

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

რევაზ სამუკაშვილი,
უმთა დარჩია

საქართველოს
ჰელიოენერგეტიკული
რესურსების დეტალიზაცია



გამომცემლობა „ენივერსალი“
თბილისი 2017

მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობასა და მონმენ-
დილი ცის მდგომარეობის ალბათობას შორის დადგენილი
კორელაციური კავშირებით გამოთვლილია ამ მახასიათებ-
ლის მნიშვნელობები საქართველოს იმ პუნქტებისათვის, სა-
დაც არ ტარდებოდა აქტინომეტრიული დაკვივრებები და
ამის საფუძველზე ჩატარებულია ჰელიოენერგეტიკური რნე-
სურსების დეტალიზაცია. სამხრეთის ფერდობებისათვის
დადგენილია ჯამური და შთანთქმული რადიაციების წლიუ-
რი სვლის კანონზომიერებები.

რედაქტორი: ფიზ-მათ მენ. დოქტორი,
პროფესორი კუკური თავართქილაძე

რეცენზენტები: გეოგრ. მეც. დოქტორი,
პროფესორი ელიზბარ ელიზბარაშვილი

გეოგრ. მეცნ. დოქტორი
ბაკურო ბერიტაშვილი

© რ. სამუქაშვილი, შ. დარჩია, 2017

გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2017

თბილისი, 0179, ი. ჯავახიშვილის გამზ. 19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge; universal505@gmail.com

ISBN 978-9941-26-121-3

**REVAZ SAMUKASHVILI,
SHOTA DARCHIA**

**DETAILING OF GEORGIA
TERRITORIES
HELIOENERGETIC RECOURCES**



Publishing House "UNIVERSAL"

Tbilisi 2017

It the monograph are settled correlation relations between direct solar radiation and probability of clear skys condition. There dates are utilized for increase the volume of this characteristics for spots where did not nroduse astinometrics observations. for detalization helioenergetics recourse. For slopes Southern orientations are settled regularity total and absorb radiations.

Editor Dr. Sciences (Phus-mat)
 Professor **K. Tavartkiladze**

Revievers: Dr. Sciences (Geogr)

 Professor **E. Elizbarashvili**
 Dr. Sciences (Geogr) **B. Beritashvili.**

© R. Samukashvili, Sh. Darchia, 2017

Publishing House "UNIVERSAL", 2017

19, I. Chavchavadze Ave., 0179, Tbilisi, Georgia ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge; universal505@gmail.com

ISBN 978-9941-26-121-3

Институт Гидрометеорологии

**РЕВАЗ САМУКАШВИЛИ,
ШОТА ДАРЧИА**

**ДЕТАЛИЗАЦИЯ
ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ ГРУЗИИ**



Издательство „Универсал“

Тбилиси 2017

Установленными корреляционными связями между интенсивностью прямой солнечной радиацией и вероятностью состояния ясного неба рассчитаны величины этой характеристики для тех пунктов, где не производились актинометрические наблюдения и на этой основе проведена детализация гелиоэнергетических ресурсов Грузии. Для южных склонов установлены закономерности годового хода суммарной и поглощенной радиаций.

Редактор: Доктор физ-мат наук,
профессор **К. Таварткиладзе**

Рецензенты Доктор геогр. наук.

профессор **Е. Елизбарашвили**,
Доктор геогр. наук **Б. Бериташвили**

© Р. Самукашвили, Ш. Дарчия, 2017

Издательство "УНИВЕРСАЛ", 2017

Тбилиси, 0179, пр. И. Чавчавадзе №19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge; universal505@ymail.com

ISBN 978-9941-26-121-3

შინაარსი

შესავალი	8
თავი I. აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურების ზონალური განლაგება ზღვის დონიდან საქართველოს ტერიტორიაზე	20
თავი II. ფუნქციონალური კავშირის ანალიზი მზის პირდაპირ რადიაციასა და მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას შორის.....	29
თავი III. საქართველოს აქტინომეტრიული ქსელისათვის მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობასა (ჰორიზონტალურ და მზის სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეებში) და მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას შორის კორელაციური კავშირების დადგენა	70
თავი IV. მზის სხივისადმი ნორმალურ და ჰორიზონ- ტალურ სიბრტყეებში მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის გამოთვლა საქართველოს მეტეოროლოგიური ქსელისათვის	107
თავი V. საქართველოს მთიანი და მაღალმთიანი ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსებით დარაიონების კომპლექსური მახასიათებლების ანალიზი	146
თავი VI. საქართველოს ტერიტორიის სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური მსვლელობის კანონ- ზომიერებები.....	168
თავი VII სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე ქვეფენილი ზედაპირის მიერ შთანთქმული რადიაცია	201
დასკვნა	218
ლიტერატურა	227

მონოგრაფიაში განხილული თემა ეძღვნება ისეთ აქტუალურ პრობლემას, როგორიცაა ჰელიოენერგეტიკის განვითარება და მისი დანერგვა საქართველოს სახალხო მეურნეობაში. მიუხედავად იმისა, რომ დღეს კაცობრიობა სარგებლობს ორგანული გენეზისის ენერგომატარებლების ისეთი სახეებით როგორიცაა ნავთობი, გაზი, ქვანახშირი, გააჩნია განვითარებული ჰიდროენერგეტიკა და მაღალ დონეზე მდგარი ატომური ენერგეტიკა. მაინც მზის სხივური ენერგიის პრაქტიკულ ათვისებას ენიჭება დიდი მნიშვნელობა. პრობლემის აქტუალობა განპირობებულია იმითაც, რომ გეოგრაფიული გარემოს ეკოლოგიურად სუფთა აღდგენადი, ამოუწურავი ენერგეტიკული რესურსების სახეობებიდან მზის სხივურ ენერგიას უკავია თვალსაჩინო ადგილი. აღსანიშნავია ისიც, რომ ენერგეტიკული კრიზისის და ორგანული სახის ენერგომატარებლების მოხმარების შედეგად ანთროპოგენული აეროზოლებით განპირობებული გარემოს პროგრესული დაბინძურების პროცესის საგანგაშო სიმპტომების თავიდან აცილების მიზნით, რომლებიც იძენენ გლობალური ხასიათის ნიშნების კლიმატის ცვლილებებში მოსალოდნელი (და უკვე ამჟამად არსებული) ნეგატიური შედეგებით, განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს სახალხო მეურნეობის რიგი დარგების სტაბილურ და ეკოლოგიურად სუფთა ენერგეტიკულ ბაზაზე გადაყვანა, რათა შენარჩუნებული იქნეს გეოგრაფიული გარემოს ნორმალური ეკოლოგიური მდგომარეობა. გარდა ამისა, გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ ტრადიციული ენერგომატარებლების მოპოვება ძვირადღირებული ხდება და მათი მარაგი დედამიწაზე ამოუწურავი არ არის. მთავარი კი ის არის, რომ თანამედროვე ცივილიზაციამ ელემენტარული ეკოლოგიური ნორმების უგულვებელყოფით კაცობრიობა მიიყვანა იმ ზღვრამდე, რომლის იქეთ ჩვენს პლანეტა-დედამიწას ეკოლოგიური კატასტროფა ელის. ასეთია პროგნოზი, როგორც ჩვენი, ისევე უცხოელი წამყვანი მეცნიერ-ეკოლოგებისა. ყოველივე ეს აგრეთვე უმ-

ძიმეს გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე აქედან გამომდინარე, ჰელიოენერგეტიკული პრობლემების გადაწყვეტა უნდა ხდებოდეს არა ცალკეულ ქვეყნებში, არამედ მთელი მსოფლიოს მასშტაბით.

დღეისათვის მზის ენერგიის პრაქტიკულად გამოყენების დარგში ორი ძირითადი ამოცანაა გადასაწყვეტი:

- მზის ბატარეების, მზის ელემენტების განსაკუთრებით ფოტოგარდამქმნელების ღირებულების შემცირება, მათი მარგი ქმედების კოეფიციენტების გაზრდა და საერთოდ ჰელიოდანადგარების სრულყოფა. ყოველივე ეს ფიზიკოსების, ქიმიკოსებისა და საერთოდ ტექნიკური (გამოყენებითი) მეცნიერების გადასაწყვეტია.

- თვით მზის სხივური ენერგიის, მისი დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესებთან ურთიერთქმედების შესწავლა. ეს საკითხი კი გეოფიზიკურ მეცნიერებათა სფეროს განეკუთვნება. იმისათვის, რომ ეფექტური იყოს მზის სხივური ენერგიის გამოყენება, სახალხო მეურნეობაში საჭიროა ჩატარდეს მზის რადიაციის კვლევა აქტინომეტრიული სადგურების მონაცემებზე დაყრდნობით მაგრამ, როგორც ცნობილია, აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი, რომელთაგან ვლებულობთ კვლევისათვის საჭირო პირველად მასალას, საშუალოდ მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვის მხოლოდ 4%-ს შეადგენს, რის გამოც, არსებული მონაცემები მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის შესახებ სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში (S) რა თქმა უნდა, საკმარისი არ არის. აქტინომეტრიულ სადგურებს თუ დავუმატებთ ჰელიოგრაფებით მზის ნათების მაფიქსირებელ სადგურებს, ეს გაზრდის ინფორმაციას მზის რადიაციის შესახებ, მაგრამ არც ჰელიოგრაფებით სადგურების რიცხვი იძლევა ინფორმაციის საჭირო მოცულობით მიღების გარანტიას.

- მზის, ქარის, თერმული და სხვა არატრადიციული განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენების მცდელობის სანყისები საუკუნეების სიღრმიდან მოდის. ამ საკითხებთან დაკავშირებით მრავალი მეცნიერული შრომა არის შესრუ-

ლებული. საქართველოსთვის მრავალწლიანი კვლევის შედეგები შეჯამებულია სოლიდურ მონოგრაფიაში (7). რომელშიც დასმული პრობლემები განსაკუთრებით აქტუალურია ჩვენი ქვეყნის ენერგომომარაგების კუთხით. საერთოდ ჰელიოენერგეტიკის განვითარების დონე იმდენად ჩამორჩა ენერგეტიკის სხვა ტრადიციული სახეების დონეს, რომ იგი აღმოჩნდა მეცნიერების კვლევის სფეროს მიღმა და მისი სახალხო მეურნეობაში გამოყენების საკითხი დადგა მხოლოდ ჩვენი საუკუნის მეორე ნახევარში, თუმცა აღსანიშნავია, რომ ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 20-30-იან წლებში დასახული იქნა რიგი ღონისძიებებისა, რომლებიც ეხებოდა მზის ენერგიის გამოყენებას სახალხო მეურნეობაში. ამ ღონისძიებების პრაქტიკული განხორციელება დაევალა მეცნიერებათა აკადემიას, მაგრამ ამ ღონისძიებას არ მოყოლია საგრძნობი შედეგი, რაც აიხსნება იმ გარემოებით, რომ უზარმაზარი საბჭოთა კავშირის და მის შემადგენლობაში მყოფი რესპუბლიკების აკადემიების სამეცნიერო საკვლევ თემატიკაში ან სულ არ იდგა პრობლემა სახალხო მეურნეობაში მზის ენერგიის გამოყენების შესახებ. ან თუ იდგა ასეთი პრობლემა (უმეტესად შუა აზიის რესპუბლიკების აკადემიებში) ის ყოველთვის ითვლებოდა უმნიშვნელოდ. გამონაკლისს წარმოადგენდა თურქმენეთის სსრ, რომელიც მთელი ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე გამოირჩეოდა მზიანი დღეების მაქსიმალური რაოდენობით. ამ რესპუბლიკაში მუშაობდა სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება სახალხო მეურნეობაში მზის ენერგიის გამოყენების საკითხებზე. გარდა ამისა, როგორც ცნობილია, მაშინდელი სახელმწიფო ამ დარგში ნაკლებად აფინანსებდა აკადემიებს სახალხო მეურნეობის სხვა დარგებთან შედარებით. გარდა ამისა, ამ პერიოდში საბჭოთა კავშირის აკადემიის ბიუჯეტის საგრძნობი ნაწილი იხარჯებოდა ატომური ენერგიის თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევებზე, რადგანაც ეს უკანასკნელი აკადემიის თემატიკაში აყვანილი იყო აქტუალური პრობლემატიკის დარგში, ამავე დროს, ამ დარგისათვის შექმნილი იყო ატომური ენერგიის სამინისტრო, რომელიც განსაკუთრებით უხვად ფინან-

სდებოდა სახელმწიფოს მიერ. ამ მიზეზების გამო თუ რამე გაკეთებულა ჰელიოენერგეტიკის დარგში (თურქმენეთის გამოკლებით) ეს უმეტესად გაკეთებულა საგრძნობი ფინანსური და მორალური მხარდაჭერის გარეშე. ენთუზიასტების შრომის ხარჯზე.

ბოლო პერიოდში, როდესაც აშკარად გამოიკვეთა ეკოლოგიური კატასტროფის საშიშროება, ორგანული ენერგომატარებელი რესურსების დეფიციტი და კაცობრიობისათვის ატომური ენერგიის გამოყენების საფრთხე, მკვლევართა ერთმა ნაწილმა იწყო ძებნა ეკოლოგიურად სუფთა, განახლებადი, პრაქტიკულად ამოუწურავი არატრადიციული ენერგორესურსებისა. თუმცა, თავიდანვე სახალხო მეურნეობაში მზის ენერგიის გამოყენების იდეა გამართლებული იყო ორი დიდად მნიშვნელოვანი უპირატესობის გამო ტრადიციულ გარემოს დამაბინძურებელ ორგანულ ენერგეტიკასთან შედარებით: პირველი – მზის ენერგიის მარადიულობით, მზის სისტემის არსებობის პერიოდისათვის, რაც კაცობრიობის არსებობის ისტორიისათვის პრაქტიკულად უსასრულოა და მეორე – მზის ენერგიის ეკოლოგიური სისუფთავე თუმცა აუცილებელია შეფასდეს დიდმასშტაბიანი ჰელიოდანადგარების (იგულისხმება დიდი დიამეტრის სარკეები მძლავრი კოლექტორებით) კლიმატზე შესაძლო ნეგატიური გავლენა მათი განლაგების რაიონში. იმ შემთხვევაში თუ ჰელიოდანადგარების ექსპლოატაცია ნეგატიურ გავლენას ახდენს გარემოზე, მაშინ დღის წესრიგში დადგება ჰელიოენერგეტიკის განვითარებისათვის საჭირო სტრატეგიის შემუშავება, როგორც ენერგიის წყაროს გამომუშავების ტექნიკაში (ექსპლოატაციიდან მოვხსნათ საკონცენტრაციო სარკეები და განვავითაროთ ნახევრადგამტარებისა და ფოტოფირების ტექნოლოგია), ასევე მისი გამოყენების პრინციპებზე, კერძოდ, ენერგიის მოხმარების ავტონომიაზე. ამ უკანასკნელში იგულისხმება შემდეგი: იმისათვის, რომ ელექტროენერგიით დაკმაყოფილდეს საცხოვრებელი და სხვა დანიშნულების შენობები აგრეთვე არსებული ტრანსპორტი აუცილებელი არ არის მათი ენერგიით უზრუნველსაყოფად

მძლავრი მზის ელსადგურების აშენება და ობიექტების საჭა-
ერო ქსელით კვება. ასე მაგალითად, დღეისათვის აშენებუ-
ლია ექსპერიმენტული საცხოვრებელი სახლები, რომელთა
სახურავებზე დამონტაჟებულია ჰელიოდანადგარები (მზის
სხივური ენერგიის კოლექტორები, ფოტოგარდამქმნელები)
მთლიანად აკმაყოფილებენ ამ სახლების მოთხოვნილებას
ელექტროენერგიაზე. რიგ მსოფლიო გამოფენებზე წარმოდ-
გენილი იყო მზის ენერგიაზე მომუშავე არა ერთი ავტომობი-
ლი. ბოლო წლებში გამოჩნდა თვითმფრინავიც („მზემფრე-
ნი“). გრძელდება მუშაობა მათი სრულყოფისათვის. ამრი-
გად, ჰელიო ენერგეტიკის განვითარების გზაზე ისახება არა
მარტო მზის ელექტროსადგურების შენების, არამედ რიგი
ობიექტების მზის ენერგიით ავტონომიური უზრუნველყო-
ფის პერსპექტივა.

მზის ენერგიის უშუალოდ ელექტროენერგიაში გარდაქ-
მნის პროცენტი ჯერჯერობით დაბალია, თუმცა თეორიუ-
ლად იგი აღწევს 90%-ს. იმის გამო, რომ დედამიწაზე მზის
რადიაციის ნაკადი წყვეტილი და არასტაბილურია, მის გამო-
ყენებას სახალხო მეურნეობაში გარკვეული წინააღმდეგობე-
ბი ხვდება. ამიტომ იმ თეორიული და ექსპერიმენტალური
კვლევების პარალელურად, რომლებიც ტარდება მზის ელექ-
ტროსადგურების სიმძლავრის ამაღლების მიზნით, პარალე-
ლურად მიმდინარეობს ტექნიკური საინჟინრო ძიება ქარის
ენერგიის ელექტროენერგიაში გარდასაქმნელად, აღსანიშ-
ნავია, რომ ამ ორი სახეობის ენერგიის გამოყენების ეფექტუ-
რობა სახალხო მეურნეობაში მკვეთრად მაღლდება ურთიერ-
თშევსების განხორციელებით.

პრაქტიკულად მზის ენერგიის გამოყენება მისი გარდაქ-
მნით თავდაპირველად ქიმიურ, შემდგომ კი სითბურ და
ელექტრულ ენერგიებში დაიწყო გასული საუკუნის პირველი
ნახევრიდან. დღეისათვის ამერიკის, ევროპის და აზიის ბევრ
ქვეყანაში მოქმედებაშია საკმაოდ ძლიერი მზის ელექტრო-
სადგურები, გარდა ამისა, საცხოვრებელი სახლების სახურა-
ვებზე დამონტაჟებული ავტონომიური ჰელიოდანადგარე-

ბით უზრუნველყოფილია მობინადრეები სითბური და ზოგიერთ ქვეყანაში ელექტროენერგიითაც.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში მზის ენერგიის ათვისების პროცესში გამოიყენებოდა საკონცენტრაციო სარკეები. იმის გამო, რომ სარკეები ძვირად ღირებულია, ფარავენ მინის დიდ ფართობს და ექსპლოატაციის პროცესში კარგავენ თავის ოპტიკურ მაჩვენებლებს (დამტვერიანების გამო), ხოლო მათი განმენდა რთულია მზის ენერგეტიკის გამოყენების ეს გზა ნაკლებად პერსპექტიულია. საკონცენტრაციო სარკეების ალტერნატივას მზის ენერგიის ფოტო გარდამქმნელეები წარმოადგენენ, თუმცა ამ უკანასკნელთა საშუალებით ელექტროენერგიის მიღება კიდევ უფრო ძვირადღირებულია. მიუხედავად ამისა, სავარაუდოა რომ მზის ენერგიის ფოტოგარდამქმნელების მარგი ქმედების კოეფიციენტის გაზრდისა და მათი ღირებულების შემცირების პრობლემა ახლო მომავალში წარმატებით გადაიჭრება. სხვადასხვა ტიპის ავტონომიური ჰელიოდანადგარების გამოყენება (რომ არაფერი ითქვას მის უალტერნატივობაზე კოსმონავტიკაში) უალრესად პერსპექტიულია ძნელად მისაწვდომი დასახლებული პუნქტებისათვის: უდაბნოებსა და მაღალმთიან რაიონებში მოქმედები ექსპედიციებისათვის, მომთაბარე მეცხოველეობის მწყემსების სადგომებისათვის და ყველა იმ ობიექტების ენერგიით უზრუნველსაყოფად, რომლებსაც ტრადიციული ენერგორესურსები არ გააჩნია, სავარაუდოა, რომ ახლო მომავალში ჰელიოენერგეტიკის განვითარების დონემ უნდა დაფაროს ის დეფიციტი, რომელიც წარმოიქმნება ტრადიციული ენერგორესურსების უკმარისობის შედეგად, მაგრამ აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ მზის ენერგიის სახალხო მეურნეობაში მაქსიმალურად ჩართვის დასაჩქარებლად მარტო სხვადასხვა ტიპის ჰელიოდანადგარების და თვით მზის რადიაციის მაფიქსირებელი აპარატების სრულყოფა არ არის საკმარისი. საჭიროა ვიცოდეთ გეოგრაფია იმისა, თუ სად, რომელ პუნქტში უნდა განლაგდეს ეს აპარატურა მაქსიმალური ეფექტის მისაღებად. საქართველოს, სომხეთისა და აზერბაიჯანისათვის. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ამი-

ერკავკასიის ტერიტორიაზე განლაგებული აქტინომეტრიული სადგურების ინფორმაცია საკმარისი არ არის ჰელიოენერგეტიკური რესურსების დეტალიზაციის კუთხით ამ რეგიონში.

მოცემული კვლევის მიზანს წარმოადგენს საქართველოს ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების ამსახველი არსებული კადასტრების და რუკების დეტალიზაცია (დაზუსტება) და მათი ინფორმატულობის გაზრდა. სათანადო კვლევის ჩატარების შედეგად შესაძლებელი ხდება კონკრეტული გეოგრაფიული პუნქტების რეკომენდაცია მთიან, რაიონებში მზის ენერგიის სახალხო მეურნეობაში გამოყენების მიზნით. კონკრეტულ პუნქტებში იგულისხმება ის პუნქტები სადაც დღემდე მზის ნათების ხანგრძლივობის რეგისტრაცია და სათანადო აქტინომეტრიული დაკვირვებები მზის რადიაციის ინტენსივობაზე ნორმალურ სიბრტყეში, ჯამური რადიაციის სიდიდეებზე ჰორიზონტალურ ზედაპირზე (ან მათი უწყვეტი რეგისტრაცია) არ ხდებოდა. ამ პუნქტებში ძირითადად იგულისხმებიან მეტეოროლოგიური სადგურები და მეტ-ნაკლებად სხვა პერსპექტიული პუნქტები. გარდა ამისა, განხილულია ისეთი აქტუალური პრობლემა, როგორიცაა რელიეფის მორფოლოგიური ფაქტორების (ფერდობების ექსპოზიცია, დახრილობა, ადგილის აბსოლუტური სიმაღლე) გავლენის შესწავლა მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის სიდიდეზე სამხრეთის ექსპოზიციის ფერდობებისათვის.

უნდა ხაზი გაესვას იმ გარემოებას, რომ საქართველოს ტერიტორიისათვის დღემდე არსებული კადასტრები და რუკები (განსაკუთრებით ადრინდელი მხედველობაშია ი. ცუცქირიძისა და სხვა ავტორების მიერ შედგენილი კადასტრები (1-6)) რომლებსაც აქვს სქემატური ხასიათი, რადგანაც ისინი ეყრდნობიან რა მცირერიცხოვანი და მოკლეპერიოდიანი აქტინომეტრიული სადგურების (სულ 7 სადგური დაკვირვების პერიოდის სხვადასხვა ხანგრძლივობით) ინფორმაციას, იძლევიან ზოგად წარმოდგენას მზის რადიაციის მახასიათებლებზე და მზის ნათების ხანგრძლივობის სიდიდეზე ცალკე-

ული რაიონებისათვის. ე.ი. ისინი საჭიროებენ ამ რაიონებში განლაგებული დანარჩენი პუნქტებისათვის გარკვეულ დეტალიზაციას ლოკალური ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების და ღრუბლიანობის რეჟიმის გათვალისწინებით. აღსანიშნავია რომ საქართველოს ტერიტორიისათვის დღემდე დამუშავებულ კადასტრებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია ვ. გაგუას და სხვა ავტორების მიერ დამუშავებულ კადასტრებს (7) რომლებიც ეყრდნობა მზის რადიაციის ინტენსივობაზე, მზის ნათების ხანგრძლივობაზე და ღრუბლიანობაზე დაკვირვებების შედარებით გრძელდპერიოდოიანი რიგების ანალიზს. გარდა ამისა, საკითხის გაშუქებისას ამ ავტორების მიერ გამოყენებულია ლიტერატურაში ცნობილი მეთოდები და თანაფარდობები მზის პირდაპირი რადიაციის და ჯამური რადიაციის თვიური ჯამების გამოსათვლელად იმ პუნქტებისათვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ აქტინომეტრული დაკვირვებების სათანადო ინფორმაცია, მაგრამ აქვთ გრძელდპერიოდოიანი დაკვირვების რიგები ღრუბლიანობის რეჟიმზე და მზის ნათების ხანგრძლივობაზე მხედველობაშია ა. კოტარიას ფორმულა ჯამური რადიაციის ჯამების გამოსათვლელად მთიან რაიონებში და ს. სივკოვის ფორმულა მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამების გამოსათვლელად) ვ. გაგუას და სხვა ავტორების მიერ დამუშავებული კადასტრების ღირსებას წარმოადგენს აგრეთვე ის გარემოება, რომ მასში მზის რადიაციის ცვლილებები დროში განხილულია, როგორც დეტერმინირებულ-სტოქასტური პროცესი, რაც საშუალებას იძლევა ალბათობის თეორიის გამოყენებით დედამიწის ამ პროცესების ძირითადი თავისებურებების ობიექტური კანონზომიერებების დადგენისათვის.

აღნიშნული კადასტრები გვაძლევენ ზოგად წარმოდგენას მზის რადიაციის კადასტრის ფონურ მახასიათებლებზე და მათი ცვლილებების დინამიკაზე დროში და სივრცეში. მაგრამ როგორც აღინიშნა, ეს ინფორმაცია არ იძლევა ფონური სიდიდეების კონკრეტიზაციის შესაძლებლობას. იმისათვის რომ გარკვეული ტიპის ჰელიოენერგეტიკული დანადგარისათვის შეირჩეს კონკრეტული პუნქტი დღემდე არ-

სებული კადასტრები საჭიროებენ გარკვეულ შევსებას და დაზუსტებას (დაკონკრეტებას) იმ პუნქტებით სადაც არ ტარდება (და არც ადრე წარმოებდა) აქტინომეტრიული და ჰელიოგრაფიული დაკვირვებები. ამრიგად, იმისათვის, რომ ეფექტური იყოს მზის ენერგიის გამოყენება სახალხო მეურნეობაში უნდა ჩატარდეს მისი კომპლექსური კვლევა აქტინომეტრიული სადგურების ინფორმაციაზე დაყრდნობით, მაგრამ აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი საქართველოში არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვის საშუალოდ 4%-ს შეადგენს. რის შედეგად, მზის სხივისადმი პერპენდიკულარულ სიბრტყეში არსებული მზის პირდაპირი რადიაციის ინფორმაცია არის სრულიად არასაკმარისი.

აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი გარკვეულწილად შეიძლება გაიზარდოს ჰელიოგრაფიული პუნქტებით, სადაც ხდება მზის ნათების ხანგრძლივობის რეგისტრაცია, მაგრამ არც ასეთი სადგურების რიცხვი იძლევა იმის გარანტიას, რომ მაქსიმუმამდე დავიდეს ჰელიოენერგეტიკული რესურსებით საკმაოდ მაღალ დონეზე უზრუნველყოფილი პუნქტების ამ მიზნებისათვის გამოყენების ალბათობა.

მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობაზე სხივისადმი ნორმალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში არსებული ინფორმაციის მოცულობა შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს თუ შესწავლილი იქნება მზის რადიაციის ინტენსივობა-სა (S, S') და ღრუბლიანობას შორის, უფრო ზუსტად, მონმენდილ ცის მდგომარეობის ალბათობას (P_{0-2}) შორის ფუნქციონალური კავშირების თავისებურებები:

$$S = f(P_{0-2}), S' = f(P_{0-2})$$

სადაც S არის მზის რადიაციის ინტენსივობა სხვისადმი ნორმალურ, ხოლო S' - ჰორიზონტალურ სიბრტყეში. ამრიგად, ინფორმაცია S, S' და P_{0-2} სიდიდეების სინქრონული შეფასებებისათვის წარმოადგენს კვლევის პირველად ეტაპს ცხრილ 1-ში მოყვანილია საქართველოს ტერიტორიისათვის

S, S' და P_{0-2} სიდიდეების ერთდროული შეფასების პუნქტუბის რაოდენობა

ცხრილი 1

საქართველოს ტერიტორიის მაღლივ ზონებში განლაგებული აქტინომეტრიული (n) და მეტეოროლოგიური (N) სადგურების რიცხვი (მათი ხვედრითი წონით n/N), სადაც სინქრონულად წარმოებდა დაკვირვებები S და P_{0-2} სიდიდეებზე

მაღლივი ზონა, მ	n	N	$n/N, \%$
0-300	3	7	18
300-600	2	9	22
600-900	1	8	12
900-1200	0	6	0
1200-1500	1	6	17
1500-1800	0	3	0
1800-2100	0	5	0
2100-2400	1	1	100
2400-2700	0	0	0
2700-3000	0	0	0
3000-3300	1	1	100
Σ	9	46	
n/N საშ			20

და მათი განლაგება ვერტიკალური ზონების მიხედვით. როგორც ცხრილი 1 დან ჩანს, საქართველოს ტერიტორიის დაბლობ რაიონებში დაბალმთიანი ზონის ჩათვლით განლაგებულია 6 აქტინომეტრიული და 52 მეტეოროლოგიური სადგური, შუამთის ზონაში შესაბამისად 1 და 17, ხოლო მაღალმთიან ზონაში შესაბამისად 2 და 2 სადგური. აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვის ხვედრითი წონა მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვში შეადგენს პირველ ზონაში 11.5 და მეორეში 6, ხოლო მესამე ზონაში 100%-ს. როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, რიგ მაღლივ ზონებში არ არსებობს S და P_{0-2} სიდი-

დეების სინქრონული შეფასების არც ერთი სადგური. როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, საერთოდ მთიან და მით უმეტეს მაღალმთიან რაიონებში (და მთლიანად რეგიონში) აქტივობითი სადგურების რიცხვი მკვეთრად ეცემა და მათი განლაგება ზღვის დონიდან აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულობით გასაგები მიზეზების შედეგად (ძნელადმისანვდომი რაიონები, ენერგიის უქონლობა და სხვ.) „არ ექვემდებარებიან რაიმე განსაზღვრულ კანონზომიერებებს. ყოველივე ამის შედეგად გასაგებია, რომ აქტივობითი სადგურების ასეთი არაერთგვაროვანი ქაოტური განაწილება მათი რიცხვის უკიდურესი სიმცირის პირობებში ვერ მოგვცემს საკმარის ინფორმაციას ამ ზონების ჰელიოენერგეტიკული რესურსების ობიექტური შეფასებისათვის. ასეთი არასაზარბიელო მდგომარეობა განაპირობებს ისეთი მეთოდის შემუშავებას, რომელიც შესაძლებელს გახდის გამოვიყენოთ საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ყველა მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემები ღრუბლიანობის რეჟიმულ მახასიათებლებზე (კერძოდ მხედველობაშია მონმენდილი ცის მდგომარეობის აღბათობის სიდიდე P_{0-2}), რათა მივიღოთ რაც შეიძლება მეტი ინფორმაცია ამა თუ იმ პუნქტის (მეტეოროლოგიური სადგურის) ჰელიოენერგორესურსებზე ცხრილ 1-ში მოყვანილი აბსოლუტური სიმაღლის ყველა ზონიდან, ინფორმაცია შეესაბამება აქტივობითი და მეტეოროლოგიური (დაკვირვებების) პერიოდს 1968 წლამდე. რაც შეეხება მომდევნო პერიოდს (1968-1990 წლები) ამ პერიოდში აქტივობითი და მეტეოროლოგიური ინფორმაცია ნაწილობრივ შემცირდა რიგი სადგურების დახურვის შედეგად და ახლო მომავალში დახურული სადგურების აღდგენა და ახლების გახსნა მოსალოდნელი არაა. ყოველივე ზემოთქმული ანიჭებს კიდევ უფრო მეტ მნიშვნელობას ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ მეთოდს, რომლის ძირითად ამოცანას შეადგენს მზის რადიაციის ინტენსივობასა A, A' ღრუბლიანობას (უფრო ზუსტად მონმენდილი ცის მდგომა-

რეობის ალბათობას - P_{0-2}) შორის ფუნქციონალური კავშირების დადგენა და მისი თავისებურებების შესწავლა ე.ი.

$$S = f(P_{0-2}),$$

$$S' = f(P_{0-2})$$

კიდევ ერთხელ უნდა ხაზი გაესვას მზის რადიაციის ინტენსივობასა S, S' და მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას შორის P_{0-2} ფუნქციონალური დამოკიდებულების შესწავლის აუცილებლობას, ვინაიდან, როგორც სათანადო ანალიზი გვიჩვენებს, ინფორმაციის მოცულობა მზის რადიაციის ინტენსივობაზე საქართველოს ტერიტორიისათვის თითქმის 5-ჯერ ნაკლებია, ღრუბლიანობის ინფორმაციასთან შედარებით.

თავი I.

აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურების ზონალური განლაგება ზღვის დონიდან საქართველოს ტერიტორიაზე

ამიერკავკასიის რეგიონის 376 მეტეოროლოგიური სადგურიდან, რომლებიც იძლეოდნენ ინფორმაციას ღრუბლიანობის შესახებ, მხოლოდ 23 სადგურისათვის არსებობს მონაცემები მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობაზე სხვისადმი ნორმალურ სიბრტყეში (S), რაც შეადგენს მეტეოროლოგიური სადგურების რაოდენობის მხოლოდ 6,1%-ს. უკრაინაში იგი არ აღემატება 2,1%-ს, ხოლო ყოფილი საბჭოთა კავშირის მთელ ტერიტორიაზე 8059 მეტეოროლოგიური სადგურიდან მზის რადიაციაზე დაკვირვებები სწარმოებდა მხოლოდ 223 სადგურზე, რაც შეადგენს 3%-ზე ნაკლებს. მეტეოროლოგიური და აქტინომეტრიული სადგურების განლაგებაში ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით ასევე აღინიშნება დიდი განსხვავება. ამ სადგურების განლაგება ზღვის დონიდან ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე მოცემულია ცხრილ 2-ში. სადგურები ამ ცხრილში დაჯგუფებულია 300 მეტრიანი ბიჯით (სიმაღლეთა ზონებად) შემდეგი მარტივი ფორმული:

$$H = 300(i + k)$$

სადაც i არის სადგურის ჯგუფის (ზონის) ნომერი ხოლო k – ჯგუფის მაფორმირებელი რიცხვი, რომელიც იცვლება 0-დან 10-მდე. k რიცხვის ცვლით i ღებულობს შესაბამის მნიშვნელობებს.

თბილისის ტერიტორიაზე აქტინომეტრიული სადგური ერთადერთი იყო, რომელიც 1926 წლიდან აწარმოებდა დაკვირვებებს მზის რადიაციაზე. მხოლოდ 1950 წლიდან გაიხსნა კიდევ 6 აქტინომეტრიული სადგური. ამ სადგურებზე მიღებული ინფორმაციას ანალიზის საფუძველზე შედგენილი იქნა მზის პირდაპირი რადიაციის პირველი კადასტრები გ. მელიას და ი. ცუცქირიძის მიერ. /1-6/

ჰელიოდანადგარები ეფექტური მუშაობის პროგნოზისა და ამ უკანასკნელის საჭირო პარამეტრების დასადგენად 40 წლიანი დაკვირვებების მასალა (აქტიონომეტრიული სადგურების ქსელმა ფუნქციონირება შეწყვიტა 1991წ.) შეიძლება არასაკმარისი აღმოჩნდეს. სადგურ თბილისის აქტიონომეტრიული მასალების მწკრივებმა კი (65 წლიანი ხანგრძლივობით) შესაძლოა ვერ გამოავლინოთ მზის რადიაციის ინტენსივობის გრძელვადიანი ჰარმონიკები. მიუხედავად ამისა, ზემოთ მითითებულ შრომებს დიდი მნიშვნელობა აქვს არსებული მასალების სისტემატიზაციისათვის, ეს საშუალებას იძლევა დაზუსტდეს, როგორც მოწმენდილი ცის მდგრადობის კოეფიციენტის სიდიდე, ასევე ბუნებრივი ჰელიოენერგეტიკური პერიოდის ხანგრძლივობა, უკანასკნელი დროის ის შუალედი, რომლის განმავლობაში მოცემულ სადგურზე მოდის „ტექნიკურად გამოსაყენებელი მზის ენერგია (არანაკლები 0,6კალ/სმ²წთ.). შესრულებული შრომების თანახმად, საქართველოს ტერიტორიაზე მზის ენერგეტიკული რესურსების მიხედვით ყველაზე პერსპექტიულია იორის პლატო, ხოლო არაპერსპექტიული შავი ზღვის აჭარის სანაპირო. არსებული ინფორმაციის სისტემატიზაციის, განზოგადებისა და კვლევის თვალსაზრისით დიდი წვლილი აქვს შეტანილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს. მისი თანამშრომლების მიერ დადგენილი იქნა ჰელიოენერგეტიკული რესურსების ტერიტორიული განაწილების ძირითადი კანონზომიერებები.

აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურების
სიმაღლეთა ზღვრები ზღვის დონიდან

k	i	H მ ზღვის დონიდან	k	i	H მ ზღვის დონიდან
0	0	300	6	6	2100
1	1	600	7	7	2400
2	2	900	8	8	2700
3	3	1200	9	9	3000
4	4	1500	10	10	>3000
5	5	1800			

საქართველოს ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის (რესურსების) დეტალიზაციის კვლევის პირველ ეტაპს წარმოადგენს მზის რადიაციის ინტენსივობასა და ღრუბლიანობას შორის ფუნქციონალური კავშირის დადგენა ე.ი.

$$S = f(P)$$

სადაც P მოწმენდილი ცის ალბათობის კოეფიციენტია, ხოლო S – მზის რადიაციის ინტენსივობა. ინფორმაცია S და P სიდიდეების სინქრონული შეფასებისა წარმოადგენს კვლევის პირველ ეტაპს ცხრილი 2. გვიჩვენებს ამ პირველადი ეტაპის უზრუნველყოფის დონეს. ცხრილში 3 მოცემულია S და P სიდიდეების ერთდროული შეფასების სიმრავლე სიმაღლეთა ცალკეულ ზონებში ამიერკავკასიაში განლაგებული აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის ამ ცხრილში $q = n/m$ წარმოდგენას გვაძლევს მოცემულ ზონაში მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვში აქტინომეტრული სადგურების ხვედრით წონაზე. ასე მაგალითად, ამერიკავკასიის ტერიტორიაზე ზღვის დონიდან 300 მეტრ სიმაღლემდე განლაგებული აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი შეადგენს მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვის

12%-ს. ამ ცხრილის ბოლო სვეტში მოთავსებულია ცალკეულ ზონებში მყოფი აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვის (ამიერკავკასიის მასშტაბით) q_n -ის და საერთოდ, მეტეოროლოგიური სადგურების q_N -ის ხვედრითი წონა (%) ყველა ზონაში არსებული სადგურების რიცხვის ჯამის მიმართ.

ცხრილი 3

ამიერკავკასიის სხვადასხვა სიმაღლეთა ზონებში განლაგებული იმ აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვი (მათი ხვედრითი წონით), სადაც სინქრონულად ფასდებოდა S და P-ს სიდიდეები

ზონა	აქტინომეტრიული (n) და მეტეოროლოგიური (N) სადგურების რიცხვი და მათი ხვედრითი წონა (q%)														
№№	სომხეთი			საქართველო			აზერბაიჯანი			სულ ამიერკავკასიაში					
	n	N	q%	n	N	q%	n	N	q%	Σ_n	Σ_N	q%	$\frac{\Sigma_n}{\Sigma}$	$\frac{\Sigma_N}{\Sigma}$	
0				3	7	43	2	26	8	5	40	12	31.2	38.8	
1	0	0	-	2	9	22	1	8	12	3	17	18	18.8	18.2	
2	0	3	0	1	8	12	0	7	0	1	18	6	6.2	14.0	
3	1	3	33	0	6	0	0	8	0	1	14	7	6.2	10.8	
4	0	3	0	1	6	17	0	2	0	1	11	9	6.2	8.5	
5	1	3	33	0	8	0	1	4	25	2	10	20	12.8	7.8	
6	2	7	28	0	6	0	0	1	0	2	13	15	12.6	10.1	
7	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	
8	0	0	-	0	0	-	0	1	0	0	1	0	0	0.8	
9	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	1	0	0	0	
10	0	0	-	1	1	100	0	0	-	1	2	50	6.21	1.6	
Σ	4	19		8	51		4	57		16	12.9		99.8	100.1	
q			0.21			0.14			10.07						

ასე მაგალითად, ამიერკავკასიის ტერიტორიის პირველ 300 მეტრიან ზონაში სულ 8 აქტინომეტრიული სადგური შეადგენს 31.2%-ს ყველა ზონაში არსებული აქტინომეტრიული სადგურების ჯამისა ($5/16 \times 100 = 31.2\%$) მეორე ზონაში სულ სამი აქტინომეტრიული სადგურია, რაც შეადგენს იმავე 16

სადგურის 18,2%-ს და ა.შ. ამავდემეთოდით არის გამოთვლილი მეტეოროლოგიური სადგურების ზვედრითი წონა როგორც 3 ცხრილიდან ჩანს, ზღვის დონიდან სადგურების არაერთგვაროვან განაწილებას აქვს ადგილი არა მარტო ცალკეულ რესპუბლიკებში, არამედ მთელი ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე გარდა ამისა, ყველა ზონა ზღვის დონიდან აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურებით სინქრონულად არ არის ათვისებული. მაგალითად, 2401 მეტრიდან 3000 მეტრამდე არ მოგვეპოვება S და P სიდიდეების ერთდროული შეფასების არც ერთი სადგური. უფრო მეტიც, ანალოგიურ შემთხვევებს ადგილი აქვს ცალკეულ რესპუბლიკებში. მაგალითად, სომხეთში, რომლის ტერიტორიის 90% ზღვის დონიდან 1000 მეტრზე მაღლა არის განლაგებული. ხოლო უმდაბლესი წერტილის სიმაღლე 400 მეტრია. აქ საერთოდ 300 მეტრიანი სიმაღლის ზონა არ არსებობს. საერთოდ მთიან და მაღალმთიან რაიონებში აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი მკვეთრად ეცემა, რაც გარკვეული მიზეზების გამო გასაგებიცაა (ძნელად მისაწვდომი ადგილები, ენერგიის არარსებობა, მუშაობის მძიმე პირობები და სხვ.). მიუხედავად ამისა, ამ სადგურების განლაგება ზღვის დონიდან უნდა ექვემდებარებოდეს გარკვეულ კანონს, რომელიც გულისხმობს, რომ სხვადასხვა რეგიონში და ზონებში მიღებული კვლევის მასალა და ამ მასალაზე დაყრდნობით მიღებული შედეგები იყოს ერთნაირად სანდო (ერთი ზონის) სადგურის სიმაღლის გათვალისწინებით. როგორც წესი, გრაფიკები ფუნქციებისა $n = f(H)$ და $N = f(H)$ წარმოადგენენ კლებად წირებს.

საქართველოსა და აზერბაიჯანის შემთხვევაში გრაფიკები ამ ფუნქციებისა წარმოადგენენ მონოტონურად კლებად წირებს. რაც შეეხება სომხეთს, აქ არც აქტინომეტრიული და არც მეტეოროლოგიური სადგურების განლაგება ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით ამ წესს არ ექვემდებარება (სადგურების რიცხვი n და N გამოთვლილია პროცენტებში შესაბამისად ამიერკავკასიაში არსებული სადგურების საერთო რიცხვთან შეფარდებით). ამ კანონზო-

მიერებების დარღვევამ სომხეთის შემთხვევაში საგრძნობი გავლენა მოახდინა მთლიანად ამიერკავკასიაში მოქმედი აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურების ზღვის დონიდან განლაგების კანონზომიერებაზე. მიუხედავად ამისა, ეს ფუნქციები ამიერკავკასიისათვის შემდეგი სახის ხარისხის მაჩვენებლიანი ფუნქციით წარმოიდგინება:

$$Y = ax^{-n} \quad (1.2)$$

ბუნებრივია, რომ აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიური სადგურების უმრავლესობა განლაგებულია პირველ ზონაში და აქტინომეტრიული სადგურების არაერთგვაროვანი განაწილება ცალკეულ ზონებში ვერ მოგვცემს აუცილებელ და სრულყოფილ ინფორმაციას. ქვეყნის ჰელიოენერგეტიკულ რესურსებზე. ეს გარემოება განაპირობებს ისეთი მეთოდის შემუშავების აუცილებლობას, რომლის საშუალებით შესაძლებელი გახდება, რომ გამოვიყენოთ ყველა მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები, რომ მივიღოთ მაქსიმალური ინფორმაცია ამა თუ იმ სადგურის (რაიონის, რეგიონის და მთლიანად ქვეყნის) ჰელიოენერგეტიკულ რესურსებზე სიმაღლის ყველა ზონიდან. მით უმეტეს, რომ 1990 წლიდან (ყოფილი საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ) საქართველოში აქტინომეტრიული დაკვირვებების სადგურები (8 სადგური) დაიხურა. ახლო მომავალში ალბათ აქტინომეტრიული დაკვირვებების ქსელის აღდგენა რიგი მიზეზების გამო მოსალოდნელი არ არის. მაშინაც კი, თუ აქტინომეტრიული ქსელი აღდგენილი იქნა საჭირო გახდება რიგი წლების განმავლობაში აქტინომეტრიული დაკვირვებების (ჰელიოენერგეტიკული რესურსების კვლევისათვის) საჭირო მოცულობის სტატისტიკური მასალის დაგროვება. სწორედ ეს მდგომარეობა ანიჭებს კიდევ უფრო მეტ აქტუალობას მზის სხივურ ენერგიას და მონმენდილ იცის მდგომარეობის ალბათობას შორის კავშირების შესწავლას.

მზის რადიაციის ინტენსივობის შესაფასებლად პარამეტრების შერჩევის პირველი მეტ-ნაკლებად სრულყოფილი ანალიზი, როგორც იდეალური, ასევე რეალური ატმოსფერო-

სათვის მოცემულია გ.ა. გრინევიჩის (8,9,21) და სხვათა შრომებში. ამ შრომებში მზის სხივური ენერგიის მახასიათებლებიდან აქცენტირებულია ჯამური რადიაცია Q , რომელიც განისაზღვრება ჰორიზონტალურ ზედაპირზე დაცემული მზის პირდაპირი (S) და გაბნეული (D) რადიაციების ჯამით:

$$Q = S' + D.$$

დღეისათვის ზოგიერთი ტიპის ჰელიოდანადგარებს შეუძლიათ იმუშაონ არა მარტო მზის პირდაპირი, არამედ ცის თალის მიერ გაბნეულ რადიაციაზეც. ამის გამო ჰელიოენერგეტიკაში Q -ს მნიშვნელობით ფასდება მზის რადიაციის ინტენსივობა. ამის გათვალისწინებით, მზის ენერგოდანადგარებისათვის ადგილების შერჩევისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება პარამეტრ Q -ს. რაც შეეხება პარამეტრ D -ს ის გაცილებით მნიშვნელოვანია სოფლის მეურნეობის დარგებისათვის (ვინაიდან მცენარეებისათვის საჭირო ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის პროცენტული შემადგენლობა მასში მეტია, ვიდრე მზის პირდაპირ რადიაციაში). ვიდრე მზის ენერგოდანადგარების მუშაობის ეფექტურობის შესაფასებლად. ამის გათვალისწინებით მზის ენერგოდანადგარებისთვის ადგილის შერჩევისას მაქსიმალური ეფექტის მისაღწევად სხვა პარამეტრებს შორის პრივილეგია ენიჭება მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობას სხვისადმი ნორმალურ ზედაპირზე. გარდა ამისა, ელექტროენერგიის მისაღებად სხვა პარამეტრებს შორის ყველაზე ეფექტური პარამეტრია S .

გარდა აღნიშნული პარამეტრებისა მზის რადიაციის კადასტრების შეფასებისას სარგებლობენ ისეთი მახასიათებლებით, როგორიცაა მზის ნათების ხანგრძლივობა და ღრუბლიანობა. როგორც აღინიშნა, სადგურები, სადაც დაიკვირვება S ძალზე მცირერიცხოვანია, რამაც აიძულა მკვლევარები მიემართათ მზის ნათების ხანგრძლივობისა და ღრუბლიანობის შესახებ შედარებით მეტი მოცულობის ინფორმაციისათვის. ამავე დროს S სიდიდის მრავალწლიანი მონაცემების გამოყენებით შეფასება თავისი სიზუსტით გაცილებით მაღლა დგას მზის ნათების ხანგრძლივობით და ღრუბლიანობით გამოყენებულ შე-

ფასებასთან შედარებით. ასე მაგალითად, უმეტეს აქტინომეტრიულ სადგურებზე გამოყენებული კემპბელ-სტოქსის მგრძნობიარობის მინიმალური ზღვარი მინის გამჭვირვალობაზე და ბაფთის ფერთან დამოკიდებულებით იცვლება 0.26-0.36კალ/სმ²წთ-ის ფარგლებში, რაც განპირობებულია მთელი რიგი ფაქტორებით: (ბაფთის სხვადასხვა ინტენსივობით დანვა, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია ღრუბლების სახეობაზე და მათი გადაადგილების სიჩქარეზე, სარეგისტრაციო ბაფთის ფერზე და ხარისხზე, მისი შენახვის ვადებსა და პირობებზე, საკონცენტრაციო მინის ფერზე და მის ოპტიკურ მახასიათებლებზე. ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე და სხვა). რაც შეეხება მზის რადიაციასა და ღრუბლიანობას შორის კავშირის საკითხებს, ისინი განხილულია (13) შრომაში. იგივე საკითხები ექსპერიმენტალური მასალების ანალიზის შედეგად, განხილულია შრომებში (46-50, 53). აღსანიშნავია, რომ მზის რადიაციის ინტენსივობით და სხვა პარამეტრებით შედგენილი ყველა კადასტრი ზოგადი ხასიათისაა გაცილებით სრულყოფილი კადასტრები მოცემულია (1,7)-ში.

ხსენებული კადასტრები იძლევა საშუალებას ვიქონიოთ წარმოდგენა მზის რადიაციის ინტენსივობაზე და მის დინამიურობაზე. მაგრამ აქტინომეტრიული სადგურების რაოდენობის სიმცირის გამო დაუშვებელია აქ მოყვანილი ინფორმაციის განზოგადოება დროში და სივრცეში. იმისათვის, რომ მზის ენერგეტიკული სადგურების ასაშენებლად შეირჩეს კონკრეტული პუნქტი არსებული კადასტრები საჭიროებენ შევსებას და დაზუსტებას იმ პუნქტებზე ინფორმაციით, რომლებისათვის არ არსებობს აქტინომეტრიული დაკვირვებების მასალები. ამ პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელი ხდება ფუნქციონალური დამოკიდებულების $S = f(P)$ გამოყენებით. იმის გამო, რომ რიგი მეტეოროლოგიური ფაქტორებისა გარკვეულ გავლენას ახდენს მზის რადიაციის ინტენსივობაზე, შესაძლებელია ამა თუ იმ ალბათობით იმ ენერგიის გამოყენების შესაძლებლობა, რომელიც დედამიწის ზედაპირამდე აღწევს მოცემულ პუნქტში.

S-ის სიდიდესა და ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტს P შორის ფუნქციონალური კავშირის კვლევას ეძღვნება ნ.ნ. კალიატინის მიერ ჯერ კიდევ 1943 წელს გამოქვეყნებული შრომა „მზის რადიაციის დაძაბულობა რეალური და იდეალური ატმოსფეროებისათვის“ ამ შრომაში ნაჩვენებია, რომ მზის პირდაპირი რადიაცია წარმოადგენს ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის და ატმოსფერული მასის (m) ფუნქციას. მონმენდილი ცის შემთხვევაში $S = f(m, P)$. იგივე საკითხები განხილულია (24)-ში. თუ ცნობილია პარამეტრები: ρ (მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობა), P (ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტი) და m (ატმოსფერული მასა), მაშინ $S = f(\rho)$ და $S = f(\rho, mP)$ ფუნქციების საშუალებით ნებისმიერი პუნქტისათვის შეგვიძლია S სიდიდის შეფასება.

რაც შეეხება პარამეტრ P -ს, მისი მოძიება m და ρ პარამეტრების მოცულობის (წონის) შესაბამისად პრაქტიკულად შეუძლებელია იმიტომ, რომ მისი ექსპერიმენტალური შეფასება დღეისათვის ზედმინვენითი შრომატევადია. ამიტომ ჯერჯერობით $S = f(\rho, mP)$ ფუნქციის თანახმად გამოთვლისას, პარამეტრი P მხედველობაში არ არის მიღებული. აღვნიშნავთ, რომ ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდის თანახმად, S სიდიდის შეფასების შემდეგ შესაძლო ხდება პარამეტრი P -ს მიახლოვებით შეფასება: კერძოდ, თუ მოვახდენთ ატმოსფეროს მასის ფიქსირებას (S -ის შეფასებას ვანარმოებს მზის ერთი და იგივე ზენიტურ მანძილზე ყოფნისას) მაშინ ეს დამოკიდებულება წარმოიდგინება შემდეგი სახით: $S = f(\rho, P)$ სადაც $m = const$ (მუდმივია). აქედან კი P -ს გამოთვლა (m -ისა და ρ -ის მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ არ წარმოადგენს სირთულეს).

თავი II

ფუნქციონალური კავშირის ანალიზი მზის პირდაპირ რადიაციასა და მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალგათობას შორის

ღრუბლიანობა და მზის რადიაცია ეს ის მოვლენებია დედამიწის ატმოსფეროში, რომელთა შორის ფუნქციონალური კავშირი არასოდეს არც ირღვევა და არც წყდება. ეს კავშირი იმდენად მყარი და ბუნებრივია, რომ მასზე დაყრდნობით შესაძლებელია გარკვეული სიზუსტით შეფასდეს მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა (S) ყველა იმ სადგურისათვის რომლებზედაც ეს უკანასკნელი არ იზომება, მაგრამ რეგულარულად სწარმოებს დაკვირვებები ღრუბლიანობაზე. რეალურ ატმოსფეროში მზის რადიაციის არეკვლის, გაბნევისა და შთანთქმის შემდეგ ძირითადად ღრუბლიანობა განაპირობებს იმას, თუ მზის რადიაციის რა ნაწილი აღწევს დედამიწის ზედაპირზე. მოწმენდილი ცის შემთხვევაში მზის რადიაციის ინტენსივობაზე მოქმედებენ ატმოსფეროს ფიზიკური მახასიათებლები. გამჭვირვალობის კოეფიციენტი და სიმღვრივის ფაქტორი. მზის რადიაციასა და მასთან დაკავშირებული პარამეტრების სივრცესა და დროში ვარიაციის შესწავლის მიზნით მკვლევართა მიერ გამოიყენება შემთხვევითი სტაციონარული პროცესების თეორია, რომელმაც შესაძლებელი გახადა მიმდინარე პროცესების კანონზომიერი სტოქასტიკური მოდელების შექმნა და ალგორითმების შედგენა იმ ნაკადის ინტენსივობის გამოსათვლელად, რომელიც კოსმოსიდან მოდის მზის რადიაციის სახით სათანადო აპარატურის მიმღებ ზედაპირზე. $S = f(\rho)$ ფუნქციის შესწავლას დროსა და სივრცეში დიდი მნიშვნელობა აქვს მზის ენერგეტიკული დანადგარების ეფექტურობის განსაზღვრისათვის. მიღებულია მყარი, რაოდენობრივი თანაფარდობა მზის პირდაპირი (ჯამური) რადიაციის ჯამსა და მზის ნათების ხანგრძლივობის ჯამს შორის $\Sigma S_g = \Sigma S_g f(N)$ სადაც

ΣS_f არის მზის რადიაციის შესაძლო ჯამი მონმენდილი ცის შემთხვევაში, $f(N)$ ღრუბლიანობის ფუნქცია, ΣS_f მზის რადიაციის ნამდვილი ჯამი. ჩვენს შემთხვევაში N არის მზის ნათების ხანგრძლივობა, რომელიც დამოკიდებულია ღრუბლიანობის რეჟიმზე. აღსანიშნავია, რომ მზის ნათებაზე დაკვირვებების (რეგისტრაციის) შედეგად დაგროვილი ინფორმაცია გვაძლევს მზის რადიაციის უწყვეტობის მახასიათებლებს, რომელიც აუცილებელია პელიოდანადგარების მუშაობის ეფექტურობის შესაფასებლად. $S = f(\rho)$ ფუნქციის უპირატესობა $\Sigma S_f = \Sigma S_{\#} f(N)$ ფუნქციასთან შედარებით შემდეგში გამოიხატება:

- ღრუბლიანობის უფრო სწორად, მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის კოეფიციენტი ρ_{0-2} (შემდეგში ρ) ისე როგორც S წარმოდგენილია არა ხარისხობრივად (როგორც ეს მზის ნათების ხანგრძლივობის შემთხვევაში – პელიოგრაფის ბაფთის დანვით), არამედ რაოდენობრივად მზის რადიაციის გაზომვის (რეგისტრაციის) შესაბამისი მონენტისათვის.

- თუ რომელიმე ახალი პუნქტისათვის საჭირო გახდება მზის რადიაციის რაოდენობრივი შეფასება, რასაც საკმაოდ ხშირად ექნება ადგილი, საკმარისი იქნება მხოლოდ მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის განსაზღვრა ამ პუნქტში. ამ შემთხვევაში ხარჯები სტატისტიკური მასალის დასაგროვებლად დაბალი იქნება იმასთან შედარებით, რაც დასჭირდება მზის ნათების სარეგისტრაციო სადგურის გამართვას (აპარატურა, ენერგიის წყაროები, სპეციალისტები და სხვ.).

- საგრძნობლად ფართოვდება ინფორმაციის მოცულობა, რადგანაც იმ მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვი, სადაც დაიკვირვება ღრუბლიანობა 1,6-ჯერ მეტია იმ სადგურების რიცხვზე, სადაც ხდება მზის ნათების ხანგრძლივობის რეგისტრაცია და 17-ჯერ მეტია აქტინომეტრიული სადგუ-

რების რიცხვზე (მხედველობაშია იმ სადგურების რიცხვი, სადაც ხდება S და ρ -ს სიდიდეების სინქრონული შეფასება.

აღსანიშნავია, რომ მეტეოროლოგიური და აქტინომეტრიულ სადგურებზე დაკვირვებები, ღრუბლიანობაზე და მზის რადიაციის ინტენსივობაზე ხდებოდა განსხვავებულ ვადებში: 13 საათზე ღრუბლიანობაზე და 12სთ30 წუთზე მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობაზე. მიუხედავად იმისა, რომ S და ამ პარამეტრებზე დაკვირვებების ვადებში სხვაობა 30 წუთს შეადგენს. ρ სიდიდეების ინტეპოლირება ჩატარდა 12^{30} ვადაზე. ფუნქციაში $S = f(\rho)$ შემავალი S სიდიდის შესახებ ინფორმაციის მოპოვება საქართველოს აქტინომეტრიული ქსელის 8 სადგურზე ხდებოდა (1991 წლამდე) იმის გამო, რომ აქტინომეტრიული სადგურების რაოდენობა მცირეა, მათი მონაცემები საქართველოს ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დასადგენად არასაკმარისია, ამის გათვალისწინებით დიდ მნიშვნელობა ენიჭება S და ρ -ს სიდიდეების ერთდროულად შეფასებას რათა ფუნქცია $S = f(\rho)$ ანალიზმა მოგვცეს საშუალება S -ის შეფასებისა ყველა იმ პუნქტისათვის სადაც არსებობს ინფორმაცია ღრუბლიანობაზე. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ პარამეტრი ρ ღრუბლიანობის მობილურობის შედეგად არასტაბილურია. ამიტომ S სიდიდის განსაზღვრის ცდომილება ამ ფუნქციაში დიდად შემცირდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ უზრუნველყოფილი იქნება ამ ორი პარამეტრის ერთდროული შეფასება მრავალწლიანი დაკვირვებების ინფორმაციის გამოყენებით.

როგორც აღინიშნა, ფუნქცია $S = f(\rho)$ შესადგენად ხდება ρ -ს ინტერპოლირება იმ ვადებისათვის, რომლებში ხდებოდა S -ზე დაკვირვება. ესენია: 9^{30} , 12^{30} და 15^{30} . ვადები 6^{30} და 18^{30} მხედველობაში არ მიიღება იმის გამო, რომ ზამთრის პერიოდში ვადაზე 6^{30} მზე ჯერ კიდევ არ არის ამოსული, ხოლო 18^{30} ვადისათვის მზე უკვე ჰორიზონტის ქვევითაა. $S = f(\rho)$ -ის დროსა და სივრცეში განხილვისას ჰელიოენერგეტიკული

სადგურების ეფექტურობის თვალსაზრისით ხდება არჩევა იმ პუნქტებისა, რომლებზედაც ამ ფუნქციის ნყვეტილობა ნაკლებია, ხოლო მზის პირდაპირი რადიაცია გამოირჩევა მაღალი ინტენსივობით. ამ მოთხოვნებს კი ძირითადად განსაზღვრავს ორი ფაქტორი: ციური მექანიკის კანონები (თანაც უალრესი სიზუსტით) და დედამიწის ატმოსფეროს ოპტიკური მდგომარეობა. პირველი ფაქტორის გასათვლისწინებლად არსებობენ დიდი სიზუსტის მქონე ასტრონომიული და გეოფიზიკური კადასტრები (პუნქტების კოორდინატები, მზის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტები, მზის სიმაღლეები ჰორიზონტიდან და მათი შესაბამისი ატმოსფერული მასები და სხვა).

მეორე ფაქტორი კი – ატმოსფეროს ოპტიკური (მეტეოროლოგიური) პარამეტრები ცალკე კვლევის საგანია კერძოდ, აქ მზის რადიაციის ინტენსიურობის დონის განსაზღვრავს ატმოსფეროს ღრუბლიანობა და ფიზიკური თვისებები (გამჭვირვალობის კოეფიციენტი და სიმღვრივის ფაქტორი). ღრუბლიანობა ამავე დროს განსაზღვრავს ფუნქცია $S = f(\rho)$ -ის ნყვეტის სტოქასტურ პირობებს. იმის გამო, რომ მოღრუბულობის შემთხვევაში S -ის სიდიდე სწრაფად და დიდ ზღვრებში იცვლება. თუ არ არსებობს დიდი მოცულობის მასალა (სისტემატური დაკვირვებები დროის დიდ შუალედში) მზის რადიაციის ინტენსივობის გამათვლის სიზუსტე და საერთოდშედეგი ამ ფუნქციაში შეიძლება შემთხვევითი აღმოჩნდეს. ამის გათვალისწინებით მხედველობაში მისაღებია ის გარემოება, რომ ρ წარმოადგენს არა ღრუბლიანობას, არამედ მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას და ფუნქციონალური კავშირი S და ρ -ს შორის მყარად არის განსაზღვრული. გარდა იმ იშვიათი შემთხვევებისა, როდესაც ღრუბლიანობა შეფასებულია 0-2 ბალით (მეტეოროლოგიურად მოწმენდილი ცა), მაგრამ მზის ზედაპირს ფარავს ღრუბელი, თუმცა ამას ადგილი აქვს იმ დილისა და საღამოს საათებში, რომლის დროსაც მიღებული ინფორმაცია ჩვენი ანალიზის ფარგლებს გარეთ რჩება.

როგორც იყო აღნიშნული, ჩვენი კვლევის პირველად წყაროს წარმოადგენს მეტეოროლოგიურ და აქტინომეტრიულ სადგურებზე მიღებული უწყვეტი და რეგულარული დაკვირვებების ინფორმაცია. მისი კამერული დამუშავების შედეგად მიღებული მწკრივები დროსა და სივრცეში. ამ მწკრივების შემდგომი დამუშავებისა და გაანალიზებისათვის გამოყენებული იქნა მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები. აქვე აღინიშნა ფუნქცია $S = f(\rho)$ -ის სახის შესწავლის აუცილებლობა საქართველოს ტერიტორიისათვის.

დღეისათვის საქართველოში არსებული ყველა აქტინომეტრიული სადგურიდან მაღალმთიანი სადგური ყაზბეგის მდებარეობს ზღვის დონიდან ყველაზე მაღლა (3653მ), ამ სადგურზე ატმოსფეროს შემცირების და მისი დიდი გამჭვირვალობის შედეგად სხვა სადგურებთან შედარებით, მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა (S) საგრძნობლად მაღალია. გარდა ამისა ფუნქცია $S = f(\rho)$ მისი არგუმენტის ცვლის ზღვრებში უნდა იძლეოდეს მზის რადიაციის ისეთ ინტენსივობას, რომელიც ახლოა მის მნიშვნელობასთან იდეალური ატმოსფეროს არსებობის პირობებში. ამ პოსტულატს საფუძვლად უდევს ის გარემოება, რომ აეროზოლებით გაჯერებული და ატმოსფეროს უმკვრივესი ფენის არსებობა (დაახლოებით მისი მასის 1/3) ამ სადგურზე გამორიცხულია თუმცა რიგი მკვლევარების აზრით 15-20 კმ-ის სიმაღლეებზე ნელინადის ზოგიერთ თვეში ადგილი აქვს აეროზოლების მაღალი კონცენტრაციის მქონე ფენებს. იქნება ამით შეიძლება აიხსნას ის ფაქტი, რომ მაღალმთიან ყაზბეგის სადგურზე სექტემბერსა და ოქტომბერში აღინიშნება მზის რადიაციის ინტენსივობის შედარებით დაბალი მნიშვნელობები.

თუ ფუნქციის $S = f(\rho)$ გრაფიკს ჩავთვლით წრფედ, მაშინ მისი ანალიზური სახე იქნება:

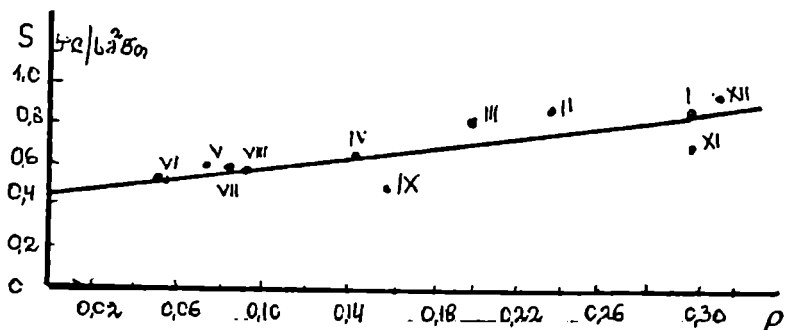
$$S = 0.41 + 1.44\rho \quad (2.1)$$

ამ გამოსახულების გრაფიკული სახე მოცემულია ნახ 1-ზე. ამ გრაფიკის აბსცისების ღერძზე მოცემულია მონმენდი-

ლი ცის მდგომარეობის ალბათობის კოეფიციენტის ρ მნიშვნელობები, ორდინატთა ლერძზე კი – მათი შესაბამისი S-ის მნიშვნელობები (კალ/სმ²წთ). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კვლევის ამოცანას წარმოადგენს ოპტიმალური სადგურების შერჩევა მზის ენერგიის მაქსიმალურად გამოყენების მიზნით. (გარდა იმისა, რომ განვიხილავთ მზის რადიაციის ინტენსივობის ჭეშმარიტ მნიშვნელობებს საკვლევი ადგილისათვის მოცემულ მომენტში), გვერდი უნდა აუაროთ თეორიაში და პრაქტიკაში ისეთ აღიარებულ ხერხს, როგორიცაა ექსპერიმენტული გზით მიღებული S სიდიდის გადაანგარიშება ზღვის დონისათვის და სხვადასხვა ატმოსფერული მასისათვის ($m = 1; 2$). ეს მოთხოვნა განპირობებულია იმით, რომ თეორიაში მიღებული კანონზომიერებები ზემოთ აღნიშნული გარდაქმნებისა გამომდინარეობს სტანდარტული ატმოსფეროს არსებობის პირობებიდან, არც ცალკეული სადგურებისათვის რეალური ატმოსფეროს პირობებში ხშირად არ სრულდება. S-ის ფორმულა (1,3)-ით გამოთვლილ და დაკვირვებებით მიღებულ მნიშვნელობებს შორის სხვაობა შემთხვევითი ხასიათისაა, თუმცა იქ ცდომილებათა თეორიიდან გამომდინარე, სისტემატური შეცდომები სრულად არაა გამორიცხული. ვინაიდან $[\Delta S] = A = 0.08$ ხოლო $A/n = A/12 = 0.007$. აღსანიშნავია, რომ სისტემატური ცდომილების ასეთი მნიშვნელობა მეტწილად განპირობებულია ρ სიდიდის უხეში ინტერპოლაციით, თუ გამოვრიცხავთ გადახრის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომელსაც δ აღწევს მხოლოდ სექტემბერში ($\delta = 0.19$) მაშინ გვექნება $A/n = 0.004$, საშუალო

კვადრატული გადახრა $m = \pm \sqrt{\frac{\delta \sigma}{n}} = \pm 0.008$, ხოლო საშუა-

ლო არითმეტიკული $\theta = \pm 0.06$. ამ შეცდომების სიდიდე საგრძნობლად შემცირდება



ნახ. 1 ფუნქცია (1.3) გრაფიკი მ/მ ყაზბეგის
სადგური დაკვირვების ვადა 12³⁰

თუ ფუნქცია $S = f(\rho)$ -ს წარმოვადგენთ არა ერთი წრფით, არამედ რამდენიმე წრფით (ნახ. 2) ამ გრაფიკებიდან ნათლად ჩანს, რომ S -სა და ρ -ს შორის ფუნქციონალური კავშირის ძიებისას ადგილი აქვს თვეების დაჯგუფებას. კერძოდ მაღალმთიან სადგურ ყაზბეგისათვის ერთი წრფივი ხაზის მახლობლად ორი შემოდგომის (IX, XI) და ორი ზამთრის თვეების (XII, I) შესაბამისი ρ -ის მნიშვნელობებია განლაგებული. ამ წრფის განტოლება:

$$S = -0.03 + 2.05\rho \quad (2.2)$$

ცხრილი 4

ჭეშმარიტი ცდომილების δ მნიშვნელობები მ/მ სადგურ ყაზბეგისათვის, დაკვირვების ვადა 12³⁰ (მიღებული (2.3), (2.4)) და (2.5) ფორმულით

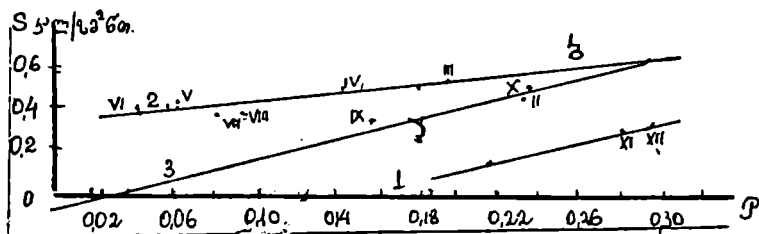
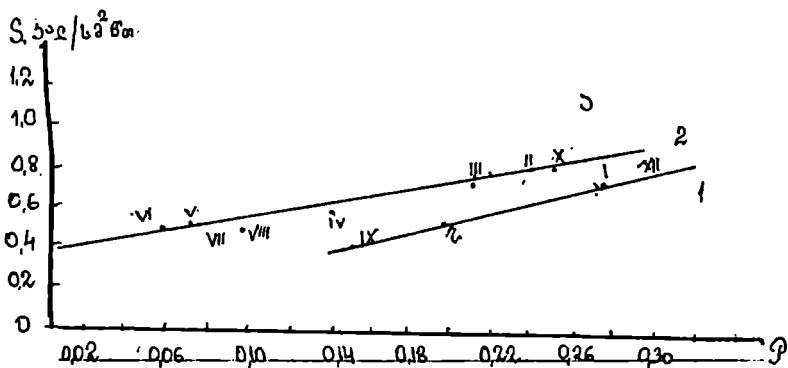
δ	თვე						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
δ	-0.01	0.11	0.09	0	0.03	0.01	-0.03
δ	0.02	0	-0.01	-0.07	0.01	0	-0.05
δ	0.03	-0.06	0	0	0.04	0.03	0
$ \delta $	0.02	0.05	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03

δ	თვე					
	VIII	IX	X	XI	XII	$ \delta $
δ	-0.03	-0.19	0.11	-0.09	0.06	0.06
δ	-0.06	0.02	0	-0.09	0.07	0.03
δ	-0.08	0.03	0.02	0.02	0.06	0.02
$ \delta $	0.06	0.06	0.04	0.07	0.06	0.04

ყველა დანარჩენი თვეები შეიძლება აპროქსიმირებული იქნეს ერთი წრფით, რომლის განტოლებაა

$$\bar{S} = 0.39 + 2.04\rho \quad (2.3)$$

თვეების ასეთი დაჯგუფება ძირითადად განპირობებულია მზის სიმაღლით ჰორიზონტიდან და გარდა ამისა, მზის რადიაციის ინტენსივობის სეზონური ცვალებადობით. ამ უკანასკნელის მიზეზია ატმოსფეროს შემცველი აეროზოლების სხვადასხვა ხარისხი და სიმკვრივე. თუ ჩვენ მზის რადიაციის ინტენსივობის სიდიდეებს გამოვითვლით არა (2,1) არამედ (2,2) და (2,3) განტოლებებით და შევაფასებთ δ ცდომილებას, ის საგრძნობლად შემცირდება. გარდა ამისა, სისტემატური ცდომილება



ნახ. 2 ფუნქცია $S = f(P)$ ეს გრაფიკი მ/მ სადგური ყაზბეგისათვის (დაკვირვების ვადა 12სთ 30 წთ) ა-ს, ბ-ს-ის ინფორმაციის გამოყენებით

($A/n = 0.02$) ნულს მიუახლოვდება. ასევე შემცირდება საშუალო კვადრატული ($m = \pm 0.04$) და საშუალო არითმეტიკული ცდომილება ($\theta = \pm 0.03$).

თუ განვიხილავთ იგივე ფუნქციონალურ კავშირს იმ შემთხვევაში, როდესაც მზის სხივები ეცემა ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ე.ი. როცა

$$\bar{S}' = f(P) \quad (2.3)$$

როგორც ნახაზ 2-დან ჩანს, ამ შემთხვევაში თვეების დაჯგუფება მსობდა 3 წრეზე, რომელთა განტოლებებია

$$\text{წრე 1 } \bar{S} = -0.46 + 2.70P \quad (2.4)$$

$$\text{წრფე 2 } \bar{S} = 0.39 + 0.91\rho \quad (2.5)$$

$$\text{წრფე 3 } \bar{S} = 0.08 + 2.50\rho \quad (2.6)$$

შეცდომები აქ უფრო მცირეა, კერძოდ, $m = \pm 0.03$, ხოლო $\theta = \pm 0.02$. ასეთია მონაცემები იმ აქტინომეტრიული სადგურისა, რომელიც ყველა სადგურაზე მაღლა არის განლაგებული ზღვის დონიდან არა მარტო საქართველოს ტერიტორიაზე, არამედ მთელი კავკასიის ტერიტორიაზე.

ახლა განვიხილოთ ზღვის დონიდან ყველაზე დაბლა განლაგებული აქტინომეტრიული სადგური სენაკი ($H = 40$ მ). მივცეთ ანალიზური სახე $S = f(\rho)$ და სხვა ფუნქციებს სენაკის სადგურის მონაცემების გამოყენებით. მიღებული განტოლებების აპროქსიმაციის დროს ისევე, როგორც მაღალმთიანი ყაზბეგის სადგურის შემთხვევაში ადგილი აქვს თვეების დაჯგუფებას 3 წრფის გასწვრივ: პირველი წრფის გასწვრივ ან მის მახლობლად განლაგდებიან III, IX, X და XI თვეები ამ წრფის განტოლებაა:

$$\bar{S}_1 = 0.14 - 1.44\rho \quad (2.7)$$

მაისის თვისათვის

$$\bar{S}_2 = 0.20 - 1.67\rho \quad (2.8)$$

აპრილის, აგვისტოსა და სექტემბრის თვეებისათვის

$$\bar{S}_3 = 0.12 - 1.76\rho \quad (2.9)$$

როგორც ჩანს, უკანასკნელ განტოლებაში შემავალი პარამეტრები განსხვავდებიან წინა განტოლებებში შემავალი კოეფიციენტებისგან (განსაკუთრებით საკუთხო კოეფიციენტები). ამის ერთ-ერთი მიზეზია ამ სადგურების სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარეობა. ზღვის დონიდან. რაც შეეხება S სიდიდის გამოთვლის ცდომილებას, ისინი ერთიდაიმავე რიგისაა. მაგალითად, სადგურ სენაკისათვის $m = \pm 0.03$; $\theta = \pm 0.02$. მიღებული შედეგები მიგვანიშნებს იმაზე, რომ, თუ არსებობს ინფორმაცია (დაკვირვებების მონაცემები) ρ -ზე, შეიძლება მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსიუობა გამოითვალოს საკ-

მაო მაღალი სიზუსტით. აღსანიშნავია, რომ ზემოთ მიღებულ განტოლებებში ρ -ს შესახებ აღებული იყო არა 12სთ30წთ-ზე (ამ დროს იზომება S-ის სიდიდე), არამედ 13 საათზე (ღრუბლიანობაზე დაკვირვების ვადა), თუ ჩატარდება ρ -ის ინტერპოლაცია და მიღებული მნიშვნელობებით S-ის ინტენსივობის გამოთვლას გადავამოწმებთ ზემოთ მოყვანილი განტოლებებით, შეცდომები კიდევ უფრო შემცირდება.

ზემოთ მოყვანილი შედეგები ეყრდნობა მხოლოდ საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული აქტინომეტრიული სადგურების მონაცემებს, რომლებიც თავისთავად მცირერიცხოვანია (სულ 8 სადგური) მიღებული შედეგების დაზუსტებისათვის უფრო დიდი მოცულობის დაკვირვების მასალაზე დაყრდნობით საჭიროა მონაცემების მოძიება. არა მარტო საქართველოში არამედ მის ფარგლებს გარეთაც. ამ მიზნით ამიერკავკასიის ტერიტორიისათვის (სომხეთი, აზერბაიჯანი) აქტინომეტრიული სადგურების მონაცემების (S, S') და მათი შესაბამისი ρ სიდიდეებს შორის ფუნქციონალური კავშირის დასადგენად აგებული იქნა $S = \varphi\rho$ და $S' = \varphi\rho$ -ის ფუნქციების გრაფიკები რომლებზედაც ყველა წერტილები კორდინატებით (S, ρ) და ($S' = \varphi\rho$) განლაგდნენ შესაბამისი წრფეების ახლოს. ეს დამოკიდებულებები წარმოდგენილი იქნა ანალიზურად შემდეგი განტოლებებით:

$$S = 0.38 + \rho \quad (2.10)$$

$$S' = 0.38 + \rho \quad (2.11)$$

აღსანიშნავია, რომ 89% ყველა წერტილისა არ გამოდის ამ წრფეების გარეთ ($\pm 0.2S$ და $\pm 0.2S'$) -ის საზღვრებს გარეთ აღნიშნულ გრაფიკზე დაფიქსირდა წერტილების განსაზღვრული გაბნევა, რაც აიხსნება იმით რომ გრაფიკზე დატანილი იყო ყველა სადგური წელიწადის ყველა თვის მონაცემებით, რაც ნიშნავს ატმოსფერული მასის, სადგურის ზღვის დონიდან სიმაღლისა და სხვა ფაქტორების უგულებელყოფას. მიუხედავად ამისა ამ ფორმულებით შესაძლოა საკმაოდ

მაღალი სიზუსტით გამოითვალოს S და S' მნიშვნელობები. ამ განტოლებებში შემავალი კუთხური კოეფიციენტები ნებისმიერი სადგურისათვის შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად, რადგან ისინი ახასიათებენ მზის რადიაციის ინტენსივობასა და მონშენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის კოეფიციენტებს შორის ფუნქციონალურ კავშირს წმინდა სახით. ცვალებადობას უნდა განიცდიდნენ ამ განტოლებების თავისუფალი წევრები, რადგან მათი სიდიდეების ფორმირებაში მონაწილეობენ ისეთი ფაქტორები, როგორიცაა ატმოსფეროს მასა და გამჭვირვალობა, აგრეთვე სადგურის სიმაღლე ზღვის დონიდან და სხვა. ამიტომ თუ ამ განტოლებებში ჩავსვამთ მოცემული სადგურისათვის ცალკეული თვეების შესაბამისი S და ρ -ის მნიშვნელობებს და თავისუფალი წევრის მიმართ ამოვხსნით მათ, მივიღებთ მის იმ მნიშვნელობას, რომელიც შეესაბამება მოცემული სადგურის მეტეოროლოგიურ პირობებს.

ამ თვალსაზრისით, პირველ ეტაპზე ხდება თავისუფალი წევრების სიდიდეების დადგენა წელიწადის ყველა სეზონის ცენტრალური თვისათვის (I, IV, VII, X). იმის გამო, რომ ზღვის დონიდან სადგურების განლაგება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე დიდ საზღვრებში იცვლება, დაწყებული – 26 მეტრიდან (სადგური არტიომა) 3653 მეტრამდე (სადგური მ/მ ყაზბეგი), ამიტომ ამ განტოლებების თავისუფალი წევრის ცვლის დიაპაზონიც ფართოა. ასე მაგალითად, 12 სთ 30 წთ დაკვირვების ვადაზე თავისუფალი წევრის ცვლილების ზღვრებია 0.23-0.85 კალ/სმ²წთ რაც ნიშნავს იმას, რომ თუ ამ განტოლებებიდან პირველით განვსაზღვრავთ S -ის სიდიდეს ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით (H , m , P და სხვა) ცდომილებამ შესაძლოა S -ის სიდიდესაც კი გადააჭარბოს. ამის გათვალისწინებით მოხდა სადგურების დაჯგუფება 300 მეტრიანი ბიჯით ზღვის დონიდან, რითაც გამოირიცხა ის ცდომილებები S -ის განსაზღვრისას, რომლებიც განპირობებული იყო სადგურის სიმაღლით.

იმასთან დაკავშირებით, რომ ატმოსფერული მასის გაუთვალისწინებლობა ზრდის S სიდიდის შეფასების ცდომილებას აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ჩვენს მიერ განხილული ტერიტორია მოიცავს ჩრდილოეთი განედის $38.2-44.8^{\circ}$ -იან ზონას, ხოლო უკიდურესი ჩრდილოეთით (სოხუმი) და სამხრეთით (ნახიჩევანი) მდებარე აქტინომეტრიულ სადგურებს შორის ეს ზონა კიდევ უფრო ვიწროა (3.8°). ამდენად, ამ რეგიონებისათვის სადგურების განლაგების უგულებელყოფას, რაც ატმოსფერული მასის გაუთვალისწინებლობას არ ნიშნავს. არ შეეძლება S სიდიდის გამოთვლისას გამოიწვიოს საგრძნობი ზრდა (აქ განედების ზღვრები მიახლოებითია ვინაიდან ისინი რუქიდან ვიზუალურადაა განსაზღვრული). აქედან გამომდინარე, შედგენილი იქნა განტოლებები S სიდიდეების გამოსათვლელად ამიერკავკასიის რეგიონის ყველა სიმაღლეთა ზონის ჯგუფის აქტინომეტრიული სადგურებისათვის. ამ უკანასკნელის რიცხვის გაზრდის შემთხვევაში S სიდიდის გამოსათვლელად შედგენილი განტოლებების პარამეტრები შეიძლება შეიცვალოს, უფრო სწორედ, დაზუსტდეს.

მაგალითისთვის ცხრილ 5-ში მოცემულია ამიერკავკასიის რეგიონის აქტინომეტრიული სადგურების (ცალკეული ზონისათვის ზღვის დონიდან) S-ის გამოსათვლელი განტოლებები 12^{30} ვადაზე იანვრის თვეში (იხ. ცხრილის ბოლო სვეტი) ამავე ცხრილში მოცემულია დაკვირვებით მიღებული და გამოთვლილი მზის პირდაპირი რადიაციის S-ის სხვაობები δ , როგორც ჩანს, სადგურთა ცალკეული ჯგუფებისათვის ჭეშმარიტ და გამოთვლილ S სიდიდეებს შორის მაქსიმალური სხვაობა არ აღემატება 0.04 კალ/სმ²წთ-ს. δ -ს ასეთი დაბალი მნიშვნელობები საშუალებას იძლევა რამდენიმე ზონის (სადგურთა ჯგუფების) გაერთიანებისა. δ -ს პრაქტიკულად გაზრდის გარეშე. ეს კი საგრძნობლად შეამცირებს დამხმარე განტოლებების რიცხვს.

მოცემულ შრომაში შემოთავაზებული S-ის მნიშვნელობების გამოსათვლელი მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იყოს არა მარტო საქართველოს და მთლიანად ამიერკავკასი-

ის ტერიტორიისათვის, არამედ სხვა ქვეყნების (რეგიონების) ტერიტორიებისათვისაც. ცხრილ 5-ის ანალოგიურ ცხრილის შედგენა შეიძლება ფუნქცია $S' = \varphi(\rho)$ -ის შემთხვევაშიც, S' სიდიდეების გამოსათვლელად.

აქამდე ჩატარებული კვლევა ეხებოდა 12³⁰ სთ-იან ვადაზე მოპოვებული ინფორმაციის ანალიზს. მსგავსად ამ ვადისთვის ჩატარებული კვლევისა (გრაფიკის აგება, განტოლების შედგენა, მისი პარამეტრების განსაზღვრა და სხვა).

ცხრილი 5

ამიერკავკასიის ტერიტორიის სხვადასხვა სიმაღლეთა ზონის პუნქტებისათვის $\bar{S}$ -ის გამოსათვლელი დამხმარე განტოლებები იანვრის თვის 12 სთ30 წუთ ვადაზე

ზონა	სადგური	Hმ	ს _წ	S _{გამოთ}	$\sigma = \bar{S}' - S_{\text{გამოთ}}$	σ%	დამხმარე განტოლებები
0	კუნძული არ-ტიომა	-26	0.35	0.39	-0.04	11	
	ცხაკაია	40	0.37	0.41	-0.04	11	$\bar{S} = 0.23 + \rho$
	სოხუმი	110	0.43	0.39	0.04	9	
	ანასეული	150	0.44	0.41	0.03	7	
1	კიროვობადი	314	0.48	0.50	-0.02	4	
	თბილისი	400	0.46	0.47	-0.01	2	$\bar{S} = 0.27 + \rho$
	თელავი	568	0.51	0.47	0.04	8	
2	მახაჩკალა	875	0.47	0.47	0	0	$\bar{S} = 0.24 + \rho$
4	ნალკა	1457	0.64	0.64	0	0	$\bar{S} = 0.41 + \rho$
5	ლენინაკანი	1556	0.46	0.46			$\bar{S} = 0.27 + \rho$
10	მ/მ ყაზბეგი	3656	3656	0.82		0	$\bar{S} = 0.52 + \rho$

ყველაფერი განმეორებული იყო 9^{30} და 15^{30} დაკვირვებების ვადებისათვის. ρ კოეფიციენტების შესაბამის ინტერპოლირებით. ამავე მომენტებისათვის ქვემოთ მოგვყავს ცხრილი პარამეტრების a (თავისუფალი წევრი) და k -ს (კუთხური კოეფიციენტი) მნიშვნელობებით ამიერკავკასიაში არსებულ სადგურთა ჯგუფებისათვის წლის სეზონის ცენტრალურ თვეებში (ცხრილი 6). ამ პარამეტრების მნიშვნელობებით, შესაბამისი ზონებისათვის შესაბამის თვეებში და ვადებში შეიძლება შეფასდეს S -ის მნიშვნელობები ყველა მეტეოროლოგიური სადგურისათვის. ეს მეთოდი გვაძლევს S სიდიდის შეფასების მაღალ სიზუსტეს, მაგრამ ამის მისაღწევად გვიხდება არა ერთი განტოლების შედგენა და ამოხსნა წელიწადის დროისა და ადგილის განედის გათვალისწინებით; რაც საგრძნობლად ზრდის შრომატევადობას. ამავე დროს დასმული პრობლემის გადასაჭრელად ჰელიოდანადგარების ეფექტური მუშაობის უზრუნველსაყოფად ადილის შერჩევა-კვლევის პირველ ეტაპზე არ მოითხოვს ასეთ მაღალ სიზუსტეს S -ის შეფასების დროს. ამიტომ მიზანშეწონილი იქნება, თუ სიზუსტის გაუხეშებით განტოლებების რიცხვს შევამცირებთ მინიმუმამდე.

განტოლებებში $\bar{S} = a_i + K_i \rho_2$ a და K პარამეტრების
შემაჯამებელი ცხრილი ამიერკავკასიის რეგიონისათვის

დაკვირვების ვადები და პა- რამეტრი K	აქტინომეტრი- ული სადგურე- ბის ზონები H მ	a ცენტრალური თვეები				$\bar{a}$	ზონების ნომრები
		I	IV	VII	X		
	300	0.12	0.20	0.21	0.25	0.18	0
	600	0.08	0.24	0.26	0.20	0.21	1
	900	0.04	0.36	0.14	0.51	0.26	2
	1500	0.22	0.27	0.80	0.31	0.28	4
	1800	0.11	0.40	0.60	0.18	0.30	5
	>3000	0.89	0.49	0.43	0.64	0.40	10
	300	0.28	0.27	0.36	0.40	0.32	0
	600	0.27	0.36	0.39	0.43	0.36	1
	900	0.24	0.48	0.44	0.56	0.42	2
	1500	0.41	0.41	0.48	0.48	0.44	4
	1800	0.27	0.41	0.65	0.63	0.64	5
	>3000	0.52	0.46	0.39	0.61	0.60	10
	300	-0.02	0.14	0.16	0.06	0.08	0
	600	-0.02	0.16	0.20	0.04	0.10	1
	900	-0.10	0.19	0.07	0.04	0.06	2
	1500	0.05	0.16	0.82	0.18	0.16	4
	1800	-0.05	0.22	0.41	0.15	0.18	5
	>3000	-0.47	0.31	0.29	0.11	0.29	10

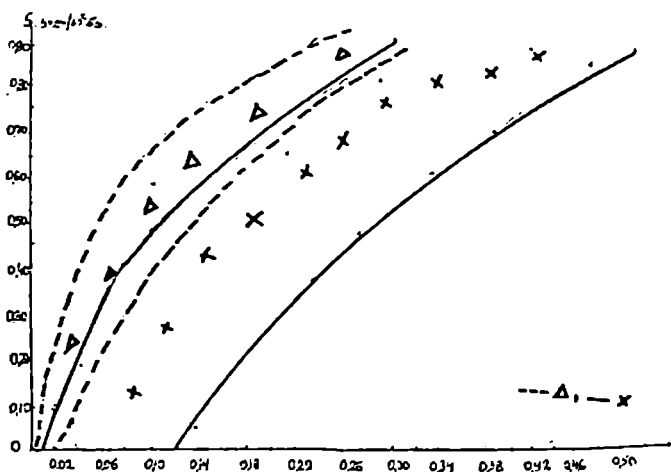
- 1) აქ იგივეა აღსანიშნავი, რაც ცხრილ 5-ის შემთხვევა-
ში. კერძოდ, ამიერკავკასიის რეგიონში არ არსებობს
აქტინომეტრიული სადგურები, 3,6 და 9 მაღლივ ზო-
ნებში.

- 2) იმის შედეგად რომ მ/მ სადგურ ყაზბეგზე ჰორიზონტი დასავლეთით თავისუფალი არ არის იანვრის თვეში დაკვირვების ვადაზე 15° წნულის ტოლია თუმცა $\rho \neq 0$ -ს, ამან გამოიწვია პარამეტრ a -ს ძალზე შემცირება უფრო ნაკლებად ეს გამოვლინდა ოქტომბრის თვეში.

მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის გამოსვლელად (მარტო წელიწადის სეზონების H შუა თვისათვის დაკვირვების სამი ვადისათვის) როგორც ცხრილიდან (6) ჩანს, გვიხდება 80-ზე მეტი განტოლების შედგენა და ამოხსნა. განტოლებათა სიმრავლის ერთ-ერთი მიზეზი ისაა, რომ მანამ, სანამ მზის პირდაპირი რადიაცია დედამიწის ზედაპირს მიაღწევს მას უხდება სხვადასხვა სისქის ატმოსფეროს ოპტიკური მასის (m) გავლა, როგორც დღის, ასევე წელიწადის სეზონების განმავლობაში. ეს გარემოება აუცილებელს ხდის ოპტიკური მასის გათვალისწინებას მზის რადიაციის ინტენსივობის ანალიზის მომენტში სწორედ ეს განაპირობებს S სიდიდის ნომოგრამების და დამხმარე ფორმულების შედგენას m -ის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის წლისა და დღის სხვადასხვა მომენტში.

ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდით, რომელსაც საფუძვლად დაედო ფუნქცია $S = f(\rho)$ ანალიზი, მკვეთრად გაიზარდა მზის პირდაპირი რადიაციის ინფორმატიულობა და მისი შეფასების სიზუსტე, რაც მას გარკვეულ უპირატესობას ანიჭებს ლიტერატურაში არსებულ მეთოდებთან შედარებით, მაგრამ განტოლებათა სიმრავლეს გვერდი ვერ აეუარეთ. იმისათვის, რომ შემცირდეს მზის რადიაციის ინტენსივობის გამოსათვლელი ფორმულების რიცხვი ფუნქციაში $S = f(\rho)$ ღრუბლიანობის ფაქტორის გასათვალისწინებლად შედის პარამეტრი ρ , მაგრამ აქ ატმოსფერული მასა არაა გათვალისწინებული. სწორედ ეს განაპირობებს წერტილების (კოორდინატებით S, ρ) გაბნევას საკმაოდ ფართო

ზონაში. გარდა ამისა, ფუნქცია $S = f(\rho)$ -ს არ შეიძლება ჰქონდეს წრფივი სახე არგუმენტის მხოლოდ განსაზღვრულ უბნებზე. ზოგადად როცა არგუმენტი ღებულობს ყველა შესაძლო მნიშვნელობებს ნულიდან ერთამდე, და შესაბამისი გრაფიკი არ შეიძლება აპროქსიმირებული იყოს ერთი წრფით თუ შეეცვლით ფუნქციაში $S = f(\rho)$ არგუმენტს ρ -ს არგუმენტით ρ/m -ით, ამით S -ის სიდიდე გახდება არა მარტო მონმენდილი ცის ალბათობის ფუნქცია, არამედ ატმოსფერული მასის (m) ფუნქციაც.



ნახ. 3 ფუნქცია $S = f(\rho)$ და $S = f(\rho/m)$ გამოთვლილი S -ის მნიშვნელობების დისპერსია. $x - S = f(\rho)$, $\Delta - S = f(\rho/m)$

ე.ი. $S = f(\rho/m)$ ნახ. 3-ზე მოცემულია ფუნქცია $S = f(\rho)$ და $S = f(\rho/m)$ გრაფიკები. როგორც ამ გრაფიკებიდან ჩანს ფუნქციაში არგუმენტის ρ -ის შეცვლამ ახალი არგუმენტით ρ/m მკვეთრად შეამცირა S -ის შესაბამისი წერტილების გაბნევა. ρ/m არგუმენტის ცვლილების მთელ

დიაპაზონში. წერტილთა კონცენტრაცია მოხდა მრუდის გასწვრივ, რომელიც ანალიზურად შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ხარისხოვანი ფუნქციის სახით. თუ ფუნქციაში $S = f(\rho)$ გარდა ატმოსფერული მასისა გათვალისწინებული იქნება ზღვის დონიდან აქტინომეტრიული სადგურის სიმაღლე (H_m) და ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტი (პარამეტრი P), მაშინ ასეთი ფუნქციის შესაბამის გრაფიკზე წერტილთა გაბნევის საზღვრები არ უნდა გამოდიოდეს მეთოდის (ინსტრუმენტალური, შემთხვევითი და სხვა) ცდომილების გარეთ. როგორც უკვე აღინიშნა, აქტინომეტრიული სადგურების დაჯგუფებით სიმაღლეთა ზონებში 300 მეტრიანი ბიჯით S სიდიდის შეფასებისას H ფაქტორი თითქმის გამოირიცხა. უფრო ძნელია P ფაქტორის გათვალისწინება, რადგან ამ უკანასკნელის სტატისტიკა თითქმის უმნიშვნელოა, ან სრულებით არ არსებობს. ამიტომ, სანამ არ შემუშავდება P -ს განსაზღვრის უფრო მარტივი მეთოდი. დღევანდელ მეთოდთან შედარებით და არ დაგროვდება საკმარის სტატისტიკური მონაცემები ფუნქციაში $S = f(\rho)$ გამჭვირვალობის კოეფიციენტი დარჩება გათვალისწინებულად.

როგორც აღინიშნა, ფუნქცია $S = f(\rho/m)$ შეიძლება წარმოდგენილი იქნას (ანალიზურად) ხარისხოვანი ფუნქციის სახით $\bar{S} = a(\rho/m)^n$

შრომაში შემოთავაზებული მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის გამოთვლის მეთოდი, როგორც უკვე აღინიშნა, ეყრდნობა მზის პირდაპირი რადიაციასა (სხივისადმი მართობულ დაპორიზონტალურ სიბრტყეებში) და მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის კოეფიციენტებს შორის ფუნქციონალურ კავშირს. ატმოსფერული მასისა და სადგურის აბსოლუტური სიმაღლის გათვალისწინებით. აქ გასათვალისწინებელია ის გარემოება რომ ფუნქციების $S = f(\rho)$ და $S = a(\rho/m)^n$ დასადგენად პირველნაირად გამოყენებული იყო არსებულ აქტინომეტრიულ სადგურებზე

9³⁰, 12³⁰ და 15³⁰ დაკვირვების ვადებზე დაგროვილი დაკვირვებების მასალები. მხოლოდ იმ შემხვევებისათვის, როცა ამავე ვადებისათვის არსებობდა მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის შეფასების საშუალება. ამის შემდეგ მიღებული შედეგები განზოგადებული იქნა ყველა იმ მეტეოსადგურისათვის, სადაც ფასდებოდა მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობა - ρ .

დღეისათვის ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიისათვის, S და ρ -ს პარამეტრების მნიშვნელობები 1966 წლამდე გამოქვეყნებულია სათანადო ცნობარებში (10), ხოლო 1982 წლამდე - შრომებში, მაგალითად (7)-ში ხოლო სხვა დაკვირვებების მასალები მზის რადიაციის ინტენსივობაზე S და მონმენდილი ცის ალბათობის მდგომარეობაზე ρ -ზე 1991 წლამდე მოძიებულია საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიური სამმართველოს საინფორმაციო განყოფილებაში, ამრიგად, დაკვირვებების ინფორმაცია S და ρ 1966 წლამდე მოიცავს III პერიოდს. ახლა განვიხილოთ S_I, S_{II}, S_{III}, სიდიდეების გამოთვლის მოდელირები საკითხი, რაც გააადვილებს ინფორმაციის ელექტროგამომთვლელ მანქანაზე დამუშავებას (პროგრამის შედგენას) და საბოლოო ჯამში ერთიანი გასაშუალებული $\bar{S}$ სიდიდის გამოთვლას სამივე პერიოდისათვის კერძოდ

$$\bar{S} = \frac{S_I n_I + S_{II} n_{II} + S_{III} n_{III}}{n_I + n_{II} + n_{III}}, \text{ რომელშიც } n_I, n_{II}, n_{III} \text{ არის დაკ-}$$

ვირვებათა წლების რიცხვი შესაბამის პერიოდში. დაკვირვებების პირველი პერიოდი წარმოადგენს ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდის რეალიზაციისათვის ოპტიმალურ პერიოდს რადგან ამ პერიოდისათვის არსებობს მრავალწლიური ინფორმაციის გამოყენების შედეგად სისტემაში მოყვანილი ცნობარები, რომლებიც შეიცავენ ფუნქცია $\bar{S} = f(\rho/m)$ -ში შემავალ S და ρ პარამეტრებს. ამ ინფორმაციის კომპაქტურად წარმოდგენის მიზნით M-ით აღნიშნულია ამიერკავკასი-

ის ტერიტორიაზე ყველა აქტინომეტრიული და მეტეოროლოგიურების გენერალური ერთობლიობა. ხოლო M_{ij} (სადაც $i=1,2,3,\dots,34$) ცნობარების გამოშვების ნომერია $j=1,2,3,\dots,12$ თვეებია) ცალკეული რეგიონების (რესპუბლიკა) სადგურთა სიმრავლე, მაშინ ცნობარებში მოყვანილი მთელი ინფორმაცია შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს მატრიცის სახით;

$$M = [M_{ij} | iE[1,\dots,34] | jE[1,\dots,12]] \quad (2.12)$$

სადაც M გამოსახულია ცალკეული ბლოკების (რეგიონების, გამოშვებების) სახით. M შესაძლოა, უშუალოდ ამ ბლოკების ცალკეული ელემენტების სიმრავლითაც გამოიხატოს, კერძოდ:

$$M = [S_{ij}^n \rho_{ij}^n | iE[1,\dots,24] | jE[1,\dots,n]] \quad (2.13)$$

სადაც ρ არის მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის კოეფიციენტი. S მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში (წარმოადგენს ρ -ს ფუნქციას). t – მზის საშუალო დრო. V სადგურის ნომრები მოცემული გამოშვების ცნობარში. ზემოთ იყო აღნიშნული, რომ აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი საშუალოდ მეტეოროლოგიური სადგურების რიცხვის 4%-ს შეადგენს გარდა ამისა, დაკვირვების მომენტები ღრუბლიანობაზე 1936 წლამდე მხოლოდ დღისით ხდებოდა ისიც სამ ვადაზე (7, 13 და 21 სთ). 1936 წლის შემდეგ ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახური გადავიდა დაკვირვების ოთხ ვადაზე (1, 7, 13 და 19სთ) და ბოლოს რვა ვადაზე დღე-ღამეში სამ საათიანი ინტერვალით. რაც შეეხება აქტინომეტრიული დაკვირვებების სიხშირეს ისინი წარმოებს 0^{30} , 6^{30} , 9^{30} , 12^{30} , 15^{30} , და 18^{30} ვადებზე. საქართველოს ტერიტორიაზე სადგურის განედისა და წელიწადის სეზონების გათვალისწინებით S -ზე დაკვირვება შესაძლოა 3-4-ჯერ დღეში. დაკვირვების ვადების ასეთი შეზღუდვა (მაშინ, როდესაც ღრუბლიანობაზე დაკვირვება შეიძლება დღე-ღამის 24 საათის განმავლობაში ყოველ საათ-

ზე). S სიდიდის ფიქსირების ვადების გაზრდა შესაძლოა თუ აგებული იქნება მისი საშუალო სიდიდეების დღიური და თვიური მსვლელობის მრუდები. ე.ი. იდეალურ შემთხვევაში თუ თითოეულ მეტეოროლოგიურ სადგურზე განხორციელდება, როგორც S-ის, ისევე ρ -ს შეფასება დღის ყოველ საათზე, მაშინ M მატრიცის ელემენტების საერთო რიცხვი N იქნება $j!$ -ს სადგურთა რიცხვზე ნამრავლის ტოლი S-ის შეფასებისას ცხადია t არ მიიღებს ყველა 24 საათის მნიშვნელობებს (რაც შესაძლებელია მხოლოდ პოლარული დღის შემთხვევაში). თუ საკვლევ ტერიტორიაზე განლაგებული მეტეოროლოგიური სადგურების განხილვისას შემოვიფარგლებით იმ სადგურებით, რომლებზედაც მზის რადიაციის ინტენსივობაზე შესაძლო დაკვირვებების ვადები იცვლება 7 საათიდან 13 საათამდე (თვისა და სადგურის განედიდან გამომდინარე), მაშინ მატრიცის ელემენტთა რიცხვის ქვედა ზღვარი $N_{\min}$ იქნება $12 \times 7 \times n_7$, ხოლო ზედა ზღვარი - $N_{\max} = 12 \times 13 \times n_{13}$. უნდა აღვნიშნოთ, რომ ასეთი სიმრავლის მატრიცები დღეისათვის ჩვენ არ გაგვაჩნია და არც გვექნება ახლო მომავალში. დღეისათვის ჩვენ უნდა დავკმაყოფილდეთ გენერალური ერთობლიობიდან ამოკრეფილი სიმრავლით (აქტინომეტრიული სადგურებისათვის), გარდა ამისა, დაკვირვების ვადები შემოზღუდულია სამამდე (9^{30} , 12^{30} და 15^{30}). მაშინ გენერალური სიმრავლიდან მეორადი ამოკრეფის შედეგად მიღებული მატრიცის (აღვნიშნოთ ის M' -ით) ელემენტების რიცხვი იქნება $12 \times 13 \times 122 = 4392$ (122 არის აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი საკვლევ ტერიტორიაზე). ეს არის იმ პირველადი სტატისტიკური მასალის მოცულობა, რომელიც ნაშრომშია გამოყენებული და რომელიც საშუალებას გვაძლევს მზის რადიაციის ინტენსივობაზე არსებული რადიაციის მოცულობა გავზარდოთ არანაკლებად 10-ჯერ. მზის რადიაციის ინტენსივობის გამოსათვლელი ოპერაციების თანმიმდევრობის დასადგენად აქ გამოყენებული ე.წ. ქსელური გრაფიკის პრინციპი (გრანიტის გრაფიკი)

ჩვენი შემთხვევისათვის დაკვირვების 9^{30} ვადაზე. ამ მეთოდით წარმოდგენილია ცხრილი (7).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, არგუმენტად აღებულია არა ρ , არამედ ρ/m , ისე როგორც ადრე $\bar{S}$ სიდიდის გამოთვლის სიზუსტის ამაღლების მიზნით ρ/m არგუმენტის მთელი ცვლილების მონაკვეთი დაყოფილია სამ უბნად ($\rho/m \leq 0.15$; $0.15 \leq \rho/m \leq 100$; $\rho/m > 100$) ერთიანი ხარისხოვანი ფუნქციის $\bar{S} = a(\rho/m)^n$ ნაცვლად თითოეულ ამ უბანზე აგებულია შემდეგი სახის $\bar{S} = S_0 + K(\rho/m)$ წრფივი ფუნქციები ამ ფუნქციით $\bar{S}$ -ის სიდიდე გამოთვლილია არგუმენტის დისკრეტული მნიშვნელობებისათვის 0.05 ბიჯით, როგორც აღინიშნა, $\bar{S}$ სიდიდის გამოთვლის მთელი პროცესი მოცემულია ცხრილ 7-ში.

იგივე ქსელური გრაფიკით გამოითვლება S_0 და K პარამეტრები აქ უნდა აღინიშნოს ერთი გარემოება: რაკი ფუნქციაში $\bar{S} = S_0 + K(\rho/m)$ მხედველობაშია მიღებული ატმოსფერული მასა. ამ ფუნქციის პარამეტრები, როგორც სხვადასხვა ვადის შემთხვევაში, ასევე სხვადასხვა განედზე მდებარე სადგურებისათვის დიდად არ უნდა განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისგან (ეს სხვაობა ერთი და იგივე ρ -ის მნიშვნელობისას არ უნდა განსხვავდებოდეს მეთოდის დასაშვები ცდომილებისაგან). ის საგრძნობი განსხვავება, რომელსაც შეიძლება ჰქონდეს ადგილი ფუნქცია $\bar{S} = S_0 + K(\rho/m)$ -ის პარამეტრების განსაზღვრისას სხვადასხვა სადგურებისათვის განპირობებული იქნება მოწმენდილი ცის ალბათობის კოეფიციენტით. ატმოსფეროს გამჭვირვალობითა და თვითონ სადგურების განლაგებით ზღვის დონიდან უკანასკნელის გამორიცხვის მიზნით ჩატარდა სადგურების დაჯგუფება 10 ზონად (მათი ზღვის დონიდან განლაგების მიხედვით).

როგორც აღნიშნული იყო, ცხრილი 2-ის განხილვისას

3000 მეტრამდე განლაგებული სადგურებისათვის (ნულოვანი ჯგუფი) ატმოსფეროს ქვედა ფენები გაცილებით მდიდარია აეროზოლებით ვიდრე მეცხრე და მეთათე ჯგუფის სადგურებისათვის.

ცხრილი 7.

ოპერაცია N/N	ოპერაციის დასახელება	რა ოპერაციაა წინ
1	$\bar{S}$ სიდიდეებზე ინფორმაციის შეკრება (I-III პერიოდებში)	-
2	დაკვირვების I-III პერიოდებისათვის აწონილი $\bar{S}$ სიდიდეების გამოთვლა წელიწადის ყველა თვისათვის	1
3	ρ სიდიდეებზე ინფორმაციის მოძიება (I-III პერიოდში)	-
4	დაკვირვების I-III პერიოდებისათვის აწონილი ρ სიდიდეების გამოთვლა წელიწადის ყველა თვისათვის	3
5	ρ სიდიდეების ინტერპოლირება 9სთ 30წთ ვადაზე	4
6	ჰორიზონტიდან მზის სიმაღლის მოძიება (h_{θ}^0) ყოველი თვის 15 (თებერვალში 14) რიცხვისათვის	-
7	მოძიებული მზის სიმაღლის h_{θ}^0 გადათვლა მზის ზენიტურ მანძილზე ($Z_{\theta}^0 = 90^0 - h_{\theta}^0$)	6
8	ზენიტური მანძილის (Z_{θ}^0) შესაბამისი ატმოსფერული მასის (m) გამოთვლა ფორმულით: $m = \sec Z_{\theta}^0$	7
9	დაკვირვების ვადაზე 9^{30} ინტერპოლირებული ρ და m სიდიდეების და მათი განაყოფის (ρ/m) გამოთვლა	5.8
10	არგუმენტების ცვალებადობის მონაკვეთებზე ($(\rho/m \leq 0.15; 0.15 \leq \rho/m \leq 100; \rho/m > 1.00)$) $\bar{S}$ სიდიდეების გასაშუალება	2.9
11	S_0 და K პარამეტრების განსაზღვრა $\bar{S} = S_0 + K(\rho/m)$ ფუნქციაში	

ამიტომ ნულოვანი ჯგუფის სადგურებზე ფუნქცია $\bar{S} = S_0 + K(\rho/m)$ -ის პარამეტრები უნდა განსხვავდებოდნენ მე-9 და მე-10 ჯგუფების სადგურების პარამეტრებისაგან., რაც შეეხება მაღალმთიან რაიონებს, მათთვის S_0 და K პარამეტრები, არც თუ ისე დიდად იქნებიან განსხვავებული ერთმანეთისაგან. ეს კი საშუალებას იძლევა, რომ რიგი ზონები გაერთიანდნენ (ცხრილი 3) განვიხილოთ ზემოთ მოყვანილი ქსელური მეთოდი (ცხრილი 7).

ამ მეთოდის მეორე ვარიანტი, სადაც უფრო თვალსაჩინოა ოპერაციათა თანმიმდევრობა ე.წ. ოპერაცია კვანძებზე ანუ პროგრამის განხილვისა და შეფასების მეთოდი წარმოდგენილია ბლოკ-სქემის სახით (ნახ. 4). ისე, როგორც წინათ აღნიშნულ შემთხვევაში ბლოკ-სქემა იწყება საჭირო ინფორმაციის შეკრებით და მთავრდება მზის რადიაციის ინტენსივობის შეფასებით. კერძოდ, სამივე პერიოდისათვის გასაშუალებული მნიშვნელობების ($\bar{S}$)-ის დადგენით ნებისმიერი სადგურისათვის ამის შემდეგ დგება საკითხი იმ კრიტერიუმების განსაზღვრისა, რომელთა საშუალებით შესაძლებელი იქნება არსებული მონაცემების საფუძველზე შერჩეული იქნეს ის ადგილები, სადაც ჰელიოდანადგარები იმუშავენ მაქსიმალური მარგი ქმედების კოეფიციენტით. თუ ცხრილ 7 შევადარებთ ბლოკ—სქემას, გარდა იმისა, რომ ამ უკანასკნელში უფრო მეტად დაზუსტებულია ოპერაციები (და მათი რიცხვი რამდენადმე სჭარბობს 7 ცხრილში მოყვანილ ოპერაციებს) აღსანიშნავია, რომ ბლოკ-სქემა არ შეიცავს ამ ცხრილის მე-10 ოპერაციას, რაც განპირობებულია იმით, რომ ფუნქციის $S = f(\rho/m)$ სამ ცალკეულ უბნად განხილვით მკვეთრად გაიზარდა S სიდიდის გამოთვლის სიზუსტე, ამავე დროს თუ S სიდიდის გამოთვლები შესრულდება ცვლად ρ/m -ის არსებობის მთლიან არეში ამით ბევრად გამარტივდება მისი შეფასება და თანაც შენარჩუნებული იქნება დამაკმაყოფილებელი სიზუსტე. ამიტომ ცხრილ 7-ის მე-11 ოპერაცია ბლოკ-სქემაში არ არის წარმოდგენილი წრფივი

ფუნქციის სახით, მის ნაცვლად ბლოკ-სქემა მთავრდება არაცხადი ფუნქციით $\bar{S} = f(\bar{\rho}_I, \dots / m)$ სადაც $\bar{\rho}_I, \dots$ (ისე როგორც $S_I, \dots$ გამოთვლილია დაკვირვების სამივე პერიოდის გაერთიანების საფუძველზე გამოსახულებით:

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_I' n_I + \rho_{II}' n_{II} + \rho_{III}' n_{III}}{n_I + n_{II} + n_{III}} \quad (2.14)$$

ქვემოთ მოგვყავს ნახ. 4-ზე წარმოდგენილი ბლოკ-სქემის გაშიფვრა (ოთხკუთხედში ჩასმული ოპერაცია და ისრები აღნიშნავენ ოპერაციის შესრულების თანმიმდევრობას), კერძოდ:

0 - კვლევის დასაწყისი

1 - $\bar{S}_I$ -ის მოძიება 1964 წლამდე

2 - დაკვირვების წლები დასაწყისი, დასასრული

3 - n_I დაკვირვების წლების რიცხვი

4 - $\bar{S}_{II}$ -ის მოძიება 1981 წლამდე

5 - დაკვირვების წლები: დასაწყისი, დასასრული.

6 - n_{II} - დაკვირვების წლების რიცხვი

7 - $\bar{S}_{III}$ -ის მოძიება 1991 წლამდე.

8. - დაკვირვების ვადების დასაწყისი, დასასრული.

9 - n_{III} დაკვირვების წლების რიცხვი

$$10 - \bar{S} = \frac{S_I n_I + S_{II} n_{II} + S_{III} n_{III}}{n_I + n_{II} + n_{III}}$$

11 - h_θ^0

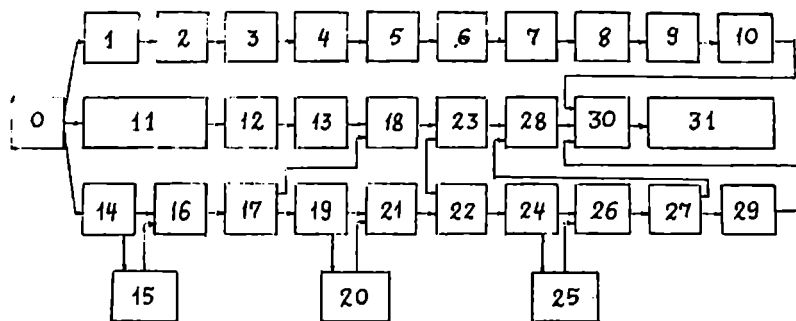
$$12 - Z_\theta^0 = 90^\circ - h_\theta^0$$

$$13 -- m = \text{Sec} Z_\theta^0$$

14 - ρ_I -ის მოძიება 1964 წლამდე

15 - ρ_I -ის ინტერპოლირება S_I -ის დაკვირვების ვადაზე (ρ_I')

16 - დაკვირვების წლები: დასაწყისი, დასასრული.



ნახ. 4 მზის რადიაციის ინტენსივობის
გამოსათვლელი პროგრამის ბლოკ-სქემა

17 - n_I^I - დაკვირვების წლების რიცხვი

18 - $\rho_I^I(m)$

19 - ρ_{II} -ის მოძიება 1981 წლამდე.

20 - ρ_{II} -ის ინტერპოლირება M_{II} -ის დაკვირვების ვადებზე

21 - დაკვირვების წლები: დასაწყისი, დასასრული.

22 - n_{II}^I -ის დაკვირვების წლების რიცხვი

23 - $\rho_{II}^I(m)$

24 ρ_{III} -ის მოძიება 1991 წლამდე:

25 ρ_{III} -ის ინტერპოლირება M_{III} -ის დაკვირვებას ვადებზეა

26 დაკვირვების წლები; დასაწყისი, დასასრული

27 n_{III}^I დაკვირვების წლების რიცხვი

28 $\rho_{III}^I(m)$

$$29 \bar{\rho}_m^I = \frac{\rho_I^I n_I + \rho_{II}^I n_{II} + \rho_{III}^I n_{III}}{n_I + n_{II} + n_{III}}$$

30 - არგუმენტის $\bar{\rho}_m^I$ ცვლის 0.03 ბიჯის შუალედებში M -ის
გასაშუალება

31 - ფუნქციის $\bar{S} = f(\rho'_{I-III}/m)$ სახის დადგენა და მისი პარამეტრების განსაზღვრა.

ამრიგად, კვლევის დაწყებიდან ფუნქცია $\bar{S}_I = a(\rho/m)^n$ პარამეტრების განსაზღვრამდე საჭიროა 31 ოპერაციის შესრულება.

პირველადი ინფორმაციის მატრიცულმა წარმოდგენამ და S სიდიდის გამოსათვლელად შედგენილმა ბლოკ-სქემამ სათანადო პროგრამის შედგენით საშუალება მოგვცა გამოგვეთვალა ფუნქცია $\bar{S}_I = a(\rho/m)^n$ -ში შემავალი პარამეტრები a და n. 8 ცხრილში მოცემულია გამოთვლების შედეგად მიღებული მზის რადიაციის ინტენსივობის სამივე ვადის ცალკეული პერიოდებისათვის, ასევე სამივე პერიოდის გაერთიანების შემთხვევაში ცხრილ 9-ში მოთავსებულია S-ის გამოსათვლელი დამხმარე განტოლებები

ცხრილი 8

მზის რადიაციის ინტენსივობის გამოსათვლელი განტოლებები დაკვირვების ვადებისა და პერიოდების მიხედვით

დაკვირვების		განტოლება
ვადა	პერიო- დი	
9 ³⁰	I	$\bar{S}_I = 1.17(\rho/m)^{0.46} (2.15)$
	II	$\bar{S}_{II} = 1.30(\rho/m)^{0.45} (2.16)$
	III	$\bar{S}_{III} = 1.49(\rho/m)^{0.76} (2.17)$
	I-III	$\bar{S}_{9.30} = 1.32(\rho/m)^{0.56} (2.18)$
12 ³⁰	I	$\bar{S}_I = 0.91(\rho/m)^{0.36} (2.19)$
	II	$\bar{S}_{II} = 0.80(\rho/m)^{0.15} (2.20)$

15 ³⁰	III	$\overline{S}_{III} = 0.74(\rho/m)^{0.29} \quad (2.21)$
	I-III	$\overline{S}_{12^{30}} = 0.82(\rho/m)^{0.27} \quad (2.22)$
	I	$\overline{S}_I = 0.85(\rho/m)^{0.29} \quad (2.23)$
	II	$\overline{S}_{II} = 0.99(\rho/m)^{0.27} \quad (2.24)$
	III	$\overline{S}_{III} = 1.08(\rho/m)^{0.50} \quad (2.25)$
	I-III	$\overline{S}_{15^{30}} = a(\rho/m)^{0.35} \quad (2.26)$

ცხრილი 9

S სიდიდის გამოსათვლელი განტოლებები დაკვირვების
ვადების (9³⁰, 12³⁰, 15³⁰) გასაშუალებით ცალკეულ
პერიოდებში და 1991 წლამდე

დაკვირვების		განტოლება
ვადა	პერიოდი	
	I	$\overline{S}_{Id} = 0.94(\rho/m)^{0.37} \quad (2.27)$
	II	$\overline{S}_{IId} = 1.03(\rho/m)^{0.29} \quad (2.28)$
	III	$\overline{S}_{IIId} = 1.10(\rho/m)^{0.52} \quad (2.29)$
	I-III	$\overline{S}_{1991} = 1.02(\rho/m)^{0.73} \quad (2.30)$

დაკვირვების სამივე ვადის გაერთიანებით ცალკეული
პერიოდებისათვის, (აღვნიშნოთ იგი S_დ-ით). ამავე ცხრილის
ბოლო სტრიქონში მოყვანილი განტოლება შემაჯამებელია
დაკვირვების მთელი პერიოდისათვის ე.ი. 1991 წლამდე- S₁₉₉₁
ესენია განტოლებები 2.27-2.30.

7, 8 და 9 ცხრილების ანალიზისას აღსანიშნავია შემდეგი:
პარამეტრი *a* რომლის სიდიდეც უპირატესად განპირობებუ-
ლი ატმოსფეროს გამჭვირვალობით, დილის, შუადღისა და
დღის მეორე ნახევრის დაკვირვებების ვადებიდან მაქსიმალურ
მნიშვნელობებს ლეზულობს დაკვირვების ვადაზე

9სტ30წთ (როდესაც არგუმენტი $\rho/m=1$). პარამეტრი a მინიმალურ მნიშვნელობებს ღებულობს შუადღის საათებში 12სტ30წთზე. რაც განპირობებულია ატმოსფეროს გამჭვირვალობის დღიური სვლით (შუადღის საათებში ატმოსფეროში განვითარებული ტურბულენტობისა და კონვექციის შედეგად მასში აღინიშნება აგროზოლების ინტენსიური მატება და გამჭვირვალობის შემცირება).

იგივე შუადღის საათებში ჩატარებული დაკვირვებების მასალის ანალიზიდან ჩანს, რომ როდესაც განტოლებების 2.15-2.30 არგუმენტები 1-ის ტოლია პარამეტრი a დაკვირვებების პირველ პერიოდში 0.91-დან მცირდება 0.74-მდე დაკვირვებების ბოლო III პერიოდში. რაც იმაზე მიუთითებს, რომ განხილული დროის მონაკვეთში ჰაერის გამჭვირვალობამ იკლო.

როგორც ნაჩვენები იყო ზემოთ ფუნქცია $\bar{S} = f(\rho_{I-III}/m)$ -ის ცხადი სახე წარმოადგენს ხარისხოვან ფუნქციას. $\bar{S} = a(\rho/m)^n$. ამ (1, 2, 3, 4, 6, 7) და სხვა შრომებში მოცემული ჰელიოდანადგარების მუშაობის რეჟიმის, ქსელური მეთოდის პროგრამათა შეფასებისა და გაანალიზების შედეგად ჰელიოენერგეტიკის მოთხოვნილებათა შესაბამისად ის პუნქტები სადაც მზის რადიაციის ინტენსივობა და ჯამები (დღიური, თვიური, სეზონური) აგრეთვე მზის ნათების ხანგრძლივობა აღწევს მაქსიმუმს ითვლებიან ოპტიმისტურ პუნქტებად, ხოლო ის პუნქტები სადაც მზის რადიაციის ეს მახასიათებლები ეცემა მინიმუმამდე წარმოადგენენ პესიმისტურ პუნქტებს. რადგან ეს სადგურები წარმოდგენილია მზის რადიაციის უკიდურესი ზღვრული მნიშვნელობებით, ბუნებრივია, სადგურები მზის რადიაციის მახასიათებლების ქვედა ზღვრით უნდა გამოირიცხოს ჰელიოდანადგარებისათვის ოპტიმალური (პერსპექტიული) პუნქტების რიცხვიდან. ამასთანავე თუ ასეთი სადგურების შერჩევის პროცესში გათვალისწინებული იქნება ჰელიოდანადგარების დამონტაჟების და მისი ექსპლოატაციისათვის ხელსაყრელი თუ დამაბრკოლებელი

პირობები (ადგილთან მისასვლელი გზები, მეტეოროლოგიური, სოციოლოგიური, ეკონომიური პრობლემები და სხვა), შესაძლოა ოპტიმისტური სადგურების რაოდენობა ამ მიზეზების გათვალისწინებით კიდევ უფრო შემცირდეს, მაგრამ, თუ მოცემული პუნქტის ჰელიოენერგეტიკური პარამეტრები მაქსიმალურია, მაგრამ აღნიშნული რიგი დაბრკოლებების შედეგად ვერ ხერხდება მისი ათვისება, მაშინ ასეთი პუნქტი წარმოადგენს პერსპექტიულ პუნქტს ამრიგად, ექსპლოატაციისათვის რეკომენდირებულ სადგურთა რიცხვში პირველყოფლისა შევა რიგი ოპტიმისტური სადგურებისა, რომელთა უმრავლესობა იქნება პერსპექტიული სადგურებიდან შერჩეული ყველა ეს სადგურები ამოიკრიფებიან ზემოთ მოცემული M გენერალური ერთობლიობიდან. მაგალითისათვის ცხრილ 10-ში მოყვანილია ზემოთ განხილული პუნქტების შერჩევის სქემის ფარგმენტი საქართველოსათვის დაკვირვების I პერიოდში, კერძოდ 9სთ30 წუთის ვადაზე რადგან საქართველოს აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვი პირველ პერიოდში რვას არ აღემატებოდა ოპტიმისტური და პესიმისტური სადგურების რიცხვი სამ-სამით განისაზღვრა. ამ ნაშრომში შემუშავებული მეთოდიკა საშუალებას იძლევა ანალოგიური ცხრილების შედგენისა დანარჩენი დაკვირვების ორი ვადისათვის (12^{30} , 15^{30}) II და III პერიოდებისათვის როგორც აქტინომეტრიული, ასევე მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის. ამ შემთხვევაში სადგურების სიმრავლე საშუალებას იძლევა გაიზარდოს, როგორც ოპტიმისტური, ასევე პერსპექტიული სადგურების რიცხვი.

$\bar{S}_1, \bar{S}_{1max}, \bar{S}_{1min}, A_s$ და $\sum_{i=1}^{12} S_{ji}$ -ის მნიშვნელობები (კალ/სმ²წთ)

საქართველოს აქტინომეტრიული სადგურების ქსელისათვის
1 პერიოდის 9სთ 30წთ დაკვირვების ვადაზე

რომელ ადგილ- ზეა	სადგური	$\bar{S}_{1max}$	$\bar{S}_{1min}$	A_s	$\sum_{i=1}^{12} S_{ji}$	რომელი პუნქტია
1	ყაზბეგი (მ/მ)	1.07	0.75	0.32	146800	
2	სკრა	0.85	0.34	0.51	139900	ოპტიმის- ტური
3	თელავი	0.74	0.39	0.35	130000	
4	სოხუმი	0.73	0.33	0.40	120000	პერსპექ- ტიული
5	თბილისი	0.76	0.26	0.50	118000	
6	წალკა	0.65	0.42	0.28	112000	პესიმის- ტური
7	სენაკი	0.63	0.32	0.33	111000	
8	ანასეული	0.71	0.38	0.33	107000	

როგორც ცნობილია, ჩვენ პლანეტაზე მიმდინარე მეტ-ნილ პროცესებს განაპირობებს მზის ენერგიის ის ნაწილი, რომელიც ატმოსფეროს გავლით აღწევს დედამიწის ზედაპირამდე. იმის გამო, რომ დედამიწის ატმოსფეროს ნახევარი მასალა განუწყეტილად განიცდის მზის რადიაციის მოქმედებას, ყველა პერიოდული თუ კვაზიპერიოდული პროცესები ატმოსფეროში და დედამიწაზე ხორციელდება მზე-დედამიწის კავშირის გავლენით. ეს უკანასკნელი კი განპირობებულია დედამიწის მზის გარშემო ბრუნვით და დედამიწის ეკვატორიალური სიბრტყის ორიენტაციით მზის ეკვატორის მიმართ, რის შედეგადაც დედამიწაზე მიმდინარე პროცესებზე გარკვეულწილად გავლენას ახდენს ციური მექანიკის კანონები.

მზის რადიაციის ინტენსივობის ფლუქტუაციასთან დაკავშირებით დიდ ინტერესს წარმოადგენს დედამიწაზე ტემპერატურის რყევა და მისი გამომწვევი მიზეზები. თუ ეს უკანასკნელი დროსა და სივრცეში მცირე მასშტაბისაა, ამის ერთ-ერთი მიზეზი მზის რადიაციისა და ღრუბლიანობის კომპლექსში დევს, ხოლო თუ ამ პარამეტრების რყევის მასშტაბი. ასეული და ათასეული წლების ტოლია, ამის მიზეზი პლანეტარული და კოსმოსური მასშტაბისაა. ის შეიძლება გამომწვეული იყოს როგორც დედამიწის ატმოსფეროს მასების ცვლილებით ასევე მზის აქტიურობის პერიოდულობით, ან კიდევ ბრუნვის ღერძის დახრილობის ცვლით (დედამიწის პოლუსების გადაადგილებით).

მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით შესრულებულ შრომებში გაკეთებულია ლოგიკური დასკვნა, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: თუ ღრუბლიანობა და ატმოსფეროს გამჭვირვალობა განიცდიან პერიოდულ ან კვაზიპერიოდულ ცვალებადობას ჩვენამდე მოსული მზის რადიაციის ინტენსივობაც შესაბამისად უნდა მერყეობდეს მრავალწლიან საშუალო დონესთან (ნორმასთან) შედარებით. ამ რყევის პერიოდულობის კანონზომიერებების შესწავლა საშუალებას იძლევა გარკვეული ალბათობით გაკეთდეს პროგნოზი მზის რადიაციის ინტენსივობის შესახებ. მომავალ პერიოდში, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰელიოენერგეტიკის ინტერესებიდან გამომდინარე. აღსანიშნავია ის, რომ რაც უფრო დიდი დროის მონაკვეთს მოიცავს მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე დაკვირვებების რიგი – მით უფრო ზუსტად იქნება განსაზღვრული რყევის პერიოდი და ამპლიტუდა. ამავე დროს თუ შესასწავლ პროცესზე არ მოქმედებს ანთროპოგენური ფაქტორი ამ შემთხვევაში რყევის პარამეტრები სტაბილური იქნება. ასეთია, მაგალითად, მზის ლაქებზე 1749წლიდან წყვეტილი, ხოლო 1826წლიდან – სისტემატური დაკვირვებების რიგები. მიუხედავად იმისა, რომ აქ სახეზეა დღეისათვის ერთადერთი ყველაზე გრძელი უწყვეტი რიგები მზის ლაქებზე დაკვირვებისა (რაც დღესაც გრძელდება მსოფლიოს ასტრონომიულ ობსერვატორიებში),

რყევის დადგენილ პერიოდზე (საშუალოდ 11 წელი) ცივილიზაციას არასოდეს არ მოუხდენია გავლენა და ვერც მოახდენს რაიმე გავლენას, თუ როდესმე შეიცვალა მზის ლაქების მახასიათებელი ე.წ. ვოლფის რიცხვის ნორმა ან პერიოდულობა, ეს გამონეული იქნება თვით მზეზე ან კოსმოსში მიმდინარე პროცესების რადიკალური ცვლილებებით. სულ სხვა მდგომარეობაა როცა ვიხილავთ დედამიწის ატმოსფეროში ან მის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესებს. აქ ძირითადად ორი ფაქტორია გასათვალისწინებელი:

სივრცესა და დროში დაგროვილი ინფორმაციის მოცულობა (განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს დროის მონაკვეთს);

რა გავლენას ახდენს შესასწავლ პროცესზე, თანამედროვე ცივილიზაცია (ანთროპოგენური ფაქტორი).

თუ განსახილველი დროის მონაკვეთი არ შეიცავს სულ ცოტა 2 პერიოდს, მაშინ აზრს კარგავს რყევის პარამეტრების (ნორმა ამპლიტუდა და სხვა) დადგენის მცდელობა. მით უმეტეს, ასეთ შეზღუდულ მონაცემებზე დაყრდნობით გაკეთებული პროგნოზი არ იქნება სანდო სამწუხაროდ, მეტეოროლოგიური ელემენტების სისტემატური რეგისტრაცია (ისიც სივრცეში შეზღუდულად, უფრო სწორად მეჩხერად სულ ათიოდე სადგურზე, რუსეთის ყოფილ იმპერიაში დაიწყო მხოლოდ XIX საუკუნის ბოლოს ხოლო ანალიზისათვის ვარგისი მასალა გროვდებოდა მხოლოდ XX საუკუნის 30-40-იანი წლებიდან. დროის ეს მონაკვეთი ცხადია არაა საკმარისი მთელი რიგი მეტეოროლოგიური პროცესების სრულყოფილი კვლევისათვის, განსაკუთრებით კლიმატოლოგიის მოთხოვნებიდან გამომდინარე არაა საკმარისი იმიტომ, რომ რყევის დიდმასშტაბიანი ჰარმონიკები შეიძლება შეიცავდეს ასეულ ათასეულ და კიდევ უფრო მეტ წლებს. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთი პროცესების რყევის პერიოდულობა და მათი პარამეტრები შესაძლოა დადგინდეს ისეთი არაპირდაპირი მეთოდებით, რომლებიც გამოიყენებიან რადიაქტიულ კვლევებში და პალეოკლიმატოლოგიაში. ჩვენ შემთხვევაში კვლევის საგანს წარმოადგენს მზის პირდაპირი რადიაციის

ინტენსივობასა და მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას შორის ქცევების პერიოდულობა.

როგორც ცნობილია, მზის აქტიურობის ციკლურ პერიოდულობაზე არავითარ გავლენას არ ახდენენ დედამიწაზე მიმდინარე პროცესები, კერძოდ ცივილიზაციის განვითარების დონე. დედამიწის ზედაპირამდე მიღწეული მზის რადიაციის ინტენსივობაზე და მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობაზე ანთროპოგენურმა ფაქტორმა შეიძლება გარკვეული გავლენა მოახდინოს, კერძოდ, შეცვალოს ადრე დადგენილი პარამეტრების სიდიდეები (რყევების ამპლიტუდა, მრავალწლიანი საშუალო ნორმა და სხვა). აქედან გამომდინარე ყველა იმ შემთხვევაში, როცა აღინიშნება რომელიმე პარამეტრის დონის დროში (წლების რალაც მონაკვეთზე) ნორმასთან შედარებით სისტემატური დანევა ან პირიქით, სისტემატური მატება (ხაზს უსვამთ სისტემატურს და არა ცალკეულ მოკლევადიან პიკებს) უნდა გაირკვეს ამ გადახრების მიზეზი ანთროპოგენული თუ საუკუნოებრივი რყევის ხასიათისაა. ამის დასადგენად საჭიროა ორი ისეთი რეგიონის ურთიერთ შედარება, რომელთაგან ერთი მათგანი წლების განმავლობაში განიცდიდა ადამიანის მხრიდან ძლიერ ზემოქმედებას მის გარემოზე, ხოლო მეორე რეგიონი თავისუფალი იყო ამ ზემოქმედებისგან. თუმცა ატომურ და კოსმიურ ერაში მყოფი ჩვენი პლანეტის ზედაპირზე ასეთი რეგიონის მონახვა, რომელსაც არანაირად არ შეხებია ცივილიზაცია, პრაქტიკულად შეუძლებელია. შეუძლებელია იმიტომ, რომ XX საუკუნის II ნახევრიდან ადამიანის ზეგავლენა გარემოზე ღებულობს არა რეგიონალურ, არამედ გლობალურ (პლანეტარულ) ხასიათს. მიუხედავად ამისა, ალბათ ჯერ კიდევ არსებობენ ცივილიზაციის მიერ ცოტად თუ ბევრად ხელუხლებელი რეგიონები. ამ თვალსაზრისით მიზანშეწონილი იქნება, თუ გავაანალიზებთ დროში S სიდიდის ცვალებადობას ორი ისეთი სადგურისათვის, რომელთაგან ერთი ნაკლებად განიცდის ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გავლენას ამ სადგურის გარემოზე, ხოლო მეორე სადგური, პირიქით, იმყოფება ადამიანის ძლიერი გავლენის ქვეშ. ნახ. (5)-ზე მო-

ცემულია მოწმენდილი ცის პირობებში თბილისი აქტინო-მეტრიული სადგურის მონაცემებით (1926-1952, 1957-1991 წლები) აგებული გრაფიკები. როგორც ცნობილია თბილისი ბოლო ათეული წლების განმავლობაში განიცდის ძლიერ ანთროპოგენურ ზეგავლენას ატმოსფეროს მზარდა გაჭუჭყიანების (უმთავრესად ტრანსპორტის გამონაბოლქვით) ტენდენციით. ცალკეულ წლებში S-ის სიდიდის ანომალიების გამორიცხვის მიზნით გამოყენებულია მცოცავი გასაშუალების მეთოდი. გასაშუალება ხდებოდა ყოველი 10 წლის მონაკვეთზე. როგორც ამ ნახაზზე წარმოდგენილი მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის S (სხივისადმი მართობულ სიბრტყეში) საუკუნოებრივი სვლის მრუდები გვიჩვენებს იანვრის და ივლისის თვეებისათვის დაკვირვების 12სთ30წთ ვადაზე მზის რადიაციის ინტენსივობა 1926 წლიდან 1991 წლამდე შემცირდა $0.25 \text{ კალ/სმ}^2 \text{ წთ-ით}$.

სანამ ზემოთ ნახსენებ დამხმარე ფორმულებზე დაყრდნობით გამოთვლების შედეგების ცდომილების შეფასებას შეუდგებოდეთ. განვიხილოთ თუ რა სიზუსტითაა თვით ცნობარებში მოცემული S-ის მნიშვნელობები



ნახ. 5 მზის რადიაციის ინტენსივობის საუკუნოებრივი ცვლა 12სთ30წთ ვადაზე 1 იანვარი, 2 ივლისი, თბილისი.

(10). როგორც ამ ცნობარშია აღნიშნული 5-7 წლიანი ხანგრძლივობის დაკვირვებებით მიღებული მზის რადიაციის მახასიათებლები (ინტენსივობა, თვიური ჯამები) 30 წლიანი დაკვირვებების რიგის შედეგებიდან შეიძლება განსხვავდე-

ბოდეს 10-13%-ით ცდომილების ამ სიდიდეში თავისი წვლილი უნდა შეიტანოს ამანაც, რომ გამოსახულებაში $S' = S \sinh \sigma$ მზის სიმაღლედ თვის ყველა დღისათვის მიღებულია ამ თვის შუა რიცხვის (დღის) h_0 -ის მნიშვნელობა. სინამდვილეში კი h_0 ყოველი თვის განმავლობაში წლის სეზონის შესაბამისად განიცდის ყოველდღიურ მეტ-ნაკლებ ცვალებადობას (ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდში ეს ცვალებადობა მინიმალურია, გაზაფხულზე და შემოდგომაზე მაქსიმალური). თუ განვიხილავთ მაგალითად თბილისს იანვარში ეს ცვალებადობა 1° -ის, ხოლო აპრილში 6° -ის ფარგლებშია. აპრილის თვისათვის გამოსახულებით $S' = S \sinh \sigma$ შესრულებულ გამოთვლებში მიღებული S' სიდიდის ცდომილება აღწევს 18%-ს. საქართველოსთვის ძირითადი სტატისტიკური პარამეტრები (წელიწადის ყველა თვისათვის) 1954-1986 წლების მონაცემებით გამოთვლილია შრომაში (7) და ნარჩენი წლების (1991 წლამდე) სტატისტიკურმა მასალამ შესამჩნევად ვერ უნდა შეცვალოს უკვე მიღებული შედეგები S-ის სიდიდის შეფასების ცდომილებაში. ამიტომ ჩვენ აქ მოგვყავს (7)-ში გამოთვლილი სტატისტიკური მომენტები ცალკეული სადგურებისათვის (ცხრილი 11). ამ ცხრილიდან გამომდინარე საშუალო კვადრატული გადახრები σ იცვლება 0.14-0.43 კალ/სმ²წთ-მდე. ვარიაციის კოეფიციენტი C_v მ/მ ყაზბეგისათვის მეტად მდგრადია, დაბლობში განლაგებულ სადგურებთან შედარებით კერძოდ, თუ სადგურ სოხუმისათვის ვარიაციის კოეფიციენტი წელიწადის განმავლობაში იცვლება 38-50%-ის ზღვრებში მ/მ ყაზბეგისათვის. იგი არ აღემატება 10-30%-ს. ამავე კოეფიციენტების აბსოლუტური მნიშვნელობები რამდენჯერმე მეტია გამოთვლის სამმაგ შეცდომებზე. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ თითქმის ყველა თვისათვის S-ის სიდიდე ასიმეტრიულადაა განაწილებული (მარცხენა მხარის დახრილობით).

ზოგიერთი სტატისტიკური მომენტი (7)-ის მონაცემებით

სადგურები	სტატისტიკური მომენტი	ცვალებადობის ზღვრები კალ/სმ ² ნთ- ში ან %-ში
სოხუმი თბილისი მ/მ ყაზბეგი	საშუალო კვადრატული გადახრა	0.14-0.43
სოხუმი	ვარიაციის კოეფიციენ- ტი	35-50
მ/მ ყაზბეგი	ვარიაციის კოეფიციენ- ტი	10-30
მ/მ ყაზბეგი	ასიმეტრია	1.5-4.5

მ/მ ყაზბეგისათვის ასიმეტრიის კოეფიციენტები 1.5-დან 4.5-მდე ექსცესის კოეფიციენტის წლიური ცვალებადობა დაკვირვების 9სთ30 წუთისათვის სოხუმში მერყეობს -1.00-დან (თებერვალი) +0.96-მდე (სექტემბერი). ამ პარამეტრის მნიშვნელობები წელიწადის თვეების მიხედვით სადგურებისთვის: სოხუმში, თბილისი და მ/მ/ ყაზბეგი მოცემულია ცხრილ 12-ში. მ/მ ყაზბეგისთვის S სიდიდის საშუალო და საშუალო კვადრატული გადახრების აბსოლუტური ცდომილებების მნიშვნელობები იცვლება 0.01-0.03-ის ფარგლებში, ხოლო ფარდობითი ცდომილების სიდიდე (δ) არ აღემატება 5%-ს ექსცესის კოეფიციენტის წლიური ცვალებადობის განაწილების მრუდს აქვს ციცაბო დახრილობა.

ექსცესის კოეფიციენტის წლიური ცვალებადობა
(7)-ის მონაცემებით

სადგური	თვე					
	I	II	III	IV	V	VI
	9.30					
სოხუმი	-0.57	-1.03	-0.91	-0.74	-0.34	0.26
თბილისი	-1.98	-0.68	-0.90	-0.18	-0.12	3.13
მ/მ ყაზბეგი	2.47	2.71	2.28	1.78	1.21	10.74
					12 ³⁰	
სოხუმი	-0.64	-0.60	-0.71	-0.33	0.19	0.08
თბილისი	-0.89	-0.65	-0.21	-0.51	0.29	3.50
მ/მ ყაზბეგი	3.13	2.28	1.86	1.90	2.09	11.26
სოხუმი	-0.69	-0.99	-0.89	-1.17	-0.41	1.40
თბილისი	-0.67	-1.08	-1.00	-0.63	1.00	1.55
მ/მ ყაზბეგი	1.52	0.64	1.07	5.36	0.89	1.77

სადგური	თვე					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
სოხუმი	-0.09	-0.14	0.96	-0.05	-1.02	-1.01
თბილისი	0.88	3.21	1.31	0.46	0.12	-0.99
მ/მ ყაზბეგი	19.30	26.22	13.30	15.12	0.89	4.04
სოხუმი	0.52	1.96	1.08	0.27	0.001	-0.99
თბილისი	3.48	1.75	1.83	0.62	0.19	-0.33
მ/მ ყაზბეგი	10.04	10.38	17.36	13.59	3.50	2.28
	15 ³⁰					
სოხუმი	1.03	0.70	0.64	-0.55	-0.74	-0.90
თბილისი	0.97	0.01	0.44	-0.69	-0.78	-0.86
მ/მ ყაზბეგი	12.29	25.57	14.96	2.51	4.90	3.05

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, როდესაც ატმოსფერული მასის გათვალისწინება თვეების დაჯგუფების შედეგად ხდებოდა (და არა ρ არგუმენტის ρ/m -ით შეცვლით)

ხარისხოვან ფუნქციის არგუმენტის ცვლის არე დაყოფილი იყო 3 უბნად. ამ შემხვევისათვის S სიდიდის შეფასების ცდომილების მაქსიმუმი აღწევდა 0.04 კალ/სმ²ნთ-ს. მას შემდეგ, რაც ინფორმაციის გაფართოების შედეგად აგებული იქნა იგივე ერთიანი ხარისხოვანი ფუნქცია მზის რადიაციის ინტენსივობის შეფასების სიზუსტე არგუმენტის ცვალებადობის ზოგიერთ მონაკვეთზე, განსაკუთრებით არგუმენტის მაქსიმალურ მნიშვნელობებზე ზოგიერთი დაკვირვების ვადებზე, გაუარესდა. ასე მაგალითად, 12^{30} ვადაზე ჭეშმარიტი ცდომილების მნიშვნელობამ $\delta = S_{\text{ექს}} - S_{\text{გამოთ}}$ მიაღწია 0.17 კალ/სმ²ნთ-ს, თუმცა S სიდიდე ამ უბანზე ($\rho/m \geq 0.70$) იმდენად მაღალია რომ ეს ცდომილება S -ის მხოლოდ 10-15%-ს შეადგენს. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული იმის გამო, რომ ფუნქცია $\bar{S}_I = a(\rho/m)^n$ -ში გათვალისწინებულია ატმოსფერული მასა (ფუნქციისაგან $S = f(\rho)$ განსხვავებით), S სიდიდის ცვალებადობისა და მისი ცდომილების განსაზღვრისას საჭირო აღარ არის თვეების დაჯგუფება (რის ტოლფასია ატმოსფერული მასის გრადაცია, ან რაც იგივეა მზის სიმალლით გრადაცია S -ის სიდიდის გამოთვლის დროს). ამავე დროს მოხდა ფუნქცია $S_I = a(\rho/m)^n$ -ის გამკაცრება. კერძოდ, S -ის სიდიდეები დაჯგუფდა (დარეგულირდა) არგუმენტის ρ/m ცვალებადობის (0-დან 1-მდე) 0.05 ბიჯით ცალკეულ უბნებში. ამ ცალკეულ უბნებზე S -ის სიდიდის გამოთვლის ცდომილებები მოცემულია ცხრილ (12)-ში. ამ ცხრილში მოცემული უბნების მიმართ იყო განსაზღვრული, როგორც $\bar{S}$, ასევე ყველა სტატისტიკური მომენტი. მიღებული პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში (13)-ში.

ბ ცდომილების მნიშვნელობა ბიჯის ცალკეულ უბნებზე

დაკ- ვირვე- ბის ვა- დები	ბიჯების უბნები							
	0.10	0.20	0.25	0.40	0.55	0.60	0.65	0.80
9 ³⁰	-0.02	-0.02	-0.02	0.10	-0.01	0.00	0.08	0.07
12 ³⁰	-0.09	-0.03	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.09	
15 ³⁰	-0.01	0.02	0.02	-0.02	0.01	-0.02		

სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში მზის პირდაპირი რადია-
ციის მნიშვნელობები და სტატისტიკური მახასიათებლები
გასაშუალებელი I-II პერიოდებისათვის 1991 წლამდე ბიჯის
უბნებზე

დაკვირვების ვა- და: ბიჯის უბანთა რიცხვი	ბიჯის უბნებზე საშუალო $\bar{N}$	საშუალო კვადრა- ტული გადახრა σ	საშუალო არითმ. ცდომილება μ	საშუალო კვადრა- ტული ცდომილე- ბა σ_{μ}	ვარიაციის კოეფი- ციენტი C_v	ასიმეტრიის კოე- ფიციენტი A_s	ექსცესი ϵ
9 ³⁰	0.54	0.12	0.05	0.08	0.22	0.10	-1.36
7							
12 ³⁰	0.84	0.10	0.03	0.08	0.18	0.08	-1.42
8							
15 ³⁰	0.62	0.10	0.04	0.08	0.19	-0.15	-1.50
6							

თავი 3.

**საქართველოს აპტინომეტირული ქსელისათვის
მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობასა
(ჰორიზონტალურ და მზის სხივისადმი ნორმალურ
სიბრტყეში) და მონემენდილი ცის მდგომარეობის
აღგათოვას შორის კორელაციური კავშირების
დადგენა**

როგორც ცნობილია, მზის რადიაციის ინტენსივობის რაოდენობრივი შეფასება რიგი პრობლემის გარდა, აუცილებელია ჰელიოდანადგარების მუშაობის ეფექტურობის დასადგენად. ცნობილია, რომ დღეისათვის არსებული ჰელიოდანადგარებიდან ზოგიერთს შეუძლია იმუშაოს მზის პირდაპირ, ჯამურ და გაბნეულ რადიაციაზეც. შესაბამისად, ამ ტიპის ჰელიოდანადგარებისათვის საჭიროა მზის რადიაციის ამ მახასიათებლების დროში ცვლილებების კანონზომიერების ცოდნა. ჯამური რადიაციის – Q სიდიდეების ფორმირებაში მთავარ როლს თამაშობს მზის პირდაპირი რადიაცია S' რაც შეეხება გაბნეული რადიაციის D წილს Q -ს სიდიდეების ფორმირებაში, იგი მონემენდილი ცის შემთხვევაში გაცილებით მცირეა S' -ის სიდიდესთან შედარებით. ამრიგად, მზის რადიაციის კადასტრის დამუშავების პროცესში მთავარი ყურადღება ეთმობა მზის პირდაპირ რადიაციას (ინტენსივობა დღიური, თვიური, წლიური ჯამები). გარდა მზის პირდაპირი რადიაციისა კადასტრის კომპლექსური დახასიათების მიზნით გამოიყენება ჯამური რადიაცია (ინტენსივობა, ჯამები), მზის ნათების ხანგრძლივობის და ღრუბლიანობის რეჟიმული მახასიათებლები (8,9) მაგრამ იმ სადგურთა რიცხვი, რომლებზედაც წარმოებს დაკვირვებები S -ის ინტენსივობის სიდიდეებზე და მით უმეტეს მისი უწყვეტი რიგების რეგისტრაცია, საქართველოს ტერიტორიაზე მცირეა (10). ამან განაპირობა რიგი ემპირიული მეთოდების დამუშავება, რომლებიც ემყარებიან მზის რადიაციას და ღრუბლიანობას შორის გარკვეული სახის დამოკიდებულებებს, მზის პირდაპირი

რადიაციის ინტენსივობაზე არსებული ინფორმაციის გაზრდის მიზნით. ეს საკითხები განხილულია აგრეთვე თეორიული და ექსპერიმენტალური სახის რიგ შრომებში (11, 7, 12, 4, 13, 6). აღნიშნული კვლევების პროცესში მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციის ყველა კადასტრი ზოგადი ხასიათისაა. გაცილებით სრულყოფილი, კომპლექსური და მაღალ დონეზე შესრულებული კადასტრები როგორც აღინიშნა (7,12) შრომებშია მოცემული. ზემოაღნიშნული კადასტრები იძლევა საშუალებას ვიქონიოთ ზოგადი წარმოდგენა (გარდა 7,12 კადასტრებისა) მზის პირდაპირ და ჯამური რადიაციების დროში და სივრცეში ცვლილებების ზოგად კანონზომიერებებზე. მაგრამ ამ კადასტრებში აქტინომეტრიული პუნქტების სიმცირის შედეგად, დაუსაბუთებელი რჩება მცირერიცხოვანი წერტილოვანი მონაცემებიდან სივრცეში გადასვლის და მათი განზოგადოების კანონზომიერებების მიზანშეწონილობა. იმისათვის, რომ შესაძლებელი გახდეს ამ პრობლემის წარმატებით გადაჭრა, საჭიროა საწყისი, ამოსავალი წერტილოვანი მონაცემების ინფორმაციის გაზრდა იმ პუნქტების მოზიდვის საშუალებით, სადაც არ ტარდება აქტინომეტრიული დაკვირვებები. როგორც ავღნიშნეთ ამ პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი ნაბიჯს წარმოადგენს S და S' სიდიდეების შეფასება მათ და მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას P_{0-2} შორის ფუნქციონალური კავშირების დადგენით და ამ კავშირების ანალიზი. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ღრუბლიანობასა და მზის რადიაციას შორის ფუნქციონალური კავშირი არის მუდმივი, რომელიც არც არასოდეს და არც არასდროს არ ირღვევა და წყდება.

$S = f(P_{0-2})$, $S' = f(P_{0-2})$ ფუნქციონალური კავშირები იმდენად ბუნებრივია, ცალსახა და მყარია, რომ მათზე დაყრდნობით შესაძლებელი ხდება S და S' -ის სიდიდეების შეფასებისა ყველა იმ პუნქტისათვის რომელზედაც ეს უკანასკნელი არ იზომება, მაგრამ რეგულარულად ფასდება ღრუბლიანობა, რომელიც დედამიწის ატმოსფეროში მზის რადიაციის არეკვლის, გაბნევისა და შთანთქმის შედეგად ძირითადად

განაპირობებს იმას, თუ მზის ენერგიის რა ნაწილი აღწევს დედამიწის ზედაპირს. $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ ფუნქციების ხასიათისა და სტრუქტურის შესწავლას დროსა და სივრცეში დიდი მნიშვნელობა აქვს მზის ენერგიის ეფექტურობით გამოყენების ასპექტებში სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში. პარალელურად უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს მზის რადიაციის (პირდაპირი, ჯამური რადიაცია) ჯამებსა ΣS , ΣQ და მის ნათების ხანგრძლივობის ჯამებს – R შორის მყარი კორელაციური კავშირები (14-19)

$$\Sigma S = f(R) \quad \Sigma Q = f(R)$$

მაგრამ, მიუხედავად ამ კორელაციური კავშირების საკმაოდ სიმყარისა, ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ მეთოდიკაში უპირატესობა მიენიჭა $S = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებებს მზის ენერგიის სადგურების კონკრეტული პუნქტების შერჩევაში, რომელთაც $\Sigma S = f(R)$, $\Sigma Q = f(R)$ თანაფარდობებთან შედარებით გააჩნია შემდეგი უპირატესობანი: მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის კოეფიციენტი P_{0-2} ისევე, როგორც S მოცემულია არა თვისობრივად (ხარისხობრივად) არამედ რაოდენობრივად მზის ინტენსივობაზე დაკვირვებებით ან მისი რეგისტრაციის შესაბამისი მომენტისათვის. დაკვირვებები ღრუბლიანობის რეჟიმზე (რომლის საფუძველზე ითვლება მონმენდილი ცის სიხშირის ალბათობა) ტარდება ყველა მეტეოროლოგიურ პუნქტზე ე.ი. დაგროვილია გარკვეული მოცულობის სტატისტიკური მასალა. გარდა ამისა, იმ პუნქტების რიცხვი, სადაც ხდება ღრუბლიანობაზე დაკვირვება რამდენჯერმე მეტია იმ პუნქტების რიცხვზე, სადაც ხდება მზის ნათების ხანგრძლივობის რეგისტრაცია, რომ აღარაფერი ვთქვათ აქტინომეტრიული სადგურების რიცხვზე. გარდა ამისა, დღემდე დაგროვილია მეტეოროლოგიურ და აქტინომეტრიულ სადგურებზე გარკვეული ინფორმაცია (სინქრონული დაკვირვების) ღრუბლიანობაზე და მზის რადიაციის ინტენსივობაზე. მიუხედავად იმისა, რომ S

და P_{0-2} პარამეტრებზე დაკვირვებების მომენტში განსხვავება საშუალოდ 30 წუთია, იმის გათვალისწინებით, რომ პარამეტრი P_{0-2} ღრუბლიანობის მობილურობის შედეგად განიცდის განსაზღვრულ რყევებს, S სიდიდის განსაზღვრის ცდომილება $S = f(P_{0-2})$ ფუნქციაში საგრძნობლად შემცირდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ უზრუნველყოფილი იქნება ამ ორი პარამეტრის სიდიდეების (S და P_{0-2}) სინქრონული შეფასება დაკვირვებების გრძელპერიოდული რიგების გამოყენებით. ამ საკითხის გადაჭრის მიზნით ჩატარდა S და P_{0-2} სიდიდეების სინქრონიზაცია P_{0-2} სიდიდეების ინტერპოლაციებით 12^{30} ვადაზე (მზის რადიაციაზე დაკვირვებები ტარდება 12 საათსა და 30 წუთზე, ხოლო ღრუბლიანობაზე 13 საათზე), ასეთივე მდგომარეობაა ვადების 9 სთ – 9სთ30 წთ. და 15 სთ – 15 სთ. 30 წთ-სათვის). ყოველივე ზემოაღნიშნული უპირატესობის გარდა ვიზუალური დაკვირვებების ორგანიზაცია ღრუბლიანობაზე გაცილებით მარტივია. მზის ნათების ხანგრძლივობის ჰელიოგრაფების საშუალებით რეგისტრაციასთან შედარებით. ამრიგად $S = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულების დასადგენად გამოყენებული იქნა P_{0-2} -ის ინტერპოლირებული სიდიდეები იმ ვადებისათვის, როდესაც ხდებოდა დაკვირვებები S -ის ინტენსივობაზე ეს არის 9^{30} , 12^{30} , 15^{30} – დაკვირვებების ვადები. ამ ვადებით შემოფარგვლის მიზეზი ის არის, რომ მთიან რაიონებში და ზამთრის ზოგიერთ თვეებში მზის შედარებით პატარა სიმაღლეების პირობებში შეუძლებელია ჰორიზონტის დიდი ჩაკეტილობის შედეგად, 6^{30} და 18^{30} ვადებში დაკვირვებების ჩატარება (მზე ან არაა ამოსული, ან უკვე ჰორიზონტის ქვევითაა).

როგორც ცნობილია, მოღრუბლულობის პირობებში მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა მერყეობს დიდ ზღვრებში, ამასთან ერთად ცვლილებები ხდება დროის ძალიან მოკლე მონაკვეთებში ფაქტიურად მყისიერად, რაც გა-

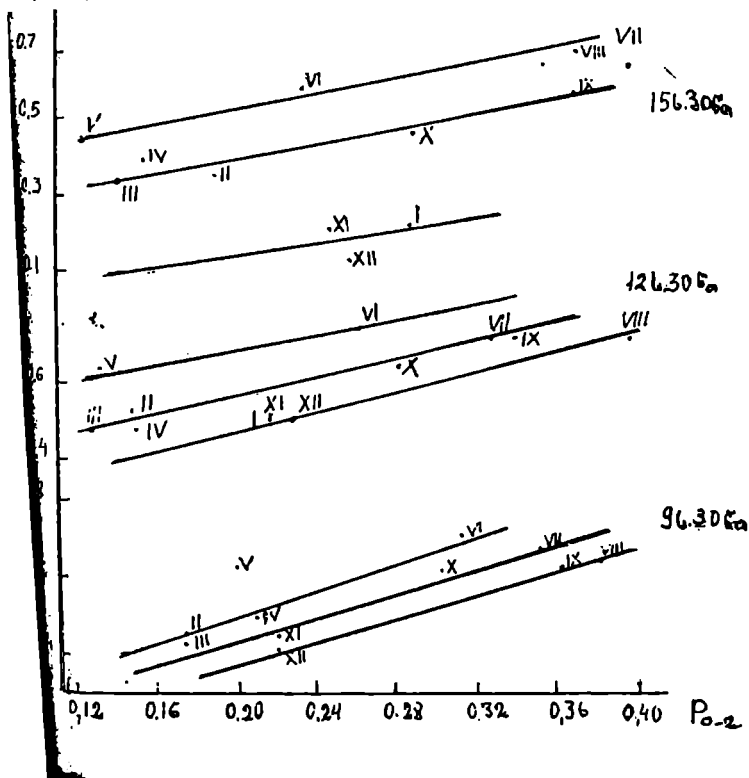
მორიცხავს ფუნქციაში $S = f(P_{0-2})$ ყოველნაირი ღრუბლიანობის სარგებლობის მიზანშეწონილობას. გამოსავალი ღრუბლიანობის დიდი მობილურობის გავლენის გამოსარიცხავად S , S' -ის სიდიდეებზე მდგომარეობს იმაში, რომ $S = f(P_{0-2})$ ფუნქციაში P_{0-2} -ს მნიშვნელობები უნდა შეესაბამებოდეს მოცემულ მომენტში მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას P_{0-2} . მხოლოდ ამ შემთხვევაში S და P_{0-2} -ის სიდიდეებს შორის ფუნქციონალური დამოკიდებულება არის ცალსახა. ამასთანავე იგულისხმება, რომ ამ შემთხვევაში გამორიცხულია ღრუბლიანობის არსებობა მზის დისკოზე. ამრიგად, საქართველოს ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების კადასტრის ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრის მზის პირდაპირი რადიაციის S - დეტალიზაციის მიზნით ცალკეული პუნქტებისათვის აუცილებელია $S = f(P_{0-2})$ ფუნქციონალური დამოკიდებულების შესწავლა. საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული აქტინომეტრიული სადგურებისათვის S -ის ინტენსივობაზე და მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობაზე მრავალწლიური მასალის გამოყენებით დადგენილი იქნა $S = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულების ანალიტიკური სახეები, რომლებიც წარმოადგენენ წრფივ ფუნქციას

$$S = a + k_1 P_{0-2} \quad (3.1)$$

$$S' = a_2 + k_2 P_{0-2} \quad (3.2)$$

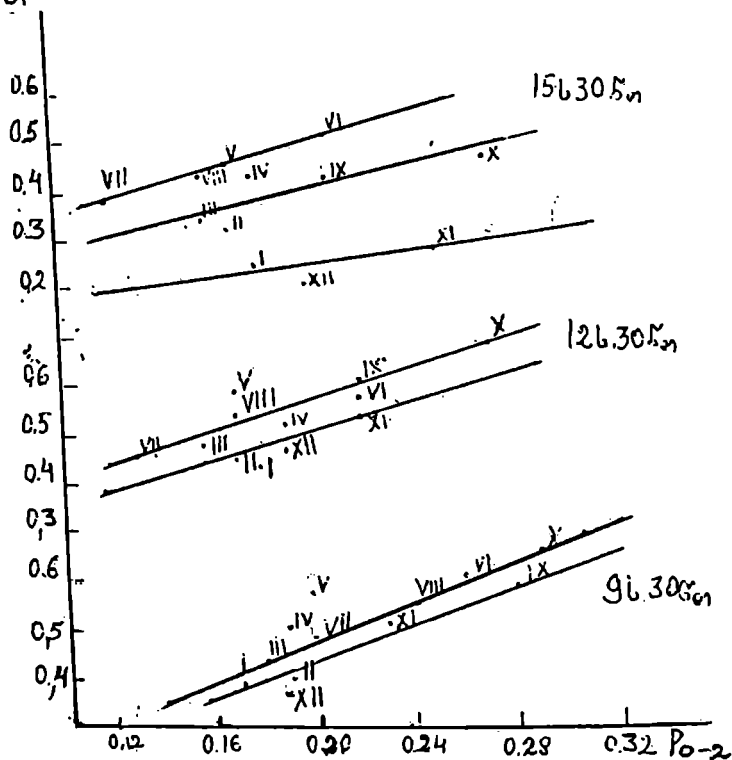
დამოკიდებულების $S = a + k_1 P_{0-2}$ გრაფიკული სახეები მოცემულია ნახ. 6-12-ზე. ამ დამოკიდებულებების სახეები წარმოდგენილია დაკვირვებების სამი (9.30, 12.30, 15.30) ვადისათვის.

წილად/სმ²წმ.



ნახ. 6. დამოკიდებულება $S=f(P_{0-2})$ თელაუი

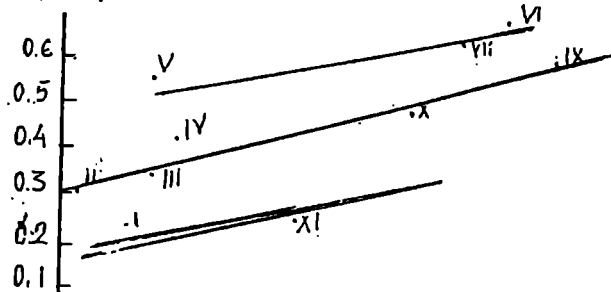
$S_{0, ხალ/სმ^2 წთ}$



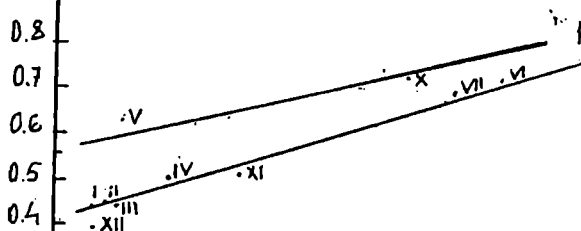
ნახ. 7. დამოკიდებულება $S=f(P_{0-2})$, ანახეული

$S_0, \text{ხაზ/სმ}^2$

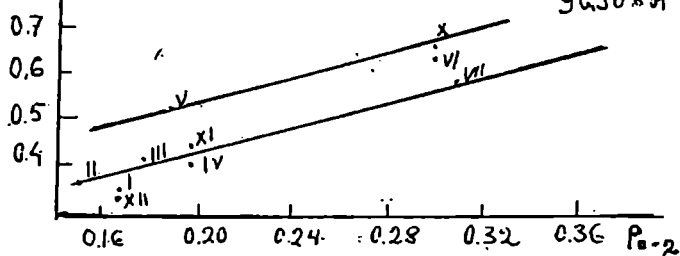
15 ს. 30 წ.



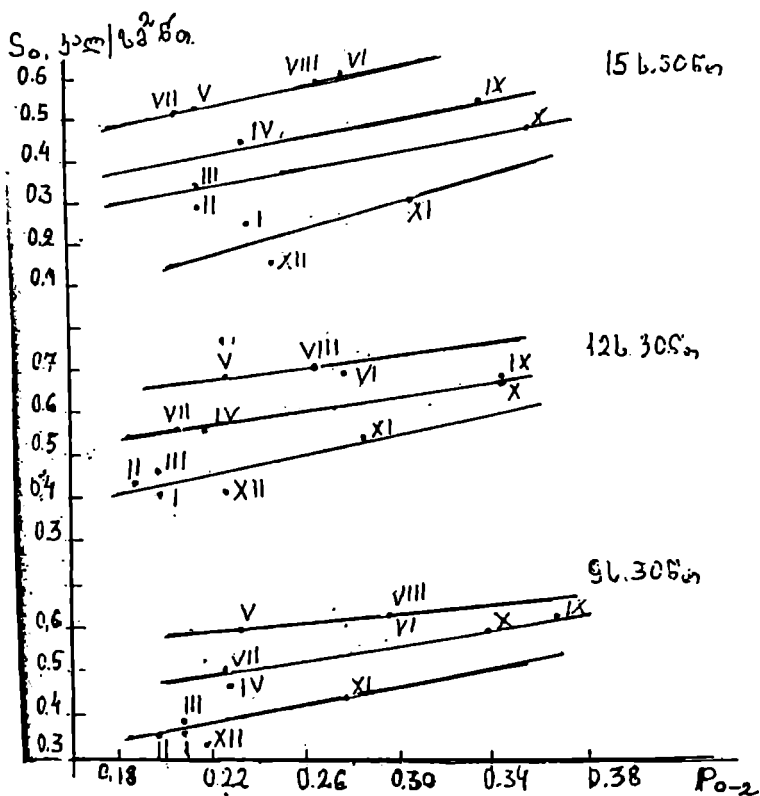
12 ს. 30 წ.



9 ს. 30 წ.

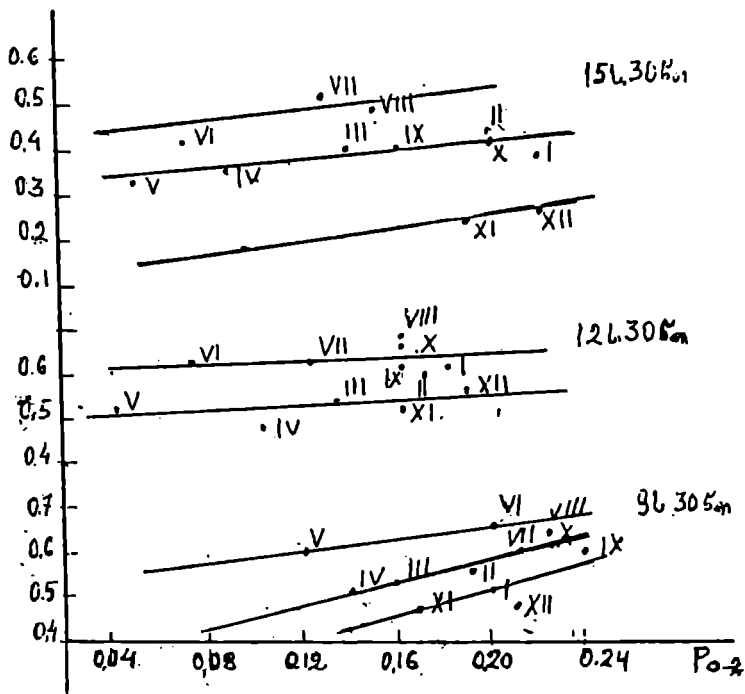


ნახ. 8. დამოკიდებულება $S=f(P_{0.2})$, სოხუმი

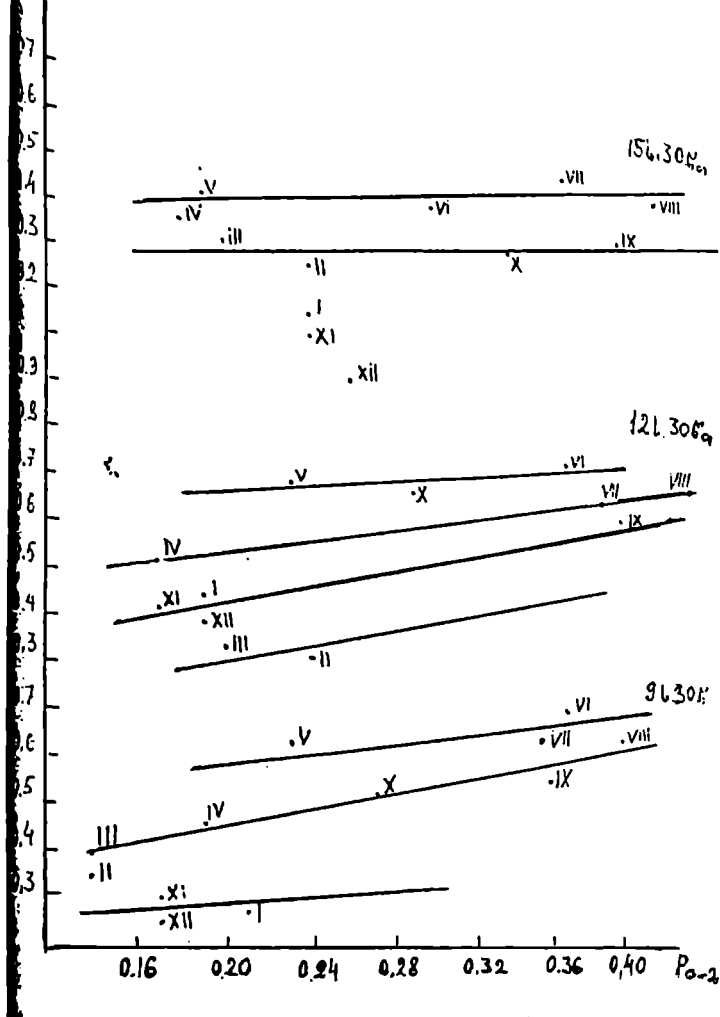


ნახ. 9. დამოკიდებულება $S=f(P_{O_2})$, სენაკი

S_0 , ტალ/მ²წმ

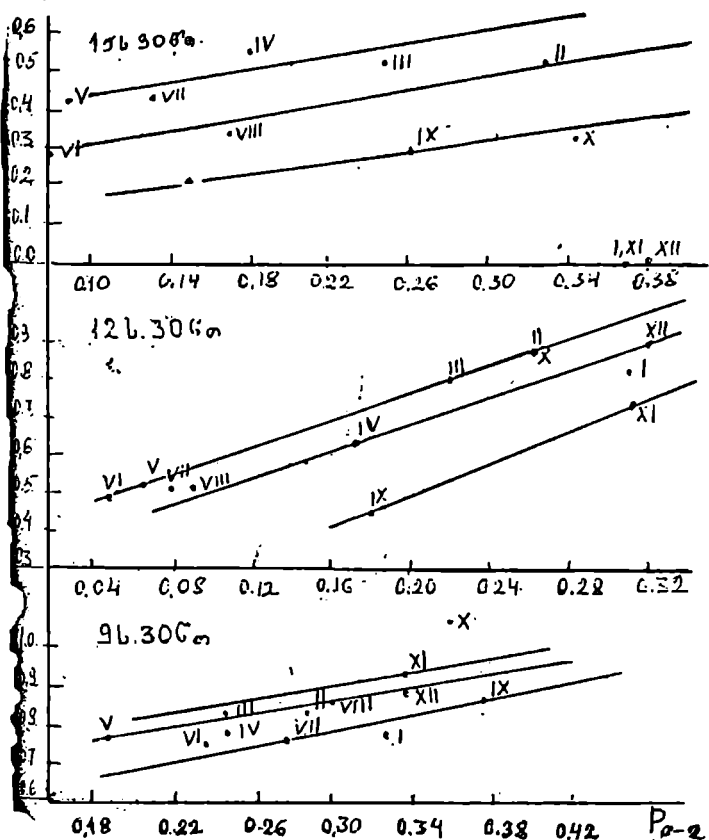


ნახ. 10. დამოკიდებულება $S=f(P_{0-2})$, ნალკა



ნახ. 11. დამოკიდებულება $S=f(P_{0-2})$, თბილისი

$S_0, \text{კმ}^2/\text{სმ}^2\text{წმ}.$



ნახ. 12. დამოკიდებულება $S=f(P_{0-2})$, მ/მთ ყაზბეგი

ამ დამოკიდებულებების ანალიტიკური სახეები დადგენილი იქნა, როგორც აღინიშნა აქტინომეტრიული დაკვირვებების სამი ვადისათვის 9.30; 12.30; 15.30. დაკვირვების ამ ორი ვადისათვის – 6.30 და 18.30 ზემოაღნიშნული მიზეზების გამო ამ დამოკიდებულებების ანალატიკური სახეები არ იქნა დადგენილი, მაგრამ დღიური და თვიური ჯამების გამოთვლისას მხედველობაში იქნა მიღებული მზის ამოსვლის და ჩასვლის შესაბამისი მომენტები. დამოკიდებულებები $S=f(P_{0-2})$, სადაც S არის მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში (კალ/სმ²წთ), ხოლო (P_{0-2}) მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობა ანალიტიკურად წარმოიდგინება შემდეგი სახით: სადგური ანასეული დაკვირვების ვადა 9.30; თვეები I, II, IX, XII

$$S_0 = 1.75(P_{0-2}) + 0.08 \quad (3.3)$$

თვეები III, IV, V, VI, VII, VIII, X, XI

$$S_0 = 2.0(P_{0-2}) + 0.07 \quad (3.4)$$

12.30; თვეები I, II, XI, XII

$$S_0 = 1.75(P_{0-2}) + 0.16 \quad (3.5)$$

თვეები III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X

$$S_0 = 1.75(P_{0-2}) + 0.22 \quad (3.6)$$

15.30; თვეები I, XI, XII

$$S_0 = 0.75(P_{0-2}) + 0.10 \quad (3.7)$$

თვეები II, III, IX, X

$$S_0 = 0.75(P_{0-2}) + 0.10 \quad (3.8)$$

თვეები IV, V, VI, VII, VIII

$$S_0 = 1.5(P_{0-2}) + 0.20 \quad (3.9)$$

სადგური სოხუმი, 9.30; თვეები I, II, III, IV, VII, VIII, IX, XI, XII

$$S_0 = 1.37(P_{0-2}) + 0.36 \quad (3.10)$$

თვეები V, VI, X

$$S_0 = 1.45(P_{0-2}) + 0.25 \quad (3.11)$$

12.30; თვეები I, II, III, IV, VI, VIII, IX, XI, XII

$$S_0 = 1.70(P_{0-2}) + 0.16 \quad (3.12)$$

თვეები V, X

$$S_0 = 1.2(P_{0-2}) + 0.39 \quad (3.13)$$

15.30; თვეები I, XI, XII

$$S_0 = 1.1(P_{0-2}) \quad (3.14)$$

თვეები II, III, IV, IX, X, VIII

$$S_0 = 1.4(P_{0-2}) + 0.10 \quad (3.15)$$

თვეები V, VI, VII

$$S_0 = 0.9(P_{0-2}) + 0.36 \quad (3.16)$$

სადგური სენაკი, დაკვირვების ვადა 9.30; თვეები I, II, III, XI, XII

$$S_0 = P_{0-2} + 0.16 \quad (3.17)$$

თვეები IV, VII, X, IX

$$S_0 = 0.90(P_{0-2}) + 0.29 \quad (3.18)$$

თვეები V, VI, VIII

$$S_0 = 0.6(P_{0-2}) + 0.46 \quad (3.19)$$

დაკვირვების ვადა 12.30 თვეები I, II, III, XI, XII

$$S_0 = 1.2(P_{0-2}) + 0.19 \quad (3.20)$$

თვეები IV, VII, IX, X

$$S_0 = 0.9(P_{0-2}) + 0.37 \quad (3.21)$$

თვეები V, VI, VIII

$$S_0 = 0.7(P_{0-2}) + 0.53 \quad (3.22)$$

15.30; თვეები I, XI, XII

$$S_0 = 1.6(P_{0-2}) - 0.18 \quad (3.23)$$

თვეები II, III, IX

$$S_0 = P_{0-2} + 0.11 \quad (3.24)$$

თვეები IV, IX

$$S_0 = P_{0-2} + 0.2 \quad (3.25)$$

თვეები V, VI, VII, VIII

$$S_0 = 1.2(P_{0-2}) + 0.27 \quad (3.26)$$

სადგური წალკა 9.30; თვეები I, IX, XI, XII

$$S_0 = 1.5(P_{0-2}) + 0.22 \quad (3.27)$$

თვეები II, III, IV, VII, VIII, X

$$S_0 = 1.4(P_{0-2}) + 0.31 \quad (3.28)$$

თვეები V, VI

$$S_0 = 0.7(P_{0-2}) + 0.52 \quad (3.29)$$

12.30; თვეები XI, XII, V, III, II, IV

$$S_0 = 0.4(P_{0-2}) + 0.49 \quad (3.30)$$

თვეები VI, VII, VIII, IX, X

$$S_0 = 0.3(P_{0-2}) + 0.62 \quad (3.31)$$

15.30; თვეები XI, XII

$$S_0 = 0.8(P_{0-2}) + 0.11 \quad (3.32)$$

თვეები I, II, III, IV, V, IX, X

$$S_0 = 0.5(P_{0-2}) + 0.33 \quad (3.33)$$

თვეები VI, VII, VIII

$$S_0 = 0.7(P_{0-2}) + 0.41 \quad (3.34)$$

სადგური თბილისი; 9.30; თვეები XI, XII, I

$$S_0 = 0.5(P_{0-2}) + 0.19 \quad (3.35)$$

თვეები II, III, IV, X, XI, VIII

$$S_0 = 1.1(P_{0-2}) + 0.24 \quad (3.36)$$

თვეები V, VI, VII

$$S_0 = 1.2(P_{0-2}) + 0.21 \quad (3.37)$$

12.30; თვეები II, III

$$S_0 = 1.3(P_{0-2}) + 0.06 \quad (3.38)$$

თვეები I, IX, XI, XII

$$S_0 = 1.3(P_{0-2}) + 0.19 \quad (3.39)$$

თვეები IV, VII, VIII

$$S_0 = 1.8(P_{0-2}) - 0.21 \quad (3.40)$$

თვეები V, X, VI

$$S_0 = 0.9(P_{0-2}) + 0.52 \quad (3.41)$$

15.30; თვეები II, III, IX, X

$$S_0 = P_{0-2} + 0.14 \quad (3.42)$$

თვეები IV, V, VI, VIII

$$S_0 = 1.2(P_{0-2}) + 0.22 \quad (3.43)$$

სადგური თელავი; 9.30; თვეები I, VIII, IX, XII

$$S_0 = 1.5(P_{0-2}) + 0.07 \quad (3.44)$$

თვეები VII, X, XI

$$S_0 = 1.6(P_{0-2}) + 0.2 \quad (3.45)$$

თვეები II, III, IV, V, VI

$$S_0 = 1.8(P_{0-2}) + 1.4 \quad (3.46)$$

12.30 თვეები I, VIII, XI, X

$$S_0 = 1.41(P_{0-2}) + 0.2 \quad (3.47)$$

თვეები II, III, IV, VII, IX, X

$$S_0 = 1.3(P_{0-2}) + 0.32 \quad (3.48)$$

თვეები V, VI

$$S_0 = 1.1(P_{0-2}) + 0.48 \quad (3.49)$$

15.30; თვეები II, III, IV, IX, X

$$S_0 = 1.1(P_{0-2}) + 0.18 \quad (3.50)$$

თვეები I, XI, XII

$$S_0 = 1.2(P_{0-2}) - 0.09 \quad (3.51)$$

თვეები V, VI, VII, VIII

$$S_0 = 1.2(P_{0-2}) + 0.29 \quad (3.52)$$

სადგური მ/მ ყაზბეგი; 9.30; თვეები VI, VII, I, IX, X

$$S_0 = P_{0-2} + 0.48 \quad (3.53)$$

თვეები V, IV, III, II, VIII, XII

$$S_0 = 0.8P_{0-2} + 0.61 \quad (3.54)$$

თვეები XI, III

$$S_0 = 0.9(P_{0-2}) - 0.62 \quad (3.55)$$

12.30 თვეები IX, XI

$$S_0 = 2.1(P_{0-2}) + 0.12 \quad (3.56)$$

თვეები VIII, IV, I, XII

$$S_0 = 1.8(P_{0-2}) + 0.36 \quad (3.57)$$

თვეები VI, V, VII, III, II, X

$$S_0 = 1.8(P_{0-2}) + 0.44 \quad (3.58)$$

15.30; თვეები IX, X

$$S_0 = 0.8(P_{0-2}) + 0.08 \quad (3.59)$$

თვეები VI, VIII, II

$$S_0 = 1.4(P_{0-2}) + 0.06 \quad (3.60)$$

თვეები V, VII, IV, III

$$S_0 = 0.8(P_{0-2}) + 0.36 \quad (3.61)$$

ამ ფორმულებში P_{0-2} მნიშვნელობის ჩასმის შედეგად გამოითვლება S -ის მნიშვნელობები. თითოეული თვისათვის ჩაისმება მისთვის განსაზღვრული (გარკვეული დაკვირვებების ვადების 9.30; 12.30; 15.30 შესაბამისი) P_{0-2} -ის მნიშვნელობები.

მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის სიდიდეები ჰორიზონტალურ ზედაპირზე - S' (კალ/სმ²წთ) გამოითვლება ზემოთ მოყვანილი ანალიტიკური დამოკიდებულებების დახმარებით შემდეგი ფორმულის გამოყენებით

$S' = S_0 \sinh_{\theta}$ (თვის 15 რიცხვის) დაკვირვების თითოეული ვადისათვის. ნელინადის ყველა თვის შემთხვევაში $\sinh_{\theta}$ განისაზღვრება შესაბამისი აქტინომეტრიული ცნობარის (10) დახმარებით. მაგალითად, აქტინომეტრიული სადგური ანასეულისათვის დაკვირვების 9.30 ვადაზე თვეების ჯგუფისათვის I, II, IX, XII დამოკიდებულებისათვის

$S_0 = f(P_{0-2})$ ჩვენს მიერ მიღებული იქნა შემდეგი განტოლება:

$$S_0 = 1.75(P_{0-2}) + 0.08 \quad (3.62)$$

ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის S' სიდიდის გამოსათვლელად ამ თვეებში 9.30 დაკვირვების ვადისათვის ჩვენ ვღებულობთ შემდეგ დამოკიდებულებებს ($\sinh_\theta$ -ს სათანადო მნიშვნელობების გათვალისწინებით თითოეული თვისათვის)

$$S' = (1.75P_{0-2} + 0.08)\sin 17.4 \quad (3.63)$$

თებერვალი

$$S' = (1.75P_{0-2} + 0.08)\sin 23.9 \quad (3.64)$$

სექტემბერი

$$S' = (1.75P_{0-2} + 0.08)\sin 40.1 \quad (3.65)$$

დეკემბერი

$$S' = (1.75P_{0-2} + 0.08)\sin 17.3 \quad (3.66)$$

ამ გამოსახულებებში S' -ის სიდიდეების გამოთვლისას მხედველობაში მიიღება P_{0-2} -ის კონკრეტული მნიშვნელობები თვითოეული თვის დაკვირვების ამ ვადისათვის (9.30) მრავალწლიური მონაცემებით. სათანადო გამოთვლების შედეგად ჩვენ ვღებულობთ S' -ის შემდეგ მნიშვნელობებს: იანვარში 0.12, თებერვალში 0.17, სექტემბერში 0.31, დეკემბერში 0.09 კად/სმ²ნთ.

S' -ის სიდიდეების გამოსათვლელ ფორმულებს აქვს შემდეგი სახე: სადგური ანასეული, დაკვირვების ვადა 9.30" იანვარი პირველი ნრფე

$$S' = 0.525P_{0-2} + 0.024 \quad (3.67)$$

თებერვალი

$$S' = 0.710P_{0-2} + 0.032 \quad (3.68)$$

სექტემბერი

$$S' = 1.12P_{0-2} + 0.052 \quad (3.69)$$

დეკემბერი

$$S' = 0.525P_{0-2} + 0.024 \quad (3.70)$$

მეორე წრფე:

მარტი

$$S' = 1.112P_{0-2} + 0.039 \quad (3.71)$$

აპრილი

$$S' = 1.407P_{0-2} + 0.050 \quad (3.72)$$

მაისი

$$S' = 1.576P_{0-2} + 0.055 \quad (3.73)$$

ივლისი

$$S' = 1.582P_{0-2} + 0.055 \quad (3.74)$$

აგვისტო

$$S' = 1.470P_{0-2} + 0.041 \quad (3.75)$$

ოქტომბერი

$$S' = 1.045P_{0-2} + 0.029 \quad (3.76)$$

ნოემბერი

$$S' = 1.7718P_{0-2} + 0.028 \quad (3.77)$$

დაკვირვების ვადა 12.30

პირველი წრფე I, II, XI, XII

იანვარი

$$S' = (1.75P_{0-2} + 0.16)\sin 26.6 = 0.790P_{0-2} + 0.072 \quad (3.78)$$

თებერვალი

$$S' = 1.001P_{0-2} + 0.091 \quad (3.79)$$

ნოემბერი

$$S' = 0.840P_{0-2} + 0.077 \quad (3.80)$$

დეკემბერი

$$S' = 0.721P_{0-2} + 0.066 \quad (3.81)$$

მეორე წრფე III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X
მარტი

$$S' = 1.252P_{0-2} + 0.158 \quad (3.82)$$

აპრილი

$$S' = 1.465P_{0-2} + 0.184 \quad (3.83)$$

მაისი

$$S' = 1.600P_{0-2} + 0.20 \quad (3.84)$$

ივნისი

$$S' = 1.650P_{0-2} + 0.021 \quad (3.85)$$

ივლისი

$$S' = 1.635P_{0-2} + 0.021 \quad (3.86)$$

აგვისტო

$$S' = 1.540P_{0-2} + 0.019 \quad (3.87)$$

სექტემბერი

$$S' = 1.350P_{0-2} + 0.17 \quad (3.88)$$

ოქტომბერი

$$S' = 1.087P_{0-2} + 0.14 \quad (3.89)$$

დაკვირვების ვადა 15.30 პირველი წრფე, I, XI, XII

$$S' = 1.146P_{0-2} + 0.019 \quad (3.90)$$

ნოემბერი

$$S' = 1.127P_{0-2} + 0.017 \quad (3.91)$$

დეკემბერი

$$S' = 0.099P_{0-2} + 0.013 \quad (3.92)$$

მეორე წრფე, თვეები II, III, IX, X
თებერვალი

$$S' = 0.236P_{0-2} + 0.032 \quad (3.93)$$

მარტი

$$S' = 0.330P_{0-2} + 0.044 \quad (3.94)$$

სექტემბერი

$$S' = 0.350P_{0-2} + 0.047 \quad (3.95)$$

$$(3.96)$$

მეორე ნრფე, თვეები IV, V, VI, VII, VIII

აპრილი

$$S' = 0.821P_{0-2} + 0.110 \quad (3.97)$$

მაისი

$$S' = 0.940P_{0-2} + 0.125 \quad (3.98)$$

ივნისი

$$S' = 1.05P_{0-2} + 0.134 \quad (3.99)$$

ივლისი

$$S' = 1.04P_{0-2} + 0.135 \quad (3.100)$$

ანალოგიური გზით საქართველოს დანარჩენი აქტინო-მეტრიული სადგურებისათვის დადგენილი იქნა დაკვირვების სამი ვადის შემთხვევაში მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის სიდიდეების გამოსათვლელი $S' = f(P_{0-2})$ გამოსახულებების ანალიტიკური სახეები.

წარმოადგენს განსაზღვრულ ინტერესს ჩვენს მიერ მიღებული $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების ანალიტიკური სახეებით გამოთვლილი და დაკვირვების შედეგად მიღებული მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობებს შორის განსხვავებების სიდიდეების დადგენა სადგური ყაზბეგისათვის $S = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების ანალიტიკური დაკვირვების ვადებისათვის 12.30 გამოთვლილ და დაკ-

ვირეებების შედეგად მიღებულ S -ის ინტენსივობებს შორის განსხვავების სიდიდეები ძირითადად განპირობებულია P_{0-2} -ის უხეში ინტერპოლაციით (12.30 ვადაზე 13.00 ვადის დაკვირვებების გამოყენებით). მაგალითად სექტემბრისათვის დაკვირვების ამ ვადაზე S -ის ჭეშმარიტი ცდომილება შეადგენს 0.02-0.03, საშუალო კვადრატული გადახრა $\delta = 0.08$, საშუალო არითმეტიკული $\theta = \pm 0.06$ კალ/სმ²წთ. დაკვირვების ამ ვადისათვის ჭეშმარიტი ცდომილებების δ მნიშვნელობები მ/მ ყაზბეგისათვის წელიწადის განმავლობაში მერყეობენ - 0.03 კალ/სმ²წთ -დან -0.11 კალ/სმ²წთ როდესაც დამოკიდებულება $S = f(P_{0-2})$ წარმოდგენილია ერთი წრფივი ფუნქციის სახით. ცალკეული თვეების ჯგუფებისათვის დამოკიდებულების $S = f(P_{0-2})$ ანალიტიკური სახეების გამოყენებისას ჭეშმარიტი ცდომილებების მნიშვნელობები საგრძნობლად მცირდება. მ/მთ სადგური ყაზბეგისათვის, როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, თვეები დაიყო სამ ჯგუფად. ამ დაჯგუფებებისათვის ცალ-ცალკე მიღებული წრფივი დამოკიდებულებების ანალიტიკური გამოსახულებებიდან გამოთვლილი S -ის სიდიდეების გადახრის ჭეშმარიტი ცდომილება δ მერყეობს წელიწადის განმავლობაში -0.09-დან -0.07 კალ/სმ²წთ-მდე.

ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში დამოკიდებულებისათვის $S' = f(P_{0-2})$ ჭეშმარიტი ცდომილებების სიდიდე მერყეობს -0.08-+0.06 კალ/სმ²წთ-მდე. ჭეშმარიტი ცდომილების საშუალო წლიური სიდიდე შეადგენს წელიწადისათვის 0.06, ხოლო თვეების დაჯგუფებებისათვის 0.03 კალ/სმ²წთ, S' -ის საშუალო მნიშვნელობისათვის 0.02 კალ/სმ²წთ ე.ი. ჭეშმარიტი ცდომილებების მნიშვნელობები წლის განმავლობაში მერყეობს 0.02-0.06 კალ/სმ²წთ-ის ზღვრებში.

ფუნქციების $S = f(P_{0-2})$ გრაფიკები დაკვირვებების სამი ვადისათვის (9.30; 12.30; 15.30) საქართველოს აქტინომეტრიული სადგურებისათვის მოცემულია ზემოთ მოყვანილ ნახ. 6-12-ზე (სადგურები მ/მ ყაზბეგი, თბილისი, სკრა, სოხუმი, სენაკი, ანასეული, ნალკა). როგორც ამ ნახაზებიდან ჩანს ყველა განხილული პუნქტისათვის ამ დამოკიდებულებებისათვის გადახრის ჭეშმარიტი ცდომილება მერყეობს იმავე ფარგლებში, რაც მიღებულია მ/მ ყაზბეგისათვის. ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში გამოთვლების შეცდომები უფრო მეტად მცირდება: კერძოდ

$$m = \pm 0.03u; \theta = \pm 0.02 \text{ კალ/სმ}^2\text{წთ.}$$

ზღვის დონიდან პატარა სიმაღლე $H = 40$ მ მდებარე სადგური სენაკისათვის S-ის ინტენსივობის გამოთვლის ცდომილება $m = \pm 0.03u; \theta = \pm 0.02$. ამრიგად, აბსოლუტური სიმაღლის მიუხედავად აქტინომეტრიული სადგურებისათვის დამოკიდებულებები $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ საკმაოდ სიზუსტით წარმოიდგინებიან წრფივი ფუნქციების სახით დაკვირვებების სამივე ვადისათვის. ეს შედეგები გამომდინარეობენ საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული აქტინომეტრიული ქსელის სადგურების ინფორმაციის ანალიზიდან. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ (20)-ში მონაცემების თანახმად $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ ფუნქციების გრაფიკული გამოსახულებები კავკასიის ტერიტორიაზე განლაგებული აქტინომეტრიული სადგურების ქსელისათვის ასევე აპროქსიმირდება წრფივი ფუნქციების სახით. (20)-ში მოცემულია ამ ფუნქციონალური დამოკიდებულებების ზოგადი სახეები:

$$S = 0.38 + P_{0-2} \quad (3.101)$$

$$S' = 0.21 + 1.10P_{0-2} \quad (3.102)$$

აღსანიშნავია, რომ $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ შესაბამისი წერტილების 89% გამოდის ამ წრფეების გასწვრივ

$\pm 0.25S'$ -ის ზღვრებს გარეთ, მიუხედავად იმისა, რომ ამ დამოკიდებულებების დადგენისას მხედველობაში არ იყო მიღებული ამ დამოკიდებულებებზე ზღვის დონიდან სადგურის განლაგების აბსოლუტური სიმაღლე, რაც დიდ გავლენას ახდენს ატმოსფეროს მასის სიდიდეზე და სხვა ფაქტორების გავლენა. მაგრამ (20)-ში ხაზგასმულია S და S' -ის სიდიდეების გამოთვლის დიდი სიზუსტე მიუხედავად ზემოაღნიშნული ფაქტორების გაუთვალისწინებლობისა (3.101 და 3.102) ფორმულებში შემავალი კუთხური კოეფიციენტები ნებისმიერი სადგურებისათვის ჩათვლილია მუდმივად, რადგანაც ისინი S და S' P_{0-2} შორის კავშირებს ახასიათებენ „მნიშვნა სახით“ ცვალებადობას უნდა განიცდიდეს განტოლებების თავისუფალი წევრები, რადგან მათ ფორმირებაზე გადაწყვეტ გავლენას ახდენენ ისეთი პარამეტრები, როგორიცაა ატმოსფერული მასა m , ატმოსფერული გამჭვირვალობა P_2 , პუნქტის სიმაღლე ზღვის დონიდან H და სხვა. ამიტომ თუ (1.101-1.102) განტოლებებში ჩვენთვის საჭირო პუნქტებისათვის (აქტინომეტრიული სადგურისათვის) ცალკეული თვეების შემთხვევაში ავიღებთ S , S' და P_{0-2} -ს მნიშვნელობებს და ამოვხსნით განტოლებებს თავისუფალი წევრის a -ს მიმართ მივიღებთ მის იმ მნიშვნელობას რომელიც შეესაბამება მოცემული პუნქტის (სადგურის) მეტეოროლოგიურ პირობებს (ღრუბლიანობის რეჟიმს). ამ თვალსაზრისის გათვალისწინებით თავი I-ში ჩატარდა თავისუფალი წევრების გამოთვლა ორივე დამოკიდებულებაში წლის სეზონის ცენტრალური თვეებისათვის (I, IV, VII, X). თავისუფალი წევრის სიდიდე – 26 მეტრიდან დაწყებული (არტიომის კუნძული) და 3653მ-ით დამთავრებული (მ/მ/ყაზბეგი) იცვლება ფართო დიაპაზონში: მაგალითად 12.30 დაკვირვების ვადაზე თავისუფალი წევრის ცვლილების ზღვრებია 0,23-0.85 კალ/სმ²წთ. რაც იმას ნიშნავს, რომ თუ (1.101-1.102) დამოკიდებულებებით კონკრეტული თვისათვის და პუნქტისათვის S და S' -ის

სიდიდეების გამოთვლას ცდომილებამ ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის H , ატმოსფერული მასის – m და გამჭვირვალობის კოეფიციენტის P_2 გაუთვალისწინებლად შეიძლება თავისი სიდიდით გადააჭარბოს S და S' -ის მნიშვნელობებს. S და S' -ის სიდიდეების გამოთვლისას H -ის უარყოფითი გავლენის გამორიცხვის მიზნით სადგურები დაჯგუფდა 300 მეტრიანი ბიჯით ზღვის დონიდან და მათთვის ცალკე დადგინდა ამ დამოკიდებულებების კონკრეტული სახეები, რაც შეეხება ატმოსფეროს მასის m ცვალებადობის გავლენას S და S' სიდიდეების შეფასების სიზუსტეზე საქართველოს ტერიტორია გალაგებულია განედის ცვლილებების ვიწრო ზოლში (ჩრდილოეთ განედის დაახლოებით $41-44^\circ$ -ის ზღვრებში) და ამ ზონაში განლაგებული სადგურებისათვის განედის სიდიდეების უგულებელყოფას (რაც ფაქტობრივად ნიშნავს მზის სიმაღლის და ატმოსფეროს მასის სიდიდეების ცვალებადობას S და S' -ის ინტენსივობებზე გავლენის უგულებელყოფას) არ შეიძლება ამ სიდიდეების გამოთვლისას გამოიწვიოს ცდომილებების საგრძნობი ზრდა (განედების ზღვრები ვიზუალურად რუკიდან მიახლოებითაა განსაზღვრული და მათ შორის სხვაობის სიდიდე დაახლოებით 3° -ის ტოლია). ამრიგად, საქართველოს ტერიტორიისათვის აქტინომეტრიული (მეტეოროლოგიური) სადგურების განედების სიდიდეების უგულებელყოფა არ იწვევს გამოთვლების ცდომილების საგრძნობ ზრდას ეს კი საშუალებას იძლევა დაჯგუფდეს სადგურები სიმაღლის განსაზღვრულ ინტერვალში აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით განედის მნიშვნელობების მიუხედავად და მათთვის დაადგინეს $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების ანალიტიკური სახეები და მათში შემავალი კოეფიციენტების მნიშვნელობები. ასეთი სახის დაჯგუფება საქართველოს ტერიტორიისათვის მოცემულია ცხრილ 14-ში, 40 მეტრიდან დაწყებული 3556 მეტრით დამთავრებული სიმაღლეთა დიაპაზონში (განლაგებული 11 აქტინომეტრიული სადგურისათვის) 0-300, 300-600,

600-900, 900-1200, 1200-1500, 1580-1880, 3300-3600მ. სიმაღლეთა ზონაში. ცხრილში მოცემულია აქტინომეტრიული სადგურების აბსოლუტური სიმაღლეები (მათ გარკვეულ მაღლივ ზონაზე მიკუთვნებით). 12.30 ვადაზე დაკვირვებით მიღებული (სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში) მზის რადიაციის ინტენსივობის საშუალო სიდიდეები შესაბამისი ანალიტიკური გამოსახულებების საშუალებით გამოთვლილი $\Delta_{\text{გა}}$ -ის ინტენსივობები მათ შორის სხვაობების სიდიდეები და ჭეშმარიტი ცდომილებების δ სიდიდეები (%), და შესაბამისი განტოლებები.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სხვაობების δ სიდიდე დაკვირვებებით მიღებულ და გამოთვლილ S-ის სიდიდეებს შორის მერყეობს 0-0.04კალ/სმ²ნთ ზღვრებში. δ -ს მინიმალური მნიშვნელობები (-0.01, -0.02) მიღებულია თბილისის სადგურისათვის. ხოლო იმ მაღლივი ზონებისათვის, რომელშიც განლაგებულია მხოლოდ ერთი აქტინომეტრიული სადგური (მხედველობაშია 3 და 10ზონები) სხვაობების სიდიდე არის ნულის ტოლი (გამოთვლილ და დაკვირვებების შედეგად მიღებული S-ის სიდიდეები 12.30 ვადისათვის იანვრის თვეში.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ჩვენს მიერ დადგენილი ანალიტიკური გამოსახულებებით და წინა თავებში მოყვანილი ფორმულებით გამოთვლილ S-ის სიდიდეებს შორის განსხვავებები უმნიშვნელოა მაგალითად, იანვრის თვის 12.30 დაკვირვების ვადისათვის ჩვენი ფორმულებით და ცხრილ 14-ში მოყვანილი ფორმულებით S-ის გამოთვლილი მნიშვნელობები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან: სადგური სენაკისათვის 0.04; სოხუმისათვის 0.01; ანასეულისათვის 0.04; თბილისისათვის 0.02; მ/მ ყაზბეგისათვის 0.06 კალ/სმ²ნთ-ით. ეს განსხვავებები განპირობებულია ინტერპოლაციის ცდომილებებით, რაც თან სდევს ნებისმიერი (ამ შემთხვევაში ჩვენი და (20)-ში მოყვანილი) გრაფიკული გამოსახულებების გამოყენებას S-ის სიდიდეების გამოთვლებში.

S-ის სიდიდეების გამოთვლის მიზნით ცხრილ 14-ის ანალოგიური ცხრილის შედგენა შესაძლებელია ჩვენს მიერ ზემოთ დადგენილი დამოკიდებულებების $S = f(P_{0-2})$ ანალიტიკური სახეების გამოყენებით. მაგრამ როგორც სათანადო გამოთვლებმა გვიჩვენეს, განსხვავება S-ის ჩვენს მიერ მიღებულ სიდიდეებსა და (20)-ში მოცემულ სიდიდეებს შორის არის უმნიშვნელო და ამის შედეგად ამ სახით ჩვენი მონაცემები არ მოგვეყავს.

რაც შეეხება ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მზის რადიაციის ინტენსივობის გამოსათვლელად $S' = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების ანალიტიკური სახეების დადგენას როგორც ზემოთ უკვე იყო აღნიშნული, შესაბამისი დაკვირვებების ვადებისათვის ხდება ანალოგიური გზით, ან კიდევ შემდეგი ცნობილი ფორმულის გამოყენებით $S' = S_0 \sinh_0$, რომელიც ამყარებს კავშირს მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის სიდიდეებს შორის სხივისადმი ნორმალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში.

ცხრილი 14

ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის S' საშუალო მნიშვნელობის გამოსათვლელი ფორმულები იანვრის თვის 12.30 დაკვირვების ვადისათვის

ზონა	სადგური	H_0	S'_0	S'_0	$\delta = S'_0 - S'_0$	$\delta\%$	განტოლება
0	სენაკი	40	0.37	0.41	-0.04	11	$S = 0.23 + P_{0-2}$
0	სოხუმი	116	0.43	0.39	0.04	9	
0	ანასეული	158	0.44	0.41	0.03	9	$S = 0.27 + P_{0-2}$
1	თბილისი	403	0.46	0.47	-0.01	2	
1	თელავი	568	0.51	0.47	0.04	8	$S = 0.41 + P_{0-2}$
3	ნალკა	1457	0.64	0.64	0	0	
10	მ/მ ყაზბეგი	3556	0.82	0.82	0	0	$S = 0.52 + P_{0-2}$

საქართველოს ტერიტორიისათვის განტოლებებში
 $S = a_i + b_i P_{0-2}$ შემავალი პარამეტრების მნიშვნელობები
 ნელინადის სეზონების ცენტრალური თვეების
 შემთხვევაში 9.30

კოეფი- ციენტი	H, მ	თვე				ზონის ნომერი
		I	IV	VII	X	
1	2	3	4	5	6	7
ჩვენი მონაცემები 9.30						
a	40	0.16	0.29	0.29	0.29	0
b		1.0	0.90	0.90	0.90	
a	116	0.16	0.16	0.25	0.25	
b		1.37	1.37	1.45	1.45	
a	158	0.16	0.22	0.22	0.22	
b		1.75	1.75	1.45	1.75	
a	403	0.19	0.24	0.21	0.21	1
b		0.5	1.1	1.2	1.2	
a	568	0.07	0.14	0.12	0.12	
b		1.5	1.1	1.6	1.6	
a	1457	0.22	0.31	0.31	0.31	4
b		1.5	1.4	1.4	1.4	
a	3556	0.48	0.61	0.48	0.48	10
b		1.0	0.8	1.0	1.0	
20-დან						
a	300	0.12	0.20	0.21	0.21	0
b		1.22	1.22	1.22	1.22	
a	600	0.08	0.24	0.26	0.26	1
b		1.22	1.22	1.22	1.22	
a	1500	0.22	1.27	0.30	0.31	4
b		1.22	1.22	1.22	1.22	
a	>3000	0.39	0.49	0.43	0.64	10
b		1.22	1.22	1.22	1.22	

საქართველოს ტერიტორიაზე S -ის სიდიდეების გამო-
 სათვლელ ფორმულებში შემავალი კოეფიციენტების (კუთ-

ხური კოეფიციენტის და თავისუფალი წევრი) მნიშვნელობები აქტინომეტრულ დაკვირვებების ერთი ვადისათვის (9.30) წელიწადის თითოეული სეზონის შუათვისათვის ჩვენი მონაცემებით მოცემულია ცხრილ 15-ში. ამ ცხრილში მოყვანილი თავისუფალი წევრის და კუთხური კოეფიციენტის მნიშვნელობებით გამოითვლებიან S -ის სიდიდეები საქართველოს ტერიტორიაზე 0-3.7კმ სიმაღლეთა დიაპაზონში. როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის გამოთვლა სხივისადმი ნორმალური და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის სიდიდეების საშუალებით მიუხედავად იმისა, რომ წარმოადგენს პრომატევად დიდი მოცულობის სამუშაოს გამართლებულად უნდა ჩაითვალოს ჰელიორესურსების ინფორმატიულობის მოცულობის მნიშვნელოვანი გაზრდის, ასევე, ჰელიოდანადგარების ეფექტური მუშაობის უზრუნველსაყოფად პერსპექტიული პუნქტების შერჩევის საფუძველზე. ამ მეთოდიკის გამოყენების შედეგად მიღებულ ინფორმაციას გააჩნია საკმაო მაღალი სიზუსტე და რეგიონის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დარაიონების დეტალიზაციის თვალსაზრისით წარმოადგენს გარკვეულ პრაქტიკულ ინტერესებს.

მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის (S და S') გამოსათვლელი ემპირიული ფორმულების ასეთი სიმრავლე განპირობებულია წელიწადის განმავლობაში მზის სიმაღლის (ატმოსფეროს მასის) და ატმოსფეროს ტენშემცველობის ცვლილებებით, რის შედეგად ადგილი აქვს (S და S') სიდიდეების დიდ დისპერსიას. (S და S') -ის გამოსათვლელი ემპირიული ფორმულების რიცხვი მკვეთრად შემცირდება თუ ფუნქციებში $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ გათვალისწინებული იქნება, როგორც ჰაერის ტენიანობის წლიური მსვლელობა, ასევე ატმოსფეროს მასის ცვლილებები: ე.ი. თუ (S და S') გახდება ფუნქცია არა მარტო მოწმენდილი ცის ალბათობისა (P_{0-2}), არამედ ატმოსფერული მასის m ფუნქციაც.

$$S = f(P_{0-2} / m) \quad (3.103)$$

$$S' = f(P_{0-2} / m) \quad (3.104)$$

m-ის გათვალისწინება ამ დამოკიდებულებებში არა მარტო მკვეთრად ამცირებს დისპერსიის (ნერტილთა გაბნევის) სიდიდეს, არამედ ცვლის ამ დამოკიდებულებების ანალიტიკურ სახეს: ისინი m-ის გათვალისწინების შედეგად აპროქსიმირდებიან არა წრფივი, არამედ ხარისხოვანი ფუნქციების სახით:

$$S' = a(P/m)^n \quad (3.105)$$

ამ ფუნქციაში შემავალი პარამეტრების a და n -ის გამოთვლა ხდება დაკვირვებების სრული ინფორმაციის გამოყენების საფუძველზე (3.105) ფორმულით (S და S')-ის სიდიდეების გამოთვლა შეიცავს ისეთი მომენტებს, როგორიცაა (S და S') სიდიდეებზე ინფორმაციის მოძიება დაკვირვების სრული პერიოდისათვის და მისი საშუალოს გამოთვლა წლის ყოველი თვისათვის (დაკვირვების ვადებზე 9.30; 12.30; 15.30 სრული პერიოდისათვის ასევე P_{0-2} -ზე ინფორმაციის შეკრება და P_{0-2} -ის საშუალო სიდიდეების გამოთვლა წლის ყოველი თვისათვის (დაკვირვებების სამი ვადისათვის: 9, 12, 15 საათი) და მათი ინტერპოლირება აქტინომეტრიული დაკვირვებების შესაბამისი ვადებისათვის (9.30; 12.30; 15.30). რაც შეეხება ამ დამოკიდებულებებში ატმოსფერული მასის m-ის ჩართვას იგი შეიცავს ისეთ ოპერაციას, როგორიცაა წლის ყოველი თვის შუარიცხვისათვის (დაკვირვების ვადებზე 9.30; 12.30; 15.30) მზის სიმაღლის h_0 განსაზღვრა. h_0 -ის საშუალებით დაკვირვების ამ სამი ვადისათვის მზის ზენიტური მანძილის Z_0 განსაზღვრა ცნობილი ფორმულით $Z_0 = 90 - h_0$ ზენიტური მანძილის Z_{0-2} შესაბამისი ატმოსფერული მასის m განსაზღვრა დამოკიდებულებით $m = \sec Z_0$, ან სათანადო ცხრილებით, დაკვირვებების სრული პერიოდისათვის ფარ-

დობების P_{0-2}/m სიდიდეების გამოთვლა $S = f(P_{0-2}/m)$ და $S' = f(P_{0-2}/m)$ ფუნქციების სახის დადგენა და ამ ფუნქციებში შემავალი პარამეტრების სიდიდეების განსაზღვრა არგუმენტის დისკრეტული მნიშვნელობებისათვის 0.05 ბიჯით, რომ ხარისხოვანი ფუნქცია $S = a(P/m)^n$ არგუმენტის P_{0-2}/m -ის ცვალებადობის მთელ ინტერვალში წარმოდგენილი იქნეს სამი წრფივი ფუნქციის სახით:

$$S = (S_0)^a + K(P/m) \quad (3.106)$$

შემდეგი უბნებისათვის $P/m \leq 0.18$; $0.15 \leq P/m \leq 1.00$
 $P/m > 1.00$

იგივე, ანალოგიური მეთოდით გამოითვლება a , k და S დაკვირვებების ყველა განხილული (9.30; 12.30; 15.30) ვადისათვის (ყველა პერიოდის I, II, III მონაცემების გამოყენებით). ამრიგად $S = f(P_{0-2}/m)$ ფუნქციაში ატმოსფერული მასის სიდიდეების ცვლილებების გავლენას გათვალისწინებით წელიწადის განმავლობაში შესაძლებელი ხდება $S = S_0 + k(P/m)$ ფუნქციაში შემავალი კოეფიციენტების მნიშვნელობების (S_0 , k) განედის სიდიდეზე და დაკვირვების ვადაზე დამოკიდებულ მუდმივ მნიშვნელობებზე დაყვანა. სხვადასხვა განედზე განლაგებული პუნქტებისათვის დაკვირვებების ვადებში ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს დაკვირვებების ვადებში მეთოდის ზემოთ გამოთვლილ დასაშვებ ცდომილებებს, განსხვავება შეიძლება განპირობებული იქნეს მხოლოდ და მხოლოდ ატმოსფეროს ფიზიკური თვისებებით – გამჭვირვალობის კოეფიციენტით, სიმღერის ფაქტორით. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას ატმოსფეროს ტენშემცველობა და აეროზოლური გაჭუჭყიანება მცირდება, მაშინ მთიან და განსაკუთრებით მაღალმთიან რაიონებში განლაგებული პუნქტებისათვის (S_0 , k) პარამეტრების სი-

დიდეები ახლოს იქნებიან ერთმანეთთან ზღვის დონიდან დაბალ სიმაღლეებზე და მით უმეტეს დაბლობ რაიონებში განლაგებულ პუნქტებთან შედარებით, რაც საშუალებას იძლევა მაღალმთიანი ზონებისათვის სათანადო გამოთვლები სასურველი სიზუსტით ჩატარდეს მათში განლაგებული მცირერიცხოვანი სადგურების მონაცემებით.

ფუნქცია $S = a(P/m)$ -ში შემავალი პარამეტრების a და n -ის სიდიდეების გამოთვლის შედეგად მიღებული იქნა დაკვირვების სამივე (9.30; 12.30; 15.30) ვადისათვის სრული პერიოდის შესაბამისი ინფორმაცია.

ცხრილ 16-ში მოცემულია მზის რადიაციის ინტენსივობის გამოსათვლელი ფორმულა, რომელშიც შემავალი პარამეტრების a და b მნიშვნელობებია მოცემული.

ცხრილი 16

$S = a(P_{0-2}/m)^b$ ფორმულაში შემავალი a და b პარამეტრების მნიშვნელობები

დაკვირვების ვადა	პარამეტრები	
	a	b
9.30	1.32	0.56
12.30	0.82	0.27
15.30	0.97	0.35
სამივე ვადის საშუალო	1.04	0.39

ცხრილ 16-ში მოცემულია S სიდიდის გამოსათვლელი დამხმარე განტოლებებში შემავალი a და b პარამეტრების გასაშუალოებული სიდიდეები დაკვირვების სამი (9.30; 12.30; 15.30) ვადისათვის ცალცალკე და მათი საშუალო. დამოკიდებულება $S = f(P_{0-2}/m)$ ანალიტიკურად წარმოიდგინება ხარისხოვანი ფუნქციის სახით: $S = a(P/m)^b$ ცხრილ 16-ში მო-

ცემულია ამ ფუნქციაში შემავალი a და b კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობები, მზის რადიაციის ინტენსივობის სიდიდეების მიხედვით გეოგრაფიული პუნქტები დაყოფილია ოპტიმისტურ, პესიმისტურ და პერსპექტიულ პუნქტებად. ამასთანავე ერთად ოპტიმისტური პუნქტების რიცხვის მიეკუთვნება ის პუნქტები რომლებზეც მზის რადიაციის ინტენსივობა ორივე ზედაპირზე (მზის სხივისადმი ნორმალურ და პორიზონტალურ სიბრტყეებში) აღწევს თავის მაქსიმუმს, ის პუნქტები კი, სადაც მზის რადიაციის ინტენსივობა მინიმალურია მიეკუთვნებიან პესიმისტური პუნქტების რიცხვს. ამრიგად ოპტიმისტური და პესიმისტური პუნქტები ხასიათდებიან მზის რადიაციის ინტენსივობის ექსტრემალური მნიშვნელობებით. ამ კრიტერიუმის მოთხოვნილების თანახმად პესიმისტური პუნქტები ავტომატურად გამოირიცხებიან ჰელიოდანადგარებისათვის რეკომენდირებული პუნქტების ნუსხიდან. მესამე კატეგორიის ე.წ. პერსპექტიული სადგურები ფორმირდება ოპტიმისტურ და პესიმისტურ სადგურებს შორის განლაგებული სადგურების რიცხვიდან, რომლებიც გაითვალისწინებენ გარდა ზემოთაღნიშნული ძირითადი კრიტერიუმისა, აგრეთვე გეოგრაფიული პუნქტების (სადგურის) ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებს, რაც განსაზღვრავს ჰელიოენერგეტიკული დანადგარების დამონტაჟების შესაძლებლობას და მისი ექსპლუატაციის ხელსაყრელ და ხელისშემშლელ პირობებს (რასაც განსაზღვრავს პუნქტის განლაგების რაიონის განვითარების ეკონომიკური დონე, კომუნიკაციების არსებობა და სხვა). ამ კლასიფიკაციის თანახმად საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული 8 აქტინომეტრიული სადგურიდან 9.30 დაკვირვების ვადაზე მიღებული მრავლანობილი სიდიდეებით მ/მ ყაზბეგი, სკრა, თელავი, მიეკუთვნება ოპტიმისტურებს, სოხუმი, თბილისი – პერსპექტიული და სენაკი, ანასეული – პესიმისტური პუნქტების რიცხვს. საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული პუნქტების ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დონით დაყოფის ასეთი მოდელი რეკომენდირებულია დაკვირვების სხვა ვადებისათვის: 12.30 და 15.30. ამრი-

გად, საქართველოს ცალკეული რეგიონების ჰელიოენერგეტიკული რესურსების კვლევის შემოთავაზებული მეთოდის არსი მდგომარეობს $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების დადგენაში ატმოსფეროს ოპტიკური მასის m და ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის H -ის გათვალისწინებით, რაც კონკრეტულად წარმოადგინება დამოკიდებულებების $S = f(P_{0-2}/m)$ და $S' = f(P_{0-2}/m)$ დაკვირვებების თვითოეული ვადისათვის (9.30; 12.30; 15.30) შესაბამისი ხარისხოვანი ფუნქციების $S = a(P_{0-2}/m)^n$ სახით აპროქსიმაციაში მათში შემავალი a და n კოეფიციენტების განსაზღვრაში. მეთოდის მიზანია მზის რადიაციის ინტენსივობის (მზის სხივისადმი ნორმალურ – S და ჰორიზონტალურ S' სიბრტეებში) განსაზღვრელი ფუნქციების ცხადი სახეების (განტოლებების) მიღება. მზის რადიაციის ინტენსივობის მიღებული სიდიდეებით ხდება საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული პუნქტების ჰელიოენერგეტიკული რესურსების პოტენციალის დახასიათება და მათი პერსპექტიულობის განსაზღვრა. ჩვენს მიერ ეს მეთოდის გამოყენებული იქნა საქართველოს ჰელიოენერგეტიკული რესურსების პოტენციალის დახასიათება და მათი პერსპექტიულობის განსაზღვრა. ჩვენს მიერ ეს მეთოდის გამოყენებული იქნა საქართველოს ჰელიოენერგეტიკული რესურსების არსებულ კადასტრებში და რუკებში ზოგიერთი პარამეტრის დასაზუსტებლად და კორექტივების შესატანად. არსებული კადასტრების და რუკების დაზუსტების საფუძველზე მათი პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობის გაფართოების მიზნით ამრიგად ეს მეთოდის არ წარმოადგენს რაიმე ახალ მეთოდს (გრინევიჩის საყოველთაოდ აღიარებული მეთოდისაგან რაიმე განსხვავებულ ვარიანტს) იგი მხოლოდ აზუსტებს (აზღერს გარკვეულ დეტალიზაციას) საქართველოს ტერიტორიისათვის გრინევიჩის მეოდის (7)-ში დამუშავებულ კადასტრში მოცემული ტერიტორიების ჰელიოენერგეტიკული რესურსებით დარაიონებას.

განვიხილოთ მზის რადიაციის P_{0-2} სიდიდეებით გამოთვლის მეთოდის ცდომილებების სიდიდე. ჯამური რადიაციის თვიური ჯამების შემთხვევაში $\Sigma_{\text{თვ}} Q_{\text{დ}}$ დაკვირვების შედეგად მიღებული საშუალო სიდიდეების გამოთვლის ცდომილება (10)-ში მოცემული ინფორმაციის თანახმად 5-7 წლიანი დაკვირვებების პერიოდისათვის 30წლიანი დაკვირვებების პერიოდის სიდიდეებისგან შეიძლება განსხვავდებოდნენ 10-13%-ით ხოლო პირდაპირი რადიაციისათვის განსხვავებამ შეიძლება მიაღწიოს 20%-ს და მეტს.

(7)-ში მოცემულია S სიდიდეების შეფასების ცდომილებები საშუალო კვადრატული გადახრა δ ვარიაციის კოეფიციენტი C_v , ასიმეტრიის კოეფიციენტი A, ამ მონაცემების თანახმად δ მერყეობს 0.14-0.43 კალ/სმ²წთ, C_v მერყეობს მაღალმთიანი სადგურებისათვის 10-30%-ის, დაბლობი რაიონებისათვის 35-50%-ის ზღვრებში, ასიმეტრიის კოეფიციენტი A მაღალმთიანი სადგური ყაზბეგისათვის მერყეობს 1.5-4.5-ის ფარგლებში, ხოლო დაბლობი სადგურებისათვის სოხუმი 0.96-1.03 ზღვრებში მ/მ ყაზბეგისათვის აბოსლუტური ცდომილებების მნიშვნელობები იცვალეიან 0.01-0.03-ის ფარგლებში, ხოლო ფარდობითი ცდომილების სიდიდე კი მერყეობს 1.5%-ის ფარგლებში.

ახლა შევაფასოთ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით (S და S')-ის სიდიდეების გამოთვლების ცდომილებების სიდიდეები. სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში მზის პირდაპირი რადიაციის მნიშვნელობები და სტატისტიკური მახასიათებლები დაკვირვებების მთელი პერიოდისათვის 1991 წლის ჩათვლით. დაკვირვებების სამი ვადისათვის (9.30; 12.30; 15.30) გასაშუალოებული $\bar{S}$ იცვლება 0.52-0.54 კალ/სმ²წთ-ის, δ - 0.10 - 0.12, μ - 0.03 - 0.05, δ_s - 0.08

C_v - 0.18 - 0.22; A_s - 0.15 - 0.10 ε - 1.38 - (-1.5) -ის ზღვრებში აქ δ არის საშუალო კვადრატული გადახრა,

μ საშუალო არითმეტიკული სტანდარტული ცდომილება, δ , საშუალო კვადრატული ცდომილება, C_v - ვარიაციის კოეფიციენტი, A_s - ასიმეტრიის კოეფიციენტი, ε - ექსცესი.

ამრიგად, აქ გამოყენებული მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: საქართველოს ტერიტორიაზე დღემდე არსებული მოქმედი (და არამოქმედი, დახურული) მეტეოროლოგიური და აქტინომეტრიული სადგურები დაჯგუფებული იქნა მათი ზღვის დონიდან აბსოლუტური სიმაღლის ფაქტორის გათვალისწინებით: კერძოდ, აბსოლუტური სიმაღლის ცვლილებების გავლენა (S და S')-ის სიდიდეები შეფასდა 300 მეტრიანი მაღლივი ინტერვალის ფარგლებში დიფერენცირებულად. ამასთან ერთად 0-3500მ. სიმაღლეთა დიაპაზონისათვის გამოყოფილი იქნა 11 ინტერვალი. პირველი ოთხი მაღლივი ინტერვალი გაერთიანდა დაბალმთიან ზონაში (0-1200მ), მეორე სამი მაღლივი ინტერვალი – შუამთის რაიონში (1200-2100მ), ხოლო მესამე ოთხი მაღლივი ინტერვალი – მაღალმთიან ზონაში (2100-3500მ).

მზის პირდაპირი რადიაციის (S და S')-ის ინტენსივობის წლიური და მაღლივი მსვლელობის ანალიზი ჩატარდა აქტინომეტრიული დაკვირვებების სამი ვადისათვის (9.30; 12.30; 15.30). (S და S')-ის ინტენსივობის შესახებ არსებული აქტინომეტრიული ინფორმაციის მოცულობის 10-15-ჯერ გაზრდა მოხდა (ფუნქციონალური კავშირის $S = f(P_{0-2})$ მზის პირდაპირი, რადიაციის სხივისადმი ნორმალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში (S და S') ინტენსივობებსა და მოწმენდილი ცის ალბათობას შორის დადგენის შედეგად. ფუნქციონალური კავშირები $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ ანალიტიკურად (დაკვირვების თითოეული ვადისათვის) წარმოდგენილი იქნა წრფივი ფუნქციის სახით:

$$S = a_1 + bP_{0-2} \quad S' = a_1 + b_2P_{0-2}$$

მიღებული მრავალრიცხოვანი განტოლებების (რომელთა სიმრავლე განპირობებულია ატმოსფეროს ოპტიკური მასის და მზის სიმაღლის ცვალებადობით დაკვირვების მოცემულ ვადაში წელიწადის განმავლობაში) რიცხვის შემცირების მიზნით ფუნქციებში $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ არგუმენტი P_{0-2} შეცვლილი იქნა შემდეგი არგუმენტებით P_{0-2}/m და აიგო $S = f(P_{0-2}/m)$ და $S' = f(P_{0-2}/m)$ ფუნქციების გრაფიკები, რომლებიც წარმოდგენილი იქნა სამი წრფივი ფუნქციის სახით არგუმენტის სამი უბნისათვის:

$$P_{0-2}/m \leq 0.15; 0.15 \leq P_{0-2}/m \leq 1.00; P_{0-2} > 1.00$$

ე.ი. დაკვირვების თითოეული ვადისათვის, 12 განტოლების ნაცვლად (თვეების მიხედვით) ვლებულობთ ერთ განტოლებას, ხოლო სამი ვადისათვის (9.30; 12.30; 15.30) 3 განტოლებას (S და S') სიდიდეების გამოთვლების სიზუსტის დაცვით ($\delta_s = \pm 0.04 - 0.05$) კალ/სმ²წთ). ამ შემთხვევაში დამოკიდებულებების $S = f(P_{0-2}/m)$ და $S' = f(P_{0-2}/m)$ შესაბამისი ანალიტიკური სახე არის ხარისხოვანი ფუნქცია, რომლის გრაფიკული გამოსახულება, როგორც აღინიშნა არ წარმოადგენს წრფეს და ეს გრაფიკი მრუდი დაყოფილი იქნა P_{0-2} ცვლილების სამ წრფივ ინტერვალად. კვლევის ბოლო ეტაპზე კი მოხდა დაკვირვებების თითოეული ვადისათვის მიღებული ამ სამი განტოლების $S = a(P_{0-2}/m)^n$ ერთი შემაჯამებელი განტოლების სახით წარმოდგენა. დაკვირვების სამი ვადისა და მთელი პერიოდისათვის 1989 წლის ჩათვლით ამ განტოლებას საქართველოს ტერიტორიისათვის აქვს შემდეგი სახე:

$$S = 1.02(P_{0-2}/m)^{0.73} \quad (3.108)$$

ამ განტოლებით გამოთვლილი S -ის სიდიდეების საშუალო კვადრატული ცდომილება δ მერყეობს ± 0.08 კალ/სმ²წთ-ის საზღვრებში.

თავი IV

მზის სხივისადმი ნორმალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის გამოთვლა საქართველოს მათეოროლოგიური ქსელისათვის

საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული პუნქტები-სათვის, სადაც არ ტარდება აქტინომეტრიული დაკვირვებები მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობაზე S , ჩვენს მიერ გამოთვლილი იქნა ზემოთ მოყვანილი მეთოდიკის პირველი ნაწილის გამოყენებით; ე.ი. S -ის სიდიდის გამოსათვლელად მოცემულ პუნქტში გამოყენებული იქნა $S = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების ანალიტიკური სახეები. საქართველოს პუნქტებისათვის საძიებელი აქტინომეტრიული სადგურებისათვის სადგურ ანალოგის შერჩევა ხდებოდა ფიზიკურ-გეოგრაფიული, კლიმატური პირობების და ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის მსგავსების (ან იდენტურობის) გათვალისწინებით. ფაქტიურად გამოთვლებში ჩართული იქნა (3.3-3.100) გამოსახულებები. მიუხედავად გამოთვლების შრომატევადობისა ფორმულა (3.105), რომელიც მიღებული იქნა თავ 1-ში საქართველოს ტერიტორიისთვის ამ მიზნით აქ არ იქნა გამოყენებული, ვინაიდან ამ ფორმულაში მხედველობაში არ არის მიღებული ნელინადის განმავლობაში ატმოსფეროს ტენშემცველობის მსვლელობა, რაც მზის სიმაღლესთან (m -თან) ერთად მთავარ როლს თამაშობს S -ის (მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში) სიდიდეების ფორმირებაში რაც შეეხება მზის სხივისადმი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში S' -ის სიდიდეების, მათზე ნელინადის განმავლობაში პრივალირებულ გავლენას ახდენს მზის სიმაღლე (ატმოსფეროს მასის სიდიდე) მომავალში (1.105)-ში ატმოსფეროს ტენშემცველობის პარამეტრის გათვალისწინებით, შესაძლებელია მიზანშეწონილი გახდეს ამ ფორმულის S -ის სიდიდეების გამოთვლის მიზნით გამოყენება ეს ეხება აგრეთვე დაკვირვების სამი ძი-

რითადი ვადისათვის (9.30; 12.30; 15.30) მიღებულ 3 განტოლებას, რომლებშიც არგუმენტი P_{0-2} შეცვლილი იქნა ახალი არგუმენტი P_{0-2}/m -ით და რომლებშიც ასევე გათვალისწინებული არ არის ატმოსფეროს ტენიანობის წლიური მსვლელობების თავისებურებები.

გამოთვლების შედეგად წლის სეზონების შუა თვეებისათვის (I, IV, VII, X) საქართველოს ცალკეული რეგიონებისათვის (კახეთი, ქართლი, საქართველოს სამხრეთ მთიანეთი, აფხაზეთი, აჭარა, კავკასიონის მთიანი რაიონები) მოცემულია ცხრილ 17-ში, ამ ცხრილში მოცემულია S-ის ასევე S'-ის საშუალო თვიური მნიშვნელობები დაკვირვებების აქტივობეტრიული ვადებისათვის (9.30; 12.30; 15.30) წელიწადის სეზონის შუა თვეებისათვის (I, IV, VIII, X) 600-900მ და მაღლა განლაგებული პუნქტებისათვის ინფორმაციის მოცულობის გაზრდის მიზნით დადგენილი იქნა მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის საშუალო თვიური P_{0-2} ის სიდიდეებსა (დაკვირვების სამი ვადისათვის) და ცალკეული ვადებისათვის

ცხრილი 17

მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა სხივისადმი ნორმალური S და ჰორიზონტალური S' სიბრტყეებში კალ/სმ²წთ

სადგური	თვე				სადგური	თვე			
		9.30	12.30	15.30			9.30	12.30	15.30
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
დედოფლისწყარო	I	0.43	0.52	0.21	სილნალი	I	0.52	0.48	0.32
	IV	0.46	0.50	0.40		IV	0.56	0.58	0.43
	VII	0.63	0.69	0.72		VII	0.76	0.85	0.89
	X	0.60	0.70	0.50		X	0.62	0.82	0.60
ომალო	I	0.63	0.69	0.34	სა-	I	0.57	0.68	0.32

	IV	0.50	0.46	0.32	გა-	IV	0.68	0.65	0.44
	VII	0.49	0.53	0.50	რე-	VII	0.87	0.92	0.88
	X	0.73	0.72	0.59	ჯო	X	0.76	0.81	0.63
უდაბნო	I	0.49	0.61	0.30	გომ-	I	0.40	0.53	0.19
	IV	0.52	0.59	0.42	ბო-	IV	0.50	0.46	0.33
	VII	0.74	0.85	0.82	რი	VII	0.55	0.53	0.52
	X	0.67	0.76	0.60		X	0.57	0.64	0.48
გურჯაანი	I	0.49	0.54	0.22	ში-	I	0.37	0.44	0.16
	IV	0.60	0.57	0.37	რაქი	IV	0.47	0.51	0.34
	VII	0.70	0.89	0.83		VII	0.67	0.68	0.64
	X	0.64	0.74	0.59		X	0.56	0.60	0.48
წნორი	I	0.42	0.51	0.19	ლა-	I	0.45	0.50	0.27
	IV	0.58	0.55	0.40	გო-	IV	0.54	0.57	0.36
	VII	0.73	0.85	0.82	დები	VII	0.70	0.83	0.81
	X	0.62	0.54	0.58		X	0.62	0.70	0.52
ყვარელი	I	0.39	0.45	0.16	სიო-	I	0.42	0.49	0.24
	IV	0.51	0.47	0.33	ნი	IV	0.58	0.51	0.30
	VII	0.66	0.76	0.74		VII	0.62	0.60	0.68
	X	0.58	0.67	0.52		X	0.61	0.72	0.58
ახმეტა	I	0.52	0.59	0.27	ალა-	I	0.61	0.63	0.29
	IV	0.70	0.57	0.34	ზანი	IV	0.63	0.62	0.44
	VII	0.69	0.77	0.74		VII	0.78	0.91	0.86
	X	0.64	0.72	0.53		X	0.69	0.79	0.60
დედოფ- ლის წყა- რო	I	0.13	0.24	0.04	წნო-	I	0.13	0.23	0.04
	IV	0.33	0.39	0.20	რი	IV	0.41	0.46	0.22
	VII	0.58	0.71	0.48		VII	0.58	0.79	0.55
	X	0.31	0.44	0.15		X	0.32	0.44	0.18
სიღნაღი	I	0.14	0.26	0.05	ლა-	I	0.13	0.22	0.05
	IV	0.39	0.48	0.24	გო-	IV	0.38	0.48	0.21
	VII	0.67	0.85	0.59	დები	VII	0.56	0.78	0.54
	X	0.32	0.51	0.18		X	0.33	0.44	0.16
ომალო	I	0.19	0.30	0.06	ყვა-	I	0.12	0.20	0.03
	IV	0.36	0.38	0.18	რე-	IV	0.36	0.39	0.18
	VII	0.38	0.48	0.35	ლი	VII	0.52	0.71	0.50
	X	0.38	0.41	0.18		X	0.30	0.42	0.16
საგარეჯო	I	0.17	0.26	0.05	უდაბ-	I	0.15	0.26	0.05
	IV	0.48	0.52	0.25	ნო	IV	0.37	0.49	0.24
	VII	0.68	0.85	0.58		VII	0.58	0.78	0.54
	X	0.40	0.50	0.19		X	0.35	0.47	0.18
სიონი	I	0.13	0.22	0.05	გომ-	I	0.12	0.24	0.03
	IV	0.41	0.43	0.16	ბო-	IV	0.36	0.38	0.19
	VII	0.49	0.56	0.46	რი	VII	0.44	0.48	0.35

	X	0.32	0.45	0.18		X	0.30	0.40	0.15
ახმეტა	I	0.16	0.26	0.05	გურ- ჯაა- ნი	I	0.14	0.24	0.04
	IV	0.49	0.48	0.19		IV	0.42	0.48	0.20
	VII	0.55	0.72	0.50		VII	0.56	0.83	0.56
	X	0.34	0.45	0.16		X	0.33	0.46	0.20
ალაზანი	I	0.15	0.28	0.06	ში- რაქი	I	0.11	0.20	0.03
	IV	0.44	0.52	0.24		IV	0.33	0.43	0.19
	VII	0.62	0.85	0.58		VII	0.53	0.64	0.43
	X	0.36	0.49	0.16		X	0.29	0.37	0.15
კოჯორი	I	0.36	0.59	0.49	თეთ რინ- ყარო	I	0.53	0.66	0.45
	IV	0.49	0.58	0.48		IV	0.55	0.52	0.38
	VII	0.78	0.81	0.73		VII	0.68	0.67	0.60
	X	0.52	0.78	0.50		X	0.64	0.67	0.47
მანგლისი	I	0.31	0.50	0.41	დმა- ნისი	I	0.54	0.66	0.45
	IV	0.46	0.51	0.41		IV	0.52	0.52	0.38
	VII	0.71	0.66	0.57		VII	0.59	0.65	0.54
	X	0.49	0.74	0.49		X	0.59	0.66	0.43
გორი	I	0.25	0.40	0.34	რო- დიო- ნოე- კა	I	0.56	0.67	0.45
	IV	0.44	0.52	0.40		IV	0.57	0.53	0.41
	VII	0.66	0.66	0.52		VII	0.77	0.67	0.58
	X	0.48	0.76	0.45		X	0.77	0.69	0.49
სკრა	I	0.28	0.45	0.39	ახალ ქა- ლაქი	I	0.64	0.68	0.51
	IV	0.47	0.61	0.52		IV	0.79	0.58	0.51
	VII	0.77	0.81	0.70		VII	0.85	0.70	0.71
	X	0.53	0.88	0.54		X	0.79	0.69	0.55
ხაშური	I	0.26	0.42	0.35	ფო- კა	I	0.64	0.68	0.51
	IV	0.45	0.55	0.43		IV	0.79	0.58	0.51
	VII	0.66	0.81	0.58		VII	0.85	0.70	0.71
	X	0.48	0.83	0.53		X	0.79	0.69	0.55
მუხრანი	I	0.27	0.43	0.34	ას- პინ- და	I	0.60	0.68	0.47
	IV	0.44	0.47	0.41		IV	0.64	0.55	0.40
	VII	0.61	0.67	0.55		VII	0.87	0.72	0.68
	X	0.51	0.79	0.47		X	0.92	0.72	0.56
ახალციხე	I	0.56	0.68	0.45	ბორ- ჯო- მი	I	0.51	0.67	0.45
	IV	0.64	0.54	0.40		IV	0.60	0.54	0.40
	VII	0.80	0.72	0.65		VII	0.75	0.69	0.60
	X	0.83	0.71	0.52		X	0.79	0.70	0.52
ბაკურიანი	I	0.51	0.66	0.43	ცხრა წყა- რო	I	0.58	0.67	0.48
	IV	0.57	0.52	0.38		IV	0.53	0.53	0.40
	VII	0.72	0.68	0.54		VII	0.71	0.66	0.60
	X	0.80	0.69	0.48		X	0.81	0.70	0.56
ტაბანყუ-	I	0.58	0.67	0.49	ადი-	I	0.63	0.68	0.50

რი	IV	0.65	0.55	0.45	გენი	IV	0.79	0.58	0.48
	VII	0.89	0.71	0.73		VII	0.87	0.72	0.70
	X	0.85	0.70	0.58		X	0.84	0.70	0.54
აბასთუმანი	I	0.53	0.66	0.45	სა- ირმე	I	0.56	0.67	0.45
	IV	0.60	0.52	0.40		IV	0.65	0.55	0.42
	VII	0.75	0.68	0.58		VII	0.72	0.66	0.52
ცემი	X	0.81	0.69	0.51	კრწა ნისი	X	0.87	0.70	0.53
	I	0.51	0.66	0.46		I	0.61	0.68	0.50
	IV	0.60	0.54	0.42		IV	0.59	0.53	0.42
გოდერძის გად.	VII	0.68	0.66	0.58		VII	0.67	0.66	0.59
	X	0.69	0.68	0.51		X	0.76	0.68	0.51
	I	0.32	0.36	0.16		I			
კოჯორი	IV	0.56	0.51	0.29	რო- დიო- ნოე- კა	IV			
	VII	0.53	0.55	0.41		VII			
	X	0.72	0.73	0.46		X			
მანგლისი	I	0.10	0.27	0.10	აბალ ქა- ლაქი	I	0.17	0.30	0.09
	IV	0.34	0.49	0.26		IV	0.40	0.45	0.23
	VII	0.62	0.76	0.49		VII	0.61	0.63	0.39
გორი	X	0.27	0.49	0.15	ფო- კა	X	0.40	0.43	0.15
	I	0.09	0.14	0.08		I	0.16	0.31	0.09
	IV	0.32	0.43	0.22		IV	0.43	0.45	0.24
სკრა	VII	0.56	0.62	0.38	ას- პინ- და	VII	0.61	0.66	0.42
	X	0.26	0.46	0.15		X	0.45	0.44	0.15
	I	0.08	0.18	0.07		I	0.20	0.31	0.10
ხაშური	IV	0.31	0.44	0.22	აბალ ციხე	IV	0.56	0.49	0.28
	VII	0.52	0.62	0.35		VII	0.68	0.66	0.48
	X	0.25	0.48	0.14		X	0.42	0.43	0.17
მუხრანის	I	0.08	0.20	0.08	ბორ- ჯო- მი	I	0.18	0.31	0.09
	IV	0.61	0.77	0.47		IV	0.45	0.46	0.22
	VII	0.33	0.51	0.29		VII	0.69	0.67	0.46
მუხრანის	X	0.28	0.55	0.17	ბა- კუ- რია-	X	0.48	0.45	0.17
	I	0.05	0.19	0.07		I	0.17	0.31	0.09
	IV	0.32	0.46	0.24		IV	0.45	0.45	0.22
მუხრანის	VII	0.52	0.66	0.39	ბორ- ჯო- მი	VII	0.64	0.67	0.44
	X	0.26	0.52	0.16		X	0.44	0.45	0.16
	I	0.08	0.19	0.07		I	0.16	0.30	0.09
მუხრანის	IV	0.31	0.47	0.23	ბა- კუ- რია-	IV	0.42	0.45	0.22
	VII	0.48	0.63	0.37		VII	0.60	0.65	0.40
	X	0.27	0.50	0.14		X	0.42	0.44	0.16
თეთრინ- ყარო	I	0.16	0.30	0.09	ბა- კუ- რია-	I	0.16	0.30	0.09
	IV	0.39	0.44	0.21		IV	0.40	0.44	0.21
	VII	0.55	0.63	0.40		VII	0.57	0.64	0.36

	X	0.34	0.42	0.14	ნი	X	0.42	0.43	0.15
დმანისი	I	0.16	0.30	0.09	ცხრა წყა- რო	I	0.16	0.30	0.10
	IV	0.37	0.44	0.21		IV	0.37	0.45	0.22
	VII	0.47	0.61	0.36		VII	0.56	0.62	0.40
	X	0.30	0.41	0.13		X	0.43	0.44	0.17
ტაბანყუ- რი	I	0.18	0.30	0.10	ცემი	I			
	IV	0.46	0.46	0.25		IV			
	VII	0.70	0.66	0.49		VII			
	X	0.45	0.44	0.18		X			
ადიგენი	I	0.19	0.31	0.10	კარ- ნახი	I	0.19	0.31	0.10
	IV	0.56	0.49	0.26		IV	0.42	0.45	0.23
	VII	0.69	0.67	0.49		VII	0.53	0.62	0.40
	X	0.44	0.44	0.17		X	0.35	0.43	0.16
აბასთუმა- ნი	I	0.16	0.30	0.09	გო- დერ- ძის გად.	I	0.10	0.16	0.03
	IV	0.42	0.44	0.22		IV	0.39	0.42	0.16
	VII	0.70	0.64	0.39		VII	0.42	0.51	0.28
	X	0.43	0.43	0.18		X	0.38	0.46	0.14
საირმე	I	0.17	0.30	0.09		I			
	IV	0.46	0.46	0.23		IV			
	VII	0.57	0.62	0.35		VII			
	X	0.46	0.44	0.16		X			
გაგრის ქე- დი	I	0.38	0.37	0.14	ბიჭ- ვინ- თა	I	0.37	0.42	0.13
	IV	0.49	0.14	0.37		IV	0.32	0.53	0.40
	VII	0.65	0.47	0.52		VII	0.51	0.84	0.69
	X	0.79	0.70	0.44		X	0.86	0.92	0.64
გაგრა	I	0.32	0.39	0.12	ოჩამ ჩირე	I	0.33	0.39	0.36
	IV	0.39	0.43	0.33		IV	0.39	0.53	0.60
	VII	0.65	0.63	0.58		VII	0.83	0.84	0.62
	X	0.72	0.76	0.51		X	0.36	0.39	0.10
ფსოუ	I	0.44	0.52	0.24	ლა- თა	I	0.35	0.39	0.10
	IV	0.49	0.53	0.44		IV	0.42	0.43	0.25
	VII	0.73	0.79	0.64		VII	0.49	0.39	0.47
	X	0.71	0.78	0.52		X	0.93	0.81	0.53
გუდაუთა	I	0.34	0.39	0.13	ეშე- რა	I	0.30	0.32	0.09
	IV	0.38	0.50	0.36		IV	0.37	0.32	0.33
	VII	0.58	0.71	0.60		VII	0.53	0.66	0.59
	X	0.77	0.83	0.61		X	0.83	0.89	0.60
კვეზანი	I	0.41	0.46	0.16		I			
	IV	0.46	0.47	0.35		IV			
	VII	0.46	0.35	0.47		VII			
	X	0.81	0.77	0.55		X			
გაგრის ქე-	I	0.11	0.15	0.02	გუ-	I	0.10	0.16	0.02

დი	IV VII X	0.34 0.51 0.40	0.39 0.40 0.43	0.20 0.35 0.13	დაუ- თა	IV VII X	0.26 0.46 0.39	0.41 0.66 0.52	0.19 0.40 0.18
გაგრა	I IV VII X	0.09 0.26 0.51 0.37	0.16 0.36 0.59 0.46	0.02 0.18 0.39 0.15	კვე- ზანი	I IV VII X	0.12 0.32 0.36 0.41	0.18 0.39 0.32 0.47	0.03 0.19 0.31 0.16
ფსხუ	I IV VII X	0.13 0.34 0.58 0.36	0.21 0.44 0.73 0.48	0.04 0.24 0.43 0.18	ბიჭ- ვინ- თა	I IV VII X	0.11 0.21 0.40 0.43	0.17 0.44 0.78 0.56	0.03 0.22 0.46 0.19
ოწამწირე	I IV VII X	0.33 0.39 0.83 0.36	0.47 0.61 0.84 0.39	0.36 0.60 0.62 0.10	ემე- რა	I IV VII X	0.09 0.25 0.42 0.42	0.13 0.31 0.61 0.54	0.02 0.08 0.39 0.17
ლათა	I IV VII X	0.35 0.42 0.49 0.93	0.42 0.43 0.39 0.81	0.10 0.25 0.47 0.53		I IV VII X			
ფოთი	I IV VII X	0.37 0.46 0.52 0.70	0.48 0.63 0.77 0.81	0.21 0.56 0.73 0.61	ფო- თი	I IV VII X	0.11 0.32 0.41 0.36	0.22 0.53 0.72 0.50	0.04 0.31 0.49 0.18
ბახმარო	I IV VII X	0.48 0.58 0.60 0.80	0.47 0.52 0.52 0.69	0.27 0.42 0.39 0.51	ბახ- მარო	I IV VII X	0.14 0.41 0.47 0.42	0.21 0.44 0.48 0.43	0.03 0.23 0.26 0.15
ქობულე- თი	I IV VII X	0.44 0.46 0.60 0.72	0.50 0.61 0.76 0.81	0.24 0.53 0.61 0.60	ქო- ბუ- ლე- თი	I IV VII X	0.13 0.59 0.47 0.37	0.22 0.51 0.71 0.50	0.05 0.29 0.41 0.18
ბათუმე	I IV VII X	0.37 0.44 0.56 0.70	0.45 0.56 0.63 0.76	0.21 0.48 0.50 0.52	ბა- თუ- მი	I IV VII X	0.11 0.31 0.44 0.36	0.20 0.47 0.58 0.47	0.04 0.26 0.33 0.16
ხულო	I IV VII X	0.46 0.56 0.72 0.64	0.50 0.52 0.77 0.79	0.23 0.42 0.58 0.55	ხუ- ლო	I IV VII X	0.14 0.39 0.57 0.44	0.22 0.44 0.72 0.49	0.04 0.23 0.39 0.16
ჭარნალი	I IV VII	0.33 0.48 0.48	0.44 0.56 0.50	0.19 0.45 0.48	ჭარ- ნალი	I IV VII	0.10 0.34 0.36	0.20 0.47 0.46	0.04 0.25 0.30

	X	0.68	0.71	0.49		X	0.35	0.44	0.15
ქედა	I	0.50	0.72	0.26	ქედა	I	0.15	0.29	0.05
	IV	0.72	0.70	0.59		IV	0.50	0.60	0.32
	VII	0.70	0.52	0.47		VII	0.55	0.48	0.31
	X	0.92	0.95	0.65		X	0.48	0.59	0.19
ლანჩხუთი	I	0.43	0.44	0.19	ლან- ჩხუ- თი	I	0.13	0.20	0.04
	IV	0.46	0.60	0.50		IV	0.32	0.50	0.29
	VII	0.46	0.97	0.38		VII	0.36	0.44	0.25
	X	0.72	0.79	0.55		X	0.37	0.49	0.16
მესტია	I	0.39	0.44	0.17	მეს- ტია	I	0.11	0.19	0.03
	IV	0.48	0.57	0.34		IV	0.34	0.47	0.19
	VII	0.60	0.56	0.49		VII	0.47	0.52	0.33
	X	0.60	0.65	0.43		X	0.35	0.40	0.13
ხაიში	I	0.41	0.48	0.21	ხაი- ში	I	0.12	0.21	0.04
	IV	0.56	0.60	0.46		IV	0.39	0.50	0.25
	VII	0.71	0.77	0.77		VII	0.56	0.72	0.52
	X	0.68	0.76	0.46		X	0.39	0.47	0.14
ლენტეხი	I	0.39	0.46	0.20	ლენ- ტეხი	I	0.11	0.20	0.05
	IV	0.47	0.51	0.33		IV	0.33	0.42	0.18
	VII	0.55	0.61	0.47		VII	0.43	0.57	0.31
	X	0.62	0.72	0.46		X	0.36	0.45	0.14
ონი	I	0.44	0.51	0.25	ონი	I	0.13	0.22	0.03
	IV	0.52	0.54	0.33		IV	0.36	0.44	0.18
	VII	0.59	0.63	0.59		VII	0.47	0.59	0.39
	X	0.66	0.69	0.50		X	0.38	0.43	0.15
ტყიბული	I	0.42	0.45	0.26	ტყი- ბუ- ლი	I	0.12	0.20	0.05
	IV	0.52	0.58	0.51		IV	0.36	0.48	0.28
	VII	0.53	0.58	0.61		VII	0.42	0.54	0.41
	X	0.65	0.71	0.44		X	0.36	0.44	0.30
ქორბოუ- ლი	I	0.36	0.42	0.19	ქორ- ბოუ- ლი	I	0.10	0.18	0.04
	IV	0.47	0.53	0.40		IV	0.33	0.44	0.22
	VII	0.53	0.61	0.51		VII	0.26	0.57	0.34
	X	0.54	0.63	0.45		X	0.31	0.39	0.13
შოვი	I	0.41	0.47	0.17	შოვი	I	0.12	0.21	0.03
	IV	0.46	0.50	0.29		IV	0.32	0.41	0.16
	VII	0.54	0.54	0.47		VII	0.43	0.50	0.31
	X	0.60	0.64	0.43		X	0.35	0.40	0.13
მთა საბუ- ეთი	I	0.32	0.38	0.12	მთა სა- ბუე- თი	I	0.09	0.31	0.03
	IV	0.45	0.52	0.33		IV	0.31	0.43	0.18
	VII	0.48	0.57	0.51		VII	0.38	0.53	0.34
	X	0.47	0.62	0.41		X	0.27	0.38	0.12
საირმე	I	0.40	0.47	0.20	სა-	I	0.12	0.21	0.04

	IV	0.52	0.54	0.36	ირმე	IV	0.36	0.45	0.07
	VII	0.56	0.54	0.42		VII	0.31	0.50	0.28
	X	0.66	0.68	0.48		X	0.38	0.42	0.14
ზუგდიდი	I	0.37	0.44	0.19	ზუგ-	I	0.11	0.19	0.04
	IV	0.51	0.58	0.29	დი-	IV	0.36	0.48	0.16
	VII	0.47	0.52	0.47	დი	VII	0.37	0.48	0.31
	X	0.63	0.69	0.49		X	0.36	0.43	0.15
სამტრე-	I	0.37	0.45	0.17	სამ-	I	0.11	0.20	0.03
დია	IV	0.52	0.60	0.42	ტრე-	IV	0.36	0.50	0.23
	VII	0.52	0.82	0.55	დია	VII	0.41	0.76	0.37
	X	0.60	0.71	0.48		X	0.35	0.44	0.14
გალი	I	0.34	0.42	0.11	გალი	I	0.10	0.18	0.02
	IV	0.48	0.54	0.37		IV	0.34	0.45	0.20
	VII	0.41	0.47	0.42		VII	0.32	0.43	0.28
	X	0.67	0.71	0.47		X	0.39	0.44	0.14
ჯვარი	I	0.43	0.52	0.28	ჯვა-	I	0.12	0.23	0.05
	IV	0.53	0.63	0.48	რი	IV	0.37	0.52	0.26
	VII	0.57	0.63	0.54		VII	0.45	0.59	0.36
	X	0.81	0.83	0.63		X	0.47	0.51	0.19
ანაკლია	I	0.37	0.43	0.20	ანაკ-	I	0.09	0.19	0.04
	IV	0.48	0.58	0.44	ლია	IV	0.34	0.48	0.24
	VII	0.58	0.73	0.71		VII	0.46	0.68	0.48
	X	0.52	0.66	0.38		X	0.30	0.41	0.11
საქარა	I	0.44	0.50	0.26	საქა-	I	0.13	0.22	0.05
	IV	0.60	0.64	0.49	რა	IV	0.42	0.53	0.26
	VII	0.60	0.72	0.70		VII	0.47	0.59	0.36
	X	0.71	0.76	0.57		X	0.41	0.51	0.19
საჩხერე	I	0.33	0.40	0.10	საჩ-	I	0.10	0.18	0.19
	IV	0.46	0.67	0.28	ხერე	IV	0.32	0.56	0.18
	VII	0.46	0.57	0.48		VII	0.36	0.53	0.32
	X	0.60	0.64	0.42		X	0.35	0.41	0.13
მარტვილი	I	0.45	0.53	0.26	მარ-	I	0.13	0.23	0.05
	IV	0.60	0.72	0.63	ტვი-	IV	0.42	0.60	0.35
	VII	0.53	0.63	0.61	ლი	VII	0.42	0.59	0.41
	X	0.76	0.84	0.65		X	0.44	0.52	0.19
ამბროლა-	I	0.36	0.42	0.13	ამ-	I	0.10	0.18	0.02
ური	IV	0.45	0.50	0.49	ბრო-	IV	0.31	0.41	0.27
	VII	0.53	0.63	0.59	ლა-	VII	0.42	0.59	0.39
	X	0.67	0.71	0.46	ური	X	0.39	0.44	0.14
ქუთაისი	I	0.34	0.40	0.12	ქუ-	I	0.09	0.18	0.23
	IV	0.45	0.53	0.32	თაი-	IV	0.31	0.44	0.18
	VII	0.47	0.55	0.44	სი	VII	0.37	0.51	0.29

	X	0.54	0.65	0.41		X	0.31	0.40	0.12
ლებარდე	I	0.39	0.43	0.16	ლე- ბარ- დე	I	0.11	0.19	0.03
	IV	0.51	0.51	0.33		IV	0.36	0.42	0.18
	VII	0.56	0.54	0.43		VII	0.44	0.50	0.29
	X	0.65	0.64	0.41		X	0.38	0.40	0.12
ცაგერი	I	0.34	0.44	0.18	ცა- გერი	I	0.10	0.15	0.03
	IV	0.45	0.54	0.38		IV	0.32	0.45	0.21
	VII	0.53	0.62	0.61		VII	0.42	0.58	0.41
	X	0.52	0.60	0.35		X	0.30	0.37	0.10
გუდაური	I	0.49	0.55	0.38	გუ- დაუ- რი	I	0.14	0.24	0.07
	IV	0.64	0.55	0.42		IV	0.45	0.46	0.253
	VII	0.73	0.93	0.56		VII	0.58	0.86	0.38
	X	0.52	0.32	0.48		X	0.26	0.50	0.14
მამისონი	I	0.51	0.58	0.45	მამი- სონი	I	0.15	0.25	0.08
	IV	0.80	0.57	0.42		IV	0.56	0.47	0.23
	VII	0.88	1.02	0.67		VII	0.46	0.95	0.45
	X	0.58	0.87	0.56		X	0.30	0.53	0.17
როქა	I	0.47	0.55	0.42	როქა	I	0.13	0.24	0.08
	IV	0.72	0.61	0.51		IV	0.50	0.51	0.28
	VII	0.92	1.15	0.80		VII	0.73	1.07	0.54
	X	0.54	0.89	0.59		X	0.28	0.54	0.18
ყაზბეგი მ/მ	I	0.83	0.82	0.93	ყაზ- ბეგი მ/მ	I	0.24	0.36	0.17
	IV	0.79	0.62	0.71		IV	0.55	0.52	0.39
	VII	0.80	1.19	0.44		VII	0.63	1.09	0.30
	X	1.16	0.93	0.54		X	0.59	0.57	0.16
ყაზბეგი	I	0.48	0.53	0.36	ყაზ- ბეგი	I	0.14	0.23	0.09
	IV	0.65	0.55	0.40		IV	0.45	0.46	0.22
	VII	0.75	0.96	0.55		VII	0.59	0.89	0.37
	X	0.64	0.93	0.53		X	0.33	0.57	0.16
ჯერის ულელ.	I	0.46	0.53	0.31	ჯერ ის ულელ. ლ.	I	0.13	0.24	0.06
	IV	0.60	0.55	0.35		IV	0.42	0.43	0.19
	VII	0.71	0.96	0.54		VII	0.56	0.89	0.36
	X	0.51	0.93	0.44		X	0.26	0.52	0.13
აეადხარა	I	0.49	0.54	0.39	აეად ხარა	I	0.14	0.27	0.07
	IV	0.58	0.52	0.47		IV	0.40	0.50	0.26
	VII	0.73	0.96	0.73		VII	0.58	0.68	0.49
	X	0.68	0.85	0.58		X	0.35	0.46	0.17

(7, 13, 19სთ) P_{0-2} -ის საშუალო თვიური სიდიდეების კორელაციური კავშირები. აღმოჩნდა, რომ დამოკიდებულებები ამ ორ სიდიდეს შორის ანალიტიკურად წარმოიდგინებიან წრფივი ფუნქციების სახით.

600-900მ სიმაღლეთა დიაპაზონი, დაკვირვების ვაამდა 7 საათი

იანვარი

$$P_{0-2} 7\text{სთ} = 1.25(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 10.0 \quad (4.1)$$

აპრილი

$$P_{0-2} 7\text{სთ} = 1.25(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 7.0 \quad (4.2)$$

ივლისი

$$P_{0-2} 7\text{სთ} = 0.88(P_{0-2})_{\text{საშ}} + 5.8 \quad (4.3)$$

ოქტომბერი

$$P_{0-2} 7\text{სთ} = 1.5(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 24.0 \quad (4.4)$$

13 საათი

იანვარი

$$P_{0-2} 13\text{სთ} = 1.0(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 10.0 \quad (4.5)$$

აპრილი

$$P_{0-2} 13\text{სთ} = 1.15(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 10.0 \quad (4.6)$$

ივლისი

$$P_{0-2} 13\text{სთ} = 0.88(P_{0-2})_{\text{საშ}} + 5.8 \quad (4.7)$$

ოქტომბერი

$$P_{0-2} 13\text{სთ} = 1.03(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 5.5 \quad (4.8)$$

19 საათი

$$P_{0-2} 19\text{სთ} = 1.30(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 4.0 \quad (4.9)$$

აპრილი

$$P_{0-2} 19\text{სთ} = 0.95(P_{0-2})_{\text{საშ}} + 2.0 \quad (4.10)$$

ივლისი

$$P_{0-2}19სთ = 1.9(P_{0-2})_{საშ} - 33.5 \quad (4.11)$$

ოქტომბერი

$$P_{0-2}19სთ = 1.16(P_{0-2})_{საშ} - 2.04 \quad (4.12)$$

900მ-ზე მეტი სიმაღლეთა დიაპაზონი

7 საათი

იანვარი

$$P_{0-2}7სთ = 0.9(P_{0-2})_{საშ} + 0.01 \quad (4.13)$$

აპრილი

$$P_{0-2}7სთ = 1.27(P_{0-2})_{საშ} - 2.8 \quad (4.14)$$

ივლისი

$$P_{0-2}7სთ = 0.9(P_{0-2})_{საშ} + 11.0 \quad (4.15)$$

ოქტომბერი

$$P_{0-2}7სთ = 1.5(P_{0-2})_{საშ} - 22.0 \quad (4.16)$$

13 საათი

იანვარი

$$P_{0-2}13სთ = 0.85(P_{0-2})_{საშ} - 3.0 \quad (4.17)$$

აპრილი

$$P_{0-2}13სთ = 0.92(P_{0-2})_{საშ} - 4.8 \quad (4.18)$$

ივლისი

$$P_{0-2}13სთ = 1.55(P_{0-2})_{საშ} - 25.0 \quad (4.19)$$

ოქტომბერი

$$P_{0-2}13სთ = 0.9(P_{0-2})_{საშ} - 7.0 \quad (4.20)$$

19 საათი

იანვარი

$$P_{0-2}19სთ = 1.30(P_{0-2})_{საშ} - 3.0 \quad (4.21)$$

აპრილი

$$P_{0-2}19სთ = 1.30(P_{0-2})_{საშ} - 8.8 \quad (4.22)$$

იელისი

$$P_{0-2} 19\text{სთ} = 1.5(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 16.0 \quad (4.23)$$

ოქტომბერი

$$P_{0-2} 19\text{სთ} = 1.5(P_{0-2})_{\text{საშ}} - 8.4 \quad (4.24)$$

დაკვირვებით მიღებულ და ანალიტიკური გამოსახულებებით გამოთვლილ P_{0-2} -ს სიდიდეებს შორის საშუალო კვადრატული გადახრის მნიშვნელობებში მოცემულია ცხრილ 18-ში. როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, δ -ს მნიშვნელობები მერყეობენ შემდეგ ზღვრებში: 600-900მ. სიმაღლეზე განლაგებული პუნქტებისათვის იანვარში 1.45-2.9 აპრილში 1.6-2.9, იელისში 2.3-4.4, ოქტომბერში 2.5-3.8%-ის ფარგლებში.

600-900 მეტრის ფარგლებში P_{0-2} -ის სიდიდეები გამოთვლილია შემდეგი პუნქტებისათვის: ლენტეხი, ყორბოული, ჯოყოლო, წიფა, მეჯვრის ხევი, სკრა, თბილისი, სიღნაღი, უდაბნო, დედოფლისწყარო, ახალგორი, ქვემო აჟარა, ბარი-სახო.

$S = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებებით გამოთვლილი და დაკვირვებებით მიღებულ მზის პირდაპირი რადიაციის (ინტენსივობის) მნიშვნელობებს შორის განსხვავება უმნიშვნელოა: საშუალო კვადრატული გადახრის სიდიდეები δ მათ შორის მაგალითად, აქტინომეტრიული სადგური თელავისათვის მერყეობს 0.01(9.30)-0.03(15.30) კალ/სმ²წთ-ის ფარგლებში δ -ს მნიშვნელობები აქტინომეტრული სადგურებისათვის მოცემულია მე-19 ცხრილში.

საშუალო კვადრატული გადახრის δ სიდიდეები (%)

ზონა, მ	ოვე	დაკვირვების ვადა	δ	ზონა	ოვე	დაკვირვების ვადა	δ
300-600	I	7 13 19	1.45 1.90 2.90		I	7 13 19	0.63 1.60 2.30
300-600	IV	7 13 19	1.60 2.10 2.90	>900	IV	7 13 19	3.10 4.00 2.60
300-600	VII	7 13 19	4.40 2.30 3.26		VII	7 13 19	6.80 6.70 4.60
300-600	X	7 13 19	2.60 2.50 3.80		X	7 13 19	4.95 3.70 3.50

 δ -ს მნიშვნელობები, კალ/სმ²წთ.

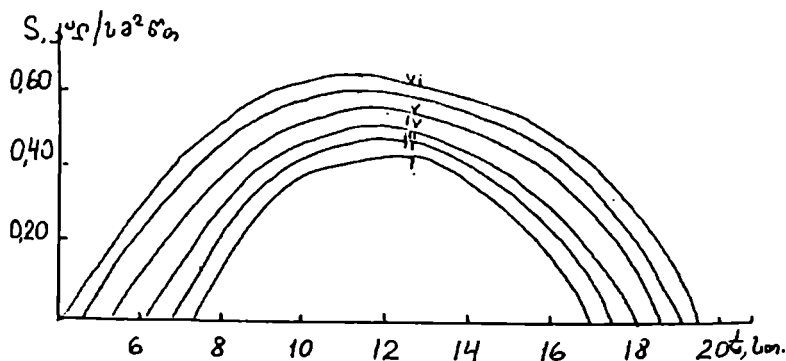
δ კალ/სმ ² წთ				
სადგური	დაკვირვების ვადა			
	9.30	12.30	15.30	
თელავი	0.01	0.01	0.03	
წალკა	0.02	0.03	0.03	
სენაკი	0.02	0.02	0.03	
თბილისი	0.02	0.03	0.02	
ანასეული	0.03	0.02	0.02	
სოხუმი	0.02	0.03	0.02	

$S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების საშუალებით გამოთვლილი მზის პირდაპირი რადიაციის თვით-

რი ჯამები შედარებული იქნა დაკვირვებებით მიღებულ თვით-
ურ ჯამებთან საქართველოს ყველა აქტინომეტრიული სად-
გურებისათვის. ცხრილი 20-ში მოცემულია $S_0 = f(P_{0-2})$
დამოკიდებულებით გამოთვლილი სიდიდეების გამოყენებით
მიღებული $\Sigma_0 \Sigma_0$ (კკალ/სმ²თვე) თვითური ჯამები. ეს ჯამები
მიღებულია საშუალო თვითური მრუდებიდან ტრაპეციის
ფორმულების გამოყენებით. აქვე მოცემულია ამ ჯამებს შო-
რის სხვაობების მნიშვნელობები.

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, მასში მოყვანილი
 $\Sigma_0 - \Sigma_{\text{ს}}$ სიდიდეების ანალიზი გვიჩვენებს, ისინი იანვარში
მერყეობენ - 1.7-+0.4, აპრილში -1.6-+0.8, ივლისში -1.7-+0.4,
ოქტომბერში -1.4-+1.2 (კკალ/სმ²თვე) $\Sigma_0 \Sigma_0$ სიდიდეების გა-
მოსათვლელი გრაფიკი ანასეულის სადგურისათვის, რო-
გორც ნიმუში, მოყვანილია ნახ 13-ზე (I-IV თვეები). როგორც
ამ ცხრილში მოყვანილი ინფორმაციის ანალიზიდან ჩანს, შე-
მოთავაზებული მეთოდიკით გამოთვლილი S-ის თვითური ჯა-
მები უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან აქტინომეტრიული დაკ-
ვირვებებით მიღებული შესაბამისი ჯამების სიდიდეებისა-
გან, რაც იძლევა იმის საშუალებას, რომ მიღებული მეთოდი-
კით საქართველოს იმ პუნქტებისათვის, სადაც წარმოებს
დაკვირვებები მოღრუბლულობაზე და რომლებსაც არ გააჩ-
ნია სათანადო აქტინომეტრიული ინფორმაცია, ჩატარდეს
მზის პირდაპირი რადიაციის თვითური ჯამების ($\Sigma_0 \Sigma_0$) სიდი-
დეების გამოთვლები საჭირო სიზუსტით და განხორციელ-
დეს არსებული ჰელიოენერგეტიკული რესურსების კადას-
ტრებში შესაბამისი დაკონკრეტება და დეტალიზაცია იმის
გათვალისწინებით, რომ კადასტრის ერთ-ერთ ძირითად
ენერგეტიკულ მაჩვენებელს წარმოადგენს მზის რადიაციის
ენერგეტიკული დონე, რაც კონკრეტულად წარმოიდგინება
მზის რადიაციის ინტენსივობის და თვითური ჯამების სახით,
განსაზღვრული პუნქტებისათვის. ნახ. 13-ზე წარმოდგენილი
S-ის საშუალო დღიური მრუდებისათვის მზის ამოსვლის და

ჩასვლის მომენტები, ისევე როგორც ყველა აქტინომეტრიული სადგურებისათვის აღებულია სათანადო ცნობარებიდან (10).



ნახ. 13. S-ის საშუალო დღიური მსვლელობის მრუდები (გამოთვლილი $S = f(P_{0-2})$ ფუნქციების გამოყენებით) სადგური ანასეულისათვის

ცხრილი 20

გრაფიკულად გამოთვლილი და დაკვირვებების შედეგად მიღებული თვიური ჯამების $\Sigma_{\text{თ}} S'$ სიდიდეები ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის კკალ/სმ²-ზე

სად- გური	თვე												
	S_g $S_{\text{ღ}}$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ნალკა	S_g	8.2	8.3	9.2	10.1	10.7	12.4	12.8	12.6	10.2	10.3	6.9	7.3
	$S_{\text{ღ}}$	8.7	8.9	9.0	9.4	10.4	12.8	13.2	12.5	10.2	9.1	6.9	6.6

თე- ლაე	S_{δ}	6.1	7.0	7.7	9.2	12.3	15.0	15.3	13.8	11.8	10.2	6.6	6.1
	$S_{\text{ლ}}$	6.2	8.2	9.7	10.4	12.6	15.2	15.6	13.4	12.9	10.2	7.3	6.4
სენაკი	S_{δ}	5.3	5.8	7.5	9.6	13.0	14.0	11.7	13.4	11.5	10.3	7.0	5.0
	$S_{\text{ლ}}$	5.7	5.9	7.7	9.8	12.2	13.8	11.3	10.9	11.2	10.0	6.8	5.8
სოხუ- მი	S_{δ}	5.3	5.7	7.5	8.4	12.0	14.3	13.5	14.2	11.8	11.4	6.8	4.8
	$S_{\text{ლ}}$	5.2	6.0	8.3	9.7	11.5	14.9	14.3	14.8	13.9	10.5	7.5	5.4
თბი- ლისი	S_{δ}	5.3	5.4	6.5	7.2	12.3	14.1	15.3	14.9	11.5	10.2	5.0	4.3
	$S_{\text{ლ}}$	5.2	5.8	8.3	9.8	12.5	15.1	15.2	15.0	11.9	9.8	5.3	4.9
ანასე- ული	S_{δ}	5.5	5.8	7.5	9.0	11.2	11.9	9.4	10.2	10.0	10.6	7.3	5.6
	$S_{\text{ლ}}$	5.1	6.3	8.4	10.0	11.6	12.0	9.7	11.6	9.8	9.6	7.8	5.4
ყაზ- ბევი მ/მ	S_{δ}	9.0	11.2	13.1	12.2	11.6	10.6	11.3	11.0	9.4	13.2	9.5	9.7
	$S_{\text{ლ}}$	10.7	11.6	13.6	12.9	12.8	12.0	13.0	12.3	10.7	14.6	11.3	11.3
$\Sigma_{\delta} - \Sigma_{\text{ლ}}$ (კკალ/სმ²ტეე)													
ნალკა	$\Sigma S_{\delta} - \Sigma S_{\text{ლ}}$	-0.5	-0.6	0.2	0.8	0.3	-0.4	-0.4	0.1	0	1.2	0	0.7
თე- ლაე	$\Sigma S_{\delta} - \Sigma S_{\text{ლ}}$	-0.1	-1.2	-2.0	-1.2	-0.3	-0.2	-0.3	-1.6	-1.1	0.1	-0.7	-0.3
სენაკი	$\Sigma S_{\delta} - \Sigma S_{\text{ლ}}$	-0.4	-0.2	-0.2	0.2	0.8	0.2	0.4	2.5	0.3	0.3	0.2	-0.8
სოხუ- მი	$\Sigma S_{\delta} - \Sigma S_{\text{ლ}}$	0.1	-0.3	-0.8	-1.3	0.5	-0.6	-0.8	-0.6	-2.1	0.9	-0.7	-0.6
თბი- ლისი	$\Sigma S_{\delta} - \Sigma S_{\text{ლ}}$	0.1	-0.4	-0.8	-1.6	-0.2	-1.0	0.1	-0.1	-0.4	0.4	-0.3	0.4

ანანე- ული	$\Sigma S_{\phi} -$ $-\Sigma S_{\rho}$	0.4	-0.5	-0.9	-1.0	0.6	-0.1	-0.3	-1.4	0.2	1.0	-0.5	0.2
ყაზ- ბეგი მ/მ	$\Sigma S_{\phi} -$ $= \Sigma S_{\rho}$	-1.7	-0.4	-0.5	-0.7	-1.2	-1.4	-1.7	-1.3	-1.3	-1.4	-1.0	-1.6

ცხრილი 20

პუნქტი	ოვე						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	2	3	4	5	6	7	8
თბილისი	6.7	6.9	7.1	6.8	6.7	5.6	5.1
მუხრანი	6.5	6.6	7.0	6.7	6.7	5.7	5.4
დუშეთი	5.7	6.1	6.6	6.6	6.5	5.7	5.3
ფასანაური	5.2	5.7	6.5	6.6	6.8	5.9	5.5
ბურსაჭირი	5.4	5.6	6.3	6.5	7.0	6.3	6.0
გუდაური	5.8	6.2	6.8	7.1	7.7	7.1	6.9
ჯვრის უღტ.	5.8	6.2	7.1	7.4	7.8	7.4	7.1
ყაზბეგი მ/მ	4.9	5.3	5.9	6.3	6.9	6.5	6.1
ცხრანყარო	6.3	6.6	7.4	7.4	7.2	6.6	6.3
ბაკურიანი	6.9	7.5	7.1	6.8	6.8	5.9	5.5
ასპინძა	5.8	5.8	6.3	6.0	5.8	5.0	4.5
ახალციხე	6.3	6.4	6.6	6.4	6.2	5.4	5.0
ბორჯომი	6.9	6.9	7.2	6.7	6.6	5.9	5.8
ცემი	6.9	7.0	7.2	6.9	7.0	6.3	6.2
აბასთუმანი	6.9	7.5	7.1	6.8	6.8	5.9	5.5
ხაშური	6.7	6.6	6.8	6.1	6.1	5.4	5.4
სკრა	6.6	6.7	6.9	6.3	6.1	5.3	4.9
გორი	6.4	6.5	6.6	6.4	6.4	5.5	5.2
რუსთავი	6.4	6.5	7.3	6.8	6.6	5.9	5.1
გარდაბანი	6.1	6.5	6.8	6.6	6.2	5.1	4.4
ზაქათალა	6.9	7.1	7.6	7.3	6.9	5.5	4.8
კიროვობადი	6.3	6.8	7.2	7.0	6.6	5.0	4.2
გურჯაანი	6.4	6.7	7.1	6.8	6.5	5.4	4.5
ყვარელი	6.8	7.1	7.3	7.2	6.9	5.7	4.8
ახმეტა	6.1	6.4	6.7	6.6	6.4	5.4	4.8

ლაგოდები	6.8	7.2	7.5	7.3	7.0	5.7	4.8
თელავი	6.4	6.8	7.2	7.0	6.8	5.8	4.8
დედოფლისწყარო	6.3	6.6	7.6	7.4	6.6	5.8	4.5
წნორი	6.4	6.6	6.8	6.6	6.2	5.2	4.4
ჯოყოლო	6.0	6.8	7.3	7.2	7.2	6.3	5.6
ზეგანი	6.3	6.7	6.5	6.2	6.2	4.8	4.6
ნაფარეული	6.3	6.7	7.4	7.2	6.9	5.9	4.9
ნინანდალი	6.2	7.0	6.7	6.8	7.2	5.4	4.8
სიღნაღი	5.9	6.1	6.9	6.5	5.9	5.2	4.0
მესტია	6.6	6.8	7.0	6.6	6.7	5.8	4.7
ხაიში	6.4	6.6	6.6	6.0	5.8	5.1	4.2
ჯვარი	7.0	7.4	7.6	6.9	6.7	6.1	5.8
ზუგდიდი	6.8	7.1	7.2	6.8	6.4	5.9	5.6
გალი	7.0	7.2	7.4	7.1	6.8	6.2	5.7
ანაკლია	6.8	7.0	7.0	6.6	6.4	5.2	4.8

პუნქტი	ოვე					
	VIII	IX	X	XI	XII	წლი- ური
1	9	10	11	12	13	14
თბილისი	4.8	5.2	5.7	6.8	6.5	6.2
მუხრანი	5.0	5.2	5.5	6.5	6.2	6.1
დუშეთი	5.0	5.2	5.2	6.0	5.6	5.8
ფასანაური	5.0	5.3	5.3	5.6	5.1	5.7
ბურსაჭირი	5.5	5.8	5.6	5.5	5.1	5.9
გუდაური	6.4	6.4	6.1	6.0	5.6	6.5
ჯვრის უღტ.	6.7	6.9	6.0	6.2	5.7	6.7
ყაზბეგი მ/მ	5.6	4.8	4.7	4.8	4.9	5.6
ცხრანყარო	5.9	5.6	5.0	6.0	6.4	6.4
ბაკურიანი	4.7	4.7	5.4	6.1	6.3	6.1
ასპინძა	3.9	3.9	4.5	5.4	5.2	5.2
ახალციხე	4.4	4.4	5.0	5.7	6.0	5.6
ბორჯომი	5.2	5.1	6.0	6.4	6.4	6.3
ცემი	5.3	4.9	5.6	6.1	6.4	6.3
აბასთუმანი	4.7	4.7	5.4	6.1	6.3	6.1
ხაშური	4.6	4.6	5.0	5.7	6.1	5.8
სკრა	4.4	4.5	5.2	5.9	6.0	5.7
გორი	4.7	4.6	5.3	6.0	6.0	5.8

რუსთავი	5.5	5.6	6.9	6.3	6.3	6.2
გარდაბანი	4.9	5.3	6.4	6.1	6.1	5.8
ზაქათალა	5.6	6.0	6.9	6.4	6.4	6.4
კიროვობადი	5.1	5.6	6.6	6.3	6.3	6.0
გურჯაანი	5.1	5.6	6.4	6.2	6.2	6.0
ყვარელი	5.4	5.9	6.8	6.5	6.5	6.3
ახმეტა	5.2	5.3	6.3	5.9	5.9	5.8
ლაგოდეხი	5.5	5.9	6.8	6.6	6.6	6.4
თელავი	5.3	5.7	6.5	6.1	6.1	6.1
დედოფლისწყარო	5.4	5.5	6.8	6.1	6.1	6.1
ნნორი	4.9	5.4	6.3	6.3	6.3	5.8
ჯოყოლო	6.1	6.0	6.7	6.0	6.0	6.5
ზეგანი	4.8	5.6	6.2	6.0	6.0	5.7
ნაფარეული	5.6	5.5	6.8	6.2	6.2	6.2
წინანდალი	4.9	5.9	6.5	6.4	6.4	6.1
სილნალი	4.8	5.0	6.2	5.5	5.5	5.5
მესტია	4.9	5.4	5.5	69.1	6.1	6.0
ხაიში	4.4	5.1	5.4	5.8	5.8	5.5
ჯვარი	5.2	5.3	6.0	6.4	6.4	6.4
ზუგდიდი	4.8	5.2	5.7	6.3	6.3	6.2
გალი	5.0	5.2	5.9	6.5	6.5	6.4
ანაკლია	4.8	5.2	5.6	6.2	6.2	5.9

გარდა აღნიშნული მეოთხედიკისა ინფორმაციის მოცულობის გაზრდის მიზნით იმ პუნქტებისათვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ სათანადო ინფორმაცია ჯამური, რადიაციის თვიური ჯამები გამოთვლილი იქნა ა. კოტარიას ცნობილი ფორმულით, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე (29)

$$\Sigma Q = \Sigma Q_0 [1 - (1 - 0.33 - 0.35H)^n (1 - 0.1H)] \quad (4.25)$$

სადაც ΣQ და ΣQ_0 არის ჯამური რადიაციის თვიური ჯამების სიდიდეები ღრუბლიანობის და მონმენდილი ცის პირობებში შესაბამისად, n - საშუალო თვიური მოლრუბლულობა ბალებში, H - ადგილის (პუნქტის) სიმაღლე ზღვის დონიდან

კმ-ში, $\Sigma_{\text{ფ}} Q_{\text{ფ}}$ -ს სიდიდეები ისევე როგორც $\Sigma_{\text{ფ}} S$ -ის სიდიდეები ცხრილ 21-ში გამოთვლილი იქნა ცალკეული პუნქტებისათვის რეგიონების მიხედვით (არაგვის, ალაზნის, ენგურის, მტკვრის ხეობები) ამასთანავე ერთად თითოეული ხეობისათვის მისი აბსოლუტური სიმაღლეების გათვალისწინებით. შერჩეული იქნა პუნქტების გარკვეული რაოდენობა: არაგვის ხეობაში 8, ალაზნის – 14, ენგურის – 6, მტკვრის ხეობაში – 12 პუნქტი.

ცხრილ 21-ში მოცემულია $S = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებებით გამოთვლილი S -ის მნიშვნელობების გამოყენებით მიღებული სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური ჯამები. როგორც 22 ცხრილიდან ჩანს, (მასში მოყვანილი $\Sigma_{\text{ფ}} S$ -ის სიდიდეების ანალიზიდან) დაკვირვებების შედეგად მიღებულ და გამოთვლილ $\Sigma_{\text{ფ}} S$ -ის სიდიდეებს შორის განსხვავება (აქტინომეტრიული სადგურები სკრა, თელავი, თბილისი, მ/მ ყაზბეგი) უმნიშვნელოა. $\Delta \Sigma_{\text{ფ}} S_0 - \Sigma S_0$ მნიშვნელობები წელიწადის განმავლობაში მერყეობენ შემდეგ ზღვრებში: სადგური სკრა -2,9-(+2.3), თელავი -2.9-(+1.6), თბილისი -0.1-(-0.9), მ/მ ყაზბეგი -1.0-(+1.7) კკალ/სმ²თვე. $\Delta(\Sigma_{\text{ფ}} - \Sigma_{\text{ფ}})$ -ს სიდიდეები მოცემულია ცხრილ 22-ში. დამოკიდებულება $\Sigma_{\text{ფ}} S_0 = f(\Sigma_{\text{ფ}} S_0)$ წარმოდგენილია ნახ. 9-ზე. ანალიტიკურად ეს დამოკიდებულება წარმოიდგინება წრფივი განტოლების სახით

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_0 = 1.1(\Sigma_{\text{ფ}} S_0) - 3.0 \quad (4.26)$$

გამოთვლების შედეგად მიღებული ჯამების $\Sigma_{\text{ფ}} S_0$ -ის სიდიდეები (15.0-30.0 კკალ/სმ²თვე) თვიური ჯამების მნიშვნელობების დიაპაზონისათვის ნაკლებია $\Sigma_{\text{ფ}} S_0$ -ის სიდიდეებზე. თვიური ჯამების სიდიდეები ტოლი ხდება როდესაც მათი მნიშვნელობები აღწევენ 30.0 კკალ/სმ²თვე, ხოლო

$\Sigma_{\text{წ}} S_0 > 30.0$ კკალ/სმ²თვე მნიშვნელობებისათვის

$\Sigma_{\text{წ}} S_0 > \Sigma_{\text{ლ}} S_0$ (2.25) დამოკიდებულებით გამოთვლილ თვიურ ჯამებს შორის მაქსიმალური განსხვავება (ზამთრის პერიოდში) აღწევს 1.0 კკალ/სმ²თვეს. (4.25) დამოკიდებულებით შეიძლება ცხრილ 21-ში მოყვანილი $\Sigma_{\text{წ}} S_0$ -ის სიდიდეებით გამოითვალოს $\Sigma_{\text{ლ}} S_0$ -ის სიდიდეები, რომლებიც წარმოდგენას მოგვცემენ მათ შესახებ იმ დაშვებით, რომ ცხრილ

ცხრილი 21

$\Sigma_{\text{წ}} S_0$ -ის მნიშვნელობები, კკალ/სმ² თვე

პუნქტი	თვე						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	2	3	4	5	6	7	8
ანაკლია	14.0	15.9	19.1	22.7	25.5	26.1	25.0
გალი	14.0	16.0	19.2	22.8	25.7	26.2	25.1
ზუგდიდი	14.2	16.2	19.3	22.9	25.8	26.3	25.3
ჯვარი	14.3	16.4	19.7	23.2	26.2	26.7	25.7
ხაიში	15.2	17.4	21.2	24.2	27.3	27.7	27.0
მესტია	16.3	18.8	23.2	25.7	28.9	29.3	28.7
გარდაბანი	14.4	16.5	19.9	23.3	26.3	26.7	25.7
რუსთავი	14.5	16.6	20.0	23.4	26.4	26.9	25.9
გორი	14.9	17.1	20.7	23.9	26.9	27.5	26.6
სკრა	14.9	17.1	20.7	23.9	26.9	27.5	26.6
ხაშური	15.1	17.9	21.0	24.2	27.2	27.7	26.8
ბორჯომი	15.2	17.5	21.3	24.3	27.4	27.9	27.1
ახალციხე	15.6	17.9	21.9	24.7	27.8	28.3	27.6
ასპინძა	15.7	18.1	22.2	25.0	28.1	28.5	27.7
ცემი	15.7	18.1	22.2	25.0	28.1	28.5	27.7
აბასთუმანი	15.9	18.4	22.6	25.0	28.4	28.8	28.2
ბაკურიანი	16.6	19.2	23.8	26.7	29.4	29.7	29.2
ცხრანყარო	17.9	20.8	26.1	27.7	31.2	31.5	31.2
წნორი	14.4	16.5	19.9	23.3	26.3	26.7	25.7
კიროვობადი	14.4	16.5	19.9	23.3	26.3	26.7	25.7
ლაგოდეხი	14.5	16.6	20.0	23.4	26.4	26.9	25.9

გურჯაანი	14.6	16.7	20.1	23.5	26.5	27.0	26.1
ნაფარეული	14.6	16.7	20.1	23.5	26.5	27.0	26.1
ყვარელი	14.7	16.8	20.3	23.6	26.6	27.1	26.2
ზეგაანი	14.7	16.8	20.3	23.6	26.6	27.1	26.2
ზაქათალა	14.7	16.9	20.4	23.7	26.7	27.2	26.3
წინანდლი	14.8	17.0	20.6	23.8	26.8	27.3	26.4
ახმეტა	14.8	17.0	20.6	23.8	26.8	27.3	26.4
თელავი	14.8	17.0	20.6	23.8	26.8	27.3	26.4
ჯოჯოლო	15.0	17.2	20.9	24.0	27.1	27.5	26.7
სიღნაღი	15.2	17.5	21.3	24.3	27.4	27.9	27.1
დედოფლისწყარო	15.2	17.5	21.3	24.3	27.4	27.9	27.1
თბილისი	14.6	16.7	20.2	23.5	26.5	27.1	26.1
მუხრანი	14.8	17.0	20.6	23.7	26.8	27.3	26.4
დუშეთი	15.4	17.7	21.6	24.5	27.6	28.1	27.2
ფასანაური	15.7	18.1	22.2	25.0	28.5	27.7	25.7
ბურსაჭორი	16.7	19.4	24.1	26.3	29.6	30.0	29.4
გუდაური	17.0	20.3	25.3	27.2	30.6	31.0	30.4
ჯვრის უღელტ.	17.8	20.7	26.0	27.6	31.1	31.4	31.0
ყაზბეგი	19.9	23.1	29.6	29.6	34.0	34.1	34.1

ცხრილი 21

პუნქტი					
	VIII	IX	X	XI	XII
1	9	10	11	12	13
ანაკლია	22.9	21.1	21.1	14.2	13.6
გალი	23.0	21.2	21.2	14.3	13.7
ზუგდიდი	23.2	21.3	21.3	14.4	13.8
ჯვარი	23.5	21.5	21.5	14.7	14.0
ხაიში	24.7	22.6	22.3	15.8	14.7
მესტია	26.5	24.0	23.4	17.4	15.6
გარდაბანი	23.6	21.6	21.6	14.8	14.0
რუსთავი	23.7	21.8	231.7	14.9	14.2
გორი	24.3	22.3	22.0	15.5	14.5
სკრა	24.3	22.3	22.0	15.5	14.5
ხაშური	24.6	22.5	22.2	15.7	14.6
ბორჯომი	24.9	22.7	22.3	15.9	14.8
ახალციხე	25.4	23.1	22.6	16.3	15.1

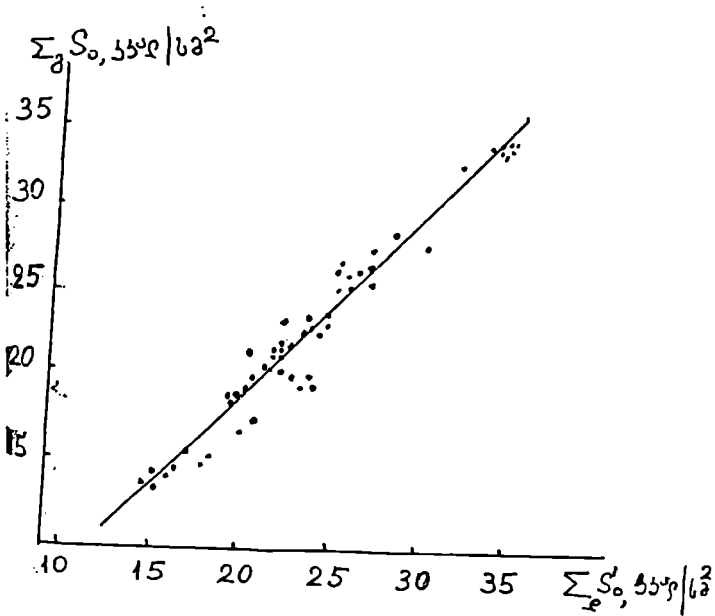
ასპინძა	25.7	23.2	22.8	16.6	15.2
ცემი	25.7	23.2	22.8	16.6	15.2
აბასთუმანი	26.0	23.6	23.0	16.9	15.1
ბაკურიანი	27.0	24.4	23.7	17.9	16.0
ცხრანყარო	29.2	26.1	24.9	19.7	17.1
წნორი	23.6	21.6	21.6	14.8	14.1
კიროვობადი	23.6	21.6	21.6	14.8	14.1
ლაგოდეხი	23.7	21.8	21.7	14.9	14.2
გურჯაანი	23.8	21.9	21.8	15.1	14.3
ნაფარეული	23.8	21.9	21.8	15.1	14.3
ყვარელი	24.0	22.0	21.8	15.2	14.3
ზეგაანი	24.0	22.0	21.8	15.2	14.3
ზაქათალა	24.1	22.1	21.9	15.3	14.4
ნინანდალი	24.2	24.2	22.0	15.4	14.4
ახმეტა	24.2	22.2	21.2	15.4	14.4
თელავი	24.2	22.2	22.0	15.4	14.4
ჯოყოლო	24.5	22.4	22.1	15.6	14.6
სიღნაღი	24.9	22.7	22.2	15.9	14.8
დედოფლისწყარო	24.9	22.7	22.3	15.9	14.8
თბილისი	23.9	21.7	21.6	15.0	14.3
მუხრანი	24.3	22.2	21.0	15.4	14.4
დუშეთი	25.1	22.9	22.5	16.2	14.9
ფასანაური	23.2	22.8	16.6	15.2	15.2
ბურსაჭორი	27.2	24.6	23.8	18.0	16.1
გუდაური	28.5	25.5	24.6	19.1	16.8
ჯვრის უღელტ.	29.0	26.0	24.8	16.6	17.0
ყაზბეგი	32.2	28.5	26.8	22.4	18.9

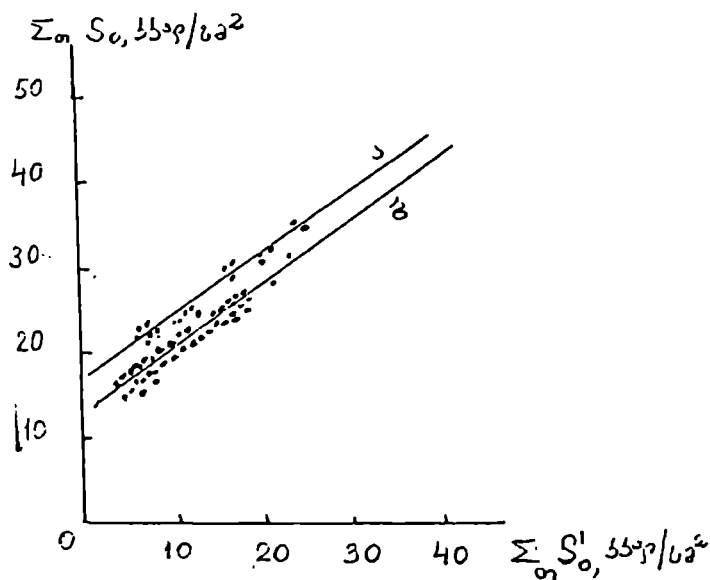
ცხრილი 22

$\Delta \Sigma_0 S_0 - \Sigma_{\text{კ}} S_0$ მნიშვნელობები, კკალ/სამ²ზე

პუნქტი	თვე					
	I	II	III	IV	V	VI
1	2	3	4	5	6	7
სკრა	-1.7	-0.1	-1.8	0.4	1.0	2.3
თელავი	-2.9	-2.9	-2.9	-0.7	0.2	-3.9
თბილისი	-0.6	-0.9	-0.7	-0.5	-0.6	-0.3
მ/მ ყაზბეგი	-1.0	-0.3	-0.6	0.4	0.2	0.4

პუნქტი	თვე					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	8	9	10	11	12	13
სკრა	0.7	0.6	-0.6	-0.6	-2.9	-0.7
თელავი	0.7	-0.1	-0.1	1.2	-2.5	1.6
თბილისი	-0.7	-0.7	-0.7	-0.4	-0.1	-0.3
მ/მ ყაზბეგი	1.3	0.5	0.5	1.3	1.7	0.6

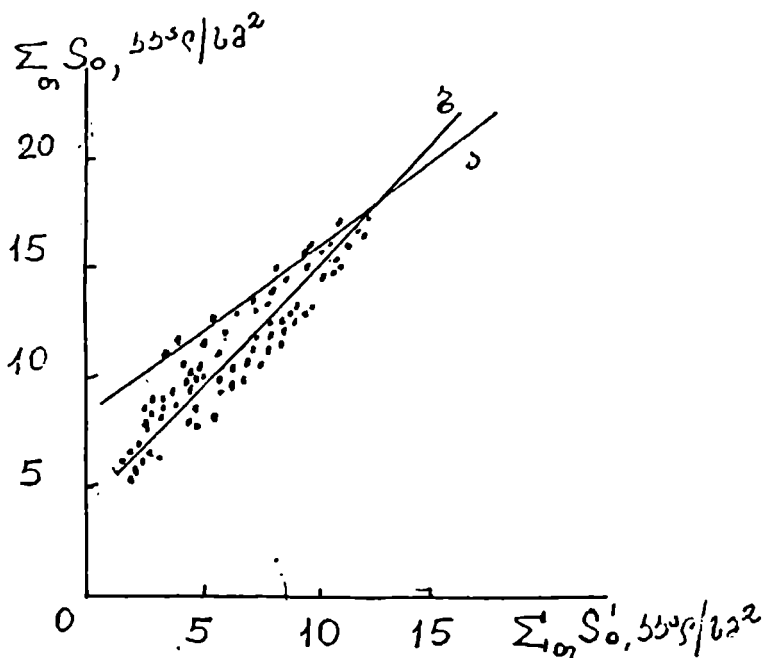
ნახ. 14 დამოკიდებულება $\Sigma S'_0 = f(\Sigma S_0)$



ნახ. 15 დამოკიდებულება $\Sigma S_0' = f(\Sigma S_0)$

ა- მონმენდილი ცა

ბ- ღრუბლიანობა



ნახ. 16 დამოკიდებულება $\Sigma_p S_0 = f(\Sigma_{\text{დ}} S'_0)$

ა $H > 2$ კმ ბ $H < 2$ კმ

21-ში მოყვანილი პუნქტებში წარმოებდა შესაბამისი აქტინომეტრიული დაკვირვებები რადიაციული ბალანსის ამ მდგენელზე, ცხრილში მოყვანილი პუნქტების განლაგების აბსოლუტური სიმაღლეების არსებულ (0-3.7 კმ) დიაპაზონში.

ცხრილ 21-ში მოცემულია მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური ჯამები სხვისიამდი ნორმალურ სიბრტყეში მაგრამ, როგორც ცნობილია (7) ტერიტორიის პელიოენერგეტიკული რესურსების შეფასება ამჟამად არსებულ კადასტრებში ხდება ჯამური რადიაციის თვიური და წლიური ჯამების სიდიდეების ანალიზის (სხვა მახასიათებლებთან სინქრონუ-

ლად) საფუძველზე. ცხრილ 21-ში მოყვანილი $\Sigma_{\sigma} S_0$ -ის სიდიდეების ნორმალური სიბრტყიდან პორიზონტალურ სიბრტყეში გადასასვლელად აგებული იქნა მათ შორის კორელაციური კავშირების გრაფიკი საქართველოს აქტინომეტრიული სადგურების მონაცემების საფუძველზე. ეს გრაფიკები მოცემულია მონმენდილი ცის და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში) ნახ. 14-15. მაღალმთიანი ($H > 2000$ მ) რაიონებისათვის დამოკიდებულება (კორელაციური კავშირი) $\Sigma_{\sigma} S_0$ და $\Sigma_{\sigma} S'_0$, ერთი მხრივ, ანალიტიკურად წარმოიდგინება შემდეგი ნრფივი ფუნქციების სახით მონმენდილი ცის შემხთვევაში:

$$\Sigma_{\sigma} S_0 = 0.75 \Sigma_{\sigma} S'_0 + 16.5 \quad (4.27)$$

საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში

$$\Sigma_{\sigma} S_{\text{ღ}} = 0.76 \Sigma_{\sigma} S'_{\text{ღ}} + 8.25 \quad (4.28)$$

დანარჩენი რაიონებისათვის ($H \leq 2000$)მ მონმენდილი ცის შემთხვევაში

$$\Sigma_{\sigma} S_0 = 0.70 \Sigma_{\sigma} S'_{\text{ღ}} + 4.0 \quad (4.29)$$

საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში:

$$\Sigma_{\sigma} S_{\text{ღ}} = 1.1 \Sigma_{\sigma} S'_{\text{ღ}} + 4.0 \quad (4.30)$$

კორელაციური კავშირის კოეფიციენტის სიდიდე $\Sigma_{\sigma} S'_0$ და $\Sigma_{\sigma} S'_0$ სიდიდეებს შორის, როგორც მონმენდილი, ასევე საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში აღემატება 0.80-ს.

(3.3)-(3.61) დამოკიდებულებით განისაზღვრება $\Sigma_{\sigma} S'_0$ ცხრილ 21-ში მოყვანილი შესაბამისი $\Sigma_{\sigma} S_0$ და $\Sigma_{\sigma} S_{\text{ღ}}$ სიდიდეების დახმარებით. სათანადო ცნობარებში მოყვანილი გაბნეული რადიაციის ინფორმაციის გამოყენებით პორიზონტალურ ზედაპირზე მონმენდილი ცისა და ღრუბლიანობის პი-

რობებში გამოითვლება ჯამური რადიაციის თვითური ჯამების სიდიდეები, რომლებიც ახასიათებენ პუნქტის ან გარკვეული ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალს ღრბულიანობის რეჟიმის მახასიათებლებთან ერთობლიობაში.

როგორც აღინიშნა, ინფორმაციის მოცულობის გაზრდის მიზნით, რაც ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენს მზის ენერგიის კადასტრის დეტალიზაციის პროცესში ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა ა. კოტარიას ფორმულა:

$$\Sigma_{\infty} S_{\Sigma} = \Sigma_{\infty} Q_0 [1 - (1 - 0.33 - 0.35H)n(1 - 0.1H)] \quad (4.31)$$

გამოთვლის შედეგები მოცემულია ცხრილ 23-ში. $\Sigma_{\infty} S_{\Sigma}$ -ს სიდიდეები ჰორიზონტალურ ზედაპირზე გამოთვლილი იქნა საქართველოს დაბლობი და მთიანი რაიონებისათვის მათ შორის არაგვის, ალაზნის, ენგურის, მტკვრის ხეობების 40 პუნქტისათვის. ცხრილ 23-ში მოცემულია (4.31)-ით გამოთვლილი ჯამური რადიაციის თვითური ჯამების სიდიდეები (კკალ/სმ²). ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე H -თვითური ჯამების $\Sigma_{\infty} Q_0$ -ის და $\Sigma_{\infty} S_0$ -ის სიდიდეების დამოკიდებულების დასადგენად აგებული იქნა $\Sigma_{\infty} Q_0 = f(H)$ და $\Sigma_{\infty} S_0 = f(H)$ ფუნქციის გრაფიკები (ნახ. 17, 18) და გამოთვლილი იქნა $\Sigma_{\infty} Q_0$ -ის ვერტიკალური გრადიენტების სიდიდეები (კკალ/სმ²თვე 100 მ სიმაღლეზე) სადგურის თბილისისა და მ/მ/ ყაზბეგის მრავალწლიური ინფორმაციის საფუძველზე. ამ გრაფიკით გამოთვლილი $\Sigma_{\infty} Q_0$ -ის მნიშვნელობები 40 პუნქტისათვის მოცემულია ცხრილ 23-ში.

როგორც გამოთვლები სშედეგებმა გვიჩვენა, ნელინადის განმავლობაში $\Delta \Sigma_{\infty} Q_0 / 100$ მ იცვლება 0.05-0.17 (კკალ/სმ²თვე) ზღვრებში მინიმუმით ზამთრის და მაქსიმუმით ზაფხულის პერიოდში. ვერტიკალური გრადიენტის საშუალო სიდიდეები მერყეობენ გაზაფხულის თვეებში 0.11-

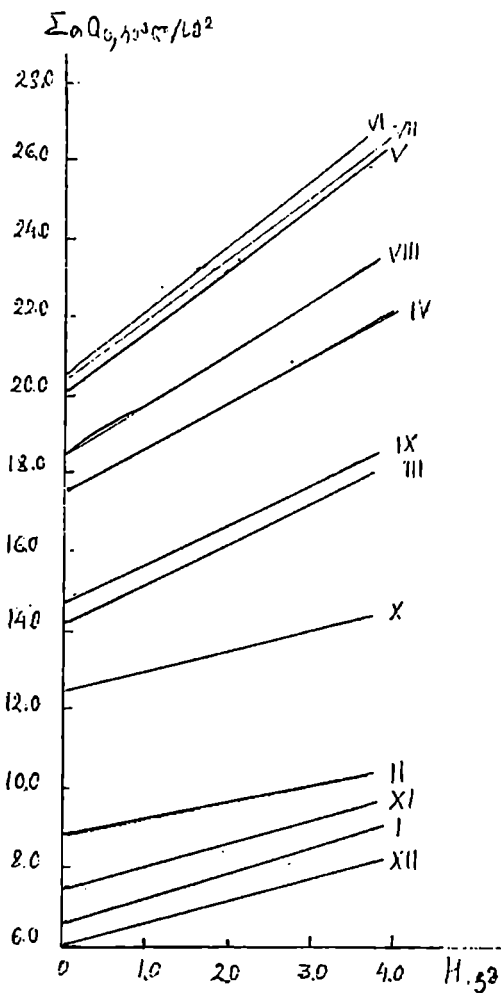
0.16, ზაფხულის 0.13-0.17, შემოდგომაზე 0.05-0.10, ზამთარში 0.05-0.06 (კკალ/სმ²თვე 100 მ სიმაღლეზე) ზღვრებში. ჯამური რადიაციის თვიური ჯამების ΣQ_0 ვერტიკალური გრადიენტი წლის განმავლობაში დადებითია რაც მიუთითებს იმ გარემოებაზე, რომ წელიწადის განმავლობაში მოწმენდილი ცის პირობებში ΣQ_0 -ის სიდიდეები სადგურ მ/მ ყაზბეგზე მეტია, ვიდრე თბილისში.

ცხრილი 22°

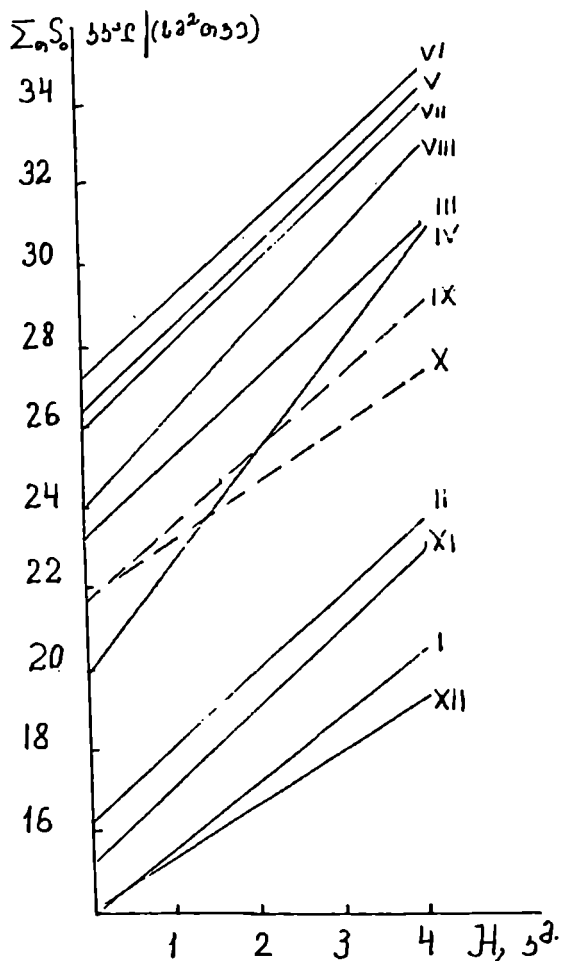
ΣQ_0 -ის ვერტიკალური გრადიენტების წლიური მსვლელობა
(კკალ/სმ²თვე 100 მ სიმაღლეზე)

$\frac{\Sigma Q_0}{100}$ კკალ/სმ 2თვე 100მ	I	II	III	IV	V	VI
	0.065	0.046	0.110	0.120	0.160	0.170

$\frac{\Sigma Q_0}{100}$ კკალ/სმ 2თვე 100მ	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	0.160	0.130	0.100	0.052	0.062	0.059



ნახ. 17 დამოკიდებულება $\Sigma Q_0 = f(H)$ მონმენდილი ცის
შემსთვევაში



ნახ. 18 დამოკიდებულება $\Sigma \sigma^2 = f(H)$ მონმენდილი ცის შემ-
თხვევაში

Σ₉₀ -ის მნიშვნელობები მონმენდილი ცის შემთხვევაში
კკალ/სმ²

პუნქტი	H18	თვე					
		I	II	III	IV	V	VI
1	2	3	4	5	6	7	8
წნორი	294	6.6	8.9	14.5	17.8	20.8	21.2
კიროვობადი	312	6.6	8.9	14.5	17.8	20.8	21.2
ლაგოდეხი	362	6.7	8.9	14.5	17.9	20.8	21.3
გურჯაანი	410	6.8	8.9	14.6	18.0	21.0	21.4
ნაფარეული	423	6.8	8.9	14.6	18.0	21.0	21.4
ყვარელი	449	6.8	8.9	14.7	18.0	21.0	21.4
ზეგაანი	454	6.8	8.9	14.7	18.0	21.0	21.4
ზაქათალა	487	6.8	9.0	14.7	18.1	21.1	21.5
წინანდალი	560	6.9	9.0	14.7	18.2	21.2	21.6
ახმეტა	567	6.9	9.0	14.7	18.2	21.2	21.6
თელავი	568	6.9	9.0	14.7	18.2	21.2	21.6
ჯოყოლო	663	7.0	9.1	14.8	18.3	21.3	21.8
სიღნაღი	795	7.1	9.1	15.0	18.4	21.6	22.1
დედოფლისწყარო	800	7.1	9.1	15.0	18.4	21.6	22.1
თბილისი	403	6.8	8.9	14.6	18.0	21.0	21.4
მუხრანი	550	6.9	9.0	14.7	18.2	21.2	21.6
დუშეთი	922	7.1	9.1	15.2	18.6	21.7	22.3
ფასანაური	1070	7.2	9.2	15.3	18.8	22.1	22.6
ბურსაჭირი	1760	7.7	9.5	16.0	19.6	23.2	23.8
გუდაური	2194	8.0	9.7	16.5	20.1	23.9	24.5
ჯვრის უღელტ.	2395	8.1	9.8	16.6	20.3	24.3	24.9
მმ ყაზბეგი	3653	8.9	10.4	18.1	21.8	26.3	27.0
ანაკლია	3	6.5	8.7	14.2	17.5	20.3	20.7
გალი	63	6.6	8.7	14.2	17.6	20.4	20.7
ზუგდიდი	117	6.6	8.8	14.3	17.6	20.5	20.8
ჯვარი	263	6.7	8.8	14.4	17.8	20.7	21.1
ხაიში	730	7.0	9.1	15.0	18.4	21.5	22.0
მესტია	1441	7.5	9.4	15.7	19.2	22.7	23.3
გარდაბანი	300	6.6	8.9	14.5	17.8	20.8	21.2
რუსთავი	374	6.7	8.9	14.5	17.9	20.8	21.3

გორი	588	6.9	9.0	14.8	18.2	21.3	21.7
სკრა	607	6.9	9.0	14.8	18.2	21.3	21.7
ხაშური	690	7.0	9.1	14.9	18.3	21.4	21.9
ბორჯომი	789	7.1	9.1	15.0	18.4	21.6	22.1
ახალციხე	982	7.2	9.2	15.2	18.7	21.9	22.4
ასპინძა	1098	7.2	9.2	15.3	18.8	22.1	22.6
ცემი	1117	7.2	9.2	15.3	18.8	22.1	22.6
აბასთუმანი	1265	7.3	9.3	15.5	19.0	22.3	22.8
ბაკურიანი	1665	7.6	9.5	15.9	19.5	23.0	23.6
ცხრანყარო	2466	8.1	9.8	16.7	20.4	24.3	25.0

პუნქტი	თვე						
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
1	9	10	11	12	13	14	15
წნორი	21.0	18.9	15.0	12.6	7.6	6.2	171.1
კიროვობადი	21.0	18.9	15.0	12.6	7.6	6.2	171.1
ლაგოდეხი	21.1	19.0	15.1	12.7	7.6	6.2	171.8
გურჯაანი	21.3	19.1	15.1	12.7	7.6	6.2	172.7
ნაფარეული	21.3	19.1	15.1	12.7	7.6	6.2	172.7
ყვარელი	21.3	19.2	15.2	12.7	7.7	6.3	173.1
ზეგაანი	21.3	19.2	15.2	12.7	7.7	6.3	173.1
ზაქათალა	21.4	19.3	15.3	12.7	7.7	6.3	173.9
წინანდალი	21.5	19.3	15.3	12.7	7.7	6.3	174.4
ახმეტა	21.5	19.3	15.3	12.7	7.7	6.3	174.4
თელავი	21.5	19.3	15.3	12.7	7.7	6.3	174.4
ჯოყოლო	21.6	19.4	15.4	12.8	7.8	6.4	175.7
სიღნაღი	21.8	19.6	15.6	12.9	7.9	6.5	177.6
დედოფლისწყარო	21.8	19.6	15.6	12.9	7.9	6.5	177.6
თბილისი	21.3	19.1	15.1	12.7	7.6	6.2	172.7
მუხრანი	21.5	19.3	15.3	12.7	7.7	6.3	174.4
დუშეთი	22.1	19.7	15.6	12.9	7.9	6.5	178.7
ფასანაური	22.4	20.0	15.8	13.0	8.1	6.6	181.1
ბურსაჭირი	23.5	20.9	16.5	13.4	8.4	7.0	189.5
გუდაური	24.3	21.4	17.0	13.6	8.7	7.3	195.0
ჯვრის უღელტ.	24.6	21.7	17.2	13.7	8.8	7.4	197.4
მმ ყაზბეგი	26.6	23.4	18.5	14.4	9.6	8.1	213.1
ანაკლია	20.6	18.5	14.7	12.5	7.4	5.9	167.5
გალი	20.6	18.6	14.7	12.5	7.4	6.	168.0

ზუგდიდი	20.7	18.7	14.8	12.5	7.5	6.0	168.0
ჯვარი	21.0	18.9	15.0	12.6	7.6	6.2	168.8
ხაიში	21.8	19.5	15.5	12.9	7.8	6.4	170.8
მესტია	23.0	20.5	16.2	13.2	8.3	6.8	176.9
გარდაბანი	21.0	18.9	15.0	12.6	7.6	6.2	185.5
რუსთავი	21.1	19.0	15.1	12.7	7.6	6.2	171.1
გორი	21.5	19.3	15.3	12.8	7.8	6.3	171.6
სკრა	21.5	19.3	15.3	12.8	7.8	6.3	174.9
ხაშური	21.7	19.5	15.4	12.8	7.8	6.4	174.9
ბორჯომი	21.8	19.6	15.6	12.9	7.9	6.5	176.2
ახალციხე	22.2	19.8	15.7	13.0	8.0	6.6	177.6
ასპინძა	22.4	20.0	15.7	13.0	8.1	6.6	179.9
ცემი	22.4	20.0	15.8	13.0	8.1	6.6	181.1
აბასთუმანი	22.6	20.2	16.0	13.1	9.3	7.3	184.7
ბაკურიანი	23.3	20.7	16.4	13.3	8.4	7.0	188.2
ცხრანყარო	24.7	21.8	17.2	13.7	8.9	7.4	198.0

საქართველოს პირობებში ჯამური რადიაციის თვითური (სეზონური წლიური) ჯამების გამოსათვლელად საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში მიზანშეწონილია ა. კოტარიას ფორმულის გამოყენება, ვინაიდან ეს ფორმულა მიღებულია საქართველოს აქტინომეტრიული ქსელის ინფორმაციის გამოყენების საფუძველზე: ამ ფორმულით გამოთვლილი საშუალო წლიური ჯამები განსხვავდებიან დაკვირვებების შედეგად მიღებული სათანადო ჯამებისაგან საშუალოდ 1.5%-ით. ცალკეულ შემთხვევაში გადახრების ექსტრემალური მნიშვნელობები მერყეობენ 7-8%-ის ზღვრებში.

როგორც ამ ცხრილიდან მოყვანილი ინფორმაციის ანალიზიდან და ნახ. 17-დან ჩანს, საქართველოს ტერიტორიაზე ჯამური რადიაციის თვითური ჯამები $\Sigma Q_{\text{წ}}$ საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში დეკემბერ-იანვარში მერყეობენ 3.8-6.8 კკალ/სმ² თვე ზღვრებში, ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდის შემთხვევაში $\Sigma Q_{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები მატულობენ: დეკემბერში 6.8 კკალ/სმ² თვემდე, ივნისში 18.5 კკალ/სმ² თვემდე (მ/მ ყაზბეგი).

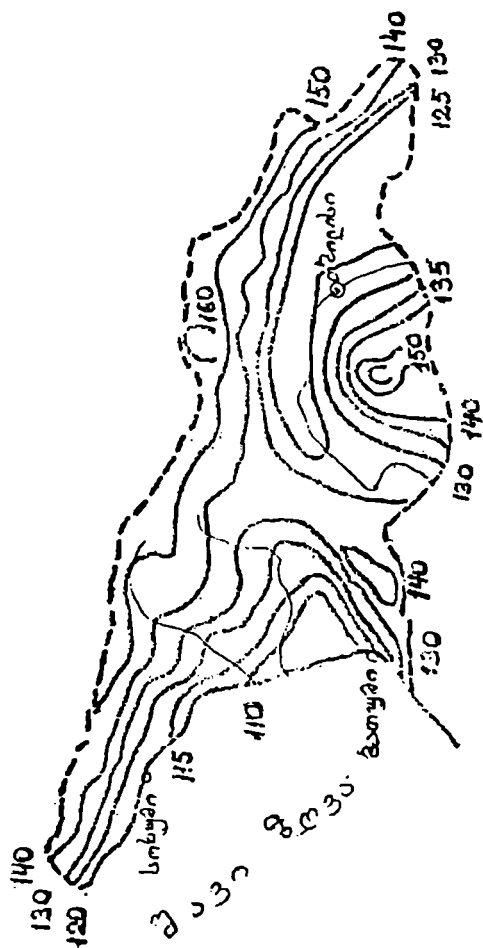
$\Sigma_{\text{ფო}}$ -ის სიდიდეები კკალ/სმ²

პუნქტი	თვე					
	I	II	III	IV	V	VI
1	2	3	4	5	6	7
გურჯაანი	4.8	6.5	8.6	11.0	12.8	15.0
ნაფარეული	4.7	6.7	8.8	10.7	12.0	14.5
ახმეტა	5.0	6.6	9.3	12.0	14.0	16.30
გარდაბანი	5.1	6.8	9.2	11.4	13.8	15.9
მუხრანი	4.7	6.5	9.0	12.	13.5	15.0
დუშეთი	5.4	7.0	9.5	12.4	14.8	15.8
ჯავა	5.4	7.4	10.0	13.5	15.7	17.0
გორი	4.9	6.1	9.4	12.3	14.30	15.7
სკრა	5.2	6.0	8.9	13.4	16.1	15.6
რადიონოვკა	5.5	8.3	11.0	14.4	16.4	17.0
ბაკურიანი	5.2	7.1	10.0	13.0	15.0	16.0
აბასთუმანი	5.0	6.4	9.5	12.5	14.5	16.2
საირმე	4.9	6.6	9.2	12.4	14.2	14.9
საქარა	4.4	6.2	8.8	11.5	14.0	14.8
ქუთაისი	4.3	5.9	8.3	11.0	13.0	14.5
წყალტუბო	4.2.	6.0	8.4	11.0	13.0	14.4
ბახმარო	5.3	7.5	10.5	14.0	16.4	17.0
ბათუმი	4.3	5.4	7.8	10.0	13.0	11.8
ფოთი	4.0	5.3	8.0	10.0	13.0	12.0
სენაკი	3.9	5.2	8.0	10.9	14.2	14.8
ანაკლია	4.1	5.6	8.0	11.0	12.9	14.5
ზუგდიდი	4.0	5.4	8.1	11.3	13.1	14.5
სიხარული	3.7	5.5	8.0	10.2	12.9	14.7
შირაქი	5.2	7.1	9.5	12.0	14.3	16.5
ფასანაური	6.4	6.8	8.4	10.6	12.0	13.5
ბურსაჭირი	5.8	7.9	8.9	11.5	12.9	13.1
მლეთა	5.5	7.2	9.8	12.5	14.0	14.2
სოხუმი	3.7	5.2	8.5	11.7	14.0	13.8
წნორი	4.3	5.7	9.1	11.4	13.7	15.0
ლაგოდეხი	4.3	5.6	8.8	11.1	13.3	14.9
ყვარელი	4.6	5.9	9.5	11.7	14.1	15.6

ხეშააგი	4.7	6.0	10.1	12.6	14.7	15.6
წინანდალი	5.0	6.2	10.4	12.7	14.4	16.4
თელავი	5.0	6.3	10.0	12.6	14.8	16.2
ჯოჯოლო	5.2	6.5	10.4	12.8	14.9	16.1
სიღნაღი	5.6	7.11	11.4	14.2	17.1	17.9
დედოფლისწყარო	5.4	6.9	10.9	13.4	16.4	17.5
თბილისი	4.5	5.8	9.3	11.7	13.9	15.2
გალი	3.6	4.7	7.5	9.7	11.6	12.4
ჯვარი	4.1	5.2	8.2	10.9	13.0	13.9
ხაიში	5.2	6.7	11.1	14.2	16.5	17.6
რუსთავი	4.4	5.8	9.0	11.6	13.7	14.7
ხაშური	5.0	6.5	10.4	13.4	15.8	16.0
ბორჯომი	5.3	6.8	11.1	14.0	16.2	16.9
ახალციხე	5.8	7.4	12.2	15.1	17.0	17.5
ასპინძა	5.9	7.8	10.9	15.7	17.5	17.6
ცემი	6.0	7.6	12.0	15.6	17.8	18.0
გუდაური	6.0	7.7	10.8	13.8	15.2	15.8
ჯვრის უღელტეხ.	6.2	8.9	12.0	15.1	17.2	17.0
მმ ყაზბეგი	6.8	9.3	14.0	16.9	20.0	18.5

პუნქტი	თვე					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	8	9	10	11	12	13
გურჯაანი	15.2	14.0	10.7	8.3	5.2	4.2
ნაფარეული	14.5	13.8	10.1	8.3	5.4	1.3
ახმეტა	16.0	13.6	11.0	8.7	5.5	4.7
გარდაბანი	15.9	13.8	11.5	8.7	5.5	4.7
მუხრანი	15.0	13.5	11.2	8.5	5.2	4.5
დუშეთი	15.8	14.0	11.4	8.8	5.7	4.8
ჯავა	17.0	16.0	13.0	9.5	6.2	5.0
გორი	15.7	15.0	12.0	8.6	5.7	4.8
სკრა	15.6	16.3	12.9	9.0	6.2	4.5
რადიონოვკა	17.0	16.5	13.1	10.3	6.54	5.7
ბაკურიანი	16.0	15.0	12.5	9.0	6.1	5.0
აბასთუმანი	16.2	15.4	12.5	8.8	6.0	5.0
საირმე	14.9	14.33	11.3	8.8	6.0	5.1
საქარა	14.8	13.7	11.4	8.6	5.7	4.5
ქუთაისი	14.5	13.1	11.0	8.3	5.3	4.3

წყალტუბო	14.4	13.0	11.0	8.2	5.5	4.3
ბახმარო	17.0	15.2	12.4	9.5	6.6	5.2
ბათუმი	11.8	12.5	9.5	8.0	5.2	4.3
ფოთი	12.0	12.9	10.5	8.0	5.2	4.1
სენაკი	14.3	12.0	10.2	8.0	5.1	4.0
ანაკლია	14.0	13.0	11.0	7.9	5.0	4.2
ზუგდიდი	13.5	13.0	10.5	8.0	5.0	4.1
სიხარული	15.0	14.0	11.5	7.9	5.2	3.6
შირაქი	16.7	15.5	12.0	9.0	5.6	4.8
ფასანაური	14.2	13.6	10.8	9.5	6.1	5.0
ბურსაჭირი	13.5	13.0	11.2	8.8	6.5	5.1
მლეთა	13.9	13.0	10.0	7.9	6.1	4.9
სოხუმი	14.5	14.0	11.8	8.0	4.8	3.8
წნორი	15.5	14.4	10.9	8.8	4.9	4.0
ლაგოდეხი	15.4	14.2	10.7	8.8	4.8	4.1
ყვარელი	16.0	14.8	11.2	9.1	5.1	4.3
ხეშააგი	16.6	14.8	11.7	9.3	5.4	4.4
წინანდალი	16.3	15.2	11.9	9.4	5.5	4.5
თელავი	16.5	15.2	11.8	9.5	5.5	4.6
ჯოყოლო	16.4	14.9	11.5	9.6	5.7	4.8
სიღნაღი	18.5	16.8	12.9	10.6	6.2	5.2
დედოფლისწყარო	17.9	16.5	12.6	10.8	6.0	5.1
თბილისი	15.8	14.5	11.2	9.0	4.9	4.1
გალი	12.1	11.9	10.0	8.4	4.6	3.6
ჯვარი	13.0	12.8	10.6	8.8	5.1	4.0
ხაიში	17.7	16.4	12.9	10.3	6.0	4.9
რუსთავი	15.4	14.1	10.7	9.0	4.9	4.1
ხაშური	15.6	13.8	10.5	8.9	5.2	4.0
ბორჯომი	16.8	15.2	12.0	9.2	6.0	5.0
ახალციხე	18.0	15.6	12.5	10.0	6.5	5.4
ასპინძა	18.2	15.9	12.8	10.0	6.5	5.7
ცემი	18.1	16.2	13.1	10.6	6.6	5.5
გუდაური	16.0	14.0	11.2	9.0	6.4	5.5
ჯვრის უღელტეხ.	15.9	12.9	10.9	8.5	6.9	5.8
მმ ყაზბეგი	17.5	14.9	12.9	11.0	7.8	6.8



ნახ. 19. ჯამური რადიაციის განაწილება, კალ/სმ²წელი

ნახ. 19. ჯამური რადიაციის განაწილება, კალ/სმ²წელი

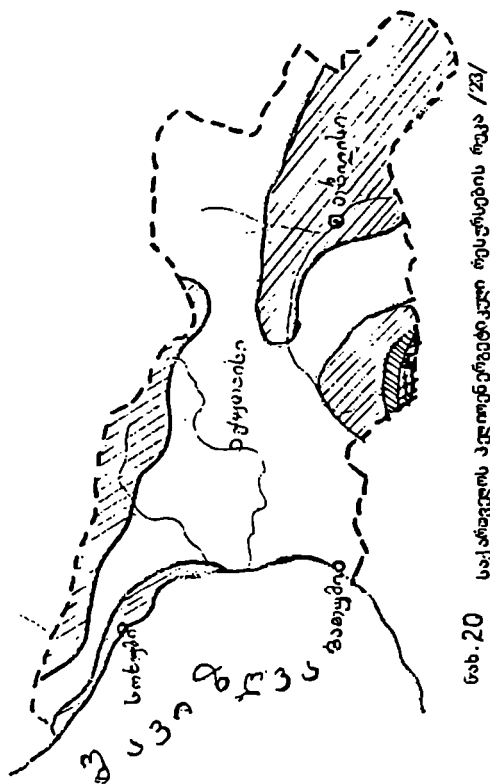
თავი V

საქართველოს მთიანი და მაღალმთიანი ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსებით დარაიონების კომპლექსური მახასიათებლების ანალიზი

ამჟამად არსებული კონცეფციის თანახმად, ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული კადასტრის დამუშავების ამოსავალი პრინციპები გამომდინარეობენ იქიდან, რომ სწორად იქნეს შეფასებული მზის ენერგიის შესაძლო უკუგების რეჟიმი, რის მიღწევა ხდება შესაძლებელი მზის ენერგიის პრაქტიკული გამოყენების გზების და მათი რეალიზაციის მიზანშეწონილი ფორმების ძიებით. ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების კომპლექსურ შეფასებას საფუძვლად დაედო განახლებადი ენერგორესურსების ზოგადი მეთოდოლოგიური პრინციპები, რომლებიც დამუშავებული იქნა (8,9, 21) შრომებში.

(23)-ში მოცემულია ამიერკავკასიის ტერიტორიის დარაიონება ჰელიოენერგეტიკული რესურსების პოტენციალის მიხედვით მზის რადიაციის და მზის ნათების ხანგრძლივობის – ამ ორი ძირითადი კადასტრული მახასიათებლების ალბათური შეფასებების საფუძველზე. აქვე მოცემულია საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება. ამ მიზნით ფაქტიური ინფორმაციის გარდა გამოყენებული იქნა გამოთვლითი მეთოდებით მიღებული შედეგები. (23)-ში გაანალიზებული ინფორმაცია და მიღებული რუკები გვიჩვენებენ, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე პოლიენერგეტიკული დანადგარების გამოყენების მიზნით პერსპექტიულ სეზონად ითვლება პერიოდი მაისიდან ოქტომბრის ჩათვლით. ამ პერიოდში მზის რადიაციის ნაკადები ხასიათდებიან მაქსიმალური ენერგეტიკული დონით, ხოლო მზის ნათების მაქსიმალური ხანგრძლივობაა წლის ცივ სეზონთან შედარებით. ნახ. 20-ზე მოცემულია საქართველოს ტერიტორიაზე ჰელიოენერგეტიკული რესურსების განაწილების რუკა (23)-დან. ამ რუკას საფუძვლად უდევს ივლისის თვისათვის პორიზონტალურ

ზედაპირზე მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციის ჯამების, მზის ნათების ხანგრძლივობის, საერთო ღრუბლიანობის სიდიდეები. რუკაზე საქართველოს ტერიტორიაზე ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის დონის მიხედვით გამოყოფილია 4 ზონა: ა,ბ,ვ,გ ზონები. პირველი ა ზონას განეკუთვნებიან ის რაიონები რომლებიც მაქსიმალურად უზრუნველყოფილია მზის ენერგიის რესურსებით: ამ რაიონს ეკუთვნის ჯავახეთის ზეგანის ვიწრო სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილი. აქ ივლისში $\Sigma_{\text{ა}}^{\text{ა}}$ და $\Sigma_{\text{ა}}^{\text{ბ}}$ სიდიდეები აღემატებიან 14.0 და 20.0 კკალ/სმ². მზის ნათების ხანგრძლივობის წლიური ჯამები ამ ზონაში მერყეობენ 2200-200 საათის ზღვრებში. მონმენდილდღეთა რიცხვი აღწევს 120-ს წელიწადში. ხოლო ივლისში მზის ნათების ხანგრძლივობა აღემატება 350 საათს. ჰელიოდანადგარების მუშაობის დრო ამ ქზონაში 900-1000 საათს აღწევს.



ნახ. 20 საქართველოს პელიოენერგეტიკული რესურსების რუკა / 23/



ნახ. 20 საქართველოს პელიოენერგეტიკული რესურსების რუკა (23)

მეორე ზონაში შედის ჯავახეთის ზეგანის სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილის ჩრდილოეთი ზოლი. ამ ზონაში მზის პირდაპირი რადიაციის ივლისის ჯამები შეადგენენ 12.0-14.0 კკალ/სმ²თვეს, ხოლო ჯამური რადიაციის ივლისის ჯამები მერყეობენ 19.0-21.0 კკალ/სმ² თვეს ზღვრებში ამ ზონანი წელიწადის განმავლობაში მოწმენდილ დღეთა რიცხვი მერყეობს 65-90-ის საზღვრებში, ხოლო მზის ნათების ხანგრძლივობა (წელიწადში) 2300-2500 საათის საზღვრებში, ხოლო ივლისში 300-8520 საათის საზღვრებში. ზაფხულის განმავლობაში ჰელიოენერგეტიკული დანადგარების შესაძლო სამუშაო დრო მერყეობს 800-900 საათის საზღვრებში.

მესამე ვ ზონას განეკუთვნება დიდი და მცირე კავკასიონის მაღალი და შუამთის რაიონები, აფხაზეთის შავი ზღვის სანაპირო, შიდა და ქვემო ქართლის დაბლობები, ალაზნის ველი, ივრის ზეგანი, შირაქის ვაკე. ივლისში $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები საშუალოდ შეადგენს 10.0-11.0 კკალ/სმ²თვეში, ხოლო $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები -18.0-19.0 კკალ/სმ²თვეში. ზაფხულის თვეებში ჰელიოენერგეტიკული დანადგარების შესაძლო სამუშაო დრო მერყეობს 650-800 საათის ზღვრებში. აქ წელიწადში მოწმენდილ დღეთა რიცხვი მერყეობს 50-65-ის ზღვრებში. მზის ნათების საშუალო წლიური ხანგრძლივობა შეადგენს 2000-2500 საათს.

მეოთხე ბ ზონას განეკუთვნებიან დიდი კავკასიონის მაღალმთიანი რაიონები, ჯავახეთის ქედის აღმოსავლეთ ნიწამთა და თრიალეთის ქედის სამხრეთი ფერდობები, კოლხეთის დაბლობი, აჭარის ზღვისპირეთის რაიონები და შიდა აჭარა (აჭარის რეგიონი). ივლისში $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ შეადგენს 7.05-8.5კკალ/სმ²თვე, $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ კი 15.0-18.0 კკალ/სმ²თვეს, წლის განმავლობაში მზის ნათების ხანგრძლივობა შეადგენს 1800-2000 საათს,| მოწმენდილ დღეთა რიცხვი კი მერყეობს 35-50-ის ზღვრებში. ჰელიოენერგეტიკული დანადგარების პოტენციალური სამუშაო დრო ზაფხულში შეადგენს 500-600 საათს. აღსანიშნავია ის გარემოება რომ მზის ნათების ხან-

გრძლივობის სადღელამისოშორისი ცვალებადობა თუ აზონაში შეადგენს 20%-ზე ნაკლებს, მეოთხე გზონაში იგი აღწევს 60-70%-ს, ხოლო მეორე და მესამე ზონებში შესაბამისად ტოლია 25-30% და 40-50%-ისა. (23) ში ხაზგასმულია, რომ ზღვის დონიდან პუნქტის სიმაღლის ზრდის შემთხვევაში ადგილი აქვს მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციების ენერგეტიკული სიმძლავრის ზრდას. ამის შედეგად (23)-ში დიდი და მცირე კავკასიონის მაღალმთიანი რაიონები მიეკუთვნება ჰელიოენერგეტიკული რესურსების გამოყენების ნაკლებ პერსპექტიულ (გზონა) ზონას, აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობ რაიონებთან და მთიან ტაფობებთან შედარებით, რომლებისთვის დამახასიათებელია მზის რადიაციის რეჟიმის მაღალი მდგრადობა და წლის თბილ პერიოდში მოწმენდილი ამინდის სიჭარბე. უნდა აღინიშნოს რომ (23)-ში მოცემულია მზის რადიაციაზე (პირდაპირი ჯამური რადიაცია) და მზის ნათების ხანგრძლივობაზე საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული მრავალწლიური დაკვირვებების კლიმატოლოგიური განზოგადოების და გამოთვლების შედეგად მიღებული მონაცემები (გამოთვლები ჩატარდა ჯამური რადიაციის ჯამების შემთხვევაში ა. კოტარიას, ხოლო მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამების შემთხვევაში ზ. სივკოვის ფორმულით), რომლებიც საფუძვლად დაედო საქართველოს ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული კადასტრის შედგენას. აქვე მოტანილია მტკიცება იმის შესახებ, რომ ადგილის აბსოლუტური სიმაღლე მიუხედავად იმისა, რომ მის ზრდასთან დაკავშირებულია მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციის კანონზომიერი მატება, არ თამაშობს გადამწყვეტი ფაქტორის როლს მთიანი რეგიონის მორფოლოგიურად რთული ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დონის ფორმირებაში. უნდა აღინიშნოს, რომ (7)-ში მოცემულია საქართველოს ტერიტორიის კომპლექსური ჰელიოენერგეტიკული დარაიონება, მოცემულია ჰელიოენერგეტიკული რესურსების რუკა ივლისის თვისათვის (ნახ. 21). როგორც ნაჩვენებია (7)-ში ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციების, მზის ნათების ხანგრძლივობის ივლისი-

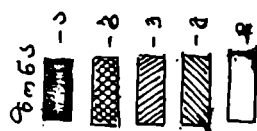
სათვის მრავალწლიური ჯამების საქართველოს ტერიტორიაზე განაწილების ანალიზის შედეგად, შესაძლებელია მისი ფართობის 5 პელიონერგეტიკულ ზონად დაყოფა. პირველად ა ზონას მიეკუთვნებიან აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოს, აგრეთვე დიდი კავკასიონის (ჰკმ-ზე ზევით განლაგებული) ის რაიონები, სადაც მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციის თვიური ჯამები ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ივლისის თვეში მერყეობენ შესაბამისად 10.0-12.0 და 15.0-18.0 კკალ/სმ²-ის ზღვრებში, მზის ნათების ხანგრძლივობა 290-320 საათის ზღვრებში, ნელინადის განმავლობაში მოწმენდლ დღეთა რიცხვი აქ მერყეობს 65-80-ის ზღვრებში, პელიოდანადგარის მუშაობის ხანგრძლივობა ნელინადის განმავლობაში მერყეობს 2000-2200 საათის ზღვრებში, საერთო ღრულიანობა კი ივლისში 4.5-5.0-ის ზღვრებში. ამ ზონაში შედის ივრის ზეგანი, ჯაეახეთის ზეგანი, მისი სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილი, და როგორც აღინიშნა, დასავლეთი და ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანი რაიონების ჰკმ-ზე ზევით განლაგებული ტერიტორიის ნაწილი.

მეორე ბ ზონას უკავია აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობი რაიონები, აფხაზეთის შავი ზღვის სანაპირო, სამხრეთ საქარველოს მთიანეთის მნიშვნელოვანი ნაწილი, კავკასიონის ჩრდილო-დასავლეთის და ცენტრალური ფერდობების რიგი რაიონები. ივლისის თვის განმავლობაში აქ მოსული $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ და $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ის სიდიდეები მერყეობენ შესაბამისად 9.0-11.0 და 16.0-17.0 კკალ/სმ²-ის ზღვრებში, საერთო ღრუბლიანობა 4.6-5.0-ის ზღვრებში, მზის ნათების ხანგრძლივობა ნელინადის განმავლობაში 2200-2400 საათის ზღვრებში, პელიოდანადგარების მუშაობის ხანგრძლივობა ნელინადში 1300-2000 საათის ზღვრებში, მოწმენდილ დღეთა რიცხვი ნელინადში 55-65-ის ზღვრებში.

მესამე ვ ზონაში შედია დიდი და მცირე კავკასიონის წინა და



ნახ. 21. პულიონერგეტიკული რესურსები /7/



ნახ. 21. პულიონერგეტიკული რესურსები (7)

შუამთის რაიონები, რომლებიც განლაგებულია, როგორც აღმოსავლეთის ძირითადად ასევე დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე. ამ რაიონებში $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ და $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ ივლისში მერყეობენ შესაბამისად 6.0-9.0 და 14.0-16.0 კკალ/სმ²-ის ზღვრებში. მზის ნათების ხანგრძლივობა წელიწადში მერყეობს 2000-2200 საათის ზღვრებში, მონმეცნილ დღეთა რიცხვი წელიწადში 50-60-ის ზღვრებში, საერთო ღრუბლიანობა (ივლისში) 5.0-5.5-ის ჰელიოდანადგარების მუშაობის ხანგრძლივობა 1800-1900 საათის ზღვრებში.

მეოთხე გ ზონას განეკუთვნება კოლხეთის დაბლობი და მისი მიმდებარე წინამთის რაიონებიც, შიდა აჭარის ჩათვლით. $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ და $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ სიდიდეები ივლისში აქ იცვლებიან შესაბამისად 7.0-8.5 და 13.0-14.5 კკალ/სმ²-ის ზღვრებში წელიწადის განმავლობაში, მონმეცნილ დღეთა რიცხვი წელიწადში 40-50-ის, საერთო მოღრუბლულობის სიდიდე ივლისში 6.0-6.5 ბალის, ხოლო ჰელიოდანადგარების მუშაობის ხანგრძლივობა 1700-1800 საათის ზღვრებში.

მეხუთე დ ზონაში შედიან აჭარის წინამთის რაიონები, კოლხეთის დაბლობი და მესხეთის ქედის შავი ზღვისაკენ ორიენტირებული რაიონები, აგრეთვე დიდი კავკასიონის ცალკეული რაიონები, რომლებიც წლის თბილ პერიოდში გამოირჩევიან ოროგრაფიული ღრუბლიანობის მაღალი სიდიდეებით (ჯვრის უღელტეხილი). $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ და $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები ივლისში აქ მერყეობენ 6.0-7.0 და 12.0-13. კკალ/სმ²-ის ფარგლებში, მზის ნათების ხანგრძლივობა წელიწადში 1600-1900 საათის, საერთო მოღრუბლულობა ივლისში 7.5-8.0 ბალის, მონმეცნილ დღეთა რიცხვი წელიწადში 3.5-4.0-ის და ჰელიოდანადგარების მუშაობის ხანგრძლივობა 1500-1600 საათის საზღვრებში. ამრიგად (7) და (23)-თან შედარებით მოხდა საქართველოს ტერიტორიის ჰელიოენერგორესურსებით დარაივნების შემდგომი დეტალიზაცია, რაც გამოვლინდა ჰელიოენერგეტიკული ზონების რიცხვის გაზრდით,

მათ დიფერენციაციის საფუძველზე: კერძოდ დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ნაცვლად (23)-ში მოცემული ორი ზონისა (ვ და გ) (7)-ში დასავლეთ საქართველოს ტერიტორია დაყოფილი იქნა 5 ზონგად, აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორია კი ნაცვლად (7)-ში მოცემული სამი (ბ,ვ,გ) ზონის ადაყოფილი იქნა ასევე ხუთ ზონად. სამხრეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ნაცვლად ორი (ბ,ვ) ზონისა დადგენილი იქნა ასევე სამი ზონა, მაგრამ სხვა პელიოენერგეტიკული უფრო მაღალი დონით (პოტენციალით) ეს ზონებია ა,ბ,ვ.

როგორც ცნობილია (53), აქტინომეტრიული ქსელის ორგანიზაციის პროცესში დიდი მნიშვნელობა აქვს სადგურებს შორის, ოპტიმალური მანძილის დადგენის პრობლემას. სადგურებს შორის ოპტიმალური მანძილად იგულისხმება ის მანძილი, რომლის საზღვრებში სადგურებს შორის მონაცემების ინტერპოლაცია იძლევა ისეთივე სიზუსტეს, როგორიცაა დაკვირვებების შედეგად მოცემულ პუნქტში ამასთან ერთად ცხადია რომ აქტინომეტრიული სადგურების დაახლოვება მათ შორის ოპტიმალურ მანძილზე უფრო ახლო არ ზრდის სადგურებს შორის მონაცემების ინტერპოლაციის სიზუსტეს. როგორც ნაჩვენებია (53)-ში დაბლობზე განლაგებულ სადგურებს შორის ოპტიმალური მანძილი იცვლება 100-150 კმ-ის ფარგლებში. როგორც ტერიტორიაზე დამოკიდებულებით რადიაციის თვითური ჯამების სიდიდეებს შორის კავშირის ხარისხის ერთ-ერთი მახასიათებლის კორელაციის კოეფიციენტის შეფასება გვიჩვენებს, დაბლობ რაიონებში r -ის სიდიდე მეტია 0,5-ზე, სადგურებს შორის 200-300 კმ მანძილის შემთხვევაში. ყოფილი საბჭოთა კავშირის ჩრდილოეთით განლაგებულ დაბლობ რაიონებში (ერთგვაროვანი რელიეფით) ადგილი აქვს r -ის მაღალ მნიშვნელობებს 300 და მეტ კილომეტრზე დაშორებული აქტინომეტრიული სადგურების (ამ სახის) მონაცემებს შორის.

როგორც ნაჩვენებია (53, 54)-ში ყოფილი საბჭოთა კავშირის ევროპული ტერიტორიის სამხრეთ ნაწილში ჯამური რა-

დიაციის თვიურ ჯამებს შორის კორელაციის კოეფიციენტის სიდიდე შეადგენს 0.73-ს სადგურებს შორის 100 კმ მანძილის შემთხვევაში. 100-200 კმ მანძილებისათვის ის ტოლია 0.5-ისა. ამრიგად, საქართველოს დაბლობ რაიონებში განლაგებული აქტინომეტრიული სადგურების მონაცემები (რომელთა შორის მანძილი დაახლოებით ამ ფარგლებში იცვლება) შესაძლებელია პელიონერგეტიკული ერსურსების ტერიტორიის საკმაო სიზუსტით დარაიონება. მაგრამ რაც შეეხება მთიან და მაღალმთიან რაიონებს, მათთვის კორელაციის კოეფიციენტის სიდიდეები განიცდიან მნიშვნელოვან ვარიაციებს ღრუბლიანობის ფორმირების პროცესების ლოკალურ პირობებთან დაკავშირებით, რაც განპირობებულია ქვეფენილი ზედაპირის და რელიეფის თავისებურებებით.

რადიაციული ბალანსისა და მისი მდგენელების კერძოდ მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციის სივრცული ცვალებადობის შეფასება მოცემულია ო. დროზდოვის და ა. შეპელევსკის მეთოდში. ამ მეთოდში განხილულია ჰორიზონტალური ქვეფენილი ზედაპირის შემთხვევაში მზის პირდაპირი დაჯამური რადიაციის საშუალო ჰორიზონტალური გრადიენტების სივრცობრივი ცვალებადობის კანონზომიერებები (22). ამ თეორიის თანახმად ორ პუნქტში (მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის) მეტეოროლოგიურ ელემენტებს შორის სხვაობის მათ შორის მანძილზე დამოკიდებულება შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შესაბამისი კვადრატული გადახრის მანძილზე დამოკიდებულებით, ე.ი. სტრუქტურული ფუნქციით, რომელიც წარმოიდგინება ცნობილი ფორმულით:

$$F_{\rho,2} = \sqrt{[(x_1 - x_2) - (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)]^2} \quad (5.1)$$

სადაც x_1 და x_2 არიან მეტეოელემენტების მნიშვნელობები პირველ და მეორე სადგურებზე, $\bar{x}_1$ და $\bar{x}_2$ ელემენტის საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობებია, F სხვაობების საშუალო კვადრატული გადახრა. ამ მეთოდით შეიძლება შე-

ფასდეს რადიაციის ბუნებრივი ცვალებადობა მანძილზე დამოკიდებულებით. ამ მეთოდის გამოყენება ძენლდება აქტინომეტრიულ სადგურებზე არსებული დაკვირვებების რიგების არასაკმარისი ხანგრძლივობის და სადგურებს შორის არსებული დიდი მანძილების შედეგად. ახლო მანძილებზე განლაგებული სადგურების არარსებობის შედეგად ძენლდება ინტერპოლაციის სიზუსტე სიდიდეების მანძილზე დამოკიდებულების მრუდების აგება და მათ შორის ოპტიმალური მანძილის დადგენა, ქსელის რაციონალიზაციისათვის აუცილებელი.

ინტერპოლაციის სიზუსტის შეფასების და სადგურებს შორის ოპტიმალური მანძილის განსაზღვრისათვის აუცილებელ პირობად იგულისხმება სადგურების განლაგების პირობების ერთგვაროვნება. ასეთი სახის გამოკვლევები ჩვეულებრივად ტარდება დაბლობებზე განლაგებული სადგურების მასალების გამოყენებით (გამოიყენება როგორც დაკვირვებების, ასევე რეგისტრაციის შედეგად მიღებული რადიაციული მახასიათებლების ინტერპოლაცია) (22)-ში გაანალიზებული იქნა საბჭოთა კავშირის ევროპულ ტერიტორიაზე განლაგებული 60-70 დაბლობ სადგურებზე ჩატარებული დაკვირვებების (1956-1965 წლები) და 20-30 სადგურზე რეგისტრაციის შედეგად მიღებული მასალები. ჩატარებული ანალიზის შედეგად დადგენილი იქნა, რომ ორ პუნქტზე დაკვირვების შედეგად მიღებულ რადიაციულ მახასიათებლებს შორის არსებული სხვაობების სიდიდეები – F მათ შორის მანძილზე (ρ კმ) დამოკიდებულებით იცვლებიან წრფივად 500-500 კმ მანძილზე თვითური ჯამები სშემთხვევაში. ამასთან ერთად, მაგალითად, ივლისში ჯამური რადიაციის თვითურ ჯამებს შორის კორელაციის კოეფიციენტის r სიდიდე 0-100 კმ მანძილზე განლაგებული სადგურებისათვის შეადგენს 0.73, 100-200 კმ მანძილზე კი 0.50-ს. პირველ შემთხვევაში სადგურთა წყვილების რიცხვი შეადგენდა 4-ს, მეორეში კი 7-ს.

ადგილობრივ ფაქტორების გამორიცხვის მიზნით გამოიყენებიან ჯამური რადიაციის თვითური ჯამების სხვაობების

აბსოლუტური მნიშვნელობების ნაცვლად საშუალო მნიშვნელობებიდან მათი გადახრები.

(22)-ში შემოთავაზებული მათემატიკური საშუალებას იძლევა შეფასდეს ცდომილება არა მარტო დაკვირვებების შემთხვევაში შემთხვევითი ცდომილებებისა და რადიაციული ველის ბუნებრივი (სივრცითი) ცვალებადობის ხარჯზე (f), არამედ მხოლოდ სივრცობრივი ცვალებადობის ხარჯზეც (Φ)

$$f^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) = F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) - \frac{1}{4}F^2(\rho) \quad (5.2)$$

$$\Phi^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) = f^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) - \frac{1}{4}F^2(0) \quad (5.3)$$

სადაც f არის რადიაციული ველის ბუნებრივი სივრცული ცვალებადობა, F - სხვაობების საშუალო კვადრატული გადახრა, ρ - სადგურებს შორის მანძილი, რომლებისთვისაც ტარდება ინტერპოლაცია, Φ ინტერპოლაციის ცდომილება, $F(0)$ - სხვაობების საშუალო კვადრატული გადახრების მრუდის საწყისი ორდინატა.

როგორც სათანადო გამოთვლებმა და აგებებმა აჩვენა, დამოკიდებულებები $f = f(\rho)$, $\Phi = \Phi(\rho)$ ჯამური რადიაციის თვითური ჯამების შემთხვევაში არიან მიახლოებითი, რაც გამომდინარეობს მათ გრაფიკებზე სათანადო წერტილების დიდი გაბნევით. მაგრამ როგორც ავლნიშნეთ, დაბლობ რაიონებში განლაგებული აქტინომეტრიული სადგურებისათვის (მთიანი რაიონებისაგან განსხვავებით) ეს დამოკიდებულებები შეიძლება ჩაითვალოს წრფივად 35"-400 კმ მანძილზე: ჯამური რადიაციის თვითური ჯამებს შორის კორელაციის კოეფიციენტის სიდიდე მათ შორის მანძილის ამ დიაპაზონისათვის არ აღემატება 0.37-ს. რაც შეეხება (კორელაციური კოეფიციენტების სიდიდეებს) ჯამური რადიაციის ყოველდღიურ ჯამებს, ისინი სადგურებს შორის 35 კმ-ს შემთხვევაში შეადგენენ 0,90, 100-150 კმ-ის შემთხვევაში 0,66, 150-250 კმ-ის შემთხვევაში 0.54-ს. ეს შედეგები შეიძლება გამოყენებული იქნეს აქტინომეტრიული სადგურების ქსელის რაცი-

ონალური ორგანიზაციის რეალიზაციისათვის, აქ მოყვანილი დასკვნები აქტინომეტრიული ქსელის სადგურებს შორის მიზანშეწონილი მანძილების და ინტერპოლაციის სიზუსტის შესახებ ეხება მხოლოდ დაბლობ რაიონებს. რაც შეეხება მთაგორიან რაიონებს, მათთვის პირველ შემთხვევაში მიღებული შედეგების და დასკვნების განზოგადოება მიზანშეწონილი არ არის, ვინაიდან რადიაციის ველის ცვალებადობაზე აქ დიდ გავლენას ახდენს სადგურის განლაგება და რელიეფის ფორმების ლოკალური თავისებურებები. ამრიგად, ვინაიდან მთაგორიანი რაიონებისათვის გამორიცხულია რადიაციული ველის მახასიათებლების დიდ მანძილზე იდენტურობის და მათი გავრცელების შესაძლებლობები, ამ ხარვეზის შესავსებად საჭიროა აქტინომეტრიული ინფორმაციის მოცულობის გაზრდის და კონკრეტულ პირობებში ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დადგენის ერთ-ერთ ვარიანტს წარმოადგენს მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობასა და მონშენდილი ცის მდგომარეობის აღბათობას შორის კორელაციური კავშირების დადგენა.

საქართველოს ტერიტორიისათვის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების ერთ-ერთი მთავარი პარამეტრის – ჯამური როადიაციის წლიური ჯამების (ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში) განაწილების რუკა საშუალო მოღრუბლუბლობის პირობებში მოცემულია ნახ. 21-ზე) როგორც ნახაზიდან ჩანს, საქართველოს მთაგორიანი რელიეფის პირობებში $\sum_{\tau} Q_{\tau}$ სიდიდეების ტერიტორიული განაწილების კანონზომიერებებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადგილის აბსოლუტური სიმაღლე, რომლის ზრდის შემთხვევაში $\sum_{\tau} Q_{\tau}$ -ს სიდიდეები მატულობს 110.0-120.0 კკალ/სმ²-დან (0-0.5კმ) 150.0 კკალ/სმ²-მდე (4კმ). დასავლეთ საქართველოს დაბლობ რაიონებში $\sum_{\tau} Q_{\tau}$ -ის სიდიდეები მერყეობენ 110.0-115.0 კკალ/სმ² წელი ფარგლებში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობ რაიონებში 120.0-130.0 კკალ/სმ² წელის

საზღვრებში. დამოკიდებულებები $\sum_{\text{f}} Q_0 = f(H)$ და $\sum_{\text{f}} Q_{\text{ლ}} = f(H)$ სადაც $\sum_{\text{f}} Q_0$ არიან ჯამური რადიაციის წლიური ჯამები მოწმენდილი ცის, ხოლო $\sum_{\text{f}} Q_{\text{ლ}}$ საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში, ანალიტიკურად წარმოიდგინებთან შემდეგი სახით:

მოწმენდილი ცის შემთხვევაში:

კავკასიონის სამხრეთი ფერდობი

$$\sum_{\text{f}} Q_0 = 7030.0 - 578.2H \quad (5.4)$$

მცირე კავკასიონი

$$\sum_{\text{f}} Q_0 = 7026.6 + 557.3H \quad (5.5)$$

საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდობი

$$\sum_{\text{f}} Q_{\text{ლ}} = 4822.7 - 12.1H + 124.3H^2 \quad (5.6)$$

მცირე კავკასიონი

$$\sum_{\text{f}} Q_{\text{ლ}} = 5150.06 + 550.0H \quad (5.7)$$

(5.4-5.7) გამოსახულებებში ჯამური რადიაციის წლიური ჯამები წარმოდგენილია კკალ/მ²-ში H კი კმ-ში. იმ შემთხვევაში როდესაც $\sum_{\text{f}} Q_0$ და $\sum_{\text{f}} Q_{\text{ლ}}$ წარმოდგენილია კკალ/სმ²-ში ეს გამოსახულებები ღებულობენ შემდეგ სახეს:

მოწმენდილი ცის შემთხვევაში, დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდობი

$$\sum_{\text{f}} Q_0 = 167.5 + 13.8H \quad (5.8)$$

მცირე კავკასიონი

$$\sum_{\text{f}} Q_0 = 167.0 + 13.3H \quad (5.9)$$

საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში დიდი კავკასიონის სამხ. ფერდობი

$$\sum_{\text{f}} Q_{\text{ლ}} = 114.5 + 0.288H + 2.96H^2 \quad (5.10)$$

მცირე კავკასიონი

$$\sum \varphi Q_0 = 123.0 + 13.1H \quad (5.11)$$

როგორც ამ დამოკიდებულებების ანალიზიდან ჩანს, როგორც მოწმენდილი ცის, ასევე საშუალო ღრუბლიანობის შემთხვევებში ჯამური რადიაციის წლიური ჯამების სიდიდეები ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას საშუალოდ იზრდება და აღწევენ მაქსიმალურ მნიშვნელობებს მაღალმთიან პირობებში. მაგალითად, 4 კმ სიმაღლეზე ზღვის დონესთან შედარებით წლიური ჯამების სიდიდეები საშუალოდ იზრდება მოწმენდილი ცის შემთხვევაში დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე 55.2 კკალ/სმ²-ით. მცირე კავკასიონის პირობებში 53.2 კკალ/სმ²-ით საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში, დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე 45.8 კკალ/სმ²-ით, მცირე კავკასიონზე 52.4 კკალ/სმ²-ით, რაც მიუთითებს იმაზე რომ კავკასიონის მთიან რეგიონში რადიაციული ველის ენერგეტიკული დონე (სიმძლავრე) გაცილებით მაღალია (მეტი) დაბლობ რაიონებთან შედარებით. ეს გარემოება კი სახავს გარკვეულ პერსპექტივებს ამ რაიონების ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის პრაქტიკული ათვისების წარმატებით განხორციელებისათვის. ამის გათვალისწინებით უნდა ხაზი გაესვას იმ გარემოებას, რომ მთიანი ტერიტორიების (შუამთა, მაღალი მთა) გამოყოფა და მათი გაერთიანება ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალური რესურსების სიდიდეების გარკვეულ ზღვრებში არსებული დონით, რაც მოცემულია (23)-ში არის ხელოვნური, რადგანაც ამ რეგიონის კომპლექსური შგეფასება იმ აღიარებული კომპლექსური ერთობლიობით, რომლებიც საყოველთაოდ მიღებულია დაბლობი რაიონებისათვის (მზის რადიაციის ფიქსირებული ენერგეტიკული დონე, მზის ნათების ხანგრძლივობის და ღრუბლიანობის განსაზღვრული რეჟიმული მახასიათებლები მათი სტრუქტურული თავისებურებების გათვალისწინებით) სინქრონულად ვერ ხერხდება ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ცვალებადობის შედეგად რაც ართულებს აქ არსებული რამდენიმე მაღლივი ზონალური სარტყლის ერთი

განსაზღვრული ენერგეტიკული პოტენციალის მქონე ზონისათვის მიკუთვნებას.

მიუხედავად იმისა, რომ მთიან რაიონებში მზის რადიაციის ენერგეტიკული დონის ამსახველი ჯამური რადიაციის სიდიდეებსა და ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეს შორის არსებობს გარკვეული სახის დამოკიდებულებები, რომლებიც წარმოიდგინება ანალიტიკურად წრფივი ფუნქციების ან მეორე რიგის პარაბოლების სახით, რაც როგორც ჰელიოენერგეტიკული რესურსებით ტერიტორიის შეფასების კრიტერიუმის მნიშვნელოვანი კომპონენტი შესაძლებლობას იძლევა მთიანი რეგიონის რომელიმე მაღლივი სარტყლის განსაზღვრული ჰელიოენერგეტიკული ზონისადმი მიკუთვნებისა. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის რომელიმე გარკვეული ზონისადმი მიკუთვნების დასადგენად ეს პირობა არის აუცილებელი (მხედველობაშია ჯამური რადიაციის წლიური ჯამების სიდიდეების განსაზღვრულ ზღვრებში ცვალებადობის დადგენა) და არა საკმარისი, რადგანაც ძალიან ხშირად ამ კრიტერიუმის მეორე მნიშვნელოვანი კომპონენტი – მზის ნათების ხანგრძლივობის ფუნქციაა (დაბლობი რაიონებისგან განსხვავებით) არა მარტო ღრუბლიანობის, არამედ რთული ოროგრაფიული პირობებისაც, რომლებიც განსაზღვრავენ ჰორიზონტის ჩაკეტილობას ცის თალის ეფექტურ ნაწილში, რაც არ ამჟღავნებს ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე განსაზღვრული დამოკიდებულების ნიშნებს. ამის საილუსტრაციოდ შეიძლება მოყვანილი იქნეს რამდენიმე ტიპური მაგალითი. მაგალითად, სადგურ მმ ყეზბეგზე (3653მ) მრავალწლიური დაკვირვებების მონაცემებით საერთო და ვქეყა იარუსის ღრუბლიანობის რაოდენობა სათანადოდ შეადგენს 5.6 და 4.1 ბალს, მზის ნათების ფაქტიური ხანგრძლივობა წელიწადში საშუალოდ 2150 საათს, ჯამური რადიაციის წლიური ჯამების საშუალო მნიშვნელობა (ნორმა) 6410.0 მჯ/მ^2 -ს პუნქტი ქიურდ-ამირში, რომელიც მდებარეობს მტკვარ-არაქსის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში (2მ). საერთო და ქვედა იარუსის ღრუბლიანობის საშუალო მრავალწლიური სიდიდე-

ბი შეადგენენ 5.5 და 4.2 ბალს, მზის ნათების ხანგრძლივობა საშუალო წელიწადში 2110 საათს, ჯამური რადიაციის წლიური ჯამების მრავალწლიური საშუალო მნიშვნელობა 5421.9 მჯ/მ²-ს. ამრიგად, ამ სადგურებისათვის საერთო და ქვედა იარუსის ღრუბლიანობის მრავალწლიური სიდიდეები ტოლია, რაც შეეხება ჯამური რადიაციის და მზის ნათების ხანგრძლივობის (მრავალწლიურ საშუალო მნიშვნელობებს) ისინი მმ ყაზბეგში მეტია სადგურ ქიურ-ამირთან შედარებით. რაც მიუთითებს იმაზე რომ მმ ყაზბეგის ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალი აღემატება ქიურდ-ამირის პოტენციალს. (ჯამური რადიაციის შემთხვევაში განსხვავება შეადგენს თითქმის 990.0მჯ/მ², ხოლო მზის ნათების ხანგრძლივობაში 40 საათს მმ ყაზბეგის სასარგებლოდ). მაგრამ მიუხედავად ამისა, თანახმად (23)-ში მოყვანილი ჰელიოენერგეტიკული რესურსებით დარაიონების რუკის მონაცემებისა, მმ ყაზბეგი ისევე როგორც დიდი და მცირე კავკასიონის რიგ რაიონებში განლაგებული პუნქტებისა და თვით რაიონები განეკუთვნება ჰელიოენერგეტიკულ რესურსებით ნაკლებად პერსპექტიულ მეოთხე ზონას (ბოლო გ ზონა), ხოლო პუნქტი ქიურდ-ამირი კი მეორე ბ ზონას, მიუხედავად ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის მახასიათებლებში არსებული ზემოთმოყვანილი განსხვავებებისა.

ამრიგად, სადგური მმ ყაზბეგი თავისი პოტენციალური ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დიდი დონით უნდა განეკუთვნოს პირველ ა ზონას (თანახმად 23-ში მოცემული ჰელიოენერგეტიკული რუკისა ეს ზონა ითვლება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე მზის ენერგიის რესურსებით მაქსიმალურად უზრუნველყოფილ ზონად) და არა უკანასკნელ მეოთხე გ ზონას.

მეორე მაგალითი: სადგური მმ არაგაცი ($H = 3229$ m) თანახმად 23-სა მოქცეულია პირველ ა ზონაში მიუხედავად იმისა, რომ საერთო და ქვედა იარუსის ღრუბლიანობის რაოდენობა, მზის ნათების ხანგრძლივობა და ჯამური რადიაციის წლიური ჯამების საშუალო სიდიდეები მრავალწლიური მო-

ნაცემებით თითქმის იგივეა, რაც მმ ყაზბეგზე ($N=5.5$ ბალს, $n=4.3$ ბალს, $\sum_{\text{f}} Q_{\text{f}} = 6500.0 \text{ მჯ/მ}^2$, $S_{\text{f}} = 2520$ საათს). განსხვავება მზის ნათების ხანგრძლივობის სიდიდეებს შორის ამ სადგურებზე განპირობებულია არა ღრუბლიანობის რეჟიმის ცვალებადობით, არამედ ძირითადად ოროგრაფიული ფაქტორით (ჰორიზონტის ჩაკეტილობა მმ ყაზბეგზე მეტია, ვიდრე მმ არაგაცზე). აღნიშნული მაგალითების განხილვის შედეგები მიგვანიშნებს, რომ კავკასიის მთიანი სისტემების პოტენციალური ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დაზუსტების მიზნით გათვალისწინებული უნდა იქნეს ვერტიკალური ზონალობის ფაქტორი და გამოირიცხოს რთულ ოროგრაფიულ პირობებში რელიეფის უარყოფითი ფორმებისათვის დამახასიათებელი ჰორიზონტის ჩაკეტილობა, რაც შესაძლებელს გახდის რომ ობიექტურად შეფასდეს ჰელიოენერგეტიკული რესურსების პოტენციალი მოცემულ აბსოლუტურ სიმაღლეზე. ე.ი. ჰელიოენერგეტიკული რესურსების განსაზღვრა მთიანი რაიონებისათვის უნდა ხდებოდეს კრიტერიუმის იმ მახასიათებლებით, რითაც ფასდება დაბლობი რაიონების ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალი.

ამრიგად, არსებული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე (ჰელიოენერგეტიკული კადასტრის სხვა პარამეტრების პარალელურად (7,23)-ში მოცემულ საქართველოს ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის ტერიტორიული დარაიონების რუკებზე) ჩვენს მიერ კავკასიონის აღმოსავლეთი ნაწილის (მმ ყაზბეგის ჩათვლით) მაღალმთიანი რაიონები 3 კმ მეტ სიმაღლეზე განლაგებული ტერიტორიებით მიკუთვნებულია ჰელიოენერგეტიკული რესურსების (ამ რუკებში მოყვანილი დარაიონების თანახმად) ა ზონას. ამ რაიონის ა ზონისადმი მიკუთვნება მსგავსად (7)-ში მოცემული დასავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანი ზონისა, გამართლებულია არა მარტო აქ ასრებული რადიაციის ენერგეტიკული დონის შესაბამისი სიდიდეებით, არამედ ღრუბლიანობის რეჟიმის თავისებურებებითაც. როგორც ცნობილია (55) საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში კავკასიონის მმ რაიონებში დასავლეთიდან

აღმოსავლეთის მიმართულებით საერთო ღრუბლიანობის (და ნალექების რაოდენობის) შემცირების ტენდენციაა. ამრიგად, (7,23)-ში მოცემული ჰელიოენერგეტიკული რუკების დეტალიზაცია უფრო სწორად ამ რუკაზე მოცემულ ზონებში (რომლებიც მოიცავენ განსაზღვრულ ფართობებს) განლაგებული ცალკეული პუნქტების (სადაც მომავალში შესაძლოა ჰელიოდანადგარების მოწყობა და მათი ექსპლუატაცია) ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის კონკრეტიზაცია შესაძლებელია ჩატარდეს ცხრილ 5-ში მოცემული S და S' ინფორმაციის გამოყენების საფუძველზე, რომელიც მიღებულია დამოკიდებულებების $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ გამოყენებით მოცემი მალღივი ზონისათვის. ამასთან ერთად, ჯამური რადიაციის სიდიდეების (დღიური, თვიური, წლიური ჯამები) მისაღებად რომლებიც მთავარ როლს ასრულებენ ტერიტორიის ცალკეულ ზონებად ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის დონის მიხედვით გაბნეული რადიაციის სიდიდეზე (შესაბამისი ინფორმაციის გამოყენებით) შეიძლება გამოითვალოს ჯამური რადიაციის სიდიდეები ცნობილი ფორმულებით:

$$S' + D = Q \quad \Sigma S' + \Sigma D = \Sigma Q$$

სადაც S' და D არიან მზის პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის ინტენსივობები, ხოლო $\Sigma S'$ და ΣD მათი ჯამები (დღიური, თვიური, წლიური) ამავე მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნეს ლიტერატურაში ცნობილი მეთოდებიდან ა. კოტარიას ემპირიული ფორმულა ჯამური რადიაციის თვიური ჯამების გამოსათვლელად საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში მთიან რაიონებში განლაგებული იმ პუნქტებისათვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ აქტინომეტრიული დაკვირვებების სათანადო ინფორმაცია, მაგრამ აქვთ გნრძელპერიოდული რიგები ღრუბლიანობის რეჟიმზე და მზის ნათების ხანგრძლივობაზე. მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამების გამოსათვლელად შეიძლება წარმატებით ამავე მიზნით გამო-

ყენებული იქნეს სივკოვის ცნობილი (24) ფორმულა, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე:

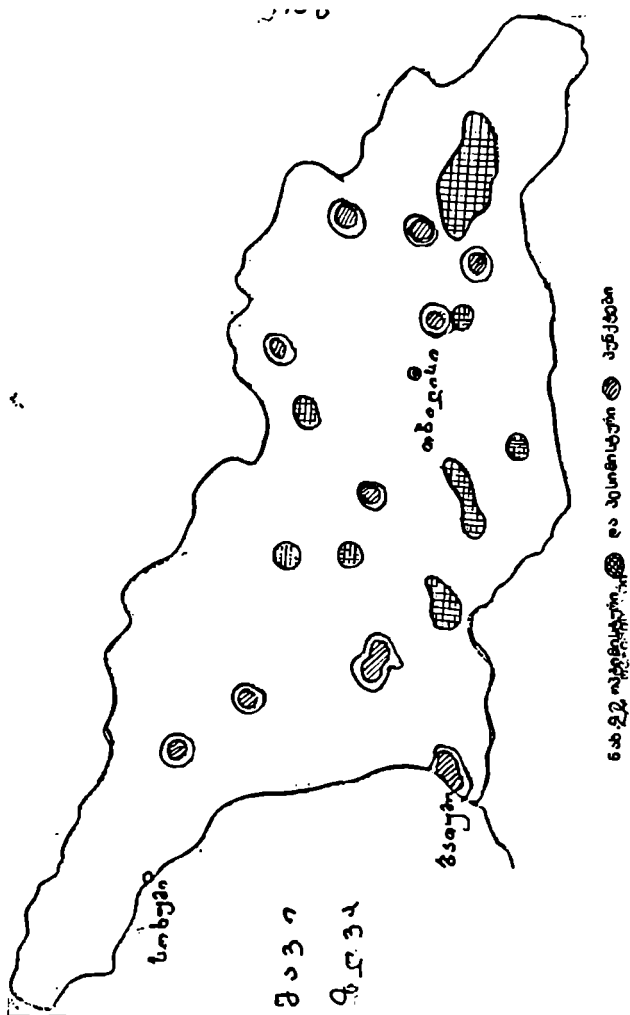
$$\Sigma S_{\text{კ}} = \Sigma S_0 (1 - n_0 + \frac{n + n_f}{2}) \quad (5.12)$$

სადაც $\Sigma S_{\text{კ}}$ და ΣS_0 არიან შესაბამისად მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამები საშუალო ღრუბლიანობის და მონმენდილი ცის პირობებში. n და n_f არიან ღრუბლიანობის ხარისხი საშუალო და ზედა იარუსებისათვის. n_0 ქვედა იარუსის საშუალო ღრუბლიანობა.

გარდა ამ ფორმულისა ΣS გამოსათვლელად არსებობს კობილოვის (17) და უკრაინცევის (18) ფორმულები, რომლებთან შედარებით სივკოვის ფორმულა ავმიერკავკასიის და დაღესტნის პირობებში იძლევა უკეთეს შედეგს, რაზედაც მეტყველებენ შესაბამის სტატისტიკურ მასალაზე მათი აპრობაციის შედეგები. ავმიერკავკასიის პირობებში სივკოვის ფორმულით დაკვირვებების მონაცემებით გამოთვლილ ΣS -ის სიდიდეებს შორის საშუალო განსხვავება შეადგენს 4%, ხოლო ექსტრემალური გადახრები $\pm 10\%$.

საქართველოს ტერიტორიისათვის ჰელიოენერგეტიკული განვითარების შესაძლებლობის წინასწარი მონაცემებით შედგენილი იქნა რუკა სქემა (ნახ. 22) რომელზედაც დაფიქსირდა მზის ენერგიის პრაქტიკული გამოყენებისათვის ოპტიმისტური და პესიმისტური პუნქტების განსაზღვრული რაოდენობა (ოპტიმისტური პუნქტი და რაიონი 8, პესიმისტური პუნქტი და რაიონი 10). პუნქტების და რაიონების დაყოფას ორ კატეგორიად საფუძვლად დაედო (სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში) მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის და მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობის შესაბამისი გრადაციები: პესიმისტური პუნქტების და რაიონებისათვის მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის სიდიდე S სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში ნაკლებია 1.05 კკალ/სმ²წთ-ზე, ხოლო მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობა

(P_{0-2}) მერყეობს 0.21-0.25 ზღვრებში. ოპტიმისტური პუნქტებისა და რაიონებისათვის $S > 1.55$ კალ/სმ²ნთ და P_{0-2} მერყეობს 0.36-0.39 ზღვრებში. ფაქტიურად ამ კრიტერიუმების თანახმად ოპტიმისტური პუნქტების განმსაზღვრელი S -ის სიდიდეებს ადგილი აქვს საქართველოს მალამლთიან რაიონებში ჰკმ-ზე და მეტ სიმაღლეებზე მზის სიმაღლის 45-70 გრადუსის მნიშვნელობებისათვის. 10-45 გრადუსის ფარგლებში S -ის მნიშვნელობები 3 კმ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან მერყეობენ 1.05-1.50 კალ/სმ²ნთ-ის ზღვრებში. რაც შეეხება პესიმისტური პუნქტების განმსაზღვრელ S -ის სიდიდეების გრადაციებს ისინი ჩვეულებრივად აღინიშნებიან დაბლობ რაიონებში, რომელთა სიმაღლე ზღვის დონიდან არ აღემატება 500 მეტრს. მზის სიმაღლეების 10-30 გრადუსის შემთხვევაში. უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე პუნქტების და რაიონების დაყოფისას ოპტიმისტურ და პესიმისტურ ჯგუფებად, მხედველობაში არის მიღებული ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების მახასიათებლებიდან საშუალო მოღრუბლულობა, მზის ნათების ხანგრძლივობა (დღის, სეზონის წელიწადის განმავლობაში) ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში ჯამური და მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამების სიდიდე (ამავე დღის, სეზონის და წელიწადის განმავლობაში), რომლებიც აუცმილებელია ტერიტორიის კომპლექსური ჰელიოენერგეტიკული დარაიონებისას, როგორც ნახაზიდან ჩანს, წალკა, სენაკი და ანასეული აღმოჩნდნენ პესიმისტური სადგურების რიცხვში.



ნახ. 22 ადმინისტრაციული და სოფლისკუთხედი პუნქტები

თავი VI
საქართველოს ტერიტორიის სამხრეთის
ორიენტაციის ფერდობებზე მზის პირდაპირი
რადიაციის წლიური მსვლელობის
კანონზომიერებები

როგორც ცნობილია, საქართველოს ტერიტორიის დიდი ნაწილი უკავია მთაგორიან რაიონებს ძლიერ და ნაწევრებული, რთული რელიეფით, რომელიც ხასიათდება ყოველგვარი ორიენტაციის და დახრილობის ფერდობების და მთიანი რელიეფის სხვა ელემენტების სიუხვით. აქედან გამომდინარე, საქართველოს ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დახასიათებისათვის ბუნებრივია გამოყენებული უნდა იქნეს მზის რადიაციის (პირდაპირი, ჯამური) ჯამების და დასხივების ხანგრძლივობის სიდიდეები სხვადასხვა ორიენტაციის და დახრილობის ფერდობებისათვის. აქ ჩვენ განვიხილავთ სამხრეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე (რომელთა დახრილობა იცვლება 0-90 გრადუსის ფარგლებში) ჯამური რადიაციის წლიური მსვლელობის თავისებურებებს და კანონზომიერებებს ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით ძირითადად ესპერიმენტალური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, რომლებიც მიღებული იქნა ცენტრალური კავკასიონის 0-4 კმ სიმაღლეთა დიაპაზონში რიგი წლების განმავლობაში (25).

როგორც ცნობილია, ფერდობებზე მზის რადიაციის ინტენსივობის გამოთვლებს ლიტერატურაში მიძღვნილი აქვს გამოკვლევების დიდი რაოდენობა, რომელთაგან ერთ-ერთ პირველად შრომად ითვლება პ. სმოლიაკოვის შრომა (26), რომელშიც მოცემულია ნებისმიერად ორიენტირებული დახრილი ზედაპირისათვის მზის რადიაციის ნაკადის გამოსათვლელი ფორმულა. პ. სმოლიაკოვის თანახმად, ფერდობის ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაციის ნაკადი $S_{\text{პ}}$ შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$S_{\text{პ}} = S_{\text{მ}} \cos i \quad (6.1)$$

სადაც $\cos i$ არის მზის რადიაციის ნაკადის სიდიდე სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში დედამიწის ზედაპირზე, როდესაც ატმოსფეროს მასა ტოლია m -ისა, i არის ფერდობზე მზის სხივის დაცემის კუთხე (S_m)-ის სიდიდე აქტინომეტრიულ სადგურებზე იზომება თერმოელექტრული და სხვა სახის აქტინომეტრებით). როგორც ცნობილია (5.1)

$$\cos i = \cos \alpha \sinh_0 + \sin \alpha \cosh_0 \cos \varphi \quad (6.2)$$

სადაც α არის ფერდობის დახრილობის კუთხე, h_0 - მზის სიმაღლე, $\varphi = \varphi_0 + \varphi_n$ არიან მზის აზიმუტი და ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ფერდობისადმი ნორმალის პროექცია. h_0 და φ_0 (მზის სიმაღლე და აზიმუტი) გამოითვლება იან შემდეგი ფორმულებით:

$$\sinh_0 = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega \quad (6.3)$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{\sinh_0 - \sin \delta}{\cosh_0 \cos \varphi}; \quad \sin \varphi = \frac{\cos \delta \sin \Omega}{\cosh_0} \quad (6.4)$$

სადაც φ არის ადგილის განედი, δ - მზის დახრილობა, Ω - მზის საათური კუთხე. თუ ამ გამოსახულებებს (6.2-6.4) ჩავსვამთ $S_{\varphi} = S_m \cos i$ გამოსახულებაში მივიღებთ ფორმულას, რომელიც განსაზღვრავს ფერდობებზე მზის რადიაციის სიდიდეს მათ ორიენტაციაზე დამოკიდებულებით. ნებისმიერი განედისათვის ნელინადის და დღის სხვადასხვა მომენტში. ამ ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$S_{\varphi} = S_m \left[\cos \alpha (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega) + \sin \left\{ \cos \varphi_n [\operatorname{tg} \varphi (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega) - \sin \delta \sec \varphi] + \sin \varphi \cos \delta \sin \Omega \right\} \right] \quad (6.5)$$

ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში როდესაც $\alpha = 0$ (6.5) ლებულობს შემდეგ სახეს

$$S_j = S_m \sinh_0 \quad (6.6)$$

ვერტიკალური ზედაპირის შემთხვევაში $\alpha = \frac{\pi}{2}$, (6.5)-დან ვღებულობთ:

$$S_j = S_m \{ \cos \varphi_n [\sinh_0 - \sin \delta \sec \varphi] + \sin \varphi_n \cos \delta \sin \Omega \} = S_m \cosh_0 \cos \varphi_0 \quad (6.7)$$

თუ ვერტიკალური ზედაპირი ორიენტირებულია სამხრეთისაკენ $\varphi_0 = 0$ მაშინ გვექნება

$$S_{j_0} = S_m (\sin \varphi \cos \delta \cos \Omega - \sin \delta \cos \varphi) = S_m \cosh_0 \cos \varphi_0 \quad (6.8)$$

თუ ვერტიკალური ზედაპირი ორიენტირებულია აღმოსავლეთისაკენ (დასავლეთისაკენ $\varphi_n = \pm \frac{\pi}{2}$), მაშინ

$$S_{j_{\pm\frac{\pi}{2}}} = S_m \cos \delta \cos \Omega = S_m \cosh_0 \cos \varphi_0 \quad (6.9)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც ვერტიკალური ზედაპირი ორიენტირებულია ჩრდილოეთისაკენ ($\varphi_n = 180^\circ$) მაშინ

$$S_j = S_m (\sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos \Omega) \quad (6.10)$$

ამ გამოსახულებების გათვალისწინებით, ვღებულობთ:

$$S_j = S_{j_0} \cos \varphi - S_{j_{\pm\frac{\pi}{2}}} \sin \varphi_n \quad (6.11)$$

დახრილი ზედაპირის შემთხვევაში

$$S_c = S_j \cos \alpha + S_j \sin \alpha \quad (6.12)$$

თუ ამ გამოსახულებებში ჩავსვამთ (6.11)-ის მნიშვნელობას მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებას

$$S_{\varphi} = S_j \cos \alpha [S_{j_0} \cos \varphi + S_{j_{\pm\frac{\pi}{2}}} \sin \varphi_n] \sin \alpha \quad (6.13)$$

ეს ფორმულა პირველად მიღებული იქნა ა. გორდოვის მიერ (28). ამ ფორმულიდან სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობების შემთხვევაში ($\varphi_n = 0$)

$$S_{\gamma_{15}} = S_{\gamma_1} \cos \alpha + S_{\gamma_{15}} \sin \alpha \quad (6.14)$$

ამრიგად, რომ გავიგოთ სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობზე, რომლის დახრილობის კუთხე შეადგენს α -ს, მზის პირდაპირი რადიაციის ნაკადის სიდიდე, საჭიროა ვიცოდეთ მისი სიდიდეები ჰორიზონტალურ ზედაპირზე S_{γ} და სამხრეთისაკენ ორიენტირებულ ვერტიკალურ ზედაპირზე S_{γ_1} .

მთიანი რაიონების ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის დადგენისას პრაქტიკული თვალსაზრისით ძალიან მნიშვნელოვანია ფერდობების დასხივების ხანგრძლივობის საკითხი. ბუნებრივია, რომ ფერდობების დასხივების ხანგრძლივობა განსხვავდება ჰორიზონტალური ზედაპირის დასხივების ხანგრძლივობისაგან. მზის ამოსვლის (ა) და ჩასვლის (ჩ) საშუალო მზიური დრო თვითოეული თვის 15 რიცხვისათვის 42° ჩ. განედისათვის მოცემულია 25-ე ცხრილში. მზის სიმაღლე h_0 და აზიმუტის მნიშვნელობებისათვის 15 რიცხვში დაკვირვების ვადებისათვის (9.30, 12.30, 15.30) ჩრდილოეთი განედის 42° -სათვის მოცემულია ცხრილ 26-ში.

როგორც აღვნიშნეთ, არსებობს რიგი შრომებისა, რომლებშიც თეორიული გზით განხილულია მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის და ჯამების ცვლილებების კანონზომიერებები. ვერტიკალური ზედაპირებისა და სხვადასხვა დახრილობის ფერდობებისათვის (30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38) მონმენდილი ცის შემთხვევაში. მაგრამ გამოკვლევები, რომლებიც ეძღვნება ფერდობების რადიაციული რეჟიმის ექსპერიმენტალურ შესწავლას, ძალიან მცირერიცხოვანია, შესრულებულია ცალკეული პუნქტებისათვის ფერდობების დახრილობის შეზღუდული მნიშვნელობებისათვის (39, 40, 41, 42, 43, 44).

ექსპერიმენტალური გამოკვლევების საშუალებით ან თეორიული გზით პრაქტიკულად განისაზღვრება ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის დღიური, თვიური, წლიური ჯამების სიდიდეები მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის გამოთვლის საფუძველზე. სინქრონულად ისაზღვრება მზის

პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის და ჯამების სიდიდეები ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში, შემდეგ კი გამოითვლება გადამყვანი კოეფიციენტების k , სიდიდეები, რომლებიც ტოლია ფერდობებზე არსებული რადიაციის ჯამების ჰორიზონტალურ ზედაპირზე გაზომილი რადიაციის ჯამებთან შეფარდებისა. k , -ის ცნობილი მნიშვნელობებით გამოითვლება ფერდობებზე მოსული მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამების სიდიდეები თუ კი ისინი ცნობილია ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის. ზოგიერთ შრომაში (45, 39, 40) მოყვანილია k , -ის მნიშვნელობები მონმენდილი ცის შემთხვევაში სხვადასხვა ორიენტაციის და დახრილობის ფერდობებისათვის.

ცხრილი 25

42° C განედზე განლაგებული ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის მზის ამოსვლის (ა) და ჩასვლის (ჩ) საშუალო მზიური დრო თვის 15 რიცხვისათვის (თებერვლის შემთხვევაში 14 რიცხვისათვის) (საათი, წუთი)

მზის ამოს- ვლა ჩასვლა	თვე					
	I	II	III	IV	V	VI
a	7.25	6.56	6.13	5.21	4.40	4.24
C	16.53	17.32	18.05	18.39	19.12	19.36

მზის ამოს- ვლა ჩასვლა	თვე					
	I	II	III	IV	V	VI
a	7.25	6.56	6.13	5.21	4.40	4.24
C	16.53	17.32	18.05	18.39	19.12	19.36

მზის ამოს- ვლა ჩასვლა	თვე					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ა	4.37	5.07	5.39	6.12	6.50	7.21
ჩ	19.35	19.03	18.11	17.20	16.38	16.29

მზის h_0 და A_0 -ს მნიშვნელობები ჩრდილოეთი განედის 42 გრადუსზე თვის 15 რიცხვის აქტინომეტრიული დაკვირვებების ვადებისათვის, გრადუსი

თვე	დაკვირვების ვადა, საათი, წუთი					
	9.30		12.30		15.30	
	h_0	A_0	h_0	A_0	h_0	A_0
I	17	38	27	8	11	46
II	24	44	35	9	18	50
III	34	50	46	10	26	59
IV	44	56	58	12	33	70
V	52	65	67	18	39	80
VI	54	73	71	19	42	85
VII	52	71	20	18	42	81
VIII	47	61	62	14	37	73
IX	40	49	51	12	28	66
X	31	40	40	13	18	59
XI	22	35	30	12	10	53
XII	17	34	25	8	7	48

მაგრამ ამ შრომებში მოყვანილი ინფორმაცია მიღებულია დროის მოკლე პერიოდებისათვის (ერთი ან რამდენიმე თვე) შეზღუდული დახრილობის კუთხეების მნიშვნელობებისათვის, რაც ბუნებრივია ვერ გამოდგება მთაგორიანი ადგილის ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის დახასიათების თვალსაზრისით წელიწადის განმავლობაში, სადაც ადგილი აქვს ნებისმიერი ორიენტაციის და დახრილობის ფერდობებს. კავკასიონის ჩრდილოეთ ფერდობზე (0-4კმ) ჩვენს მიერ წლების განმავლობაში (1960-1988წ.წ.) ჩატარებული დაკვირვებების მასალების ანალიზის შედეგად შესაძლებელი ხდება კავკასიონის სამხრეთი ფერდობისათვისაც დადგინდეს ჯამური და მზის პირდაპირი რადიაციის ნაკადების წლიური მსვლელობის კანონზომიერებები სამხრეთის ორიენტაციის

ფერდობებზე ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით. ამ ინფორმაციის გამოყენების მიზანშეწონილობა უზრუნველყოფილია კავკასიონის ჩრდილოეთ და სამხრეთ ფერდობებს შორის განედების უმნიშვნელო განსხვავებით (პრაქტიკული თანხვედნით).

სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობების რადიაციული რეჟიმის მახასიათებლების (S და Q) შესწავლას აქვს არა მარტო შემეცნებითი, არამედ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობაც. მხედველობაშია კერძოდ მზის სხივური ენერგიის გამოყენების პერსპექტივა აგროკულტურების ზოგიერთი სახეობების გავრცელების არეალის ზედა საზღვრის შემდგომ ზრდაში კავკასიის მთიან რეგიონებში და მათი მოსავლიანობის ამაღლებით და სხვა. მაგრამ, მიუხედავად იმისა, რომ ყოფილ სსრკ-ში ფერდობების რადიაციული რეჟიმის შესწავლა დაიწყო ჯერ კიდევ 1930 წელს, კავკასიის მთაგორიანი რაიონებისათვის ჩვენი გამოკვლევების გარდა (46,47, 49,50) არავითარი ინორმაცია არ არსებობს. როგორც იქნა აღნიშნული რიგ შრომებში გამოთვლილია S-ის სიდიდეები ვერტიკალურ დახრილ ზედაპირებზე (ფერდობებზე) ყოფილ სსრკ-ს ზოგიერთი პუნქტებისათვის, ხოლო ჯამური Q და გაბნეული D რადიაციის სიდიდეები სხვადასხვა ორიენტაციის და დახრილობის ფერდობებზე მოცემულია ზემოთ მოყვანილ რიგ შრომებში, რომელთაგან ცალკე უნდა ხაზი გაესვას კ. კონდრატიევის და სხვა ავტორების შრომას (34),¹ როგორც განზოგადოებული სახის ნაშრომს, რომელშიც მოცემულია როგორც ყოფილი სსრკ-ში, ისევე საზღვარგარეთის ქვეყნებში ჩატარებული დაკვირვებების შედეგების ღრმა ანალიზი და განზოგადოება. ფერდობების რადიაციული ბალანსისა და მდგენელების გამოთვლითი მეთოდების დეტალური განხილვით, ამ ნაშრომში დიდი ადგილი ეთმობა ავტორების მიერ დაკვირვების შედეგად მიღებული ინფორმაციის ანალიზსა და კონკრეტული ფიზ-გეოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით ფერდობების რადიაციული რეჟიმის მახასია-

თებლების ძირითადი კანონზომიერებების დადგენას. მაგრამ, როგორც ავლნიშნეთ, ამ შრომებში განხილულია მზის სხივური ენერგიის მოკლევადიანი (Q, S, D) ნაკადების სიდიდეები ფერდობებზე, ძირითადად გაანალიზებულია მათი ინტენსივობები და ჯამები ცალკეული დღეების და თვეებისათვის, ხოლო ზოგიერთ მათში (39, 40) რადიაციის წლიური მსვლელობა ღია დაბლობზე განლაგებული ფერდობის ფიქსირებული (ერთი) დახრილობის, ერთი კუთხისათვის... ბუნებრივია რომ ასეთი დაკვირვებები არ იძლევიან წარმოდგენას ფერდობებზე მზის რადიაციის წლიურ მსვლელობაზე ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით.

მზის პირდაპირი რადიაციის სიდიდე ფერდობზე დამოკიდებულია მზის სიმაღლეზე, ფერდობის ორიენტაციაზე და დახრილობის კუთხეზე (რომლებიც განსაზღვრავენ მზის სხივის დაცემის კუთხის სიდიდეს ფერდობის ზედაპირთან), ატმოსფეროს ფიზიკურ თვისებებზე, დასხივების ხანგრძლივობაზე და ღრუბლიანობის რეჟიმზე. ზემოთ დასახელებულ გამოკვლევებში დადგენილია სხვადასხვა ორიენტაციის ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის მსვლელობის ძირითადი კანონზომიერებები, რაც განპირობებულია იმით, რომ მზის პირდაპირი რადიაცია თამაშობს მთავარ როლს როგორც ჰორიზონტალური, ასევე დახრილი ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციული ბალანსის ძირითადი თავისებურებების ფორმირებაში. ცენტრალურ კავკასიონზე სამხრეთის, ჩრდილოეთის, აღმოსავლეთის, დასავლეთის ორიენტაციის ფერდობებზე, მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა, დღიური, თვიური, წლიური ჯამები ჩვენს მიერ განსაზღვრული იქნა, როგორც სხვაობები ჯამური და გაბნეული რადიაციის შესაბამისი სიდიდეებიდან, რომლებიც იზომებოდნენ თეოდოლიტის დანადგარზე დამონტაჟებული თერმოელექტრული პირანომეტრებით. როგორც ინფორმაციის ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებისთვის (მათ შორის ვერტიკალური ზედაპირისათვის) S_i/S_m (სადაც S_i მზის პირდაპირი რადიაციის ინ-

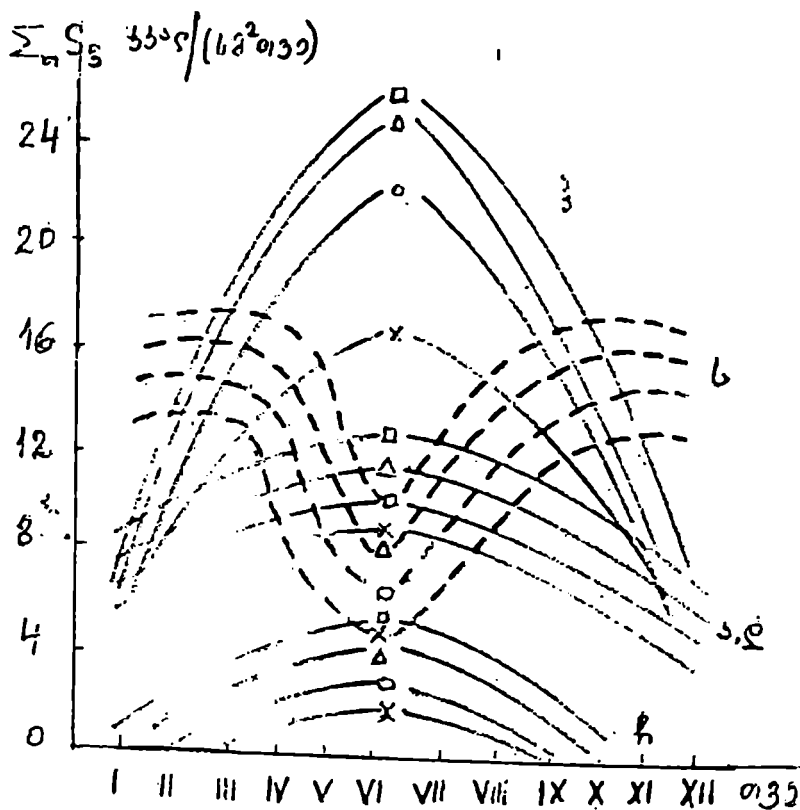
ტენსივობაა სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე, Δ_{III} იგივე სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში) შეფარდებების სიდიდე, როგორც ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში, მაქსიმალურია შუადღის საათებში. მზის პირდაპირი რადიაციის დღიური ჯამები $\Sigma_d \Delta_r$ სამხრეთის ფერდობებზე ოქტომბერ-თებერვალში მეტია, ხოლო მარტ-სექტემბერში ნაკლებია ჰორიზონტალურ ზედაპირთან შედარებით. ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდის შემთხვევაში მზის პირდაპირი რადიაციის როგორც ინტენსივობა, ასევე ჯამები (დღიური, თვიური, წლიური) სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე იზრდება, რაც დაკავშირებულია ატმოსფეროს ოპტიკური სისქის, მისი ტენშემცველობის და აეროზოლური გაჭუჭყიანების შემცირებასთან. ძალიან მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ დაბალი ტემპერატურების პერიოდში (ნოემბერი-აპრილი) კავკასიის მთიან რაიონებში სამხრეთის ორიენტაციის კედლები ღებულობენ მზის პირდაპირი რადიაციის მაქსიმუმს. საკმარისია აღინიშნოს, რომ ამ პერიოდის განმავლობაში ცენტრალური კავკასიონის 0.4-4.0 კმ სიმაღლეთა მთელ დიაპაზონში წლის ცივი პერიოდის თითოეულ თვეში მზის პირდაპირი რადიაციის სიდიდეები სამხრეთისაკენ ორიენტირებულ კედლებზე საშუალოდ 3.5-4.0-ჯერ აღემატება მის სიდიდეებს ივლისში (ივლისში $\Sigma_{\text{VII}} \Delta_r$ შეადგენს 3.7 კკალ/სმ²), რაც საგრძნობ კომპენსირებას უკეთებს კომუნალური და სხვა დანიშნულების ობიექტების შემომზლუდავი კონსტრუქციების მიერ სითბოს დანაკარგებს წლის ამ პერიოდში. გარდა ამისა, მთიან რაიონებში შენობების მომინულ შემომზლუდავ კონსტრუქციებში შეღწეული მზის პირდაპირი რადიაცია ხელს უწყობს დღის განმავლობაში მათში კომფორტული თერმული რეჟიმის არსებობას.

როგორც უკვე ავლენინეთ, ზღვის დონიდან დაბალ სიმაღლეებზე განლაგებულ ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის მსვლელობის თავისებურებები წელიწადის და მისი ცალკეული თვეებისათვის ლიტერატურაში საკმაოდ

სრულად არის განხილული და აქ არ არსებობს მათი დეტალური ანალიზის აუცილებლობა, მით უმეტეს, რომ ეს კანონზომიერებები ძალაში რჩება მთიან და მაღალმთიან რაიონებში განლაგებული ფერდობებისთვისაც. აქ განვიხილავთ ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის გავლენის თავისებურებებს მზის პირდაპირი რადიაციის სიდიდეებზე სამხრეთისაკენ ორიენტირებულ ფერდობებზე მონმენდილი ცის და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში ცენტრალურ კავკასიონზე. ასეთი სახის ანალიზის ჩატარების აუცილებლობა განპირობებულია კავკასიის და მათ შორის საქართველოს, მთიან რაიონებში სათანადო სახის ექსპერიმენტალური ინფორმაციის არარსებობით. ჩვენს მიერ მიღებული ინფორმაციის ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური $\Sigma_{\text{მზ}}$ და წლიური $\Sigma_{\text{წ}}$ ჯამები სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე მონმენდილი ცის შემხთვევაში ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას იზრდება და აღწევნა მაქსიმუმს 4.0კმ სიმაღლეზე (4.0 კმ-ზე მეტ სიმაღლეებს აქ არ ვიხილავთ). სამხრეთის კედლებზე მონმენდილი ცის შემხთვევაში მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური ჯამების წლიური მსვლელობა ცენტრალურ კავკასიონზე მოცემულია ნახ. 23-ზე, 0.4; 2.2; 3.1 და 4.0კმ სიმაღლეებისათვის. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, განხილულ სიმაღლეთა დიაპაზონში $\Sigma_{\text{მზ}}$ მაქსიმალური მნიშვნელობები აღინიშნება X-III-ის პერიოდში, მინიმუმი V-VII პერიოდში. ივნისში $\Sigma_{\text{მზ}}$ -ს სიდიდეები შეადგენენ 0.4კმ სიმაღლეზე 3.8კკალ/სმ², 2.1კმ-ზე 6.0; 3.1 კმ-ზე 7.5 და 4.0კმ-ზე 9.0კკალ/სმ²-ს. დეკემბერში $\Sigma_{\text{მზ}}$ -ის სიდიდეები შესაბამისად ტოლია 12.0; 13.0; 14.0; 15.6 კკალ/სმ²-ისა.

სამხრეთისაკენ ორიენტირებულ ფერდობებზე ფერდობის დახრილობის კუთხის α ზრდისას 0-დან 50 გრადუსამდე $\Sigma_{\text{მზ}}$ იზრდება (აღწევს მაქსიმუმს 50°-ზე). ხოლო შემდეგ კლებულობს (50-90° დიაპაზონში) და აღწევს თავის მინიმუმს

როდესაც $\alpha = 90^\circ$ სამხრეთის ფერდობებისათვის მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური ჯამების $\Sigma_{\text{წ}} S_{\text{წ}}$ კკალ/სმ²წელი დამოკიდებულება ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე H (კმ) ანალიტიკურად



ნახ. 23

მონმენდილი ცის შემთხვევაში $\Sigma_{\text{წ}} S_{\text{წ}}$ -ს წლიური მსვლელობა ჩრდილოეთის - ჩ, აღმოსავლეთის, დასავლეთის, ა, დ სამ-

ხრეთის – ს, ორიენტაციის კედლებზე და ჰორიზონტალურ
ზედაპირზე $\Phi X-04^{\circ}\text{კმ}$, $0-2.2^{\circ}\text{კმ}$, $\Delta -3.1^{\circ}\text{კმ}$, $X-4.0^{\circ}\text{კმ}$

ცხრილი 27

კოეფიციენტების მნიშვნელობები დამოკიდებულებაში
 $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = a + bH + cH^2$ სამხრეთის ფერდობებისათვის მონმენ-
დილი ცის შემთხვევაში

a, b, c	α , გრადუსი				
	0	10	20	30	40
a	130.0	142.9	156.07	165.9	168.4
b	21.9	21.6	21.36	11.5	11.5
c	-0.65	-0.75	-0.97	2.32	2.42

a, b, c					
	50	60	70	80	90
a	169.4	161.5	151.2	131.92	116.3
b	4.46	8.24	0.0	0.0	0.0
c	3.98	3.98	4.91	5.25	4.01

დამოკიდებულება $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = f(H)$ წარმოიდგინება მეო-
რე რიგის პარაბოლას სახით (მხედველობაში მონმენდილი
ცის შემთხვევა)

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = a + bH + cH^2$$

a, b, c კოეფიციენტების მნიშვნელობები $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = f(H)$
დამოკიდებულებაში სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობე-
ბისათვის მოცემულია ცხრილ 27-ში. მაგალითად, სამხრე-
თის ფერდობისათვის, რომლის დახრილობის კუთხე შეად-
გენს 50° -ს დამოკიდებულება $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = f(H)$ ანალიტიკურად
წარმოიდგინება ასე:

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = 169.4 + 4.46H + 3.98H^2 \quad (6.15)$$

აქვე აღვნიშნავთ, რომ $\Sigma_{\gamma} S_{\gamma}$ სიდიდეების თანხედრობა, რომლებიც გამოთვლილია ანალიტიკური გამოსახულებების დახმარებით და მიღებული შესაბამისი დამოკიდებულებების ექსპერიმენტული მრუდიდან დამაკმაყოფილებელია მაგალითად, საშუალო კვადრატული გადახრის δ სიდიდე სამხრეთის ფერდობისათვის, რომლის დახრილობა ტოლია 40° -სა შეადგენს 0.72 კკალ/სმ²ნელს.

ფერდობებისათვის მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური ჯამების $\Sigma_{\gamma} S_{\gamma}$ დამოკიდებულებები ფერდობის დახრილობის კუთხეზე α ანალიტიკურად (ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის მიუხედავად) წარმოიდგინებთან მეორე რიგის პარაბოლების სახით: მაგალითად, როდესაც $H = 3.1$ კმ დამოკიდებულებას $\Sigma_{\gamma} S_{\gamma} = f(\alpha)$ აქვს შემდეგი ანალიტიკური სახე:

$$\Sigma_{\gamma} S_{\gamma} = 191.0 + 1.60\alpha - 0.22\alpha^2 \quad (6.16)$$

სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებისათვის დახრილობის კუთხის ნებისმიერი შემთხვევისათვის ჯამური რადიაციის მთავარ კომპონენტად გვევლინება მზის პირდაპირი რადიაცია. პრაქტიკული საკითხების გადაჭრის პროცესში მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს მზის პირდაპირი რადიაციის სიდიდეების თანაფარდობა ფერდობებზე და ჰორიზონტალურ ზედაპირზე.

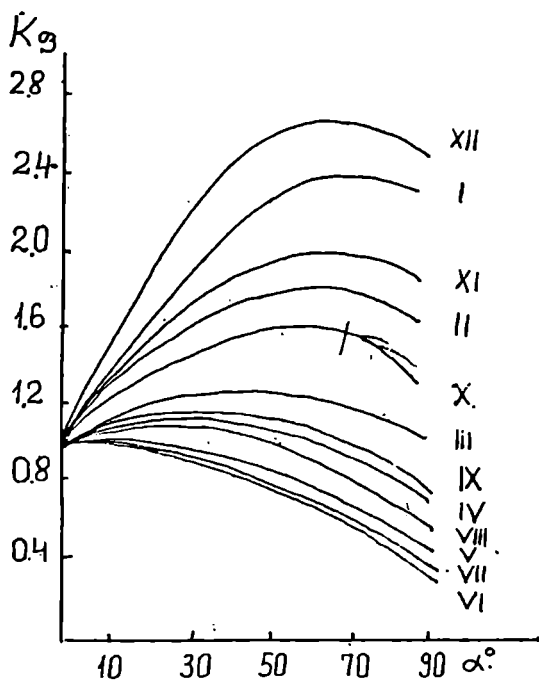
მონმენდილი ცის შემთხვევაში მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური ჯამების სიდიდეების გადამყვანი კოეფიციენტის K_{γ} მნიშვნელობები სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებიდან ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოცემულია ნახ. 24-ზე. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, სამხრეთის ორიენტაციის

ფერდობებისთვის $K = \frac{\Sigma_{\sigma} S_{\sigma}}{\Sigma_{\sigma} S_0}$, მეტია ერთზე ($K > 1$) ოქტომ-

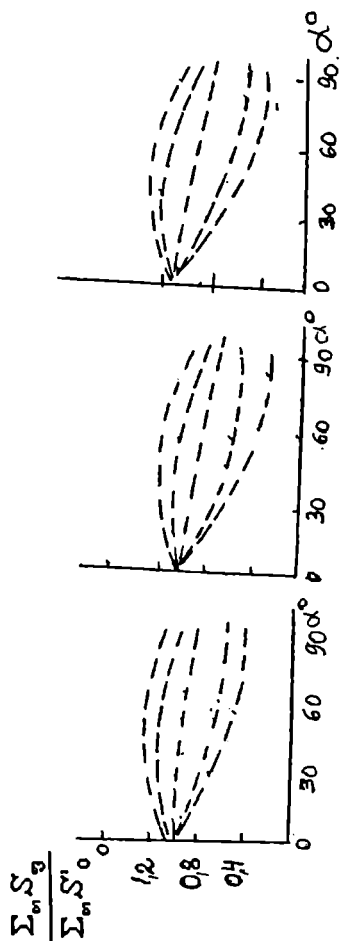
ბერ-მარტის განმავლობაში და $K < 1$ მაის-ივლისის განმავლობაში. აპრილში, აგვისტოსა და სექტემბერში იმ კუთხე-

ბისათვის რომლებიც მეტია 50° -ზე მაშინ $K_{\eta} > 1$ ხოლო როდესაც $\alpha < 50^\circ$ მაშინ $K_{\eta} < 1$ წლიური ჯამების შემთხვევაში $15-75^\circ$ -ის დახრილობის ფერდობებისათვის $K_{\eta} > 1$ ხოლო $75-90^\circ$ დახრილობის ფერდობებისათვის $K_{\eta} < 1$.

დამოკიდებულება წლიური ჯამებისათვის $K_c = f(\alpha)$ სადაც K მოცემულია ერთეულის ნაწილებში, ხოლო α გრადუსებში სამხრეთის ფერდობებისათვის ანალიტიკურად წარმოდგინება მეორე რიგის პარაბოლას სახით:



ნახ. 24.
$$K = \frac{\sum_{\sigma} S_{\eta}}{\sum_{\sigma} S_0}$$



ნახ. 25. დამოკიდებულება $\frac{\sum_{\sigma} S_{\sigma}^2}{\sum_{\sigma} S_{\sigma 0}^2} = f(\alpha)$ სამხრეთის
ორიენტაციის ფერდობებზე

$$K_{\Phi} = 1.00 + 0.092\alpha - 0.00011\alpha^2 \quad (6.17)$$

ამ ფორმულით გამოთვლილ და $K_c = f(\alpha)$ -ს შესაბამისი მრუდიდან აღებულ K_{Φ} -ს სიდიდეებს შორის თანხვედნა დამაკმაყოფილებელია გადახრის აბსოლუტური სიდიდეები, მაგალითად, როდესაც $\alpha = 20^\circ$ შეადგენს 0.01 როდესაც $\alpha = 40^\circ - 0.015$. თუ კი ცნობილია მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური ჯამები ჰორიზონეტალურ ზედაპირზე მონმენდილი ცის შემთხვევაში აქტინომეტრიული ქსელის დაკვირვებების მონაცემებით მაშინ (6.16) დამოკიდებულებით შეიძლება გამოითვალოს მისი მნიშვნელობები სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებისათვის α -ს ნებისმიერი ($0-90^\circ$) მნიშვნელობების შემთხვევაში. მაგალითად მმ ყაზბეგზე მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური ჯამების მრავალწლიური საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 188.5 კკალ/სმ²წელიწადში, სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებისათვის ($\alpha = 0-90^\circ$) წლიური ჯამების სიდიდეები გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებებიდან:

$$\Sigma_{\Phi} S_{\Phi} = 188.5(1.00 + 0.0092 - 0.00011\alpha^2) \quad (6.18)$$

ამ გამოსახულებაში დახრილობის კუთხის - α -ს ნებისმიერი მნიშვნელობებისათვის ($\alpha = 0-90^\circ$) ჩასმით გამოითვლება $\Sigma_{\Phi} S_{\Phi}$ სიდიდეები. K_{Φ} მნიშვნელობების გამოყენებით იქნა გამოთვლილი მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური და წლიური ჯამების სიდიდეები მონმენდილი ცის შემთხვევაში ფერდობის დახრილობის კუთხეზე - α და ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე H დამოკიდებულებით საქართველოს აქტინომეტრიული სადგურების ქსელისათვის, რომელიც აერთიანებს 7 სადგურს მოცემულია ცხრილში 28-ში. როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, $\Sigma_{\Phi} S_{\Phi}$ და $\Sigma_{\Phi} S_{\Phi}$ სიდიდეები მერყე-

ობენ დიდ დიაპაზონში. მაგალითად, თბილისისათვის $\Sigma \varphi S'_{\varphi}$ სიდიდეები იცვლებიან 114.1 კკალ/სმ²-დან ($\alpha = 90^\circ$)-166.8 კკალ/სმ²-დე ($\alpha = 30^\circ$). მმ მეტეოსადგური ყაზბეგისათვის, $\Sigma \varphi S_{\varphi}$ -ს სიდიდეები სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე იცვლებიან 151.6-დან $\alpha = 90^\circ$ -226.3 კკალ/სმ²-მდე ($\alpha = 30^\circ$) მმ ყაზბეგზე ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში $\Sigma \varphi S'_{\varphi} = 188.5$ კკალ/სმ². ამრიგად, $\Sigma \varphi S_{\varphi} = f(\alpha)$ დამოკიდებულებების ზოგადი კანონზომიერებები სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოუკიდებლად (როგორც სადგურების თბილისი და მმ ყაზბეგის მაგალითზე ჩანს) რჩება უცვლელი: იცვლებიან მხოლოდ $\Sigma \varphi S_{\varphi}$ -ს სიდიდეები: ისინი ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას ფერდობის დახრილობის კუთხის ფიქსირებული მნიშვნელობის შემთხვევაში მატულობენ. უფრო მეტიც, როგორც დაკვირვებების შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, ადგილის განსაზღვრული განედის შემთხვევაში $\Sigma \varphi S_{\varphi} = f(\alpha)$ დამოკიდებულების მრუდების დღიური მსვლელობა ერთი ორიენტაციის ფერდობებზე მონმენდილი ცის და მოლრუბლულობის საშუალო პირობებში არ იცვლება, რაც მიუთითებს მათზე ღრუბლიანობის რეჟიმის გავლენის უმნიშვნელო ხასიათზე მზის სიმაღლესთან შედარებით ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მიუხედავად. ამ-

რიგად, სიდიდეები $K_{\varphi} = \frac{\Sigma_{\varphi} S_{\varphi}}{\Sigma_{\varphi} S_0^I}$ არიან აგრეთვე ადგილის განედის ფუნქციები, მიუხედავად ღრუბლიანობის რეჟიმის თავისებურებებისა. როგორც ნაჩვენებია (34)-ში K_{φ} -ს სიდიდეები დაბლობ რაიონებში ერთ განედზე განლაგებული გეოგრაფიული პუნქტებისათვის მიუხედავად ღრუბლიანობაში და ატმოსფეროს ფიზიკურ თვისებებში არსებული მნიშვნე-

ლოვანი განსხვავებისა პრაქტიკულად არიან ძალიან ახლოს. ამ პუნქტებისათვის K_{Ψ} -ს სხვაობის სიდიდეები არ აღემატება იმ ცდომილებების სიდიდეებს, რომლებსაც ადგილი აქვს მათი გამოთვლის პროცესში. ამიტომაც, რომ (44) შემოთავაზებულია მინსკისათვის გამოთვლილი K_{Ψ} -ს სიდიდეები გამოყენებული იქნეს $\Sigma_{\Psi} \Delta_{\Psi}$ -ს სიდიდეების გამოსათვლელად ანალოგიურ განედზე განლაგებული სხვა პუნქტებისათვისაც. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ჩრდილოეთი განედების 37-77°-ის დიაპაზონში განლაგებული პუნქტებისათვის K_{Ψ} -ს წლიური მსვლელობის ძირითადი თავისებურებები ვერტიკალურ ზედაპირზე (კედლებზე) განხილული იქნა (52)-ში. K_{Ψ} სიდიდეების გამოსათვლელად გამოყენებული იქნა მონმენდილი ცისა და საშუალო ღრულიანობის პირობებში მზის პირდაპირი რადიაციის მრვალწლიური სიდიდეები. (53)-ში მიღებული იქნა $K_{\Psi} = f(\varphi)$ სადაც (φ) არის ადგილის განედი დამოკიდებულებები ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიის განედების არსებულ დიაპაზონში ჩრდილოეთი და სამხრეთი ორიენტაციის კედლებისათვის.

ღრუბლიანობის საშუალო პირობებში სამხრეთის ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამების გამოთვლა საქართველოს აქტინომეტრიული ქსელისათვის და კავკასიონის ზოგიერთი პუნქტისათვის, რომლებიც განლაგებულია იმავე განედებზე (განსხვავება განედის სიდიდეებში არ აღემატება 2°-ს), რა განედებზეც განლაგებული არიან საყრდენი სადგურები, სადაც წარმოებდა დაკვირვებები Δ_{Ψ} -ს სიდიდეებზე – პუნქტები ცენტრალურ კავკასიონზე, გვიჩვენებენ (ცხრილი 28), რომ მონმენდილ ცასთან შედარებით $\Sigma_{\Psi} \Delta_{\Psi}$ -ს და $\Sigma_{\Psi} \Delta_{\Psi}$ სიდიდეები სამხრეთისაკენ ორიენტირებულ ფერდობებზე მაქსიმალურია, როდესაც $\alpha = 30^\circ$ და მცირდება

$\alpha = 90^\circ$ - ზე მეტი ან ნაკლები დახრილობის კუთხეების შემთხვევაში. ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას $\Sigma \dot{F}_{\Sigma}$ -ს სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე მატულობს. ამასთანავე ერთად ყველა ორიენტაციის ფერდობებზე $\Sigma \dot{F}_{\Sigma}$ -ს მაქსიმალური ზრდა აღინიშნება სამხრეთის ფერდობებზე. ასე მაგალითად, მმ ყაზბეგისა და ჯვრის უღელტეხილის სადგურებისათვის თბილისთან შედარებით, როდესაც ფარდობის დახრილობის კუთხე $\alpha = 30^\circ$ -ს $\Sigma \dot{F}_{\Sigma}$ -ს ნამატი შეადგენს შესაბამისად სამხრეთის ორიენტაციაზე 19.3 და 13.0 კკალ/სმ², ჩრდილოეთის ორიენტაციაზე მხოლოდ 2.0 და 3.0 კკალ/სმ².

ისევე როგორც მოწმენდილი ცის შემთხვევაში დამოკიდებულება $\Sigma \dot{F}_{\Sigma} = f(\alpha)$ სამხრეთის ფერდობებზე საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში ანალიტიკურად წარმოიდგინება მეორე რიგის პარაბოლების სახით. მაგალითად მმ ყაზბეგისათვის დამოკიდებულებას $\Sigma \dot{F}_{\Sigma} = f(\alpha)$ ღრუბლიანობის საშუალო პირობებში სამხრეთის ფერდობებისათვის აქვს შემდეგი სახე:

$$\Sigma \dot{F}_{\Sigma} = 80.0 + 0.81\alpha - 0.0086\alpha^2 \quad (6.19)$$

საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში საქართველოს მთიან რაიონებში ფიქსირებულ სიმაღლეზე ფერდობების ორიენტაციაზე და დახრილობის კუთხის სიდიდეზე დამოკიდებულებით ადგილი აქვს $\Sigma \dot{F}_{\Sigma}$ და $\Sigma \dot{F}_{\Sigma}$ -ს განსხვავებულ მნიშვნელობებს. ჰორიზონტალურ ზედაპირზე საშუალო მოღრუბლულობისას მზის პირდაპირი რადიაციის მრავალწლიური საშუალო ჯამების გამოყენებით გამოთვლილი იქნა, როგორც $\Sigma \dot{F}_{\Sigma}$ და $\Sigma \dot{F}_{\Sigma}$ -ს სიდიდეები სამხრეთის ორიენტა-

ციის ფერდობებისათვის (ცხრილი 29). როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, ფერდობის დახრილობის კუთხის α -ს სიდიდის ცვლილებისას 0-დან 90° -მდე ჩათვლით ამ ჯამების სიდიდეები საქართველოს აქტინომეტრიული ქსელის ყველა სადგურზე მაქსიმალურ მნიშვნელობებს აღწევენ $30-40^\circ$ დახრილობის კუთხის შემთხვევაში, მათი მინიმუმი აღინიშნება ვერტიკალურ ზედაპირზე (კედლებზე)., α -ს მნიშვნელობებისათვის, რომლებიც მეტია ან ნაკლებია დახრილობის კუთხის ამ სიდიდეებზე მზის პირდაპირი რადიაციის, როგორც თვითური, ასევე წლიური ჯამები მცირდება. წლიური ჯამების სხვაობები ფერდობების დახრილობის კუთხეების ოპტიმალურ მნიშვნელობებისა და ვერტიკალური ზედაპირისათვის შეადგენენ მაღალმთიანი ყაზბეგზე 26.8; სკრაში 33.30; თელავში 29.1; თბილისში 30.1 კკალ/სმ² და სხვა.

როგორც ამ ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, ღრუბლიანობის პირობებში სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამები მონმენდილ ცასთან შედარებით მცირდებიან. მაგალითად, წლიური ჯამების შემთხვევაში მსონმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში მათ შორის სხვაობების სიდიდემ შეადგინა მაღალმთიანი სადგური ყაზბეგისათვის ჰორიზონტალურ ზედაპირზე 109.2, ვერტიკალურ ზედაპირზე (კედელზე) 79.8, ოპტიმალური დახრილობის კუთხის ფერდობზე 127.7 კკალ/სმ².

$\Delta(\Sigma F_{\text{ფ}} - \Sigma F_{\text{ღ}})$ სიდიდეები საქართველოს აქტინომეტრიული ქსელის სადგურებისათვის მოცემულია ცხრილ 30-ში.

ღრუბლიანობის პირობებში მზის პირდაპირი რადიაციის შემცირების

$\Sigma_{\text{თ.ჯ.ყ.}}$ სიდიდეები მონმენდილი ცის პირობებში, კკალ/სმ²

გრა- დუსი α	თვე						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	2	3	4	5	6	7	8
მ/მ ყაზბეგი							
0	7.5	9.8	15.7	19.0	23.3	24.1	23.9
10	13.1	13.7	18.1	17.1	24.5	24.1	23.9
20	14.2	14.7	18.8	19.0	23.3	22.9	21.5
30	15.0	15.7	19.6	20.9	22.6	22.4	20.3
40	15.8	16.2	19.6	21.1	21.0	19.3	19.4
50	16.5	16.7	20.4	21.3	20.0	18.1	17.9
60	16.6	17.1	19.6	19.0	18.6	18.7	16.7
70	16.9	17.1	18.8	18.8	16.3	12.0	14.3
80	16.9	16.7	17.3	15.2	14.0	9.6	11.9
90	16.1	15.7	12.1	13.3	10.5	7.2	7.2
ცხაკაია							
0	5.6	7.4	11.9	14.8	18.6	18.3	17.0
10	9.8	10.4	13.7	13.3	19.5	18.3	17.0
20	10.6	11.1	14.3	14.8	18.6	17.4	15.3
30	11.2	11.8	14.9	16.3	18.2	17.0	14.3
40	11.8	12.0	14.9	16.4	16.7	14.6	13.8
50	12.3	12.6	15.5	16.6	16.0	13.7	12.7
60	12.3	12.9	14.9	14.8	14.9	11.9	11.9
70	12.6	12.9	14.3	14.7	13.0	9.1	10.2
80	12.6	12.6	13.1	11.8	11.2	7.3	8.5
90	12.0	12.8	12.5	10.4	8.4	5.5	5.1
სკრა							
0	5.7	7.4	12.1	14.9	17.9	17.9	17.5
10	10.0	10.4	13.9	13.4	18.8	17.9	17.5
20	10.8	11.1	14.5	14.9	17.9	17.0	15.8
30	11.4	11.8	15.1	16.4	17.5	16.6	14.9
40	12.0	12.2	15.1	16.5	16.1	14.3	14.2
50	12.5	12.6	15.7	16.7	15.4	13.4	13.1
60	12.5	12.9	15.1	14.9	14.3	11.6	12.1
70	12.8	12.9	14.5	14.8	12.5	9.0	10.5
80	12.8	12.6	13.4	11.9	10.7	7.2	8.7
90	12.3	12.8	12.7	10.4	8.1	5.4	5.2

	თელავი						
0	6.3	8.5	12.6	15.5	18.3	18.6	17.9
10	11.0	11.9	14.5	14.0	19.2	18.6	17.9
20	12.0	12.8	15.1	15.5	18.3	17.7	16.1
30	12.6	12.8	15.8	17.0	18.0	17.3	15.2
40	13.2	14.0	15.8	17.2	16.5	14.9	14.5
50	13.9	14.4	16.4	17.4	15.7	14.0	13.4
60	13.9	14.9	15.8	15.5	14.6	12.1	12.5
70	14.2	14.9	15.1	15.3	12.8	9.3	10.7
80	14.2	14.4	13.9	12.4	11.0	7.4	8.9
90	13.5	13.6	13.2	10.9	8.2	5.6	5.4
	ანასტასი						
0	6.3	7.8	12.9	15.2	18.5	18.5	18.0
10	11.0	10.9	14.8	13.7	19.4	18.5	18.0
20	12.0	11.7	15.5	15.2	18.5	17.6	16.2
30	12.6	12.5	16.1	16.7	18.1	17.2	15.3
40	13.2	12.9	16.1	16.5	16.7	14.8	14.6
50	13.9	13.3	16.8	17.0	15.9	13.9	14.6
60	13.9	13.6	16.1	15.2	14.8	12.0	13.5
70	14.2	13.6	15.5	15.0	13.0	9.2	12.6
80	14.2	13.3	14.2	12.2	11.1	7.4	9.0
90	13.5	12.6	13.6	10.6	8.3	5.6	5.4
	თბილისი						
0	5.0	6.9	11.6	14.7	17.2	17.9	17.4
10	8.8	9.7	13.3	13.2	18.1	17.9	17.4
20	9.5	10.3	13.9	14.7	17.2	17.0	15.7
30	10.0	11.0	14.5	16.2	16.9	16.6	14.8
40	10.5	11.4	14.5	16.3	15.5	14.3	14.1
50	11.0	11.7	15.1	16.5	14.8	13.4	13.1
60	11.0	12.1	14.5	14.7	13.8	11.6	12.2
70	11.2	12.1	13.9	14.6	12.0	9.0	10.4
80	11.2	11.7	12.8	11.8	10.3	7.2	8.7
90	10.8	11.0	12.2	10.3	7.7	5.4	5.2
	ნალკა						
0	6.8	8.3	13.3	16.1	18.9	18.8	18.4
10	11.9	11.6	15.3	14.5	16.9	18.8	18.4
20	12.9	12.4	16.0	16.1	18.9	17.9	16.6
30	13.6	13.3	16.6	17.7	18.5	17.5	15.6
40	14.2	13.7	16.6	17.9	17.0	15.0	14.9
50	15.0	14.1	17.3	18.0	16.3	14.1	13.8
60	15.0	14.6	16.6	16.1	15.1	12.2	12.9

70	15.3	14.6	16.0	16.0	13.2	9.4	11.0
80	15.3	14.1	14.6	12.9	11.3	7.5	9.2
90	14.6	13.3	14.0	11.3	8.5	5.6	5.6
სოხუმი							
0	5.8	7.2	12.5	14.7	18.0	18.1	17.4
10	10.2	10.1	14.4	13.2	18.9	18.1	17.4
20	11.0	1.8	15.0	14.7	18.0	17.2	15.7
30	11.6	11.5	15.6	16.2	17.6	16.8	14.8
40	12.2	11.9	15.6	16.3	16.2	14.5	14.1
50	12.8	12.2	16.3	16.5	15.5	13.6	13.1
60	12.8	12.6	15.6	14.7	14.4	11.8	12.2
70	13.1	12.6	15.0	14.6	12.6	9.1	10.4
80	13.1	12.2	13.8	11.8	10.8	7.2	8.7
90	12.5	11.5	13.1	10.3	8.1	5.4	5.2

ცხრილი 28

გრა- დუსი α						
	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
1	9	10	11	12	13	14
მ/მ ყაზბეგი						
0	21.2	16.5	12.6	8.1	6.8	188.5
10	23.3	19.0	16.4	11.5	11.2	215.9
20	22.9	19.6	17.6	13.0	12.9	220.4
30	22.3	20.0	18.9	13.8	14.6	226.3
40	21.2	20.6	19.5	14.6	15.6	223.9
50	20.1	19.0	20.2	15.4	17.0	222.6
60	18.0	18.2	19.5	15.8	18.2	212.9
70	15.9	16.5	18.9	15.4	18.0	198.9
80	12.7	14.0	18.3	15.1	17.3	179.0
90	10.6	11.6	16.4	14.6	16.3	151.6
ცხაკაია						
0	14.8	12.4	9.7	6.4	5.1	142.0
10	16.4	14.3	12.6	9.1	8.4	162.8
20	16.0	14.8	13.6	10.2	9.7	166.4
30	15.5	15.0	14.6	10.9	11.0	170.7
40	14.8	15.5	15.0	11.5	12.0	169.25
50	13.3	14.3	15.6	12.2	12.8	167.6
60	12.6	13.6	14.6	12.5	13.7	160.6

70	11.1	12.4	14.6	12.2	13.5	150.6
80	8.9	10.5	14.1	12.0	13.0	135.6
90	7.4	8.7	12.6	11.5	12.2	118.1
სურა						
0	15.7	12.7	9.8	6.8	4.9	143.3
10	17.3	14.6	12.7	9.7	8.1	164.3
20	17.0	15.1	13.7	10.9	9.3	168.0
30	16.5	15.4	14.7	11.6	10.5	172.4
40	15.7	15.9	15.2	12.2	12.5	170.9
50	14.9	14.6	15.7	12.9	12.2	169.7
60	13.3	14.0	15.2	13.3	13.1	162.4
70	11.8	12.7	14.7	12.9	13.0	152.1
80	9.4	10.8	14.2	12.7	12.5	136.9
90	7.8	9.0	12.7	12.2	11.8	119.4
თელავი						
0	15.6	13.0	9.9	6.6	5.3	148.1
10	17.2	15.0	12.9	9.4	8.7	170.3
20	16.8	15.5	13.9	10.6	10.1	174.4
30	16.4	15.7	14.9	11.2	11.4	179.1
40	15.6	16.3	15.3	11.9	12.5	177.7
50	14.8	15.0	15.8	12.5	13.3	176.6
60	13.3	14.3	15.3	12.9	14.2	169.3
70	11.7	13.0	14.9	12.5	14.0	158.4
80	9.4	11.0	14.4	12.3	13.5	142.8
90	7.8	9.1	12.8	11.9	12.7	124.8
ანასეული						
0	15.8	12.7	9.9	6.7	5.3	147.6
10	17.4	14.6	12.9	9.5	8.7	169.4
20	17.1	15.1	13.9	10.7	10.1	173.6
30	16.6	15.4	14.9	11.4	11.4	178.2
40	15.8	15.9	15.3	12.1	12.5	176.4
50	15.0	14.6	15.8	12.7	13.3	176.8
60	13.4	14.0	15.3	13.1	14.2	169.0
70	11.9	12.7	14.9	12.7	14.0	159.3
80	9.5	10.8	14.4	12.6	13.5	142.2
90	7.9	9.0	12.8	12.1	12.7	124.0

	თბილისი					
0	15.6	12.4	10.4	5.8	4.6	139.6
10	17.2	14.3	13.6	8.2	7.6	159.3
20	16.8	14.8	14.6	9.3	8.7	162.5
30	16.4	15.0	15.6	9.9	9.9	166.8
40	15.6	15.5	16.1	10.4	10.6	164.8
50	14.8	14.3	16.6	11.0	11.5	163.8
60	13.3	13.6	16.1	11.3	12.3	156.5
70	11.7	12.4	15.6	11.0	12.2	146.1
80	9.4	10.5	15.1	10.8	11.7	131.2
90	7.8	8.7	13.6	10.4	11.0	114.1
	წალკა					
0	16.4	13.8	10.5	7.0	5.8	154.1
10	18.0	15.9	13.7	9.9	9.6	174.5
20	17.7	16.4	14.7	11.2	11.0	181.8
30	17.2	16.7	15.8	11.9	12.5	186.9
40	16.4	17.3	16.3	12.6	13.6	185.5
50	15.6	15.9	16.8	13.3	14.5	184.7
60	13.9	15.2	16.3	13.7	15.5	177.1
70	12.3	13.8	15.8	13.3	15.4	166.1
80	9.8	11.7	15.2	13.1	14.8	149.5
90	8.2	9.7	13.7	12.6	13.9	131.0
	სოხუმი					
0	15.0	12.6	10.2	6.3	5.1	142.9
10	16.5	14.5	13.3	8.9	8.4	163.9
20	16.2	15.0	14.3	10.1	9.7	167.7
30	15.8	15.2	15.3	10.7	11.0	172.1
40	15.0	15.8	15.8	11.3	12.0	170.7
50	14.2	14.5	16.3	12.0	12.8	169.8
60	12.8	13.9	15.8	12.3	13.7	162.6
70	11.3	12.6	15.3	12.0	13.5	152.1
80	9.0	10.7	14.8	11.8	13.0	136.9
90	7.5	8.8	15.6	11.3	12.2	121.5

$\Sigma_{\text{მ} \Sigma_{\text{ფ}}}$ (კკალ/სმ²თვე) სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე
საშუალო ღრუბლიანობის დროს

გრადუსი α	თვე						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	2	3	4	5	6	7	8
	მ/მ ყაზბეგი						
0	3.7	4.9	7.2	8.1	8.8	8.5	9.1
10	6.5	6.9	8.3	7.3	9.2	8.5	9.1
20	7.0	7.3	8.6	8.1	8.8	8.1	8.2
30	7.4	7.8	9.0	8.9	8.6	7.9	7.7
40	7.8	8.1	9.0	9.0	7.9	6.8	7.4
50	8.1	8.3	9.4	9.1	7.6	6.4	6.8
60	8.1	8.6	9.0	8.1	7.0	5.5	6.4
70	8.3	8.6	8.6	8.0	6.2	4.2	5.5
80	8.3	8.3	7.9	6.5	5.3	3.4	4.5
90	7.9	7.8	7.6	5.7	4.0	2.5	2.7
	ცხაკაია						
0	1.9	2.5	4.1	6.2	8.4	9.8	7.9
10	3.3	3.5	4.7	5.6	8.8	9.8	7.9
20	3.6	3.7	4.9	6.2	8.4	9.3	4.7
30	3.8	4.0	5.1	6.8	8.2	9.1	6.7
40	4.0	4.1	5.1	6.9	7.6	7.8	6.4
50	4.2	4.2	5.3	6.9	7.2	7.3	5.9
60	4.2	4.4	5.1	6.2	6.7	6.4	5.5
70	4.3	4.4	4.9	6.1	5.9	4.9	4.7
80	4.3	4.2	4.5	5.0	5.0	3.9	3.9
90	4.1	4.0	4.3	4.3	3.8	2.9	2.4
	სკრა						
0	2.3	3.6	5.0	7.1	9.5	11.6	11.9
10	4.0	5.0	5.7	6.4	10.0	11.6	11.9
20	4.4	5.4	6.0	7.1	9.5	11.0	10.7
30	4.6	5.8	6.0	7.8	9.3	10.8	10.1
40	4.8	5.9	6.2	7.9	8.5	9.3	9.6
50	5.1	6.1	6.5	7.9	8.2	8.7	8.9

60	5.1	6.3	6.2	7.1	7.6	7.5	8.3
70	5.2	6.3	6.0	7.0	6.6	5.8	7.1
80	5.2	6.1	5.5	5.7	5.7	4.6	5.9
90	4.9	5.8	5.2	5.0	4.3	3.5	3.6
თელავი							
0	2.3	3.5	5.2	6.6	8.7	10.8	11.0
10	4.0	4.9	6.0	5.9	9.1	10.8	11.0
20	4.4	5.2	6.2	6.6	8.7	10.3	9.9
30	4.6	5.6	6.5	7.3	8.5	10.0	9.3
40	4.8	5.8	6.5	7.3	7.8	8.6	8.9
50	5.1	6.0	6.8	7.4	7.5	8.1	8.2
60	5.1	6.1	6.5	6.6	7.0	7.0	7.7
70	5.2	6.1	6.2	6.5	6.1	5.4	6.6
80	5.2	6.0	5.7	5.3	5.2	4.3	5.5
90	4.9	5.6	5.5	4.6	3.9	3.2	3.3
ანასტული							
0	2.1	2.7	4.5	6.3	8.0	8.5	6.8
10	3.7	3.8	5.2	5.7	8.4	8.5	6.8
20	4.0	4.0	5.4	6.3	8.0	8.1	6.1
30	4.2	4.3	5.6	6.9	7.8	7.9	5.8
40	4.4	4.5	5.6	7.0	7.2	6.8	5.5
50	4.6	4.6	5.9	7.0	6.9	6.4	5.1
60	4.6	4.7	5.6	6.3	6.4	5.5	4.8
70	4.7	4.7	5.4	6.2	5.6	4.2	4.1
80	4.7	4.6	5.0	5.0	4.8	3.4	3.4
90	4.5	4.3	4.7	4.4	3.6	2.5	2.0
თბილისი							
0	1.9	2.6	4.6	6.4	8.8	10.9	10.8
10	3.3	3.6	5.3	5.8	9.2	10.9	10.8
20	3.6	3.9	5.5	6.4	8.8	10.3	9.7
30	3.8	4.2	5.8	7.0	8.6	10.1	9.2
40	4.0	4.3	5.8	7.1	7.9	8.7	8.7
50	4.2	4.4	6.0	7.2	7.6	8.2	8.1
60	4.2	4.5	5.8	6.4	7.0	7.1	7.6
70	4.3	4.5	5.5	6.3	6.2	5.4	6.5
80	4.3	4.4	5.1	5.1	5.3	4.4	5.4
90	4.1	4.2	4.8	4.5	4.0	3.3	3.2

	ნალკა						
0	3.0	3.9	4.9	5.8	7.2	9.1	9.3
10	5.2	5.5	5.6	5.2	7.6	9.1	9.3
20	5.7	5.9	5.9	5.8	7.2	8.6	8.4
30	6.0	6.2	6.1	6.4	7.1	8.5	7.9
40	6.2	6.4	6.1	6.4	6.5	7.3	7.5
50	6.4	6.6	6.4	6.5	6.2	6.8	7.0
60	6.4	6.8	6.1	5.8	5.8	5.9	6.5
70	6.8	6.8	5.9	5.7	5.0	4.6	5.6
80	6.8	6.6	5.4	4.6	4.3	3.6	4.6
90	6.4	6.2	5.1	4.1	3.2	2.7	2.8
	სოხუმი						
0	1.7	2.5	4.4	6.1	7.9	10.5	10.0
10	3.0	3.5	5.1	5.5	8.3	10.5	10.0
20	3.2	3.7	5.3	6.1	7.0	10.0	9.0
30	3.4	4.0	5.5	6.7	7.7	9.8	8.5
40	3.6	4.1	5.5	6.8	7.1	8.4	8.1
50	3.7	4.2	5.7	6.8	6.8	7.9	7.5
60	3.7	4.4	5.5	6.1	6.3	6.8	7.0
70	3.8	4.4	5.1	6.0	5.5	5.2	6.0
80	3.8	4.2	4.8	4.9	4.7	4.2	5.0
90	3.6	4.0	4.6	4.3	3.6	3.1	3.0

გრადუსი α	თვე					
	VIII	IX	X	XI	XII	ნელ
1	9	10	11	12	13	14
	მ/მ ყაზბეგი					
0	8.1	6.2	6.9	4.1	3.7	79.3
10	8.9	7.1	9.0	5.8	6.1	92.7
20	8.7	7.4	9.7	6.6	7.0	95.7
30	8.5	7.5	10.4	7.0	7.9	98.6
40	8.1	7.7	10.7	7.4	8.7	98.6
50	7.7	7.1	11.0	7.8	9.2	98.5
60	6.9	6.8	10.7	8.0	9.9	95.0
70	6.1	6.2	10.3	7.8	9.8	89.6
80	4.9	5.3	10.0	7.7	9.4	81.5
90	4.0	4.3	9.0	7.4	8.9	71.8

	ცხაკაია					
0	7.2	6.5	4.7	2.5	1.8	63.5
10	7.9	7.5	6.1	3.5	3.0	71.6
20	7.8	7.7	6.6	4.0	3.4	70.3
30	7.6	7.9	7.0	4.2	3.9	74.3
40	7.2	8.1	7.3	4.5	4.2	73.2
50	6.8	7.5	7.5	4.7	4.5	72.0
60	6.1	7.1	7.3	4.9	4.8	68.7
70	5.4	6.5	7.0	4.7	4.8	63.6
80	4.3	5.5	6.8	4.7	4.6	56.7
90	3.6	4.5	6.1	4.6	4.3	48.9
	თელავი					
0	11.2	9.1	5.7	3.1	2.2	82.3
10	12.3	10.5	7.4	4.4	3.6	92.8
20	12.1	10.8	8.0	5.0	4.2	94.2
30	11.8	11.0	8.5	5.3	4.7	95.9
40	11.2	11.4	8.8	5.6	5.2	94.4
50	10.6	10.5	9.1	5.9	5.5	93.0
60	9.5	10.0	8.8	6.0	5.9	88.3
70	8.4	9.1	8.5	5.9	5.8/	81.7
80	6.7	7.7	8.3	5.8	5.0	72.2
90	5.6	6.4	7.4	5.6	5.3	62.6
	ანასტეული					
0	10.2	7.5	4.8	2.7	2.2	75.5
10	11.2	8.6	6.2	3.8	3.6	85.1
20	11.0	8.9	6.7	4.3	4.2	86.4
30	10.7	9.1	7.2	4.6	4.7	88.1
40	10.2	9.4	7.4	4.9	5.2	86.8
50	9.7	8.6	7.7	5.1	5.5	85.7
60	8.7	8.2	7.4	5.3	5.9	81.5
70	7.6	7.5	7.2	5.1	5.8	75.3
80	6.1	6.4	7.0	5.0	5.0	66.7
90	5.1	5.2	6.2	4.9	5.3	57.7
	თბილისი					
0	7.7	5.7	4.6	2.8	2.3	62.0
10	8.4	6.6	6.0	4.0	3.8	70.9
20	8.3	6.8	6.4	4.5	4.4	72.3
30	8.1	6.9	6.9	4.8	4.9	74.1
40	7.7	7.1	7.1	5.0	5.3	73.2
50	7.3	0.6	7.4	5.3	5.8	73.0
60	6.5	6.3	7.1	5.5	6.2	69.5

70	5.8	5.7	6.9	5.6	6.1	64.7
80	4.6	4.8	6.7	5.2	5.9	58.1
90	3.8	4.0	6.0	5.0	5.5	50.3
0	10.2	7.1	4.9	2.1	1.7	72.0
10	11.2	8.2	6.4	3.0	2.8	75.2
20	11.0	8.4	6.9	3.4	3.2	81.1
30	10.7	8.6	7.3	3.6	3.7	82.6
40	10.2	8.9	7.6	3.8	3.9	80.9
50	9.7	8.2	7.8	4.0	4.2	79.6
60	8.7	7.8	7.6	4.1	4.6	75.4
70	7.6	7.1	7.4	4.0	4.5	69.3
80	6.1	6.0	7.1	3.9	4.3	61.4
90	5.1	5.0	6.4	3.8	4.1	52.5
წალკა						
0	8.3	6.0	4.4	2.6	2.4	63.0
10	9.1	6.9	5.7	3.7	4.0	76.9
20	9.0	7.1	6.2	4.2	4.6	78.6
30	8.7	7.3	6.6	4.4	5.2	80.4
40	9.3	7.5	6.8	4.7	5.5	79.2
50	7.9	6.9	7.0	4.9	6.0	78.6
60	7.1	6.6	6.8	5.1	6.4	75.3
70	6.2	6.0	6.6	4.9	6.4	70.5
80	5.0	5.1	6.4	4.9	6.1	63.4
90	4.1	4.2	5.7	4.7	5.8	55.0
სოხუმი						
0	9.7	8.0	4.9	2.7	1.8	70.2
10	10.7	9.2	6.4	3.8	3.0	79.0
20	10.5	9.5	6.9	4.3	3.4	79.8
30	10.2	9.7	7.3	4.6	3.9	81.3
40	9.7	10.0	7.6	4.9	4.2	80.0
50	9.2	9.2	7.8	5.1	4.5	78.4
60	7.4	8.8	7.6	5.3	4.8	73.7
70	7.3	8.0	7.4	5.1	4.8	68.6
80	5.8	6.8	7.1	5.0	4.6	60.9
90	4.9	5.6	6.4	4.9	4.3	52.3

სიდიდეები მაქსიმალურია ფერდობების ოპტიმალური ($\approx 40^\circ$) დახრილობის კუბთეებისათვის, მინიმალურია ვერტიკალურ ზედაპირზე. ჩვენს მიერ სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებისათვის მიღებული მზის პირდაპირი რადიაციის

ფარდობითი ჯამების $\frac{\sum S_{\text{ფ}}}{\sum S_0} = K$ წლიური მსვლელობის კა-

ნონზომიერებები ანალოგიურია იმ შედეგებისა, რომლებიც მიღებული იქნა ზოგიერთი ავტორის, მაგალითად, ზ. პიოვოვაროვას (53) მიერ ამავე განედისათვის განსხვავებულ ფიზიკურ გეოგრაფიულ პირობებში. მაგალითად K_{γ} -ის სიდიდეები ჩრდილოეთი განედის (43° -ზე) განლაგებული ვერტიკალური ზედაპირებისათვის ჩვენი და ამ ავტორის გამოთვლების შედეგები თითქმის ემთხვევა ერთმანეთს და შეადგენენ იანვარში 2,3; ივლისში 0,3; აგვისტოში 0,5; სექტემბერში 0,8; ოქტომბერში 1,2; ნოემბერში 1,9; დეკემბერში 2.6. ჩვენს მიერ ცენტრალური კავკასიონისათვის (0.4-4.0კმ სიმაღლეთა დიაპაზონი) აგებული $K_{\text{ფ}} = f(\alpha)$ დამოკიდებულებების შესაბამისი მრუდებიდან და ზ. პიოვოვაროვას მიერ აგებული $K_{\gamma} = f(\varphi)$ გრაფიკებიდან აღებული K_{γ} -ს სიდიდეების შედარება ჩრდილოეთი განედის 43° -ზე განლაგებული პუნქტებისათვის ადასტურებს K_{γ} მნიშვნელობების ზემოთაღნიშნულ კარგ თანხვედრას.

მნიშვნელოვან და საინტერესო ფაქტად შეიძლება ჩაითვალოს, როგორც აღნიშნულია (52)-ში საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში მიღებული $K_{\text{ფ}}$ კოეფიციენტების გამოყენება მოწმენდილი ცის შემთხვევაში ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამების გამოთვლის მიზნით და შებრუნებით.

$\Delta(\Sigma_{\text{f}} S_0 - \Sigma_{\text{f}} S_{\text{e}})$ სიდიდეები, კკალ/სმ2 წელი

სადგური	$\Delta(\Sigma_{\text{f}} S_0 - \Sigma_{\text{f}} S_{\text{e}})$		
	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha \approx 40$
მ/მ ყაზბეგი	109.2	79.8	127.7
ცხაკაია	78.5	69.2	96.4
სკრა	61.0	56.8	78.0
თელავი	72.6	67.1	91.0
ანასეული	85.6	73.7	104.1
თბილისი	67.6	61.5	84.2
წალკა	90.9	76.0	106.5
სოხუმი	72.7	69.2	90.8

ამასთანავე ერთად შესაძლო ჯამების სიდიდეები (მონ-მენდილი ცის შემთხვევაში), რომლებიც გამოითვლება ღრუბლიანობის საშუალო პირობებში მიღებული კოეფიციენტებით $K_{\text{ფ}}$ განსხვავდება მონმენდილი ცის შესაბამისი კოეფიციენტებით გამოთვლილი ჯამებისგან მხოლოდ 5-10%-ით.

(მონმენდილი ცის შემთხვევაში) $\Sigma_{\text{f}} S_{\text{ფ}}$ ჯამების გამოთვლის მეოდიკის მიზანშეწონილება გამართლებულია $K_{\text{ფ}}$ -ის იმ სიდიდეების შედარებით, რომლებიც გამოთვლილი იქნა მონმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე მ. გოლბერგის მიერ მინსკისათვის, ზ. პიოვაროვას მიერ ყოფილი საბჭოთა კავშირის 18 პუნქტისათვის უფრო მეტიც, 35-65° ჩრდ. განედის დიაპაზონისათვის (34)-ში ატმოსფეროს სხვადასხვა გამჭვირვალობისას თეორიულად გამოთვლილი და ზ. პიოვაროვას მიერ დაკვირვებების მასალებიდან მიღებული $K_{\text{ფ}}$ -ს სიდიდეების შედარება გვიჩვენებს, რომ ისინი ახლოს არიან ერთმანეთთან.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, K_{γ} -ს (გადამთვლელი კოეფიციენტების) სიდიდეები ჰორიზონტალური ზედაპირიდან ფერდობებზე მოწმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში ცენტრალური კავკასიონისათვის (სადაც $\varphi = 43^{\circ}$ ჩრდ. განედი) გამოთვლილი იქნა განედის აღნიშნული ფიქსირებული მნიშვნელობისათვის, ბუნებრივია, რომ ამ კოეფიციენტების გამოყენება $\Sigma_{\alpha} N_{\gamma}$ და $\Sigma_{\gamma} N_{\gamma}$ -ს სიდიდეების გამოსათვლელად საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში, რომლის განედის სიდიდე განსხვავდება 1° -ის ფარგლებში, დაკავშირებულია განსაზღვრული სიდიდეების ცდომილებებთან, რაც განპირობებულია მზის სიმაღლის (ზრდით) და შესაბამისად ფერდობებსა და მზის სხივებს შორის შეხვედრის კუთხის ცვალებადობით. ამ ცდომილებების შეფასება გვიჩვენებს, რომ ისინი არ აღემატებიან ზაფხულში 1-2, ზამთარში 2-4%-ს, რაც მათი გამოყენების მიზანშეწონილობაზე მიუთითებს. საქართველოს სამხრეთ მთიანეთის პირობებში $\Sigma_{\alpha} N_{\gamma}$ და $\Sigma_{\gamma} N_{\gamma}$ ჯამების სიდიდეების გამოსათვლელად.

უნდა აღინიშნოს, რომ მზის პირდაპირი რადიაციის სიდიდეების ცოდნა მოწმენდილი ცის და საშუალო მოღრუბლობის პირობებში სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით აუცილებელია რეგიონში მიმდინარე რადიაციული პროცესების კომპლექსური დახასიათებისათვისაც.

თავი VII
სამხრეთის ორიენტაციის ზარღოგებზე
ქვეფენილი ზედაპირის მიერ შთანთქმული
რადიაცია

ქვეფენილი ზედაპირის ალბედო A , რომელიც განსაზღვრავს მის მიერ შთანთქმული რადიაციის სიდიდეს, დამოკიდებულებაა მის ფიზიკურ თვისებებზე, მზის სიმაღლეზე და დაცემული რადიაციის სპექტრალურ შემადგენლობაზე. A განისაზღვრება ქვეფენილი ზედაპირის მიერ არეკლილი მოკლეტალღიანი რადიაციის R_g სიდიდის შეფარდებით მასზე დაცემულ ჯამურ რადიაციაზე Q . ქვეფენილი ზედაპირის მიერ შთანთქმული რადიაციის სიდიდის შეფასებისათვის საჭიროა ალბედოს სიდიდის ცოდნა და A -ს სიდიდეების დროში და სივრცლეში განაწილების კანონზომიერებების ფორმირებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ლანდშაფტური ზონების მრავალსახეობა საქართველოს ტერიტორიაზე, რომლებიც იცვლებიან, როგორც ჰორიზონტალური (განედურ, მერიდიანული) ასევე ვერტიკალური მიმართულებით. მაგალითად, საქართველოს მთიან რაიონებში ვერტიკალური მიმართულებით გვხვდება შემდეგი ლანდშაფტური ზონები: ტრამალეები, ტყეტრამალეები, ნახევრად უდაბნო, ნოტიო სუბტროპიკები, ტყეები, სუბალპური და ალპური მდელოები, მაღალმთიანი ტუნდრა, მუდმივი თოვლის და გამყინვარების ზონა.

R_g და A_g მნიშვნელობებზე საქართველოს მთიან რაიონებში დიდ გავლენას ახდენს ადგილის აბსოლუტური სიმაღლე H და სეზონური თოვლის საფარის რეჟიმი. თოვლის საფარის პირობებში ადგილი აქვს R_g და A -ს მაღალ მნიშვნელობებს. ზაფხულში A_g -ს საშუალო თვიური მნიშვნელობები იცვლებიან კოლხეთის დაბლობში 20-21%, ქართლის ვაკეზე და ალაზნის ველზე 17-21%-ის ზღვრებში. წლის თბილი პე-

რიოდი საქართველოს დაბლობ ტერიტორიაზე ხასიათდება ალბედოს მინიმალური, ხოლო ცივი პერიოდი – მაქსიმალური სიდიდეებით. ზამთარში A -ს საშუალოთვიური მნიშვნელობები მერყეობენ კოლხეთის დაბლობზე 25-34%, ქართლის ვაკეზე 22-40% და ალაზნის ველზე 24-32%-ის ზღვრებში. წლის ცივ პერიოდში ალბედოს სიდიდეების ფორმირებაზე გადამწყვეტ გავლენას ახდენს სეზონური თოვლის საფარის ხანგრძლივობა. საქართველოს დაბლობი რაიონები წლის ცივი პერიოდის განმავლობაში ხასიათდებიან ალბედოს არამდგრადი მნიშვნელობებით. წლის გარდამავალ პერიოდში (გაზაფხული და შემოდგომა) აღინიშნება ალბედოს მნიშვნელობების მკვეთრი რყევები. ცალკეულ წლებში ალბედოს მკვეთრი რყევადობის პერიოდების ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მყარი ნალექების რაოდენობაზე, ჰაერის ტემპერატურაზე, დაცემური რადიაციის სიდიდეზე, ადგილის ოროგრაფიულ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით A ფართო ზღვრებში იცვლება, რის შედეგად შესაძლებელია ალბედოს სიდიდეების მნიშვნელოვანი გადახრები მისი საშუალო სიდიდეებისაგან.

თოვლის საფარის სპეციფიკური რეჟიმი სხვადასხვა აბსოლუტურ სიმაღლეზე ოროგრაფიაზე დამოკიდებულებით თამაშობს მთავარი ფაქტორის როლს, რომელიც განსაზღვრავს მთიან რაიონებში A_g -ს წლიურ მსვლელობას.

მთიან რაიონებში H -ის ზრდის შემთხვევაში მდგრადი თოვლის საფარის არსებობის და ალბედოს მაღალმნიშვნელობების პერიოდი საშუალოდ მატულობს. თუ საქართველოს დაბლობ რაიონებში ალბედოს მაქსიმალური მნიშვნელობების პერიოდი შეადგენს საშუალოდ 1 თვეს მაღალმთიან რაიონებში კი, მაგალითად მმ ყაზბეგზე იგი აღწევს 10 თვეს და მეტს.

A_g -ის საშუალო მრავალწლიური სიდიდის დამოკიდებულება ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე H , ანალიტიკურად წარმოიდგინება მეორე რიგის პარაბოლების სახით (52):

$$A_g = 23.0 + 0.3H + 3.1H^2 \quad (7.1)$$

ანალოგიურად წარმოიდგინება A-ს საშუალო მრავალ-
წლიური მნიშვნელობების დამოკიდებულება H-ზე ზამთრის
და წლის ცივი პერიოდებისათვის:

ზამთარი

$$A_g = 30.07 + 13.7H + 0.05H^2 \quad (7.2)$$

ნელინადის ცივი პერიოდი

$$A_g = 30.8 + 8.6H + 0.3H^2 \quad (7.3)$$

H-ის ზრდისას 0-1.5კმ ზღვრებში გაზაფხულზე და 0-2 კმ
ზღვრებში შემოდგომაზე A_g -ს სიდიდეები იზრდება მხო-
ლოდ 2-3%-ით. 1.5-4.0 კმ. ზღვრებში გაზაფხულზე და 2.0-4.0
კმ ზღვრებში შემოდგომაზე A_g საშუალოდ იზრდება 54-
47%-ით შესაბამისად. $A_g = f(H)$ დამოკიდებულება 0-1.5
და 0-2.0 კმ. დიაპაზონთა სიმაღლეებისათვის ამ სეზონები-
სათვის ანალიტიკურად წარმოიდგინება წრფივი ფუნქციე-
ბის, ხოლო 1.5-4.0 და 2.0-4.0 კმ. სიმაღლეთა დიაპაზონები-
სათვის შესაბამისად მეორე რიგის პარაბოლების სახით.

$$A_g = 22.0 + 1.33H \quad (7.4)$$

გაზაფხული 0-1.5 კმ
შემოდგომა 0-2.0 კმ

$$A_g = 21.0 + H \quad (7.5)$$

გაზაფხული 1.5-4.0 კმ

$$A_g = 67.7 - 29.0H + 8.0H^2 \quad (7.6)$$

შემოდგომა 2.0-4.0 კმ

$$A_g = 48.1 - 26.0H + 8.0H^2 \quad (7.7)$$

ქვეყნული ზედაპირის მიერ არეკლილი რადიაციის R
თვიური და წლიური ჯამები სამხრეთის ორიენტაციის ფერ-
დობებისათვის მოწმენდილი ცის და საშუალო ღრუბლიანო-

ბის პირობებში გამოთვლილი იქნა მათზე დაცემული რადიაციის სიდიდეების გამრავლებით ალბედოს საშუალო მნიშვნელობებზე თვის, წლის სეზონის და წელიწადის განმავლობაში მოცემულ აბსოლუტურ სიმაღლეზე, ხოლო შთანთქმული რადიაციის სიდიდეები გამოთვლილი ქნა ფორმულით:

$$\Sigma Q_{\text{გ}} = \Sigma Q(1 - A) \quad (7.8)$$

აქვე ავლნიშნავთ, რომ საქართველოს ტერიტორიისათვის ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის საშუალო ღრუილანობის პირობებში ჩვენი მონაცემების თანახმად (52) დამოკიდებულება $\Sigma Q_{\text{გ}} = f(H)$ ანალიტიკურად წარმოიდგინება მეორე რიგის პარაბოლას სახით:

$$\Sigma Q_{\text{გ}} = 91.9 + 6.3H - 5.0H^2 \quad (7.9)$$

ამ დამოკიდებულებაში H გამოსახულია კმ-ში, ხოლო $\Sigma Q_{\text{გ}}$ კკალ/სმ²-ში.

$\Sigma Q_{\text{გ}}$ ვერტიკალურ იგრადიენტი საქარველოსათვის ტოლია 0-1 კმ სიმაღლეთა დიაპაზონში 0.1, 1-2კმ-0.9, 2-3კმ - 1.9, 3-4 კმ -2.9კკალ/სმ²წელი 100 მ. სიმაღლეზე. 0-1 კმ სიმაღლეთა ინტერვალში ვერტიკალური გრადიენტი დადებითია. სიმაღლის ამ მონაკვეთში $\Sigma Q_{\text{გ}}$ -ს შემცირების ნაცვლად დანარჩენი სიმაღლეებისაგან განსხვავებით აღინიშნება $\Sigma Q_{\text{გ}}$ -ს სიდიდეების ზრდა.

ზემოთ დადგენილი იქნა ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური ჯამების $\Sigma S_{\text{გ}}$ დამოკიდებულება ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებისათვის, რომელთა დახრილობის კუთხე - α იცვლება 0-90°-ის დიაპაზონში. ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში

$$\Sigma S_{\text{გ}} = 130.0 + 21.9H - 0.65H^2 \quad (7.10)$$

$\alpha = 10^\circ$ ფერდობის შემთხვევაში

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 142.9 + 21.6H - 0.75H^2 \quad (7.11)$$

$\alpha = 20^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 156.07 + 21.36H - 0.97H^2 \quad (7.12)$$

$\alpha = 30^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 165.9 + 11.50H + 2.32H^2 \quad (7.13)$$

$\alpha = 40^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 168.4 + 11.50H + 2.42H^2 \quad (7.14)$$

$\alpha = 50^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 169.4 + 4.46H + 3.98H^2 \quad (7.15)$$

$\alpha = 60^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 161.5 + 8.24H + 2.66H^2 \quad (7.16)$$

$\alpha = 70^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 151.2 + 4.91H^2 \quad (7.17)$$

$\alpha = 80^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 131.92 + 5.25H^2 \quad (7.18)$$

$\alpha = 90^\circ$

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{გ}} = 116.3 + 4.01H^2 \quad (7.19)$$

სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე მზის პირდაპირი რადიაციის შთანთქმული სიდიდეები წელიწადის განმავლობაში მონმენდილი ცის პირობებში გამოთვლილი იქნა შემდეგი გამოსახულებიდან:

ჰორიზონტალური ზედაპირის შემთხვევაში

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = 130.0 + 21.9H - 0.65H^2 [1 - (23.0 - 3.73H + 3.1H^2)] \quad (7.20)$$

სადაც H იცვლება 0-4კმ სიმაღლეთა დიაპაზონში.

ასევე სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობების შემთხვევაში

$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}}^2$ -ს სიდიდეები გამოითვლება დახრილობის კუთხის

ფიქსირებული მნიშვნელობებისათვის $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}}$ -ს სიდიდეების (მათი შესაბამისი ანალიტიკური გამოსახულებების) ჩასმით

$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}}$ -ს გამოსათვლელ გამოსახულებაში

$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = \Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} (1 - A)$ მაგალითად, როდესაც $\alpha = 50^\circ$ $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}}$ გამოთვლები შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}} = (169.4 + 4.46H + 3.98H^2) [1 - (23.0 - 0.3H + 3.1H^2)] \quad (7.21)$$

სადაც H იცვლება ასევე 0-4კმ სიმაღლეთა დიაპაზონში. ამ

ფორმულებში ქვეფენილიზედაპირის ალბედოს სიდიდეები

მოცემულია ერთეულის ნაწილებში. ამ მეთოდიკით გამოთ-

ვლილი შთანთქმული რადიაციის $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}}$ -ს სიდიდეები მონმენ-

დილი ცის შემთხვევაში მოცემულია ცხრილ 31-ში. როგორც

ამ ცხრილში მოცემული ინფორმაციის ანალიზიდან

ჩანს $\Sigma_{\text{ფ}} S_{\text{ფ}}$ -ს სიდიდეები მაქსიმალურია 0-2 კმ სიმაღლეთა

დიაპაზონში, მინიმალურია 4 კმ სიმაღლეზე.

Σ_წ მნიშვნელობები სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე მონმენდილი ცის შემთხვევაში (კკალ/სმ²ნელი)

H კმ	α გრადუსი				
	0	10	20	30	40
0	100.0	110.0	121.0	127.6	129.5
1	113.2	121.0	130.5	127.0	134.4
2	111.8	119.0	126.5	127.0	131.4
3	94.9	100.4	105.6	110.6	112.4
4	59.2	62.0	64.7	71.3	72.4

H კმ	α გრადუსი				
	50	60	70	80	90
0	130.5	124.2	116.4	101.6	89.5
1	131.5	127.5	105.5	101.5	89.0
2	126.1	122.7	111.0	99.1	86.0
3	109.3	105.1	98.1	89.6	76.6
4	71.7	67.8	65.4	61.7	51.7

ნახ. 24-ზე მოყვანილი K_{θ} -ს მნიშვნელობებით გამოთვლილი იქნა მზის პირაპირი რადიაციის თეიური ჯამების სიდიდეებით სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე მონმენდილი ცის შემთხვევაში. როგორც ზემოთ უკვე იყო აღნიშნული, ამავე ნახაზზე მოყვანილი K_{θ} -ს მნიშვნელობებით გამოთვლებიან $\Sigma_{\text{წ}}$ სიდიდეები საშუალო მოღრუბულობის პირობებშიც. საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური ჯამების დამოკიდებულება ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე კავკასიის ტერიტორიისათვის ანალიტიკურად ანალიტიკურად წარმოიდგინება (50) მეორე რიგის პარაბოლის სახით:

$$\Sigma_{\text{წ}} S'_{\text{წ}} = 62.4 + 12.1H - 1.9H^2 \quad (7.22)$$

ეს დამოკიდებულება შეიძლება გამოყენებული იქნეს საქართველოს ტერიტორიისათვისაც, რომელიც წარმოადგენს კავკასიის ტერიტორიის ნაწილს. როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას 0-4.5კმ.

ზღვრებში $\Sigma \nabla_{\text{გ}}^I$ -ს სიდიდეები იზრდებიან 62.4 კკალ/სმ²-დან 82.6კკალ/სმ²-მდე აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ეს დამოკიდებულება აგებულია არარატის ვაკისა და ნახიჩევანის ქვაბულის მონაცემების გარეშე, რამაც მნიშვნელოვნად გაზარდა მისი სიზუსტე.

სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე ქვეფენილი ზედაპირის მიერ მზის პირდაპირი რადიაციის შთანთქმული სიდიდეები საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში ნელინადის განმავლობაში გამოითვლებიან შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$\Sigma \nabla_{\text{ფ}} = \Sigma \nabla_{\text{ფ}} (1 - A) \quad (7.23)$$

რომელშიც ფერდობების დახრილობის კუთხის სიდიდე იცვლება 0-90° ზღვრებში. (7.23) გამოსახულების გამოყენებით გამოთვლილი იქნა $\Sigma \nabla_{\text{ფ}}$ სიდიდეები აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით 0-4კმ. სიმაღლეთა დიაპაზონში. შემდეგ კი ალბედოს A სიდიდეების გამოსათვლელი ზემოთ მოყვანილი ფორმულით

$$A = 23.0 - 0.37H + 3.1H^2 \quad (7.24)$$

გამოთვლილი იქნა ქვეფენილი ზედაპირის ალბედოს საშუალო სიდიდეები მოცემულ აბსოლუტურ სიმაღლეზე. ცხრილ 32-ში მოყვანილი $K_{\text{ფ}}$ -ს სიდიდეები. ჰორიზონტალუ-

რი ზედაპირისათვის მიღებული $\Sigma \nabla_{\text{გ}}^I$ მნიშვნელობებით გადათვლილი იქნა სამხრეთ ორიენტაციის ფერდობებისათვის დახრილობის კუთხის მოცემული მნიშვნელობისათვის 10 ტოლი ინტერვალით. ნელინადის განმავლობაში ფერდობების მიერ შთანთქმული რადიაციის სიდიდეები საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში გამოთვლილი იქნა (7.23) გამოსახულე-

ბის საშუალებით. $\Sigma_{\alpha\gamma}$ და $\Sigma_{\gamma\gamma}$ სიდიდეები მოცემულია ცხრილ 31-ში.

როგორც ცხრილ 31-დან ჩანს, საქართველოს დაბლო რაიონებში საშუალო მოღრუბულობის პირობებში, სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე ქვეფენილი ზედაპირის მიერ შთანთქმული რადიაციის წლიური ჯამების სიტდიდეები იცვლებიან 37.7-56.6 კკალ/სმ² (კოლხეთის ვაკე დაბლობი), 47.1-73.3 კკალ/სმ² (ქართლის ვაკე), 44.1-67.5 კკალ/სმ² (ალაზნის ველი), 28.6-43.0 კკალ/სმ² (კავკასიონის, მმ ყაზბეგი). ფერდობის

ცხრილი 31

შთანთქმული რადიაციის სიდიდეები კკალ/სმ² თვე

α , გრადუსი	თვე					
	I	II	III	IV	V	VI
10	1.75	1.45	1.15	0.90	1.05	1.00
20	1.80	1.50	1.20	1.00	1.00	0.95
30	2.00	1.60	1.25	1.10	1.00	0.95
40	2.10	1.65	1.25	1.10	0.90	0.80
50	2.20	1.70	1.30	1.10	0.85	0.75
60	2.20	1.75	1.25	1.00	0.80	0.65
70	2.25	1.75	1.20	1.00	0.70	0.50
80	2.25	1.70	1.10	0.80	0.60	0.40
90	2.15	1.65	1.06	0.70	0.45	0.25

α , გრადუსი	თვე					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10	1.00	1.10	1.15	1.30	1.42	1.65
20	0.90	1.10	1.20	1.40	1.60	1.90
30	0.85	1.05	1.20	1.50	1.70	2.15
40	0.85	1.00	1.25	1.60	1.80	2.35
50	0.75	0.95	1.15	1.60	1.90	2.50
60	0.70	0.85	1.10	1.55	1.95	2.68
70	0.60	0.75	1.00	1.50	1.90	2.65
80	0.50	0.60	0.85	1.45	1.87	2.55
90	0.30	0.50	0.75	1.30	1.80	2.40

სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე ქვეფენილი ზედაპირის მიერ შთანთქმული რადიაციის თვიური ΣF_{Σ} ჯამების სიდიდეები საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში, კკალ/სმ²

გრადუსი α	თვე						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	2	3	4	5	6	7	8
	მ/მ ყაზბეგი						
0	1.2	1.7	2.2	2.4	3.0	4.2	6.6
10	2.1	2.4	2.6	2.2	3.1	4.2	6.6
20	2.3	2.6	2.7	2.4	3.0	4.0	5.9
30	2.4	2.6	2.8	2.7	2.9	3.9	5.5
40	2.6	2.8	2.8	2.7	2.7	3.3	5.3
50	2.7	2.9	2.9	2.7	2.6	3.1	4.9
60	2.7	3.0	2.8	2.4	2.4	2.7	4.6
70	2.7	3.0	2.7	2.4	2.1	2.1	4.0
80	2.7	2.9	2.4	2.0	1.8	1.7	3.2
90	2.6	2.7	2.4	1.7	1.4	1.2	1.9
	ანასეული, კოლხეთის დაბლობი						
0	1.5	1.7	3.3	5.0	6.3	6.8	5.4
10	2.6	2.4	3.8	4.5	6.6	6.8	5.4
20	2.8	2.5	4.0	5.0	6.3	6.5	4.8
30	3.0	2.7	4.1	5.5	6.2	6.4	4.6
40	3.1	2.8	4.1	5.5	5.7	5.4	4.3
50	3.6	2.9	4.4	5.6	5.5	5.3	4.0
60	3.6	3.0	4.1	4.6	5.1	4.4	3.8
70	3.7	3.0	4.0	4.5	4.4	3.4	3.2
80	3.7	2.9	3.7	4.0	3.8	2.7	2.7
90	3.5	1.7	5.4	3.5	2.8	2.0	1.6
	ცხაკაია, კოლხეთის დაბლობი						
0	1.4	1.7	3.2	4.8	6.6	7.7	6.2
10	2.4	2.4	3.6	4.4	6.9	7.7	6.2
20	2.6	2.5	3.8	4.8	6.6	7.3	3.7
30	2.7	2.7	3.9	5.3	6.4	7.2	5.2
40	2.9	2.8	3.9	5.4	5.9	6.2	5.0

50	3.0	2.9	4.1	5.4	5.6	5.8	4.6
60	3.0	3.0	3.9	4.8	5.2	5.2	4.3
70	3.1	3.0	3.8	4.8	4.6	3.9	3.7
80	3.1	2.9	3.5	3.9	3.9	3.1	3.0
90	3.0	2.7	3.3	3.4	3.0	2.3	1.9
სკრა, შიდა ქართლი							
0	1.6	2.2	3.8	5.6	7.4	5.2	9.4
10	2.7	3.0	4.4	5.1	7.8	9.2	9.3
20	3.0	3.2	4.6	5.6	7.4	8.7	8.4
30	3.1	3.5	4.8	6.2	7.2	8.5	8.0
40	3.3	3.5	4.8	6.2	6.6	7.4	7.6
50	3.5	3.7	5.0	6.2	6.4	6.9	7.0
60	3.5	3.8	4.8	5.6	5.9	5.9	6.6
70	3.5	3.8	4.6	5.5	4.6	4.6	5.6
80	3.5	3.7	4.2	4.5	3.6	3.6	4.7
90	3.3	3.5	4.0	3.9	2.8	2.8	2.8
წალკა, სამხრეთ მთიანეთი							
0	1.8	2.4	3.1	4.6	5.8	7.3	7.4
10	3.1	3.4	3.6	4.2	6.1	7.3	7.4
20	3.4	3.6	3.8	4.6	5.8	6.5	6.6
30	3.6	3.8	3.9	5.1	5.7	6.8	6.2
40	3.7	3.9	3.9	5.1	5.2	5.8	5.9
50	3.8	4.0	4.1	5.2	5.0	5.4	5.5
60	3.8	4.2	3.9	4.6	4.6	4.7	5.1
70	4.1	4.2	3.8	4.6	4.0	3.7	4.4
80	4.1	4.1	3.5	3.7	3.4	2.9	3.6
90	3.8	3.8	3.3	3.3	2.6	2.2	2.2
თბილისი							
0	1.5	2.1	3.8	5.2	7.2	9.1	9.0
10	2.6	3.0	4.4	4.8	7.5	9.0	9.0
20	2.9	3.2	4.5	5.2	7.2	8.6	8.1
30	3.0	3.4	4.4	5.7	7.1	8.4	7.6
40	3.2	3.5	4.8	5.8	6.5	7.2	7.2
50	3.4	3.6	4.9	5.9	6.2	6.8	6.7
60	3.4	3.7	4.8	5.2	5.7	5.9	6.3
70	3.4	3.7	4.5	5.2	5.1	4.5	4.7
80	3.4	3.6	4.2	4.2	4.4	3.6	4.5
90	3.3	3.4	3.9	3.7	3.3	2.7	2.7

	სოხუმი, აფხაზეთის ზღვისპირეთი						
0	1.2	1.8	3.4	4.7	6.2	8.3	7.9
10	2.2	2.5	3.9	4.2	6.5	8.3	7.9
20	2.3	2.6	4.1	4.7	6.2	7.9	7.1
30	2.5	2.8	4.2	5.2	6.0	7.7	6.7
40	2.6	2.9	4.2	5.2	5.5	6.6	6.4
50	2.7	3.0	4.4	5.2	5.3	6.2	5.9
60	2.7	3.1	4.2	4.7	4.9	5.4	5.5
70	2.8	3.1	3.9	4.6	4.3	4.1	4.7
80	2.8	3.0	3.7	3.8	3.7	3.3	3.9
90	2.6	2.8	3.5	3.3	2.8	2.4	2.4
	თელავი, ალაზნის ველი						
0	1.6	2.4	4.0	5.1	6.8	8.4	8.7
10	2.8	3.4	4.6	4.7	7.1	8.4	8.7
20	3.0	3.6	4.8	5.2	6.8	8.0	7.8
30	3.2	3.9	5.0	5.8	6.6	7.8	7.4
40	3.3	4.0	5.0	5.8	6.1	6.7	7.0
50	3.5	4.2	5.2	5.8	5.8	6.3	6.5
60	3.5	4.2	5.0	5.2	5.5	5.4	6.1
70	3.6	4.2	4.8	5.1	4.8	4.0	5.2
80	3.6	4.1	4.4	4.2	4.1	3.4	4.3
90	3.4	3.9	4.2	3.6	3.1	2.5	2.6

გრადუსი α	თვე					
	VIII	IX	X	XI	XII	ნელ
1	9	10	11	12	13	14
	მ/მ ყაზბეგი					
0	6.2	3.3	2.8	1.4	1.4	36.4
10	6.8	3.8	3.6	2.0	2.3	41.7
20	6.6	3.9	3.9	2.3	2.6	42.2
30	6.5	4.0	4.2	2.5	2.9	43.0
40	6.2	4.1	4.3	2.6	3.2	42.6
50	5.9	3.8	4.4	2.7	3.4	42.0
60	5.2	3.6	4.3	2.8	3.7	40.2
70	4.6	3.3	4.1	2.7	3.6	37.3
80	3.7	2.8	4.0	2.7	3.5	33.4
90	3.0	2.2	3.6	2.6	3.3	28.6

ანასეული, კოლხეთის დაბლობი						
0	6.0	4.5	3.6	2.0	1.7	47.8
10	6.6	5.1	4.7	3.1	4.0	55.6
20	6.5	5.3	5.0	3.6	3.3	55.6
30	6.3	5.4	5.4	3.7	3.6	56.9
40	6.0	5.5	5.5	3.9	3.9	55.7
50	5.7	5.1	5.8	4.1	4.2	56.1
60	5.1	4.9	5.5	4.3	4.5	52.8
70	4.5	4.4	5.4	4.1	4.5	49.1
80	3.6	3.7	5.2	4.1	4.3	44.4
90	3.0	3.1	4.7	3.9	4.0	40.2
ცხაკაია, კოლხეთის დაბლობი						
0	5.5	4.9	3.6	1.9	1.3	48.8
10	6.1	5.7	4.6	2.7	2.3	55.0
20	6.0	5.8	5.0	3.0	2.5	53.6
30	5.8	6.0	5.3	3.2	2.9	56.6
40	5.5	6.2	5.6	3.4	3.1	59.9
50	5.2	5.8	5.7	3.6	3.3	55.0
60	4.1	5.4	5.6	3.7	3.6	52.4
70	4.2	4.9	5.3	3.6	3.6	48.5
80	3.3	4.2	5.2	3.6	3.4	43.1
90	2.8	3.4	4.6	3.5	3.1	37.0
სკრა, შიდა ქართლი						
0	9.0	7.2	4.4	2.4	1.5	63.5
10	9.8	8.3	5.8	3.3	2.5	71.2
20	9.7	8.5	6.2	3.8	2.9	72.0
30	9.4	8.7	6.6	4.0	3.3	73.3
40	9.0	9.0	6.9	4.3	3.6	72.2
50	8.5	9.3	7.1	4.5	3.8	70.9
60	7.6	7.9	6.9	4.6	4.1	61.2
70	6.7	7.2	6.6	4.5	4.0	61.8
80	5.4	6.1	6.5	4.4	3.5	54.5
90	4.5	5.1	5.8	4.3	3.7	47.1
ნალკა, სამხრეთ მთიანეთი						
0	6.7	4.8	3.5	1.9	1.4	50.7
10	7.4	5.5	4.6	2.7	2.4	57.7
20	7.3	5.7	5.0	3.0	2.7	58.4
30	7.0	5.8	5.3	3.2	3.1	59.5
40	6.7	6.0	5.4	3.4	3.2	58.2

50	6.4	5.5	5.6	3.5	3.5	57.5
60	5.8	5.3	5.4	3.7	3.8	54.9
70	5.0	4.8	5.3	3.5	3.8	51.2
80	4.0	4.1	5.1	3.5	3.6	45.6
90	3.3	3.4	4.6	3.4	3.4	39.3
თბილისი						
0	8.5	5.8	4.0	1.7	1.3	59.2
10	9.3	6.7	5.2	2.4	2.2	66.3
20	9.2	6.9	5.6	2.7	2.5	66.6
30	8.9	7.0	5.9	2.8	2.9	67.1
40	8.5	7.3	6.2	3.0	3.1	66.3
50	8.0	6.7	6.3	3.1	3.3	64.9
60	7.2	6.4	6.2	3.2	3.6	61.6
70	6.3	5.8	6.0	3.2	3.6	56.0
80	5.1	4.9	5.8	3.1	3.4	50.2
90	4.2	4.1	5.2	3.0	3.2	43.0
სოხუმი, აფხაზეთის ზღვისპირეთი						
0	7.7	6.2	3.7	2.1	1.4	54.6
10	8.4	7.2	4.9	2.9	2.2	61.1
20	8.3	7.4	5.2	3.3	2.6	61.7
30	8.1	7.6	5.6	3.5	2.9	63.1
40	7.7	7.8	5.8	3.7	3.2	61.6
50	7.2	7.2	5.9	3.9	3.4	60.3
60	5.9	6.9	5.8	4.0	3.6	56.7
70	5.8	6.2	5.6	3.9	3.6	52.6
80	4.6	5.3	5.4	3.8	3.5	46.8
90	3.9	4.4	5.9	3.7	3.2	39.9
თელავი, ალაზნის ველი						
0	8.0	5.8	3.7	2.1	1.7	58.3
10	8.7	6.7	4.8	3.0	2.7	65.6
20	8.6	6.9	5.2	3.4	3.2	66.54
30	8.4	7.1	5.6	3.6	3.5	67.9
40	8.0	7.3	5.8	3.9	3.9	66.8
50	7.6	6.7	6.0	4.0	4.1	65.9
60	6.8	6.4	5.8	4.2	4.4	62.5
70	5.9	5.8	5.8	4.0	4.4	57.6
80	4.3	5.0	5.5	4.0	3.8	51.2
90	4.0	4.1	4.8	3.9	4.0	44.1

დახრილობის კუთხის ცვლილებისას $0-30^\circ$ -ის ფარგლებში $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს სიდიდე იზრდება და აღწევს მაქსიმუმს როდესაც $\alpha = 30^\circ$, $30-90^\circ$ -ის დახრილობის ფერდობებზე $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}} \alpha$ -ის ზრდისას მონოტონურად მცირდება და აღწევს მინიმუმს, როდესაც $\alpha = 90^\circ$ $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს სიდიდეების ცვლილებების კანონზომიერებები ფერდობის დახრილობის კუთხის სიდიდის ცვლილებებზე დამოკიდებულებით იდენტურია, როგორც დაბლობი ასევე მთიანი (წალკა) და მაღალმთიანი (ყაზბეგი) რაიონებისათვის. მთიან და მაღალმთიან რაიონებში სეზონური თოვლის საფარის დიდი ხანგრძლივობის შედეგად $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები ნაკლებია იდენტური დახრილობის ფერდობებისათვის, რომლებიც განლაგებულია დაბლობ რაიონებში. მათ შორის სხვაობების სიდიდეები მერყეობენ $11.0-14.1$ კკალ/სმ²-ის ზღვრებში. დაბლობ რაიონებში იდენტური დახრილობის ფერდობებისათვის $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს მაქსიმალური სიდიდეები აღინიშნებიან ქართლის ვაკეზე, მინიმალური კოლხეთის დაბლობში. საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზოლში სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ მიმართულებით ფერდობებზე $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები მატულობენ საერო ღრუბლიანობის შემცირების შედეგად, რაც ჩანს $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ს ანასეულის და სენაკის სიდიდეების შედარებიდან სოხუმში მიღებულ შესაბამის სიდიდეებთან, სადაც ისინი საგრძნობლად იზრდებიან. მოწმენდილი ცის შემთხვევაში აღინიშნება $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ და $\Sigma_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ -ის ზრდა, როგორც დაბლობ, ისე მთიან რაიონებში.

სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე შთანთქმული რადიაციის თვითური $\Sigma_{\text{თ}} \Delta$ და წლიური $\Sigma_{\text{წ}} \Delta$ ჯამების სიდიდეები მოწმენდილი ცის პირობებში, კკალ/სმ²

გრადუსი α	თვე						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	2	3	4	5	6	7	8
	მ/მ ყაზბეგი						
0	2.5	3.4	4.9	5.7	7.9	11.8	17.2
10	4.3	4.8	5.6	5.1	8.3	11.8	17.2
20	4.7	5.1	5.8	5.7	7.9	11.2	15.5
30	5.0	5.2	6.1	6.3	7.8	11.0	14.6
40	5.2	5.7	6.1	6.3	7.1	9.5	14.0
50	5.4	5.8	6.3	6.4	6.8	8.9	12.9
60	5.4	6.0	6.1	5.7	6.3	7.7	12.0
70	5.6	6.0	5.8	5.6	5.5	5.9	10.3
80	5.6	5.8	5.4	4.6	4.8	4.7	8.6
90	5.3	5.5	3.8	4.0	3.6	3.5	5.2
	სენაკი						
0	4.0	5.0	9.2	11.5	14.5	14.5	13.3
10	7.1	7.1	10.6	10.4	15.2	14.5	13.3
20	7.6	7.6	11.0	11.5	14.5	13.8	11.9
30	8.1	8.0	11.5	12.7	14.2	13.4	11.1
40	8.5	8.3	11.5	12.8	13.0	11.5	10.8
50	8.9	8.6	11.9	13.0	12.5	10.8	9.9
60	8.9	8.8	11.5	11.5	11.6	9.4	9.3
70	9.1	9.8	11.0	11.5	10.0	7.2	8.0
80	9.1	8.6	10.1	9.2	8.7	5.8	6.6
90	8.6	8.0	9.6	8.1	6.6	4.3	4.0

გრადუსი α	თვე					
	VIII	IX	X	XI	XII	ნელ
1	9	10	11	12	13	14
მ/მ ყაზბეგი						
0	16.1	8.7	5.0	2.8	2.5	84.8
10	17.7	10.1	6.6	4.0	4.1	97.2
20	17.4	10.4	7.0	4.6	4.8	99.2
30	17.0	10.6	7.6	4.8	5.4	101.8
40	16.1	10.9	7.8	5.1	5.8	100.7
50	15.3	10.1	8.1	5.4	6.3	100.2
60	13.7	9.6	7.8	5.5	6.7	95.8
70	12.1	8.7	7.6	5.4	6.7	89.5
80	9.6	7.4	7.3	5.3	6.4	80.5
90	8.1	6.1	6.6	5.1	6.0	68.2
სენაკი						
0	11.4	9.4	7.4	4.9	3.8	109.3
10	12.6	10.9	9.6	6.9	6.2	125.4
20	12.3	11.2	10.3	7.7	7.2	128.1
30	11.9	11.4	11.1	8.3	8.1	132.2
40	11.4	11.8	11.4	8.7	8.9	130.3
50	10.2	10.9	11.9	9.3	9.5	129.0
60	9.7	10.3	11.1	9.5	10.1	123.7
70	8.6	9.4	11.1	9.3	10.0	116.0
80	6.9	8.0	10.7	9.1	9.6	104.4
90	5.7	6.6	9.6	8.7	9.0	90.8

მზის რადიაციის ინტენსივობის შეფასების პროცესში სადგურის ზღვის დონიდან სიმაღლის ფაქტორის გასათვალისწინებლად მეტეოროლოგიური სადგურებით საბჭოთა კავშირის მასშტაბით დაჯგუფდა 11 ზონად ზღვის დონიდან 300 მეტრიანი სიმაღლის ბიჯით.

პირველ ნულოვან ზონაში შევიდა ყველა ის სადგური, რომელიც განლაგებული იყო 300 მეტრზე ქვევით, ხოლო მე-10 ზონაში შევიდა 3000 მეტრზე მეტი სიმაღლის მქონე სადგურები. სულ განხილული იყო 3222 მეტეოროლოგიურისა და პოსტის მათ შორის 228 აქტინომეტრიული სადგურის მონაცემები. აქედან 185 სადგური საქართველოს ტერიტორიაზეა განლაგებული, მათ შორის 8 აქტინომეტრიული სადგურია.

სადგურების დაჯგუფება ზონებად 300 მეტრიანი ბიჯით შესრულებული იყო შემდეგი მარტივი გამოსახულებით.

$H_g|_{i=0}^{10} \leq 300(1 + K)$ სადაც $K(0 \leq 10)$ ამ გამოსახულებაში H_g არის ზღვის დონიდან სიმაღლეთა ზონების შუა მნიშვნელობები (150, 300, 450,... და ა.შ.) გამოსახულებაში i სიმაღლეთა ზონის ნომერია. K კი ზონის მაფორმირებელი რიცხვია.

შესწავლილია სადგურების ზღვის დონიდან განლაგების თავისებურებები და კანონზომიერება. დადგინდა, რომ იგი ჰიპერბოლური ტიპის შემდეგი სახის ხარისხოვანი ფუნქციაა. $N = 375.86H^{-1} - 84.26H - 342.94$, რომელშიც N არის მეტეოროლოგიური სადგურებისა და პოსტების რიცხვი. H ზღვის დონიდან სიმაღლეთა ზონის შუა მნიშვნელობა., შრომაში დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად (ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დეტალიზაცია) შემუშავებულია მეთოდიკა, რომელიც გამოსადეგია არა მარტო საქართველოსათვის, არამედ ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიისთვისაც, რომლის მეშვეობითაც სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში მზის პირდაპირი რადიაციის შესახებ არსებული ინფორმაცია 10-15-ჯერ იზრდება.

განხილულია მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის S – სიდიდის გამოთვლის სამი ვარიანტი აქტინომეტრიული დაკვირვებების ვადებზე: 9.30, 12.30 და 15.30;

1) ფუნქციონალური კავშირი $S = f(P)$, სადაც P მოწმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობაა. ამ ვარიანტის დადებითი მხარეა S სიდიდის გამოთვლის მაღალი სიზუსტე (საშუალო კვადრატული ცოლმილევა არ აღემატება ± 0.04 -ს) დამხმარე განტოლებათა სისტემას შემდეგი ცხადი სახე აქვს: $S_i = a_i + KP$ ($i = 1, 2, \dots, 12$). ვარიანტის უარყოფითი მხარეა სხვადასხვა ატმოსფერული მასების (მის სხვადასხვა სიმაღლისას წლის განმავლობაში) S სიდიდის გამოსათვლელი დამხმარე განტოლებების სიმრავლე;

ატმოსფერული მასის გათვალისწინებით (P არგუმენტის P/m -ით შეცვლით) $S = f(P/m)$ ფუნქციის სამ წრფივ უბნად გაყოფა:

ა) $P/m \leq 0.15$; ბ) $0.15 \leq P/m \leq 1.00$ გ) $P/m > 1.00$
დამხმარე განტოლებათა ცხადი სახეა $S_i = a_i + K_i(P/m)$, ($i = 1, 2, 3$). მეორე ვარიანტით მიღებული S სიდიდის გამოთვლის სიზუსტე თითქმის შენარჩუნებულია ($\delta_i = \pm 0.05$) და ნაცვლად 12 დამხმარე განტოლებისა, ვსარგებლობთ სამი განტოლებით;

3) მესამე ვარიანტით S სიდიდის გამოსათვლელი დამხმარე განტოლებების სისტემა დაყვანილია ერთადერთ განტოლებამდე $S = aP/m^n$ ამავე დროს გშამოთვლის ცდომილება არ აღემატება იმ დონეს, რაც აუცილებელია და საკმარისია მზის ენერგეტიკული დანადგარების ადგილმდებარეობის შესარჩევად ($\delta_s = \pm 0.08$).

თბილისის აქტინომეტრიული სადგურის 1928-1991 წლების მონაცემების ანალიზით დადგინდა, რომ დროის ამ მონაკვეთში მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობამ იკლო დაახლოებით 0,26 კვა/სმ²წთ-ით. ეს ნათლად მიგვანიშნებს

ატმოსფეროს გამჭვირვალობი შემცირებაზე მისი გაჭუჭყიანების შედეგად ბოლო ათწლეულებში.

ცალკე არის განხილული მზის რადიაციის ინტენსივობის გამოსათვლელი განტოლებების ცდომილებები და ძირითადი სტატისტიკური მომენტები. დაკვირვებების 9.30 ვადაზე S -ის საშუალო კვადრატული გადახრების (δ) მაქსიმუმი 0.12-ის ტოლია, ხოლო საშუალო კვადრატული ცდომილება δ , 0.8-ს არ აღემატება. საშუალო არითმეტიკულის სტანდარტული ცდომილება კი 0.05-ის ტოლია. დაკვირვების სამ ვადაზე (9.30, 12.30 და 15.30) ვარიაციის კოეფიციენტი იცვლება 0.18-დან -0.22-მდე ასიმეტრიის კოეფიციენტი კი 0.15-დან 0.10-მდე, ხოლო ექსცესი -138-დან -1.50 მდე.

როგორც აღინიშნა, შრომაში დადგენილია მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობასა (სხივისადმი ნორმალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეში) და მონმენდილი ცის მდგომარეობის ალბათობას შორის კავშირები საქართველოს აქტინომეტრიული სადგურების ქსელისათვის 0.0-3.7კმ სიმაღლეთა დიაპაზონში. მიღებული კავშირები საფუძვლად დაედო ΣS_{∞} და $\Sigma S'_{\infty}$ -ის გამოთვლებს საქართველოს მეტეოროლოგიური სადგურების ქსელისათვის, რამაც საშუალება მოგვცა მნიშვნელოვნად გაგვეზარდა რადიაციული ბალანსის ამ მდგენელების ინფორმატიულობა საქართველოს ტერიტორიისათვის. ამაღლდა ჰელიოენერგეტიკული კადასტრის ინფორმატიულობა და დეტალიზაცია.

კვლევის პროცესში გამოყენებული იქნა $S = f(P_{0-2})$ და $S' = f(P_{0-2})$ დამოკიდებულებების ანალიტიკური გამოსახულებები ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით და საკვლევი პუნქტების ფიზიკურ-გეოგრაფიული და კლიმატური თავისებურებების გათვალისწინებით.

გამოთვლილი შედეგების ანალიზის საფუძვლეზე შეფასებული იქნა ტერიტორიის კომპლექსური ჰელიოენერგეტიკული პარამეტრებიდან (მახასიათებლებიდან) ერთ-ერთი მთავარი პარამეტრის – მზის პირდაპირი რადიაციის დროში

და სივრცეში ცვალებადობის ძირითადი თავისებურებები და მისი ენერგეტიკული დონე.

საქართველოს ტერიტორიისათვის მზის რადიაციის ინტენსივობა, როგორც სხივისადმი ნორმალურ, ასევე ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით მნიშვნელოვნად იზრდება ნელინადის განმავლობაში. გარდა ამისა, მათ შესამჩნევ ცვლილებებს ადგილი აქვს დაბლობ რაიონებშიც ნოტიო სუბტროპიკული ზონებიდან ნახევრადუდაბნო არიდულ ზონებში გადასვლისას. ნელინადის განმავლობაში N და N' ხასიათდებიან განსაზღვრული წლიური მსვლელობით. ამის შედეგად ადგილის და წლის დროის შერჩევა თამაშობენ დიდ როლს ჰელიოსისტემების (ან დანადგარების) მუშაობის ეფექტურობის შეფასების პროცესში. ვინაიდან საქართველოს მთაგორიან რაიონებში ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას აღინიშნება მზის პირდაპირი და ჯამრი რადიაციის ნაკადების ენერგეტიკული სიმძლავრის კანონზომიერი მატება, რასაც განსაზღვრული მნიშვნელობა ენიჭება ამ რაიონების ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის ობიექტურად შეფასების პროცესში. მზის სხივისადმი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მზის პირდაპირი რადიაციის გამოთვლილი თვიური და წლიური ჯამების შედარებამ დაკვირვების შედეგად მიღებულ ჯამებთან გვიჩვენა, რომ თვიური ჯამების სიდიდეებს შორის განსხვავება მერყეობს იანვარში $-1.7+0.4$; აპრილში $-1.6+0.8$; ივლისში $-1.7+0.4$; ოქტომბერში $-1.4+1.2$ კკალ/სმ²-ის ფარგლებში, მიღებულ მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის მნიშვნელობებს შორის განსხვავებები უმნიშვნელოა: მათ შორის საშუალო კვადრატული გადახრის σ სიდიდე, მაგალითად, სადგური თელავისათვის მერყეობს $0.01-0.03$ კკალ/სმ²წთ-ის ფარგლებში. ხოლო დანარჩენი აქტინომეტრიული პუნქტებისათვის (წალკა, სმენაკი, თბილისი, ანასეული, სოხუმი) $0.02-0.03$ კკალ/სმ²წთ-ის ფარგლებში. მზის სხივისადმი ნორმალურ სიბრტყეში მზის პირდაპირი რადიაციის გამოთვლილ და დაკვირვებების შედეგად მიღებულ

თვიურ ჯამებს შორის განსხვავება ასევე უმნიშვნელოა. $\Delta(\Sigma_{\text{გ}} S_0 - \Sigma_{\text{გ}} S'_0)$ -ის სიდიდეები მერყეობენ წელიწადის განმავლობაში შემდეგ ზღვრებში: -2.9-(-2.3) სკრა; -2.9-(1.6) თელავი; -0.1-(-0.9) თბილისი; -1.0-(1.7) მმ ყაზბეგი. დამოკიდებულებები $\Sigma_{\text{გ}} S_0 = f(\Sigma_{\text{გ}} S'_0)$ მონმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში ანალიტიკურად წარმოიდგინება წრფივი ფუნქციების სახით. ამრიგად, შემოჩთავაზებული მეთოდიკით შესაძლებელია წარმატებით ჩატარდეს მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობის და თვიური (წლიური) ჯამების სიდიდეების გამოთვლა და არსებულ ჰელიოენერგეტიკული რესურსების კადასტრში შეტანილი იქნეს განსაზღვრული კორექტივები მათი დეტალიზაციის მიზნით.

ინფორმაციის მოცულობის გაზრდის მიზნით ჯამური რადიაციის თვიური ჯამების სიდიდეების გამოსათვლელად გამოყენებული იქნა ა. კოტარიას ფორმულა (29). პარალელურად დადგენილი იქნა $\Sigma_{\text{გ}} Q_0 = f(H)$ დამოკიდებულებების სახეები და გამოთვლილი იქნა ჯამების ვერტიკალური გრადიენტების სიდიდეები და დადგინდა მათი მაღლივი ცვალებადობის კანონზომიერებები წელიწადის განმავლობაში. ამ ფორმულით გამოთვლილი საშუალოწლიური ჯამები განსხვავდებიან დაკვირვებების შედეგად მიღებული სათანადო ჯამებისაგან საშუალოდ 1.5%-ით. ცალკეულ შემთხვევებში ექსტრემალური გადახრის სიდიდეები აღწევენ 7-8%-ს. ამ ფორმულით გამოთვლილი იქნა $\Sigma_{\text{გ}} Q_{\text{კ}}$ -ს სიდიდეები საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული 50 პუნქტისათვის, მათ შორის არაგვის, ალაზნის, მტკვრის, ენგურის ხეობებისათვის, $\Sigma_{\text{გ}} Q_{\text{კ}}$ -ს სიდიდეების შესახებ საქართველოს აქტივომეტრიული ქსელის მონაცემთან შედარებით ინფორმაცია გაიზარდა 6-ჯერ და მეტად.

(7)-ში მოცემულია საქართველოს ჰელიოენერგეტიკული რესურსების ტერიტორიული განაწილების რუკა, რომელზედაც მოცემულია ოთხი ზონა: ა,ბ,ვ,გ. ამ რუკაზე ზონა ა მოი-

ცავს ჯავახეთის ზეგნის ვიწრო სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილს, ზონა ბ – ჯავახეთის ზეგნის სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილის ჩრდილოეთ ზოლს, ვ-ს განეკუთვნებიან კავკასიონის და საქართველოს სამხრეთი მთიანეთის შუა და მაღალი მთის რაიონების რუკაზე ნაჩვენები ნაწილები, აფხაზეთის შავი ზღვის სანაპიროს ვიწრო ზოლი, ქართლის დაბლობი, ალაზნის ველი, ივრის ზეგანი, შირაქის ვაკე. გ ზონას განეკუთვნება საქართველოს ტერიტორიის დანარჩენი ნაწილი, რომელიც შედგება ფიზიკურ-გეოგრაფიულად (გიპსომეტრიულად) და კლიმატური პირობებით ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული ისეთი რაიონებისაგან, როგორიცაა კოლხეთის დაბლობი, აჭარის სანაპირო ზოლი და მთლიანად მისი ტერიტორია, სურამის ქედი, სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის ნაწილი (თრიალეთის ქედის ნაწილი) აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანი რაიონები. ეს რაიონები მიკუთვნილია ჰელიოენერგეტიკული რესურსების დონით ნაკლებ პერსპექტიულ რაიონებს. მთიანი რაიონების მიკუთვნება ჰელიორესურსებით ე.წ. ნაკლებად პერსპექტიულ რაიონებს აბსოლუტური სიმაღლის გათვალისწინებლად, რომელიც დიდ გავლენას ახდენს მზის რადიაციის ენერგეტიკულ დონეზე, საჭიროებს გადასინჯვას, რადგანაც მთიან და მაღალმთიან რაიონში არსებული მაღლივი ენერგეტიკული სარტყლების ერთი განსაზღვრული სიდიდის ენერგეტიკული პოტენციალის მქონე ზონისათვის მიკუთვნება ფიზიკური თვალსაზრისით (და თვით კადასტრის პარამეტრების სიდიდეების გრადაციებიდან გამომდინარე) არ არის გამართლებული. როგორც ჩვენი გამოთვლების შედეგები გვიჩვენებს, საქართველოს მთიანი და მაღალმთიანი რაიონების ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალი ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე და ლოკალურ მორფოლოგიურ პირობებზე დამოკიდებულებით მკვეთრად იცვლება, რაც მიზანშეუწონლად ხდის მისი ერთი რომელიმე ზონის მიკუთვნებას. ფაქტიურად ამ ზონაში ადგილი აქვს ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის მახასიათებელი ძირითადი პარამეტრების სიდიდეების საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული გრადაციების (რომელთა სიდიდეებით ხდება

ტერიტორიის ჰელიოენერგორესურსებით დარაიონება) ყველა დიაპაზონს. როგორც აღინიშნა, საკვლევ მთაგორიან ტერიტორიაზე მზის რადიაციის თვითური, წილური ჯამები და მზის ნათების ხანგრძლივობა განიცდიან მნიშვნელოვან ცვლილებებს, როგორც წელიწადის განმავლობაში, ასევე ადგილიდან ადგილზე. ამიტომ აქ ადგილის და დროის შერჩევას ენიჭება დიდი მნიშვნელობა ჰელიოენერგეტიკული დანადგარების მაქსიმალური ეფექტურობის მისაღებად მათი ექსპლუატაციის პროცესში. რაც შეეხება ოროგრაფიული ფაქტორების გავლენას ღრუბლიანობის წარმოქმნის პროცესებზე წლის თბილი პერიოდის (V-X) განმავლობაში, აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში (მაგალითად, ფიონური ქარები) იგი კი არ აუარესებს, არამედ აუმჯობესებს ჰელიოენერგიის რეალიზაციის პირობებს.

კავკასიონის სამხრეთი 0-90 გრადუსის დახრილობის ფერდობისათვის (0-4კმ სიმაღლეთა დიაპაზონში) დადგენილია მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური მსვლელობის კანონზომიერებები ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით. ამ კანონზომიერებების გამოყენება საქართველოს სამხრეთ მთიანეთის პირობებში გამართლებულია მათი განედების სიდიდეებში არსებული უმნიშვნელო განსხვავებით. ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდის შემთხვევაში მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა და ჯამები (დღიური, თვითური, წლიური) იზრდებიან, რაც დაკავშირებულია ატმოსფეროს ოპტიკური სისქის, მისი ტენემცველობის და აეროზოლებით გაჭუჭყიანების შემცირებასთან. აღსანიშნავია, რომ წლის ცივ პერიოდში (XI-IV) მთიან და მაღალმთიან რაიონებში სამხრეთის ორიენტაციის კედლები ღებულობენ საშუალოდ 3.5-4.0-ჯერ მეტ მზის პირდაპირ რადიაციას ვიდრე ივლისში, რაც საგრძნობლადა მიცრებს კომუნალური და სხვა დანიშნულების ობიექტების შემომზღუდავი კონსტრუქციების (კედლები, ფანჯრები, სახურავი) მიერ სითბოს დანაკარგებს.

მონმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში საქართველოს მთიანი რაიონებისათვის დადგენილია

ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის გავლენის თავისებურებები სამხრეთისაკენ ორიენტირებულ ფერდობებზე მოსული მზის პირდაპირი რადიაციის სიდიდეებზე (ინტენსივობა ჯამები) ფერდობის დახრილობის კუთხის სიდიდეზე α დამოკიდებულებით სამხრეთის ფერდობებზე α -ს ზრდისას 0-50°-ის ზღვრებში მცირდება მინიმუმით ვერტიკალურ ფერდობებზე. მზის პირდაპირი რადიაციის წლიური ჯამების - $\Sigma_{\text{წ}} S_{\text{წ}}$ დამოკიდებულება ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე - H ანალიტიკურად წარმოიდგინება მეორე რიგის პარაბოლას სახით. ამავე ფუნქციის სახით წარმოიდგინება დამოკიდებულებაც $\Sigma_{\text{წ}} S_{\text{წ}} = f(\alpha)$.

დადგენილია მოწმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური ჯამების - $\Sigma_{\text{წ}} S_{\text{წ}}$ სიდიდეების სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებიდან ჰორიზონტალურ ზედაპირზე (და პირიქით) გადამყვანი კოეფიციენტის $K_{\text{წ}}$ სიდიდეები და მათი წლიური მსვლელობის თავისებურებები. დამოკიდებულება $K_{\text{წ}} = f(\alpha)$ წარმოდგენილია მეორე რიგის პარაბოლის სახით. $K_{\text{წ}}$ -ს მნიშვნელობების გამოყენებით იქნა გამოთვლილი $\Sigma_{\text{თ}} S_{\text{წ}}$ და $\Sigma_{\text{წ}} S_{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები მოწმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში სამხრეთის კედლებზე საქართველოს აქტინომეტრიული სადგურების (8 სადგური) ქსელისათვის.

მოწმენდილი ცისა და საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში ქვეფენილი ზედაპირის მიერ სამხრეთის ორიენტაციის ფერდობებზე შთანთქმული რადიაციის სიდიდეებზე საქართველოს მთაგორიანი რელიეფის პირობებში დიდ გავლენას ახდენს ადგილის აბსოლუტური სიმაღლე და სეზონური თოვლის საფარის რეჟიმი. შთანთქმული რადიაციის წლიური ჯამების სიდიდეები საშუალო ღრუბლიანობის პირობებში კოლხეთის დაბლობზე ფერდობის დახრილობის კუთხის

ცვლილებისას 0-30 გრადუსის ფარგლებში იზრდებიან 47.8 კკალ/სმ²-დან 56.9 კკალ/სმ²-მდე, შემდგომ კი 39-90°-ის ფარგლებში მცირდებიან 56.9-დან 40.2 კკალ/სმ²-მდე. კავკასიონის პირობებში (მმ ყაზბეგი) $\Sigma Q_{\text{წ}}$ -ს სიდიდეები 0-300)ის ფარგლებში იზრდებიან 36.4-დან 43.0 კკალ/სმ²-მდე. მიუხედავად რადიაციის გაცილებით მაღალი ენერგეტიკული დონისა მმ ყაზბეგზე, შთანთქმული რადიაციის წლიური ჯამების სიდიდეები იდენტური დახრილობის ფერდობებისათვის გაცილებით დაბალია, ვიდრე კოლხეთის დაბლობზე, რაც გამოწვეულია მაღალმთიან რაიონებში სეზონური თოვლის საფარის არსებობის დიდი ხანგრძლივობით და ქვეფენილი ზედაპირის ალბედოს მაღალი მნიშვნელობებით წელიწადის ცივი პერიოდის განმავლობაში.

1. Цуцкиრიдзе Я.А. Солнечный кадастр территории Грузии. Труды ЗаКНИГМИ 1963, вып. 12, с. 54-83.
2. Цуцкиრიдзе Я.А. Гелиоэнергетические ресурсы (карта), Атлас Грузинской ССР М., изд. ГУГК-а и АН Грузии, 1964г., с. 163-164.
3. Цуцкиრიдзе Я.А. Солнечное сияние (карта) Атлас Грузинской ССР. Тбилиси, М., изд. ГУГК-а и АН ГССР, 1964, с. 49-50.
4. Цуцкиრიдзе Я.А. Радиационный и термический режим территории Грузии. Труды ЗаКНИГМИ, 1967, вып.23(29), с. 41-47.
5. Цуцкиრიдзе Я.А. Ресурсы солнечной энергии – в кн. Климат и климатические ресурсы Грузии, Л., Гидрометеиздат 1971, с. 36-41.
6. Мелия Г.Т. Гелиоэнергетические ресурсы грузинской ССР-Тбилиси, из-во АНГ ГССР, 1959, 127с.
7. Сванидзе Г.Г., Гагуа В.П., Сухишвили Э.В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Д., Гидрометеоиздат 1987, 173с.
8. Гриневич Г.А. Пути исследования кадастровых характеристик энергии воды, ветра и солнца. Труды энергетического института АН УзССР, 1956, вып. 9, с. 13-28.
9. Гриневич Г.А. Задачи и принципы исследования характеристик возобновляющихся источников энергии. Ташкент, из-во Ан УзССР, 1963, с. 6-22.
10. Справочник по климату СССР. Вып. 14, Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Л., Гидрометеиздат, 1968.
11. Тарнижевский Б.В. Учет некоторых характеристик радиационного климата, влияющих на работу солнечных установок. В кн. «Вопросы прикладной климатологии», Л., Гидрометеиздат 1960, с. 138-148.
12. Гелиоэнергетические ресурсы Грузинской ССР, Отчет НИР НТБ. ЗаКНИИ Тбилиси. 1982, с. 163.
13. Кондратьев К.Я. Лучистая энергия солнца. Л., Гидрометеиздат 1954, 600с.

14. Гельперин Б.М. К методике приближенных расчетов суммы солнечной радиации, Метеорология и гидрология. Информ, сборник № 4/1949.
15. Савинов С.И. Соотношение между облачностью, продолжительностью солнечного сияния и суммами прямой и рассеянной радиацией. Метеорологический вестник №1, 1931,
16. Савинов С.И., О формулах, выражающих прямую и рассеянную радиацию в зависимости от степени облачности. Метеорологический вестник №5-6, 1933.
17. Копылов Н.М. О приближенных вычислениях сумм солнечной радиации Труды ГГО, вып. 149(76)7 1949,
18. Украинцев В.Н., Шепелевский А.О., О вычислении сумм прямой солнечной радиации по облачности. Метеорология и гидрология. №1, 1939.
19. Украинцев В.Н. Приближенное вычисление сумм прямой и рассеянной солнечной радиации. Метеорология и гидрология, №6, 1939.
20. სამუკაშვილი რ. კავკასიის ტერიტორიის რადიაციული რეჟიმი და ჰელიოენერგეტიკული რესურსები. თბილისი, 2016, 338 გვ.
21. Гриневич Г.А. Расчет основных характеристик для ветро-энергетического кадастра. Труды Энергетического института АН УЗССР, вып.3, 1949.
22. Дроздов О.А., Шепелевский А.А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ ГУГМС 1946, сер. 1, вып. 13, с. 65-115.
23. Долидзе Д.Ш. Базадзе М.Х., Гагуа В.П. Определить гелиоэнергетические ресурсы территории Закавказья. Отчет, Тбилиси 1990.
24. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л., Гидрометеиздат, 1968, 232с.
25. Самукашвили Р.Д. Прямая радиация солнца на Кавказе. Труды ВГИ. 1980, вып. 49.
26. Смоляков П.Т. Об изучении инсоляции земных поверхностей. Журнал Геофизика да метеорология т. 6, вып. 4, 1929.

27. Кондратьев К.Я. Лучистая энергия солнца Л., Гидрометеиздат 1954, 600с.
28. Гордов А.Н. Расчет прямой солнечной радиации на различно ориентированные наклонные поверхности для широты 42° . Материалы по агроклим. Районир. субтроп. СССР, вып. 2, 1938.
29. Кортария А.Ф. К вопросу о климатическом расчете суммарной радиации в условиях горного рельефа. Сообщ. АН Груз. СССР, 1961, 26, №2.
30. Гамбург П.Ю. Учет тепла, вносимого солнечной радиацией Гос издат. лит. по строит. и архитект. 1951.
31. Войнберг В.Б. Естественное освещение школ. Гос. издат. лит. по строит. и архитект. 1951.
32. Разумов И.К. Об учете теплоты, вносимой лучистой энергией солнца через остекленные поверхности зданий ВНИТО отопления и вентиляции, 1934.
33. Николе М., Босси Л. Инсоляция склонов в Бельгии. Бельгийский королевский институт по метеорологии. т.32., 1949, т.36, 1950.
34. Кондратьев К.Я. Пивоварова З.И. Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей. Л., Гидрометеиздат. 1978, 215с.
35. Щербаков Ю.А. Постепление и отражение прямой солнечной радиации на неодинаково ориентированных склонах в разных условиях. в кн. «Влияние экспозиции на ландшафты», уч. записки №240 Пермский гос. университет, Пермь, 1970, с. 100-133.
36. Щербаков Ю.А. Кириллов Г.К. Махнова Г.А., Орлова Л.В., Соболева Л.Л. Вспомогательные таблицы для расчета прямой радиации на разноориентированные наклонные поверхности. В кн. «Влияние экспозиции на ландшафты». Уч. записки Пермского гос. Университета, 1970. Пермь, №40, с. 168-205.
37. Паталеев В.А. Определение угла склона, получающего максимальное количество прямой солнечной радиации. Тр. ДВ НИГМИ, 1974, вып. 48. с. 99-105.
38. Паталеев В.А. Учет солнечной радиации в инженерных расчетах, Тр. ДВ НИГМИ, 1978, вып. 75е, с. 64-66.

39. Беляева И.П. Годовой ход потоков суммарной радиации на наклонные поверхности. Изв. АН Уз ССР, сер. физ-мат наук, 1961, №5, С. 38-45.
40. Беляева И.П. О расчете дневных сумм суммарной радиации на наклонные поверхности в облачные дни. Изв. АН УзССР, сер физ-мат. наук. 1962.
41. Айзенштат Б.А. Закономерности географического распределения прямой солнечной и суммарной радиации. Гелиотехника, 1969, №4, С. 33-42.
42. Антропова У.И. Коэффициенты пересчета суммарной радиации с горизонтальной поверхности на наклонную поверхность (по наблюдениям в Ташкенте). Труды ГГО, 1981, вып. 460, с.112-116.
43. Пивоварова З.И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства. Труды ГГО, 1973, вып. 321, 128с.
44. Гольберг М.А. Особекности возможного и действительного прихода прямой радиаций к склонам и стенам в Белоруссии. В кн. Науч. сообщения ин-та. геол. и геогр. АН ЛатССР. 1962, т.13. с. 369-378.
45. Захарова А.Ф. Радиационный режим северных и южных склонов в зависимости от географической широты. Уч. записки ЛГУ, серия геогр. 1959, вып.13, №369, с. 24-29.
46. Самукашвили Р.Д. Рассеянная радиация на склонах в условиях центрального Кавказа. Труды ВГИ, 1980, вып.49.
47. Самукашвили Р.Д. К методике расчета суммарной радиации для горных районов Кавказа. Труды ВГИ, 1982, вып. 52.
48. Самукашвили Р.Д. Годовой ход суммарной радиации на склонах в условиях Центрального Кавказа. Труды ВГИ, 1982, вып.52.
49. Самукашвили Р.Д. Расчет суточных сумм рассеянной радиации на склонах в горных районах Кавказа, Труды ВГИ, 1982, вып. 52.
50. Самукашвили Р.Д. Прямая солнечная радиация на склонах в условиях Большого Кавказа. Труды ВГИ, 1985, вып. 62.
51. Полак И.Ф. Курс общей астрономии, Гостехиздат, 1938.

52. Самукашвили Р.Д, Высотные изменения многолетних средних месячных величин альбедо в горных районах Кавказа. Труды ВГИ, 1981, вып. 49.
53. Пивоварова З.И. Радиационные характеристики климата СССР, Л., Гиджрометеиздат, 1977.
54. Пивоварова З.И. Стадник В.В. О точности данны наблюдений актинометрической сети и поптимальном расстоянии между станциями. Труды ГГО, 1969, вып. 249, с. 3-32.
55. Климат и климатические ресурсы Грузии. Труды Зак НИГМИ. вып. 44(50), Л., Гидрометеиздат, 1971, 384с.

გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. ჯავახიშვილის გამზ. 19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge; universal505@ymail.com