოდა. ჩვენს მონაცემებზე დაყრდნობით ვასკვნით, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობის ფორმირებაში ქარის სიჩქარეს უმნიშვნელო როლი შეიძლება ჰქონდეს. ხოლო ჩვენს მიერ ნაპოვნი დამოკიდებულება, ალბათ, არის ქარის სიჩქარისა და ნალექების მინერალიზაციის რომელიღაც მესამე ფაქტორზე დამოკიდებულების შედეგი. ასეთ ფაქტორი შეილება იყოს ქარის სიჩქარე ატმოსფეროს საშუალო ფენში.

ნალექების მინერალიზაციის ქარის მიმართულებაზე დამოკიდებულების ამსახველი მასალების ანალიზმა აჩვენა, რომ HCO_3^- და SO_4^{2-} იონებისათვის, რომლებზეც საერთო მინერალი-ზაციაში მნიშვნელოვანი წილი მოდის, სამხრეთის, სამხრეთდასავლეთის და დასავლეთის ქარების დროს აღინიშნება მინერალიზაციის ზრდა. ჩვენის აზრით ეს ზრდა აიხსნება იმით, რომ საკვლევ რეგიონს ამ მიმართულებიდან ესაზღვრება კახეთისა და ცივ-გომბორის ქედები, რომელთა ზედაპირული ქანები მდიდარია თაბაშირით.

მეხუთე თავში რაოდენობრივად არის შეფასებული კავშირი ღრუბლებში შეტანილ PbI_2 -ის რაოდენობასა და შესაბამის ნალექებში ტყვიის და იოდის იონების შემცველობას შორის.

ეს დამოკიდებულება წრფივია და ხასიათდება კორელაციის კოეფიციენტის საკმაოდ მაღალი მნიშვნელობით ($r_{\text{კორ}}=0,89$).

აგრეთვე წრფივი დამოკიდებულებაა ნალექებში PbI_2 -ის რაოდენობას და I-ის შემცველობას შორისაც. მაღალია შესაბამისი კორელაციის კოეფიციენტიც - $r_{\text{კორ}}=0,95$. ეს მოსალოდნელიც იყო, რადგანაც ალაზნის ველზე ატმოსფეროში იოდის მოხვედრის სხვა წყარო თითქმის არ არსებობს, ზემოქმედების გარდა.

შესწავლილია ზემოქმედებაქმნილი ღრუბლებიდან მოსულ ნალექებში ტყვიის და იოდის იონების კონცენტრაციების დამოკიდებულება ზემოქმედების დაწყებიდან გასულ დროზე.

ზემოქმედების დაწყების წინ ნალექებში Pb^{2+} და I-ის კონცენტრაცია დაახლოებით ისეთივეა, როგორც საერთოდ ზემოქმედების დღეებში. სინჯები, რომლებიც აღებულია ზემოქმედების დაწყებიდან 15 წუთში, Pb^{2+} და I-ის იონების კონცენტრაცია მაქსიმალურია და ფონურთან შედარებით მომატებულია დაახლოებით 2,5-ჯერ. ზემოქმედების დაწყებიდან გასული დროის ზრდასთან ერთად ტყვიისა და იოდის კონცენტრაციები სწრაფად ეცემა და თითქმის ზემოქმედების დაწყებიდან ერთი საათის გასვლის შემდეგ უახლოვდება ფონურ მნიშვნელობებს.

მეექვსე თავში გადმოცემულია ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების გავლენის შესწავლის შედეგები სხვადასხვა ბუნებრივ ობიექტებში ტყვიის და იოდის შემცველობაზე.

ჩვენი მონაცემებით ტყვიის შემცველობა კახეთის მარცვლეულ კულტურებში მერყეობს კვალიდან 2,0 მკგ/გ-დე და საშუალოდ შეადგენს 0,4 მკგ/გ ტყვიის ასეთივე შემცველობა გამოვლინდა დასავლეთ საქართველოს მარცვლეულშიც. ამრიგად კახეთის რეგიონის მარცვლეული კულტურები ტყვიის შემცველობით არ განსხვავდება საქართველოს სხვა რეგიონის მარცვლეულისგან და მათში ტყვიის კონცენტრაცია არ აღემატება დასაშვებ ნორმას.

კახეთის და დანარჩენი საქართველოს რეგიონის ღვინოებში ტყვიის შემცველობა დაბალია (საშუალოდ – 3,6 მკგ/ლ, ექსტრემალური – 0,0 – 11,5 მკგ/ლ). ღვინოებში ტყვიის დაბალი შემცველობის მიზეზი შეიძლება იყოს როგორც საწყისი ნედლეულის შედგენილობა, ისე ღვინის ნალექების ორგანომინერალურ ულტრადისპერსიულ ნაწილაკებზე ტყვიის სორბცია.

ტყვიის თანაბარი შემცველობა კახეთის რეგიონის და დანარჩენი საქართველოს მცენარეული წარმოშობის საკვებ პროდუქტებში, არ არის ალოგიკური. როგორც თეორიულად გამოთვლილი, ისე ექსპერიმენტულად მიღებული ტექნოგენური ტყვიის კონცენტრაციები, რომლებიც ყოველ-წლიურად ხვდება აღნიშნული რეგიონის ნიადაგში ზემოქმედების შედეგად, წარმოადგენს ნიადაგის 10 სმ-იან ფენაში ტყვიის შემცველობის მხოლოდ 0,01 – 0,02 %-ს. ამიტომ კახეთის ნიადაგები ტყვიის შემცველობით არ განსხვავდებიან საქართველოს სხვა რეგიონის ნიადაგებისაგან. მათში ტყვიის საშუალო შემცველობა 19 მკგ/გ-ის ტოლია (სინჯების რაოდენობა 47), რაც დასაშვებ ნორმაზე ნაკლებია.

სამუშაოს ძირითადი შედეგები:

1. ჩვენს მიერ ჩატარებული ქიმიური ანალიზის მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოს კახეთის რეგიონის ნალექები განეკუთვნება კალციუმის ჯგუფის სუსტმჟავე, სულფატურ ან სულფატურ-ჰიდროკარბონატულ წყლებს. ხარისხობრივად კვლევის რეგიონის ატმოსფერული ნალექები თავისი ქიმიური შემადგენლობით კონტინენტური რაიონ-ბისათვის არის დამახასიათებელი. ძირითადი იონების ჯამური რაოდენობის - Σ -ის საშუალო სიდიდე ტოლია 15,4 მგ/ლ და სინჯების აღების ადგილის, დღელამის და წლის დროების მიხედვით იცვლება 8.6 მგ/ლ-დან 21.6 მგ/ლ-ის ფარგლებში.

2. წყალბადის იონების კონცენტრაციის მაჩვენებლის - pH-ის მიხედვით (მისი საშუალო მნიშვნელობა ტოლია 6.31, ხოლო წლებისა და სინჯის აღების ადგილის მიხედვით იგი იცვლება 5.86-სა და 6.80-ს შორის), აღმოსავლეთ საქართველოს განსახილველი რეგიონის ატმოსფერული ნალექები განეკუთვნება ნეიტრალურ-სუსტმჟავე წყლებს, რაც დამახასიათებელია არადაჭუჭყიანებული ატმოსფერული წყლებისათვის.

3. დადგენილია ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის დღელამისა და სეზონისაგან დამოკიდებულების სახე, შედგენილია შესაბამისი აპროქსიმაციის მრუდების განტოლებები n-რიგის პოლინომის სახით, გამოთვლილია მუდმივი კოეფიციენტები და აპროქსიმაციის საიმედოობის მაჩვენებელი. ნაჩვენებია, რომ წლის ცივი პერიოდის ნალექების საშუალო ჯამური მინერალიზაცია (9.13 მგ/ლ) თითქმის ორჯერ დაბალია, ვიდრე თბილი პერიოდისა (18.0 მგ/ლ). თბილი პერიოდის ნალექებში შესამჩნევად არის გაზრდილი HCO_3^- , SO_4^{2-} და NO_3^- იონების კონცენტრაცია. ასევე

მნიშვნელოვნად არის მინერალიზებული დღის განმავლობაში მოსული ნალექები, ვიდრე ღამის ნალექები.

4. გამოთვლილია ნალექებში ჩვენს მიერ შესწავლილი ქიმიური კომპონენტების კონცენტრაციებს და საერთო მინერალიზაციას შორის წრფივი კორელაციის კოეფიციენტები და აღმოჩნდა, რომ ძირითადი იონების ჯამური მინერალიზაცია $\Sigma \Sigma$), კარგ კორელაციურ კავშირშია SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} , და Mg^{2+} იონების კონცენტრაციებთან. მათ შორის კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0.6 და 0.91-ის ფარგლებში იცვლება.

5. შესწავლილია ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციაზე ნალექების სინჯის აღების ადგილის ზღვის დონიდან სიმაღლის გავლენა და დადგენილია, რომ სინჯის აღების ადგილის ზღვის დონიდან სიმაღლის ზრდა (1000 მეტრამდე) მინერალიზაციის შემცირებას იწვევს. 1000 მეტრზე და უფრო მაღალ სიმაღლეზე აღებული სინჯების მინერალიზაცია თითქმის ერთნაირია და 2-2,5-ჯერ მცირეა, ვიდრე 300 მეტრის სიმაღლეზე აღებული სინჯის მინერალიზაცია.

6. კახეთის რეგიონის ატმოსფერულ ნალექებში ბიოგენური ნივთიერებების, განსაკუთრებით არაორგანული აზოტის ფორმების კონცენტრაციების ჯამი, საერთო მინერალიზაციის 10 – 12 % შეადგენს. ნალექებში ამ კლასის ნივთიერებების ჰიდროქიმიური რეჟიმი არ განსხვავდება მთავარი იონების ჰიდროქი-მიური რეჟიმისაგან.

7. შესწავლილია ატმოსფეროს ქვედა ფენების ტემპერატურისა და ფარდობითი სინოტივის გავლენა მინერალიზაციაზე და დადგენილია, რომ ტემპერატურის ზრდა იწვევს მინერალიზაციის ზრდას, ხოლო ტენიანობის ზრდა - მის შემცირებას

8. გამოკვლეულია ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ქარის სიჩქარისა და მიმართულების გავლენა ნალექების მინერალიზაციაზე. ნალექები მაქსიმალურად მინერალიზებულია, როცა სინჯებს ვიღებთ სუსტი ქარის (სიჩქარე ნაკლებია 1 მ/წმ) დროს, ან უქარო ამინდში. ამ დამოკიდებულების რაოდენობრივმა შეფასებამ აჩვენა, რომ კორელაციური ფარდობის (η) მნიშვნელობა Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} და ჯამური მინერალიზაციისათვის 0.62; 0.60; 0.50 და 0.60-ის ტოლია შესაბამისად. ხოლო ქარის მიმართულებაზე დამოკიდებულია ნალექებში შემავალი მინერალების სახეობა. როცა ჰაერის ნაკადს აქვს სამხრეთის, დასავლეთის ან ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულება, ნალექებში მატულობს ისეთი მინერალების შემცველობა, რომლებითაც მდიდარია კახეთის, ცივ-გომბორის ქედების და კავკასიონის სამხრეთ კალთების ზედაპირული ქანები.

9. შესწავლილია ნალექების მინერალიზაციაზე დროის უნალექო ინტერვალის სიდიდის გავლენა, რომელიც წინ უსწრებდა ნალექების სინჯის აღებას. ნაჩვენებია, რომ ის ნალექები, რომელსაც წინ უსწრებდა 24-48 საათიანი დროის ინტერვალის ნალექების გარეშე, უფრო მინერალიზებულია, ვიდრე უშუალოდ ერთი ნალექებიანი პროცესის შემდეგ აღებული ნალექების სინჯი.

10. ერთი წლის განმავლობაში ატმოსფერულ ნალექებს კახეთის რეგიონის ნიადაგების ერთ კვ. კმ.-ზე 10-დან 20 ტონამდე ქიმიური ნივთიერება შეაქვს, აქედან 2.5 ტონა ბიოგენურ ნივთიერებებზე მოდის.

11. ტყვიის იოდიდის აეროზოლის გამოყენებით ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების შედეგად ნალექებში ფონურთან შედარებით იზრდება ტყვიისა და იოდის კონცენტრაციები. აღნიშნული ზრდა პირდაპირპროპორციულ კავშირშია ღრუბელში შეტანილი ტყვიის იოდიდის რაოდენობასთან. მიუხედავად ამისა, ტყვიის,

როგორც ერთ-ერთი ტოქსიკური ნივთიერების, კონცენტრაციის არც ერთჯერადი და არც საშუალო მნიშვნელობა სასმელი წყლებისათვის დადგენილ სანიტარულ ნორმას არ აღემატება.

12. კახეთის რეგიონის ნიადაგის ზედაპირის 10 სმ.-იან ფენაში, თუ ნიადაგის სინჯის აღების ადგილი 30 – 50 მ.-ით და მეტად არის დაშორებული ავტომაგისტრალისაგან, ტყვის და იოდის შემცველობა საქართველოს სხვა რეგიონებისათვის დამახასიათებელი საერთო ფონური მნიშვნელობისაგან არ განსხვავდება. ზედაპირული ფენა ნიადაგებისა, რომელიც ავტომაგისტრალიდან დაცილებულია არა უმეტეს 30 მეტრისა, ტყვით დაჭუჭყიანება გაზრდილია და არ განსხვავდება საქართველოს სხვა რეგიონებისაგან, ამიტომ შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ტყვის კონცენტრაციის მატება ამ ობიექტში არ უკავშირდება ღრუბლებზე აქტიურ ზემოქმედებას.

13. შესწავლილია სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედების გავლენა კახეთის რეგიონის ზედაპირულ წყლებზე. დადგენილია, რომ აღნიშნულ ობიექტში ტყვისა და იოდის იონების კონცენტრაცია პრაქტიკულად არ განსხვავდება საქართველოს სხვა რეგიონის ზედაპირულ წყლებში მათი შემცველობისაგან

14. ჩვენი მონაცემებით ტყვის შემცველობა კახეთის მარცვლელ კულტურებში მერყეობს კვალიდან 2,0 მკგ/გ-დე და საშუალოდ შეადგენს 0,4 მკგ/გ. კახეთის რეგიონის მარცვლელი კულტურები ტყვის შემცველობით არ განსხვავდება საქართველოს სხვა რეგიონის მარცვლელისგან და მათში ტყვის კონცენტრაცია არ აღემატება დასაშვებ ნორმას.

15. აღმოსავლეთ საქართველოს ღვინოებში ტყვის შემცველობა დაბალია (საშუალოდ – 3,6 მკგ/ლ, ექსტრემალური – 0,0 – 11,5 მკგ/ლ,) და დანარჩენი საქართველოს რეგიონის ღვინოებისაგან ამ მახასიათებლით არ განსხვავდება.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:

1. Llamara Abesalashvili, Guram Supatashvili, Tamaz Salukvadze, Marina Salukvadze. - Hydrochemical characteristic of atmospheric precipitation in the Alazani Valley. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN 1512-1127, Issue (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma. `Geoprint~ Publishing House, Tbilisi, 2001. vol. 5B, 2000. pp.56 – 61.
2. სალუქვაძე თ., ხელაია ე., აბესალაშვილი ლ.სალუქვაძე მ., ხელაია ნ. მთაგორიანი რეგიონის ერთჯერადიანი კონვექციური ღრუბლის ექსპერიმენტული რადიოლოკაციური მოდელი. დეპო-ნირებულია საქართველოს სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (ტექინფორმი) №1233. 18.04. 2003. 8 გვ.
3. Л.Ш.Абесалашвили, Т.Г.Салуквадзе - Институт геофизики им. М. Нодия, М.Т. Салуквадзе – Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили. Изменение концентраций главных ионов в атмосферных осадках Восточной Грузии в зависимости от интервала времени без осадков, предшествующего взятию проб. Труды Института геофизики им. М. Нодия, ISSN 1512 - 1135. Тбилиси 2004, т. LVIII, с. 142 – 145.
4. М.Т. Салуквадзе – Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили, Т.Г.Салуквадзе - Институт геофизики им. М. Нодия. Химический состав атмосферных осадков из облаков различных синоптических ситуаций, подвергнутых и не подвергнутых искусственному воздействию. Труды Института геофизики им. М. Нодия, ISSN 1512 - 1135. Тбилиси 2004, т. LVIII, с. 146 – 150.
5. მ. სალუქვაძე, თ.სალუქვაძე, ლ. აბესალაშვილი. შიდამასიური განვითარების ერთჯერადიანი ღრუბლებიდან მოსულ ნალექებში და მიწისპირა აეროზოლებში ტყვის, იოდისა და სპილენძის იონების შემცველობის დამოკიდებულება ამ

ღრუბლებში შეტანილი ტყვიის იოდიდის რაოდენობაზე. დეპონირებულია ტექინფორმში, №1253, 2006.

6. მ. სალუქვაძე, თ.სალუქვაძე ატმოსფერულ ნალექებში ტყვიისა და იოდის კონცენტრაციების დამოკიდებულება გროვა საწვიმარ ღრუბლებზე ზემოქმედების დაწყების მომენტიდან გასულ დროზე. დეპონირებულია ტექინფორმში, №1254, 2006.

7. Салуквадзе М. Т., Ломтадзе О.Г. Абесалашвили Л. Ш., Салуквадзе Т. Г. Зависимость концентраций различных химических микро-элементов в атмосферных осадках Кахетинского региона Грузии от величины общей минерализации. Депонировано в техинформе, #1255, 2006.