ISSN 1512-1461

UDK.551.509.313

ატმოსფეროს მიწისფირა ფენის სითბური რეჟიმის მათემატიკური მოდელირება, საქართველოს რეგიონის თავისებურებების გათვალისწინებით.

ზ. ხვედელიძე, ა.ჩიტალაძე, თ.დავითაშვილი, დ. ჩიტალაძე

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

ანოტაცია

მზის ენერგიის გამოყენების მიზნით დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს საქართველოს ტერიტორიაზე ჰელიოენერგეტიკული რაიონების გამოყოფას.ამ მიზნით სტატიაში, სითბური ბალანსისა და მიწისპირა ტემპერატურის დღე-ღამური ცვლილების სინქრონიულობის საფუძველზე, შემუშავდა მათემატიკური მოდელი. ამ მოდელით იმ ოლქებში, სადაც სწარმოებს მეტეოაქტინომეტრული დაკვირვებები მოხდა რადიაციული ბალანსის განტოლებაში შემავალი კოფიციენტების დღე-ღამური ცვლილების დინამიკის შესწავლა.

რადიაციულ ბალანსის განტოლებაში პარამეტრების მნიშვნელობები ზუსტდება აღებულ რეგიონის ფიზიკურ-მეტეოროლოგიური მახასათებლების ცვლილების დიაპაზონის გათვალისწინებით. ლოეფიციანტების მნიშვნელობების კორექტირება ხდება მანამ,სანამ რადიაციის გამოთვლილი სიდიდე, ფაქტიურთან სასურველ თანხვედრაში არ იქნება(ცდომილება 10-12%). იმ რეგიონებში კი სადაც აქტინომეტრიული მონაცემები არ არის, ჰაერის და ნიადაგის ზედაპირის ტემპერეტურისა და სინოტივის მონაცემებით, აგრეთვე შესაბამისი კოეფიციენტების ცნობილი მნიშვნელობებით ითვლება რადიაციული ბალანსი. გათვლები განხორციელდა წლის სეზონების ცენტრალური თვეებისათვის.გამოთვლილი სიდიდეები და ექსტრემალური მნიშვნელობები მოყვანილია გრაფიკების სახით, სადაც დატანილია აგრეთვე ფაქტიური მნიშვნელობების მრუდები. გრაფიკებიდან ნათლად ჩანს რადიაციული და ტემპერატურის ველების საკმარისად კარგი თანხვედრა, რაც მიუთითებს მოდელისა და მეთოდიკის ვარგისიანობაზე. ამრიგად შექმნილი მოდელით შეიძლება საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიყოს ჰელიოენერგეტიკული რაიონები (მოხდეს არსებულის დაზუსტება) მზის ენერგიის რაციონალური გამოყენებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: *ჰელიოენერგეტიკული რაიონები, მათემატიკური მოდელირება*

შესავალი. დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე ყველა ფიზიკური პროცესი მზიდან მოსული ენერგიაზეა დამოკიდებული. ეს განსაკუთრებით ჩანს ქვედა მიწისპირა ფენაში (რამოდენიმე ათეული მეტრი დედამიწის ზედაპირიდან).სწორედ ამ ფენაში

ISSN 1512-1461

მიმდინარეობს ადამიანის ძირითადი საქმიანობა. მიწისპირა ფენის თავისებურება მკვეთრად გამოხატულია საქართველოს ტერიტორიისათვის, რომლის უდიდესი ნაწილი უკავია მთა-გორიან, ძლიერ დანაწევრებულ, რთულრელიეფიან რაიონებს. ბუნებრივია,რომ სითბური რეჟიმის ცოდნა საშუალებას მოგვცემს დავამყაროთ ფიზიკური და მათემატიკური ურთიერთ კავშირი მზის რადიაციისა და დედამიწის ზედაპირის სითბური პარამეტრებს შორის. ეს კავშირი ემყარება ენერგიის შენახვის კანონს და წარმოადგენს დედამიწის მომქმედ ფენასთან მოსულ და მისგან გასულ სითბური ნაკადთა ალგებრულ ჯამს. მზის რადიაციის და დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის ველის ცვლილებებს შორის თვისობრივი კავშირის საფუძველზე, ფიზკურ-მათემატიკურ მოდელით შეიძლება საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიყოს და დაზუსტეს ჰელიოენერგეტიკული ოლქები, რასაც უდიდესი პრაქტიკული მნიშნელობა აქვს.აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ დასმული ამოცანა მეტად აქტუალური და ღირებულია.

ამოცანის თეორიული დასმა.

მოვიყვანოთ თეორია, რომელიც ცნობილია ლ იტერატურიდან[1,2,3,4,5] და იძლევა აღნიშნული ფიზიკური პროცესის თვისობრივ დ რაოდენობრივი შინაარსის ნათლად წარმოდგენის საშუალებას. დაუშვათ, რომ დედამიწის ზედაპირი ჰორიზონტალური მიმართულებით ერთგვაროვანია, ასე, რომ ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებებში ადვექციური წევრები უგულველყოფილია; ასევე მხედველობაში არ მივიღოთ ჰაერში სითბოს სხიური ნაკადი; წყლის ფაზური გადასვლები და ვერტიკალური მოძრაობა. ამ დაშვებების გათვალისწინებით განტოლებათა სისტემა ჩაიწერება შემდეგი სახით[1-6]:

$$\frac{\partial u}{\partial t}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+lv+\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial u}{\partial z});\frac{\partial v}{\partial t}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}-lu+\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial v}{\partial z})$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t}=\alpha_t\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial \theta}{\partial z});\frac{\partial q}{\partial t}=\alpha_q\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial q}{\partial z}) \qquad (1)$$

$$\frac{\partial b}{\partial t}=k\psi+\alpha_b\frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial b}{\partial z})-\varepsilon;\frac{\partial T_1}{\partial t}=k_m\frac{\partial^2 T_1}{\partial \xi^2}$$

სისტემა შეიცავს რვა უცნობს. იმისათვის, რომ ჩაკეტილი სისტემა მივიღოთ უნდა გავითვალისწინოთ სისტემაში შემავალ სიდიდეებს შორის არსებული დამოკიდებულებანი[3]:

$$k=l\sqrt{b};\varepsilon=\frac{b\sqrt{b}}{l};\psi=(\frac{\partial u}{\partial z})^2+(\frac{\partial v}{\partial z})^2-\alpha_T\frac{g}{l}\frac{\partial \theta}{\partial z}, \qquad (2)$$

აქ u და v ქარის სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელებია; p-ატმოსფერული წნევა; z-ვერტიკალური კოორდინატი;l-ტურბულენტობის მასშტაბი; ε - დისიპაციის ენერგია; b-ტურბულენტობის კინეტიკური ენერგია; T_1 - ნიადაგის ტემპერატურა; $\alpha_b,\alpha_t,\alpha_q$ - ტურბულენტობის კოეფიციენტები შესაბამისად იმპულსის, სითბოსა და ტენშემცველობისა; ξ -ნიადაგის მომქმედი ფენის სიღრმე ათვლილი დედამიწის ზედაპირიდან ქვემოთ.

ამოცანის ფიზილური შინაარსიდან გამომდინარე ცხადია, რომ ამონახსნი უნდა იყოს დროის მიმართ პერიოდული, ამიტომ საწყისი პირობების მოთხოვნა არ არის

ISSN 1512-1461

საჭირო , რადგან განიხილება დამყარებული პერიოდული რეჟიმი. სასაზღვრო პირობები[3,6,7,8,9]

1. როცა z$\to$0, მაშინ $u(z)=v(z)=0$, და როცა z $\to$0 და $\xi\to 0$ გვაქვს $\theta(z)=T_1(z)=0$ ეს პირობა ნიშნავს ,რომ დედამიწის ზედაპირზე ტემპერატურას ნახტომი არ აქვს.
2. მეორე სასაზღვრო პირობად დედამიწის ზედაპირზე განიხილება სითბური ბალანსის განტოლება, როცა $z\to 0\xi\to 0$

$$R_0=-c_\rho\rho k\frac{\partial\theta}{\partial z}-L\rho k\frac{\partial s}{\partial z}-c^*\rho^* k_m\frac{\partial T_1}{\partial\xi},\qquad ---(3)$$

ტენიანობისათვის სასაზღვრო პირობაა

$$s(z)=f_0S_{\max}(\theta_0)---(4)$$

ასევე დაუშვათ , რომ როცა z მიისწრაფის ნულისაკენ ტურბულენტური ნაკადი არ არსებობს ე.ი.

$$k\frac{\partial b}{\partial z}=0\qquad ---(5).$$

როცა $z\to\infty\xi\to\infty$,მაშინ უნდა შესრულდეს პირობა

$$u=u_g;v=v_g;\theta(z)=\theta_s;T_1(\xi)=T_s s(z)=0;b(z)=0\qquad .---(6)$$

მე (6)-ს მარჯვენა მხარეში ცნობილი სიდიდეებია.

ცხადია ჩამოყალიბებული ამოცანის წესტი ამოხსნა ფაქტიურად შეუძლებელია. ამოხსნა ბუნებრივია განხორციელდეს რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით და უკვე ჩატარებული გამოკვლევები საინტერესო შედეგებს იძლევა[2,3,6]. ჩვენთვის სასურველი მიზნებისათვის საინტერესოა გამარტივებული მოდელურით ამონახსნების მოძებნა.

ვთქვათ (1)-(6) განტოლებათა სისტემაში შემავალი კოეფიციენტები გარკვეულ პირობებში მუდმვებია,საკმარისად დეტალურად ეს საკითხი განხილულია [3] -ში. ამ პირობებში შევისწავლოთ ტემპერატურის დღე- ღამური ცვლილება. აღმოჩნდა ,რომ ტემპერატურის დღე-ღამურ ცვლილებას აქვს პერიოდული კოსინუსოლიდალური ფუნქციის სახე, რომლის რხევის ამპლიტუდა პირდაპირპროპორციულია რადიაციული ბალანსის მნიშვნელობის რხევის ამპლიტუდისა. აქედან გამიმდინარე ბუნებრივია ტემპერატურის ცვლილება შეესაბამებოდეს რადიაციისას და იგი განისაძღვროს სიბური ბალანსის განტოლებით. რადიაციული ბალანსი შეიძლსბა წარმოდგეს შემდეგი მწკრივის
სახით[1-5]:

$$R_s(t)=R_0+\sum_{n=1}^{\infty}(R_n^{\,1}\cos n\omega t+R^{11}{}_n\sin n\omega t)---(7)$$

სადაც R_0 რადიაციის საშუალო მნიშვნელობაა; $\omega=\frac{2\pi}{\Pi}$ დედამიწის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე; Π - რხევის პერიოდი(დღე-ღამე); თუ ჩავთვლით ,რომ $R_s(t)$ არის დროის მარტივი ფუნქცია, მაშინ

$$R_s(t)=R_0+R_1\cos\omega(t-t_m)---(8)$$

,

ISSN 1512-1461

სადაც t_m მაქსიმუმის დადგომის დროა, ხოლო $(R_t - R_0)$ -დღე-ღამური ამ[ლიტუდაა. აღნიშნული საფუძველზე ტემპერატურისათვის მიღებულია დამოკიდებულება [2, 4, 6 ,7]:

$$T(0,t) = T_0 + A_1 \cos(\omega t - \frac{\Pi}{2}\eta_0 - \varphi) - - - (9),$$

სადაც φ საწყისი ფაზაა; η_0 -დაგვიანების პარამეტრი, რომელიც დამოკიდებულია სიმაღლეზე.

მოდელის გამოყენება საქართველოს ცალკეულ რაიონებისათვის

გამოვიყენოთ (7), (8) და (9) ფორმულების თვისობრივი მსგავსება და შევეცადოთ ტემპერატურის ველის ცვლილების მიხედვით მივიღოთ მზის რადიაციის ველის სახე (ყოველ შემთხვევაში დღე-ღამური სვლა). ეს საშუალებას მოგვცემს სითბური ბალანსის განტოლების ამოხსნის გარეშე მივიოთ მზის რადიაციის ველის ბუნება საკვლევი რეგიონისათვის. ცნობილია, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე მზის რადიაციაზე დაკვირვებები სწარმობს მხოლოდ შვიდ მეტეოროლოგიურ სადგურზე, ხოლო ტემპერატურისა და სინოტივის ცვლილებაზე- სამოცზე მეტ სადგურზე[4]. აქედან გამომდინარე აქტინომეტრიული ინფორმაციის ნაკლებობა აძნელებს რადიაციული ბალანსისა და მისი მდგენელების დროში და სივრცეში განაწილების კანონზომიერებისა და ტერიტორიის ჰელიოცენტრული პოტენციალის სათანადო სიზუსტით დადგენას.მოყვანილ ფაქტზე დაყნდობით ჩვენი ამოცანაა მოწმენდილ ცის (ასევე მოღრუბლულობის გათვალსწინებით) პირობებში, განგვესაზღვრა დედამიწიზ ზედაპირის რადიაციული ბალანსის შესაკრებები და რადიაციული ბალანსის დღე-ღამური მნიშვნელობები. ეს მიდგომა განხორციელდება ყველა იმ მიკრორეგიონში,სადაც დაკვირვებები სწარმოებს ტემპერატურასა და სინოტივეზე, მაგრამ არ ასრბობს აქტინომეტრიუ-ლი ანათვლები. ამავე დროს შეგვესწავლა ბალანსის განტოლებაში შემავალი კოეფიციენტების მნიშვნელობების დროში ცვლილების დინამიკა.

განვიხილოთ ჩვენი მიდგომა დეტალურად.ავარჩიეთ ხუთი აქტინომეტრულ-მეტეოროლოგიური სადგური (თბილისი, თელავი, წალკა, სოხუმი,ანასეული), რომელთაც აქვთ საშუალება სრული მეტეოროლოგიური ინფორმაციის აღებისა. მათზე სითბური ბალანსის სხვაობიანი სქემების განტოლებებში[3]

$$R_t = -c_\rho \rho k_T \frac{\theta_t^1 - \theta_t^0}{h_1} - L\rho k_s \frac{S_t^1 - S_t^0}{h_1} - \lambda \frac{T_t^1 - T_t^0}{h_2} - - - (10)$$

,

სადაც θ_κ^1, S_t^1 და θ_t^0, θ_t^0 შესაბამისად დროის მოცემული მომენტისათვის ჰაერის პოტენციალური ტემპერატურისა და სინოტივის სიდიდეებია დედამიწიდან 2 მ . სიმაღლეზე და მიწისპირა ზედაპირზე. T_t^0 და T_t^{-1} ტემპერატურები მიწის ზედაპირზე და სიღრმეში 10-15 სმ-ზე, $h_{1,,} h_2$ სათანადო მანძილები დედამიწის ზედაპირიდან.

სხვაობიან სქემაში შემავალი კოეფიციენტები თავიანთი ცვლილების თეორიულ საზღვრებში ექსპერიმენტალურად ისე შევარჩიოთ,რომ თვითეულ შემთხვევაში დათვლილი მნიშვნელობები მაქსიმალურად მიუახლოვდეს რადიაციული ბალანსის ფაქტობრივ მონაცემებს. ეს საშუალებას მოგვცემს მითითებულ მეტეოროლოგიურ

ISSN 1512-1461
სადგურებზე სეზონების მიხედვით, დავადგინოთ სასურველი კოეფიციენტების დღე-ღამური ცვლილების რეალური სურათი. იმ სადგურებზე სადაც აქტინომეტრული ანათვლები არ გვაქვს მე-(10)-ე განტოლებაში კოეფიციენტების მნიშვნელობების მისაღებად ვიქცევით შემდეგნაირად. გავითვალისწინებთ არჩეული სადგურის ლანდაფტსა, ზღვის დინიდან მდებარეობას და ავიღებთ ამ მონაცემების შესატყვის მეტეოროლოგიური სადგურის უკვე მიღებულ კოეფიციენტების გარკვეულწილად კორექტირებულ მნიშვნელობებს.

ბუნებრიად დაბადება კითხვა, რამდენად რეალურია აღებული მეტეოსადგურისათვის მიღებული რადიაციული ბალანსის მნიშვნელობა. ამ საკითხის გარკვევისათვის ვსარგებლობთ ია ფაქტით, რომ დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურასა და რადიაციის სიდიდეებს შორის არსებობს არსებითი კორელაციური კავშირი. იმ შემთხვევაში, თუ კორელაციის კოეფიციენტი არ აღმოჩნდება ერთან ახლოს, მაშინ ვახდენთ კოეფიციენტთა კორექტირებას.

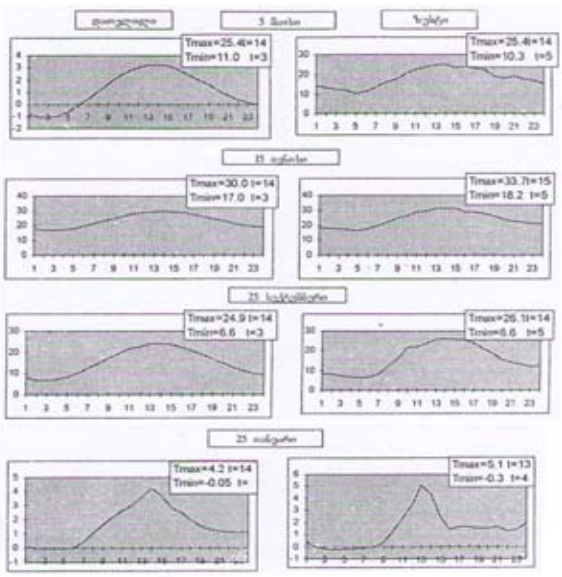
მოყვანილ მოსაზრებებზე დაყრდნობით, საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში ტემპერატურისა და მოღრუბლულობის მონაცემებით, წლის სეზონების ცენტრალურ თვეები- სათვის კომპიუტერული მიდგომით გამითვლილი იქნა რადიაციის დღეღამური სვლა და ექსტრემალური მნიშვნელობები ნახ. 1.აქვე მოყვანილია იმავე სიდიდის ზუსტი მნიშვნელობები. მითითებულ დღეებისათვის სათანადო ფორმულებით გამოანგარიშებულია ტემპერატურის დღე-ღამური სვლა, ასევე ზუსტი მნიშვნელობებიც ნახ.2. ნახაზე მოყვანილია აგრეთვე ამავე ელემენტების მაქსიმალური და მინიმალური სიდიდეები შსაბამისი დროის მითითებით. მოყვანილ სქემაში გათვალისწინებული არ არის რელიეფის და სინოტივის ცვლილების გავლენა, ამიტომ ცდომილება 10-15%-ის ფარგლებშია ეს კი მსოფლიო სტანდარტს შეესაბამება.

ამრიგად მოყვანილი მოდელი გვაძლევს საშუალებას, ნებისმიერ პუნქტში , სადაც დაკვირვება სწარმოებს ძირითად მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე, განისაზღვროს რადიაციული ბალანსის მნიშვნელობა.ეს იძლევა გარანტიას, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე შესაბამისი რეკომენდაციით გამოიყოს , სხვადასხვა მიზნებისათვის, მზის ენერგიის გამოყენების ოლქები.

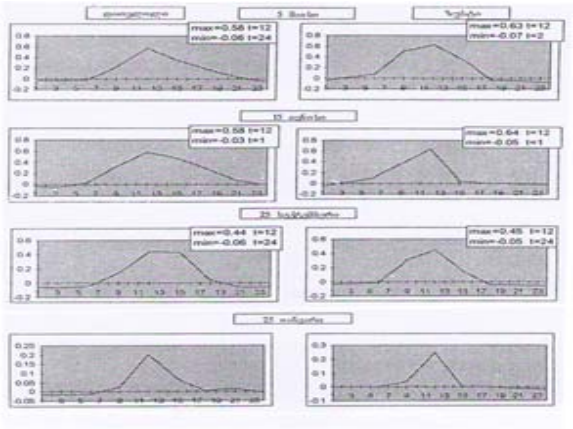
ჩატარებული სამუშაო იძლევა შემდეგ დასკვნებს.

- წლის დროების ცენტრალური თვეებისათვის გაზუსტებულია სიბური ბალანს-ის სხვაობიანი სქემა, როგორც აქტინომეტრიული ასევე არააქტინომეტრიული-მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის.
- მიღებული სხვაობიანი სქემით შესწავლილია მზის რადიაციის ველი მოცეული ტემპერატურული ველის მახასიათებლებით. შეფასებულია ამ ველებს შორის კორელაციური კაბშირი.
- მოცემული მეთოდიკით საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიყოფა ჰელიოცენტრული რაიონები, მზის ენერგიის პრაქტიკული გამოყენების მიზნით.

ISSN 1512-1461



ნახაზი 1



ნახაზი 2

ISSN 1512-1461

ლიტერატურა

1.ლ.მატვეევი „ზოგადი მეტეოროლოგიის კურსი- ატმოსფეროს ფიზიკა“(რუსულიდან თარგმანი), თსუ-ს გამომცემლობამ1987წ. გვ. 701

2.ზ. ხვედელიძე; ა. ჩიტალაძე „საქართველოს რეგიონის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის სითბური რეჟიმის ბუნება“ თბილისი,“მეცნიერება და ტექნიკა“N10-12, 1999წ გვ.52-54.

3.ა.ჩიტალაძე , „ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის სითბური რსჟიმის მოდელირება სა-ქართველოს რეგიონისათვის“- საკანდიდატი დისერტაცია,თბილისი, 2003წ.გვ.110.

4.ზ. ხვედელიძე, „დინამიკური მეტეოროლოგია“ ტსუ-ის გამომცემლობა,2002წ,გვ.535

5.А .Хргиан „ Физика атмосфери „ гидрометиздат, Л, том1 1989г, с215.

6.A.Chitaladze,D. Chitaladze, Z. Khvedelidze. T. Bibilashvili, N. Ramishvili “On the approxi-Mation of the equation of earth surface radiative equlibriun” journal on the Georgian Geophysical Sociecly, Issue (B).Physics of atmosphere, ocean and space plasma, v6, Tbilisi, 2001,p. 47-54.

7. . Davitahvili T. , Khvedelidze Z. ,.Khantadze A, Samkharadze I. “Investigation of some climate singularities on the territory of Georgia by Mathematical modeling” Works of hydrometeorological Institute. #115. p. 7-18 . 2008.(ISSN 1512-0902)

8 ზ. ხვედელიძე,თ. დავითაშვილი,ი. სამხარაძე “ატმოსფეროში მძლავრი შეშფოთებების გავრცელების შესწავლა მათემატიკური მოდელირებით“ საქართველოს პოლიტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის შრომები ,ტომი117,2011წ,გვ.145-148 (ISSN 1512-0902)

9.ზ.ხვედელიძე,რ. დანელია,ნ. რამიშვილი, ქ. მირიანაშვილი“ატმოსფეროს შინაგანი ტალღების შესწავლა ნაკადში მინარევების და რეგიონის მიკროკლიმატური თვისებების გათვალისწინებით“ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი.შრომათა კრებული მიძღვნილი აკადემიკოს ფ, დავითაიას დაბადებიდან 100 წლისთავს; N3(82),2011წ. გვ.90-94.

Article received: 2012-06-09