ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომები
Материалы научной конференции, посвященной 80 – летию со дня основания Института геофизики
Reports, presented on the Scientific Conference "80 years of the M. Nodia Institute of Geophysics"

საერთაშორისო კონფერენცია

«გეოფიზიკის აქტუალური პრობლემები»

International Conference

"Advanced Problems in Geophysics"

Международная конференция

"Актуальные проблемы геофизики"

თბილისი – Tbilisi–Тбилиси
2014

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომები

Материалы научной конференции, посвященной 80 – летию со дня основания Института геофизики

Reports, presented on the Scientific Conference "80 years of the M. Nodia Institute of Geophysics"

საერთაშორისო კონფერენცია "გეოფიზიკის აქტუალური პრობლემები", თბილისი, 2013 წ. 9-10 დეკემბერი

International Conference "Advanced Problems in Geophysics", Tbilisi, 9-10 December, 2013.

Международная конференция "Актуальные проблемы геофизики", Тбилиси, 9-10 декабря, 2013.

წინამდებარე კრებულში შესულია მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის, "გეოფიზიკის აქტუალური პრობლემები", მასალები.

კრებული განკუთვნილია გეოფიზიკურ მეცნიერებათა სხვადასხვა დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის.

რედაქტორი მეცნ. დოქტორი, პროფ. ჯ. ქირია

Редактор Доктор наук, проф. Дж. К. Кириа

Editor Doctor J. Kiria

თბილისი – Tbilisi–Тбилиси

2014

მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომები
Материалы научной конференции Посвященный 80 – летию со дня основания Института геофизики
Reports, presented on the Scientific Conference "80 years of the M. Nodia Institute of Geophysics"

შავი და კასპიის ზღვების სანაპირო ზონებში დამაბინძურებელი ნივთიერებების ავარიული ამოფრქვევების შემთხვევებში ჰაერის შესაძლო დაბინძურების რიცხვითი მოდელირება

ა. კორძაძე, ა. სურმავა

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი. საქართველო, 0171, თბილისი, მ. ალექსიძის ქ., 1
E-mail: akordzadze@yahoo.com, aasurmava@yahoo.com

1. შესავალი

სამხრეთ კავკასია, რომელიც შავი და კასპიის ზღვების საშუალებით აკავშირებს ევროპას, შუა აზის ქვეყნეთან, ჩინეთთან და ინდოეთთან, დიდი აბრეშუმის გზის ერთ-ერთი ძირითადი ნაწილია. აქ, დიდ და მცირე კავკასიონის ქედებს შორის მდებარე ვიწრო ზოლში, გაყვანილია ევროპის ეკონომიკისათვის მეტად მნიშვნელოვანი ნავთობსადენი და გაზსადენი მილები, შავი, ხმელთაშუა და კასპიის ზღვების დამაკავშირებელი ბაქო-ფოთის რკინიგზა, ტრანსკავკასიური ავტომაგისტრალი, დასასრულს უახლოვდება ბაქო-თბილისი-ყარსის რკინიგზის მშენებლობა. მათი საშუალებით ყოველწლიურად გადაიტანება მრავალი მილიონი ტონა ტვირთი – ნავთობი, გაზი და სხვ., მათ შორის მომწამვლელი და ფეთქებადსაშიში ნივთიერებანი. როგორც ტრანსკავკასიური სატრანსპორტო დერეფნის ძირითადი საკვანძო პუნქტები, შავი და კასპიის ზღვების სანაპიროებზე მდებარე პორტები ფოთი, ბათუმი, ბაქო და ნავთობმოპოვების მხრივ უდიდესი მნიშვნელობის აფშერონის ნახევარკუნძულის მიმდებარე ტერიტორიები, წარმოადგენენ ეკოლოგიური უსაფრთხოების თვალსაზრისით მეტად მგრძნობიარე რაიონებს. ამ ტერიტორიებზე მოსალოდნელია ავარიული სიტუაციები, როდესაც შეიძლება ამოიფრქვეს ან დაიღვაროს დიდი რაოდენობით დამაბინძურებელი და მომწამვლელი ნივთიერებები. ნივთიერების გავრცელებამ შეიძლება გამოიწვიოს მნიშვნელოვანი ნეგატიური ზემოქმედება ადამიანთა ჯანმრთელობაზე და გარემოს მდგომარეობაზე. ამიტომ, კავკასიის ტერიტორიებზე ამოფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერებების ატმოსფეროში გავრცელების შესწავალას გარკვეული პრაქტიკული ღირებულება და მეცნიერული მნიშვნელობა გააჩნია.

ამოფრქვეული აეროზოლის ატმოსფეროში გავრცელების რიცხვითი მოდელირების პრობლემებისადმი მიძღვნილია მრავალრიცხოვანი ნაშრომები [1-15]. მათში დამუშავებულია ამოცანის მათემატიკური დასმის საკითხები და მათი ამოხსნის რიცხვითი ინტეგრირების მეთოდები [1- 4, 19, 20], განხილულია ცალკეული საწარმოდან ან საწარმოთა ჯგუფიდან ატმოსფეროში გაფრქვეული პასიური დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელების საკითხები [1 - 3, 7], შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით შეუღლებულ განტოლებათა ამოხსნისა და სხვადასხვა ფუნქციონალების გამოყენების გზით დამუშავებულია საწარმოთა ოპტიმალური განლაგების მეთოდიკა [3].

[7] -ში გადმოცემულია ერთი ან რამდენიმე საწარმოდან ატმოსფეროში ამოფრქვეული ცალკეული დამაბინძურებელი ნივთიერების ან ნივთიერებების ჯგუფის მიერ შექმნილი შესაძლო მაქსიმალური კონცენტრაციის სივრცული განაწილების განსაზღვრის მეთოდიკა. ეს მეთოდიკა წარმატებით გამოიყენება საწარმოების პროექტირებისას მათ მიერ გარემოზე მოხდენილი ზემოქმედების დონის შეფასებისათვის [16].

ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით ამოფრქვეული პასიური, არაპასიური და რადიოაქტიური ნივთიერების ტრანსასაზღვრო გადატანის რიცხვითი მოდელირება განხორციელებულია ნაშრომებში [8-11]. კავკასიის ტერიტორიისათვის ანალოგიური ამოცანებისადმი მიძღვნილია სტატიები [12-15] და სხვ.

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია რიცხვითი მოდელირების საშუალებით შეისწავლოს ქქ. ფოთის, ბაქოს და მეწამორის მიდამოებში მდებარე ინდუსტრიული

ობიექტების ჰიპოთეტური ავარიის შემთხვევებში ატმოსფეროში ამოფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერებების შესაძლო გავრცელება.

2. ამოცანის დასმა

განტოლება, რომელიც აღწერს პასიური დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელებას ატმოსფეროში შემდეგია [1-3]:

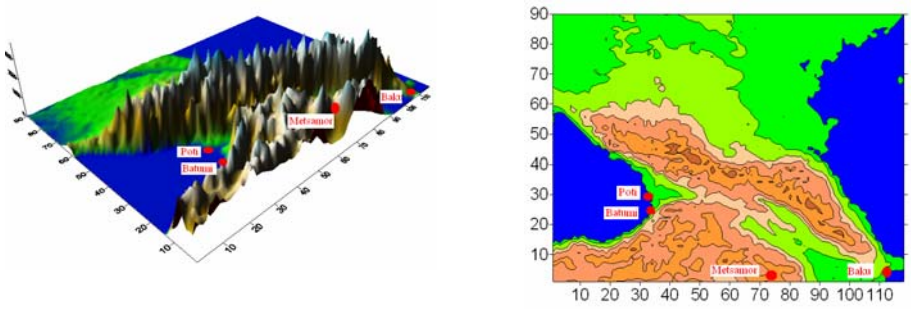
$$\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}+(\tilde{w}-\frac{w_0}{h})\frac{\partial c}{\partial \zeta}=\mu\left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 c}{\partial y^2}\right)+\frac{1}{\rho h^2}\frac{\partial}{\partial \zeta}\rho\nu\frac{\partial c}{\partial \zeta}-\alpha c \qquad (1)$$

სადაც t დროა; x და y აღმოსავლეთით და ჩრდილოეთით მიმართული დეკარტეს კოორდინატებია, შესაბამისად; $\zeta=(z-\delta)/h$ უგანზომილებო ვერტიკალური კოორდინატაა; z ვერტკალურად მიმართული დეკარტეს კოორდინატაა; $\delta=\delta_0(x,y)+50$ მ ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის სიმაღლეა; δ_0 რელიეფის სიმაღლეა; $h = H - \delta$; $H(t,x,y)$ ტროპოპაუზის სიმაღლეა; u, v, w და $\tilde{w}$ ქარის სიჩქარის მდგენელებია x, y, z და ζ ღერძების გასწვრივ, შესაბამისად. ისინი გამოითვლებიან დროის ყოველი მომენტისათვის ატმოსფეროს დინამიკის მოდელის [17] რეალიზაციის საშუალებით; ρ მშრალი ჰაერის სიმკვრივის სტანდარტული ვერტიკალური განაწილებაა; μ და ν ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კოეფიციენტებია და გამოითვლებიან [18-20]-ში გამოყენებული ფორმულებით; α - ნივთიერების ატმოსფეროში გარდაქმნის (დაშლის) სიჩქარეა.

რიცხობრივად მოდელირებული იყო ატმოსფეროში პასიური დამაბინძურებელი ინგრედიენტის გავრცელება, რომელიც პირველი 6 სთ-ის განმავლობაში უწყვეტად ამოიფრქვევა ქქ. ბაქოს, ფოთის და მეწამორის მიდამოებში (ნახ. 1) $(10\times10\times0.2)$კმ^3 მოცულობის ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენის Ω არეში. ამ არეში ამოფრქვევის პერიოდში დამაბინძურებელი ინგრედიენტის კონცენტრაცია უდრის 100 პირობით ერთეულს (პ. ე.) ხოლო შემდგომი მომენტებისათვის გამოითვლება (1) განტოლებით. გამოთვლები ჩატარდა დროის 48 სთ-იანი ინტერვალისათვის. დროის ყოველ ბიჯზე, როგორც იყო ზევით აღნიშნული, ჯერ გამოითვლება ძირითადი მეტეოროლოგიური ველების განაწილება სივრცეში [17] მოდელის საშუალებით და შემდეგ მიღებული ველების გამოყენებით რიცხობრივად ინტეგრირდება (1) განტოლება.

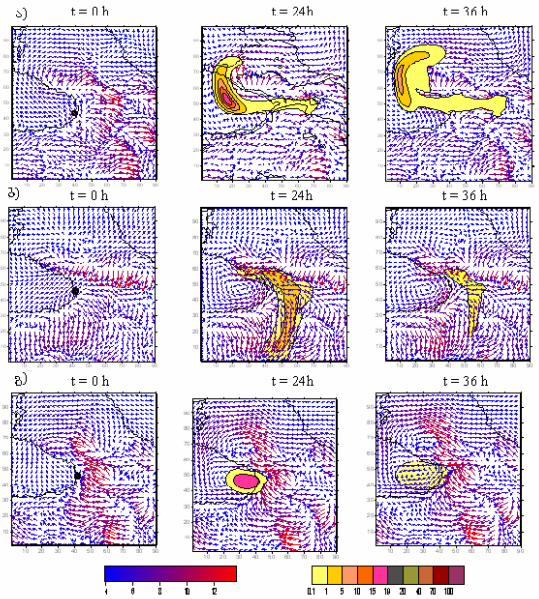
3. მიღებული შედეგების ანალიზი

ნახ. 2. ა -ზე ნაჩვენებია ქ. ფოთის მიდამოებში ატმოსფეროში გაფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერების რიცხვითი მოდელირებით მიღებული რეგიონალური გავრცელება სუსტი ფონური დასავლეთის ქარის შემთხვევაში. ნახაზიდან ჩანს, რომ პირველი 24 საათის განმავლობაში ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის დონეზე ნივთიერება გადაიტანება დასავლეთის, ჩრდილო-დასავლეთისა და აღმოსავლეთის მიმართულებებით ისე, რომ ამოფრქვეული ნივთიერების მასის ძირითადი ნაწილი გარს უვლის მთავარი კავკასიონის ქედს სამხრეთ-დასავლეთის მხრიდან და იწყებს გავრცელებას ჩრდილო კავკასიაში. გაცილებით მცირე რაოდენობის დამაბინძურებელი ნივთიერება გადაიტანება აღმოსავლეთით – სამხრეთ კავკასიის ცენტრალურ ნაწილში. ეს ნაკადი გადაევლება რიკოთის უღელტეხილს და ვიწრო ზოლის სახით ვრცელდება ქართლის ვაკის გავლით აღმოსავლეთ საქართველოში. z = 2კმ და უფრო მაღალ დონეებზე დამაბინძურებელი ნივთიერება ვრცელდება მეტი სიჩქარით ვიდრე მიწისპირა ფენაში. ერთდროულად ფართოვდება დაბინძურების ზონა და იკავებს დიდ სივრცეს კავკასიონის ქედის დასავლეთი ნაწილის თავზე. ნივთიერების მაქსიმალური კონცენტრაცია პირველი 24 სთ-ის განმავლობაში მცირდება საწყისი 100 პ. ე-დან 20 პ. ე-მდე. მაქსიმალური კონცენტრაცის ზონა მდებარეობს შავი ზღვის თავზე 1 კმ სიმაღლეზე. მისი მდებარეობა ამოფრქვევის წყაროდან დაშორებულია დაახლოებით 50-60 კმ მანძილზე.



ნახ. 1. კავკასიის რეგიონის რელიეფი და ამოფრქვევების წყაროთა მდებარეობა.

ფონური ჩრდილოეთის ქარის შემთხვევაში დამაბინძურებელი ნივთიერების ღრუბელი ამოფრქვევის ადგილიდან გადაადგილდება აღმოსავლეთის და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით (ნახ 2. ბ). ლიხის და მცირე კავკასიონის ქედების შემაფერხებელი ზემოქმედების შედეგად, ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში როცა t = 24 და 36 სთ დაბინძურებული ზონა გაჭიმულია ნამგლის ფორმის ვიწრო ზოლის სახით გურიის, აჭარისა და ჩრდილო-აღმოსავლეთ თურქეთის თავზე. დროის აღნიშნული მომენტებისათვის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები საწყის მნიშვნელობასთან შედარებით შემცირებულია დაახლოებით 20 და 100 ჯერ, შესაბამისად.



ნახ. 2. ქარის სიჩქარისა და ქ. ფოთში ამოფრქვეული ნივთიერების კონცენცენტრაციის განაწილება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის დონეზე როცა t = 0, 24, 36 სთ ფონური დასავლეთის ა), ჩრდილოეთის ბ) და აღმოსავლეთის გ) ქარების შემთხვევებში.

ამოფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში როცა t = 36 სთ ძირითადად კონცენტრირებულია კოლხეთის დაბლობის ზღვისპირა ტერიტორიაზე და შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანა-პიროზე (ნახ. 2. გ). ის ვრცელდება როგორც ერთიანი ღრუბელი და არაა დეფორმირებული ოროგრაფიის გავლენით. დაბინძურების ღრუბლის ჰორიზონტალური გადადგილების სიჩქარე შეადგენს დაახლოებით 10-12 კმ/სთ-ს.

ნახ. 3 -ზე ილუსტრირებულია ქ. ბაქოში ამოფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელება ფონური აღმოსავლეთის ქარის დროს. ჩანს, რომ პირველი 6 სთ-ის განმავლობაში დამაბინძურებელი ნივთიერება ძირითადად ლოკალიზირებულია აფშერონის

ნახევარკუნძულის მიდამოებში 300 კმ სიგრძისა და 150 კმ სიგანის ელიფსური ფუძის მქონე ცილინდრულ არეში. შემდეგ დამაბინძურებელი ნივთიერების ღრუბელი ვრცელდება მცირე კავკასიონის ქედის ჩრდილოეთი კალთის გასწვრივ მუგამისა და შირვანის დაბლობების თავზე და იკავებს ჩრდილოეთ სომხეთისა და დასავლეთ აზერბაიჯანის ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენის დიდ ნაწილს. ამოფრქვევის დაწყებიდან 48 საათის შემდეგ დაბინძურება გავრცელებულია მთელ სამხრეთ კავკასიაში კასპიის ზღვიდან შავ ზღვამდე.

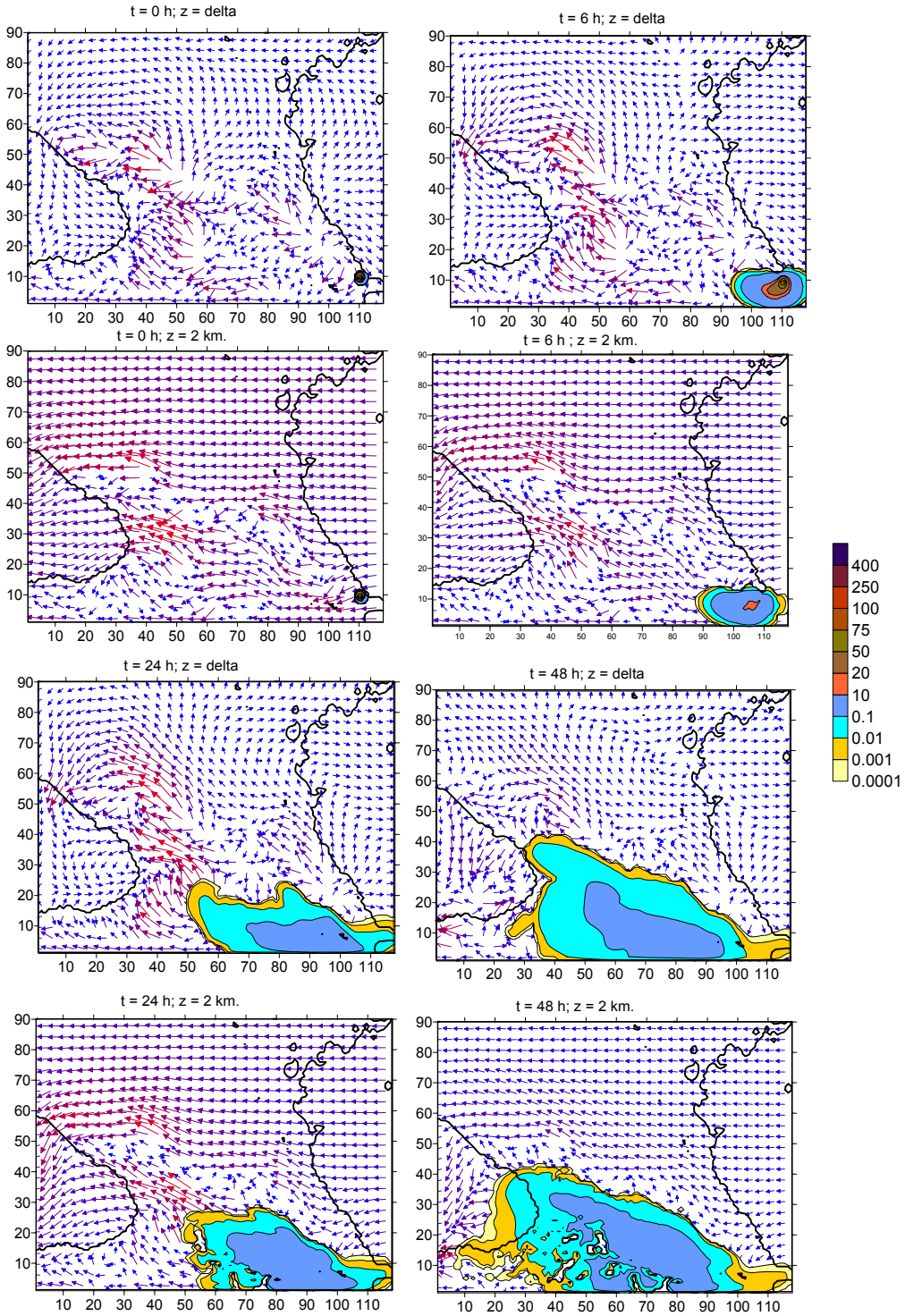
მოდელირებული იქნა ქ. მეწამორში მდებარე სომხეთის ატომური ელექტროსადგურიდან ჰიპოთეტური ამოფრქვევის შემთხვევაში ატმოსფეროში რადიოაქტიური ^{131}I –ის გავრცელება. განხილული იქნა 10 მკმ ზომის ნაწილაკების გადატანა და ნიადაგის ზედაპირზე მისი დალექვა ფონური სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარის დროს. ^{131}I – ის დაშლის ნახევარპერიოდი $T_{rad} = 8.02$ დღეს, სედიმენტაციის სიჩქარე – $W_0 = 1$ სმ/წმ [1].

რადიაქტიური ღრუბელი, რომელიც შეიძლება ამოიფრქვეს ჰიპოთეტური ავარიის შედეგად, პირველი 24 სთ-ის განმავლობაში ვრცელდება სამხრეთ კავკასიის ტერიტორიაზე (ნახ. 4.ა). დროის შემდგომ მომენტებში რადიაქტიული მტვრის ღრუბლის ნაწილი გადაევლება მთავარ კავკასიონის ქედს და მიყვება მის ჩრდილოეთ, სამხრეთ კალთებს და შავი ზღვის სანაპირო ზოლს. რადიაქტიური მტვერი აღწევს რა ზღვას, ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში ფორმირებული მეზომასშტაბის მქონე ქარის სიჩქარის ციკლონური გრიგალის მოქმედებით, გადაიტანება სამხრეთით და იკავებს მნიშვნელოვან სივრცეს შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ რადაქტიურ ღრუბელს სჭირდება დაახლოებით 20 საათი იმისთვის, რომ მიაღწიოს შავი ზღვის სანაპირო ზონამდე. ამ მომენტისათვის მისი კონცენტრაცია ატმოსფეროში მაქსიმალურთან შედარებით შემცირებულია 100 – ჯერ და უფრო მეტად.

რადიაქტიური მტვერი გავრცელებისას ნიადაგზე ტოვებს დანალექის ფართო ზოლს ამოფრქვევის ადგილიდან შავი ზღვის სანაპიროს ჩათვლით (ნახ. 4. ბ). ნიადაგზე დაფენილი აეროზოლის ზედაპირული სიმკვრივე მაქსიმალურია წყაროს მიდამოებში და სწრაფად მცირდება პერიფერიისაკენ.

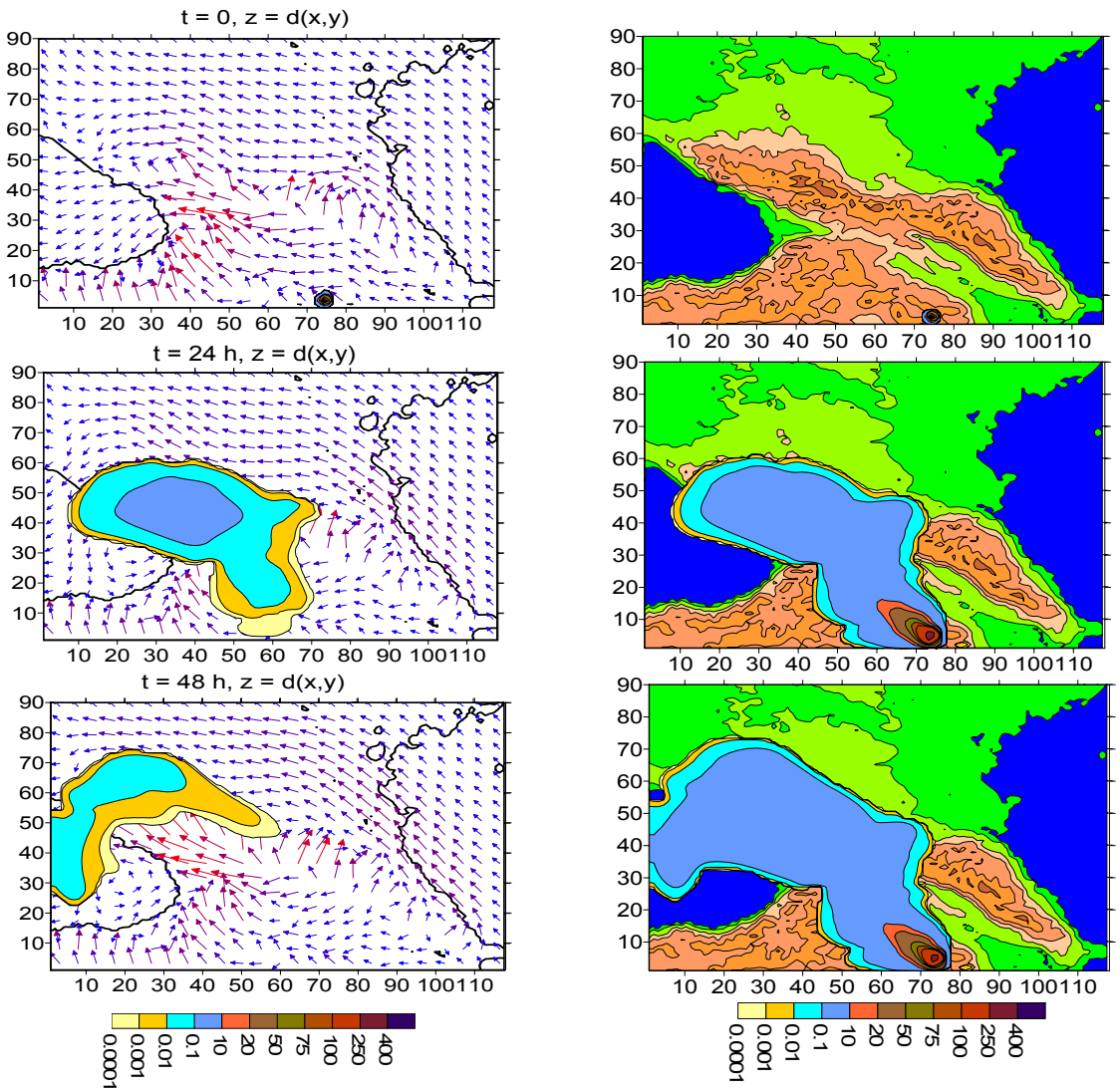
4. დასკვნა

შავი და კასპიის ზღვების სანაპირო ზონებში მდებარე საწარმოებიდან ატმოსფეროში ამოფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერებების გადატანის რიცხვითმა მოდელირებამ აჩვენა, რომ სამხრეთ კავკასიის რელიეფი მნიშვნელოვნად მოქმედებს დაბინძურების ღრუბლების გავრცელების ტრაექტორიებზე. განსაკუთრებულ როლს თამაშობს ლიხის ქედი, რომელიც ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში, გარკვეულ პირობებში იწვევს დაბინძურების ღრუბლის დეფორმირებას და მისი მოძრაობის ტრაექტორიის შეცვალას. თავისუფალ ატმოსფეროში რელიეფის



ნახ. 3. ქარის სიჩქარისა და ქ. ბაქოში ამოფრქვეული ნივთიერების კონცენცენტრაციის განაწილება ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში როცა t = 0, 6, 24 და 48 სთ ფონური აღმოსავლეთის ქარის დროს.

ა) ბ)



ნახ. 4. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ^{131}I-ის კონცენტრაცის ა) და ნიადაგზე დანალექის ზედაპირული სიმკვრივის ბ) განაწილება ფონური სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარის დროს, როდესაც t = 0, 24 და 48 სთ.

გავლენა დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელების მიმართულებაზე მნიშვნელოვნად სუსტია. თავისუფალ ატმოსფეროში ამოფრქვეული აეროზოლები ძირითადად გადაიტანებიან ფონური დინებების გასწვრივ.

შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის და მასთან მიმდებარე ტერიტორის დაბინძურება შეიძლება მოხდეს არა მარტო ადგილობრივი წყაროებიდან ამოფრქვეული აეროზოლების გადატანა-დიფუზიის შედეგად, არამედ იმ წყაროებიდანაც რომლებიც მდებარეობენ სამხრეთ კავკასიის უკიდურესად აღმოსავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილებში. გამოთვლებმა აჩვენეს, რომ დაახლოებით 20 სთ არის საჭირო იმისათვის, რომ კასპიის ზღვის მიდამოებში მდებარე წყაროდან ამოფრქვეულმა აეროზოლებმა აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში მიაღწიოს შავი ზღვის სანაპიროს.

ნაშრომში მიღებული შედეგები ძირითადად თვისებრივ ხასიათს ატარებენ. მათი რაოდენობრივი შეფასებისათვის საჭიროა კონკრეტული ავარიის შემთხვევებში ჩატარდეს სპეციალური დაკვირვებები და გაზომვებით მიღებული მონაცემები შედარდეს თეორიულად გამოთვლილ შედეგებს.

მადლობის გამოხატვა. ავტორები უცხადებენ მადლობას ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკს ინსტიტუტის „გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პრობლემების მათემატიკური მოდელირების" საქალაქო სემინარის მონაწილეებს ნაშრომის განხილვისას გამოთქმული მოსაზრებებისა და შენიშვნებისათვის, შოთა რუსთაველის სამეცნიერო ფონდს რომლის დაფინანსების ფარგლებშიც შესრულდა ეს სამუშაო (გრანტი AR/373/9-120/12).

ლიტერატურა

[1] Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. JL: Гидрометеоиздат. 1975. 448 с.

[2] Алоян А.Е., Йорданов Д.Л., Пененко В.В. Численная модель переноса примесей в пограничном слое атмосферы. Метеорология и гидрология. 1981. № 8, с. 32-43.

[3] Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М. :Наука. 1982. 320с.

[4] Белов П.Н., Карлова З. Л. Траекторная модель переноса загрязнений. Метеорология и гидрология. 1990. № 12, с. 67-74.

[5] Буйков М.В. О граничном условии для уравнения турбулентной диффузии на подстилающей поверхности. Метеорология и гидрология. 1990. № 9, с.52-56.

[6] Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. СН 369-74. М.: Стройиздат. 1975. 41 с.

[7] Вельтищева Н.С. Моделирование трансграничного переноса двуокиси серы с учетом вертикальных движений. Метеорология и гидрология. 1980. №7.

[8] Дегтярев А.И., Наумов А.Д., Рыбаков И.В., Свиренко П.И., Штырева Н.В. Численная модель дальнего и трансграничного переноса загрязнений в атмосфере. Новые технологии. 1996. № 2, с. 10-11.

[9] Kimura F., Yoshikawa T. Numerical simulation of global scale dispersion of radioactive pollutants from the accident at the Chernobyl nuclear power plant. J.Met. Soc. Japan. 1988. V. 66. P. 489-495.

[10]Pudykiewicz J. Simulation of the Chernobyl dispersion with a 3-D hemispheric tracer model. Tellus. 1988. - 41B., pp. 391-412.

[11] Сванидзе Г. Г.,Чантладзе и др.. А.Мониторинг влияния загрязнения на состояние природных сред вть условиях горного региона. Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Труды II международного симпозиума, СССР, Тбилиси, 12-17 окт., Л: Гидрометеоиздат,1982, с. 114-121.

[12] Gordeziani D., Davitashvili T., Khvedelidze Z. Mathematical Model of the Atmosphere Pollution for the Mountain Region. Reports of enlarged Sessions of the Seminar of VIAM. vol.14 No. 3, 1999 pp.18-24.

[13] Surmava A. A. Numerical investigation of the modeling of transportation and deposition of the radioactive pollution in the Caucasian Region in case of the hypothetical accident on the Armenian Nuclear Power Plant./ Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B, Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.15, 2012.

[14]. Surmava A. A. On the Caucasus terrain influence on the spatial and temporary evolution of the vortexes and displacementof the pollution clouds in the atmosphere. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 14, 2010, pp. 10-121.

[15] ჭიათურის მუნიციპალიტეტის სოფ. თაბაგრების მიმდებარედ მანგანუმის მადნის გამამდიდრებელი საწარმოოს მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პროექტის გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში. შპს „გამა კონსალტინგი", თბილისი, 2014, 116 გვ http://moe.gov.ge.files...

[16]. Kordzadze A. A., Surmava A. A., demetrashvili D. L., and Kukhalashvili V. G. Numerical Investigation of the Influence of the Caucasus Relief on the Distribution of the Hydrometeorological Fields. 2007, Izvestia, Atmospheri and Oceanic Phys., vol. 43, No. 6, pp. 722-730.

[17] Зилинтикевич С. С., Монин А. С. Турбулентность в динамических моделях атмосферы. Л.: Наука, 1971, 44 с.

[18]. Марчу Г. И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана". Л.: Гидрометеоиздат. 1974, 302 с.

[19] Кордзадзе А. А. Математическое моделирование динамики морских течений (теория, алгоритмы, численные эксперименты). Москва.: ОВМ АН СССР, 1989, 218 с.

Numerical modeling of the possible pollution of the atmosphere in case of the hypothetical accidental emission of the pollution substances in vicinities of the Black and Caspian Seas coastal zones

A. Kordzadze, A. Surmava

Abstract

The distribution of the pollution substances emitted in the atmosphere in result of the hypothetical accidents in the industrial centers located on the Great Silk Road's Caucasian interval - in the t. Poti, t. Baku and t. Metsamor by numerical modeling are investigated. The possible trajectories of the pollution substances displacements in case of the different background winds by calculations are determined. It is shown the relief of the Caucasian Region significantly changes the trajectory of pollution clouds.

Численное моделирование возможного загрязнения воздуха в результате аварийных выбросов загрязняющих веществ в прибрежных полосах Черного и Каспийского морей

А. Кордзадзе, А. Сурмава

Резюме

Путем численного моделирования исследовано распространение загрязняющих веществ аварийно выброшенных в атмосферу в индустриальних центрах, расположенных на транскавкаском транспортном коридоре – в городах Поти, Баку и Мецамори. Расчетами определены возможные траектории облаков загрязнения при различных фоновых ветрах. Показано, что рельеф региона в пограничном слое атмосферы существенно меняет траекторию перемещения загрязнения.

შავი და კასპიის ზღვების სანაპირო ზონებში დამაბინძურებელი ნივთიერებების ავარიული ამოფრქვევების შემთხვევებში ჰაერის შესაძლო დაბინძურების რიცხვითი მოდელირება

ა. კორძაძე, ა. სურმავა

რეზიუმე

რიცხვითი მოდელირებით შესწავლილია დიდი აბრეშუმის გზის კავკასიის მონაკვეთზე მდებარე ინდუსტრიული პუნქტების - ქქ. ფოთის, ბაქოს და მეწამორის მიდამოებში ჰიპოთეტური ავარიის შედეგად ამოფრქვეული ნივთიერებების გავრცელება ატმოსფეროში. გამოთვლებით დადგენილია დამაბინძურებელი ღრუბლების გავრცელების შესაძლო ტრაექტორიები სხვადასხვა ფონური ქარების შემთხვევებში. ნაჩვენებია, რომ რელიეფი ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში მნიშვნელოვნად ცვლის დაბინძურების ღრუბლის გადაადგილების ტრაექტორიას.

შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში განვითარებული დინამიკური პროცესები 2010-2014 წწ. ცივ სეზონში

ავთანდილ კორძაძე[1], დემური დემეტრაშვილი[1], ალექსანდრე სურმავა[1]

[1]ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, ალექსიძის ქ. 1, 0171 თბილისი, akordzadze@yahoo.com, demetr_48@yahoo.com, aasurmava@yahoo.com

1. შესავალი

დღეისათვის შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზონაში სანაპირო ინფრასტრუქტურის განვითარებასა და სამეურნეო საქმიანობის გააქტიურებასთან დაკავშირებით მოსალოდნელია ანთროპოგენური ზემოქმედების ინტენსიფიკაცია საქართველოს ტერიტორიულ წყლებზე, რაც მნიშვნელოვან საფრთხეს უქმნის ზღვის ეკოსისტემას. წყლის ტემპერატურა, მარილიანობა, დინება და ზღვის დონის ცვალებადობა წარმოადგენს სანაპირო ზოლში მიმდინარე მრავალი ეკოლოგიური პროცესის განმსაზღვრელ ფაქტორს. ცხადია, რომ არსებულ ვითარებაში ჩვენი ქვეყნისათვის მეტად აქტუალურია შავი ზღვის მდგომარეობის საიმედო ავტომატიზირებული კონტროლის სისტემა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ოპერატიულად მივიღოთ ზღვის მიმდინარე და მომავალი დინამიკური და ეკოლოგიური მდგომარეობების ამსახველი ინფორმაცია.

[1-6] – ში მოცემულია ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტში შავიზღვისპირა ქვეყნების კვლევით ცენტრებთან სამეცნიერო თანამშრომლობით ევროკავშირის საერთაშორისო სამეცნიერო პროექტების ARENA და ECOOP ფარგლებში შემუშავებული შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის მდგომარეობის პროგნოზის რეგიონული სისტემა და მის საფუძველზე გამოთვლილი პროგნოზის მაგალითები (ეს აკვატორია გამოყოფილია ზღვის ღია ნაწილისაგან თხევადი საზღვრით, რომელიც გადის ა. გ. 39.08° - ზე). რეგიონული პროგნოზის სისტემა, რომელიც ერთ-ერთი კომპონენტია მთლიანად შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემისა [7, 8], საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის სამგანზომილებიანი ველები 1 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მის მიმდებარე აკვატორიაში. რეგიონული პროგნოზის სისტემას საფუძვლად უდევს შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი, რომელიც დაფუძნებულია ოკეანის ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრულ სისტემაზე ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში. მოდელში გათვალისწინებულია: 1. ატმოსფეროს ქარისმიერი და თერმოხალინური ზემოქმედება; 2. ზღვის ფსკერის რელიეფი და კონფიგურაცია; 3. შავ ზღვაში ჩამდინარე საქართველოს ძირითადი მდინარეების (ენგური, რიონი, ჭოროხი და სხვ.) ხარჯები; 4. მზის რადიაციის შთანთქმა ზღვის ზედა ფენის მიერ; 5. ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის კოეფიციენტების დროით-სივრცითი ცვალებადობა.

რეგიონული პროგნოზის სისტემის საფუძველზე გამოთვლილი პროგნოზული ჰიდროფიზიკური ველების ანალიზმა შესაძლებელი გახადა გამოგვეკვლია შავი ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილის ჰიდროფიზიკური ველების ევოლუციის ძირითადი თავისებურებანი და გაგვეღრმავებინა ჩვენი ცოდნა ზღვის აღნიშნულ აკვატორიაში განვითარებული დინამიკური პროცესების შესახებ [9-12].

მოცემული სტატიის ძირითადი მიზანია შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მის მიმდებარე აკვატორიაში წლის ცივ პერიოდში (ნოემბერი-მარტი) მიმდინარე დინამიკური პროცესების შედარებით დეტალური გამოკვლევა რეგიონული პროგნოზის სისტემის საშუალებით 2010-2014 წწ. გამოთვლილი ჰიდროფიზიკური ველების ანალიზის საფუძველზე. ამგვარად, აღნიშნული სტატია ფაქტიურად გაგრძელებაა იმ გამოკვლევებისა, რომლებიც აღწერილია [9-12] - ში.

2. რეგიონული პროგნოზის სისტემის ძირითადი პარამეტრები და შემავალი მონაცემები

შავი ზღვის დინამიკის ბაროკლინური რეგიონული მოდელი, რომელიც წარმოადგენს რეგიონული პროგნოზული სისტემის ძირითად ბირთვს, იყენებს სათვლელ ბადეს 1 კმ სივრცითი ჰორიზონტალური ბიჯით. ვერტიკალზე განიხილება 30 სათვლელი დონე ცვლადი ბიჯებით შემდეგ სიღრმეებზე: 2, 4, 6, 8, 12, 16, 26, 36, 56, 86, 136, 206, 306,...,2006 მ. თითოეულ ჰორიზონტზე ბადის კვანძების რაოდენობაა 215 x 347. დროითი ბიჯია 0,5 სთ.

რეგიონული მოდელის განტოლებათა სისტემა [3, 6, 13], რომელიც განიხილება დეკარტის მართკუთხოვან კოორდინატთა სისტემაში, ამოიხსნება ფიზიკური პროცესების, საკოორდინატო ვერტიკალური სიბრტყეებისა და წრფეების მიხედვით გახლეჩის ორციკლიანი მეთოდის გამოყენებით [14, 15].

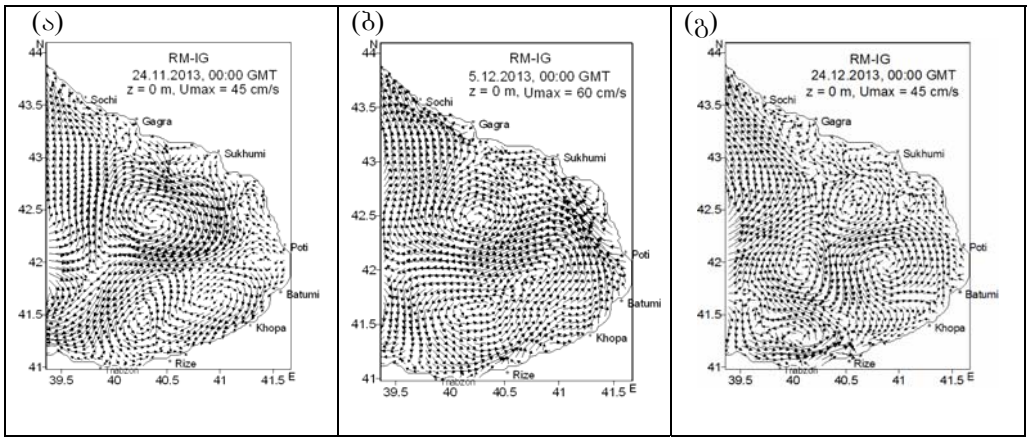
შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელის ბადე ჩადგმულია უკრაინის ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის (ქ. სევასტოპოლი) 5 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობის მქონე შავი ზღვის დინამიკის მოდელში [16]. ზღვის დინამიკური მდგომარეობის 3 დღიანი პროგნოზის გათვლისათვის საჭირო მოდელში შემავალი მონაცემები - დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის საწყისი სამგანზომილებიანი ველები, აღნიშნული სიდიდეების პროგნოზული მნიშვნელობები თხევად საზღვარზე, ასევე ზღვა-ატმოსფეროს საზღვარზე ქარის ხახუნის ტანგენციალური დაძაბულობის, ატმოსფერული ნალექების, აორთქლებისა და სითბოს ტურბულენტური ნაკადების პროგნოზული მნიშვნელობები 1 სთ დროითი ბიჯით ყოველდღიურად მოგვეწოდება ინტერნეტის საშუალებით ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტიდან. რეგიონული არის თხევად საზღვარზე ჰიდროფიზიკურ სიდიდეთა პროგნოზული მნიშვნელობები გამოითვლება ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის შავი ზღვის დინამიკის მოდელის საფუძველზე (ქ. სევასტოპოლი), ხოლო ზღვის ზედაპირზე აღნიშნულ მეტეოროლოგიურ სიდიდეთა პროგნოზული მნიშვნელობები მიიღება ატმოსფეროს დინამიკის რეგიონული მოდელის ALADIN [17] საფუძველზე, რომლის რეალიზაცია ხდება რუმინეთის ეროვნულ მეტეოროლოგიურ სამსახურში (ქ. ბუქარესტი).

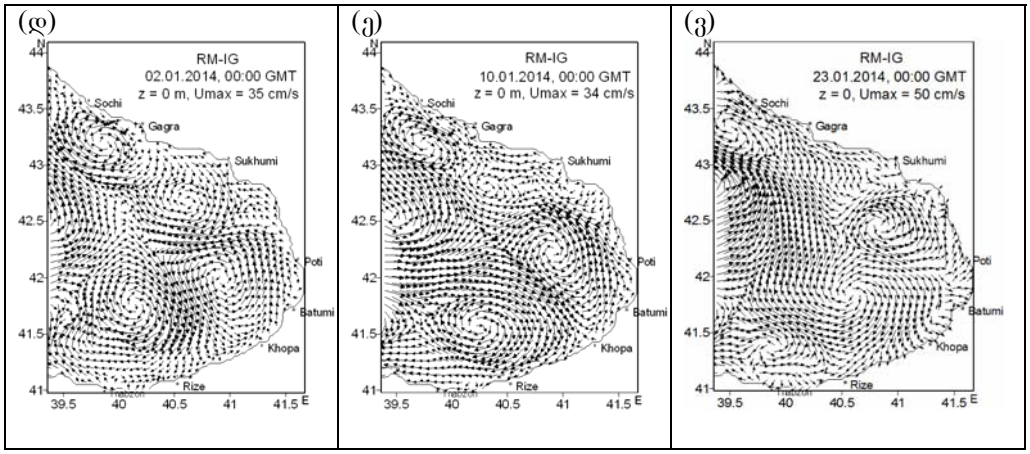
ამჟამად, შავი ზღვის მდგომარეობის რეგიონული პროგნოზის სისტემა ფუნქციონირებს ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტში ოპერატიულთან მიახლოებულ რეჟიმში და გამოთვლილი ჰიდროფიზიკური ველების – ზღვის დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის 3-დღიანი პროგნოზის შედეგების ნახვა ვიზუალური სახით 0, 20 და 50 მ ჰორიზონტებზე შესაძლებელია ინტერნეტში შემდეგ მისამართებზე:

www.ig-geophysics.ge, www.oceandna.ge.

3. შედეგების ანალიზი

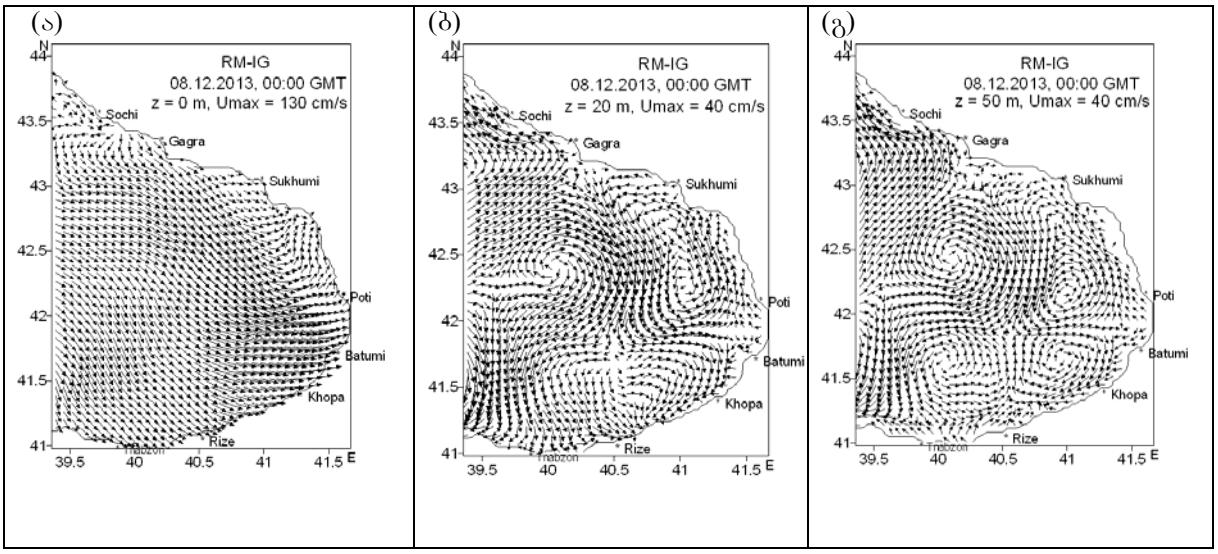
ზღვის რეგიონული პროგნოზის სისტემის საფუძველზე 2010-2014 წწ.-ში გამოთვლილი პროგნოზული ჰიდროფიზიკური ველების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რეგიონული ცირკულაციური პროცესების ხასიათი წლის ცივ პერიოდებში





ნახ.1. გამოთვლილი ზედაპირული დინების ველები 2013-2014 წწ. ცივ სეზონში. (ა) – 24 ნოემბერი 2013; (ბ) - 5 დეკემბერი 2013; (გ) - 24 დეკემბერი 2013; (დ) - 2 იანვარი 2014; (ე) - 10 იანვარი 2014; (ვ) - 23 იანვარი 2014.

მნიშვნელოვანწილად განსხვავდება თბილი პერიოდის დამახასიათებელი ცირკულაციისაგან. ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც ხშირად დომინირებს წლის თბილ სეზონში, ცივ პერიოდში ნაკლებად ან ხშირ შემთხვევაში პრაქტიკულად აღარ დაიკვირვება და ადგილი აქვს სხვადასხვა მასშტაბის ციკლონური და ანტიციკლონური გრიგალების გენერაციის, ევოლუციისა და დისიპაციის არასტაციონარულ პროცესებს. ზოგადად, ცივი სეზონის ცირკულაციური რეჟიმებისათვის დამახასიათებალია დინების დომინირებული მიმართულების არარსებობა და სხვადასხვა ზომის გრიგალური სტრუქტურების ფორმირება. ზოგიერთ შემთხვევაში გრიგალური სტრუქტურები აყალიბებენ ჭავლურ დინებებს, რომელთა სიჩქარე მნიშვნელოვნად ძლიერდება გრიგალებს შორის არსებულ ვიწრო არეებში. გარდა ცივი სეზონისათვის დამახასიათებელი საერთო თავისებურებებისა, ზღვის ზედაპირული ცირკულაციის სტრუქტურა მნიშვნელოვნად განსხვავებულია სხვადასხვა წლებში. ასე მაგალითად, 2010-2011 და 2011-2012 წლებში ცივი სეზონის დამახასიათებელი ცირკულაციური რეჟიმის თავისებურებები შეიმჩნეოდა ჯერ კიდევ ოქტომბერში, როდესაც თბილი სეზონისათვის დამახასიათებელი ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალი თანდათან გაქრა და დაიწყო შედარებით მცირე გრიგალური სტრუქრურების ჩამოყალიბების პროცესი. 2012-2013 და 2013-2014 წწ.-ის ცივი პერიოდისათვის დაიკვირვებოდა ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალის მოგვიანებითი დისიპაცია, რის შედეგადაც 2012 და 2013 წწ. –ის ნოემბერში ფორმირებული დინების ველების სტრუქტურა ჯერ კიდევ ატარებდა თბილი სეზონისათვის დამახასიათებელ ცირკულაციურ თავისებურებებს. აღნიშნულ დროით ინტერვალში კვლავ დომინირებდა ანტიციკლონური გრიგალი, რომლის ცენტრმაც გადაინაცვლა ჩრდილო-დასავლეთით, ხოლო დიამეტრი გარკვეულწილად შემცირდა.



ნახ. 2. გამოთვლილი დინების ველი 2013 წლის 8 დეკემბერს 0 (ა), 20 (ბ) და 50 მ (გ) ჰორიზონტებზე.

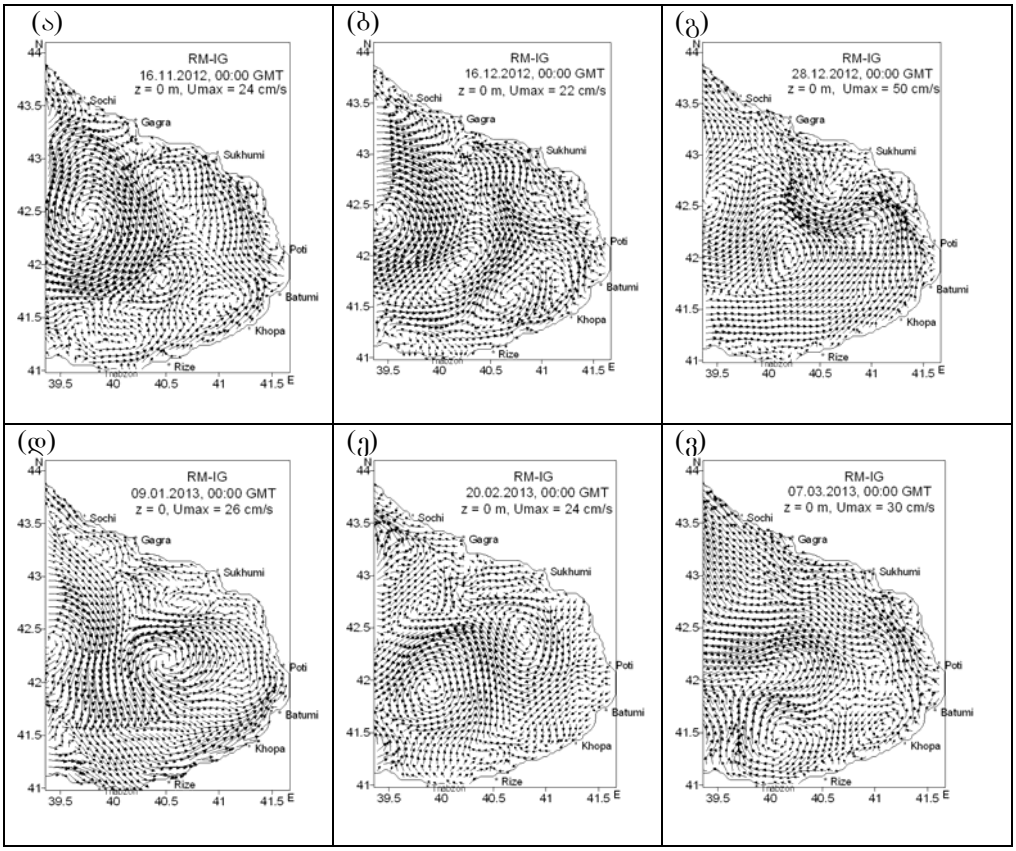
ჩვენს მიერ მიღებული და გაანალიზებული ცირკულაციური სურათები კარგად ასახავს აღნიშნულ წლებში შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მის მიმდებარე აკვატორიაში განვითარებული დინამიკური პროცესების ევოლუციას, მაგრამ სტატიის მოცულობის შეზღუდულობის გამო, ტექსტი ილუსტრირებულია შეზღუდული რაოდენობის სურათებით, რომლებიც გარკვეულ წარმოდგენას მაინც გვიქმნის ზღვის აღნიშნულ რეგიონში განვითარებულ დინამიკურ პროცესებზე.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია 2013-2014 წწ.-ის ცივი სეზონის შესაბამისი ზედაპირული ცირკულაციის ველები. ნახ. 1-ზე კარგად დაიკვირვება ანტიციკლონური გრიგალი, რომლის დიამეტრი დაახლოებით 60-70 კმ-ია და სიჩქარეები 45 სმ/წმ-მდე იზრდება მის აღმოსავლეთ და სამხრეთ პერიფერიულ დინებებში. როგორც ჩანს, აღნიშნული გრიგალი წარმოადგენს 2013 წლის თბილ სეზონში განვითარებული უფრო ინტენსიური ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალის [იხ., 9-12] ტრანსფორმაციის შედეგად მიღებულ გრიგალურ წარმონაქმნს, რომელიც მილევის სტადიაში იმყოფება. მართლაც ეს გრიგალი ზომებში თანდათან მცირდება (ნახ. 1ბ), ხოლო დეკემბრის მეორე ნახევარში და შემდგომ პრაქტიკულად აღარ დომინირებს (ნახ.1გ-1ვ). 2013 წლის დეკემბრის შუა რიცხვებიდან განხილული არის აღმოსავლეთ ნაწილში ჩაისახა ციკლონური გრიგალი, რომელიც მდგრად სტრუქტურად ჩამოყალიბდა და არსებობდა მთელი დეკემბრის განმავლობაში. აღნიშნულმა გრიგალმა განაგრძო არსებობა იანვრის პირველ ნახევარშიც და მის სამხრეთ-დასავლეთით ფორმირებულ ანტიციკლონური სახის გრიგალთან შეადგინა დიპოლური სტრუქტურა (ნახ. 1დ, 1ე) უნდა აღინიშნოს, რომ 2013 წლის ნოემბრის განმავლობაში ცირკულაციური სურათი მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა და იგი მსგავსი იყო ნახ. 1ა -ზე წარმოდგენილი სტრუქტურისა გარკვეული მოდიფიკაციებით. როგორც ნახ.1-დან ჩანს, 2013-2014 წწ.-ის ზამთრის შესაბამისი ცირკულაციური რეჟიმი საქართველოსა და მის მიმდებარე აკვატორიაში ხასიათდებოდა მკვეთრად გამოხატული გრიგალური მოძრაობებითა და გრიგალებს შორის ფორმირებული ჭავლური ხასიათის დინებებით.

მოდელირებული ცირკულაციური ველების ანალიზმა, ისევე როგორც ადრე ჩვენს მიერ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა [13] აჩვენა, რომ ძლიერი ქარები გამაგლუვებელ გავლენას ახდენენ ზედაპირულ ცირკულაციაზე, რაც გამოიხატება სხვადასხვა მასშტაბის ციკლონური და ანტიციკლონური გრიგალური წარმონაქმნების გაქრობაში. ამ თვალსაზრისით მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს ნახ. 2-ზე ნაჩვენები რეგიონული ცირკულაციური სურათი ზღვის ზედა ფენაში 2013 წლის 8 დეკემბერს, როდესაც ადგილი ქონდა ძლიერ ქარებს შავი ზღვის საქართველოს სექტორისა და მისი მიმდებარე აკვატორიის ზემოთ. ქარის ენერგეტიკულმა ზემოქმედებამ გამოიწვია გრიგალური მოძრაობების ჩახშობა ზღვის ზედაპირზე და ზემო 5-10 მ სისქის ფენაში, მაგრამ ამ ფენის

ქვემოთ ქარის გავლენა პრაქტიკულად არ შეიმჩნეოდა. ნახ. 2ბ და 2გ-ზე კარგად ჩანს ზღვის ცირკულაციის მკვეთრად გამოხატული გრიგალური ხასიათი 20 და 50 მ სიღრმეებზე, მაშინ როდესაც ზღვის ზედაპირული დინება სრულიად გაგლუვებულია და პრაქტიკულად მთელ არეში მიმართულია სამხრეთ-აღმოსავლეთით (ნახ. 2ა).

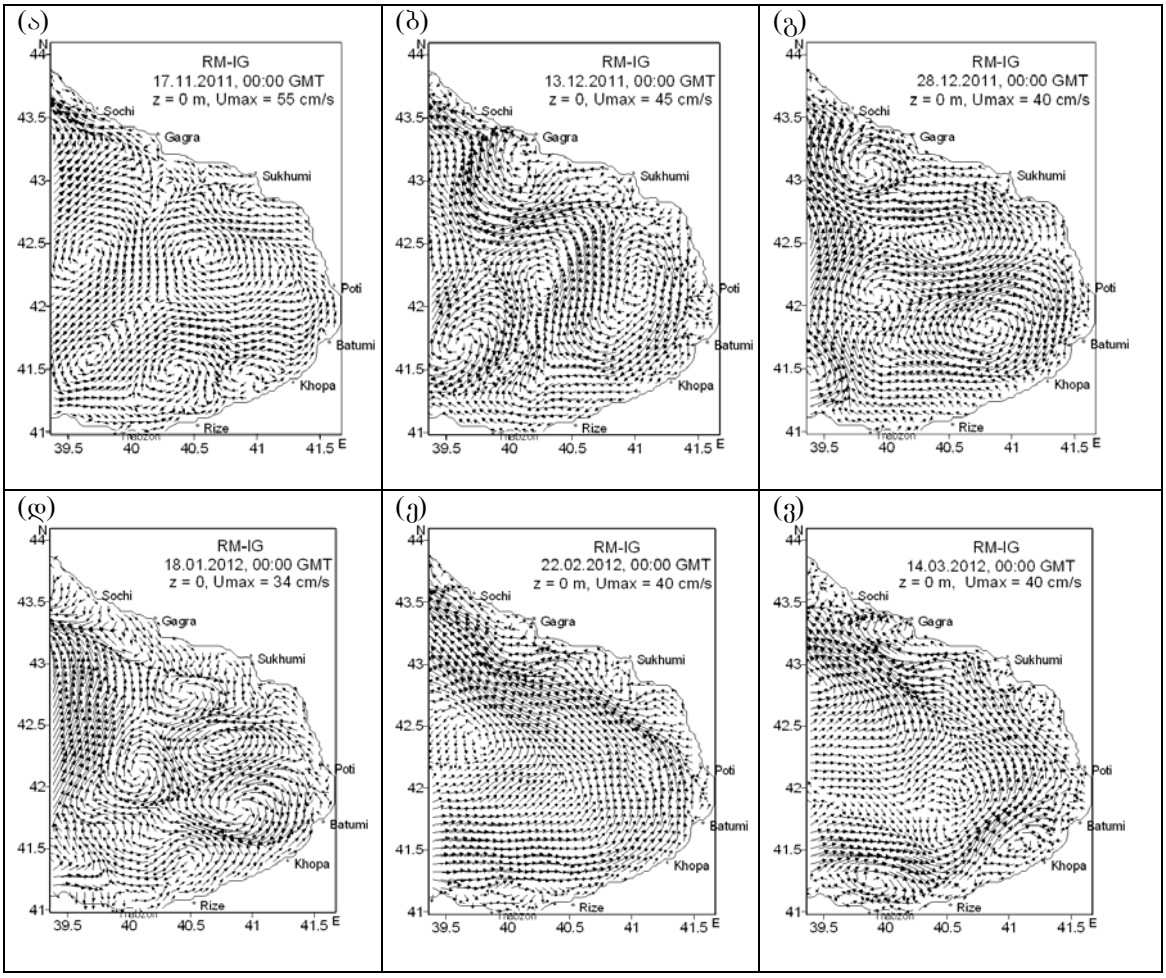
2012-2013 წწ.-ის ცივ სეზონში განვითარებული რეგიონული ცირკულაციური პროცესების ილუსტრირებას ახდენს ნახ. 3. მსგავსად 2013 წლის ნოემბრის ცირკულაციისა (ნახ. 1), 2012 წლის ნოემბერში დომინირებდა ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც წარმადგენდა თბილი სეზონის დამახასითებელი ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალის ტრანსფორმაციის შედეგს. ნახ. 1 და ნახ. 3-ის შედარება კარგად წარმოაჩენს 2013-1014 და 2012-2013 წწ.-ის ზამთრის ცირკულაციური პროცესების განმასხვავებელ თავისებურებებს. მაშინ როდესაც 2013-2014 წწ.-ის ზამთრის პერიოდის ცირკულაციურ სტრუქტურებში პრაქტიკულად არ არის გამოკვეთილი დომინირებული მიმართულება და ზედაპირული ცირკულაციას მკვეთრად გამოხატული გრიგალური სტრუქტურა აქვს, 2012-2013 წწ-ის ზამთრის ცირკულაციაში დომინირებს დინების ციკლონური ხასიათი. ასე მაგალითად, ნახ. 3გ, 3დ და 3ე-ზე გამოსახულ ცირკულაციურ სურათებზე კარგად დაიკვირვება ციკლონური ხასიათის გრიგალი, რომელიც გარეშე ფაქტორების – ატმოსფერული ქარისა და თერმოხალინური ზემოქმედების არასტაციონარულობის პირობებში, ასევე სხვა გრიგალურ წარმონაქმნებთან ურთიერთქმედების შედეგად გარკვეულ ევოლუციას განიცდის. ამ სურათებზე კარგად ჩანს სხვა, შედარებით მცირე ზომის ციკლონური და ანტიციკლონური გრიგალების ჩასახვისა და ევოლუციის პროცესებიც.



ნახ. 3. გამოთვლილი ზედაპირული დინების ველები 2012-2013 წწ. ცივ სეზონში. (ა) – 16 ნოემბერი 2012; (ბ) – 16 დეკემბერი 2012; (გ) – 28 დეკემბერი 2012; (დ) – 9 იანვარი 2013; (ე) – 20 თებერვალი 2013; (ვ) – 7 მარტი 2013.

ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია 2011-2012 წწ.-ის ნოემბერი-მარტის შესაბამისი ზედაპირული რეგიონული დინების ველები. განსხვავებით 2013 და 2012 წწ.-ის ნოემბრის ცირკულაციისა, 2011 წლის ნოემბრის ცირკულაცია განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილში მკვეთრად განსხვავდებოდა თბილი სეზონის დამახასიათებელი ცირკულაციისაგან, რომლის მთავარ ელემენტს ხშირ შემთხვევაში ანტიციკლონური გრიგალი წარმოადგენს. როგორც ნახ. 4-დან

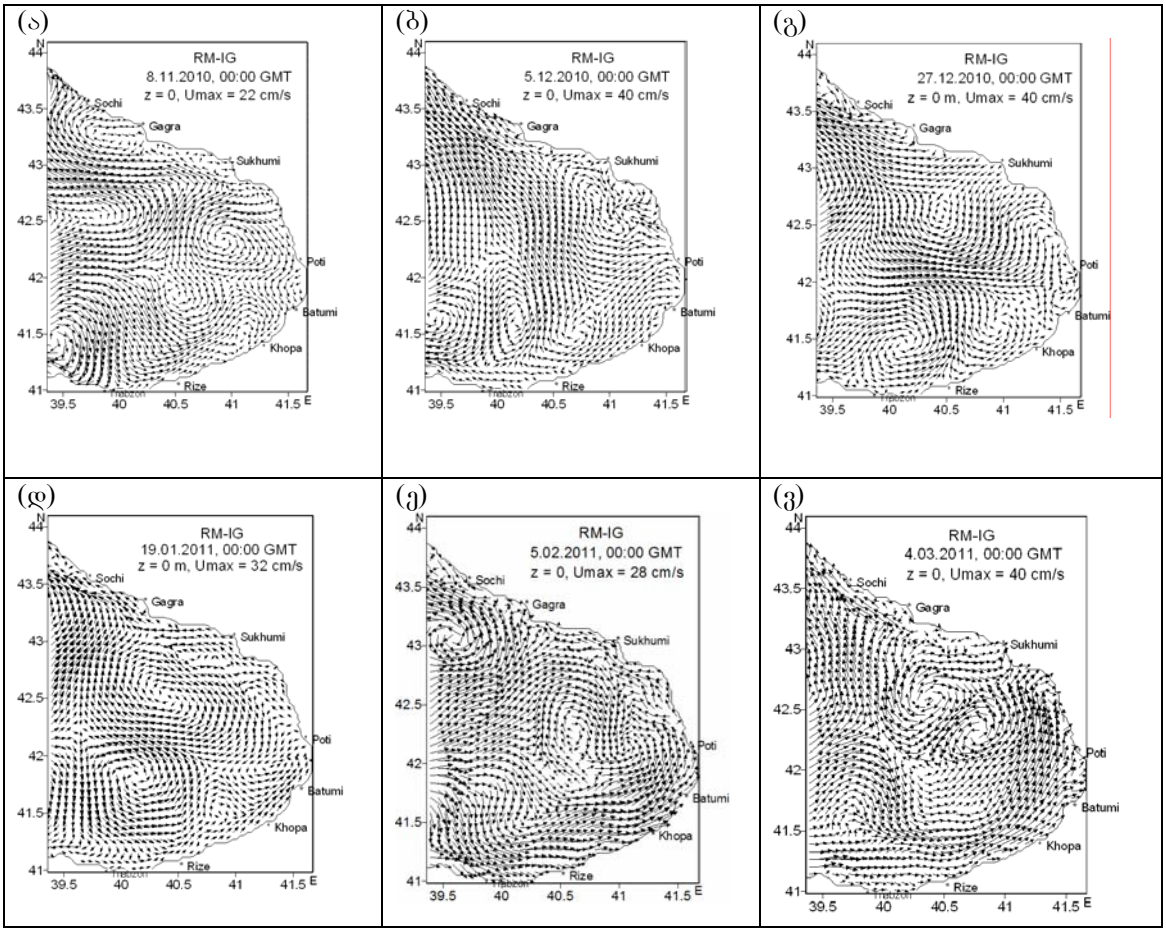
ჩანს, 2011 წლის დეკემბრისა და 2012 წლის იანვრის ცირკულაციური სტრუქტურა გრიგალურ ხასიათს ატარებდა მკვეთრად გამოხატული გრიგალური წარმონაქმნებით, რომელთა გაქრობა ხდებოდა თებერვალსა და ნაწილობრივ მარტში (ნახ. 4ე და 4ვ), შავი ზღვის ამ რეგიონის ზემოთ განვითარებული შედარებით ძლიერი ატმოსფერული ქარების ზემოქმედებით.



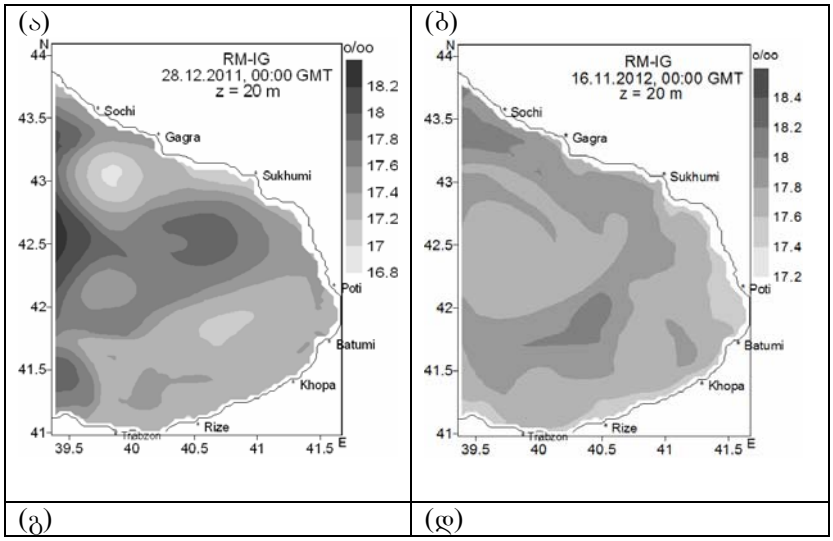
ნახ. 4. გამოთვლილი ზედაპირული დინების ველები 2011-2012 წწ. ცივ სეზონში. (ა) – 17 ნოემბერი 2011; (ბ) – 13 დეკემბერი 2011; (გ) – 28 დეკემბერი 2011; (დ) – 18 იანვარი 2012; (ე) – 22 თებერვალი 2012; (ვ) – 14 მარტი 2012.

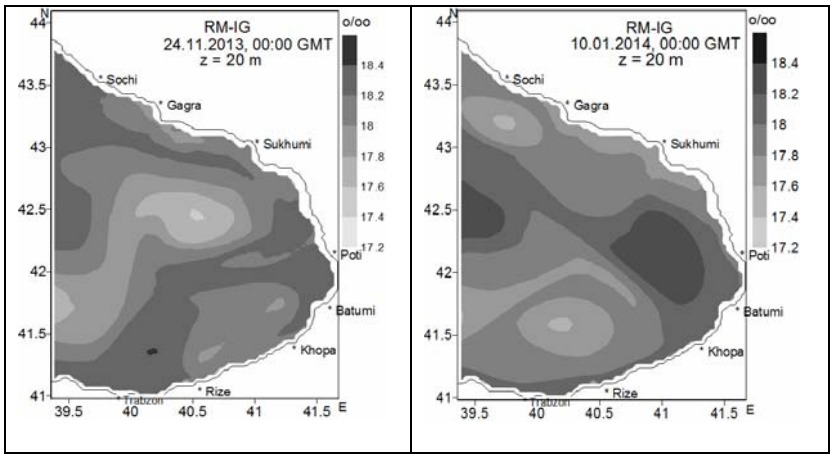
2010-2011 წწ.-ის ცივ სეზონში ფორმირებული ზედაპირული დინებები (ნახ. 5) ხასიათდებოდა სხვადასხვა სახის გრიგალური წარმონაქმნებით, რომლებიც უწყვეტ ევოლუციას განიცდიდნენ. აღსანიშნავია 2011 წლის 19 იანვარს განვითარებული ცირკულაციური სურათი (ნახ. 5დ), სადაც დომინირებს დიპოლური სახის გრიგალური სტრუქტურა, რომელიც მოიცავს ციკლონურ და ანტიციკლონურ გრიგალებს დაახლოებით 80-100 კმ დიამეტრით. შედარებით მცირე სივრცითი განფენილობის სტრუქტურა დაიკვირვებოდა ასევე 2011 წლის 4 მარტს განსახილველი არის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში (ნახ. 5გ). აღსანიშნავია, რომ ასეთი სახის გრიგალური დიპოლების ჩამოყალიბება ხშირია სხვა წლებშიც, ასე მაგალითად, 2013 წლის დეკემბერსა და 2014 წლის ინვარში.

როგორც გამოთვლილი ველების ანალიზი მოწმობს, მარტის მეორე ნახევარში ჩვენს მიერ განხილული აკვატორიის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში ფორმირებას იწყებს ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც ხშირ შემთხვევაში წარმოადგენს ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალის ჩანასახს, დროთა განმავლობაში იგი იმატებს ზომებში და უფრო ინტენსიური ხდება.



ნახ. 5. გამოთვლილი ზედაპირული დინების ველები 2010-2011 წწ. ცივ სეზონში. (ა) – 8 ნოემბერი 2010; (ბ) – 5 დეკემბერი 2010; (გ) – 27 დეკემბერი 2010; (დ) – 19 იანვარი 2011; (ე) – 5 თებერვალი 2011; (ვ) – 4 მარტი 2011.





ნახ. 6. გამოთვლილი მარილიანობის ველები z = 20 მ ჰორიზონტზე: (ა) – 28 დეკემბერი 2011; (ბ) – 16 ნოემბერი 2012; (გ) – 24 ნოემბერი 2013; (დ) – 10 იანვარი 2014.

მარილიანობის ველის განაწილების თავისებურებებს ჰორიზონტებზე მნიშვნელოვანწილად განაპირობებს ცირკულაციური ველის სტრუქტურა განსახილველ აკვატორიაში. გამოთვლილი პროგნოზული ველების ანალიზი ადასტურებს კარგად ცნობილ ფაქტს, რომ მარილიანობის ველი კარგ კორელაციაშია ცირკულაციის ველთან [15, 18]. თუ შევადარებთ ნახ. 6-ზე გამოსახულ მარილიანობის ველის სურათებს და დროის იმავე მომენტების შესაბამის ცირკულაციის სურათებს ერთმანეთთან (ნახ. 4გ, 3ა, 1ა, 1ე), ადვილად შევნიშნავთ, რომ ციკლონური გრიგალები მათ ცენტრალურ ნაწილებში განაპირობებენ შედარებით მაღალი მარილიანობის მქონე წყლის არეებს, ხოლო ანტიციკლონური გრიგალების ცენტრალურ არეებს შეესაბამება შედარებით დაბალი მარილიანობის წყლები. ამ ფაქტის ახსნა იოლია, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ციკლონური გრიგალის ცენტრში ფორმირებული აღმავალი დინებები განაპირობებენ უფრო მარილიანი წყლების ამოსვლას ზღვის ღრმა ფენებიდან, ხოლო ანტიციკლონური გრიგალის ცენტრებში არსებული დაღმავალი დინებები ხელს უწყობენ შედარებით დაბალი მარილიანობის მქონე წყლის მასების გავრცელებას ზღვის ზედა ფენებიდან ქვედა ფენებში.

ტემპერატურის ველი მნიშვნელოვან სეზონურ ცვლილებებს განიცდის და მის ფორმირებაზე ზღვის ზედა ფენაში არსებით გავლენას ახდენს თბოგაცვლის პროცესები ზღვასა და ატმოსფეროს შორის. ამიტომ, მარილიანობის ველთან შედარებით, ტემპერატურის ველი ნაკლებ კორელაციაშია დინების ველთან.

3. დასკვნა

შავი ზღვის საქართველოს სექტორისა და მისი მიმდებარე აკვატორიის მდგომარეობის რეგიონული პროგნოზის სისტემის საფუძველზე 2010-2014 წწ. გამოთვლილი პროგნოზული ჰიდროფიზიკური ველების ანალიზმა საშუალება მოგვცა უფრო სრულყოფილი გაგვეხადა ჩვენი ცოდნა აღნიშნულ რეგიონში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური პროცესების შესახებ. ჩვენმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ წლის ცივ პერიოდში განვითარებული ცირკულაციური პროცესებისათვის დამახასიათებელია მკვეთრად გამოხატული სხვადასხვა მასშტაბის მქონე ციკლონური და ანტიციკლონური ხასიათის გრიგალური სტრუქტურების არსებობა და ჭავლური დინებების ფორმირება ამ სტრუქტურებს შორის მდებარე არეებში. ატმოსფერული ზემოქმედების არასტაციონარული ხასიათი და გრიგალურ ფორმირებებს შორის ურთიერთქმედება განაპირობებს ცირკულაციური რეჟიმის მუდმივ ცვალებადობას. ძლიერი ატმოსფერული ქარები დროებით შლიან გრიგალურ წარმონაქმნებს ზღვის ზედაპირზე და მასთან მიმდებარე ფენაში, ხოლო 20 მ სიღრმეზე და ქვემოთ ძლიერი ქარის ზემოქმედება ცირკულაციურ

პროცესებზე პრაქტიკულად აღარ დაიკვირვება. მარილიანობის ველი მნიშვნელოვან კორელაციაშია დინების ველთან და დინების ველის ევოლუცია აისახება მარილიანობის ველის განაწილებაშიც. მარილიანობის ველში დაკვირვებული მაღალი და დაბალი მარილიანობის არეები კარგად ემთხვევა ციკლონური და ანტიციკლონური გრიგალების ცენტრების მდებარეობებს, რაც ადვილად აიხსნება გრიგალურ სტრუქტურებში ვერტიკალური დენების თავისებურებებით.

სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის ფარგლებში (გრანტის ნომერი: AR/373/9-120/12).

ლიტერატურა

1. Kordzadze A., Demetrashvili D. Forecast of circulation processes in the Georgian Black Sea coastal zone by the high-resolution regional model of the Black Sea dynamics. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული. თბილისი, 2010, №65, გვ. 140-146.
2. Kordzadze A., Demetrashvili D. Some results of forecast of hydrodynamic processes in the Easternmost part of the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc., 2010. V.14b. pp. 37-52.
3. Kordzadze A. A, Demetrashvili D. I. Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP. Ocean Science. 2011, 7, pp. 793- 803, www.ocean-sci.net/7/793/2011/, doi: 10.5194/os-7-793-2011.
4. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И. Региональная оперативная система прогноза состояния восточной части Чёрного моря. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа. Севастополь/Украина. 2011. вып.25. Т.2, с.136-147.
5. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I. Forecast of the Black Sea state in the Georgian coastal Zone. Proceed. of the Intern. Conference **"**Environment and Global Warning**"** devoted 100- years of acad. T. Davitaia , Tbilisi, 15-17 September 2011.
6. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I. Coastal forecasting system for the easternmost part of the Black Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2012, 12, pp.471-477, doi:10.4194/1303-2712- v12_2_38. www.trjfas.org.
7. Korotaev G. K., Oguz T., Dorofeev V. L., Demyshev S. G., Kubryakov A. I., Ratner Yu. B. Development of Black Sea nowcasting and forecasting system. Ocean Science. 2011. 7, P. 629-649, doi: 10.5194/os-7-629-2011.
8. Kubryakov A. I., Korotaev G. K., Dorofeev V. L., Ratner Yu. B., Palazov A., Valchev N., Malciu V., Matescu R., Oguz T. Black Sea Coastal forecasting system. Ocean Science. 2012. 8. P. 183-196. doi: 10.5194/os-8-183-2012.
9. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I. Circulation processes in the easternmost part of the Black Sea in 2011-2012. Results of simulation and forecast. J. Georgian Geophys. Soc., 2011-2012, v.15b, pp. 3-13.
10. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И. Краткосрочный прогноз гидрофизических полей в восточной части Черного моря. Известия РАН, Физика атмосферы и океана, 2013, т.49, № 6, с.733-745.
11. Кордзадзе А. А, Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А., Кухалашвили В. Г. Некоторые особенности динамического режима восточной части Черного моря по результатам моделирования и прогноза гидрофизических полей за 2010-2013 гг. Труды Института геофизики им. М. Нодиа. 2013, т.LXIV.
12. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I., Surmava A. A. Dynamical processes developed in the easternmost part of the Black Sea in warm period for 2010-2013. J. Georgian Geophys. Soc., 2013, v.16b.
13. Кордзадзе А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. Численное моделирование гидрофизических полей Чёрного моря в условиях чередования атмосферных циркуляционных процессов. Изв. РАН, Физика атмосферы и океана 2008, т.44, N 2, с.227-238.
14. Марчук Г. И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Ленинград, гидрометеоиздат, 1974. 303 с.
15. Кордзадзе А. А. Математическое моделирование динамики морских течений (теория, алгоритмы, численные эксперименты). – Москва, ОВМ АН СССР. 1989. 128 с.

16. Коротаев Г. К., Еремеев В. Н. Введение в оперативную океанографию Черного моря. Севастополь, НПЦ "ЭКОСИ-ГИДРОФИЗИКА", 382 с.
17. Brozkova R., Derkova M., Bellus M., and Farda A. Atmospheric forcing by ALADIN/MFSTEP and MFSTEP oriented tunings. Ocean Science, 2006. pp.113-121, www.ocean-sci.net/2/113/2006.
18. Станев Е., Трухчев Д., Русенов В. Циркуляция вод и численное моделирование течений Черного моря. Университетско издателство "Климент охридски", София, 1988, 220 с.

Dynamical processes developed in the eastern part of the Black Sea in the cold season for 2010-2014

Avtandil A. Kordzadze, Demuri I. Demetrashvili, Aleksandre A. Surmava

In the paper the prognostic hydrophysical fields corresponding to the cold season for 2010-2014, which are calculated for the easternmost part of the Black Sea on the basis of the regional forecasting system of the Black Sea state, are analyzed. The analysis of the received results shows that the character of the regional circulation processes for cold season substantially differs from circulation characteristic for the warm period. The Batumi anticyclonic eddy typical for the warm period to a lesser degree or practically is not observed in the cold period and nonstationary processes of generation, evolution and dissipation of cyclonic and anticyclonic eddies of different sizes permanently take place.

Key words: regional model, equation system, circulation, temperature field, forecasting system

შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში განვითარებული დინამიკური პროცესები 2010-2014 წწ. ცივ სეზონში

ავთანდილ კორძაძე, დემური დემეტრაშვილი, ალექსანდრე სურმავა

რეზიუმე

სტატიაში გაანალიზებულია 2010-2014 წწ. ცივი პერიოდის (ნოემბერი-მარტი) შესაბამისი პროგნოზული ჰიდროფიზიკური ველები, რომლებიც გამოთვლილია შავი ზღვის მდგომარეობის პროგნოზის რეგიონული სისტემის საფუძველზე ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილისათვის. მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რეგიონული ცირკულაციური პროცესების ხასიათი წლის ცივ პერიოდებში მნიშვნელოვანწილად განსხვავდება თბილი პერიოდის დამახასიათებელი ცირკულაციისაგან. თბილი პერიოდისათვის დამახასიათებელი ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალი ცივ პერიოდში ნაკლებად ან პრაქტიკულად აღარ დაიკვირვება და უწყვეტად ადგილი აქვს სხვადასხვა მასშტაბის ციკლონური და ანტიციკლონური გრიგალების გენერაციის, ევოლუციისა და დისიპაციის არასტაციონარულ პროცესებს.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორში მიმდინარე და მომავალი სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის შესახებ

ავთანდილ კორძაძე
ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, ალექსიძის ქ. 1, 0160 თბილისი, akordzadze@yahoo.com

ა ნ ო ტ ა ც ი ა

სტატიაში მოკლედ მიმოიხილება მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორში წარმოებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები, რომლებიც დაკავშირებულია, ძირითადად, შავ ზღვასა და ატმოსფეროში მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური პროცესების შესწავლასთან მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენებით. სექტორის მნიშვნელოვან სამეცნიერო მიღწევას წარმოადგენს შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის რეგიონული სისტემის შემუშავება, რომელიც ერთ-ერთი ნაწილია მთლიანად შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემისა. სექტორის შემდგომი სამეცნიერო საქმიანობა უახლოეს წლებში დაკავშირებული იქნება რეგიონული პროგნოზის სისტემის სრულყოფასთან და გაფართოებასთან ეკოლოგიური ხასიათის ამოცანების ჩართვით. ასევე, სექტორის სამეცნიერო საქმიანობაში მნიშვნელოვან ადგილს დაიკავებს შავი და კასპიის ზღვებისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელების გაერთიანების გზით კავკასიის ბუნებრივი გარემოს ერთიანი ჰიდროდინამიკური მოდელის შემუშავება, რომელიც საფუძვლად დაედება კავკასიის ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემის შექმნას.

მეცნიერებისა და ტექნიკის პროგრესმა, მრავალ სიკეთესთან ერთად, სერიოზული პრობლემები წარმოშვა, რომლებიც დაკავშირებულია ბიოსფეროს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებასა და ცივილიზაციის მდგრად განვითარებასთან. უკანასკნელ ათწლეულებში ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გააქტიურებისა და მასთან დაკავშირებული ანთროპოგენური ზემოქმედების გამო, ბუნებრივი გარემო მნიშვნელოვან ცვლილებებს განიცდის. ადამიანი ყოველთვის ახდენდა ზემოქმედებას გარემოზე, მაგრამ სანამ ამ ზემოქმედების მასშტაბები მცირე იყო, ბუნება ყოველთვის ასწრებდა რეგენერირებას. XX საუკუნის შუა წლებიდან ანთროპოგენური ზემოქმედების ინტენსიურობა იმდენად გაიზარდა, რომ მან დედამიწის ზოგიერთ რეგიონში საუკუნეების განმავლობაში ჩამოყალიბებული ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევა გამოიწვია. ამასთან დაკავშირებით დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა სფეროში მოღვაწე სპეციალისტების წინაშე წამოიჭრა ახალი ამოცანები, რომლებიც დაკავშირებულია გარემოს წონასწორობის შენარჩუნებასა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ ათვისებასთან.

ეჭვგარეშეა, რომ ნებისმიერი მოუფიქრებელი ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად გარემოს აუნაზღაურებელი ზიანი შეიძლება მივაყენოთ. ამიტომ, ყოველგვარი ღონისძიების ჩატარებამდე მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენს მისი მეცნიერული დასაბუთება. სწორედ, ასეთი მიდგომა მოგვცემს საშუალებას შორეულ მომავალშიც კი შევინარჩუნოთ ბუნებრივად ურთიერთშეთანხმებული სისტემების მდგრადობა.

XXI საუკუნის დამდეგს გარემოს დაცვა, მისი ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენა და შენარჩუნება, გლობალური და რეგიონული კლიმატის ანთროპოგენური ცვლილების პროგნოზირება, ბუნებრივი რესურსების ეკოლოგიურად უსაფრთხო ათვისება

საზოგადოების მდგრადი განვითარების აუცილებელი პირობა გახდა. ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად ათვისება და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ოპტიმალურად წარმართვა კი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობისა და მისი შესაძლო ცვლილებების შესახებ ოპერატიული ინფორმაციის მიღებაზე. ასეთი ინფორმაციის მიღება შესაძლებელია ბუნებრივი გარემოს დიაგნოზისა და პროგნოზის ოპერატიული სისტემის შექმნის გზით, რაც საშუალებას იძლევა ოპერატიულ რეჟიმში უწყვეტად თვალი ვადევნოთ იმ ძირითადი ფიზიკურ პარამეტრების (დინებების, ტემპერატურის, ღრუბლიანობის, ზღვის მარილიანობის და სხვ.) სივრცით-დროით განაწილებას, რომლებიც აღწერენ ზღვისა და ატმოსფეროს მიმდინარე და მომავალ მდგომარეობებს.

საქართველო შავიზღვისპირა ქვეყანაა და ამიტომ დიდია შავი ზღვის გავლენა საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკურ მდგომარეობაზე. გარდა იმისა, რომ შავი ზღვა მინერალური და ბიოლოგიური რესურსების უმდიდრესი წყაროა, მას არსებითი რეკრეაციული და სატრანსპორტო მნიშვნელობა გააჩნია ჩვენი ქვეყნისათვის. თანამედროვე პირობებში, როცა განუწყვეტლივ იზრდება სატრანსპორტო გადაზიდვები, ყოველწლიურად მატულობს ტურისტთა ნაკადი, იგეგმება ახალი მშენებლობები სანაპირო ზონაში და სხვ., შესაბამისად იზრდება ზღვის სანაპირო დაბინძურებისა და საგანგებო სიტუაციების წარმოშობის საფრთხე, რამაც გამოუსწორებელი ზარალი შეიძლება მიაყენოს ზღვის ეკოსისტემას. ასევე, ძალზედ მნიშვნელოვანია საქართველოს სანაპიროს დაცვა გადარეცხვისა და ეროზიული პროცესებისაგან, რომლებსაც შეუძლიათ ასევე მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენონ სანაპირო ზონას.

ზღვის ნავიგაციისა და საპორტო ოპერაციების ეფექტურად წარმოებისათვის მნიშვნელოვანია დროული ინფორმაციის მიღება ზღვის ღელვიანობისა და ზღვის დონის ცვალებადობის შესახებ. ისევე როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ბუნებრივია, რომ არსებულ ვითარებაში აუცილებელია ქვეყანას გააჩნდეს შავი ზღვის მდგომარეობის საიმედო ავტომატიზირებული კონტროლის სისტემა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ ოპერატიულად ზღვის მიმდინარე და მომავალი მდგომარეობების ამსახველი ინფორმაცია. აღნიშნული პრობლემების გადაჭრა მხოლოდ ექსპერიმენტული გზით შეუძლებელია და მოითხოვს მათემატიკური მოდელირების მეთოდების ფართო გამოყენებას.

ამჟამად, შავი ზღვის მდგომარეობა საგანგაშოა და მისი გაჭუჭყიანების დონე მრავალ ექსპერტთა შეფასებით თანდათან იზრდება [1-4]. ძირითად დამაჭუჭყიანებელ წყაროებს წარმოადგენენ ატმოსფეროდან ზღვის ზედაპირზე დალექილი მინარევები, ჩამდინარე წყლები, სანაპირო ზონაში განლაგებული საწარმო და სახალხო-სამეურნეო ობიექტები და სხვ. ევროპის საპარლამენტო ასამბლეის მიერ მომზადებულ ერთ-ერთ დოკუმენტში, რომელშიც რაოდენობრივადაა შეფასებული შავ ზღვაში ჩამდინარე დიდი მდინარეების წილი ზღვის დაჭუჭყიანებაში, აღნიშნულია, მაგალითად, რომ მდ. დუნაის ყოველწლიურად შავ ზღვაში ჩააქვს 280 ტ კადმიუმი, 900 ტ სპილენძი, 6000 ტ ცინკი, 50000 ტ ნავთობი და სხვ [3]. შავი ზღვა ნახევრად ჩაკეტილი ბუნებრივი წყალსატევია, რომელიც მხოლოდ ბოსფორის ვიწრო სრუტით უკავშირდება მსოფლიო ოკეანეს. ამიტომ იგი ძლიერ მგრძნობიარეა გარე ანთროპოგენური დატვირთვების მიმართ. გარდა ამისა, შავი ზღვა (ისევე როგორც ზოგიერთი სხვა ზღვა) ზოგჯერ გამოიყენებოდა ძლიერ ტოქსიკურ ნივთიერებათა შემცველი ჭურვების სამარხებად (1998 წლის 22 დეკემბრის გაზეთი "იზვესტია", რუსეთი). ასეთი სამარხები, რომლებიც ზღვის სიღრმეშია მოთავსებული, "შენელებული მოქმედების ბომბებს წარმოადგენენ". დროთა განმავლობაში კოროზიის შედეგად კორპუსის ჰერმეტულობის დარღვევის გამო, ისინი შეიძლება გახდნენ მიზეზი მნიშვნელოვანი კატასტროფისა – ზღვის აკვატორიის დიდი ნაწილის მოწამვლისა, რაც უდავოდ უარყოფით გავლენას მოახდენს ზღვის ცოცხალ ორგანიზმებზე.

დამაჭუჭყიანებელ მინარევებს შორის საგრძნობლად მნიშვნელოვანია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წილი. განსაკუთრებით დიდი საშიშროების წინაშე დგას ზღვის სანაპირო ზონა, სადაც ანთროპოგენური დატვირთვა საგრძნობლად მაღალია. ცხადია, ზემოთქმული ეხება საქართველოს სანაპირო ზონასაც, სადაც ბოლო წლებში ნავთობის ჩაღვრები დომინანტური გახდა, რადგანაც მნიშვნელოვნად გაიზარდა საზღვაო გადაზიდვები. ეს კი სერიოზულ საფრთხეს უქმნის შავი ზღვის საქართველოს სექტორს, რომლის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას დიდი სოციალურ-ეკონომიკური მნიშვნელობა გააჩნია ჩვენი ქვეყნისათვის. ასევე არსებობს ისეთი ავარიული სიტუაციების წარმოშობის

საფრთხე, როდესაც შესაძლებელია სანაპირო წყლების მნიშვნელოვანი დაჭუჭყიანება სხვა ტოქსიკური და რადიოაქტიური ნივთიერებებით. ასეთ საგანგებო სიტუაციებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ზღვის მდგომარეობის კონტროლის სისტემას, რათა შესაძლებელი გახდეს მინიმუმამდე შემცირდეს ავარიებით გამოწვეული ნეგატიური შედეგები [5]. შავ ზღვაში ავარიული ჩაღვრების გავრცელების მონიტორინგისა და პროგნოზის ოპერატიული სისტემის შექმნა და მისი ფუნქციონირება მეტად აქტუალური ამოცანაა, რომლის გადაწყვეტამ უნდა უზრუნველყოს ქვეყნის მოსახლეობა და სათანადო ორგანოები ოპერატიული ინფორმაციით დაჭუჭყიანებული წყლის ზონების გავრცელებისა და კონცენტრაციების შესახებ.

ასევე მნიშვნელოვან მეცნიერულ და პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს შავ ზღვასთან დაკავშირებული რიგი საკითხები, რომლებიც საჭიროებენ მეცნიერულ შესწავლას. მაგალითად, საგანგაშო მდგომარეობას ქმნის ჟანგბადის (O_2) და გოგირდწყალბადის (H_2O) შემცველობის ცვლილებები შავ ზღვაში. შავი ზღვის აკვატორიის მზარდი დაჭუჭყიანება გოგირდწყალბადით, ამ უკანასკნელის მაღალი ტოქსიკურობის გამო რეგიონისათვის სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს. პრობლემა მწვავდება იმითაც, რომ შავი ზღვა ჩაკეტილი წყალსატევია. მნიშვნელოვან პრობლემებს ქმნის ეროზიული პროცესებისაგან შავი ზღვის სანაპირო ზონის დაცვა, რაც ძირითადად პლაჟწარმომქმნელი მასალის განუსაზღვრელი რაოდენობით ამოღებისა და მდინარეების დაუსაბუთებელი რეგულირების გამო ხდება [6]. აქ მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ სასარგებლო იქნება სანაპირო ზონის დინამიკის მოდელის საფუძველზე შემუშავდეს რეკომენდაციები საინჟინრო და ნაპირდაცვითი სამუშაოების ჩასატარებლად.

აღნიშნულ პრობლემათა გადაჭრის მიზნით 1989 წელს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტში დაარსდა ზღვის დინამიკის განყოფილება (ამჟამად, ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორი). სამწუხაროდ, განყოფილების დაარსება და ფუნქციონირება დაემთხვა უდიდესი კატაკლიზმების პერიოდს, რამაც არსებითი ნეგატიური გავლენა იქონია ჩვენი ქვეყნის სოციალურ და ეკონომიკურ მდგომარეობაზე. ასეთ ვითარებაში ძალზედ რთული აღმოჩნდა მეცნიერული საქმიანობა ჩვენს ქვეყანაში, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ განყოფილების კოლექტივმა გაუძლო ამ გამოცდას. დღეისათვის, ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორში მიღწეულია მნიშვნელოვანი მეცნიერული შედეგები და სექტორის თანამშრომელთა სამეცნიერო პუბლიკაციებს კარგად იცნობენ ჩვენი ქვეყნის ფარგლებს გარეთაც. სექტორის თანამშრომლები სისტემატურად მონაწილეობენ ჩვენს ქვეყანასა და უცხოეთში გამართულ საერთაშორისო კონფერენციებსა და სხვადასხვა სამეცნიერო ფორუმებში. სექტორის ფუნქციონირების პერიოდში შესრულებულია და სრულდება მრავალი ეროვნული და საერთაშორისო სამეცნიერო საგრანტო პროექტი.

სექტორის ფუნქციონირების პერიოდში: მომზადებული და წარმატებით იყო დაცული 3 დისერტაცია ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის ხარისხის მოსაპოვებლად (დ. კვარაცხელია, გ. ბერია, ა. ბრეგვაძე) და 3 დისერტაცია ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად (ა. გირგვლიანი, დ. დემეტრაშვილი, ა. სურმავა), მომზადდა ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამოყენებითი მათემატიკისა და კომპიუტერულ მეცნიერებათა ფაკულტეტის სტუდენთა 30-მდე სადიპლომო ნაშრომი.

1995 წელს სტატიის ავტორს, სექტორის ხელმძღვანელს მიენიჭა პროფესორის წოდება, ხოლო 1996 წლიდან იგი არის საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი და 2001 წლიდან - ამავე აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტი. 1996 წლიდან დღემდე რეგულარულად გამოიცემა ინგლისურენოვანი ჟურნალი "Journal of the Georgian Geophysical Sociaty, issue B. Physics of atmosphere, Ocean and Space Plasma", რომლის მთავარი რედაქტორია სტატიის ავტორი.

1996 წელს სტატიის ავტორს მიენიჭა საქართველოს გეოფიზიკური საზოგადოებისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტის აკადემიკოს მ. ალექსიძის სახელობის პრემია მონოგრაფიისათვის *"Математическое моделирование динамики морских течений (теория, алгоритмы, численные эксперименты). М., ОВМ АН СССР, 1989 "*, ხოლო 2012 წელს ამავე სტატიის ავტორს და სექტორის მთავარ მეცნიერ თანამშრომელს, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორს *დემური დემეტრაშვილს* შრომათა ციკლისათვის "*შავ ზღვაში*

მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება და მის საფუძველზე შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის მდგომარეობის ოპერატიული პროგნოზული სისტემის შემუშავება" საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულმა აკადემიამ მიანიჭა მიხეილ ნოდიას სახელობის პრემიის ლაურეატის წოდება. 2001 წლიდან ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორთან უწყვეტად მუშაობს საქალაქო სემინარი "*გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირება*".

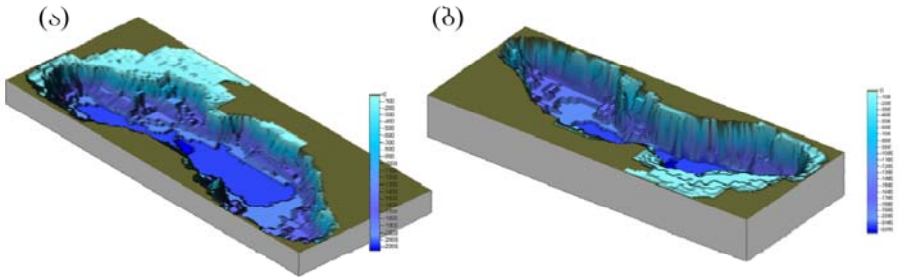
სექტორში კვლევის ძირითადი მიმართულებებია:

- შავ და კასპიის ზღვებში მიმდინარე დინამიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება;
- შავ ზღვაში მიმდინარე ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირება;
- შავი ზღვის მდგომარეობის რეგიონული პროგნოზის სისტემის შექმნა, სრულყოფა და გაფართოება ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილისათვის;
- კავკასიის რეგიონის ატმოსფეროში მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირება;
- კავკასიის ბუნებრივი გარემოს ერთიანი რეგიონული ჰიდროთერმოდინამიკური მოდელის შემუშავება.

აღნიშნული მიმართულებების ფარგლებში სექტორის ფუნქციონირების განმავლობაში შესრულებულია მთელი რიგი სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები, სახელდობრ შემუშავებულია:

1. შავი ზღვის ბაროტროპული მოდელი დაზუსტებული ტურბულენტური სიბლანტის კოეფიციენტის გათვალისწინებით. სიბლანტის კოეფიციენტის დაზუსტება განხორციელებულია შეშფოთების თეორიისა და ოკეანის ბაროტროპული დინების შეუღლებული ამოცანის საფუძველზე ექსპერიმენტული მონაცემების გამოყენებით [7, 8].

2. შავი ზღვის დინამიკის ბაროკლინური მათემატიკური მოდელის ახალი სრულყოფილი ვერსია [9-16]. საბაზო მოდელის სახით გამოყენებულია გასული საუკუნის 70-იან წლებში სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის ციმბირის განყოფილების გამოთვლით ცენტრში (ქ. ნოვოსიბირსკი, აკადემქალაქი) აკადემიკოს *გ. ი. მარჩუკის* ხელმძღვანელობითა და მისი უშუალო მონაწილეობით შემუშავებული შავი ზღვის დინამიკის მოდელი [17-22], რომელიც დაფუძნებულია ოკეანის ჰიდროთერმოდინამიკის არასტაციონარულ და არაწრფივ სრულ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემაზე. განხილული მათემატიკური ამოცანებისათვის დამტკიცებულია ამონახსნთა არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები [23-30], ამოცანათა რიცხვითი რეალიზაციისათვის გამოყენებულია გ. ი. მარჩუკის მიერ ოკეანისა და ატმოსფეროს დინამიკის ამოცანათა ამოსახსნელად შემოთავაზებული გახლეჩის მეთოდი [18, 22, 31, 32].



ნახ. 1. შავი ზღვის ფსკერის რელიეფის სივრცითი გამოსახულებები სამხრეთ და ჩრდილოეთის მხრიდან.

მოდელის ახალ სრულყოფილ ვერსიაში გათვალისწინებულია:

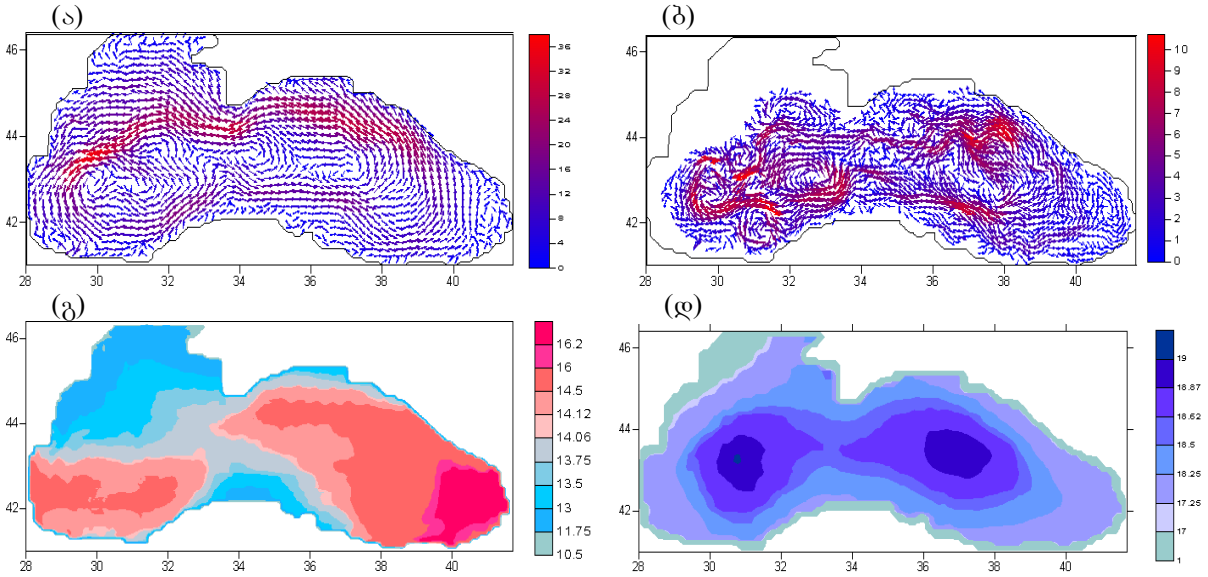
- მზის ჯამური რადიაციის შთანთქმა ზღვის ზედა ფენის მიერ;
- ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის კოეფიციენტების დროით-სივრცითი ცვალებადობა;
- შავი ზღვის აუზის ზემოთ განვითარებული ატმოსფერული ცირკულაციური ტიპების მონაცვლეობა;

- წყლის მასების მიმოცვლა ხმელთაშუა ზღვასთან ბოსფორის სრუტის მეშვეობით;
- მდინარეთა ჩამონადენი;
- ზღვის კვაზირეალური რელიეფი (ნახ. 1).

მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა მოდელის გარჩევისუნარიანობა როგორც ჰორიზონტალურ დონეებზე, ასევე ვერტიკალზე. მოდელის სათვლელი ბადის სივრცითი ბიჯია 5 კმ, ხოლო ვერტიკალზე აღებულია 32 სათვლელი დონე შემდეგ სიღრმეებზე: 1, 3, 5, 7, 11, 15, 25, 35, 55, 85, 135, 205, 305,..., 2205 მ. თითოეულ დონეზე ბადის კვანძების რაოდენობაა 225 და 111 ჰორიზონტალური საკოორდინატო ღერძების გასწვრივ. დროითი ბიჯია 1 სთ.

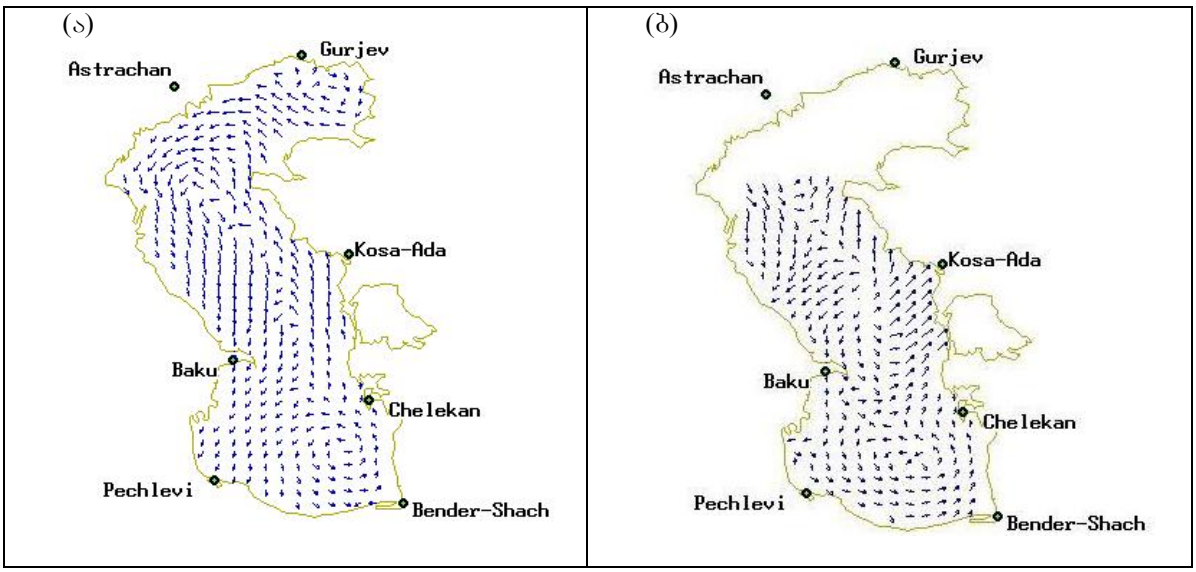
მოდელი საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ შავი ზღვის ძირითადი ჰიდროფიზიკური ველები – დინება, ტემპერატურა, მარილიანობა და სიმკვრივე მთლიანად შავი ზღვის აუზისათვის 5 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით. მოდელის საფუძველზე შეფასებულია ცალკეული ფიზიკური ფაქტორების როლი შავი ზღვის ჰიდროლოგიური რეჟიმის ფორმირებაში, გამოკვლეულია შავი ზღვის ცირკულაციის რეაქცია ატმოსფერული პროცესების ზემოქმედებაზე შავი ზღვის ზემოთ განვითარებული ატმოსფერული ცირკულაციის ტიპების უწყვეტი მონაცვლეობის პირობებში და დადგენილია შავი ზღვის ცირკულაციის ზოგიერთი თავისებურებანი ატმოსფერული ზემოქმედების არასტაციონარულობის პირობებში [10-16];

მოდელის შედეგების ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 2-ზე მოყვანილია საშუალო წლიური კლიმატური მონაცემების გამოყენებით გათვლილი შავი ზღვის დინამიკური ველები.



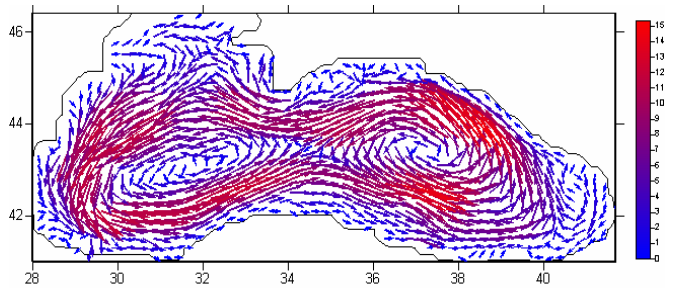
ნახ. 2. საშუალო კლიმატური მონაცემებით გათვლილი შავი ზღვის ცირკულაცია ზედაპირზე (ა) და z = 25 მ ჰორიზონტზე (ბ), ზედაპირული ტემპერატურისა (გ) და მარილიანობის ველები (დ).

3. კასპიის ზღვის დინამიკის ბაროკლინური მათემატიკური მოდელი. მოდელი, რომელიც დაფუძნებულია ზემოთ განხილულ შავი ზღვის დინამიკის მათემატიკურ მოდელზე, საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ კასპიის ზღვის ძირითადი ჰიდროფიზიკური ველები [33]. ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია საშუალო კლიმატური მონაცემებით გამოთვლილი კასპიის ზღვის საშუალო კლიმატური ცირკულაცია z = 1 მ და z = 15 მ ჰორიზონტებზე. მოდელური შედეგების შედარებამ კლიმატურ მონაცემებთან აჩვენა, რომ მოდელი რეალურად ასახავს კასპიის ზღვის ზოგადი ცირკულაციის ძირითად თავისებურებებს.



ნახ. 3. საშუალო კლიმატური მონაცემებით გამოთვლილი კასპიის ზღვის საშუალო კლიმატური ცირკულაცია z = 1 მ (ა) და z = 15 მ (ბ) ჰორიზონტებზე.

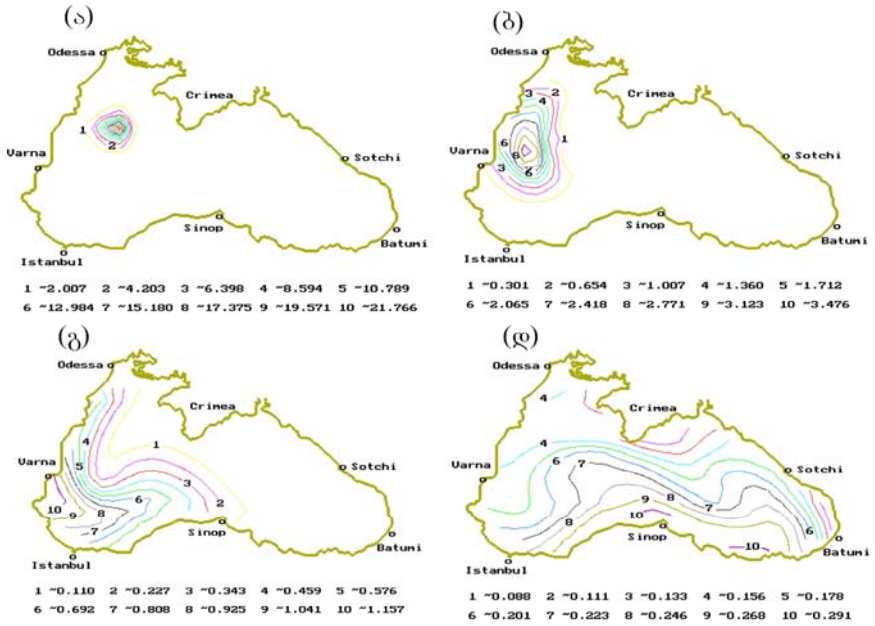
შავი ზღვის ზედაპირზე ავარიულად დაღვრილი ნავთობით დაჭუჭყიანების გავრცელების 2-განზომილებიანი მათემატიკური მოდელი [15, 34-37]. მოდელი დაფუძნებულია გადატანა-დიფუზიის არასტაციონარულ განტოლების ამოხსნაზე გახლეჩის მეთოდის გამოყენებით სივრცითი კოორდინატების მიმართ [38]. ნახ. 4-ზე გამოსახულია ზღვის ცირკულაციის ბაროტროპული მოდელით გათვლილი საშუალო წლიური ცირკულაცია, რომელიც გამოიყენებოდა ნავთობის გავრცელების მოდელირებისას. ნახ. 5 და 6-ზე ნაჩვენებია ნავთობის კონცენტრაციების გავრცელება იმ შემთხვევაში, როცა 100000 ტ ნავთობი ავარიულად დაიღვარა 10 სთ-ის განმავლობაში.



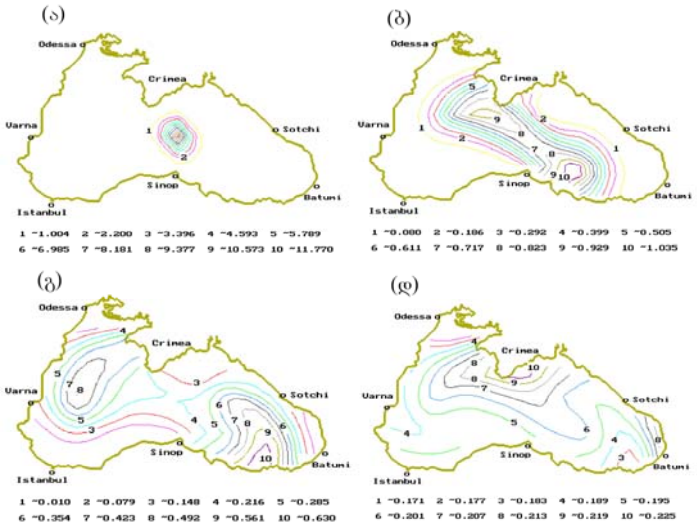
ნახ. 4. ბაროტროპული მოდელით გამოთვლილი შავი ზღვის ცირკულაცია

ნახ. 5-ზე ნაჩვენები ნავთობით დაჭუჭყიანების კონცენტრაციების ველის სივრცით-დროითი გავრცელება შეესაბამება იმ შემთხვევას, როცა ჩაღვრის წერტილის კოორდინატები იყო ჩ. გ. $44^0 11'$ და ა. გ. $31^0 02'$. ეს წერტილი მდებარეობდა შავი ზღვის ძირითადი დინების ჩრდილო-დასავლეთ ტოტში, სადაც დინება მიმართული იყო სამხრეთ-დასავლეთით. როგორც ნახ. 5-დან ჩანს ჩაღვრიდან პირველ დღეებში ფორმირებული ნავთობის ლაქა შავი ზღვის ძირითადი დინების გავლენით ინაცვლებს დასავლეთით ბულგარეთისა და რუმინეთის ნაპირებისაკენ. ამავე დროს იგი თანდათან ფართოვდება ტურბულენტური დიფუზიის გავლენით. ჩაღვრიდან 15 დღის შემდეგ მაღალი კონცენტრაციების ზონა (φ=2.19 მგ/ლ) დაიკვირვება ქ. ვარნასთან. ნავთობის ლაქის დეფორმაციის ხასიათი კარგად შეესაბამება დინების თავისებურებებს: შავი ზღვის ძირითადი დინების გავლენით ნავთობის ლაქის შუა ნაწილში შეიმჩნევა კონცენტრაციის იზოწირების შეზნექვა, ხოლო სამხრეთ ნაწილში კი პირიქით გამოიზნიქება აღმოსავლეთის მიმართულებით (ნახ. 5გ).

კონცენტრაციის ზონა იწყებს დრეიფს ძირითად დინებასთან ერთად. დროთა განმავლობაში ნავთობის კონცენტრაციები მცირდება და ერთდროულად მათი გავრცელების არეალი იზრდება. ამავე დროს დაიკვირვება კონცენტრაციების სივრცითი არაერთგვაროვნების შემცირება. ნავთობის კონცენტრაციები მცირდება დაჭუჭყიანების არის დიფუზიური გაფართოებისა და ნავთობის ფიზიკური და ბიოქიმიური ტრანსფორმაციის გამო.



ნახ. 5. ავარიულად დაღვრილი ნავთობის კონცენტრაციები დაღვრიდან 2 (ა), 10 (ბ), 30 (გ) და 90 (დ) დღის შემდეგ.

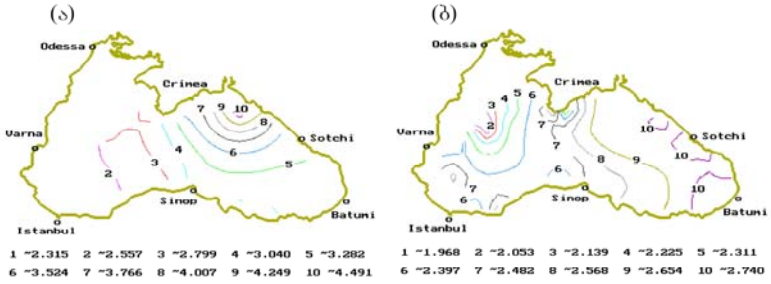


ნახ. 6. ავარიულად დაღვრილი ნავთობის კონცენტრაციები დაღვრიდან 2 (ა), 10 (ბ), 30 (გ) და 90 (დ) დღის შემდეგ.

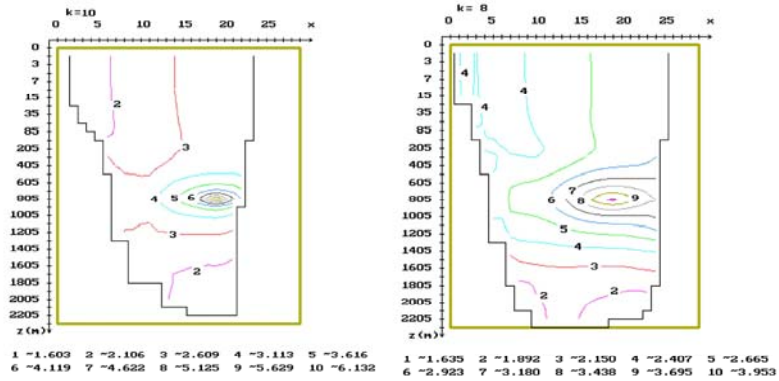
ნახ. 6-ზე ნაჩვენებია ნავთობით დაჭუჭყიანების კონცენტრაციები, როდესაც ნავთობის ავარიული ჩაღვრა 100000 ტ რაოდენობით მოხდა ჩ. გ. $43^0 11'$ და ა. გ. $34^0 33'$ გეოგრაფიული კოორდინატების მქონე წერტილში (დაახლოებით შავი ზღვის აუზის შუა წერტილში), სადაც დინება სუსტია შავი ზღვის ძირითად დინებასთან შედარებით. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ამ შემთხვევაში დაჭუჭყიანების გავრცელების პროცესი

განსხვავდება წინა რიცხვით ექსპერიმენტში მოდელირებული პროცესისაგან ავარიული ჩადინებიდან დაახლოებით პირველი ერთი თვის განმავლობაში. პირველ ხანებში ხდება ნავთობის ლაქის გაფართოება, რის შედეგადაც ნავთობის კონცენტრაციები ხვდება შავი ზღვის ძირითადი დინების ჩრდილოეთ და სამხრეთ ტოტებში, რომლებშიც დინება მიმართულია ურთიერთსაწინააღმდეგოდ - შესაბამისად დასავლეთ და აღმოსავლეთ მიმართულებით. ამის შემდეგ ნავთობის გავრცელების პროცესს მნიშვნელოვნად განაპირობებს შავი ზღვის ძირითადი დინების ხასიათი. ძირითადი დინების ჩრდილოეთ ტოტს დაჭუჭყიანების კონცენტრაციები გადააქვს დასავლეთ მიმართულებით, ხოლო სამხრეთ ტოტს - აღმოსავლეთ მიმართულებით.

5. შავ ზღვაში არაკონსერვატიული მინარევების გავრცელების 3-განზომილებიანი მოდელი [15, 37, 39, 40]. აქ განხილულია შავი ზღვის ღრმა ფენებში განლაგებული უწყვეტი მოქმედების წერტილოვანი წყაროდან დინამიკურად პასიური არაკონსერვატიული მინარევის გავრცელების სივრცითი ამოცანა. ისევე როგორც 2-განზომილებიანი ამოცანის შემთხვევაში, ამოცანა დაფუძნებულია არასტაციონარული გადატანა-დიფუზიის განტოლების ამოხსნაზე გახლეჩის მეთოდის გამოყენებით [38].



ნახ. 7. მინარევის კონცენტრაციები ჰორიზონტებზე: (ა) – 705 მ, (ბ) – 85 მ.



ნახ. 8. მინარევის კონცენტრაციები წყაროსთან ახლომდებარე ვერტიკალურ კვეთებში.

შემოთავაზებული მოდელის საფუძველზე ჩატარებული იყო რამოდენიმე რიცხვითი ექსპერიმენტი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდნენ წყაროს მდებარეობის სიღრმით. ყველა ჩატარებულ ექსპერიმენტში რადიოაქტიური მინარევი 2000 კიური რაოდენობით წელიწადში გამოიყოფოდა წერტილოვანი ჰიპოთეზური წყაროდან უწყვეტად მთელი ინტეგრირების დროის განმავლობაში. ინტეგრება ხდებოდა დინამიკური წონასწორობის დამყარებამდე, რომელიც მიიღწეოდა წყაროს მოქმედების დაწყებიდან 39 წლის შემდეგ.

ნახ. 7-ზე ნაჩვენებია წონასწორული მდგომარეობის დამყარებისას იზოტოპ სტრონციუმ-90 (S_r^{90})-ის კონცენტრაციების განაწილება 705 და 85 მ ჰორიზონტებზე, როცა წყარო მდებარეობდა 805 მ სიღრმეზე დაახლოებით ქ. ნოვოროსიისკთან, ხოლო ნახ. 8-ზე – კონცენტრაციების განაწილება წყაროსთან ახლოს მდებარე ვერტიკალურ კვეთებში.

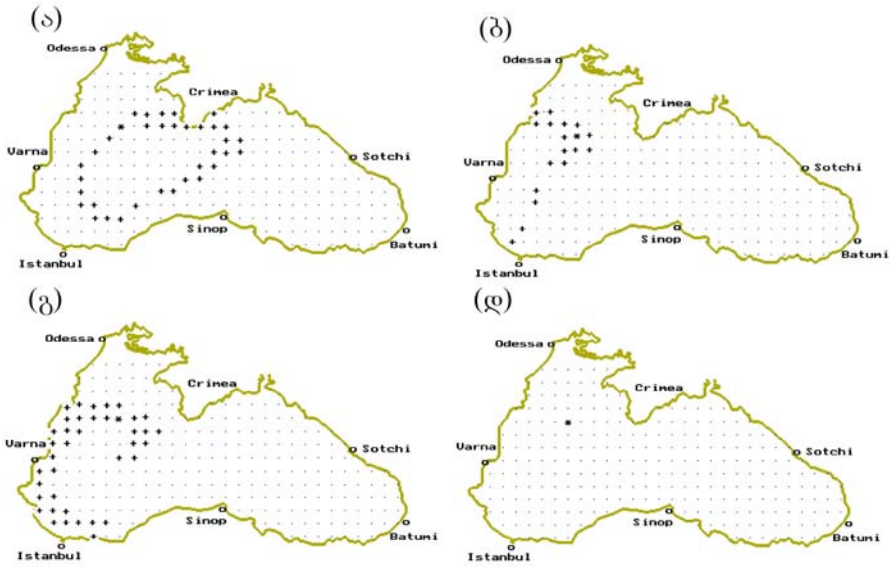
ნახაზები იძლევიან საკმაოდ თვალსაჩინო წარმოდგენას მინარევის სივრცითი განაწილების შესახებ წყაროს სხვადასხვა მდებარეობების შემთხვევაში.

6. შავ ზღვაში დაჭუჭყიანების წყაროს დადგენის 2 და 3-განზომილებიანი მოდელები. მოდელები დაფუძნებულია გადატანა-დიფუზიის შეუღლებულ განტოლებათა ამოხსნაზე და შესაბამისი ფუნქციონალების განხილვაზე [15, 37, 41, 42]. თეორიულ შრომებში, რომლებშიც შეისწავლება მინარევების გავრცელება მსოფლიო ოკეანის წყლებში ჰიდროდინამიკური მეთოდებით, განიხილება პირდაპირი ამოცანები, ე. ი. დაჭუჭყიანების წყაროს ცნობილი მდებარეობისა და სიმძლავრის მიხედვით გამოითვლება მინარევის კონცენტრაციების სივრცით-დროითი განაწილება. ზოგიერთ შემთხვევებში ძალზედ მნიშვნელოვანი შეიძლება აღმოჩნდეს განვსაზღვროთ წყაროს კოორდინატები, თუ დაკვირვების შედეგად ცნობილია კონცენტრაციები მხოლოდ ზღვის ზედა ფენის ზოგიერთ წერტილში. მაგალითის სახით შეიძლება მოვიყვანოთ ის ფაქტი, რომ როგორც უკვე აღნიშნული იყო, შავი ზღვა (ასევე სხვა შიდა ზღვებიც) დრო და დრო გამოიყენებოდა მაღალტოქსიკურ ნივთიერებათა სამარხებად. ზოგჯერ ასეთი სამარხების ადგილმდებარეობა უცნობია, ხოლო ამ წყაროთა აღმოჩენა მათი ნეიტრალიზაციის მიზნით მნიშვნელოვან ფინანსურ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული. [38] მონოგრაფიაში ავტორის მიერ შემუშავებულ შეუღლებულ ამოცანათა მათემატიკური აპარატის საფუძველზე შემოთავაზებულია ისეთი მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ამოცანის გადაწყვეტა, რომელიც დაკავშირებულია სამრეწველო საწარმოთა ოპტიმალურ განლაგებასთან. ამოცანა შეეხება დასახლებული პუნქტის ან საკურორტო ზონის მახლობლად ასაშენებელი საწარმოს მდებარეობის განსაზღვრას იმ პირობით რომ საწარმოს გამონაბოლქვებით გამოწვეული ატმოსფეროს დაბინძურება არ აღემატებოდეს დასაშვებ ნორმებს. მრავალ შემთხვევაში პრაქტიკული თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია წყლის აუზის ცალკეულ წერტილებში ცნობილი კონცენტრაციების მიხედვით განისაზღვროს წყაროს კოორდინატები, საიდანაც ხდება ანთროპოგენური ან ბუნებრივი წარმოშობის მინარევების გავრცელება. შეუღლებულ ამოცანათა აპარატი წარმატებით იქნა გამოყენებული ზღვის აუზში დაჭუჭყიანების წყაროს დადგენისათვის. შავი ზღვის აუზის მაგალითზე აპრობირებული იყო დაჭუჭყიანების წყაროს ადგილმდებარეობის დადგენის თეორიული მეთოდი ზღვის ზედა ფენის ცალკეულ პუნქტებში მინარევის ცნობილი კონცენტრაციების მიხედვით. მეთოდი დაფუძნებულია სუბსტანციის გადატანა-დიფუზიის შეუღლებულ განტოლებათა ამოხსნაზე და შესაბამისი ფუნქციონალების ორმაგობის თვისებაზე.

დავუშვათ, რომ მინარევის კონცენტრაციის ველი ზღვის აუზში იქმნება Q სიმძლავრის მქონე სტაციონარული წყაროს მოქმედების შედეგად, რომლის მდებარეობა უცნობია და დაკვირვების შედეგად ჩვენთვის ცნობილია კონცენტრაციები ზღვის აუზის ცალკეულ ზედა წერტილებში (i=1, 2,..,) (0, T) დროით ინტერვალზე. თეორიის თანახმად თითოეული ამ წერტილისათვის ამოიხსნება შეუღლებული გადატანა-დიფუზიის ამოცანა და განისაზღვრება წყაროს შესაძლო მდებარეობის ქვესიმრავლეები ω_i (i = 1, 2,..). წყაროს მდებარეობა განისაზღვრება როგორც ამ ქვესიმრავლეთა თანაკვეთა ω.

მეთოდი აპრობირებული იყო ორ შემთხვევაში:

- წყარო მდებარეობდა ზღვის ღრმა ფენებში (3-განზომილებიანი ამოცანა);
- წყარო მდებარეობდა ზღვის ზედაპირზე (2-განზომილებიანი ამოცანა).



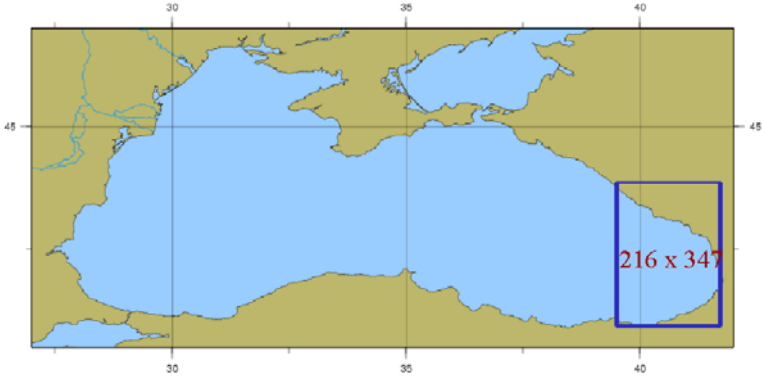
ნახ. 9. წყაროს შესაძლო მდებარეობის ქვეარეები.
(ა) --- ω_1, (ბ) --- ω_2, (გ) --- ω_3, (დ) --- ω.

ნახ. 9-ზე ილუსტრირებულია ნავთობის ჩაღვრის წერტილის დადგენა, როცა დაჭუჭყიანების კონცენტრაციები ცნობილი იყო სამ წერტილში. როგორც ნახ. 9დ-დან ჩანს, ω_i (i = 1, 2, 3) ქვესიმრავლეთა თანაკვეთა ω შეიცავს მხოლოდ ერთ ელემენტს, რომელიც წარმოადგენს ჰიპოთეტურად დაშვებული სტაციონარული წყაროს მდებარეობის წერტილს.

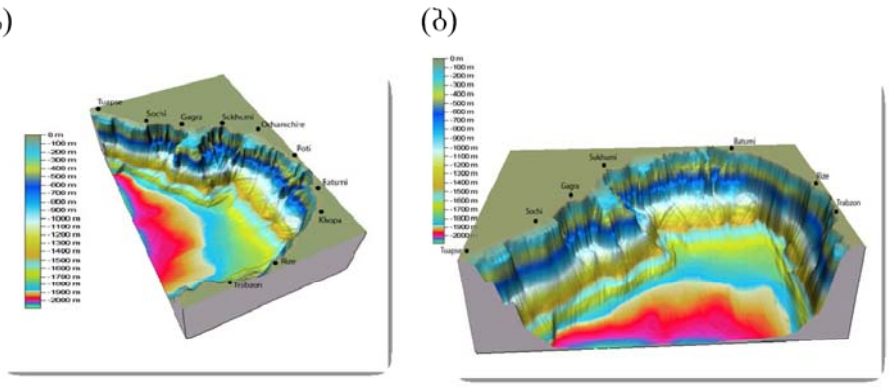
7. მაღალი გარჩევისუნარიანობის მქონე შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილისათვის [43]. რეგიონული მოდელი მიღებულია პუნქტი 2 -ში განხილული შავი ზღვის დინამიკის მოდელის მისადაგებით ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილისათვის და მოდელის გარჩევისუნარიანობის გაზრდის გზით 5-დან 1 კმ სივრცით ბიჯამდე. მოდელის რეალიზაციის არე შემოსაზღვრულია კავკასიისა და თურქეთის სანაპირო ხაზითა და თხევადი საზღვრით, რომელიც გადის დაახლოებით ქ. ტუაფსეზე გამავალ ა. გ. 39.05^0 მერიდიანზე (ნახ.10).

მოდელში გათვალისწინებულია:

- შავი ზღვის ფსკერი და კონფიგურანცია (ნახ.11);
- ატმოსფეროს ქარისმიერი და თერმოხალინური ზემოქმედება;
- მდ. რიონის, ენგურის, ჭოროხისა და სხვა მდინარეთა ჩანადენები;
- მზის ჯამური რადიაციის შთანთქმა ზღვის ზედა ფენის მიერ;
- ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის სივრცით-დროითი კოეფიციენტების ცვალებადობა.



ნახ.10. რეგიონული მოდელის რეალიზაციის არე.



ნახ. 11. შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის ფსკერის ტოპოგრაფია

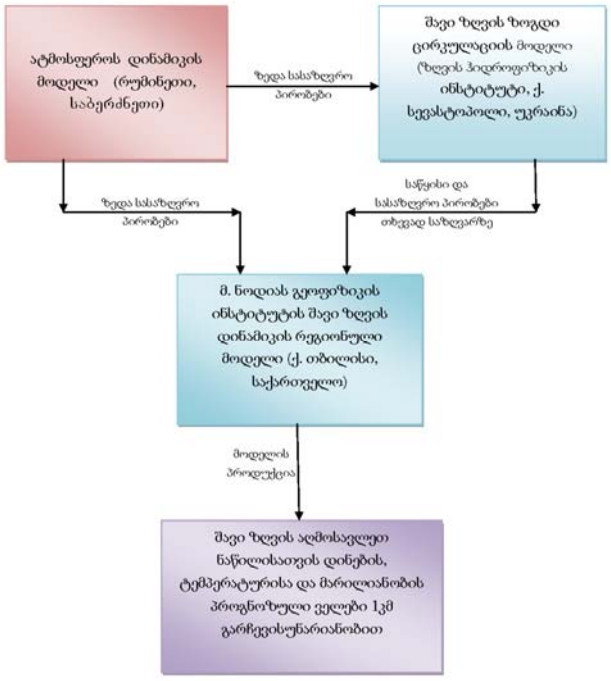
8. შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის რეგიონული სისტემა. ბოლო ათეულ წლებში შავი ზღვის ოკეანოგრაფიის ერთ-ერთ უდიდეს მიღწევად შეიძლება მივიჩნიოთ შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემის შემუშავება, რომელიც განხორციელდა ევროკავშირის სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტების **ARENA** და **ECOOP** ფარგლებში [44-47]. აღნიშნული სისტემის შემუშავებაში მონაწილეობდნენ შავიზღვისპირა ქვეყნების (ბულგარეთი, თურქეთი, რუმინეთი, რუსეთი, საქართველო, უკრაინა) წამყვანი ოკეანოგრაფიული ცენტრები, ხოლო ამ სამუშაოებს კოორდინაციას უწევდა უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტი (ზჰი, ქ. სევასტოპოლი).

ჩვენს მიერ შემუშავებული შავი ზღვის რეგიონული მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემა ზღვის საქართველოს სექტორისა და მისი მიმდებარე აკვატორიისათვის წარმოადგენს მთლიანად შავი ზღვის მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილს [43, 48-56]. რეგიონული სისტემის ფუნქციონირების სქემა გამოსახულია ნახ. 12-ზე. რეგიონული მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემის ძირითადი ბირთვია შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი (იხ. პუნქტი 7) და იგი საშუალებას იძლევა გავთვალოთ დინების, ტემპერატურის, მარილიანობისა და სიმკვრივის 3-განზომილებიანი ველების 3 დღიანი პროგნოზი 1 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით აღნიშნულ აკვატორიაში (შესაძლებელია 10 დღიანი პროგნოზული ველების მიღებაც). რეგიონული მოდელის სათვლელი ბადე ჩადგმულია უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ზჰი-ის შავი ზღვის ზოგადი ცირკულაციის მოდელის სათვლელ ბადეში 5 კმ სივრცითი ბიჯით. რეგიონულ მოდელში შემავალი მონაცემები მიიღება ოპერატიულად ქ. სევასტოპოლიდან ინტერნეტის საშუალებით. ეს მონაცემები წარმოადგენენ მეტეოროლოგიური ველების პროგნოზს შავი ზღვის ზემოთ, რომელიც გამოითვლება რუმინეთის ეროვნულ მეტეოროლოგიურ ადმინისტრაციაში (ქ. ბუქარესტი) ატმოსფეროს დინამიკის ფრანგული მოდელის "**ALADIN**"-ის საფუძველზე და ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის შავი ზღვის ზოგადი ცირკულაციის მოდელის საფუძველზე გამოთვლილ პროგნოზულ ჰიდროფიზიკურ ველებს, რომლებიც გამოიყენება რეგიონულ მოდელში საწყისი ველებისა და სასაზღვრო პირობების სახით თხევად საზღვარზე. სახელდობრ, ეს პარამეტრებია:

- დინების სიჩქარის ვექტორის კომპონენტების, ტემპერატურისა და მარილიანობის 3-განზომილებიანი საწყისი ველები;
- დინების სიჩქარის ვექტორის კომპონენტების, ტემპერატურისა და მარილიანობის 2-განზომილებიანი ველები თხევად საზღვარზე;
- 2-განზომილებიანი მეტეოროლოგიური ველები: სითბოს ნაკადები, ატმოსფერული ნალექები, აორთქლება და ქარის ხახუნის დაძაბულობის ვექტორის კომპონენტები შავი ზღვის ზედაპირზე.

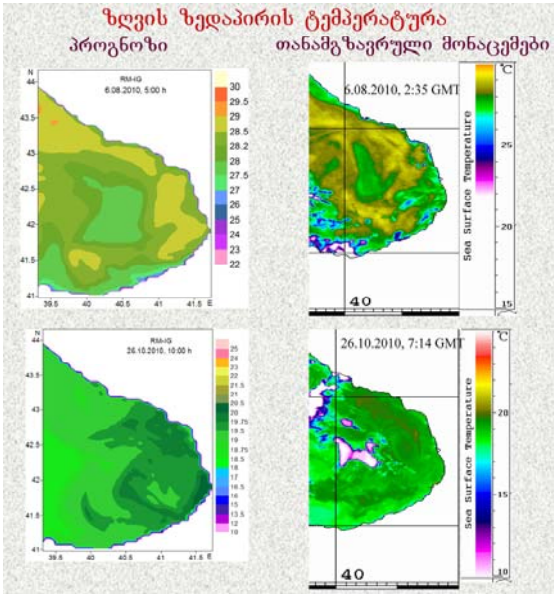
ამჟამად, რეგიონალური პროგნოზის სისტემა ფუნქციონირებს ოპერატიულთან მიახლოებულ რეჟიმში და გათვლილი დინების, ტემპერატურის, მარილიანობისა და სიმკვრივის 3-დღიანი პროგნოზების ნახვა შავი ზღვის აღმოსავლეთი აკვატორიისათვის

ვიზუალური ფორმით შესაძლებელია ინტერნეტში მისამართებზე: www.ig-geophysics.ge, www.oceandna.ge.



ნახ. 12. შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის რეგიონული სისტემის ფუნქციონირების სქემა.

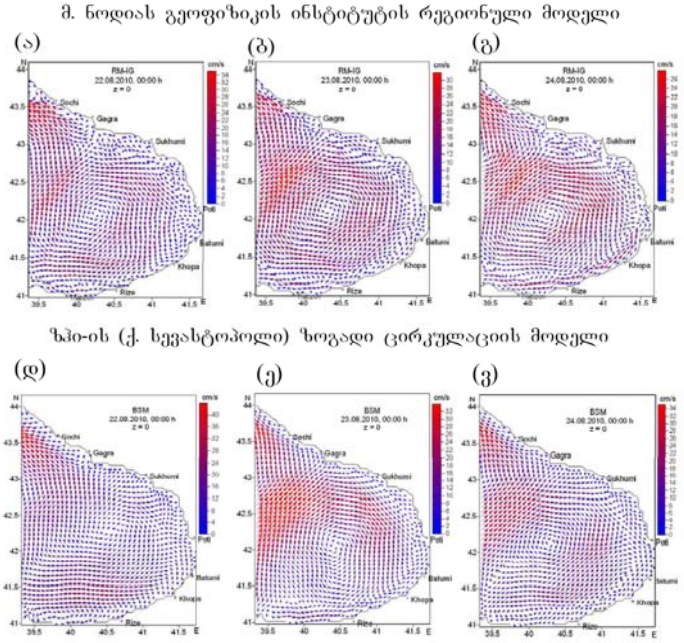
შავი ზღვის მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემის და მათ შორის რეგიონული სისტემის ფუნქციონირება ოპერატიულ რეჟიმში შემოწმდა 2005 წელს, როდესაც პირველად შავი ზღვის რეგიონისათვის განხორციელდა პილოტური ექსპერიმენტი ყველა შავიზღვისპირა ქვეყნის მონაწილეობით ARENA პროექტის ფარგლებში. პროგნოზული



ნახ. 13. რეგიონული პროგნოზული სისტემის საფუძველზე გამოთვლილი და თანამგზავრული დაკვირვების შედეგად მიღებული 2010 წლის 6 აგვისტოსა და 26 ოქტომბრის შესაბამისი ტემპერატურის ველები ზღვის ზედაპირზე.

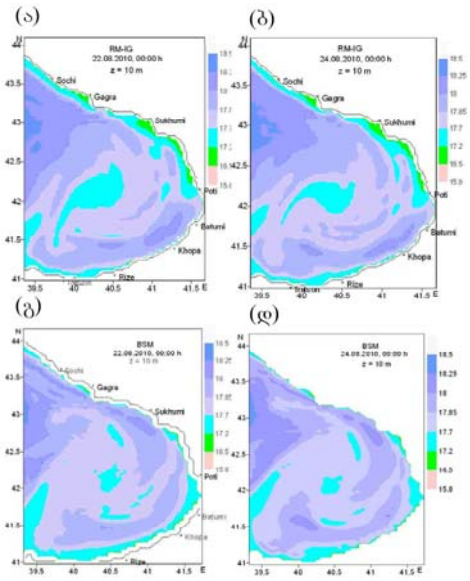
ველების შედარებამ ნატურალურ მონაცემებთან აჩვენა რეგიონული პროგნოზის სისტემის კარგი პროგნოზული შესაძლებლობები. ამჟამად, ჩვენ შესაძლებლობა გვაქვს გამოთვლილი ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის ველები შევადაროთ თანამგზავრულ მონაცემებთან. ნახ. 13-ზე ნაჩვენებია რეგიონული პროგნოზული სისტემის საფუძველზე მიღებული ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის ველები, რომლებიც შეესაბამებიან 2010 წლის 6 ივლისსა და 10 აგვისტოს 00:00 GMT დროის მომენტებს და დაახლოებით დროის იგივე მომენტების შესაბამისი თანამგზავრული სურათები. შედარებები აჩვენებს, რომ პროგნოზული და დაკვირვებული ტემპერატურული ველები კარგ რაოდენობრივ და თვისებრივ თანხმობაშია ერთმანეთთან.

რეგიონული პროგნოზული სისტემის საფუძველზე გამოთვლილი პროგნოზის შედეგების ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 14-ზე ნაჩვენებია ზედაპირული დინების პროგნოზული ველები, რომლებიც შეესაბამება 2010 წლის 21-24 აგვისტოს საპროგნოზო პერიოდს. მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის რეგიონული მოდელისა და ზჰი-ის ზოგადი ცირკულაციის მოდელის შედეგების შედარების მიზნით ნახაზზე წარმოდგენილია ორივე მოდელით გამოთვლილი პროგნოზული ველები. როგორც ნახ. 14-დან ჩანს, ორივე მოდელის შედეგების თანახმად განხილულ დროით ინტერვალში შავი ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილში ჩამოყალიბებულია მდგრადი ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც ხშირად ინტენსიურია წლის თბილ პერიოდში და ცნობილია ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალის სახელწოდებით [57]. განსხვავება გამოთვლილ ცირკულაციურ რეჟიმებს შორის ისაა, რომ გეოფიზიკის ინსტიტუტის რეგიონული მოდელის თანახმად, საქართველოს სანაპიროს გასწვრივ დაიკვირვება ვიწრო, დაახლოებით 20-25 კმ სიგანის ზოლის ფორმირება, სადაც ადგილი აქვს მცირე სანაპირო გრიგალების წარმოქმნის

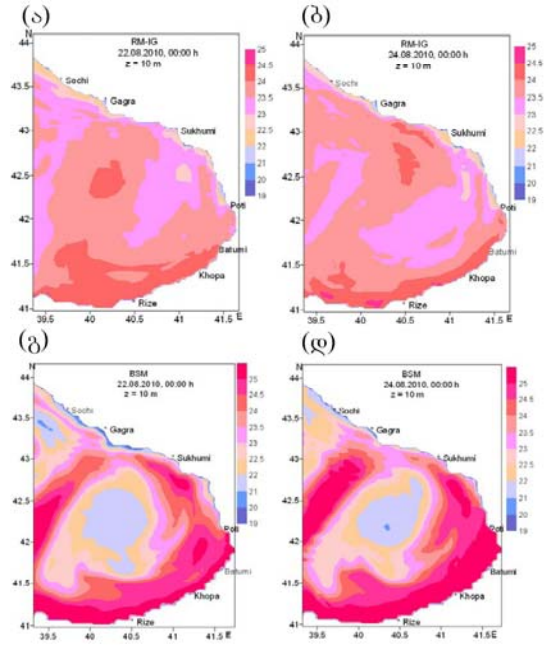


ნახ. 14. მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტისა ((ა) – (გ)) და ზჰი-ის მოდელებით ((დ)-(ვ)) გამოთვლილი პროგნოზული დინების ველები ზღვის ზედაპირზე 24 სთ ((ა), (დ)), 48 სთ ((ბ), ((ე)) და 72 სთ ((გ), (ვ)) შემდეგ. საპროგნოზო ინტერვალი: 21-24 აგვისტო 2010, 00:00 GMT.

პროცესებს. ასეთი მცირე გრიგალური წარმონაქმნების იდენტიფიცირება შესაძლებელი გახდა რეგიონული მოდელის მაღალი გარჩევისუნარიანობის გამო.



ნახ. 15. მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტისა ((ა), (ბ)) და ზჰი-ის მოდელებით ((გ), (დ)) გამოთვლილი პროგნოზული მარილიანობის ველები 24 სთ ((ა), (გ)), და 72 სთ ((ბ), ((დ)) შემდეგ z = 10 მ ჰორიზონტზე. საპროგნოზო ინტერვალი: 21-24 აგვისტო 2010, 00:00 GMT.

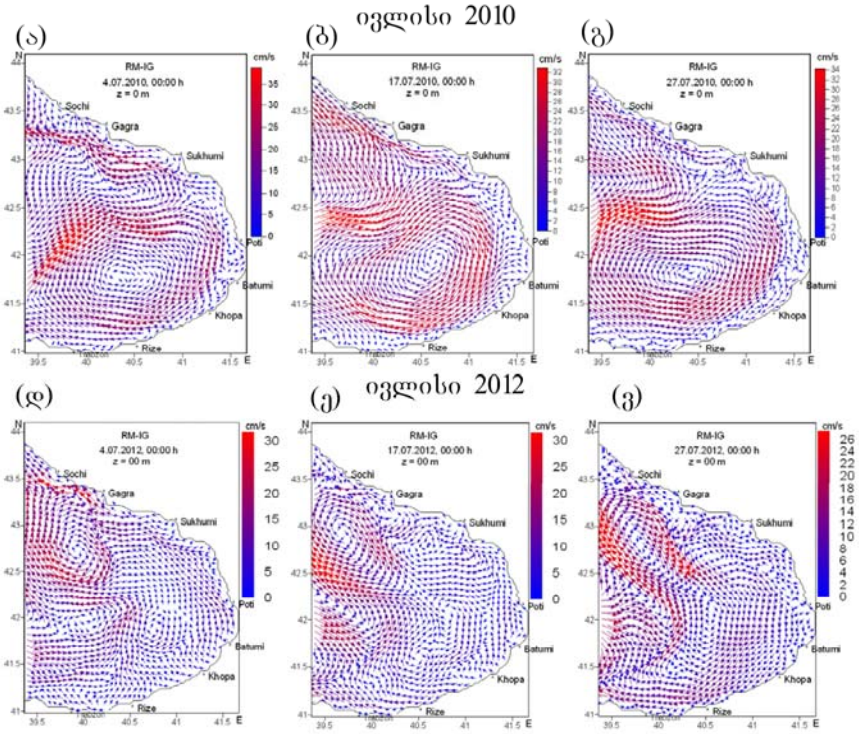


ნახ. 16. მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტისა ((ა), (ბ)) და ზჰი-ის მოდელებით ((გ), (დ)) გამოთვლილი ტემპერატურის პროგნოზული ველები 24 სთ ((ა), (გ)), და 72 სთ ((ბ), ((დ)) შემედეგ z = 10 მ ჰორიზონტზე. საპროგნოზო ინტერვალი: 21-24 აგვისტო 2010, 00:00 GMT.

გამოთვლილი თერმოხალინური ველების ილუსტრირების მიზნით ნახ. 15-ზე წარმოდგენილია ორივე მოდელით გამოთვლილი მარილიანობის ველები z = 10 მ ჰორიზონტზე, რომლებიც შეესაბამება 2010 წლის 22 და 23 აგვისტოს, ხოლო ნახ. 16-ზე ნაჩვენებია ტემპერატურის ველები იმავე ჰორიზონტებზე იმავე დროის მომენტებისათვის. როგორც ნახაზებიდან ჩანს, შეინიშნება გარკვეული განსხვავებანი გეოფიზიკის

ინსტიტუტისა და ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის მოდელებით გამოთვლილ თერმოხალინურ ველებს შორის.

რეგიონული პროგნოზული სისტემის საფუძველზე გამოთვლილი ცირკულაციური რეჟიმების ანალიზმა აჩვენა, რომ ერთი და იმავე სეზონის ცირკულაციური რეჟიმები სხვადასხვა წლებში შესაძლებელია მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან. ამ ფაქტის დადასტურების მიზნით ნახ. 17 - ზე ნაჩვენებია დინების ველები 2010 და 2012 წლის ივლისის ერთსა და იმავე დღეებში. 2010 წლის ზაფხულის ცირცულაცია ხასიათდებოდა სრულიად განსხვავებული ცირკულაციური რეჟიმით, ვიდრე 2012 წლის ზაფხულის ცირკულაცია. კერძოდ, ნახ. 17-დან კარგად დაიკვირვება ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც აღნიშნულ სეზონში ხასიათდებოდა მნიშვნელოვანი ინტენსივობით და მოიცავდა განსახილველი აკვატორიის მნიშვნელოვან ნაწილს.

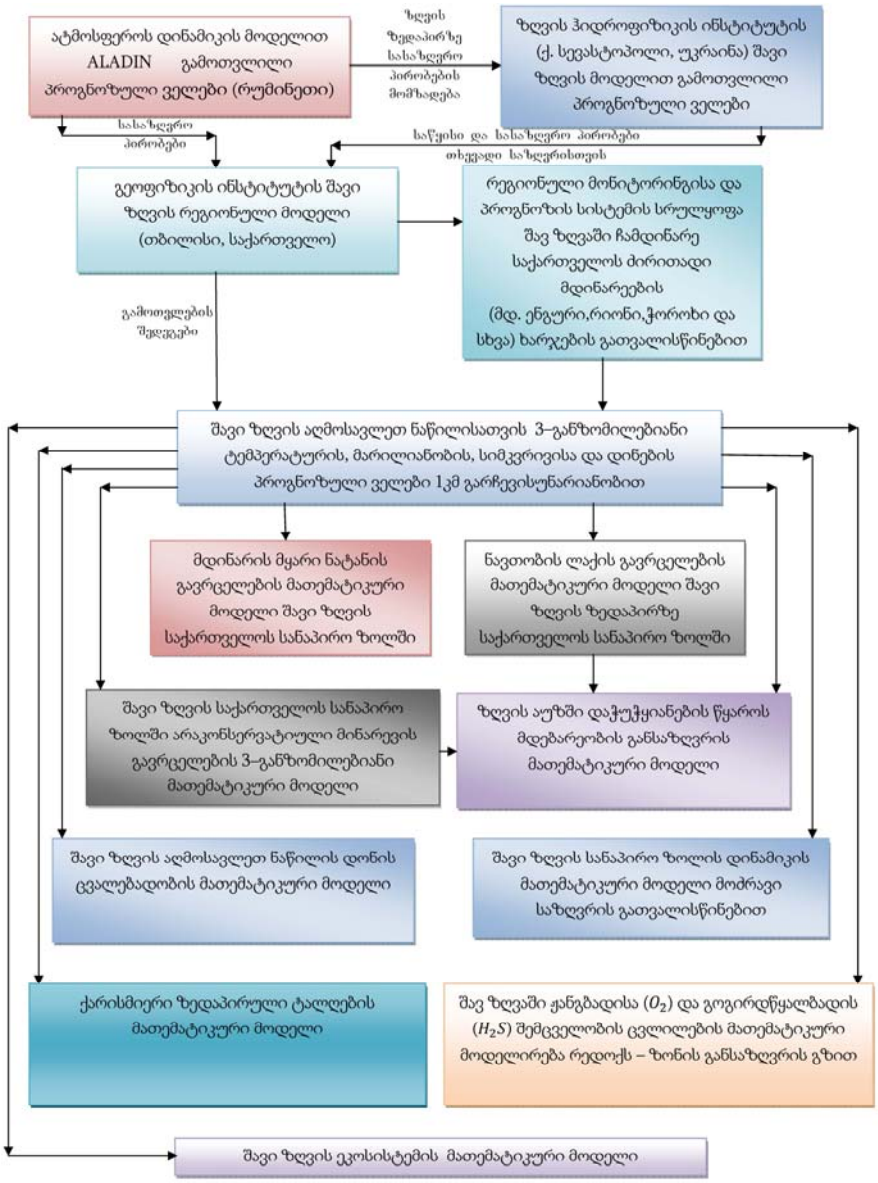


ნახ. 17. 2010 და 2012 წლის ივლისის შესაბამისი გამოთვლილი პროგნოზული ზედაპირული დინების ველები: (ა) – 4 ივლისი 2010, (ბ) – 17 ივლისი 2010, (გ)- 27 ივლისი 2010, (დ) - 4 ივლისი 2012, (ე) – 17 ივლისი 2012, (ვ) – 27 ივლისი 2012.

შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის რეგიონული სისტემის შემდგომი განვითარება დაკავშირებულია სისტემის გაფართოებასთან სხვადსხვა ეკოლოგიური ხასიათის ამოცანების ჩართვის გზით, რომლებიც შეეხება მინარევების გავრცელებას ზღვის გარემოში, ასევე ზედაპირული გრავიტაციული ტალღების გავრცელების პროგნოზს და სხვ. თვალსაჩინოების მიზნით ნახ. 18-ზე სქემატურად ნაჩვენებია რეგიონული პროგნოზული სისტემის გაფართოებული ვერსია მასში ჩართული სხვადასხვა ამოცანებით.

9. მაღალი გარჩევისუნარიანობის მქონე "მცირე" წყლის თეორიის განტოლებებზე დაფუძნებული ზღვის დინამიკის მოდელი ზღვა-ხმელეთის გამყოფი მოძრავი საზღვრით შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზოლისათვის [58]. მოდელი საშუალებას იძლევა გავთვალოთ ვერტიკალზე გასაშუალოებული დინება და ზღვის თავისუფალი ზედაპირის ცვალებადობა რამოდენიმე ათეული მეტრი სივრცითი ბიჯით. შემოთავაზებულია განხილული ამოცანის ამოხსნის გახლეჩის მეთოდზე დაფუძნებული ეფექტური რიცხვითი სქემა, რომელიც საშუალებას იძლევა საწყისი ამოცანა გახლეჩის ყოველ ეტაპზე დავიყვანოთ ერთგანზომილებიან სასრულ-სხვაობიან განტოლებებზე, რომლებიც ეფექტურად ამოიხსნება ფაქტორიზაციის მეთოდის გამოყენებით.

აპრობაციის მიზნით მოდელი რეალიზებული იყო შავი ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილისათვის. მოდელის პარამეტრებია: ბადის წერტილების რაოდენობა – 215 x 347, ჰორიზონტალური ბიჯი - 1 კმ, დროითი ბიჯი - 5 წთ,

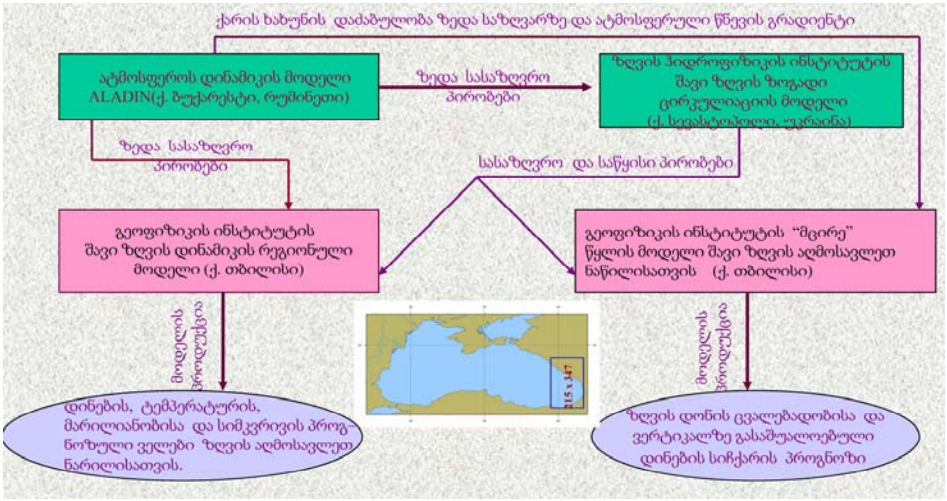


ნახ. 18. შავი ზღვის მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის რეგიონული სისტემის გაფართოებული ვერსია.

მაქსიმალური სიღრმე - 111 კმ. მოდელში შემავალი მონაცემებია:

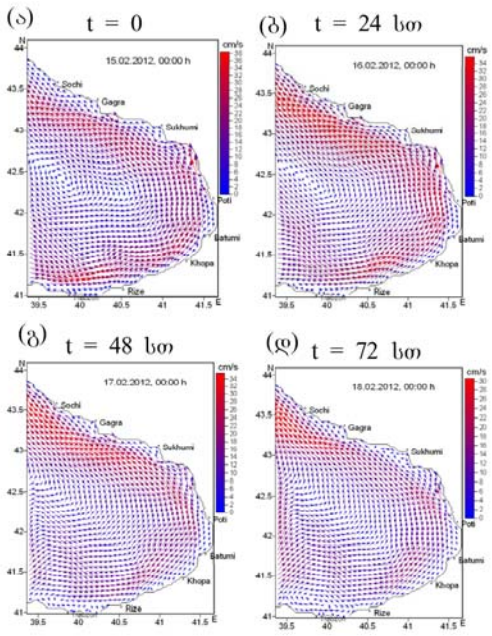
- ქარის ხახუნის ტანგენციალური დაძაბულობა და ატმოსფერული წნევის გრადიენტები;
- დინების სიჩქარის კომპონენტები თხევად საზღვარზე;
- დინების სიჩქარის კომპონენტები და თავისუფალი ზედაპირი საწყის მომენტში.

შემოთავაზებული "მცირე" წყლის მოდელი ჩართულია რეგიონულ პროგნოზულ სისტემაში და ისევე როგორც ზღვის დინამიკის სამგანზომილებიანი რეგიონული მოდელი, იგი წარმოადგენს ამ სისტემის ერთ-ერთ ბლოკს (ნახ. 19). მოდელში შემავალი ყველა საწყისი მონაცემი მიიღება ჰჰი-დან.



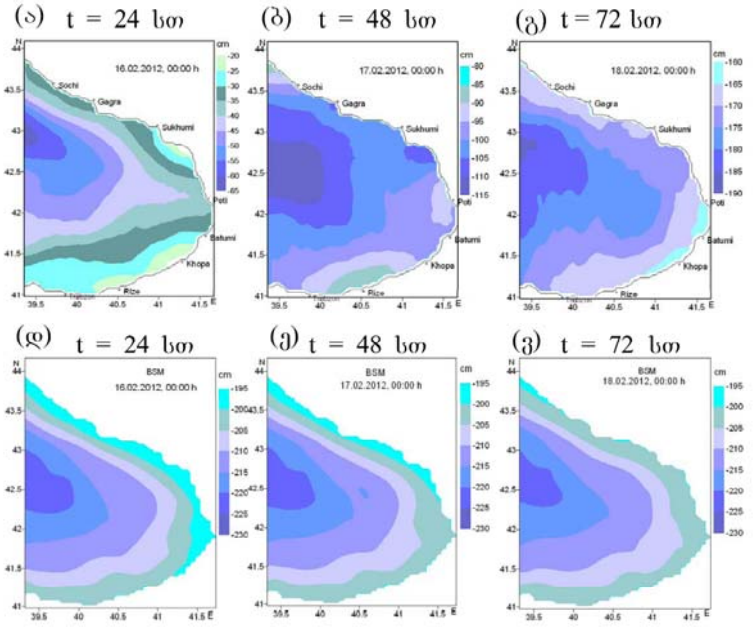
ნახ. 19. რეგიონული მონიტორინგისა და პროგნოზის სიტემის ფუნქციონირების სქემა "მცირე" წყლის მოდელის ჩართვით.

ნახ. 20-ზე ნაჩვენებია "მცირე" წყლის მოდელით გამოთვლილი ვერტიკალზე გასაშუალოებული დინების ველი, ხოლო ნახ. 21-ზე - "მცირე წყლის" მოდელითა და ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის ზოგადი ცირკულაციის 3-განზომილებიანი მოდელით გამოთვლილი ზღვის დონის ცვალებადობა. სურათები შეესაბამება 2012 წლის 15-18 თებერვალს. როგორც ნახ. 19-დან ჩანს, დროის აღნიშნულ პერიოდში დინება შავი ზღვის

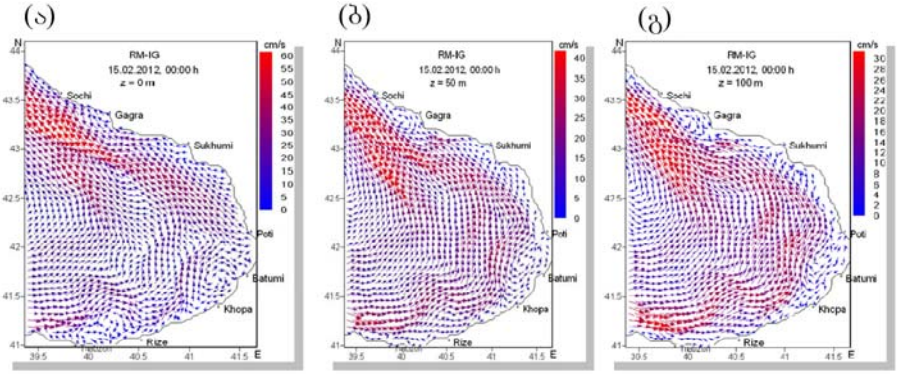


ნახ. 20. "მცირე წყლის" მოდელით გამოთვლილი ვერტიკალზე გასაშუალოებული დინების ველი. საპროგნოზო პერიოდი: 15-18 თებერვალი, 2012 წ.

საქართველოსა და მის მიმდებარე აკვატორიაში ხასიათდებოდა პრაქტიკულად გრიგალური წარმონაქმნების გარეშე და მიმართული იყო მთლიანად ციკლონურად. ამ შემთხვევაში შავი ზღვის ძირითადი დინების აღმოსავლეთი ტოტი ახლოს ჩაუვლის კავკასიის ნაპირებს, რაც დამახასიათებელია შავი ზღვის ზამთრის ცირკულაციისათვის. ჩვენს მიერ ჩატარებულმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ 2012 წლის თებერვალი ხასიათდებოდა ძლიერი ატმოსფერული ქარებით, რომლებიც გამაგლუვებელ მოქმედებას ახდენენ ცირკულაციაზე და აფერხებენ სანაპირო გრიგალების ფორმირებას.



ნახ. 21. (ა)-(გ) - "მცირე წყლის" მოდელით გამოთვლილი ზღვის დონის ცვალებადობა; (დ)-(ვ) - ზჰი-ის ზოგადი ცირკულაციის 3-განზომილებიანი მოდელით გამოთვლილი ზღვის დონის ცვალებადობა. საპროგნოზო პერიოდი: 15-18 თებერვალი, 2012 წ.

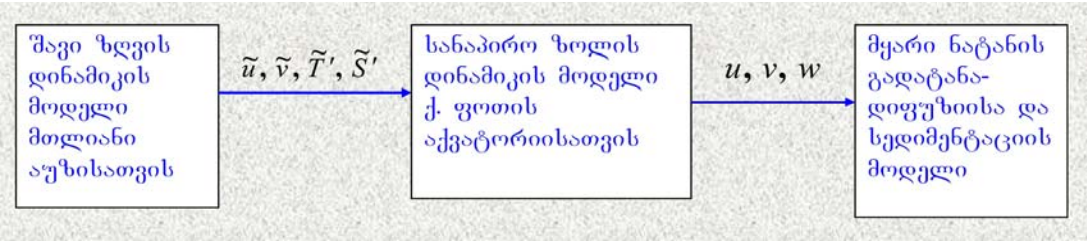


ნახ. 22. გეოფიზიკის ინსტიტუტის სივრცითი რეგიონული მოდელით გამოთვლილი დინების ველი 0 (ა), 50 (ბ) და 100 მ (გ) ჰორიზონტებზე. 15 თებერვალი 2012, 00:00 GMT.

შედარების მიზნით ნახ. 22-ზე წარმოდგენილია ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელით გამოთვლილი 2012 წლის 15 თებერვლის შესაბამისი დინების სურათები 0, 50 და 100 მ ჰორიზონტებზე, რომლებიც აჩვენებენ, რომ "მცირე" წყლის მოდელით გამოთვლილი დინების ველები ახლოსაა 3-განზომილებიანი ზღვის დინამიკის მოდელით გამოთვლილ დინების ველებთან. გამოთვლილი ზღვის დონის ცვლილება (ნახ.20) შესაბამისობაშია ცირკულაციის ხასიათთან - ჩაწეულია ქვემოთ ციკლონური დინების ცენტრთან მიახლოებისას და ამოზნექილია ციკლონური დინების პერიფერიებში. ზღვის დონის მაღალი მნიშვნელობები ძირითადად განპირობებულია სევასტოპოლიდან მიღებული საწყისი ველების დიდი მნიშვნელობებით, რასაც შემოთავაზებული რიცხვითი სქემის აპრობაციის მიზნით ჩატარებულ ექსპერიმენტებში არსებითი მნიშვნელობა არ გააჩნდა.

10. შავ ზღვაში მდ. რიონის მიერ შემოტანილი მყარი ნატანის გავრცელების რიცხვითი მოდელი [59, 60]. შემუშავებულია კომპლექსური მოდელი, რომელიც შედგება ჰიდროდინამიკური და გადატანა-დიფუზიის ბლოკებისაგან (ნახ. 23). ჰიდროდინამიკური

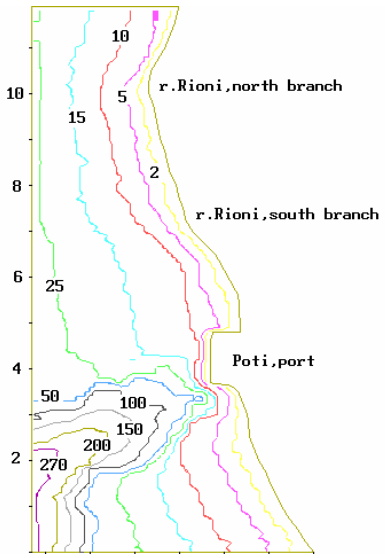
ბლოკი თავის მხრივ შეიცავს შავი ზღვის დინამიკის მოდელს მთლიანი აუზისათვის და სანაპირო ზოლის დინამიკის მაღალი გარჩევისუნარიანობის მქონე მოდელს.



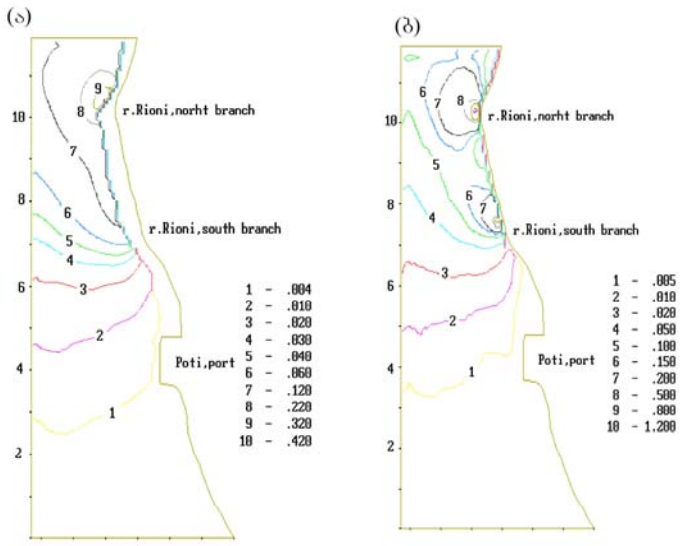
ნახ. 23. კომპლექსური მოდელის სტრუქტურა.

განსახილველი არე ქ. ფოთის მიდამოში (5.9 x 9 კმ) გამოყოფილია ზღვის დანარჩენი აკვატორიისაგან თხევადი საზღვრით, სადაც სიჩქარის მნიშვნელობები, ტემპერატურა და მარილები გამოითვლება ზღვის დინამიკის მოდელიდან მთელი აუზისათვის [12-14]. მიღებული ინფორმაცია გამოიყენება სასაზღვრო პირობებად თხევად საზღვარზე მაღალ გარჩევისუნარიან მოდელისათვის. ამ მოდელით გამოთვლილი სიჩქარის კომპონენტები გამოიყენება დიფუზიისა და სედიმენტაციის მოდელში, რომელიც დაფუძნებულია სუბსტანციის გადატანა-დიფუზიის განტოლებაზე გრავიტაციული დალექვის გათვალისწინებით.

ნახ. 24-ზე გამოსახულია სათვლელი არე ქ. ფოთის მიმდებარე აკვატორიაში და ფსკერის რელიეფის იზოწირები. როგორც ნახაზიდან ჩანს, რელიეფის ერთ-ერთ თავისებურებას აღნიშნულ რაიონში წარმოადგენს ღრმულის არსებობა ფოთის პორტის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში. მოდელში მაქსიმალური სიღრმე იყო 274 მ.



ნახ. 24. ამოსსნის არე ქ. ფოთის მიმდებარე აკვატორიაში და ზღვის ფსკერის რელიეფის იზოწირები (მეტრებში)



ნახ. 25. მყარი ნატანის კონცენტრაციები 5 და 1 მ ჰორიზონტებზე თებერვალში (კგ/მ^3).

განსახილველი არე იფარებოდა ბადით 60 x 120 წერტილების რაოდენობით და 100 მ მუდმივი ჰორიზონტალური ბიჯით. ვერტიკალზე აღებული იყო 30 სათვლელი დონე მინიმალური 0.5 მ ბიჯით ზღვის ზედაპირთან და მაქსიმალურით - 35 მ. მოდელი გამოყენებულია მდ. რიონის მიერ ზღვაში შემოტანილი მყარი ნატანის სივრცით – დროითი განაწილების სეზონური ცვალებადობის მოდელირებისათვის

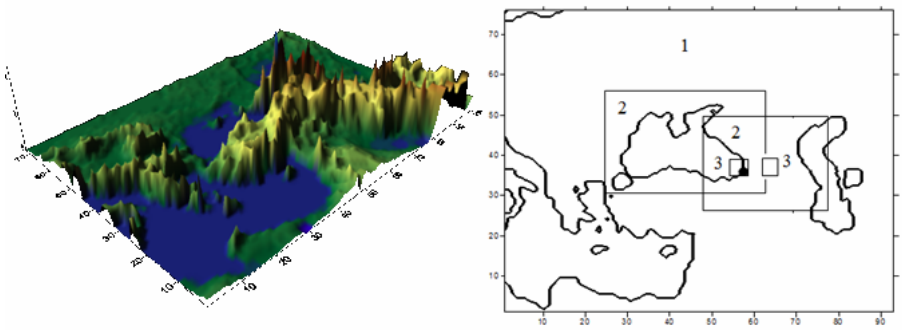
მოდელის ზოგიერთი შედეგის ილუსტრირების მიზნით ნახ. 25-ზე ნაჩვენებია ზღვაში შემოტანილი მყარი ნატანის გამოთვლილი კონცენტრაციები თებერვლის თვეში საშუალო წლიური ცირკულაციის პირობებში.

11. რეგიონული და ლოკალური ატმოსფერული პროცესების მათემატიკური მოდელები. ატმოსფერული პროცესების მოდელირებისადმი მიძღვნილია მრავალი შრომა (მაგ., [32, 61-63]), სადაც საკმაოდ დეტალურადაა შესწავლილი ატმოსფეროს დინამიკის ძირითადი თავისებურებანი. ატმოსფეროს დინამიკის განტოლებათა არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები დამტკიცებულია [31, 64-67] შრომებში.

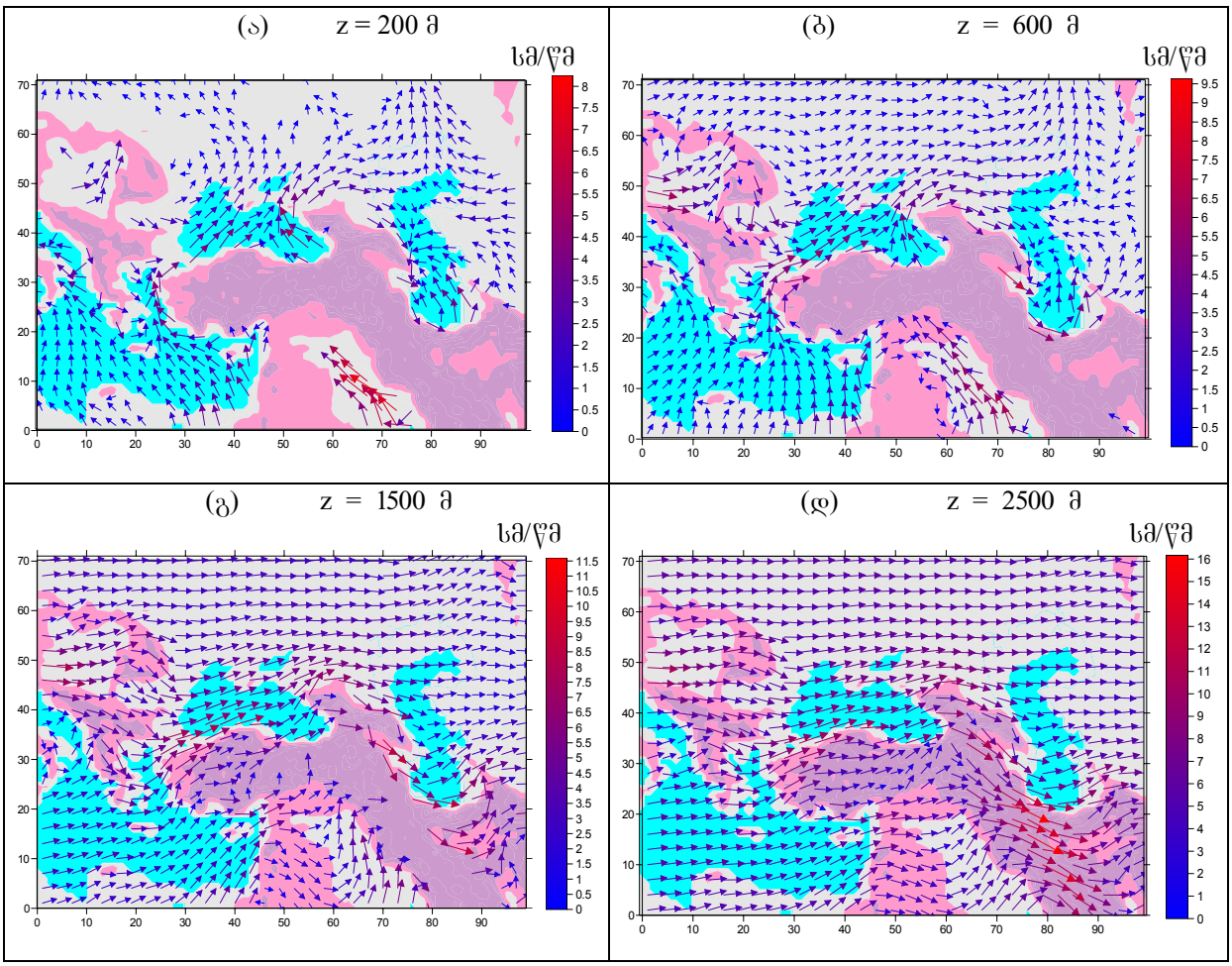
ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორში შემუშავებულ მოდელებს საფუძვლად უდევს ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემა შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით [68-77]. მოდელების განტოლებათა რიცხვითი ინტეგრირებისას გამოყენებულია შუმან-ჰოვერმეილის [78], და ანალოგიურად ზღვის დინამიკის ამოცანებისა, ორციკლიანი გახლეჩის მეთოდი როგორც ფიზიკური პროცესების, ასევე ვერტიკალური სიბრტყეებისა და კოორდინატების მიმართ. გახლეჩის ყოველ ეტაპზე მიღებულ შედარებით მარტივ ამოცანათა დროითი აპროქსიმიმირების მიზნით გამოყენებულია კრანკ-ნიკოლსონის სქემა [31]. აღნიშნული მოდელების საფუძველზე მოდელირებული და შესწავლილია ძირითადი მეტეოროლოგიური ველების სივრცით-დროითი განაწილების თავისებურებანი როგორც კავკასიის რეგიონისა და საქართველოს ცალკეული რაიონებისათვის, ასევე გაფართოებული არისათვის რეალური რელიეფის გათვალისწინებით.

ნახ. 26 –ზე ნაჩვენებია გაფართოებული ამოხსნის არის რელიეფის სივრცითი გამოსახულება (მარცხნივ) და მოდელების რეალიზაციის არეები. ნახ. 27-ზე ნაჩვენებია მოდელირებული ჰაერის დინება სხვადასხვა სიმაღლეებზე გაფართოებულ არეში, რომელიც მოიცავს შავ, კასპიისა და აღმოსავლეთ ხმელთაშუა ზღვებს. საწყის t = 0 მომენტში ადგილი ქონდა დასავლეთის შეუშფოთებელ დინებას, რომლის სიჩქარეც სიმაღლის მიხედვით იცვლებოდა 2 მ/წმ-დან მიწის ზედაპირთან 25 მ/წმ-მდე ტროპოსფეროს ზედა საზღვართან. ნახ. 27 – დან ცხადად ჩანს, რომ რელიეფს მნიშვნელოვანი შეშფოთებები შეაქვს დინებაში და არსებითად ცვლის ქარის მიმართულებასა და სიჩქარეს. მთის მასივებთან მიახლოებისას დინების მიმართულებები

მკვეთრ ცვლილებებს განიცდის და ზოგიერთ შემთხვევაში შეშფოთებული დინება იღებს ფონური დინების საპირისპირო მიმართულებას.



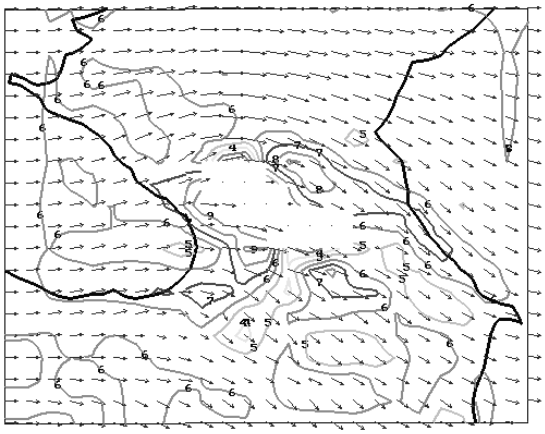
ნახ. 26. გაფართოებული ამოხსნის არის რელიეფის სივრცითი გამოსახულება (მარცხნივ) და მოდელების რეალიზაციის არეები.



ნახ. 27. მოდელირებული ჰაერის დინების ველი 200 (ა), 600 (ბ), 1500 (გ) და 2500 მ (დ) სიმაღლეებზე.

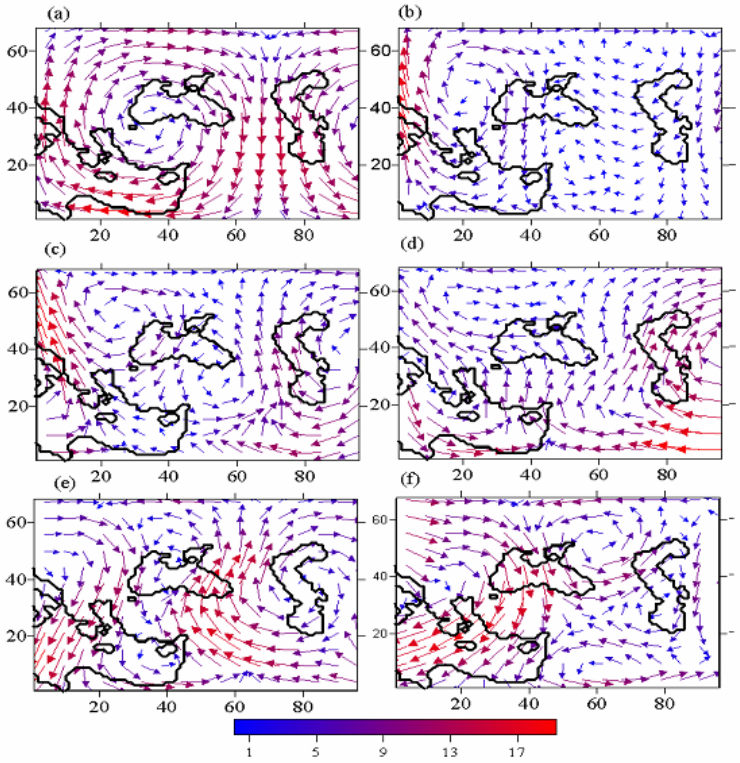
ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 28-ზე მოყვანილია კავკასიის რეგიონისათვის ატმოსფეროს დინამიკის მოდელის რეალიზაციის ერთ-ერთი შედეგი, რომელიც

შეესაბამება დასავლეთის ფონური დინების დროს ჩამოყალიბებულ დინების ველს 3 კმ სიმაღლეზე.



ნახ. 28. ატმოსფერული ქარის ველი z = 3 კმ სიმაღლეზე დასავლეთის ფონური ქარის დროს.

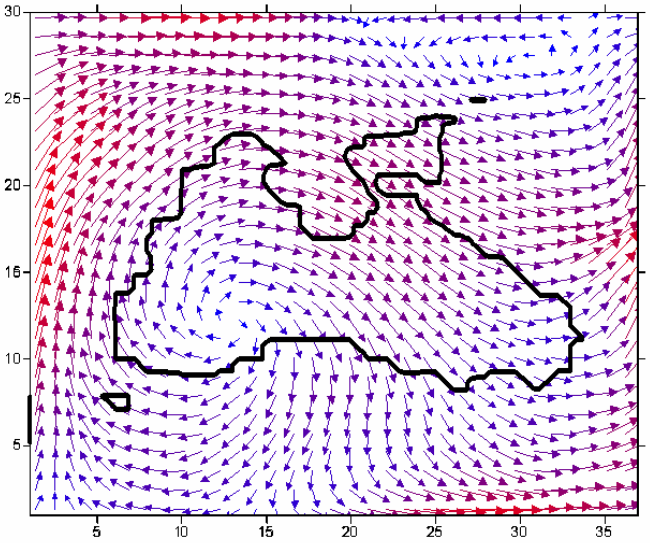
შესწავლილია სინოპტიკური მასშტაბის ციკლონური და ანტიციკლონური ბარიული სიტემების გადაადგილების შემთხვევაში მეტეოროლოგიური ველების სივრცული და დროითი ცვლილება. ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 29-ზე ნაჩვენებია ჰაერის დინების ევოლუცია ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში 6 დღეღამის განმავლობაში იმ პირობებში,



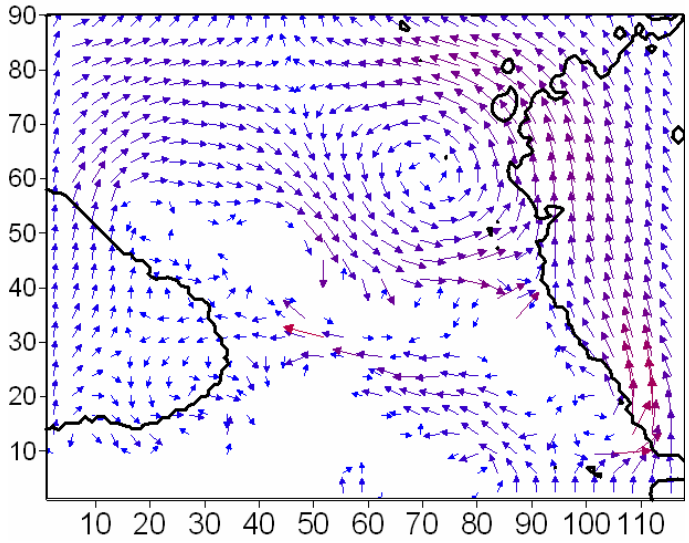
ნახ. 29. დიდმასშტაბიანი ანტიციკლონის აღმოსავლეთით გადაადგილებისას წარმოშობილი ქარის სივრცული განაწილება ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში 6 დღეღამის განმავლობაში.

როდესაც ფონური სიტუაცია შეესაბამებოდა ანტიციკლონის აღმოსავლეთით გადაადგილებას განსახილველ არეში. ნახაზიდან ცხადად ჩანს რელიეფის არსებითი

გავლენა ჰაერის დინებაზე, რის შედეგადაც ყალიბდება მეზომასშტაბური გრიგალური წარმონაქმნები. რეალიზებულია შავი ზღვისა და კავკასიის ტერიტორიაზე მეზომასშტაბური რიცხვითი მოდელი. მოდელირებული ველების ანალიზი მკაფიოდ აჩვენებს, რომ ხშირ შემთხვევაში დაიკვირვება ოროგრაფიული მეზომასშტაბური წარმოშობის ციკლონური და ანტიციკლონური გრიგალების ჩასახვა. მაგალითად, ნახ. 30-ზე კარგად ჩანს ოროგრაფიული ანტიციკლონური გრიგალის ფორმირება ცენტრით შავი ზღვის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში. ასევე, ნახ. 31-ზე დაიკვირვება მეზომასშტაბური ციკლონური გრიგალის წარმოშობა ჩრდილოეთ კავკასიაში კასპიის ზღვის სიახლოვეს.

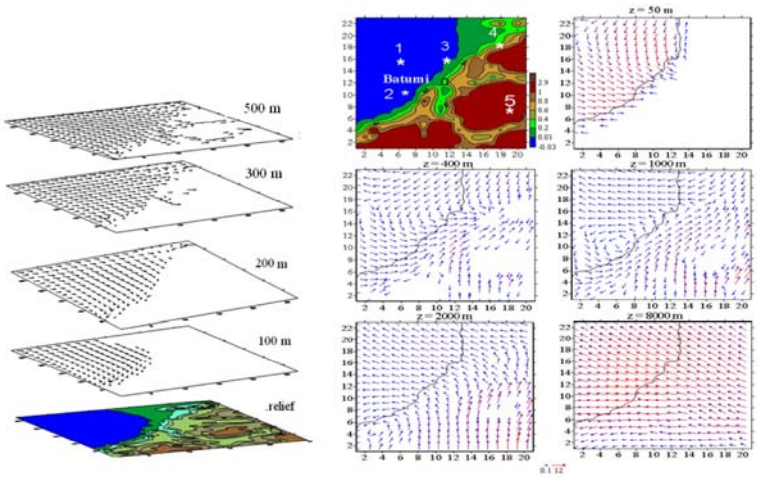


ნახ. 30. მიწისპირა ქარის ველი, როცა t = 36 სთ. ოროგრაფიული ანტიციკლონური გრიგალის წარმოშობა.

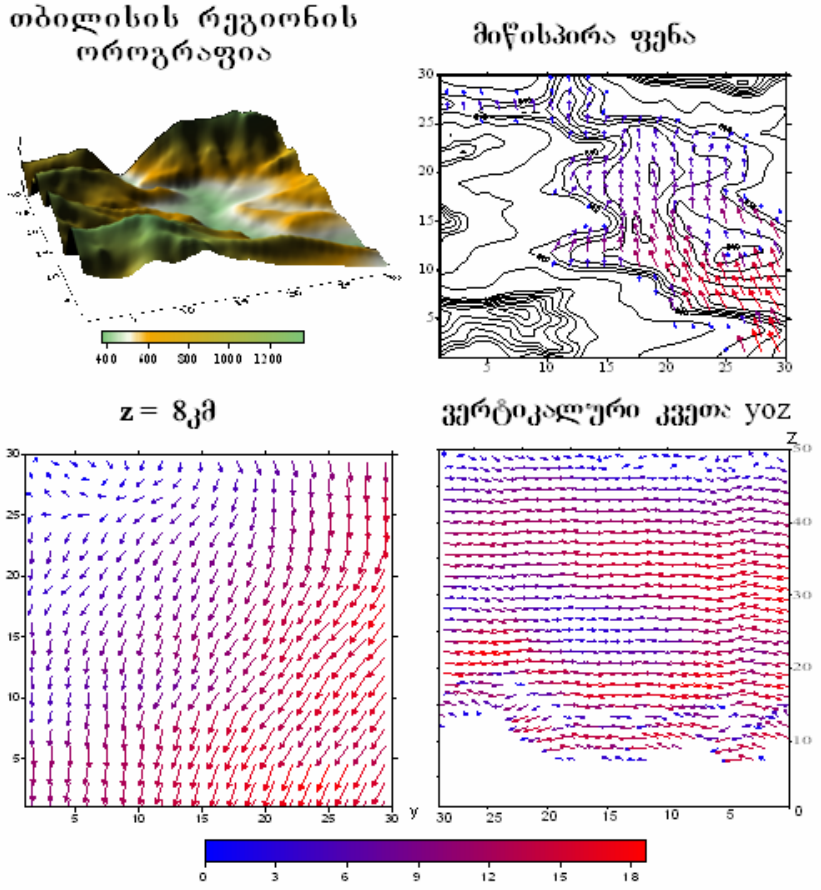


ნახ. 31. კავკასიაში 2 კმ სიმაღლეზე ფორმირებული ქარის ველი ფონური სამხრეთის ქარის დროს

ლოკალური ატმოსფერული პროცესების მოდელირების შედეგების ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 32-ზე ნაჩვენებია ქ. ბათუმის მიდამოებში ფორმირებული ჰაერის დინების ველი ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეებზე, ხოლო ნახ. 33-ზე წარმოდგენილია ქ. თბილისის რაიონში ფორმირებული ქარის ველი z = 8 კმ ჰორიზონტზე და ვერტიკალურ კვეთაში.

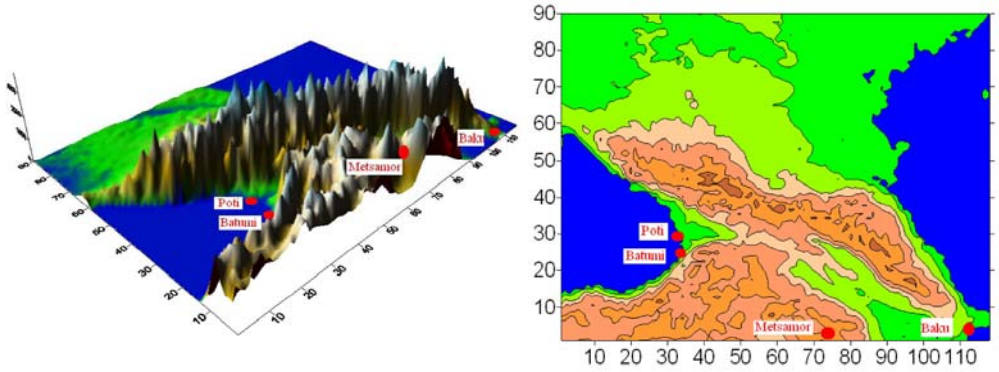


ნახ.32. ქ. ბათუმის რაიონში ფორმირებული ქარის ველი.



ნახ. 33. ქ. თბილისის რაიონში ფორმირებული ქარის ველი.

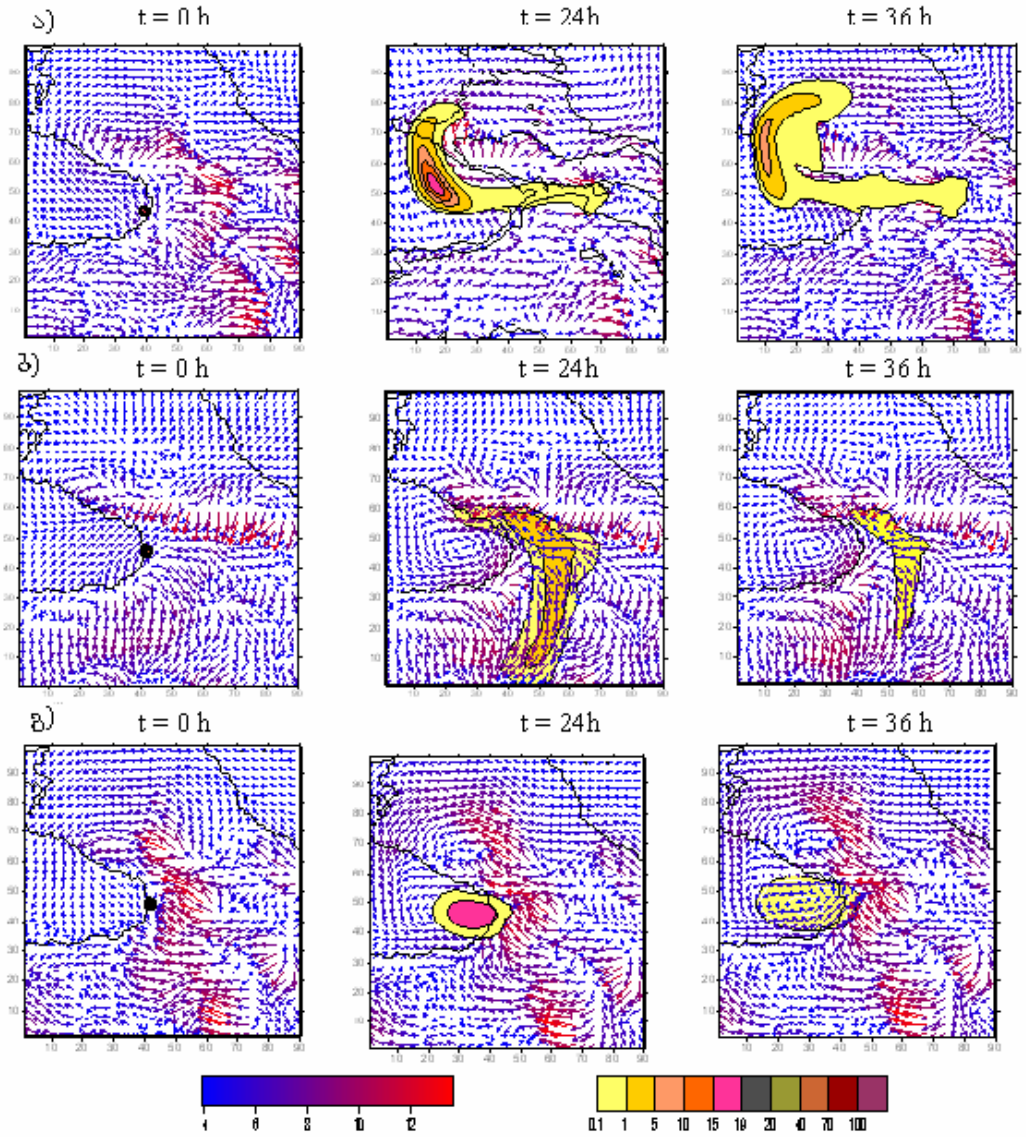
12. ატმოსფეროსა და ნიადაგში მინარევების გავრცელების მათემატიკური მოდელები [35, 79-81]. ატმოსფეროში მინარევების გავრცელების მოდელი დაფუძნებულია გადატანა-დიფუზიის 3 განზომილებიანი არასტაციონარული განტოლების რიცხვით ინტეგრირებაზე,



ნახ. 34. კავკასიის რეგიონის რელიეფი და ამოფრქვევების წყაროთა მდებარეობა.

ხოლო ნიადაგში ნავთობისა და მარილების გავრცელება აღიწერება ფილტრაციის ერთგანზომილებიანი და სამგანზომილებიანი განტოლებებით. მოდელირებული და შესწავლილია მიწისპირა და მაღლივი წყაროებიდან ამოფრქვეული მინარევების გავრცელება საქართველოსა და კავკასიის ატმოსფეროში სხვადასხვა ტიპიური მეტეოროლოგიური სიტუაციების შემთხვევაში. კერძოდ, მოდელირებულია ქალაქების ფოთის, ბაქოს და მეწამორის მიდამოებში ჰიპოთეტური ავარიის შედეგად ამოფრქვეული ნივთიერებების გავრცელება ატმოსფეროში. გამოთვლებით დადგენილია დამაბინძურებელი ღრუბლების გავრცელების შესაძლო ტრაექტორიები სხვადასხვა ფონური ქარების შემთხვევებში. ნაჩვენებია, რომ რელიეფი ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში მნიშვნელოვნად ცვლის დაბინძურების ღრუბლის გადაადგილების ტრაექტორიას. ნახ. 34-ზე ნაჩვენებია კავკასიის რეგიონის რელიეფის სივრცითი გამოსახულება და ამოფრქვევის წყაროთა მდებარეობა.

ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 35-ზე ნაჩვენებია რიცხვითი მოდელირებით მიღებული ქ. ფოთში ჰიპოთეტური ავარიისას შავი ზღვის სანაპირო ზოლის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ამოფრქვეული პასიური დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელების სურათი დასავლეთის, ჩრდილოეთისა და აღმოსავლეთის ფონური ქარის შემთხვევაში. ნახაზიდან ჩანს, რომ პასიური მინარევის გავრცელების პროცესი არსებითად დამოკიდებულია ცირკულაციურ რეჟიმზე და დაჭუჭყიანების არეების გავრცელება სხვადასხვაა ცალკეული ფონური სიტუაციების დროს. ნახ. 35ა -ზე ნაჩვენებია ქ. ფოთის მიდამოებში ატმოსფეროში გაფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერების რიცხვითი მოდელირებით მიღებული რეგიონალური გავრცელება სუსტი ფონური დასავლეთის ქარის შემთხვევაში. ნახაზიდან ჩანს, რომ პირველი 24 საათის განმავლობაში ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის დონეზე ნივთიერება გადაიტანება დასავლეთის, ჩრდილო-დასავლეთისა და აღმოსავლეთის მიმართულებებით ისე, რომ ამოფრქვეული ნივთიერების მასის ძირითადი ნაწილი გარს უვლის მთავარი კავკასიონის ქედს სამხრეთ-დასავლეთის მხრიდან და იწყებს გავრცელებას ჩრდილო კავკასიაში. გაცილებით მცირე რაოდენობის დამაბინძურებელი ნივთიერება გადაიტანება აღმოსავლეთით – სამხრეთ კავკასიის ცენტრალურ ნაწილში. ეს ნაკადი გადაევლება რიკოთის უღელტეხილს და ვიწრო ზოლის სახით ვრცელდება ქართლის ვაკის გავლით აღმოსავლეთ საქართველოში. z = 2 კმ და უფრო მაღალ დონეებზე დამაბინძურებელი ნივთიერება ვრცელდება მეტი სიჩქარით ვიდრე მიწისპირა ფენაში. ერთდროულად ფართოვდება დაბინძურების ზონა და იკავებს დიდ სივრცეს კავკასიონის ქედის დასავლეთი ნაწილის თავზე. ნივთიერების მაქსიმალური კონცენტრაცია პირველი 24 სთ-ის განმავლობაში მცირდება საწყისი 100-დან 20 პირობით ერთეულამდე. მაქსიმალური კონცენტრაცის ზონა მდებარეობს შავი ზღვის თავზე 1 კმ სიმაღლეზე. მისი მდებარეობა ამოფრქვევის წყაროდან დაშორებულია დაახლოებით 50-60 კმ მანძილზე.

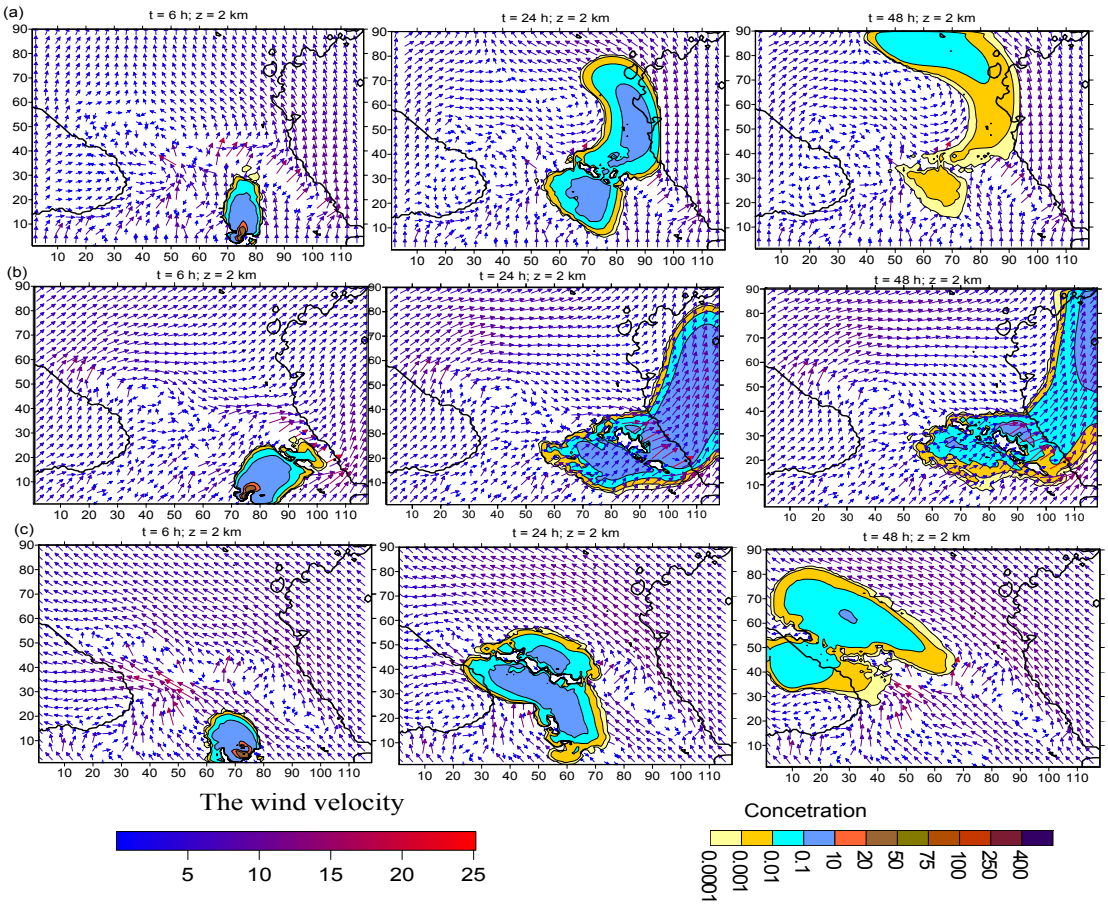


ნახ. 35. დინების ველი შავი ზღვის სანაპირო ზოლში და პასიური დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელება დასავლეთის (ა), ჩრდილოეთის (ბ) და აღმოსავლეთის (გ) ფონური ქარის შემთხვევაში. დაჭუჭყიანების წყარო მდებარეობდა ქ. ფოთში.

ფონური ჩრდილოეთის ქარის შემთხვევაში დამაბინძურბელი ნივთიერების ღრუბელი ამოფრქვევის ადგილიდან გადაადგილდება აღმოსავლეთის და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით (ნახ 35ბ). ლიხის და მცირე კავკასიონის ქედების შემაფერხებელი ზემოქმედების შედეგად, ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში, როცა t = 24 და 36 სთ, დაბინძურებული ზონა გაჭიმულია ნამგლის ფორმის ვიწრო ზოლის სახით გურიის, აჭარისა და ჩრდილო-აღმოსავლეთ თურქეთის თავზე. დროის აღნიშნული მომენტებისათვის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები საწყის მნიშვნელობასთან შედარებით შემცირებულია დაახლოებით 20 და 100 ჯერ, შესაბამისად.

ამოფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში როცა t = 36 სთ ძირითადად კონცენტრირებულია კოლხეთის დაბლობის ზღვისპირა ტერიტორიაზე და შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროზე (ნახ. 35გ). ის ვრცელდება როგორც ერთიანი ღრუბელი და არაა დეფორმირებული ოროგრაფიის გავლენით. დაბინძურების ღრუბლის ჰორიზონტალური გადადგილების სიჩქარე შეადგენს დაახლოებით 10-12 კმ/სთ-ს.

მოდელირების გზით შესწავლილი იყო ქ. მეწამორში ჰიპოთეტური ამოფრქვევის შემთხვევაში იოდ-131 (I^{131}) –ის შესაძლო გავრცელება სამხრეთის, სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ქარების პირობებში.

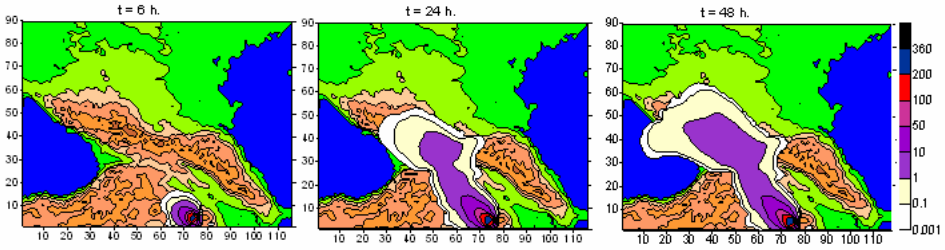


ნახ. 36. მეწამორის აეს შესაძლო ამოფრქვევის შემთხვევაში ატმოსფეროში I^{131}-ის გავრცელების ტრაექტორიები ფონური სამხრეთის, სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ქარების შემთხვევებში.

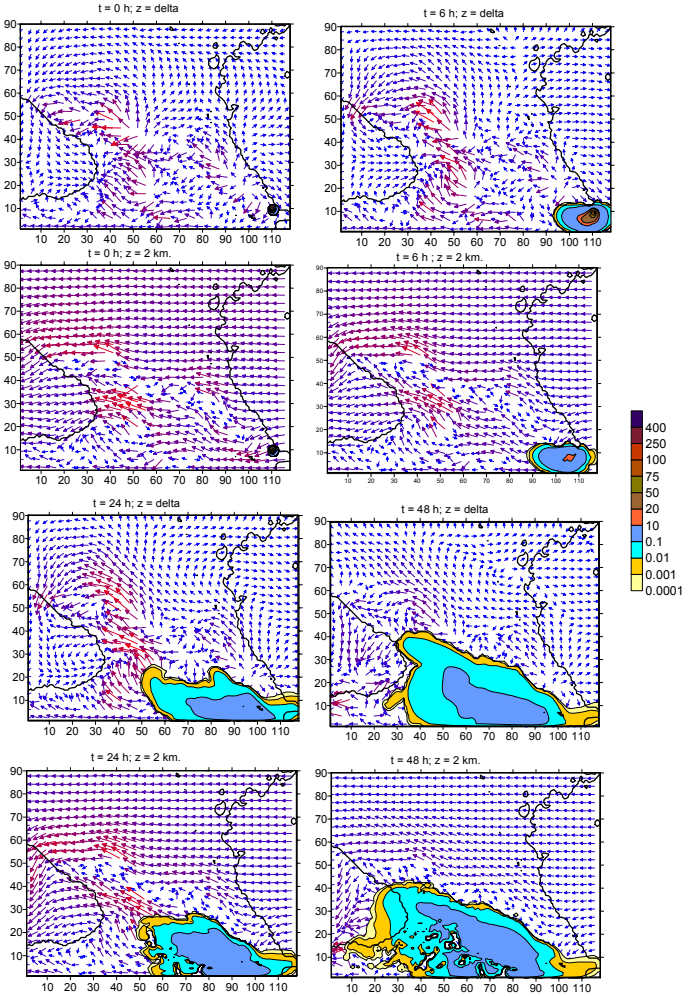
განხილული იქნა 10 მკმ ზომის ნაწილაკების გადატანა და ნიადაგის ზედაპირზე მისი დალექვა ფონური სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარის დროს. ^{131}I – ის დაშლის ნახევარპერიოდი $T_{rad} = 8.02$ დღეს, სედიმენტაციის სიჩქარე – $W_0 = 1$ სმ/წმ.

რადიაქტიური ღრუბელი, რომელიც შეიძლება ამოიფრქვეს ჰიპოთეტური ავარიის შედეგად, პირველი 24 სთ-ის განმავლობაში ვრცელდება სამხრეთ კავკასიის ტერიტორიაზე (ნახ. 36ა). დროის შემდგომ მომენტებში რადიაქტიული მტვრის ღრუბლის ნაწილი გადაევლება მთავარ კავკასიონის ქედს და მიყვება მის ჩრდილოეთ, სამხრეთ კალთებს და შავი ზღვის სანაპირო ზოლს. რადიაქტიური მტვერი აღწევს რა ზღვას, ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში ფორმირებული მეზომასშტაბის მქონე ქარის სიჩქარის ციკლონური გრიგალის მოქმედებით, გადაიტანება სამხრეთით და იკავებს მნიშვნელოვან სივრცეს შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ რადაქტიურ ღრუბელს სჭირდება დაახლოებით 20 საათი იმისთვის, რომ მიაღწიოს შავი ზღვის სანაპირო ზონამდე. ამ მომენტისათვის მისი კონცენტრაცია ატმოსფეროში მაქსიმალურთან შედარებით შემცირებულია 100 – ჯერ და უფრო მეტად.

რადიაქტიური მტვერი გავრცელებისას ნიადაგზე ტოვებს დანალექის ფართო ზოლს ამოფრქვევის ადგილიდან შავი ზღვის სანაპიროს ჩათვლით. ნიადაგზე დაფენილი აეროზოლის ზედაპირული სიმკვრივე მაქსიმალურია წყაროს მიდამოებში და სწრაფად მცირდება პერიფერიისაკენ (ნახ. 37).



ნახ. 37. მეწამორის აეს შესაძლო ავარიული ამოფრქვევის შემდეგ ნიადაგზე დალექილი I^{131}-ის კონცენტრაციები ფონური სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარის დროს.



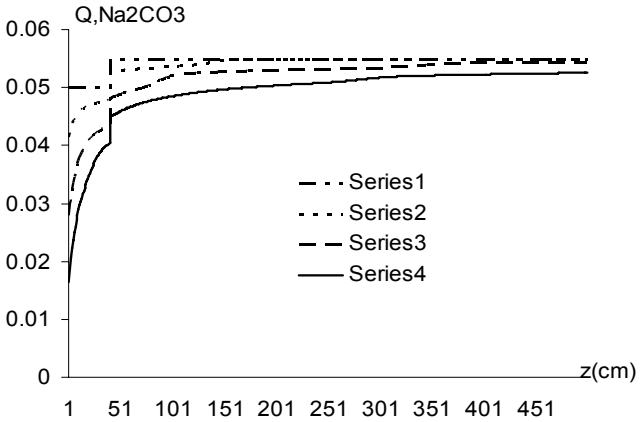
ნახ. 38. ქარის სიჩქარისა და ქ. ბაქოში ამოფრქვეული ნივთიერების კონცენცენტრაციის განაწილება ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში როცა t = 0, 6, 24 და 48 სთ ფონური აღმოსავლეთის ქარის დროს.

ნახ. 38 -ზე ილუსტრირებულია ქ. ბაქოში ამოფრქვეული დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელება ფონური აღმოსავლეთის ქარის დროს. ნახაზოდან ჩანს, რომ პირველი 6 სთ-ის განმავლობაში დამაბინძურებელი ნივთიერება ძირითადად ლოკალიზირებულია აფშერონის ნახევარკუნძულის მიდამოებში 300 კმ სიგრძისა და 150 კმ სიგანის ელიფსური ფუძის მქონე ცილინდრულ არეში. შემდეგ დამაბინძურებელი ნივთიერების ღრუბელი ვრცელდება მცირე კავკასიონის ქედის ჩრდილოეთი კალთის გასწვრივ მუგამისა და შირვანის დაბლობების თავზე და იკავებს ჩრდილოეთ სომხეთისა და დასავლეთ აზერბაიჯანის ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენის დიდ ნაწილს. ამოფრქვევის დაწყებიდან 48

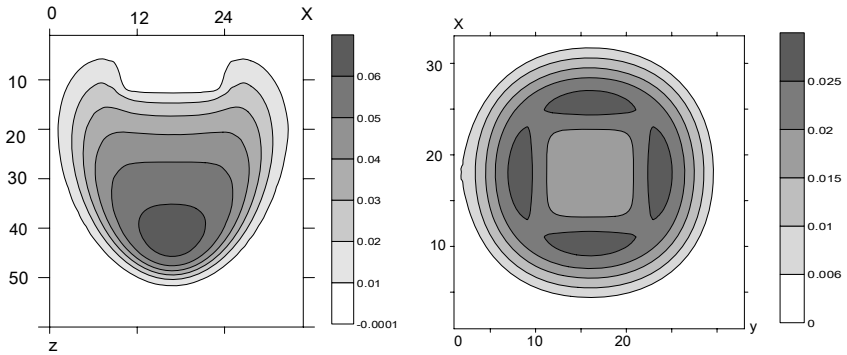
საათის შემდეგ დაბინძურება გავრცელებულია მთელ სამხრეთ კავკასიაში კასპიის ზღვიდან შავ ზღვამდე.

სექტორში შემუშავებული ნიადაგის მარილიანობის ცვლილების რიცხვითი მოდელი აღწერს ნიადაგში მელიორაციის შედეგად მარილების ცვლილებას, ხოლო დაღვრილი ნავთობის ნიადაგში გავრცელების მოდელი აღწერს მიწის ზედაპირზე დაღვრილი ნავთობის სივრცით გავრცელებას ნიადაგის 2 მეტრიან ფენაში. მოდელი, შემდგომი განვითარების გზით, შეიძლება გამოყენებული იქნას პრაქტიკული გამოყენების ამოცანების გადასაჭრელად. კონცენცენტრაციის განაწილება ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში როცა t = 0, 6, 24 და 48 სთ ფონური აღმოსავლეთის ქარის დროს.

ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 39-ზე ნაჩვენებია ნატრიუმის კარბონატის მყარი ფრაქციის განაწილება ნიადაგში და მისი ცვლილება თვეების მიხედვით, ხოლო ნახ. 40-ზე ჩაჟონილი ნავთობის კონცენტრაციები ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში 200 დღის შემდეგ.



ნახ. 39. ნატრიუმის კარბონატის მყარი ფრაქციის განაწილება ნიადაგში, როცა t = 0, 1, 3 და 6 თვე.

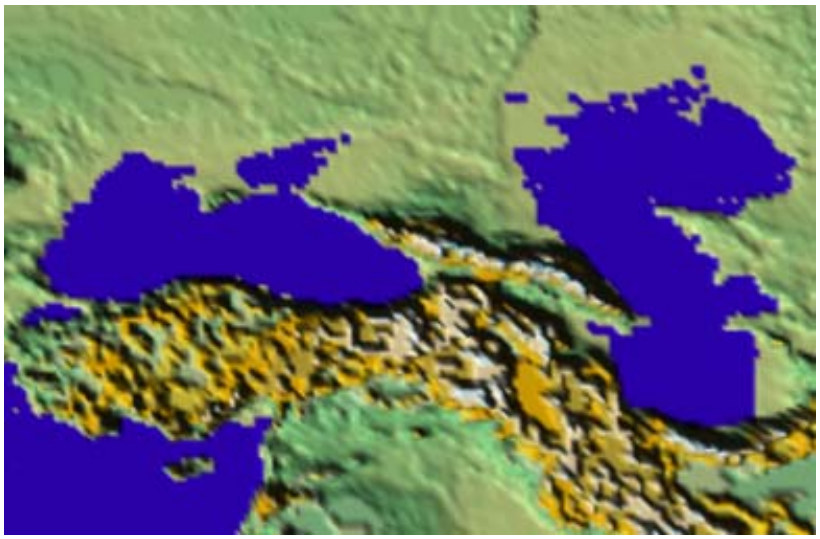


ნახ. 40. ჩაჟონილი ნავთობის კონცენტრაციები ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში 200 დღის შემდეგ. ვერტიკალური ბიჯი ტოლია 10 სმ, ჰორიზონტალური – 20 სმ.

13. ზღვა-ხმელეთი-ატმოსფეროს ერთიანი ჰიდროდინამიკური მოდელი. შავი ზღვა და ატმოსფერო ერთიანი ჰიდროთერმოდინამიკური სისტემაა და ამიტომ გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებასთან დაკავშირებული პრობლემების, შავი ზღვის მდგომარეობისა და ამინდის პროგნოზის, ასევე რეგიონული კლიმატის ცვლილების პროგნოზის ამოცანის წარმატებით გადაჭრა შესაძლებელია ზღვაში, ხმელეთზე და ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების ერთიანობაში განხილვის გზით. აღნიშნული ფაქტიდან გამომდინარე, გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორში დაგეგმილია ზღვა-ხმელეთი-ატმოსფეროს ერთიანი ჰიდროდინამიკური მოდელის შემუშავება, რომელიც

დაეფუძნება სექტორში შემუშავებულ ზემოთ აღნიშნულ ზღვისა და ატმოსფეროს მათემატიკურ მოდელებს.

ზღვა-ხმელეთი-ატმოსფეროს ერთიანი მოდელის შემუშავება მჭიდრო კავშირშია ოკეანე (ზღვა)-ატმოსფეროს ურთიერთქმედების პრობლემასთან. ერთიანი გლობალური ჰიდროდინამიკური მოდელების შემუშავება დაიწყო, ძირითადად, გასული საუკუნის 70-იან წლებში და ასეთი მოდელები სათვლელი ბადის დიდი სივრცითი ბიჯის გამო, პრაქტიკულად ვერ აღწერდნენ ფიზიკური პროცესების რეგიონალურ თავისებურებებს. მაგალითად, ასეთ მოდელებში შავი და კასპიის ზღვები "არ არსებობენ", ხოლო კავკასიის რთული რელიეფი პრაქტიკულად იგნორირებულია [82-85]. უნდა აღინიშნოს, რომ ამჟამად ოკეანე-ატმოსფეროს ცალკეული გლობალური მოდელები იყენებენ ცვლადი ბიჯის მქონე ჰორიზონტალურ ბადეს დედამიწის გარკვეულ რეგიონებში შედარებით მაღალი გარჩევისუნარიანი ველების მისაღებად [86]. გარდა ამისა, შემუშავებულია ზღვა-ატმოსფეროს რეგიონალური წყვილური მოდელები **RegCM3, HadRM, HIRHAM, REMO** და სხვ [87-90], რომლებიც წარმატებით გამოიყენება დედამიწის ცალკეული რაიონებისათვის, როგორც შემოსაზღვრული არეალის მქონე მოდელები **(limited area coupled models)**. ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შავი ზღვის რეგიონისათვის აღნიშნული მოდელები რეალიზებული არ ყოფილა. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ერთიანი (წყვილური) რეგიონული მოდელი განსხვავებული იქნება ლიტერატურაში ცნობილ წყვილური მოდელებისაგან ცალკეული ფიზიკური პროცესების გათვალისწინების მეთოდიკით (მაგ., ქვეფენილ ზედაპირთან ურთიერთქმედება) და ამოხსნის რიცხვითი ალგორითმით.

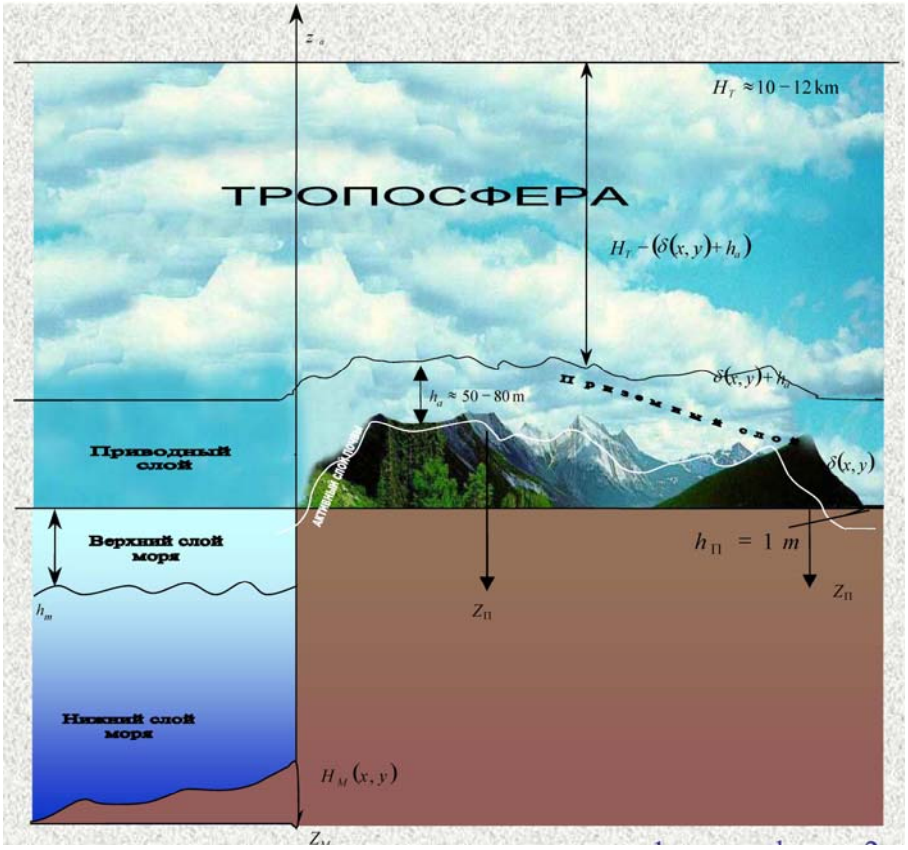


ნახ. 41. ზღვა-ხმელეთი-ატმოსფეროს ერთიანი მოდელის რეალიზაციის არე.

ერთიანი მოდელის განტოლებათა ამოხსნის არის ჰორიზონტალური ზომების განსაზღვრისას გათვალისწინებული უნდა იყოს ის ფაქტორი, რომ ატმოსფეროსა და ზღვაში მიმდინარე პროცესების სივრცით-დროითი მასშტაბები ერთმანეთისაგან განსხვადებიან. მაგალითად, თუ შემოვისაზღვრებით ატმოსფეროს მხოლოდ იმ ნაწილით, რომელიც თანაზომადია შავი ზღვის აკვატორიასთან, მაშინ ატმოსფერული პროცესების სწრაფი ცვალებადობის გამო, მოდელი ვერ შეძლებს ამ ორი გარემოს ურთიერთქმედების კორექტულ ასახვას. ამიტომ აუცილებელია განხილულ იქნას ერთიანი მოდელი გაფართოებული არისათვის, რომელიც მოიცავს შავ და კასპიის ზღვებს და აღმოსავლეთ ხმელთაშუა ზღვის ნაწილს (იხ., ნახ. 41).

ერთიანი მოდელის სტრუქტურა და მისი აგების თეორიული საფუძვლები აღწერილია ჩვენს მიერ [15, 91-93] - ში. მოდელის ვერტიკალური სტრუქტურა მოცემულია ნახ. 42-ზე, ხოლო მისი შემადგენელი ცალკეული მოდულები და ერთიანი მოდელის ფუნქციონირების სქემა ნაჩვენებია ნახ. 43-ზე. ერთიანი მოდელი შედგენილია ცალკეული ბლოკებისაგან, რომელთაგან თითოეული ხასიათდება გარკვეული ინდივიდუალობით, აქვს დამოუკიდებელი მნიშვნელობა და ამავე დროს წარმოადგენს საერთო მოდელის

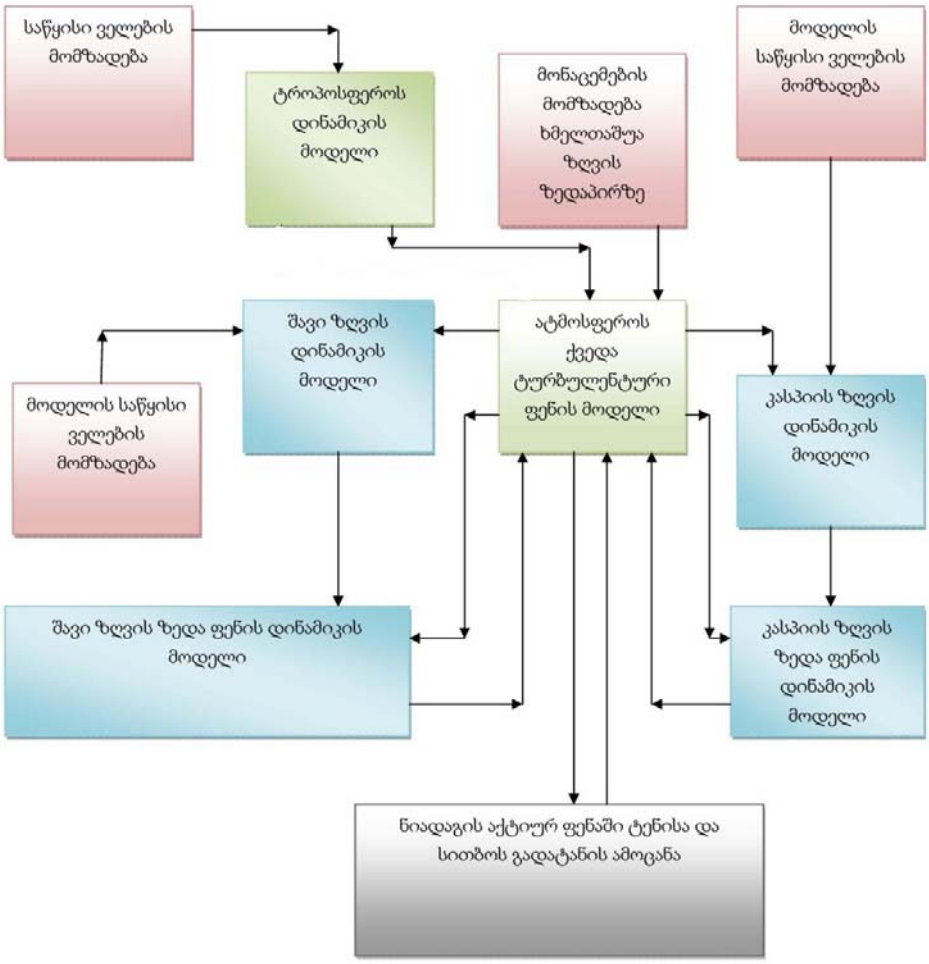
შემადგენელ ნაწილს. ყოველი ბლოკი წარმოადგენს მათემატიკურ მოდელს, რომელიც ასახავს გარემოს ცალკეულ ობიექტებში (ზღვა, ატმოსფერო, ნიადაგის აქტიური ფენა) მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკურ პროცესებს. მოდელს საფუძვლად დაედება ზღვისა და ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემები, ნიადაგში სითბოსა და ტენის გადატანის განტოლებები.



ნახ. 42. ზღვა-ხმელეთი-ატმოსფეროს ერთიანი მოდელის ვერტიკალური სტრუქტურა.

ზღვა-ხმელეთი-ატმოსფეროს ერთიანი რეგიონული მოდელი საფუძვლად დაედება კავკასიის რეგიონის ბუნებრივი გარემოს (შავი და კასპიის ზღვები, ატმოსფერო, ხმელეთი) მდგომარეობის მონიტორინგისა და პროგნოზის სისტემის შემუშავებას, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ ოპერატიული ინფორმაცია ზღვების, ატმოსფეროსა და ნიადაგის ჰიდროთერმოდინამიკური და ეკოლოგიური მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრების ცვლილებების შესახებ კავკასიის ბუნებრივ გარემოში

ამგვარად, შეიძლება ითქვას, რომ მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორში მიმდინარე და მომავალი სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები მეტად აქტუალურია და დიდი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულება გააჩნიათ ჩვენი ქვეყნისათვის. მათ აქტუალობას განაპირობებს ისიც, რომ ისინი აუცილებელია ამინდისა და ზღვის მდგომარეობის პროგნოზის და რეგიონული კლიმატის ანთროპოგენური ცვლილებათა პრობლემების წარმატებით გადასაწყვეტად.



ნახ. 43. ზღვა-ხმელეთი-ატმოსფეროს ერთიანი მოდელის ფუნქციონირების სქემა.

ავტორი გულითად მადლობას უცხადებს სექტორის მთავარ მეცნიერ თანამშრომელს, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორს დ. დემეტრაშვილს სტატიის გაფორმებაში აღმოჩენილი დახმარებისათვის. ავტორი ასევე მადლობელია სექტორის თანამშრომლებისა, რომლებმაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს სექტორის სამეცნიერო მიღწევებში. სტატიაში მოყვანილი ამოცანები პერიოდულად მოხსენებული იყო ზემოთ აღნიშნულ საქალაქო სემინარზე, სადაც სემინარის მონაწილეთა მხრიდან გამოთქმული სასარგებლო შენიშვნები და რჩევები მნიშვნელოვნად ხელს უწყობდა სექტორის სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ეფექტურობის ამაღლებას, ამიტომ ავტორი დიდად მადლობელია სემინარის მონაწილეებისა.

სტატიაში წარმოდგენილი შედეგების გარკვეული ნაწილი მიღებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის ფარგლებში (გრანტის შიფრია AR/373/9-120/12).

ლიტერატურა

1. Mirtskhulava Ts. Prompt prognosis of the condition of the Black Sea is the way of its rescue. *Abstracts of Papers of UNESCO Conference "The Sea and Man",* Tbilisi, 1995, pp.136-137.
2. Гулин С. Б. Исследование процессов эвтрификации радиоактивного и и химического

Загрязнения Черного моря с использованием природных и антропогенных радиотрассеров. Автореферат диссертации на соискание уч. степени доктора биологических наук. Севастополь, 2002.
3. Mironescu L. The fight against harm to the environment in the Black Sea. Parlamentaty Assembly Recommendation 1837, Doc.11632. 2008.
4. Lupsor S., Stanciu G., Epure D., Chirila E. Heavy metals and Pecticides analysis from Black Sea Algae. Series: "Nato Science for peace and Security Series C: Environmental Security". Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution-Contemporary Methodology. 2009, pp. 431-437. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-90-481-2335-3_34 .
5. Коротаев Г. К., Еремеев В. Н. Введение в оперативную океанографию Черного моря. Севастополь. НПЦ "ЭКОСИ-Гидрофизика", 383 с.
6. Джаошвили Ш. В. Речные наносы и пляжеобразование на Черноморском побережье Грузии. Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1986, 157 с.
7. Kordzadze A., Kvaratchelia D., Demetrashvili D. On the specification of the eddy viscosity coefficient in the Black Sea dynamics barotropic problem. J. Georgian Geophys.Soc., Tbilisi, 1998, v.3b, pp.59-65.
8. Кордзадзе А.А. Математическое моделирование динамики морских течений (теория, алгоритмы, численные эксперименты). Москва, ОВМ АН СССР, 1989. 128 с.
9. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И. Численные эксперименты по модели динамики Черного моря, учитывающей поглощение солнечной радиации. Вычислительная математика и математическое моделирование. *Труды международной конференции, посвященной 75-летию акад. Г. И. Марчука и 20-летию основания Института Вычислительной математики Российской АН.* Москва., 2000, Т. 1, с.125-134.
10. Kordzadze A., Demetrashvili D. Numerical modeling of inner-annual variability of the hydrological regime of the Black Sea with taking into account of alternation of different types of the wind above its surface. Proceed. of Intern. Conference: "*A year after Johanesburg-Ocean Governance and Sustainable Development: Ocean and Coasts – a Glimpse into the Future"*. Kiev, Ukraine, October 27-30, 2003. pp.495-505.
11. Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И. Численное моделирование влияния нестационарных атмосферных процессов на гидрологический режим Чёрного моря. *В кн: Труды междун. конференции по математическим методам в геофизике "MMG-2003"*, Часть II. Новосибирск, 8-12 октября, 2003, с.353-357.
12. Kordzadze A., Demetrashvili D. Results of numerical experiment on modeling of inner-annual hydrological regime of the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc., 2003, v.8b, pp. 3-18.
13. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. О реакции гидрологического режима Чёрного моря на изменчивость атмосферных процессов. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь, Украина, 2004, вып. 10, с. 265-277.
14. Кордзадзе А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А.О циркуляции в Чёрном море при очень сильных и слабых ветрах. Метеорология и гидрология 2007, N9, с.58-64.
15. Kordzadze A. Mathematical modelling of dynamical and ecological processes in the system sea-land–atmosphere. Air, Water and Soil Quality Modeling for risk and impact assessment. Springer, 2007, pp. 181-193.
16. Кордзадзе А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. Численное моделирование гидрофизических полей Чёрного моря в условиях чередования атмосферных циркуляционных процессов. Изв. РАН, Физика атмосферы и океана 2008, т.44, N 2, с.227-238.
17. Кордзадзе А. А., Скиба Ю. Н. Численные расчеты основных характеристик Черного Моря в рамках трехмерной модели. Препринт ВЦ СО СССР Новосибирск 1973, 34 с.
18. Марчук Г.И., Кордзадзе А.А., Скиба Ю.Н. Расчет основных гидрологических полей Черного моря на основе метода расщепления. Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1975. Т. 11. № 4. С. 379–393.
19. Марчук Г.И., Кордзадзе А.А., Залесный В.Б. Проблема математического моделирования морских и океанических течений. Дифференциальные и интегральные уравнения. Краевые задачи. Тбилиси: Изд_во Тбилисского гос. ун_та, 1979. С. 99–151.

20. Марчук Г.И., Кордзадзе А.А. Теория возмущения и постановка обратных задач динамики океана. Труды Тбилисского университета. Математика, механика, астрономия. 1986. Т. 259. № 19–20. С. 49–65.
21. Марчук Г.И., Кордзадзе А.А. Численное моделирование динамики моря на основе метода расщепления. Численное моделирование климата Мирового океана. Моосква, ОВМ АН СССР, 1986. С. 151–163.
22. Марчук Г. И., Кочергин В. П., Саркисиан А. С., Залесный В. В., Кордзадзе А. А., Кузин В. В. и др. Математические модели циркуляции океана. Новосибирск, Наука, 1980, 288 с.
23. Кордзадзе А. А. Об единственности решения одной задачи динамики океана. ДАН СССР, 1974, т.219, № 4, с.856-859.
24. Кордзадзе А. А. К единственности решения квазилинейной задачи динамики океана. В кн.: Некоторые проблемы вычислительной и прикладной математики. Новосибирск, Наука, 1975, с.77-89.
25. Кордзадзе А. А. О разрешимости одной стационарной задачи динамики бароклинного Океана, *ДАН СССР* 1977, т. 232, №2, с. 308-311.
26. Кордзадзе А. А. О разрешимости задач динамики океана с учетом ветровых течений ДАН СССР, 1977 т.237, №1, с. 52-55.
27. Кордзадзе А. А. О разрешимости трехмерной стационарной квазилинейной задачи бароклинного океана. *ДАН СССР*. 1979, т.244, №1, с. 40-43.
28. Марчук Г. И., Кордзадзе А. А. Разрешимость трехмерных нестационарных задач динамики бароклинного океана. В кн: *Математическое моделирование динамики океана часть II.* ВЦ АН СССР, Новосибирск, 1980, с. 114-139.
29. Кордзадзе А. А. Математические вопросы решения задач динамики океана. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1982, 148 с.
30. Сухоносов В. И. О корректности в целом трехмерной задачи динамики океана. В кн.: Механика неоднородных сплошных сред. Новосибирск, СО АН СССР, 1981, вып.52, с. 37-53.
31. Марчук Г.И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1974, 303 с.
32. Марчук Г.И. Численные методы в прогнозе погоды. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1967, 353 с.
33. Girgvliani A., Kukhalashvili V. Numerical modeling of the large-scale hydrothermodynamical characteristics of the Caspian Sea. J. Georgian Geophys. Soc., 1999, v.4B, pp.40-47.
34. Kordzadze A., Demetrashvili D. Numerical modeling of distribution of the oil pollution in the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc., 2000, v. 5b, pp.12-20.
35. Kordzadze A., Demetrashvili D., Surmava A. A. A numerical study of spreading of the oil pollution in the natural environment. Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности. Киев, Украина, 2005, N 2, pp. 77-84.
36.Кордзадзе А., Demetrashvili D., About the forecast of distribution of anthropogenous impurity and about an establishment of coordinates of a source of pollution in the Black Sea. *Proceed. of the 2st Intern. Silk Road Symposium "BSEC Studies",* Tbilisi, 6-7 May, 2005, pp.103-109.
37. Kordzadze A., Demetrashvili D. I. Pollution of the Black Sea and its study by methods of mathematical modeling. J. Georgian Geoph. Soc., 2010, v.14b, pp.53-74.
38. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. Москва, Наука, 1982, 320 с.
39. Kordzadze A., Demetrashvili D. 3D numerical model of distribution of nonconservative admixture in the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc., 2000, v. 5b, pp.3-11.
40 .Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. Численное моделирование распространения примеси в Чёрном море и в атмосфере Кавказа. Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности, 2004, N 6, pp.31-41.
41. Kordzadze A., Demetrashvili D. Numerical experiments on the determination of the pollution source location in the Black Sea. 2D problem. J. Georgian Geophys. Soc., 2001, v. 6b, pp.13-42.
42. Kordzadze A., Demetrashvili D. Numerical experiments on the determination of the pollution source location in the Black Sea. 3D problem. J. Georgian Geophys. Soc., 2001, v. 6b, pp.3- 12.

43. Kordzadze A. A, Demetrashvili D. I. Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP. Ocean Science, 2011, 7, *pp.* 793- 803, www.ocean-sci.net/7/793/2011/, doi: 10.5194/os-7-793-2011.
44. Korotaev, G., Cordoneanu, E., Dorofeev, V., Fomin, V., Grigoriev, A., Kordzadze, A., Kubriakov, A., Oguz, T., Ratner, Yu., Trukhchev, D., Slabakov, H.: Near-operational Black Sea nowcasting/forecasting system, in: European Operational Oceanography: Present and Future. 4th EuroGOOS Conference, 6-9 June 2005, Brest, France,. 269-275, 2006.
45. Kubryakov, A., Grigoriev, A., Kordzadze, A., Korotaev, G., Trukhchev, D., Fomin, V.: Nowcasting/Forecasting subsystem of the circulation in the Black Sea nearshore regions, in: European Operational Oceanography: Present and Future. 4th EuroGOOS Conference, 6-9 June 2005, Brest, France,. 605-610, 2006.
46. Korotaev G.K., Oguz T., Dorofeev V.L. et al. Development of Black Sea nowcasting and forecasting system. Ocean Science. 2011. V. 7. P. 629–649, doi: 10.5194/os_7_629_2011.
47. Kubryakov A.I., Korotaev G.K., Dorofeev V.L. et al. Black Sea Coastal forecasting system // Ocean Science. 2012. V. 8. P. 183–196. doi: 10.5194/os_8_183_2012.
48. Kordzadze AA., Demetrashvili D. I. Some results of forecast of hydrodynamic processes in the easternmost part of the Black Sea. J. Georgian Geophy. Soc., 2010, 14b, pp. 37-52.
49. Кордзадзе А., Деметрашвили Д. Некоторые примеры численного прогноза гидрофизических полей в Грузинском секторе Чёрного моря. Труды Инст. геофизики им. М. З. Нодия, 2010, T.LXII, с. 82-104.
50. Kordzadze A., Demetrashvili D. Forecast of circulation processes in the Georgian Black Sea coastal zone by the high-resolution regional model of the Black Sea dynamics. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული. Tbilisi, 2010. #65, გვ. 140-146.
51. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I. Forecast of the Black Sea state in the Georgian coastal Zone. *Proceed. of the Intern. Conference "Environment and Global Warning" devoted 100-years of acad. T. Davitaia ,* Tbilisi, 15-17 September 2011, pp.274-279.
52. Kordzadze A., Demetrashvili D. Coastal forecasting system for the easternmost part of the Black Sea. Abstracts. *3-rd Bi-annual BS Scientific and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference, 31st October – 4 st November 2011*, Odessa, Ukraine.
53. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И. Региональная оперативная система прогноза состояния восточной части Чёрного моря. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа. Севастополь/Украина, 2011, Выпуск 25, т. 2, с. 136-147.
54. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И. Краткосрочный прогноз гидрофизических полей в восточной части Черного моря. Известия РАН, Физика атмосферы и океана, 2013, т.49, № 6, с.733-745.
55. Кордзадзе А. А, Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А., Кухалашвили В. Г. Некоторые особенности динамического режима восточной части Черного моря по результатам моделирования и прогноза гидрофизических полей за 2010-2013 гг. Труды Института геофизики им. М. Нодиа. 2013, т.LXIV.
56. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I., Surmava A. A. Dynamical processes developed in the easternmost part of the Black Sea in warm period for 2010-2013. J. Georgian Geophys. Soc., 2013, v.16b.
57. Korotaev, G., Oguz, T., Nikiforov, A., and Koblinsky, C.: Seasonal, interannual, and mesoscale variability of the Black Sea upper layer circulation derived from altimeter data, J. Geophys. Res., 108, 3122, doi:10.1029/2002JC001508, 2003.
58. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I., Kukhalashvili V. G. On the effective numerical methods of solution of shallow water problem. Realization of the model for the easternmost part of the Black Sea. J. Georgian Geoph. Soc., 2011-2012, v.15b, pp.
59. Kordzadze A., Demetrashvili D., Surmava A., Kacharava G. Numerical modeling of local circulation and sedimentation of Rioni River alluvium in the Georgian Black Sea coast (water area of Poti city). J. Georgian Geophys. Soc. 2004, vol. 9b, pp.3-17.
60. Kiknadze A., Kordzazde A., Demetrashvili D., Surmava A. Kacharava G. Simmulation of diffusion and sedimentation of Rioni River Alluvium in the Georgian Black Sea coast (water area of Poti city). Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. 2006, v.173, N 3. pp.504-506.

61. Кибель И. А. Введение в гидродинамические методы краткосрочного прогноза погоды. Москва, Гостехиздат, 1957, 375 с.
62. Гутман Л. Н. Введение в нелинейную теорию мезомасштабных процессов. Ленинград, Гидрометиздат, 1969, 285 с.
63. Матвеев Динамика облаков. Ленинград, гидрометеоиздат, 1981, 311 с.
64. Демидов Г. В. Некоторые теоремы о решениях одной задачи метеорологии. Докл. АН СССР,1966, т.166, № 4, с.106-108.
65. Бубнов М. А., Кажихов А. В. Теоремы существования и единственности в некоторых задачах линейной теории океанических циркуляций. В кн.: Динамика сплошной среды. Новосибирск, 1970, вып. 6, с.223-237.
66. Бубнов М. А., Кажихов А. В. Однозначная разрешимость основной краевой задачи линейной теории океанической циркуляции. Докл. АН СССР, 1971, т.198, № 4, с.81-84.
67. Марчук Г. И., Дымников В. П., Залесный В. А. Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. Ленинград., Гидрометеоиздат, 1987, 296 с.
68. Деметрашвили Д. И., Кордзадзе А. А. Нестационарная пространственная модель атмосферных процессов, обусловленных орографической неоднородностью подстилающей поверхности. Сообщения АН Грузии, 1995, т. 152, N 1, с. 87-91.
69. Kordzadze A. A., Surmava A. A. Mathematical modeling of middle-scale movements over the Caucasus region in free atmosohere. J. Georgian Geophys. Soc., 1998, v.3b, pp.66-77.
70. Surmava A. A., Kordzadze A. A. The numerical investigation of air motion over Caucasian region in case of background northern wind. J. Georgian Geophys. Soc., 1999, v.4B, pp.48-60.
71. Surmava A. A., Kordzadze A. A. The numerical investigation of air motion over Caucasian region in case of background eastern wind. J. Georgian Geophys. Soc., 1999, v.4B, pp.61-72.
72. Surmava A. A. The numerical investigation of air motion over Caucasian region in case of background southern wind. J. Georgian Geophys. Soc., 2000, v.5B, pp.39-50.
73. Kordzadze A. A., Surmava A. A. The numerical investigation of the meteorological fields distribution in the Caucasian Region in the presence of the background western wind. I. The pressure, the temperature fields of the atmosphere, the soil and the seas. J. Georgian Geophys. Soc., 2002, v.7B, pp.20-31.
74. Kordzadze A. A., Surmava A. A. The numerical investigation of the meteorological fields distribution over the Caucasian Region in the presence of the background western wind. II. The wind and vertical velocity fields. J. Georgian Geophys. Soc., 2002, v.7B, pp.32-45.
75. Kordzadze A., Surmava A., Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Kacharava G. Numerical modeling of air motion over the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc., 2005, v.10b, pp. 21-27.
76. Kordzadze A., Surmava A., Demetrashvili D., Khvedelidze I., Kukhalashvili V. Numerical investigation of the relief influence on air motion in vicinity of joint of three continents – Europe, Asia, and Africa. J. Georgian Geophys. Soc., 2006, vol.11b, pp.12-21.
77. Кордзадзе А., Сурмава А. А. Деметрашвили Д. И., Кухалашвили В. Численное Исследование влияния рельефа Кавказского региона на распределение гидрометеорологических полей. Изв. РАН, Физика атмосферы и океана 2007, т.43, N6, с.722-730.
78. Shuman F. G., Hovermale L. R. An Operational Six-Layer Primitive Equation Model.J. Appl. Mech. 1968, N **7**, 525–547.
79. Mirtskhulava Ts., Kordzadze A., Demetrashvili D., Surmava A. Numerical modeling of a soil pollution by oil from an open rectangular pit. Bulletin of the Georgian National Academy of Sci ences. 2006, v.173, N 2, pp. 295-297.
80. Surmava A. A. Numerical investigation of the modeling of transportation and deposition of the radioactive pollution in the Caucasian Region in case of the hypothetical accident on the Armenian Nuclear Power Plant. J.Georgian Geophys. Soc., 2011-2012, v.15B, pp. 32-45.
81. სურმავა ა. კუხალაშვილი ვ. შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის ატმოსფეროს შესაძლო დაბინძურების რიცხვითი მოდელირება. *VI საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია "ინტერნეტი და საზოგადოება", 6-7 ივნისი 2013, ქ. ქუთაისი*, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. კონფერენციის მასალები. გვ. 71-74.
82. Манабе С., Брайен К. Климат и циркуляция океана. Ленинград., Гидрометеоиздат, 1972,

192 с.
83. Марчук Г. И., Дымников В. П., Залесный В. Б., Лыкосов В. Н., Галин В. Я. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы и океана. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1984, 320 с.
84. Аверкиев А. С., Беликова Г. И., Белянцев М. А. и др. Взаимодействие океана и атмосферы. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1989, 199с.
85. Лаппо С. С., Гулев С. К., Рождественский А. Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 336 с.
86. Дымников В. П., Лыкосов В. Н., Володин Е. М., Галин В. Я. и др. Моделирование климата и его изменений. В кн: Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования, т. 2, Москва, Наука, 2005, с. 39-175.
87. Doscher R., Rutgersson A., Jones C., Hansson and Faxen T. The development of a 3-Dimensional regional coupled ocean-atmosphere model. SWECLIM Newsletter, N 9, Dec. 2000.
88. Chen F., Dudhia J. Coupling an advanced land-surface/hydrology model with the Penn State/NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. Mon. Wea. Rev., 129, pp. 569- 585.
89. Hagedom R., Lehmann and D. Jacob. A coupled high resolution atmosphere –ocean model for the BALTEX region. Meteorologishe Seitscrift, vol.9, N 1, pp.7-20.
90. Faucher M., Caya D., Saucier F. J., Laprise « Interaction between atmosphere and ocean-ice regional models over the Gulf of stlawrence, Canada. Internet.
91. კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ. ზღვა-ატმოსფეროს ერთობლივი ჰიდროდინამიკური მოდელის ძირითადი სტრუქტურისა და მისი აგების შესაძლო გზების შესახებ. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, 1998, ტ. 101, გვ. 28-38.
92. Kordzadze A., Demetrashvili D. On a coupled sea-atmosphere regional numerical model. J. Georgian Geophys. Soc., 1999, v. 4b, pp. 3-14.
93. Kordzadze A., Demetrashvili D. About coupled regional modeling system the Black Sea-atmosphere. Journal of Environmental Protection and Ecology (JEPE), 2011, vol.12(1), p.317-327.

About current and future research activities of the Department of Mathematical Modeling of Geophysical and Ecological Processes in the Sea and Atmosphere of M. Nodia Institute of Geophysics of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Avtandil A. Kordzadze

M. Nodia Institute of Geophysics of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 1, M. Alexidze Str., 0160 Tbilisi, Georgia. E-mail: akordadze@yahoo.com

A n o t a t i o n

In the paper the researches concerning study of hydro and thermodynamical processes in the Black Sea and atmosphere using methods of mathematical modeling carried out at the Department of Mathematcal Modeling of Geophysical and Ecological Processes in the Sea and Atmosphere of M. Nodia Institute of Geophysics are reviewed briefly. The main achievement of the Department is development of the regional monitoring and forecasting system of the Black Sea state, which is one of the parts of the Black Sea basin-scale nowcasting/forecasting system.The farther research activity of the Department in the nearest future will be connected with improvement and expansion of the regional forecasting system with including of the ecological problems. Also, the main topic in the scientific activity of the Department will be the elaboration of the coupled hydrodynamic model of the natural environment of the Caucasus by association of dynamical models of the Black and Caspian seas and the atmosphere. The coupled model will be the base for development of the monitoring and forecasting system of the state of the Caucasus natural environment.

საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების დინამიკა და მათი განვითარების მასშტაბები

ბასილაშვილი ც.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

დედამიწაზე კლიმატის გლობალური ცვლილების შედეგად იმატა წყალდიდობებმა და გაიზარდა მათგან მიყენებული ზარალი და მსხვერპლი. განსაკუთრებით დიდი საშიშროება იქმნება ამ მხრივ მთის მდინარეებზე, სადაც ტემპერატურის მომატებით გაიზარდა მუდმივი თოვლისა და მყინვარების დნობის ინტენსივობა. შედეგად ბოლო ორი ათეული წლის განმავლობაში რამდენჯერმე განმეორდა კატასტროფები, რომლებმაც ქვეყნის ეკონომიკას და გარემოს დიდი ზიანი მიაყენა. საქართველოში ყველაზე მასშტაბური იყო 2005 წლის წყალდიდობა, როცა ზარალმა 500 მილიონ დოლარს გადააჭარბა. საქართველოს მდინარეებზე გავლილი წყალდიდობები და მათგან მიყენებული ზარალი ქრონოლოგიურად აღწერილია [1] შრომაში.

თანამედროვე პირობებში მეტად აქტუალურია ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების სიდიდეთა ცვალებადობის დინამიკის შესწავლა მათზე ანთროპოგენური ფაქტორებისა და კლიმატის გლობალური ცვლილების ზეგავლენის ფონზე. ადამიანთა და სხვა ფაქტორთა ზემოქმედებით ჰიდროლოგიურ პროცესებში XX საუკუნიდან შეიმჩნევა მათი ცვლილების გარკვეული (აღმავალი – მატების ან დაღმავალი – კლების) ტენდენციები. ამ მხრივ დიდ ინტერესს იწვევს მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური ცვლილება.

სადღეისოდ მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეთა ჩამონადენის მრავალწლიური დინამიკის როგორც ხარისხობრივი, ისე მისი რაოდენობრივი განსაზღვრა, რაც გულისხმობს მათი ტრენდების შეფასებას. ეს ხდება მიახლოებით მათი წრფივი აპროქსიმაციის ამსახველი განტოლებით:

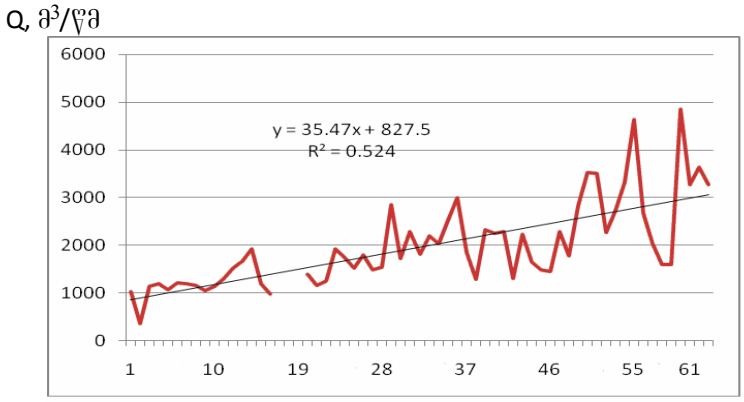
$$T = aN + b, \qquad (1)$$

სადაც T – ტრენდი საკვლევი ელემენტისა, რაც ჩვენ შემთხვევაში მდინარის ჩამონადენია მაქსიმალური ხარჯების (Q_m, მ^3/წმ) სახით; N – მონაცემთა რიგითი ნომერია საწყისი წლიდან, რომლისთვისაც N = 1, ყოველი შემდეგი (i) წლისათვის N = 1 + i ; a – განტოლების კოეფიციენტია, რომლის ნიშანი (+ ან –) უჩვენებს საკვლევი ელემენტის ცვლილების მიმართულებას, დადებითი (+) ნიშანი გამოხატავს მის მატებას ანუ აღმავალ ტენდენციას, ხოლო უარყოფითი (–) ნიშანი მიუთითებს საკვლევი ელემენტის კლებას ანუ დაღმავალ ტენდენციას. a – პარამეტრის რაოდენობრივი მნიშვნელობაა, რომელიც განსაზღვრავს საკვლევი ელემენტის ცვლილების ინტენსივობას ანუ სიჩქარეს; b – განტოლების მუდმივაა.

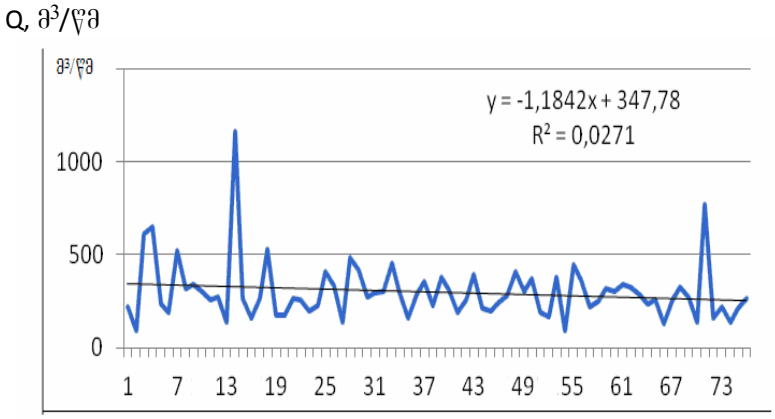
საქართველოს მდინარეებზე წყლის ხარჯების გაზომვები დაიწყო XX საუკუნის 30-50-იანი წლებიდან და მიმდინარეობდა 1990 წლამდე. მას შემდეგ აღარ ხდება მდინარეთა წყლიანობის აღრიცხვა და მხოლოდ 20 ჰიდროკვეთზე მიმდინარეობს მდინარეთა წყლის დონეების გაზომვები. ამის გამო მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების დინამიკას ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ 1990 წლამდე არსებული მონაცემებით. აღსანიშნავია, რომ სადღეისოდ მდინარეთა წყლის ხარჯების გაზომვა აღდგა მხოლოდ რამდენიმე ჰიდროკვეთზე. აქ განიხილება ერთი ასეთი ჰიდროკვეთის მონაცემები მდ. ალაზანზე სოფ. შაქრიანთან 1933 წლიდან 2010 წლის ჩათვლით.

ნახ.1 და ნახ.2–ზე მოცემულია მაგალითები საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური ცვლილების ამსახველი გრაფიკებისა და მათი შესაბამისი ტრენდებისა. ცხრ. 1-ში კი მოცემულია ამ ტრენდების აპროქსი-მაციით მიღებული განტოლებების პარამეტრები a და b. ნახ. 1-ზე გამოსახულია მაგალითი მაქსიმალური ხარჯების აღმავალი (მატების) ტენდენციისა იმ მდინარეებზე, რომელთა სათავეებში არის

მუდმივი თოვლის საფარი და მყინვარები, ნახ.2-ზე კი მაგალითია დაღმავალი (კლების) ტენდენციისა მდინარეებზე, სადაც არ არის მყინვარები.



ნახ. 1. მდ. რიონის წყლის მაქსიმალური ხარჯების დინამიკა სოფ. საქოჩაკიძესთან 1928 – 1990 წწ.



ნახ. 2. მდ. ალაზნის მაქსიმალური ხარჯების დინამიკა სოფ. შაქრიანთან 1933 – 2010 წწ.

მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ასეთი ურთიერთსაწინააღმდეგო ტენდენციები გამოწვეულია იმით, რომ კლიმატის დათბობის შედეგად ზაფხულობით ინტენსიურად დნება მყინვარები და მუდმივი თოვლის საფარი, რის შედეგადაც იზრდება მდინარის ჩამონადენი. ასეთი პროცესი გამორიცხულია იმ მდინარეებზე სადაც არ არის მყინვარები. აქ თბილ სეზონში ტემპერატურის მომატებით იზრდება აუზის ზედაპირიდან აორთქლება და შესაბამისად მცირდება მდინარის წყლის ხარჯები.

განხილული მაგალითებიდან მაქსიმალური ხარჯების მატების ყველაზე მაღალი ინტენსივობა აღინიშნება მდ. რიონზე სოფ. საქოჩაკიძესთან (ნახ. 1), სადაც წყლის ხარჯებზე დაკვირვებათა რიგი მოიცავს 1928-1990 წლების პერიოდს. მათი მრავალწლიური ტრენდი გამოისახება განტოლებით:

$$T_Q = 35.47\ N + 827, \qquad (2)$$

სადაც N-ის ათვლა იწყება 1928 წლიდან, რომლისთვისაც N = 1.

მაქსიმალური ხარჯების კლების ყველაზე დიდი ინტენსივობა აღინიშნება მდ.აჭარისწყალზე სოფ. ქედასთან, სადაც განიხილება 1941-1990 წლების პერიოდი და საწყისი N = 1 შეესაბამება 1941 წ, ხოლო მისი ტრენდის ამსახველი განტოლება არის შემდეგი:

$$T_Q = -2.95\ N + 391 \qquad (3)$$

აღმოსავლეთ საქართველოში მდ. მტკვარზე ქ. თბილისთან მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური დინამიკა შედგენილია 1924-1990 წლების მონაცემებით, რომლის ტრენდის წრფივი აპროქსიმაციით მიღებულია შემდეგი განტოლება:

$$T_Q = -0.759\,N + 1184, \qquad (4)$$

სადაც N წლის რიგითი ნომერი იწყება 1924 წლიდან (N = 1).

მდ. ალაზანზე სოფ. შაქრიანთან 1933-2010 წლების მაქსიმალური ხარჯების დინამიკის ტრენდი (ნახ. 2) გამოისახება განტოლებით:

$$T_Q = -1.18\,N + 348, \qquad (5)$$

სადაც N-ის ათვლა ხდება 1933 წლიდან (N = 1).

ცხრილი 1. მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ტრენდების პარამეტრები a და b ფორმულაში $T_Q = a\,N + b$

მდინარე-პუნქტი	აუზის ფართი კმ^2	აუზის სიმაღლე მ.	პარამეტრები	
			a	b
კოდორი - ლათა	1420	1920	5,923	310
ენგური - ხაიში	2780	2320	8,500	319
რიონი - საქოჩაკიძე	13300	950	35,47	827
ყვირილა - ზესტაფონი	2490	960	0,832	504
ჭოროხი - ერგე	22000	–	- 0,800	1369
აჭარისწყალი - ქედა	1360	1470	- 2,95	391
მტკვარი - თბილისი	21100	–	- 0,759	1181
დიდი ლიახვი - კეხვი	924	2100	0,848	115
პ. ლიახვი - ვანათი	422	1940	- 0,431	62,1
ქსანი - კორინთა	461	1830	- 0,498	72,2
თ. არაგვი - ფასანაური	335	2140	0,562	45,61
ალაზანი - ბირკიანი	282	2200	- 1,079	98,48
ალაზანი - შაქრიანი	2190	1260	- 1,184	348

ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე, გარდა დიდი ლიახვისა და თეთრი არაგვისა, მოსალოდნელია მაქსიმალური ხარჯების შემცირება. ამის დასტურია აგრეთვე ცხრ. 2-ში ამ ტერიტორიაზე არსებულ მეტეოროლოგიურ სადგურებზე ატმოსფერული ნალექებისა და ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების ამსახველი ტრენდების პარამეტრები. მათი ანალიზით ირკვევა, რომ აქ ყველგან მოსალოდნელია ნალექების შემცირება და ჰაერის ტემპერატურის გაზრდა.

საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების მიხედვით, კლიმატის გლობალური დათბობის შედეგად, მოსალოდნელია ტემპერატურის კვლავ მომატება [2], რაც ალბათ გამოიწვევს მყინვარებისა და თოვლის დნობის გაძლიერებას და შესაბამისად ამ ზონის მდინარეთა წყალდიდობების მომატებას, ხოლო იქ, სადაც არ არის მყინვარები, იქ გაიზრდება აორთქლება და შემცირდება წყალდიდობები და მათი მაქსიმალური ხარჯები.

ამრიგად, დასავლეთ საქართველოში მდ. კოდორზე, ენგურზე, რიონზე და მათ ზოგიერთ შენაკადებზე, აგრეთვე აღმოსავლეთ საქართველოში მდ. დიდ ლიახვსა და თეთრ არაგვზე, რომლებიც წლის თბილ სეზონში იკვებებიან კავკასიონის ქედზე არსებული მყინვარებისა და მუდმივი თოვლის ნადნობი წყლებით, მოსალოდნელია წყალდიდობებისა და მათი მაქსიმალური ხარჯების მატება, მანამ სანამ მათ სათავეებში იარსებებს მყინვარები.

საქართველოს დანარჩენ მდინარეებზე, რომელთა აუზებში არ არის მყინვარები, პირიქით ტემპერატურის მომატებით გაიზრდება აორთქლება და შემცირდება მდინარეთა ჩამონადენი, წყალდიდობები და მათი მაქსიმალური ხარჯები.

ცხრილი 2. ატმოსფერული ნალექებისა და ტემპერატურის ცვლილების პარამეტრები a და b ფორმულაში T = a N + b

მეტეო-სადგური	სიმა-ღლე მ.	ატმოსფერული ნალექები			ტემპერატურა		
		პარამეტრები		დისპერსია	პარამეტრები		დისპერსია
		a	b	R2	a	b	R2
სტეფანწმ.	3656	- 4,613	1865	0,080			
გუდაური	2194	- 1,934	1578	0,030	0,012	2,138	0,118
ბარისახო	1325	- 2,466	1150	0,076	0,001	6,96	0,001
ფასანაური	1070	- 1,358	928	0,034	0,007	7,95	0,035
თელავი	568	- 1,182	831	0,036	0,005	12,08	0,022
ლაგოდეხი	362	- 2,318	1086	0,059	0,767	301	0,052

აღსანიშნავია, რომ კლიმატის დათბობის შედეგად შესაძლებელია კავკასიონის ქედი მთლიანად განთავისუფლდეს მყინვარებისაგან, რასაც ვ. ცომაია უკვე 2150-2160 წლებში ვარაუდობს [1]. ასეთი პროცესი რეგიონში გამოიწვევს ალბათ წყლის რესურსების მკვეთრ შემცირებას, წყაროების დაშრობას, მოსავლიანობისა და წყალმომარაგების შემცირებას, აგრეთვე სხვა ნეგატიურ მოვლენებს, რაც მეტად უარყოფითად იმოქმედებს გარემოზე, საზოგადოებასა და ქვეყნის განვითარებაზე.

ჯერ-ჯერობით კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე ხდება საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების გამძაფრება, იზრდება წყალმოვარდნების სიხშირე და მათგან მიყენებული ზარალი. ამის მიზეზი კლიმატის ცვლილებასთან ერთად არის მდინარეთა აუზებში ტყეებისა და მცენარეული საფარის შემცირება, მთის ფერდობების ათვისება, ეროზიული პროცესების გაძლიერება, მდინარეთა კალაპოტების გაუვალობა და სხვა.

მდინარეთა ჩამონადენის მდგრადობა მოცემული ლანდშაფტისათვის არ არის უცვლელი. მდინარეთა დონეები განსაკუთრებით დიდი რყევადობით გამოირჩევა გაზაფხულზე წყალდიდობის პერიოდში, როცა ადგილი აქვს ატმოსფერული ნალექებისა და ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრ ცვლილებას. ხშირად თავსხმა წვიმებს თანხვდება თოვლის ინტენსიური დნობაც, რომლის დროსაც მდინარეებზე წარმოიქმნება დიდი წყალმოვარდნები და ექსტრემალურ პირობებში გაივლის უდიდესი მაქსიმალური წყლის ხარჯები.

დღემდე არ არსებობს მეთოდი, რომელიც სრულყოფილად აღწერს მდინარის ჩამონადენის ცვალებადობას, რადგან ეს ცვლილება განპირობებულია არა მარტო ადგილობრივი ფაქტორებით, არამედ აგრეთვე ჰელიოსინოპტიკური პროცესებითაც, რომელთა გათვალისწინება დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული.

მაქსიმალური ხარჯების ცვალებადობას წლიდან წლამდე იწვევს ძირითადად მაინც კლიმატური პირობების ცვალებადობა. განსაკუთრებით დიდი რყევადობა ახასიათებს მაქსიმალურ ხარჯებს მთის მცირე მდინარეებზე, რომლებიც საქართველოში მრავლადაა. ისინი ყოველ გაზაფხულზე თოვლის დნობისას და თავსხმა წვიმების დროს მძლავრ ნაკადებად მიედინებიან დაბლობებისაკენ და იწვევენ ნგრევას.

ცხრ. 3-ში მოცემულია საქართველოს მთავარ მდინარეებზე გავლილი უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები (Q_m, $მ^3/წმ$) და მათი შეფარდებები საშუალო წლიურ (Q_o) ხარჯებთან (Q_m/Q_o), რომლებიც ცნობილია ე.წ. წყალმოვარდნების აქტივობის კოეფიციენტებად და გამოიყენება კლიმატის ცვლილების მოქმედების შესაფასებლად.

აღსანიშნავია, რომ ჩვენ მიერ 1990 წლამდე არსებული წყლის ხარჯების მონაცემებით მიღებული ამ კოეფიციენტების მნიშვნელობები (ცხრ. 3) ზოგიერთ მდინარეზე რამდენადმე აჭარბებს ადრე გ. ხმალაძის მიერ 1975 წლამდე არსებული მონაცემებით გამოთვლილ მნიშვნელობებს [3]. მაგ. მდ. ვერეზე ქ. თბილისთან ეს კოეფიციენტი იყო 61, 1982 წელს გავლილმა მაქსიმალურმა ხარჯმა (105 $მ^3/წმ$) ის გაზარდა 107-მდე (ცხრ. 3), მყივარული ზონის მდ. ჩხერზე დაბა სტეფანწმინდასთან (ყაზბეგი) ეს კოეფიციენტი იყო 19 და გახდა 174.

ცხრილი 3. საქართველოს მდინარეთა წყლის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების ($მ^3/წმ$) ალბათური მნიშვნელობები

მდინარე – პუნქტი	აუზის ფართი $კმ^2$	აუზის სიმაღლე მ.	უდიდესი ხარჯი $მ^3/წმ$	Q_m/Q_o	უზრუნველყოფა		
					1%	5%	10%
ბზიფი – ჯირხვა	1410	1690	1890	19.2	1315	844	669
კოდორი – ლათა	1420	1920	1240	13.4	1310	804	617
ენგური – ხაიში	2780	2320	1190	10.1	1590	984	783
რიონი – ალპანა	2830	1810	1470	14.3	1808	1134	880
რიონი – საქოჩაკიძე	13300	950	5500	13.8	4236	3236	2776
ყვირილა – ზესტაფონი	2490	960	1100	18.1	1070	807	732
ხანისწყალი – ბაღდათი	655	655	209	13.1	294	226	193
ცხენისწყალი – ხიდი	1950	1800	721	17.0	1156	797	650
სუფსა – ხიდმაღალა	1100	970	692	13.6	1219	839	702
ჭოროხი – ერგე	22000	–	3840	11.9	4803	3000	2392
აჭარისწყალი – ქედა	1360	1500	770	16.7	905	671	564
მტკვარი – ხერთვისი	4980	1470	742	22.9	950	565	450
მტკვარი – თბილისი	21100	–	2450	12.1	2550	1910	1760
ვერე – თბილისი	178	1060	105	107	240	115	63
დიდი ლიახვი – კეხვი	924	2100	330	12.2	470	200	134
ფშ. არაგვი – მაღაროსკარი	736	2060	338	17.3	340	245	200
თეთრი არაგვი – ფასანაური	335	2140	173	14.3	200	130	80
შავი არაგვი – შესართავი	235	2030	156	20.1	160	104	85
იორი – ლელოვანი	494	1640	427	35.6	520	315	248
ალაზანი – ბირკიანი	284	2200	365	26.3	350	170	122
ალაზანი – შაქრიანი	2190	1260	1160	26.7	1080	700	550
ფარავანი – ხერთვისი	2350	2120	437	23.2	188	140	120
ქცია ხრამი – ედიკილისა	544	2040	105	12.6	120	104	97

დადგენილია, რომ ეს კოეფიციენტები გაცილებით მეტია მცირე მდინარეებზე, ვიდრე დიდ მდინარეებზე, ნოტიო ჰავის პირობებში ისინი ნაკლებია, ვიდრე მშრალი ჰავის პირობებში, მთებში სიმაღლის მატებასთან ერთად მცირდება მათი მნიშვნელობა [4].

სამეურნეო ორგანიზაციებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეთა ჩამონადენის მოსალოდნელი ცვლილების გაანგარიშება, რისთვისაც გამოიყენება ალბათობის თეორიაში

ცნობილი ე.წ. "უზრუნველყოფის მრუდები", რომლებიც ჩვენ შემთხვევაში განსაღვრავენ წყალდიდობა-წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯების მოსალოდნელი განვითარების მასშტაბებს.

უზრუნველყოფის მრუდის ასაგებად მაქსიმალური ხარჯების დაკვირვების მონაცემებს ვალაგებთ კლებად რიგზე უდიდესი მნიშვნელობიდან უმცირესობისაკენ. ეს არის განაწილების უმარტივესი სახე, რომელიც გვიჩვენებს, რომ მაქსიმალურ ხარჯს შეიძლება იმდენჯერ ჰქონდეს ადგილი დაკვირვების პერიოდის განმავლობაში, რამდენი წევრიცაა ამ მაქსიმალური ხარჯის ზევით კლებად რიგში.

უზრუნველყოფის მრუდის ძირითადი პარამეტრებია საშუალო არითმეტიკული სიდიდე და მისი ცვალებადობის კოეფიციენტები (ვარიაციის და ასიმეტრიის). უზრუნველყოფის მრუდების გასაანგარიშებლად ჩვენ მიერ გამოყენებულ იქნა გ.ალექსეევის გრაფო-ანალიტიკური მეთოდი [5]. მიღებული მაქსიმალური ხარჯების ალბათური მნიშვნელობები 1, 5 და 10 %-იანი უზრუნველყოფით, რომლებიც შეესაბამება 100, 20 და 10 წლიანი განმეორებადობის ხარჯებს, მოცემულია ცხრ. 3-ში.

აღსანიშნავია, რომ მდ. მტკვრისათვის ქ. თბილისთან ვ. ცომაიას მიერ მიღებული 1 %-იანი უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯი შეადგენს 3222 $მ^3/წმ$-ს [1]. მაგრამ XX საუკუნის 80-იან წლებში მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების სპეციალისტის გ. როსტომოვის მიერ მიღებული ამ ხარჯის მნიშვნელობა შეადგენდა 2370 $მ^3/წმ$-ს [4]. ჩვენ მიერ 1990 წლამდე არსებული მონაცემების გათვალისწინებით მდ. მტკვარზე ქ. თბილისთან 1 %-იანი უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯი შეადგენს 2550 $მ^3/წმ$-ს (ცხრ. 3).

მაქსიმალური ხარჯების ალბათური მნიშვნელობები უშუალოდ პასუხობენ კითხვას, როგორია ნაგებობის ან რაიმე ღონისძიების უზრუნველყოფა მდინარის მაქსიმალური ხარჯის გარკვეული მნიშვნელობის დროს. განმეორებადობა კი გვიჩვენებს იმ წელთა რიცხვს, რომელთა დროს გაივლის შესაბამისი მაქსიმალური ხარჯი საშუალოდ ერთხელ მაინც.

მდინარეთა წყალდიდობა-წყალმოვარდნების უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მოსალოდნელი განვითარების მასშტაბები მეტად მნიშვნელოვანია პრაქტიკული დანიშნულების თვალსაზრისით სამეურნეო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებებისათვის, განსაკუთრებით ეხლა, როცა საქართველოში 1990 წლის შემდეგ აღარ ხდება მდინარეთა წყლიანობის აღრიცხვა.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ბასილაშვილი ც,. სალუქვაძე მ., ცომაია ვ., ხერხეულიძე გ., კატასტროფული წყალდიდობები, ღვარცოფები და თოვლის ზვავები საქართველოში და მათი უსაფრთხოება. ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2012, 244 გვ.
2. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბილისი 2009.
3. Сванидзе Г.Г., Хмаладзе Г.Н. Паводки и наводнения. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1983, 194-210
4. Водные ресурсы Закавказья. Под редакцией Сванидзе Г.Г., Цомая В.Ш. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1988, 264.
5. Алексеев Г.А. Определение стандартных параметров логарифмически нормальной кривой распределения по трём опорным ординатам. Труды ГГИ, вып. 99, Ленинград, 1962.

საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების დინამიკა და მათი განვითარების მასშტაბები

ც. ბასილაშვილი

რეზიუმე

გაანგარიშებულია მთავარ მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ალბათური მნიშვნელობები და შედგენილია მათი მრავალწლიური ცვლილების ტრენდები. მყინვარული საზრდოობის მდინარეებზე აღინიშნება მათი მატება, სხვა მდინარეებზე კი პირიქით, ისინი მცირდება.

DYNAMICS OF PEAK DISCHARGES ON GEORGIAN RIVERS AND THE SCOPE OF THEIR DEVELOPMENT

C. Basilashvili

Abstract

Probable indexes of maximum water expenditure of major rivers have been calculated and the trends of their changes over many years have been established. They significantly increase for the rivers feeding with glacier water while they decrease on all the others.

ДИНАМИКА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК ГРУЗИИ И МАСШТАБЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Ц. Басилашвили

Резюме

Рассчитаны вероятностные величины максимальных расходов основных рек и составлены тренды их многолетнего изменения. На реках с ледниковым питанием отмечается их увеличение, а на остальных реках они уменьшаются.

მთის მდინარეთა წყალდიდობების პროგნოზირება ინფორმაციის უკმარისობის პირობებში

ბასილაშვილი ც.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

მდინარეთა ჩამონადენი, როგორც მეტად ხელმისაწვდომი და განახლების უნარის მქონე მტკნარი წყლის რესურსი, ფართოდ გამოიყენება მეურნეობის თითქმის ყველა დარგში. ამის გამო საზოგადოებისა და ქვეყნის სოციალურ – ეკონომიკური განვითარება ბევრად არის დამოკიდებული წყლის რესურსების მართვის ეფექტურობაზე. გარდა ამისა, თანამედროვე პირობებში გახშირდა წყალდიდობები, რომელნიც მნიშვნელოვან ზარალს აყენებენ ქვეყნის ეკონომიკას, იწვევენ ნგრევას და ზოგჯერ მსხვერპლს.

წყალდიდობები მდინარეებზე ყოველ წელს აღირიცხება, მაგრამ ისინი ყოველთვის არ არიან დამანგრეველები, პირიქით მათ დიდი სარგებელიც მოაქვთ, რადგან სწორედ მათი წყლის ჩამონადენით ივსება საქართველოში არსებული 44 წყალსაცავი, რომელთა ბაზაზე მუშაობენ ენერგეტიკული და საირიგაციო სისტემები. წყალდიდობების რესურსების ხარჯზე ხდება ელექტროენერგიის გამომუშავება, მოსავლიანობის გაზრდა და მოსახლეობისა და საწარმო – სამეურნეო ობიექტების წყალმომარაგება.

ამრიგად წყალდიდობებს მოაქვთ როგორც დიდი ზიანი, ასევე დიდი სარგებელიც. წყალდიდობების წყლის რეგულირებისა და მათი ნეგატიური შედეგების თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა მათი ჩამონადენის ყოველწლიური მნიშვნელობების პროგნოზირება.

პროგნოზირება ასევე აქტუალურია მიმდინარე გლობალური დათბობისა და გაუდაბნოების პირობებში, როდესაც იზრდება გარემოს დაჭუჭყიანება და მცირდება სუფთა წყლის მარაგი. ამიტომ საჭიროა წყლის რესურსების მოხმარების მკაცრი კონტროლი, წყალსამეურნეო სისტემების რაციონალური მართვა და წყლის ხარჯვის ოპტიმალური დაგეგმვა მისი მომავალი ოდენობის გათვალისწინებით. აქედან გამომდინარე, პრაქტიკული დანიშნულების თვალსაზრისით განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ჰიდროლოგიურ პროგნოზს, რომლის მომხმარებელს წარმოადგენს ენერგეტიკა, სოფლის მეურნეობა, წყალმომარაგება, სარკინიგზო და საავტომობილო გზები. ამრიგად მდინარეთა ჩამონადენის საპროგნოზო მეთოდების დამუშავება არის მნიშვნელოვანი სამეცნიერო პრობლემა, რომლის გადაწყვეტასაც დიდი ეკონომიკური და სოციალური ეფექტის მოტანა შეუძლია.

აღსანიშნავია, რომ ჰიდროლოგიაში მთის მდინარეთა ჩამონადენის პროგნოზირება ითვლება ყველაზე რთულ პრობლემად. განსაკუთრებით რთულია საქართველოს მდინარეთა პროგნოზირება, რადგან აქ ცალკეული მდინარის აუზში ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების ცვალებადობა სხვადასხვა ხასიათს ატარებს, როგორც დროში, ისე სივრცეში. ამიტომ მდინარეთა წყალდიდობები და მათი პიკები არ არის იდენტური და ხასიათდება გარკვეული ინდივიდუალურობით.

რთული მთიანი რელიეფის პირობებში, მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირებაში დიდ როლს თამაშობს აუზის ზედაპირის ვერტიკალური ზონალობა, რომელიც თითოეული მდინარის აუზში გარკვეული თავისებურებებით გამოირჩევა. ამიტომ მათი ჩამონადენის განაწილება სივრცესა და დროში სხვადასხვა იქნება. ამის გამო ყოველი მდინარის აუზისათვის შემუშავებულ უნდა იქნეს ინდივიდუალური საპროგნოზო მეთოდიკა.

გაზაფხულზე მდინარეთა ჩამონადენი ფორმირდება თოვლისა და წვიმის წყლების შერეული საზრდოობით, სადაც ჭარბობს თოვლის წყლები, უფრო გვიან მაის - ივნისში კი ჩამონადენის ფორმირებაში წვიმის წყლები დომინირებენ. უკვე არსებული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ თოვლის ნადნობი წყლების ჩამონადენის კოეფიციენტი წყალდიდობის დროს შეადგენს 0.30 – 0.65, ხოლო წვიმის წყლებით მიღებული ჩამონადენის კოეფიციენტი 0.15 – 0.25. ე.ი. თოვლის ნადნობი წყლები ხვდება მდინარეში 1.5-ჯერ ნაკლები

დანაკარგებით, ვიდრე წვიმის წყლები. ეს გამოწვეულია იმით, რომ თოვლისაგან გათავისუფლებულ დაბლობ რაიონებში მოსული წვიმის დიდი ნაწილი ჩაიჟონება ნიადაგში, ნაწილი კი უკვე მაღალი ტემპერატურის გამო ჰაერში ორთქლდება. ამიტომ წყალდიდობის ჩამონადენში თოვლის ნადნობი წყლების წილი დაახლოებით 60%-ია.

ამის გამო მდინარეთა წყლის ხარჯების პროგნოზირებისათვის უკეთესი იქნება თოვლის მარაგის მახასიათებლების გამოყენება, რაც მეტად ხელსაყრელია ოპერატიული პროგნოზების გაცემისათვის მარტში, როდესაც უკვე არსებობს თოვლის წყალშემცველობის მაქსიმალური მნიშვნელობები.

მდინარის ჩამონადენის პროგნოზირების საკითხი პირველ რიგში დამოკიდებულია ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის დაკვირვების პუნქტების რაოდენობაზე, მათ განლაგებაზე, დაკვირვების რიგზე, მის სისწორეზე და, რაც მთავარია, მათ ინფორმაციულობაზე. საპროგნოზოდ შეიძლება მხოლოდ იმ პუნქტების გამოყენება, რომლებიდანაც რეგულარულად მიიღება შესაბამისი ოპერატიული ინფორმაცია.

ვინაიდან გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან საქართველოს მდინარეებზე აღარ ხდება მდინარეთა წყლიანობის აღრიცხვა და აღარ იზომება მდინარეთა წყლის ხარჯები, ამიტომ წყალდიდობის პერიოდის ჩამონადენისა და მაქსიმალური ხარჯების მახასიათებლების, აგრეთვე მათი პროგნოზირებისათვის გამოყენებულ იქნა ჰიდრომეტეოროლოგიურ ფაქტორებზე 1990 წლამდე არსებული სადამკვირვებლო ქსელის სტანდარტულ დაკვირვებათა მრავალწლიური მონაცემები 40-60 წლიანი პარალელური რიგებით: მდინარეთა წყლის ხარჯებისა, ატმოსფერული ნალექებისა, ჰაერის ტემპერატურისა და თოვლის საფარისა. საკვლევ ობიექტებად შერჩეულ იქნა ჰიდროკვეთები მდინარეებზე, რომელთა ჰიდრორესურსები ფართოდ გამოიყენება ენერგეტიკაში და ირიგაციაში.

აღსანიშნავია, რომ არსებული საინფორმაციო მეტეოპუნქტების მონაცემები არ ახასიათებს მაღალმთიან პირობებს 2000 მ-ის ზევით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ განსახილველ მდინარეთა აუზები მოიცავს უფრო მაღალი სიმაღლითი ზონების ვრცელ ტერიტორიებს, ინფორმაცია მეტეოროლოგიური ფაქტორებისა არსებული მეტეოპუნქტებიდან არ იქნება მახასიათებელი მდინარეთა აუზებში ჩამონადენის ფორმირების პირობებისა და ამიტომ რთული იქნება მათი გამოყენებით კარგი შეფასების პროგნოზების მიღება.

მაგალითად მდ. ენგურზე სოფ. ხაიშთან წყალშემკრები აუზის 700 მ-დან 5026 მ-მდე სიმაღლით დიაპაზონში მხოლოდ ერთი მეტეოროლოგიური სადგურის (მესტიას) მონაცემებია, რომელიც 1441 მ. სიმაღლეზე მდებარეობს, მაშინ როდესაც აუზის საშუალო სიმაღლე 2320 მ-ს შეადგენს. აქ თოვლ-აგეგმვის მარშრუტებიც არ აშუქებს ამ საშუალო სიმაღლეს.

მდ. არაგვის აუზის 79% მდებარეობს 1000 მ-ზე მაღლა, ინფორმაცია კი მიიღება მხოლოდ 1070 მ-ზე მდებარე მეტეოსადგურ ფასანაურიდან, სადაც განთავსებულია საპროგნოზო ჰიდროკვეთი თეთრი არაგვისათვის. აღსანიშნავია, რომ მდ. არაგვის აუზში ადრე მომქმედი მეტეოსადგურები იყო: ყაზბეგი (მაღალმთიანი) – 3653 მ, ჯვრის უღ. – 2400 მ, გუდაური – 2194 მ. და სხვა, რომელთა ინფორმაცია იყო რეპრე-ზენტატიული როგორც თვით არაგვის, ისე მეზობელი სხვა მდინარეებისა (ლიახვი, ქსანი, იორი) და აგრეთვე მდ. მტკვრის ჩამონადენის საპროგნოზოდ.

ამრიგად არსებული შეზღუდული ინფორმაციული მონაცემები არ ასახავს მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირების რეალურ სურათს და ამიტომ არ არის ხელსაყრელი პროგნოზირებისათვის.

თანამედროვე ჰიდროლოგიურ საპროგნოზო მოდელების ზოგად ფიზიკურ საფუძველს წარმოადგენს წყლის ბალანსის განტოლების ამოხსნა საპროგნოზო პერიოდისათვის, რომელშიც მრავალი სხვადასხვა ელემენტი: ჩამონადენი, ნალექები, ჰაერის ტემპერატურა, აორთქლება, კონდენსაცია, ინფილტრაცია, ტრანსპირაცია და სხვა შედის. ასეთი საპროგნოზო მოდელების გამოყენება შესაძლებელია იქ, სადაც კარგად არის განვითარებული ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელი და რეგულარულად მიიღება სათანადო ინფორმაცია მდინარის აუზის სხვადასხვა სიმაღლითი ზონიდან, რითაც ხდება მდინარის ჩამონადენის ფორმირების რეალური პირობების აღრიცხვა.

ჩვენ შემთხვევაში მცირე, მეტად შეზღუდული ინფორმაციის გამო, ვერ ხერხდება განხილულ მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირების კანონზომიერებათა დადგენა

ობიექტურად და მათ მიხედვით საპროგნოზოდ თანამედროვე რთული გენეტიკური სახის მოდელების გამოყენება.

ამრიგად მთის მდინარეთა აუზებში ჰიდროლოგიური პროცესების არათანაბრო-ბა, გამოწვეული გეოგრაფიული გარემოს არაერთგვაროვნებით და უკიდურესად შეზღუდული საწყისი ინფორმაცია, ქმნის დიდ სირთულეებს მრავალრიცხოვანი მომქმედი ფაქტორების ურთიერთკავშირის რთული პროცესების გარკვევაში და გვაიძულებს, ვეძებოთ მიახლოებითი დამოკიდებულებები, რომლებიც მხოლოდ ძირითად ფაქტორებს ითვალისწინებენ.

ამის განსახორციელებლად გამოყენებული იქნა ჩვენ მიერ შემუშავებული მრავალფაქტორიანი საპროგნოზო მოდელი [1, 2], რომელიც შეიცავს რეალურად არსებული ოპერატიული მონაცემების სათანადო ანალიზით შერჩეული პრედიქტორების ერთობლიობას. საპროგნოზო მეთოდიკების შესადგენად ყველა სახის გაანგარიშებები რეალიზებულ იქნა ავტორის მიერ შედგენილი ალგორითმებითა და მათი შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამებით [3].

არსებულ მონაცემთა მრავალმხრივი კვლევის შედეგად მიღებული საპროგნოზო დამოკიდებულებები მდინარეთა წყალდიდობის პერიოდის წყლის საშუალო ხარჯების გრძელვადიანი პროგნოზირებისათვის მოცემულია ცხრ. 1 -ში შესაბამის შეფასებათა კრიტერიუმებით. საპროგნოზო დამოკიდებულების შეფასების მთავარი კრიტერიუმი არის პროგნოზების საშუალო კვადრატული ცდომილების (s) შეფარდება წყლის ხარჯების ფაქტობრივი მნიშვნელობის გადახრაზე მისი ნორმიდან (σ). ეს შეფარდება (s / σ) ერთდროულად ახასიათებს საპროგნოზო მეთოდიკის საიმედოობას და მის ეფექტურობას [3]. თუ s / σ ≤ 0.50, მაშინ მეთოდიკა მიეკუთვნება კარგი კატეგორიის პროგნოზებს, როდესაც s / σ = 0.50 ÷ 0.80, მაშინ მეთოდიკა დამაკმაყოფილებელია, ხოლო როცა s / σ ≥ 0.80, მაშინ პროგნოზი არადამაკმაყოფილებელია და ის შეიძლება გაიცეს კონსულტაციის სახით.

პროგნოზი ითვლება გამართლებულად, როდესაც მისი გადახრა ფაქტობრივი მნიშვნელობიდან ნაკლებია დასაშვებ ცდომილებაზე. საპროგნოზო მეთოდიკის გამოყენება მიზანშეწონილია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დასაშვები ცდომილების უზრუნველყოფა (P%) 10%-ით აჭარბებს ნორმიდან გადახრის ალბათობის უზრუნველყოფას. როდესაც P = 0.60 ÷ 0.80% პროგნოზი არის დამაკმაყოფილებელი, ხოლო თუ P ≥ 82%, მაშინ პროგნოზი კარგ კატეგორიას მიეკუთვნება [4].

მათემატიკურ სტატისტიკაში ემპირიული კავშირის სიზუსტის მთავარ მახასიათებლად ითვლება კორელაციის კოეფიციენტი (r) ფაქტიურ და საპროგნოზო მნიშვნელობებს შორის.

როგორც ცხრ. 1-დან ჩანს, პროგნოზების შეფასების მთავარი კრიტერიუმის (s / σ) მიხედვით, ყველა შემუშავებული საპროგნოზო განტოლებებით შეიძლება გაიცეს დამაკმაყოფილებელი და ზოგჯერ კარგი შეფასების პროგნოზები. საპროგნოზო პერიოდის ხანგრძლივობა (დროულობა) 3 - 4 - 5 თვეა. საპროგნოზო განტოლებებში ძირითადად მონაწილეობენ მეტეოროლოგიური ფაქტორები: ატმოსფერული ნალექები (R, მმ), ჰაერის ტემპერატურა (θ, °C) და თოვლის საფარის წყალშემცველობა (W, მმ) ან მისი სისქე (d, სმ). მხოლოდ რამდენიმე შემთხვევაში გამოიყენება მდინარის წყლის ხარჯები, რომელიც მიახლოებით შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს მდინარის დონეების მიხედვით ხარჯების გრაფიკის გამოყენებით. აღსანიშნავია, რომ ყველა განტოლებით პროგნოზი შეიძლება გაიცეს ამინდის პროგნოზის გარეშე, რაც მათი პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია.

თითოეული ჰიდროკვეთისათვის მიღებულია სხვადასხვა მონაცემების შემცველი საპროგნოზო განტოლებები, რაც საშუალებას იძლევა ოპერატიული პროგნოზების შედგენის დროს შეირჩეს ისინი არსებული ინფორმაციის, საჭირო წინსწრებისა (დროულობის) ან სიზუსტის მიხედვით.

ამრიგად შემუშავებულია საქართველოს მთავარ მდინარეთა წყალდიდობის პერიოდის წყლის ხარჯების საპროგნოზო მეთოდიკები, რომლებიც აუცილებელია ყოველწლიური ოპერატიული პროგნოზების შესადგენად ჰიდროელექტროსადგურების, წყალსაცავების, წყალმომარაგებისა და სარწყავი სისტემების ეფექტური და უსაფრთხო ექსპლუატაციისათვის, მათი მუშაობის საფუძვლიანი დაგეგმარებისათვის, რათა არსებული

წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენებით გაიზარდოს ელექტროენერგიის გამომუშავება, წყალმომარაგება და მცენარეთა მოსავლიანობა.

ცხრილი 1. წყალდიდობის პერიოდის საშუალო ხარჯების (Q, მ³/წმ) საპრონოზო განტოლებები და მათი შეფასებები

№	დასაშვ. ცდომ. δ მ³/წმ	საპროგნოზო განტოლებები	შეფასებათა კრიტერიუმები		
			S/δ	P%	r
1	2	3	4	5	6
მდ. ენგური – სოფ. ხაიში					
1	30,2	$Q_{IV-VIII} = 0,41R_{II} + 175$	0,72	66	0,71
2	30,2	$Q_{IV-VIII} = 0,36R_{II} + 0,39Q_{IX.2} + 136$	0,60	81	0,82
3	30,2	$Q_{IV-VIII} = 0,36R_{II} + 0,35Q_{IX.2} + 0,12R_{XI-I} + 111$	0,52	86	0,87
მდ. რიონი – სოფ. ალპანა					
4	17,1	$Q_{IV-VIII} = 0,15W_{1850} + 104$	0,65	69	0,70
5	20.4	$Q_{IV-VII} = 0,18WR_{1850} + 100$	0,62	72	0,76
6	30,6	$Q_{IV-V} = 0,25W_{1350} + 109$	0,50	82	0,86
მდ. ყვირილა – ქ. ზესტაფონი					
7	17,1	$Q_{III-VI} = 0,17R_{XII-II} + 36,1$	0,64	75	0,76
8	17,1	$Q_{III-VI} = 0,15W_{1750} + 51,9$	0,62	76	0,79
9	17,1	$Q_{III-VI} = 0,46d_{max} + 47,9$	0,57	79	0,82
მდ. ხანისწყალი – დაბა ბაღდათი					
10	5,55	$Q_{III-VI} = 0,09d_{max} + 6,13$	0,61	68	0,79
11	5,55	$Q_{III-VI} = 0,09R_{XII-II} + 1,43$	0,57	71	0,82
12	5,55	$Q_{III-VI} = 0,03W_{1650} + 5,06$	0,44	93	0,90
მდ. აჭარისწყალი – სოფ. ქედა					
13	13,0	$Q_{III-VI} = 0,05W_{28/II} + 34,16$	0,59	81	0,80
14	13,0	$Q_{III-VI} = 0,12R_{XII-II} + 14,75$	0,61	73	0,78
15	13,0	$Q_{III-VI} = 0,08W_{1650} + 39,63$	0,57	79	0,81
მდ. მტკვარი – ქ. თბილისი					
16	152	$Q_{IV-VI} = 0,92R_{XI-III} + 1,27Q_{XII-III} + 9,0$	0,62	78	0,80
მდ. დიდი ლიახვი – სოფ. კეხვი					
17	10,1	$Q_{IV-VII} = 0,078W_{2250} - 1,9\theta_{III} + 0,5R_{III} + 41,5$	0,90	58	0,52
მდ. პატარა ლიახვი – სოფ. ვანათი					
18	5,33	$Q_{IV-VI} = 0,07R_{XII-II} + 9,25$	0,76	70	0,66
19	5,33	$Q_{IV-VI} = 0,07R_{XII-II} + 0,16\theta_{XII-II} + 0,07R_{III} + 3,07$	0,65	73	0,78
მდ. თეთრი არაგვი – დაბა ფასანაური					
20	3,03	$Q_{IV-VI} = 0,02R_{XII-II} + 0,02R_{III} + 13,0$	0,76	64	0,66
21	3,03	$Q_{IV-VI} = 0,02R_{XII-II} + 0,02R_{III} + 1,0Q_{I} + 6,65$	0,69	65	0,74
მდ. შავი არაგვი – შესართავთან					
25	2,51	$Q_{IV-VI} = 0,025W_{1650} + 0,09R_{III} - 8,88$	0,60	69	0,81
26	2,51	$Q_{IV-VI} = 0,02W_{1650} - 0,09R_{III} + 0,01R_{XII-II} + 8,89$	0,52	77	0,83
მდ. ფშავის არაგვი – სოფ. მაღაროსკარი					
27	6,70	$Q_{IV-VI} = 0,08W_{1550} + 2,64Q_{II} + 8,91$	0,72	66	0,72
28	6,70	$Q_{IV-VI} = 0,09W_{1550} + 2,82Q_{II} + 0,12R_{III} + 4,56$	0,69	81	0,76
მდ. იორი – სოფ. ლელოვანი					
29	4,89	$Q_{IV-VI} = 2,48Q_{XII-III} + 7,35$	0,68	66	0,74
30	4,89	$Q_{IV-VI} = 2,46Q_{XII-III} + 0,02R_{XI-III} - 2,46$	0,59	74	0,83
მდ. ალაზანი – სოფ. ბირკიანი					
31	4,38	$Q_{IV-VI} = 0,04R_{I} + 1,18Q_{III} + 11,8$	0,71	70	0,72
32	4,38	$Q_{IV-VI} = 0,03R_{I} + 1,13Q_{III} + 0,1R_{II} + 11,1$	0,65	73	0,78
მდ. ალაზანი – სოფ. შაქრიანი					

33	12,9	$Q_{IV-VI} = 0,36R_{III} - 5,19\theta_{III} + 69,2$	0,79	63	0,65
34	12,9	$Q_{IV-VI} = 0,34R_{III} - 3,36\theta_{III} + 0,12W_{1250} - 58,4$	0,73	71	0,72
მდ. ქცია-ხრამი – წითელი ხიდი					
35	10,8	$Q_{IV-VI} = 0,79Q_X + 0,10R_{VIII-III} - 0,66Q_{III} + 9,5$	0,79	62	0,64

როდესაც პროგნოზით მოსალოდნელია მაღალი წყალდიდობა და შეიძლება მოხდეს მდინარეთა სანაპირო ზოლის დატბორვა, ზარალის თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა ნაპირდაცვითი სამუშაოების ჩატარება. მეორე მხრივ, მაღალი წყალდიდობის პროგნოზი მიუთითებს მდინარეთა წყლის გამოყენების ფართო შესაძლებლობაზე სავეგეტაციო პერიოდში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსარწყავად. მოსალოდნელი მცირე წყლიანობის შემთხვევაში საჭიროა წყლის დაგროვება წყალსაცავებში და წყალსატევებში, მათი მომავალი გამოყენების მიზნით რაციონალურად: სარწყავად, წყალმომარაგებისა და ჰიდროელექტროსადგურების შეუფერხებელი ექსპლუატაციისათვის.

ასეთი ანალიზი ყოველ წელს ყველა მდინარისათვის უნდა გაკეთდეს მარტის თვეში, როდესაც გაიცემა წყალდიდობის ჩამონადენის ოპერატიული პროგნოზები, რათა დროულად მომზადდეს სიტუაცია მოსალოდნელი საშიშროების დასაძლევად.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Basilashvili Ts. The Method of Working-out Hydrological Prognosis in Conditions of Limited Information. Bulletin of the Georgian Academy of Science. Vol. 162, № 1, Tbilisi, 2000, pp. 110-112.
2. ბასილაშვილი ც. მრავალფაქტორიანი სტატისტიკური მეთოდოლოგია წყალდიდობა-წყალმოვარდნების პროგნოზირებისათვის. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012.
3. Басилашвили Ц.З. Определение многофакторных зависимостей с развёртыванием уравнения, оценка их качества и расчёт вероятностных прогнозов. Аннотированный перечень новых поступлений в ОФАП Госкомгидромета ВНИИГМИ – МЦД, Обнинск, 1985, вып. 4, с. 21.
4. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, часть 1, Ленинград, Гидрометеоиздат, 1962.

მთის მდინარეთა წყალდიდობების პროგნოზირება ინფორმაციის უკმარისობის პირობებში

ც. ბასილაშვილი

რეზიუმე

შედგენილია საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობების ჩამონადენის გრძელვადიანი (3-5 თვის დროულიბის) საპროგნოზო მეთოდიკები ყოველწლიური ოპერატიული პროგნოზების გასაცემად სამეურნეო დანიშნულების ჰიდროობიექტების მომსახურებისათვის.

FORECASTING OF MOUNTAIN RIVER HIGH WATER FLOES WHEN HAVING INADEQUATE INFORMATION

C. Basilashvili

Abstract

Long-term (from 3 to 5 months) forecast methodology for high water periods of Georgian rivers have been worked out. The methodology can be used to make yearly and timely forecasts and be utilized by hydrological entities.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОКА ПОЛОВОДЬЯ ГОРНЫХ РЕК ПРИ НЕДОСТАТОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ц. Басилашвили

Резюме

Составлены методики долгосрочных прогнозов стока половодья рек Грузии (с заблаговременностью 3-5 месяцев) для составления ежегодных оперативных прогнозов в целях обслуживания хозяйственных гидрообьектов.

აღმოსავლეთ საქართველოს ნიადაგები და მათი გეოეკოლოგიური თავისებურებანი

ურუშაძე თ., ქვრივიშვილი თ.

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, მიხეილ საბაშვილის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის და მელიორაციის ინსტიტუტე, თბილისი, საქართველო

აღმოსავლეთ საქართველოს ნიადაგურ საფარში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია რუხი-ყავისფერ და მდელოს რუხ-ყავისფერ ნიადაგებს. ეს ნიადაგები ფორმირდებიან ზომიერად მშრალი სუბტროპიკული კლიმატის პირობებში. საშუალო წლიური ტემპერატურა არის 12-13°. ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა 300-500 მმ. საშუალო წლიური დატენიანების კოეფიციენტი უდრის 0,4-0,6. რელიეფი წარმოდგენილია ვაკეებით, მთისწინებით და დაბალმთიანეთით. ნიადაგწარმომქმნელი ქანები კი პროლუვიური, ალუვიური, ელუვიურ-დელუვიური ნაფენებით. მცენარეულობა მშრალ-სტეპურია, რომელსაც მიეკუთვნებიან უროიანი, ვაციწვერიანი, ავშნიანი და ნაირბალახოვანი დაჯგუფებები. რუხი-ყავისფერი ნიადაგების გენეზისი მიმდინარეობს წლის ხანგრძლივი დროის მანძილზე ტენის მკვეთრი დეფიციტის პირობებში, რაც იწვევს მცენარეული ნარჩენების და ახლადწარმოქმნილი ჰუმუსის ინტენსიურ მინერალიზაციას. კლიმატური პირობები (მაღალი ტემპერატურა, დატენიანების ხანმოკლე პერიოდი) განსაზღვრავენ თიხების შიდანიადაგურ გამოფიტვას, რკინის ჰიდროქსიდების, კარბონატების დაგროვებას [1]. მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგების წარმოქმნისა და განვითარების პროცესში განსაკუთრებულ როლს ჰიდროლოგიური პირობები ასრულებს. მდელოს ტიპის ნიადაგწარმოქმნაზე გავლენას ახდენს გრუნტის წყალი [1,2].

ნიადაგების ფაო-ს კლასიფიკაციის თანახმად, რუხი-ყავისფერი ნიადაგები შეიძლება გაერთიანდეს კაშტანაზიომების ჯგუფში. ფორმირებისა და გავრცელების ადგილის (მშრალი სტეპის რეგიონი) გარდა, რუხ-ყავისფერ ნიადაგებს და კაშტანოზიომებს აერთიანებს შემდეგი მახასიათებლები: კარბონატულობა, ჰუმუსოვანი ჰორიზონტების შედარებით ნაკლები სისქე და ჰუმუსის შედარებით მცირე რაოდენობა, ტუტე რეაქცია, ფუძეებით მაძღრობა. ნიადაგებს გააჩნიათ მუქი-რუხი ყავისფერი (10YR3/1) და მუქი მორუხო-ყავისფერი (10YR3/3 ან 10YR3/2) შეფერილობის, კოშტოვანი და 12-18 სმ სისქის ჰუმუსოვანი ჰორიზონტები. პროფილის სიღრმეში, ზემოდან ქვემოთ იცვლება (ბაცდება) ფერი, რაც დაკავშირებულია ჰუმუსის შემცველობის შემცირებასთან და კარბონატების გამოვლენასთან [3]. არეს რეაქცია ტუტეა (ცხრილი1). მიუხედავად მცირე ჰუმუსიანობისა, პროფილში ის თანდათანობით მცირდება და საკმაოდ ღრმად ვრცელდება. ჰუმუსის ამგვარი განაწილების გამო ნიადაგებს ახასიათებთ ღრმა ჰუმუსირებული პროფილი. პროფილში სიღრმით მატება ახასიათებს კარბონატებს. მშთანთქავი კომპლექსის შედგენილობის მიხედვით ნიადაგები ფუძეებით მაძღარია. შთანთქმული კათიონების უმეტესი ნაწილი კალციუმზე მოდის. შთანთქმული კათიონების ჯამი მაღალია, რაც შეიძლება აიხსნას წვრილდისპერსიული ნაწილის დიდი რაოდენობითა და ჰუმუსის თვისებრივი შედგენილობით-ჰუმატურობით [3]. ნიადაგებისთვის დამახასიათებელია მსუბუქი თიხა მექანიკური შედგენილობა (ცხრილი 2). გათიხების პროცესი წვრილდისპერსიული ფრაქციების რაოდენობრივი გადიდებით არის გამოხატული. B ჰორიზონტებში, ფიზიკური თიხის რაოდენობასთან ერთად, გათიხების მაღალ ინტენსივობაზე მიუთითებს ლექის ფრაქციის მაღალი შემცველობა.

ცხრილი 1.

ნიადაგების ზოგადი მაჩვენებლები

ჭრ. №	ადგილმდებარეობა, ნიადაგი	ჰორიზონტი, სიღრმე სმ	pH (H_2O)	$CaCO_3$%	$C_{ორგ.}$ %	ჯემუსი %	შთანთქმული ფუძეები მგ.ექვ.100გ. ნიადაგში				
							Ca^{2+}	Mg^{2+}	ჯამი	Ca %	Mg %
7	რუხი-ყავისფერი	A - 0-18	7,8	6,20	1,48	2,55	32,08	8,74	40,82	78	22
		B_1 - 18-40	8,05	6,65	1,25	2,15	27,22	10,69	37,91	72	28
		B_2 - 40-58	8,0	7,89	0,75	1,3	28,51	9,72	38,23	75	25
		BC - 58-73	8,15	9,78	0,52	0,9	24,95	8,16	33,65	75	25
		C - 73-90	8,3	12,22	0,52	0,9	22,68	8,42	31,10	73	27
8	მდელოს რუხი-ყავისფერი	Aსახ. - 0-20	7,95	1,33	1,65	2,85	27,22	9,72	36,94	74	26
		AB - 20-38	8,15	4,44	1,45	2,5	24,95	8,10	33,05	75	25
		B1 - 38-55	8,15	5,33	1,04	1,8	32,40	6,48	38,88	83	17
		B2 - 55-65	8,2	6,22	0,84	1,45	27,22	7,77	34,99	78	22
		BC - 65-80	8,25	8,8	0,55	0,95	24,30	9,40	33,70	72	28
9	მდელოს რუხი-ყავისფერი	A - 0-20	7,35	2,6	1,83	3,15	30,78	8,42	39,20	78	22
		AB - 20-36	7,45	3,8	1,74	3,0	32,08	9,39	41,47	77	23
		B1 - 36-55	7,7	3,11	0,75	1,3	30,78	7,78	38,56	80	20
		B2 - 55-71	7,8	3,11	0,72	1,25	26,89	9,4	36,29	74	26
		BC - 71-85	7,9	4,00	0,43	0,75	24,30	8,42	32,72	74	26
10	მდელოს-რუხი-ყავისფერი	A - 0-20	7,05	-	1,97	3,4	29,16	10,37	39,53	74	26
		AB - 20-37	7,55	-	1,74	3,0	31,75	9,07	40,82	78	22
		B -37-54	7,4	0,88	1,59	2,75	29,16	9,4	38,65	76	24
		BC - 54-66	7,6	1,33	1,01	1,75	26,57	8,42	34,99	76	24
		C -66-85	8,0	1,33	0,99	1,70	22,03	8,1	30,13	73	27
11	რუხი-ყავისფერი	A -0-15	7,7	6,22	2,44	4,20	25,60	6,80	32,40	79	21
		B - 15-25	7,7	6,67	2,15	3,70	23,65	9,72	33,37	71	29
		BC1 -25-39	7,9	8,89	0,96	1,65	23,33	9,07	32,40	72	28
		BC2 - 39-55	8,0	9,78	0,58	1,00	22,68	7,78	30,46	74	26
		C - 55-70	8,1	12,00	0,58	1,00	21,06	7,78	28,84	73	27
12	რუხი-ყავისფერი	A - 0-12	8,4	5,33	2,58	4,45	22,03	7,78	29,81	74	26
		B1 -12-36	8,45	11,11	1,59	2,72	25,92	9,72	35,64	73	27
		B2 -36-56	8,50	11,11	0,70	1,20	25,27	6,81	32,08	79	21
		BC -56-70	8,55	12,00	0,61	1,05	20,74	6,80	27,54	75	25
		C > 70	8,6	11,56	0,52	0,90	20,74	8,74	29,48	70	30

ნიადაგების პროფილის შენებაში მონაწილეობენ კამბიკ B ჰორიზონტები- მეტამორფული გათიხების ჰორიზონტები. კამბიკ ჰორიზონტებში არ ფიქსირდება თიხიანი კუტანები, რაც ნიშნავს, რომ თიხის ილუვიაციას ადგილი არა აქვს. ნიადაგებისთვის დამახასიათებელია ქრომიკ დიაგნოსტიკური ნიშან-თვისება, რომელიც მიუთითებს, რომ ნიადაგის ზედაპირიდან (ჭრ.11 და ჭრ.12) 150 სმ საზღვრებში არსებობს 30 სმ-ზე არანაკლები სისქის ფენა, რომლის უმეტესი ნაწილის ელფერი არის 7,5YR და ფერის ინტენსივობა კი 4-ზე დაბალი არ არის [4]. ნიადაგებში გამოვლინდა ჰუმიკ და კალკარიკ დიაგნოსტიკური გამნსაზღვრელები, ჰუმიკ განმსაზღვრელი აღნიშნავს 50 სმ სიღრმემდე ორგანული ნახშირბადის > 1% შემცველობას. კალკარიკ განმსაზღვრელი გულისხმობს ნიადაგის ზედაპირიდან, მინიმუმ 20-50 სმ სიღრმეებს შორის, კარბონატული ნივთიერების არსებობას [4,5].

ცხრილი 2.

მექანიკური შედგენილობის მონაცემები

ჭრ. №, ადგილმდებ. ნიადაგი	ჰორიზონტი სიღრმე სმ.	მექანიკური ფრაქციები (მმ) %						
		1 – 0,25	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
7 რუხი-ყავისფერი	A -0-12	1	9	21	17	22	30	69
	B_1-12-36	0	8	20	15	22	35	72
	B_2 -36-56	0	10	16	19	23	32	74
	BC-56-70	1	9	18	18	24	30	72
	C >70	1	11	18	16	25	29	70
8 მდელოს რუხი-ყავისფერი	A -0-20	0	10	20	9	14	47	70
	AB-20-38	0	9	18	10	13	50	73
	B_1-38-55	0	7	16	7	19	51	77
	B_2-55-65	1	10	13	10	13	53	76
	BC -65-80	1	5	20	12	13	49	74
9 მდელოს რუხი-ყავისფერი	A -0-20	0	10	22	13	17	38	68
	AB-20-36	0	8	22	11	14	45	70
	B_1-36-55	0	12	18	10	18	42	70
	B_2-55-71	1	9	18	15	12	45	72
	BC-71-85	0	15	20	9	16	40	65
10 მდელოს რუხი-ყავისფერი	A -0-20	0	12	18	7	19	44	70
	AB-20-37	1	9	19	11	20	40	71
	B -37-54	0	5	18	13	18	46	77
	BC-54-66	1	9	22	11	15	42	68
	C -66-85	0	13	23	9	20	35	64

ფაო-ს კლასიფიკაციის მიხედვით, მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგების შუა ჰორიზონტები, რომლებშიც ფიქსირდება შედარებით ინტენსიური გამოფიტვის მოვლენა, არიან კამბიკ ჰორიზონტები. მათი დიაგნოსტიკური კრიტერიუმებია მძიმე მექანიკური შედგენილობა და თიხის მაღალი შემცველობა ქვედა ჰორიზონტებთან შედარებით [6,7]. კამბიკ ჰორიზონტების დიაგნოსტიკურ კრიტერიუმებს, თიხის შემცველობის გარდა, მიეკუთვნებიან კარგად განვითარებული სტრუქტურა და კარბონატების გამოტანის მაჩვენებელი, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ კამბიკ ჰორიზონტი კარბონატს ყოველთვის უფრო მცირე რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე მის ქვევით მდებარე ჰორიზონტი [5,6]. ნიადაგების ზედა ნაწილი უკარბონატოა ან შეიცავს კარბონატების მხოლოდ მცირე რაოდენობას. ქვედა ნაწილში pH სიდიდე და $CaCO_3$ შემცველობა იზრდება, რაც აიხსნება პირველადი (საწყისი) მასალის in situ გამოტანით (ჩარეცხვით) [8]. მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგების პროფილები, მათ შენებაში გამოვლენილი კამბიკ ჰორიზონტების გამო, კლასიფიცირდებიან კამბისოლებად. ნიადაგებში დაფიქსირდა კალკარიკ განმსაზღვრელი. ასევე გამოვლინდა გლეიკ კვალიფიკატორი და ვერტიკ თვისებები. გლეიკ განმსაზღვრელი გულისხმობს გლეიკ თვისებების არსებობას ნიადაგის ზედაპირიდან 100 სმ სისქის საზღვრებში [6]. აღდგენითი პირობების შედეგი გამოხატულია გლეიკ ფერის ნიშნით. გალებების ნიშნები საკვლევ ნიადაგებში, რომლის მაჩვენებელია მუქი მომწვანო-რუხი ფერები (Gley 14/10y), შეიმჩნევა >50 სმ სიღრმეზე. აღდგენითი თვისებების მქონე ჰორიზონტებში ფიქსირდება ჟანგიანი ფერები. ვერტიკ თვისებები აიხსნება ლექის ფრაქციის 30%-ზე არანაკლები შემცველობით (სულ მცირე 15 სმ სიღრმეში) და

გაპრიალებული ზედაპირიანი აგრეგატების – „სლიქენსაიდების" არსებობით [4]. ნიადაგებს ახასიათებთ A-AB-B_1-B_2-BC ან $A_{სახ}$-AB-B-BC-C შენება. ზედაპირიდან მუქი რუხი-ყავისფერი (10YR2/2; 10YR3/1; 10YR3,5/1) შეფერილობა იცვლება და გადადის ყავისფერში (10YR4/3). ნიადაგების რეაქცია სუსტად ტუტე ან ტუტეა (ცხრილი1). კარბონატების შემცველობა ზედაპირიდან სიღრმითი ჰორიზონტებისკენ მეტნაკლებად განიცდის მატებას. ნიადაგები ფუძეებით მაძღარია, შთანთქმის ტევადობა მაღალი. მშთანთქავ კომპლექსში გაცვლითი კათიონებიდან კალციუმი ჭარბობს მაგნიუმს. ნიადაგებში ჰუმუსი მცირე რაოდენობითაა. მისი შემცველობა პროფილში თანდათანობით მცირდება. . ნიადაგებში დაფიქსირდა ჰუმიკ კრიტერიუმი (ჭრ.8 და ჭრ.10). ნიადაგები, გრანულომეტრული შედგენილობის მიხედვით, მსუბუქ და საშუალო თიხებს მიეკუთვნებიან (ცხრილი 2). გათიხება ყველაზე მაღალ მაჩვენებლებს პროფილის შუა ნაწილში აღწევს.

ამრიგად, იდენტურ გეოეკოლოგიურ პირობებში ფორმირებული რუხი-ყავისფერი და მდელოს-რუხი-ყავისფერი ნიადაგები შეიძლება გაერთიანდნენ სხვადასხვა ნიადაგურ ჯგუფებში. შესაბამისად, ისინი მიეკუთვნებიან კაშტანაზიომებსა და კამბისოლებს.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. თ.ურუშაძე - საქართველოს ძირითადი ნიადაგები. გამომც.: "მეცნიერება", თბილისი, 1997, 267 გვ.
2. საქართველოს ნიადაგები. გამომც.: "საბჭოთა საქართველო", თბილისი, 1983, 354 გვ.
3. Генетические типы почв субтропиков Закавказья. Изд-во.: «Наука», Москва 1979, 265 с.
4. World .Reference Base for Soil Resources. Rome, 2006. 128 pp.
5. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. Изд-во:. КМК, Москва 2007. 278 с
6. ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზა, №84; თბილისი, 2005, 126 გვ .
7. Sen-Po Wu, Zueng-Sang Chen. Characteristics and genesis of Inceptisols with plasic horizons in the Subalpane forest soils of Taiwan. Geoderma 125, 2005, pp. 331-341.
8. Andrzej Keprzak, Arkadiusz Derkowski. Cambisols developed from cover-beds in the Piening Mts. (Southern Poland) and their mineral composition. Catena 71, 2007, pp. 292-297.

აღმოსავლეთ საქართველოს ნიადაგები და მათი გეოეკოლოგიური თავისებურებანი

ურუშაძე თ., ქვრივიშვილი თ.

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, მიხეილ საბაშვილის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის და მელიორაციის ინსტიტუტე, თბილისი, საქართველო

აღმოსავლეთ საქართველოს მშრალი სტეპის ზონაში გავრცელებული რუხი-ყავისფერი და მდელოს-რუხი-ყავისფერი ნიადაგები მიეკუთვნებიან კაშტანაზიომებსა და კამბისოლებს. ნიადაგებში გამოვლინდა კამბიკ ჰორიზონტები, ჰუმიკ, კალკარიკ, გლეიკ და ვერტიკ დიაგნოსტიკური განმსაზღვრელები.

ПОЧВЫ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Т.Ф. Урушадзе, Т.О. Кврившвили

Грузинский аграрный университет, Институт почвоведения, агрохимии и мелиорации Михаила Сабашвили, Тбилиси. Грузия

Распространенные в сухой степной зоне Восточной Грузии серо-коричневые и лугово-серо-коричневые почвы относятся к каштаноземам и камбисолям. В почвах выявлены камбик горизонты, гумик, калькарик, глейк и вертик диагностические квалификаторы.

SOILS OF EAST GEORGIA AND THEIR GEOECOLOGIC PECULIARITIES

T.F. Urushadze, T.O. Kvrivishvili

Agricultural University of Georgia, Mikheil Sabashvili Institute of Soil Science, Agrichemistry and Melioration, Tbilisi, Georgia

Grey- Cinnamonic soils and Meadow-Grey-Cinnamonic soils are spread in the dry steppe subtropical zone of East Georgia. Grey-Cinnamonic soils by WRB are corresponding Kastanazems and Meadow-Grey-Cinnamonic soils are according Cambisols. In the profiles of these soils have shown Cambic diagnostic horizons, also following qualifiers : Humic, Calcaric, Gleyic and Vertic.

სათბურის ეფექტი და მასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემები

ნანა ბერძენიშვილი

გეოგრაფიის დოქტორი, იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის
სახელმწოფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო დეპარტამენტი, თელავი, საქართველო

ადამიანი თავისი სამეურნეო საქმიანობის შედეგად აჭუჭყიანებს ატმოსფერულ ჰაერს, რაც თავის მხრივ უარყოფითად უბრუნდება თვით ადამიანს. გარემოს დაბინძურების წყაროებს შორის პირველ ადგილზეა ნახშირბადების წიაღისეული. მათ მიეკუთვნება ნახშირი, ნავთობი და აირი. მათი წვის შედეგად გამოყოფილი ნარჩენები აჭუჭყიანებენ ატმოსფეროს და უარყოფით გავლენას ახდენენ ადამიანის ორგანიზმზე. ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები ადამიანის ორგანიზმზე მოქმედების თვალსაზრისით ახდენენ ფიზიკურ და ქიმიურ ზემოქმედებას. ფიზიკურ ზემოქმედებას ახდენს რადიაქტიური ნივთიერებები, სითბური გაჭუჭყიანება(ტემპერატურის გაზრდა), ხმაური და დაბალსიხშირიანი ვიბრაციები. ქიმიურ ზემოქმედებას ახდენს თხევადი ნახშირწყალბადები, სარეცხი საშუალებები, პლასტმასები, პესტიციდები და სხვა სინთეთიკური ნივთიერებები, აზოტის და გოგირდის ნარჩენები, მძიმე მეტალები, ფტორის შენაერთები, მყარი მინარევები, ორგანული ნივთიერებები. წარმოშობის მიხედვით ატმოსფერული ჰაერის გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები იყოფა ბუნებრივი და ხელოვნური (ანტროპოგენური) წარმოშობის მინარევებად. ბუნებრივი წარმოშობის მინარევები ატმოსფეროში ხვდება ვულკანური მოქმედების, ნიადაგისა და მთის ქანების გამოფიტვის, ტყეების ხანძრის, მეტეორიტების წვის შედეგად. ანტროპოგენური წარმოშობის მინარევები წარმოიქმნება უპირველეს ყოვლისა საწვავის წვის პროცესში – შიდა წვის ძრავებში, თბოელექტრო სადგურებში, გამათბობელ სის ტემებში და აგრეთვე სამრეწველო და ყოფითი ნარჩენების წვის, ბირთვული აფეთქებების და სხვ. შედეგად. ერთ წელიწადში ატმოსფეროში მოხვედრილი მსოფლიო სამრეწველო ყოფითი გამონაბოლქვების საერთო მასა დაახლოვებით 600 გეგა ტონას შეადგენს. გასული საუკუნის განმავლობაში ატმოსფეროში მოხვდა 1,35 მეგა ტ კრემნიუმი, 1,5 მეგა ტ მიშიაკი, 1მეგა ტ-ზე მეტი ნიკელი 0,6 მეგა ტ ცინკი. შემადგენლობის მხრივ ატმოსფეროში მოხვედრილ მინარევებს შორის განასხვავებენ აიროვანს, მყარს და თხევადს. ამასთან აიროვან ნივთიერებათა წილზე 90% მოდის. მას მიეკუთვნება ნახშირბადის ოქსიდი, გოგირდის დიოქსიდი, აზოტის ოქსიდები, ნახშირწყალბადები. მყარ მინარევებზე-მტვერი, მძიმე მეტალები,მინერალები და ორგანული შენაერთები, რადიაქტიური ნივთიერებები მოდის დაახლოვებით 10%. თხევადი მინარევების მასა (გოგირდმჟავა) აიროვან და მყარ მინარევებს შორის ძალზე მცირეა. ატმოსფეროს ყველაზე გავრცელებული აირია ნახშირბადის ოქსიდი (CO). მისი ძირითადი მასა წარმოიქმნება სათბობის წვის შედეგად, ხოლო ძირითადი წყარო შიდა წვის ძრავაა. აშშ-ი ავტომანქანები ყოველწლიურად გამოაბოლქვებენ 120 მეგა ტონა ნახშირბადის ოქსიდს. მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა წარმოიქმნება ძრავას გახურების პროცესში. მეორე, მასის სიდიდით, ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანაბელ ნივთიერებათა შორის გოგირდის დიოქსიდია(SO2). ის ძირითადად წარმოიქმნება ნახშირის წვის შედეგად. გამოთვლების თანახმად ყოველწლიურად ატმოსფეროში ხვდება 145 მეგა ტონა გოგირდის დიოქსიდისა. ამავე დროს ამ გამონაბოლქვების 70% წარმოიქმნება ნახშირის, ხოლო 16%-თხევადი სათბობის, ძირითადად მაზუთის წვის შედეგად. SO2-ის დაშლა ატმოსფეროში ხდება მასზე ულტრაიისფერი რადიაციის მოქმედების შედეგად, რაც განაპირობებს გოგირდის ანგიდრიდის(SO3) წარმოქმნას. გაჭუჭყიანებულ ნოტიო ატმოსფეროში რეაქციების შედეგად წარმოიქმნება აგრეთვე გოგირდმჟავა(H2SO4).

ატმოსფეროში ხვდება აგრეთვე გოგირდწყალბადი(H2S), რომელიც წარმოიქმნება ნიადაგის მიკროორგანიზმებში და ზღვის გარემოში. ბენზინისა და დიზელის წვის შედეგად შიდა წვის ძრავებში წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდი და დიოქსიდი. აზოტის დიოქსიდი ატმოსფეროში რჩება დაახლოვებით 3 დღეღამის განმავლობაში. წყლის ორთქლთან რეაქციის შედეგად ის გარდაიქმნება აზოტმჟავად და სხვა ნიტრატებად, რომლებიც, ნალექებთან ერთად, უბრუნდებიან ნიადაგს. აზოტის დიოქსიდი იშლება აგრეთვე ულტრაიისფერი რადიაციის ზემოქმედებად და გარდაიქმნება NO–დ. მისი დაშლა ხდება აგრეთვე მაღალი ტემპერატურების (600-ზე მეტი) დროს. ნახშირწყალბადის წარმოქმნის ძირითადი წყარო მცენარეებია, ანტროპოგენური წყარო-ავტოტრანსპორტი. ნახშირწყალბადებს მიეკუთვნება ნახშირბადის და აზოტის ოქსიდები. ატმოსფეროში, როგორც ბუნებრივი, ისე ანტროპოგენური პროცესების შედეგად ხვდება აგრეთვე მყარი ნაწილაკები, ანუ აეროზოლები. მათ განსხვავებული ფორმები აქვთ. გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროა საშენი მასალების მოპოვებასთან და გამოყენებასთან დაკავშირებული მრეწველობა. კერძოდ ქანების ხერხვა კარიერებში, ცემენტის დამზადება და სხვა. მყარი ნაწილაკების დიდ რაოდენობას-ცინკს, სპილენძს, ტყვიას და ალუმინს გამოაბოლქვებს ფერადი მეტალურგია. ავტოტრანსპორტის და ავიაციის განვითარებამ არსებითად გაზარდა მათგან გამონაბოლქვი აირების წილი ატმოსფეროში. შეფასებები გვიჩვენებს, რომ საშუალო რაოდენობის მოსახლეობის სამრეწველო ქალაქში ავტოტრანსპორტის წილზე მოდის გამონაბოლქვის საერთო მასის 30-70%. ამერიკის შეერთებულ შტატებში დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების 40% მოდის მოძრავი წყაროების გამონაბოლქვზე, მათ შორის სატვირთო და სამგზავრო ავტომობილებზე, ორთქმავლებზე და საჰაერო ტრანსპორტზე. ძირითადი წილი მოძრავი წყაროებიდან ატმოსფეროს დაბინძურებაში მოდის ბენზინზე მომუშავე ავტომობილებზე. ა.შ.შ.-ში მათი ხვედრითი წილი შეადგენს 75%-ს, თვითმფრინავების გამონაბოლქვისა _ 5% და ა.შ. ძირითადი გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებებია ნახშირბადის ოქსიდი, ნახშირწყალბადები და აზოტის ოქსიდები. ნახშირწყალბადებისა და ნახშირბადის ოქსიდის უდიდესი გამონაბოლქვი აღინიშნება ავტოტრანსპორტის დამუხრუჭებისა და თავისუფალი სვლის დროს, ხოლო აზოტის ოქსიდისა შეესაბამება დიდ სიჩქარეებს. საერთოდ ავტომობილები ძლიერ აჭუჭყიანებენ ჰაერს გაჩერებისა და დაძვრის დროს. დიზელის ძრავები შედარებით ეკონომიურია და გამოაბოლქვებენ ზოგიერთი ნივთიერების შედარებით ნაკლებ რაოდენობას, მაგრამ დიზელის ძრავა დიდი რაოდენობით გამოაბოლქვებს დაუწვავ ნახშირბადს, ამიტომ ისინი უფრო მეტად აჭუჭყიანებენ გარემოს და უფრო ცუდად მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე. თვითმფრინავის გამონაბოლქვები ნაკლებად მოქმედებენ ქალაქის ჰაერზე, ის ძირითად გავლენას ახდენს ჰაერის გაჭუჭყიანებაზე მხოლოდ აეროპორტის რაიონში. შეფასებულია, რომ საწვავის 42% იხარჯება თვითმფრინავის გამოყვანაზე ასაფრენ ბილიკამდე და შეყვანაზე მისი დაჯდომის შემდეგ. ამ დროს დაუწვავი და ატმოსფეროში გამონაბოლქვი საწვავი გაცილებით მეტია ვიდრე მთელი ფრენის განმავლობაში. ზოგიერთი სიჩქარის თვითმფრინავები და კოსმოსური ხომალდები აჭუჭყიანებენ სტრატოსფეროს აზოტისა და გოგირდმჟავას მოქმედებით, აგრეთვე ალუმინის ოქსიდის ნაწილაკებით. ისინი უარყოფითად მოქმედებენ ოზონის ფენაზე და ჰაერის გლობალურ ტემპერატურაზე. ქლორ-ფტორ მეთანები, ფრეონი 11, ფრეონი 12, ისინი წარმოადგენენ აირს, რომლებიც წარმოიქმნებიან იმ აეროზოლური პრეპარატების აორთქლებისას, რომლებიც გამოიყენება თმების შესაღებად. აღნიშნული აირები ვრცელდებიან და ხანგრძლივად არსებობენ ტროპოსფეროში. ფრეონები აძლიერებენ სათბურის ეფექტს, გამოთვლების თანახმად დაახლოებით 2030 წელს ფრეონების გავლენის შედეგად ოზონის საერთო რაოდენობა შემცირდება 18%-ით, ხოლო ქვედა სტრატოსფეროში 40 %-ით. ყოველივე ამის საბოლოო შედეგად, გლობალური მიწისპირა ტემპერატურა გაიზარდა 12-21C-ით. ატმოსფეროს მავნე გამჭუჭყიანებელთა რიცხვს მიეკუთვნება აგრეთვე ხმაური, ის გამაღიზიანებლად მოქმედებს ადამიანზე, მისი გავლენა დამოკიდებულია მის ინტენსივობაზე, მის სპექტრალურ შედგენილობაზე და მოქმედების ხანგრძლივობაზე. ადამიანზე განსაკუთრებით მოქმედებს ხმაური 3000-5000 ჰერცი სიხშირის დიაპაზონით. ხმაური დამღუპველად მოქმედებს სასმენ აპარატზე, ცენტრალურ და ვეგეტატურ ნერვულ სისტემაზე და გულის მუშაობაზე.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ზებგერითი თვითმფრინავების ხმაური, იგი იწვევს ხმის ტალღის დარტყმას და ვიბრაციებს აეროპორტის ახლოს განლაგებულ ბინებში. თანამედროვე ზებგერითი თვითმფრინავები გამოსცემენ ხმას, რომლის ინტენსივობაც გაცილებით აღემატება დასაშვებ ნორმებს.

ახლო მომავალში ტრანსპორტისათვის საწვავად წყალბადის გამოყენება შესაძლებელია იქცეს გადაწყვეტად დიდი ქალაქების უმწვავესი ეკოლოგიური პრობლემისა – გარემოს, პირველ რიგში კი საჰაერო აუზის, დაბინძურებისა. საკმაოდ იაფი წყალბადის საწარმოებლად, რომელიც გამოყენებული იქნება საწვავად, აუცილებელია იაფი ელექტროენერგიის წყარო.ეკოლოგიურად სუფთა განახლებადი მზის სხივების ენერგია დედამიწის ზედაპირზე 1 კვტ/მ2 სიმკვრივით აღწევს. მისი წყალობით არსებობს სიცოცხლე დედამიწაზე, მისი მნიშვნელოვანი ნაწილის გარდაქმნით არის ეკოლოგიურად სუფთა წყლისა და ქარის ენერგიები წარმოქმნილი. აღნიშნული ენერგიის აკუმულირებასა და ფართომასშტაბიან გამოყენებას ელექტრული ენერგიისა და ეკოლოგიურად სუფთა წყალბადის საწვავის სახით მთლიანად შეუძლია კაცობრიობის მზარდი ენერგეტიკული მოთხოვნოლების დაკმაყოფილება.წყალბადის წარმოება შესაძლებელია წყლის თერმული დაშლის მეშვეობით, რომლისათვისაც სითბოს წყაროდ შეიძლება გამოყენებილ იქნას მზის ენერგია. სითბოს მიღება სარკეებისა და კონცენტრატების დახმარებით გაცილებით უფრო იაფი და ეფექტურია, ვიდრე ელექტროენერგიის მიღება ნახევარგამტარული გარდამქმნელების საშუალებით. წყლის თერმოქიმიური დაშლა და ამ გზით წყალბადის მიღება საბოლოოდ შეიძლება აღმოჩნდეს ეკონომიკური თვალსაზრისით ბევრად უფრო ხელმისაწვდომი.

ატმოსფეროში მოხვედრილი ნივთიერებათა უმრავლესობა უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე. ისინი ხვდებიან ადამიანის ორგანიზმში სასუნთქი ორგანოებიდან. ნაწილაკების 50% აღწევს ფილტვებში და ილექება. ორგანიზმში შეღწეული ნივთიერებები იწვევენ ტოქსიკურ ეფექტს. დადგენილია საკმაოდ კარგი სტატისტიკური კავშირი ჰაერის დაჭუჭყიანების დონესა და ისეთ დაავადებათა შორის, როგორებიც არის ზედა სასუნთქი ორგანოების დაავადება, გულის უკმარისობა, ბრონქიტი, ასთმა, პნევმონია, ფილტვების ემფიზემა და სხვა. ჩვენ განვიხილავთ ზოგიერთი მავნე ნივთიერებების უშუალო გავლენის შედეგებს ცოცხალ ორგანიზმებზე. CO ნახშირბადის ოქსიდის მაღალი კონცენტრაცია რომელიც აღემატება დასაშვებ ზღვარს იწვევს ადამიანის ორგანიზმში ფიზიოლოგიურ ცვლილებებს, ხოლო ზოგჯერ სიკვდილსაც. ეს აიხსნება იმით, რომ CO ადვილად უერთდება ჰემოგლობინს. ამ შეერთების დროს წარმოიქმნება კარბოქსილგემოგლობინი, რაც იწვევს მხედველობის დაქვეითებას, გულის და ფილტვების მოქმედების გაუარესებას, თავის ტკივილს, სპაზმებს, სუნთქვის დარღვევასა და სიკვდილს. CO-ს გავლენა ორგანიზმზე ფასდება არა მხოლოდ მისი კონცენტრაციით, არამედ მისი მოქმედების ხანგრძლივობით ანუ ექსპოზიციით. კარბოკსილგემოგლობინის წარმოქმნის პროცესი შექცევადია. აირის შესუნთქვის შეჩერების შემდეგ იწყება მისი თანდათანობითი გამოსვლა სისხლიდან. განსაკუთრებით მავნე გავლენას ადამიანებზე და ცოცხალ ორგანიზმებზე ახდენს SO2 და SO3. მათი მოქმედებით აღინიშნება დაავადებულთა და სიკვდილიანობის სწრაფი ზრდა, მცენარეთა ფოთლების დაზიანება და სხვა. მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროზე უარყოფით გავლენას ახდენს რადიაქტიური ნივთიერებანი, ისინი დაშლის შედეგად მასაში კლებულობენ და უსასრულოდ დიდი დროის შემდეგ თეორიულად უნდა გაქრნენ. იმ დროს, რომლის განმავლობაშიც რადიაქტიური ელემენტის მასა მცირდება 2-ჯერ, ნახევარდაშლის პერიოდს უწოდებენ. სხვადასხვა ნივთიერების ნახევარდაშლის პერიოდი სხვადასხვაა და იცვლება რამდენიმე საათიდან, რამდენიმე მილიარდ წლამდე. განსაკუთრებით საშიშია ისეთი რადიაქტიური ნივთიერებანი, რომელთა ნახევარდაშლის პერიოდი რამდენიმე კვირიდან რამდენიმე წლამდეა. ეს დრო საკმარისია იმისათვის, რომ რადიაციამ შეაღწიოს მცენარეთა და ცხოველთა ორგანიზმში. კვების პროდუქტების საშუალებით რადიაქტიური ნივთიერებები ხვდებიან ადამიანის ორგანიზმში, გროვდებიან და გარკვეული დოზის მიღწევის შემდეგ ზიანს აყენებენ მის ჯანმრთელობას. რადიაციით დასხივების სიმძიმე დამოკიდებულია ორგანიზმის მიერ შთანთქმულ ენერგიაზე. ამ ენერგიის ერთეულად მიღებულია 1 რადი. ის წარმოადგენს დასხივების დოზას, როდესაც

ცოცხალი ნივთიერების ერთი გრამი შთანთქავს 10- ჯ ენერგიას. დადგენილია, რომ თუ ადამიანი მიიღებს დოზას _ 1000 რადს, იგი იღუპება. 700 რადის შემთხვევაში სასიკვდილო შედეგია 90%, 200 რადის დროს 10%-ია, ხოლო 100 რადის შემთხვევაში ადამიანი ცოცხალი რჩება, მაგრამ მნიშვნელოვნად იზრდება მისი კიბოთი დაავადების და სრული პარალიზების ალბათობა.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ალფენიძე მ., ელიზბარაშვილი ე., ხარაძე კ – ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია, ISBN 99940-20-90-0, თბილისი, 2003, გვ,155, 411.
2. ელიზბარაშვილი ე., სულხანიშვილი ნ – გლობალური ეკოლოგია, INSB 978–9941–0–1587–8, თბილისი, 2009, გვ, 23.

სათბურის ეფექტი და მასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემები

ნ. ბერძენიშვილი

რეზიუმე

ადამიანი თავისი სამეურნეო საქმიანობის შედეგად აჭუჭყიანებს ატმოსფერულ ჰაერს, რაც თავის მხრივ უარყოფითად უბრუნდება თვით ადამიანს. გარემოს დაბინძურების წყაროებს შორის პირველ ადგილზეა ნახშირბადების წიაღისეული. მათ მიეკუთვნება ნახშირი, ნავთობი და აირი. მათი წვის შედეგად გამოყოფილი ნარჩენები აჭუჭყიანებენ ატმოსფეროს და უარყოფით გავლენას ახდენენ ადამიანის ორგანიზმზე. ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები ადამიანის ორგანიზმზე მოქმედების თვალსაზრისით ახდენენ ფიზიკურ და ქიმიურ ზემოქმედებას. ატმოსფერული ჰაერის გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები იყოფა ბუნებრივი და ხელოვნური (ანტროპოგენური) წარმოშობის მინარევებად. ბუნებრივი წარმოშობის მინარევები ატმოსფეროში ხვდება ვულკანური მოქმედების, ნიადაგისა და მთის ქანების გამოფიტვის, ტყეების ხანძრის, მეტეორიტების წვის შედეგად. ანტროპოგენური წარმოშობის მინარევები წარმოიქმნება უპირველეს ყოვლისა საწვავის წვის პროცესში – შიდა წვის ძრავებში, თბოელექტრო სადგურებში, გამათბობელ სის ტემებში და აგრეთვე სამრეწველო და ყოფითი ნარჩენების წვის, ბირთვული აფეთქებების და სხვ. შედეგად.

Greenhous effect and related environmental Problems

N. Berdzenishvili

Abstract

People as a result of its economic activities achuchqianebs air, which in turn negatively returned to the people. Fossil carbon sources of environmental pollution in the first place . These include coal, oil and gas . The combustion residues separated achuchqianeben atmosphere and can affect a human body . Gamachuchqianebeli atmosphere substances in the human body operate in terms of their physical and chemical effects . Ambient air gamachuchqianebeli substances are divided into natural and man-made (anthropogenic) origin dross . Impurities in the atmosphere are naturally occurring volcanic activity , weathering of soil and rocks , forest fires , burning of meteorites . Anthropogenic origin primarily arise from impurities in the fuel combustion process - internal combustion engines , thermal power stations, heating systems and also in industrial and domestic waste burning temeb , nuclear explosions, and so forth.

Парниковый эффект и связанной с окружающей Проблемы

Н. Бердзенишвили

Резюме

Люди в результате его хозяйственной деятельности achuchqianebs воздуха, что в свою очередь негативно вернулся к людям . Ископаемого углерода источниками загрязнения окружающей среды , в первую очередь . К ним относятся уголь, нефть и газ. Остатки сгорания отделена achuchqianeben атмосфере и может повлиять на человеческое тело . Gamachuchqianebeli атмосфера вещества в организме человека работают с точки зрения их физических и химических воздействий . Окружающего воздуха gamachuchqianebeli вещества подразделяются на естественном и искусственном (антропогенного) происхождения отбросов . Примеси в атмосфере естественным вулканической активности , выветривание почвы и горных пород , лесные пожары, сжигание метеоритов . Антропогенного происхождения в основном вызваны примесей в процессе сгорания топлива - двигателей внутреннего сгорания, тепловых электростанций , отопительных систем , а также в промышленных и бытовых отходов горения temeb , ядерных взрывов , и так далее.

ეკოლოგიური პრობლემები ქვეყნის მდგრადი ეკონომიკური განვითარების პირობებში

გუნია გარი

არასამთავრობო ორგანიზაცია "დრო და მემკვიდრეობა", სტუ-ს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო. (ნაშრომი შესრულებულია რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით არასამთავრობო ორგანიზაციის „დრო და მემკვიდრეობის" პროექტზე FR/138/9-280/12)

შესავალი

საქართველოს ბუნებრივი გარემო, რომელიც რთული ოროგრაფიითა და კლიმატური პირობების ნაირსახეობით გამოირჩევა, ანთროპოგენური გავლენის მონიტორინგის რიგი საკითხების დამუშავებას მოითხოვს, კერძოდ: გარემოს ცალკეული კომპონენტების ეკოლოგიური მდგომარეობის ხარისხობროვი და რაოდენობრივი მახასიათებელი პარამეტრების შეფასებასა და მათი მოსალოდნელი ცვლილებების ტენდენციების გამოვლენას. ეს კი, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა დაიგეგმოს და განხორციელდეს გარემოზე მავნე ზეგავლენის შედეგების თავიდან აცილების პრაქტიკული ღონისძიებები [1]. ქვეყნის მოსახლეობის მზარდი მოთხოვნილებები ენერგეტიკულ რესურსებში, სამრეწველო, სამეცნიერო-ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ პროდუქციებში თავის კვალს აჩენენ და ზეგავლენას ახდენენ ბუნებრივი და სოციალური გარემოს მდგომარეობაზე. ხშირად აღნიშნულის შეუფასებლობა ისტორიულად ჩამოყალიბებული ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებისათვის საფრთხის შექმნის მიზეზი ხდება. ეს კი, ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე, ცოცხალ ორგანიზმებზე, და ისტორიულ-კულტურულ მემკვიდრეობაზე გაუთვალისწინებელ უარყოფით, რიგ შემთხვევებში კი, შეუქცევად და გამანადგურებელ ზემოქმედებას იწვევს. გარემოს ცალკეულ კომპონენტზე (ატმოსფერო, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, ნიადაგი) ტექნოგენური დატვირთვის საშიში დონის განსაზღვრა მოითხოვს პროფესიულ მიდგომას, რადგან ხშირად ეს გარემოება თავიდან ცხადად არ შეიგრძნობა და მხოლოდ შემდგომ ხდება გარემოზე განსაკუთრებით საშიში ზემოქმედების საფუძველი.

მდგრადი განვითარების ზოგიერთი ძირითადი კონცეპტუალური საკითხები

ქვეყანაში გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების არსებული დონე, მისი ზრდის ტენდენცია აქტუალურს ხდის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების საკითხების გადაწყვეტის აუცილებლობას სახელმწიფო და საერთაშორისო მასშტაბებით. ამისათვის საჭიროა საერთაშორისო პრაქტიკით რეკომენდებული მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფის მოთხოვნების დაცვა.

ამასთან, "მდგრადი განვითარების" ქვეშ იგულისხმება საზოგადოების განვითარების ისეთი სისტემა, რომელიც საზოგადოების ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის ინტერესებით უზრუნველყოფს ადამიანის ცხოვრების დონის ხარისხის ზრდას და მომავალი თაობების უფლებას – ისარგებლონ შეუქცევადი ცვლილებებისაგან მაქსიმალურად დაცული ბუნებრივი რესურსებითა და გარემოთი.

მდგრადი განვითარების პრინციპების დამკვიდრება უნდა ეფუძნებოდეს საერთაშორისო ურთიერთობებით აღიარებულ პრინციპთა უცილობელ დაცვას, მათ შორის ისეთებისა,

როგორებიცაა [2]: - ადამიანების უფლება ჰქონდეთ ჯანსაღი და ნაყოფიერი სიცოცხლე ბუნებასთან ჰარმონიულობის პირობებში; - სახელმწიფოების სუვერენული უფლება გამოიყენონ საკუთარი რესურსები თავისი გარემოსდაცვითი და ეკონომიკური პოლიტიკის მიხედვით. ამასთან ისინი პასუხისმგებელნი არიან იმისათვის, რომ მათ კონტროლს დაქვემდებარებულმა საქმიანობამ ზიანი არ მიაყენოს ბუნებრივ გარემოს სხვა ქვეყნების ტერიტორიებზე;

- განვითარების უფლების რეალიზაცია ისე, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს დღევანდელი და მომავალი თაობების მოთხოვნილებათა სამართლიანი დაკმაყოფილება ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის სფეროებში;

- მდგრადი განვითარების პროცესში, გარემოს დაცვის საქმიანობის განვითარების აუცილებელ, განუყოფელ ნაწილად მიჩნევა და არა მისგან მოწყვეტით განხილვა. მდგრადი განვითარების აუცილებელი პირობაა - სიღარიბის აღმოფხვრა და სხ. აღნიშნულ პირობებში ეკონომიკური განვითარების პოლიტიკისა და ეფექტური ეკოლოგიური მართვის წარმატებით რეალიზაციისათვის აუცილებელია ვიქონიოთ უტყუარი, მაქსიმალურად სრული და დროული ინფორმაცია: - ბუნებრივი რესურსების არსებობისა და მდგომარეობის შესახებ; - ბუნებრივი გარემოს ხარისხზე და მის ტექნოგენურ დატვირთვაზე; - წარმოქმნილი არახელსაყრელი და საგანგებო ეკოლოგიური სიტუაციების და უბედურებების მიზეზებზე და შედეგებზე.

საზოგადოების მდგრადი განვითარების ძირითადი მდგენელებია: ენერგეტიკა (ენერგორესურსები, მრეწველობის ეფექტურობა), ეკოლოგია, ცხოვრების ხარისხი და საზოგადოების ინფორმაციული უზრუნველყოფა.

საქართველოში, სახელმწიფო და საზოგადოებრივი ურთიერთობების ყველა უბანზე მთლიანად არაა აღიარებული მდგრადი განვითარების პრინციპები. ამ მიმართულებით სუსტად მიმდინარეობს მიზანმიმართული ღონისძიებების გატარება, რომელთა მასშტაბებიც უნდა მოიცავდნენ პრობლემათა როგორც ლოკალურ, ისე რეგიონულ და გლობალურ ხასიათებს.

ეკო-მეტეოროლოგიური პრობლემები საქართველოს ენერგეტიკის სფეროში

ქვეყნის ეკონომიკის მდგრადი განვითარების კონტექსტში, განსაკუთრებით მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრიდან დაწყებული, საქართველოში ფართოდ მიმდინარეობს სამუშაოები, რომლებიც ითვალისწინებენ რიგი წყალსაცავების კასკადების დაგეგმარებასა და აშენებას, მათ შორის მდ.ენგურის აუზში: გალის, ჯვრის, ხუდონის და სხვა წყალსაცავებისა. ამან, კი, უნდა გამოიწვიოს კლიმატის შემქმნელ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორის – დედამიწისპირა ჰაერის ფენის არსებული თვისებების ცვლილება. ეს ფაქტი კი, ბუნებრივ გარემოზე თანამედროვე ნეგატიურ ანთროპოგენურ ზემოქმედებათა რიგში, ხელოვნური წყალსაცავების მიერ წარმოქმნილი უარყოფითი ეფექტების განხილვის აუცილებლობას ითხოვს. კვლევები გვიჩვენებენ, რომ ჰიდროელექტროსადგურების ენერგოეფექტურობისა და ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების შეფასებებში მათი გათვალისწინებაა აუცილებელი [3].

ამასთან გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ ხელოვნური წყალსაცავების აშენების შედეგად მთის ეკოსისტემები, რომლებიც მაღალი არამდგრადობით გამოირჩევიან, განიცდიან ძლიერ მადესტაბილიზირებელ ფაქტორების ზემოქმედებას.

მიუხედავად იმისა, რომ, ამჟამად კარგადაა შესამჩნევი ლოკალური კლიმატის ანთროპოგენური ცვლილებები, დღეისათვის არაა შეფასებული, თუ კლიმატის შემქმნელი პროცესების ელემენტების რა დონის ცვლილებებია საკმარისი, ამა თუ იმ მასშტაბის კლიმატზე ზემოქმედებისათვის. ჩვენთან, ამ საკითხის შესწავლას, აქამდე, მცირე ყურადღება ეთმობოდა და იგი განიხილებოდა მხოლოდ ზოგადად, გლობალური და მაკრომასშტაბური პროცესების შესწავლის კონტექსტში. ვინაიდან სპეციალური ექსპერიმენტების ჩატარება ვერ მოხერხდა, გადავწყვიტეთ, გაგვეხილა რიგი მეტეოროლოგიური ელემენტის საშუალო წლიური მნიშვნელობების ცვალებადობა დროის საკმაოდ დიდ პერიოდში (1971–1990წწ), რომელიც მოიცავს როგორც წყალსაცავის არსებობას ამ რეგიონში (1981–1990წწ), ასევე პერიოდს მის აშენებამდე (1971–1980წწ).

მეტეოროლოგიური პარამეტრების მრავალწლიური სვლის სტატისტიკურ შეფასებებთან დაკავშირებული ამოცანების გადაწყვეტისას, მიღებული ინფორმაციის შესაბამისობა რეალურად არსებულთან, დაკვირვების სადგურების სწორი შერჩევითაა განსაზღვრული.

თუ გავითვალისწინებთ საქართველოს და, მთლიანად, კავკასიის ტერიტორიის ინდივიდუალურ თავისებურებებს, უკანასკნელი პირობა განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს საკვლევ რეგიონში გლობალური და რეგიონული დონეების მეტეოროლოგიური სადგურების განლაგების შერჩევისას.

აქედან გამომდინარე, მდ. ენგურის აუზში შევარჩიეთ გარემოს ეროვნული სააგენტოს ქსელის 5 მეტეოროლოგიური სადგური: – ზუგდიდი, გალი, ჯვარი, ხაიში და მესტია, ხოლო მეტეოროლოგიური პარამეტრებიდან: ჰაერისა და ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურები; ფარდობითი ტენიანობა; ატმოსფერული ნალექები; ქარის მიმართულება და სიჩქარე.

სადგურების ასეთ ფართო დიაპაზონში შერჩევა საშუალებას მოგვცემდა გამოგვეყო მეზოკლიმატურ ფონზე მიკროკლიმატური მოვლენები, რომლებიც განპირობებული იქნებოდა ადგილობრივი ეფექტების, კერძოდ, ჯვრის წყალსაცავის გავლენით. გარდა ამისა, განსახილველი პერიოდის მეტეოელემენტების საშუალო წლიური მნიშვნელობების ნორმირება ამ ელემენტების ნორმებად მიღებულ მნიშვნელობებზე კლიმატური ცნობარებიდან, როგორც ეს ჩემს მიერ შემუშავებულ ფორმულა (1)-შია მოცემული, რიგი პირობებით გამოწვეული მონაცემთა არაერთგვაროვნების აღმოფხვრისა და მიღებული შედეგების უფრო თვალსაჩინოდ და დასაბუთებულად წარმოდგენის საშუალებას იძლევა [1, 4]:

$$K_{ij} = \frac{\square q_{ij}}{\square q_{ai}}, \qquad (1)$$

სადაც K_{ij} – საკვლევ j-პუნქტზე, i -მეტეოელემენტის ნორმირებული კლიმატური მახასიათებელია, $\square q_{ij}$ ამ პუნქტზე, შესაბამისი მეტეოელემენტის საშუალო წლიური მნიშვნელობა, ხოლო $\square q_{ai}$ – მოცემულ პუნქტზე i - მეტეოელემენტის საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობაა.

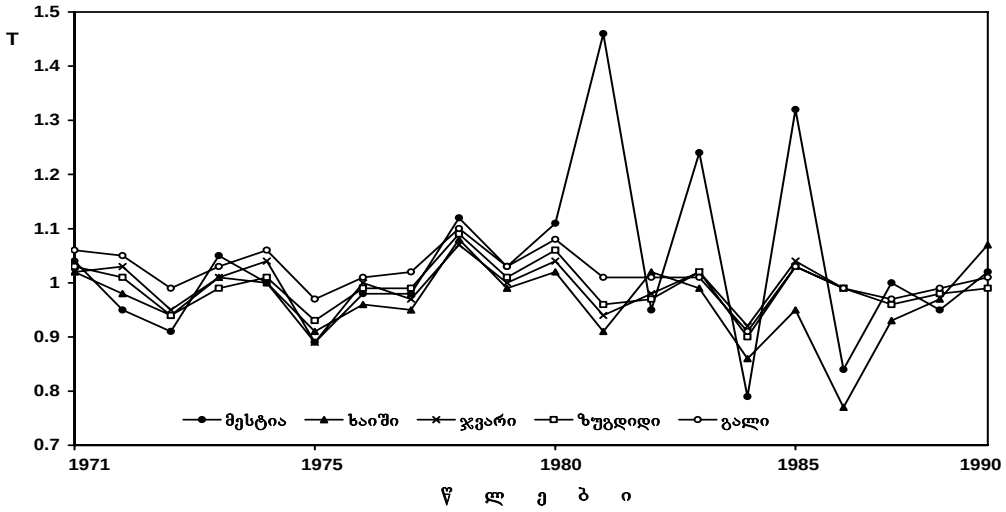
ამ ფორმულის დახმარებით მიღებულ მონაცემებს შემთხვევითი რხევებისკენ ნაკლები მიდრეკილება გააჩნია, ხოლო კვლევის შედეგები მაღალი საიმედობით ხასიათდება. გარდა ამისა, უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით, მეტეოპარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობათა ცვლიებების გამომსახველი წრფის განტოლებისა და ამ ცვლილებათა ტენდენციების განსაზღვრა არის შესაძლებელი. ამასთან, უკანასკნელის გამოსათვლელ ფორმულას, რომელიც ხუთწლიან ციკლში პირველ წელთან შედარებით ბოლო წლის ცვლილების შეფასების საშუალებას იძლევა, შეიძლება შემდეგი სახე მივცეთ [1]:

$$M = \frac{1}{10K_1}\,[(2K_5 + K_4) - (2K_1 + K_2)]\cdot 100\%, \quad (2)$$

სადაც M – მოცემული მეტეოპარამეტრის ნორმირებული მახასიათებლების საშუალო წლიური მნიშვნელობათა ცვლილებების ტენდენციაა, პროცენტებში, ხოლო $_1$ – $_5$ – მათი ნორმირებული საშუალო წლიური მნიშვნელობებია 1 - მე-5-ე წლებში.

ჩვენს მიერ შემუშავებული, ზემოაღნიშნული მიდგომით შესრულებული კვლევის შედეგები მეტყველებენ წყალსაცავის მნიშვნელოვან, არაერთგვაროვან გავლენაზე მიმდებარე ტერიტორიის ეკო-ტექნოგენურ დატვირთვაზე. მაგალითად, ნახ.1-ის გრაფიკებზე ნაჩვენებია ჰაერის საშუალო წლიური ნორმირებული ტემპერატურების განაწილება განსახილველ პუნქტებზე. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, 1971–1980წწ პერიოდში, მიუხედავად ცალკეულ წლებში მათი საშუალო წლიური მნიშვნელობების ნორმიდან შესამჩნევად გადახრისა, მთლიანად თავიანთი ნორმების ფარგლებშია. ხოლო 1981 წლიდან მესტიასა და ხაიშში შეინიშნება საშუალო წლიური ტემპერატურის საკმაოდ შესამჩნევი გადახრები ნორმიდან. დანარჩენ პუნქტებზე კი, საერთო ტენდენცია ინარჩუნებს თავის პირველად სვლას. ამასთან, 1981–1990წწ პერიოდში მესტიაში აღინიშნება ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მკვეთრი ზრდა, დაახლოებით, 10%-ით, ხოლო ხაიშში შეიმჩნევა ამ მაჩვენებლის ცვლილების ტენდენცია შემცირებისკენ, დაახლოებით, 5 %-ით. მიწის ზედაპირის ფენის ტემპერატურაზე დაკვირვებათა მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ზუგდიდსა და გალში, მათი საშუალო მრავალწლიური სიდიდეები განსახილველ პერიოდში, პრაქტიკულად, თავიანთ ნორმებს შეესაბამებიან. დანარჩენ სამ პუნქტზე კი, ეს ელემენტი შესამჩნევ ცვლილებებს განიცდის. მაგალითად, 1981–1990წწ მისი ნორმირებული

მნიშვნელობების წლიური ცვალებადობის ამპლიტუდა მკვეთრად მატულობს, ხოლო მათი აბსოლუტური მნიშვნელობები შემცირებას განიცდიან.



ნახ.1. ჰაერის ნორმირებული საშუალო წლიური ტემპერატურის განაწილება წლების მიხედვით

გაანგარიშებები გვიჩვენებენ, რომ 1981–1990წწ განმავლობაში, 1971–1980წწ შედარებით, მიწის ზედაპირის ტემპერატურა მესტიაში, ხაიშსა და ჯვარში შემცირდა, შესაბამისად, დაახლოებით, 2, 10 და 4 %-ით. თავიანთ ნორმებთან შედარებით ეს ცვლილებები უფრო მნიშვნელოვან სიდიდეებს აღწევენ.

ატმოსფერული ჰაერის ტენიანობის ცვლილებების კვლევის მიზნით, ჩვენს მიერ იქნა გათვლილი და გაანალიზებული საკვლევ პერიოდში ფარდობით ტენიანობაზე ჩატარებული დაკვირვებათა მასალა. ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გალში ეს პარამეტრი მოცემულ პერიოდში არ განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებებს. ხოლო დანარჩენ პუნქტებზე მას აქვს ზრდის ტენდენცია - ზუგდიდში, ხაიშსა და მესტიაში, საშუალოდ, 3 %-ით. განსაკუთრებით თვალნათლივ ეს გამოიხატება 1981–1990 წლების პერიოდში. ჯვარში აღნიშნული ტენდენცია უფრო მკაფიოდაა გამოხატული და უდრის 10%-ს, რაც, უთუოდ, გამოწვეულია წყალსაცავის სიახლოვით, საიდანაც ნოტიო ჰაერი გამოედინება, აქ გაბატონებული, ჩრდილოეთის მიმართულების ქარების მეშვეობით. აღნიშნულთან ერთად, მოსული ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური მნიშვნელობების ცვალებადობის ტენდენციის დეტალური კვლევის შედეგად, ძირითადად, მთელს განსახილველ რეგიონში აღნიშნულია ამ ელემენტის მატების ტენდენცია მოცემული პერიოდის 20 წლის განმავლობაში. მათ შორის, მესტიასა და ჯვარში, 5 %-ით, ხოლო ზუგდიდსა და გალში, საშუალოდ, 15 %-ით.

წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიის მიკროკლიმატისა და მეტეოროლოგიური რეჟიმის შესწავლისას, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სითბური ბალანსის შემადგენელი ნაწილების ცვლილებების კანონზომიერების დადგენას. ამან განაპირობა ის, რომ საკვლევ რეგიონში ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის ცვლილებების გათვალისწინებით, სამეცნიერო შრომებში [4,5,6], მიღებული შედეგების გამოყენებით, იქნა გაანგარიშებული ქვეფენილი ზედაპირის სითბური ბალანსის ცალკეული მდგენელები, როგორც ჯვრის წყალსაცავის არსებობის პირობებში, ისე მის აშენებამდე. კვლევის შედეგები ცხადყოფენ, რომ, წყალსაცავის შექმნით $15კმ^2$ ფართობზე, მკვეთრად მცირდება ქვეფენილი ზედაპირის ალბედო, საშუალოდ, დაახლოებით, 50 %-ით. ხოლო ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურისა (შემცირება, საშუალოდ, 15 %-ით) და წყლის ორთქლის დრეკადობის (მატება, საშუალოდ, 8 %-ით წელიწადში) ერთობლივი ცვლილებებით გამოწვეული ზემოქმედება იწვევს წყალსაცავის ზედაპირის ეფექტური გამოსხივების შემცირებას, დაახლოებით, 2 %-ით წელიწადში და წყალსაცავის ზედაპირის რადიაციული ბალანსის მატებას, დაახლოებით, 15–25 %-ით. გამოთვლები, აგრეთვე, ცხადყოფენ, რომ ამ მეტეოელემენტის მნიშვნელობები წელიწადის სხვადასხვა პერიოდებში, მკვეთრად განსხვავდებიან. მაგალითად, ზამთრის პერიოდში, წყალსაცავის შექმნის შემდეგ, ამ

ტერიტორიაზე რადიაციული ბალანსის მნიშვნელობა მატულობს, საშუალოდ, 90%-ით, გარდამავალ პერიოდებში – 40 %-ით, ზაფხულში, დაახლოებით, 20 %-ით, ხოლო მთელი წლის განმავლობაში, დაახლოებით, 30 %-ით. ეს სიდიდეები წარმოადგენენ, საკმაოდ მაღალ რიცხვებს და წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიის მეტეოროლოგიურ რეჟიმზე მნიშვნელოვანი ზემოქმედების არსებობაზე მეტყველებენ.

დასკვნა

ამრიგად, ეკოლოგიური უსაფრთხოების სისტემა – კანონმდებლობის, ტექნიკური, მმართველობითი, გეოფიზიკური და ჰიდრომეტეოროლოგიურიი ღონისძიებათა ერთობლიობაა, რომლებიც მიმართული არიან მდგრადი განვითარების მისაღწევად.
იგი მიიღწევა ღონისძიებათა სისტემით (პროგნოზირება, დაგეგმარება, მმართველობა და სხ.), რომლებიც, მრეწველობის, კომუნიკაციების, სოფლის მეურნეობის განვითარების საკმარისი ტემპების შენარჩუნებასთან ერთად, ადამიანზე და ბუნებრივ გარემოზე არახელსაყრელი ზემოქმედების მინიმალურ დონეს უზრუნველყოფენ.

ჯვრის წყალსაცავის გავლენით, ჩვენ გვაქვს ჰაერისა და ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურების, ტენიანობის და რადიაციული რეჟიმების მკვეთრი ცვლილებები. მათი შედეგები, გლობალური ეფექტებისაგან განსხვავებით, შედარებით სწრაფად აისახებიან შესაბამის მასშტაბის კლიმატზე და უკვე ამ ცვლილებებით გამოწვეული ნეგატიური ეფექტები ადგილობრივი მოსახლეობის აღშფოთებას იწვევენ. ჩატარებული კვლევები გვიჩვენებენ, რომ აღნიშნულ ცვლილებებს აქვთ მატების ტენდენცია. უდავოა, რომ საკვლევ რაიონში წყალსაცავების ახალი კასკადების აგება გამოიწვევს ადგილობრივი მიკროკლიმატის უფრო ფართომასშტაბურ ნეგატიურ ცვლილებებს, რომლებმაც შესაძლოა იქონიონ შეუქცევადი ხასიათი.

გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასებებში ამ ეფექტების უგულებელყოფა მნიშვნელოვან უზუსტობას იწვევს და მცდარი დასკვნების მიზეზი ხდება.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გუნია გ. ატმოსფეროს ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები. - თბ., საქ.მეცნ.აკად., ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, 2005, 265გვ.
2. გუნია გ., სვანიძე ზ., გერსამია ა. - ეკოლოგიური პრობლემები საქართველოს მდგრადი ეკონომიკური განვითარების პირობებში. ვ.ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2013, №5(84), გვ.220-222.
3. Gunia G.S., Tskvitinidze Z.I. - Features of Influence of Water Basins in Mountain Regions on Microclimate of Adjoining Areas on the Background of Modern Effects of Global Climate Change – In: Proceedings of the 10-th Baku International Congress “Energy, Ecology, Economy”, Baku, Azerbaijan Republic – 23-25 September, 2009, pp. 218-223.
4. Гуния Г.С. Вопросы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Грузинской ССР. - Л., Гидрометеоиздат, 1985,84 с.
5. Рекомендации по расчёту изменении температуры и влажности воздуха на побережье водоёмов. 1981, - Л., ГГО, 16 стр.
6. Русин Н. П. Прикладная актинометрия. Л., Гидрометеоиздат, 1979, 235 стр.

ეკოლოგიური პრობლემები ქვეყნის მდგრადი ეკონომიკური განვითარების პირობებში

გ. გუნია

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია მდგრადი ეკონომიკური განვითარების ზოგიერთი კონცეპტუალური საკითხების დამუშავების შედეგები. გამოთქმულია აზრი, რომ საქართველოს ტერიტორიის ეკოლოგიური მდგომარეობის პირობებში, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია დაკმაყოფილდეს საერთაშორისო ვალდებულებებითა და ქვეყნის

კანონმდებლობით დადგენილი მოთხოვნები ბუნებრივი გარემოს დაცვის სფეროში, რაც მნიშვნელოვანი გარანტიაა საყოველთაოდ მიღებული მდგრადი განვითარების პრინციპების გასატარებლად ცხოვრებაში. მოცემულია, რომ "მდგრადი განვითარება" არის საზოგადოების განვითარების ისეთი სისტემა, რომელიც საზოგადოების ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის ინტერესებით უზრუნველყოფს ადამიანის ცხოვრების დონის ხარისხის ზრდას.

ჩატარებული კვლევები მიუთითებენ ხელოვნური წყალსაცავების გავლენაზე მათ მიმდებარე ტერიტორიის მიკროკლიმატზე. ამასთან, ნაჩვენებია, რომ მდ.ენგურის აუზში მდებარე, ჯვრის წყალსაცავის გავლენა მიმდებარე ტერიტორიის რიგი მეტეოროლოგიური პარამეტრის მნიშვნელოვანი ცვლილებებით გამოიხატება. გამოთქმულია აზრი, რომ საკვლევ რაიონში წყალსაცავების ახალი კასკადების აგება გამოიწვევს ადგილობრივი მიკროკლიმატის უფრო ფართომასშტაბურ ნეგატიურ ცვლილებებს, რომლებმაც შესაძლოა შეუქცევადი ხასიათი იქონიონ.

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

Гуния Г.С.

Резюме

В статье представлены некоторые результаты проработки концептуальных вопросов устойчивого экономического развития страны, с учетом современных экологических проблем.

Показано, что в современных условиях Грузии, прежде всего, необходимо удовлетворение требований, установленных международными обязательствами и государственным законодательством в сфере охраны природной среды, что является значительной гарантией проведения в жизнь общепринятых принципов устойчивого экономического развития страны.

При этом принято, что «Устойчивое развитие» это такая система, которая совмещением интересов экономического развития общества и охраны природы обеспечивает рост качества уровня жизни населения. Кроме того показано, что в бассейне реки Ингури, полностью охватывающей территорию с очень сложной орографией, под влиянием Джварского водохранилища отмечаются заметные изменения ряда метеорологических параметров. Указанные изменения имеют тенденцию роста и при строительстве новых каскадов водохранилищ, могут вызвать необратимые процессы негативных крупномасштабных изменений местного климата.

ABOUT ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE CONDITIONS OF SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE COUNTRY

Gunia G.

Summary

This article presents some of the results of the elaboration of the conceptual issues of the sustainable development of the country, in the light of modern environmental problems.

It is shown that in modern conditions of Georgia, first of all, **you** need to meet the requirements established by national legislation and international commitments in the sphere of protection of the natural environment, which is a significant guarantee for the implementation of the generally accepted principles of sustainable economic development of the country. "Sustainable development" is a system that reconciling the interests of economic development of society and nature protection provides the quality growth of the standard of living of the population. In addition, it is shown that in the basin of the river Inguri, completely covering the very complex orography**,** under the influence of Dzhvari water reservoir there are noticeable changes in the average annual values of meteorological parameters. These changes have a tendency of growth and in the construction of new reservoirs, can cause irreversible negative processes of large-scale changes in the local climate.

ЗНАЧЕНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СУКЦЕССИЙ ГОРНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Салуквадзе Е.Д., Иванишвили Н.И*., Гогебашвили М.Э*.

Институт географии им.В.Багратиони тбилисского государственного
университета им.Ив.Джавахишвили, Тбилиси, Грузия
*Институт радиологии и экологии грузинского аграрного университета, Тбилиси, Грузия

Антропогенное воздействие, значительно усилившееся в последние десятилетия, привело к серьезной трансформации растительного покрова, деградации или уничтожению многих коренных зональных сообществ, замене их на вторичные фитоценозы, упрощению ярусной структуры и падению биологической продуктивности всей экосистемы. [1,2]. При антропогенном загрязнении биосферы нарушаются не только естественно сложившиеся фитоценозы, но и нормальные процессы органогенеза, появляются специфические тератологические изменения у растений различных систематических групп [3]. Существенную опасность представляет также отсутствие каких-либо визуальных признаков поражения растений при опасных уровнях воздействия различных физико-химических факторов [3,4]. При этом пагубное воздействие на фитоценозы становиться явным только тогда когда принятие эффективных мер предотвращения уже невозможно. Известно, что многие фитоценозы испытывают значительную антропогенную нагрузку, в основном вблизи дорог, в зоне влияния промышленных предприятий, вблизи населённых пунктов и.т.д. и влияние различных факторов здесь часто перекрывает допустимые нормы [5,6]. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение последствий загрязнения окружающей среды на растительную компоненту экосистем и возможности диагностики последствий этого воздействия.

Среди многочисленных форм антропогенных воздействий значительное место занимает возросшая в последнее время нагрузка на экосистемы различных физико-химических факторов [3,7]. Выявление и количественный учет таких факторов, способных инициировать процессы, ухудшающие экологическое состояние биоценозов природных экосистем, является базовой фундаментальной проблемой экологической науки. Вместе с тем изучение многих аспектов воздействия таких факторов сопряжено с определенными методологическими трудностями, так как весь процесс занимает многие месяцы, годы и даже столетия. К таким процессам относится сукцессия фитоценозов. Еще более затрудняет исследование воздействия антропогенных факторов физико-химической природы при изучении горных фитоценозов, где антропогенная форма сукцессии часто прерывается катастрофической сукцессией [8,9,10,11]. Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований является изучение специфических особенностей формирования сукцессий в условиях горных фитоценозов.

Объект и методы исследований

Объектом исследований служили многолетние древесные (*Quercus iberica,L., Fagus orientalis Lipsky*) и модельные однолетние растения (*Helianthus annus L., Glycine max L).* При проведении экспериментального полевого мониторинга был использован дерновый покров, который перед высадкой в природные условия, выращивался в условиях хронического гамма-облучения (4-5 сГр). Модельные растения при изучении интенсивности потребления влаги и глубины залегания корневой системы облучали гамма-радиацией (источником излучения служил изотоп ^{137}Cs) в интервале доз до 100Гр. Уровень транспирации определяли общепринятым методом [12]. При исследовании действия тяжелых металлов была использована водная аэрозоль ионов свинца и меди в концентрации до 10 мг/л.

Результаты и обсуждение.

Известно, что фитоценоз как биологическая система не может существовать вечно и рано или поздно он сменяется другим фитоценозом. При этом не исключено что до того времени уничтожается

в результате воздействия каких-либо внешних по отношению к нему факторов, включая деятельность человека. Способность к сменам - одно из важнейших свойств фитоценозов, связанное с тем, что они открытые системы, находящиеся под влиянием внешних факторов, а также со способностью фототрофов и их консортов изменять в результате своей жизнедеятельности условия их обитания. Необратимое направленное, т.е. происходящие в определенном направлении изменения растительного покрова, проявляющиеся в смене одних фитоценозов другими. При этом необратимость и направленность изменений отличает сукцессии от флуктуации. Направленность изменений при сукцессиях дает основание для предсказания последовательности смен фитоценозов. При этом преобладание каких-либо ключевых факторов может не только изменить интенсивность сукцессий, но и создавать условия для формирования принципиально иных форм этого процесса. В наших исследованиях нами проведены эксперименты дающие возможность выделить некоторые специфические стороны реализации антропогенного воздействия на горные фитоценозы. В частности значение действия этих факторов на гидрологический режим растений. Как показано на рисунке 1. при воздействии повреждающих различных физико-химических факторов у растений меняется показатель интенсивности транспирации. Видно, что по сравнению с контролем все опытные варианты уступают ему по этому показателю.

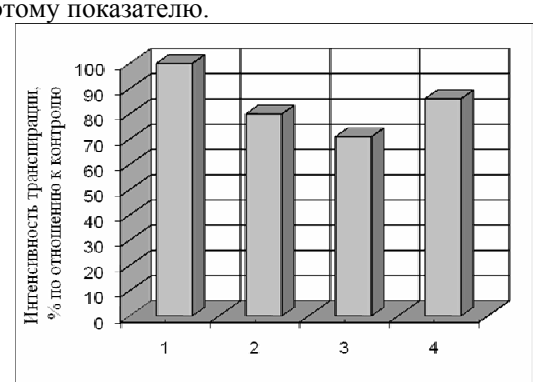


Рис. 1. Действие различных физико-химических факторов на интенсивность транспирации растительных организмов

1.- контроль, **2**.- гамма-радиация, **3**.-мелкодисперсная пыль, **4**.-аэрозоль тяжелых металлов.

В результате исследования действия радиационного воздействия на суммарный показатель потребления влаги интактными растениями показано, что с увеличение дозы облучения наблюдается снижение потребления растением воды (Рис.2).

Безусловно, важность этого явления на растительные сообщества имеет ряд особенностей в форме реализации. В частности у фитоценозов, в зонах характеризующихся экстремально высокими температурами это проявляется в изменении уровня засухоустойчивости растений. С позиции устойчивости фитоценоза в зонах с умеренным климатом эти процессы имеют меньшее значение. Таким образом, можно заключить, что уровень воздействия антропогенных факторов, аналогичных изученным нами, во многом определяется спецификой ландшафта произрастания конкретного растительного сообщества.

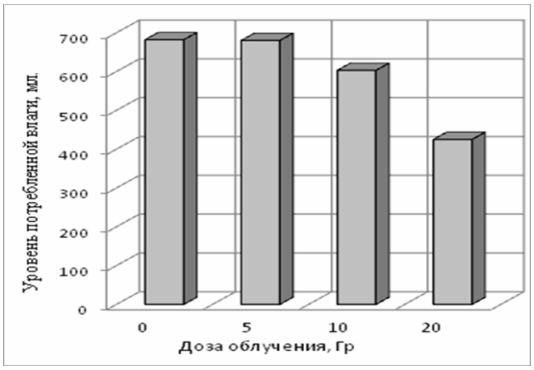


Рис.2 Действие радиации на интенсивность потребления влаги в пересчете на одно растение (на примере *Helianthus ánnuus L.*)

Естественно, что применительно к горным фитоценозам влияние этого фактора может проявляется и в усилении деструктивных процессов с последующими катастрофическими

сукцессиями. Помимо изменения водного режима растительных сообществ, подверженных антропогенным факторам воздействия не малую роль играют и изменения морфологических признаков у растений. В частности архитектоники корневой системы. Для количественной параметризации этого процесса нами были проведены исследования в условиях экспериментального ландшафтного опыта. С этой целью дерновый покров выращивался в течение нескольких дней в гамма-фитотроне после чего высаживался в природные условия. Параллельно, облучению были подвергнуты и модельные растения с целью определения дозовой зависимости при формировании корней и уровня залегания основной массы корневой системы. Как видно на рисунке 3 при увеличении дозовой нагрузки наблюдается снижение показателя глубины залегания корневой системы.

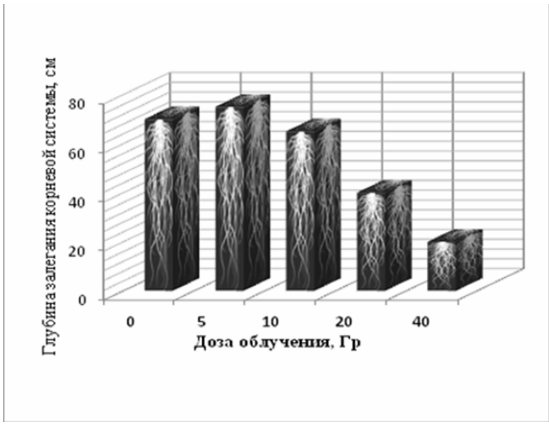


Рис.3. Глубина залегания основной массы корневой системы облученных растений

Аналогичные результаты были получены при определении массы корневой системы дернового покрова после восьмимесячного роста и развития в природных условиях (Рис.4). Несмотря на важность состояния корневой системы для обеспеченности растительных сообществ необходимой влагой, применительно к горным фитоценозам немаловажную роль может играть и их почвоудерживающие свойства.

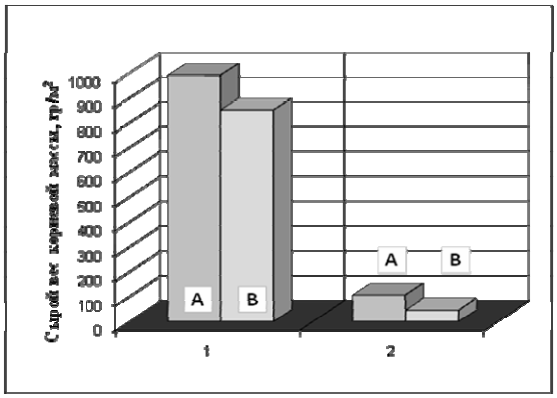


Рис.4 Действие радиации на развитие корневой системы травяного дерна в условиях экспериментального ландшафтного опыта

А - контроль, **В** - вариант с облучением, **1**.-биомасса корневой системы в почвенном покрове до глубины 15 см. **2**.-15-30 см.

Для исследования возможных последствий изменения под влиянием различных повреждающих факторов структуры корневой системы в условиях горных фитоценозов нами были высажен контрольный и опытный дерновый покров на участках с 5 и 20 градусным наклоном. После годичного наблюдения показано, что на участке с наклоном в 5^0 достоверной разницы между опытными и контрольными растениями не обнаружено. Однако на участке с 20^0 -наклоном смыв от природных дождевых потоков у опытных вариантов на 28-35% превосходил контроль по площади

поврежденного дернового покрова. Таким образом, было показано, что вызванное антропогенным воздействием снижение уровня залегания корневой системы растений и их вертикальное расположение по массе в условиях горных фитоценозов может являться причиной снижения устойчивости растительных сообществ.

В целом на основании проведенных исследований нами показано, что различные антропогенные физико-химические факторы могут значительно изменять морфо-физиологические параметры растений и, таким образом, воздействовать на естественный отбор по уровню устойчивости к этим факторам. Естественно такой ход событий на протяжении длительного времени способен изменить характер формирования сукцессий и кардинально изменить фитоценологические параметры конкретных регионов. В этом аспекте не менее важен вопрос снижения устойчивости фитоценозов в условиях экстремальных ландшафтов. Здесь в первую очередь можно прогнозировать активацию катастрофических форм сукцессий приводящих к усилению деструктивных процессов и изменению коренных ландшафтов горных регионов.

Список литературы

1. Sponsel L.E. Human impact on Biodiversity, Overview. Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition), 2013, p.137-152.
2. Ylisirniö A.-L., R. at all. Dead wood and polypore diversity in natural post-fire succession forest s and managed stands – Lessons for biodiversity management in boreal forest. Forest Ecology and Management, Volume 286, 15, 2012, p. 16-27.
3. Волкова П.Ю. Гераськин С.А. Полиморфизм антиоксидантных ферментов в хронически облучаемых популяциях сосны обыкновенной. Экологическая генетика, Т.11, №3,2013, 48-62.
4. Geras'kin S.A Bio-monitoring the genotoxicity of populations of Scots pine in the vicinity of a radioactive waste storage facility. Genetic Toxicology and Enviromental Mutagenesis. *Vol. 583, Issue 1, 2,2005, p. 55-66.*
5. Staszak J., Grulke N.E., Marrett M.J.,. Prus-Glowacki W. Isozyme markers associated with O_3 tolerance indicate shift in genetic structure of ponderosa and Jeffrey pine in Sequoia National Park, California Environmental Pollution, Vol.149, Issue 3, 2007, p. 366-375
6. Lakida P., Nilsson S., Shvidenko A. Estimation of forest phytomass for selected countries of the former European U.S.S.R. Biomass and Bioenergy, Vol.11, Issue 5, 1996, p. 371-382.
7. Mikeladze M.,Chaduneli A.,Gogebashvili M. Determination of Modification of Plant Radioresistance for Ecological Prognosis of Mauntainous Regions საქართველოს მეცნიერებათა აკდემიის მოამბე 163, #1, 2001, გვ.39-41.
8. Реймерс Н.Ф. Природопользование, М.Мысль, 1990, 638 с.
9. Церетели Э.Д., Мачавариани В.М. Эрозионная опасность территории Грузии – генеральная схема противоэрозионных мероприятий Грузии на период до 2000 г. Тбилиси 1988.
10. Церетели Э.Д. Опыт регионального изучения оползней и селей на территории Грузии – оползни и сели, Москва 1984.
11. ზ.ტატაშიძე, ე.წერეთელი, რ.ხაზარაძე. სტიქიური ბუნებრივი მოვლენები. წიგნში საქართველოს გეოგრაფია ნაწილი 1 – ფიზიკური გეოგრაფია. წ.2000, მეცნიერება, გვ.69-91.
12. Yang Z., Temperature effect on transpiration response of maize plants to vapour pressure deficitl Environmental and Experimental Botany, Vol. 78, May 2012, p. 157-162.

ანთროპოგენური ფაქტორების მნიშვნელობა მთიანი ფიტოცენოზების სუკცესიების ფორმირებისთვის

სალუქვაძე ე., ივანიშვილი ნ., გოგებაშვილი მ

რეზიუმე

ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ მცენარეთა თანასაზოგადოებებზე სხვადასხვა ფიზიკო–ქიმიური ფაქტორების ზემოქმედებისას მიმდინარეობს ფიტოცენოზების წყლის რეჟიმის ცვლილებები. ექსპერიმენტულად დადგენილია ციცაბო ფერდობების ფიტოცენოზების მდგრადობის დაქვეითება, რაც მსგავს პირობებში კატასტროფული ფორმის სუკცესიების სიხშირის პროგნოზირების საფუძველს იძლევა. მთლიანობაში, მიღებული შედეგები მთის ფიტოცენოზების სუკცესიების ფორმირების ხასიათის პროგნოზირების ექსპერიმენტულ საფუძველს ქმნის სხვადასხვა დონის ანთროპოგენური ზემოქმედების დროს.

THE ROLE OF ANTHROPOGENOUS FACTORS IN THE FORMATION OF SUCCESSIONS OF MOUNTAIN PHYTOCENOSES

Salukvadze E.D., Ivanishvili N.I, Gogebashvili M.E.

Summary

The work reveals water regime changes in phytocenoses under various physical and chemical conditions. The experiment undertaken points to reduced stability of phytocenoses on steep slopes, which are highly likely to entail intensification of disastrous successions. The results obtained serve as an experimental basis for predicting the nature of successions under various anthropogenic impacts.

ЗНАЧЕНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СУКЦЕССИЙ ГОРНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Салуквадзе Е.Д., Иванишвили Н.И., Гогебашвили М.Э.,

Резюме

В работе показано, что при воздействии различных физико-химических факторов на растительные сообщества происходит изменение водного режима фитоценозов. Экспериментально доказано снижение устойчивости фитоценозов, при высокой крутизне склонов дающее основание прогнозировать в подобных условиях преобладание катастрофических форм сукцессий. В целом полученные данные могут дать экспериментальную основу для прогнозирования характера формирования сукцессий горных фитоценозов при различных уровнях антропогенного воздействия

CONSIDERATION OF COMPLEX PARAMETERS FOR THE PURPOSE OF IMPROVEMENT CONSTRUCTION ECONOMIC EFFICIENT

Kartvelishvili L.* Mzarelua L. Kurdashvili L*****

*National Agency of Georgia Tbilisi, Georgia
** Sokhumi State University PhD in Geography Tbilisi, Georgia
*** PhD student of Tbilisi State University, and Business Faculty Economics Tbilisi, Georgia

Currently, in the present conditions, from ecological and economic point of view, it is impossible to make right decisions without taking into consideration climatic conditions of given location. This especially concerns to such field of economy, which are sensitive to climate. Construction belongs to one of such field of economy.

In practice of construction climate should be considered in stages of planning and building of any objects as well. Solution of the architectural and planning activities of any object under construction is made according to proper consideration of this impact and the level of exploitation of any object, human being's living, working and resort comfort conditions depend on it as well. The task of construction climatology is to issue to the builders the climate information of that region, where construction works are conducting. Builders should use the positive aspects and take appropriate measures to protect from the negative impacts. Correct consideration of climate is determined by the quality of climatologic characteristics, which are taken into consideration while planning the objects for construction and which are included in calculations of design and projecting. I t is not so long ago that determining the impact of climate on buildings and constructions are considered as necessary norms while projecting. But it does not mean, that in passed centuries they did not consider climate conditions while conducting construction works. For example, as a result of centuries of observation in Northern snowy regions people built low houses with Straw roofs. In South hot regions people usually built houses with balconies. According to the prevailing weather processes specific types of structures have been developed, which has become traditional for each people, but it expresses local climate conditions. That is why in contemporary conditions modern architectures learn the centuries-old experience of the folk construction of dwelling buildings in different climate regions and they often used the old folk methods for planning and designing the buildings of modern towns.

In 30-40 years of the passed century the first scientifically certified research works considering climate conditions were performed while projecting the buildings. The first studies concerned to the thermal-technical calculation of dwelling houses. [2]

Since the 50-ies previous century there were developed special research works for construction of dwellings in the field of natural-climate typology.

A lot of works have been devoted to certifying typology demands of dwellings in different physical-Geographical conditions.

Construction - climatologic zoning of the territory of the former Soviet Union has its own history. Attempts for such zoning were performed still in the 30-ieth of the 20th century. According to the basic construction standards the whole territory of the Soviet Union was divided in 4 zones. In the fourth zone, which included the Southern regions of the country (Georgia among them) were allowed constructions with open veranda.

Mostly in all above considered zoning there was not taken into consideration such important element of climate, as atmosphere precipitation. In Georgian conditions this element has a special importance. Atmospheric precipitation (sediments) with its character, its mineral consistence and any other features substantially effects on the buildings and facilities, so it is necessary to indicate and to consider these features while construction-climate zoning of the territory.

At the same time in given zoning the territory of Georgia is presented rather schematically, it does not reflect the variety of climatic conditions of Georgia and it is impossible to use it in practice considering local conditions. Due to this problem there was always on the agenda necessity of mezzo-climatic zoning of the territory of Georgia for the purpose of implementing constructions.

At present period of time for the purpose of specifying climate zoning there takes place specific research works, in the countries of Commonwealth of Independent States and in other foreign countries. So, with regard to this issue, from time to time it happens that construction standards and rules are being updated. We should mention that presently acting reference books and norms do not meet the requirements of modern construction , moreover, in some cases it gives a negative effect.

Despite of diversity of climatic conditions in the whole Soviet Union unified construction standards were admitted, though it is necessary to differentiate them according to separate climatic zoning. To learn the climate parameters and complex factors is of great importance for the purpose of clarifying construction climatic zoning. These factors still are not taken into consideration in standards and rules of construction.

On the 12th conference of the World Meteorology Organization in Genève, there was made a decision about the fact that for all the countries of the world there should be made a new type of construction standards and rules "Construction Climatology". In the countries of Commonwealth of Independent States the preparation of this guidebook is headed by Intergovernmental Council on Hydrometeorology, as it was decided that the guidebooks of such type should be prepared by Hydrometeorology service according to unified program existed in the world.[2]

Model and recommendations of construction standards and rules given in "Construction Climatology" had been made by Sankt-Petersburg Chief Geophysical Observatory and had been certified by the Intergovernmental Board of Construction Standardization and Technical Norms.

For the territory of Georgia such guidebook should be compiled by the Climate Research of the National Centre for Applied Climatolology. Construction standards and rules according to the " Construction Climatology" includes two parts. The first part (common) is issued to publish (in basic Geophysical Observatory), and the other part (regional) would be prepared to produce.

Necessity of publishing a new Construction standards and rules are conditioned by the following factors.

1. The existed climatic characteristics became old already and it is necessary to define a new climatic standards considering climate (1911-1990) changes.

2.Climatic standards must be reconciled with the World standard norms.

3. It is also necessary to define the joint impact of various characteristics (indirect rains, temperature-wind, temperature-humidity, indirect rains and insolation);

4. . It is necessary to define repeatability of various characteristics according to the years;

5. It is necessary to consider influence of various atmospheric phenomena on the buildings;

6. A map-scheme of construction-climatic zoning should be made.[3]

As it has been mentioned above, construction-climatic zoning of the territory of Georgia is schematic and does not contain such climatic parameters, which are necessary to consider in different construction zones for the purpose of designing the buildings. Due to these factors, for improvement the construction-climatic zoning of the territory of Georgia, first of all it is necessary to take into account the complex climatic parameters. The given construction-climatic zoning is based on basic natural climatic factors, mainly: temperature, wind, humidity, sediments and influence of sun radiation on buildings, human beings and also meteorological combining elements of repeatability.

Climate standards demanded specifying, mainly in last decade due to activated global and regional climatic variations. That's why we determined new climatic standard norms including 1966-1990. A new method of territorial zoning according to climate , allocation of construction-climatic sub-zoning and considering possible complex climate parameters, should provide clarifying construction-climatic zones and sub-zones.

According to the separate climate parameters, construction climate standards and complex climate features there are three regions: construction-humid, moderately humid and dry climate regions. Each climatic region consists two sub-regions.

High humidity is characterized not only for the whole Western Georgia, but also for the Central and Eastern part of the Greater Caucasus Mountain Range as well. High humidity of the Eastern part of mountainous regions of the Greater Caucasus Mountain Range is conditioned by the phenomena, that the part of Western humid air, which goes over the Likhi Mountain Range reaches to the Southern slope of the Greater Caucasus Range. These slopes, in comparison to the Western part of Georgia, are characterized by a small number of sediments and low air humidity, but still it is in discomfort zone.

Besides that, Climate vertical zoning which is determined within the borders of Georgian climate regions are conditioned by different climatic versions which itself defines typological differentiation of buildings and infrastructures.

Borders of vertical zonings of construction-climatic subzones were determined according to summer conditions (izotherma of July month) and according to the length of the warm season.

In order to state micro-climatic features inside the buildings there were used sanitary-hygienic standards and rules. In summer period conditions of environment comfort ability temperature for different regions of Georgia was determined the temperature - according to humidity complex and effective temperature. The lowland areas of Western and Eastern Georgia turned out to be in uncomfortable conditions due to high summer temperatures and in another case, due to high temperature and high humidity as well. In comfortable zone appeared the residential areas and settlements in Eastern mountainous spaces of Georgia.

Average temperature of the hottest month of the year - July -21^0 C is hot climatic sub - regional dividing in humid and average humid regions of Georgia.

The second vertical zone is characterized by hot summer and is confined by izotherma of July 18^0-21^{0}C, and the third and the final zone is confined by izotherma of July 12^0-18^{0}C and it is considered as moderately cold zone. [1]

In order to state Temperature Parameters for summer conditions there are determined 6to accept special measures to protect the buildings from cold. These are: double glazing (double glasses of windows), warming of entrances and staircases cells.

Borders of changing the winter seasons on the territory have been determined according to the calculating the temperature and degree - days of the coldest months of winter. t = 1.25Xt -7.6 (1-1).

Izotherma of the coldest month 1^{0}C is the limit of qualitative changes of the types of buildings. To the temperature of the coldest month - 1^{0}C corresponds calculating temperature -8^{0}C . Consideration of this should be connected to special equipment of the buildings.

In western Georgia 1^{0}C izotherma of the coldest month passes approximately till the 1000meters height. That's why hot and warm sub-zone of this part of Georgia does not demand additional protective means and measures to protect the buildings from cold.

In the Eastern Georgia 1^{0}C and lower izotherma of the coldest month passes approximately on the 600-800 meters height and contains more than half of lowland territory. It means that in this part of Georgia consideration of winter conditions is necessary while projecting buildings, that is conditioned by climate continentality.

So, in Georgia three construction-climatic zones are sub-divided. They contain 6 construction-climatic sub-zones [3]

ლიტერატურა -REFERENCES-

1. ელიზბარაშვილი ე., საქართველოს კლიმატური რესურსები. თბ., 2007
2. მუმლაძე დ., საქართველოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილება. თბ.1991
3. ქართველიშვილი ლ., საქართველოს ტერიტორიული დარაიონება კომპლექსური კლიმტური პარამეტრების მიხედვით. გეოგრაფიის აქტუალური საკითხები თბ.2008

კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება მშენებლობაში ეკონომიკის ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით

ქართველიშვილი ლ. მზარელუა ლ. ქურდაშვილი ლ.

რეზიუმე

ნაშრომის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს ის, რომ მშენებლებს მისცეს იმ რაიონების კლიმატური მონაცემები, სადაც მიმდინარეობს მშენებლობა, გამოიყენოს მათი დადებითი მხარეები და მიიღოს შესაბამისი ზომები უარყოფითი ზემოქმედებისაგან დასაცავად. ავტორების აზრით ახალი სამშენებლო ნორმების და წესის გამოცემის აუცილებლობა განპირობებულია შემდეგი ფაქტორების ერთობლიობით:

1. არსებული კლიმატური მახასიათებლები მოძველდა და საჭიროა ახალი კლიმატური ნორმების განსაზღვრა (1911-1990) კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით;

2. კლიმატური ნორმები უნდა იქნეს შეჯერებული მსოფლიო სტანდარტულ ნორმებთან;

3. აუცილებელია, აგრეთვე განსაზღვრულ იქნეს სხვადასხვა მახასიათებლების ერთობლივი ზემოქმედება (ირიბი წვიმა,, ტემპერატურა-ქარი, ტემპერატურა-სინოტივე, ირიბი წვიმა და ინსოლაცია);

4. საჭიროა განსაზღვრულ იქნეს კლიმატური მახასიათებლების განმეორადობა წლების მიხედვით;

5. აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას სხვადასხვა ატმოსფერული მოვლენების გავლენა შენობებზე;

6. შედგენილ იქნას სამშენებლო-კლიმატური დარაიონების რუკა-სქემა.

აგრეთვე, ავტორების მიერ განსაზღვრულ იქნა ახალი კლიმატური სტანდარტული ნორმები 1966-1990 წლის ჩათვლით, სამშენებლო-კლიმატური ქვერაიონების გამოყოფამ და შესაძლო კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინებამ, უნდა უზრუნველყოს სამშენებლო-კლიმატური რაიონების და ქვერაიონების დაზუსტება, კომპლქსური კლიმატური მახასიათებლების გათვალისწინებით გამოიყოფა სამი სამშენებლო-ნოტიო, ზომიერად ნოტიო და მშრალი კლიმატური რაიონი. თითოეული კლიმატური რაიონი მოიცავს ორ ქვერაიონს.

УЧЁТ КОМПЛЕКСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИКИ

Картвелишвили Л. Мзарелуа Л. Курдашвили Л.

РЕЗЮМЕ

Основной задачей вышеуказанного труда является то, чтобы строителям были предоставлены (даны) климатические данные тех районов, где производится строительство, чтобы они смогли использовать их положительные стороны и приняли соответствующие меры для защиты от отрицательного влияния климата. По мнению авторов необходимость издания новых строительных норм и правил обусловлено обобщением следующих факторов: 1. Существующие климатические характеристики устарели и необходимо определение новых климатических норм (1911-1990) с учётом изменения климата. 2. Климатические нормы должны соответствовать мировых стандартных норм. 3. Также необходимо определить совместное влияние различных климатических особенностей (косвенный дождь, температура-ветер, температура- влажность, косвенный дождь и инсоляция). 4. Необходимо определить повторяемость климатических особенностей по годам. 5. Необходимо учитывать влияние различных атмосферных явлений на здания-постройки. 6. Составить карту-схему строительно-климатического зонирования (районирования).

Также авторами указанного труда определены новые климатические стандартные нормы включительно 1966-1990г.г. Выделение строительно-климатических суб-районов и определение возможных комплексных климатических параметров, должно обеспечить уточнение выделения строительно-климатических районов и суб-районов. С учётом комплексных климатических особенностей выделяются три строительно-климатических районов: влажный, умеренно-влажный и сухой климатические районы. Каждый климатический район включает в себя два суб-района.

CONSIDERATION OF COMPLEX PARAMETERS FOR THE PURPOSE OF IMPROVEMENT CONSTRUCTION ECONOMIC EFFICIENCY

Kartvelishvili L.* Mzarelua L. Kurdashvili L*****

SUMMARY

The main objective of the above work is that builders should be provided by climatic data of those areas where construction will be located, that they could use positive sides of climate and took the appropriate measures for protection against negative influence of climate. According to the authors it is necessary to edit a new construction norms and rules and edition of new construction norms is caused by generalization of the following factors: 1 . Existing climatic characteristics became outdated (1911-1990) and definition of new climatic norms is necessary taking into consideration climate change.

2 . Construction climatic norms should correspond to the world standard norms of climate. 3 . It is also necessary to define joint influence of various climatic features (such as an indirect rain, temperature wind, temperature - humidity, an indirect rain and insolation). 4 . It is necessary to define repeatability of climatic features by years. 5 . It is necessary to consider influence of various atmospheric phenomena on buildings constructions. 6 . To make a schematic map of construction and climatic zoning (division into zones and sub-zones).

Also authors of the above work defined new climatic standard norms inclusive 1966-1990. Allocation of the construction climatic sub - zones and determination of possible complex climatic parameters, should provide specification of allocation of construction-climatic zones and sub - zones. Taking into account complex climatic features three construction-climatic zones are allocated: damp, moderate damp and dry climatic zones. Each climatic zone includes two sub - zones.

ASSESSMENT OF CLIMATE EXTREMES CURRENT TENDENCIES IN GEORGIA REVEALED BY CLIMATE CHANGE INDICATORS

Megrelidze L., Qartvelishvili L.

The National Environmental Agency of Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Georgia, Tbilisi, Georgia

Introduction. Statistical analyses in weather and climate variability studies have often been concerned with averages of a random variable, such as mean precipitation or temperature. However, the extremes of random variables are important to consider, and have become increasingly studied in recent years [1]. Extreme events have a huge impact on society and the ecosystem. Particularly, high and low temperatures and extreme rainfall are one of the most studied extreme events, since their occurrence severely influences agriculture (many crops are affected by the number of frost days or the amount of hot days per year), human health (the heat waves..), demand for energy, water resources, and the availability of drinkable water, among others. Under a climatic change, a small variation in the mean values can be associated with large changes in the frequency of extreme events [2]. Identifying trends in climatic extremes implies an extra demand on data quantity and quality than the study of changes in mean values. This is because even a relatively small amount of missing data raises the possibility that an extreme event has not been recorded, especially when absolute extreme events are being studied. Also, when investigating trends at the extreme ends of a climatic distribution, the quality of data can also influence the results since an outlier can be incorrectly considered as a true extreme value or vice versa (a genuine extreme may be rejected as an outlier). During the last few years new datasets of daily temperature and precipitation have become available allowing the study of trends in extreme climate events.

Data and methodology. ***Extreme indices:*** In recent investigations incorporated two methods to assess temperature and precipitation extremes. The first involves fixed thresholds where extremes are defined with respect of physical-geographical conditions of place. These thresholds are called as 'absolute' extremes. The second method consisted of seasonally varying thresholds where the annual cycle and changes in variability during the year are removed from the basic data by transforming each day's temperature into a percentile. In this case extreme values will be calculated by counting of percent of days when temperature values exceeds 10% or 90%. These thresholds are called as 'seasonally varying' or 'percentile'. For temperature, the percentile thresholds are calculated from five-day windows centered on each calendar day to account for the mean annual cycle. For precipitation, the percentile thresholds are calculated from the sample of all wet days in the base period without consideration of the annual cycle. Such indices allow straightforward monitoring of trends in the frequency or intensity of events, which, while not particularly extreme, would nevertheless potentially cause stress to humans or the environment. Such indices allow for spatial comparisons over large regions with complex topography because they sample the same part of the probability distribution of temperature and precipitation at each location.

In accordance to **IPCC** (International Panel Climate Change) recommendations, it has been created the list of 27 core extreme indices, where maximum probable change of extreme temperatures and frequency and intention of precipitations are provided.

These indices have been computed using RClimDex, an R-based software package developed at the Climate Research Branch of Meteorological Service of Canada on behalf of the ETCCDMI (WMO CCl/CLIVAR Expert Team (ET) on Climate Change Detection, Monitoring and Indices) to investigate possible changes in the frequency and/or severity of climatic extremes during the second half of the

twentieth century for 20 meteorological stations of Georgian Hydrometeorological network relative to a base period (1961-1990) climate.

Time-series were preliminarily quality controlled using RClimDex and tested for consistency or "homogeneity" using RHtestV3 and RHtests_dlyPrcp software packages (http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml) [4].

Linear trends were computed from the indices series using a Kendall's tau based slope estimator due to Sen [1968]. This more robust approach for trend estimation was adopted because the indices have mostly non-Gaussian distributions and also because daily data could contain large real outliers that could compromise the results returned by the non-resistant least squares method. The significance of the trend is determined using Kendall's test refined by iterative procedure taking account of a lag-1 autocorrelation effect. To take account of missing values, at least 80% of data for the period are required before a trend can be computed. Throughout the paper, we consider a trend as being significant if it is statistically significant at the 5% (10%) level.

Generalized extreme value (GEV) distribution: The descriptive indices developed by ETCCDI refer to moderate extremes that typically occur several times every year. Extreme value theory complements the descriptive indices in order to evaluate the intensity and frequency of rare events that lie far in the tails of the probability distribution of weather variables, say events that occur once in 20 years. There are many applications—hydrology, oceanography, wind engineering, insurance industry, and risk assessment on financial markets, among others—where a threshold value might be important. In some engineering applications, such analysis requires estimation of events that are unprecedented in the available record, say events that occur once in a hundred or thousand years (extreme quantiles of the statistical distribution), while the observation series may be only about 50 years long.

In this study the ExtRemes Toolkit, an R-based user friendly interactive program, developed by (NCAR), was used for analyzing extreme value data (http://www.assessment.ucar.edu/toolkit) [3].

Return levels of extreme minimum and maximum temperatures have been estimated by fitting a GEV distribution to blocks of annual maxima. Two different extremes based on minimum and maximum daily data have been defined: the highest maximum temperature of the year called TXx, and the lowest minimum temperature of the year, called TNn. Applying the extreme value theory (EVT), a generalized extreme value (GEV) distribution is fitted to these extreme indices and return values are calculated for the period 1961–2010 and also for two subperiods (1961-1985, 1986-2010).

Extreme value analysis was performed by fitting the GEV distribution to the sample of annual extremes defined above at each station using the method of maximum likelihood estimation (MLE).

The P-yr return level is defined as the value that is exceeded by an annual extreme at least once every P years, and is obtained by inverting the fitted GEV distribution. 2-, 10-, and 100-yr return levels are calculated at each station both for warm and cold annual extremes.

Different goodness-of-fit (GOF) tests were used to examine whether the GEV distributions fit the empirical distributions of annual extremes. We firstly analyzed the probability plot (PP plot) and the quantile plot (QQ plot), which allow visual comparison between the theoretical and the empirical distributions for the annual extremes. Figure 3 shows the QQ, PP, return level and density plots the GEV distribution fitted to the series of annual extremes at Akhaltsikhe.

Table 3 shows 2-, 10-, and 100-yr return levels for annual extremes for the period 1961-2010, as well differences between two 25-yr subperiods. Both TXx and TNn have similar patterns to those of mean daily values.

Results. *Temperature indices:* Most of the country area sampled in this study showed significant increases in the annual number of hot days (SU25, SU30) and warm nights (TR20) and not significant decreases in the annual number of cool days (ID0) and cold nights (FD0). These trends were stronger for indices based on maximum temperature than for those based on minimum temperature which implies a positive shift in the distribution of daily temperature throughout the country.

Intra-annual trends analysis showed that trends were not obtained for the number of cold nights and icy days per winter, while the number of warm nights and hot days per summer and autumn has increased at mostly all locations.

The study of trends in extreme temperature indices based on percentile thresholds revealed that the frequency of warm temperature extreme events has generally increased (tx90p, tn90p), while the number of extremely cool temperature events (tx10p, tn10p) has decreased, consistently with increasing trends in mean minimum and maximum temperatures during that period. More trends are revealed for indices related to minimum temperature.

In Georgia we observed an asymmetric warming of the cold and warm tails of the daily minimum and maximum temperature distributions. The annual number of warm extremes increased much faster than the decrease in the number of cold extremes.

We also found that trends in indices based on daily minimum temperature were not consistent and that the stations with significant trends were located mainly in the Black Sea coastal zone and Kolkheti lowlands (west Georgia).

We also studied the relationship between seasonal mean temperature and the frequency of occurrence of extremely warm and cold days. Results indicate that an increase in the summer mean temperature is mostly due to an increase in the frequency of warm events in the eastern and western part of the country, and to a decrease in the number of cold events in the central region (Tbilisi, Sagarejo, Khashuri).

Table 1. Annual trends (per decade) for the period 1961–2010 for temperature indices. Dark (light) grey cells indicate significance at 95% (90%) confidence intervals.

	Station	su25	id0	tr20	fd0	su30	gsl	txx	txn	tnx	tnn	tx10p	tx90p	tn10p	tn90p	wsdi	csdi	dtr
West Georgia	Poti	8.31	-0.10	6.13	-1.26	3.60	0.45	0.38	0.18	0.29	0.41	-1.01	2.57	-1.16	2.16	6.19	-0.34	0.01
	Qobuleti	8.72	-0.02	5.12	-0.98	3.33	-0.22	0.09	0.01	0.33	0.07	-0.73	2.74	-1.37	2.20	6.73	-0.11	-0.04
	Batumi	3.93	-0.05	6.43	-0.05	0.62	-1.22	-0.25	-0.07	0.40	-0.05	-0.32	0.91	-0.69	1.49	2.70	-0.94	-0.11
	Zugdidi	6.15	-0.11	5.54	-0.20	6.31	-1.61	0.29	0.19	0.36	0.55	-0.93	1.72	-0.88	1.97	2.69	-0.04	0.06
	Qutaisi	0.62	-0.05	6.64	-1.06	3.25	-1.80	0.04	0.05	0.42	0.16	-0.12	0.34	-1.04	1.63	1.41	-0.81	-0.15
	Sachkhere	1.85	0.04	4.79	-1.78	2.53	2.70	0.44	0.10	0.35	1.21	-0.40	0.86	-0.99	3.55	2.89	0.54	-0.26
	Ambrolauri	4.05	-0.31	-0.30	1.95	4.01	-0.42	0.11	0.22	-0.04	0.75	-0.59	1.15	-0.23	-0.68	1.72	0.50	0.23
	Khulo	4.51	1.09	0.27	0.07	1.85	-1.94	0.00	-0.05	0.24	0.07	-0.20	0.20	-0.21	0.40	1.70	0.48	0.01
	Mta-sabueti	3.86	0.72	0.01	-0.83	0.57	-1.65	0.50	0.10	0.27	0.17	-0.32	1.39	-0.13	0.87	2.90	0.14	0.07
East Georgia	Khashuri	4.24	-0.56	1.00	-1.85	3.18	1.75	0.39	0.29	0.48	0.40	-0.62	1.34	-0.87	2.13	3.91	-0.19	-0.07
	Gori	2.92	-0.62	0.68	0.80	3.82	1.42	0.14	0.23	0.20	0.34	-0.74	1.04	0.32	0.15	3.46	-0.02	0.18
	Tbilisi	1.49	-0.42	3.72	-1.11	2.88	1.70	0.14	0.15	0.44	0.23	-0.50	0.61	-0.84	1.37	3.28	0.07	-0.05
	Bolnisi	3.31	-0.25	2.28	1.11	5.37	-1.03	0.56	0.15	0.11	0.01	-0.77	1.61	-0.20	0.44	4.39	0.27	0.18
	Sagarejo	2.81	-0.36	2.07	-1.49	1.62	0.75	-0.06	0.24	0.32	0.53	-0.53	0.59	-1.06	1.92	3.01	0.04	-0.11
	Telavi	4.29	-0.83	2.13	0.06	4.58	-1.67	0.29	0.29	0.21	0.03	-1.06	1.39	-0.41	1.12	4.04	0.51	0.15
	Dedoplistskaro	7.34	-0.12	1.83	-1.77	6.81	0.97	0.80	0.25	0.24	0.53	-0.81	2.36	-1.04	1.19	5.91	-0.29	0.15
	Pasanauri	5.51	-0.25	0.01	-0.74	2.27	-0.33	0.45	0.08	0.16	-0.02	-0.92	1.68	-0.29	0.46	3.48	0.15	0.18
	Akhaltsikhe	4.80	-0.82	0.06	-3.04	5.10	1.21	0.51	0.07	0.28	0.47	-0.83	1.51	-1.02	1.76	2.70	-0.50	-0.02
	Tsalka	3.93	-0.71	0.00	1.55	0.25	1.47	0.32	0.30	0.03	0.22	-0.92	1.85	0.11	0.44	3.99	0.50	0.26
	Akhalqalaqi	3.66	0.34	0.00	0.38	0.71	-0.55	0.33	0.00	-0.02	-0.12	-0.63	1.54	0.29	-0.69	3.66	0.43	0.40

Table 2. Annual trends (per decade) for the period 1961–2010 for precipitation indices. Dark (light) grey cells indicate significance at 95% (90%) confidence intervals.

	Station	rx1day	rx5day	sdii	r10mm	r20mm	R50mm	cdd	cwd	r95p	r99p	prcptot
West Georgia	Poti	0.58	-0.84	0.37	1.99	1.00	0.40	-0.62	0.30	39.2	30.9	74.1
	Qobuleti	2.37	0.31	0.38	0.96	0.83	0.48	-0.91	0.15	32.2	12.2	48.2
	Batumi	3.63	-4.68	-0.11	-0.58	-0.86	0.13	-1.84	-0.01	9.7	25.6	0.6
	Zugdidi	0.59	3.90	0.30	1.82	1.00	0.31	-0.82	0.05	17.4	6.2	44.3
	Qutaisi	0.48	3.22	0.17	-0.05	0.53	0.10	-0.44	0.08	27.3	5.1	18.0
	Sachkhere	0.36	2.96	0.09	0.75	0.53	0.09	-0.26	0.32	11.5	6.6	23.8
	Ambrolauri	2.98	9.11	0.19	1.11	1.14	0.24	-0.03	0.37	34.4	21.5	41.5
	Khulo	2.33	6.64	0.27	1.26	1.47	0.37	-1.26	0.29	36.7	20.2	64.2
	Mta-sabueti	-3.66	-0.74	-0.15	-1.03	-0.52	-0.18	-0.23	0.68	-23.0	-9.5	-30.0
Ge	Khashuri	0.18	0.98	0.05	0.14	-0.01	-0.03	0.67	0.10	-1.6	-0.3	-8.3

Gori	0.19	0.94	0.08	0.01	-0.04	0.01	0.61	0.07	0.0	2.0	-0.1
Tbilisi	1.72	3.90	0.16	0.62	0.17	0.03	0.30	0.03	5.2	2.6	14.5
Bolnisi	-2.43	-2.18	0.02	0.13	-0.18	-0.08	0.37	-0.02	-6.5	-6.7	-2.0
Sagarejo	-0.01	2.03	-0.03	-0.02	-0.54	0.04	1.54	-0.19	-10.6	1.4	-12.6
Telavi	1.43	4.75	0.02	0.22	-0.10	0.09	0.96	0.60	8.2	4.4	5.8
Dedoplistskaro	1.99	3.15	0.21	0.39	0.27	0.07	1.23	0.07	3.9	6.4	7.3
Pasanauri	1.37	4.13	0.03	0.05	0.48	0.10	0.41	0.18	10.0	5.4	5.1
Akhaltsikhe	0.04	1.22	-0.03	-0.22	0.07	-0.03	-0.74	-0.02	-3.2	-0.6	0.5
Tsalka	-1.25	0.08	-0.11	-0.19	-0.33	-0.04	-1.73	0.05	-10.7	-2.0	-5.4
Akhalqalaqi	-0.13	2.46	0.23	1.58	0.33	-0.01	-0.66	-0.03	10.9	1.7	29.1

Based on abovementioned warming almost all stations show strongest (positive) changes in heat wave occurrence (**wsdi**), while, cold spells frequency (**csdi**) are reduced only on the half of stations and changes were not considered as reliable.

Trends in absolute annual maximums are revealed mainly in the east part of the territory (except Tbilisi and Gori), while in the West tendencies are reliable only in the middle and high mountain areas of Imereti (Sachkere, Mta-sabueti). As other temperature characteristics **TXx** are warmed because of summer and especially autumn absolute maximums rising.

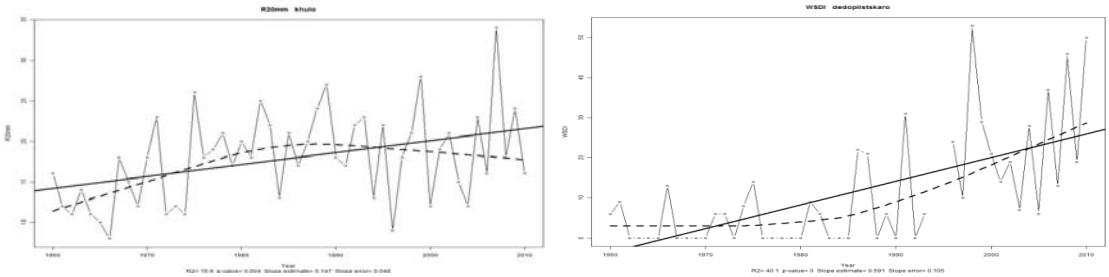


Fig. 1. Annual time-series (1961–2010) of temperature and precipitation indices (wsdi, R20mm) for Dedoplistskaro and Khulo. Dashed smoothed lines are from a Lowess filter applied to the annual time series and solid lines indicate Sen's slope estimators.

Absolute minimums of annual temperature (**TNn**) reliably increase only on the number of stations. It should be noted that the strongest trends are revealed in winter.

Precipitation indices: Calculation results of rainfall indices approved that changes in precipitation are basely unstable on the entire territory. Only few trends are revealed.

Most of them are occurred in west Georgia stations, as well in high-mountainous area of southern Caucasus plateau and indicate light tendency of precipitation increase mainly due to increasing of heavy rainfall cases (r10mm, r20mm, r95p, r99p).

In contrary, in the central part of the country (Mta-sabueti, Shida Qartli) are stations where precipitation indices (r1day, r50mm) indicates reduction of precipitation due to decreasing of heavy rainfall cases.

Return levels: According to the GEV distribution fitted to the highest maximum temperature in the year (TXx), maximum temperature is expected to be greater than 33°C at least once every 100 yr throughout all the country, reaching even 44°C in the Black Sea coastal zone and west Georgia lowlands, where mean maximum temperature reaches the highest values of the country. The 2-yr return level distribution shows that maximum temperature will be greater than 28°C in almost any part of the country with probability 0.5.

2-, 10-, and 100-yr return levels for cold annual extremes show larger gradients across the country. Minimum temperature will be lower than -3°C every 2 yr in any part of the country, with values even less than -24°C in the southern part of the country. In the Tsalka region, minimum temperatures are expected to be less than -33°C at least once every 100 yr.

In order to increase the reliability of the obtained results for the period 1961-2010, return levels of these parameters drawn from a GEV distribution were compared for two consecutive 25-yr subperiods.

Time series for the annual temperature extremes defined above for the 20 long-term stations used in this study show that even though these extremes refer to only one day of the year, they do not represent isolated extremes. For 12out of 20 stations, year 2000 and for 4 – year 2006 shows a relative maximum in TXx, while 1972 and 1964 displays a relative minimum in TNn.

As can be seen from the table 3 for TXx variable differences between two subperiods is less noticeable. In general, the second subperiod (after-1985) shows return values almost equal to those obtained for the complete period (not shown) of each station. This implies that the behavior of return values based on the complete period is dominated by the second subperiod. For Tnn picture is reversed which implies that the behavior of return values of absolute annual minimums based on the complete period is dominated by the first subperiod.

Overall, differences are positive almost for all investigated stations, exceptions are Ajara coastal zone and Javakheti plateau. The most noticeable change in return values is seen in Batumi, where 100-yr return values for TXx diminish almost 4°C from one period to the other, while for TNn they increase by 2°C, leading to a decrease in the annual temperature range. In poti TXx 100-yr return value increases by 6°C in the post-1985 period. Same differences are obtained for Qobuleti and Zugdidi for TNn 100-yr return period. In Sachkhere, as well in Dedoplistskaro, changes in maximum temperature return values are significant only for 100-yr return period but the differences in minimum temperature return values show a strong reduction in the frequency of occurrence of cold extremes and an increase in the occurrence of warm extremes.

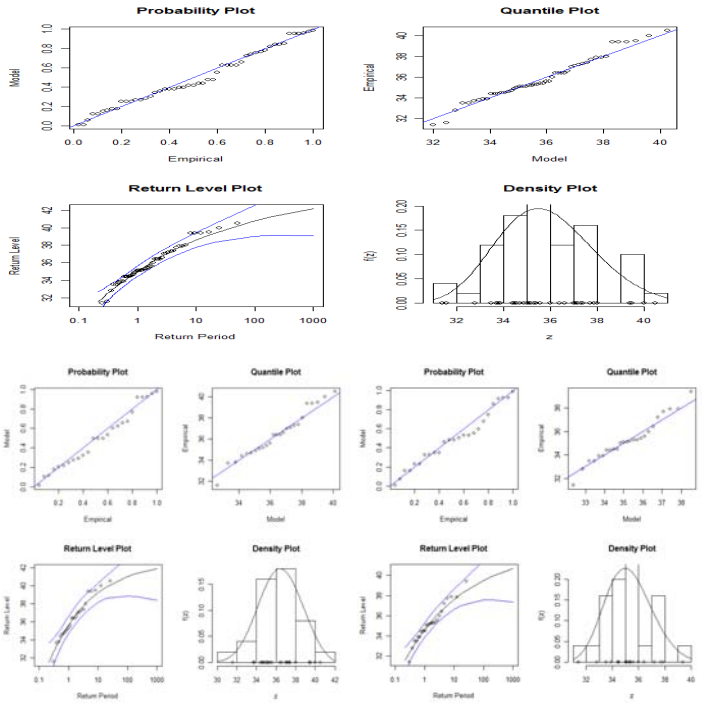


Fig. 2. QQ, PP, Return Level and Density Plots for the GEV distribution fitted to TXx at station Akhaltsikhe (1961-2010, 1 and 2 subperiods)

Table 3. Return values (in °C) of warm and cold extremes: TXx and TNn for 2-, 10- and 100-yr return periods, drawn from a GEV distribution fitted to annual extremes in the period 1961–2010 and differences between two (1961–1985, 1986–2010) subperiods. Grey cells indicate negative deviations relative to 1subperiod.

	Station	TXx_1961-2010			TNn_1961-2010			TXx_difference			TNn_difference		
		2-yr	10-yr	100-yr	2-yr	10-yr	100-yr	2-yr	10-yr	100-yr	2-yr	10-yr	100-yr
West Georgia	**Poti**	35.5	38.9	43.6	-3.2	-6.6	-11.2	0.6	1.9	6.2	1.0	2.6	4.8
	Qobuleti	36.1	39.4	41.5	-5.2	-9.1	-13.5	0.8	0.4	-3.1	-0.7	1.2	6.2
	Batumi	34.4	37.8	40.6	-2.7	-5.4	-7.5	-0.2	-1.8	-4.3	-0.1	1.1	1.6

	Zugdidi	37.0	39.6	41.8	-5.7	-10.0	-15.3	0.6	1.0	1.8	0.9	2.9	6.2
	Qutaisi	37.7	40.4	42.7	-4.2	-7.6	-11.0	-0.3	0.1	1.6	0.0	1.4	3.0
	Sachkhere	36.7	39.3	42.0	-13.4	-20.1	-25.4	0.4	1.9	4.0	3.1	4.6	5.2
	Ambrolauri	36.4	39.1	41.6	-13.4	-18.1	-21.2	0.6	1.5	3.2	1.8	2.0	2.5
	Khulo	35.3	38.3	40.5	-9.8	-12.5	-14.7	-0.2	0.3	1.2	0.0	0.3	0.0
	Mta-sabueti	28.2	30.9	33.3	-12.7	-16.1	-19.3	0.5	1.4	3.2	0.7	1.1	0.8
East Georgia	**Khashuri**	33.7	36.2	38.2	-17.1	-21.1	-22.9	0.8	1.8	2.8	3.4	2.3	0.8
	Gori	34.6	36.6	38.0	-16.0	-21.6	-25.4	0.1	0.7	1.7	1.5	3.3	3.6
	Tbilisi	37.1	39.0	40.2	-8.5	-12.3	-15.6	0.2	0.1	0.4	0.9	2.7	4.1
	Bolnisi	35.7	38.0	39.4	-9.7	-13.6	-16.9	1.0	0.9	0.6	0.6	1.7	1.3
	Sagarejo	33.9	36.3	38.1	-10.2	-13.9	-17.8	-0.4	0.1	1.2	1.4	3.5	5.9
	Telavi	34.9	37.4	39.9	-9.9	-13.9	-17.1	0.6	0.7	0.8	-0.2	1.4	2.8
	Dedoplistskaro	34.4	37.2	39.3	-11.3	-15.9	-20.4	2.1	2.6	2.7	1.5	3.6	5.7
	Pasanauri	31.8	34.4	36.6	-16.9	-19.8	-21.3	0.4	0.9	3.2	-0.1	0.3	0.0
	Akhaltsikhe	35.7	38.5	40.8	-19.5	-24.3	-27.1	1.3	1.6	1.5	2.2	2.5	0.2
	Tsalka	28.6	31.2	34.1	-23.6	-29.2	-32.9	0.7	0.4	-0.5	1.4	3.0	2.7
	Akhalqalaqi	31.0	34.2	37.0	-24.4	-27.8	-29.6	0.4	0.4	2.4	-0.7	-0.3	-0.7

Conclusions. In this study we have updated previous analyses of long-term observed trends in temperature and precipitation means for Georgia, analysed how these relate to trends in extremes and, for the first time, character of changes in extreme temperature frequency distributions have investigated. Trends in extremes are highly correlated with trends in means for both temperature and precipitation, suggesting that the mechanisms driving mean change are also driving changes in extremes. The results also suggest that absolute trends in extremes across the country as a whole are larger than trends in means. Warm maximum temperature extremes are warming faster than cold maximum temperature extremes for entire territory. The upper (warm) and lower (cold) tails of the minimum temperature distribution appear to be warming at approximately the same rate. As a result there is a more warming in warm half of the year than cold half, more warming in daily maximums than daily minimums. For precipitation, it was revealed few upward trends in the frequency/magnitude of heavy daily precipitation events, a little bit increased annual total precipitation due to more days with rainfall and slightly increased rate rain. The results also tentatively suggest that the most extreme events also appear to be changing at a faster rate than more moderate extreme events. Both for temperature and precipitation regional/seasonal differences are obvious.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. კუტალაძე ნ., მეგრელიძე ლ., დეკანოზიშვილი ნ., ელიზბარაშვილი მ., 2011: ექსტრემალური კლიმატური მოვლენების ცვლილებების სამომავლო სცენარები საქართველოს პირობებისთვის. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 117, თბილისი, გვ. 64-66.
2. Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P. Ambenje, K. Rupa Kumar, J. Revadekar and G. Griffiths, 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.*, 111 (D05109), DOI:10.1029/2005JD006290.
3. Gilleland, E. and Katz, R.W., 2006: Analyzing seasonal to interannual extreme weather and climate variability with the Extremes Toolkit (extRemes). Preprints: 18th Conference on Climate Variability and Change, 86th *American Meteorological Society* (AMS) Annual Meeting, 29 January–2 February 2006, Atlanta, Georgia. P2.15.
4. Wijngaard, J.B., A.M.G. Klein Tank and G.P. Können, 2003: Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *Int. J. Climatol.*, 23, 679–692.

კლიმატური ექსტრემუმების მიმდინარე ცვლილების ტენდენციების დადგენა საქართველოში კლიმატის ცვლილების ინდიკატორების გამოყენებით.

მეგრელიძე ლ. ქართველიშვილი ლ.

რეზიუმე

საქართველოში კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შეფასების მიზნით საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის 20 სადგურის უკანასკნელი 50-წლიანი პერიოდის მონაცემებზე დაყრდნობით განხორციელდა კლიმატური ელემენტების ექსტრემალური მნიშვნელობების სტატისტიკური ანალიზი. გამოთვლილი იქნა ექსტრემალური კლიმატური ინდექსები და სხვადასხვა უზრუნველყოფის ტემპერატურული სიდიდეები, რომელთა საშუალებითაც დადგენილი იქნა ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ექსტრემალური მნიშვნელობების სიდიდის, სიხშირისა და ინტენსივობის ცვლილების კანონზომიერებები წლიური და სეზონური მნიშვნელობის მიხედვით. მიღებული შედეგების საიმედოობის გაზრდის მიზნით აღნიშნული პარამეტრები შეფასებული იქნა ორი მეთოდით, თითოეული პარამეტრისათვის გამოვლენილი იქნა წრფივი ტრენდები, შეფასებებული იქნა მათი სტატისტიკური საიმედოობა და ასევე, განხორციელდა ორი 25-წლიანი პერიოდის შესაბამისი მნიშვნელობების შედარება.

Assessment of Climate Extremes Current Tendencies in Georgia Revealed by Climate Change Indicators.

Megrelidze L., Qartvelishvili L.

Abstract

For the assessment of current climate change in Georgia climate extremes statistical analysis has been done based on the last 50-yaers period data of Georgian hydrometeorological network 20 stations. Extreme climate indices as well temperature return values have been calculated and regularities of annual and seasonal tendencies of air temperature and atmospheric precipitation extremes magnitude, frequency and intensity have been defined. For the improvement of reliability of the obtained results the mentioned parameters have been estimated by two methods, for each parameter linear trends has been revealed and their statistical significance has been estimated as well comparison of two 25-years periods corresponding values has been carried out.

Оценка текущих тенденций климатических экстремумов в Грузии выявленная индикаторами изменения климата.

Мегрелидзе Л. Картвелишвили Л.

Резюме

Для оценки текущего изменения климата в Грузии был проведен статистический анализ экстремальных климатических значений на основе данных последнего 50-летнего периода 20 станций Грузинской гидрометеорологической сети. Были рассчитаны экстремальные климатические индексы, также как значения температур различной вероятности и определены закономерности тенденций годовых и сезонных величин, частоты и интенсивности температуры атмосферного воздуха и осадков. Для повышения надежности полученных результатов указанные параметры были оценены двумя способами, для каждого параметра были выявлены линейные тренды и оценена их статистическая значимость также как было проведено сравнение соответствующих значений двух 25-летних периодов.

აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღდგენის საკითხისათვის

ბერიტაშვილი ბ.შ., კაპანაძე ნ.ი., ცინცაძე თ.ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

სტიქიურ კლიმატურ მოვლენებს შორის გვალვას გამორჩეული ადგილი უჭირავს. ეს განპირობებულია ამ კატასტროფული მოვლენის როგორც ფართო მასშტაბებით, ისე მისი ხანგრძლივობითაც. ისტორიაში ცნობილია ფაქტები, რომ რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში გამეფებულ გვალვებს ცივილიზაციების ნგრევა მოჰყოლია (მაიას ცივილიზაცია ცენტრალურ ამერიკაში, შუამდინარეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში ანგკორის ცივილიზაციები). ტექნოლოგიების განვითარების ამჟამინდელ პერიოდშიც კი გვალვა სერიოზულ პრობლემებს უქმნის დიდ რეგიონებს აფრიკის, ავსტრალიისა და ჩრდილო ამერიკის კონტინენტებზე.

შავი ზღვისა და კავკასიონის მძლავრი მთიანი სისტემის სიახლოვის გამო საქართველო, საბედნიეროდ, ასეთი დამანგრეველი გვალვებისაგან დაცულია, თუმცა აქაც ზოგჯერ ადგილი აქვს 1-2 თვის ხანგრძლივობის გვალვებს დასავლეთ საქართველოში და 3 თვემდე გაგრძელებულ გვალვას აღმოსავლეთ საქართველოში [1,2].

როგორც ცნობილია, გვალვას იწვევს რამდენიმე კვირის და მეტი ხნის მანძილზე გარკვეული ტერიტორიის ფარგლებში ატმოსფერული ნალექების არარსებობა ან მათი უმნიშვნელო რაოდენობა. ეს განსაკუთრებით მტკივნეულად აღიქმება მცენარეთა სავეგეტაციო პერიოდში, თუმცა მეტად უარყოფითი შედეგები მოაქვს ზამთრის გვალვასაც, რომლის დროსაც არ ხდება ტენის დაგროვება მიწაში, თოვლის საფარს მოკლებული ნიადაგის ზედა ფენა იყინება ან ძლიერი ქარის დროს განიცდის ქარისმიერ ეროზიას. ამავე დროს, გაზაფხულზე არ ხდება წყალსატევების შევსება გამდნარი თოვლით, რაც ამცირებს მათ საირიგაციო და ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს.

გვალვის შედეგებთან საბრძოლველად ადამიანი უხსოვარი დროიდან წვიმიან პერიოდში აგროვებდა წყალს ხელმისაწვდომ რეზერვუარებში და შემდგომში იყენებდა მას გვალვის შედეგების შესარბილებლად. გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან, ამ ტრადიციულ ტექნოლოგიასთან ერთად, მთელ რიგ ქვეყნებში დაიწყო ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) ტექნოლოგიის დანერგვა, რომელიც ემყარება ღრუბლებში მიმდინარე ნალექწარმომქმნელ პროცესებზე ხელოვნურ ზემოქმედებას, ანუ ამ პროცესების მოდიფიკაციას.

საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის გზები სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებთან შედარებით მოგვიანებით დაიწყო. ეს გამოწვეული იყო იმით, რომ საკავშირო მასშტაბით მევენახეობისა და მეღვინეობის წამყვან რესპუბლიკაში, ვაზის კულტურისათვის მიყენებული ზარალის გათვალისწინებით, 1960-იანი წლებიდან სეტყვასთან ბრძოლა პრიორიტეტულ მიმართულებად იქნა მიჩნეული. თუმცა, სოფლის მეურნეობის სხვა დარგებისთვის მიყენებული ზარალის მხედველობაში მიღებით, 1970-იანი წლების მეორე ნახევარში ჩვენში სათანადო ყურადღება ნხგ სამუშაოებსაც დაეთმო. კერძოდ, 1977 წელს აკად. გ. სვანიძის ინიციატივით რესპუბლიკაში მიღებულ იქნა სამთავრობო დადგენილება, რომლის თანახმად სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებულ სამსახურს დაევალა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო-მეთოდური ხელმძღვანელობით სიონის წყალსაცავის აუზში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის საცდელ-საწარმოო სამუშაოთა ჩატარება. ეს გადაწყვეტილება გარკვეულწილად გამყარებული იყო იმითაც, რომ 1973 წლიდან ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის აქტიური მონაწილეობით, სევანის ტბის აუზში დაიწყო ნალექთა ხელოვნური გაზრდის საკავშირო პროექტის განხორციელება, რომლის შესრულება დაევალა საბჭოთა კავშირში ამ დარგის წამყვან სამეცნიერო ორგანიზაციებს.

სიონის წყალსაცავის აუზში მოწყობილ იორის პოლიგონზე 1990 წლამდე წლის თბილ პერიოდში, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში შემუშავებული მეთოდიკის საფუძველზე, სისტემატურად წარმოებდა ზემოქმედება კონვექციურ ღრუბლებზე მათგან დამატებითი ნალექის მისაღებად.

ანალოგიური სამუშაოები ტარდებოდა ფარავნის ტბის აუზში და გასამხედროებული სამსახურის ყველა ქვედანაყოფში. გარდა ამისა, წლის ცივ პერიოდში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი თვითმფრინავის გამოყენებით ფენა ღრუბლებიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოებს ატარებდა სევანის ტბის აუზში.

უნდა ითქვას, რომ საქართველოს რელიეფი ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ეფექტური წარმოებისთვის. ხეობები და ტაფობები მათში განლაგებული ტბებითა და წყალსაცავებით საშუალებას იძლევა დამატებითი ნალექი წლის ნებისმიერ დროს იქნას აკუმულირებული და სხვადასხვა მიზნებისთვის გამოყენებული.

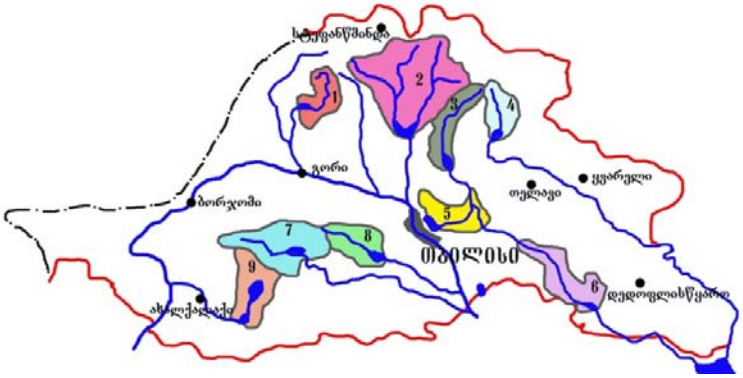
საქართველოს 11 ძირითადი წყალსაცავიდან 8 აღმოსავლეთ საქართველოში მდებარეობს (ცხრ.1.)

ცხრილი 1. საქართველოს აღმოსავლეთ რეგიონში არსებული მთავარი წყალსატევები [3,4]

№	წყალსაცავის დასახელება	მდინარე	მოცულობა, მლნ.მ^3	სარკის ფართობი, კმ^2	წყალშემკრების ფართობი, კმ^2	გამოყენება
1	ზონკარის	პატ.ლიახვი	40.0	1.4	86	ი,თ,რ,წ.
2	ჟინვალის	არაგვი	520	11.5	1900	ე,ი,წ,თ,რ,კ.
3	სიონის	იორი	325	14.4	587	ე,ი,წ,თ,რ.
4	ბირკიანის	ალაზანი	175	12.0	282	ი,თ,წ,რ.
5	თბილისის (სამგორის)	იორი, არაგვი	308	11.8	439	ი,კ,თ,რ.
6	დალის	იორი	140	8.0	4556	ი,თ.
7	წალკის	ქცია-ხრამი	312	34.0	1080	ე,წ,თ,რ.
8	ალგეთის	ალგეთი	65	2.3	450	ი,თ,რ.
9	ფარავნის ტბა	ფარავანი	90.8	37.5	530	თ,ე.
10	საღამოს ტბა	ფარავანი	7.7	4.8		ე.

პირობითი აღნიშვნები: (ი)-ირიგაცია, (ე)-ენერგეტიკა, (წ)–წყალმოვარდნის პრევენცია, (თ)-მეთევზეობა, (კ)-კომუნალური წყალმომარაგება, (რ)-რეკრეაცია.

თუ ამას დავუმატებთ ფარავნის ტბასაც მის მიმდებარე საღამოს ტბასთან ერთად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღმოსავლეთ საქართველო საკმაო პოტენციალს ფლობს ხელოვნური ნალექების დასაგროვებლად მდინარეების ლიახვის, არაგვის, ფარავნის, ხრამის, ალგეთის, ალაზნისა და იორის აუზებში (ნახ.1).



ნახ.1 აღმოსავლეთ საქართველოს წყალსატევები და მათი წყალშემკრები აუზები (ნუმერაცია იხ. ცხრ.1)

იმის გათვალისწინებით, რომ დასავლეთ საქართველოში ნალექთა წლიური რაოდენობა (ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე 1300-1500 მმ) 2-3-ჯერ აღემატება აღმოსავლეთ საქართველოს იმავე მაჩვენებელს (500-600 მმ), დასავლეთ საქართველოში გარემოს

ზედმეტი დატენიანების თავიდან ასაცილებლად ნხგ სამუშაოთა ჩატარება ამ რეგიონში მიზანშეწონილად არ უნდა ჩაითვალოს. სამაგიეროდ, აღმოსავლეთში, სადაც სასოფლო-სამეურნეო კულტურები სავეგეტაციო პერიოდში განიცდის წყლის დეფიციტს (რომელიც გვალვიან პერიოდში კატასტროფულ ხასიათს ღებულობს), ნხგ სამუშაოთა წარმოება დიდ ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა. გარდა ამისა, ამ პირობებში ფერმერს ექმნება თავისი შრომის დაცულობის გრძნობა, რაც სტიმულს იძლევა წარმოების გასაფართოებლად და ახალი ტექნოლოგიების დასანერგად. რასაკვირველია, ყოველივე ეს გამართლებულია მხოლოდ მოწესრიგებული და ოპტიმალურად აგებული საირიგაციო სისტემის არსებობის პირობებში, რომელიც უზრუნველყოფს ხელოვნურად მიღებული დამატებითი წყლის რესურსის რაციონალურად გამოყენებას. ამ რესურსების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის მოხმარება კიდევ უფრო ამაღლებს ნხგ სამუშაოთა ეკონომიკურ ეფექტურობას.

1990-იანი წლების დასაწყისიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის, ისევე როგორც სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები, საქართველოში შეწყდა. 80-იან წლებში სიონის წყალსაცავისა და ფარავნის ტბის აუზებში ჩატარებული ნხგ სამუშაოების შედეგების ანალიზმა ცხადყო, რომ ამ საცდელი ტერიტორიების საკმაოდ განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში წლის თბილ პერიოდში კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია ნალექთა სეზონური ჯამების გაზრდა 10-30%-ით და ეკონომიკური ეფექტურობის (რენტაბელობის) მიღწევა 1:5-დან 1:10-მდე.

ამვე დროს აღსანიშნავია, რომ ნხგ დარგში აღმოსავლეთ საქართველოს პოტენციალის გათვალისწინებით, ხსენებულ ათწლედში ჩატარებული ნხგ სამუშაოები მხოლოდ საწყის ფაზად, ანუ „საპილოტო პროექტად“ შეიძლება ჩაითვალოს [5]. ამის საფუძველს იძლევა შემდეგი მოსაზრებები:

- საცდელ-საწარმოო სამუშაოებით მოცული იყო მხოლოდ 2 წყალსატევის და, შესაბამისად, 2 მდინარის (იორი და ფარავანი) აუზი;
- ზემოქმედება წარმოებდა მხოლოდ წლის თბილ პერიოდში კონვექციურ ღრუბლებზე და არ მოიცავდა ცივი პერიოდის ფენა-გროვა საღრუბლო სისტემებს, რომლებიც წყლის დიდ მარაგს შეიცავს;
- კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედებისთვის გამოიყენებოდა ოპერაციების მართვისა და კონტროლის ამჟამად მოძველებული ტექნოლოგიები, რომელთა შეცვლა კომპიუტერიზებული სისტემებით არსებითად აამაღლებს ზემოქმედების ეფექტურობას;
- ზამთრის საღრუბლო სისტემებზე ზემოქმედებისთვის მიწისპირა სააეროზოლო კომპლექსების გამოყენება საგრძნობ წვლილს შეიტანს მთებში თოვლის მარაგის გაზრდაში და შესაბამისი წყალსაცავების საირიგაციო და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ამაღლებაში;
- ზამთრის საღრუბლო სისტემებზე ზემოქმედებისთვის თვითმფრინავის გამოყენება შესაძლებელს გახდის გაიზარდოს თოვლის საფარი აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე რაიონებში, რაც გააუმჯობესებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გამოზამთრების პირობებს და უზრუნველყოფს გაზაფხულზე ნიადაგს დამატებითი ტენით;
- წლის თბილ პერიოდში ნხგ პროგრამით ზემოქმედების ჩატარება კონვექციურ ღრუბლებზე გარკვეულ წვლილს შეიტანს სეტყვისაგან ტერიტორიების დაცვაში, რადგანაც ხშირ შემთხვევაში ნალექის მომცემი ზემოქმედებაქმნილი ღრუბელი აღარ გადადის სეტყვასაშიშ სტადიაში და იშლება დისიპაციის ბუნებრივი პროცესის შედეგად.

ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებები იძლევა საფუძველს დაისვას საკითხი აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა თანამედროვე დონეზე აღდგენის შესახებ, რის ზოგად დასაბუთებასაც ეძღვნება წინამდებარე ნაშრომი.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. არველაძე ღ. გვალვების განვითარების კომპლექსური შეფასებისათვის. ჰმი შრომათა კრებული, 2002, ტ. 107, გვ. 89-93.

2. ბეგალიშვილი ნ.ა., ცინცაძე თ. და სხვ. საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება გვალვის ინტენსივობის შეფასების საფუძველზე. ჰმი შრომათა კრებული, 2008, ტ.115, გვ. 808-312.
3. Водные ресурсы Закавказья. т. 9, вып. 1. Под редакцией В.Ш. Цомая. Л., Гидрометеоиздат, 1974, с.529-565.
4. ხმალაძე გ. საქართველოს წყლის რესურსები. თსუ, საკანდიდატო დისერტაცია, თბილისი, 2009.
5. სვანიძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ. აღმოსავლეთ საქარველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტის შესრულების შედეგები. თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლისთავისადმი მიძღვნილი შრომათა კრებული. „მეცნიერება“, თბილისი, 1997, გვ. 51-58.

აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღდგენის საკითხისათვის

ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, თ. ცინცაძე

რეზიუმე

მოკლედ განხილულია აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) სამუშაოთა განვითარების ისტორია. აღნიშნულია ამ სამუშაოთა გაშლის საქმეში 1977 წელს იორის პოლიგონის ორგანიზაციის გადამწყვეტი როლი. მოყვანილია 1979-1990 წლებში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ხელმძღვანელობით წარმოებულ სამუშაოთა ეფექტურობის მონაცემები. ნაჩვენებია ეფექტურობის ამაღლების შესაძლებლობა მდ. ლიახვზე, არაგვზე, ხრამზე, ალგეთზე, ალაზანსა და იორზე არსებული წყალსაცავებისა და ფარავნის ტბის აუზებში, აგრეთვე ვაკე რაიონებში სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტების, ავიაციისა და მიწისპირა სააეროზოლო გენერატორების გამოყენებით ნხგ სამუშაოთა გაშლის ხარჯზე.

ON THE REHABILITATION OF PRECIPITATION ENHANCEMENT ACTIVITIES IN EAST GEORGIA.

B.Beritashvili, N. Kapanadze, T. Tsintsadze

Abstract

The history of precipitation enhancement (PE) activities in East Georgia is briefly reviewed. The decisive role of the establishment in 1977 of Iori testing ground in the development of PE activities is outlined. Data on the efficiency of these works carried out in 1979-1990 under the guidance of the Institute of Hydrometeorology are presented. The possibility of efficiency increase due to the extension of PE activities in the basins of existing reservoirs at rivers Liakhvi, Aragvi, Khrami, Algeti, Alazani, Iori and Lake Paravani as well as over plains using anti-hail rockets, airplanes and surface aerosol generators is argued.

К ВОПРОСУ О ВОССТАНОВЛЕНИИ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ УВЕЛИЧЕНИЮ ОСАДКОВ В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ.

БЕРИТАШВИЛИ Б. Ш., КАПАНАДЗЕ Н.И., ЦИНЦАДЗЕ Т.Н

Резюме

Вкратце рассмотрена история развития работ по искусственному увеличению осадков (ИУО) в Восточной Грузии. Отмечена решающая роль организации в 1977 году Иорского полигона в развертывании этих работ в различных районах указанного региона. Приведены данные об эффективности работ, которые велись под руководством Института гидрометеорологии в 1979-1990 гг. Показана возможность повышения эффективности за счет расширения работ по ИУО в бассейнах имеющихся водохранилищ на рр. Лиахви, Арагви, Храми, Алгети, Алазани и Иори, в бассейне оз. Паравани, а также над равнинными районами с применением противоградовых ракет, авиации и наземных генераторов.

წყალსატევებში ზვირთცემის ნაკადის პარამეტრების დადგენა

წივწივაძე ნ.*, ხატიაშვილი ე., ბაღაშვილი ზ.**, კავთუაშვილი ნ.**, ასკურავა ზ.****
*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო.
**ასოციაცია "ჰიდროსფერო", თბილისი, საქართველო.

დახრილ ფერდობებზე ტალღის ზემოქმედების შედეგად წარმოქმნილი ზვირთცემის ნაკადის გავრცელების პროცესის გავრცელების პროცესის მკაცრი ჰიდროდინამიური ამონახსნების მიღება მნიშვნელოვან, ზოგიერთ შემთხვევაში გადაუწყვეტელ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ამ გარემოების გამო, ქვემოთ მოგვყავს ამოცანის გადაწყვეტის მიახლოებითი ჰიდრავლიკური ამოხსნა, რომელიც მიუხედავად ზოგიერთი დაშვებისა, სრულიად აკმაყოფილებს პრაქტიკულ-საინჟინრო მოთხოვნებს.

როგორც წესი ზვირთცემის ნაკადის ფერდობებზე გავრცელებისას ადგილი აქვს დამოკიდებულებას:

$$h^* = l^* Sin\alpha \qquad (1)$$

h^* - ნაკადის ფერდობზე ასვლის სიმაღლეა, l^* - ზვირთცემის ნაკადის გავრცელების მაქსიმალური სიგრძე, α - ფერდობის დახრის კუთხეა, x- ღერძი მიმართულია ფერდობის გასწვრივ.

მეჩხერი წყლის შემთხვევაში, რასაც ადგილი აქვს ჩვენი ამოცანის პირობებში l^* სიგრძის განსაზღვრისათვის განვიხილოთ ზვირთცემის ტალრის ფრონტის გავრცელება ფერდობზე, რომლის ზღვრული მდებარეობა განისაზღვრება h^* და l^* სიდიდეებით.

ზვირთცემის ტალღის ფრონტის გავრცელების სიჩქარისთვის, რომელშიც უგულებელყოფილია წყლის გადატანითი სიჩქარის მდგენელი ფაზურ სიჩქარესთან შედარებით, გვაქვს:

$$\tilde{c} = \frac{dx}{dt}, \qquad (2)$$

დამსხვრევის ფაზისათვის ტალღის ფრონტის სიჩქარე $\tilde{c}$ ცვლადია ფერდობის გასწვრივ [1] და გამოისახება დამოკიდებულებით:

$$\tilde{c} = \sqrt{\frac{g}{k_*} thk_* H_*} \left(1 - \frac{x}{l^*}\right)^p \cos\alpha , \qquad (3)$$

სადაც P - ხარისხის მაჩვენებელია, რომელიც ცხადია დადებითია, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში $\tilde{c}$ არ შემცირდება ფერდის გასწვრივ. გარდა ამისა, როგორც ქვემოთ მოყვანილი გათვლებიდანაა ცხადი $P < 1$; $k_* = \frac{2\pi}{\lambda_*}$ - ტალღური რიცხვია.

მე-(3)-ის გათვალისწინებით ვღებულობთ:

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{g}{k_*} thk_* H_*} \left(1 - \frac{x}{l^*}\right)^p \cos\alpha \qquad (4)$$

მიღებული განტოლების ინტეგრების შედეგად, საწყისი პირობების, როცა $t = 0, x = 0$,(4) გათვალისწინებით ვღებულობთ

$$\frac{1}{1-P}\left[\left(1 - \frac{x}{l^*}\right)^{1-P} - 1\right] = -\frac{t}{l^*}\sqrt{\frac{g}{k_*} thk_* H_*} \cos\alpha \qquad (5)$$

l^*-ის განსასაზღვრავად თუ (6)-ში შევიტანთ, რომ როცა $t=\frac{\tau}{4}$ (τ პერიოდია) მაშინ $x=l^*$, მივიღებთ

$$l^*=\frac{1-P}{4}\tau\sqrt{\frac{g}{k_*}thk_*H_*}\cos\alpha=\frac{1-P}{4}\tau\tilde{c}_*\cos\alpha \qquad (6)$$

შემოვიტანოთ აღნიშვნა $\beta=\frac{\tilde{c}_*}{\tilde{c}_{კრ}}$ და გადავწეროთ (6) შემდეგი სახით:

$$l^*=\frac{1-P}{4}\frac{\lambda_\infty}{\tilde{c}_\infty}c_{კრ}\beta\cos\alpha \qquad (7)$$

ამ დროს ვითვალისწინებთ, რომ ფერდისაგან მოშორებით $\tau=\tau_\infty=\frac{\lambda_\infty}{c_\infty}$

ტალღური მოძრაობის პერიოდების მუდმივობის პირობიდან $\tau_x=\tau_{კრ}$, გამომდინარეობს:

$$\frac{\lambda_x}{c_x}=\frac{\lambda_{კრ}}{\tilde{c}_{კრ}} \qquad (8)$$

სადაც ნიშნაკი x მიგვანიშნებს სიდიდეების მიკუთვნებას ფერდობის იმ კვეთისადმი, რომელიც საკმაოდ დაშორებულია ტალრების დამსხვრევის კვეთიდან ე.ი. დამსხვრევის კვეთიდან სიღრმით $H_{კრ}$.

ზოგადი შემთხვევისათვის (ვითვალისწინებთ, რომ ნებისმიერი შემთხვევისათვის $KH=\frac{2\pi H}{\lambda}$) და იმის გათვალისწინებით, რომ დამსხვრევის კვეთში ფაზური სიჩქარე ახლოსაა გრძელი ტალღების სიჩქარესთან მე-(8) დამოკიდებულება ჩაიწერება შემდეგი სახით [2]:

$$\lambda_{კრ}=\sqrt{g\,H_{კრ}}\,\frac{\lambda}{\sqrt{\frac{g\lambda_\infty}{2\pi}th\frac{2\pi H_\infty}{\lambda_\infty}}} \qquad (9)$$

მე-(8) და (9) დამოკიდებულების გამოყენებით მე-(7) მიიღებს სახეს:

$$l^*=\frac{1-P}{4}\beta\sqrt{\frac{2\pi H_{კრ}\lambda_\infty}{thk_\infty H_\infty}}\cos\alpha \qquad (10)$$

β - სიდიდის დასადგენად გვიხდება ფენომენოლოგიური მეთოდების გამოყენება.

კერძოდ, ცხადია, რომ გრძელი ტალღების სანაპირო ზოლთან მოსვლისას l^* არ უნდა იყოს დამოკიდებული მოსული ტალღების სიგრძესთან.

იმ შემთხვევაში კი, როდესაც ნაპირს უახლოვდებიან მოკლე დისპერსიული ტალღები, ზვირთცემის ტალღა ფაქტიურად წარმოადგენს ფერდობზე მოსული ტალღების დეფორმირებულ სახეს და ამიტომ მე-(10) დამოკიდებულება მიახლოებით სამართლიანი უნდა იყოს იმ ტალღებისათვის, რომლებიც ჯერ კიდევ "გრძნობენ" ფსკერს. ამასთან l^* სიგრძე მიახლოებით შეიძლება შეიცვალოს $\frac{\lambda}{4}$-ის სიგრძით, რადგან l^* შეესაბამება ტალღური მოძრაობის მეოთხედ პერიოდს, როდესაც $P\approx 0$.

ძნელი არაა იმის შემჩნევა, რომ ორივე ეს ზღვრული შემთხვევა (მითუმეტეს შუალედურებიც) დაკმაყოფილდება თუ მივიღებთ, რომ

$\beta=thk_\infty H_\infty$

ასეთ შემთხვევაში მე-(10) დამოკიდებულება მიიღებს სახეს:

$$l^*=\frac{1-P}{4}\sqrt{2\pi H_{კრ}\lambda_\infty thk_\infty H_\infty}\cos\alpha \qquad (11)$$

გრძელი ტალღების შემთხვევაში $thk_\infty H_\infty \approx k_\infty H_\infty$ და (11) ჩაიწერება შეწმდეგი სახით:

$$l^* = \pi \frac{1-P}{2} \sqrt{H_{\text{კრ}} H_\infty} \cos\alpha \qquad (12)$$

ამ დროს ცხადია l^* აღარაა დამოკიდებული ტალღის სიგრძეზე.
მოკლე ტალღების შემთხვევაში, ნაპირთან მოსვლისას $thk_\infty H_\infty = 1,\ P = 0,\ \cos\alpha \approx 1$ და

$$l^* = \frac{1}{4} \sqrt{2\pi H_{\text{კრ}} \lambda_\infty} \qquad (13)$$

ამრიგად l^* - ნაკადის სიგრძე უკვე დამოკიდებულია მოსული ტალღის სიგრძეზე. თუ გავითვალისწინებთ, რომ დამსხვრევის კრიტიკული სიღრმე $H_{\text{კრ}} \approx \tilde{h}$, მაშინ ზედაპირული ზღვრულად მოკლე ტალღებისათვის $\frac{\lambda_\infty}{\tilde{h}} = 2\pi$ (რომლებიც შეესაბამებიან ტალღის პროფილის სტოქსის ზღვრულ მდგრადობას) გვექნება:

$$l^* = \frac{\lambda_\infty}{4} \qquad (14)$$

ხარისხის მაჩვენებელი P ასახავს ნაპირთან მოსული ტალღის ხახუნის ძალების გავლენის ინტენსივობას, რის შედეგადაც ეს უკანასკნელი ცხადია მცირდება, რაც უფრო ახლოა P ერთთან მით უფრო ინტენსიურად მცირდება ტალღების სიჩქარე ფერდის ზედაპირთან დამსხვრეული ნაკადის ხახუნის გამო და ამიტომ მით უფრო მოკლეა l^* სიგრძე და დაბალია სიმაღლე h^*. ამიტომ პირობა $P \square 1$, რომლის დროსაც გამოსახულება $h^* = l^* \sin\alpha$ შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგი სახით:

$$h^* = l^* \sin\alpha = \frac{1}{8} \sqrt{2\pi H_{\text{კრ}} \lambda_\infty thk_\infty H_\infty} \sin 2\alpha \qquad (15)$$

ეს უკანასკნელი პასუხობს ხახუნის არამქონე ფერდობზე ტალღის დამსხვრევის შემთხვევას.

პირიქით, როდესაც P ახლოა ერთთან, საქმე გვაქვს ისეთ ფერდობთან, რომელზეც ხახუნი ძალზე დიდია (მაგალითად დამსხვრეული ქვებით აგებულ ფერდთან) ზემოაღნიშნული თავისებურებების გამო h^*-ის დამოკიდებულებას შეიძლება მივცეთ ენერგეტიკული ახსნა თუ მას ჩავწერთ შემდეგი სახით:

$$h^* = h_0^* - h_W^* \qquad (16)$$

სადაც h_0^* - პასუხობს ზღვრულ ხვედრით პოტენციალურ ენერგიას, ე.ი. საქმე გვაქვს პრაქტიკულად იდეალურ სითხესთან, ხოლო h_W^* კი არის ხახუნით გამოწვეული ენერგიის დანაკარგი

$$h_W^* = \frac{P}{8} \sqrt{2\pi H_{\text{კრ}} \lambda_\infty thk_\infty H_\infty} \sin 2\alpha \qquad (17)$$

გამოვსახოთ ენერგიის დანაკარგები ჰიდრავლიკური სახით შეზი-მანინგის მიხედვით [3]:

$$h_W^* = \frac{V^2 l^*}{c_W^2 H} = \frac{\overline{V}^2 n^2 l^*}{H^{1.33}} \qquad (18)$$

და მივიღოთ მიახლოებით, რომ

$$\overline{V} = \tilde{c}_{\text{საშ}} \sqrt{\frac{g}{k} thk\overline{H}} \qquad (19)$$

სადაც $\overline{H}$ - ტალღური ნაკადის საშუალო სიღრმეა დამსხვრევის ზონაში, მიღებულია, რომ იგი ტოლია 0.25 $H_{კრ}$.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ როცა $k\overline{H} \ll 1$, $thk\overline{H} = k\overline{H}$ გვექნება

$$\overline{V} = \sqrt{g\overline{H}} = 0.5\sqrt{gH_{კრ}} \qquad (20)$$

და შესაბამისად

$$\overline{H}^{1.33} \cong 0.16H_{კრ}^{1.33}$$

ასე რომ გვექნება

$$h_w^* \cong 1.5\frac{gn^2 l^*}{\sqrt[3]{H_{კრ}}} \qquad (21)$$

თუ ერთმანეთს გავუტოლებთ მე-(17) და მე-(18) დამოკიდებულებების მარჯვენა მხარეებს და გავითვალისწინებთ მე-(11)-ეს, მივიღებთ:

$$1.5\frac{gn^2}{\sqrt[3]{H_{კრ}}}\frac{1-P}{4}\sqrt{2\pi H_{კრ}\lambda thkH}\sin\alpha\cos\alpha = \frac{P}{4}\sqrt{2\pi H_{კრ}\lambda thkH}\sin\alpha\cos\alpha$$

საიდანაც ვიღებთ

$$P=\frac{1.5gn^2}{\sqrt[3]{H_{კრ}}+1.5gn^2} \qquad (22)$$

ამრიგად დამსხვრეულია ტალღის ნაკადის სიმაღლის გამოსათვლელად ვღებულობთ შემდეგ საანგარიშო დამოკიდებულებას,

$$h^* = 0.25\sqrt{2\pi H_{კრ}\lambda_\infty thk_\infty H_\infty}\frac{\sqrt[3]{H_{კრ}}\sin\alpha\cos\alpha}{\sqrt[3]{H_{კრ}}+1.5gn^2} \qquad (23)$$

რომელშიც არ შედის არავითარი ექსპერიმენტული მუდმივა და წარმოადგენს მხოლოდ მიღებული თეორიული მიდგომის შედეგს.

სიმქისის კოეფიციენტი n (განგლიე-კუტერის ცხრილის მიხედვით) უნდა აღებულ იქნეს სრიბნის მიხედვით. მსხვილნამსხვრევიანი კაშხლებისათვის $n = 0.15 \div 0.20$.

ამრიგად, დამსხვრეული ტალღის ნაკადის უდიდესი სიმაღლე განისაზღვრება (21) დამოკიდებულებით, ხოლო ნაკადის სიგრძე ფერდობის გასწვრივ დამოკიდებულებით:

$$l^* = \frac{h^*}{\sin\alpha} \qquad (24)$$

l^* - სიგრძის ზონაში დამსხვრევის ტალღის ნაკადის ფრონტის გადაადგილების სიჩქარის შემცირება ხდება (3) დამოკიდებულების მიხედვით, რომელიც შეიძლება ასეც ჩაიწეროს:

$$\tilde{c} = \sqrt{gH_{კრ}}\left(1-\frac{x}{l^*}\right)^P\cos\alpha\ , \qquad (25)$$

რომელშიც P განისაზღვრება (22)-ის მიხედვით, ხოლო l^* კი (21) დამოკიდებულებით.

(25)-ე დამოკიდებულების თანახმად, დამსხვრეული ტალღების ფრონტის გადაადგილების სიჩქარე კლებულობს წყლის მშვიდი ზედაპირის შემდგომ.

დამსხვრეული ტალღის ნაკადის სიმაღლე l^* სიგრძის ზონაში შეიძლება მიღებული იქნეს, როგორც წრფივი, ამიტომ

$$h_H = H_*\left(1-\frac{x}{l^*}\right) \qquad (26)$$

სადაც H_*=0.67 $H_{კრ}$- წარმოადგენს ტალღის სიმაღლეს მისი დამსხვრევის შემდგომ.

კაშხალზე ან ფერდობზე დამსხვრეული ტალღური ნაკადის გადადინების შემთხვევაში, გადადინებული წყლის ხარჯი კი გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით [4]:

$$q = 0.67H_{კრ}\sqrt{gH_{კრ}}\left(1-\frac{l_{ფერ}}{110l^*}\right)\left(1-\frac{l_{ფერ}}{l^*}\right)^P \qquad (27)$$

ლიტერატურა
1. Пышкин Б.А. «Динамика берегов водохранилищ». Изд. «Науково думка», Киев. 1973.стр.413
2.Гуди А.Дж. и Девис Т.В. «Теория симметричных гравитационных волн конечной амплитуды». Теория поверхностных волн. Сборник переводов. Под ред. Красносельского М.А и Моисеева Н.Н. М. Иностранная лит - ра 1959г. стр. 119- 137.
3.Богомолов А.И., Михаилов К.А. «Гидравлика», Стройиздат,М. 1972, стр.648
4.Гуди А.Дж. и Девис Т.В. «Установившиеся, симметричные, периодические волны в канале конечной глубины». Теоря поверхностных волн. Изд. ИЛ,М. Теория поверхностных волн. Сборник переводов. Под ред. Красносельского М.А и Моисеева Н.Н. М. Иностранная лит - ра 1959г. стр.223-248.

წყალსატევებში ზვირთცემის ნაკადის პარამეტრების დადგენა

წივწივაძე ნ., ხატიაშვილი ე., ბაღაშვილი ზ., კავთუაშვილი ნ., ასკურავა ზ.

რეზიუმე

განიხილება წყალსატევის ფერდობებზე და კაშხალზე კატასტროფული მოვლენებით გამოწვეული დამსხვრეული ტალღების და ზვირთცემის ნაკადის პარამეტრების დადგენის მეთოდიკა.

დასმული ამოცანა, მისი სირთულის გამო, გადაწყვეტილია ჰიდრავლიკური აპარატის გამოყენებით, რომელიც მიუხედავად ზოგიერთი დაშვებისა, სრულიად აკმაყოფილებს პრაქტიკულ-საინჟინრო მოთხოვნებს.

აღსანიშნავია, რომ ხახუნის ძალების ზეგავლენა მიმდინარე მოვლენებზე და შესაბამისად ენერგიის დანაკარგები გამოითვლება შეზი-მანინგის მიხედვით. სიმქისის კოეფიციენტი აიღება განგლიე-კუტერის მიხედვით.

მიღებულია დამოკიდებულებები, რომლებითაც განისაზღვრება წყალსაცავის ფერდობებზე ზვირთცემის ნაკადის ფრონტის გავრცელების სიჩქარე, დამსხვრეული ტალღის ნაკადის სიმაღლე, ფერდობზე ასული ნაკადის სიგრძე, კაშხალზე ან ფერდობზე გადადინებული წყლის ხარჯი.

მიღებულია დამოკიდებულებები, რომლებიც ვარგისია ზვირთცემის ნაკადის პარამეტრების გასაანგარიშებლად როგორც გრძელი, ასევე მოკლე ტალღების აღძვრის შემთხვევაში.

Расчет Параметров Прибойного Потоко в Водоемах

Цивцивадзе Н. Хатиашвили Е. Багашвили З. Кавтуашвили Н. Аскурава З.

Резюме

В работе рассматривается методика расчета параметров обрушенных волн и прибойного потока на откосе и плотине водоема, вызванных катастрофическими явлениями. Ввиду сложности поставленная задача решена с применением гидравлического аппарата, который несмотря на ряд допущений, полностью отвечает практическим инженерным требованиям.

Следует отметить, что воздействие сил трения на текущие явления и соответветственно потери энергии расчитываются согласно Шези-Манинга, а коэффициент шероховатости берется согласно Ганглие- Кутеру.

Получены зависимости с помощью которых рассчитываются скорость распространения прибойного потока на откосе водоема, высота обрушенного волнового потока, длина заплеска на откосе, расход перелившейся воды через откос или плотину. Эти зависимости могут быть применены при расчетах параметров прибойных потоков, как в случае генерировании длинных, так и коротких волн.

Calculation of Surf Parameters in Reservoirs

Tsivtsivadze N. Khatiashvil E. Bagashvili Z. Kavtuashvili N. Askurava Z.

Summary

The paper considers the method of calculation of broken waves and surf parameters on the reservoir slope and dam, caused by catastrophic events. In view of the task complexity it is solved with the use of a hydraulic apparatus, that despite a number of assumptions, fully meets the practical engineering requirements.

It should be noted that the effect of frictional forces on the current problem and energy losses are calculated according to the Chézy-Maning, roughness coefficient is taken according to Ganglie-Kuter.

The relations of calculation of the surf flow speed propagation on a slope, the height of the broken wave, the length of the flow rolling on a slope, the discharge of water flow over the slope or the dam are received. These relations can be used in the case of generating both long-and short-wave.

მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომები
Материалы научной конференции Посвященный 80 – летию со дня основания Института геофизики
Reports, presented on the Scientific Conference "80 years of the M. Nodia Institute of Geophysics"

ГЛАВНЕЙШИЕ РАСТВОРИМЫЕ СОЛИ В ПОЧВАХ, ГРУНТОВЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОДАХ АЛАЗАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Джорбенадзе Л. Т.
Институт почвоведения, агрохимии и мелиорации им. М.С Сабашвили при Грузинском аграрном университете, Тбилиси, Грузия

Под воздействием мелиоративных мероприятии, бесплодные пустинные пронстранства, засоленные земли, солончаки и соланцы становятся высокоплодородними.

Основным источником засоления почв является неблогоприятные гидрогеологические условия, заключающиеся в слишком медленном горизонтальном передвижении верхных слоев грунтовых вод, при котором за счет испорения и транспирации пройсходит накопление солей сначала в грунтовых водах, а затем и в почвах. При этом засоление почвы пройсходит чем быстрее, чем скорее и в больших количествах по капиллярам грунтовая вада будет передвигатся в корнеобитаемую зону.

В районах недостаточного увложнения избыточное орошение, как правило, сопроваждается подьемом грунтовых вод и развитием востановительных процессов, что определяет необходимост создание дренажа, улучщающего водно-воздушным и солевой режима орашаемых почв.

В мелиоративном почвоведении наибольшее значение придается изучению физических и фызико-химических своиств почв, а также их режимов-водного, воздушного, солевого и окислительно-востоновительных процесов при дренаже и без него, при разных режимах орашения, при проведение промивок засоленных почв и применении различных комплексов мелиоративных мероприятий. При этом особое значенние приобретает выявление положительных и отрицательных своиств почв, возникающих в результате орасительных мелиораций.

До введения орошения в новоорашаемых районах Шигнит-Кахети-на правобережье Алазанской равнине, где полив производился без дренажа солонцовый и содончаковый процессы здесь обусловились резким поднятием уровня грунтовых вод с содержанием 5-8 г/л солей залеганием на глубине 4-5 м, а спустя 3-4 года, под влиянием поливов без дренажа, при капиллярно-грунтовом типе увложнения, поднялись до 1,5-1,7м от поверхности количество же солей в растворе достигло 15-20-28 г/л. Смыкание поливных и грунтовых вод, повышение их уровня и усиление непосредственно испорения, при слабом оттоке, привело к усиилению соленакопления в почвах и грунтовых водах.

Изучение нами водно-солевого режима почво-грунтов и грунтовых вод на балансовых участках показало, что на Алазанской равнине грунтовые воды сильно засоляется с глубины 1,8-2,2м. Поэтому этот уровень следует принять за критический, выше него в почво-грунтах и подземных водах происходит интенсивное соленакопление.

Основными приомами мелиорации засоленных почв является дренаж и промывка. Одноко на пути их эффективного осущствления практика орошаемого земледелия часто встречается труднопреодолимые препятствия. Дело в том, что вытеснение солевого раствора вадой из пористого тела глинистых почв с сильно выраженной адсорбцией в связи с их огромной удельной поверхностью, в значительной мере не достигается. Это требует длительного время, малопроизводительных расходов оросительной вады. В этих условиях промывка водой не обеспечивает вынос основной части имеющихся в почве солей,так как солевые расворы, находящиеся в агрегатных порах, при этом почти не участвуют в нисходящем движении промывных вод.

Одним из таких кардинальных приомов повышения скорости и увеличения находящего тока промывных вод, является предворительная химическая мелиорация и глубокое рыхление почв. Слабая эффективность промывки этих почв в полевых условиях является результатом блиского залегания и напорности грунтовых вод.

Целью исследования являлось устоновление оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа, обеспечивающие рассоления лугово-солончаковых солонцов при капитальных промывках, а также изучение россоления почвогрунтов с применением химических мелиорантов-гажи и железный купарос. Изучение изминения режима уровня и минерализации грунтовых вод и динамики солей в почвогрунтах на фоне дренажа при различных междренных расстояниях.

Опыт заложен на Цнорском опытном участке Груз.НИИПАМ, на площади 6-га. Опыт состоит из-4-х вариантной схемы закрытого дренажа с междреньями 50-100-150 и 200 м, глубина дрен 3м, на каждом междреньи заложен опыт по следующей схеме:

1. Промывка-промывная норма вады - 15 тыс.м3/га
2. .Промывка-(норма вады 15 тыс.м3)+CaSO4 (гажа) 40Т/га
3. .Промывка-(норма вады 15 тыс.м3)+FeSO4 7H2O 40 Т/га

Солевые и гидрогеологические сьемки уровней грунтовых вод проводили круглый год на площади междрений 50,100,150 и 200 м.

Сопоставление динамики уровней грунтовых вод в отдельных междреньях показывает следующее: В междренья 50м средногодовое значение глубины состовляет 2,9м, в период промывки-2,4-1,5м.

В междренья 100м среднегодовое значение глубины составляет 2,8-2,5м в период промывки 2,2-1,5.

В междренья 150м средногодовое значение глубины составляет 2,2м, в период промывки.1,5-0,9м.

В междренья 200м среднегодовое значение глубины состовляет1,9м, в период промывки 1,1м-0,7

Таким образом, на всех междреньях отмечено снижение уровня грунтовых вод и можно обеспечить поддержание уровня грунтовых вод на глубине исключающей засоление почвогрунтов. Однако лучший эффект показывает междренья 50 и 100м .

В первый период работы дренажа т. е. до начала промывки существенных изминений в минерализации грунтовых и дренажных вод не было. Так на участки междренье-50 средневзвешенная по площади минерализация грунтовых вод состовила 11,42 г/л, а через два года 12,07 г/л. На участке междренье 100м средневзвешенная по площади минерализация грунтовых вод соответственно - 15,87 г/л иг/л. 17,94 . На участке междренье 150м средневзвешенная по площади минерализация грунтовых вод-24,04г/л и 27,82г/л и на участке междренье 200м средневзвешенная по площади минерализация грунтовых вод - 27,73г/л и 28,83г/л.

Процесс россоления солончаковых солонцов Алазанской равнины осуществлялся тремя этапамы: первый - подготовка почвы, второй - химическая мелиорация и промывка, третий - сельскохозяйственное освоение мелиорированных земель.

На контрольном варианте опыта (без химических мелиорантов) провадились непреривные промывки с промиывной нормой 15 тыс.м^3/га. Из-за плохих фильтрационнх свойств солончаковых солонцов непреривные промывки не дают существенных изменений в солевом профиле означенных почв. После промывки содержание солей (по плотному остатку) уменьшилось мало по сравнению с исходным состоянием почвы до мелиорации.

Как показали опыты, и при гипсовании солеудоление протекает поэтапно. Вымывание солей по сравнению с контрольным вариантом лучше, а с другим мелиорантом-железным купоросом немного понижено.

При гипсовании по сравнению с контрольным вариантом удалено в метровом слое около 33 т/га солей. Величина плотного остатка меняется от 1,12 до 1,60. Правда, в верхней метровой талще нейтрализована щелочность, но почва содержит много хлоридов натрия и магния. Вымыто из двухметрового слоя по данным анализа одных вытяжек около 131т/га солей. В процессе промивок образовались вторичные соли а из них больше всего сульфат натрия.

При химической мелиорации засоленных почв широкое применение имеет сернокислое железо [1,4,5,8,9,10,11,12] Теоретической основой его применения является то, что оно в водном растворе в результате гидролиза образует серную кислоту и гидрозакись железа. В результате обменных реакций почва обагащается растворами вторичных солей натрия и магния, которые вымываются из почвы и удаляются дренажным стоком. Сульфаты кальция и магния, образующиеся в результате

взаимодействия сернокислого железа с карбонатами почвы, в свою очередь, вступают в реакцию с почвой и рассолонцовывают ее.

В результате промывки во всех вариантах опыта двухметровые слои почвы значительно рассолены и рассолонцованы [2,3,5,6,8,9,12,13].

Таблица

Изминение некоторых водно—физических свойств солончаковых солонцов Алазанской равнины

Варианты	Глубина взя.образца в см	Обиомная масса г/см3%	Общая порозност %	Влажность завид.%	Общая влагоемкость%	Диапазон активнойвлагы %	Оценка прод.влажносты	Влж. полной навух.% почвы	Поры аерации%
Контроль	0----50	1,36	50,06	18,95	43,45	17,54	72,43 зап. хорошие	51,78	12,89
	50-100	1,62	44,40	26,95	32,25	10,92	плохие	49,20	6,68
	0--100	1,67	44,23	27,53	30,51	2,98	очень плохие	43,20	6,48
Промывка +гажа	0—50	1,27	51,45	15,97	38,88	22,91	78,56 хорошие	49,97	16,61
	50-100	1,46	44,90	25,85	30,79	11,69	хорошие	45,59	5,96
	0-100	1,49	44,19	27,00	29,53	3,68	удовлетв орительние	42,06	5,40
Промывка +желехный купорос	0—50	1,24	52,65	14,98	38,74	23,76	101,03 .0-20 зап.хорошие	51,46	16,96
	50-100	1,52	46,00	20,33	32,78	17,58	запасы хорошие	5121	9,45
	0-100	1,54	42,19	25,59	30,00	4,56	запасы хорошие	45,33	7,21

После промывок этих почв железным купоросом в метровом и двухметровом слое почвы сумма солей уменьшилась значительно. 131-197 т/г. Уменьшилос и содержание нормальной и двууглекислой соды, произощло интенсивное уменьшение содержания сульфатов и хлоридов натрия. А в двухметровом слое почвы концентрация солей уменьшается по сравнению с вариантом до мелиорации 197 т/га полностью нейтрализуется сода, происходит интенсивный вынос сульфатов и хлоридов магния.

Под влиянием химической мелиорации при промывках в этих почвах идет не только интенсивное рассоление, но и рассолонцевание [1,4,7,8,9,10] На контрольном варианте опыта почва вновь остается солонцеватой. В составе обменных оснований поглощенный натрий в почвенных слоях составляет 10-11% от общей суммы. Фильтрационная способность почвы слабо проявяется и промывка идет очень медленно. Благодаря протекающим обменным реакциям, содержание обменного натрия резко уменьшается и состовляет лишь 3-7% от овщей суммы.

Как отмечалось выше, солончаковые-солонцы Алазанской равнины характеризуются отрицательным водно-физическим свойством. После внесения химических мелиорантов физические свойства почв улучшаются, что является важнейшим показателем их оздаравления. (табл.) [2,3,5,13].

Выводы

Глубокая мелиоратывная обработка(на глубине 40 см и подпочвенное рыхление 0-80см) имическая мелиорация железным купоросом 40 т/г и промывка 15 тыс.м3/га на фоне глубокого горизонтального дренажа с междреньем 50 и 100м, улучшает химическое свойства почвы, снижает степень засоления и солонцеватосты и переводит солончаковые солонцы в категорию солончаковых слобо-солонцеватых почв.

Выявлено,что при мелиорации солончаковых солонцов Алазанской равнины сравнительно лучший мелиоративный эффект дает сернокислое железо.В метровом и двухметровом слое почвы сумма солей уменьшилась от 131-197 т/га, полностью нейтрализуется карбонат и бикарбонат магния,содержание хлоридов и сульфатов натрия уменьшается до допустимого предела,образуются сульфаты кальция и магния.

ЛИТЕРАТУРА– REFERENCES

1. Джорбенадзе Л.Т. Применение омагниченной вады при рассолении засоленных почв Алазанской равнины//Известия Национального Аграрного университета Армении 3-2013, С . 60-63.
2. Джорбенадзе Л. Т. Изучения общей и дифференциальной порозности Лугово-солончаковых солонцов Алазанской равнини/ / Материали юбилеиной международной н/практической комфференции посвяшшщеной 100-летию Батумского Ботанического сада, Батуми, Грузия 2013,.С.286-288.
3. Джорбенадзе Л.Т. Изучение , оценка и регулирование гидрологических констант Лугово-солончаковых солонцов Алазанской равнины, //Тб.Гос, Университет...,Биоекономика и устоичивое развития с/х культур 2 международная п/к. С 582-586.
4. Джорбенадзе Л.Т. Снижение плодородия почв Грузии при неправильном их иссползовании и орашении. Тез. докладов 7създа Украинскых Почвоведов и Агрохимиков, Харков 2006. С.226-227.
5. Джорбенадзе Л. Т. Влияние минерализации грунтовых вод на процессы засоления почв Алазанской равнины. Сборник нау. Тру.Груз..НИПАМ. Т-40. Тбилиси 2008. С261-267.
6. Джорбенадзе Л.Т. Мелиоративное состояние орашаемых почв Васточной Грузии //Международная н/п комфференция. Гос. Университет Акакия Церетели. Иновационые технологии. .Кутаиси 2013. С.279-280.
7. Дзадзамия Т. Д.Влияние последействия химических мелиорантов на микрофлору засоленных почв Алазанской равнины в условях лизиметрических опитов.Труды Груз. НИИПАМ, т29, Тбилиси 2006 С. 5-40
8. Манукян Р.Р., Папинян В.А., Элоян Л.Ш. Использование промишленных отходов для мелиорации содовых солонцов-солончаков Араратской равнины. Известия ГАУА-Ереван.2009,№3 С. 35-39.
9. Папинян В .А. , Манукян Р.Р. Мелиоративно-экологическое состояние мелиоративных солонцов-солончаков Араратской равнины при химической мелиорации.//Известия Араратской науки.-Тбилиси,2008Т.6 №4. С.19-22.
10. Самойлова Э. М.,Гогоберидзе И.В.,Чинчаладзе И.А.,ТугушиН.К. Засоленные и солонцовые почвы Грузии и их мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа. Наука. Москва1986. С128-168.
11. Смирнова Л.Г., Мурванидзе Ч.Н. Опыт мелиорации тяжолых засоленных почв на примере опытно-дренажного участка в Алазанской долине. Почвоведение,1982,№5С.11-19.
12. Чхиквишвили В.И. Провлема мелиорации и с/х освоение засоленных почв Грузии.Материали Н/с посвяшеной 30-летию основания института.Груз.НИИПАМ. Тбилиси.1976 .С.47-65.
13. Шеин Э.В.,Щеглов Д.И., Москвин В.В. Моделирование процесса вадопроницаемости черназомов коменной степи.Факултет почвоведения МГУ имМ.В.Ломоносова, 119991,Москва, Ленинские гори Быолого-почвенный факультет ВГУ. 2011. С. 648-657.

უმთავრესი ხსნადი მარილები ალაზნის ველის ნიადაგებში, გრუნტის და სადრენაჟო წყლებში

ლ. ჯორბენაძე

რეზიუმე

ნიადაგის მელიორაციული დამუშავება (0-40 სმ სიღრმეზე და გაფხვიერება 0.80 სმ-ზე), ქიმიური მელიორაცია რკინის ძაღით 40 ტ/ჰა-ზე და ჩარეცხვები 15000 მ^3/ჰა-ზე ღრმა

ჰორიზონტალური დრენაჟის ფონზე, დრენთა შორის 50-100 მ-ზე, აუმჯობესებს ნიადაგის ქიმიურ თვისებებს, ამცირებს დამლაშებას და ბიცობიანობას; მლაშობი ბიცობი ნიადაგი გადაყავს სუსტად საშუალოდ დამლაშებული ნიადაგის კატეგორიაში.

გამოვლენილია, რომ ალაზნის ველის მდელოს მლაშობი ბიცობი ნიადაგების მელიორაციისას შედარებით უკეთეს ეფექტს იძლევა რკინის ძაღა. ნიადაგის მეტრიან და ორმეტრიან ფენაში მარილების ჯამი 132-197 ტ/ჰა-მდე მცრდება, მთლიანად ნეიტრალიზებულია მაგნიუმის კარბონატები და ბიკარბონატები, ქლორიდები და სულფატები შემცირებულია დასაშვებ ზღვრამდე, წარმოიქმნა კალციუმის და მაგნიუმის სულფატები.

ГЛАВНЕЙШИЕ РАСТВОРИМЫЕ СОЛИ В ПОЧВАХ, ГРУНТОВЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОДАХ АЛАЗАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Джорбенадзе Л. Т.

Резюме

Глубокая мелиоративная обработка (на глубине 40 см и подпочвенное рыхление 0-80 см) химическая мелиорация железным купоросом 40 т/га и промывка 15 тыс $м^3$ /га на фоне глубокого горизонтального дренажа с междреньем 50 и 100 м улучшает химическое свойство почвы,снижает степень засоления и солонцеватости и переводит солончаковые солонцы в категорию солончаковых слабо-солонцеватых почв.

Выявлено,что при мелиорации солончаковых солонцов Алазанской равнины сравнительно лучший мелиоративный эффект дает сернокислое железо.В метровом и двухметровом слое почвы сумма солей уменьшилась от 131-197 т/га, полностью нейтрализуется карбонат и бикарбонат магния,содержание хлоридов и сульфатов натрия уменьшается до допустимого предела,образуются сульфаты кальция и магния.

რეგიონის მიკროკლიმატური პარამეტრებით ლოკალური ქარის რეჟიმის განსაზღვრა, ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში

ზ.ხვედელიძე, დ. ჯანეზაშვილი

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University; Professor, Doctor of Sciences of Physics-Mathematics;
Tel.: 260-65-24; E-mail: zurab.khvedelidze@tsu.ge D. Djanezashvili – TSU Undergraduate
E-mail: djanezashvili@gmail.com

შესავალი

ატმოსფერული პროცესების ჩასახვის, განვითარების და კვდომის სტრუქტურის კვლევა იყო, არის და იქნება მსოფლიო მეცნიერ მეტეოროლოგთა აქტუალური ინტერესის სფერო.

დღევანდელ პირობებში მრავალი, გლობალური თვისებების მქონე, ატმოსფერული მოვლენების პროგნოზირება საკმარისად კარგად არის გადაწყვეტილი. ასევე შესწავლილია ფართომასშტაბიან პროცესებზე სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა, მათი პროგნოზირების ეფექტიურობის გაზრდის მიზნით. ამ მიმართულებით არც ამიერკავკასიის რეგიონი არის გამონაკლისი. მისი რთული ფიზიკურ - გეოგრაფიული რელიეფის და სხვა ლოკალური ფაქტორების გავლენა თითქმის დეტალურად არის გაანალიზირებული, როგორც თეორიულად ასევე მოდელური თვალსაზრისით.(1-7)

რაც შეეხება ლოკალურ - რეგიონალურ და არაორდინალურ ატმოსფერულ პროცესებს, ამ სფეროში მრავალი საკითხი ჯერ კიდევ მოითხოვს მეცნიერულად დამუშავებას. ლოკალურ მოვლენების შესწავლისას აუცილებელი ხდება მიკრო ატმოსფერული პროცესების; გეოლოგიური სტრუქტურის, მიწისპირა ფენის თავისებურებებია გაანალიზირება და მათი ცვალებადობის გავლენის გათვალისწინება პროგნოზურ სქემებში.აღნიშნული გარემოებანი მეტად აქტუალურს ხდის იმ მრავალსახა ლოკალური პროცესებია შესწავლას, რომლებიც დაიკვირვება ამიერკავკასიის ცალკეულ რეგიონებში, კერძოდ საქართველოე ტერიტორიაზე.

ამოცანის თეორიული დასმა

აღიარებულია, რომ ფართომასშტაბიან ატმოსფერულ პროცესების ფონზე წარმოიქმნება მცირე მასშტაბიანი მოვლენები, რომელთა შორის აღსანიშნავია „საშუალო სინოპტიკური" და მეზო მასშტაბური, რომელთა მახასიათებელი სიგრძეა (10-50)კმ, სწორეთ ასეთი ზომის პროცესებს შეაქვთ გადამწყვეტი როლი ცალკეული რეგიონების ამინდისა და მოკროკლიმატის ფორმირებაში. ამ ფიზიკური პროცესების მათემატიკური ასახვისათვის გამოიყენება ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა შემდეგი სისტემა {1,4,6,7},

$$\frac{du}{dt} = -\frac{\partial \phi}{\partial x} + \ell v + k_1 \Delta u + \frac{\partial}{\partial z}(k \frac{\partial u}{\partial z}) \qquad (1);$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\partial \phi}{\partial y} + \ell u + k_1 \Delta v + \frac{\partial}{\partial z}(k \frac{\partial v}{\partial z}) \qquad (2);$$

$$\frac{dW}{dt} = -\frac{\partial \phi}{\partial z} + \beta \bar{T} + k_1 \Delta W + \frac{\partial}{\partial z}(k \frac{\partial W}{\partial z}) \qquad (3);$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = \sigma W \qquad (4);$$

$$\frac{dT}{dt}+(\gamma_{a}-\overline{\gamma})W=\frac{\varepsilon_{l}+\varepsilon_{\phi}}{c_{\rho}\rho}+k_{1}\Delta T+\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial T}{\partial z}) \quad (5);$$

$$\frac{dq}{dt}-\overline{\gamma}_{q}W=\frac{\varepsilon_{\phi}}{\rho}+k_{1}\Delta q+\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial q}{\partial z}) \ (6);$$

სადაც u, v, w არის ქარის სიჩქარის მდგენელები საკოორდინატო ox,oy,oz ღერძების მიმართ; t დრო; $\phi=R\overline{T}\frac{p^{1}}{\overline{p}}$, R -გაზების უნივერსალური მუდმივა; C_{ρ} კუთრისითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს

$\sigma=\frac{g-R\overline{\gamma}}{R\overline{T}}$; $T^{1}=T_{0}$ (x,y,z,t)- $\overline{T}$

ტემპერატურის საშუალო ფონური მნიშვნელობიდან გადახრა; γ_{T} ემპერატურის ადიაბატური გრადიენტი; $\overline{\gamma}$; $\overline{\gamma}_{q}$ ტემპერაყურისა და ტენიანობის ვერტიკალური გრადიენტებია; q ჰაერის ხვედრითი ტენიანობა; β შეტივტივების პარამეტრი; p^{1} - წნევის შეშფოთებული სიდიდე.

ბუნებრივი ქარის სრული სიჩქარე წარმოდგება ორი შესაკრების ჯამის სახით:

$\vec{V}=\vec{V}_{0}+\vec{V}'$ (7);

სადაც $\vec{V}_{\bar{0}}$ არის ეგ.წ. ფონური მნიშვნელობა, ხოლო $\vec{V}'$ შეშფოთება გამოწვეული ლოკალური ტერიტორიის ფიზიკური თვისებებით.გავითვალისწინოთ მე(87-რე და (1)-(3) განტოლებებიდან განსაზღვროთ რეალური ქარი, გვექნება:

$$U^{1}=-\frac{\partial\phi}{\partial y}-U_{0}+\frac{k_{1}}{\ell}\Delta V+\frac{1}{\ell}\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial V}{\partial z})-\frac{1}{\ell}\frac{dV}{dt} \quad (8);$$

$$V^{1}=\frac{1}{\ell}\frac{\partial\phi}{\partial x}-V_{0}-\frac{k_{1}}{\ell}\Delta U-\frac{1}{\ell}\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial U}{\partial z})-\frac{1}{\ell}\frac{dU}{dt} \quad (9);$$

$$w^{1}=\frac{1}{\sigma}(\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{\partial V}{\partial y}+\frac{\partial W}{\partial z}) \quad (10);$$

(8)-(!0)- დან ჩანს, რომ ქარის ფონური მნიშვნელობიდან გადახრის სიდიდე დამოკიდებულია :

1) ნაწილაკის აჩქარებაზე;2) გარემოს ტურბულენტობაზე;3) ϕ სიდიდის ჰორიზონტალურ გრადიენტზე;

სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელისათვის გვექნება [3,6,7]:

$$V_{H}=\sqrt{[-\frac{dV}{ldt}+\frac{\partial}{l\partial z}(k\frac{\partial V}{\partial z})]^{2}+[-\frac{dU}{ldt}+\frac{\partial}{l\partial z}(k\frac{\partial U}{\partial z})]^{2}} \quad (11);$$

ამრიგად მივიღეთ, რომ რეალური ქარის ჰორიზონტალური მდგენელი განისაზღვრება ნაწილაკის აჩქარებით და გარემოს ტურბულენტობის ვერტიკალური მდგენელით. შევნიშნოთ, რომ თავისუფალ ატმოსფეროში ანალოგიური სიჩქარე მხოლოდ ნაწილაკის აჩქარებით არის განსაზღვრული [1,4,7].

თუ დედამიწის რელიეფის გავლენას გავითვალისწინებთ z კოორდინატის შეცვლითა[1,6,7], მაშინ

$$\ln W=\frac{h}{d}[\sigma-(\frac{\partial U^{1}}{\partial x}+\frac{\partial V^{1}}{\partial y})] \quad (12);$$

სადაც $\frac{H}{H-\zeta}=d$ რელიეფის გავლენის მახასიათებელი პარამეტრია; $\zeta(x,y)$ - რელიეფის ფორმა;.

მოყვანილი მსჯელობიდან ნათელია , რომ ქარის რეჟიმის შესასწავლად ლოკალურ ტერიტორიაზე აუცილებელია ვიცოდეთ: ტემპერატურული სტრატიფიკაცია; ქარის სიჩქარის მნიშვნელობა (0- h) ფენაში, მინიმუმ ფლუგერის სიმაღლეზე (10-12)მ. ამრიგად ამოცანა დადის დედამიწის სასაზღვრო ფენაში ძირითადი მეტეოროლოგიური პარამეტრების მნიშვნელობების განსაზღვრაზე.

ქარის სიჩქარის პროგნოზირება კვაზისტაციონალურმოდელით დედამიწის მიწისპირა ფენაში.

დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად ვისარგებლოდ, დედამიწის სასაზღვრო ფენისათვის ლიტერატურაში ცნობილი კვაზისტაციონალური მოდალით,[1,2,3,12]; ამ მოდელის მიხედვით ტემპერატურის და ტენიანობის ვერტიკალური პროფილი აპროქსიმირებულია შემდეგი ფორმულებით:

$$\frac{d\theta}{dz}=-\frac{P_T}{C_\rho\rho\hbar V_* z}+(\gamma_a-\overline{\gamma}) \qquad (13);$$

$$\frac{dq}{dz}=-\frac{E_0}{\rho\hbar V*z}-\overline{\gamma}_q \qquad (14);$$

აქ V_* არის ეგ.წ. დინამილური სიჩქარე;, θ პოტენციალური ტემპერატურა; ρ ჰაერის სიმკვრივე; $\hbar=\frac{C_\rho}{C_v}$, C_v კუთრისითბოტევადობა მუდმივი მოცულობის დროს; P_T სითბოს ტურბუნენტური ნაკადი; E_0 კი ტენის ტურბულენტური ნაკადი. ამ სისტემის ამოხსნისათვის იწერება შესაბამისი სასაზღვრო პირობები [3] $z=z_0$ -სათვის(z_0 - დედამიწის „საგები“ ანუ „მოსილობის“ სიმაღლეა) და $z\to\infty$ -სათვის.

მოყვანილი სისტემა ,სტრატიფიკაციის პარამეტრის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის, იხსნება რიცხვითი მეთოდებით. ამოხსნა წარმოსგება უნივერსალური უგანზომილებო ფუნქციების ერთიანობით [3,9,12] . მოყვანილი მოდელის რეალიზაციისათვის მთავარია განისაზღვროს ქარის სიჩქარე ფლუგერის სიმაღლეზე. ამისათვის კი საჭიროა ტემპერატურის და ტენიანობს მნიშვნელობები ფქსიქრომეტრულ ჯიხურში (z=2მ); ქარის სიჩქარის ბიჯი და ტემპერატურის სხვაობა რაღაც (z_2-z_1) ფენაში; P_T და E_0 ნაკადები დედამიწის ზედაპირთან ;ტემპერატურის და ტენის პროგნოზური მნიშვნელობები და აგრეთვე ქარის სიჩქარე სასაზღვრო ფენის სიმაღლეზე.

მოდელის თეორიული ნაწილი მოყვანილია შრომერში[3,7მოყვანილი მეთოდიკა ლოკალური ატმოსფერული პროცესებსათვის იძლევა დასმული ამოცანის რეალიზაციის და შესაბამისი პროგნოზის განხორციელების საშუალებას, ,მათ შორის ქარის რეჟიმისას.

ლოკალური ტერიტორიის შერჩევა და რიცხვითი გამოთვლების სქემა

ქარის ენერგიის გამოყენების შეფასების მიზნით შევარჩიოთ ლოკალური ტერიტორია ,მაგ.საჩხერის რეგიონი. ამ ტერიტორიისათვის გამოვყოთ სამი სახის : ნოტიო- რუხუ; მყარი- მიწიანი და მშრალი სტრუქტურის ნიადაგი; განსაზღვროთ შესაბამისი ალბედოს ცვლილების დიაპაზონი 0,05-დან -0,5 მ-დე სიმაღლისათვის [2, 7,]; მოვახთინოთ ღრუბლიანობის (ფორმითა და ბალიანობით) განმეორადობის სიხშირეთა კლასიფიკაცია. მეტეოროლოგიური პარამეტრების საშუალო და ექსტრემალური მნიშვნელობები, ქარის შემთხვევათა რიცხვი (რ) და საშუალო სიჩქარე მ/წმ (ს) მოყვანილია ცხრილი N 1,-ში.

ცხრილი #1

დ,ს	ჩ (რ.ს)	ჩჩა (რ.ს)	აჩა (რ.ს)	ა (რ.)	ა (ს.)	ასა (რ.)	ასა (ს.)	სა (რ.ს)	სსა (რ.ს)	ს (რ.ს)	სსდ (რ.ს)	სდ (რ.ს)	დსდ (რ.ს)	დ (რ.)	დ (ს.)	დჩდ (რ.ს)	ჩდ (რ.ს)	ჩჩდ (რ.ს)	ცვ.მ (რ.ს)	შტილი
21	0	0	0	2	10	4	22	0	0	0	0	0	0	3	14	0	0	0	0	22
0	0	0	0	1	4	2	5	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	27
3	0	0	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	31
6	0	0	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	31
9	0	0	0	4	17	3	16	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	28
12	0	0	0	8	43	3	20	0	0	0	1.6	0	0	6	28	0	0	0	0	13
15	0	0	0	6	44	5	31	0	0	0	0	0	0	15	73	0	0	0	0	5
18	0	0	0	6	27	6	32	0	0	0	0	0	0	9	39	0	0	0	0	10
ჯ	0	0	0	1	45	1	26				6			1	66					
საშ	0	0	0	5	4	5	5				6			4	6					
გან	0	0	0	2	7	2	3	0	0	0	1	0	0	3	6	0	0	0	0	161
პრო	0	0	0	3	1	2	6	0	0	0	1	0	0	4	2	0	0	0	0	65

ჰაერის ტემპერატურის ექსტრემალური მაქს 23.4; ექსტრემალური მინი 10.9
გვეცოდინება ტემპერატურული სტრატიფიკაცის პარამეტრი და როსბის რიცხვი ვიპოვით დინამიკურ სიჩქარეს ფორმულით [3,4,12]

$$V_* = \hbar \chi R_0 \quad (15);$$

სადაც C_g გეოსტროფიული ქარის მნიშვნელობაა; χ კი ხახუნის გეოსტროფიული კოეფიციენტი. შემდეგ V_*-ს გამოყენებით V_F და ქარის წანაცვლებას. მოდელის მახასიათებელი პარამეტრები საჩხერის რეგიონისათვის (2005წლის მაისი) მოყვანილია ცხრილში N 2-ში

ცხრილი #2

გეო.ქარი (მ/მწ) C_g	მოსილობა 10^4 (მ) Z_0	როსბის ჯ R_0	μ_0 =50 ხახ.გე.კო. χ	ქარ.შ.კ.	დინ.ს (მ/მწ) v_*	ქ.ს.ფ/(მ/მწ) $Z_0=10^{-1}$	ქ.ს.ფ/(მ/მწ) $Z_0=10^{0}$	μ_0 =0 ხახ.გე.კ. χ	ქარ.შ.კ.	დინ.ს. (მ/მწ) v_*	ქ.ს.ფ(მ/მწ) $Z_0=10^{-1}$	ქ.ს.ფ(მ/მწ) $Z_0=10^{0}$	μ_0 =-50 ხახ.გე.კ. χ	ქარ.შ.კ.	დინ.ს. (მ/მწ) v_*	ქ.ს.ფ.(მ/მწ) $Z_0=10^{-1}$	ქ.ს.ფ.(მ/მწ) $Z_0=10^{0}$
5	10^{-2}	$4\ 10^6$	0.088	29	0.616	2.02	101	0.099	26	0.690	2.28	1.14	0.104	22	0.980	2.85	1.42
	10^{-1}	$4\ 10^5$	0.105	35	0.735	2.41	1.20	0.122	33	0.850	2.81	1.40	0.156	30	1.090	3.59	1.79
	10^{0}	$4\ 10^4$	1.290	44	9.030	2.76	1.32	0.153	43	1.070	3.52	1.76	0.204	42	1.850	4.69	2.34
10	10^{-2}	$7\ 10^6$	0.617	29	4.320	14,26	7.13	0.693	26	4.850	16.08	8.04	0.868	22	6.080	19.06	9.98
	10^{-1}	$7\ 10^5$	0.735	35	5.145	16.30	8.45	0.854	33	5.980	19.64	9.82	1.092	30	7.640	25.30	12.65
	10^{0}	$7\ 10^4$	0,903	44	6.320	20.76	10.32	1.071	43	7.500	24.61	12.30	1.428	42	9.990	32.84	16.42
12	10^{-2}	$9\ 10^6$	0.792	29	5.540	18.22	0.89	0.891	26	6.240	20.49	10.50	1.116	22	7.810	25.76	12.88
	10^{-1}	$9\ 10^5$	0.945	35	6.610	21.75	10.85	1.098	33	7.590	25.30	12.65	1.404	30	9.830	32.29	16.74
	10^{0}	$9\ 10^4$	1.161	44	8.130	26.7	13.35	1.377	43	9.640	31.74	15.97	1.836	42	12.850	42.32	21.16

რაც შეეხება სიჩქარის ვერტიკალურ მდგენელს მისი განსაზღვრა შესრულდება , მე-(13)-ფორმულით.(შევნიშნოთ ,რომ მითითებული სახით ქარის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელის განსაზღვრა ლიტერატურიდან ჩვენთვის ცნობილი არ არის და აქ პირველად არის მოყვანილი) ზოგადათ კი W-ს განსაზღვრისათვ ჰორიზონტალურად არაერთგვაროვან სასაზღვრო ფენაში ცალკე უნდა შედგეს მოდელური ამოცანა მაგალითად ეგ.წ. „სამკუთხედის“ მეთოდის გამოყენებით.

კვლევის შედეგები

1. ჰიდროდინამიკის განტოლებების გამოყენებით თეორიულად პირველად იქნა შემუშავებული, ფიზიკურ-მათემატიკური მოდელი ლოკალურ ტერიტორიაზე ,ქარის რეჟიმის პროგნოზირებისათვის ადგილის მიკროკლინატური მახასიათებლების გავლენის გათვალისწინებით.

2. მოყვანილი კვაზისტაციონალური მოდელი იძლევა საშუალებას განისაზღვროს ქარის რეჟიმი დედამიწის მიწისპირა ფენაში (ფლუგერის სიმაღლეზე) და შეფასდეს ქარის სათანადო ენერგეტიკული შესაძლებლობანი.;
3. მოდელის საფუძველი არის მიწის პირა ფენაში სითბოსა და ტენის ტურბულენტური ნაკადების გათვლა, ძირითადი მიკროკლიმატური პარამეტრების ,(გარკვეულ დიაპაზონში მოცემული მნიშვნელობების,) საშუალებით . ამ მონაცემებით შემდეგ ისაზღვრება ფლუგერის სიმაღლეზე ქარის სიჩქარე და შესაბამისი წანაცვლება.
4. საქართველოს ნებისმიერ ლოკალურ ტერიტორიაზე შესაძლებელია შეფასდეს ქარის სიჩქარე, მისი ენერგეტიკული პოტენციალი და სათანადო რეკომენდაციები ენერგიის სამრეწველო გამოტენების მიზნით.

ლიტერატურა

1. ზ. ხვედელიძე „დინამიკუეი მეტეოროლოგია „ თ.ს.უ. გამომცემლობა, 2002წ გვ. 535
2. Modelling of atmospheric fields world scientific;Theorethical physic, 1996,p 755
3. Д. Лайхтман „ Динамическая Метеорология“ Л . Гидрометиздат , 1976г,с530ю
5. З Хведелидзе , Т. Ша ламберидзе, Е . Аплаков , Э .Т агвадзе „Изучение вихревых полей ветра над горной местности „ Экологические системы и проблемы , Москва, N11, 2009г , с44-88
6. N.Ramishvili,Z. Khvedelidz,e, T Shalamberidze “Mountain canvon circulation and the local atmosphere processes” Procedings of I Javakhishili Tbilisi University, physic, 39,2004,p. 3-12
7. ზ. ხვედელიძე; რ. დანელია თ. შალამბერიძე; რ, აპლაკოვი; ე. თაგვაძე“ დედამიწის ლოკალური რელიეფით გამოწვეული ტალღური შეშფოთებების მათემატიკური მოდელირება და მისი გავლენა ატმოსფერულ მოვლენებზე“ საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური საინფორმაციო ჟურნალი „საქართველოს ნავთობი და გაზი“ N21, 2007წ გვ.64-70
8. наставление гидрометеорогическим станцям и постам , вып 3 , част1, Л. Гидрометиздат , 1985 г, с 576
9. Спраочник по климату ссср ; иып 14 , ветер , Л. Гидрометиздат , 1968, с 201
10. ე. ელიზბარაშვილი „საქართველოს კლიმატური რესურსები“ ჰიდრომეტეოროლოგიური ინატიტუტის გამომცემლობა,2008წგვ. 328
11. ზ. ხვედელიძე, ა. ჩიტალაძე „საქართველოს რეგიონის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის სითბური რეჟიმის ბუნება“, „მეცნიერება და ტექნიკა“,N, 10-12,1999 წ. გვ.52-56.

რეგიონის მიკროკლიმატური პარამეტრებით ლოკალური ქარის რეჟიმის განსაზღვრა ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში

ზ. ხვედელიძე, დ.ჯანეზაშვილი

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი; ფიზ-მათ მეცნიერების დოქტორი, პროფესორი; ტ.2 60 65 24; Email zurab.khvedelidze@tsu.ge დ. ჯანეზაშვილი ტსუ მაგისტრანტი Email djanezashvili@gmail.com

ანოტაცია

ატმოსფერული პროცესების ჩასახვის, განვითარების, ქრობის მექანიზმის შეაწავლა იყო არის და იქნება მრავალი მეცნიერ სპეციალისტის კვლევის აქტუალური სფერო.

დღეისათვის განსაკუთრებულ ინტერეს იწვევს ლოკალური- რეგიონალური მოვლენების შესწავლა ანალიზი. ასეთ პირობებში აუცილებელი ხდება მიკრო პროცესების (გეოლოგიური სტრუქტურის, მიწისპირა ფენის თავისებურებების, კლიმატური ბუნების და სხვა.) გათვალისწინება. მიკრორეგიონალური პროცესები მეტად თავისებურია ისეთ რთული ფიზიკური რელიეფის მქონე ტერიტორიაზე, როგორისაა ამიერკავკასია და კერძოდ საქათველო.

ნაშრომში ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებების გამოყენებით პირველად არის შემუშავებული ლოკალურ ტერიტორიისათვის ფიზიკურ- მათემატიკური მოდელი ქარისრეჟიმის განსაზღვრისათვის. მოდელით მიწისპირა ფენაში გაითვლება სითბოსა და ტენის ტურბულენტური ნაკადები მიკროკლიმატური მონაცემებით, განისაზღვრება ქარის სიჩქარე ფლუგერის სიმაღლეზე. მოდელი საშუალებას იძლევა მოცემულ ტერიტორიაზე შეფასთეს ქარის სიჩქარე და მისი ენერგეტიკული პოტენციალი. შესრულებული სამუშაოთი შეიძლება რეკომენდაციის მიცემა სათანადო რეგიონს ქარის ენერგიის პრაქტიკული გამოყენებისათვის. ჩატარებულ კვლევას აქვე უდიდესი პრაქტილული მნიშვნელობა , ვინაიდან მოდელი მოგებული იქნება ნებისმმიერ მიკრო (რამოდენიმე ათეული კვადრეტული კილომეტრი) რეგიონს.

Determination of the Regime of Local Wind with Microclimatic Parameters of the Region in the Terrestrial Layer of Atmosphere

Z. Khvedelidze, D. Djanezashvili

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University; Professor, Doctor of Sciences of Physics-Mathematics; Tel.: 260-65-24; E-mail: zurab.khvedelidze@tsu.ge D. Djanezashvili – TSU Undergraduate E-mail: djanezashvili@gmail.com

Annotation

Studying the mechanism of fecundation, development and tarnishing of the Atmospheric Processes are and always will be the actual field of the many scientist's and the specialist's research.

At present, study-analyze of local-regional events cause the special interest. In such conditions it becomes necessary to foreseen the micro processes (of Geological structures, features of the terrestrial layer, climatic nature and others.). Micro regional processes are very original on such territory with difficult physical relief, as Transcaucasia and particularly Georgia.

There is developed the physical-mathematical model for the determination of the wind regime for the local territory with the use of equations of Hydro Thermo Dynamic in the Work. With this model there is determined the turbulent flow of the warmth and moisture with micro climatic data and the wind speed on the height of weathercock in the terrestrial layer. The model allows us to estimate the wind speed and its power potential on the given territory. With the performed work it is possible to give the recommendation to the appropriate region for the practical use of the energy of wind. Carried Research has the practical meaning, in view of the fact, that the model will be won by any micro (several tens of square kilometers) region.

Определение режима локального ветра микроклиматическими параметрами в приземном слое атмосферы

Хведелидзе З., Джанезашвили Д.

Тбилисский Государственный Университет им. Ив. Джавахишвили; доктор, профессор физ-мат наук; тел.: 2 60 65 24; Email: zurab.khvedelidze@tsu.ge;
Джанезашвили Д. Магистрант ТГУ Email djanezashvili@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Изучение зарождения, развития, потухания механизмов атмосферного процесса было, есть и будет актуальной сферой исследования многих ученых специалистов.

На сегодняшний день особый интерес вызывает изучение, анализ локально-региональных явлений. В таких условиях обязательным становится предусмотрение микро процессов (геологической структуры, особенностей наземного слоя, климатической природы и др.). Микрорегиональные процессы более своеобразны на таких территориях, имеющих сложный физический рельеф, как Закавказье и в частности Грузия.

В труде, для определения режима ветра, с применением гидротермодинамических уравнений, впервые разработана физико-математическая модель для локальных территорий. При помощи модели, в наземном слое вычисляются турбулентные потоки тепла и влажности по микроклиматическим данным, определяется скорость ветра на высоте флюгера. Модель дает возможность оценить скорость ветра и его энергетический потенциал на данной территории. Посредством выполненной работы, возможна дача рекомендаций для практического пременения ветровой энергии в соответствующих регионах. Проведенное исследование имеет также огромное практическое значение, так как модель будет приспособлена в любом микро (несколько десятков квадратных километров) регионе.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანიბის განსაზღვრა კვადრატების მეთოდით

ლ.შავლიაშვილი*, გ.კორძახია, ე.ელიზბარაშვილი*, გ.კუჭავა**, ე.ბაქრაძე****

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

**გარემოს ეროვნული საგენტო

საქართველოს ბუნებაზე ნეგატიური ანთროპოგენული ზემოქმედების ერთ-ერთი თვალსაჩინო გამოვლენაა მიწის დეგრადაცია, რაც გამოწვეულია მიწის რესურსების არაეფექტური მართვითა და მდგრადი განვითარების პრინციპების უგულვებელყოფით. ყოველივე ეს აისახება სხვადასხვა ასპექტებში, როგორიცაა დაბინძურების დონის ზრდა, საძოვრებისა და ტყეების ფართობების მკვეთრი შემცირება, ნიადაგის ეროზიისა და ნიადაგის დამლაშება-გაბიცობების ზრდა და სხვა.

კლიმატის მიმდინარე გლობალური ცვლილება მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს საქართველოში სოფლის მეურნეობის განვითარებაზე. კერძოდ, იწვევს სახნავი მიწების პროდუქტიულობის შემცირებას და მიწის რესურსების დეგრადაციის ზრდას. აღმოსავლეთ საქართველოს ლანდშაფტები განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან თანამედროვე კლიმატის ცვლილების მიმართ. აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს ნაწილზე აღინიშნება ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მომატება 0.6^{0}C-მდე. ამასთან გახშირდა გვალვები. სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში აქ მოსული ნალექების რაოდენობა არ აღემატება 200-250 მმ-ს, ხოლო 1მ სისქის ნიადაგის ფენაში არსებული პროდუქტიული ტენის მარაგი მხოლოდ 50-200 მმ-ს შეადგენს. გლობალური დათბობის ფონზე გახშირებული გვალვების შედეგად აღინიშნება ბუნებრივი ლანდშაფტების ტრანსფორმაციის პროცესი [1,2]

დეგრადირებული ნიადაგების ერთ-ერთი გამოხატულებაა დამლაშებული ნიადაგები, რომლებიც ჩვენი კვლევის ობიექტია და გავრცელებულია ალაზნის ველზე (მარჯვენა ნაპირი–ველის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი), რომლის საერთო ფართობის 40%-ზე მეტი საშუალო და ძლიერ დამლაშებულ ნიადაგებს უკავია. შესაბამისად დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები გავრცელებულია სიღნაღის რაიონში 54 ათას ჰა-ზე, დედოფლისწყაროს რაიონში 48 ათას ჰა-ზე, საგარეჯოში 23 ათას ჰა-ზე, გურჯაანისა და ლაგოდეხის რაიონებში 8 ათას ჰა-ზე, გარდაბნის რაიონში - 40 ათას ჰა-ზე, მარნეულის რაიონში - 33 ათას ჰა-ზე. საქართველოში დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების საერთო ფართობი 205 ათას ჰა-ზე მეტია, აქედან 84 ათას ჰა-მდე ათვისებულია, თუმცა ისინი დაბალპროდუქტიულიბით ხასიათდებიან [3].

დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები ხასიათდებიან აგრონომიულად არახელსაყრელი თვისებებით: მძიმე მექანიკური (თიხიანობით), ნიადაგგრუნტში ადვილად ხსნადი მარილების შემცველობით (ძირითადად ქლორიდულ-სულფატური ტიპის), მშთანთქავ კომპლექსში ნატრიუმის დიდი შემცველობით (ე.ი. ბიცო ბიანობით), მაღალი ტუტე რეაქციით, დაწიდულობით, რაც განაპირობებს მშრალ მდგომარეობაში ნიადაგის ძლიერ სიმკვრივეს, ხოლო ტენიან მდგომარეობაში გაჯირჯვებას და უსტრუქტურობას. დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები მელიორაციის გარეშე დაბალპროდუქტიულ ნიადაგებად ითვლებიან. ამიტომ მათ მელიორაციას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს სათესი მიწების ფართობების გადიდებისათვის.

კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პირობებში აუცილებელია მზარდი ყურადღება დაეთმოს ნიადაგების, განსაკუთრებით სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დეგრადაციის კომპლექსურ კვლევას. ამის შედეგად მოსალოდნელია შეიქმნას ეფექტური მეთოდოლოგია დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების დეგრადაციის პრევენციისათვის და/ან შერბილებისათვის.

ჩვენი კვლევის ობიექტია სიღნაღის რაიონი, რომელიც ღარიბია წყლის რესურსებითა და ატმოსფერული ნალექებით. ზაფხულის თვეებში ჰაერის ტემპერატურა აქ აღწევს 35-40°C, რაც ხანგრძლივ უნალექო პერიოდებთან ერთად ხშირად იწვევს გვალვებს. ყოველივე ეს აქტუალურია გლობალური დათბობის პირობებში, როდესაც მოსალოდნელია გვალვიანი რეგიონის არეალის გადიდება, აორთქლების ხარჯზე ტენის დეფიციტის გაზრდა, აორთქლების ინტენსივობის ზრდასთან ერთად ნიადაგის დამლაშების პროცესების გაძლიერება, ნიადაგის ორგანული მასის სწრაფი მინერალიზაცია და გამოფიტვა, რაც დაკავშირებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირებასა და დანაკარგებთან. ყოველივე ეს განაპირობებს ამ რეგიონში სოფლის მეურნეობის მოწყვლადობის მაღალ ხარისხს კლიმატის ამჟამად მიმდინარე ცვლილების მიმართ.

ნაშრომის მიზანია: ნიადაგების დეგრადაციის შემარბილებელ ღონისძიებათა ეფექტურობის განსაღვრისათვის ჩატარდეს წნორის დრენაჟიან და უდრენაჟო ნაკვეთებზე მოყვანილი ერთი და იგივე კულტურის მოსავლიანობის ობიექტური მათემატიკური ანალიზი. რისთვისაც ქ.წნორში შეირჩა დრენაჟიანი (ნაკვეთი 5) და უდრენაჟო (ნაკვეთი 6), რომლებიც ქ.წნორიდან დაცილებულია 8 კმ-ით. წნორის ყოფილი მეცხოველეობის კომპლექსის ტერიტორიაზე დრენაჟიან ნაკვეთზე დრენაჟები – თიხის მილები ჩაწყობილია 3 მ სიღრმეში, ხოლო დრენაჟებს შორის მანძილი შეადგენს 50, 100 და 150 მ-ს, ჩვენ ავირჩიეთ ტერიტორია, სადაც დრენაჟებს შორის მანძილი შეადგენს 150 მ-ს, უდრენაჟო ნაკვეთი დრენაჟიანი ნაკვეთიდან დაცილებულია 100 მ-ით. ეს პროექტი განხორციელდა 1985-1990-იან წლებში "საქწყალპროექტის" მიერ.

აღნიშნულ ნაკვეთებზე დათესილი იყო საშემოდგომო ხორბალი (2012 წ. ოქტომბერი), რომლის მოსავლის აღება მოხდა 2013 წლის ივნისის თვეში. მოსავლის აღების დროს გამოყენებულ იქნა პლანშეტი 50 სმ x 50 სმ. საშემოდგომო ხორბლის მოსავლიანობის აღრიცხვა მოხდა კვადრატების მეთოდით [4], 1 ჰა-ზე აღებულ იქნა 5 განმეორება. შემდეგ ჩატარდა მასალის მათემატიკური დამუშავება. მათემატიკური დამუშავება წარმოებს ვარიაციული სტატისტიკის მეთოდით, რომლის მეშვეობითაც მიღებული შედეგების სიზუსტეს მიეცემა საერთო დახასიათება [5,6].

დრენაჟიან ნაკვეთზე აღებული ნიმუშების სტატისტიკური რიგია E_d (E_1^1; E_2^1; E_3^1; E_4^1; E_5^1;), ხოლო უდრენაჟო ნაკვეთზე აღებული ნიმუშების სტატისტიკური რიგია E_w (E_1^2; E_2^2; E_3^2; E_4^2; E_5^2;).

ნიადაგების დეგრადაციის შემარბილებელ ღონისძიებათა ეფექტურობის დასადგენად ანგარიშდება შემდგომი მახასიათებლები:

საშუალო არითმეტიკული: $M = \sum_{i=1}^{n} E_i^j / n$ (1);

1. სადაც n არის დაკვირვებათა რაოდენობა, კერძოდ n=5;
2. საშუალო კვადრატული გადახრა: $\sigma = \pm\sqrt{\frac{\varepsilon_{xa}}{n-1}}$ (2);
3. ალბათობის დონე: $\alpha = M + 2\sigma$ (3);
4. საშუალო ცდომილება:

$$m = \pm\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$ (4);

5. სიზუსტის მაჩვენებელი: $p=\frac{100m}{M}$ (5);
6. ვარიაციის (ცვალებადობის) კოეფიციენტი: $C=\pm\frac{100\sigma}{M}$ (6);

7. საიმედოობის ხარისხი: $t=\frac{M}{m}$ (7);
8. საშუალო მოსავალი შესაბამისად Q 1 მ^2 და 1 ჰა ფართობზე შესაძლებელია მარტივად დაანგარიშდეს მოსავლის საშუალო მნიშვნელობის გადაანგარიშებით შესაბამის ფართობზე, კერძოდ 1 მ^2 ფართობისათვის ეს სიდიდე იქნება Q= Mx10000/2500= Mx4, ხოლო ჰექტარზე გადასაანგარიშებლად Q= Mx4x10^4 .

1. დრენაჟიან ნაკვეთზე აღებული ნიმუშების სტატისტიკური რიგის E_d (E_1^1; E_2^1; E_3^1; E_4^1; E_5^1;) რაოდენობრივი მნიშვნელობებია: E_1^1 = 53 გ; E_2^1=51 გ; E_3^1= 48 გ; E_4^1= 49 გ; E_5^1= 54 გ. სტატისტიკური მახასიათებლების მნიშვნელობებია:
   - (1) ფორმულით ნაანგარიშები - საშუალო არითმეტიკულის მნიშვნელობაა M_1=51 გ;
   - (2) ფორმულით ნაანგარიშები - საშუალო კვადრატული გადახრაა: σ_1=*2,56;*
   - (3) ფორმულით ნაანგარიშები - ალბათობის დონე: α_1= 56.12;
   - (4) ფორმულით ნაანგარიშები საშუალო ცდომილება: m_1=1.14;
   - (5) ფორმულით ნაანგარიშები სიზუსტის მაჩვენებელი: P_1 =2.23 %
   - (6) ფორმულით ნაანგარიშები - ვარიაციის (ცვალებადობის) კოეფიციენტი: C_1 =±5.02% ;
   - (7) ფორმულით ნაანგარიშები - საიმედოობის ხარისხი: t_1=44.74
   - მოსავალი მიღებული 1მ^2 შეადგენს Q_1^1 =204 გ, ხოლო ჰექტარზე Q_2^1 =2.04 ტ.

2. უდრენაჟო ნაკვეთზე აღებული ნიმუშების სტატისტიკური რიგის E_w (E_1^2; E_2^2; E_3^2; E_4^2; E_5^2;).რაოდენობრივი მნიშვნელობებია: E_1^2 = 46 გ; E_2^2=42 გ; E_3^2= 44 გ; E_4^2= 40 გ; E_5^2=43 გ. სტატისტიკური მახასიათებლების მნიშვნელობებია:
   - საშუალო არითმეტიკულის მნიშვნელობაა M_2=43 გ;
   - საშუალო კვადრატული გადახრაა: σ_2=*2,24;*
   - ალბათობის დონე: α_2= 47.48;
   - საშუალო ცდომილება: m_1=1.14;
   - სიზუსტის მაჩვენებელი: P_1 =2.23 %
   - ვარიაციის კოეფიციენტი: C_2 =±5.02% ;
   - საიმედოობის ხარისხი: t_2=43;
   - მოსავალი მიღებული 1მ^2 შეადგენს Q_1^2 =172 გ, ხოლო ჰექტარზე Q_2^2 =1.72 ტ.

წნორის დრენაჟიანი და უდრენაჟო ნაკვეთებზე მიღებული მოსავლიანობის შედარება, აჩვენებს, რომ საშემოდგომო ხორბლის მოსავლიანობა დრენაჟიან ნაკვეთზე შეადგენს 20,04 ც/ჰა და უდრენაჟო ნაკვეთზე - 17,20 ც/ჰა. მიუხედავად იმისა, რომ მწყობრიდანაა გამოსული კოლექტორულ-დრენაჟული სისტემა, მოსავლიანობის გაუმჯობესების ეფექტი მაინც შეიმჩნევა.

ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Э.Ш.Элизбарашвили, М.Р.Татишвили, М.Э.Элизбарашвили, Ш.Э.Элизбарашвили, Р.Ш.Месхия. - Тенденции изменения температуры воздуха в Грузии в условиях глобального потепления. Метеорология и гидрология, № 4, ст.29-36, 2013.
2. Э.Ш.Элизбарашвили, М.Э.Элизбарашвили. - О возможной трансформации природных ландшафтов Кавказа в связи с глобальным потеплением. Метеорология и гидрология, № 10, ст.53-57, 2005.
3. ი.გოგობერიძე. - აღმოსავლეთ საქართველოს დამლაშებული ნიადაგები. -“ცოდნა”, თბილისი, 24 გვ., 1984.
4. Б.А.Доспехов – Методика полевого опыта – «Колос», Москва, 415 ст., 1979.

5. Б.А.Доспехов – Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. - «Колос», Москва, 205 ст., 1972.
6. Б.А.Доспехов, И.П.Васильев, А.М.Туликов – Практикум по земледелию - «Колос», Москва, 367 ст., 1977.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანიბის განსაზღვრა კვადრატების მეთოდით

ლ.შავლიაშვილი, გ.კორძახია, ე.ელიზბარაშვილი, გ.კუჭავა, ე.ბაქრაძე

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია სიღნაღის რაიონის ქ.წნორის დრენაჟიანი და უდრენაჟო ნაკვეთებზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის განსაზღვრა კვადრატების მეთოდით. შერჩეულ ნაკვეთებზე მოსავლიანობის შედარებამ აჩვენა, რომ დრენაჟიან ნაკვეთზე მოსავლიანობა შეადგენს 20,04 ც/ჰა და უდრენაჟო ნაკვეთზე - 17,20 ც/ჰა. მიუხედავად იმისა, რომ მწყობრიდანაა გამოსული კოლექტორულ-დრენაჟული სისტემა, მოსავლიანობის გაუმჯობესების ეფექტი მაინც შეიმჩნევა.

Determination of Agricultural Crops Productivity by Squares Method

L.Shavliashvili, G.Kordzakhia, E.Elizbarashvili, G.Kuchava, E.Bakradze

SUMMARY

In the article determination of agricultural crops productivity for the drained and undrained soils of c.Tsnori by Squares method is presented. On the selected plots yield comparison showed that in the drainage area productivity makes 20.04 centner per 1 ha and consequently for undrained plot - 17,20 C/ha. In spite of the fact that the drainage system is not functioning the increasing of the productivity is detected.

Определение урожайности сельско-хозяйственных культур методом квадратов

Л.У.Шавлиашвили, Г.И.Кордзахия, Е.Ш.Елизбарашвили, Г.П.Кучава, Е.М.Бакрадзе

РЕЗЮМЕ

В работе рассматривается урожайность сельско-хозяйственных культур методом квадратов на дренажном и бездренажном участках г.Цнори Сигнагского района. На выбранных участках сравнение урожайности показало, что урожайность озимой пшеницы на дренажном участке составляет 20,04 ц/га, а на бездренажном – 17,20 ц/га. Несмотря на неисправность коллекторно-дренажной системы, эффект улучшения урожайности все же заметен.

დედამიწის ირგვლივ არსებულ სფეროებს შორის ურთიერთქმედების შესახებ

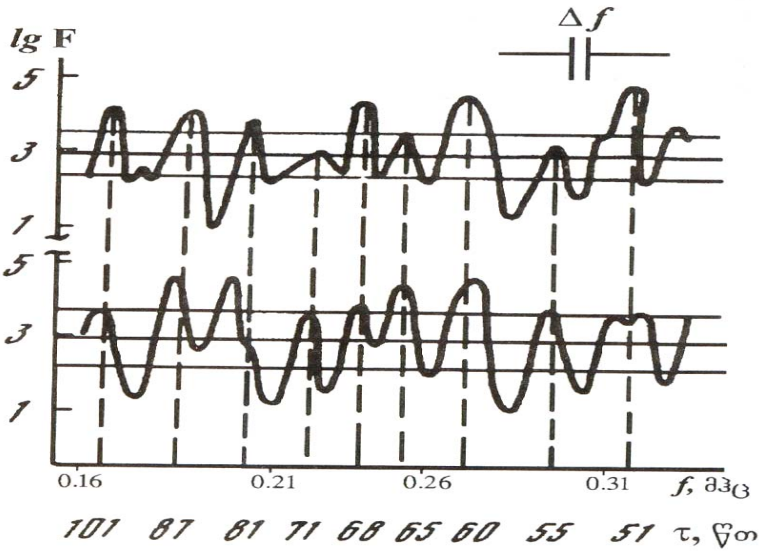
ლ. ზურაშვილი, ნ.ხუნდაძე, ჯ. ზურაშვილი

შესავალი

სეისმურ–გრავიტაციული რხევების პლანეტარული ბუნება ვლინდებ, მათ მიერ რხევების აღძვრით ქვედა ატმოსფეროში. ცნობილია, რომ ძლიერი აფეთქებისას და მიწისძვრის დროს ქვედა ატმოსფეროს ტალღური შეშფოთებები აკუსტიკურ-გრავიტაციული ტალღების სახით გადაეცემა იონოსფეროს და მაგნიტოსფეროს. ბოლო დროინდელი გამოკვლევებით ლითოსფეროს ფილების ძვრის გამო ჰაერში ხვდება უფერო გაზი - რადონი, როცა ის აღწევს ატმოსფეროს ზედა ფენებს, იწვევს ჰაერში არსებული მოლეკულების დაშლას - იონიზაციას. კალიფორნიის ჩეპმენის სახელობის უნივერსიტეტის მკვლევარებმა თანამგზავრიდან მიღებული ჩანაწერის საფუძველზე დაადგინეს, რომ ელექტრონების კონცეტრაცია იონოსფეროში, იაპონიის თავზე მკვეთრად გაიზარდა რამდენიმე დღით ადრე 2011 წ. კატასტროფულ მიწისძვრამდე.

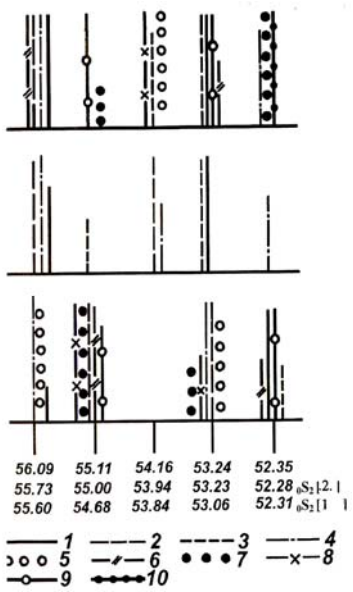
ძირითადი ნაწილი

სეისმურ–გრავიტაციული რხევებით ქვედა ატმოსფეროს ტალღური შეშფოთებების



ნახ.1

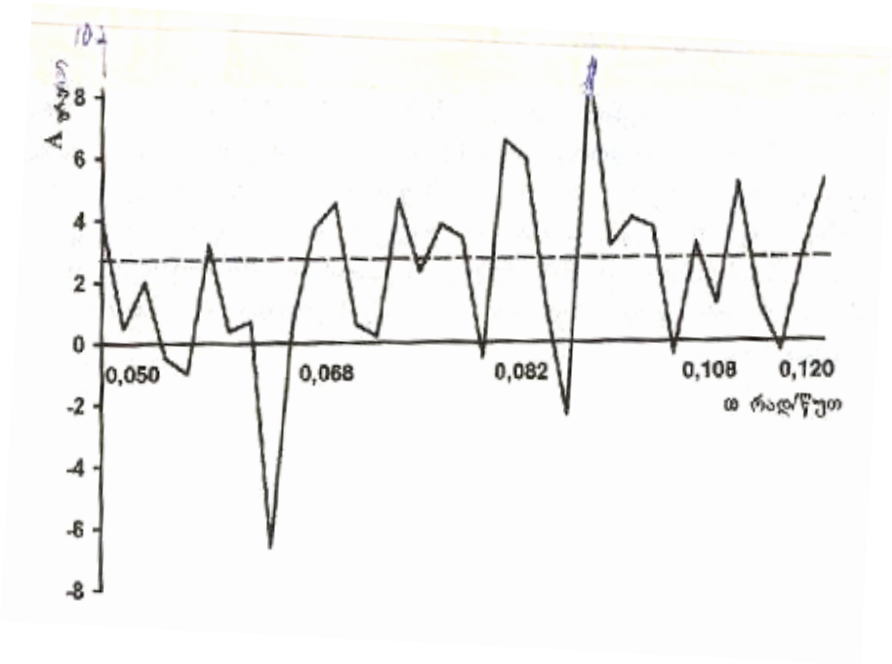
საჩვენებლად გამოყენებულია მიკრობაროგრაფით და გრძელპერიოდიანი სეისმომეტრით მიღებული ჩანაწერები. ამ არხებით მიღებული სინქრონული ჩანაწერების სპექტრულმა ანალიზმა გვიჩვენა მათი მსგავსება. ანსაბლში სტატისტიკური სპექტრის განსაზღვრისათვის გამოყენებულია მეთოდი [2]. სპექტრის თეორიული შეფასება არის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა, რომელიც განსაზღვრულია მთელი სპექტრით. ჰიპოთეზის მოქმედების სიდიდე განისაზღვრა საიმედოობის ინტერვალით, რომელიც დგინდება y-ის მიმართ. ესე იგი ალტერნატიული ჰიპოთეზა გვიჩვენებს, თუ როგორი ალბათობით შედიან ისეთი არა შემთხვევითი პროცესები, რომლებიც გამოდიან ამ ინტერვალის საზღვრებს გარეთ.



ნახ.2

ვერტიკალური მონაკვეთის სიგრძე თითოეული ჩანაწერებისთვის (სეისმურ–გრავიტაციული რხევების და წნევის მიკრობაროვარიაციული ჩანაწერები დასამუშავებლად სხვადასხვა ადგილიდან იქნა აღებული) გამოსახავს მის სპექტრში დაკვირვებულ ფარდობით ამპლიტუდას. დედამიწის საკუთარი რხევების შესახებ თეორიიდან ცნობილია, რომ დედამიწის ბრუნვის გამო $_0S_2$ მულტიპლეტი უნდა გაიხლიჩოს ხუთ სინგლეტურ ხაზად [3,4].

ზევით ჩვენ შევეცადეთ გვეჩვენებინა, რომ სეისმურ–გრავიტაციული რხევები შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ატმოსფერული წნევის ცვლილების ერთ-ერთი მიზეზი. ამიტომ ლოგიკურია, შევამოწმოთ ჰიპოთეზა - აღწევს თუ არა ეს შეშფოთება იონოსფერომდე.



ნახ.3

ამ აზრის დამტკიცებას ემსახურება ნახ.3, რომელზედაც ნაჩვენებია ხუთ დროით ანარჩევზე დამყარებული სტატისტიკური სპექტრი.. (დასამუშავებლად აღებულ იქნა იონოსფეროს კრიტიკული სიხშირის f_0F_2-ის მონაცემები) [5] .

დასკვნა

ნახ.1-დან ჩანს მთელი რიგი კარგ თანაფარდობაში მყოფი არაშემთხვევითი რხევები. ამასთან, 95%-იანი საიმედოობის ალბათობა ასეთი პროცესებისთვის წარმოადგენს დიდ ალბათობას. სპექტრში გარჩევის უნარიანობა f მითითებულია ნახ.1-ის მარჯვნივ ვერტიკალურ ხაზებში. ნახ.2-დან გამომდინარეობს, რომ სეისმურ–გრავიტაციული რხევების ჩანაწერებში, აგრეთვე წნევის ვარიაციებში, გამოვლენილ იქნა მულტიპლეტის ყველა სინგლეტური ხაზი. ეს მოწმობს იმას, რომ რეალური ფიზიკური პროცესი მოიცავს მთელ დედამიწას. ნახ.3-დან ჩანს, რომ საიმედობის ხაზს სცედბიან ჰარმონიკები, რომელთა პერიოდებიც შეესაბამება დედამიწის სეისმურ–გრავიტაციული რხევების პერიოდებს. ჩვენი აზრით, დედამიწის შეშფოთება სეისმურ–გრავიტაციული რხევების საშუალებით გადაეცემა ატმოსფეროს ქვედა ფენებს და წარმოადგენს ატმოსფერული წნევის ცვლილების ერთ-ერთ მიზეზს. იონოსფეროში ეს რხევები იწვევენ პერიოდით შესადარ f_0F_2 პარამეტრის რხევებს. კვლევის გაგრძელება მიგვიყვანს მიწისძვრის პროგნოზამდე, რაც ნიშნავს, რომ მიწისძვრის პროგნოზის გაკეთება იონოსფეროდან უფრო ეფექტურია, ვიდრე დედამიწიდან.

ლიტერატურა

1. Dziewonski A. M. Gilbert F. Observations of normal modes from 84 recordings of the Alaska earthquake of 1964, March 28.-Geophys. J.Roy. Astr.Soe., 1972, vol.27, p 393-446; Further remarks based on new spheroidal overtone data-1973, vol. 35, p. 401-437.
2. ჯ. ზუროშვილი. დედამიწის იდუმალი რხევები. თბ. 2000 წ. 72 გვ.
3. ლ. ზუროშვილი, ჯ.ზუროშვილი. სეისმურგრავიტაციული რხევების შესახებ. თელავი. 2009 წ. 39გვ.
4. ჯ.ზუროშვილი., ლ.ზუროშვილი., ნ.ხუნდაძე. სეისმურგრავიტაციული რხევე-ბის წარმოშობის შესახებ.//საქართველოს ნავთობი და გაზი,№17,2006.
5. ჯ.ზუროშვილი, ლ.ზუროშვილი, ნ.ხუნდაძე. იონოსფეროზე სეისმურგრავიტა-ციული რხევების გავლენის შესახებ //საქართველოს ნავთობი და გაზი №15, 2005.

დედამიწის ირგვლივ არსებულ სფეროებს შორის ურთიერთქმედების შესახებ

ლ. ზუროშვილი, ნ. ხუნდაძე, ჯ. ზუროშვილი

რეზიუმე

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ სეისმო-გრავიტაციული რხევები, რომელთა გავლენითაც დედამიწის შეშფოთება გადაეცემა ატმოსფეროს ქვედა ფენებს, იონოსფეროში იწვევენ პერიოდით შესადარ რხევებს და მიწისძვრებზე იონოსფეროს ეფექტური რეაქციის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მათი პროგნოზირების შესაძლებლობაზე.

On the Interaction of the Spheres around the Earth

L. Zuroshvili, N. Khundadze, J. Zuroshvili

Resume

Researches show that the seismic-gravitational oscillations, due to the influence of which the Earth's perturbation is transferred to the lower layers of the atmosphere cause oscillations comparable in periods in the ionosphere. According to the effective reaction of the ionosphere to the earthquakes we may analyze the possibilities for earthquake forecasting.

Результаты радиоэкологического мониторинга антропогенных нагрузок региона Кавказа.

Цицкишвили М.С*., Цатуров Ю.С. **, Вакуловский С.М.**
*Академия экологических наук Грузии, Тбилиси.
** Федеральное Государственное унитарное предприятие НПО «Тайфун», РФ, Обнинск.

100 лет тому назад, в начале XX века, впервые в научных трудах нашего соотечественника Ивана Рамазовича Тарханова (Тархнишвили) была сформулирована свершенно новая наука – радиационная биология, проведены первые радиоэкологические исследования. Заслуга этих новых научных направлений, с одной стороны, целый ряд фундаментальных открытий в биологии клетки, и выявление закономерностей миграции важнейших соединений и токсикантов, с другой стороны, что имеет громадное значение в охране природы и здоровья человека. Со второй половины XX века радиоэкологические исследования в Грузии приобрели особое значение, что было обусловленно сразу несколькими причинами:

- человечество создало и испытало ядерное оружие; началась безудержная гонка за обладание перевеса; специалисты вынуждены были исследовать выриации естественного радиационного фона – горные регионы были для этого естественным научным полигоном; выявились угрожающие всей биосфере и человечеству высокие уровни глобальных выпадений радиоактивных продуктов ядерных испытаний;
- к этому времени созревает мнение об онко-промоторном воздействии радиоактивности;
- вызревает попытка сбалансирования энергосистемы региона путем строительства в Грузии мощной атомной АЭС. Один из авторов, в ту пору молодой аспирант, квалификационная работа которого посвящалась оптимальному размещению АЭС в Закавказье, принимал непосредственное участие в переносе площадки строительства Грузинской АЭС с Побережья Черного моря (п.Хумучкури, Абхазия) в сторону Восточной границы Грузии (п.Чачуна).
- Чернобыльская катастрофа во второй половине 80-ых годов .

Еще в 60 – 80-ых годах прошлого века, в результате проведенных нами исследований, выявились факты аномальных миграций радионуклидов в естественных средах Западной Грузии и Высокогорья Грузии. В отличии от распространенной в литературе версии выявились:

- аномально высокие уровни радиоактивного загрязнения радионуклидами искусственного происхождения в Западной Грузии и Высокогорье Грузии;
- выявились аномалии в варировнии изотопного состава глобальных выпадений радиоактивных продуктов ядерных испытаний – избыток короткоживущих, в основном за счет изотопов церия, цезия, циркония, и ниобия;
- выявилась выраженная вертикальная зональность распределения искусственных радионуклидов (осколочных), что объяснено нами как результат вертикальной зональности атмосферных осадков;
- выявилась, в условиях повышенной влажности и легких почв Западной Грузии «повышенная миграционная спасобности долгоживущих искусственных радионуклидов», на основании чего был подтвержден экспериментально выдвинутый нами еще в конце 70-ых годов пролошлого века тезис об аномально высоких скоростях «естественной дезактивации», как для нижних слоев атмосферы, так и для почв и водных сред в Западной Грузии, что и подтвердилось после Чернобыльской катастрофы. Именно поэтому, несмотря на высокие уровни выпадений, наличие пятен высоких уровней загрязнений, в прибрежной Черноморской полосе Грузии, уже к концу 90-ых годов прошлого века гигиенически опасных уровней радиоактивного загрязнения нет – радиационный фон в пределах естественных или допустимых значений!

Изучены были особенности переноса - миграции и накопления радионуклидов в водных средах и в горных реках - эти вопросы в то время недостаточно были изучены. Выявлены основные закономерности, предложены удовлетворительные модели для оценки переноса радионуклидов. Проведенные оценки дозовых нагрузок от радиоактивности природных сред представляют

фактологическую причинно-следственную базовую основу ранжированных по отдельным регионам Грузии онкоэпидемиологических данных.

Проведенные экспедиционные исследования в естественных условиях, также как модельные эксперименты, позволили уточнить закономерности миграции различных радиоизотопов в различных природных условиях и природных средах. На основании этих данных стало возможным оценить содержание в различных средах радионуклидов различного генезиса, при различных сценариях их поступления, ожидаемые нагрузки и риски, как от внешнего облучения, так и от поступления алиментарным путем!

Искусственные радиоизотопы начали проникать в окружающую среду и биосферу лишь с 40-х годов XX века. Они не только повышают естественный радиоактивный фон, но, и, ввиду специфических физико-химических свойств, отличаются характером воздействия и путями миграции от естественных радиоизотопов. Это выражается, например, в следующем: естественные радионуклиды не концентрируются в растениях и животных — растения содержат в 10—100 раз меньше концентрации естественных радионуклидов, чем в среднем в почве; обратная ситуация имеет место с техногенными нуклидами ядерной энергетики. Известно, что в своей жизнедеятельности растения и животные усваивают кальций и калий; между тем наиболее опасные для человека долгоживущие радиоактивные нуклиды стронций-90 и цезий-137 по химическим свойствам аналогичным соответственне кальцию и калию и поэтому усваиваются растениями и животными. В результате их концентрация в некоторых сельскохозяйственных растениях превышает концентрацию в зараженной почве в десятки раз. Еще более ярче это проявляется при загрязнении водоемов — рыбы и водяные растения накапливают опасные радионуклиды до концентраций, в три—четыре порядка превышающих их концентрацию в воде. Во всех приводимых оценках доз облучения сопоставляются естественный радиоактивный фон от естественных радиоактивных элементов и облучение от искусственно созданных, техногенных осколочных радионуклидов, обладающих совершненно другими физико-химическими свойствами. Для иллюстрации их (естественных и искусственных) несопоставимости достаточно отметить, что формирование биосферы происходило в условиях воздействия природного радиационного фона. Многие тысячи лет эволюции предопределили приспособление биосферы и человека к дозам внешнего и внутреннего облучения, создаваемых естественными радиоактивными элементами и внепланетарным излучением. По некоторым данным они даже необходимы для эволюции и существования биосферы. Если основной концепцией радиоэкологии считать «версию» прямой пропорциональности между величиной поглощенной дозы и выходом генетических эффектов, то особенности радиоэкологии горных регионов (возрастание радиационного фона с высотой за счет космической и солнечной компонент, обнажений гранитных пород, широтного эффекта, аномальное высокое поступление «глобальных» радионуклидов) предъявляют особые требований к системе радиоэкологического мониторинга. С учетом возрастания выхода мутаций при определенных условиях при действиях малых доз, важность изучения радиоэкологического состояния окружающей природной среды и пищепродуктов, аномалий радиационного фона в горных регионах трудно переоценить. Особенно в связи со все возрастающими антропогенными нагрузками на горные регионы, приводящими к возрастанию поступления различных полютантов — хотя считается, что «антагонизм, синергизм или адитивизм» значимы только при больших дозах, представление о синергизме радиациононго риск-фактора и других загрязнителей, на наш взгляд, непосредственно и органически следует из понимания механизма «отсроченного действия» радиационного воздействия. Особенно, когда ионизирующее излучение воздействует на фоне хронического воздействия химического канцерогенного фактора — ведь ионизирующее излучение является не только и нестолько инициатором, сколько промотором рака.

Выявление роста различных патологий в зависимости от конкретных риск-факторов (социального, техногенного или другого происхождения) является сложнейшей задачей. Особенно сложно выявить подобные связи (и «выделить» их в чистом виде) в случае с радиоактивным загрязнением внешней среды. В отличии от лабораторных экспериментов, множество действующих факторов в реальных условиях, чаще всего не позволяют однозначно выделить влияние конкретного фактора, несмотря на априорное убеждение в реальности проявления его влияния на здоровье населения. В условиях Грузии, большое разнообразие природно-климатических факторов, социально-бытовых условий, резкое различие диет, обычаев, не позволяют проводить однозначно успешное сопоставление действующих факторов. о многим параметрам, Грузия геохимически аномальный регион: обилие типов почв, форм и видов ландшафтов, климатологических факторов проявляются в аномальных путях миграции по экологической цепочке техногенных радиозиотопов. В таких

условиях сколь-нибудь надежные данные по реальной картине воздействия радионуклидов могут быть получены только в результате многолетних тщательных клинических и натурных обследований достаточного контингента населения различных зон и областей.

- Систематическое изучение пространственного распределения и закономерностей загрязнения территории Грузии выявили сильную «пятнистость» загрязнения в прибрежной зоне Черного моря. Удаленные от моря районы Колхидской низменности и Имеретинская возвышенность были загрязнены более равномерно; значительно более однородно распределены малые уровни загрязнения в Южной Грузии и еще более низкие в Восточной.

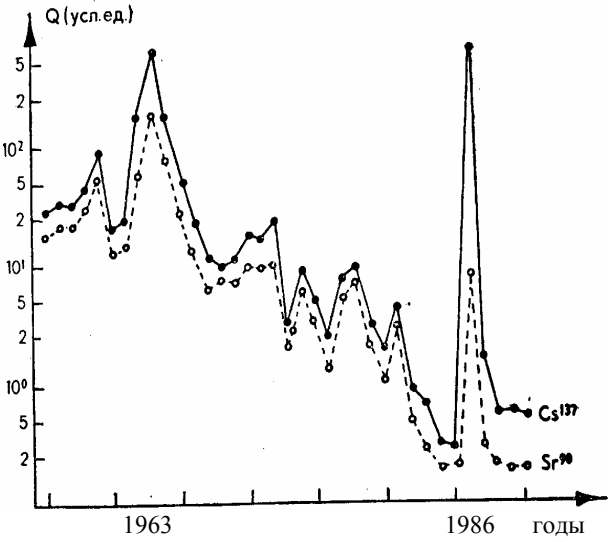


Рис. 1. Многолетний ход поступления техногенных радиоизотопов на земную поверхность, среднегодовые данные по Грузии.

- В целом, если оценивать в долях выпавших нуклидов, распределение максимумов Чернобыльского загрязнения по территории Грузии выглядит следующим образом: Прибрежная полоса—40%, Высокогорье Западной Грузии (Аджария, Абхазия, Сванетия)—25%, Колхидско-Имеретинская равнина—20%, северо-западные склоны внутренних хребтов (Рача, Самачабло) и Южная Грузия—7%, Восточная Грузия—5%, Кахетия—3%.

- С удовлетворительной точностью за 100% кожно принять гипотетический уровень поверхностного загрязнения в 8—10 Ки на кв. км.. При этом, вышеотмеченная сильная пятнистость загрязнения в первых двух зонах не исключает наличия в первые годы локальных зон с более высокими уровнями загрязнения.

Подчеркнем, что в онкоэпидемиологическом смысле регион Грузии один из наиболее благополучных регионов мира – цофровые показатели заболеваемости и смертности здесь ниже. Внутри самой Грузии, по отдельным регионам расхождение в численных характеристиках также минимальны, что конечно снижает статистическую достоверность диференцирования по отдельным экологическим, естественным или антропогенным стресс - факторам. В настоящей работе представлены результаты большой группы исследователей, обобщивших онкоэпидемиологические данные по отдельным регионам Грузии. Созданна эпидемиологическая база данных «Онкология». основное внимание уделено учету радиоэкологических нагрузок от радиационных факторов различного генезиса, как естественного, так и антропогенного происхождения.

Отличие показателей заболеваемости и смертности от рака для различных регионов очевидно обуславливается различными экологическими условиями в этих регионах. Различие в климатических условиях, природных факторах, в социологических условиях, в режиме труда и быта, в гигиеническом обеспечении создают предпосылки различной частоты злокачественных новообразований. Таким образом, не является дискуссионным важность изучение пространственно – структурных особенностей распространения рака, как основы программы профилактических и оздоровительных мероприятий.

В последние годы крайне актуально изучение содержания канцерогенных веществ и соединений в окружающей среде, в воздухе и в пищепродуктах.. Вне всякого сомнения причинно-следственная связь возрастания канцерогенов и рост онкологических заболеваний в местах высокого

загрязнения. Проведение рациональных мероприятий по уменьшению канцерогенов является реальной профилактикой раковых заболеваний.

Существуют не только общие соображения о связи роста онкологических заболеваний с возрастанием загрязнения окружающей природной среды – несомненна прямая связь высоких концентраций канцерогенных веществ в промышленных зонах с профессиональной заболеваемостью; здесь идет поиск возможностей количественных оценок. Однако при оценке влияния на здоровье населения на порядок более низких величин антропогенных нагрузок, эти связи более завуалированы и неоднозначны, статистически трудно фиксируемы.

Результаты теоретических исследований и статистического анализа позволяют предположить, что онкологические заболевания, как сложный комплексный процесс обуславливается многими факторами, что на его развитие воздействует целый комплекс внешних и наследственных факторов, социальных условий. Дальнейшие успехи в выявлении основных онкопромоторных риск-факторов могут быть связаны с использованием современного статистического апарата многофакторного регрессионного анализа и статистических моментов высших порядков. Исследованные нами механизмы и причины аномально высоких уровней выпадений на Южном Кавказе техногенных радионуклидов различного генезиса – это не только проявление географических закономерностей расположения Кавказа в зоне примерного расположения полигонов Китая и бывшего СССР в Средней Азии, но и выявленные нами геофизические особенности глобальной атмосферной циркуляции, проявляющие себя:

1. Ранним наступлением весенне-летнего максимума (это проявление весеннего максимума в годовом ходе частоты высоких атмосферных фронтов);
2. Более четким максимумом в сезонном ходе (это эффект наложения весеннего максимума в годовом ходе атмосферных осадков);
3. Большими уровнями выпадений по сравнению с другими районами Европейского региона (это проявление широтного эффекта и эффекта аномально интенсивного стратосферно-тропосферного обмена над восточным побережьем Черного моря);
4. Большей “чувствительностью” к “свежим” продуктам (это проявление географического местоположени стратосферных струйных течение над Черным морем и регионом Южного Кавказа).

Структура глобальных выпадений на исследуемом регионе обусловливается:

1. Убыванием уровней выпадений с севера на юг.
2. Вертикальной зональностью уровней выпадений (возрастанием с высотой), что обусловлено выраженной вертикальной зональностью климатических факторов, особенно режима увлажнения.
3. Особенностями циркуляции воздушных масс в условиях сложного горного рельефа (горно-долинная циркуляция, распределение осадков на подветренных и наветренных склонах и т.д.).
4. Для ограниченной территории перераспределения глобальных радиоактивных выпадений происходят, в основном, с осадками.
5. При оценке внешних и внутренних доз облучения населения Южного Кавказа должна быть принята разбивка территории Закавказья на районы. Районирование отражает целый комплекс геофизических особенностей изучаемых районов региона; оно является “обьективно существующим”, выявленным в процессе многолетнего изучения особенностей глобальных радиоактивных выпадений продуктов ядерноых испытаний на Кавказе.

Очевидно, что наличие определенных закономерностей, позволяющих использовать подобный подход, является проявлением глубоких геофизических закономерностей, в чем убеждает анализ территориальных и циркуляционных особенностей изучаемого региона.

Предварительные результаты проведенных исследований, на наш взгляд однозначно указывают на необходимость реализации самой широкой программы радиоэкологических исследований, осуществления тотального радиационно-гигиенического скрининга населения по всему побережью Черного моря и в высокогорных районах Грузии. Сразу же хотим заострить внимание на аспект уникальности в возможности проведения таких исследований в Грузии, где вышеуказанное разнообразие факторов и уровней радиокативного загрязнения позволит специалистам получить уникальный экспериментальный материал. Заранее уверены что будут выявлены не только реальные причинно-следственные связи, но и возможности использования в профилактических целях уникальные сочетания природных факторов уклада жизни и местных диет, максимально снижающих нагрузки от радиоэкологического загрязнения. Эти знания необходимы всей мировой цивилизации; их значение трудно переоценить; ради их получения мировая общественность должны пойти на многомиллионные затраты. Имеющийся опыт изучения уровней радиоактивного загрязнения

Закавказья в 60-ых годах позволяет нам предлагать международное сотрудничество, объединение усилий в борьбе с общим и первостепенным врагом, с угрозой антропогенного самоуничтожения.

В настоящее время наши предложения по широкомасштабному скринингу здоровья населения различных регионов Грузии силами Международных научных центров, также не потеряли своей актуальности. Мировые научные центры, занимающиеся комплексными исследованиями влияния факторов внешней среды на здоровье населения, найдут в Грузии, на сравнительно компактной территории небывало широкий спектр изменений того или инного естественного фактора, в том числе и радиационного, изменяющегося в очень широком диапазоне значений, что обусловленно большим перепадом высот, разнообразием почвенного состава, осадочных и вулканических пород, обилием сейсмических разломов, рудных обнжений и выходов термальных и минеральных вод, интенсивностью солнечной радиации. Вызывают большой интерес исследования влияние на здоровье населения уникальных возможностей местной лечебной флоры, многовековой лечебной местной диеты. Уверены, что подобные Международные проекты дадут ценнейшую информацию, как для теоретической радиобиологии, в свете диференциации естественных эффектов хронического действия малых доз ионизирующей радиации, так для радиационной гигиены и «восстановительной медицины», в плане влияния местной диеты на высокий имунный статус и адаптационные свойства местных популяций, проживающих в резко различающихся природных условиях. Стимулирование интереса к подобным комплексным исследованиям на Южном Кавказе и явилось основной целью ретроспективного анализа воздействия Чернобыля на дозовые нагрузки и здоровье население этого интереснейшего региона нашей Планеты!

Разные юбилеи помнит человечество. Современная европейская цивилизация, материальные основы которой целиком кавказские (земледелие и злаки, металургия, виноделие, ткачество и крашение льна и шерсти, медицина да и сам первый европеец), оставила неизгладимые следы на трехтысячалетнем пути развития цивилизации. Все более головокружительный бег в неизведанное, без сдерживающих тормозов. Куда? Что оставляем и что ждет нас впереди? Ложны надежды на исторический опыт – он остается навостребованным. История никогда не повторяется, хотя и учит Коран Востока – «нет ничего, чего не было; не было ничего, чего не будет!»; однако Западный прагматизм поучает – «нельзя дважды войти в одну и ту же реку!»

Согласно возрений философа XX века, Мераба Мамардашвили, человечество все таки имеет сдерживающие ремни – в виде морали и веры! На наш взгляд, к этим основным сдерживающим ремням добавляется еще и наука, организованная мысль. Хотя наука и не являтся полным гарантом от ошибок, она все таки единственный гарант будущего, именно в свете науки имеет смысл изучение прошлых ошибок. Наиболее свежий и актуальный пример этого – Чернобыль и Фукусима! И следовательно, проблема обеспечения радиационной безопасности – вечная проблема с различной остротой будет еще долго стоять перед человечеством! Ресмотря на недолгую историю атомной энергетики, вопросы безопасности перманентно возникают вновь и вновь. Последняя активизация, совпавшая с 25-летним юбилеем Чернобыля и недавней трагедией на Фукусиме, обусловлена так же обострением экологического кризиса, наличием амортизированных атомных энергообъектов в сопредельных Грузии странах.

Политическая ситуация того времени обуславливали недомолвки, ограничения на публикацию в открытой печати фактологических данных по влиянию Чернобыльских продуктов аварии на здоровье населения региона Южного Кавказа. По этой причине реальность обрастала фантастическими домыслами и насаждалась радиофобия (и не только среди простого населения), неблагоприятные последствия от которой ощущаются и сейчес, спустя десятилетия, о чем можно судить по некоторым публикациям в прессе.

Возвращаясь к этим исследованиям, мы отдаем долг памяти своим старшим колегам и своим сверстникам, которые достойно несли тяжелую вахту обеспечения радиационной безопасности населения, которые не щадя собственного здоровья выполняли свой долг.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Радиационная обстановка на территории СССР. Ежегодные обзоры НПО «Тайфун», г. Обнинск, 1963—2005 гг.(Авторы: Ю.А.Израэль, С.М.Вакуловский, Ю.С.Цатуров и др.).

Ю. А. Израэль. Чернобыль: Прошлое и прогноз на будущее. Газ. «Правда», № 79 (25797). 20 марта 1989 г., с. 4.

Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Белорусии и Украины. (Ю.А.Израэль, С.М.Вакуловский, Ю.С.Цатуров и др.). Федеральная Служба геодезии и картографии СССР. М,1998. 142 сс.

Н. А. К о р н е е в, А. П. П о в а л я е в, Р. М. А л е к с а х и н и др. Сфера агропромышленного производства — радиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и основные защитные мероприятия. «Атомная энергия», т. 65, вып. 2, 1988, с. 129—134.

Б.С.Пристер. Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии и радиобиологии...Институт проблем безопасности АЭС, 2008.-320 сс.

А. Н. Силантьев, И. Г. Шкуратова, М. С. Цицкишвили. Определение загрязнения почв цезием-137 на фоне глобального. Тезисы докладов I Всесоюз. Радиобиол. съезда. М., 1989, том II, с. 534.

М. С. Цицкишвили. Фоновые дозовые нагрузки в Закавказье учетом искусственных радионуклидов. В кн.: «Радиац. иследования», том V. Тбилиси, «Мецниереба», 1989, с. 147—161.

Р. Е. Хазарадзе, М. С. Цицкишвил и. Закономерности миграции некоторых радионуклидов по пищевым цепочкам в Грузии. Там же, с. 243—254.

Результаты радиоэкологического мониторинга антропогенных нагрузок региона Кавказа.

Цицкишвили М.С*., Цатуров Ю.С. **, Вакуловский С.М.**

резюме

В работе кратко подитожены результаты многолетнего радиоэкологического мониторинга территории Грузии. Приведен график многолетнего хода глобальных радиоактивных выпадений.

კავკასიის რეგიონის ანთროპოგენური დატვირთვის რადიოეკოლოგიური მონიტორინგის შედეგები

მ. ციცქიშვილი, ი. ცატუროვი, ს. ვაკულოვსკი

რეზიუმე

ნაშრომში მოკლედაა შეჯამებული საქართველოს ტერიტორიის მრავალწლიანი რადიოეკოლოგიური მონიტორინგის შედეგები. მოყვანილია გლობალური რადიოაქტიური დაბინძურების გრაფიკი.

Некоторые результаты исследований атмосферных аэрозолей

Цицкишвили М.С*., Лушников А.А., Загайнов В.А.**
*Академия экологических наук Грузии, Тбилиси
**Федер. Государственное унитарное предприятие НИИФХИ им. Л.Я.Карпова. Москва

Атмосфера представляет собой химически сложную систему, находящуюся во взаимодействии с земной поверхностью, океаном и биосферой. Ее состав непрерывно меняется. В последнее столетие эти изменения резко ускорились в результате человеческой деятельности.. В последние десятилетия выявилось тенденция – увеличение содержания в атмосфере аэрозолей и парниковых газов - окиси и двуокиси углерода, метана, хлорфторуглеродов и некоторых других. Вследствие этого изменилось состояние климатической системы и произошло потепление климата на Земле. Потепление сопровождается рядом неблагоприятных явлений, в частности, увеличением повторяемости экстремальных метеорологических и экологических ситуаций (ливневых осадков, наводнений, ураганов, оползней и т.п.) и опустыниванием южных территорий. Мониторинг состава атмосферы и прогнозирование его изменений являются одним из важнейших условий устойчивого развития страны. Мониторинг дает необходимую информацию как для решения фундаментальных научных проблем, связанных с изучением и прогнозированием глобальных изменений среды обитания человека и климата Земли, так и для выработки эффективной экологической политики, в частности, в области принятия и исполнения Международных соглашений: Монреальского и Киотского протоколов, Конвенций о трансграничном переносе загрязнений, об устойчивых органических загрязнениях и целом ряде других.

Первое систематизированное научное сообщение по аэрозолям, датированное 1875 г, принадлежит перу М.Кулье, а пионерские систематические исследования естественного атмосферного аэрозоля были проведены И. Айткеном и опубликованны в Единбурге в 1880 г. Физ-химия аэрозолей, начало которой, как самостоятельной научной дисциплины, было заложено в трудах Николая Альбертовича Фукса еще в начале 20-ых годов прошлого века, стремительно развивается. Уже в начале прошлого XX века во всем мире широко развернулись работы по исследованию аэрозольного и гидрозольного – диспергированного состояния твердых и жидких веществ (самого различного происхождения) в газовой или жидкой фазе. Это объясняется самым широким распространением диспергированного состояния вещества в природе и в технологиях - современные достижения в металургии, энергетике, в космосе или в военных технологиях немыслимы без аэрозольных технологий!

Особый интерес к физ-химии атмосферных аэрозолей обусловлен следующими обстоятельствами:

- выявлена важнейшая роль атмосферного аэрозоля в процессах влаго-, энерго-, и зарядо-переноса в атмосфере, т.е. во всех основных пагодообразующих процессах;
- выявлено, что антропогенные примеси «проникают и живут» в атмосфере в аэрозольной форме, оказывая на окружающую природную среду и всю биоту не только локальное, но и глобальное воздействие;
- выявлены большие возможности аэрозольных примесей для локальных климатических изменений и получения конкретных технических эффектов.

Именно эти причины обуславливают большой рост различных направлений исследований атмосферных и техногенных аэрозолей в области:

- моделей генерации и переноса аэрозолей различного генезиса и физико-химических свойств;
- интегральных свойств аэрозольных ансамблей и их взаимодействий со средой;
- средств метрологии для оценки влияния аэрозоля на фундаментальные параметры атмосферы (осадки, электричество, озоновый слой, ионосферы и т.д.).

К моменту распада СССР, в многочисленных ведомствах велись целевые разработки по изучению взаимодействия конденсационного аэрозоля различного генезиса; во всех этих разработках, под

различными «легендами» («Штора», «Завеса», «Чародейка») принимали участие ученые Грузии; этот потенциал не имеет смысла не использовать.

Исследование аэрозолей в Грузии имеет давную историю: первые измерения частичек и радиоактивности в атмосферном воздухе проведены на Тбилисском Фуникулере «тремя Михаилами: Нодиа, Курдиани и Чхетиа», известными в дальнейшем учеными, в самом начале 20-ых годов XX века. Такие известные ученные, как Ф.Ф. Давитая и М.З. Нодия, значительное внимание уделили в своих фундаментальных трудах атмосферным аэрозолям. Работы Ф.Ф.Давитая по изучению ослабления прямой солнечной радиации вследствии возрастания антропогенной запыленности явились классическими пионерскими работами и положили начало «экспериментальной энвирологии». Во всем мире известны работы плеяды ученых Грузии в области активных воздействии на атмосферные процессы: Г.Г.Сванидзе, Г.К.Сулаквелидзе, А.И.Карцивадзе, В.П.Ломинадзе, Н.Д. Бибилашвили, и др.

Интерес к совместным работам в области атмосферных аэрозолей вместе с учеными Грузии обусловлен целым рядом объективных причин:

- уникальными геофизическими условиями Грузии с широчайшим диапазоном естественного разброса климатических данных (осадки, радиация, температурный и влажностный режим, перепад высот, вертикальный атмосферный обмен, местная циркуляция и т.д.);
- расположение в зоне наиболее интенсивного атмосферного переноса загрязнений в наиболее индустриализированном широтном поясе Земли, и малым «собственным владом», что создает уникальные возможности изучения естественной глобальной динамики атмосферного аэрозоля в глобальном масштабе.

Грузия одна из немногих стран, в которой, начиная с середины прошлого, XX века были прведены уникальные измерения атмосферного аэрозоля и некоторых переменных компонент атмосферы. Достаточно назвать лишь некоторые из них:

а) в Абастуманской обсерватории Грузии до сих пор идут непрерывные измерения «сумеречного неба»; «аэрозольной оптической толщей атмосферы», измеряется приземная концентрация озона; именно здесь были проведены несколько серий совместносго Советско-Американского эксперимента «Афаэкс»;

б) нами, в 70-ых годах прошлого века совместно с Эстонскими учеными из Тыреваре, на Самсарском геофизическом полигоне ЗакНИГМИ, были проведены уникальнейшие «подспутниковые измерения» дифракционным спектрометром; результаты этих измерений до сих пор ждут серьезных совместных обработок;

в) примерно в те же годы в промышленном комплексе Рустави-Тбилиси, по программе академика К.Я.Кондратьева проходил «КЭНЭКС», обеспечиваемый большой наземной сетью и специальным исследовательским самолетом; эти материалы также ждут своих исследователей;

г) в 80-ых годах, с интервалом в несколько лет,совместно с исследовательской группой НИФХИ им. Л.Я.Карпова проведены в Аджарии и в Кахетии (на Руиспирском полигоне) измерения полного спектра фонового атмосферного аэрозоля, выявившие крайне интересную картину генерации естественного атмосферного аэрозоля в прибрежнем и горных регионах;

д) в отдельные годы в Грузии проведены озонозондирования совместно с учеными Германии;

ж) с 60-ых годов прошлого века систематически проводились самолетные исследования атмосферных ядер конденсации счетчиком Шольца, измерялись параметры атмосферного электричества, радиоактивности приземной атмосферы и т.д.

Все эти уникальные результаты измерений, объединенные в одном международном проекте, подкрепленные систематическими данными широтного мониторинга аэрозольного компонента и некоторых переменных компонент атмосферы помогут выявить реальную картину глобальной динамики атмосферного аэрозоля атмосферы средних широт Земли, дать реальную оценку антропогенного вклада в изменении современного климата. Это вполне достойная и сложная научная задача, актуальность которой, вне всякого сомнения.

Не требует особого обоснования крайная необходимость создания международной станции слежения за аэрозольной компонентой и переменными компонентами атмосферы на Южном Кавказе, вдоль «большого энергетического коридора» на средства Международного проекта МНТЦ, в виде Международного стационара в Боржоми (Грузия). Эту нашу инициативу, неоднократно озвученную нами на Международных аэрозольных симпозиумах, поддерживают многие научные центры разных стран.

Уменьшение нагрузок на окружающую среду путем совершенствования моделей рассеяния с учетом атмосферных условий, наряду с совершенствованием технических средств их улавливания, – основное направление экологического прогресса в этой области. В настоящей работе приведены некоторые результаты исследований, используемые нами в многолетней практике работ по уменьшению риска неблагоприятного воздействия на здоровье населения и персонала при различных внештатных ситуациях на транзитных энергомагистралях или стационарных энергеобьектах или других специфических производств с большим объемом токсичных аварийных выбросов. При этом определяющее значение имеет атмосферная стратификация, определяющая ее устойчивость, а следовательно закономерности разбавления и дальнего переноса токсичной аэрозольной примеси. Для характеристики устойчивости атмосферы, которая определяет приземный ветро-диффузионный перенос загрязняющего аэрозоля, обычно рекомендуется, в расчетных схемах переноса примеси в приземной атмосфере, использовать параметр Ричардсона:

$$\mathbf{R_1 = \frac{g}{\theta} \times \frac{\partial\theta/\partial z}{\beta^2} = \frac{g}{T} \times \frac{\Gamma_\alpha - \gamma}{\beta^2}}$$

где: $\boldsymbol{\beta = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2\right]}}$ - вертикальный градиент скорости ветра;

$\boldsymbol{\Gamma_\alpha}$ _ сухоадиабатический температурный градиент ($\boldsymbol{\gamma}$);

$\boldsymbol{\theta}$ _ потенциальная температура; $\boldsymbol{\theta = T\left(\frac{1000}{T}\right)^{0,233}}$;

g _ ускорение свободного падения.

На практике для вычислений используется приближенное выражение:

$$\mathbf{R_i = \frac{g}{T_0} \cdot \frac{\Delta T/\Delta H}{(\Delta U/\Delta H)^2}}$$

где: $\boldsymbol{\Delta T}$ и $\boldsymbol{\Delta U}$ разности температуры и скорости ветра в приземном слое, соответственно у поверхности земли и на высоте H ; $\boldsymbol{\Delta H}$ _ разность высот.

Однако, как правило градиентные наблюдения весьма дороги и ведутся только выборочно; в итоге, градиентные наблюдения не всегда и не во всех пунктах доступны и вышеприведенные величины не определяемы на практике. Чтобы обойти эти противоречия, нами предложен аналогичный «условно-климатический параметр» **m**, который вычисляется по многолетним климатическим данным (СНиП 2.01.01.-82) в следующем виде:

$$\mathbf{m'' = \frac{g \cdot \Delta H}{(\gamma_{max} - \gamma_{min})^2} \cdot \frac{T_{max} - T_{min}}{T}}$$

В таблице 1 приведены рассчитанные величины **M'** предложенного нами параметра в упрощенном виде (без входящих в формулу постоянных **g, ΔH**):

$$\mathbf{M' = \frac{1}{\gamma_{max}^2} \cdot \frac{|\Delta T|}{T}}$$

Из таблицы явно прослеживается рост величины условного параметра M' в горных регионах (Чечня и Сев. Осетия) по сравнению с равнинными и особенно приморскими регионами (Одесса, Крым, Краснодар, Ростов, Волгоград). В таблице 2 аналогичные расчеты проделаны для некоторых пунктов Грузии. Здесь необходимо сделать несколько пояснений. Параметр Ричардсона по своему физическому смыслу является характеристикой динамических процессов неустойчивости приземного слоя атмосферы. Вводимый нами параметр, вычисляемый по многолетним обобщенным климатическим характеристикам ветрового и температурного режима, на первый взгляд, не может оценивать динамику процессов, однако это не так!

Проведенные расчеты показывают адекватность характеризации неустойчивости приземного слоя с помощью предложенного параметра. Выявленная закономерность возрастания параметра **M'** в горных регионах (см. табл.1), исключительно точно воспроизводится в табл.2 для некоторых районов Грузии. В таблице 2 пункты (это пункты метеорологической сети) сгруппированы по регионам. Таким образом, сопоставление данных по обеим таблицам указывает на адекватную оценку неустойчивости приземного слоя атмосферы, и возможность с помощью вводимого нами параметра,

без проведения трудоемких и дорогих градиентных наблюдений, проводить районирование по степени неустойчивости атмосферы.

Это особенно важно, как при планировании защитных мероприятий, так и по проведению экологического аудита или работ по ОВОС (оценка воздействии на окружающую среду). Несмотря на условность численных величин параметра М, примечательно замечательное совпадение данных таблиц 1 и 2 для идентичных по климатическим и рельефным условиям регионам: Восточная Грузия (32,4), Армения и Азербайджан (34,2 и 34,0); Побережье Черного Моря и Западная Грузия (14,2 и 14,0) и Одесса, Крым и Краснодарский край (соответственно 10,7; 17,3 и 15,2 – в среднем 14,4).

Таблица 1.

Условный коэффициент устойчивости приземной атмосферы.

Регион	$\frac{\lvert\mathbf{AT}\rvert}{\mathbf{T}}$	$\frac{\mathbf{1}}{\gamma^2_{max}}$	**M'**	Услов. градация
Астрахань	9.102	0.034	31.2	III
Волгоград	11.191	0.026	29.1	II
Дагестан	6.286	0.044	27.5	II
Краснодар	6.260	0.024	15.2	I
Ростов	9.431	0.025	23.8	II
Сев. Осетия	8.696	0.111	96.6	IV
Ставрополь	8.197	0.028	22.8	II
Чечня	7.327	0.082	59.8	IV
Крым	5.762	0.030	17.3	I
Одесса	7.311	0.014	10.7	I
Азербайджан	4.552	0.075	34.0	III
Армения	8.491	0.040	34.2	III

Этот же параметр может быть успешно применен для проведения предварительных исследований по **«экологически оптимальному»** размещению крупных предприятий с большеобъемными токсичными выбросами в атмосферу. При этом необходимо помнить, что есть возможность выбирать стратегию, в зависимости от конкретных целей: достичь максимального оседания для сравнительно низкотоксичной, но консервативной – устойчивой примеси, или добиться максимального рассеяния (эта стратегия оправдана для высокотоксичной, но распадающейся примеси, например радиоактивного выброса с короткоживущими продуктами распада). **Использование предложенной нами параметризации делает возможным проводить предворительную экспертизу мест размещения особо опасных предприятий с крупнообъемными выбросами токсичной примеси без крупных финансовых затрат и фактически является основой разработанной нами «методологии экологического районирования» с целью «экологической оптимизации размещения объектов с возможными выбросами в атмосферу токсичных газо-аэрозольных выбросов».**

Математический аппарат для общего описания процесса переноса примеси в атмосфере в виде параболических дифференциальных уравнений второго порядка с переменными коэффициентами достаточно хорошо разработан и используется уже много лет. Системы уравнений в частных производных, содержащих гиперболические и параболические операторы также подаются решению. Разностные схемы с расщепляющимся оператором для общих параболических уравнений второго порядка с переменными коэффициентами доведены до уровня справочного руководства. Однако расчетные схемы существенно усложняются при попытках учета реальных барических полей, ветра, рельефа, не говоря уже об учете микрофизических процессов трансформации самой аэрозольной примеси. Только в последние годы, успехи вычислительных схем и прогресс вычислительной техники, позволил учитывать в уравнениях переноса аэрозольной примеси в атмосфере не только вертикальную неоднородность и динамику реальной атмосферы с перменным по высоте коэффициентом турбулентной диффузии, параметр шероховатости или изменение альбедо подстилающей поверхности, но и процессы трансформации самой переносимой примеси (микрофизика, коагуляция, вымывание, распад и т.д.).

Таблица 2.

Условный коэффициент устойчивости приземной атмосферы
для некоторых пунктов Грузии

Пункты	Мног сред.	Абс. Мин.	Абс. Макс.	**Макс** скор. ветра	$\frac{\lvert\mathbf{AT}\rvert}{\mathbf{T}}$	$\frac{\mathbf{1}}{\gamma^{2}_{max}}$	**M**,
Гагра	14.1	-13	40	-	3.760	0.040	15.0
Сухуми	14.1	-12	40	-	3.690	0.040	14.8
Поти	14.4	-11	41	5.1	3.610	0.038	13.7
Батуми	14.4	-8	40	-	3.330	0.040	13.3
Побер. Чер.мор.	**14.25**	**-11.0**	**40.2**	**5.0**	**3.560**	**0.040**	**14.2**
Зугдиди	13.8	-19	40	3.1	4.275	0.104	44.9
Самтредиа	14.4	-17	41	5.1	4.028	0.038	15.3
Кутаиси	14.5	-17	42	8.0	4.069	0.016	6.4
Зап. Грузия	**14.2**	**-17.7**	**41**	**5.4**	**4.070**	**0.034**	**14.0**
Ахалкалаки	4.9	-38	34	6.7	14.694	0.022	32.7
Ахалцихе	9.0	-32	39	2.6	7.889	0.148	116.7
Борджоми	9.1	-28	37	3.1	7.143	0.104	74.3
Южн. Грузия	**7.7**	**-32.7**	**-36.7**	**4.1**	**9.013**	**0.060**	**53.6**
Гудаури	2.1	-33	27	2.6	28.571	0.148	422.8
Шови	5.2	-33	32	-	12.500	0.160	200.0
Они	10.0	-27	38	2.4	6.500	0.174	112.8
Горный регион	**5.8**	**-31**	**32.3**	**2.5**	**10.914**	**0.160**	**174.6**
Гори	10.9	-28	40	4.5	5.872	0.049	28.8
Тбилиси	12.7	-23	35	3.9	4.961	0.066	32.7
Дманиси	7.8	-28	38	-	8.077	0.059	47.6
Гурджаани	12.4	-22	38	3.8	4.839	0.059	28.6
Телави	11.8	-23			5.170	0.069	35.7
Восточ. Грузия	**11.04**	**-24.8**	**37.8**	**-4.1**	**5.491**	**0.059**	**32.4**

Список опубликованных по теме работ:

Цицкишвили М.С. (1974). Исследование очищения атмосферы с помощью радиоактивных аэрозолей. Труды Международного симпозиума «Метеорологические аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы». Тбилиси, октябрь 1973 г. Гидрометеоиздат, Л., сс. 150 –156.

Амиранашвили А.Г., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С. (1974). Оценка коэффициента турбулентной диффузии по вертикальному распределению ппродуктов распада радона. Труды Международного симпозиума «Метеорологические аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы». Тбилиси, октябрь 1973 г. Гидрометеоиздат, Л., сс. 40 – 46.

Лушников А.А., Токарь Я.И., Цицкишвили М.С. (1981). Две точно решаемые модели коагулирующих систем с источником частиц. Доклады АН СССР, 1981 г., т. 256, №5. сс. 1155 – 1158.

Гавашели Ш.Г., Цицкишвили М.С. (1980). Некоторые результаты изучения атмосферных аэрозолей в Закавказье. Труды Закавказского НИИ Гидрометеорологии, вып. 66 (72).Гидрометеоиздат, Ленинград, сс. 18-39.

Гавашели Ш.Г., Цицкишвили М.С. (1977). Атмосферные аэрозоли на Кавказе – глобальный аспект. Материалы Ш Всесоюзной конференции по аэрозолям. Москва, ГКНТ СССР. Секция приборн. и промышл., сс. 62-64.

Петрянов-Соколов И.В., Цицкишвили М.С.(1983). Задачи защиты воздушного бассейна. В кн.: «Сборник материалов научно-практической конференции – Актуальные проблемы экологии».Тбилиси, «Саб. Сакартвело», сс. 444 - 448.

Цхакая К.Г., Цицкишвили М.С.(1988). Дистанционные оценки размеров, концентрации и химизма аэрозолей промышленных выбросов. – В кн. «Труды Всесоюзной конференции «Использование вычислительной техники для решения проблемы охраны окружающей среды в теплоэнергетике»». Севастополь, 1988 г. Киев, ИТТФ АН УССР, сс. 73 –77.

Цицкишвили М.С. Результаты радиоэкологического мониторинга в Закавказье. Автореферат докторской

диссертации. М., 1991, 82 сс.

Цицкишвили М.С. Современное исследование аэрозолей в Закавказье. Груз.тех. информ. 04 Серия

“Геофизика“, вып. 2, 1987, 52 с.

Некоторые результаты исследований атмосферных аэрозолей

Цицкишвили М.С*., Лушников А.А., Загайнов В.А.**

Резюме

В работе приведен перечень проведенных в Грузии уникальных аэрозольных экспериментов. Для характеристики устойчивости атмосферы, которая определяет приземный ветро-диффузионный перенос загрязняющего аэрозоля, в расчетных схемах переноса примеси в приземной атмосфере предложен «условно - климатический параметр» m, который вычисляется по многолетним климатическим данным. Этот параметр дает адекватную оценку неустойчивости приземного слоя атмосферы в моделях переноса аэрозольной примеси. Он также эффективен для проведения предварительных исследований по оптимальному размещению крупных предприятий с большеобъемными токсичными выбросами в атмосферу.

ატმოსფერული აეროზოლების კვლევის ზოგიერთი შედეგი

მ. ციცქიშვილი, ა. ლუშნიკოვი, ვ. ზაგაინოვი

რეზიუმე

ნაშრომში ჩამოთვლილია საქართველოში ჩატარებული უნიკალური აეროზოლური ექსპერიმენტები. შემოტავაზებულია მარტივი ატმოსფეროს მდგრადობის „პირობით-კლიმატოლოგიური“ პარამეტრი რომელიც ადვილად იანგარიშება კლიმატური მონაცემებით იგი ეფექტურია წინასწარი რაიონირებისათვის დიდი ამონაბოლქვების მქონე საწარმოების ოპტიმალური განლაგებისათვის.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ГРАДОБИТИЯХ В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ И ЭКОНОМИЧЕСКОМ УЩЕРБЕ ОТ НИХ

Амиранашвили А.Г.[*], Варазанашвили О.Ш.[*], Пипия М.Г.[**],
Церетели Н.С.[*], Элизбарашвили М.Э.[***], Элизбарашвили Э.Ш.[****)**]

[***]*Институт геофизики им. М.Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Грузия*
[**] *Телавский государственный университет им. Я. Гогебашвили, Грузия*
[***]*Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили, Грузия*
[****]*Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Грузии*

Введение

Град является опасным явлением погоды, который наносит огромный ущерб экономике, в особенности сельскому хозяйству, уничтожая нередко полностью или значительно повреждая посевы, растения, сады, виноградники, истребляя домашний скот, разрушая здания и различные сооружения. В редких случаях град может быть причиной гибели людей. Выпадение града составляет проблему для многих стран мира - Италии, Франции, США, Росии, Молдавии, Австралии, Венгрии, Польши, Китая, Аргентины, стран Закавказья, Средней Азии и т.д.

Проблеме града в условиях Грузии посвящена многочисленная литература, охватывающая широкий спектр исследований, начиная от климатологии града [1-14], кончая механизмами его образования [15], и методами и результатами воздействия на градовые процессы [16-17].

Наиболее часто град возникает при прохождении холодных фронтов [3,5], однако местные орографические условия, в результате сильного перегрева подстилающей поверхности, а также неустойчивость стратификации воздушной массы, могут усилить процесс конвекции. По данным В.М. Гигинеишвили [1] вероятность выпадения града на территории Грузии при прохождении холодного фронта составляет 44%, при волновом возмущении на юге - 24%, а при внутримассовых конвективных процессах составляет 17%. В первых двух случаях градовый процесс обычно охватывает большие площади, а в третьем случае, связанном с конвективными процессами, площадь выпадения града сравнительно небольшая.

Выпавший град образует на поверхности земли градовую дорожку. Согласно В.М.Гигинеишвили [1] в Восточной Грузии средняя длина градовых дорожек колеблется в пределах 20-30 км, а средняя ширина колеблется в пределах 5-7 км, таким образом площадь, занятая градобитием, составляет в среднем 100-200 кв.км. Максимальная длина градовых дорожек, также по данным В.М.Гигинеишвили, составляет 100 км, а максимальная ширина равна 10 км.

Учитывая, что в Грузии градобития наносили существенный ущерб сельскому хозяйству, в 60-ые годы прошлого века здесь была организована одна из первых в Мире специализированная служба борьбы с градом, которая к концу 80-х годов прошлого столетия защищала территорию площадью около 1200 тыс.га.

Противоградовые работы были прерваны после распада Советского Союза, однако в последние годы, в результате катастрофических градобитий, принесших существенный материальный ущерб, Правительством Грузии был поставлен вопрос о возобновлении работ по борьбе с градом. Решение данной проблемы было поручено институтам геофизики и гидрометеорологии, которые ранее неоднократно обращали внимание на важность восстановления в стране работ по искусственному регулированию осадков, в том числе и противоградовой службы [18-19]. Это поставило в повестку дня необходимость более детального исследования имеющегося материала об интенсивности градобитий, их пространственном распределении, материальном ущербе от них, что и явилось целью настоящей статьи.

Используемые данные, методика исследования

В качестве исходного материала были использованы данные Военизированной Службы Борьбы с Градом Грузии за 1982 и с 1984 по 1989 гг. о поврежденных градом территориях Восточной Грузии и материальном ущербе от него, а также информация прессы о градобитиях в Кахетии в 2012 г. При анализе данных была использована шкала интенстивности градобитий (таблица 1), полученная ранее в работе [14].

Таблица 1. Интенсивность градобития и возможное повреждение и ущерб

Интенсивность в баллах	**Диаметр Градин мм**	**Поврежденная площадь на 100% кв.км**	**Эффект**	**Возможное повреждение и ущерб**
1	≤5	< 1	слабый	Частично повреждены посевы и листья деревьев.
2	6-10	1 - 5	умеренный	Заметно повреждены сады, виноградники, зерновые культуры и посевы.
3	11-20	6 - 10	средний	Повреждены парники, окна зданий и транспортных средств, порваны палатки, частично повреждены крыши зданий, повреждены сады, виноградники и посевызерновых культур.
4	21-50	11 - 50	сильный	Полностью уничтожены посевы, пробиты крыши домов, стекла окон, побиты домашние птицы и мелкий скот. Повреждены стены кирпичных зданий, разбиты стекла транспортных средств. Существует риск повреждения корпусов легких самолетов.
5	> 50	> 50	очень сильный	Полностью уничтожены урожай сельскохозяйственных культур, посевы и пастбища.Разрушены деревянные здания, серьезно повреждены корпичные здания, корпусы самолетов и автомобилей, разрушены крыши некоторых зданий. Имеются жертвы домашнего скота, риск гибели людей.

Результаты

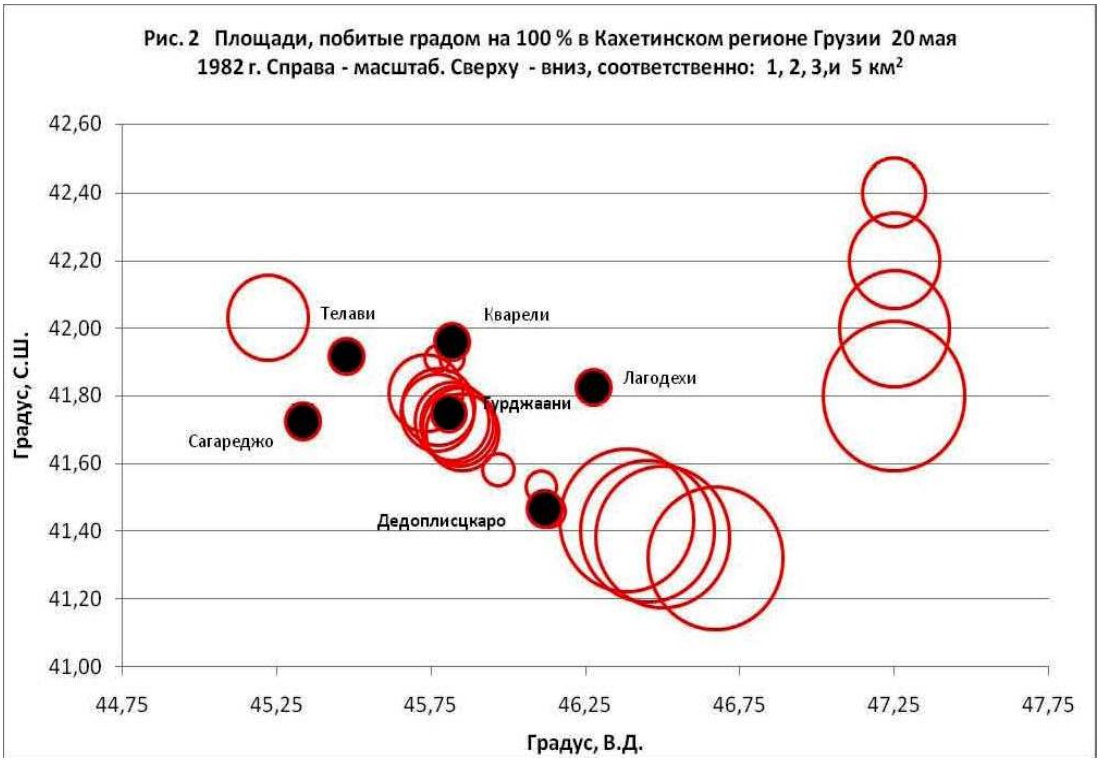
Результаты исследования предсталены на рис. 1-4 и в таблице 2.

На рис.1 представлена гистограмма повторяемости различных ареалов градобитий, поврежденных на 100% в Восточной, где по 1989 год проводились противоградовые работы.

Из этого рисунка следует, что град наиболее часто повреждал территории площадью менее 1 км², а также от 1 до 5 км² (соответственно в 43.9 и 38.8 %). Территории площадью более 5 км² на 100% повреждались в 17.3 % случаев, а более 11 км² – примерно в 10 % случаев.

Некоторые сведения об отдельных градобитиях 4-ой и 5-ой категории в Кахетии приведены на рис. 2 и в таблице 2. Рис. 2 наглядно иллюстрирует динамику сильного градового процесса 20 мая 1982 года, когда на 100% было повреждено 34 км² территории Кахетии. Из таблицы 2 следует, что несмотря на существеный положительный эффект работы противоградовой службы [7, 15-19] в отдельные дни град все же причинял довольно значительный ущерб, который достигал нескольких десятков миллионов долларов США. В годы после прекращения работы противоградовой службы ущерб от градобитий возрос, несмотря на уменьшение более чем в 4 раза площадей сельскохозяйственных угодий и, соответственно, собранного урожая.

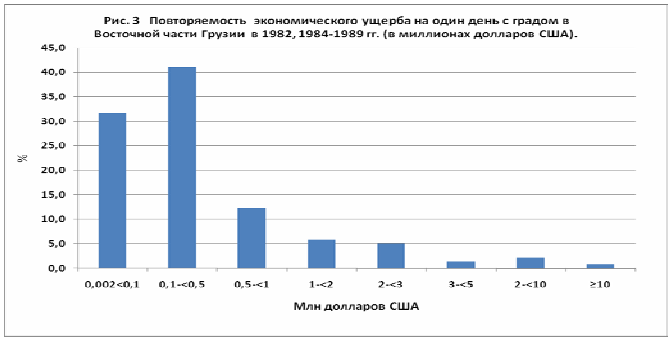
Учитывая указанный факт, а также перспективы реабилитации сельскогого хозяйства, в том числе и восстановление обрабатываемых территорий сельскохозяйственного назначения, в натоящее время начата разработка вопроса о возобновлении противоградовых работ.



На рис. 3 предсталена гистограмма повторяемости экономического ущерба на один день с градом в Восточной Грузии. Как следует из этого рисунка, наиболее часто (41 % случаев) экономический ущерб на один день с градом составлял 100-500 тыс. долларов США. Более 1 млн. долларов США экономический ущерб наблюдался в 15.1 % случаев градобитий.

Таблица 2. Поврежденные на 100% территории и соответствующий ущерб при некоторых градобитиях в Кахетии

Год	Месяц	Число	Площадь кв.км.	Ущерб млн. долларов США	Район (центр наибольшей интенсивности)
1982	май	20	34	7.37	Гурджаани – Дедопдисцкаро
1986	май	21	30	5.84	Руиспири – Гурджаани
1987	май	9	121	26.0	Удабно - Нукриани
1987	май	12	42	9.13	Напареули
1987	июнь	4	18	3.81	Гавази
2012	июль	19	35	30.15	Телави



Наконец, на рис. 4 представлена гистограмма повторяемости экономического ущерба по площадям градобитий. Как следует из этого рисунка, в годы работы противоградовой службы наибольший ущерб (42.9 % случаев) приходился на градобития 4-ой категории (13 дней с градом). Экономический ущерб от градобитий с поврежденными площадями на 100% менее 10 км² составлял 34.3 % от суммарного ущерба (125 случаев с градом). Соответственно, на 4-ю и 5-ю категорию градобитий приходилось 65.7 % экономического ущерба (14 дней с градом).

Заключение

Град наиболее часто повреждал территории площадью менее 1 км², а также от 1 до 5 км² (соответственно в 43.9 и 38.8 %). Территории площадью более 5 км² на 100% повреждались в 17.3 % случаев, а более 11 км² – примерно в 10 % случаев. Экономический ущерб на один день с градом наиболее часто (41 % случаев) составлял 100-500 тыс. долларов США. Более 1 млн. долларов США экономический ущерб наблюдался в 15.1 % случаев градобитий. Экономический ущерб от градобитий с поврежденными площадями на 100% менее 10 км² составлял 34.3 % от суммарного ущерба (125 случаев с градом). Соответственно, на 4-ю и 5-ю категорию градобитий приходилось 65.7 % экономического ущерба (14 дней с градом).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Гигинеишвили В.М. - Градобития в Восточной Грузии. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1960, 123 с.
2. Воронов Г.С. - Некоторые данные исследования града в Алазанской долине. Тр. ЦАО, вып.65, 1965, с. 37-45.
3. Сулаквелидзе Г.К. - Ливневые осадки и град. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1967, 412 с.
4. Сухишвили Э.В .- Град. Климат и климатические ресурсы Грузии. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1971, с 313-318.
5. Гагуа В.П. - Град. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1971, с 121-133.
6. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Doreuli R., Khurodze T., Kolesnikov Yu. - Some Characteristics of Hail Processes in the Kakheti Region of Georgia. Proc. 13th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Reno, Nevada, USA, August 14-18, vol.2, 2000, pp. 1085-1087.
7. ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., ბლიაძე თ., ნოდია ა., ჩიხლაძე ვ., ბახსოლიანი მ., ხუროძე თ. – კახეთში სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვალებადობის თავისებურებანი. საქ. მეცნ. აკად. გახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი № 21, USSN 1512-1224, თბილისი, 2003, გვ. 58–79.
8. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Торонджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. - Изменчивость числа дней с градом в Грузии в 1941-1990 гг. Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, ISSN 1512-1135, том 58, 2004, 127-132.
9. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Торонджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. - Некоторые статистические характеристики числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941-1990 гг. Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, т.58, 2003, с.133-141.
10. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Nodia A.G., Khurodze T.V., Toronjadze A.F., Bibilashvili T.N.- Spatial-Temporary Characteristics of Number of Days with a Hails in the Warm Period of Year in Georgia. Proc. 14th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy,18-23 July 2004, 2_2_215.1-2_2_215.2.
11. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T., Kartvelishvili L., Chumburidze Z., Mkurnalidze I., Chikhradze N. – Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions o Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. Bull. of the Georgian Acad. of Sciences, 172, N3, 2005, 484-486.
12. Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Хуродзе Т.В. – Статистические характеристики числа дней с градом в год в Грузии. Тр. Ин-та гидрометеорологии, т. № 115, ISSN 1512-0902, Тбилиси, 18-19 ноября, 2008, с. 427–433.
13. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. - Стихийные метеорологические явления на территории Грузии. Тбилиси, Зеон, 2012, 104 с.
14. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. - Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf.
15. Бартишвили И.Т., Надибаидзе Г.А., Бегалишвили Н.А., Гудушаури Ш.Л. - К физическим основам метода ЗакНИГМИ борьбы с градом. Тр. ЗакНИГМИ, вып.67(73), 1978, с.73-82.
16. Гигинеишвили В.М., Ломинадзе В.П. - Некоторые вопросы организации градовой службы в Алазанской долине. Тр. ЗакНИГМИ, вып.16(22), 1964, с.93-97.
17. Карцивадзе А.И., Салуквадзе Т.Г., Лапинскас В.А. - Некоторые вопросы методики воздействия на градовые процессы с использованием противоградовой системы «Алазани». Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, т. 26, 1975, с.13-27.
18. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Берадзе Н.И., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Рухадзе Н.П. – О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии. Тр. Ин-та гидрометеорологии, ISSN 1512-0902, том 108, Тбилиси, 2002, с. 249-260.
19. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Читанава Р.Б. – О необходимости возобновления работ по искусственному регулированию атмосферных процессов в Грузии. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 144 - 152.

ზოგიერთი მონაცემები სეტყვიანობაზე აღმოსავლეთ საქართველოში და მისგან მიყენებულ ეკონომიკურ ზარალზე

ამირანაშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ფიფია მ., წერეთელი ნ.,
ელიზბარაშვილი მ., ელიზბარაშვილი ე.

რეზიუმე

მოყვანილია მონაცემები სეტყვიანობაზე აღმოსავლეთ საქართველოში და მისგან მიყენებულ ეკონომიკურ ზარალზე 1982, 1984 – 1989 და 2012 წწ. კერძოდ მიღებულია, რომ 100%-ით ყველაზე ხშირად ზარალდებოდა ტერიტორიები ფართობით 5 კმ²-დე (შემთხვევების 82.2%). 11 კმ²-ზე მეტი ფართობის ტერიტორიები ზარალდებოდა დაახლოებით შემთხვევების 10%-ში. თუმცა სეტყვიანობის ამ კატეგორიაზე მოდიოდა ყველაზე მეტი ეკონომიკური ზარალი – 65.7 % საერთო ეკონომიკური ზარალისა.

SOME DATA ABOUT HAIL DAMAGES IN EASTERN GEORGIA AND ECONOMIC LOSSES FROM THEM

Amiranashvili A., Varazanashvili O., Pipia M., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili E.

Resume

The data about the hail damages in Eastern Georgia and the economic losses from them into 1982, from 1984 through 1989 and in 2012 yr. are presented. In particular it is obtained that hail to 100 % most frequently damaged territory with an area of up to 5 km² (82.2 % cases). The territories of more than 11 km² were damaged approximately into 10 % cases. However, to this category of hail damages fell the greatest economic losses - 65.7 % from the summary economic losses.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ГРАДОБИТИЯХ В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ И ЭКОНОМИЧЕСКОМ УЩЕРБЕ ОТ НИХ

**Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Пипия М.Г.,
Церетели Н.С., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Э.Ш.**

Резюме

Приводятся данные о градобитиях в Восточной Грузии и экономическом ущербе от них в 1982, с 1984 по 1989 и в 2012 гг. В частности получено, что град на 100 % наиболее часто повреждал территории площадью до 5 км² (82.2 % случаев). Территории более 11 км² повреждались примерно в 10 % случаев. Однако на эту категорию градобитий приходился наибольший экономический ущерб - 65.7 % от общего экономического ущерба.

ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Чихладзе В.А.

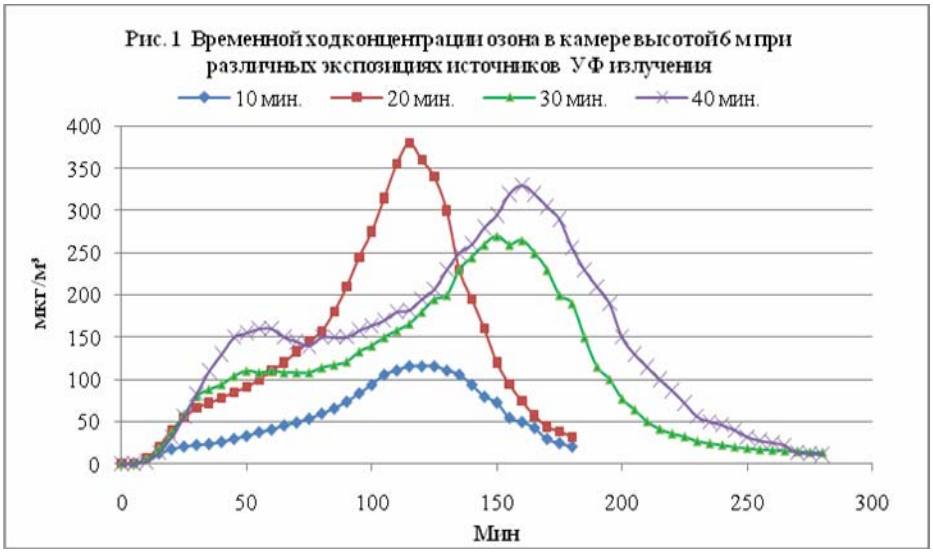
Институт геофизики им. М.Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Грузия

В настоящее время прямые методы воздействия на фотохимический смог (смесь газов и мелкодисперсных аэрозольных частиц) основаны на хорошо известных физических процессах -так называемом мокром вымывании (облака, туман, дождь) аэрозольно-газового загрязнения атмосферы [1-10]. Так к примеру, согласно [11], во время дождя концентрация частиц углерода уменьшается в 1,5-5,5 раза. Согласно данным за 2003-2005 годы [12], в Тбилиси во время дождя или тумана концентрация приземного озона низкая и изменяется в пределах 4-12 мкг/м^3, тогда как в сухой период это значение может быть на порядок выше. Для проведения масштабных лабораторных экспериментов по созданию, ослаблению и очистке смоговой среды, была использована Термобарокамера Института геофизики [1-3, 8].

В силу ряда обстоятельств, термобарокамера в настоящее время может работать только в теплом режиме, что конечно существенно ограничивает её возможности. Однако в ряде случаев это не является определяющим фактором. Одной из задач являлось определение возможности создания в термобарокамере условий, характерных для городского фотохимического смога, в частности повышенной концентрации озона в определенном объеме воздуха с возможностью его подпитки, а также создания условий для продолжительной (в течении нескольких часов) его жизни. Для этого внутри корпуса термобарокамеры, который покрыт специальной краской на основе эпоксидных смол, препятствующих ржавлению, был создан отдельный выделенный объем, стенки, пол и крыша которого образованы инертной к озону полиэтиленовой пленкой высокого давления с каркасом также из полиэтиленовых труб. Выделенный объем представляет собой асимметрично подвешенный цилиндр с полужесткими верхним и нижним основаниями, который может относительно свободно перемещаться в вертикальном направлении, а при необходимости и в горизонтальном. Диаметр отсеченного объема превышает 2,5 метра, а максимальная высота 6 метров, объем порядка 30 м^3. При необходимости объем можно уменьшать, опуская верхнее основание на необходимую (до 0,5 м) высоту или поднимать всю конструкцию без основания для очистки, проветривания или монтажа оборудования. Для создания необходимой герметичности и технологических швов при изготовлении выделенного объема было создано устройство для сварки большеразмерных кусков полиэтиленовой пленки. В оставленные открытые швы с нахлёстом проходят кабели и технологические консоли для устройств ввода водного реагента или пара, приемники озона, температуры, влажности и т.п.

Для получения высокой концентрации озона в смоговой камере было сделано следующее: исходя из того, что озон тяжелее воздуха, источники ультрафиолетового излучения [13] были размещены в верхней части объема, примерно в 10-15 сантиметрах от потолка, симметрично относительно центра объема и параллельно несущей штанге были смонтированы две 20 ваттные бактерицидные лампы фирмы TUNGSRAM с электронным балластным устройством EB407 фирмы DEVARNA. На концах штанги, примерно на расстоянии в 30 сантиметров от стенок были смонтированы ртутные лампы ДРТ-240 от кварцевых осветителей ОКН-11-М, причем для безопасности, а также защиты от повышенной влажности и удобства запуска пусковые устройства размещались за пределами камеры. Измерение концентрации полученного в объеме озона производилось с помощью электрохимического озонометра типа OMG-200, расположенного вне камеры. Приемная фторопластовая трубка при этом располагалась примерно в центре отсеченного объема на высоте 2 метров от днища.

Опыты были проведены с экспозициями 10, 20, 30 и 40 минут, при этом были задействованы все источники ультрафиолетового излучения. Результаты показаны на рис.1.

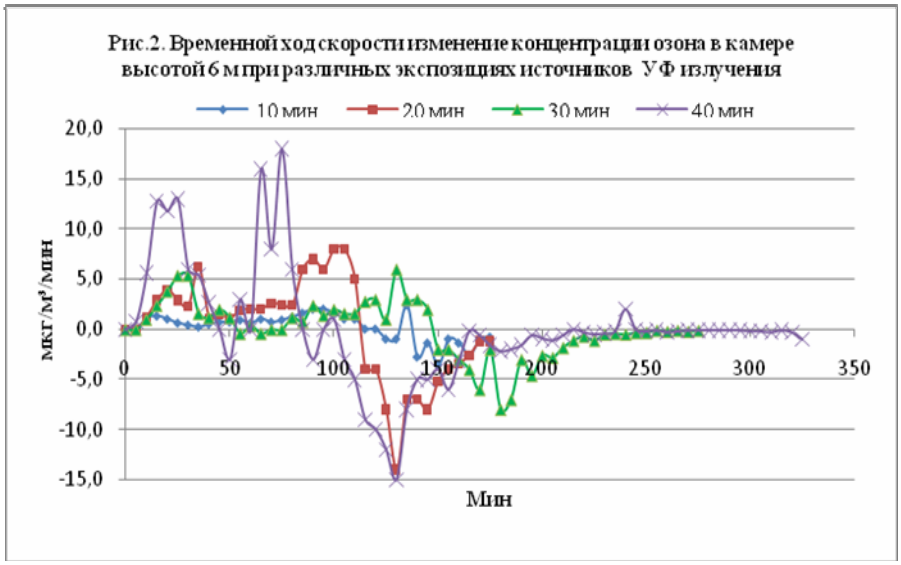


Надо отметить, что перед каждым экспериментом устанавливался такой режим, что концентрация озона внутри объема фактически равнялась нулю. Во всех случаях рост концентрации озона начинался уже после пятой минуты. Скорость роста во всех случаях и на конкретном участке различалась и составляла от 0,4 до 5,4 мкг/м^3 в минуту в течении первого часа.

Во время действия ультрафиолетового излучения максимальная концентрация озона в районе приемной трубки озонометра составила: при 10 минутной экспозиции – 5,5 мкг/м^3; при 20 минутной экспозиции – 40 мкг/м^3; при 30 минутной экспозиции – 80 мкг/м^3; при 40 минутной экспозиции – 130 мкг/м^3.

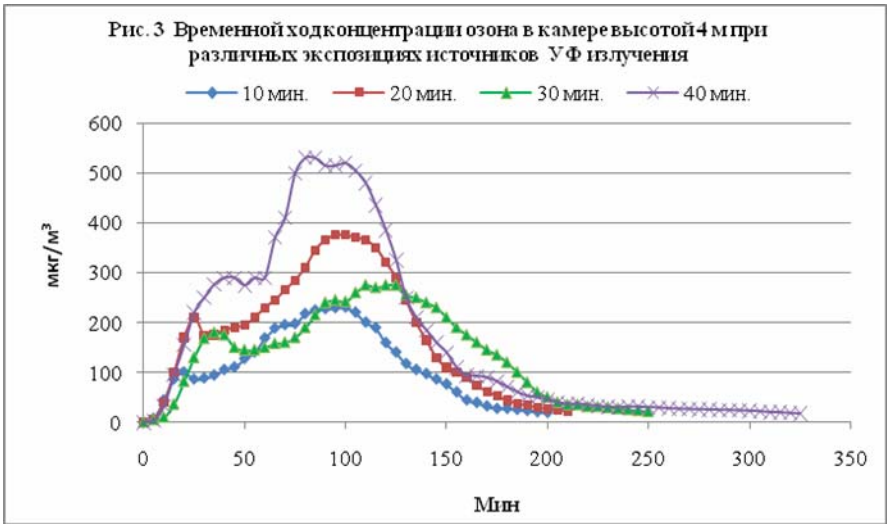
Концентрация в 100 мкг/м^3 достигалась: при 10 минутной экспозиции – через 102 минуты; при 20 минутной экспозиции – через 54 минуты; при 30 минутной экспозиции – через 42 минуты; при 40 минутной экспозиции – через 34 минуты.

Максимальная концентрация озона, достигнутая при 10 минутной экспозиции – 115 мкг/м^3 через 115 минут; при 20 минутной экспозиции – 380 мкг/м^3 через 115 минут; при 30 минутной экспозиции – 270 мкг/м^3 через 150 минут; при 40 минутной экспозиции – 330 мкг/м^3 через 160 минут после начала экспозиции.



Максимальная скорость изменения концентрации озона (рис.2) составила: при росте концентрации – 8 мкг/м^3 в минуту (при 20 минутной экспозиции), а при уменьшении концентрации - 14 мкг/м^3 в минуту (при 10 минутной экспозиции).

Были также проведены аналогичные эксперименты в сокращенном объеме – высота смоговой камеры в этом случае составляла четыре метра вместо шести, т.е. объем камеры уменьшился примерно до 20 м^3. Этим мы достигли того, что расстояние от источников ультрафиолетового излучения до приемной трубки озонометра уменьшилось ровно в два раза – с четырех метров до двух, что внесло определенные изменения в результаты экспериментов. Так например, во время действия ультрафиолетового излучения концентрация озона в смоговой камере (рис. 3) составила: при 10 минутной экспозиции – 44 мкг/м^3; при 20 минутной экспозиции – 170 мкг/м^3; при 30 минутной экспозиции – 168 мкг/м^3; при 40 минутной экспозиции – 290 мкг/м^3.



Значение концентрации озога в 100 мкг/м^3 достигалось: при 10 минутной экспозиции – через 20 минут; при 20 минутной экспозиции – через 15 минут; при 30 минутной экспозиции – через 22 минуты; при 40 минутной экспозиции – через 15 минуты.

Максимальная концентрация озона, достигнутая во время эксперимента составляла: при 10 минутной экспозиции – 230 мкг/м^3 через 100 минут; при 20 минутной экспозиции – 375 мкг/м^3 через 95 минут; при 30 минутной экспозиции – 275 мкг/м^3 через 110 минут; при 40 минутной экспозиции – 530 мкг/м^3 через 80 минут после начала экспозиции. Таким образом, имеет место как резкое сокращения времени, так и достижение значительно более высоких концентраций озона, чем в шестиметровой камере.

Максимальная скорость изменения концентрации озона (рис. 4) составила: при росте концентрации: – 42 мкг/м^3 в минуту (при 10 минутной экспозиции); 70 мкг/м^3 в минуту (при 20 минутной экспозиции); 48 мкг/м^3 в минуту (при 30 минутной экспозиции), а при 40 минутной экспозиции достигла значения 90 мкг/м^3 в минуту, а при уменьшении концентрации - 30 мкг/м^3 в минуту (при 10 минутной экспозиции); 45 мкг/м^3 в минуту (при 20 минутной экспозиции); 30 мкг/м^3 в минуту (при 30 минутной экспозиции); 75 мкг/м^3 в минуту (при 40 минутной экспозиции).

Основные эксперименты проводились в сравнительно теплое время года, что было обусловлено как предположением, что последующие работы будут проводиться только в теплое время года, так и наличием сравнительно комфортных условий для работы в неотапливаемой термобарокамере. Однако конец 2010 года можно было охарактеризовать как типичный для смоговой погоды – на протяжении почти полутора месяцев наблюдалась безветренная, безоблачная, спокойная погода. Примерно к полудню воздух был настолько насыщен смоговыми аэрозолями, что прозрачность воздуха резко уменьшалась и в нижнем 200-300 метровом слое, особенно в долине реки Куры, не превышала нескольких сотен метров. Поэтому стал актуальным вопрос проведения экспериментов по созданию озона высокой концентрации и его уменьшению и в зимнее время [14]. Проведение экспериментов в зимнее время наложило определённый отпечаток на ход экспериментов, так как температура внутри объема термобарокамеры колебалась в пределах 1,4 - 1,5 градуса. Были проведены фоновые эксперименты по определению времени жизни озона. Полученные результаты иллюстрируются графиком на рис.5. Начальная концентрация озона составляла 60 мкг/м^3, конечная – 20 мкг/м^3. Максимальная скорость снижения концентрации не превышала 5 мкг/м^3 в минуту (только на начальном этапе). Общее время снижения концентрации превысило пять часов. При этом несколько раз наблюдались небольшие обратные волны, когда в результате флюктуационных процессов, расположенные в верхней части слои воздуха с относительно высокой концентрацией озона перемещались вниз. Как видно, несмотря на то, что удельный вес озона выше, чем у других составляющих воздуха, то тепло, которое выделяется при работе кварцевых ламп, наверно достаточно для того, чтобы теплый озон в течении довольно длительного промежутка времени не перетекал в более низкие слои воздуха.

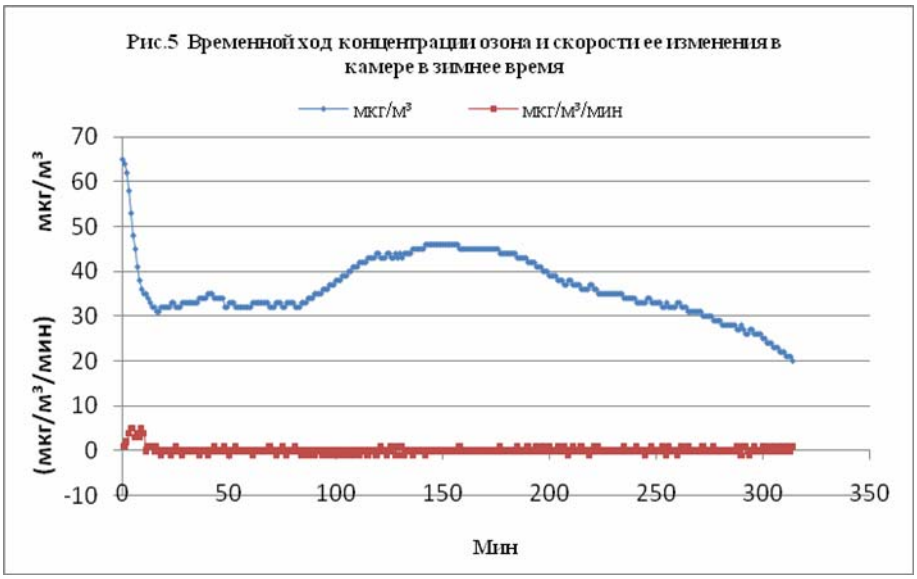


Рис.5 Временной ход концентрации озона и скорости ее изменения в камере в зимнее время

Проведенные эксперименты показали, что выбранное направление полностью удовлетворяет намеченным задачам – достигнутые максимальные концентрации озона в смоговой камере в несколько раз превышают зафиксированные на территории Грузии максимальные значения концентрации приземного озона [1, 4, 9, 12, 15]. Имеется возможность в случае необходимости создавать значительно более высокие концентрации. Время жизни озона высокой концентрации в смоговой камере достигает нескольких (6-7) часов, что свидетельствует о хорошем качестве как использованных материалов, так и всей камеры в целом. Проведение экспериментов возможно как во время создания озона (10-40 минут), так и во время переноса озона высоких концентраций от места

расположения источников ультрафиолетового излучения в нижележащие слои (80-125 минут) и, самое главное, во время установившегося режима, в течении примерно двух-трех часов.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. - Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере. Мецниереба, Тбилиси, 1991,113 с.
2. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Chiabrishvili N.G., Gzirishvili T.G., Kirkitadze D.D., Nodia A.G., Odisharia M.A., Okujava A.M. – Laboratory Modelling of the Transformation of Microphysical and Electrical Properties of Artificial Water Fogs. Proc. 1st Int. Conf. on Fog and Fog Collection, Vancouver, Canada, July 19-24, 1998, pp. 333-335.
3. Amiranashvili A., Bliadze T., Chiabrishvili N., Chikhladze V., Gzirishvili T., Kirkitadze D., Nodia A., Odisharia M., Okujava A.- Complex for Laboratory Modelling of Microphysical and Electrical Properties of Aerodisperse Formations. Proc. Int. Conf. Dedicated to Memory of Prof. A. Sutugin, Moscow, Russia, June 26-30, 2000, pp. 54-55.
4. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. – Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам, Москва, МГК, 1988, 114 с.
5. ПлаудеН.О., Вычужанина М.В., Монахова Н.А., Гришина Н.П. – Микроструктура смога и его вымывание осадками в Московской области в сентябре 2002 года. Метеорология и гидрология, 2003, № 12.
6. Райст П. – Аэрозоли. М., Мир, 1987, 278 с.
7. Детри Ж. – Атмосфера должна быть чистой. М., 1973, 380 с.
8. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. - ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტომი 63, თბილისი, 2012, 160 გვ.
9. Kharchilava J., Chikhladze V., Chochishvili K., Chkhaidze G. – Changeability of Surface Ozone Concentration in Tbilisi in 1984-2010. Proc. Of Int. Conf. “Environment and Global Warming”, Dedicated to the 100th Birthday Anniversary of Academician F. Davitaya, Collected Papers New Series, N 3(82), ISSN 2333-3347, Tbilisi, 2011, pp. 111-116.
10. Senik I.A., Elansky N.F.- Surface Ozone Concentration Measurements at the Kislovodsk High-Altitude Scientific Station: Temporal Variations and Trend. ФАО, 2001, Vol.17, Suppl.1, pp. S110-S119
11. Hwang K.-C., Ma C.-J. – Scavenging Properties of Atmospheric Carbon by Precipitation. Proc. 16th Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, pp. 702-705.
12. Харчилава Дж.Ф. – Изменчивость концентрации приземного озона в городских и сельских условиях в зависимости от сезона и погодных условий. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том. 60, Тбилиси, 2008, с. 270-276.
13. Харчилава Д.Ф., Джинчарадзе А.Х. – Озоногенератор для градуировки озонометрических приборов. Тр. 6-го Всес. Симп., Ленинград, 15-17 мая 1985, Л., Гидрометеоиздат, 1987, с. 63-65.
14. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. - Air Pollution in Tbilisi in the Winter Fogs. Abstr. of the 6th Int. Conf. on Fog, Fog Collection and Dew, Yokohama, Japan, May 19-24, 2013.
15. ХарчилаваД.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П. – Особенности изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2012 гг. Тр. Института Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 100-103.

მაღალი კონცენტრაციის მიწისპირა ოზონის ლაბორატორიული მოდელირება

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

მოცემულია ფოტოქიმიური სმოგის თანამდევი პროცესების საკვლევი სმოგური კამერის აღწერილობა. მოყვანილია მაღალი კონცენტრაციის ოზონური გარემოს შექმნის მეთოდიკა, წარმოდგენილია სხვადასხვა ტემპერატურის, გამოყოფილი მოცულობის სხვადასხვა სიმაღლის და სხვადასხვა ექსპოზიციის დროს კონცენტრაციის ზრდის და შემცირების გრაფიკები ზემოქმედების გარეშე. ნაჩვენებია ოზონის კონცენტრაციის შექმნის და შემცირების სიჩქარეები, კონცენტრაციის გარკვეული მნიშვნელობების მიღწევის დრო და აგრეთვე მაქსიმალური მიღებული მნიშვნელობები. ნაჩვენებია ფოტოქიმიურ სმოგზე აქტიური ზემოქმედებისათვის სმოგური კამერის გამოყენების შესაძლებლობა.

LABORATORY MODELLING OF SURFACE OZONE OF HIGH CONCENTRATION

Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V.

Resume

Description of smog chamber for investigating the processes, which associate with photochemical smog is given. The procedure of obtaining the ozone medium of high concentration is given, the graphs of increase and decrease of concentration at different exposures without the action, different height of the chosen volume and different temperature are represented. The rates of growth and reduction in ozone concentration, the times of the establishment of the given values, and also the maximum concentrations reached are determined. The possibility of using the smog chamber for the experiments of the active action on the photochemical smog is shown.

ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Чихладзе В.А.

Резюме

Дано описание смоговой камеры для исследования процессов, сопутствующих фотохимическому смогу. Приводится методика получения озонной среды высокой концентрации, представлены графики роста и уменьшения концентрации при различных экспозициях без воздействия, разной высоте выделенного объема и разной температуре. Определены скорости роста и снижения концентрации озона, времена установления заданных значений, а также максимальные достигнутые концентрации. Показана возможность использования смоговой камеры для экспериментов по активному воздействию на фотохимический смог.

გამოკვლევების თანამედროვე მდგომარეობა და განვითარების პერსპექტივები გეოფიზიკის ინსტიტუტში ატმოსფეროს ფიზიკის დარგში

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ბოლო დროს ძალზე აქტუალურია ბუნებაში გლობალური ცვლილებების ფონზე გარემოზე მზარდი ანთროპოგენური დატვირთვის შედეგად კლიმატის და კლიმატის ცალკეული ელემენტების ცვლილების შესწავლა, ამ ცვლილებების ბუნებრივ კატასტროფებთან კავშირების დადგენა, ეკოსისტემების მოწყვლადობის შეფასება. აგრეთვე აქტუალური რჩება გარემოსათვის მავნე ატმოსფერული მახასიათებლების და მოვლენების გავლენის შემცირებისათვის მათზე ახალი აქტიური ზემოქმედების მეთოდების დამუშავება და არსებულის გაუმჯობესება.

მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტში ატმოსფეროს ფიზიკის დარგში ტრადიციულ კვლევებთან ერთად, როგორებიცაა ღრუბლების ფიზიკა და ატმოსფერულ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედება, ატმოსფერული აეროზოლების და ოზონის ფიზიკა, ატმოსფერული პროცესების და მათზე აქტიური ზემოქმედების ექსპერიმენტული ლაბორატორული მოდელირება, რადიოლოკაციური მეტეოროლოგია, ატმოსფეროს დაბინძურება, აგრეთვე ტარდებოდა და ტარდება სამუშაოები საქართველოს კლიმატის ცვლილების, ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შეფასების, საქართველოს საკურორტო და ტურისტული ადგილების კლიმატური და ბიოკლიმატური პასპორტიზაციის, ადამიანის ჯანმრთელობაზე და ზოგადად ბიოსფეროზე სხვადასხვა მეტეო-გეოფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედების შეფასების, სხვადასხვა გეოფიზიკური ველების კომპლექსურ კვლევების დარგში.

კერძოდ, ბოლო 10 წლის განმავლობაში გამოქვეყნებულია 225 ნაშრომი, მათ შორის 3 მონოგრაფია, 1 ბროშურა და 1 პატენტი აღმოჩენაზე. მიღებულია შემდეგი მნიშვნელოვანი შედეგები:

- შექმნილია სეტყვა-ელჭექ საშიშ ღრუბელთა ექსპერიმენტული რადიოლოკაციური მოდელები (ღრუბლების რადიოლოკაციური სტრუქტურა, სეტყვის და ელქექის პროგნოზირების მეთოდები, ღრუბლების განაწილების დეტალური რუკები კახეთის ტერიტორიაზე და სხვა) [1-3]. ეს შედეგები სასარგებლოა ატმოსფერულ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების სამუშაოების დაგეგმვისას, რაზეც ჩვენ რეგულარულად ვაყენებდით მთავრობის წინაშე საკითხს ნალექების ხელოვნური რეგულირების სამუშაოების განახლების თაობაზე [4].
- თბილისში და რუისპირში ტარდება მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის მონიტორინგი. რეგულარულად დგინდება ოზონის კონცენტრაციის ცვლილების ტენდენციები, მისი ზემოქმედების ეფექტები ბიოსფეროზე [5-6].
- შემოთავაზებულია ატმოსფერული აეროზოლების და კონვექციური ღრუბლების ურთიერთქმედების, და აგრეთვე ატმოსფეროში მიმდინარე იონიზაციის და ელექტრიზაციის პროცესების გათვალისწინებით ატმოსფეროსა და ღრუბლებში კონდენსაციის და კრისტალიზაციის ბირთვების და ყინულის კრისტალების შექმნის კონცეფცია. ნაჩვენებია, რომ მძლავრ კონვექციურ და ელჭექის ღრუბლებს გააჩნიათ უნარი შეიტანონ არსებითი წვლილი კლიმატის ცვლილებაში [7].
- შესწავლილია ატმოსფეროში მეორადი აეროზოლების შექმნაზე სქემით გაზი→ ნაწილაკი მაიონიზებელი გამოსხივების გავლენა და მიღებულია, რომ ისინი არიან გაზებიდან სუბმიკრონული აეროზოლების შექმნის ძლიერი კატალიზატორები [8,9].
- გამოვლენილია რადიონუკლიდური გამოსხივების ეფექტების თავისებურებები ქალაქის პირობებში მეორადი აეროზოლების წარმოქმნაში: თბილისური ტიპის სმოგი – ბუნებრივ პირობებში შეუძლებელი მაიონიზებელ გამოსხივების ინტენსივობასა და მსუბუქი იონების

კონცენტრაციას შორის შებრუნებული დამოკიდებულება, რაც შესაძლებელია აგრეთვე სხვა ძლიერ გაჭუჭყიანებულ ქალაქებშიც [9,10].

- მიღებულია, რომ ელჭექური და სეტყვის პროცესების ინტენსივობა არსებითად არის დამოკიდებული ატმოსფეროს აეროზოლურ დაბინძურებაზე, რომლის ზრდაც მთლიანობაში იწვევდა სეტყვის მოსვლის ინტენსივობის ზრდას და შესაბამისად სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების ზემოქმედების ეფექტიანობის შემცირებას [11,12].
- თერმობაროკამერების ლაბორატორულ კომპლექსში ჩატარდა ექსპერიმენტები სმოგური ოზონის შესაქმნელად და მასზე ზემოქმედებისათვის, რის საფუძველზეც დამუშავებულია ატმოსფეროში ოზონის მაღალი კონცენტრაციების ხელოვნური შემცირების საცდელი მეთოდიკა [9].
- კვლევათა ერთერთი მიმართულებაა - საქართველოში კლიმატის ცვლილება, კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებების შეფასება გლობალური და რეგიონალური ხასიათის ცვლილებებთან მიმართებაში, პერიოდულობის და აგრეთვე მზის აქტივობის ვარიაციების გათვალისწინებით. დაწყებულია სამუშაოები შავი ზღვის დონის ცვლილების დინამიკის შესწავლისათვის [7, 13-17].
- მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ეკოლოგიურ პრობლემებს. შესწავლილია ქვეყნის ჰაერის დაბინძურების მრავალწლიანი დინამიკა, აეროზოლების წონითი კონცენტრაცია, აზოტის და გოგირდის ჟანგეულები, ოზონი და სხვა [7, 9, 13, 18].

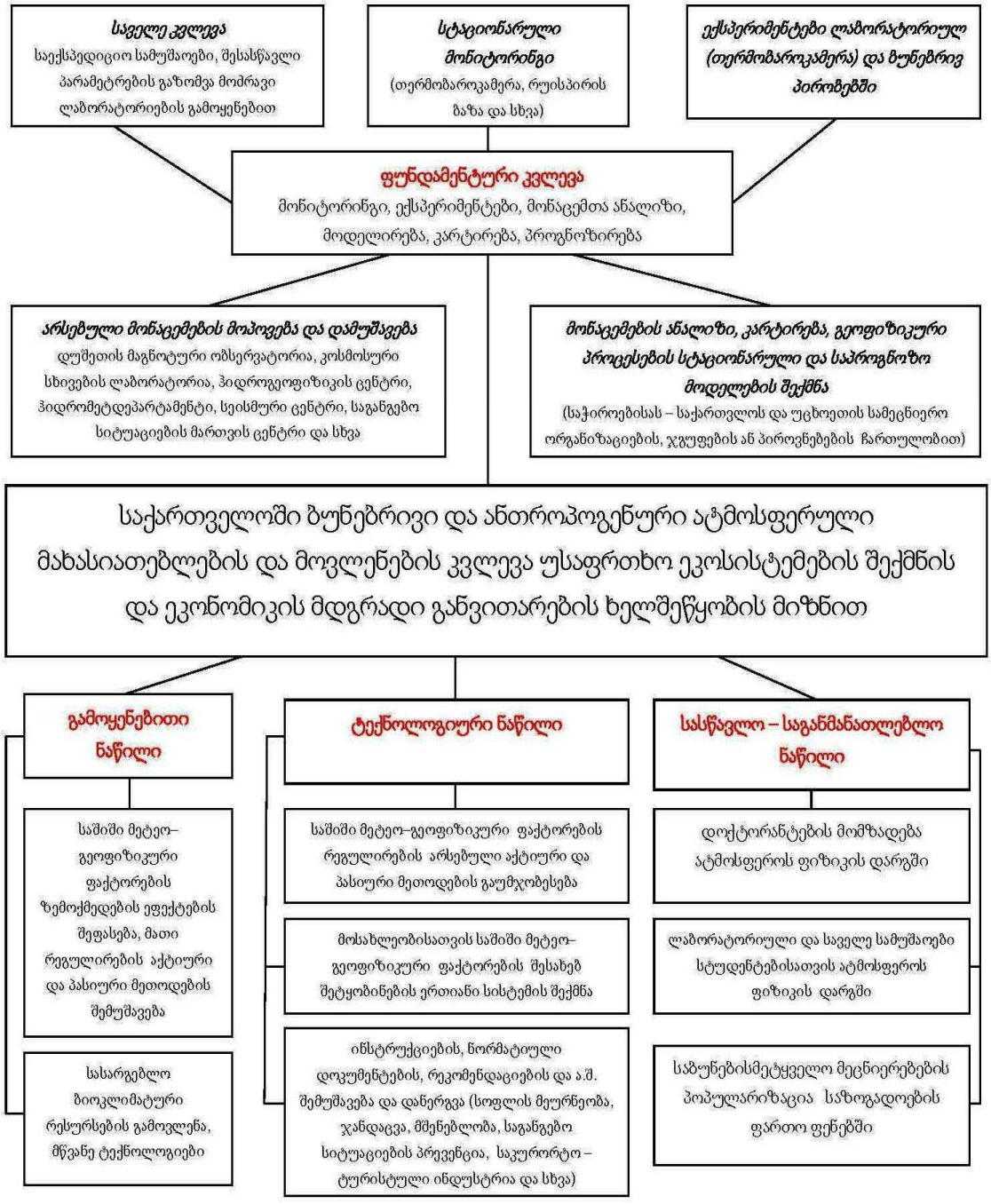
  - ჩატარებულია თბილისის მოსახლეობის ჯანმრთელობისათვის ზოგიერთი ასტრო-მეტეო-გეოფიზიკური ფაქტორის რისკის შეფასება. დადგინდა, რომ 1984-2010 წწ. მიწისპირა ოზონის და სმოგის სხვა კომპონენტების მომატებული კონცენტრაციები ზრდიდნენ საშუალო წლიურ სიკვდილიანობას ქ. თბილისის მოსახლეობაში საშუალოდ 14.1%-ით. აღსანიშნავია, რომ ბოლო წლებში გასული საუკუნის ოთხმოციან წლებთან შედარებით, ქ. თბილისის მოსახლეობა უფრო მგრძნობიარე გახდა ჰაერის დაბინძურების მიმართ (ადამიანის ჯანმრთელობაზე ნეგატიური ეფექტები და ლეტალური შედეგების შემთხვევები გვხვდება მიწისპირა ოზონის უფრო დაბალი კონცენტრაციის დროს). მთლიანობაში სმოგური სიტუაციების დღეებში ჰაერის ოზონით, ოზონწარმომქნელი გაზებით და აეროზოლებით დაბინძურებასთან ერთად ადამიანის ჯანმრთელობაზე თბილისის პირობებში მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ისეთი ფაქტორების ვარიაციები, როგორებიცაა ჰაერის თერმული რეჟიმი, ატმოსფერული წნევა, კოსმოსური სხივები [9, 19].
- დასავლეთ საქართველოში ჩატარდა რადონის ფართომასშტაბიანი მონიტორინგი ნიადაგში, სასმელ წყალში და საცხოვრებელ სახლებში. აგებულია რადონის განაწილების რუკები, გამოვლენილია რადონის შემცველობის კავშირი ფილტვის კიბოს გავრცელებასთან. ტარდებოდა აგრეთვე გამა რადიაციის, მსუბუქი იონების შემცველობის, მეტეოროლოგიური პარამეტრების და სხვათა გაზომვები [20, 21].
- ჩატარებულია საქართველოს ტერიტორიის დაწვრილებითი დარაიონება ბუნებრივი ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების საშიშროებების, რისკების, ეკონომიკური ზარალის და სხვა პარამეტრების მიხედვით [22].
- გამოკვლეულია საქართველოს ზოგიერთი საკურორტო და ტურისტული ზონების სხვადასხვა სასარგებლო ბიოკლიმატური რესურსები [23-25].
- ჩატარებულია ტექტონიკური რღვევების თავზე და მიწისძვრების დროს ატმოსფერული ელექტრობის ცვლილების გამოკვლევები, შესწავლილია სეისმური აქტივობის ცენტრებთან დაკავშირებული ულტრადაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ცვლილებათა თავისებურებანი, მონახულია ნიადაგის რადონისა და ჰაერის ელექტრული გამტარებლობის კავშირი მიწისძვრებთან [26, 27].

განვითარების პერსპექტივები:

მომდევნო 10 წლისათვის ხსენებული სამუშაოების განვითარების სტრატეგია შეიცავს ფუნდამენტურ, გამოყენებით და ტექნოლოგიურ მიმართულებებს, აგრეთვე სასწავლო-განმანათებელ მოღვაწეობას (იხილე ბლოქ-სქემა). შესასრულებელი ამოცანები:

- თბილისში და საქართველოს სხვა რეგიონებში მიწისპირა ოზონის, აზოტის, გოგირდის და ნახშირბადის ჟანგეულების, აეროზოლების წონითი კონცენტრაციის, სუბმიკრონული აეროზოლების შემცველობის, მსუბუქი იონების კონცენტრაციის, სტანდარტული მეტეოროლოგიური პარამეტრების, მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციის, ატმოსფეროს აეროზოლური ოპტიკური სისქის, ხილვადობის, ჰაერის ბუნებრივი რადიოაქტიურობის, ელჭექების აქტივობის, გეომაგნიტური ველის, დედამიწის მიმოქცევების და გალაქტიკური

კოსმოსური სხივების ინტენსივობის კომპლექსური სტაციონარული და სამარშრუტო მონიტორინგი.



- დიდ საღრუბლო კამერაში სხვადასხვა ბუნებრივი და ანრთროპოგენური საშიში ატმოსფერული პროცესების მოდელირება და მათზე ხელოვნური ზემოქმედების ექსპერიმენტების ჩატარება სხვადასხვა რეაგენტების გამოყენებით.
- საშიში მეტეო–გეოფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედების ეფექტების შეფასება, მათი რეგულირების ახალი მეთოდების შემუშავება და არსებულის გაუმჯობესება. წინადადებების შემუშავება სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის აღსადგენად.
- კახეთში კონვექციური პროცესების (სეტყვა, ელჭექი) სივრცულ-დროითი თავისებურებანის რეტროსპექტული ანალიზი.

- ქ. თბილისის და საქართველოს სხვა რეგიონების ტერიტორიების კარტირება ჰაერის დაჭუჭყიანების დონის, ელჭექის აქტივობის და ბიოკლიმატური რესურსების მიხედვით.
- ფოტოქიმიური სმოგის და ოზონის წარმოშობის პროცესების მზის რადიაციასთან, მეტეოროლოგიურ პარამეტრებთან, ატმოსფეროში მაიონიზებელ გამოსხივებასთან, ჰაერის აეროზოლურ დაბინძურებასთან და სხვ. კავშირების ფიზიკურ-სტატისტიკური მოდელის დაზუსტება; მათი წარმოქმნის ძირითადი პირობების განსაზღვრა ქ. თბილისში და მის შემოგარენში. ჰაერის აეროზოლური დაჭუჭყიანების გავლენა ატმოსფერულ მოვლენებზე.
- ჰაერის ტემპერატურის საუკუნოვან ვარიაციებში პერიოდულობის გამოვლინება საქართველოში დედამიწის სხვა რეგიონებთან შედარებით.
- მოსახლეობის ჯანმრთელობის მგრძნობიარობის შეფასება სხვადასხვა ბუნებრივი და ანთროპოგენური მეტეო–გეოფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედებაზე. ამ ზემოქმედების ზღვრული დასაშვები დონეების დაზუსტება.
- ეკოსისტემების მოწყვლადობის შეფასება სხვადასხვა ბუნებრივი და ანთროპოგენური მეტეო–გეოფიზიკური ფაქტორების გავლენაზე.
- პალეოკლიმატის რეკონსტრუქცია კახეთში.
- კლიმატის ცვლილების ემპირიული მოდელი მისი ძირითადი ელემენტების სხვადასხვა გეოფიზიკური ფაქტორებთან კავშირების გათვალისწინებით.
- მწვანე ტექნოლოგიების განვითარება.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И. - Эмпирические радиолокационные модели различных конвективных облаков теплого сезона восточной Грузии. Тр. Ин-та гидрометеорологии, том № 115, ISSN 1512-0902, Тбилиси, 2008, с. 141-149.

2. Salukvadze T., Khelaia E., Kiria J. - Radar way of separation of convection clouds on thunderstorm and not thunderstorm with ap-plying of a method of pattern recognition. Proc. 13th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Beijing, China, 2007, pp. 418-422.

3. დორეული რ. - ადგილმდებარეობის რელიეფის საშუალო სიმაღლის გავლენა მის თავზე განვითარებულ კონვექციურ ღრუბლების მაქსიმალურ რადიოლოკაციურ ამრეკვლადობის მამრავლის ლოგარითმზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-0902, ტ. 114, თბილისი, 2010, გვ. 55-59.

4. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Читанава Р.Б. – О необходимости возобновления работ по искусственному регулированию атмосферных процессов в Грузии. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 144 - 152.

5. Amiranashvili A., Kharchilava J., Chikhladze V. – Statistical Characteristics of Surface Ozone Concentration in Ruispiri in 2006-2009. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 55–64.

6. ХарчилаваД.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П. – Особенности изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2012 гг. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 100-103.

7. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci., ISSN 1512-1135, vol. LIX, 2005, 128 p.

8. Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никофоров Г.В., Нодия А.Г., Чанкветадзе А.Ш., Чихладзе В.А. – Приземный радон как катализатор загрязнения воздуха в Тбилиси вторичными аэрозолями. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том. 62, Тбилиси, 2010, с. 197-206.

9. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. - ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტომი 63, თბილისი, 2012, 160 გვ.

10. Amiranashvili A. - Tbilisi Type of Smog as Attribute of Feedback Effect Between the Air Ionization Intensity and Small Ions Concentration. Proc. of 7th Asia-Pacific Int. Conf. on Lightning, Chengdu, China, November 1-4, 2011, http://www.apl2011.net/.

11. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T., Kartvelishvili L., Chumburidze Z., Mkurnalidze I. – Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions of Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. Bull. of Georg. Acad. of Sc., 172, N3, 2005, 484-486.
12. Amiranashvili A. – Statistical Models of Connection of Lightning Activity with Aerosol Pollution of Atmosphere. Proc. of X Int. Symposium on Lightning Protection, Curitiba, Brazil, 9-13 November 2009, pp.261-266.
13.თავართქილაძე კ., ბეგალიშვილი ნ., ხარჩილავა ჯ., მუმლაძე დ., ამირანაშვილი ა., ვაჩნაძე ჯ., შენგელია ი., ამირანაშვილი ვ. – ჰავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. ჰავის განსაზღვრული ზოგიერთი პარამეტრის რეჟიმი და მისი ცვალებადობა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია, თბილისი, ISBN 99928–885–4.7, მონოგრაფია, 2006, 177 გვ.
14. Alania M.V., Salukvadze T.G., Khelaia E.I., Kapanadze N.I., Djaparidze D.R. - Features of Long-Term Changes of the Air Temperature in Tbilisi, Georgia. Collected Papers New Series, N 3(82), ISSN 2333-3347, Tbilisi, 2011, pp. 147-153.
15. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. - Climate Change in Georgia: Statistical and Nonlinear Dynamics Predictions. Journal of Georgian Geophysical Soc., Iss. (A), Physics of Solid Earth, vol.15a, Tbilisi, 2011-2012, pp. 67-87.
16. Амиранашвили А.Г., Картвелишвили Л.Г., Трофименко Л.Т., Хуродзе Т.В. – Статистическая оценка ожидаемых изменений температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге до 2056 года. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 58 - 62.
17. Metreveli G. S., Tsivtsivadze N. Sh., Amiranashvili A.G. - Modern Information on World Ocean Current Eustasy. Journal of Iv. Javakhishvili TSU M. Nodia Institute of Geophysics and the Georgian Geophysical Society, Iss. B., vol. 14B, ISSN 1512-1127, Tbilisi, 2010, pp. 96-102.
18. Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш. – Субмикронные аэрозоли в атмосфере Тбилиси. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ Грузии, ISSN 1512–0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 95-99.
19. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Картвелишвили Л. Г., Нодия Х.А., Хуродзе Т.В. – Влияние эффективной температуры воздуха и магнитных бурь на здоровье населения г. Тбилиси. Тр. Ин-та гидрометеорологии, том № 115, ISSN 1512-0902, Тбилиси, 2008, с. 434–437.
20. Amiranashvili A., Chelidze L., Gvinianidze K., Melikadze G., Todadze M., Trekov I., Tsereteli D. – Radon Distribution and Prevalence of Lung Cancer in Several Areas of West Georgia. Trans. of the In-te of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 2008, pp. 349–353.
21. Amiranashvili A., Bliadze T., Chankvetadze A., Chikhladze V., Melikadze G., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A. - Comparative Characteristics of Light Ions Content in the Urban and Ecologically Clean Locality in Georgia. Proc. of the 14th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil, August 07-12, 2011, http://www.icae2011.net.br/.
22. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. - Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf. 2013.
23. Amiranashvili A., Matzarakis A., Kartvelishvili L. - Tourism Climate Index in Tbilisi. Trans. of the In-te of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 2008, pp. 27 - 30.
24. Саакашвили Н.М., Табидзе М.Ш., Тархан-Моурави И.Д., Амиранашвили А.Г., Меликадзе Г.И., Чихладзе В.А. - К вопросу о паспортизации курортных и туристических ресурсов Грузии. «Современные проблемы использования курортных ресурсов», Сборник научных трудов международной конференции, Саирме, Грузия, 10-13 июня 2010 г., ISBN 978-9941-0-2529-7, Тбилиси, 2010, с. 175-180.
25. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A. Saakashvili N.M., Tabidze M.Sh., Tarkhan-Mouravi I.D. - Bioclimatic Characteristics of Recreational Zones – Important Component of the Passport of the Health Resort – Tourist Potential of Georgia. Trans. of the In-te of Hydrometeorology at the GTU, vol. 117, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 2011, pp. 89-92.
26. Matiashvili T., Amiranashvili A., Amiranashvili V., Sharadze Z., Chikhladze V., Chikhladze A. - ULF Electromagnetic Variations Connected with a Seismic Center. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A. Physics of Solid Earth, ISSN 1512-1127, vol. 12A, Tbilisi, 2008, pp. 70–74.

27. Амиранашвили А.Г. Матиашвили Т.Г., Нодия А.Г., Хунджуа А.Е.,Чихладзе В.А. – Связь почвенного радона и электропроводности воздуха с землетрясениями. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том. 60, Тбилиси, 2008, с. 195–201.

გამოკვლევების თანამედროვე მდგომარეობა და განვითარების პერსპექტივები გეოფიზიკის ინსტიტუტში ატმოსფეროს ფიზიკის დარგში

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

წარმოდგენილია გეოფიზიკის ინსტიტუტში უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში ატმოსფეროს ფიზიკის დარგში ნამუშევრების მოკლე მიმოხილვა. აღნიშნულია ინსტიტუტის მიღწევები საქართველოში კლიმატის ცვლილების, ატმოსფეროს აეროზოლური და გაზური დაჭუჭყიანების, სეტყვის ღრუბლების რადიოლოკაციურო მახასიათებლების და ა.შ. კვლევებში. შემოთავაზებულია უახლოესი 10 წლისათვის ხსენებული სამუშაოების განვითარების სტრატეგია, რომელიც შეიცავს ფუნდამენტურ, გამოყენებით და ტექნოლოგიურ მიმართულებებს, აგრეთვე სასწავლო-საგანმანათლებლო მოღვაწეობას. გათვალისწინებულია ბუნებრივი და ანტროპოგენური წარმოშობის საშიში მეტეო-გეოფიზიკური პროცესების ნეგატიური ზემოქმედებისაგან ეკოსისტემების მოწყვლადობის შესწავლა, ამ ზემოქმედების ეფექტების შერბილების მეთოდების დამუშავება და სრულყოფა, კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მიზეზების ცოდნის გაღრმავება და ამ ცვლილებების პროგნოზირება, სასარგებლო ბიოკლიმატური რესურსების გამოვლენა და სხვა საკითხები.

CONTEMPORARY STATE OF STUDIES IN THE FIELD OF PHYSICS OF ATMOSPHERE IN M. NODIA INSTITUTE OF GEOPHYSICS AND PERSPECTIVE OF THEIR DEVELOPMENT

Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V.

Resume

The brief survey of works in the field of physics of atmosphere in the institute of geophysics in the last 10 years is represented. The achievements of institute of study of climate change in Georgia, the aerosol and gas pollution of atmosphere, radar characteristics of hail clouds, etc. are noted. The strategy of development of this works to the next 10 years indicated, which includes fundamental, applied and technological directions, also educational - enlightenment activity is proposed. Special attention is inverted for the development of works on the study of the vulnerability of ecosystems to the negative action of the dangerous meteorological - geophysical processes of natural and anthropogenic origin, development and improvement of the methods of the softening of the effects of this action, extension of knowledge about the reasons for climate changes and prognostication of these changes, detection of useful bioclimatic resources, etc.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ В ИНСТИТУТЕ ГЕОФИЗИКИ ИМ. М.З. НОДИА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Амиранашвили А., Блиадзе Т., Чихладзе В.

Резюме

Представлен краткий обзор работ в области физики атмосферы в институте геофизики за последние 10 лет. Отмечаются достижения института по изучению изменения климата в Грузии, аэрозольного и газового загрязнения атмосферы, радиолокационных характеристик градовых облаков и др. Предложена стратегия развития указанных работ на ближайшие 10 лет, включающая в себя фундаментельные, прикладные и технологические направления, также учебно-

просветительскую деятельность. Предполагается развитие работ по изучению уязвимости экосистем от негативного воздействия опасных метео-геофизических процессов природного и антропогенного происхождения, разработке и усовершенствованию методов смягчения эффектов этого воздействия, углублению знаний о причинах изменения климата и прогнозированию этих изменений, выявлению полезных биоклиматических ресурсов.

საქართველოს ტეროტორიაზე მიწისძვრის წინამორბედების გამოვლენა ჰიდროდინამიკური მონიტორინგის მეშვეობით

გიორგი მელიქაძე, გენადი კობზევი, თამარ ჯიმშელაძე

ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, მ. ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი

აბსტრაქტი

რეალურ დროში, ტექტონიკური პროცესების მონიტორინგისა და სეისმური მდგენელის გამოყოფის მიზნით, შემუშავდა ჰიდროდრინამიური დაკვირვების სპეციალური მეთოდი. მონაცემთა ანალიზის შედეგად გამოვლინდა a, b, c კოეფიციენტების ცვალებადობა, როგორც სეისმური მოვლენის დროს, ასევე მის წინა პერიოდში, რაც ადასტურებს, წყლის დონის, როგორც ტექტონიკური პროცესების ინდიკატორის ინფორმატიულობას. შემუშავდა მეთოდიკა, დაკვირვების მონაცემებიდან გეოდინამიკური მდგენელის გამოყოფის და მისი დროში და სივრცეში განაწილების კანონზომიერების დადგენის მიზნით. კვლევების თანახმად, მიწისძვრის ეპიცენტრი ემთხვევა მაქსიმალური გრადიენტის ზონას დეფორმაციის ველში. რაჭის მიწისძვრის მომზადების პერიოდში, წყლის დონის ანომალიური რღვევები იქნა დაფიქსირებული მთელი საქართველოს მასშტაბით, რაც მიუთითებს დეფორმაციული პროცესების დიდი ფართობზე განვითარებას. ასევე განხილულია ძლიერი მიწისძვრების დროს, წყლის დონის ანომალური რღვევების ვიზუალიზაციისათვის შემუშავებული სიჩქარეების მეთოდი და მისი მნიშვნელობა.

შესავალი

როგორც ცნობილია, კავკასიის ტერიტორიამიეკუთვნება მსოფლიოში სეისმურად აქტიურ რეგიონთა რიცხვს, ამიტომ გეოდინამოიური პროცესების განვითარების შესწავლა და მიწისძვრის ინფორმატიული წინამორბედების გამოვლენა წარმოადგენს მეტადაქტუალურ და მნიშვნელოვან პრობლემას, რომლის გადაწყვეტასთანაც დაკავშირებულია საქართველოსა და მისი მეზობელ ქვეყნების ეკონომიკური განვითარება და ასევე მოსახლეობის უსაფრთხოება.
კორელაცია, მიწისქვეშა წყლების ჰიდროდინამიკურ ანომალიებსა და სეისმური მოვლენებს შორის, რაც გამოწვეულია ტექტონიკური პროცესებით, დაფიქსირებულია დიდი ხნის წინ. ნათელია ამ მოვლენის ფიზიკური არსიც: ლითოსფეროს ქანები შეიცავენ ნაპრალებს და ფორებს, რომლებიც რეაგირებენ მექანიკურ დაძაბულობაზე. როგორც ცნობილია, წყალი - უკუმშვადი გარემოა და სისტემის გახსნილობის შემთხვევაში დაძაბულობის ცვლილებისას იგი გამოედინება ამ დეფორმირებული სივრციდან, რაც გვაძლევს საშუალებას დავაკვირდეთ დაძაბულობის ცვლილებას. დეფორმაციული პროცესების, ძლიერი მიწისძვრებისა და მიწისქვეშა წყლების ჰიდროდინამიკის ურთიერთკავშირის მექანიზმის გამოვლენა, საშუალებას გვაძლევს ავხსნათ ჰდროდინამიური ველის ამგვარი ცვლილება.

მონაცემთა ანალიზი

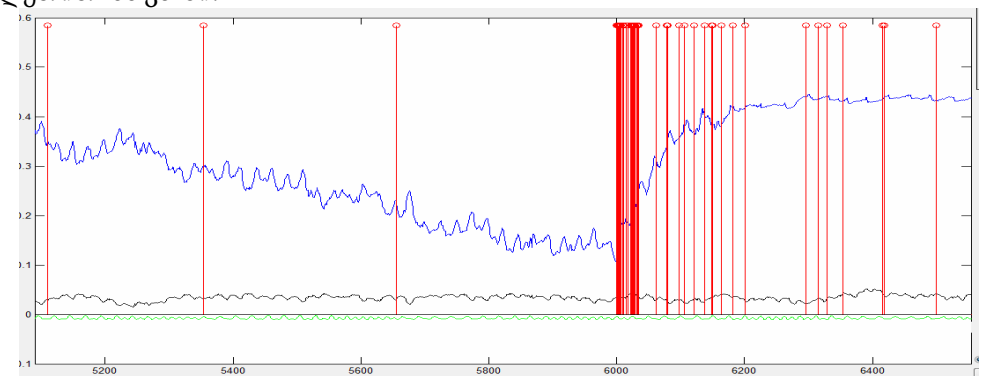
"ჰიდროგეოდეფორმაციული ველის მონიტორინგის" მიზნით, რაც საშუალებას იძლევარეალურ დროში დავაკვირდეთ ლითოსფეროში მიმდინარე დეფორმაციულ პროცესებს და შევისწავლოთ გარემოს გეოდინამიური განვითარების კანონზომიერებები, (1), გასული საუკუნის 80-იან

წლებში დაწყებულ იქნა სამუშაოები სპეციალიზირებული ჰიდროგეოლოგიური ჭაბურღილების ქსელის შექმნის მიზნით. სარეჟიმო ჭაბურღილები შეირჩა ისე, რომ მათ დაეხასიათებინათ ყველა დიდი გეოლოგიური ბლოკი. დაკვირვების პერიოდში ჭაბურღილები, როგორც მოცულობითი დეფორმოგრაფები, მგრძნობიარედ რეაგირებენ ყველა სახის დეფორმაციებზე, როგორც ეგზოგენურზე, ასევე ენდოგენურზე (2-5). დაკვირვების სიზუსტე აღწევდა 10^{-7}-10^{-9}სიდიდეს. დაკვირვებათა დიდმა რაოდენობამ მოიყარა თავი მთელი კავკასიის მასშტაბით.

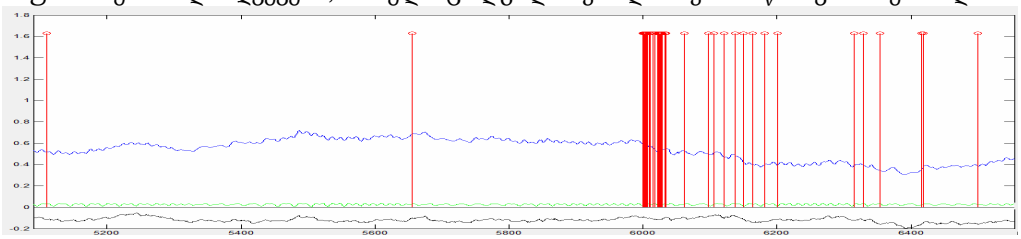
მონცემთა დამუშავების მიზნით, შემუშავდა ახალი დამუშავების მეთოდი, რომელიც დაიწერა Matlab-ის გარემოში. პროგრამა საშუალებას იძლევა მოხდეს თეორიული სიგნალის სინთეზირება და მისი შედარება წყლის დონის რეალურ მონაცემებთან. ასევე, პროგრამა საშუალებას იძლევა ცალკე გამოვთვალოთ თითოეული ეგზოგენური პარამეტრი და შევისწავლოთ მათი გავლენა წყალშემცველ ჰორიზონტზე.

მონაცემთა დამუშავების მეთოდიკის სადემონსტრაციოდ, განვიხილოთ პარამეტრების ცვლილება რაჭის მიწისძვრის მომზადების პროცესში, 12.08.2009 (M = 4) - 9.09.2009 (M = 4.6) პერიოდისათვის, სამ სადგურზე.

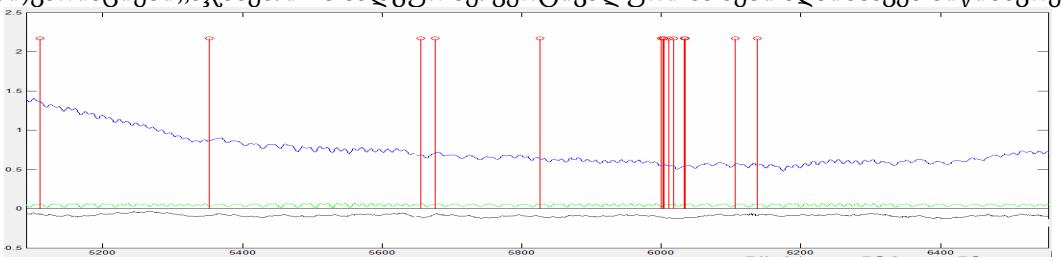
პირველი მათგანი - "ონი", მდებარეობს ეპიცენტრალურ არეში, მეორე - "აჯამეთი", მდებარეობს 100 კმ სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით, და "ლაგოდეხი" მდებარეობს ეპიცენტრიდან აღმოსავლეთით200 კმ-ში.



სურ. 1. წყლის დონის (ზედა ხაზი), ატმოსფერული წნევისა (შუა) და მიმოქცევის (ქვედა ხაზი) ვარიაციები ,,ონი''-ს სადგურზე. ვერტიკალური ხაზები აღნიშნავენ მიწისძვრებს. სურათზე ჩანს დარღვევები, რომელსაც ადგილი ჰქონდა რაჭის მიწისძვრის პერიოდში.



სურ. 2. წყლის დონის (ზედა ხაზი), ატმოსფერული წნევისა (შუა) და მიმოქცევის (ქვედა ხაზი)ვარიაციები,,აჯამეთი''-ს სადგურზე. ვერტიკალური ხაზები აღნიშნავენ მიწისძვრებს.

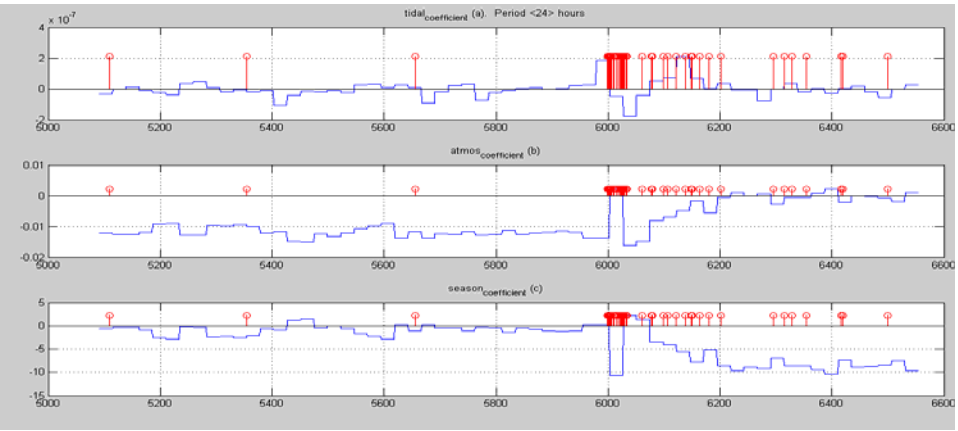


სურ. 3. წყლის დონის (ზედა ხაზი), ატმოსფერული წნევისა (შუა) და მიმოქცევის (ქვედა ხაზი) ვარიაციები,,ლაგოდეხი''-ს სადგურზე. ვერტიკალური ხაზები აღნიშნავენ მიწისძვრებს.

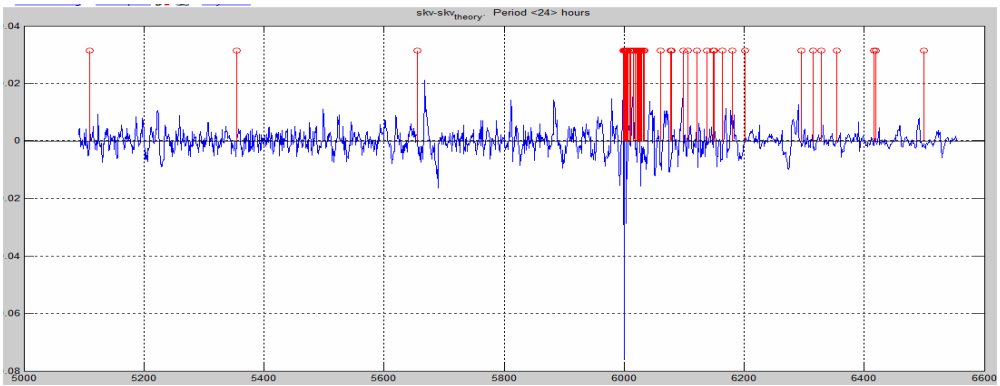
მოცემულ გრაფიკებზე მოყვანილია სხვადასხვა პარამეტრების ცვლილებება სადგურებზე. წყლის დონის ვარიაცია, როგორც მულტისიგნალი მოიცავს, როგორც ეგზოგენური (მოქცევის

ვარიაციები, ატმოსფერული წნევის და ნალექების) ასევე ენდოგენური (მიწისძვრა) ფაქტორების გავლენას. სეისმურად წყნარ პერიოდში ცვლილება გამოწვეულია მხოლოდ გარე ფაქტორების ზეგავლენით, ხოლო მიწისძვრის მომზადების პროცესში იცვალება ვარიაციების ბუნება. მოცემულ პერიოდში წყლის დონის ცვლილებაში დარღვევა დაიკვირვება, როგორც მიწისძვრამდე ასევე მიწისძვრის შემდგომ პერიოდში (სურ. 1-3).

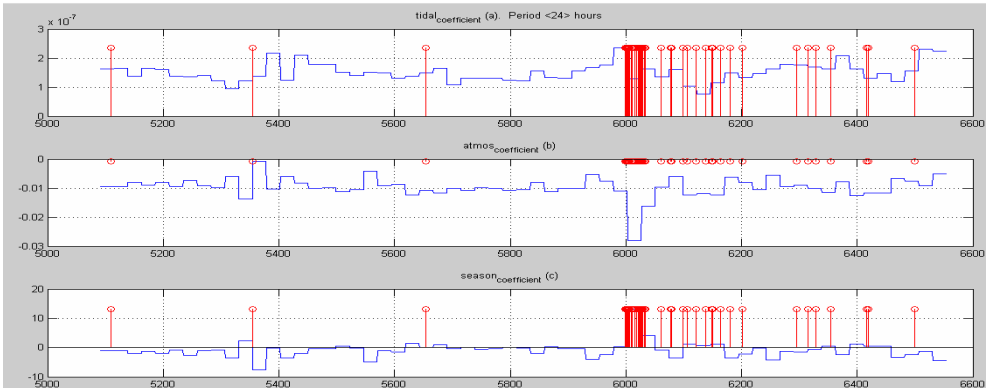
პარამეტრების ცვლილებებასა და მიწისძვრებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების გამოსავლენად, შემოღებული იქნა კორელაციის კოეფიციენტები: a - წყლის დონესა და მიმოქცევებს შორის, b - წყლის დონესა და ატმოსფერული წნევის ცვლილებებს შორის და მუდმივა - c. დაიწერა სპეციალური პროგრამა, რომელიც საშუალებას გვგაძლევს გამოვავლინოთ a, b, c კოეფიციენტების ,,ვარიაციები“ და "ნარჩენი" სიგნალი მიწისძვრის მოხდენის პერიოდში.



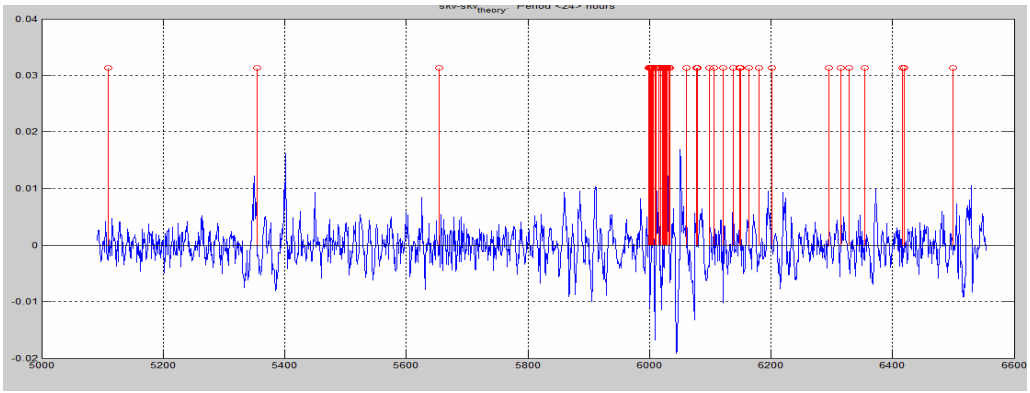
სურ. 4. a, b და c კოეფიციენტების ცვლელება ,,ონი“-ს სადგურზე.



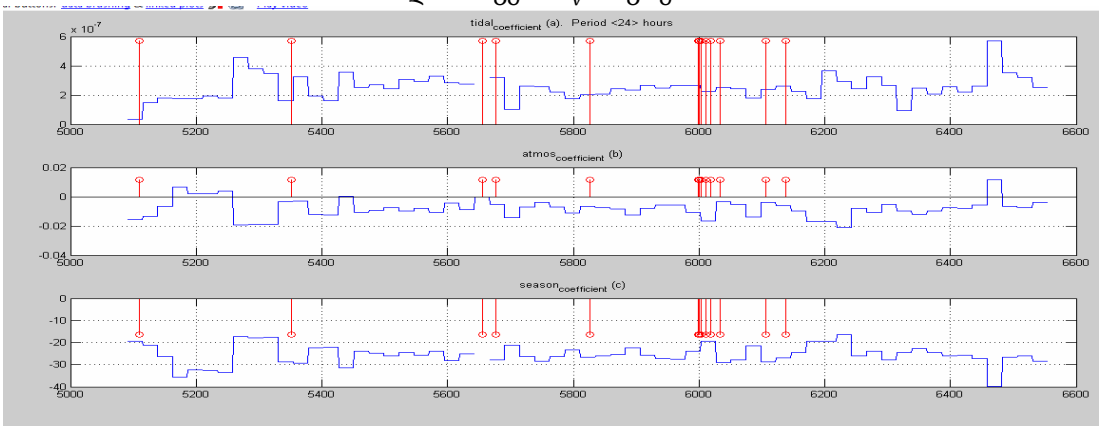
სურ. 5 . "ნარჩენი" სიგნალის ვარიაცია ,,ონი“-ს სადგურზე.



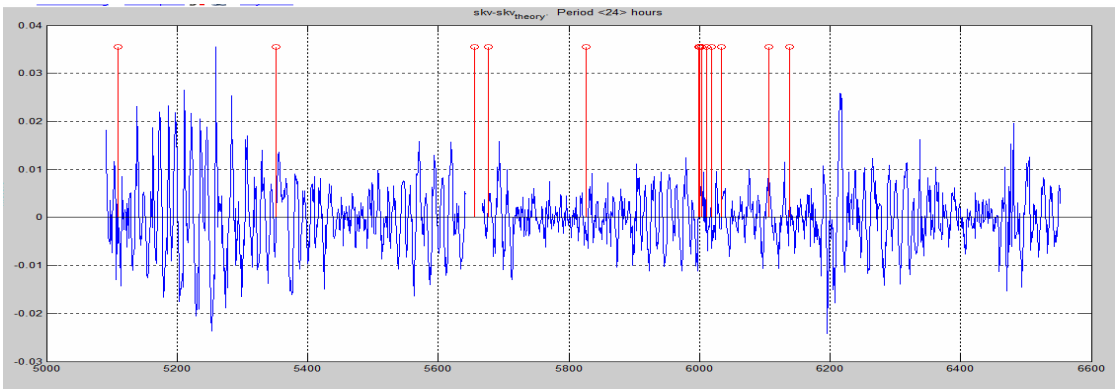
სურ. 6. a, b და c კოეფიციენტების ცვლელება ,,აჯამეთი“-ს სადგურზე.



სურ. 7 . "ნარჩენი"სიგნალის ვარიაცია ,,აჯამეთი“-სსადგურზე. ვერტიკალური წითელი ხაზები აღნიშნავენ მიწისძვრებს.



სურ. 8 . a, b და c კოეფიციენტების ცვლელება ,,ლაგოდეხი“-ს სადგურზე.

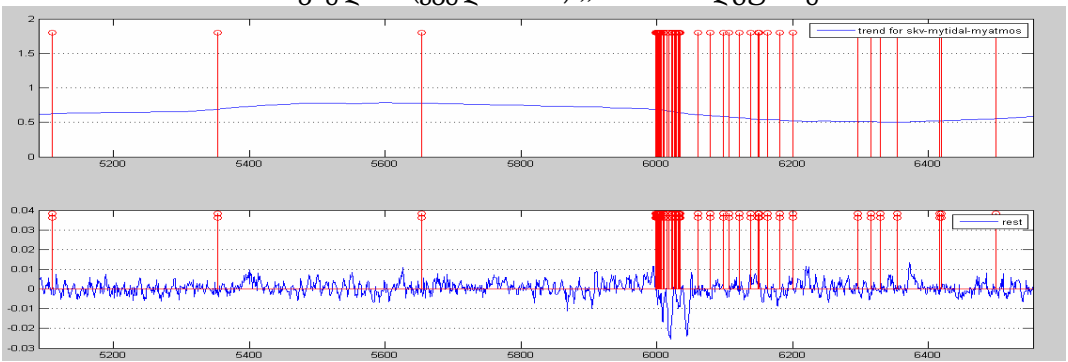


სურ. 9 . "ნარჩენი" სიგნალის ვარიაცია ,,ლაგოდეხი“-ს სადგურზე.

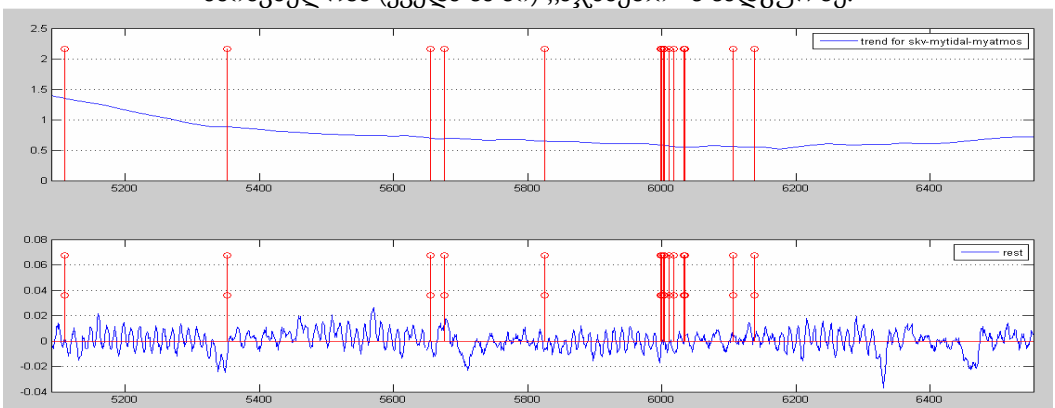
ჭაბურღილში წყლის დონის ცვლილების ,,ფონური“ მნიშვნელობა იცვლება როგორც მოვლენამდე, ასევე მის შემდგომ. კოეფიციენტების ცვლილების ხასიათი, თვითოეული ჭაბურღილისათვის დამოკიდებულია ენერგიის იმ მნიშვნელობაზე, რომელმაც მიაღწია ჭაბურღილის არეს. მაგალითად ,,ლაგოდეხის“ ჭაბურღილი უფრო მეტად მგრძნობიარეა ადგილობრივი მიწისძვრების მიმართ, ვიდრე რაჭის მიწისძვრაზე. ამავე დროს დიდია ცვლილების ამპლიტუდა რაჭის მიწისძვრამდე ,,აჯამეთი“-ს ჭაბურღილზე.

გარდა ამისა, პროგრამა საშუალებას იძლევა გამოვითვალოთ გეოდინამიური სიგნალის ცვლილება, რომელიც წარმოადგენ სხვაობას წყლის დონის რეალურ და თეორიულ მნიშვნელობებს შორის და ასევე წყლის დონის ცვლილებაში მაღალსიხშირული სიგნალის ,,ნარჩენი“ მნიშვნელობა (სურ. 10-12).

სურ. 10 . გეოდინამიური სიგნალის ,, ტრენდი“-ს ვარიაცია (ზედა ხაზი) და ნარჩენი მნიშვნელობა(ქვედა ხაზი) ,,ონი“-ს სადგურზე.



სურ. 11 . გეოდინამიური სიგნალის ,, ტრენდი“-ს ვარიაცია (ზედა ხაზი) და ნარჩენი მნიშვნელობა (ქვედა ხაზი) ,,აჯამეთი“-ს სადგურზე.

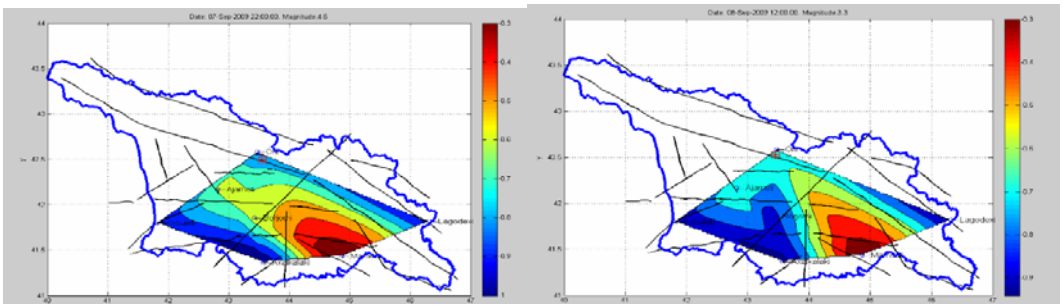


სურ. 12 . გეოდინამიური სიგნალის ,, ტრენდი“-ს ვარიაცია (ზედა ხაზი) და ნარჩენი მნიშვნელობა (ქვედა ხაზი) ,,ლაგოდეხი“-ს სადგურზე.

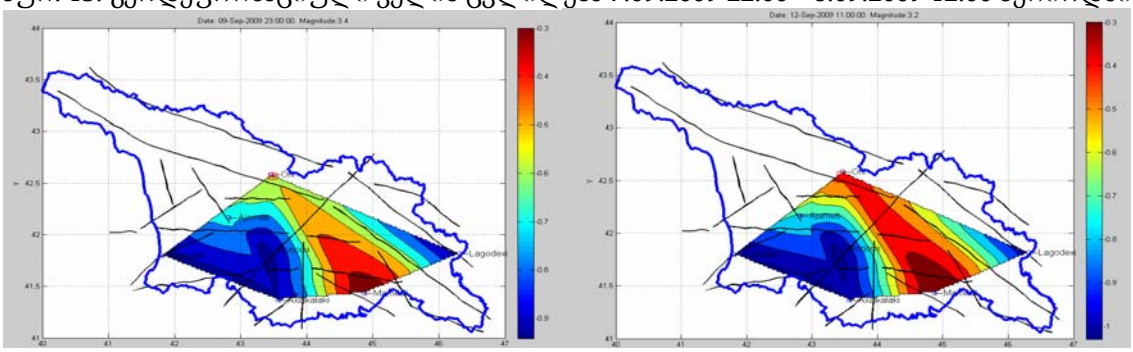
წყლის დონის მნიშვნელობის დაწევა იყო დაფიქსირებული ,, ონი“-სა და ,,ლაგოდეხი“-ს სადგურებზე, ხოლო ,,აჯამეთი“-ს სადგურზე - ზრდა. წყლის დონის მნიშვნელობის დაცემის ეფექტი დამახასიათებელია დეკომპრესიის პროცესისათვის, ხოლო ზრდა- წყალშემცველი ჰორიზონტის კუმშვითაა გამოწვეული. მიწისძვრის შემდგომ პერიოდში წყლის დონის მნიშვნელობა აჯამეთის სადგურზე ეცემა, რაც გამოწვეულია დეკომპრესიის პროცესით. ონი-ს სადგურზე ნარჩუნდება კუმშვის პროცესი.

შემდეგ საფეხურს წარმოადგენს ყველა სადგურის გეოდინამიური კომპონენტის სტანდარტიზაცია (ნორმირება) -1 დან +1 ინტერვალში და გეოდინაიური სურათის შექმნა.სიგნალის დადებითი მნიშვნელობები შეესაბამება კუმშვის, ხოლო უარყოფითი - გაჭიმვის დეფორმაციას. სურ. 13-ზე ნათლად ჩანს გეოდეფორმაციული ველის ევოლუცია რაჭის (12.09.2009) მიწისძვრისა და მის შემდგომ პერიოდში. სურათზე ჩანს დეფორმაციის მიგრაცია

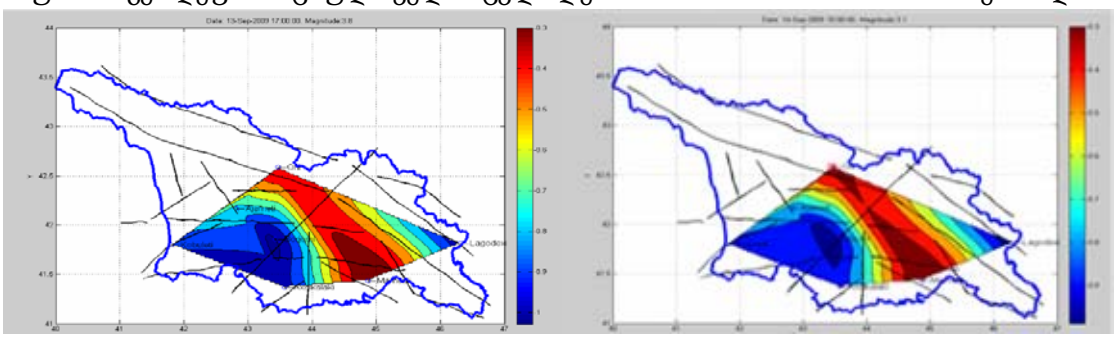
კუმშვისას აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ, ასევე მისი მნიშვნელობის ზრდა ეპიცენტრალურ არეში.



სურ. 13. გეოდეფორმაციული ველის ცვლილება 7.09.2009 22:00 - 8.09.2009 12:00 პერიოდში



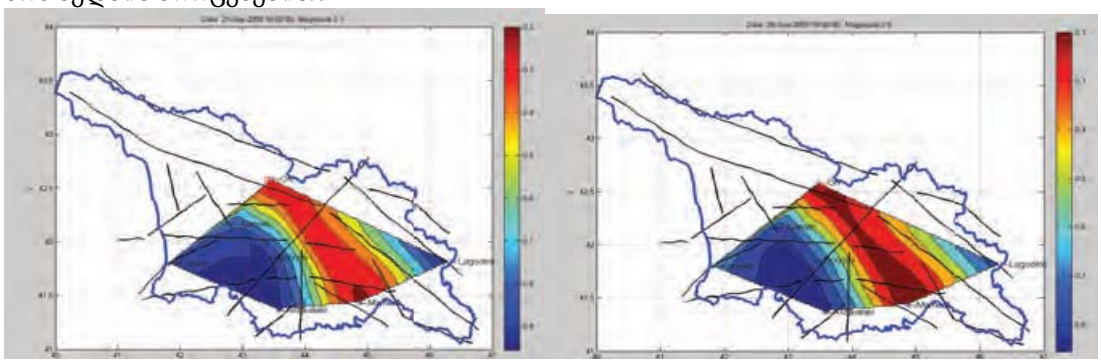
სურ. 14. გეოდეფორმაციული ველის ცვლილება 9.09.2009 23:00 - 12.09.2009 პერიოდში



სურ. 15. გეოდეფორმაციული ველის ცვლილება 13.09.2009 17:00 - 14.09.2009 18:00 პერიოდში

7-დან 14 სექტემბრამდე შეინიშნება დაძაბულობის ინტენსივობის შემცირება, რაც გამოწვეულია დაძაბულობის განტვირთვით.

28 სექტემბრამდე კვლავ შეინიშნება დაძაბულობის მატება რაც გამოწვეული იყო აფტერშოკების მომზედბის პროცესებით.



სურ. 16. გეოდეფორმაციული ველის ცვლილება 21.09.2009 16:00 - 28.09.2009 18:00 პერიოდში

სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით მიწისძვრის ეპიცენტრი ყოველთვის ემთხვევა გრადიენტის ექსტრემუმის ზონას დეფორმაციის ველში. ანომალური დარღვევები

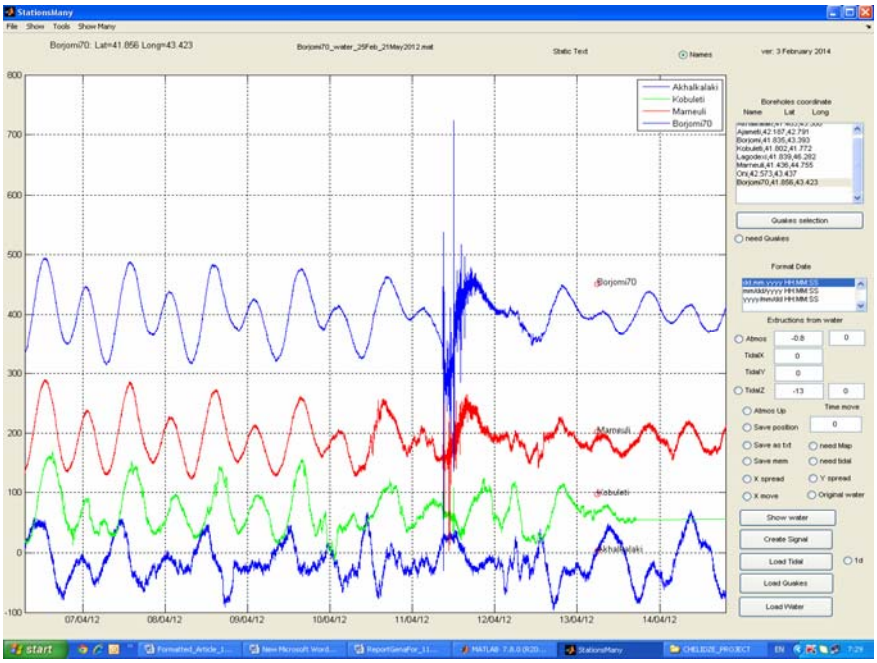
აღინიშნებოდა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე(კავკასიაში), რაც ადასტურებს იმას, რომ მიწისძვრის მომზადების პროცესს აქვს რეგიონალური ხასიათი. შესაბამისად, ჭაბურღილებში წყლის დონის ცვლილების დიაპაზონში აირეკლება დეფორმაციული პროცესების განვითარება .

წყლის დონის ანომალური დარღვევების შესწავლის კიდევ ერთ მეთოდს წარმოადგენს სიჩქარეების მეთოდი, რომელიც განიმარტება, როგორც

$$Speed(m+i)=(water(m+i)-water(i))/m, \quad i=1,2,3,\ldots$$

სადაც ***m*** - წუთების ფიქსირებული რიცხვია, მაგალითად ***m***=180წუთს.

ქვემოთ მოყვანილია სიჩქარეების მეთოდით დამუშავებული წყლის დონის ცვლილების ნიმუშები, ძლიერი მიწისძვრის პერიოდში, სადაც სიჩქარეების ვიზუალური შედარების მიზნით მონაცემები გამრავლებულია გარკვეულ კოეფიციენტებზე.



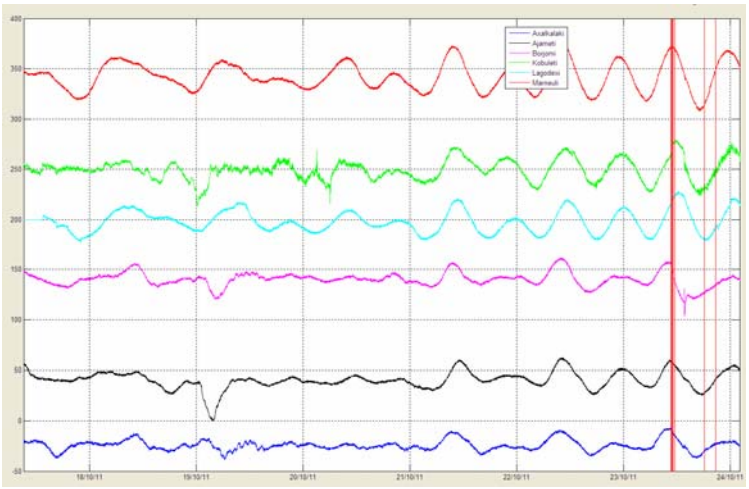
სურ.17. სიჩქარეები, ***m***=180 წთ. ინდონეზიის (სუმატრა) 2012 წლის 11 აპრილის მიწისძვრა, *Mag*=8.4.

სურათებზე ნათლად ჩანს სიჩქარეების დარღვევა ინდონეზიის მიწისძვრის დროს. ცხრილში მოყვანილია წყლის დონის ცვლილების სიდიდე სანტიმეტრებში, რომელიც დაფიქსირდა ინდონეზიის(სუმატრა) მიწისძვრის დროს.

სადგურის დასახელება	წყლის დონის ნახტომი (სმ)
ქობულეთი	4
მარნეული	8
ბორჯომი70	70 (!)

ცხრილი №1

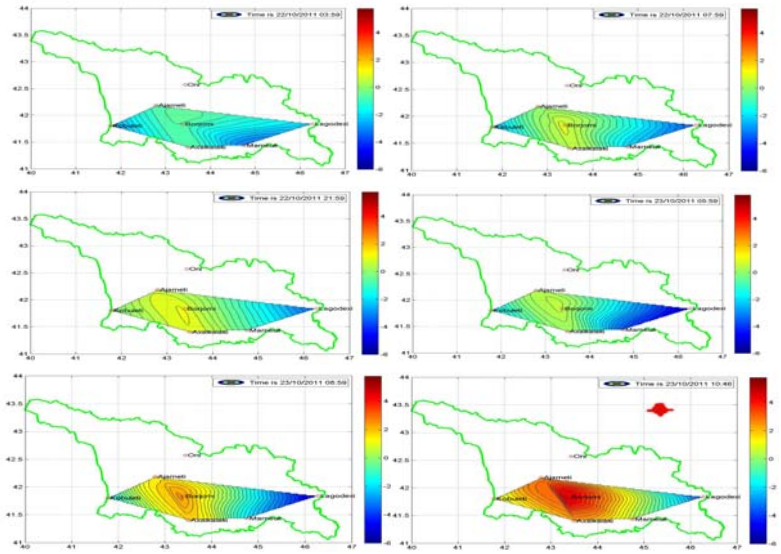
სურ. 18-ზე ასევე მოყვანიულია დარღვევა, რომელიც დაფიქსირდა თურქეთის (ვანი) 2011 წლის 23 ოქტომბრის მიწისძვრის (Mag=7.2) წინ 2-3 დღით ადრე.



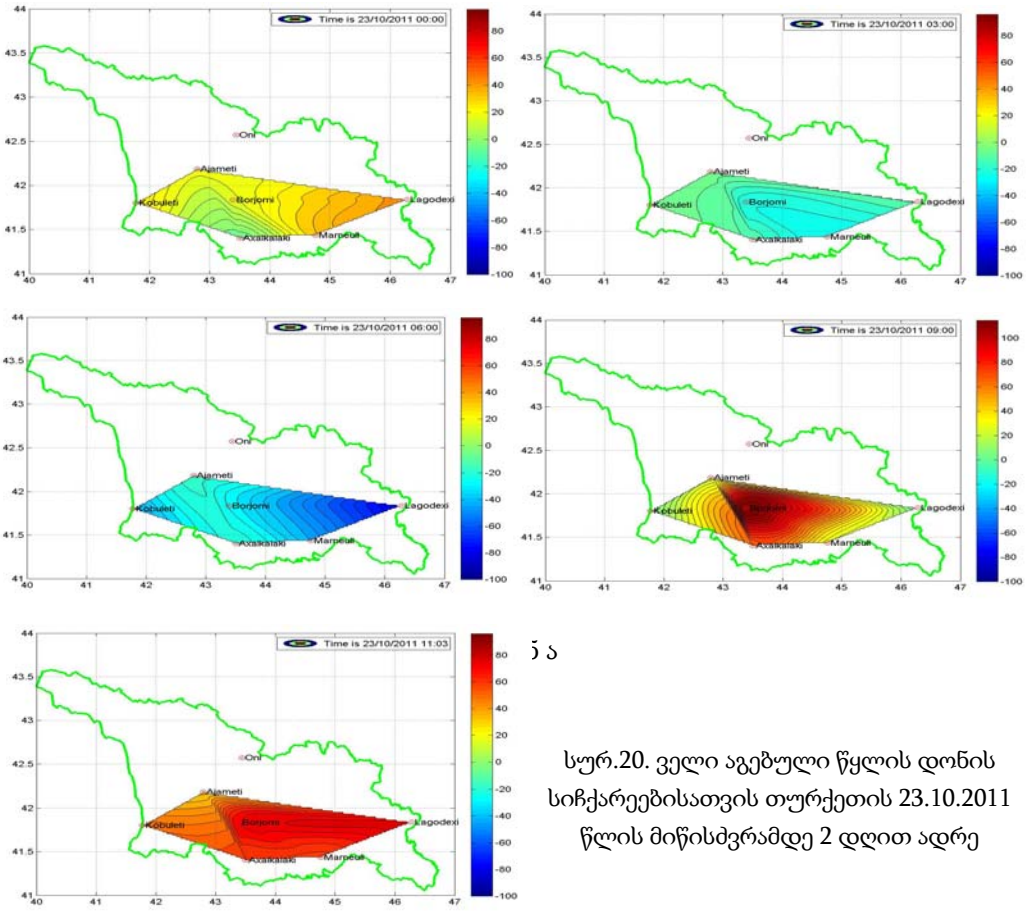
სურ.18. სიჩქარეები, *m*=180წთ-ის ინტერვალით, ჭაბურღილებისათვის(ახალქალაქი, აჯამეთი, ბორჯომი, ქობულეთი, ლაგოდეხი, მარნეული) 18-24 ოქტომბრის პერიოდისათვის. წითელი ფერის ვერტიკალური ხაზებით აღნიშნულია მიწისძვრები.

მიწისძვრამდე 2 დღით ადრე, 18-დან 21 ოქტომბრის ჩათვლით დარღვევა ჩანს: ქობულეთის სადგურზე, რომელიც იმყოფება ეპიცენტრიდან 369კმ-ში, სადაც მოხდა წყლის დონის დაწევა 0,5სმ-ით; ბორჯომის სადგურზე, რომელიც იმყოფება 339კმ-ში, სადაც წყლის დონემ აიწია 3,5სმ-ით; ახალქალაქის სადგურზე 291კმ-ში, სადაც წყლის დონემ დაიწია 0,5 სნ-ით და მცირე ცვლილებაა დაფიქსირებული მარნეულის სადგურზე, რომელიც იმყოფება 317კმ-ში ეპიცენტრიდან.

სიჩქარეების მეთოდის ძირითადი მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ თითქმის სრულადაა შესაძლებელი სეზონური მდგენელის მოხსნა, რომელიც ყოველთვის მონაწილეობს წყლის დონის ცვლილებაში. ველის ასაგებად, ყველა ჭაბურღილისათვის, მიწისძვრამდე რამოდენიმე დღით ადრე, გარკვეული პერიოდისათვის, წყლის დონის მნიშვნელობა დაგვყავს ნულამდე; შემდეგ, ვაგებთ ველს და ვაკვირდებით წყლის დონის ცვლილებას მიწისძვრამდე 2 დღის განმავლობაში.



სურ.19. ველები აგებული წყლის დონის ორიგინალური მნიშვნელობისათვის, თურქეთის 23.10.2011 წლის მიწისძვრამდე 2 დღით ადრე.



ა ბ

სურ.20. ველი აგებული წყლის დონის სიჩქარეებისათვის თურქეთის 23.10.2011 წლის მიწისძვრამდე 2 დღით ადრე

დასკვნა

მიწისძვრის პროგნოზირების თვალსაზრისით დადგენილი იქნა წყლის დონის ინფორმატიულობა. მონაცემთა დამუშავების შედეგებმა აჩვენეს a, b, c კოეფიციენტების მახასიათებელი ვარიაციების დარღვევა, როგორც სეისმური მოვლენის დროს ასევე მის წინა პერიოდში. დაფიქსირებული ანომალიების პერიოდები ემთხვევა მიწისძვრის მომზადების პერიოდს. ანომალიის მახასიათებლები(ამპლიტუდა, a, b, c კოეფიციენტების პერიოდი) კორელირებს მიწისძვრის ძალასთან.ანომალური დარღვევები აღინიშნებოდა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე(კავკასიაში), რაც ადასტურებს იმას, რომ მიწისძვრის მომზადების პროცესს აქვს რეგიონალური ხასიათი.

შემუშავდა მეთოდიკა, დაკვირვების მონაცემებიდან გეოდინამიკური მდგენელის გამოყოფის და მისი დროსა და სივრცეში განაწილების კანონზომიერების დადგენის მიზნით. კველევების შედეგად დადგინდა, რომ მიწისძვრის ეპიცენტრი ემთხვევა დაძაბულობის ველში მაქსიმალური გრადიენტის ზონას.

ასევე, დამუშავდა ძლიერი მიწისძვრების დროს, წყლის დონის ანომალური ცვლილებების ვიზუალიზაციისათვის შემუშავებული სიჩქარეების მეთოდი და მისი მნიშვნელობა.

ლიტერატურა:

1. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли. - Доклад АН СССР, 262, N 2, 1982.

2. Gavrilenko, P., G. Melikadze, T.Chelidze, D. Gibert& G. Kumsiashvili (2000) Permanent water level drop associated with Spitak Earthquake: Observations at Lisi Borehole (Republic of Georgia) and modelling. Geophys. J. Int., 143, 83-98.

3. Hsieh, P. A., I. D. Bredehoeft, S. A. Rojstaczer. Response of Well-Aquifer Systems to Earth Ties: Problems Revisited. Water resources Research vol. 24. No. 3. 1988, p.p. 468-472.
4. Rojstaczer, S. 1988. Intermediate period response of water wells to crustal strain: Sensitivity and noise level, J. Geophys. Res., 93, 13,387-12,402.
5. Melikadze G., Matcharashvili T., Chelidze T., Ghlonti E. Earthquake related disturbance in stationarity of water level variation. Bulletin of the Academy of sciences of the Georgian, 165 № 1, 2002

Выявление предвестников землерясения с помощю Гидродинамического мониторинга на территории Грузии

Г. Меликадзе, Г. Кобзев, Т. Джимшеладзе

Абстракт

С целю мониторинга тектонических процессов в режиме реального времени и выделения сейсмического компонента, был разработан специальный метод Гидродинамических наблюдений..Результаты анализа данных показали изменчивость коэффициентов a, b, сдо и во время сейсмического события, которое подтверждает информативность уровня воды в качестве индикатора тектонической активности. Была разработано методика выделения геодинамической составляющей из данных наблюдений, с целью изучения закономерности ее распределения пространстве и времени на больших площадях в процессе подготовки сильных землетрясений. По данным исследований, эпицентр землетрясении совпадает с максимальным градиентом в поле деформации. Во время подготовки Рачинского землетрясения, аномальные нарушение уровня воды были отмечены на всей территории Грузии, что указывает на развитии деформационных процессов на большой территории.

В статье также рассмотрена еще один способ изучения аномального поведения уровня воды – скорости. Достойнством понятия скоростей является отсутствие сезонной состовляющей, которое присутствует в уровнях воды.

ალაზანი-იორის წყალშემკრები აუზების შესწავლა სტაბილური იზოტოპების გამოყენებით

[1]გიორგი მელიქაძე, [1]ნატალია ჟუკოვა, [1]მარიამ თოდაძე, [1]სოფიო ვეფხვაძე, [1]ალექსანდრე ჭანკვეტაძე, [1]ნინო კაპანაძე, [2] რამაზ ჭითანავა

[1]ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი

[2]საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო

აბსტრაქტი

ალაზანი-იორის წყალშემკრებ აუზებში, მიწისქვეშა წყლების რესურსების შესწავლის მიზნით პირველად ტარდება კვლევები ბუნებრივი იზოტოპებისა და ჰიდროქიმიური მეთოდების გამოყენებით. პირველ ეტაპზე, წყალშემცველი ჰორიზონტების კვების და განტვირთვის არეალებში, ორგანიზება გაუკეთდა რეჟიმულ დაკვირვებებს ჰაერის ტემპერატურას, ტენიანობასა და ატმოსფერულ ნალექებზე. მდინარე ალაზანსა და იორზე დაიწყო რეჟიმული დაკვირვებები მდინარის დონესა და ხარჯზე და ასევე მიწისქვეშა წყლების დონეებზე ლაგოდეხსა და დედოფლის წყაროში. იზოტოპური მასალის ანალიზმა დააფიქსირა სეზონური ვარიაციები მათ ცვლილებაში და განსხვავებები მათ მნიშვნელობებში, სადგურების გეოგრაფიულ მდებარეობისა და სიმაღლის მიხედვით, რაც სრულად ეთანხმება მსოფლიოში იზოტოპების გავრცელების ზოგად კანონზომიერებებს.

შესავალი

საქართველოს წყალმომარაგების სისტემაში ლომის წილი- 70%-ზე მეტი, მოდის მიწისქვეშა წყლებზე. საქართველოს წყალშემცველი ჰორიზონტები მოიცავენ რამოდენიმე არტეზიულ აუზს და დაწნევით მიწისქვეშა სისტემებს, მათ შორისაა ალაზნისა და იორის აუზების წყალშემცველი ჰორიზონტები. ეს მიწისქვეშა წყლები მიუკუთვნებიან ერთ-ერთ ყველაზე შესწავლილ და ამავე დროს ყველაზე ექსპლუატირებულ წყალშემცველ ჰორიზონტს.

გლობალური დათბობა ნეგატიურ გავლენას ახდენს საქართველოს ბუნებრივ პირობებზე და ყველაზე მნიშვნელოვნად - მის აღმოსავლეთ ნაწილზე, განსაკუთრებით კი მდ. იორის ქვედა დინების აუზის ტერიტორიაზე, რომელიც ცნობილია ნათლად გამოხატული არიდულობითა და ნახევარუდაბნოსათვის დამახასიათებელი თავისებურებებით. ცხადია, აღნიშნულმა ნეგატიურმა ეკოლოგიურმა მოვლენებმა შესაბამისად გამოიწვია ამ რაიონების მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუარესება და ეს მდგომარეობა კიდევ უფრო გამწვავდება იმის გამო, რომ აღნიშნული ტერიტორიის მოსახლეობა უკვე განიცდის როგორც სასმელ-სამეურნეო, ისე სარწყავი წყლის მწვავე დეფიციტს. უფრო მეტიც, გაუდაბნოებამ, მომავალში ნეგატიური ეკოლოგიური პროცესების გაძლიერებისას, ადვილად შესაძლებელია შეუქცევადი ხასიათი მიიღოს და სოფლის მეურნეობის პროდუქტების, განსაკუთრებით კი – მარცვლეულის, მეცხოველეობისა და მევენახეობის წარმოების, ნავთობისა და გაზის მოპოვებისა და ამ დარგების განვითრების თვალსაზრისით ყველაზე პერსპექტიული, ქვეყნისათვის ესოდენ მნიშვნელოვანი რეგიონი მოსახლეობისაგან დაიცალოს.

სწორედ ამიტომ, მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის, მისი ხარისხისა და მათზე მოქმედი ფაქტორების შესწავლას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება. ამით უზრუნველვყოფთ მოსახლეობისა და წარმოებისთვის წყლის უწყვეტ მიწოდებას.

გარდა ტრადიციული ჰიდროგეოლოგიური (საცდელი ამოქაჩვები, ჩასხმები), გეოფიზიკური, გეოქიმიური და კომპიუტერული მოდელირების მეთოდებისა, არსებობს კვლევის სხვა მეთოდები, რომლებიც არ გამოიყენებოდა დღემდე საქართველოში. იგულისხმება ბუნებრივი იზოტოპების მეთოდები, სადაც იზოტოპები გამოყენება, როგორც "ინდიკატორი" ელემენტები, რათა უკეთესად იქნას ახსნილი წყლის წარმომავლობა და ისტორია, თუ რა "გზებით" გადაადგილდებოდა წყალი წყალშემცველ ჰორიზონტში კვების არედან განტვირთვის არემდე. ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ქიმიური და იზოტოპური შემადგენლობა განისაზღვრება წვიმის წყლის შემადგენლობით და იცვლება ვადოზურ ზონებში, თოვლის საფარში, წყლის ნაკადებში და მიწისქვეშა წყალშემცველ ჰორიზონტებში მიმდინარე პროცესებით. მოდიფიცირება დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე და განპირობებულია მიწისქვეშა წყალშემცველ ჰორიზონტში ნაკადების გადაადგილების განსხვავებული გზებით ნალექებიდან განტვირთვის არეალებამდე. ბოლო 50 წლის განმავლობაში ჰიდროგეოლოგიასა და ჰიდროლოგიაში იზოტოპების (კონკრეტულად ჟანგბადი და წყალბადი) მეთოდების გამოყენებამ პრაქტიკულად სრულყო პრობლემის გადაჭრის ტრადიციული ჰიდროლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოქიმიური მეთოდები.

რუსთაველის სახელბის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის ფარგლებში დაიგეგმა ალაზანი-იორის წყალშემკრებ აუზებში, მათ შორის ნახევრადუდაბნო რაიონებში, მიწისქვეშა წყლების რესურსების სრულყოფილ შეფასება ბუნებრივი იზოტოპებისა და ჰიდროქიმიური მეთოდების გამოყენებით.

საველე დაკვირვებები

პირველ ეტაპზე, წყალშემცველი ჰორიზონტების კვების არეალებში, 2013 წლიდან ორგანიზება გაუკეთდა რეჟიმულ დაკვირვებებს ჰაერის ტემპარატურას, ტენიანობასა და ატმოსფერულ ნალექების რაოდენობაზე იმ მეტეოლოგიურ სადგურებზე რომლებიც განლაგებული არიან თანაბრად მთელ ტერიტორიაზე და ახასიათებენ შემდეგ რეგიონებს: თიანეთი-მდინარე იორის კვების არეალი, თელავი-მდინარე ალაზნის ზედა წელი, ლაგოდეხი მდინარე ალაზნის მარცხენა შენაკადების კვების არეალი და დედოფლის წყარო- მდინარე იორისა და ალაზნის ქვედა წელი. აღნიშნულ პუნქტებზე მეტეო მონაცემების გაზომვა ხდებოდა ყოველდღიურად. ჰაერის ტემპერატირის და ტენიანობის გაზომვა ხდებოდა სპეციალიზირებული აპარტურის გამოყენებით, რომლებიც შეძენილი იქნა საერთაშორისო ატომური სააგენტოს გრანტის (GEO7001) მეშვეობით. ასევე, ყოველდღიურად იზომება მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა და თვეში ერთხელ ხდება სინჯის აღება მათსი სტაბილური იზოტოპური შემადგენლობის განსაზღვრის მიზნით.

ნახ. 1 სარეჟიმო აპარატურის მონტაჟი ლაგოდეხის მეტეოსადგურზე

ნახ. 2 სარეჟიმო აპარატურის მონტაჟი თელავის მეტეოსადგურზე

მიწისქვეშა წყლების განტვირთვის არეალებში ორგანიზება გაუკეთდა რეჟიმულ დაკვირვებებს მდინარეებში წყლის დონის ვარიაციების დადგენის მიზნით, კერძოდ მდინარე იორზე თიანეთის რაიონში და ალაზანზე სოფ. შაქრიანთან თელავის რაიონში. აღნიშნული მდინარეებიდან ასევე, თვეში ერთხელ დაიწყო სინჯების აღება სტაბილური იზოტოპების გაზომვის მიზნით.

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, თელავის და შაქრიანის სადგურებზე დამატებით ხდებოდა სინჯების აღება ტრიტიუმის განსასაზღვრავად ნალექებსა და მდინარის წყალში. ეს უკანასკნელი სადგურები ჩართული იქნა ატომური ენერგიის საერთაშორისო სააგენტოს გლობალური ქსელი იზოტოპები ატმოსფეროში (GNIP) და გლობალური ქსელი იზოტოპები მდინარეებში (GNIR) ში.

ცხრილი №1 სარეჟიმო მეტეოპუნქტების მდებარეობა.

პუნქტის დასახელება	X	Y	სიმაღლე მ
"შაქრიანი" ჰიდროლოგიური სადგური	548204	4648613	340
“თელავი" მეტეოსადგური	540070	4642487	568
“თიანეთი" მეტეოსადგური	497244	4662730	1099
“დედოფლის–წყარო" მეტეოსადგური	590465	4591129	800
“ლაგოდეხი" მეტეოსადგური	605196	4630389	432

წყლის სინჯების იზოტოპური და ჰიდროქიმიური ანალიზი ჩატარდა სააგენტოს მიერ შეძენილი აპარატურის ლაზერული სპექტრომეტრით “Picarro” მეშვეობით გეოფიზიკის ინსტიტუტის გეოფიზიკისა და გეოთერმიის კვლევითი ცენტრის ლაბორატორიაში

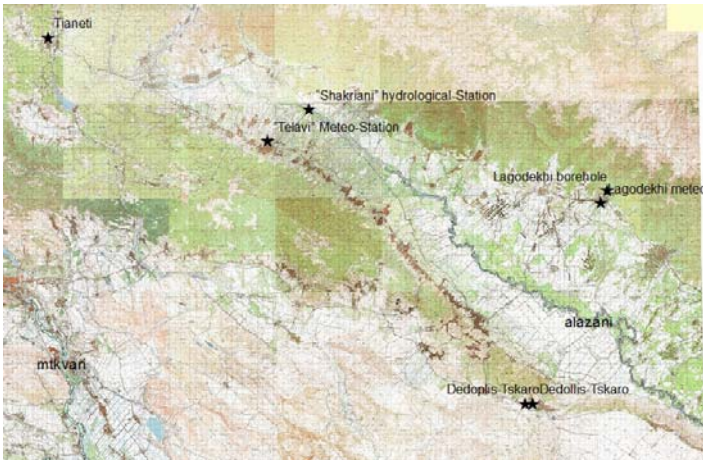
ალაზანისა და იორის წყალშემკრებ აუზებში, მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის დასადგენად ძირითად წყალშემცველ ჰორიზონტებზე ორგანიზება გაუკეთდა რეჟიმულ ჰიდროდინამიკურ დაკვირვებებს. მონიტორინგი დაიწყო ლაგოდეხის რაიონში მდებარე ჭაბურღილზე ამერიკული წარმოების ხელსაწყოს მეშვეობით რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემების დაგროვებას და გადაცემას თბილისის ცენტრში GSM სისტემის მეშვეობით. წუთიერ რეჟიმში იზომება წყლის დონე ჭაბურღილში, ატმოსფერული წნევა და ტემპერატურა.

რეჟიმულ დაკვირვებები ასევე ორგანიზირებული იქნა დედოფლის-წყაროს რაიონში მდებარე ჭაში “Diver” ტიპის ხელსაწყოს მეშვეობით. ყოველსაათობრივად იზომება წყლის დონე და ტემპერატურა. მონაცემების მოხსნა ხორციელდება 1-2 თვეში ერთხელ კომპიუტერის მეშვეობით. შემდეგში დაგეგმილია დასაკვირვებელი პარამეტრების რაოდენობის გაზრდა.

მონაცემები მოთხოვნილი სიხშირით გროვდება ცენტრში. აქვე მუშავდება მონაცემები და ანალიზდება სეზონურობისა და სხვა ფაქტორების გავლენა ვარიაციებზე.

ცხრილი №2 სარეჟიმო ჰიდროლოგიური პუნქტების მდებარეობა

პუნქტის დასახელება	*X*	*Y*	*Altitute m*
"ლაგოდეხი" ჭაბურღილი	*606506*	*4632768*	*541*
დედოფლის–წყარო ჭა	591942	4591129	804

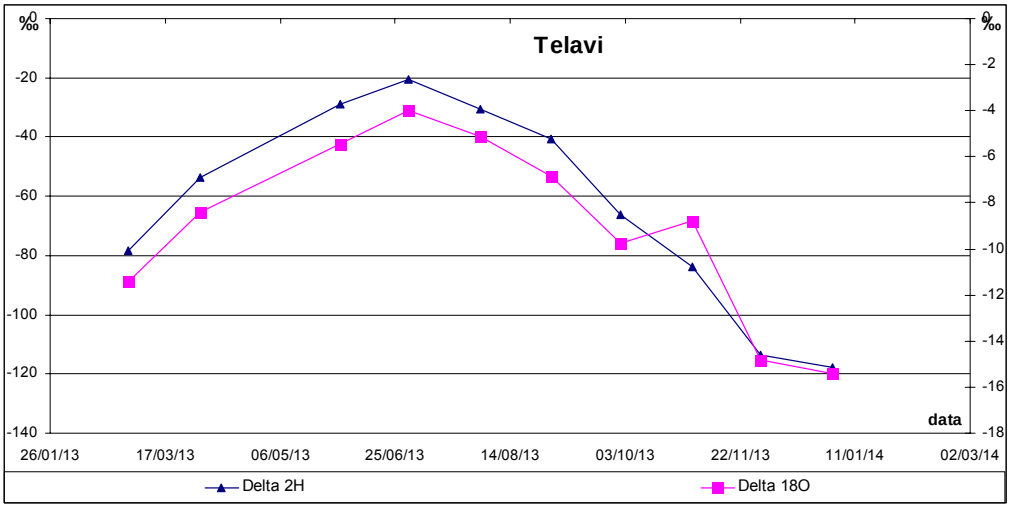


ნახ. 3 სარეჟიმო პუნქტების განლაგება ტერიტორიაზე

მონაცემთა ბაზის შექმნა და ანალიზი

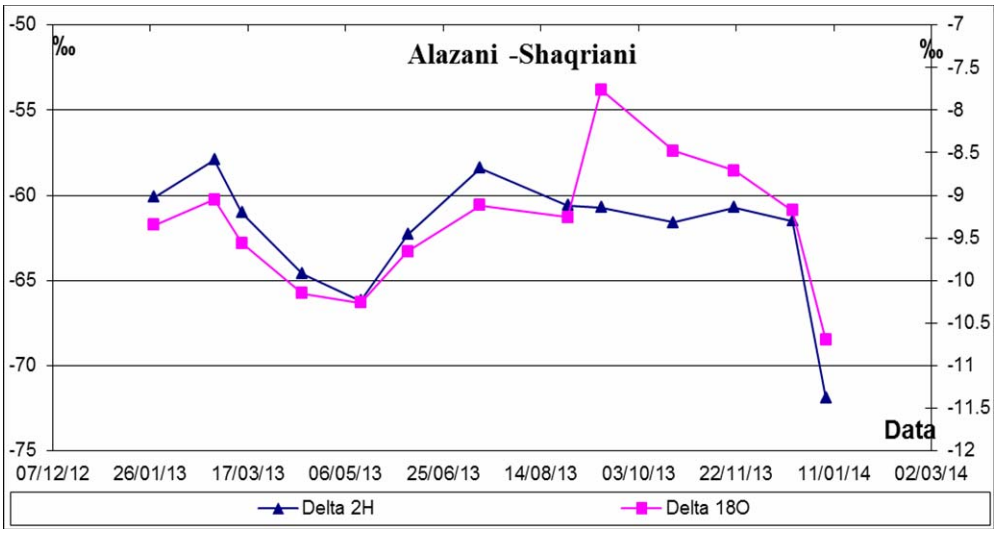
პროექტის ამოცანების შესრულების მიზნით შეიქმნა მონაცემთა ბაზა რომელიც გამუდმებით ივსება მეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემებით.

მხოლოდ იზოტოპური მასალის პირველადმა ანალიზმა დააფიქსირა სეზონური ვარიაციები მათ ცვლილებაში. "თელავის" მეტეოსადგურზე ყოველთვიურად ნალექებიდან აღებულ სინჯებში ფიქსირდება იზოტოპური ცვლილებები. კერძოდ, გაზაფხულის მსუბუქი ფრაქცია (-10‰-18O; -80‰-2H), მძიმდება ზაფხულისკენ (--4‰ 18O; -20‰-2H) და ისევ მცირდება ზამთრის პერიოდისთვის (-15‰-18O; -80‰; -120H მდე). თითქმის იდეალურ მრუდზე აღინიშნება ერთი "დამძიმების" პიკი, რომელიც დაკავშირებულია შემოდგომის წვიმების პერიოდთან (ნახ. №4).



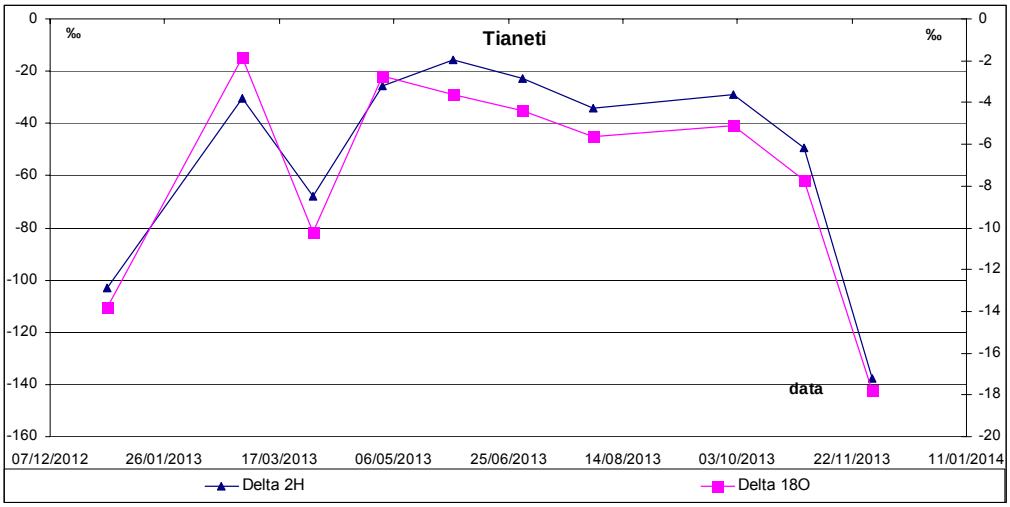
ნახ. 4 ატმოსფერულ ნალექებში სტაბილური იზოტოპების ცვლილების გრაფიკი "თელავის" სარეჟიმო სადგურზე

განსხვავებული სურათს ვიღებთ იქვე მდებარე “შაქრიანის” სარეჟიმო სადგურთან, მდინარე “ალაზანიდან”აღებულ სინჯებში (ნახ. №5) იზოტოპების “ზამთრის” მნიშვნელობები (-9.2 ‰- 18O; -60‰-2H) “მსუბუქდება” მაისის თვეში, რაც გამოწვეულია მთაში თოვლის ნადნობი წყლის შერევით მდინარეში (-10‰-18O; -68‰-2H), ივნისი-აგვისტოს თვეში იზოტოპური შემადგენლობა ისევ “მძიმდება”, თუმცა ის სრულად ვერ იმეორებს იქვე მდებარე “თელავის” მეტეოსადგურზე ატმოსფერულ ნალექებში იზოტოპების მნიშვნელობების მრუდს, რამდენადაც მდინარის წყლის იზოტოპური შემადგენლობით ჯამურად ახასიათდება უფრო ფართო არეალს “ალაზნის” სათავეებიდან მის შუა წელამდე. მრდუდზე ფიქსირდება ოქტომბრის წვიმების შედარებით “მძიმე” პიკი და ასევე, 2014 წლის იანვრის თვეში თოვლის მოსვლით გამოწვეული “გამსუბუქება” (10.5-‰- 18O; -72‰-2H).



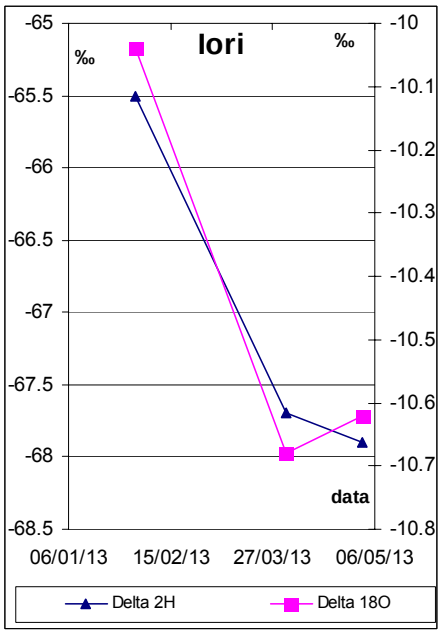
ნახ. 5 მდინარე “ალაზანში” სტაბილური იზოტოპების ცვლილების გრაფიკი “ალაზანი-შაქრიანი” სარეჟიმო სადგურზე

იზოტოპური შემადგენლობის ვარაიციების განსხავებული სურათი გვაქვს “თიანეთის” მეტეო სადგურზე შეგროვებულ ნალექებში. მკვეთრად არის გამოხატული იზოტოპური შემადგენლობის “გამსუბუქება” (10-‰- 18O; -68‰-2H) 2013 წლის მარტი-აპრილის პერიოდის თოვლის დნობის პერიოდში (ნახ. №6).

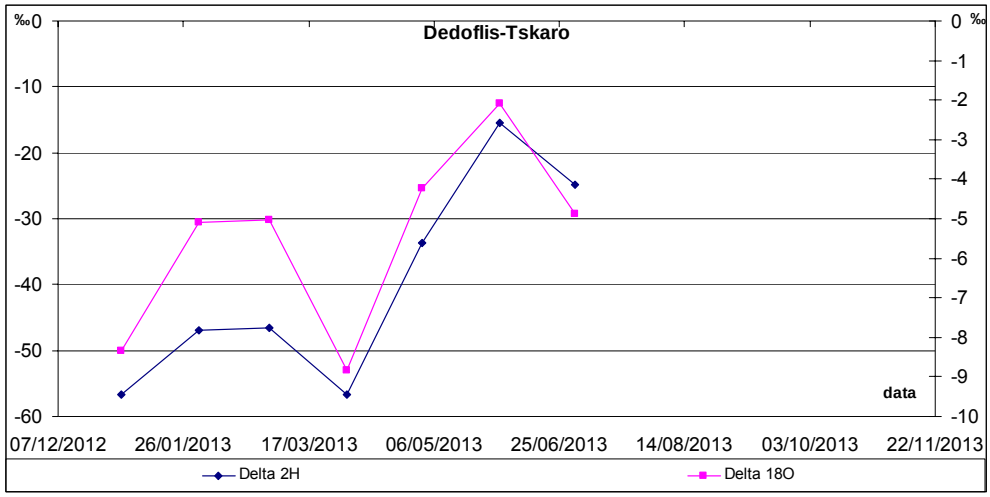


ნახ. 6 ატმოსფერულ ნალექებში სტაბილური იზოტოპების ცვლილების გრაფიკი "თიანეთის" სარეჟიმო სადგურზე

მდინარე იორზე აღებულ სინჯებში, რომელიც შედარებით მცირე პერიოდისაა. ასევე ფიქსირდება 2013 წლის გაზაფხულის თოვლის დნობის შედეგად გამოწვეული იზოტოპური შემადგენლობის "შემსუბუქება" (ნახ. №7).



ნახ. 7 მდინარე "იორში" სტაბილური იზოტოპების ცვლილების გრაფიკი "ალაზანი-შაქრიანის" სარეჟიმო სადგურზე



ნახ. 8 ატმოსფერულ ნალექებში სტაბილური იზოტოპების ცვლილების გრაფიკი "დედოფლის-წყაროს" სარეჟიმო სადგურზე

წინა შემთხვევების მსგავსად ხდება "დედოფლის-წყაროს " მეტეო სადგურზე აღებულ ატმოსფერული ნალექების სინჯებში აღინიშნება გაზაფხულის იზოტოპების მნიშვნელობების "გამსუბუქება" (ნახ №8).

სადგურებზე იზოტოპური შემადგენლობის მნიშვნელობების და ცვლილების ხასიათის შედარებისას, გასათვალისწინებებლია განსხვავება სადგურების გეოგრაფიულ მდებარეობის და სიმაღლის მიხედვით. საერთო ჯამში "თიანეთის" სადგურზე ერთი წლის განმავლობაში ფიქსირდება იზოტოპური შემადგენლობის ცვლილება უფრო "მსუბუქი" –მცირე მნიშვნელობების ფარგლებში (-14-(-18)‰- 18O; -100-(-140)‰-2H). შედარებით სამხრეთ-დასავლეთით და უფრო დაბალ ნიშნულზე მდებარე "თელავის" სადგურზე შესაბამისად ფიქსირდება ცვლილებების უფრო "მძიმე" –მაღალი მნიშვნელობების ნიში: -11-(-16)‰- 18O; -80-(-120)‰-2H). ბევრად უფრო "მძიმეა" იზოტოპური მნიშვნელობები "დედოფლის-წყაროს" მეტეო სადგურზე, რომელიც მდებარეოს ფაქტიურად ნახევარუდაბნოს ზონაში: -5-(-8.8)‰-18O; -55-(-85)‰-2H).

ატმოსფერულ ნალექებთან შედარებით უფრო "მძიმეა" იზოტოპური შემადგენლობა მდინარეებში. დასინჯვის პუნქტების გეოგრაფიული მდებარეობის შესაბამისად, იცვლება მდინარეებში იზოტოპური მნიშვნელობებიც. კერძოდ, მდინარე იორზე "თიანეთის" სადგურთან აღებულ მდინარის სინჯებში იზოტოპების ვარიაციების ნიშა შეადგენს -10-(-11)‰- 18O; -66-(-68)‰-2H, რაც ბევრად "მძიმეა" "თიანეთის" მეტეო სადგურზე ატმოსფერულ ნალექებში დაფიქსირებულ მნიშვნელობებთან (-14-(-18)‰- 18O; -100-(-140)‰-2H) და ამასთან მცირედად "მსუბუქია" "ალაზანი-შაქრიანის" სადგურის მონაცემებთან (-9-(-11)‰- 18O; -60-(-70)‰-2H). თვითონ მდინარე ალაზანის სინჯებში, სადგურ "შაქრიანთან" გაზომილი იზოტოპური შემადგენლობა ბევრად "მძიმეა" ვიდრე "თელავის" სადგურზე ატმოსფერულ ნალექებში დაფიქსირებულ მნიშვნელობებში (-11-(-16)‰- 18O; -80-(-120)‰-2H).

დასკვნები

პირველად აღმოსავლეთ საქართველოში, კახეთის ტერიტორიაზე ორგანიზება გაუკეთდა რეჟიმულ დაკვირვებებს სტაბილური იზოტოპების ვარიაციების შესწავის მიზნით. დღემდე ჩატარებული კვლევების შედეგად გამოვლენილი კანონზომიერები სრულად ეთანხმება მსოფლიოში იზოტოპების გავრცელების ზოგად კანონზომიერებებს. აღნიშნული კვლევების გაგრძელება საშუალებას

მოგვცემს დავადგინოთ ამ ტერიტორიისთვის მახასიათებელი იზოტოპების განაწილების ფონური მნიშვნელობები (გლობალური მეტეორული წყლის განაწილების ხაზი GMWL), რაც აუცილებელი პირობაა ტერიტორიის ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური შესწავლისათვის.

Acknowledgments (მადლობა): ავტორები აღიარებენ რუსთაველის სახ. ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის გრანტის "ალაზანი-იორის წყალშემკრები აუზების (აღმოსავლეთ საქართველო) შესწავლა სტაბილური იზოტოპების გამოყენებით მიწისქვეშა წყლების რესურსების მდგრადი განვითარების უზრუნველსაყოფად #31/27" ფინანსიურ მხარდაჭერას.

Investigation Alazani-iori catchment using stable isotopes

George Melikadze, Natalia Jukova, Mariam Todadze, Sopio Vepkhvadze, Nino Kpanadze, Alexandre Chankvetadze, Ramaz Chitanava
Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, M. Nodia Institute of Geophysics

Abstract

In order to investigate underground water systems in Alazani-iori catchment, for the first time have been conducted studies based on the hydrochemical and environmental isotope methods. The first step was to organize the monitoring of air temperature, humidity and precipitation on the recharge and discharge areas of aquifer. Also have been organized monitoring of water level and discharge on Alazani and Iori rivers as well as monitoring of underground water level in Lagodekhi and Dedoplitskaro. The results of isotope data analyze clearly shows the seasonal variations. Their composition changes according to the elevation and geographical location of observation stations, which is fully consistent with the regularities of isotope distribution all over the world.

აკუსტიკური ემისია მეწყრის გააქტიურების დროს

ნოდარ ვარამაშვილი, თამაზ ჭელიძე, ზურაბ ჭელიძე
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ.ნოდიას
გეოფიზიკის ინსტიტუტი, მ.ალექსიძის ქ., 1, თბილისი, საქართველო

შესავალი

მრავალი ქვეყნისათვის მთელს მსოფლიოში მეწყერი არის ერთ ერთი ყველაზე მძიმე სტიქიური უბედურება, დიდი ჰუმანიტარული და ეკონომიკური დანაკარგებით (Anderson and Holcombe, 2013). დედამიწის ზედაპირი არ არის სტატიკური, არამედ დინამიური სისტემაა და რელიეფი შეიცვლება დროთა სხვადასხვა ზედაპირული პროცესების გამო (მაგ., ეროზიის, დანალექის გადატანა,..). მასების სწრაფ გადაადგილებას აქვს პოტენციალი რათა მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენოს მოსახლეობას და საინჟინრო პროექტებს. მეწყერი არის მნიშვნელოვანი ბუნებრივი გეომორფოლოგიური პროცესი, რომელიც აყალიბებს მთიან რეგიონების სახეს და ახდენს დანალექების გადანაწილებას (Sidle And Ochiai, 2006).

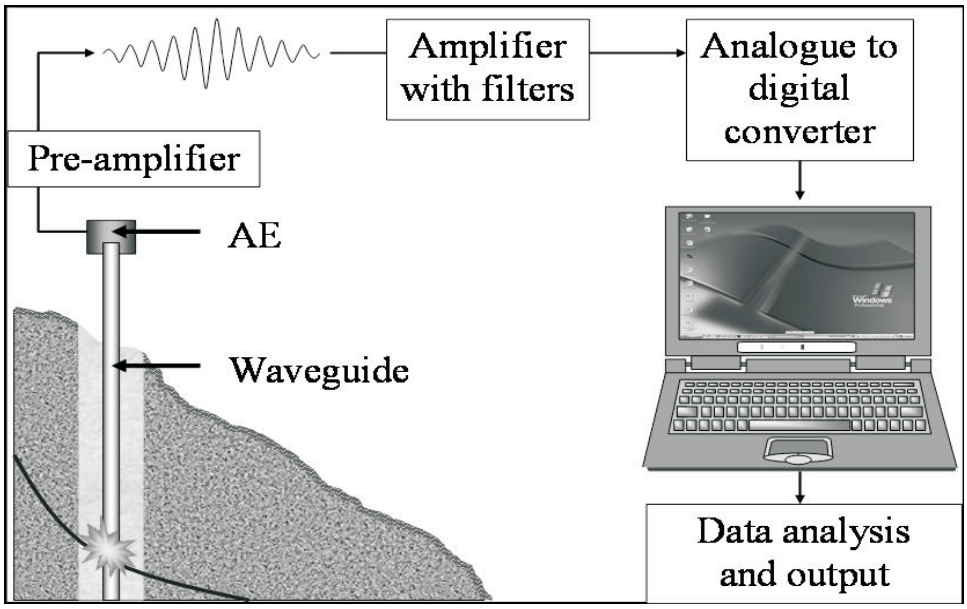
ტრადიციული თვალსაზრისით მეწყერი შეიძლება მოხდეს ძალიან ციცაბო ფერდობებზე, მაღალმთიან რეგიონებში, როგორიცაა საქართველო, რაც ზუსტად არ ასახავს ამ პრობლემის ბუნებას. გასაკვირია ის ფაქტი, რომ მეწყერი შეიძლება მოხდეს პრაქტიკულად მსოფლიოს ნებისმიერ წერტილში. რათქმა უნდა მთიანი რეგიონები ამ მხრივ უფრო დიდი საფრთხის წინაშე დგანან. მეწყერების ასეთი ფართო გეოგრაფიული გავრცელების მიზეზი მათი გამშვები მექანიზმების მრავალფეროვნებაშია: ჭარბი ნალექი, მიწისძვრები, ვულკანები, ტყის ხანძრები და ადამიანის გარკვეული სახიფათო საქმიანობა არის ზოგიერთი ძირითადი მიზეზი, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს მეწყერი. ამიტომ, მეწყრის თვისებების, სტატიკის და დინამიკის გაგება, რათა გამოვლინდეს მისი ფიზიკური ბუნება, მეწყრის პროგნოზირებისათვის ან მასების მოძრაობის რისკის შემცირებისათვის, წარმოადგენს მნიშვნელოვან სამეცნიერო და პრაქტიკულ პრობლემას.

პრობლემის აღწერა

ფერდობებზე მასების მოძრაობების მონიტორინგის ტრადიციული მეთოდებში შედის ზედაპის და ზედაპირთან ახლო ფენის დაკვირვების აპარატურა. თუმცა, ბევრ ამ მეთოდს არ ყოფნის მგრძობიარობა რღვევის წინა სუსტი დეფორმაციების აღმოსაჩენად. 40 წელზე მეტია ტარდება კვლევები ნიადაგის მოძრაობის მონიტორინგისათვის აკუსტიკური ემისიის (აე) გამოსაყენებლად. საინტერესო სამუშაოები ჩატარდა მიერ ჭელიძის და სხ. (Chelidze et al., 2012)მიერ. ყველაზე მნიშვნელოვანი წვლილი აე-ს საველე დაკვირვებების თვალსაზრისით კორნერის (Koerner *et al.,*1981) და დიქსონი (Dixon et al.,2003) მიერ.

მეწყრულ სხეულში სრიალის დროს გენერირებული აე-ს რეგისტრაცია აღმოჩენა არ არის ადვილი ამოცანა. როდესაც აკუსტიკური იმპულსი ვრცელდება ნიადაგში, მისი ამპლიტუდა მცირდება, რადგანაც ნიადაგი მარცვლოვანი გარემოა და ენერგია იკარგება მეორეზე გადასვლის. დანაკარგების შესამცირებლად აკუსტიკური ენერგია წყაროდან (სრიალის ზედაპირიდან) სენსორამდის (რომელიც, როგორც წესი მიწის ზედაპირზეა) გადააქვს ტალღგამტარს, რაც სტანდარტულ პრაქტიკად იქცა აე-ს კვლევის დროს.

დიქსონმა (Dixon et al., 1996) გამოიყენა ორი ტიპის, პასიური და აქტიური ტალღგამტარი. პასიურ ტალღგამტარს არ გააჩნია აე-ს დამატებითი წყაროები. შედარებისთვის, აქტიური ტალღგამტარი იყენებს აკუსტიკური ტალღების მიმართ მაღალმგრძნობიარე მასალას, რომელიც მოთავსებულია ტალღგამტარის გარშემო. დასრიალების დროს ხდება ტალღგამტარის დეფორმაცია, ხოლო აკუსტიკური ემისია აღიძვრება ტალღგამტარის გარშემო ჩაყრილ მასალაში. კუსტანმა (Kousteni, 2002) აჩვენა, რომ ღორღიდან ხდება უფრო დიდი ამპლიტუდის აკუსტიკის ემისია ვიდრე ქვიშიდან.

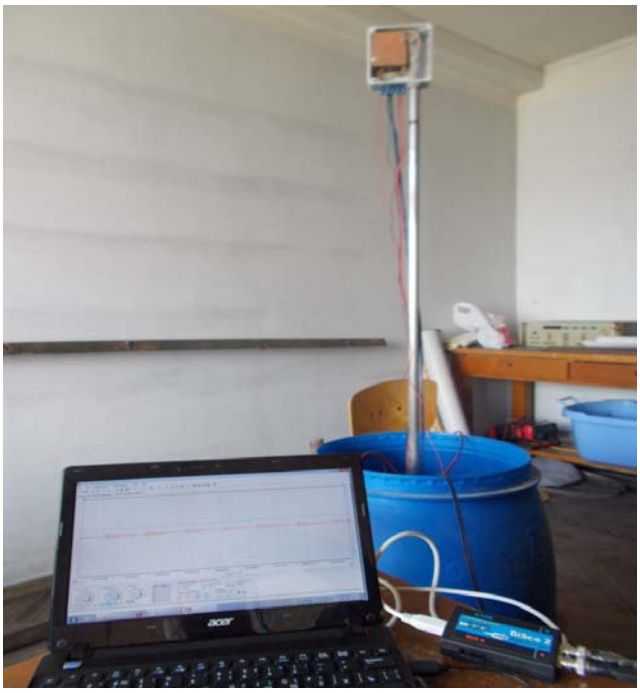


ნახ.1. აკუსტიკური ემისიის მონიტორინგის სისტემის კომპონენტები (Dixon et al., 2003)

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ტიპიური აე აპარატურული სისტემის სქემატური წარმოდგენა. აქტიურ ტალღგამტარში (ღორღის ნაყარში) აღძრული აეფოლადის ტალღგამტარით მიდის პიეზოელექტრულ სენსორამდის, რომელიც მოთავსებულია ლითონის ტალღგამტარის თავზე. შემდეგ აკუსტიკური სიგნალი ძლიერდებაწინასწარი გამაძლიერებლის და გამძლიერებლის მიერ. საბოლოოდ აე გარდაიქმნება ციფრულ სიგნალად შემდგომი ანალიზისათვის.

ექსპერიმენტული ნაწილი

ჩვენი კვლევის მიზანი არის აკუსტიკური ემისიის ჩაწერის საშუალებით მეწყრის ნელი მოძრაობის (ცოცვის) რეგისტრაცია და მონიტორინგი. ამ მიზნით ჩვენ ავაწყვეთ სპეციალური მოწყობილობა (ნახ,2). პლასტიკური კასრი ივსება მეწყერული ნიადაგით, ხოლო კასრის ცენტრში ცილინდრულად ჩაყრილია ღორღი. ცილინდრის დიამეტრი დაახლოებით არის 15 სმ და ხოლო ღორღის საშუალო დიამეტრი დაახლოებით 7 მმ. ღორღის ცენტრში განთავსებულია სქელკედლიანი ფოლადის მილი, რომელიც ხრეშში წარმოქმნილ აკუსტიკურ იმპულსებს გადასცემს აკუსტიკურ სენსორს. დანადგარში დეფორმაცია ხორციელდება მექანიკური დომკრატის დახმარებით.



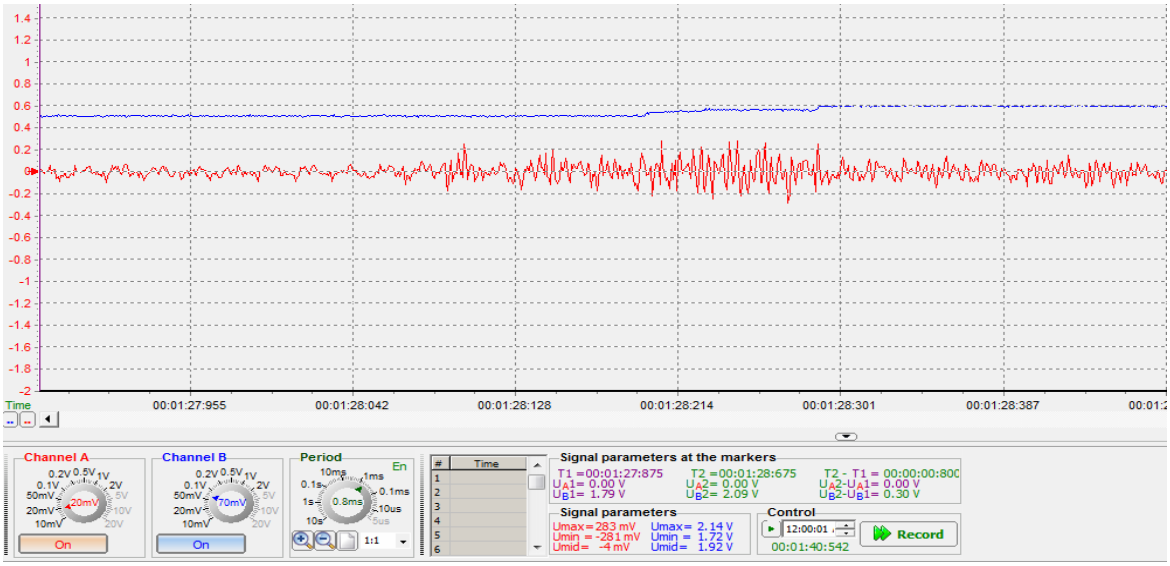
ნახ.2. მეწყრის ცოცვის მოდელირება და თანმხლები აკუსტირკური ემისიის რეგისტრაცია USB ოსცილოსკოპის საშუალებით

აკუსტიკური მონიტორინგის მიზანია მეწყრის გააქტიურებამდე, გეოლოგიური სხეულების წინასწარი გადაადგილების დროს, აღძრული აკუსტიკური სიგნალების ჩაწერას. აკუსტიკური სენსორის გარშემო მოთავსებული ღორღის წანაცვლებისას აღძრული აკუსტიკური სიგნალის ჩაწერის მსგავსი ტექნიკა ადრე შემუშავებული იყო ლოუგბოროს (Loughborough) უნივერსიტეტის გუნდის მიერ, მაგრამ ეს მოითხოვს შედარებით ღრმა ჭაბურღილს ქვემოთ მოცურების ზედაპირამდის. ეს პროცედურა საკმაოდ ძვირია. ჩვენი მიზანი იყო აღნიშნული მეთოდის იაფი ვერსიის შემუშავება. იდეა არის იმაში, რომ გამოიყენოს სხვადასხვა სიღრმეზე განლაგებული ორი მგრძნობიარე აკუსტიკური ზონდი, ერთი ღრმად და მეორე ზედაპირთან ახლოს. პირველი ზონდი ძირითადია. ხოლო მეორის როლია ზედაპირული სიგნალების გამოყოფა, რომლებიც ამ შემთხვევაში განიხილება, როგორც ხმაური.

მეწყრული ნიადაგის მცირე გადაადგილების დროს აღძრული აკუსტიკური იმპულსების რეგისტრაცია ხდება აკუსტიკური სენსორის საშუალებით, რომელიც შეერთებულია USB ოსცილოსკოპთან (ნახ.2), რომლის საშუალებითაც დამუშავების სპეციალური კომპიუტერული პროგრამის გამოყენების შემდეგ ინფორმაცია იგზავნება კომპიუტერში.

შედეგების ანალიზი

ექსპერიმენტული მოწყობილობა აღწერილია ზემოთ (ნახ.2**).** აკუსტიკური სენსორის და ოსცილოსკოპის საშუალებით ხდება აკუსტიკური ემისიის ტალღური ფორმის და ძაბვის პიკური ამპლიტუდური მნიშვნელობის (DC) უწყვეტი ჩაწერა. ერთი ჩანაწერის ფრაგმენტები



ნახ.3. აკუსტიკური სიგნალის დონის (DC) და ტალღური ფორმის ჩანაწერი USB ოსცილოსკოპის გამოყენებით; x-ღერძი არის დრო წამებში, y-ღერძი არის აკუსტიკური სიგნალის ამპლიტუდა ვოლტებში.

ნაჩვენებია ნახ.3-ზე. კუმშვის და ძვრის დეფორმაციის დროს აღძრული სიგნალი უმნიშვნელო იყო. თითოეული მცირე წანაცვლების რეგისტრაციისათვის საჭიროა მონაცემების ფაილის (~10^5 მონაცემი წამში) უფრო ღრმა დამუშავება და / ან ხრეშის სიმკვრივის გაზრდა. ღორღის სიმკვრივის გაზრდამ უნდა გამოიწვიოს მცირე წანაცვლების დროს აკუსტიკური იმპულსების რაოდენობის და დეტექტირების ეფექტურობის ზრდა. გრაფიკი 3 გვიჩვენებს შემთხვევას, როდესაც ექსპერიმენტული დანადგარიდან ხდება დაძაბულობის სწრაფი მოხსნა.

ჩვენი ექსპერიმენტის ერთ-ერთი მიზანი იყო დანადგარის ოპტიმიზაცია, რათა მომხდარიყო მისი გამოყენება მეწყრულ მიდამოში. ამიტომ, ზოგიერთ ექსპერიმენტში ჩვენ ვიყენებდით მონაცემების დამგროვებელს (data logger) მონაცემების რეგისტრაციისათვის. მონაცემთა დამგროვებელს (data logger) შეუძლია ჩაიწეროს ძაბვის მხოლოდ მუდმივი მდგენელი (DC) 1 ჰც ჩაწერის სიხშირით. ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ ამ მიმართულებით შეიძლება დამუშავდეს მეწყრის სრიალის დაწყების წინასწარი შეტყობინების აკუსტიკური სისტემა.

Refereces

1. Anderson, M. G. and Holcombe, E. Community-Based Landslide Risk Reduction, The World Bank, Washington, DC, 2013
2. Chelidze, T., Varamashvili, N. and Chelidze, Z., Acoustic early warning telemetric system of catastrophic debris flows in mountainous areas, Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A, vol.15A, 2012, 35-42
3. Dixon, N. Kavanagh, J. and Hill, R. Monitoring landslide activity and hazard by acoustic emission. Journal of the Geological Society of China, Vol.39, No. 4, 1996, .437-464
4. Dixon, N., Hill, R. and Kavanagh, J. Acoustic emission monitoring of slope instability: Development of an active wave guide system. Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering Journal, 156, 2, 2003, 83-95
5. Koerner, R.M. McCabe,W. M. and Lord, A. E., Acoustic emission behavior and monitoring of soils. Proceedings of the First Synopsis on Acoustic Emission in Soils, 1981, 93-141
6. Kousteni, A., Investigation of Acoustic Emission Waveguide Systems for Detecting Slope Instability. PhD Thesis, The Nottingham Trent University, 2002

7. Sidle, R.C. and Ochiai H., Landslides-Processes, Prediction, and Land Use, AGU, Washington, DC, 2006

აკუსტიკური ემისია მეწყრის გააქტიურების დროს

ნოდარ ვარამაშვილი, თამაზ ჭელიძე, ზურაბ ჭელიძე

რეზიუმე

სტიქიური უბედურებების შედეგად მსხვერპლისა და ზარალის თავიდან ასაცილებლად პრევენციული ზომები სერიოზულად განიხილება მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში. აკუსტიკური ემისია ატარებს ინფორმაციას სხეულში მიმდინარე დეფორმაციის მექანიზმის, ადგილმდებარეობის და ინტენსივობის შესახებ. ჩვენი კვლევის მიზანია მეწყერის ნელი მოძრაობის მოდელირება, რეგისტრაცია და მონიტორინგი აკუსტიკური ემისიის ჩაწერის საშუალებით. მეწყრული სხეულის ცოცვის დროს აღძრული აკუსტიკური იმპულსების რეგისტრაცია ხდებოდა აკუსტიკური სენსორის საშუალებით. ჩვენი ექსპერიმენტების ერთ-ერთი მიზანია აპარატურის ოპტიმიზაცია რათა მოვახერხოთ მისი გადატანა საველე პირობებში და ვიმუშაოთ მეწყრის დასრიალების წინასწარი შეტყობინების აკუსტიკური სისტემის შექმნაზე.

Acoustic pulses by landslide activation

Nodar Varamashvili, Tamaz Chelidze, Zurab Chelidze

Abstract

The prevention of loss to life and property due to natural calamities is viewed very seriously in many countries of the world. Acoustic emissions carry information about location, intensity and mechanisms of deformation occurring in a material. The aim of our research is modeling, registration and monitoring of landslide motion by recording acoustic emissions. Registering the acoustic pulses, which occur during the preparation and movement of the landslide is realized by acoustic sensor. One of the goals of our experiment is optimization of equipment to use them in the field and work for development of a landslides' acoustic early warning system.

Акустическая эмиссия при активации оползня

Нодар Варамашвили, Тамаз Челидзе, Зураб Челидзе

Резюме

Предотвращение потери жизни и имущества в результате стихийных бедствий в настоящее время рассматривается очень серьезно во многих странах мира. Акустическая эмиссия несет информацию о локализации, интенсивности и механизме деформации, происходящей в материале. Цель нашего исследования моделирование, регистрация и мониторинг медленного движения оползней с помощью записи акустической эмиссии. Регистрация акустических импульсов, возникающих при движении материала происходила с помощью акустического сенсора. Одна из целей нашего эксперимента, оптимизация оборудования для использования его в полевых условиях и создание акустической системы раннего оповещения активизации оползня.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ СРЕДЕ

Харчилава Дж., Багашвили Н., Чихладзе В.

Институт геофизики им. М.Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Грузия

Введение

В Грузии накоплен богатый опыт исследования атмосферного озона. Регулярные наблюдения общего содержания озона начались в Грузии в Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГССР в 1957 году. Вторая станция заработала в Тбилиси при гидрометслужбе Грузии в 1964 году. С 1973 по 1987 годы наблюдения общего содержания озона проводились также на базе Института геофизики АН ГССР в Руиспири. Все наблюдения проводились с использованием озонометра типа М-124 конструкции Главной геофизической обсерватории (ГГО). Калибровка проводилась каждые два года в Санкт-Петербурге. Исследование вариаций концентрации приземного озона начались в Институте геофизики с 1964 года и продолжаются по сей день. С 1980 года одновременно в Тбилиси и Руиспири начались регулярные измерения концентрации приземного озона с помощью электрохимических озонометров типа OMG-200.

Исследования атмосферного озона проводились в различных аспектах - связь озона с метеорологическими факторами и загрязнениями воздуха [1-5], исследование особенностей долговременных вариаций [6-11] , экологические аспекты [5, 8], как трассер грозо-градовых процессов, влияние озона на льдообразующие свойства аэрозолей [2], связь озона с тектоническими разломами, влияние различных концентраций озона на биосферу и на здоровье человека [4, 5]. Важное внимание уделяется исследованию концентрации приземного озона в экологически чистой местности [1, 13-16] с пониженным содержанием автомобильных выхлопов и других типов загрязнений. Данная работа является составной частью цикла работ по исследованию вариаций КПО в относительно чистой атмосфере.

Методика и использованные данные

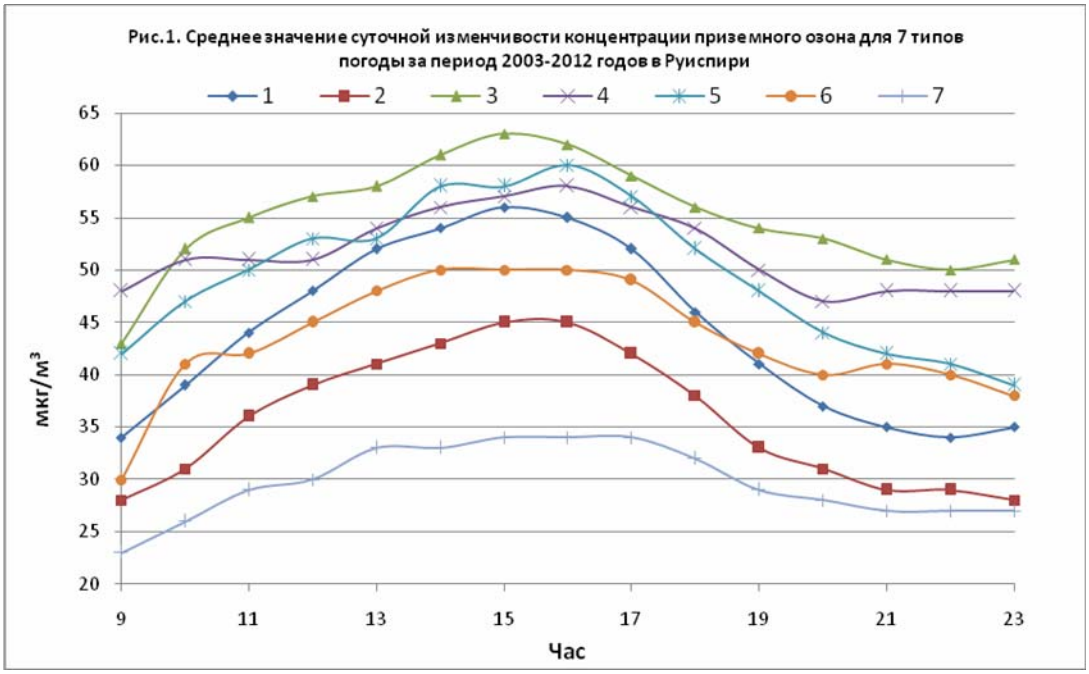
Целью данной работы является исследование вариаций суточного и годового хода концентрации приземного озона (КПО) в относительно чистой местности – селе Руиспири Телавского района в условиях различной погоды. Для установления причин вариаций КПО проводились измерения концентрации приземного озона с 2003-го года по настоящее время. В данной работе рассмотрены вариации КПО за период 2003-2012 годов. Измерения проводились электрохимическим озонометром типа OMG-200 ежедневно с 9 по 23 часа по местному времени. Параллельно проводились наблюдения за характером погоды (облачность, осадки, направление и скорость ветра). Данные измерений КПО были систематизированы по следующим типам погоды:

1. Полностью или почти безоблачное небо, штиль или слабый ветер.
2. Полностью или почти закрытое облаками небо, штиль или слабый ветер.
3. Полностью или почти безоблачное небо, северо-западный ветер.
4. Полностью или почти закрытое облаками небо, северо-западный ветер.
5. Полностью или почти безоблачное небо, юго-восточный ветер.
6. Полностью или почти закрытое облаками небо, юго-восточный ветер.
7. Сплошная облачность, обложной дождь, снег, туман.

При выборе указанных типов погоды учитывался тот факт, что в Восточной Грузии господствующие направления ветра северо-западное и юго-восточное. Были рассмотрены суточные (9-23ч.) вариации КПО при всех семи типах погоды.

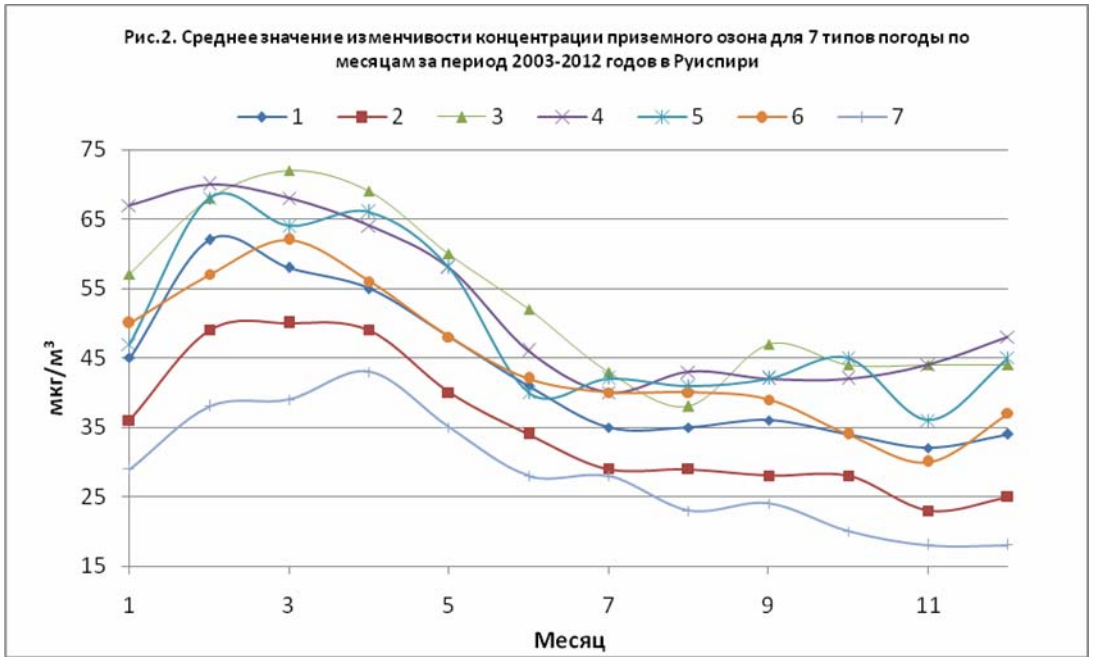
Результаты

Результаты работы представлены на рис. 1-4.

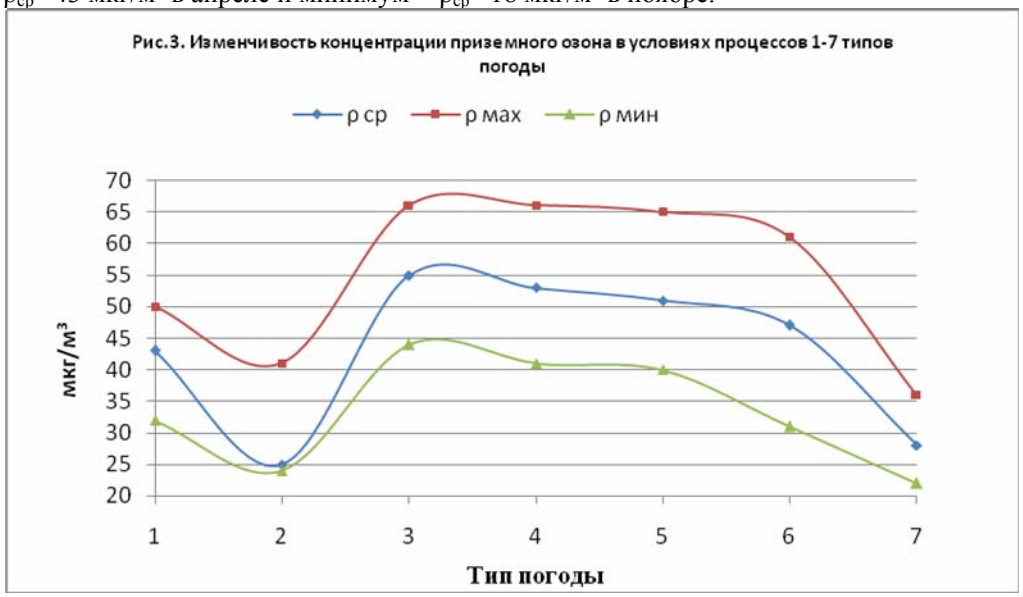


На рис. 1 представлена изменчивость средних суточных (9-23 ч.) значений КПО за период 2003-2012 годов для всех типов погоды в селе Руиспири. Как видно из рис.1, в условиях всех семи типов погоды изменчивость суточного значения КПО характеризуется максимумом в пределах 15-16 часов и минимумом в утренние и ночные часы. В условиях погоды первого типа КПО всегда выше, чем в условиях погоды второго типа. Основной причиной этого явления является высокая влажность воздуха при погоде второго типа, когда имеет место повышенный расход озона на окисление. При третьем типе погоды КПО всегда выше, чем при погоде четвертого типа. И в этом случае причиной низкого КПО является высокая влажность воздуха при погоде четвертого типа. Аналогичное соотношение наблюдается и в паре тип погоды 5 и тип погоды 6, что обусловлено высокой влажностью воздуха при погоде типа 6. КПО в условиях погоды типа 7 наименьшая по отношению ко всем остальным типам погоды. И в этом случае основным фактором является высокая влажность воздуха. Из всех рассмотренных типов погоды наибольшая величина КПО наблюдается в условиях погоды типа 3 и погоды типа 5. Причиной этого является высокая скорость ветра и связанные с этим турбулентные возмущения, во время которых имеет место перетекание озона из верхних слоев атмосферы. Кроме того, во время ветра влажность воздуха понижена и по сравнению с безоблачной, штилевой погодой расход озона понижен.

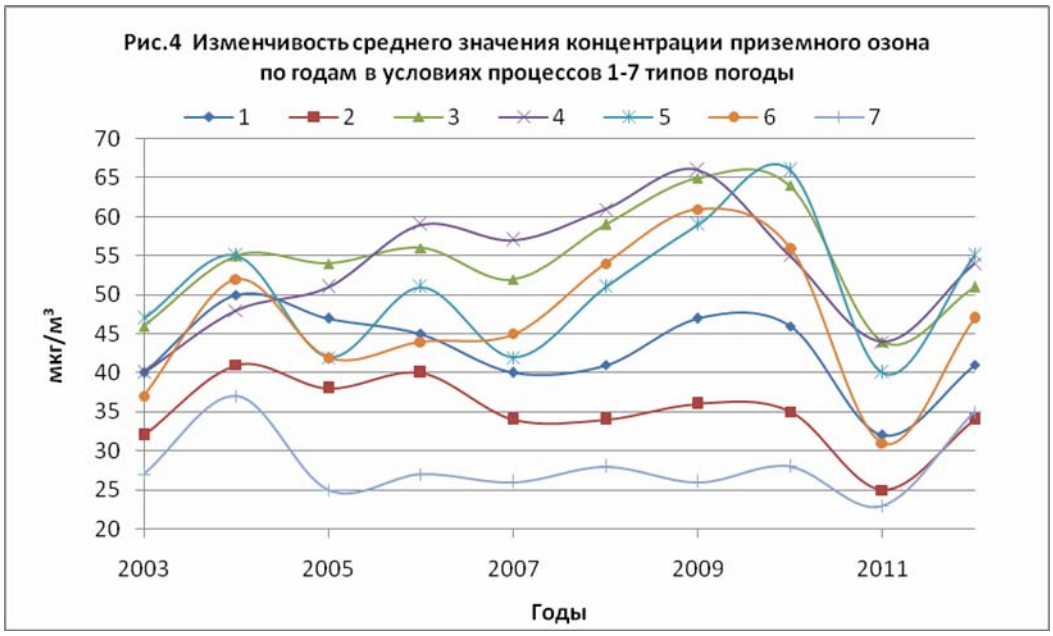
На рис.2 представлена годовая изменчивость средних значений КПО для всех семи типов погоды за период 2003-2012 годов в селе Руиспири. Как видно из рис.2, все семь типов



погоды характеризует годовой ход с максимумом в зимне-весенний период и минимумом в летне-осенний. И в этом случае, максимальное значение КПО наблюдается в условиях погоды типа 3 и погоды типа 5. Наибольшее значение КПО наблюдается в марте месяце при погоде типа 3, когда $\rho_{ср}$ =72 мкг/м^3. При погоде типа 5 максимум среднего значения КПО наблюдается в феврале и составляет $\rho_{ср}$ =68 мкг/м^3. Наименьшее значение КПО наблюдаются при погоде типа 7 и составляют: максимум $\rho_{ср}$ =43 мкг/м^3 в апреле и минимум - $\rho_{ср}$ =18 мкг/м^3 в ноябре.



На рис.3 представлены средние, максимальные и минимальные значения КПО для всех семи типов погоды за период 2003-2012 годов в селе Руиспири. Как видно из этого рисунка, концентрация приземного озона во время северо-западного переноса воздушных масс больше, чем при юго-восточном переносе. Причиной этого является то, что при северо-западном переносе воздушных масс скорость ветра выше и, соответственно, выше турбулентность (больше озона перемещается из верхних слоев), к тому же, при северо-западном переносе влажность воздуха ниже, чем при юго-восточном переносе. При этом при пониженной влажности расход озона также понижен.



На рис.4 представлена годовая изменчивость средних значений КПО для всех семи типов погоды по годам за период 2003-2012 годов в селе Руиспири. Высокие значения КПО наблюдаются в основном при погоде типа 3, типа 4, типа 5 и типа 6, то есть при процессах, при которых наблюдается ветер. Наибольшая величина среднего значения КПО наблюдалась в 2009 году для погоды типа 3 и типа 4 и в 2010 году для погоды типа 5, которая составила 66 мкг/м^3. В частности, при процессе 1-го типа погоды максимум среднего значения КПО наблюдался в 2004 году и составил 50 мкг/м^3, а минимум в 2011 году и составил 32 мкг/м^3. При процессе 2-го типа погоды максимум среднего значения КПО наблюдался в 2004 году и составил 41 мкг/м^3, а минимум в 2011 году и составил 25 мкг/м^3. при процессе 3-го типа погоды максимум среднего значения КПО наблюдался в 2009 году и составил 66 мкг/м^3, а минимум в 2011 году и составил 43 мкг/м^3. При процессе 4-го типа погоды максимум среднего значения КПО наблюдался также в 2009 году и составил 66 мкг/м^3, а минимум в 2003 году и составил 44 мкг/м^3. При процессе 5-го типа погоды максимум среднего значения КПО наблюдался в 2010 году и составил 66 мкг/м^3, а минимум в 2011 году и составил 40 мкг/м^3. При процессе 6-го типа погоды, также, как и при процессе 5-го типа погоды, максимум среднего значения КПО наблюдался в 2010 году и составил 55 мкг/м^3, а минимум в 2011 году и составил 31 мкг/м^3. При процессе 7-го типа погоды наибольшее среднее значение КПО наблюдалось в 2004 году и составило 37 мкг/м^3, а минимум в 2011 году и составил 22 мкг/м^3. Из рис.4 отчетливо видно, что изменчивость КПО по годам наиболее стабильна по 2008 год включительнопочти для всех семи типов погоды. Наибольшие изменения с 2009 года происходили при погоде типа 3, типа 4, типа 5 и типа 6, которые наверно были вызваны загрязнением окружающей среды

Заключение

Пользуясь данными за десятилетний срок непрерывных наблюдений, согласно полученным результатам имеется возможность при наличии достоверного прогноза погоды судить о предполагаемой величине КПО данного региона как в определенные дни, так и по месяцам, что имеет большое практическое значение для сельского хозяйства и населения.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. – Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам, Москва, МГК, 1988, 114 с.
2. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. - Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере. Мецниереба, Тбилиси, 1991, 113 с.
3. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci., ISSN 1512-1135, vol. LIX, 2005, 128 p.
4. თავართქილაძე კ., ბეგალიშვილი ნ., ხარჩილავა ჯ., მუმლაძე დ., ამირანაშვილი ა., ვაჩნაძე ჯ., შენგელია ი., ამირანაშვილი ვ. – ჰავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. ჰავის განსაზღვრული ზოგიერთი პარამეტრის რეჟიმი და მისი ცვალებადობა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია, თბილისი, ISBN 99928–885–4.7, მონოგრაფია, 2006, 177 გვ.

5. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. - ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტომი 63, თბილისი, 2012, 160 გვ.
6. Чихладзе В.А. - Результаты исследований вариаций концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, том 58, 2004, с. 182-186.
7. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Kharchilava J., Kartvelishvili L. - The Statistical Analysis of Average Seasonal, Semi-Annual and Annual Values of Surface Ozone Concentration in Tbilisi in 1984-2003. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 12B, Tbilisi, 2008, pp. 45–48.
8. Харчилава Дж.Ф. - Исследование изменчивости концентрации приземного озона при разных погодных условиях в двух различных – экологически чистой и загрязненной точках г. Тбилиси. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том 60, Тбилиси, 2008, с.263-269.
9. Чихладзе В.А. - Анализ изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики, т.60, 2008, Тбилиси, 2008, с. 295 - 305.
10. Чихладзе В.А. - Изменчивость среднегодовых, полугодовых, сезонных и месячных значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики, т.60, Тбилиси, 2008, с. 306-313.
11. Харчилава Дж.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М. – Анализ корреляционных связей концентрации приземного озона (КПО) в 15 часов со средними значениям КПО различного временного осреднения по дневным данным. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том 61, Тбилиси, 2009, с.201-207.
12. ХарчилаваД.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П. – Особенности изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2012 гг. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 100-103.
13. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А. – Некоторые результаты исследований концентрации приземного озона в Руиспири и Тбилиси в 2002 году. Сб. докл. 3-ей Межд. Конф. “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”, Кисловодск, 21-24 апреля 2003, с. 37-38.
14. Харчилава Дж.Ф. – Изменчивость концентрации приземного озона в городских и сельских условиях в зависимости от сезона и погодных условий. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том 60, Тбилиси, 2008, с.270-276.
15. Amiranashvili A., Kharchilava J., Chikhladze V. – Statistical Characteristics of Surface Ozone Concentration in Ruispiri in 2006-2009. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 55–64.
16. Харчилава Дж.Ф., Кекенадзе Э., Багашвили Н. – Суточная и годовая изменчивость концентрации приземного озона в селе Руиспири в условиях различной погоды. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том 61, Тбилиси, 2009, с.195-200.

მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ვარიაციების გამოკვლევა ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში

ხარჩილავა ჯ., ბაგაშვილი ნ., ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

ჩატარებულია მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის (მოკ) ცვალებადობის გამოკვლევა ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში სოფელ რუისპირის მაგალითზე სხვადასხვა ამინდის პირობებში. განხილული იქნა მოკ-ის დღე-ღამური (9-23 საათი) ვარიაციები შვიდი ტიპის ამინდისთვის. დადგენილია, რომ შვიდივე ტიპის ამინდის პირობებში მოკ-ის დღეღამურ ვარიაციებს ახასიათებს მაქსიმალური მნიშვნელობები 15-16 საათის ფარგლებში, ხოლო მინიმალური - დილით და ღამით. მინდის შვიდივე ტიპის მოკ-ს ახასიათებს სეზონური ცვალწებადობა მაქსიმუმით გაზაფხულზე და მინიმუმით შემოდგომაზე.

STUDY OF VARIATIONS OF SURFACE OZONE CONCENTRATION IN THE ECOLOGICALLY CLEAN ENVIRONMENT

Kharchilava J., Bagashvili N., Chikhladze V.

Resume

Study of variations of surface ozone concentration (SOC) in the ecologically clean environment based on the example to Ruispiri under the conditions of different weather is carried out. Daily (9-23 hours) variations of SOC for 7 weather types are examined. It is established that for all seven weather types the daily variations of SOC are characterized by the maximum in 15-16 hours and the minimum in the morning and night hours. All seven weather types are characterized by the seasonal changeability with the maximum in spring and the minimum in autumn.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ СРЕДЕ

Харчилава Дж., Багашвили Н., Чихладзе В.

Резюме

Проведено исследование вариаций концентрации приземного озона (КПО) в экологически чистой среде на примере Руиспири в условиях различной погоды. РассмотреныGсуточные (9-23 часа) вариации КПО для 7 типов погоды. Установлено, что для всех семи типов погоды суточные вариации КПО характеризуются максимумом в 15-16 часов и минимумом в утренние и ночные часы. Все семь типов погоды характеризуются сезонной изменчивостью с максимумом весной и минимумом осенью.

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

Ватиашвили М.Р.[*], Хоргуани Ф.А.[**]

[*]НОУ ВПО «Ставропольский институт имени В.Д Чурсина», Россия
[**]Высокогорный геофизический институт, Нальчик, КБР, Россия

1.Явления, наблюдаемые на поверхности Солнца с определенной периодичностью (от 7 до 17, составляя в среднем 11,1 лет), получили название циклы солнечной активности. Они количественно оцениваются числом Вольфа (W), являющимся самым репрезентативным параметром солнечной активностиW=k(f+10g).Здесь k≈1 – коэффициент пропорциональности, зависящий от разрешающей способности телескопа; f – общее число пятен на Солнце, g - число областей, содержащих группы пятен и/или отдельные изолированные пятна(значения W в максимумах солнечной активности у разных 11-летних циклов может существенно отличаться друг от друга).Исследования, выполненные в XX - XXI веке, свидетельствуют о том, что циклы солнечной активности прямо или косвенно влияют на частоту изменения: эпидемий и эпизоотий; социальных условий; общей циркуляции атмосферы и климата.В основу физических принципов воздействия циклов солнечной активности на общую циркуляцию атмосферы и климат земли положено множество гипотез, наиболее правдоподобными из которых являются: гипотеза, связывающая перемены климата с изменением общего потока солнечного излучения; гипотеза, объясняющая эффект изменения облачности в земной атмосфере за счет поступающих заряженных частиц в ионосфере Земли (на высоте 10 километров происходит дополнительная ионизация и конденсация водяного пара, меняются облачность, направление воздушных потоков и климат).

Целью работы является оценка влияния временного векового ряда(тренда)и циклов солнечной активности на урожайность озимой пшеницы Ставропольского края.

2.Для оценки влияния солнечной активности на урожайность озимой пшеницы Ставропольского края привлекались средние сезонные суммы числа Вольфа за период 1870 – 1985гг.Расчеты статистических характеристик проводились с помощью[3] и «Microsoft Office Exsel 2007».

3. На урожайность сельскохозяйственных культур и валовых сборов существенно сказывается совокупное влияние физико-географических,природных, климатических, агротехнических и экономических факторов [1,2,4 - 6] а также деятельность микроорганизмов в почве, без учета которой невозможно понять процессы, протекающие в ней при различных значениях солнечной активности.Колебания урожайности и валовых сборов зерна проявляются в отдельных экономических краях и областях страны и определяются агрометеорологическими условиями каждого конкретного региона и года - главным образом тепло-и влагообеспеченностью растений [4,5]. Если в основных зерновых регионах страны тепла бывает достаточно, то 70% этих территории, как правило, находятся в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. Поэтому влага в почве, источником накопления которой являются атмосферные осадки, выступает в качестве лимитирующего фактора получения высоких и устойчивых урожаев. Требования к влаге у озимой пшеницы в Ставропольском крае в различные периоды вегетации различны [1].Для оценки урожайности озимой пшеницы,исходя из физических соображений и анализа условий, влияющих на вегетацию озимой пшеницы от момента сева до ее уборки, рассчитаны сезонные суммы числа Вольфа в широком интервале их значений. Трехмесячные сезонные суммы числа Вольфа предыдущего года ∑w(10 -12) это - октябрь - ноябрь – период сева, всходов и кущения, декабрь – период прекращения вегетации, накопление продуктивной влаги в пахотном и корнеобитаемом слоях за счет выпадения жидких осадков и снега. Шестимесячные сезонные суммы числа Вольфа текущего года ∑w(1÷6) это – январь – март - период накопления продуктивной влаги в пахотном и корнеобитаемом слоях за счет выпадения снега, апрель- июнь – период выхода в трубку, колошения,

цветения, достижения молочно-восковой спелости.Трехмесячные сезонные суммы числа Вольфа текущего года ∑w(7÷9) это – июль – сентябрь – период уборки урожая и проведения агротехнических мероприятий.Двухмесячные сезонные суммы числа Вольфа текущего года∑ w(5 ÷6) это - май – июнь –период накопления продуктивной влаги в пахотном и корнеобитаемом слоях за счет выпадения летних осадков и период от выхода в трубку до молочной спелости.Девятимесячные сезонные суммы числа Вольфа ∑w(10÷12)+(1÷6) – это октябрь – ноябрь предыдущего года плюс январь – июнь текущего года – периоды, полностью характеризующие вегетационный процесс озимой пшеницы от момента сева до ее уборки.

4.Анализ материалов.

4.1.В табл.1 представлены статистические характеристики сезонных сумм числа Вольфа, среднегодовой урожайности озимой пшеницы и тренд Ставропольского края за исследуемый период года.Из анализа этой таблицы видно, что средние значения сезонных сумм числа Вольфа меняются от 161 до 495, 4. Отличаются друг от друга и их статистические характеристики (D, σ и V).

Для статистической оценки существенности различия между средними значениями девятимесячных, шестимесячных трехмесячных и двухмесячных сезонных сумм числа Вольфа привлекались следующие критерии: $z_{кр}$, $Z_{набл}$ и гипотезы, приведенные в табл.2 и в [3].

Таблица 1 – Статистические характеристики (максимальные, минимальные и средние значения, D – дисперсии, σ – среднеквадратические отклонения, V – вариации) сезонных сумм числа Вольфа (W), тренда (t) и среднегодовой урожайности озимой пшеницы (У) Ставропольского края за период 1970 – 1985гг.

Параметры	Статистическиехарактеристики						Число случаев
	Макс.	Мин.	Средн..	D	σ	V%	
$\sum W_{(10-12)}$	704,1	3,9	161	19600	140	87	116
$\sum W_{(1-6)}$	1101,	6,6	331	71318,1	267	80,9	116
$\sum W_{(7-9)}$	592,8	2,3	171	20560,7	143,4	83,8	116
$\sum W_{(5-6)}$	365,3	0	113,2	8821,8	93,9	83	116
$\sum W_{(10-12)+(1-6)}$	1805	18,7	495,4	160000	400	81	116
У, ц/га	27,6	0,9	9,24	34,77	5,9	63,8	116
t, год	1985	1870	1927	462417	680	35.3	116

Из анализа материалов, изложенных в табл.1 и табл.2 следует, что, при двустороннем уровне значимости α = 0,05 и $z_{кр}$ = 1,6 = const, чем больше разность между сравниваемыми средними значениями анализируемых параметров, тем больше значение $Z_{набл}$, и тем существеннее расхождение между ними.Например, разность между средними значениями параметров: ∑W(10-12)+(1-6) и ∑W(5-6) в точке их пересечения составляет 382,2 при $Z_{набл}$ = 10; а разность между средними значениями параметров ∑W(1-6) и ∑W(5-6) в точке их пересечения - 217,8 при $Z_{набл}$ = 8,3 и т.д.;

4.2. Для объективной оценки корреляционных связей между параметрами ∑w(10÷12)+(1÷6) и t, У и t, ∑w(10÷12)+(1÷6) иУ строились уравнения регрессии; рассчитывались коэффициенты корреляции (r), детерминации (R^2) и их доверительные интервалы (Δr); оценивалось значение случайной величины ($T_{набл}$), характеризующее значимость выборочного коэффициента корреляции, а из таблицы распределения Стьюдента при уровне значимости α =0,05 и числе степеней свободы к = n - 2 = 116 - 2 = 114 - значение критической точки $t_{кр}$ (0,05;114) =1,98 двусторонней критической области $t_{кр}$ (α;k); оценивались погрешности уравнений прямолинейной и полиномиальной регрессии δ.

Таблица 2 – Оценка различия между средними сезонными суммами числа Вольфа ∑Wi с известными дисперсиями при двустороннем уровне значимости α = 0.05, $z_{кр}$ = 1,6 и $Z_{набл}$ за период 1870-1985 г.г.

Стат.характе-ристики	Параметры				
	$\sum W_{(10-12)}$	$\sum W_{(1-6)}$	$\sum W_{(7-9)}$	$\sum W_{(5-6)}$	$W_{(10-12)+(1-6)}$

$\sum W_{(10-12)}$	(-)	$Z_{набл}$=6,1(+)	$Z_{набл}$=0,5 (-)	$Z_{набл}$=3,0 +)	$Z_{набл}$=8,5 (+)
$\sum W_{(1-6)}$		(-)	$Z_{набл}$=5,7 (+)	$Z_{набл}$=8,3 (+)	$Z_{набл}$=3,7 (+)
$\sum W_{(7-9)}$			(-)	$Z_{набл}$=3.1(+)	$Z_{набл}$=8,2 (+)
$\sum W_{(5-6)}$				(-)	$Z_{набл}$=10 (+)
$\sum W_{(10-12)+(1-6)}$					(-)
Примечание. При α = 0.05 и $z_{кр}$ = 1,6 <$Z_{набл}$ нулевая гипотеза о различии между средними отвергается и в таблице после значения $Z_{набл}$ ставится знак (+), а при α = 0.05 и $z_{кр}$ = 1,6 <$Z_{набл}$ нулевая гипотеза принимается и в таблице после значения $Z_{набл}$ ставится знак (+).					

Результаты представлены в табл.3, из которой следует, что чем больше значение коэффициента детерминации (R^2), тем лучше найденные линии прямолинейной и полиномиальной регрессии, следовательно, и информативность исследуемых параметров.

Таблица 3 – Зависимость сезонных сумм числа Вольфа за различные периоды года от времени с привлечением прямолинейных и полиномиальных уравнений регрессии за период 1870 – 1985гг.

Уравнения прямолинейной и криволинейной регрессии	R^2	r	$\Delta r_г$	$T_{набл.}$	$\Delta\tau$	δ,
$\sum W_{(1\div6)} = 0{,}0438t^2 - 166{,}4t + 156352$ 1	0,1175 0,0902	0,343 0,3	0,097 0,047	3,92 3,36	>0; (+) >0; (+)	250 254
$\sum W_{(7\div9)} = 0{,}01447t^2 - 55{,}504t + 52460$ $\sum W_{(7\div9)} = 1{,}231t - 2201{,}4$	0,094 0,0834	0,307 0,289	0,055 0,559 0,034	3,44 3,22	>0; (+) >0; (+)	136 137
$\sum W_{(10\div12)} = 0{,}0148t^2 - 55{,}87t + 5279$ =1,248t-2244,4	0,1009 0,0896	0,318 0,299	0,068 0,568 0,045 0,553	3,58 3,35	>0; (+) >0; (+)	133 134
$\sum W_{(3\div6)} = 0{,}0122t^2 - 46{,}368t + 43986$ $\sum W_{(3\div6)} = 0{,}83091t - 1488{,}4$	0,1057 0,0885	0,325 0,297	0,076 0,574 0,043 0,551	3,67 3,19	>0; (+) >0; (+)	89 90
0,0664 - 240264 $\sum W_{[(10\div12)+(1\div6)]} = 3{,}6099t - 6463{,}5$	0,1197 0,0918	0,346 0,303	0,101 + 0,59 0,556	3,94 3,42	>0; (+) >0; (+)	375 381

На рис. 1. представлены циклические вариации (тренды) девятимесячных сезонных сумм числа Вольфа и среднегодовой урожайности озимой пшеницы Ставропольского края за период 1870 – 1985гг. Видно, что с увеличением времени (t - число лет) отмечается тенденция увеличения значений этих параметров.Результатыоценок тесноты связи между параметрами ∑w(10÷12)+(1÷6) и t, У и t, характеризующейся коэффициентами корреляции (r) и детерминации (R^2) в уравнениях прямолинейной и полиномиальной регрессии, представлены на рис. 1 и в последней строке табл.3и табл.4.Значения R^2, характеризующие тесноту связи между параметрамиУ и t,, равнысоответственно 0,1197 и 0,1074

Таблица 4. Зависимость среднегодовой урожайности озимой пшеницы (У) Ставропольского края от сезонных сумм числа Вольфа за различные периоды года (∑Wi) с привлечением уравнений прямолинейной регрессии и их статистических характеристик за период 1870 – 1985г.г.

Уравнения регрессии	R^2	r	$\Delta r_г$	$T_{набл}$	$\Delta\tau$	δ, /га

$\gamma = 0{,}007\sum W_{1-6} + 6{,}9$	0,1038	0,322	0,071	3,63	>0; **(+)**	5,5
$\gamma = 0{,}012\sum W_{7-9} + 7{,}1$	0,0927	0,304	0,052	3,41	>0; **(+)**	5,6
$\gamma = 0{,}013\sum W_{10-12} + 7{,}2$	0,0931	0,305	0,052÷0,558	3,42	>0; **(+)**	5,6
$\gamma = 0{,}0188\sum W_{5-6} + 7{,}1$	0,0894	0,299	0,044	3,35	>0; **(+)**	5,6
$\gamma = 0{,}0048\sum \mathrm{W}_{10+12)+(1-6)} + 7{,}2$	0,1074	0,328	0,0 8	3,7	>0; **(+)**	5,6

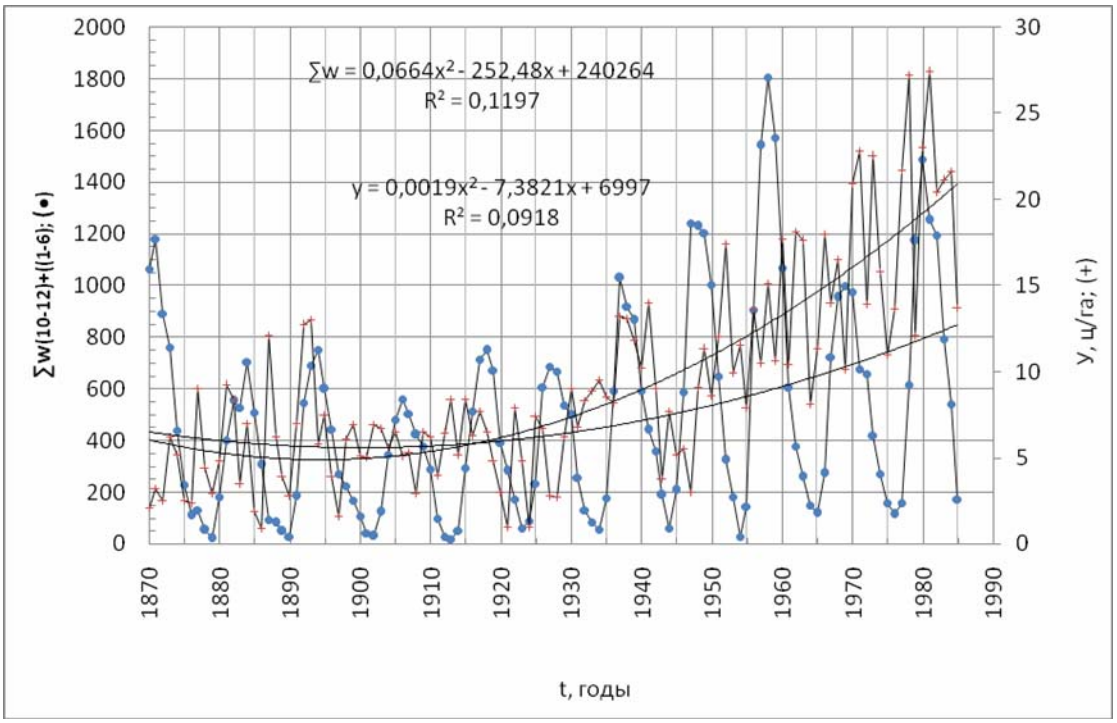


Рис.3. – Зависимость параметра ∑w(10÷12)+(1÷6) и У от t.

5. Выводы. Рассчитаны статистические характеристики и двух, трех, шести и девятимесячных сезонных сумм числа Вольфа и урожайности озимой пшеницы Ставропольского края. Выявлены наиболее информативные из них. Рассчитаны корреляционные связи между урожаем озимой пшеницы исезонных сумм числа Вольфа. Полученные результаты могут быть привлечены для уточнения существующих и разработки новых методов прогноза урожая с применением параметров солнечной активности.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Бадахова Г.Х., Экба Я.А. Агроклиматические ресурсы и режим осадков в Ставропольском крае.// Труды СФ ВГИ, 1993, вып.1, с.9-19
2. Ватиашвили М.Р., Кунаева Ф.А. Предотвращение гибели плодородного слоя поверхности почвы от пыльных бурь в засушливых и полузасушливых районах Южного федерального округа и Северного Кавказа. //Циклы природы и общества. Материалы XIX Международной научной конференции 15 – 16 декабря 2011 года.- Ставрополь, 2011, с. 182 – 187.

3. Гмурман В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1999, 480 с.
4. Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов средней областной (краевой) урожайности и валового сбора озимой пшеницы, яровой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы, картофеля, сахарной свеклы и подсолнечника черноземных районах европейской части РСФР / Под редакцией Е.С.Улановой.- М.: Изд. Гидрометцентра СССР. Ротапринт.1984. -117с.
5. Страшная А.И. Роль осадков в сельскохозяйственном производстве. // Доклады Всесоюзного семинара «Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков». М., Гидрометеоиздат, 1988, с. 11 - 14
6.Уланова Е.С. Агроклиматические условия и продуктивность зерновых культур. – Метеорология и гидрология1984, №5, с.95 – 100.

მზისაქტივობისციკლებისგავლენასაშემოდგომოხორბლისმოსავლიანობაზესტა ვროპოლისმხარეში

ვათიაშვილი მ., ხორგუანი ფ.

რეზიუმე

გამოთვლილია სტავროპოლის მხარეში საშემდგომო ხორბლის მოსავლიანობის და ვოლფის რიცხვი სორი, სამი, ექვსი და ცხრა თვიანი სეზონური ჯამების სტატისტიკური მახასიათებლები. გამოვლენილია მათგან ყველა ზეინფორმატიულები. გამოთვლილია კორელაციური კავშირები საშემდგომო ხორბლის მოსავლიანობასა და ვოლფის რიცხვის სეზონურ ჯამებს შორის. მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებული იქნას მზის აქტივობის პარამეტრების მოსაზიდად მოსავლის პროგნოზის არსებული მეთოდების დასაზუსტებლად და ახალი მეთოდების დასამუშავებლად.

INFLUENCE OF SOLAR CYCLES ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT IN STAVROPOL REGION

Vatiashvili M., Khorguani F.

Resume

The statistical characteristics of the productivity of winter wheat in Stavropol region and two, three, six and nine month seasonal sums of the Wolf number are calculated. Most informative of them are revealed. The correlations between the harvest of winter wheat and seasonal sumsof the Wolf number are calculated. The obtained results can be drawn for refining of those existing and development of the new methods of theforecast of harvest with the application of the parameters of solar activity.

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

Ватиашвили М.Р., Хоргуани Ф.А.

Резюме

Рассчитаны статистические характеристики урожайности озимой пшеницы в Ставропольском крае и двух, трех, шести и девятимесячных сезонных сумм числа Вольфа. Выявлены наиболее информативные из них. Рассчитаны корреляционные связи между урожаем озимой пшеницы и сезонных сумм числа Вольфа. Полученные результаты могут быть привлечены для уточнения существующих и разработки новых методов прогноза урожая с применением параметров солнечной активности.

მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომები
Материалы научной конференции Посвященный 80 – летию со дня основания Института геофизики
Reports, presented on the Scientific Conference "80 years of the M. Nodia Institute of Geophysics"

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЕЕ СРЕДНЕГЛОБАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Амиранашвили А.[*], Картвелишвили Л.[**],Трофименко Л.[***], Хуродзе Т.[****]

[*]*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили*
[**]*Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета*
[***]*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации— Мировой центр данных»*
[****]*Институт прикладной математики им. Н. Мусхелишвили Грузинского технического университета*

Введение

В последнее время особую актуальность приобрела проблема наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на Земле. Эта проблема имеет большое значение как для Грузии, с многообразием климатических зон на ее территории [1], так и для России, с разнообразием природно-климатических условий на ее обширной территории [2].

В наших последних исследованиях с использованием различных статистических моделей [3,4] были проведены оценки ожидаемых изменений температуры воздуха на ближайшие десятилетия в Тбилиси и других районах Грузии [5-7]. На основании 100-летнего (1907-2006 гг.) и 163-летнего (1850-2012 гг.) рядов наблюдений был проведен анализ динамики изменчивости среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге, с использованием 100-летнего ряда наблюдений оценено ожидаемое изменение температуры воздуха в этих городах до 2056 г. [8-10].

В частности было получено, что автокорреляция в рядах наблюдений с 1907 по 2006 гг. для Санкт-Петербурга проявляется в первых двух лагах (лаг = 1 году), а также в 11-ом и 14-ом лаге. Для Тбилиси автокорреляция в температурном ряде практически отсутствует. Пики периодичности для Тбилиси приходятся примерно на 20 и 5 лет, тогда как для Санкт-Петербурга – 14 и 8 лет [9]. В отличие от указанного 100-летнего ряда измерений, автокорреляция в 163-х летнем ряде наблюдений для Санкт-Петербурга проявляется в первых 11 лагах и в 14-ом лаге; в Тбилиси - в первых 6 лагах, а также в 8-ом и 9-ом лагах. Пики периодичности для Тбилиси приходятся примерно на 40, 23, 12, 5 и 4 лет, а для Санкт-Петербурга – 12, 8, 5 и 2 лет [10]. То есть имеется существенное несовпадение периодичности процессов в этих городах.

Прогнозирование изменений температуры воздуха для этих городов было проведено тремя методами: 1- линейная экстраполяция и ее доверительных интервалов; 2 – экстраполяция сглаженных функций и их доверительных интервалов с учетом двух периодичностей в ряде наблюдений; 3 - линейная экстраполяция и ее доверительных интервалов с учетом одной периодичности в ряде наблюдений [3,4]. Было показано, что реальный и прогностический процесс потепления в Санкт-Петербурге более интенсивный, чем в Тбилиси [9,10].

В данной работе, являющейся продолжением указанных исследований [9,10], представлен сравнительный анализ вековых вариаций температуры воздуха в Тбилиси, Санкт-Петербурге и ее среднеглобальных значений.

Используемые данные и методика исследования

Использованы данные Гидромет департамента Грузии (Тбилиси), Мирового Центра ВНИИ гидрометинформации (Санкт-Петербург) и NASA (глобальная температура воздуха - http://www.giss.nasa.gov).

Анализ данных (1907-2006 гг.) проводился с помощью статистических методов обработки динамических рядов наблюдений. Прогнозирование изменений температуры воздуха было проведено путем линейной экстраполяция данных измерений и их доверительных интервалов [3,4,8,9].

Аномалии температуры воздуха рассчитывались по отношению к их средним значениям с 1986 по 2005 гг. Ниже использованы следующие сокращения и обозначения: Тср. – среднегодовая температура воздуха; С.П. – Северное полушарие, С.Ш. – северная широта; Ниж., Вер. – соответственно 95%-й уровень нижнего и верхнего доверительного интервала; Тб. – Тбилиси; С-П – Санкт-Петербург.

Результаты

Результаты анализа представлены на рис. 1-2 и в табл. 1-2.

Как следует из рис. 1 автокорреляция в ряде среднеглобальной температуры воздуха наблюдается в первых 7-и лагах, против первых 2-х лагов, 11-го и 14-го лага для Санкт-Петербурга и отсутствие автокорреляции в рядах наблюдений для Тбилиси. Автокорреляция в ряде формальной средней температуры воздуха для Тбилиси и Санкт-Петербурга отмечается в первых 2-х лагах, 9-ом, 11-ом и 14-ом лаге. Расчеты показывают также, что автокорреляция в рядах среднеглобальной температуры воздуха для суши СП и зоны 24°-64° С.Ш. наблюдается соответственно в первых 7-и и 6-ти лагах.

Пик периодичности в ряде среднеглобальной температуры воздуха приходится примерно на 20 лет, против 5 и 20 лет для Тбилиси и 8 и 14 лет для Санкт-Петербурга. Пики периодичности в ряде формальной средней температуры воздуха для Тбилиси и Санкт-Петербурга приходятся на 5, 12.5 и 11 лет (рис. 2). По расчетам пики периодичности в рядах среднеглобальной температуры воздуха для суши СП и зоны 24°-64° С.Ш. приходятся на 20 лет.

Таким образом, осреднение данных многолетних наблюдений различных метеорологических станций без учета анализа автокорреляции и периодичности в рядах каждой из них может дать искаженное представление о динамике осредненного ряда наблюдений и значительные неопределенности при экстраполяции дальнейшей изменчивости этого ряда. Поэтому, статистическое прогнозирование глобальной температуры воздуха с учетом периодичности не будет корректным. Некоторое представление об изменчивости в будущем среднеглобальной температуры воздуха, на наш взгляд, может дать линейная интерполяция (хотя и с большим приближением). Отметим также, что исходя из вышеуказанного, к самому понятию «среднеглобальная температура воздуха» нужно относиться с осторожностью.

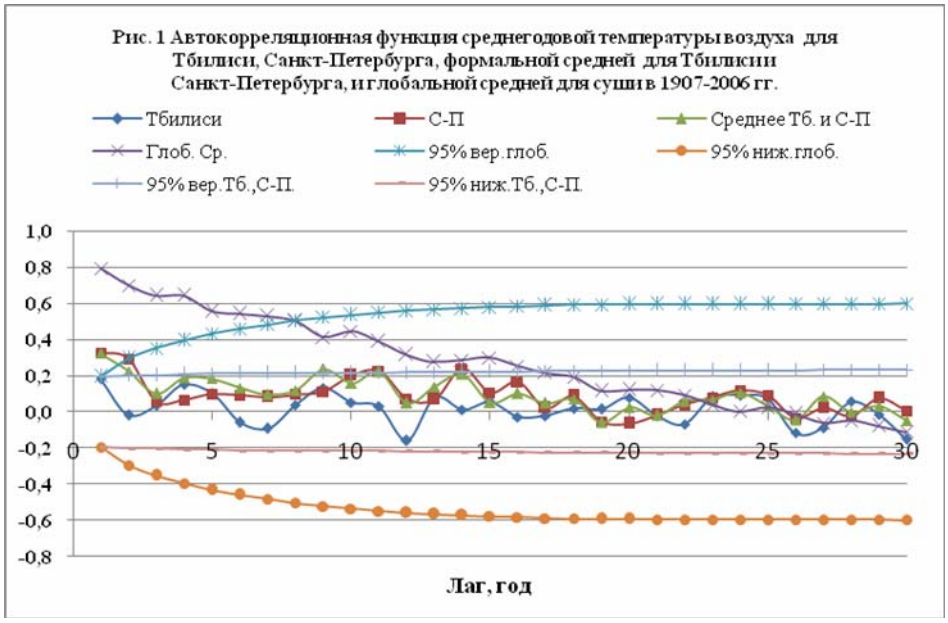


Рис. 1 Автокорреляционная функция среднегодовой температуры воздуха для Тбилиси, Санкт-Петербурга, формальной средней для Тбилиси и Санкт-Петербурга, и глобальной средней для суши в 1907-2006 гг.

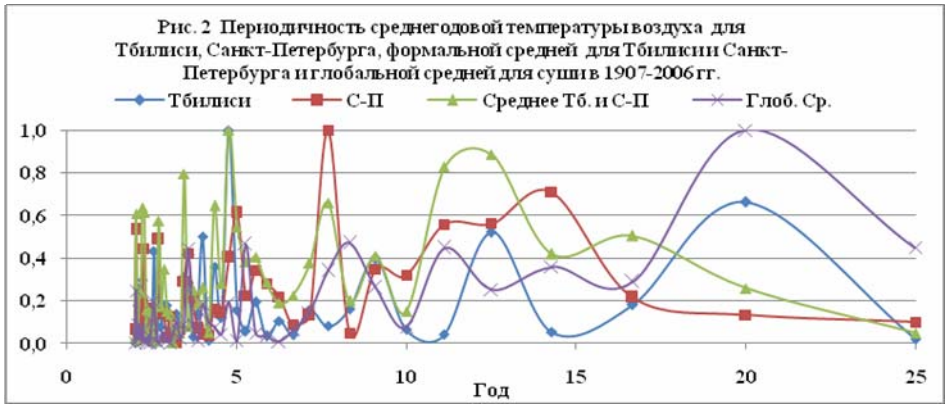


Рис. 2 Периодичность среднегодовой температуры воздуха для Тбилиси, Санкт-Петербурга, формальной средней для Тбилиси и Санкт-Петербурга и глобальной средней для суши в 1907-2006 гг.

В табл. 1 представлены данные об аномалиях температуры воздуха в 2025 и 2050 г.г. по сравнению с 1986-2005 гг. в Тбилиси, Санкт-Петербурге, на Земной суше, Земной суше в Северном полушарии и территории в зоне 24º-64º С.Ш., рассчитанные путем линейной экстраполяции данных. Для сравнения в табл. 2 представлены данные об изменение средней глобальной температуры воздуха для суши в 2046-2065 гг. по сравнению с 1986-2005 гг. в соответствие с различными сценариями [11].

Таблица 1

Аномалии температуры воздуха в 2025 и 2050 г.г. по сравнению с 1986-2005 гг. в Тбилиси, Санкт-Петербурге, на Земной суше, Земной суше в Северном полушарии и территории в зоне 24º-64º С.Ш. Линейная экстраполяция.

Год	2025			2050		
Пункты	Ниж.	Тср.	Вер.	Ниж.	Тср.	Вер.
Тбилиси	-1.2	0.1	1.4	-1.0	0.3	1.7
Санкт-Петербург	-1.9	0.3	2.4	-1.5	0.7	2.8
Глобальная суша	0.2	0.7	1.2	0.0	1.3	2.5
Глобальная суша С.П.	0.2	1.0	1.8	0.0	1.9	3.8
Зона 24°- 64° С.Ш.	0.4	1.2	2.0	0.0	2.2	4.3

Таблица 2

Изменение средней глобальной температуры воздуха для суши в 2046-2065 гг. по сравнению с 1986-2005 гг. в соответствие с различными сценариями [11].

Сценарий	Ниж.	Тср.	Вер.
RCP2.6	0.4	1.0	1.6
RCP4.5	0.9	1.4	2.0
RCP6.0	0.8	1.3	1.8
RCP8.5	1.4	2.0	2.6

Как следует из этих таблиц, рост температуры воздуха к 2050 г. в Тбилиси и Санкт-Петербурге ниже, чем средней глобальной температуры воздуха для суши в соответствие со всеми сценариями [11]. Рост средней глобальной температуры воздуха для суши, рассчитанный с помощью линейной экстраполяции (табл. 1), неплохо согласуется с прогностическими сценариями RCP4.5 и RCP6.0 (табл. 2).

Отметим, что в соответствие со вторым методом прогнозирования аномалия температуры воздуха в 2052-2056 гг. по отношению к 1986-2005 гг. в Тбилиси предположительно составит: -0.5 ºС с доверительным интервалом от -2.4 до 1.4 ºС, а в Санкт-Петербурге: -1.2 ºС с доверительным интервалом от -4.8 до 2.5 ºС. В соответствие с третьим методом прогнозирования аномалия температуры в 2052-2056 гг. в Тбилиси составит: 0.0 ºС с доверительным интервалом от -1.2 до 1.3 ºС, а в Санкт-Петербурге: 0.9 ºС с доверительным интервалом от -1.7 до 3.6 ºС [9]. Таким образом,

В дальнейшем предусмотрено исследование широтных особенностей периодичности временных рядов температуры воздуха. Отметим, что прогнозирование температуры воздуха лучше

проводить для отдельных пунктов, либо для осредненных данных метеостанций с одинаковыми динамическими характеристиками в рядах наблюдений (автокорреляция, периодичность и др.).

ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. თავართქილაძე კ., ბეგალიშვილი ნ., ხარჩილავა ჯ., მუმლაძე დ., ამირანაშვილი ა., ვაჩნაძე ჯ., შენგელია ი., ამირანაშვილი ვ. – ჰავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. ჰავის განსაზღვრული ზოგიერთი პარამეტრის რეჟიმი და მისი ცვალებადობა. მონოგრაფია, საქ. მეცნ. აკადემია, თბილისი, ISBN 99928–885–4.7, 2006, 177 გვ.
2. Груза Г. В., Мещерская А. В. (вед. авторы) – Изменения климата России за период инструментальных наблюдений. http://climate2008.igce.ru/v2008/v1/vI-3.pdf.
3. Ферстер Э., Ренц Б. - Методы корреляционного и регрессионного анализа. Москва, Финансы и статистика, 1983. 303 с.
4. Мхитарян В.С., Бамбаева Н.Я., Балинтова Д. - Компьютерные исследования временных рядов и взаимосвязи показателей с использованием пакета Mesosaur. Москва, МЭСИ, 1996, 80 с.
5. Таварткиладзе К.А., Амиранашвили А.Г. – Ожидаемые изменения температуры воздуха в г. Тбилиси. Тр. Ин-та гидрометеорологии, том № 115, ISSN 1512-0902, Тбилиси, 2008, с. 57–65.
6. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. - Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. Journal of Georgian Geophysical Soc., Iss. (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
7. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. - Climate Change in Georgia: Statistical and Nonlinear Dynamics Predictions. Journal of Georgian Geophysical Soc., Iss. (A), Physics of Solid Earth, vol. 15A, Tbilisi, 2011-2012, pp. 67-87.
8. Амиранашвили А., Картвелишвили Л., Хуродзе Т. - Об использовании некоторые статистических методов для прогнозирования долговременных изменений температуры воздуха (на примере города Тбилиси). Trans. of the Int. Sc. Conf. Dedicated to the 90th Anniversary of Georgian Technical University "Basic Paradigms in Science and Technology Development for the 21th Century", Tbilisi, Georgia, September 19-21, 2012, Part 2, ISBN 978-9941-20-098-4, Publishing House "Technical University", Tbilisi, 2012, pp. 331-338.
9. Амиранашвили А.Г., Картвелишвили Л.Г., Трофименко Л.Т., Хуродзе Т.В. – Статистическая оценка ожидаемых изменений температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге до 2056 года. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, том 119, Тбилиси, 2013, с. 58 - 62.
10. Амиранашвили А., Картвелишвили Л.,Трофименко Л., Хуродзе Т. - Статистическая структура среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 1850-2012 гг. Proc. of Int. Conf. "Modern Problems of Geography", Dedicated to the 80th Anniversary Since the Foundation of Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Collected Papers New Series, N 5(84), ISSN 2233-3347, Tbilisi, 2013, pp. 160-163.
11. **Stocker. T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.) – IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, 29 p.**

თბილისში და სანკტ-პეტერბურგში ჰაერის ტემპერატურის საუკუნოვანი ვარიაციების და მისი საშუალო გლობალური მნიშვნელობების შედარებითი ანალიზი

ამირანაშვილი ა., ქართველიშვილი ლ., ტროფიმენკო ლ., ხუროძე თ.

რეზიუმე

ჩატარებულია თბილისში და სანკტ-პეტერბურგში ჰაერის ტემპერატურის საუკუნოვანი ვარიაციების და მისი საშუალო გლობალური მნიშვნელობების შედარებითი ანალიზი. მიღებულია კერძოდ, რომ სხვადასხვა მეტეოროლოგიური სადგურების მრავალწლიური დაკვირვებების მონაცემების გასაშუალოება უნდა წარმოებდეს ავტოკორელაციების და მათ რიგებში ყველა პერიოდულობის ანალიზის გათვალისწინებით.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SECULAR VARIATIONS OF AIR TEMPERATURE IN TBILISI, ST.-PETERSBURG AND ITS MEAN GLOBAL VALUES

Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Trofimenko L., Khurodze T.

Resume

The comparative analysis of secular variations of air temperature in Tbilisi, St.-Petersburg and its mean global values is carried out. In particular it is obtained that the averaging of data of the long-term observations of different meteorological stations must be carried out taking into account the analysis of autocorrelation and periodicity in time-series of each of them.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЕЕ СРЕДНЕГЛОБАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Амиранашвили А., Картвелишвили Л.,Трофименко Л., Хуродзе Т.

Резюме

Проведен сравнительный анализ вековых вариаций температуры воздуха в Тбилиси, Санкт-Петербурге и ее среднеглобальных значений. В частности получено, что осреднение данных многолетних наблюдений различных метеорологических станций необходимо проводить с учетом анализа автокорреляции и периодичности в рядах каждой из них.

ИССЛЕДОВАНИЕГРАДООПАСНЫХ И ГРАДОВЫХ ЯЧЕЕК В ПЕРИОДЫ ПРОВЕДЕНИЯИ ОТСУТСТВИЯ ПРОТИВОГРАДОВОЙ ЗАЩИТЫ

Ватиашвили М.Р

НОУ ВПО «Ставропольский институт имени В.Д. Чурсина», Россия

1. Изучается влияние противоградовой защиты (ПГЗ) на изменение числа (n) и интенсивности развития градоопасных и градовых ячеек – объектов воздействия (ОВ)I – IV категории. ПГЗ, проводилась с помощью метода ускорения процесса осадкообразования в зоне формирования условий для зарождения и роста града и ракетного метода воздействия с применением кристаллизующего реагента[1].К градоопасным ячейкам относятся объекты воздействия (ОВ) I - II категории, градовым ячейками - ОВ III - IV категории.В основу критериев засева ОВ I – IV положены значения радиолокационных параметров, характеризующие степень градоопасности и отличия в операциях по воздействию[1,3]:

ОВ Iкатегории: $15<Z_m<35$ dDZи$\Delta H_m<4$ км;

ОВ II категории: $35\leq Z_m\leq 55$ dDZ и $\Delta H_{35}>2.5$ км;

ОВ III категории: $Z_m> 55$ dDZ и $\Delta H_{45}>3$ км;

ОВ IV категории: $Z_m>65$ dDZ и $\Delta H_{45}>4$ км.

Здесь: Z_m– максимальная радиолокационная отражаемость;ΔH_{Zm} – превышение высоты Z_m над уровнем изотермы 0^0C (воздействию подвергаются все ОВ II категории, если: при $H_0<2,5$км значение $\Delta H_{Zm}>0$ км; при $H_0 = 2,5\div3,5$ км значение $\Delta H_{Zm}>1$ км; при $H_0>3,5$ значение $\Delta H_{Zm}>2$км);H_{35} и ΔH_{45} – мощности переохлажденной части зоны повышенной радиолокационной отражаемости,ограниченные соответственно изолиниями радиолокационной отражаемости Z_{35} и Z_{45}.

2. В основу материала исследования положено число ОВ I – IV категории, наблюдаемое на защищаемой территории (ЗТ) Восточной Грузии(Кахети) в периоды проведения и отсутствия ПГЗ(соответственно апрель – октябрь месяцы1985 - 1999 и 1990 - 1992гг.). Общая площадь ЗТ достигала 1,2 млн. га, а культивированная площадь, то есть площадь, занятая сельскохозяйственными культурами - 707 тыс. га.

3. Для оценкивлияния ПГЗ на число ОВ I – IV категории применялся физико-статистический метод. Он включал в себярасчёт статистических характеристики распределений числа ОВ I – IV категории, наблюдаемых на ЗТв периоды проведения и отсутствия ПГЗ ($n_{макс}$,$n_{мин}$,$n_{ср}$,среднеквадратическое отклонение– σ, вариации – v и соответствующих имразностей – $\Delta n_{макс}$и т.д.);статистическую оценку существенности расхождения между среднимизначениями числаОВ I – IV категориии его распределениями в периоды проведения и отсутствия ПГЗ с применениемнепараметрических статистических методов U-критерия Манна-Уитни и D-критерия Колмогорова-Смирнова, не требующих знания вида распределения анализируемых параметров[4].Если, призаданных n и уровняхстатистической знαчимости α:$U_э \leq U_т$ и/или $U'_э\geq U'_т$, то нулевая гипотеза (H_0) отклоняется, то есть расхождения между средними значениями числа ОВ I – IV категории существенно, в противном случае, H_0 принимается (значения $U_э$и $U'_э$, $U_т$, и $U'_т$- рассчитаны по формулам, авзятым из таблиц [4].); $D_т<D_э$, то H_0 отклоняется,то есть расхождение между распределениями числа ОВ I – IV категории существенно, в противном случае H_0принимается[4].

4.В табл.1. представлены результаты распределения повторяемости среднего числа ОВ I – IV категории наблюдаемой на ЗТ Восточной Грузии в периоды проведения и отсутствия ПГЗ.Изанализа этой таблицы следует, чточисло ОВ I – IV категории:

-в периоды проведения ПГЗ и активных градобитий: колебалось от 803 (1989 г.) до 1831(1988 г.), составляя в среднем 1242; в 80% от всех взятых случаев оно превышало1000 исопровождалось 100%-ним ущербом сельскохозяйственных культурот града на значительных площадях; в 1985 и 1987гг. составило соответственно 1093 и 1424 и сопровождалось 100%-ним повреждением от града сельскохозяйственных культур на площади 7,7 и 23 тыс. га;

- в период отсутствия ПГЗ колебалось от176 (1992г.) до 637 (1990 г.), составляя в среднем 465; в 100% случаев не превышало 637; в 1992 г. составило 176 и сопровождалось 100%-ним повреждением сельскохозяйственных культур от града на площади 5,5 тыс. га.

Таблица 1

Распределение повторяемости % (n) числа ОВ I – IV категории на ЗТ Восточной Грузии в периоды проведения и отсутствия ПГЗ (в скобках - число случаев)

Год	Площадь тыс. га		Категория ОВ				
	Общая	Культивированная	I	II	III	IV	I – IV
Период проведения ПГЗ							
1985	1200	707	21,4(234)	60,0(656)	15,5(169)	3,1 (34)	100(1093)
1986	1200	707	19,1(202)	65,6(692)	13,3(140)	2,0(21)	100(1055)
1987	1200	707	31,3(446)	61,1(869)	5,8 (83)	1,8(26)	100(1424)
1988	1200	707	17,2(315)	65,9(1205)	15,8(290)	1,1(21)	100(1831)
1989	1200	707	18,2(146)	50,7(407)	28,3(227)	2,8(23)	100(803)
Среднее			21,7(269)	61,9(766)	14,7(182)	1,7(25)	100(1242)
Период отсутствия ПГЗ							
1990	1200	707	13,7(87)	61,7(393)	19,9(127)	4,7(30)	100(637)
1991	1200	707	11,0(64)	52,1(302)	26,6(154)	10,3(60)	100(580)
1992	1200	707	4,6(8)	42,6(75)	52,8(93)	0(0)	100(176)
Среднее			11,4(53)	55,3(257)	26,9(125)	6,4(30)	100(465)

Результаты статистической оценки влияния ПГЗ на число ОВ I – IV категориипредставлены в табл. 2. Из этой таблицы следует, что: значения статистических характеристик числа ОВ I, II, III, IV и I – IV категории в период проведения ПГЗ, как правило, больше таковых, наблюдаемых в период ее отсутствия, а разности между этими средними соответственно равны -216, -509, -57, 5 и -773. Таким образом, с увеличением абсолютной разности между средними значениями чисел ОВ I, II, III и I – IV категории, наблюдаемых в периоды проведения и отсутствия ПГЗ, увеличивается степень статистической значимости между ними.При уровне значимости α=0,05 (критерий двусторонний) и числе лет n_1=5 и n_2=3 расхождение между средними значениями чисел,наблюдаемых в периоды проведения и отсутствия ПГЗ:в ОВ I, II и I–IV категории становится существенным (H_0отвергается), так как $U_э$=0=$U_т$=0 и/или $U'_Э$= 15=$U'_т$=15;в ОВ III категориистановится несущественным (H_0 принимается), так как $U_э$= 4 > $U_т$=0 и/или $U'_Э$= 11<$U_т$'=15; в ОВ IV категории становится несущественным (H_0 принимается), так как $U_Э$ = 6> $U_т$ = 0 и/или $U'_Э$ =9 <$U'_т$=15 (табл.2).

5.С целью оценки влияния кристаллизующего реагента на эффективность ПГЗ сопоставлялись между собой распределения среднего числа ОВ I – IV категории на ЗТВосточной Грузии в периоды ее проведения и отсутствия (табл. 3.). Анализ ‘этой таблицы показывает, что на ЗТ в период отсутствия ПГЗ, по сравнению с периодом еепроведения, отмечается: уменьшение повторяемости числа ОВ I и II категории на 10,3 и 6,4 % и увеличение на 12,3 и 4,4% таковых в ОВ III и IV категории. Этот факт свидетельствует о том, что при отсутствии ПГЗ в ОВ I и II категории создаютсяблагоприятные условия для перехода их в ОВ III и IV категории (увеличивается интенсивность их развития), сопровождающихся со значительным ущербом от града сельскохозяйственных культур.Таким образом, для повышения физической эффективности ПГЗ воздействие на градоопасные облака следует начинать на ранней стадии их развития, если Z_m, в соответствии раздела 1, расположена выше уровня H_0.

Таблица 2

Распределение статистических характеристик числа ОВ I – IV категории (n), наблюдаемых на ЗТ Восточной Грузии в периоды проведения (числитель) и отсутствия (знаменатель) (n - число случаев)

Категория ОВ	Статистические характеристики										Оценка
	$n_{макс}$	$\Delta n_{мак}$	$n_{мин}$	$\Delta n_{мин}$	$n_{ср}$	$\Delta n_{ср}$	σ_n	$\Delta\sigma_n$	v_n	Δv_n	$U_Э \leq U_т$ $U'_Э \geq U'_т$)
I	446 87	-359	146 8	-138	269 53	-216	102 33	-69	0,37 0,63	0,26	0=0 15=15 «+»
II	1205 393	-812	407 75	-332	766 257	-509	264 134	-130	0,34 0,52	018	0=0 15=15 «+»
III	290	-136	83	10	182	-57	71	-46	0,39	0,19	4>0

	154		93		125		25		0,20		11<15 «-»
IV	34 60	26	21 0	-21	25 30	5	5 24	19	0,19 0,82	0,63	6>0 9<15 «-»
I – IV	1424 637	-787	803 176	-627	1242 465	-773	353 205	-148	0,28 044	0,16	0=0 15=15 «+»

Для выявления существенности расхождения в распределениях числа ОВ I - IV категории, наблюдаемых в периоды проведения и отсутствия ПГЗ, были рассчитаны их повторяемости, накопленные частоты и разности между ними (табл.3). Нормирование проводилось относительно числа случаев, наблюдаемых в период отсутствия ПГЗ. При n=465 и α=0,05 (критерий двусторонний) значение критерия Колмогорова-Смирнова, рассчитанное по формуле D [3],составило $D_т$=0,063. В то же время экспериментальное максимальное значение разности критерия Колмогорова-Смирнова, рассчитанное согласно табл. 3, составило $D_э$=0,167. Так как $D_т$=0,63<D=0,167, то H_0 отвергается. Следовательно, отклонение между распределениями числа ОВ I- IV категории, наблюдаемое на ЗТ в периоды проведения и отсутствия ПГЗ, является существенным.

В табл.4 представлены результатывероятности перехода ОВ заданной категории в более высокиекатегории в периоды проведения и отсутствия ПГЗ. Например: вероятность перехода:ОВ I категории во II, III и IV категории; ОВ II категориив III и IV категории;ОВ III категории в IVкатегорию.

В период проведения ПГЗ (числитель), согласно табл.4, из 542 ОВ I категории 49,8 % распадаются, оставшийся 50,2% ОВ I категории переходят в ОВ II категории, из которых 46,7 % распадаются; оставшийся 3,5% ОВ II категории переходят в ОВ III категории, из которых 3,3 % распадаются, оставшийся 0,2% переходят ОВ IVкатегории. В период отсутствия ПГЗ (знаменатель) из 165 ОВ I категории 32,1%распадаются, оставшийся 67,9% ОВ I категории переходят в ОВ II категории, из которых 56,4% распадаются, оставшийся 11,5% ОВ II категории переходят в ОВ IIIкатегории, из которых 9,1 % распадаются,оставшийся 2,4%ОВ III категории переходят в ОВ IV категории.

Таблица 3

Распределение повторяемости в % (n), суммы накопленных частот Σ% (n)в виде десятичной дроби и соответствующих разностей числа ОВ I – IV категорииΔ, наблюдаемой на ЗТ Восточной Грузии в периоды проведения (числитель) и отсутствия (знаменатель) ПГЗ (в скобках n - число случаев)

Характеристика	Категории ОВ					Оценка
	I	II	III	IV	I-IV	
1	2	3	4	5	6	7
% (n)	21,7(269) 11,4(53)	61,7(766) 55,3(257)	14,6(182) 26,9(125)	2 (25) 6,4(30)	100(1242) 100(465)	- -
Δ % (n)	-10,3(-216)	-6,4(-509)	12,3(-57)	4,4(5)		
Σ% (n))	0,217(269) 0,114(53)	0,834(1035) 0,667(310)	0,98(1217) 0,936(435)	1(1242) 1(465)	- -	- -
Δ $D_э$	-0,103(-216)	-0,167(-725)	-0,044(-782)	0(-777)	-	0,063 0,167 «+»

Аналогичная картина наблюдается и при переходе заданного ОВ II категории в ОВ III, а затеми в ОВ IV категории и т.д.О степени различия между распределениями числа ОВ I, II, III и IV категории, переходящихиз заданной категории в более высокие, можно судить по критериям Колмогорова-Смирнова. Они приведенных в столбце «Оценка» табл. 4.Согласно этой таблицы расхождение между распределениями числа ОВ I категории, переходящих в периоды проведения и

отсутствия ПГЗ в ОВ II, III и IV категории, является статистически значимым (знак «+»), так как при n=53 и α=0,05 $D_т$= 0,106 < $D_э$=0,177. Существенно расхождение и между распределениями числа ОВ II категории, переходящих в ОВ III и IV категории, так как при n=164 и α=0,05 $D_т$= 0,085 <$D_э$=0,169.(знак «+»).

Таблица 4

Вероятность % (n) перехода числа ОВ I – IV категории из заданной категории в более высокие, наблюдаемого на ЗТ Восточной Грузии в периоды проведения (числитель) и отсутствия (знаменатель) ПГЗ (в скобках n - число случаев)

ОВ заданной категор	ОВ, перешедшие из заданной категории в более высокие					Оценка
						$\frac{D_т}{D_э}$
	I	II	III	IV	I – IV	
I	49,8(269) 32,1(53)	46,7(254) 56,4(93)	3,3(18) 9,1(15)	0,2(1) 2,4(4)	100(542) 100(165)	0,106 0,177 «+»
II		80,2(512) 63,3 (164)	17,9(114) 31,3(81)	1,9(12) 5,4(14)	100(638) 100(259)	0,085 0,169 «+»
III			89,3(50) 74,4(29)	10,7(6) 25,6(10)	100(56) 100(39)	0,22 0,149 «-»
IV				6 2	100(6) 100(2)	- «-»

Статистически значимого различия между распределениями числа ОВ III категории, переходящихв ОВ IV категории в периоды проведения и отсутствия ПГЗ, не отмечено, так как при n=29 и α=0,05 $D_т$= 0,149< $D_э$ = 0,22 (знак «-»).

6. В заключении следует отметить, что ПГЗ, проводимая с помощью метода ускорения процесса осадкообразования в зоне формирования условий для зарождения и роста града и ракетного метода воздействия с применением кристаллизующего реагента, оказывает значимое влияние на число и интенсивность развития ОВ I, II, и I - IV категории. Оно проявляется в существенном изменении статистических характеристик (табл.1 и табл.2) и распределений(табл.3 и табл.4) числа ОВ I, II и I - IV категории,наблюдаемых на ЗТ Восточной Грузии в периоды проведения и отсутствия ПГЗ.Значимого различия между статистическими характеристиками (табл.1 и табл.2)и распределениями (табл.3 и табл. 4)числа ОВ III и IV категории, наблюдаемого на ЗТ Восточной Грузии в периоды проведения и отсутствия ПГЗ, не отмечено. Для достижения наибольшего физического эффекта воздействие необходимо начинать в ранней стадии формирования ОВI - II категории, если Z_m, в соответствии раздела 1, расположена выше уровня H_0.

Полученные результаты могут быть использованыдляуточнения старых и разработки новых методовПГЗ и искусственного увеличения осадков изоблаков и облачных систем; а также для планирования, проведении, оценки физической и экономической эффективности ПГЗ.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Абшаев М.Т.Активные воздействия на градовые процессы. – Руководящий документ. РД.52.37.596-98. М:1998.-32 с.

2.Ватиашвили М.Р. О совершенствовании методики засева градовых облаков. Доклады научно-практической конференции, посвященной 40-летиюначала производственных работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий. - Нальчик, 10 – 12 октября 2007. - Нальчик 2011. С,127 - 134

3.Ватиашвили М.Р. Уточнение критериев засева ОВ II категории. Доклады научно-практической конференции, посвященной 40-летиюначала производственных работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий. - Нальчик, 10 – 12октября 2007. - Нальчик 2011. С,314 - 320

4. РунионР. Справочник по непараметрической статистике: Современный подход,/ пер. с анг. Е.З Демиденко.- финансы и кредит. 1982.-198с

სეტყვასაშიშიდასეტყვიანიუჯრედებისკვლევასეტყვასაწინააღმდეგოდაცვის არსებობისდაარარსებობისპერიოდებში

ვათიაშვილი მ.

რეზიუმე

გამოკვლეულია სეტყვასაწინააღმდეგო დაცვის გავლენა I-IV კატეგორიების ზემოქმედების ობიექტების რიცხვზე. ნაჩვენებია მათი სტატისტიკური მახასიათებლების და განაწილების არსებითი განსხვავება სეტყვასაწინააღმდეგო დაცვის (სსდ) არსებობის და არარსებობის პერიოდებში. ნამუშევრის შედეგები შეიძლება იყოს გამოყენებული სსდ და ღრუბლებიდან და საღრუბლო სისტემებიდან ნალექების ხელოვნური გაზრდის არსებულის მეთოდების დასაზუსტებლად და ახლების დასამუშავებლად და აგრეთვე მათი ფიზიკური და ეკონომიური ეფექტურობის შესაფასებლად.

STUDY OF HAIL-DANGEROUS AND HAIL CELLS IN THE PERIODS OF CONDUCTING AND ABSENCE OF ANTI-HAIL PROTECTION

Vatiashvili M.

Resume

The influence of anti-hail protection on the number of objects of action by I - IV category is investigated. An essential difference between their statistical characteristics and distributions in the periods of conducting and absence of anti-hail protection (AHP) is shown. The results of work can be used for refining of those existing and development of new AHP methods and of artificial increase in the precipitations from the clouds and cloud systems, and also estimation of their physical and economic effectiveness.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАДООПАСНЫХ И ГРАДОВЫХ ЯЧЕЕК В ПЕРИОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ И ОТСУТСТВИЯ ПРОТИВОГРАДОВОЙ ЗАЩИТЫ

Ватиашвили М.Р.

Резюме

Исследуется влияние противоградовой защиты на число объектов воздействия I – IV категории. Показано существенное различие их статистических характеристик и распределений в периоды проведения и отсутствия противоградовой защиты (ПГЗ). Результаты работы могут быть использованы для уточнения существующих и разработки новых методов ПГЗ и искусственного увеличения осадков из облаков и облачных систем, а также оценки их физической и экономической эффективности.

О ВОЗОБНОВЛЕНИИ ПРОТИВОГРАДОВЫХ РАБОТ В ГРУЗИИ

Амиранашвили А.[1], Глонти Н.[1], Дзодзуашвили У.[2], Ломтадзе Дж.[2], Чихладзе В.[1]

[1]Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили
[2]Научно-технический центр «Дельта» им. А. Картвелишвили

Грузия является одной из градоопасных стран Мира. Поэтому проблеме града в этой стране посвящены многочисленные работы, охватывающая широкий спектр исследований, начиная от климатологии града [1-7], кончая механизмами его образования [8,9] и методами и результатами воздействия на градовые процессы [9-18].

Учитывая значительный экономический ущерб, приносимый градобитиями, в Грузии в начале пятидесятых годов прошлого столетия Институтом геофизики Грузинской Академии наук были начаты работы по борьбе с градом. Позднее к этим работам подключился Закавказский гидрометеорологический институт. В 1967 году для осуществления производственных работ по борьбе с градом на базе Алазанской противоградовой экспедиции Института геофизики была впервые в мире создана Военизированная служба борьбы с градом. В целом, крупномасштабные опытные, опытно-производственные и оперативные воздействия велись в 1960-1990 годах в районах Кахетии и Южной Грузии на общей площади около 1,2 млн га. Положительный эффект изменялся в интервале 20 - 95% со средним значением 75 - 85%. В отдельных случаях, когда воздействие проводилось на сверхмощные «суперячейковые» облака, эффект оказывался нулевым, т.е. отмечалось сильное градобитие [13,15-18].

Почти во всех работах использовались кристаллизующие реагенты (AgI, PbI_2), в одном районе воздействие велось комбинированным методом (AgI, NaCl). Для доставки реагента в облака главным образом использовались ракеты различных типов, реже артиллерийские снаряды, самолет. Рентабельность работ была достаточно высокой (от 1:3 до 1:5) [8,13-18].

Практические работы по активным воздействиям на атмосферные процессы в Грузии были прекрашены в конце 1989 года. В последствие Институтами геофизики и гидрометеорологии неоднократно ставился вопрос о восстановлении этих работ [17,18]. В настоящее время на фоне резкого роста стихийных бедствий и экономического ущерба от них, в том числе и градобитий, все чаще слышатся требования тружеников сельского хозяйства восстановить работу противоградовой службы. К этим требованием с пониманием отнеслось руководство страны. Летом 2013 года под эгидой научно-технического центра «Дельта» с участием Институтов геофизики и гидрометеорологии была создана Государственная комиссия для рассмотрения вопроса возобновления работ по активным воздействиям на опасные явления погоды. Было решено в первую очередь восстановить работы по борьбе с градом в Кахетии. В этом направлении уже сделаны определенные практические шаги, связанные, в частности, с подбором оптимальных средств воздействия, их размещения на территории этого региона и др. [19]. В указанных работах приняли участие коллеги из Болгарии [20-22].

Использование современных противоградовых ракет с отличными от ранее применявшихся параметрами, внесет определенные изменения как в расположении пунктов воздействия (ПВ), так и в методику воздействия. Выбор оптимального места расположения метеорадиолокатора (РЛС) даст возможность покрывать всю обрабатываемую территорию, а применение современной аппаратуры обеспечит надёжную бесперебойную связь, подбор оптимальной оценки градоопасности и метода воздействия на конкретное облако и возможность существенно сократить время реакции на возникающие градоопасные ситуации.

Ниже на рис. 1 приведена блок-схема одного из вариантов предполагаемой организации работ Службы борьбы с градом, основным элементом которой является командный пункт, на который завязаны группы локации, воздействия, связи и метеообеспечения.

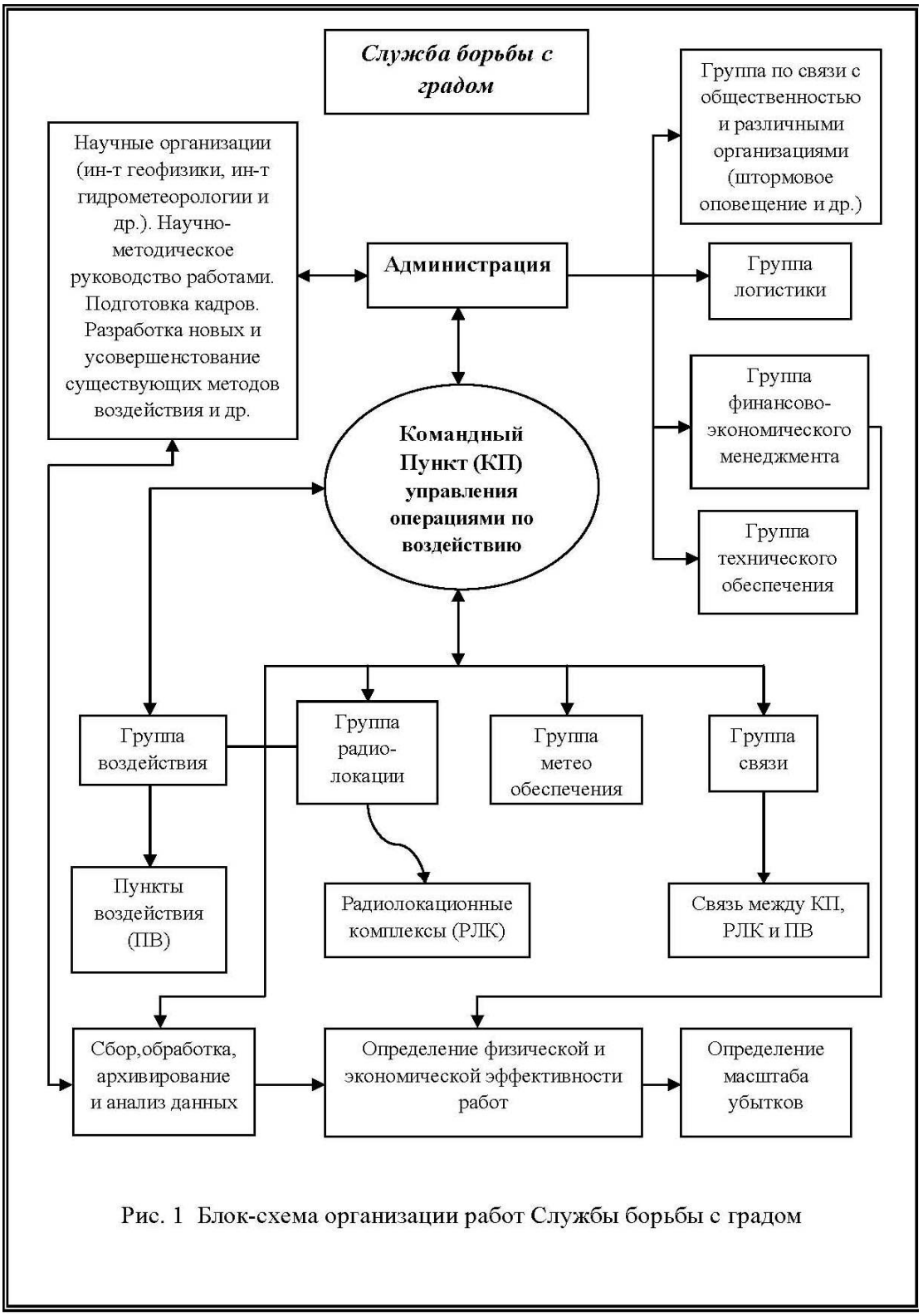


Рис. 1 Блок-схема организации работ Службы борьбы с градом

На начальном этапе предполагается задействовать один метеорадиолокатор. С увеличением масштабов работ число радиолокаторов увеличится. Информация с радиолокатора предположительно будет использована как в интересах противоградовой службы, так и в системе штормового предупреждения. Группа воздействия после анализа ситуации будет выдавать указания и команду на стрельбу соответствующим автономным автоматизированным пунктам ракетного воздействия. Задачи группы метеообеспечения – заблаговременное оповещение о предполагаемой погоде и выдача

данных о высоте нулевой изотермы, используемой для наводки ракет по вертикали. Группа связи обеспечивает бесперебойную связь всех групп системы друг с другом, а также с вышестоящими организациями. Вспомогательные группы, в частности логистики, финансово-экономического менеджмента и технического обслуживания обеспечивают устойчивую бесперебойную работу всей системы. Основной сферой деятельности группы по связи с общественностью будет разъяснительно-просветительская работа с населением, а также выдача соответствующей информации для государственных органов и заинтересованных лиц. Блок групп, связанных с обработкой информации, будет заниматься сбором и анализом радиолокациооных данных, определением физической и экономической эффективности работ и, в случаях градобития – независимым определением масштаба причиненного ущерба. Главное назначение научных организаций – подготовка и переподготовка кадров для службы борьбы с градом, научно-методическое руководство работами, усовершенствование существующей методики воздействия и разработка новых.

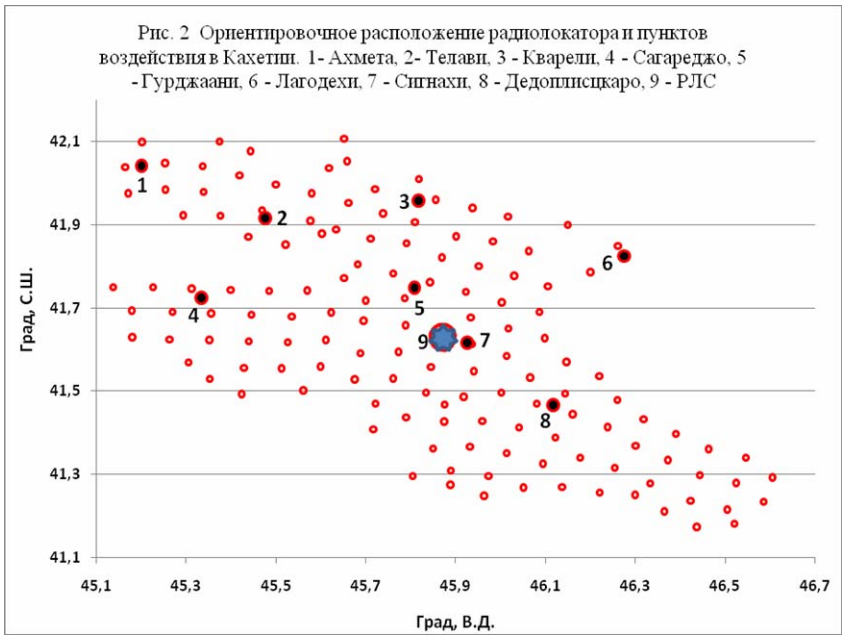


Рис. 2 Ориентировочное расположение радиолокатора и пунктов воздействия в Кахетии. 1- Ахмета, 2- Телави, 3 - Кварели, 4 - Сагареджо, 5 - Гурджаани, 6 - Лагодехи, 7 - Сигнахи, 8 - Дедоплисцкаро, 9 - РЛС

На рис. 2 представлена схема планируемого размещения радиолокационной станции (РЛС) и ракетных пунктов воздействия (ПВ) в Кахетии. Площадь защищаемой территории (ЗТ): 550000 – 600000 га. На данном этапе предполагается обеспечить работу центрального командного пункта (ЦКП) с РЛС ориентировочно в районе деревни Чотори Сигнахского района на высоте 1084 м над уровнем моря. Расстояние от РЛС до границ ЗТ – до 85 км. (при рабочая дальность РЛС должна быть не менее 150 км).

Предполагаемые высоты размещения ракетных площадок от 200 до 1800 м над уровнем моря. Ориентировочное расстояние между ПВ должно обеспечивать перекрывание любой точки ЗТ на высотах от нулевой изотермы до уровня -5-10 °С не менее, чем двумя ракетными пунктами. Средние декадные высоты нулевой изотермы в Кахетии в активный градовый период (середина апреля – конец октября) варьируют от 2100 до 4000 м над уровнем моря. Размещение и количество ПВ будет уточнено после окончательного учета различных местных факторов (запретные азимуты, подъездные дороги, безопасность населения и др.).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Гигинеишвили В.М. - Градобития в Восточной Грузии. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1960, 123 с.
2. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Doreuli R., Khurodze T., Kolesnikov Yu. - Some Characteristics of Hail Processes in the Kakheti Region of Georgia. Proc. 13th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Reno, Nevada, USA, August 14-18, vol.2, 2000, pp. 1085-1087.
3. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Торонджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. - Изменчивость числа дней с градом в Грузии в 1941-1990 гг. Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, ISSN 1512-1135, том 58, 2004, 127-132.

4. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Тороджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. - Некоторые статистические характеристики числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941-1990 гг. Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, т.58, 2004, с.133-141.
5. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Nodia A.G., Khurodze T.V., Toronjadze A.F., Bibilashvili T.N.- Spatial-Temporary Characteristics of Number of Days with a Hails in the Warm Period of Year in Georgia. Proc. 14th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy,18-23 July 2004, 2_2_215.1-2_2_215.2.
6. Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Хуродзе Т.В. – Статистические характеристики числа дней с градом в год в Грузии. Тр. Ин-та гидрометеорологии, т. № 115, ISSN 1512-0902, Тбилиси, 18-19 ноября, 2008, с. 427–433.
7. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. - Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf.
8. Бартишвили И.Т., Надибаидзе Г.А., Бегалишвили Н.А., Гудушаури Ш.Л. - К физическим основам метода ЗакНИГМИ борьбы с градом. Тр. ЗакНИГМИ, вып.67(73), 1978, с.73-82.
9. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. - Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере. Тбилиси, Мецниереба, 1991,113 с.
10. Гигинеишвили В.М., Ломинадзе В.П. - Некоторые вопросы организации градовой службы в Алазанской долине. Тр. ЗакНИГМИ, вып.16(22), 1964, с.93-97.
11. Карцивадзе А.И., Салуквадзе Т.Г., Лапинскас В.А. - Некоторые вопросы методики воздействия на градовые процессы с использованием противоградовой системы «Алазани». Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, т. 26, 1975, с.13-27.
12. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Chumburidze Z.A. – On the Role of Artificial Iceforming Reagents and Radioactive Intermixtures in the Variation of Convective Clouds Thunderstorm and Hail Activity, Proc. 12th Int. Conf. on Clouds and Pricipitation, Zurich, Switzerland, August 19-23, vol. 1, 1996, pp. 267-270.
13. ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., ბლიაძე თ., ნოდია ა., ჩიხლაძე ვ., ბახსოლიანი მ., ხუროძე თ. – კახეთში სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვალებადობის თავისებურებანი. საქ. მეცნ. აკად. ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი № 21, USSN 1512-1224, თბილისი, 2003, გვ. 58–79.
14. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T., Kartvelishvili L., Chumburidze Z., Mkurnalidze I., Chikhradze N. – Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions o Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. Bull. of the Georgian Acad. of Sciences, 172, N3, 2005, 484-486.
15. Амиранашвили А.Г. - Влияние антропогенного загрязнения атмосферы на изменчивость градовых процессов. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том. 64, Тбилиси, 2013, с.160-177.
16. სეტყვა და მასთან ბრძოლა, ჰიდრომეტპროცესებზე აქტიური ზემოქმედების სამსახურის 1967-1989 წწ. მუშაობის ძირითადი შედეგები, თბილისი, 1990,15 გვ.
17. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Берадзе Н.И., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Рухадзе Н.П. – О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии. Тр. Ин-та гидрометеорологии, ISSN 1512-0902, том 108, Тбилиси, 2002, с. 249-260.
18. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Читанава Р.Б. – О необходимости возобновления работ по искусственному регулированию атмосферных процессов в Грузии. Тр. Ин-та Гидрометеорологии ГТУ, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 144 - 152.
19. Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Чихладзе В.А. – Противоградовые ракеты типа земля-воздух. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том. 64, Тбилиси, 2013, с. 151–159.
20. Техническое описание противоградовой ракеты и централизованной системы противоградовой защиты. АО «Дунарит», 2013 г.
21. http://www.dunarit.com/
22. www.weathermod-bg.eu

საქართველოში სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების განახლების შესახებ

ამირანაშვილი ა., ღლონტი ნ., ძოძუაშვილი უ.,
ლომთაძე ჯ., ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

განხილულია საკითხები, რომლებიც დაკავშირებულია საქართველოში სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების განახლებასთან. მოყვანილია სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების ორგანიზების ზოგადი სქემა. საწყის ეტაპზე გათვალისწინებულია ამ სამუშაოების დაწყება კახეთში. წარმოდგენილია ამ რეგიონში რადიოლოკაციური სადგურის და სეტყვის ღრუბლებზე ზემოქმედების სარაკეტო პუნქტების განლაგების სავარაუდო სქემა.

ON THE RENEWAL OF ANTI-HAIL WORKS IN GEORGIA

**Amiranashvili A., Ghlonti N., Dzodzuashvili U.,
Lomtadze J., Chikhladze V.**

Resume

The questions, connected with the renewal of works on the fight with the hail in Georgia are considered. The general scheme of the organization of the anti-hail works is given. At the initial stage the beginning of these works in Kakheti is provided. The preliminary scheme of an arrangement of radar station and rocket points of impact on hail clouds in this region is submitted.

О ВОЗОБНОВЛЕНИИ ПРОТИВОГРАДОВЫХ РАБОТ В ГРУЗИИ

**Амиранашвили А., Глонти Н., Дзодзуашвили У.,
Ломтадзе Дж., Чихладзе В.**

Резюме

Рассмотрены вопросы, связанные с возобновлением работ по борьбе с градом в Грузии. Приводится общая схема организации противоградовых работ. На начальном этапе предусмотрено начало этих работ в Кахетии. Представлена предварительная схема расположения радиолокационной станции и ракетных пунктов воздействия на градовые облака в этом регионе.

Experimental investigation and numerical modeling of self-organization of ULF electromagnetic nonlinear wave structures at existence of the inhomogeneous winds in magnetosphere – ionosphere media

Kharshiladze O.[1], Chargazia Kh.[1,2], Zimbardo G.[2], Rogava J.[2]

1. M. Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State Univesity, 0160 Tbilisi, Georgia,
2. I. Vekua Institute of Applied Mathematics of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State Univesity, 0160 Tbilisi, Georgia,
3. Dipartimento di Fisica, Universita' della Calabria, 87036 Rende (CS), Italy

Ulf electromagnetic planetary waves can self-organize into vortex structures (monopole, dipole or into vortex chains). They are often detected in the plasma media, for instance in the magnetosheath, in the magnetotail and in the ionosphere. Large scale vortices may correspond to the injection scale of turbulence, so that understanding their origin is important for understanding the energy transfer processes in the geospace environment. In a recent work, the THEMIS mission has detected vortices in the magnetotail in association with the strong velocity shear of a substorm plasma flow (Keiling et al., J. Geophys. Res., 114, A00C22 (2009), doi:10.1029/2009JA014114), which have conjugate vortices in the ionosphere. By analyzing the THEMIS data for that event, we find that several vortices can be detected together with the main one, and that the vortices indeed constitute a vortex chain. The study is carried out by analyzing both the velocity and the magnetic field measurements for spacecraft C and D, and by obtaining the corresponding hodograms. It is found that both monopolar and bipolar vortices may be present in the magnetotail. The comparison of observations with numerical simulations of vortex formation in sheared flows is also discussed.

1. Introduction

The interaction between the solar wind (SW) and terrestrial magnetosphere is the primary driver of many processes and phenomena occurring in the magnetosphere and consequently, in the ionosphere. However, many of the energy transfer processes have a sporadic/bursty character, and observations have highlighted that the vortex-like plasma flow structures are common in the Earth's magnetosphere. They prevail in the nightside plasma sheet (Hones, 1978, 1981, 1983; Keiling et al., 2009) and at the flank magnetospheric low-latitude boundary layers (LLBLs) (Fairfield et al., 2000; Otto and Fairfield, 2000; Hasegawa et al., 2004). Plasma vortex-like flows have also been observed on the middle to high-latitude boundary of the outer radiation belt by the Cluster spacecraft fleet (Zong et al., 2009). The plasma flow vortex found in the magnetotail is characterized by pronounced vortical motion in the plane that is approximately parallel to the ecliptic plane.Vortex-like plasma flows in the plasma sheet are thought to be important in transportation of the kinetic energy from fast flow or bursty bulk flows (BBFs), which are interpreted as a consequence of reconnection, in the magnetosphere to the ionosphere (Snekvik et al., 2007). BBFs, fast plasma flow inside the plasma sheet (Hayakawa et al, 1982; Bumjohan et al, 1989, 1990) are often associated with substorms (Baumjohan et al, 1991, 1999). They are believed to provide the magnetic flux transport in order to overcome "the preasure balance inconsistency" (Erickson and Wolf, 1980).

Multi spacecraft observation have revealed That BBfs occur in very localized chanels only 2-3 R_E wide (Angelopolus, 1996, Nakamura et al, 2004). At around 10 R_E, BBFs are suddenly decelerated by the dominant dipolar magnetic field, and preasure gradients pile-up, leadin to the substorm current wedge (Baumjohan, 2002, Birn, 2004) subsotorm onset. A sudden braking and/or azimuthal deflection of BBFs may generate the plasma flow vortices at the boundary between the magnetotail plasma sheet and the inner magnetosphere as suggested by Hasegawa (1979) and Vasyliunas (1984). Keika et al. (2009) have shown that plasma vortices are formed near the region where the earthward flows slow down and turn in azimuthal directions. The theoretical relation between the field-aligned current (FAC) and plasma vorticity showed that FACs are generated to transport transverse momentum along magnetic field lines (Pritchett and Coroniti, 2000).

It has been known that BBfs may lead to onset Pi2 pulsations (Shiokawa et al, 1998, Kepko et al, 2001). There are numeral observations of some Auroral forms at the footprints on the magnetic field lines associated with BBfs. Keiling et al. (2009) presented a scenario in which the plasma flow vortices in the plasma sheet generated the FAC of the substorm current wedge (SCW) at the beginning of the substorm expansion phase and coupled to the ionosphere, causing the ionospheric vortices.

Thus, vortical plasma flow also exists in the ionosphere and it is thought that they are created by plasma flow vortices in space (Borovskii and Bonnel, 2001). The ionospheric flow vortex forms an image of activity in the magnetosphere, and one attempts to inffer properties of the magnetospheric flow vortex from ground data. Direct observation evidence for this connection however does not exist, partly due to a difficulty of finding conjunctions and, if one is found, it is questionable as to how accurate the estimate for the conjunction is.

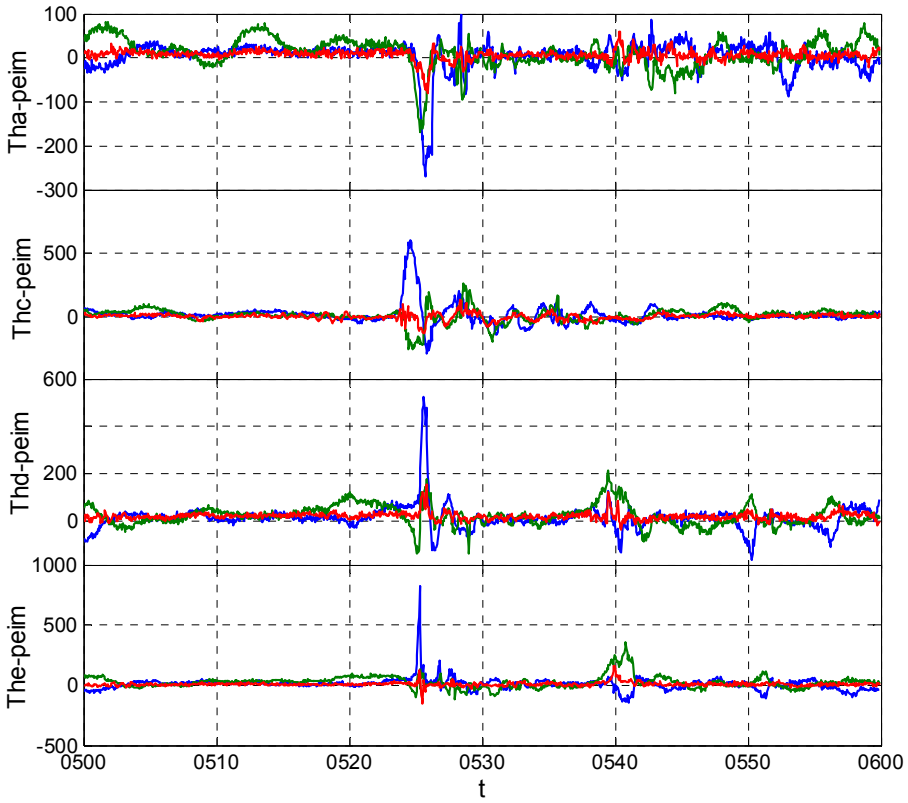


Figure 1. plasma flow velocities of TH-A, C, D, and E in GSM coordinates.

In this paper, we will investigate a large-scale plasma flow vortex event that occurred on 19 February 2008 using the observations from four Time History of Events and Macroscale Interactions during the

Substorms (THEMIS) (Angelopoulos, 2008) satellites, which has five identical probes, provides an excellent opportunity to examine global as well as mesoscale dynamics of the near-Earth magnetotail depending on the spacecraft configuration. The main goal of this mission is to conduct multi-point investigations of substorm phenomena in the tail of the terrestrial magnetosphere (Sibeck and Angelopoulos, 2008).

2. Data analysis in the magnetotail

The isolated magnetospheric substorm starts when a southward interplanetary magnetic field (IMF) merges with the Earth's dayside magnetic field and transfers energy from the solar wind to the magnetosphere. This energy is transported to the tail lobe magnetic field where it is stored and eventually released by reconnection in the near-Earth magnetotail causing the strong shear of the plasma flow velocity. Velocity shear instability leads to formation of the strongly localized vortex structures in the plasma medium. The THEMIS mission has detected vortices in the magnetotail in association with the strong velocity shear of a substorm plasma flow (Keiling et al., J. Geophys. Res., 114, A00C22 (2009), doi:10.1029/2009JA014114), which have conjugate vortices in the ionosphere.

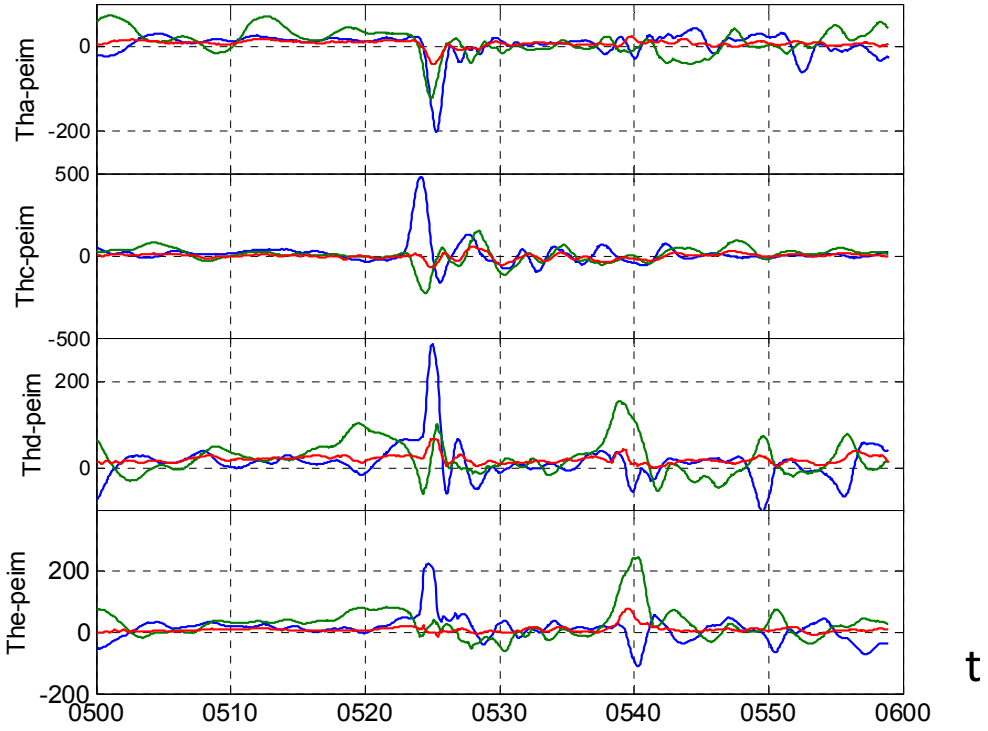


Figure 2. Plasma flow velocities of TH-A, C, D, and E in GSM coordinates after smoothing with moving average method.

On 19 February 2008 the substorm occurred at approximately 5:25 UT observed from THEMIS satellite mission (Keiling et al, 2009). The four THEMIS spacecrafts (TH-A, TH-B, TH-C, TH-D) were located in the nightside magnetosphere inside the plasma sheet and close to the neutral sheet monitoring in situ the conjugate space vortices. TH-A, D, and E were closely clustered which were separated in a triangular-like constellation (1–2 RE), allowing an unambiguous identification of a counterclockwise flow. The associated clockwise vortex was tentatively inferred from the single spacecraft located further west.

The Themis mission measured both the magnetic field and plasma flow velocity fluctuations. As far as the changes in the magnetic field are sharp and the vortex structures are difficult to analyze, in this paper only the data of the plasma flow velocity components will be referred. The event was better catch by the TH-C spacecraft, so in further analysis data only from this one should be used.

The substorm onset caused strong fluctuations of the plasma flow velocity. This sharp change of the field parameters was detected by all of the spacecrafts (Keiling et al, 2009) and is presented in figure 1. The flows of the clustered spacecraft (TH-A, D, and E) show characteristics of a counterclockwise vortex while the spacecraft TH-C detected clockwise rotational field (see figure 5).

The appropriate data analysis was provided for this event, smoothed the parameters using simple moving average method, where the operator is defined in the following way:

$$X(i) = \frac{X(i) + X(i+1) + \ldots + X(n)}{n};$$

were n is a number of points over which an everaging is provided. In this case n=20.

Figure 2 shows plasma flow velocity components after smoothing. It is obvios that the main vortex is accompanied with the smaller but essential peaks. They are suggested to be the vortex chain or the secondary vortices generated by the first main ones. The idea was, that the substorm associated reconnection, which is a strong source of plasma velocity shear – BBF, generates more than one vortex at interaction with the solar wind plasma – a main vortex with the small amplitude satellite vortices, which generate the vortex chain in flow.

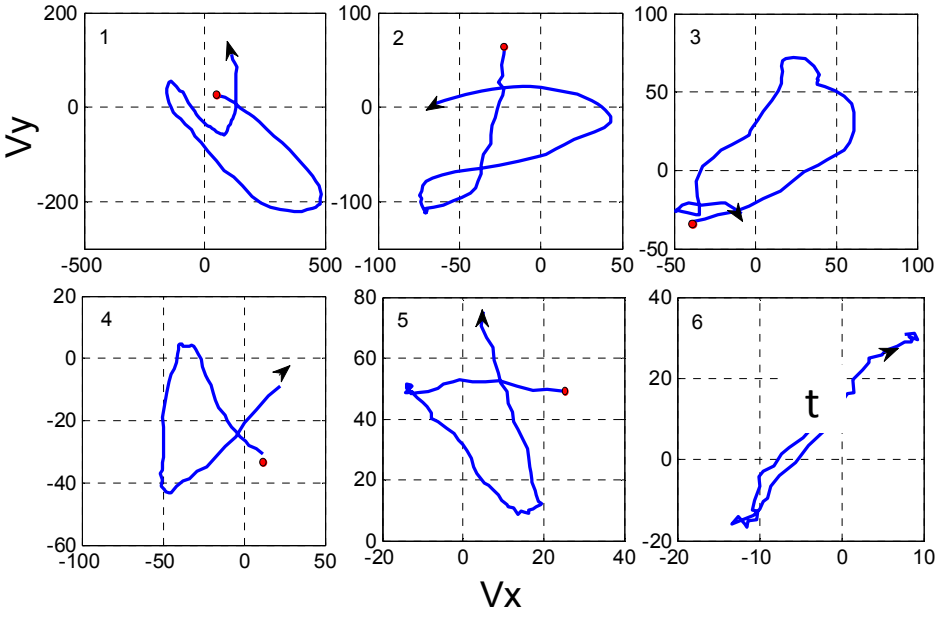


Figure 3. Hodograms of the plasma flow velocities corresponding to the TH-C data.

After providing the hodogram analysis of the TH-C data of the plasma flow velocity components, (figure 3) several structures are indeed revealed. But this method is not enough to distinguish the nature of these structures. For further analysis vorticity of the plasma flow was estimated also. Vorticity in the magnetosphere is of importance because it has been associated with field-aligned current (FAC) systems flowing during substorms. For this purpose, we seek for the minimal conditions, which give us possibility of determination of the flow vorticity by means of spacecraft measurements. In a steady state, vorticity is conserved along the field lines, in which case one might infer much about the ionospheric vortex from magnetospheric vortex observations. For investigation of the ionospheric vortices, information about their vorticity is given by the magnetospheric ones. For this purpose, vorticity is estimated using the flow velocity components for different satellites, linear approximation of which is possible to describe by taking into account the satellite position coordinates and the flow velocity components. Such calculations give a first approximation of the vorticity characteristics.

In a linear approximation for the derivatives of the velocity the following coupled set of equations is given:

$$V_{x_i} = V_{x0} + \frac{\partial V_x}{\partial x} dx_{i0} - \frac{\partial V_x}{\partial y} dy_{i0}; \quad (1)$$

$$V_{y_i} = V_{y0} + \frac{\partial V_y}{\partial x} dx_{i0} - \frac{\partial V_y}{\partial y} dy_{i0}; \quad (2)$$

where i=A, B, D is used to represent the closely clustered satellites; index 0 represent the satellite, according to which the calculations are made. Solving the set of equations, we get z component of the flow vorticity

$$\Omega_z = \frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y}; \quad (3)$$

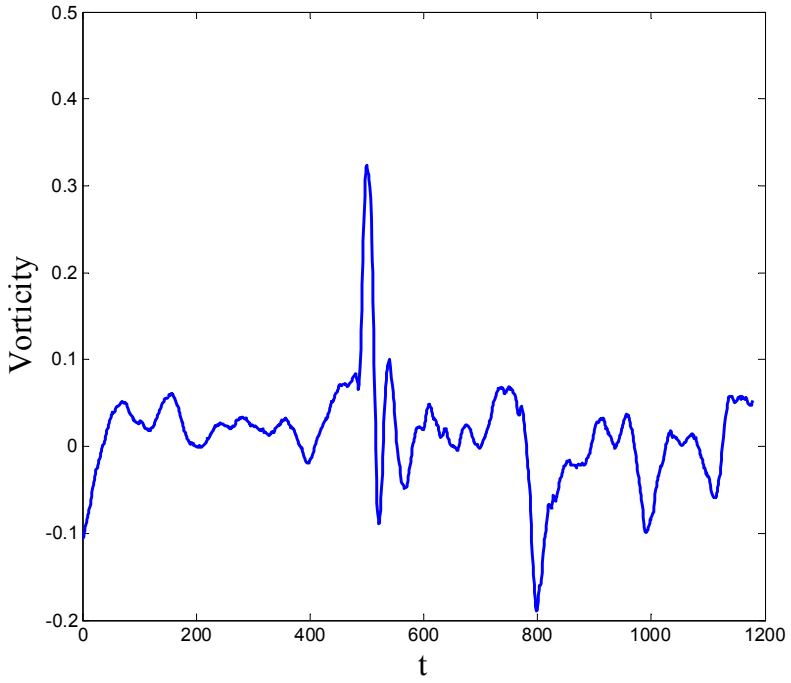


Figure 4. The vorticity of the plasma flow calculated using TH-A, D, E satellites.

The vorticity estimated this way is given in Figure 4. Also, by means of this method plasma compresion $\mathrm{div}\mathbf{V}$ may be calculated. As it is obvious from the figure 4, the vorticity is different from zero, but it also has the strong peaks near the event. This figure shows the existence of the vortex chain in flow. The vorticity was also calculated for the regions with strong peaks separately, corresponding to each structures, revealed by the hodogram analysis. As far as the vorticity changes the sign fast, one can assume that the structures, revealed in the experimental data, represent the vortices of different nature (monopole, dipole).

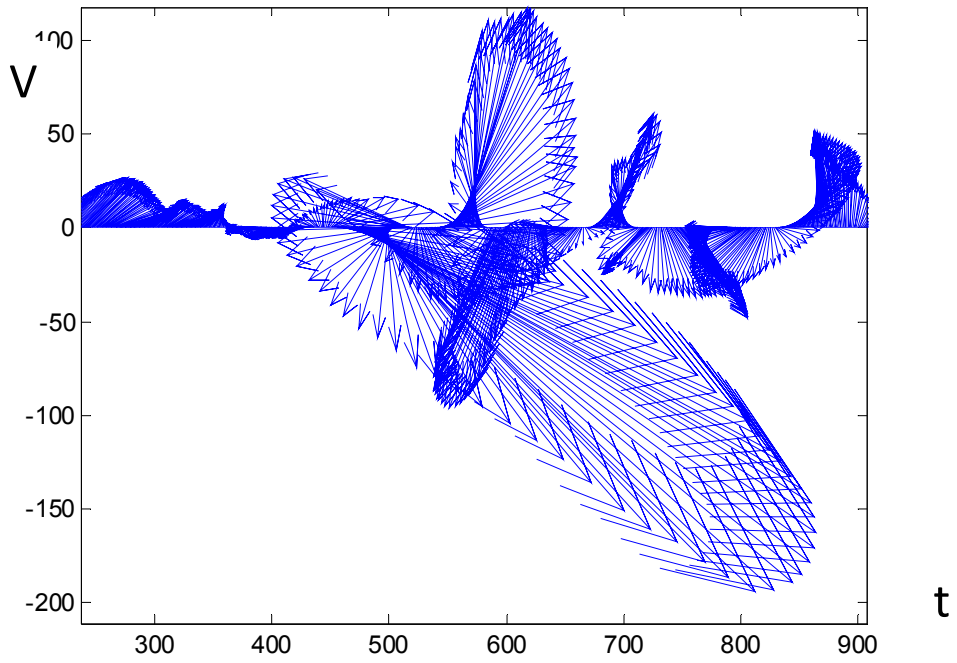


Figure 5. Vector plots of the flow velocities (projected onto the GSM X-Y plane) for THEMIS satellite.

3. Model equations

Moving solar wind represents continuous medium with protons and electrons. In the magnetotail region plasma flow can be considered in 2D approach and for modeling of large scale motions and low frequency electromagnetic wave processes a two fluid magnetohydrodynamic (MHD) approximation is to be applied [Aburjania et al, 2002]. Such approximation is valid for the weakly ionized ionosphere, as well as for the proton – electron solar wind, which carries frozen-in interplanetary magnetic field. In the first approach, in which the friction between the particles of fully ionized plasma is neglected, a quasi hydrodynamic equations for protons and electrons obtain following form:

$$m_p n \frac{d\mathbf{V}}{dt} = -\nabla P + enE + \frac{en}{c}\left[\mathbf{V}\cdot\mathbf{H}\right], \tag{3}$$

$$m_e n \frac{d\mathbf{V}_e}{dt} = -\nabla P_e + enE + \frac{en}{c}\left[\mathbf{V}_e\cdot\mathbf{H}\right], \tag{4}$$

Where m_e, m_p are the masses of electrons and protons, respectively; $\mathbf{V}$, $\mathbf{V}_e$ - corresponding hydrodynamic velocities; n – concentration of the quasi neutral plasma; P, P_e - preasure of proton – electron gass; **E** and **B** – electric and magnetic field stresses; c – light speed.

In equations (3), (4) spatial and temporal variation of plasma concentration is neglected. It means, that homogeneous and stationary plasma is considered.

Summarizing the equations (3), (4), neglecting electron inertia in comparison of that of protons, we get:

$$\frac{d\mathbf{V}}{dt} = -\nabla\frac{(P+P_e)}{\rho} + \frac{1}{\rho c}\left[J\cdot\mathbf{H}\right] = -\nabla\frac{(P+P_e)}{\rho} + \frac{1}{\rho c}\left[\mathrm{rot}H\cdot\mathbf{H}\right], \tag{5}$$

Where $\rho = m_p n$ is the solar wind density, which is considered to be constant; $J = en(\mathbf{V}-\mathbf{V}_e)$ - current strength.

In this approach, Ohm's generalized law gets the form:

$$\mathbf{E} = -\frac{1}{c}\left[\mathbf{V}\cdot\mathbf{H}\right] + \frac{1}{\rho nc}\left[\mathrm{J}\cdot\mathbf{H}\right] - \frac{1}{\rho n}\nabla \mathrm{P_e}, \tag{6}$$

In equation (6) second term in the right hand side of the equations represents a Hall term. It can be concluded, that in two fluid approximation, the transversal conductivity – Hall effect is always presented in the solar wind plasma.

If we apply " rot " operator on equation (5), and substitute expression (6) into the Maxwell's equation $\partial\mathbf{H}/\partial \mathrm{t} = -\mathrm{c}\cdot\mathrm{rot}\mathbf{E}$, the following closed system of equations will be obtained [Khantadze, 1973]:

$$\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{\Omega}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{rot}\left[\mathbf{V}\cdot\boldsymbol{\Omega}\right] + \frac{1}{4\pi\rho}\mathrm{rot}[\mathrm{rot}\mathbf{H}\cdot\mathbf{H}], \tag{7}$$

$$\frac{\mathrm{d}\mathbf{H}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{rot}\left[\mathbf{V}\cdot\mathbf{H}\right] + \frac{\mathrm{m_p c}}{\mathrm{c}}\frac{1}{4\pi\rho}\mathrm{rot}[\mathrm{rot}\mathbf{H}\cdot\mathbf{H}], \tag{8}$$

where $\mathrm{div}\mathbf{V}=\mathbf{0}$, $\mathrm{div}\mathbf{H}=\mathbf{0}$, $\mathrm{rot}\mathbf{H}=\boldsymbol{\Omega}$ - velocity vortex.

Equations (7), (8) describe the dynamics of the large scale motions in the magnetospheric plasma. It is well known, that such motion doesn't disturb the medium concentration and density. Also, these equations are used in the ionosphere for modeling of the large scale motions, the vortices, planetary gradient waves, where the small scale acoustic – gravity waves are not considered.

Experimental data show, that in the magnetotail region (>5R) the vertical component of the velocity is much small in comparison with horizontal x, y ones. It means, that $\mathbf{V}_z / \mathrm{V}_{x,y} < 10^{-3}$, the same with vertical L_z and equatorial $\mathrm{L}_{x,y}$ characteristic scales - $\mathrm{L}_z / \mathrm{L}_{x,y} < 10^{-2}$.

Thus, observations show that in this region the flow is quasi two dimensional. Let us assume $\mathrm{V}_z = 0$. Also in the region considered by us, where the substorm event take place on February 19, 2008 in the time interval 05:00 – 06:00, detected by THEMIs spacecraft mission at (10 - 20)R distance, magnetic field perturbations are large - $\mathrm{H}_z >> \mathrm{H}_{x,y}$. So, in simplified model only h_z component of the magnetic field perturbation is considered, which has only meridional inhomogeneity $\partial\mathbf{h}_z / \partial \mathrm{y} \neq 0$.

From the proposed model of the large scale flow dynamics Alfven waves, magnetosound, inertial and helical ones are excluded. Such motions are actually horizontal and incompressible. Here temperature and density inhomogeneities are not considered. Helmholtz equations are applied for velocity vortices of such motions, which describe the gradient type waves. Investigation of generation of such ultra low frequency (ULF) waves in the magnetotail region is also important, where the inhomogeneities of the flow and magnetic fields are leading properties of that medium.

Thus, in two dimensional model the flow velocity is given as $\mathbf{V} = [-\mathbf{e}_z \cdot \nabla\psi]$, where ψ is a stream function, analogously to the (Aburjania and Chargazia, 2011). If we assume, that $\mathbf{V} = \mathbf{V}_0(\mathrm{y}) + \mathbf{V}(\mathrm{x},\mathrm{y},\mathrm{t})$, where $\mathbf{V}_0$ is inhomogeneous background flow directed to the Earth according to **x**-axis in the magnetotail region: $\mathbf{V}_0(\mathrm{y}) = \mathrm{V}_0(\mathrm{y})\mathbf{e}_x$. Background flow is considered to be stationary function and plasma feedback on this flow dynamics is neglected. Then from (7), (8) equations, we got:

$$\left(\frac{\partial}{\partial \mathrm{t}} + \mathrm{V}_0(\mathrm{y})\frac{\partial}{\partial \mathrm{x}}\right)\Delta\psi + \mathrm{V}_0^{''}\frac{\partial\psi}{\partial \mathrm{x}} + \mathrm{C_H}\frac{\partial \mathrm{h}}{\partial \mathrm{x}} = \mathrm{J}(\psi, \Delta\psi), \tag{9}$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial \mathrm{t}} + \mathrm{V}_0(\mathrm{y})\frac{\partial}{\partial \mathrm{x}}\right)\mathrm{h} - \beta_{\mathrm{H}}\frac{\partial\psi}{\partial \mathrm{x}} + \mathrm{C_H}\frac{\partial \mathrm{h}}{\partial \mathrm{x}} = \mathrm{J}(\psi, \mathrm{h}), \tag{10}$$

where $\beta_H = e/m_p c \cdot \partial H_z/\partial y$ is magnetic analogue of Rossby parameter; $C_H = c/4\pi eN \cdot \partial H_{0z}/\partial y = -c\sin\theta_0 \cdot H_p/4\pi eNR < 0$, $V_0''(y) = d^2V_0(y)/d^2y$, $J(a,b) = \partial a/\partial x \cdot \partial b/\partial y - \partial a/\partial y \cdot \partial b/\partial x$.

System (9), (10) describes the dynamics of the large scale plasma motion in the magnetotail region at the presence of inhmogeneous background flow in two dimensional approach for flow dynamics and one dimensional – in case of the magnetic field. In the linear approximation, when the perturbed quantities are small, right side of the equations (9), (10) is equal to zero. Vortex formation mechanism in case of nonlinear and large perturbations is due to the whole nonlinear system on the background of inhomogeneous shear flows. According to (9), (10) energy variation of ULF structures is defined by the following formula:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \int V_0'(y)\frac{\partial \psi}{\partial x}\frac{\partial \psi}{\partial y}dxdy, \qquad (11)$$

It is clear from (11) that at presence of the shear flow $V_0'(y) \neq 0$ the structures extract energy from inhomogeneous BBF. So, BBF can generate the vortex structures and cause their intensification.

4. Numerical simulation

Equations (9), (10) represent a system of nonlinear partial differential equations with inhomogeneous coefficients and vector Jacobian type nonlinearity. The complexity of the numerical analysis of this system is caused by nonlinear terms in the right side of the equations. The perturbations, obtained by the finite difference schemes for the reduced dimensionless quantities ψ, h in some time interval will be self organized into vortex structures, which coincide with analytical ones for such flows. This indicates that the solutions obtained at numerical simulation in finite time interval contain also the stationary structures, which together with energetic estimations simplifies an estimation of simulation accuracy.

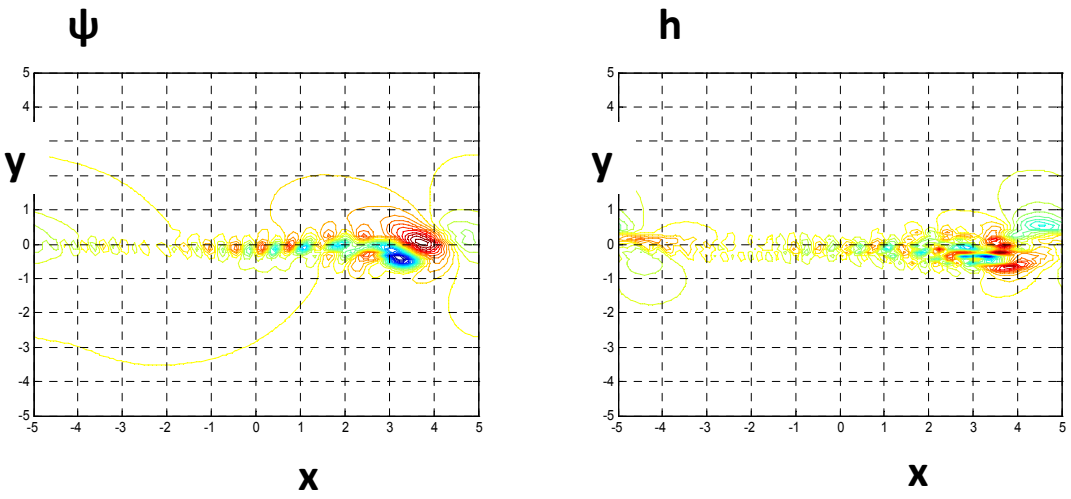


Figure 6. Evolution of localized monopole disturbances in time t=3.

The initial and boundary value problem for time dependent dimensionless equation (8), (9) was solved numerically by using an implicit finite difference scheme described in (Aburjania et al, 2011). The computations were carried out on a 200 x 200 mesh in the *x* and *y* coordinates. The mesh spacing was the time step being. The correctness of the computations and the stability of the scheme were controlled by solving model problems and also by checking the conservation of the mass of the structure and perturbation energy. The mass and energy were conserved with an accuracy of no worse than 10^{-2}.

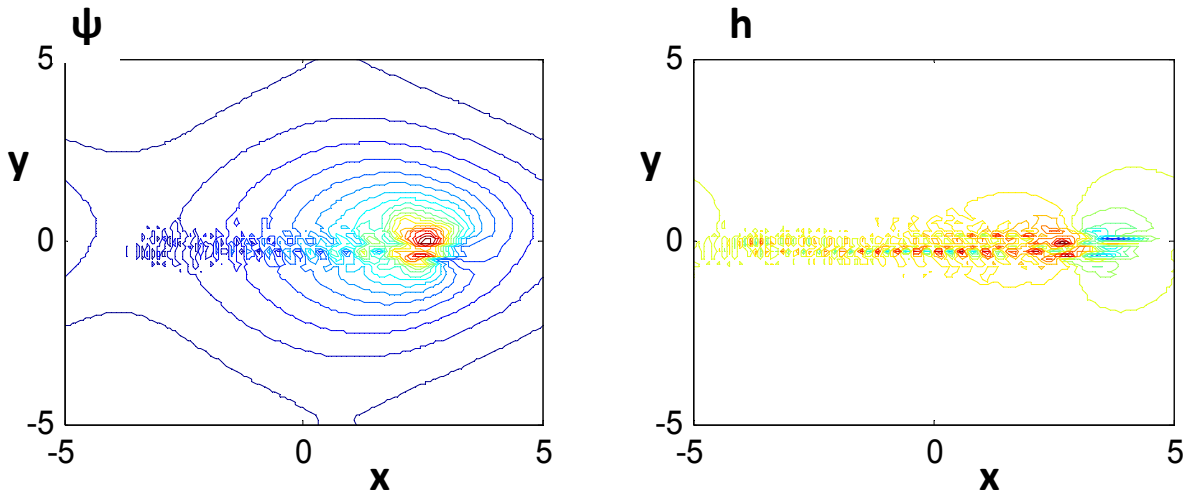


Figure 7. Evolution of localized randome disturbances in time t=3.

In the figures 6 and 7 represents evolution of initial monopole and random perturbations of the plasma flow, localized in a circle of radius 0.2 and magnetic field in a Gaussian inhomogeneous flows, where $V_0(y) = V_m \exp(-y^2 / L_y^2)$, where L_y is transversal scale of the flow $L_y = (2-3)R$. Interaction of the localized disturbances with the background flow forms the vortex chain, the size of which depends on amplitude and distribution of the background flow. As it is obvius, the background inhomogeneous flow can form the vortex chain; such structures are observed in the experiments. It is clear, that the isolated chain will not occur. It depends on the initial distribution of perturbations and on the structure of BBF. Hence, their spatial distribution depends on BBF width in the magnetotail. As the numerical simulations show, the large scale vortex structures interact with each other and BBF, which defines their dynamics and life length. The size of the structures are dependent on the characteristics of BBF, its profile, amplitude and inhomogeneity and as far as the form of the BBF is dependent on solar wind dynamics, generated structures are defined by the solar wind and magnetic field interaction. Numerical analysis shows, that chain generation changes as the characteristics of the flow also magnetic field parameters. So, generated magnetic field perturbations depend on the structures generated in the flow and it is clear from figure 8, that, the structures will also be generated when the initial magnetic perturbation is zero. The structure is more complicated, which is in good agreement with experimental data (Keiling et al, 2009)

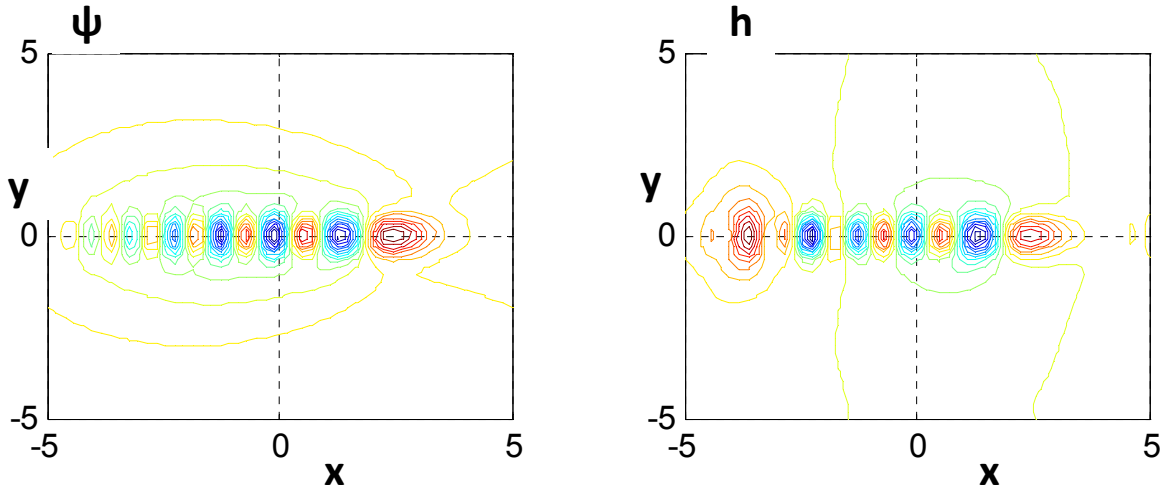


Figure 8. Initial weak Kolokol with zero initial magnetic field (right hand side –the magnetic field, left hand side – Plasma flow)

The substorm on 19 February 2008 developed a substorm surge that propagated poleward, westward, and eastward which is typical for substorms [Akasofu, 1976]. Four THEMIS spacecraft monitored in situ the conjugate space vortices. One space vortex engulfed the three clustered spacecraft, which were separated in a triangular-like constellation (1–2 RE), allowing an unambiguous identification of a counterclockwise flow. The associated clockwise vortex was tentatively inferred from the single spacecraft located further west. By the experimental data treatment we revealed several smaller vortices with the main one, associated with the substorm onset. Further analysis has shown that the rotational senses of these smaller space vortices were consistent with the main ones (figure 3). This fact was also verified by the numerical simulation in section 4. Their characteristic sizes and time scales are also estimated for all the spacecrafts, but only for TH-C is given in table 1. It can be assumed that, at the substorm onset, interesting us, was generated system of the vortices, which is observed also by the satellites as the vortex chain.

Table 1

TH-C	1 (70) Structure	2 (70) Structure	3 (70) Structure	4 (65) Structure	5 (80) Structure	6 (50) Structure
Time Scale	210 sec	210 sec	210 sec	195 sec	240 sec	150 sec
Average velocity	148 km/sec	47.4 km/sec	12 km/sec	33 km/sec	36 km/sec	7 km/sec
Size	31080 km	9870 km	2520 km	6435 km	8640 km	1050 km

Perturbations of BBFs about their equilibrium position was predicted by Chen and Wolf [1999] with the help of a 2D MHD model. 3D modeling [Birn et al., 2004] and observations [Keika et al., 2009; Keiling et al., 2009; Panov et al., 2010] have revealed that the possibility for a plasma to move in the azimuthal direction allows vortex formation. The earthward and tailward flow bursts form vortices with opposite sense of rotation. Our figures (6,7,8) shows formation of the vortices during the earthward flow bursts. The tailward-directed flow burst forces the vortex chain on the two sides of the BBF funnel to change their sense of rotation. Indeed, numerical 2D MHD simulations revealed presence of both configurations during the oscillatory BBF braking. Therefore, the results of this analysis are important for understanding of the magnetosphere - ionosphere coupling phenomena.

However, here we cannot verify whether the current generated in the magnetosphere at the equatorial region was possibly striated into smaller current structures at lower altitudes due to magnetosphere-ionosphere coupling processes. Regarding the mapping of a flow vortex from the magnetosphere to the ionosphere, Borovsky and Bonnell [2001] showed theoretically that the ionospheric footprint of a positive (downward current) vortex is larger than the mapped footprint of the corresponding magnetospheric vortex because of a spreading of the associated electric potential from high to low altitude. Hence, the larger EIC vortex (600–800 km) versus the smaller mapped footprint (180 km) could be explained by this spreading and/or because the THEMIS spacecraft did not enclose the entire space vortex (Keiling et al, 2009). Assuming conservation of angular speed, the flow speed of 300–900 km/s corresponds to 4–12 km/s in the ionosphere. However, this assumption is most likely not valid because of ionospheric drag, and thus the mapped speeds should only be considered as an upper limit. Additional analysis of the ionospheric experimental satellite and ground-based data is necessary for magnetosphere-ionosphere coupling processes in a separate study.

Acknowledgement: The work is done by the grant [FP7/2007-2013], № 269198 - Geoplasmas (Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme) and Shota Rustaveli National Science Foundation's Grant no 31/14.

REFERENCES

Aburjania G. ,Chargazia Kh. Self-organization of ULF large-scale electromagnetic wave structures in E region of the ionopshere at interaction with inhomogeneous zonal winds. Plasma Phys. Rep., V. 37, N 2, P. 199-213. 2011.

Aburjania G., Khantadze A., Kharshiladze O. Nonlinear planetary electromagnetic vortex structures in F region of the ionosphere. Plasma Phys. Rep. V. 28, N 7, P. 633-638. 2002.

Akasofu, S.-I. Physics of Magnetospheric Substorms, D. Reidel, Dordrecht, Netherlands. 1976

Angelopoulos V. The THEMIS Mission. Space Sci Rev (2008) 141: 5–34, DOI 10.1007/s11214-008-9336-1. 2008.

Angelopoulos, V., et al. Multipoint analysis of a bursty bulk flow event on April 11, 1985, *J. Geophys. Res.*, *101*, 4967–4990, doi:10.1029/95JA02722. 1996

Baumjohann, W., G. Paschmann, and C. A. Cattell . Average plasma properties in the central plasma sheet, *J. Geophys. Res.*, *94*, 6597–6606, oi:10.1029/JA094iA06p06597. 1996

Baumjohann, W., G. Paschmann, and H. Luehr. Characteristics of high-speed ion flows in the plasma sheet, *J. Geophys. Res.*, *95*, 3801–3809, oi:10.1029/JA095iA04p03801. 1989

Baumjohann, W., G. Paschmann, T. Hagai, and H. Luehr. Superposed epoch analysis of the substorm plasma sheet, *J. Geophys. Res.*, *96*, 11,605–11,608, doi:10.1029/91JA00775. 1990

Baumjohann, W., M. Hesse, S. Kokubun, T. Mukai, T. Nagai, and A. A. Petrukovich. Substorm dipolarization and recovery, *J. Geophys. Res.*, *104*, 24,995–25,000, doi:10.1029/1999JA900282. 1991

Baumjohann, W. Modes of convection in the magnetotail, *Phys. Plasmas*, *9*, 3665–3667, doi:10.1063/1.1499116. 2002

Birn, J., J. Raeder, Y. Wang, R. Wolf, and M. Hesse. On the propagation of bubbles in the geomagnetic tail, *Ann. Geophys.*, *22*, 1773–1786, doi:10.5194/angeo-22-1773-2004. 2004

Borovsky, J. E., and J. W. Bonnell. The DC electrical coupling of flow vortices and flow channels in the magnetosphere to the resistive ionosphere, J. Geophys. Res., 106, 28,967 – 28,994, doi:10.1029/ 1999JA000245. 2001.

Chen, C. X., and R. A. Wolf (1999), Theory of thin□filament motion in Earth's magnetotail and its application to bursty bulk flows, J. Geophys. Res., 104, 14,613–14,626, doi:10.1029/1999JA900005.

Erickson, G. M., and R. A. Wolf. Is steady convection possible in the earth's magnetotail, *Geophys. Res. Lett.*, *7*, 897–900, doi:10.1029/GL007i011p00897. 1980.

Hones, E. W.: Vortices in magnetospheric plasma flow, Geophys. Res. Lett., 5, 1059-1062, 1978.

Hones, E. W.: Further determination of the characteristics of magnetospheric plasma vortices with ISEE 1 and 2, J. Geophys. Res., 86, 814–819, 1981.

Hones, E. W.: New observations of plasma vortices and insights into their interpretation, Geophys. Res. Lett., 10, 674–677, 1983.

Keiling, A., Angelopoulos, V., Runov, A., Weygand, J., Apatenkov, S. V., Mende, S., McFadden, J., Larson, D., Amm, O., Glassmeier, K.-H., and Auster, H. U.: Substorm current wedge driven by plasma flow vortices: THEMIS observations, J. Geophys. Res., 114, A00C22, doi:10.1029/2009JA014114, 2009.

Kepko, L., M. G. Kivelson, and K. Yumoto. Flow bursts, braking, and Pi2 pulsations, *J. Geophys. Res.*, *106*, 1903–1916, doi:10.1029/2000JA000158. 2001.

Khantadze A. Some problems of of the dynamics of the conducting atmosphere. Tbilisi, Metsniereba. P. 193. 1973.

Nakamura, R., et al. (2004), Spatial scale of high-speed flows in the plasma sheet observed by Cluster, *Geophys. Res. Lett.*, *31*, L09804, doi: 10.1029/2004GL019558

Fairfield, D. H., Otto, A., Mukai, T., Kokubun, S., Lepping, R. P., Steinberg, J. T., Lazarus, A. J., and Yamamoto, T.: Geotail observations of the kelvin-helmholtz instability at the equatorial magnetotail boundary for parallel northward fields, J. Geophys. Res., 105, 21159–21173, 2000.

Otto, A. and Fairfield, D. H.: Kelvin-Helmholtz instability at the magnetotail boundary: MHD simulation and comparison with Geotail observations, J. Geophys. Res., 105, 21175–21190. 2000.

Hasegawa, A. and Sato, T.: Generation of field aligned current during substorm, in: Dynamics of the Magnetosphere, edited by: Akasofu, S. I. and Reidel, D., Dordrecht, Netherlands, 529–542, 1979.

Hayakawa, H., A. Nishida, E. W. Hones Jr., and S. J. Bame. Statistical characteristics of plasma flow in the magnetotail, *J. Geophys. Res.*, *87*, 277–283, doi:10.1029/JA087iA01p00277. 1982

Hasegawa, H., Fujimoto, M., Phan, T. D., Reme, H., Balogh, A., Dunlop, M.W., Hashimoto, C., and Tan Dokoro, R.: Transport of solar wind into Earth's magnetosphere through rolled-up Kelvin- Helmholtz vortices, Nature, 430, 755–758, 2004.

Panov, E. V., et al. Multiple overshoot and rebound of a bursty bulk flow , J. Geophys. Res., VOL. 37, L08103, doi:10.1029/2009GL041971, 2010..

Shiokawa, K., et al. High-speed ion flow, substorm current wedge, and multiple Pi 2 pulsations, *J. Geophys. Res.*, *103*, 4491–4508, doi: 10.1029/97JA01680. 1998.

Snekvik, K., Haaland, S., Østgaard, N., Hasegawa, H., Nakamura, R., Takada, T., Juusola, L., Amm, O., Pitout, F., Rme, H., Klecker, B., and Lucek, E. A.: Cluster observations of a field aligned current at the dawn flank of a bursty bulk flow, Ann. Geophys., 25, 1405–1415, doi:10.5194/angeo-25-1405-2007, 2007.

Keika, K., Nakamura, R., Volwerk, M., Angelopoulos, V., Baumjohann, W., Retin`o, A., Fujimoto, M., Bonnell, J. W., Singer, H. J., Auster, H. U., McFadden, J. P., Larson, D., and Mann, I.: Observations of plasma vortices in the vicinity of flow-braking: a case study, Ann. Geophys., 27, 3009–3017, doi: 10.5194/angeo- 27-3009-2009, 2009.

Vasyliunas, V. M.: Fundaments of current description, in: Magnetospheric Currents, Geophys Monogr Ser, 28, edited by: Potemra, T. A., AGU, Washington, D.C., 63–66, 1984.

Zong, Q. G.,Wang, Y. F., Yang, B., Zhang, H., Tian, A. M., Dunlop, M., Fritz, T. A., Kistler, L. M., Korth, A., Daly, P. W., and Pedersen, A.: Vortex-like plasma flow structures observed by Cluster at the boundary of the outer radiation belt and ring current: A link between the inner and outer magnetosphere, J. Geophys. Res., 114, A10211, doi:10.1029/2009JA014388, 2009.

Sibeck, D. G., and V. Angelopoulos (2008), THEMIS science objectives and mission phases, Space Sci. Rev., 141, 35–59, doi:10.1007/s11214-008-9393-5.

უდს ელექტრომაგნიტური არაწრფივი ტალღური სტრუქტურების ექსპერიმენტული კვლევა და რიცხვითი მოდელირება არაერთგვაროვანი ქარების არსებობისას მაგნიტოსფერულ-იონოსფერულ გარემოში

ხარშილაძე ო., ჩარგაზია ხ., ზიმბარდო გ., როგავა ჯ.

აბსტრაქტი

უდს ელექტრომაგნიტური პლანეტარულ ტალღებს შეუძლიათ თვითორგანიზდნენ გრიგალურ სტრუქტურებად (მონოპოლი, დიპოლი ან გრიგალების ჯაჭვი) პლაზმურ გარემოში. ასეთი სტრუქტურები ხშირად დაიმზირება როგორც მაგნიტოსფერულ ასევე

იონოსფერულ არეებში კოსმოსური თანამგზავრების მიერ. დიდმასშტაბიანი გრიგალური სტრუქტურების ზომები შეესაბამებიან ტურბულენტობის ინჟექციერების ზომას. ამიტომ მათი წარმოშობის მიზეზების გააზრება მნიშვნელოვანია გეოკოსმოსურ (ატმოსფერო, იონოსფერო, მაგნიტოსფერო) გარემოში ენერგიის გადანაწილების თვალსაზრისით. უახლეს ნაშრომში (Keiling et al., J. Geophys. Res., 114, A00C22 (2009), doi:10.1029/2009JA014114) TEMIS სატელიტურმა მისიამ მაგნიტოსფეროს კუდში გამოავლინა გრიგალები, დაკავშირებული ქვეშტორმით განპირობებული პლაზმის დინების სიჩქარის ძლიერ წანაცვლებასთან, რომლებსაც გააჩნიათ შეუღლებული გრიგალები იონოსფეროში. TEMIS სატელიტური მისიის მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ მაგნიტოსფეროს კუდში ძირითად გრიგალთან ერთად შესაძლოა გამოვლენილ იქნას სხვა გრიგალებიც, რომლებიც აფორმირებენ გრიგალურ ჯაჭვს. გაანალიზებულ იქნა სიჩქარისა და მაგნიტური ველების მონაცემები C და D თანამგზავრებისათვის, ასევე მიღებულ იქნა შესაბამისი ჰოდოგრამები. ნაჩვენებია, რომ მაგნიტოსფეროს კუდში შესაძლებელია როგორც მონოპოლური, ასევე დიპოლური გრიგალების გამოვლენა. მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შედეგები შედარებულია წანაცვლებით დინებებში გრიგალების ფორმირების რიცხვით სიმულაციებთან და ისინი კარგ თანხვედრაში არიან ერთმანეთთან.

Експериментальное изучение и численное моделтрование УНЧ электромагнитных нелинейных волновых структур с неоднородным ветром в магнитосферно – ионосферной средах

Харшиладзе О., Чаргазиа Х., Зимбардо Г. , Рогава Дж.

Абстракт

УНЧ электромагнитные волны могут самоорганизовается в вихревых структур (монополь, диполь или вихревая дорожка). Такие структуры часто наблюдаются как в магнитосферной, так и на ионосфернях уровнях космическими спутниками. Размеры крупномасштабных структур соответствует размеру турбулунтной инжекции. Поэтому, важно выявить причины их появления в геокосмической (атмосфера, ионосфера, магнитосфера) среде с точки зрения перераспределения энергии. В статье (Keiling et al., J. Geophys. Res., 114, A00C22 (2009), doi:10.1029/2009JA014114) THEMIS космическая мисия в магнитосферном хвосте выявило вихри, связанные с сильным сдвиговым течением скорости плазмы, обусловленных субштормом, которые имеют сопряженные вихри в ионосфере. Анализ данных THEMIS космической мисии показал, что в магнитосферном хвосте в месте с главным вихрем могут быть выявлены другие вихри, формирующие вихревую цепочку. Было проанализированы данные для магнитных и скоростных полей полученные с сателитов C и D. Также было построенно соответствующие годограмы. Показано, что в магнитосферном хвосте возможно выявить как монопольные так и дипольные вихри. Полученные результаты обработки экспериментальных данных сравнены с результатами численных симуляции формирований вихрей в сдвиговых течениях и они в качественно совпадают сдруг с другом.

Особенности анализа уровенных рядов Мирового океана

Метревели Г*., Цивцивадзе Н*., Гогинава М., Диасамидзе Р***., Беридзе М. *****

*Департамент географий, им. Ив.Джавахишвили Тбилисский Государственный Университет, прос. И,Чавчавадзе 3;

**Потииская океанографическая станция, ул. Зерагия 55;

***Аджарская ГМ департамент, Ватуми, ул. Руставели 51

Наблюдаемая ныне климатическая эвстазия ($Э_к$) представляет очередное долгосрочное повышение уровня Мирового океана (МО) и является результатом увеличения объема океанских вод из за их теплового расширения и изменения баланса пресной воды между МО и сушей в пользу первого. Поскольку она провоцируется климатическими циклами и флуктуациями, имеет непрерывный по времени и пространству характер и подобно им бывает как отрицательной так и положительной.

Текущее глобальное потепление климата стартовало в 1880-ые годы. До указанного периода, около 150-200 лет действовала холодная климатическая флуктуация [1] и каждая из них сопровождалась соответствующей $Э_к$. Нынешняя $Э_к$ последовала за действующей флуктуацией различным по широтам и времени отставанием. В высоких северных широтах она наблюдается с середины 1890-ых годов, а в средные и низкие с 1900-1920–ых. На Черном море - у побережья Кавказа потепление климата началось в 1900-1905 годы, Эк с 1923-1925 годов) [2]. Этот процесс с еще большим сдвигом по времени (с 1950-1960 годов), стартовал в Антарктиде.

Исследование текущей Эк имеет важное прикладное и позновательное значение. На современном этапе обострения проблем порождающих ею, возникла необходимость уточнения ее параметров путем усовершенствования апробированных методов анализа статистических уровенных рядов и инициализаций нового типа уровенного мониторинга. С этой целью с 2000-ых годов осуществляется космический мониторинг уровня МО. Однако он пока не охватывают всю акваторию МО и доля космических наблюдении в уровенной информационной базе настолько мала (~1%), что по ним делать достаточно надежные научные обобщения невозможно .

К настоящему времени подавляющая часть исследовании Эк выполняется по статистическим рядам уровней, созданных по данним наблюдении наземных измерительных систем. Они наиболее продолжительные и доступные, но имеют существенный недостаток – содержат постоянную ошибку обусловленную вековым вертикальным перемещением берега на котором расположена уровнемерная система. Скорость вековое повышения берегов (С мм/год) из за глациоизостатики, тектоники, оседания грунтов и других факторов, в отдельных районах МО настолько значительное, что сильно уменьшают величину $Эк_а$, в высокоширотных же регионах превосходят ее и даже в несколько раз (станция Сёва, Антарктида). У таких берегов уровень моря относительно берега не повышается, а у некоторых из них наоборот, понижается (Антарктида, Канада, Феноскандия).

Следовательно, по ним можно определить изменение величины Эк относительно берега (относительная эвстазия $Эк_о$). Однако, для решения многих научных и прикладных задач требуется определить повышение уровня моря относительно его положения в период смены процесса падения уровня (отрицательная Эк) на повышение т.е. на нынешнюю, когда Эк>0. Эта величина является абсолютным значением нынешней климатической эвстазии ($Эк_а$) и только по ее локальным значениям можно вычислить истинную глобальную величину этого феномена (ΔH), по выражению следующего вида:

$$\Delta H = 1/n \sum (Эк_а)_i. \quad i=1,2,3,..k,..n$$

Здесь, n-количество уровнемерных постов в МО .

Поэтому цель настоящего исследования можно сформулировать в следующей форме: ***Предложить способ расчета величины $Эк_a$ по статистическим рядам уровней наземных измерительных систем, определить ее значения у характерных пунктов и сделать основные выводы об особенностьях оценки ее величин у берегов с различной геологией.***

При эвстазии каждый отсчет (H_i) представляет сумму следующих слагаемых:

$$H_i=H_o - C, \quad \text{у повышающихся берегов (1)}$$

$$H_i=H_o + C. \quad \text{у оседающих (2) .}$$

H_i-отсчет уровня моря, H_o-гидрометеорологическая составляющая отсчета H_i (содержит приращение уровня в период $Э_к$), С-геологическая составляющая отсчета, или скорость вертикального перемещения берега.

После обобщений и выполнения соответствующих матоперации, статистический ряд средних годовых уровней (H_j) будеть иметь следующий вид:

$$\{ H_j \}_{j=1} \qquad j=1,2,3...N. \qquad (3)$$

N-число членов в ряду.

В текущей Эк среднегодовой уровень представляет следующее равеньство:

$$H_j=1/365\sum(H_o-C) \qquad (4)$$

Методами наименьших квадратов и линейной регресий можно определить повышение уровня моря относительно берега, т.е. относительную климатическую эвстазию $Эк_o$.

$$(Эк_o)_j=(\sum JH_j /\sum J^2)J- 1/J\sum H_j \qquad (5)$$

Абсолютное значение нынешней климатической эвстазии ($Эк_a$) представляет сумму относительной эвстазии и повышения берега за заданное Т количество лет.

$$Эк_a=Эк_o \pm CJ \qquad (6)$$

При этом, у повышающихся берегов

$$Эк_a=Эк_o+JC \qquad (7)$$

у понижающих

$$Эк_a=Эк_o+JC \qquad (8)$$

При наличий длинного ряда эта задача решается в следующей последовательности [Метревели, 1984: он делится на фрагменты соответствующие отрицательной и положительной Эк . Затем, по второму из них, определяется скорость и тенденция развития процесса по уровнению линеиной регресий.

Указанным расчетам распредшевствуют необходимые операции матстатистики: разделение ряда на фрагменты (при наличий длинного ряда), их фильтрация, сглаживание экстремальных членов и внутрифрагментных циклов и др.

Из вышеизложенных результатов исследования следуют выводы:

а). Если уровень моря у повышаюшихся берегов поднимается относительно берега, т.е. относительная эвстазия $Эк_o>0$, тогда абсолютная эвстазия превосходит скорости повышения берега, $Эк_a>C$ и $Эк_a=Эк_o+C$. Иначе, у берегов с активной глациоизостатикой и тектоникой (Антарктика, Феноскандия, северная Канада и др.) $Эк_a$ больше на величину С своего расчетного значения, вычисленного по второму фрагменту методами.

б). Если уровень моря у повышаюшихся берегов не поднимается относительно берега, т.е. относительная эвстазия $Эк_o\approx0$, тогда абсолютная эвстазия равна по величине скорости повышения берега, $Эк_o=C$ и $Эк_a=Эк_o+C$.

в). Если уровень моря у повышаюшихся берегов понижается относительно берега, т.е. относительная эвстазия $Эк_o<0$, тогда абсолютная эвстазия ниже скорости повышения берега, Эа<С и Эа=С-Эо.

Вдоль оседающихся берегов наблюдается обратная связь между $Эк_a$, $Эк_o$ и С. Там пройсходит мнимое увеличение Эа на величину С, т.е. $Эк_a=Эк_o+C$.

Статряды продолжительностью ≥100 лет, содержат информации за обе флуктуации. Поэтому их следует разложит на два фрагмента: в первом Эк<0, во втором Эк>0, а С остается постоянной, так как скорость и направление вертикального перемещения берега за указанный период практически постоянен [3,4].

Статистически надежными двухфрагментными рядами обладают многие tide gauge (Aberdeen, Bpest and et.set) в том числе и посты расположенные по периметру Черного моря. Из них наиболее продолжительные принадлежат станциям Поти (1874-2012), Батуми (1882-2012), Севастополь (1875-1996), Одесса (1875-1997), Бургас (1896-1995), Варна (1895-1996) и др.

Они расположены по периметру моря, на тектонически разнонаправленных берегах. По данным повторных геодезических съемок, побережье Поти оседает с скоростью С=-5,6 мм/год, а Батуми

повышается С=1,1 мм/год. У берегов Поти относительная Эк за 1925-2012 годы ускорилась на 0,16 мм/год и достигла 0,70 м (0,71 м/век). У Батуми относительная эвстазия достигла 0,27 см, абсолютная 0,36 . Сравнительно низкие значения $Э_к$ у Поти вызваны влиянием холодных вод р.Риони, в устьевой области которой расположена Потииская океанографичесская станция.

Литература

1. Climate Change 2007. Synthesis Report. Intergovernental Panel on Climate Change. IV Assesment Repoirt. WMO, UNEP. Cambrig 2007
2. Метревели Г.С., Плоткина И.Г., Кучуашвили Н. К. Особенности расчета скоростей вековых колебаний уровня моря и поверхности суши по уровенным рядам. Метеорология и Гидрология, №2, 1985
3. Метревели Г.С. Эвстатическое повышение уровня воды и вековое колебание побережии европейских морей Северной Атлантики. . Метеорология и Гидрология, №,3, 1990
4. Metreveli.G.S. Tsivtsivadze N.Sh., Amiranashvili A.G. Modern Information on World Ocean Current Eustasy. Journal of the Georgian Geophisical Society. Lssue (B) Physics of Atmosphere. Ocean and Space Plasma. v. 14, 2010, pp.96-102

მსოფლიო ოკეანის დონის სტატისტიკური რიგების ანალიზის თავისებურებები

მეტრეველი გ., წივწივაძე ნ., გოგინავა მ., დიასამიძე რ., ბერიძე მ.

რეზიუმე

მიმდინარე კლიმატური ევსტაზია E_k არის მსოფლიო ოკეანის (**მო**) დონის მორიგი გრძელპერიოდიანი აწევა, რომელიც გამოწვეულია მისი მოცულობის სითბური გაფართოებით და ხმელეთის მტკნარი წყლის საუკუნოვანი მარაგის გარკვეული ნაწილის გადადინებით ოკეანეში. ამ ფენომენის კვლევა ხდება სახმელეთო მონიტორინგის ინფორმაციული ბაზის გამოყენებით, რადგან მისი გამოყენებით ხმელეთის მიმართ ზღვის დონის საუკუნოვანი რყევის, ანუ შეფარდებითი ევსტაზიის (Ek_o) გამოკვლევაა შესაძლებელი. მისგან განსხვავებით, ევსტაზიის აბსოლუტური სიდიდის (Ek_a), ანუ ოკეანის ზედაპირის საწყისი მდებარეობის მიმართ დონის ნაზრდის გასაანგარიშებლად ის მოდერნიზებული მეთოდია ეფექტიანი, რომელიც იყენებს შემდეგი სახის ტოლობებს: $Ek_a = E_{ko} + C$, აზევებადი ნაპირებისათვის, $Ek_a = E_{ko} - C$, დაძირვადი ნაპირებისათვის.

New approaches of the World ocean level series analysis

Metreveli G., Tsivtsivadze N., Goginava M., Diasamidze R., Beridze M.

SUMMARY

The current climate eustasy is the World Ocean level secular rise due to its waters thermal expansion and shift of the freshwater balance between WO and Earth. Study E_c can be performed using a sea levels statistical series. But for this it' necessary to improve the proven methods in order to obtain from the series new information of sea surface rise relative to its initial position (absolute eustasy- Ec_a), as well as to the shore (relative eustasy- Ec_r).

These problems solving is complicated by the fact, that measuring systems, installed on the shores, exposed to a secular vertical movumet together with the Earth. Due to the last, their indications contain an

error, equal to the land' movement velocity C. Therefore, it' nesessery to use following equations: $Ec_a = Ec_r + C$, for rise coasts and $Ec_a = Ec_r - C$, for sinking ones.

შინაარსი

ა. კორძაძე, ა. სურმავა
შავი და კასპიის ზღვების სანაპირო ზონებში დამაბინძურებელი ნივთიერებების ავარიული ამოფრქვევების შემთხვევებში ჰაერის შესაძლო დაბინძურების რიცხვითი მოდელირება 3

ავთანდილ კორძაძე, დემური დემეტრაშვილი, ალექსანდრე სურმავა
შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში განვითარებული დინამიკური პროცესები 2010-2014 წწ. ცივ სეზონში 11

ავთანდილ კორძაძე
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს გეოფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების სექტორში მიმდინარე და მომავალი სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის შესახებ 21

გასილაშვილი ც.
საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების დინამიკა და მათი განვითარების მასშტაბები 58

გასილაშვილი ც.
მთის მდინარეთა წყალდიდობების პროგნოზირება ინფორმაციის უკმარისობის პირობებში. 65

ურუშაძე თ., ქვრივიშვილი თ.
აღმოსავლეთ საქართველოს ნიადაგები და მათი გეოეკოლოგიური თავისებურებანი 70

ნანა ბერძენიშვილი
სათბურის ეფექტი და მასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემები. 75

გუნია გარი
ეკოლოგიური პრობლემები ქვეყნის მდგრადი ეკონომიკური განვითარების პირობებში. . . . 80

სალუქვაძე ე., ივანიშვილი ნ., გოგებაშვილი მ.
ანთროპოგენური ფაქტორების მნიშვნელობა მთიანი ფიტოცენოზების სუკცესიების ფორმირებისთვის 86

ქართველიშვილი ლ. მზარელუა ლ. ქურდაშვილი ლ.
კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება მშენებლობაში ეკონომიკის ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით. 91

მეგრელიძე ლ. ქართველიშვილი ლ.
კლიმატური ექსტრემუმების მიმდინარე ცვლილების ტენდენციების დადგენა საქართველოში კლიმატის ცვლილების ინდიკატორების გამოყენებით. 96

გერიტაშვილი ბ.შ., კაპანაძე ნ.ი., ცინცაძე თ.ნ
აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღდგენის საკითხისათვის. 103

წივწივაძე ნ., ხატიაშვილი ე., ბაღაშვილი ზ., კავთუაშვილი ნ., ასკურავა ზ.
წყალსატევებში ზვირთცემის ნაკადის პარამეტრების დადგენა 107

ლ. ჯორბენაძე
უმთავრესი ხსნადი მარილები ალაზნის ველის ნიადაგებში, გრუნტის და სადრენაჟო წყლებში 113

ზ.ხვედელიძე,დ. ჯანეზაშვილი
რეგიონის მიკროკლიმატური პარამეტრებით ლოკალური ქარის რეჟიმის განსაზღვრა, ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში. 118

ლ.შავლიაშვილი, გ.კორძახია, ე.ელიზბარაშვილი, გ.კუჭავა, ე.ბაქრაძე
სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანიბის განსაზღვრა კვადრატების მეთოდით. 125

ლ. ზუროშვილი, ნ.ხუნდაძე, ჯ. ზუროშვილი
დედამიწის ირგვლივ არსებულ სფეროებს შორის ურთიერთქმედების შესახებ 129

მ. ციცქიშვილი, ი. ცატუროვი, ს. ვაკულოვსკი
კავკასიის რეგიონის ანთროპოგენური დატვირთვის რადიოეკოლოგიური მონიტორინგის შედეგები 133

მ. ციცქიშვილი, ა. ლუშნიკოვი, ვ. ზაგაინოვი
ატმოსფერული აეროზოლების კვლევის ზოგიერთი შედეგი 139

ამირანაშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ფიფია მ., წერეთელი ნ., ელიზბარაშვილი მ., ელიზბარაშვილი ე.
ზოგიერთი მონაცემები სეტყვიანობაზე აღმოსავლეთ საქართველოში და მისგან მიყენებულ ეკონომიკურ ზარალზე 145

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.
მაღალი კონცენტრაციის მიწისპირა ოზონის ლაბორატორიული მოდელირება 151

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.
გამოკვლევების თანამედროვე მდგომარეობა და განვითარების პერსპექტივები გეოფიზიკის ინსტიტუტში ატმოსფეროს ფიზიკის დარგში 157

გიორგი მელიქაძე, გენადი კობზევი, თამარ ჯიმშელაძე
საქართველოს ტეროტორიაზე მიწისძვრის წინამორბედების გამოვლენა ჰიდროდინამიკური მონიტორინგის მეშვეობით. 164

გიორგი მელიქაძე, ნატალია ჟუკოვა, მარიამ თოდაძე, სოფიო ვეფხვაძე, ალექსანდრე ჭანკვეტაძე, ნინო კაპანაძე, რამაზ ჭითავა

ალაზანი-იორის წყალშემკრები აუზების შესწავლა სტაბილური იზოტოპების გამოყენებით 174

ნოდარ ვარამაშვილი, თამაზ ჭელიძე, ზურაბ ჭელიძე
აკუსტიკური ემისია მეწყრის გააქტიურების დროს 182

ხარჩილავა ჯ., ბაგაშვილი ნ., ჩიხლაძე ვ.
მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ვარიაციების გამოკვლევა ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში. 187

ვათიაშვილი მ., ხორგუანი ფ.
მზის აქტივობის ციკლების გავლენა საშემოდგომო ხორბლის მოსავლიანობაზე სტავროპოლის მხარეში 193

ამირანაშვილი ა., ქართველიშვილი ლ., ტროფიმენკო ლ., ხუროძე თ.
თბილისში და სანკტ-პეტერბურგში ჰაერის ტემპერატურის საუკუნოვანი ვარიაციების და მისი საშუალო გლობალური მნიშვნელობების შედარებითი ანალიზი 198

ვათიაშვილი მ.
სეტყვასაშიში და სეტყვიანი უჯრედების კვლევა სეტყვასაწინააღმდეგო დაცვის არსებობის და არარსებობის პერიოდებში 203

ამირანაშვილი ა., ღლონტი ნ., ძოძუაშვილი უ., ლომთაძე ჯ., ჩიხლაძე ვ.
საქართველოში სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების განახლების შესახებ 208

ხარშილაძე ო., ჩარგაზია ხ., ზიმბარდო გ., როგავა ჯ.
უდს ელექტრომაგნიტური არაწრფივი ტალღური სტრუქტურების ექსპერიმენტული კვლევა და რიცხვითი მოდელირება არაერთგვაროვანი ქარების არსებობისას მაგნიტოსფერულ- იონოსფერულ გარემოში 213

მეტრეველი გ., წივწივაძე ნ., გოგინავა მ., დიასამიძე რ., ბერიძე მ.
მსოფლიო ოკეანის დონის სტატისტიკური რიგების ანალიზის თავისებურებები . . . 226

შინაარსი 230