

K 232.727  
3



ნ.გვანასლია

ქ.თბილისისა და მისი  
მიმდებარე ტერიტორიის  
რადიაციული რეჟიმი  
და გეოკლიმატური  
დახასიათება

საქართველოს  
საგარეო ურთიერთობების  
სამსახური



საგარეო ურთიერთობების  
სამსახური

# 6. გვესალა

## ა. თბილისისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიის რადიაციული რეჟიმი და ბიოკლიმატური დასახიამება

თბილისი  
1999

საგარეო ურთიერთობების  
სამსახური

1.56(479.22-25)+91(479.22-25)

26.234.7 (2Г)  
551.58(479.22)  
გ 45

1. თბილისის გეოგრაფია  
2. თბილისის ჰაერის რეჟიმი  
ქვემოთაა



ნაშრომში განხილულია ფიზიკური პროცესების მიმდინარეობა ფორმირება ქალაქის სტრუქტურაში, რაც განაპირობებს ქალაქის მიკროკლიმატურ თავისებურებებს. ქალაქის კლიმატური რეჟიმის დადგენისათვის (ქ. თბილისის მაგალითზე) შესწავლილია მზის ნათების ხანგრძლივობა, ღრუბლიანობა, თერმული რეჟიმი, მოსული მზის რადიაციის ნაკადების დინამიკა ქალაქის სხვადასხვა რაიონებში ოროგრაფიულ და ბუნებრივ პირობებთან კავშირში. გამოთვლილია რადიაციული და სითბური ბალანსის რაოდენობრივი მახასიათებლები. დადგენილია ქალაქში რადიაციული რეჟიმი სხვადასხვა ზედაპირებისათვის არეკვლიანობის (მცენარულ საფარს მოკლებული, წიწვიანი და ფოთლოვანი მცენარეების, წყლის ზედაპირის), ფერდობთა ექსპოზიციისა და დახრილობის კუთხვებთან (10°, 20°, 40°, 60°) კავშირში.

დადგენილია, რომ ქალაქსა და მის შემოგარენს შორის მიკროკლიმატური განსხვავება გაპირობებულია სითბური ბალანსის შემდგენელთა რეჟიმის სხვადასხვაობით. შესწავლილი და შეფასებულია თბილისისა და მისი შემოგარენის ბიოკლიმატური პირობები და საკვლევ ტერიტორიაზე გამოყოფილია 12 მიკროკლიმატური რაიონი.

ნაშრომი გათვალისწინებულია კლიმატოლოგების, მეტეოროლოგების, მედიკოსებ-ჰიგიენისტების, არქიტექტორების, ეკოლოგებისა და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა წარმომადგენლებისათვის.

ხელმოწერა ავტორის

Radiation Regime and Bioclimatic Evaluation  
of the City of Tbilisi and its surroundings

The present scientific work examines geographical and circulation factors that determine formation of the climate of Tbilisi and its environs. On the basis of the latest methods, the radiation and heat balance have been studied, and their components have been defined. The work gives the bioclimatic evaluation of Tbilisi and its environs and demonstrates changes in climate caused by anthropogenic activities.

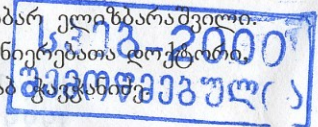
The study served a basis for bioclimatic zoning of Tbilisi and its surroundings.

რედაქტორი: გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორი,

პროფესორი ელიზბარ ელიზბარაძე

რეცენზენტი: გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორი,

პროფესორი ზურაბ ტყეცხანიძე



გამომცემლობა „კაბადონი“ 1999





### რედაქტორის წინასიტყვაობა

K 232.727

მონოგრაფიის ავტორი, გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორი, ქალბატონი ნათელა გვასალია არის მსოფლიო სახელის მქონე მეცნიერის, აკადემიკოს მ. ბუდიკოს სკოლის თვალსაჩინო წარმომადგენელი საქართველოში. ის 1964 წელს დაუკავშირდა სახელოვან მეცნიერს, სანქტ-პეტერბურგის ა.ვოეიკოვის სახელობის მთავარ გეოფიზიკურ ობსერვატორიაში ასპირანტურაში ჩაბარების შემდეგ. ამ დროს ობსერვატორია წარმოადგენდა საერთაშორისო მნიშვნელობის სამეცნიერო ცენტრს, სადაც წყდებოდა კლიმატოლოგიის უმნიშვნელოვანესი პრობლემები, იქმნებოდა ახალი მეცნიერული მიმართულებები, მუშავდებოდა მეთოდური კონცეფციები და ა.შ. დაწყებული იმ დროიდან ნ. გვასალიამ თავისი კვლევები მიმართა მთიანი რეგიონების რადიაციული კლიმატის კვლევის დარგში და ამით მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა მთის კლიმატოლოგიის განვითარებაში.

ნ. გვასალიას შრომები ქვეყნდებოდა საზღვარგარეთის მთელ რიგ ქვეყნებში - ჩეხოსლოვაკიაში, პოლონეთში, ბულგარეთში, რუსეთში და სხვა., ხოლო მისი მონოგრაფია „საქართველოს ტერიტორიის სითბური ბალანსი“, რომელიც 1986 წელს გამოიცა, კლიმატოლოგების, გეოგრაფების, კურორტოლოგების სამაგიდო წიგნად იქცა.

ნ. გვასალიას შრომებში განხილულია საქართველოს და კავკასიის პირობებში დედამიწის ზედაპირის ენერგეტიკული რეჟიმი, ბუნებრივი პროცესების დინამიკა, ბიომეტეოროლოგიის, ეკოლოგიის და კლიმატის ცვლილებების პრობლემები. ამ კვლევების მნიშვნელოვანი ნაწილი მან განაზოგადა სადოქტორო დისერტაციაში „საქართველოს სითბური ბალანსი და მისი

გეოგრაფიული კანონზომიერებანი“, რომელიც წარმატებით დაიცვა 1995 წელს.

უკანასკნელ წლებში ნ. გვასალიას ინტერესები კლიმატის ანთროპოგენური ცვლილებების კვლევას. ამ მიმართულებით მან ჩაატარა სერიოზული განზოგადოება და თბილისის მაგალითზე შეაფასა ანთროპოგენური ეფექტი კლიმატის ცვლილებაში. ამავე დროს ნ. გვასალიამ ჩაატარა თბილისისა და მიმდებარე ტერიტორიის რადიაციული რეჟიმის საფუძვლიანი შესწავლა და ბიოკლიმატური დარაიონება.

სამწუხაროდ 1998 წლის 5 დეკემბერს მეცნიერის სიცოცხლე მოულოდნელად შეწყდა და წინამდებარე მონოგრაფია დამთავრებული, მაგრამ გამოუქვეყნებელი დარჩა. ნ. გვასალიას ახლობლებმა, მეგობრებმა და კოლეგებმა ყველა ღონე იხმარეს, რათა ამ მონოგრაფიას დღის სინათლე ეხილა, რაც ვფიქრობთ, მეცნიერის აღიარების, დაფასების და მარადიული ხსოვნის ნათელი დადასტურებაა.

*გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორი  
პროფესორი ე. ელიზბარაშვილი*

უკანასკნელ წლებში ანთროპოგენური ფაქტორების კლიმატზე აქტიურმა ზემოქმედებამ და ურბანიზაციის დაჩქარებულმა აღმავლობამ კაცობრიობის წინაშე დააყენა მეტად მნიშვნელოვანი პრობლემა - ქალაქების კლიმატის შესწავლა. თანამედროვე და მომავალი კლიმატური ცვლილებების სცენარები და ექსტრემალური მოვლენების ზეგავლენა გარემოზე აშკარად ვლინდება ქალაქებში. ამიტომაც, ნათელია ის დიდი ინტერესი ამ პრობლემისადმი და თანამედროვე კლიმატოლოგიაში მისი, როგორც დამოუკიდებელი სამეცნიერო მიმართულებად ჩამოყალიბება.

თანამედროვე ქალაქი არის რთული ორგანიზმი, რომელიც ქმნის ადგილობრივ კლიმატს მის ცალკეულ ქუჩებზე, მოედნებზე, სკვერებში. ქალაქთან მიმდებარე ტერიტორიაზე იქმნება თავისებური მიკროკლიმატური პირობები, რაც გაპირობებულია ბუნებრივი ფაქტორებით, ქალაქის განაშენიანებით, ქვეყნილი ზედაპირის ხასიათით, ქუჩების სხვადასხვა სამშენებლო მასალით დაფარვით, მწვანე ნარგავების გავრცელებით, ეკონომიკური და სოციალური ყოფით და სხვა.

დღეს ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედებამ, ურბანიზაციის პროცესის სწრაფმა განვითარებამ და ეკოლოგიურმა პირობებმა მეტად აქტიურად დააყენა საკითხი, რომ თანამედროვე ქალაქების განვითარებასა და განაშენიანებას საფუძვლად დაედოს ადგილმდებარეობის მიკროკლიმატის შეფასება და კლიმატური მახასიათებლების თავისებურებათა გამოვლენა, რათა მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი მიკრო და მეზოკლიმატის ლოკალური ცვლილებები, გამოწვეული ეკოლოგიური მდგომარეობით. თანამედროვე ქალაქები და მისი შემოგარენი სწრაფად იზრდება, აღწევს დიდ მასშტაბებს და სხვადასხვა სახით ლოკალურად მოქმედებს გარემოზე, კლიმატური ელემენტების რეჟიმის დინამიკაზე და ქალაქების ეკოლოგიურ სისტემაზე. თანამედროვე ქალაქებში

ქვეფენილი ზედაპირი წარმოდგენილია ანთროპოგენური ლანდშაფტებით და ბუნებრივი ლანდშაფტი შედარებით ნაკლებად არის გამოვლენილი. ბუნებრივი პირობები საფუძვლად უნდა დაედოს ქალაქის დაგეგმარებასა და განაშენიანებას. ქალაქის სივრცულ-მოცულობითი სტრუქტურა განაშენიანებასთან ერთად უნდა ითვალისწინებდეს აგრეთვე მოსახლეობისათვის ხელსაყრელი ეკონომიკური და სოციალური პირობების შექმნას.

ქალაქის კლიმატურ რეჟიმზე მოქმედებს ქვეფენილი ზედაპირის ალბედო, რომელიც განაშენიანებულ რაიონებში ნაკლებია, შემოგარენთან შედარებით.

ქალაქში წარმოშობილი სითბო ხელს უწყობს ადგილობრივი ცირკულაციური პროცესების განვითარებას, კონვექციური ნაკადების გაძლიერებას. ქალაქის განაშენიანება ამცირებს ქარის სიჩქარეს შემოგარენთან შედარებით. აეროზოლების კონცენტრაცია ქალაქებში ამცირებს პირდაპირ რადიაციას. გ. ლანსბერგის აზრით (1970) პირდაპირი რადიაცია დიდ ქალაქებში მცირდება 15%-ით, ხოლო ულტრაიისფერი რადიაცია 30%. არსებობს მონაცემები პერრის (Parry, 1967), ჩანდლერის (Chandler, 1965), რომ ინგლისის სამრეწველო რაიონებში შეიმჩნევა კვირა დღეებში ნალექების შემცირება, როცა საწარმოები არ მუშაობენ. ქალაქის კლიმატის გაუმჯობესების თვალსაზრისით უნდა ქალაქში შემცირებული იქნას ასფალტირებული ქუჩების ფართობი, რომელიც ავტომანქანების მოძრაობასთან ერთად ასრულებს მიკროსათბურების როლს, ზრდის ჰაერის ტემპერატურას (განსაკუთრებით ცენტრში). დიდია მცენარეული საფარის როლი თერმიული რეჟიმის დადგენასა და ტრანსპირაციაში. დასავლეთ ევროპაში ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ (ლანდსბერგი, 1983) ქალაქის კლიმატის ეფექტიური გაუმჯობესებისათვის აუცილებელია, რომ მცენარეები განლაგებული იქნას ქუჩებისა და ხეივნების გარდა ვერტიკალურად კედლებსა და სახურავებზე. დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს წყალსაცავების ზემოქმედებას ქალაქის კლიმატზე, რამდენადაც

ისინი ანვითარებენ ბრიზებს და ამცირებენ ქალაქის „სითბურ კუნძულს“. თანამედროვე ქალაქების განაშენიანებისას მინიმუმამდე უნდა იქნას დაყვანილი ლოკალური კლიმატური ცვლილებები, გამოწვეული ურბანიზაციით.

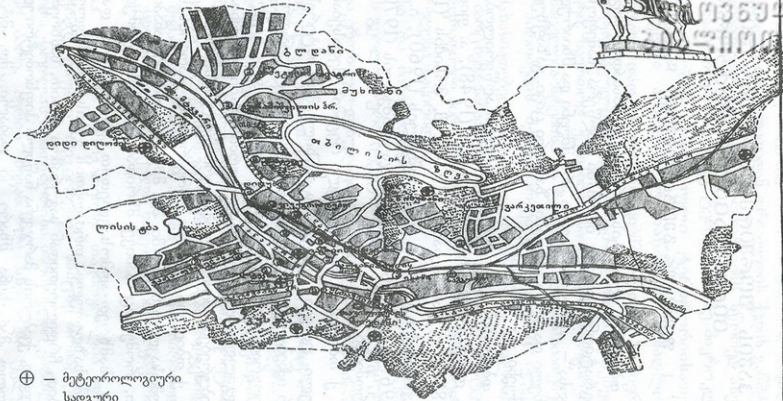
ქალაქისა და მისი მიდამოების მიკროკლიმატის კვლევას დიდი ტრადიციები აქვს ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან. ძველი რომისა და საბერძნეთის სწავლულთა—ჰორაციოს, სენაკლის (65 წ. ჩვ. ერამდე) შრომებში ფართოდ ვხვდებით წერილობით ცნობებს ქალაქისა და მისი მიდამოების მიკროკლიმატის სხვაობის შესახებ. ვიტრუვიუსმა პირველ საუკუნეში ჩვ. ერამდე წამოაყენა იდეა ქალაქის დაგეგმარებისა და შენობათა ორიენტაციის შერჩევის ბუნებრივი პირობების გათვალისწინებით.

ქალაქის კლიმატის შესწავლას მიეძღვნა რიგი ფუნდამენტური შრომები, როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ასევე უცხოეთში. აღსანიშნავია ისეთი კვლევები, რომლებიც ჩატარებულია იტონის, 1977; პ. კრატკეს 1958; დ. არონინის 1959; ლოურის 1967; მ. რაგონის 1969; ტ. მარკუსი, ე. მორრის 1973; კ.სმიტის 1978; გ. ლანდსბერგის 1983; გ. გეიგერის 1984; გ. განდინის 1985; მ. ბუდიკოს 1971, 1977; ნ. კობიშევას 1980 და სხვათა მიერ.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენს ქ. თბილისისა და მისი მიდამოების რადიაციული რეჟიმის შესწავლა კლიმატურ მახასიათებლების რეჟიმთან კავშირში. ნაშრომის შესრულებისას მეტეოროლოგიური და აქტინომეტრული მასალის ამოკრება-დამუშავებაში დიდი დახმარება გაგვიწია კლიმატოლოგიის განყოფილების უფრ. ინჟინერმა ი. გელაშვილმა, რაზედაც მას დიდ მადლობას მოვახსენებთ.



თ ბ ი ლ ი ს ი



⊕ — მეტეოროლოგიური  
სადგური

კონსტრუქციის  
პროექტი

01780

კონსტრუქციის  
პროექტი



## ჰავის ფორმირების გეობრაფიული და ციკლოკლიმატური ფაქტორები

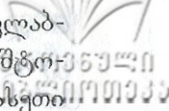
### 1. ფიზიკურ-გეობრაფიული დახასიათება

თბილისის კლიმატის პირველი დახასიათება მოგვცა ვახუშტი ბაგრატიონმა თავის შრომაში „აღწერა სამეფოსა საქართველოსა“ – „თბილისი ჰავითა არს მშუენი და მხიარული...ზაფხული ცხელი და არა გაუძღისი, ზამთარი ცივი. გაზაფხულ-შემოდგომა მშუენი და სატროფ“.

თბილისის კლიმატის დეტალური აღწერილობა მოცემულია ფ. დიბუას (1832), ნ. ხანიკოვის (1948), ა. ფილადელფინის (1857), ი. გაჩეჩილაძის (1934), შ. მოსიძის (1954, 1956), გ.ჭირაქაძის (1967), ვ. გოგიშვილის (1960), ი. ცუცქერიძის (1967), კ. კორძახიას და შ. ჯავახიშვილის (1970) და სხვათა შრომებში.

ქ. თბილისის რადიაციული რეჟიმის შეფასებამდე და მიღებული კვლევის შედეგების განხილვამდე ინტერესმოკლებული არ იქნება შევეხოთ ზოგადად საკვლევი ტერიტორიის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებს, რომლებიც დიდ გავლენას ახდენენ ადგილობრივი კლიმატის ფორმირებაში და ქმნიან რიგ თავისებურებებს მიკროკლიმატური თვალსაზრისით.

ქ. თბილისი და მისი შემოგარენი მდებარეობს საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში, მდ. მტკვრის ორივე სანაპიროს ქვაბურში, რომელიც სამივე მხრიდან გარშემორტყმულია ქედებით და სამხრეთ-აღმოსავლეთით გაშლილია. დასავლეთიდან შემოსაზღვრულია თრიალეთის ქედის აღმოსავლეთის განშტოებით, ჩრდილოეთიდან საგურამოს ქედით, სამხრეთით თელეთის ქედით. ქვაბურის მარჯვენა ნაწილი ჰიფსომეტრიულად მაღალია, ხოლო მარცხენა მხარე კი დაბალი. მდ. მტკვრის ორივე



ნაპირს ეკვრის კლდოვანი ზღუდეები, აღმოსავლეთიდან ავღაბ-  
რის პლატო, ხოლო დასავლეთიდან თრიალეთის ქედის განშტო-  
ება. ხეობა ბუნებრივად ჩაკეტილს წარმოადგენს. სწორედ ასეთი  
განლაგება განაპირობებს საკვლევ ტერიტორიაზე მიკროკლი-  
მატურ ნაირგვარობას. განხილული ტერიტორიისათვის  
დამახასიათებელია ამაღლებულ ნაწილში სიმაღლითი  
ზონალობა, ხოლო დადაბლებულში კი მშრალი და ზომიერად  
მშრალი სუბტროპიკული სტეპისათვის დამახასიათებელი  
მიკროკლიმატი. საერთოდ ქ. თბილისსა და მის შემოგარენში  
ერთმანეთს ენაცვლება სტეპისა და ტყისათვის დამახასიათებელი  
კლიმატური პირობების მქონე არეები, რომლებიც იწვევენ  
კლიმატურ მახასიათებელთა თავისებურებებს. ასე მაგალითად,  
მდ. მტკვრის მარცხენა სანაპირო მეტეოროლოგიური ელემენტების  
რეჟიმით ოროგრაფიულ პირობებთან დაკავშირებით განსხვავდება  
მტკვრის მარჯვენა ნაპირიდან.

თბილისისა და მისი მიდამოების რელიეფის სირთულეს  
განაპირობებს გეოლოგიური (ტექტონიკური, ლითოლოგიური)  
აგებულება და ეროზიულ-დენუდაციური პროცესები (დ. უკლება,  
1968).

ლ. მარუაშვილის აზრით (1970) საკვლევ ტერიტორიის  
მორფოლოგიური მრავალსახეობა ძირითადად განსაზღვრა მდ.  
მტკვრის ხეობის გარდიგარდმო მდებარეობამ, ცვალებადი და  
რთული ტექტონიკური სტრუქტურების არსებობამ. ტერიტორია  
გეოლოგიური აგებულების თვალსაზრისით წარმოდგენილია  
სხვადასხვა შემადგენლობისა და ასაკის ქედებით—ძირითადად  
მესამეულის ქანებით და მეოთხეული ნაგებობებით (ი. კაჭარავა,  
1947).


თბილისსა და მის შემოგარენში თავმოყრილია დიდი  
ფიზიკურ-გეოგრაფიული რეგიონები: სამცხე-თრიალეთის  
მთიანეთი, შიდა ქართლის მთათაშორისი ბარი, ქვემო ქართლის  
მთათაშორისი ბარი, ივრის ზეგანი და სხვა (დ. უკლება,  
1989). საკვლევ ტერიტორიის რელიეფის ფორმირებაში დიდი

როლი შეასრულა მდ. მტკვრის ხეობამ, რომელმაც განიცადა ევოლუცია ხეობის გამოშვებაში, რაც გამოიხატა ტერასების სახით მდ. მტკვრის ორთავე სანაპიროზე, რომლებიც ქმნიან საფეხურებად განლაგებულ ვაკეებს (დ. უკლება, 1980). ამ ტერასებს (5 ტერასა) გადაშენებული მნიშვნელობა აქვს ქალაქის დაგეგმარების, განაშენიანებისა და საბინაო მშენებლობის გაფართოებისათვის. აღნიშნული ტერასები ქმნიან ქალაქის თავისებურ კოლოროტს, კარგად ეწერებიან ლანდშაფტში და ამით განასხვავებენ თბილისს სხვა ქალაქებისაგან. ამ ტერასებზეა განლაგებული შ. რუსთაველის პროსპექტი, ვაკე, საბურთალო (მე-3 ტერასა), დ. აღმაშენებლის პროსპექტი, დიდუბე, ავჭალა (მე-2 ტერასა). მომავალშიაც აღნიშნული ტერასები დიდ როლს შეასრულებენ ქალაქის განვითარებაში სამეურნეო საქმიანობასა და განაშენიანებაში.

თბილისისა და მისი მიდამოების ფიზიკურ-გეოგრაფიულმა მდებარეობამ, ლითოლოგიური შემადგენლობის მრავალფეროვნებამ და ოროგრაფიულმა პირობებმა განაპირობეს ნიადაგის საფარის ნაირსახეობა. აქ გავრცელებულია ტყის ყავისფერი და ყომრალი ნიადაგები (თრიალეთის ქედი), რუხი ყავისფერი ნიადაგები მარცხენა ნაპირეთში, თბილისის ზღვის მახლობლად.

მდ. მტკვრისა და მისი შენაკადების დაბალ ტერასებზე გავრცელებულია ალუვიური ნიადაგები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ბალ-ბოსტნებისათვის. საკვლევ ტერიტორიაზე შედარებით მცირე ფართობი უჭირავს წაბლა, შავმიწა და დამლაშებულ ნიადაგებს, ესენი ძირითადად გავრცელებულია ფონიჭალისა და კუმისის მიდამოებში. ეს ნიადაგები ძირითადად გამოიყენებულია მარცვლეული და ბოსტნეული კულტურებისათვის.

თბილისისა და მის მიდამოებში ფართოდ არის გავრცელებული უროიანი სტეპური მცენარეულობა, რომელიც მდ. მტკვრის ორივე სანაპიროზეა გავრცელებული, ასევე სამგორის ველზე, დილომისა და ფონიჭალას მიდამოებში.



მთაწმინდის ქედის აღმოსავლეთ ფერდობზე, მდ. ვერეს ხეობის ზემო ნაწილში თელეთის ქედის კალთებზე, შავნაბადაზე, თაბორზე, საბურთაღზე, ლისის ტბის მიდამოებში, სადაც კალთები გაშიშვლებულია, გავრცელებულია კლდეთა ქსეროფიტული მცენარეულობა. ჯაგეკლიანი სტეპების გავრცელების ზედა ზღვარი 750-800 მეტრამდეა. ჯაგეკლიან სტეპებს ენაცვლება მთის ტყეები, რომლებიც გავრცელებულია მარჯვენა ნაპირეთში—თრიალეთის ქედის აღმოსავლეთ კალთებზე, ხოლო მარცხენა მხარეში კი საგურამოს ქედის ფერდობებზე. თბილისის მიდამოების ტყეები ფოთლოვანი ჯიშებისგანაა წარმოდგენილი (მუხა, რცხილა, წიფელი, იფანი, ნეკერჩხალი, თელა, ცაცხვი და სხვა).

მდ. მტკვრის სანაპიროზე—ფონიჭალისა და დიდმის ფარგლებში გავრცელებულია ჭალის ტყეები, ვერხვის, ტირიფის, თელასა და სხვათა შემადგენლობით.

დ. უკლება (1968) თბილისის მიდამოების ვაკიან და გორაკბორცვიან ნაწილში გამოჰყოფს სტეპისათვის დამახასიათებელ ლანდშაფტებს, ხოლო ქალაქის დასავლეთ და ჩრდილოეთ მთიან რაიონებში მთა-ტყის ლანდშაფტებს. რელიეფის ფორმათა საკმაო დანაწევრებამ განაპირობა საკვლევ ტერიტორიაზე ლანდშაფტის მრავალფეროვნება. დ. უკლება განხილულ რეგიონში გამოჰყოფს ლანდშაფტის 10 სახეს.

## 2. ატმოსფერული ცირკულაცია

ქ. თბილისი და მისი შემოგარენი იმყოფება სუბტროპიკული სარტყლისა და ზომიერი განედის ცირკულაციური პროცესების ზემოქმედების ქვეშ, ხასიათდება ცხელი ზაფხულით და ზომიერი ზამთრით. მის ცალკეულ მიკრორაიონებში შეინიშნება რიგი კლიმატური თავისებურებანი, რაც გამოწვეულია ტენისა და სითბოს განაწილებით, ცირკულაციური პროცესებით, ოროგ-

რაფიისა და ფიზიკო-გეოგრაფიული პირობებით.

ჰაერის მასების შემოჭრასთან დაკავშირებით საკვლევო რაიონი ექცევა სამი ამინდწარმოქმნელი პროცესის - დასავლეთის, აღმოსავლეთისა და სამხრეთის ზეგავლენის ქვეშ.

დასავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერი, მასები მდ. მტკვრის ხეობით ქალაქში თავისუფლად შემოდის, იწვევს ჰაერის ტემპერატურის დაცემას, ნალექებს და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარების გავრცელებას. ასეთი ტიპის პროცესების გავრცელებას ადგილი აქვს ზამთარსა და გაზაფხულზე. რაიონი ღიაა სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან, ამიტომაც ხშირია აქ პოლარული და არქტიკული მასების შემოჭრა. ზამთარში ეს პროცესი იწვევს ღრუბლიანი ამინდის ხანგრძლივობის გაზრდას, ტემპერატურის დაცემას და ყინვებს.

თბილისის ამინდზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ამიერკავკასიის სამხრეთით განვითარებული ტალღური აღრევები, რომლებიც წლის თბილ პერიოდში იწვევენ ინტენსიურ ნალექებს, სეტყვასა და ჭექა-ქუხილს. ეს პროცესი დაკავშირებულია ამიერკავკასიაზე ციკლონების გავრცელებასთან. იგი მოსალოდნელია წლის ყველა სეზონში.

ოროგრაფიული პირობების გამო დასავლეთიდან ქალაქში შემოჭრილი ჰაერის მასები იღებენ მოძრაობის დაღმავალ ხასიათს, ხოლო აღმოსავლეთიდან კი აღმავალს.

ამინდის ანტიციკლონური ტიპის დროს ზამთარი შედარებით ცივი და მშრალია, ღრუბლიანობა ზომიერი. ამ დროს ადგილი აქვს თერმული ინვერსიების განვითარებას, რასაც ხელს უწყობს ოროგრაფიული პირობები.



I. რადიაციული რეჟიმის შორამრეკა

მზის რადიაცია, როგორც ერთ-ერთი კლიმატურ წარმოქმნელი ფაქტორი, დიდ როლს ასრულებს ადგილის კლიმატის ფორმირებაში. იგი განაპირობებს ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების დინამიკას დედამიწის ქვეყენილ ზედაპირთან კავშირში.

რადიაცია განსაზღვრავს ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების მსვლელობას, სითბოსა და ტენის გადატანა-განაწილებას, ლანდშაფტური ზონების ჩამოყალიბებას და სხვა.

ამიტომ, ქ. თბილისისა და მისი მიდამოების რადიაციული რეჟიმის შესწავლა მეტად მნიშვნელოვანია რიგი კლიმატური თავისებურებების დადგენისა და გამოვლენისათვის. საკვლევი ტერიტორია გამოირჩევა რადიაციული რეჟიმის რიგი თავისებურებებით, როგორც წლიური, ისე სეზონური განაწილების მიხედვით.

კვლევას საფუძვლად დაედო თბილისისა და მისი მიდამოების ტერიტორიაზე განლაგებული 10 მეტეოროლოგიური სადგურისა და თბილისი-ქალაქისა და ობსერვატორიის სადგურის ფაქტიური და გამოთვლითი მეთოდებით მიღებული მასალა. გამოყენებული იქნა მრავალწლიური შემდეგი მასალა: ჰაერის ტემპერატურა (1881-1989 წწ), სინოტივე (1936-1989 წწ), ნალექები (1891-1989 წწ), ღრუბლიანობა (1870-1989 წწ), ქარის მიმართულება და სიჩქარე (1936-1989 წწ), მზის ნათების ხანგრძლივობა (1891-1986 წწ), მზის პირდაპირი (1927-1986 წწ) და გაბნეული რადიაცია (1936-1986 წწ), ჯამური რადიაცია (1936-1986 წწ).

ვინაიდან საკვლევ ტერიტორიაზე ერთი აქტინომეტრიული სადგური არ იძლევა სრული რადიაციული რეჟიმის დახასიათე-

ბას, ამიტომ ჩვენ გამოვიყენეთ გამოთვლითი მეთოდები. რადიაციული ნაკადების—პირდაპირი, გაბნეული და დამბურით რადიაციის, ალბედოს, შთანთქმული რადიაციის, ეფექტური გამოსხივებისა და რადიაციული ბალანსის გამოთვლისათვის გამოყენებული იქნა გამოთვლითი მეთოდები, დამუშავებული ლენინგრადის მთავარ გეოფიზიკურ ობსერვატორიაში (მგო). ჩატარებული კვლევისას დიდი ყურადღება მიექცა მეთოდური საკითხების დამუშავებას, შეტანილი იქნა რიგი მეთოდური კორექტივი კოეფიციენტების სახით, რაც სრულყოფილ სახეს აძლევს გამოთვლითი მეთოდებით მიღებულ მონაცემებს. მიღებულია მხედველობაში ოროგრაფიული და ბუნებრივ-კლიმატური თავისებურებანი. I-ელ ცხრილში მოცემულია იმ მეტეოროლოგიური სადგურების სია, რომლებიც განლაგებულია თბილისსა და მის მიდამოებში.

რადიაციის რეჟიმის დადგენისათვის დიდი ყურადღება ექცევა მზის ნათების ხანგრძლივობას, ღრუბლიანობის გამჭვირვალობისა და მზის ნაკადების კანონზომიერებათა დადგენა-გამოვლენას. ჩვენ შევეხებით მათ მოკლე დახასიათებას.

მზის ნათების ხანგრძლივობა მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორია. იგი დამოკიდებულია დღის ხანგრძლივობაზე, წლის დროზე, ასტრონომიულ ფაქტორებზე და ოროგრაფიულ პირობებზე. საკვლევი ტერიტორია ასტრონომიულ, მეტეოროლოგიურ და ოროგრაფიულ ფაქტორებთან (ჰორიზონტის დახრილობა, ადგილის სიმაღლე ზღვის დონიდან, ფერდობთა ორიენტაცია და დახრის კუთხეები) ქმნის რადიაციული რეჟიმის თავისებურებებს.

თბილისში, ფაქტიური მონაცემებით მზის ნათების ხანგრძლივობა წელიწადში შეადგენს დაახლოებით 2110 საათს. უნდა აღინიშნოს, რომ ნათების ხანგრძლივობა თბილისის მიდამოებში (ქალაქვარეთ) ღია ჰორიზონტის შემთხვევაში უფრო დიდია ქალაქის ცენტრთან შედარებით დაახლოებით 5-10%-ით, ასევე დილის და საღამოს საათებში ნათების ხან-



გრძლივობა რამდენადმე აღემატება პლატოზე და ქალაქის დასავლეთ და აღმოსავლეთ განაპირა რაიონებში. ნათება თბილისში

ცხრილი 1

მეტეოროლოგიური სადგურების სია, რომლებიც ქ.თბილისსა და მის მიდამოებშია განლაგებული

სადგური	სიმაღლე ზღ. დონიდან მ.	განული $\varphi^{\circ}$	გრძელი $\lambda^{\circ}$
თბილისი-ქალაქი	403	41° 43'	44° 48'
მთაწმინდა /ფუნეკულორი/	730	41° 42'	44° 47'
ბოტანიკური ბაღი	534	41° 42'	44° 41'
თბილისი, უნივერსიტეტი	420	41° 44'	44° 48'
დილომი-ობსერვატორია	427	41° 46'	44° 46'
სამგორის წყალსაცავი	540	41° 43'	44° 54'
აეროპორტი	490	41° 41'	44° 57'
ვაშლიჯვარი	500	41° 48'	44° 47'
კუმისი	492	40° 35'	44° 52'

პერიოდში დაახლოებით 50%-ით მეტია ცივ პერიოდთან შედარებით.

ქალაქის ზრდა, ატმოსფეროს გაჭუჭყიანება, ნისლიანობის მატება ფართო გავლენას ახდენს ნათების შემცირებაზე.

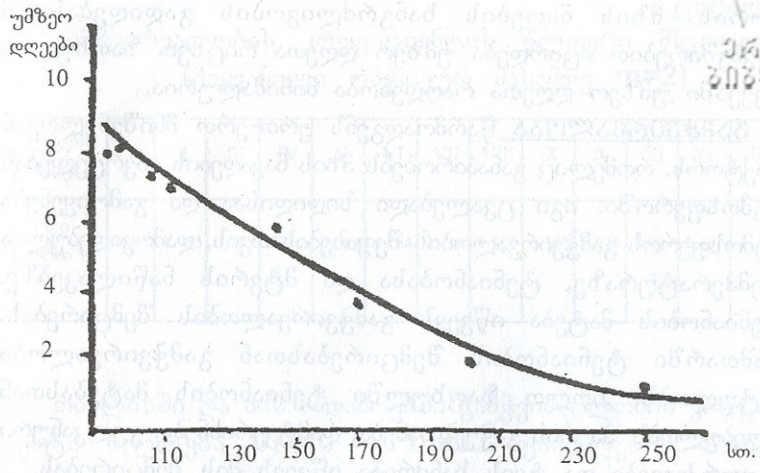
ქ. თბილისში და მის მიდამოებში მზის ნათების წლიური ხანგრძლივობა (საათები), უმზეო დღეთა რაოდენობა და საშუალო წლიური ღრუბლიანობა (1936-1989 წწ)

მზის ნათების ხანგრძლივობა საათებში			უმზეო დღეთა რაოდენობა			წლიურ ღრუბარებში
წლიური საათი	ცივ პერიოდში, საათი	თბილ პერიოდში, საათი	წლიური საათი	ცივ პერიოდში, საათი	თბილ პერიოდში, საათი	
2110	566	1550	53	37	16	6,2

მე-2 ცხრილიდან ჩანს, რომ მზის ნათება ცივ პერიოდში, თბილისში შეადგენს 566 საათს, უმზეო დღეთა რაოდენობა წლიურად კი 53 დღეს, მაქსიმალური რაოდენობა უმზეო დღეთა რაოდენობის აღინიშნება ცივ პერიოდში, რაც შეადგენს 37-ს, ხოლო ზაფხულის პერიოდში საკმაოდ მცირდება და აღწევს 16-ს.

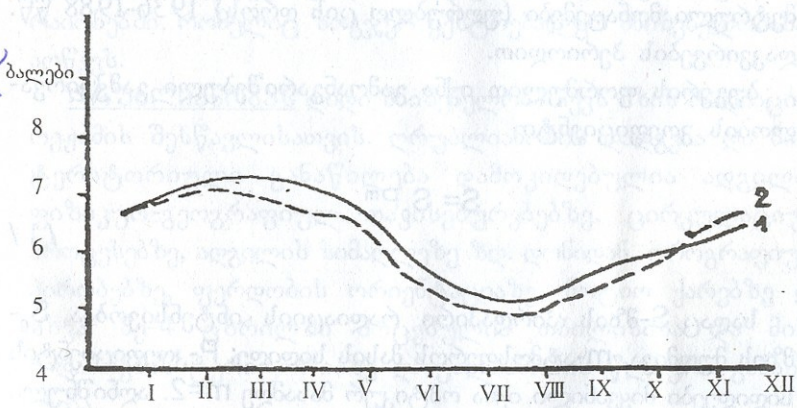
ჰორიზონტის დახურულობისა და ღრუბლიანობის ზეგავლენით ნათების ხანგრძლივობა წლიურად მცირდება 40%-ით.

მზის რადიაციის რაოდენობა დამოკიდებულია ასტრონომიულ ფაქტორებზე: მზის სიმაღლეზე, დღის ხანგრძლივობაზე, ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე და ქვეფენილი ზედაპირის ფიზიკურ მდგომარეობაზე. როგორც ფაქტობრივი მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, ქ. თბილისში წლის განმავლობაში მზის სიმაღლე იცვლება  $24^{\circ} 41'$ -დან  $70^{\circ} 3'$  ფარგლებში, ყველაზე მოკლე დღის ხანგრძლივობა შეადგენს წლის განმავლობაში 9 საათსა 10 წუთს (დეკემბერი) ხოლო მაქსიმალური ხანგრძლივობა კი 15 საათსა 10 წუთს (საქ. კლიმატური ცნობარი, 1990). მზის ნათება მცირდება ღრუბლიანობის გაზრდით. ნახ. I-ზე მოცემულია დამოკიდებულება მზის ნათებასა და უმზეო დღეთა



ნახ.1. შვის ნათების ხანგრძლივობის დამოკიდებულება უშუალოდ დღეთა რაოდენობასთან

K 232, +27  
3



ნახ.2. ღრუბლიანობის წლიური მსვლელობა.  
 1. თბილისი-ქალაქი (404მ)  
 2. თბილისი -ობსერვატორია (427მ)



შორის. მზის ნათების ხანგრძლივობის გადიდებასთან დაკავშირებით მცირდება უმზეო დღეთა რიცხვი. უმზეო დღეების თვეებში უმზეო დღეთა რაოდენობა მინიმალურია.

გამჭვირვალობა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს, რომელიც განაპირობებს მზის ნაკადების გავრცელებას ატმოსფეროში. იგი ცვალებადი სიდიდისაა და გამოიყენება ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შეფასებისათვის, დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, ტენიანობასა და მტვრის ნაწილაკებზე. ტენიანობის მატება იწვევს გამჭვირვალობის შემცირებას. ზამთარში ტენიანობის შემცირებასთან გამჭვირვალობა მატულობს, ხოლო ზაფხულში ტენიანობის მატებასთან კლებულობს. ჰაერის გაჭუჭყიანება, დამტვერიანება, ვულკანური ამოფრქვევები და ტყის ხანძრები იწვევს მის შემცირებას.

გამჭვირვალობის კოეფიციენტის გამოსათვლელად გამოყენებული იქნა ს. სივკოვის (1967) მეთოდი, მგო-ს (1965) მეთოდური მითითებანი.

გამოთვლებს საფუძვლად დაედო მზის რადიაციის აქტინომეტრული მონაცემები (უღრუბლო ცის დროს) 1936-1988 წწ. დაკვირვების პერიოდით.

ბუგერის ფორმულით იქნა გამოანგარიშებული გამჭვირვალობის კოეფიციენტი

$$S = S_0 P^m,$$

///

სადაც  $S$ -მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობაა,  $S_0$ -მზის მუდმივა,  $m$ -ატმოსფეროს მასის სიდიდე;  $P$ -კოეფიციენტის სიდიდეები მიყვანილი იქნა ოპტიკურ მასამდე  $m=2$ . აღნიშნული საკითხი განხილულია შრომებში (ნ. გვასალია, კ. თავართქილაძე 1971; ნ. გვასალია, 1986).

გამჭვირვალობის კოეფიციენტის წლიური მსვლელობა  
(მიყვანილი ოპტიკურ მასამდე  $m=2$ )

თვეები სადგ.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თ ბ ი - ლისი	0,802	0,795	0,782	0,762	0,764	0,754	0,746	0,750	0,757	0,775	0,794	0,796	0,773

თბილისში და მის მიდამოებში გამჭვირვალობის კოეფიციენტი იცვლება 0,746 – 0,802 ფარგლებში. მაღალი გამჭვირვალობით გამოირჩევა ცივი პერიოდი (დეკემბერი, იანვარი), ზაფხულში გამჭვირვალობა მცირდება ტენის შემცველობისა და ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების გამო. ადგილობრივი ოროგრაფიული და კლიმატური თავისებურებანი ხელს უწყობს გამჭვირვალობის შემცირებას ქალაქის სხვადასხვა რაიონებში, რომელიც ზოგჯერ ექსტრემალურ მნიშვნელობასაც აღწევს.

ღრუბლიანობას დიდი მნიშვნელობა აქვს მზის რადიაციის რეჟიმის შესწავლისათვის. ღრუბლიანობის დადგენა და მისი ტერიტორიული განაწილება დამოკიდებულია ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თავისებურებებზე, ცირკულაციურ პროცესებზე, ადგილის სიმაღლეზე ზღ. დონიდან, ოროგრაფიულ პირობებზე, ფერდობის ორიენტაციაზე, ნოტიო ქარებზე და სხვა. მე-4 ცხრილში მოცემულია თბილისისა და მისი მიდამოების ტერიტორიაზე ღრუბლიანობის წლიური განაწილება.

ღრუბლიანობა საკვლევ ტერიტორიაზე ზომიერია და იცვლება წლის განმავლობაში 4,0-7,1 ბალებში. ღრუბლიანობის მაქსიმუმი ზამთარსა და გაზაფხულზეა (5,5-7,1 ბალი), მინიმუმი

ქ. თბილისსა და მის მიდამოებში ღრუბლიანობის  
 წლიური განაწილება (ბალებში).

თვეები საღბ.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური
1. თბილ. ობსერ.	6,7	7,0	7,2	7,0	6,9	5,9	5,4	5,2	5,6	5,9	6,2	6,5	6,3
2. თბილ. ფუნუკულ.	6,6	6,4	7,0	6,8	6,5	5,7	5,1	4,6	5,4	5,9	6,5	6,3	6,0
3. თბილ ბოტ. ბაღი	6,6	6,5	6,8	6,7	6,3	5,5	5,1	4,8	5,9	6,1	6,6	6,4	6,1
4. თბილ. აეროპორტ.	5,7	6,1	6,3	6,2	6,0	4,9	4,5	4,3	4,8	5,0	6,1	5,4	5,4
5. უნივერ- სიტეტი	6,4	6,4	7,0	6,7	6,6	5,8	5,4	4,9	5,6	5,6	6,4	6,3	6,1
6. სამგორ. წყალსაც.	6,2	6,7	7,0	7,8	6,3	5,6	5,2	4,9	5,3	5,9	6,2	6,3	6,2
7. თბილისი ვაშლიჯვარი	6,5	6,5	6,8	6,8	6,4	5,5	5,4	4,9	5,2	5,4	6,2	6,1	5,9
8. რუსთავი	6,4	6,5	7,3	6,8	6,6	5,9	5,2	5,1	5,5	6,6	6,9	6,3	6,2
9. საგარეჯო	5,8	6,2	6,6	6,3	5,8	4,8	4,4	4,0	4,8	5,1	5,9	5,5	5,4

კი ივლისსა და აგვისტოში (4,0-5,5 ბალი).

მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ნათელ დღეთა რაოდენობა თბილისი-აეროპორტსა და გარდაბანში საკმაოდ დიდია (4,0-4,3 ბალი), ვიდრე თბილისში. ზაფხულსა და შემოდგომის პირველ ნახევარში საკმაოდ ინტენსიურია ფრთა (cirrus), გროვა ღრუბლების ( $C_{II}$ ) და ფენა-გროვა ღრუბლების ( $C_e$ )

მზის ნათების ხანგრძლივობა ქ. თბილისში  
1891-1986 წ.წ.

გეოგრაფიული  
სტატისტიკა

წლები	წლიური საათებში
1891 - 1900	2254,6
1901 - 1910	2238,7
1911 - 1920	2134,6
1927 - 1936	2080,7
1937 - 1946	2065,6
1947 - 1956	2050,4
1957 - 1966	2046,6
1967 - 1976	2034,8
1977 - 1986	2025,6

სიზშირე. გაზაფხულზე (განსაკუთრებით მეორე ნახევარში) ვითარდება ნოტიო უმდგრადი კონვექციის ღრუბლები.

რელიეფის დანაწევრება და ოროგრაფიული პირობები დიდ ზეგავლენას ახდენს კლიმატური მახასიათებლების რეჟიმზე. საგურამოს ქედი ხელს უწყობს ამ რეგიონში დატენიანების გაზრდას. ჩრდილო-დასავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერის მასების ზემოქმედებით წარმოებს ღრუბლიანობის ზრდა და იქმნება განსაკუთრებული პირობები სითბოსა და სინოტივის განაწილებისათვის. დამუშავებული იქნა აქტინომეტრული და მეტეროლოგიური მასალა მზის ნათების ხანგრძლივობისა და ღრუბლიანობის საუკუნებრივ მსვლელობასთან დაკავშირებით. ჩატარდა შრომატევადი სამუშაო ქ. თბილისისათვის მზის ნათების ხანგრძლივობისა (1891-1986 წწ) და ღრუბლიანობის სტატისტიკური მასალის დამუშავების საფუძველზე. დაახლოებით დაკვირვების 100 წლიანი პერიოდისათვის (ცხრილი 5). ჩატარებული კვლევის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ

ქ. თბილისში და მის მიდამოებში საერთო ღრუბლიანობის მსვლელობა 1870 - 1989 წ.წ.

წლები	წლიური საათებში
1870 - 1879	5,3
1880 - 1889	5,3
1890 - 1899	5,5
1900 - 1909	5,6
1910 - 1919	5,6
1920 - 1929	6,3
1930 - 1939	6,3
1940 - 1949	6,2
1950 - 1959	6,2
1960 - 1969	6,3
1970 - 1979	6,4
1980 - 1989	6,6

თბილისში შეიმჩნევა მზის ნათების ხანგრძლივობის შემცირება უკანასკნელ პერიოდში. დაახლოებით (100 წლის განმავლობაში) იგი 11,30%-ით შემცირდა, საათებში ეს გამოიხატება 2254,6-2025,6=229,0, ე.ი. ყოველ წელს საათებში ეს შეადგენს 2 საათსა 29 წუთს.

ასევე დამუშავებული იქნა ღრუბლიანობის საუკუნებრივ მსვლელობასთან დაკავშირებით მეტეოროლოგიური მასალა 1871-1989 წ.წ. დაახლოებით 120 წლის მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ღრუბლიანობა თბილისსა და მის მიდამოებში ბოლო წლებთან შედარებით გაზრდილია 19%-ით (ცხრილი 6).

მე-2 ნახ. მოცემულია ღრუბლიანობის წლიური მსვლელობა თბილისი-ქალაქსა (404 მ) და თბილისი-ობსერვატორიის (427მ) ტერიტორიაზე. ღრუბლიანობა თბილ პერიოდში თბილისი



ქალაქში 3%-ით ნაკლებია თბილისი-ობსერვატორიასთან შედარებით. მაქსიმუმი ორივე შემთხვევაში ზამთარსა და გაზაფხულზეა, ხოლო მინიმუმი კი ივნისს-ივლისში (5.0-5,2 ბალი). ზამთრის თვეებში ღრუბლიანობა თბილისი-ქალაქის ტერიტორიაზე აღემატება თბილისი-ობსერვატორიის მონაცემებს.

## 2. მზის ჯამური რადიაცია

ქ. თბილისისა და მისი მიდამოების ტერიტორიაზე განლაგებული აქტინომეტრული სადგურების სიმცირე არ იძლევა სრულყოფას რადიაციული რეჟიმის შეფასებისათვის. ამიტომ ჩვენ ფაქტიური მასალის გარდა ფართოდ გამოვიყენეთ გამოთვლითი მეთოდების საშუალებით მიღებული რადიაციული ბალანსის შემადგენელ მახასიათებელთა მონაცემები. გამოთვლებს საფუძვლად დაედო ჰაერის ტემპერატურისა და სინოტივის, ღრუბლიანობის, წნევის, სიმკვრივის, ნიადაგის ტემპერატურის, ნალექების და კლიმატური ელემენტების მრავალწლიური მონაცემები (1936 - 1989 წ.წ. დაკვირვების პერიოდით) და ასევე ქ. თბილისის აქტინომეტრული მასალები. დედამიწის რადიაციული ბალანსი გამოითვლება ფორმულით:

$$R = \sum Q (1 - \alpha) - E_{\text{მზ}}$$

12/

სადაც  $Q$  - ჯამური რადიაციაა (პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის ჯამი)  $\alpha$  - ალბედო (არეკვლიანობის მახასიათებელი);  $E_{\text{მზ}}$  . გამოსხივება - სხვაობა დედამიწის გამოსხივებასა და შემხვედრ გამოსხივებას შორის;

ჯამური რადიაცია, როგორც რადიაციული ბალანსის ძირითადი მახასიათებელი, გამოანგარიშებული იქნა თ. ბერლანდის (1961) ფორმულით:

$$\Sigma Q = \Sigma Q_0 (1 - \alpha n - \beta n^2),$$



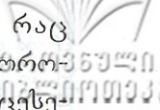
სადაც  $Q_0$  - ჯამური რადიაციაა უღრუბლო ცის დროს;  $n$  - საერთო საშუალო ღრუბლიანობა: „ა“ და „ბ“ - კოეფიციენტები.

ჯამურ რადიაციაზე დიდ ზეგავლენას ახდენს ღრუბლიანობა, ტენშემცველობა, ანთროპოგენური დაჭუჭყყიანება და რიგი ფაქტორები, რომლებიც იწვევენ რადიაციის საგრძნობ შესუსტებას. მოღრუბლულობის მატებასთან ჯამური რადიაცია მცირდება, თუ ღრუბლიანობა ნაწილობრივია, მაშინ  $Q_n$  აღემატება უღრუბლო ამინდის დროს მის მნიშვნელობას, რაც გამოწვეულია ატმოსფეროს არაერთგვაროვნებით.

ჯამური რადიაციის რეჟიმის დადგენისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ მისი განაწილება დროსა და სივრცეში, მისი ტერიტორიული განაწილება წლის სხვადასხვა პერიოდში რეალური პირობების დროს (ღრუბლიანობის გათვალისწინებით).

ფორმულა 3-ის საშუალებით გამოთვლილი იქნა ჯამური რადიაციის თვიური და წლიური მაჩვენებლები ქ. თბილისის სხვადასხვა რაიონებისათვის (ცხრილი 7). ჩატარდა ფაქტიური და გამოთვლითი მეთოდებით მიღებული მონაცემების შედარება (ცხრილი 8). მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ თბილ პერიოდში ქ. თბილისში ჯამური რადიაციის ფაქტიური და გამოთვლითი მეთოდებით მიღებულ მონაცემებს შორის გადახრა ცალკეულ თვეებში შეადგენს  $\pm 2$  დან  $\pm 12,8\%$  მდე, ხოლო წლიურში  $\pm 1,1\%$ , რაც შეიძლება მიღებულ იქნეს სავსებით დამაკმაყოფილებლად.

როგორც მე-7 ცხრილიდან ჩანს, ქ. თბილისისა და მის მიდამოებში განლაგებულ ყველა სადგურზე ჯამური რადიაცია წლიურად იცვლება 4994-5200 მჯოული /მ<sup>2</sup> ფარგლებში, ბოტანიკური ბაღი, რომელიც განლაგებულია ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში (ზღ. დ. 534 მ. სიმაღლეზე) იღებს წლიურად 4994 მჯოული/მ<sup>2</sup>, რაც 2,2%-ით ნაკლებია



თბილისის ქალაქის მონაცემებთან შედარებით, რაც გამოწვეულია ბოტანიკური ბაღის ადგილმდებარეობის გრაფიული პირობებით და ფერდობებზე მიმდინარე პროცესების მსვლელობით. განსაკუთრებით ღრუბლიანობისა და გამჭვირვალობის რეჟიმით.

ჯამური რადიაციის დიდი მნიშვნელობებით ხასიათდება თბილისი-ფუნიკულორი (ზღ.დ. 730მ), რაც შეადგენს წელიწადში 5170 მჯოული/მ<sup>2</sup> და თბილისი-აეროპორტი 5116,0 მჯოული/მ<sup>2</sup>. ცნობილია, რომ ჯამური რადიაცია სიმაღლის მატებასთან დაკავშირებით იზრდება. თბილისი ფუნიკულორის სადგურის განლაგება ჰიფსომეტრიულად მაღალ ადგილზე, ჰორიზონტის გაშლილობა და ოროგრაფიული პირობები ხელს უწყობს რადიაციის მატებას. ასევე რადიაციული თავისებურებებით ხასიათდება თბილისი-აეროპორტი, რომელიც განლაგებულია ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილის ყველაზე გაფართოებულ ადგილას. ადგილობრივი ოროგრაფიული პირობები ხელს უწყობს აქ ღრუბლიანობის რეჟიმის თავისებურ მიმდინარეობას, რაც დიდ ზეგავლენას ახდენს ჯამური რადიაციის მატებაზე. ჯამური რადიაცია მატულობს გაზაფხულიდან ზაფხულის ჩათვლით.

თბილისისა და მისი მიდამოების წლიური მსვლელობისათვის დამახასიათებელია ივნისს-ივლისში ჯამური რადიაციის მაქსიმალური მაჩვენებლები, რაც შეადგენს 61,0-66,0 მჯოული/მ<sup>2</sup>, რაც გამოწვეულია ამ პერიოდში მზის მაქსიმალური სიმაღლით ( $70^{\circ}$ - $73^{\circ}$ ) და დღის მნიშვნელოვანი ხანგრძლივობით. ამ პერიოდში რადიაციის მატებით მიმდინარეობს ჰაერის გათბობა, ტენშემცველობა მცირდება, რაც იწვევს ნათელი დღეების ზრდას, ღრუბლიანობა მცირდება და აღწევს 4.0-5.5 ბალს. ნახ. 3-ზე მოცემულია დამოკიდებულება მზის ჯამური რადიაციისა მზის სიმაღლესთან დაკავშირებით წლის განმავლობაში.

ჯამური რადიაციის მინიმალური მაჩვენებლებით ხასიათ-

წლიური მსვლელობა ჯამური რადიაციის ( $Q$ -მჯოული/მ<sup>2</sup>), ალბედოს ( $\alpha$ -%),  
შთანთქმული რადიაციის ( $Q(1-\alpha)=Q_n$  მჯოული/მ<sup>2</sup>), ეფექტური გამოსხივების  
( $E_{\text{eff}}$  - მჯოული/მ<sup>2</sup>) და რადიაციული ბალანსის ( $R$ -მჯოული/მ<sup>2</sup>)

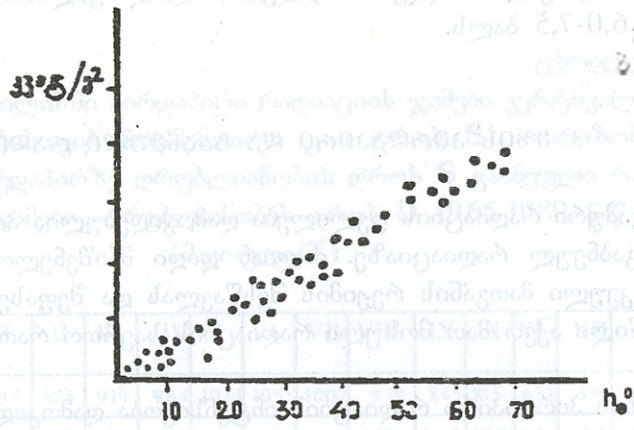
თვეები სადგურები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1.თბილისი ქალაქი	$Q$	175.9	276.5	372.9	469.3	582.4	641.1	657.8	594.9	527.9	368.7	272.4	163.4	5103.2
	$\alpha$	25	23	18	18	18	18	16	18	18	20	25	28	
	$Q_n$	131.9	212.9	305.8	384.8	477.6	552.7	552.6	487.8	432.8	294.9	204	117.6	4128.7
	$E_{\text{eff}}$	138.3	159.2	171.8	196.9	200.1	201.1	175.9	175.9	167.6	150.8	138.3	125.7	2001.6
	$R_{\text{eff}}$	-6.4	53.7	134.0	187.9	277.5	324.6	376.7	311.9	265.2	144.1	166.0	-8.1	2127.1
2.თბილისი ფუნეკუ- ლორი	$Q$	184.4	280.7	377.1	473.4	586.6	645.3	662.0	603.4	536.3	377.1	276.5	167.6	5170.4
	$\alpha$	25	25	22	20	18	18	16	18	18	20	25	30	
	$Q_n$	138.3	210.5	294.2	378.7	481.0	529.1	556.1	494.8	439.8	301.7	207.4	117.3	4148.9
	$E_{\text{eff}}$	146.7	167.6	167.6	188.6	196.9	201.1	188.6	184.4	171.8	146.7	138.3	134.1	2032.4
	$R_{\text{eff}}$	-8.4	42.9	126.6	190.1	284.1	328.0	367.5	310.4	268.0	155.0	69.1	-16.80	2116.5
3.თბილისი ბოტანიკუ- რი ბაღი	$Q$	167.6	280.7	372.9	465.1	544.7	624.3	636.9	594.9	494.4	364.5	275.4	175.9	4994.3
	$\alpha$	25	25	22	20	18	18	16	18	18	20	25	30	
	$Q_n$	125.7	210.5	290.9	372.1	446.7	511.9	534.9	487.8	405.4	291.6	204.3	123.1	4004.9
	$E_{\text{eff}}$	138.3	130.0	159.2	167.6	175.9	184.4	188.6	180.2	175.9	150.8	134.1	125.7	1910.7
	$R_{\text{eff}}$	-12.6	80.5	131.7	204.5	270.8	327.5	346.3	307.6	229.5	140.8	70.2	-2.6	2094.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	11	13	14	
4.თბილისი აეროპორტი	Q	188.6	289.1	385.5	486.0	574.0	670.4	678.8	603.4	469.3	347.8	247.2	175.9	5116.0
	$\alpha$	25	25	22	20	18	18	16	18	18	20	25	30	4104.6
	Q <sub>n</sub>	141.4	216.8	300.7	388.8	470.7	549.7	570.2	494.8	384.8	278.2	185.4	123.4	1961.0
	E <sub>სპ</sub>	150.8	142.5	167.6	171.8	180.2	184.4	196.9	171.8	171.8	142.5	138.3	142.4	2143.6
R	-9.4	74.3	133.1	217.0	290.5	365.3	373.3	323.0	213.0	135.7	47.1	-19.3		
5.თბილისი უნივერსიტეტი	Q	188.6	289.1	385.4	481.9	544.7	624.3	645.3	611.7	477.7	335.2	255.6	180.2	5019.7
	$\alpha$	25	23	20	18	18	18	16	18	18	18	20	25	
	Q <sub>n</sub>	141.5	222.6	308.3	395.2	446.6	625.1	542.0	501.5	391.7	274.8	204.4	135.2	4188.9
	E <sub>სპ</sub>	150.8	142.5	150.8	167.6	171.8	171.8	188.6	175.9	171.8	146.4	138.2	142.4	1918.6
R	-9.3	80.1	157.5	227.6	274.8	453.3	353.4	325.6	219.9	128.4	66.2	-7.2	2270.3	
6.სამგორის წყალსაცავი	Q	184.4	263.9	393.9	4399	561.4	662.0	670.4	607.6	473.4	356.2	251.4	180.2	5044.7
	$\alpha$	30	25	20	20	18	18	16	18	18	18	20	28	
	Q <sub>n</sub>	129.1	197.9	315.1	351.9	460.3	542.8	563.1	498.2	388.2	292.1	201.1	129.7	4069.5
	E <sub>სპ</sub>	146.7	142.4	146.7	159.2	167.6	175.9	184.4	175.9	167.6	159.2	150.8	138.3	1914.7
R	-17.6	55.5	168.4	192.7	292.7	366.9	378.7	322.3	220.6	132.9	50.3	-8.6	2154.8	
7.თბილისი ობსერვატორია, დილომი. (427 მ.)	Q	188.6	268.2	381.3	502.8	561.4	636.9	653.6	574.0	515.4	393.9	251.4	180.2	5107.7
	$\alpha$	25	22	20	18	18	18	16	18	18	18	20	28	
	Q <sub>n</sub>	141.4	209.2	305.0	412.3	460.3	522.2	549.0	470.7	422.6	322.9	201.1	129.7	4146.4
	E <sub>სპ</sub>	146.6	155.0	171.8	192.7	201.1	205.3	188.6	175.9	167.6	150.8	134.1	134.1	2023.6
R	-5.2	54.2	133.2	219.6	259.2	316.9	360.4	294.8	255.0	172.1	67.0	-44	2122.8	

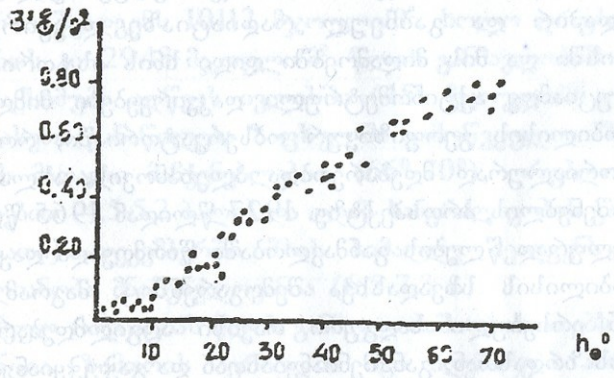
დაპირისპირება ჯამური რადიაციის ფაქტორული  
 გამოთვლითი მეთოდებით მიღებული მონაცემების წლის  
 თბილი პერიოდისათვის ქ. თბილისში  
 (მჯოული/მ<sup>2</sup>)

თვეები, წელი	ფაქტიური მონაცემები	გამოთვლით მიღებული მონაცემები	გადახრა ფაქტიური მონაცემიდან
III	382	373	- 2,3
IV	487	469	- 3,4
V	621	582	- 6,2
VI	679	641	- 5,5
VII	703	658	- 6,4
VIII	628	595	- 3,6
IX	468	528	12,8
X	331	369	11,4
წელი	5048	5102	- 1,1

დება ზამთრის თვეები (იანვარი, თებერვალი) რაც შეადგენს  
 160-190 მჯოული/მ<sup>2</sup>. ზამთარში სინოტივის გაზრდით მატუ-



ნახ.3. დამოკიდებულება შხის ჯამურ რადიაციასა და შხის სიმაღლეს შორის ( $h_{\theta}^{\circ}$ )



ნახ.4. შხის პირდაპირი რადიაციის დამოკიდებულება შხის სიმაღლესთან უღრუბლო ცის დროს ( $h_{\theta}^{\circ}$ )

ლობს ღრუბლიან დღეთა რაოდენობა და ღრუბლიანობა აღწევს 6,0-7,5 ბაღს.



### 3. მზის პირდაპირი და გაბნეული რადიაცია

ჯამური რადიაციის ცვლილება დამოკიდებულია პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციაზე. ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ცალკეული მათგანის რეჟიმის შესწავლას და შეფასებას, თუ რა წილი აქვთ მათ მოსული რადიაციის საერთო რაოდენობაში.

მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა დამოკიდებულია მზის სიმაღლეზე, ჰაერის გამჭვირვალობაზე, ღრუბლიანობასა და ადგილის სიმაღლეზე. ცნობილია, რომ მზის პირდაპირი რადიაცია სიმაღლის მატებასთან მატულობს, რადგან მცირდება ატმოსფეროს მასა, მცირდება მტვრის ნაწილაკებისა და წყლის ორთქლის რაოდენობა, იზრდება გამჭვირვალობა.

პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციაზე დაკვირვებებს ქ.თბილისში და მის მიდამოებში დიდი ხნის ისტორია აქვს. რევოლუციამდე აქტივობეტრული დაკვირვებები მიმდინარეობდა თბილისის გეოფიზიკურ ობსერვატორიაში, რომელიც ტერიტორიალურად მდებარეობდა პლენანოვის, ახლანდელი დ. აღმაშენებლის პროსპექტზე. 1927 წლიდან 1965 წლამდე. პარალელურად წლების განმავლობაში წარმოებდა დაკვირვებები თბილისის სხვადასხვა შემოგარენშიც, მაგრამ 1965 წლიდან არსებული სადგური თავისი ადგილმდებარეობით (ქალაქის ზრდასთან, განაშენიანებასთან და გაჭუჭყიანებასთან დაკავშირებით), ახალი დებულებებისა და ტექნიკური პირობების თანახმად აღარ აკმაყოფილებდა თანამედროვე დაკვირვებების მოთხოვნას და დაისვა კატეგორიულად მისი გადატანის საკითხი დიღმის რაიონში. ამჟამად, აღნიშნულ ტერიტორიაზე 427 მ. ზღვის დონიდან (1965 წლიდან დღემდე) მიმდინარე-



ობს აქტინომეტრიული დაკვირვებანი.



ქ. თბილისში პირდაპირი რადიაციის ჯამები ვერტიკალური ზედაპირისთვის მოწმენდილი ცის დროს  $S^1$ , ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ღრუბლიანობის დროს  $S$  გაბნეული რადიაციის ჯამები, ღრუბლიანობის დროს  $D$  1965-1989 წ.წ. (მჯოული/მ<sup>2</sup>)

რადიაცია	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური
$S^1$	593	685	919	964	1078	1055	1007	939	845	815	633	579	10112
$S$	78	106	188	266	366	443	451	408	295	192	91	64	2948
$D$	100	129	193	221	255	236	252	220	173	139	96	86	2100

ქ. თბილისში და მის მიდამოებში უღრუბლო ცის დროს ვერტიკალური ზედაპირისათვის მზის პირდაპირი რადიაცია წლიურში შეადგენს 10112 მჯოული/მ<sup>2</sup>, ხოლო ღრუბლიანობის დროს კი—2948 მჯოული/მ<sup>2</sup>. წლის განმავლობაში რადიაცია მაქსიმუმს აღწევს ივლისში (451 მჯოული/მ<sup>2</sup>). რადიაციის ასეთი განაწილება ზაფხულში გამოწვეულია მზის სიმაღლის მაღალი მაჩვენებლებით (66<sup>0</sup>-70<sup>0</sup>), ღრუბლიანობის შემცირებით (4,5-5,2 ბალი) და დღის ხანგრძლივობის გაზრდით (15 საათი). დეკემბერში მზის სიმაღლე შეადგენს 24<sup>0</sup>4', ღრუბლიანობა მნიშვნელოვანია (6,5-7,3 ბ).

გაბნეულ რადიაციას წლის განმავლობაში ახასიათებს ზრდის ტენდენცია. ზამთრის პერიოდში იგი აღემატება პირდაპირ რადიაციას (8-10%-ით), მაქსიმუმს აღწევს გაზაფხულზე (მაისში—255 მჯოული/მ<sup>2</sup>), ხოლო მინიმუმს—დეკემბერში (86 მჯოული/მ<sup>2</sup>).

უნდა აღინიშნოს, რომ ზამთრის პერიოდში ატმოსფერო გაჯერებულია წყლის ორთქლით და კონდენსაციურ მდგო-

მარეობაშია, ეს ხელს უწყობს ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებას და აძლიერებს გაბნეული რადიაციის ნაკადებს. მზის პირდაპირი რადიაციის მაქსიმალური ინტენსივობა თბილისში შეადგენს 1102.8 ვატ/მ<sup>2</sup>. მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსივობა მაქსიმალურია გაზაფხულზე, ზაფხულში დამტკვერიანებისა და წყლის ორთქლის მატებასთან დაკავშირებით საგრძნობლად კლებულობს ინტენსივობა.

მე-10 ცხრილში მოცემულია სეზონის მიხედვით პირდაპირი, გაბნეული და ჯამური რადიაციის განაწილება.

მნიშვნელოვანი ღრუბლიანობა ზამთარსა და გაზაფხულზე (6,4-7,2 ბალი) ამცირებს პირდაპირ რადიაციას დაახლოვე-

### ცხრილი 10

ჯამური რადიაციის შემადგენელი ნაწილების განაწილება სეზონების მიხედვით ქ. თბილისსა და მის მიდამოებში (მ ჯოული/მ<sup>2</sup>)

რადიაცია	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
პირდაპირი (S)	248	820	1302	578	2948
გაბნეული (D)	315	669	708	408	2100
ჯამური (Q)	563	1489	2010	986	5048

ბით 40-45%-ით და აღიდებს გაბნეულ რადიაციას, რაც ქალაქში წლიურად შეადგენს 2100 მჯოული/მ<sup>2</sup>.

მე-10 ცხრილიდან ჩანს, რომ რადიაციული ნაკადების მაქსიმუმი მოდის ზაფხულის პერიოდზე, ხოლო მინიმუმი კი—ზამთარში. უნდა აღინიშნოს გაზაფხულის გაბნეული რადიაციის ჯამი (669 მჯოული/მ<sup>2</sup>) თითქმის უახლოვდება ზაფხულის ჯამს (708 მჯოული/მ<sup>2</sup>), რაც გვიჩვენებს გაბნეული

რადიაციის სეზონური და წლიური მსვლელობის თითქმის თანაბარი მსვლელობის ხასიათს პირდაპირ რადიაციის მსვლელობასთან დაკავშირებით.



მე-11 ცხრილში მოცემულია ქ. თბილისისა და მის შემოგარენში მზის რადიაციის ნაკადების განაწილება სეზონის მიხედვით (%-ში).

**ცხრილი 11**

**პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის ნაკადების სეზონების მიხედვით განაწილება %-ში**

რადიაცია	გაზაფხული		ზაფხული		შემოდგომა		ზამთარი		წლიური	სეზონის მიხედვით წლიური აბლიტუდა	
	მჯოლედი/მ <sup>2</sup>	%	მჯოლედი/მ <sup>2</sup>	%	მჯოლედი/მ <sup>2</sup>	%	მჯოლედი/მ <sup>2</sup>	%		მჯოლედი/მ <sup>2</sup>	მჯოლედი/მ <sup>2</sup>
პირდაპირი რადიაცია (S)	820	27.8	132	44.2	578	19.6	248	8.4	2948	1054	525
გაბნეული რადიაცია (D)	696	31.9	708	33.7	408	19.4	315	15.0	2100	393	224

მე-11 ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს სეზონების მიხედვით თუ რა წილი უჭირავს პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციას სეზონების მიხედვით, თუ რა წილი უჭირავს პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციას მოსულ რადიაციაში. ყველაზე მეტი წილი

მოდის ზაფხულის პერიოდში (44.2%), ხოლო მინიმუმი კი ზამთარში 8,4%. გაბნეული რადიაციის დროს პროცენტულად გაზაფხულზე მოსული (31.9 მჯოული/მ<sup>2</sup>) გაბნეული რადიაცია უახლოვდება ზაფხულის რადიაციას (708 მჯოული/მ<sup>2</sup>).

პირდაპირ, გაბნეულ და ჯამურ რადიაციაზე დიდ ზეგავლენას ახდენს მზის სიმაღლე, ღრუბლიანობა, ტენშემცველობა, ანთროპოგენური დაჭუჭყიანება და რიგი ფაქტორები, რომლებიც იწვევენ რადიაციის შესუსტებას. მე-4 ნახ. მოცემულია დამოკიდებულება მზის პირდაპირ რადიაციასა და მზის სიმაღლესთან, მოწმენდილი ცის დროს.

თბილისის განაშენიანებულ ტერიტორიაზე ჯამური რადიაცია შეადგენს 5103-5200 მჯოული/მ<sup>2</sup>.

ქალაქისა და მისი მიდამოების რელიეფის მთავორიანობის შედეგად ჯამური რადიაცია მატულობს და თბილისის ფუნქციონორზე აღწევს 5170.4 მჯოული/მ<sup>2</sup>.

მე-12 ცხრილში მოცემულია მზის პირდაპირი რადიაციის შეფარდება ჯამურ რადიაციასთან.

ცხრილი 12

$\frac{D}{Q}$  წლიური მსვლელობა (%-ში)

თვეები საფურცი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური
თბილისი	44	47	50	55	60	66	64	65	63	60	49	46	59

როგორც მე-12 ცხრილიდან ჩანს, პირდაპირი რადიაციის წილი ჯამურ რადიაციაში ცივ პერიოდში შეადგენს 44-50%, ხოლო ზაფხულის პერიოდში კი-64-66%.

მე-5 ნახ. მოცემულია ქ. თბილისში წლიური მსვლელობა



ჰაერის სინოტივის ღრუბლიანობის, ჯამური რადიაციის, პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის, მზის ნათების ხანგრძლივობისა და ალბედოს. მზის ნათების ხანგრძლივობის წლიურ მსვლელობას აქვს ღრუბლიანობის საწინააღმდეგო მიმართულება. ზამთრისა და გაზაფხულის თვეებში მნიშვნელოვანი ღრუბლიანობისა და წყლის ორთქლის რაოდენობის გამო გაბნეული რადიაცია აღემატება პირდაპირ რადიაციას. ზამთრის დამთავრებასთან დაკავშირებით იწყება პირდაპირი რადიაციის თანდათანობით მატება, რომელიც მაქსიმუმს აღწევს ივლისში.

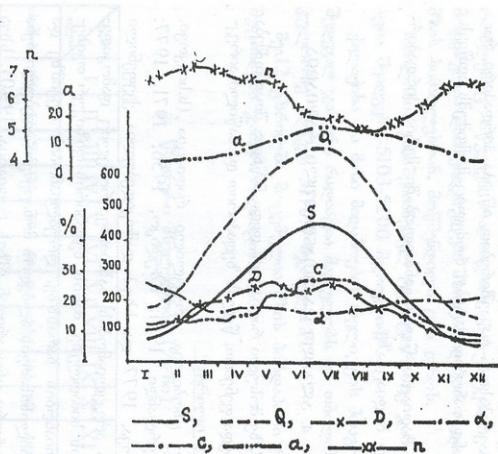
ჯამური რადიაცია წლის განმავლობაში მეტია პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციაზე.

#### 4. ალბედო და შთანთქმული რადიაცია

დედამიწაზე მოსული რადიაციის დიდი ნაწილი შთანთქმება ნიადაგის ზედა ფენებით, წყლის ზედაპირით და ნაწილი აირეკლება.

როგორც ცნობილია, არეკვლილი რადიაცია (ს.სივკოვი, 1967; თბერლანდი, 1961; მ.ბუდიკო, 1956, 1971, 1977; ზ.პივოვაროვა, 1977 და სხვ.) დამოკიდებულია ქვეფენილი ზედაპირის არეკვლიანობის ხასიათზე, რომელიც დამოკიდებულია მზის სიმაღლეზე, მიწის ზედაპირის ფიზიკურ თვისებებზე, ტენიანობის ხარისხზე, ღრუბლიანობის რეჟიმზე და სხვა. ქ. თბილისისათვის ალბედოს მონაცემები აღებული იქნა საქ. კლიმატური ცნობარიდან (მზის რადიაცია, 1990). სხვა სადგურებისათვის, რომლებიც განლაგებულია საკვლევ ტერიტორიაზე, გამოყენებული იქნა ვ.მუხენბერგის მეთოდი (1967) და მგო-ს მეთოდური ცნობარი (1960).

კვლევას საფუძვლად დაედო მრავალწლიური კლიმატური მონაცემები თოვლის საფარის, ჰაერის ტემპერატურის 0<sup>0</sup>-სა



ნახ.5. წლიური მსვლელობა ჰაერის სინოტივის  $\alpha$  (პპა), ღრუბლიანობის  $n$  (ბალებში), ჯამური რადიაციის  $Q$  (მჯოული/მ<sup>2</sup>), პირდაპირი  $S$  და გაბნეული  $D$  რადიაციის (მჯოული/მ<sup>2</sup>), შვის ნათების ხანგრძლივობის  $C$  (სთ) და ალბედოს (%).

და 10<sup>0</sup> გადასვლის, მცენარეული და ნიადაგის საფარის ხასიათის გათვალისწინებით.

მიღებულმა მონაცემებმა გვიჩვენა (ცხრილი 7), რომ თბილისისა და მის მიდამოებში ზაფხულში ალბედო იცვლება 16-19% ფარგლებში, ხოლო ზამთარში შეადგენს 25-45%.

ცნობილია, რომ ფოთლოვანი მცენარეულობისათვის ალბედო 15-20%-ია, წიწვიანებისათვის 10-15%.

თეთრი ზედაპირი მეტს არეკლავს, ვიდრე მუქი ზედაპირი. ტენიანი ნიადაგის ალბედო ორჯერ ნაკლებია, მშრალ ნიადაგთან შედარებით. ახლად მოსული თოვლის ალბედო 90%-ია, არეკვლიანობა დამოკიდებულია ღრუბლიანობის შემადგენლობაზე, ღრუბლიანობის სიმძლავრეზე და მასში შემავალი წვეთების ზომაზე. ფენა ღრუბლები არეკლავს 55-80%, რაც უფრო მეტია პატარა ზომის წვეთები, მით უფრო მეტია არეკვლიანობა. მცენარეულობით დაფარული ნიადაგის ალბედო-10-25%-ია. მე-13 ცხრილში მოცემულია ალბედოს მონაცემები სხვადასხვა ბუნებრივი ზედაპირისათვის.

წყლის ალბედო დამოკიდებულია მზის სიმაღლეზე. მზის სიმაღლის ზრდასთან დაკავშირებით არეკვლიანობა მცირდება (ნახ. 6).

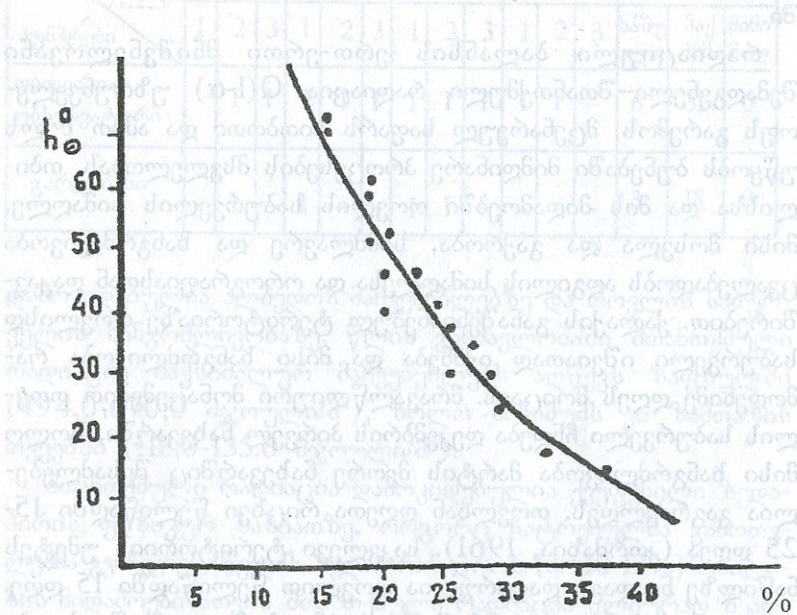
ქ. თბილისის ტერიტორიის ქვეფენილი ზედაპირის უმნიშვნელოვანესი ზედაპირი დაფარულია ასფალტით, ქვით, აგურით და სხვა სამშენებლო მასალით. შედარებით ნაკლები ფართობები უჭირავთ სკვერებს, მწვანე ნარგავებს და სხვა. ქალაქში სითბოსა და ტენის განაწილებაზე განაშენიანებული რაიონების გათბობა და გადაცივება დამოკიდებულია განაშენიანების სიმჭიდროვეზე. ამიტომ ქალაქის გათბობა წარმოებს საკმაოდ ინტენსიურად მის შემოგარენთან შედარებით, რასაც ხელს უწყობს ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათი და მისი არეკვლიანობის ხარისხი. ასფალტი და ქვა ხელს უწყობს ქვეფენილი ზედაპირის გადახურებას, წყვეტს ინფილტრაციას და ზრდის ზედაპირულ ჩამონადენს.

## ალბელო სხვადასხვა ზედაპირისათვის (%)

ზედაპირის ხასიათი	არეკვლიანობა %
მშრალი ახლად მოსული თოვლი	85-90
სველი თოვლი	70-80
თიხა მშრალი	23
თიხა სველი	16
ეწეროვანი მშრალი ნიადაგი	18
ეწეროვანი ნოტიო ნიადაგი	14
ბალახოვანი ჭაობი	16
ტორფიანი ჭაობი	9-11
ზედაპირის ხასიათი	არეკვლიანობა %
ნაძვის ტყე	12-15
ფოთლოვანი ტყე	16-18
ბუხის ტყე	14
ფოთლოვანი ტყე თოვლით	55-65
წიწვიანი ტყე თოვლით	40-55
ზოგიერთი სამშენებლო მასალისა და მათი ზედაპირის ალბელო	
ცემენტი	27
კირქვა	50-65
ბეტონი (ღია ფერის)	30-35
გრანიტი	35-40
მარმარილო (თეთრი)	45
აგური წითელი	30
ტუფი	50
რკინა	25
ხრეში	13
ასფალტი	10-30



შენიშნულია, რომ ინტენსივობა მნიშვნელოვნად იცვლება მდინარის სიღრმის მიხედვით. მდინარის სიღრმის მართობულად დასაზღვრავად, საჭიროა მდინარის სიღრმის მართობულად დასაზღვრავად, საჭიროა მდინარის სიღრმის მართობულად დასაზღვრავად...



ნახ.6 დამოკიდებულება ალბედოსა და მზის სიმაღლეს ( $h_e$ ) შორის

ქალაქში არსებული მცირე რაოდენობით სკვერები და მწვანე ნარგავები ქმნიან თავის მიკროკლიმატს (ვაკის პარკი, ალექსანდროვის ბაღი და სხვა) და ზაფხულის პერიოდში შედარებით არბილებენ ტემპერატურულ და ტენის ფონს და ამით აუმჯობესებენ დისკომფორტულ მდგომარეობას ქალაქში.

რადიაციული ბალანსის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შემადგენელი—შთანთქმული რადიაცია  $Q(I-\alpha)$  უზრუნველყოფს გარემოს, მცენარეულ საფარს სითბოთი და ამით ხელს უწყობს ბუნებაში მიმდინარე პროცესების მსვლელობას. თბილისსა და მის მიდამოებში თოვლის საბურველის სიმაღლე, მისი მოსვლა და გაქრობა, სიმძლავრე და ხანგრძლივობა ცვალებადობს ადგილის სიმაღლესა და ოროგრაფიასთან დაკავშირებით. ქალაქის განაშენიანებულ ტერიტორიაზე თოვლისდ საბურველი იშვიათად იქმნება და მისი ხანგრძლივობა რამოდენიმე დღეს მოიცავს. მრავალწლიური მონაცემებით თოვლის საბურველი ჩნდება დეკემბრის პირველ ნახევარში, ხოლო მისი ხანგრძლივობა მარტის მეორე ნახევარშიც შესაძლებელია გაგრძელდეს. თოვლიან დღეთა რიცხვი წელიწადში 15-25 დღეა (კორძახია, 1961). საკვლევი ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე ნიადაგი დაფარულია თოვლით წელიწადში 15 დღე. თოვლის საბურველის მაქსიმალურმა სიმაღლემ შეიძლება მიაღწიოს 50 სმ-ს. მე-14 ცხრილში მოცემულია ქ. თბილისსა და მის მიდამოებში თოვლის საფარის სიმაღლე დეკადების მიხედვით.

თოვლის საფარის დროს გაბნეული რადიაცია მატულობს, რადგან თოვლის მიერ არეკვლილი რადიაციის მნიშვნელოვანი ნაწილი გაიბნევა. მოწმენდილი ცის დროს გაბნეული რადიაცია საკმაოდ შემცირებულია.

მიღებული მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა (ცხრილი 7), რომ შთანთქმული რადიაცია საკვლევ ტერიტორიაზე შეადგენს 4049,0-4188,9 მჯოული/მ<sup>2</sup>. შთანთქმული რადიაცია

თვეები, დეკადები /1,2,3/ პუნქტები	XII			I			II			III			თოვლ. სიმაღ. /სმ/		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	საშუ ალო	მაქ სიმ	მინი მალ
თბილისი- ობსერვატორია		I	I	2	I	I	I	I	I	I	I	-	6	32	0
გარდაბანი	-	I	-	I	-	-	I	I	-	-	-	-	3	18	0

დამოკიდებულია ალბედოს მაჩვენებლებზე და თოვლის საბურველის ხანგრძლივობაზე, წლის განმავლობაში შთანთქმული რადიაცია მაქსიმალურ მაჩვენებლებს აღწევს ზაფხულში (494,0-670,0 მჯოული/მ<sup>2</sup>), ხოლო მინიმუმს კი ზამთარის თვეებში (18,0-135,0 მჯოული/მ<sup>2</sup>).


შთანთქმული რადიაცია დამოკიდებულია ქვეფენილი ზედაპირის ფიზიკურ ხასიათზე, როგორც ჩატრებულმა გამოთვლებმა გვიჩვენეს, წყლის ზედაპირის დროს ( $\alpha=10-12\%$ ) თბილისის მიდამოებისათვის შთანთქმული რადიაცია წლიურად შეადგენს 4609,0 მჯოული/მ<sup>2</sup> (ცხრილი 15); ფოთლოვანი ტყეების შემთხვევაში, უთოვლო პერიოდში კი—3779,4 მჯოული/მ<sup>2</sup>, უმდგრადი თოვლის საბურველის დროს 3557,3 მჯოული/მ<sup>2</sup>, მდგრადი თოვლის შემთხვევაში—3326,8 მჯოული/მ<sup>2</sup>.

როდესაც ქვეფენილი ზედაპირი წარმოდგენილია წიწვიანი ტყეებით, ყოველი 1 მ<sup>2</sup> ზედაპირი შთანთქავს წლიურად უთოვლო პერიოდში 4290,6 მჯოული/მ<sup>2</sup>, უმდგრადი თოვლის საბურველის დროს 4018,2 მჯოული/მ<sup>2</sup>, ხოლო მდგრადი თოვლის შემთხვევაში 3787,8 მჯოული/მ<sup>2</sup>.

ჩატრებულმა კვლევამ გვიჩვენა, რამდენად რთულია და მრავალფეროვანი შთანთქმული რადიაციის შესწავლა თბილისის

ქ. თბილისსა და მის მიდამოებში სეზონებისა და წლიურის მიხედვით შთანთქმული რადიაცია ( $Q_n$ ) მცენარეული საფარის და ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათის გათვალისწინებით /მჯოლეტი/მ<sup>2</sup>/წელი

ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათი α-ალბედო %-ში	შთანთქმული რადიაცია				
	წლიური მჯოლეტი/მ <sup>2</sup> /წ/	ზამთარი მჯოლეტი/მ <sup>2</sup>	გაზაფხული მჯოლეტი/მ <sup>2</sup>	ზაფხული მჯოლეტი/მ <sup>2</sup>	შემოდგომა მჯოლეტი/მ <sup>2</sup>
1. წყლის ზედაპირი (α-12%)	4609,0	523,8	1487,4	1801,7	796,1
2. მოშიშვლებული ზედაპირი-გზები, ქუჩები, მოედნები: ა) α=16%	4127,2	578,3	1194,2	1650,8	703,9
ბ) უმდგრადი თოვლის საბურველი /25-50%/	3913,5	280,7	1173,3	1667,0	791,9
გ) მდგრადი თოვლის საბურველი /30-80%/	3800,3	184,6	1169,0	1663,4	783,3
3) ფოთლოვანი ტყეები: ა) უთოვლოდ /α=17-20%/	3779,4	414,8	1198,3	1445,6	720,7
ბ) უმდგრადი თოვლის საბურველით /α-17-50%/	3557,3	284,9	1122,9	1458,1	691,7
გ) მდგრადი თოვლის საბურველით α=20-60%	3326,8	259,8	1005,6	1391,0	670,4
4. წიწვოვანი ტყეები: ა) უთოვლოდ / α=10-15%	4290,6	494,4	1290,5	1697,0	808,7
ბ) უმდგრადი თოვლის საბურველით /α=15-30%/	4018,2	301,7	1227,6	1676,0	812,9
გ) /მდგრადი თოვლის საბურველით α=15-50%/	3787,8	268,2	1160,6	1579,6	779,3



მიდამოებში სხვადასხვა ქვეყნული ზედაპირის შემთხვევაში. აუცილებელია ამ მიმართულებით მომავალში წარმართვის კვლევა, რადგან ამ პრობლემას დიდი მნიშვნელობა აქვს ქალაქის მიკროკლიმატის შესწავლისათვის და რიგი მნიშვნელოვანი ღონისძიებების, ქალაქების განაშენიანებისა და ბიოკლიმატური საკითხების გადაწყვეტისათვის.

## 5. ეფექტური გამოსხივება

დედამიწა გამოსხივებს სითბოს გრძელტალღოვანი რადიაციის სახით. ეს პროცესი მიმდინარეობს განუწყვეტლივ დღეღამის განმავლობაში. გამოსხივების ინტენსივობა დამოკიდებულია გამოსხივებული ზედაპირის თერმიულ რეჟიმზე. დედამიწა გამოსხივებით კარგავს სითბოს, რომლის ერთი ნაწილი უბრუნდება სივრცეს, ხოლო ნაწილი შთაინთქმევა ატმოსფეროში, რის გამო დედამიწასთან მიმდებარე ჰაერის ფენები განიცდის გათბობას.

სხვაობას საკუთრივ დედამიწის გამოსხივებასა და შემხვედრ ატმოსფეროს მიერ გამოსხივებას შორის ეწოდება ეფექტური გამოსხივება ე.ი. დედამიწის მიერ სითბოს დანაკარგი. შემხვედრი გამოსხივება იზრდება ღრუბლიანობის მატებით. ღრუბლიანობას დიდი გამოსხივების უნარი გააჩნია.

ეფექტური გამოსხივება გამოითვლება ჰაერის ტემპერატურისა და სინოტივის, ღრუბლიანობის მონაცემებით. მრავალი მკვლევარის მიერ დამუშავდა თეორიული მეთოდები ამ მეტად რთული მახასიათებლის გამოსაანგარიშებლად. ასეთი მიმართულებით წარმართულმა კვლევამ ხელი შეუწყო თეორიულად გრძელტალღოვანი რადიაციის განვითარებასა და მის მეცნიერულ მიმართულებად ჩამოყალიბებას (ონგსტრემი, 1920, კონდრატიევი, 1956; ბერლანდი, 1952; ეფიმოვა, 1977 და სხვა).

ჩვენ ეფექტური გამოსხივების გამოსაანგარიშებლად გამოვიყენეთ ნ. ეფიძოვას ფორმულა (1977).

$$E_{\text{ფ}} = 0.956\Theta^4(11.7 - 0.23e)(1 - cn) + 4S_6\Theta^4(\Theta_w - \Theta) \quad /4/$$

სადაც  $n = 0.814 \cdot 10^{-10}$ ;  $c$ -კოეფიციენტი;  $n$ -ღრუბლიანობა,  $e$ -წყლის ორთქლის სიმკვრივე;  $\Theta$  და  $\Theta_w$  ჰაერისა და ნიადაგის ტემპერატურა „ $C^{\circ}$ “-კოეფიციენტის (ღრუბლიანობის ზემოქმედების) გამოსაანგარიშებლად. ჩატარებული იქნა გამოთვლები და მიღებულია „ $C^{\circ}$ “ კოეფიციენტის მაჩვენებლის მნიშვნელობა საკვლევი ტერიტორიისთვის ( $c = 0.56 - 0.59$ ).

მე-7 ცხრილში მოცემულია ეფექტური გამოსხივების ტერიტორიული განაწილება განხილული ტერიტორიის სხვადასხვა ნაწილში, რომელიც წლიურად იცვლება 1910,0-2200,0 მჯოული /მ<sup>2</sup> ფარგლებში. იგი ზაფხულის პერიოდში დიდძალ რაიონში (თბილისი-ობსერვატორია) აღწევს 205.3 მჯოული/მ<sup>2</sup>. სიმალლის მატებასთან ერთად ინარჩუნებს მაღალ მაჩვენებლებს შთანთქმული რადიაციის მაღალი მაჩვენებლების გამო და თბილისი-ფუნიკულიორსა და ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე შეადგენს 189-201 მჯოული/მ<sup>2</sup>, ხოლო ზამთრის თვეებში განიცდის შემცირებას (120-140 მჯოული/მ<sup>2</sup>), რაც გამოწვეულია წყლის ორთქლისა და ღრუბლიანობის გაზრდით. მნიშვნელოვანი ღრუბლიანობა და წყლის ორთქლის საკმაო რაოდენობა ატმოსფეროში ამცირებს ეფექტურ გამოსხივებას, რაც იწვევს შემხვედრი გამოსხივების გაზრდას.

## 6. რადიაციული ბალანსი

რადიაციული ბალანსი წარმოადგენს რჩენილ რადიაციას, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების დინამიკასა და კლიმატის ფორმირებაში.



რადიაციული ბალანსის შესწავლისათვის გამოყენებული იყო ფაქტიური მონაცემები, რომლებიც დაპირისპირებულია გამოთვლითი მეთოდით მიღებულ მონაცემებთან. ფაქტიური მონაცემები აღებული იქნა კლიმატური ცნობარიდან (1968, 1990 წ.წ). რადიაციული ბალანსი გამოთვლილია ფორმულა 2-ით. ჩატარებულმა მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ განსხვავება ფაქტიურ და გამოთვლითი მეთოდით მიღებულ მონაცემებს შორის ცალკეულ თვეებში შეადგენს 10-15%-ს, ხოლო წლიურში კი-1-5%.

რადიაციული ბალანსი წლის განმავლობაში 10 თვის მანძილზე დადებითია, მხოლოდ ორ თვეში (დეკემბერი, იანვარი) უარყოფითი. თბილისსა და მის მიდამოების ტერიტორიაზე განლაგებული 7 პუნქტისთვის გამოთვლითი მეთოდებით მიღებული ბალანსის მონაცემები მოცემულია მე-7 ცხრილში.

საკვლევ ტერიტორიაზე ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორებისა და მიმდინარე ატმოსფერული პროცესების ზემოქმედებით ზამთრის პერიოდში შეინიშნება რადიაციული ბალანსის საკმარისად შემცირება. იანვარ-დეკემბერში იგი უარყოფითია (-5,0-დან -9,4 მჯოული/მ<sup>2</sup> იცვლება) თებერვალში იგი შეადგენს 40-80 მჯოული/მ<sup>2</sup>, მაქსიმალურ მნიშვნელობებს აღწევს ივლისში 340-376 მჯოული/მ<sup>2</sup>. მე-16 ცხრილში მოცემულია რადიაციული ბალანსის განაწილება სეზონების მიხედვით.

როგორც მე-16 ცხრილიდან ჩანს, რადიაციულ ბალანსს აქვს გამოხატული სეზონური და წლიური მსვლელობა. თბილისში (ქალაქი) რადიაციის მაქსიმუმი მოდის ზაფხულის პერიოდზე (1013.2 მჯოული/მ<sup>2</sup>), რაც შეადგენს წლიურიდან 48%-ს, გაზაფხულზე კი 599,4 მჯოული/მ<sup>2</sup>-ია, წლიურიდან 28.2%. ზამთრის პერიოდში 39,2 მჯოული/მ<sup>2</sup>-ია წლიური ბალანსიდან დაახლოებით 2%.

ნახ.7 მოცემულია რადიაციული ბალანსის შემადგენელთა წლიური მსვლელობა სადგურებზე თბილისი-ქალაქი და თბილისი-ფუნიკულიორი. რადიაციული ბალანსი მაქსიმუმს აღწევს

ქ. თბილისში და მის მიდამოებში  
რადიაციული ბალანსის განაწილება  
სეზონების მიხედვით  
(მჯოული/მ<sup>2</sup>)

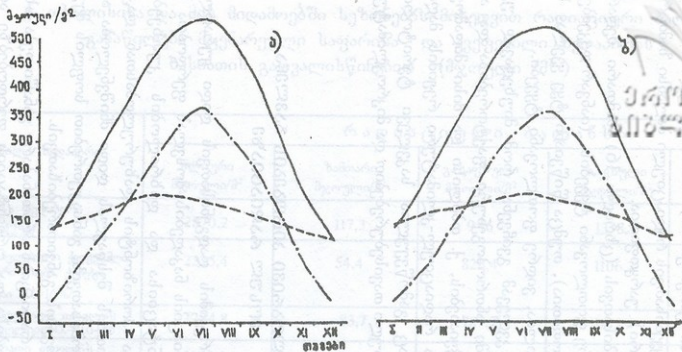
სეზონები პუნქტები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1. თბილისი-ქალაქი	39.2	599.4	1013.2	475.3	2127.1
%წლიურიდან	1.8	28.2	47.6	22.3	100
2. თბილისი- ფუნეკულიორი	17.7	600.8	1005.9	492.1	2116.5
%წლიურიდან	0.8	28.5	47.5	23.2	100

ივლისში, წლის განმავლობაში შთანთქმული რადიაცია აჭარბებს რადიაციული ბალანსისა და ეფექტური გამოსხივების მაჩვენებლებს.

რადიაციული ბალანსი მჭიდრო კავშირშია ქვეყნილი ზედაპირის ხასიათთან. ჩვენ ჩავატარეთ გამოთვლები რადიაციული ბალანსის გამონაგარიშებისათვის სხვადასხვა ზედაპირებისათვის (წყლის ზედაპირის, მცენარეული საფარის და სხვა ზედაპირების გათვალისწინებით).

ჩატარებულმა გამოთვლებმა გვაჩვენა, რომ წყლის ზედაპირის შემთხვევაში იგი შეადგენს 2870.2 მჯოული/მ<sup>2</sup>, რომელიც 25%-ით აღემატება ქ. თბილისი ქალაქის (მიწის ზედაპირზე) რადიაციული ბალანსის მონაცემებს. მცენარეულ საფარს მოკლებული მოშიშვლებული ზედაპირებისათვის ე.ი. ქალაქის





ნახ.7. რადიაციული ბალანსის შემადგენელთა წლიური მსვლელობა  
თბილისი ქალაქსა (ა) და თბილისი ფუნიკულიორზე (ბ) (მჯოული/მ²)  
—შთანთქმული რადიაცია,----ეფექტური გამოსხივება,— რადიაციული ბალანსი

გზების, ქუჩების, მოედნების ზედაპირებისათვის ბალანსი წელიწადში შეადგენს 2325.4 მჯოული/მ<sup>2</sup>, ზაფხულში 1106.2 მჯოული/მ<sup>2</sup>. არამდგრადი თოვლის საბურველის შემთხვევაში ზამთარში (ბალანსი უარყოფითია) -83.7 მჯოული/მ<sup>2</sup>.

ფოთლოვანი ტყეებისათვის რადიაციული ბალანსი ზამთარში (იანვარი, დეკემბერი) უარყოფითია.

წიწვიანი ტყეებისათვის (ცხრილი 16) ზამთარი შედარებით თბილია ვიდრე ფოთლოვანი ტყეების (იანვარ-დეკემბერში ბალანსი უარყოფითია), თუმცა წიწვიანი ტყე ყველა სეზონში უფრო თბილია, ვიდრე ფოთლოვანი ტყეები.

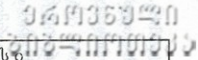
ჩატარებულმა კვლევამ გვიჩვენა, რომ მიუხედავად უკანასკნელ პერიოდში ანთროპოგენური ფაქტორებისა და ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების, ქ. თბილისი და მისი მიდამოები მაინც ინარჩუნებს რადიაციულ-კლიმატური რეჟიმის მაღალ მაჩვენებლებს, რაც გამოწვეულია საკვლევი ტერიტორიის ფიზიკო-გეოგრაფიული თავისებურებებით და მიკროკლიმატური პირობებით.

## 7. ადგილობრივი პირობების გავლენა მოსულ რადიაციაზე

რადიაციული რეჟიმის დადგენისათვის დიდი ყურადღება ექცევა მზის რადიაციის ნაკადების მოსვლას ფერდობთა სხვადასხვა ორიენტაციისა და დახრილობის კუთხეების, ექსპოზიციისა და ჰორიზონტის დახურულობასთან დაკავშირებით. ამ საკითხის შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს სახალხო მეურნეობისათვის, განსაკუთრებით სოფლის მეურნეობის რიგი დარგების განვითარებისათვის.

მოსული მზის რადიაციის არათანაბარი განაწილება სხვადასხვა დახრილობისა და ორიენტაციის ფერდობებზე არის

ქ. თბილისისა და მის მიდამოებში სეზონების მიხედვით რადიაციური ბალანსის განაწილება მცენარეული საფარისა და ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათის გათვალისწინებით (მჯოული /მ<sup>2</sup>)



49

ქვეფენილი ზედაპირი	რ ა დ ი ა ც ი უ ლ ი ბ ა ლ ა ნ ს ზ				
	წლიური მჯოული/მ <sup>2</sup>	ზამთარი მჯოული/მ <sup>2</sup>	გაზაფხული მჯოული/მ <sup>2</sup>	ზაფხული მჯოული/მ <sup>2</sup>	შემოდგომა მჯოული/მ <sup>2</sup>
1. წყლის ზედაპირი / $\alpha=12\%$ /	2870,2	117,3	946	1378,5	427,5
2. მოშიშვლებული ქვეფენილი ზედაპირი გზები, ქუჩები, პოლდები / $\alpha=16\%$ /	2325,4	54,4	825,4	1106,2	339,4
ა) არამდგრადი თოვლის საბურველით / $\alpha=16-55\%$ /	2224,8	-83,7	787,7	1135,4	385,4
ბ) მდგრადი თოვლის საბურველით / $\alpha=20-70\%$ /	2170,5	205,3	850,6	1148,1	377,1
3. ფოთლოვანი ტყე უთოვლოდ / $\alpha=18\%$ /	2333,8	67,0	775,2	1093,5	398,1
ა) თოვლის საბურველით / $\alpha=18-50\%$ /	2204,0	-104,7	817,1	1135,4	356,2
4. წიწვიანი ტყე უთოვლოდ / $\alpha=12\%$ /	246,79	96,4	750	1206,7	414,8
ბ) თოვლის საბურველით / $\alpha=12-50\%$ /	2229,1	-12,5	791,9	1164,8	284,9

ძირითადი მიზეზი თერმიული რეჟიმის სხვადასხვაობის, ფერდობთა ექსპოზიცია სისტემატიურად დიდ ზეგავლენას ახდენს მოსულ რადიაციაზე კუთხეების დახრილობის, ღრუბლიანობისა და გამჭვირვალობასთან დაკავშირებით. ეს ზეგავლენა გამოიხატება მზის ნაკადების სხვადასხვა რაოდენობის მოსვლასა და გადანაწილებაში ფერდობთა კუთხეების დახრისა და ორიენტაციის გათვალისწინებით. მაღალი თერმიული ფონით ხასიათდება სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ფერდობები. მოსული რადიაცია უზრუნველყოფს ქვეფენილი ზედაპირის გათბობას, გათბობის სხვადასხვაობა გამოწვეულია ფერდობების ექსპოზიციებით, ფერდობთა დახრილობის კუთხეებით, რაც ზემოქმედებას ახდენს მცენარეულობის გათბობაზე და აყვავების ვადებზე.

სითბური ბალანსის განტოლების საშუალებით გამოანგარიშებული იქნა ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურა ფერდობის  $10^{\circ}$  და  $30^{\circ}$  დახრილობის კუთხეებისთვის. გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ საშუალო თვიური სხვაობა ქვეფენილი ზედაპირის ჩრდილო და სამხრეთ ფერდობებს შორის შეადგენს  $2^{\circ}$ - $4^{\circ}$ -ს; რაც დიდ გავლენას ახდენს მცენარეულ საფარზე, ბუნებაში მიმდინარე ბიოფიზიკურ პროცესებზე. ეს ზეგავლენა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გაზაფხულსა და შემოდგომაზე.

სხვადასხვა ორიენტაციის ფერდობებზე მოსული მზის რადიაციის შესწავლის მიზნით ჩატარებულია ფუნდამენტური კვლევა კ.კონდრატიევის და მ.მანილოვას (1955), ა.ზახაროვას (1959), იბელაევას (1961), პაიზენშტატის (1962), ჯ.დოლიძის (1977) და სხვათა მიერ.

პირდაპირი რადიაცია მოსული ფერდობებზე გამოანგარიშებული იქნა ფორმულით:

$$S_{\text{ფერ.}} = S \cos \alpha + \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha - S \frac{\sin \alpha}{\sinh \phi} \frac{\sin \delta}{\cos \phi}$$

სადაც S-მზის პირდაპირი რადიაციაა, მოსული ჰორიზონტალურ ზედაპირზე;  $\alpha$  – ფერდობის დახრის კუთხე,  $\varphi$  – ადგილის სიგანედი,  $h_{\odot}$  – მზის სიმაღლე,  $\delta$  – მზის დახრილობა.

გაბნეული რადიაცია კ. კონდრატიევის და მ.მანილოვას შრომების მიხედვით ფერდობებისათვის უდრის ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსულ რადიაციას:

$$D_{\text{ფერ}} = D_{\text{ჰორიზ.}}$$

გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ უღრუბლო ამინდის დროს სამხრეთ ფერდობი (კუთხეების  $10^{\circ}$  და  $30^{\circ}$  დროს) იღებს 10-20%-ით მეტ რადიაციას ჰორიზონტალურ ზედაპირთან შედარებით.

სხვადასხვა სეზონებში ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსული პირდაპირი რადიაცია გადამყვანი კოეფიციენტების სა-

ცხრილი 18

მოსული პირდაპირი რადიაცია ჩრდილო და სამხრეთ ორიენტაციის ფერდობებზე სხვადასხვა დახრის კუთხეების შემთხვევაში  
(კვატ/მ<sup>2</sup>)

ფერდობთა ორიენტაცია	ფერდობთა დახრილობა			
	10 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>	40 <sup>0</sup>
ჩრდილო	0.84	0.76	0.71	0.61
სამხრეთი	0.87	0.84	0.80	0.71



პირდაპირი რადიაცია კორიზონტალურ ზედაპირზე /S/ და სხვადასხვა დახრილობის კუთხეებისათვის 10°, 20°, 40° და 60° (კვატ/მ²)

პუნქტი	პირდაპირ რადიაცია კორიზონტალურ ზედაპირზე		S პირდაპირი რადიაცია, კუთხეები				S პირდაპირი რადიაცია, კორიზონტალურ ზედაპირზე		S პირდაპირი რადიაცია, კუთხეები			
	კალ/სმ² დღე-ღამე	კვატ/მ²	10°	20°	40°	60°	კალ/სმ² დღე-ღამე	კვატ/მ²	10°	20°	40°	60°
თბილისი გადამყვანი კოეფიციენტი „k“	ი ა ნ ვ ა რ ი 70	0.81	1.66 1.35	2.06 1.68	2.72 2.21	2.96 2.41	200	2.32	2.50 1.081	2.60 1.12	2.50 1.12	2.23 0.96
თბილისი	ი ვ ლ ი ს ი 360	4.19	4.23	4.19	3.77	2.85	183	2.12	2.59	2.97	3.39	3.43
„k“ კოეფიციენტი			1.01	1.00	0.90	0.68	-	-	1.22	1.40	1.60	1.62

52



წლიური ჯამური რადიაცია და რადიაციული ბალანსი სხვადასხვა ფერდობების დახრის კუთხეებისათვის უღრუბლო ცის დროს (ჯოული/მ<sup>2</sup>).

ფერდობთა ორიენტაცია	კუთხეები	ჯამური რადიაცია	რადიაციული ბალანსი
ჰორიზონტალური ზედაპირი		6796.2	2526.0
სამხრეთ ფერდობი	10 <sup>0</sup>	7579.7	2924.6
	30 <sup>0</sup>	8576.9	3360.4
ჩრდილო ფერდობი	10 <sup>0</sup>	6058.7	2011.2
	30 <sup>0</sup>	3892.5	1231.8

შუალებით (ვ. გაგუა, 1987) გადაანგარიშებული იქნა სამხრეთ ორიენტაციის ფერდობებისათვის დახრილობის შემდეგი კუთხეების 10<sup>0</sup>, 20<sup>0</sup>, 40<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup> გათვალისწინებით (ცხრილი 17). მიღებულმა შედეგებმა გვაჩვენა, რომ ზამთარსა და შემოდგომაზე (იანვარი, ოქტომბერი) დახრილობის მატებასთან დაკავშირებით პირდაპირი რადიაცია მატულობს (1.35-2.41 კვატ/მ<sup>2</sup>; 2.12-3.4 კვატ/მ<sup>2</sup>) ხოლო აპრილსა და ივლისში რადიაციის მატება შეიმჩნევა დახრის კუთხეების 10<sup>0</sup> და 20<sup>0</sup>-ის დროს, ხოლო 40<sup>0</sup> ზემოთ ორივე შემთხვევაში შეიმჩნევა რადიაციის კლება.

ი. ბელიაევას მეთოდის გამოყენების საფუძველზე გამოანგარიშებული იქნა ჯამური რადიაცია და რადიაციული ბალანსი სხვადასხვა ფერდობების დახრის კუთხეებისათვის (10, 30), რაც წარმოდგენილია მე-19 ცხრილში.

დიდ ინტერესს წარმოადგენს რადიაციული ბალანსის/ შემადგენლებზე- პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციაზე და ეფექტურ გამოსხივებაზე ჰორიზონტის დახურულობის ზეგავლენის შესწავლა. ფ. ლაუშერის (1934) მიერ შესწავლული იქნა ეს საკითხი. მან გამოითვალა რელიეფის სხვადასხვა ფორმირებისათვის ჰორიზონტის დახურულობის ზეგავლენა ეფექტურ გამოსხივებაზე (ცხრილი 20).

ცხრილი 20

ჰორიზონტის დახურულობის ზეგავლენა  
ეფექტურ გამოსხივებაზე  
(ფ.ლაუშერი, 1934) %-ში

რელიეფის ფორმა	ჰორიზონტის დახურულობის კუთხეები (გრადუსებში)									
	0	5	10	15	20	30	45	60	75	90
ქვაბური ჰორიზონტური ზედაპირი	100	97	98	96	93	79	55	28	8	-
ვერტიკალური ზედაპირი	100	96	90	81	72	52	25	8	2	-

ჰორიზონტის დახურულობის შემთხვევაში  $20^{\circ}$ -მდე, გამოსხივება ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ნაკლებად იცვლება, მაგრამ  $30^{\circ}$ -ის ზევით განიცდის მნიშვნელოვნად კლებას რაც მოითხოვს შესწორებების შეტანას მიღებულ მონაცემებში.

ფ. ლაუშერისა და ნ.დანილოვას (1954) შრომებში განხილულია პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციაზე ჰორიზონტის დახურულობის ზემოქმედება. დადგენილია, რომ ჰორიზონტის დახურულობის  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$  დროს რადიაცია მცირდება 10-15%-ით.



თავი III  
სითბური რეჟიმი




კლიმატის ფორმირებაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სითბურ ბალანსს, რადგან იგი განაპირობებს ქვეფენილი ზედაპირისა და ატმოსფეროს ქვედა ფენების ენერგეტიკულ მდგომარეობას ბუნებაში, ყველა მიმდინარე ბუნებრივი პროცესების განვითარებას. ენერგიის გადანაწილება ბალანსის შემადგენელ ნაწილებს შორის ადვილობრივ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებსა და ოროგრაფიასთან დაკავშირებით, განაპირობებს მიწისპირა ჰაერის რიგ ფიზიკურ თვისებებს და მიმდინარე პროცესებს. უკანასკნელ პერიოდში დიდი ყურადღება ექცევა მის ფუნდამენტურ კვლევას. სითბური ბალანსის მეთოდური დამუშავების საკითხებს და კვლევის შედეგებს ფართოდ იყენებენ კლიმატოლოგიაში, მეტეოროლოგიაში, ჰიდროლოგიაში, საბუნებისმეტყველო მეცნიერების მოსაზღვრე დარგებში.

სითბური ბალანსის განტოლება, რომლის საფუძველია ენერგიის მუდმივობის ფიზიკური კანონი, წარმოადგენს სითბური ენერგიის ნაკადთა ჯამს, მოსულს ქვეფენილ ზედაპირზე და მისგან გასულს

$$R=LE+P+B \quad (6)$$

სადაც **R**- მიწის ზედაპირის რადიაციული ბალანსი; **LE**- აორთქლებაზე დახარჯული სითბო (**L**- აორთქლადქცევის სითბო, **E**- აორთქლება); **P**- ტურტულენტური სითბოს ნაკადი დედამიწის ზედაპირსა და ატმოსფეროს ფენებს შორის, **B**- სითბოს ნაკადი ქვეფენილ ზედაპირსა და მის ქვედა ფენებს შორის

სითბური ბალანსის განტოლებაში რადიაციული ბალანსი შედარებით ნაკლები რყევით და რეპრეზენტაციულობით ხასიათდება, რადგან იგი უპირატესად დამოკიდებულია ასტრონომი-



მიურ ფაქტორებთან. ქ.თბილისისა და მისი მიდამოების რადიაციული ბალანსია 2220.7 მჯოული/მ<sup>2</sup>. დანარჩენი სხვა მანქანათმშენებლები LE და P მეტად ცვალებადია, რადგან მისი მჭიდროდ არიან დამოკიდებული ადგილობრივ-ცვალებად მიკროფაქტორებთან (განსაკუთრებით მთიანი რელიეფის პირობებში) ჰაერის ტემპერატურასთან, სინოტივესთან, ღრუბლიანობასთან და სხვა ფაქტორებთან. აორთქლებაზე დახარჯული სითბოსა და ტურბულენტური სითბოსცვლის მანასიათებლები გამოირჩევიან რეჟიმის რღვევადობით, ნაკლებად მყარნი არიან დროსა და სივრცეში.

ბალანსის შესწავლისათვის გამოყენებული იქნა ლენინგრადის მთავარ გეოფიზიკურ ობსერვატორიაში დამუშავებული გამოთვლითი მეთოდები. აღნიშნული მეთოდის დაზუსტების თვალსაზრისით ჩვენ გავამახვილეთ ყურადღება რიგ მეთოდურ საკითხებზე, შევიტანეთ კორექტივი ადგილობრივი პირობების თავისებურებათა გათვალისწინებით.

სითბურ ბალანსში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აორთქლებაზე დახარჯული სითბოს გამოანგარიშებას. სითბოს გადაცემა მიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროში წარმოებს აორთქლების საშუალებით, რომლის დროს იხარჯება მზის რადიაცია ფარული სითბოს გზით. აორთქლება დამოკიდებულია ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურაზე, დანესტიანების ხარისხზე, რადიაციულ სითბოზე, ტურბულენტური სითბოს ცვლაზე და სხვა ფაქტორებზე. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი კვლევა ქალაქებში, მის მიკრორაიონებში განაშენიანებისა და დიდ ნაგებობათა ზონაში.

თანამედროვე მეცნიერული კვლევის დონეზე აორთქლების განსაზღვრა მეტად რთულია სრულყოფილი, დახვეწილი მეთოდების უქონლობის გამო. აორთქლების განსაზღვრისათვის არსებული მეთოდები (გრადიენტული მეთოდი, ამაორთქლებლები, გამომთვლელი მეთოდები და სხვა) არ იძლევიან დამაკმაყოფილებელ შედეგებს. ამიტომ, დღეისათვის ფართოდ

გამოიყენება გამოძველებული მეთოდები, რომლებიც ამყარებენ დამოკიდებულებას აორთქლებასა და ჰიდრომეტეოროლოგიურ მახასიათებლების შორის. აორთქლებლობისა და აორთქლების კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ე.ოლდეკოპის (1911), ნ.ივანოვის (1940, 1945), მ.ბუდიკოს (1946, 1956, 1977), ლ.ზუბენოკის (1976), ვ.დავიდოვის (1944), ტურკის (1954), მეზენცევის (1957), ა.კონსტანტინოვის (1968), ე.შიხლინსკის (1969), ა.მხიტარიანის (1969), ვ.გვახარიას (1973), და სხვათა ფუნდამენტურ შრომებში.

ჩვენს მიზანს არ წარმოადგენს ყველა არსებული მეთოდის დეტალური განხილვა. თითქმის ყველა არსებული მეთოდი დამუშავებულია განსაზღვრული ტერიტორიისათვის და გაანხილვითა თავისი ცდომილება.

აორთქლებაზე დახარჯული სიტბოს რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის ჩვენ ვისარგებლეთ მ.ბუდიკოს კომპლექსური მეთოდით (1956), რომელსაც საფუძვლად უდევს სიტბური და წყლის ბალანსის განტოლება ე.წ. "კავშირის განტოლება". აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა აორთქლებლობა (პოტენციური აორთქლება  $E_p$ ) და აორთქლება ( $E$ ) განისაზღვროს ნიადაგის ტანშემცვლელობის ( $W$ ), ჩამონადენის ( $f$ ), ატმოსფეროს ნალექების ( $2$ ), რადიაციული ბალანსის ( $R$ ) და სხვა მეტეოროლოგიური ელემენტების საშუალებით.

თბილისსა და მის მიდამოებში ატმოსფერული ნალექი დაახლოებით წლიურად შეადგენს 450-550მმ. (თბილისი-ობსერვატორია 510მმ, ორთაჭალა-525მმ, თბილისი-ბოტანიკური ბაღი-560მმ, თბილისი-აეროპორტი-459მმ, გარდაბანი-383მმ). აღმოსავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერის მასები აღმავალი ხასიათის შედეგად თბილისის მიდამოებში წყლის ორთქლით ღარიბია, გამოყოფს ნაკლებ ნალექს. თბილისის დასავლეთ ნაწილში შეიმჩნევა ნალექების მატება (კარსანი, კოჯორი) აღწევს 700-750მმ. დასავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერის მასები

სურამის ქედზე გადმოსვლისას გამოყოფენ ნალექს და წყლის ერთქლით გაღარიბებულნი შემოდინ თბილისის ქვაბურში.

მეთოდს ჩვენ არ შევეხებით, იგი წარმოდგენილია მბუდიკოს (1977), ლ.ზუბენოკის (1976) შრომებში. ჩვენ აღნიშნული მეთოდის გამოყენებისას საქართველოს ტერიტორიაზე აორთქლებლობისა და აორთქლების შესწავლის თვალსაზრისით გაგამახვილეთ ყურადღება რიგ მეთოდურ საკითხებზე, შევიტანეთ კორექტივი რიგი კოეფიციენტების სახით ადგილობრივი ბუნებრივი პირობების გათვალისწინებით (ნ.გვასალია, 1986; 1990).

მიღებული იქნა მხედველობაში, რომ ქ.თბილისი და მისი მიდამოები განლაგებულია 400-750მ. სიმაღლეზე ზღ.დონიდან მდ.მტკვრის დეპრესიაში, სტეპურ-ბორცვიან ლანდშაფტურ ზონაში. საკვლევ ტერიტორიაზე გამოხატულია მიკროკლიმატური სიჭრელე კლიმატურ და რადიაციულ რეჟიმში, როგორც წლიური, ისე სეზონური განაწილების მიხედვით. ამ მახასიათებლებზე დიდ ზეგავლენას ახდენს საერთო ცირკულაციური პროცესები და ოროგრაფიულ პირობებთან დაკავშირებული ადგილობრივი პირობები. დიღმის მიკროკლიმატი განსხვავებულია ქალაქის ცენტრალური რაიონებისაგან, ასევე საბურთალოს, ვაკის და გარეუბნების მიკროკლიმატური პირობები გამოირჩევა რიგი თავისებურებებით.

აორთქლებაზე დახარჯული სითბოს გამონაგარიშებისათვის ჩვენ გამოვიყენეთ წყლის ბალანსის განტოლება.

$$r=f+E$$

სადაც  $r$ -ნალექებია,  $f$ -ჩამონადენი,  $E$ -აორთქლება.

მიღებული აორთქლების მონაცემები შედარებული იქნა წყლის ბალანსით მიღებულ მონაცემებთან. ჩამონადენისა და ატმოსფერული ნალექების მონაცემები აღებული იქნა კლიმატური ცნობარიდან (1990) და არსებული ლიტერატურიდან ლ.კლადიმროვის, დ.შაქარიშვილის (1970) შრომიდან.

ჩვენს მიერ გამოყენებული მეთოდი წარმოადგენს კომპლექსურს, უზრუნველყოფს მიღებული კვლევის შედეგების მართებულობას, რადგან მის გამოთვლაში მონაწილეობას იღებს ყველა ჰიდრომეტეოროლოგიური მახასიათებლები და მას აქვს ფიზიკური საფუძველი.

ცხრილი 21

ქ. თბილისში და მის მიდამოებში აორთქლებლობის ( $E_0$ ), აორთქლებისა ( $E$ ) და ატმოსფერული ნალექების წლიური განაწილება (სმ-ში)

თვეები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური
$E_0$	2.0	3.8	5.8	8.6	9.2	12.7	16.7	14.8	10.1	5.5	3.7	2.3	95.2
$E$	1.5	1.9	3.1	4.2	5.1	6.2	12.3	8.9	6.5	3.6	2.2	1.1	56.6
$r$	1.8	2.3	3.3	5.5	9.0	7.8	5.0	4.0	4.6	4.5	3.8	2.4	54.0

მიღებული მონაცემების შედარებამ სხვადასხვა მეთოდებით მიღებულ მონაცემებთან გვიჩვენა, რომ წყლის ბალანსით მიღებული მაჩვენებლები მბუდიკოს, ე.შიხლინსკისა და ა.მხიტარიანის მეთოდებთან შედარებით 5-10%-ით შემცირებულია, ხოლო ზემოაღნიშნული მეთოდით კი ერთმანეთს უახლოვდება (ცხრილი 22).

წლიური განაწილების მიხედვით, როგორც აორთქლებლობა, ისე აორთქლებაც მაქსიმალურ მაჩვენებლებს აღწევს ივლისში ( $E_0=16.7$  სმ,  $E=12.3$  სმ), ხოლო მინიმუმს ზამთარში ( $E_0=2.0$   $E=1.1$  სმ).

განხილული ტერიტორია ოროგრაფიული პირობებისა და ცირკულაციური პროცესების თავისებურებების გამო გამოირჩევა

აორთქლების მაჩვენებლები  
მიღებული სხვადასხვა მეთოდებით  
(მმ/წელი)



სადგური	სიმაღლე ზღ.დონი დან,მ	მეთოდი					
		წყლის ბალანსით	ბუდეკოს	ტიურკის	კონსტან- ტინოვის	შინლინ- სკის	მხიტარი- ანის
თბილისი	404	455	566	460	445	535	570
გორი	588	485	589	445	535	538	521

სიმშრალით. ზაფხულში აორთქლებაზე იხარჯება 60-70% სითბო საერთო მოსული სითბოდან. ზამთრის პერიოდში სინოტივის შემცველობა მნიშვნელოვანია, ხოლო ენერგეტიკული მაჩვენებლები საკმაოდ დაბალი. ზამთარში თოვლის საბურველის გამო, ალბედოს მატებასთან დაკავშირებით შთანთქმული რადიაციისა და ეფექტური გამოსხივების შემცირების გამო რადიაციული ბალანსი უარყოფითია, რაც იწვევს ნიადაგის ზედაპირის გადაცივებას.

ქალაქში, მის მიდამოებთან შედარებით აორთქლება გაზრდილია, რასაც ხელს უწყობს სინოტივის მნიშვნელოვანი დეფიციტი, მაღალი ტემპერატურული ფონი, ქარიანობა და ქალაქის ადგილმდებარეობა.

საკვლევ ტერიტორიაზე რადიაციული სიმშრალის ინდექსი

$\left(\frac{R}{Lr}\right)$  1.5 შეადგენს. ამ პარამეტრის თანახმად განხილული

ზონა მიეკუთვნება მშრალ სუბტროპიკულ კლიმატს და მოითხოვს ზაფხულში სამელიორაციო სამუშაოების ჩატარებას.

სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა და სითბოს ჯამი საკმარისია სითბოს მოყვარული კულტურებისათვის. ჰაერისა და ნიადაგის სიმშრალე მოითხოვს მორწყვას.

სითბური ბალანსის განტოლებიდან (6) მიღებული იქნა ტურბულენტური სითბოს ცვლისა და ნიადაგის ქვედა ფენებში სითბოს ცვლის მახასიათებლები (ცხრილი 23).

ცხრილი 23

ქ. თბილისში და მის მიდამოებში სითბური ბალანსის შემაღვენელთა (R,LE,P,B) წლიური განაწილება (მჯგოული/მ<sup>2</sup>)

მახასიათებლები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური
R	6.4	53.7	134.0	187.9	277.5	324.6	376.7	311.9	265.2	144.1	66.0	-8.1	2127.1
LE	37.7	46.1	79.6	104.8	129.9	155.0	310.0	222.1	163.4	92.2	54.5	29.9	1425.2
P	-10.6	24.3	54.4	62.2	122.5	139.7	46.4	77.3	101.8	68.6	32.4	17.1	701.9
B	-33.5	-16.7	0.0	20.9	25.1	29.9	20.3	12.5	0.0	16.7	20.9	-20.9	0.00

ქ. თბილისში და მის მიდამოებში სითბური ბალანსის შემადგენელთა (R,LE,P,B) წლიური მაჩვენებლები (მჯოული /მ<sup>2</sup>)

პუნქტები	Q	R	LE	P	R ბალანსი
თბილისი-ობსერატორია	5103.2	2127.1	1425.2	701.9	თბილისისა და მისი მიდამოებისათვის რადიაციული ბალანსი =2220.7
თბილისი-ფუნიკული ღარი	5170.4	2116.5	1525.2	724.8	
თბილისი-ბოტანიკური ბაღი	4994.3	2094.2	1550.3	729.1	
თბილისი-აეროპორტი	5116.0	2143.6	1453.9	712.3	

თანამედროვე პირობებში ქ.თბილისსა და მის მიდამოებში მოსული მთლიანი მზის რადიაცია (5103.2 მჯოული/მ<sup>2</sup>) წლიურად ასე ნაწილდება:

რადიაციული მახასიათებლები	მჯოული/მ <sup>2</sup>	%
არეკვლილი რადიაცია	974.5	19.1
რადიაციული ბალანსი	2220.7	43.5
ეფექტიური გამოსახულება	2001.6	39.2
აორთქლებაზე დახარჯული სითბო	1425.2	27.9
ტურბულენტურ მოძრაობაზე დახარჯული სითბო	795.5	15.6



## თავი IV

### ქალაქის ბიოკლიმატური შეფასება



ადამიანის ორგანიზმი ქალაქსა და მის შემოგარენში განიცდის მნიშვნელოვან ზეგავლენას ქალაქის ბუნებრივი გარემოსა და მის გარშემო არსებული სოციალურ-ეკონომიკური პირობებისაგან.

განსაკუთრებით ბუნებრივი პირობების ზეგავლენიდან უნდა გამოიყოს კლიმატური ფაქტორების დინამიური ზემოქმედება მის ორგანიზმზე.

უკანასკნელ პერიოდში ურბანიზაციის სწრაფმა განვითარებამ გამოიწვია ბუნებასა და ადამიანს შორის ურთიერთდამოკიდებულების გამწვავება, რაც გამოვლინდა ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევის სხვადასხვა ფორმით.

ზემოაღნიშნული საკითხების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს პრაქტიკული პრობლემების გადასაწყვეტად სახალხო მეურნეობის რიგ დარგებში, როგორცაა ადამიანის ორგანიზმის დაცვა არახელსაყრელი მეტეოფაქტორებისაგან, შრომის ნორმების დადგენა ღია ჰაერზე და შენობებში, საცხოვრებელი სახლების დაპროექტება, კლიმატის სამედიცინო-ჰიგიენური შეფასება, საკურორტო-რეკრეაციული ზონების დადგენა, დაუსახლებელი მიწების ათვისება, ტურიზმის განვითარება და სხვა. კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენის შესწავლას ადამიანზე დიდი ხნის ისტორია აქვს. ამ მიმართულებით შექმნილია ფუნდამენტური შრომები, როგორც საბჭოთა, ისე უცხოეთში, (იაკოვენკო, 1925; კალიტინი, 1930; ბარტონი, 1935; ბიუტენერი, 1938, 1924, 1944; ჰააგა, 1943, 1954; ვინსლოუ, 1954 და სხვა). აღნიშნული შრომების განხილვასა და შეფასებას ჩვენ მიზნად არ ვისახავთ და არც წარმოვადგენთ. ჩვენი კვლევის მიზანია ქობილისა და მის მიდამოებში ადამიანის ორგანიზმზე კლიმატური და ფიზიოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედების შესწავლა.

ზამთრის პირობების შესაფასებლად გამოყენებულია ბოდ-მანის ე.წ. კლიმატის "სიმკაცრის" მახასიათებელი ბალებში გაქმნილი მოსახული. ზამთრის "სიმკაცრის" განსაზღვრას გამოყენებითი მნიშვნელობა აქვს. იგი ლიმიტირებას უწევს ზამთრის თვეებში ჰაერზე მიმდინარე ფიზიკური ძეშაობის ხანგრძლივობას განსაკუთრებით რთული რელიეფის ზონაში ელექტროგაყვანილობაზე ჩატარებული ძეშაობისა და საგზაო მშენებლობის დროს, შენობათა დაპროექტებისას, განსაკუთრებით სამშენებლო ძეშებისა და ძის ტერიტორიაზე მშენებარე ობიექტების განლაგებისა და საყოფაცხოვრებო პირობების გათვალისწინებით. კლიმატის "სიმკაცრის" მახასიათებელი გამოანგარიშებული იქნა ფორმულით:

$$S = (1 - 0,04t) (1 + 0,272v) \quad (8)$$

სადაც  $t$  - ჰაერის საშ. თვიური ტემპერატურაა;  $v$  - ქარის საშ. თვიური სიჩქარე. ჩვენი გამოთვლებით ქ.თბილისისათვის და მისი შემოგარენისათვის ზამთრის თვეებში "სიმკაცრის" მახასიათებელი შეადგენს 1.4 ბალს. შედარებისათვის ამ პერიოდში მოსკოვში იგი -3.0 ბალია, კიევისათვის -2.3 ბალი, ლენინგრადისათვის -2.5 ბალი.

თერმოდინამიკური გაგებით ადამიანის ორგანიზმი წარმოადგენს რთულ სისტემას, რომელიც განუწყვეტლივ იღებს ენერგიას, როგორც გარემოდან მზის რადიაციის სახით, ასევე მიღებული საკვები პროდუქტების გადაძეშვებით ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების შედეგად.

ფიზიოლოგთა კვლევით დადგენილია, რომ ადამიანის თითქმის მთელი პოტენციური ენერგია გამოყოფა გარემოში და მხოლოდ მცირე ნაწილი გადადის მექანიკურ ენერგიაში (კბიკოვი, გვლადიმროვი, 1954). ორგანიზმის ნორმალური მოქმედებისათვის გამოყოფილი სითბო იხარჯება სასიცოცხლო პროცესებზე, სხეულის გათბობაზე, რადიაციულ გამოსხივებაზე, სხეულის ზედაპირიდან აორთქლებაზე და სხვა.

ადამიანის ორგანიზმზე მოქმედი კლიმატური და ფიზიოლო-  
გიური ფაქტორების შესწავლისათვის გამოვიყენეთ ფიზიკური  
მეთოდი ადამიანის სხეულის სითბური ბალანსის, დაბუშავებული  
ლენინგრადის მთავარ გეოფიზიკურ ობსერვატორიაში პროფ.  
მ.ბუდიკის მიერ (1960,1971). ამ მეთოდით შეფასებული იქნა  
ადამიანზე მოქმედი ჰაერის ტემპერატურის, სინოტივის, ქარის  
სიჩქარის, ჰაერის სიმკვრივის, ატმოსფერული ნალექების,  
ნიადაგის ტემპერატურის, მზის რადიაციის, სითბოპროდუქციის,  
სხეულის ზედაპირიდან აორთქლების და სხვა ელემენტების  
ზემოქმედება ტანსაცმლისა და შრომის ხასიათის გათვალის-  
სწინებით.

ამ საკითხის შესწავლისათვის ჩვენ გამოთვლითი მეთოდების  
გამოყენებით განვსაზღვრეთ საკვლევ ტერიტორიაზე შუადღის  
საათებისათვის დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ბალანსის  
შემადგენელი ნაწილები (პირდაპირი და გაბნეული რადიაცია,  
ჯამური რადიაცია, ეფექტური გამოსხივება, რადიაციული  
ბალანსი) კვლევის პროცესში დიდი ყურადღება მიექცა რიგ  
მეთოდურ საკითხებს. ზოგიერთი საკითხის დასაზუსტებლად,  
შეტანილი იქნა გამოყენებულ მეთოდში შესაბამისი კორექტივი  
(ნ.გვასალია, 1969,1986). მხედველობაში იქნა მიღებული  
საკვლევი ტერიტორიის ოროგრაფიული და ცირკულაციური  
პირობები, თერძიული და სინოტივის რეჟიმი, ინსოლაცია,  
ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათი, ქარის სიჩქარე, ჰაერის  
სიმკვრივე და სხვა. ფაქტობრივი და გამოთვლითი მასალების  
საფუძველზე მიღებული იქნა კანონზომიერებები შესაბამისი  
მახასიათებლებით ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

პირდაპირი, გაბნეული, ჯამური და არეკლილი რადიაციის  
მონაცემების გამოყენებისა და მათი ადამიანის სხეულზე გა-  
დათვლის მეთოდის გამოყენების საფუძველზე (ნ.გვასალია,  
1986) მიღებული იქნა წლის განმავლობაში ადამიანის რა-  
დიაციული ბალანსის მაჩვენებლები თბილისისათვის. მხედ-  
ველობაში იყო მიღებული, რომ ადამიანის სხეულს აქვს  
ვერტიკალური ცილინდრის ფორმა.

ადამიანის სხეულის სითბური ბალანსის განტოლებას აქვს ასეთი სახე (ბუდოკო, ციცენკო, 1963)



$$R_0 + M = LE + P + R^1, \quad (9)$$

სადაც  $R_0$ -ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსია;  $M$ -სითბობროდუქცია;  $LE$ -სხეულიდან აორთქლებაზე დახარჯული სითბო,  $P$ -ტურბულენტური სითბოცვლა სხეულსა და ატმოსფეროს შორის;  $R^1$ -ამოსუნთქვაზე დახარჯული სითბო. სითბური ბალანსის განტოლება მოიცავს ყველა მეტეოროლოგიურ და ფიზიოლოგიურ ფაქტორებს, მუშაობის ხასიათისა და ტანსაცმლის მაჩვენებლებს.

$$\left\{ \left[ \frac{s'ctgh}{\pi} + \frac{1}{2}q + \frac{1}{2}(s' + q)\alpha_0 \right] (1 - \alpha) - \frac{1}{2}J_0 + 2s\sigma\Theta^3(\Theta_w - \Theta) \right\} \frac{pC_p D^1}{pC_p D^1 + pC_p D + 4s\sigma\Theta^3} + M = L_p D(e_s - e) a \frac{pC_p D^1}{pC_p D^1 + pC_p D} + \frac{pC_p D^1}{pC_p D^1 + pC_p D + 4s\sigma\Theta^3} [pC_p D(\Theta_s - \Theta) + 4s\sigma\Theta^3(\Theta_s - \Theta)] + B$$

სადაც  $\Theta$ -და  $e$ -ჰაერის ტემპერატურა და ზვედრითი სინოტივეა;  $\Theta_s$ -ადამიანის სხეულის ტემპერატურა;  $D$ -დიფუზიის კოეფიციენტი;  $C_p$ -სითბოტევებობა;  $p$ -ჰაერის სიმკვრივე;  $D^1$ -ტანსაცმლის სითბოიზოლაციის კოეფიციენტი;  $S^1$ -პირდაპირი რადიაცია;  $q$ -გაბნეული რადიაცია;  $J_0$ -ეფექტური გამოსხივება სხეულის ზედაპირიდან;  $S$ -კოეფიციენტი, რომელიც უდრის 0.95;  $\alpha_0$ -ალბედო დედამიწის ზედაპირის;  $\alpha$ -ალბედო ადამიანის სხეულის ან ტანსაცმლის.

განტოლების მარცხენა ნაწილი აღნიშნავს ენერჯიის შემოსავალს, ხოლო მარჯვენა ნაწილი კი- ენერჯიის დანახარჯს.

ფიზიოლოგიური მახასიათებელია „ $\alpha$ “ კოეფიციენტი (სხეულიდან აორთქლების მაჩვენებელი) და „ $M$ “ კოეფიციენტი



სითბოპროდუქცია;  $\Theta_s$ -ადამიანის სხეულის ტემპერატურა;

$D^1$ -ტანსაცმლის სითბოიზოლაციის მახასიათებელია („კლო“-ს ერთეული), რომელიც ფუქციონალურ დამოკიდებულებას აქვს კლიმატურ ფაქტორებთან.

$$D^1 = f / n, S^1, q, \alpha, Q, e, \Theta_w, r, v, /$$

“კლო“-ეს არის ტანსაცმელი, რომელიც უქმნის ოთახში მყოფ ადამიანს კომფორტულ მდგომარეობას, როცა სხეულის ზედაპირის ტემპერატურა  $\Theta_s$ - 32<sup>0</sup>-ია, ჰაერის ტემპერატურა- 19<sup>0</sup>-21<sup>0</sup>, შეფარდებითი სინოტივე კი-50%

გამოთვლების დროს მიღებული იქნა შრომითი მდგომარეობის 2 შემთხვევა: ადამიანი უძრავ მდგომარეობაში, როცა  $M=70$  ვატი/მ<sup>2</sup>, ხოლო ფიზიკური მუშაობის დროს  $M=175$  ვატი/მ<sup>2</sup>. მე-10 განტოლებით გამოთვლილი იქნა ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსი, ტანსაცმლის სითბოიზოლაციის მახასიათებლები, შრომითი საქმიანობის ორივე შემთხვევის გათვალისწინებით და ადამიანის სხეულის საშუალო ტემპერატურა ( $\Theta_s$ ).

მიღებულმა მონაცემებმა გვიჩვენა, რომ ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსი (ცხრილი 25) წლის განმავლობაში ნაკლებად იცვლება, მაღალ მაჩვენებლებს იგი აღწევს გაზაფხულზე, მინიმუმს –ზამთარში, როცა გაბნეული და არეკვლილი რადიაცია აღწევს ამ პერიოდში მნიშვნელოვან სიდიდეებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ვერტიკალური ზედაპირებისათვის რადიაციულ ბალანსში არეკვლილი რადიაციის წილი თითქმის ისეთივეა, როგორც პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის, ამიტომ ზამთარსა და გაზაფხულზე თბილისის მიდამოებში უქარო ამინდისა და თოვლის საბურველის დროს შესაძლებელია მზის აბაზანების მიღება.

თბილისის მიდამოებში ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსის ( $R_0$ ), ტანსაცმლის სითბოიზოლაციის მახასიათებლების ("კლო"  $D'$ ) წლიური მსვლელობა ( $ვატ/მ^2$ )

თვეები მახასიათ.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$R_0$	139.6	160.5	167.5	181.4	181.4	74.5	174.5	170.4	167.4	153.5	132.6	118.7
$D'$ $M=0.70$	3.0	2.5	2.0	1.7	1.0	0.7	0.2	0.3	0.6	1.2	2.6	2.9
$M=17.5$	2.5	2.0	1.5	0.8	0.5	0.3	0.0	0.0	0.3	0.9	1.8	2.1

ჩატარებულმა კვლევის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მთიან რეგიონებში ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსის ძირითად თვისებას წარმოადგენს მისი ინვერსიული ხასიათი ადგილის სიმაღლის ზრდასთან დაკავშირებით. ზამთარსა და გაზაფხულზე უქარო ამინდის დროს თოვლის საფარიდან დიდი არეკლიანობა ზრდის ადამიანის რადიაციულ ბალანსს და ჰაერის დაბალი ტემპერატურის მიუხედავად ქმნის სათანადო პირობებს ჰელიოთერაპიული პროცედურების ჩატარებისთვის.

ბიომეტეოროლოგების მიერ (ბიუტნერი, 1952; ბარტონი 1960) დადგენილია, რომ ადამიანის სითბური რეჟიმის ძირითადი მაჩვენებელი  $\Theta_s$ -ადამიანის სხეულის საშუალო ტემპერატურა იცვლება  $29.5^0-34.5^0$  ფარგლებში, ამ ინტერვალის ცვლილების შემთხვევაში როცა იგი  $29.5^0$ -ზე ნაკლებია და  $34.5^0$ -ზე მეტი, ორგანიზმისთვის იქმნება დისკომფორტული მდგომარეობა.

ადამიანის სხეულის საშუალო ტემპერატურულ მაჩვენებლებს ტანსაცმლის სითბოიზოლაციისა და ფიზიკური შრომის ხასიათის გათვალისწინებით შეესაბამება სითბოს შეგრძნობის სხვადასხვა სუბიექტური შეფასება. მდგომარეობას "ცხელას" შეეფარდება სხეულის საშუალო ტემპერატურა  $34.5-35.5^0$ , ხოლო "კომფორტულს"  $-32.2^0-33.2^0$ . ადამიანის ყოფნა ჰაერის

მაღალი ტემპერატურისა და მკაცრი სიცივის პირობებში იწვევს თერმული რეჟიმის დარღვევასა და ფიზიოლოგიური პროცესების დაძაბულ მიმდინარეობას.

ზაფხულის პერიოდში ადამიანისათვის ზედმეტად ჭარბი სითბოს მაჩვენებლებით ხასიათდება განსაკუთრებით ქალაქის ცენტრი და ის ნაწილი ქალაქისა, რომელიც ძირითადად განლაგებულია ქვაბურში, სადაც სხეულის საშუალო  $t_{\text{temperatura}} \Theta_s = 34^{\circ}$ . ადამიანის ყოფნა ამ დისკომფორტულ პირობებში, განსაკუთრებით ღია ცის ქვეშ (ფიზიკური მუშაობის დროს) მოითხოვს სამუშაო დღის შეზღუდვას, განსაკუთრებით ზაფხულში, მზის პირდაპირი და გაბნეული რადიაციისაგან დაცვასა და სათანადო პირობების შექმნას. ჭარბი სითბო იწვევს ორგანიზმის გადახურებასა და თერმორეგულაციის დარღვევას. მაღალი ტემპერატურული ფონი ამცირებს ნივთიერებათა ცვლას, იწვევს სისხლის ძარღვების რეფლექტურ ვაფართოვებას, რის გამო ძლიერდება ოფლის გამოყოფის პროცესი. ოფლის გამოყოფა იცავს ორგანიზმს გადახურებისაგან. ზამთარში, როცა გარემოს ტემპერატურა დაბალია, თერმორეგულაციის მექანიზმის დახმარებით ადამიანის სხეულში გაძლიერებულია თვითპროდუქციის წარმოქმნა. ადამიანი გარემო პირობებთან დაკავშირებით იცვლის ფუნქციებს, მაგრამ ყოველთვის ინარჩუნებს სხეულის მუდმივ ტემპერატურას  $37^{\circ}$ , ასეთი სტაციონარული რეჟიმი ცენტრალური ნერვიული სისტემის მოქმედების შედეგია.

26 ცხრილში განხილულია საკვლევი ტერიტორიის სხვადასხვა რაიონებში (თბილისი-ობსერვატორია, თბილისი-ბოტანიკური ბაღი, თბილისი-ფუნეკულიორი) ადამიანის მიერ სითბოს შეგრძნობის ცვალებადობა სხეულის საშუალო ტემპერატურასთან დაკავშირებით ფიზიკური შრომის ხასიათის გათვალისწინებით (დასვენებისა  $M=70$ ვატი/მ<sup>2</sup> და ფიზიკური შრომის დროს  $M=175$ ვატი/მ<sup>2</sup>). ზაფხულის პერიოდში ადამიანისათვის დისკომფორტული პირობებით ხასიათდება

თბილისი-ობსერვატორია, თბილისი-ქალაქის ტერიტორია, სადაც  $\Theta_s$  (დასვენების დროს)  $32^{\circ}3-34^{\circ}$ , ხოლო ფიზიკური შრომის დროს  $\Theta_s = 34^{\circ}4-36^{\circ}0$  შეადგენს.


თბილისი-ფუნეკულორი და თბილისი-ბოტანიკური ბაღი განლაგებულია ჰიფსომეტრიულად ამალღეულ ადგილზე თავისი ოროგრაფიული და მიკროკლიმატური პირობებით განსხვავდება ქალაქის ცენტრიდან, დიღმის მასივის, საბურთალოსა და ვაკის და სხვა რაიონის მიკროკლიმატური რეჟიმისაგან, განსაკუთრებით ეს იგრძნობა ზაფხულის პერიოდში, როცა ქალაქში დისკომფორტული მდგომარეობა და ტემპერატურული განსხვავება ქალაქსა და მის შემოგარენთან შეადგენს  $2^{\circ}-3^{\circ}$ -ს

### ცხრილი 26

ზაფხულის პერიოდში თბილისისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ადამიანის სხეულის საშუალო ტემპერატურები ( $\Theta_s$ ) დასვენებისა და ფიზიკური შრომის დროს და სითბოს შეგრძნობის პირობები.

პუნქტი	სიმაღლე მ.	ჰაერის წლ. საშ. ტემპერატურა	ჰაერის წლ. მაქსიმალ. ტემპერატ.	შეესინოფე წლიური %	$\Theta_s$ ხეულის საშ. ტემპერატურა		
					VI	VII	VIII
თბილისი, ობსერვატორია M=70	404	12.8	40	66	32.3	34.8	35.2
					თბილა	ცხელა	ცხელა
M=175	-	-	-	-	34.4	35.5	36.2
					თბილა	ცხელა	ცხელა
თბილისი, ფუნეკულიორი M=70	730	10.8	38	68	32.6	33.3	34.2
					კომფორტი	თბილა	ძალიან ცხელა
M=175	-	-	-	-	33.7	33.3	34.2
					თბილა	თბილა	ცხელა
თბილისი, ბოტანიკური ბაღი M=70	465	12.6	37	67	32.1	32.2	34.0
					გრილა	თბილა	ცხელა
M=175	-	-	-	-	33.3	34.3	35.6
					თბილა	ცხელა	ცხელა





დიდია თბილისის წყალსაცავის როლი თერმული რეჟიმისა და კომფორტული პირობების დადგენაში, სადაც განვითარებულია ბრიზები. მათი როლი საკმაოდ დიდია წყალსაცავის მიმდებარე მიდამოების სითბოსა და სინოტივის განაწილებაში. ინტენსიური აორთქლება და მორწყული ტერიტორიები ხელს უწყობენ ზაფხულის პერიოდში კომფორტული პირობების შექმნას, ადამიანის თერმორეგულაციის ნორმალიზირებას. ბრიზების განვითარება იწვევს აღნიშნულ ტერიტორიაზე ჰაერის ტემპერატურის 2<sup>0</sup>-3<sup>0</sup>-ით შემცირებას (მ.ჭირაქაძე, 1967).

ზაფხულში, დისკომფორტულ ზონაში ყოფნისას ადამიანი სხეულის გადახურებისაგან დაცვის შემთხვევაში უნდა ატარებდეს თავისუფალი კონსტრუქციის ტანსაცმელს, რომლის ქსოვილი მაქსიმალური არეკვლიანობით უნდა ხასიათდებოდეს. ჩვენ ჩავატარეთ რამოდენიმე პუნქტისათვის (თბილისი-ობსერვატორია, თბილისი-აეროპორტი, დილომი) დამატებითი გამოთვლები, გამოვრიცხეთ პირდაპირი რადიაციის ზეგავლენა, რადგან პირდაპირი რადიაციის გათვალისწინებით მიღებულია "კლოს" უარყოფითი სიდიდეები, რაც ამ პუნქტებისათვის ქმნის არაეფექტური თერმული რეჟიმის ზონას. პირდაპირი რადიაციის გათვალისწინებით კი თერმული რეჟიმი უახლოვდება შედარებით ნორმალურ მდგომარეობას.

მიუხედავად იმისა, რომ რადიაციული რეჟიმი გაზაფხილზე რამდენადმე მეტია შემოდგომასთან შედარებით, გაზაფხულზე ტანსაცმლის იზოლაციის სიდიდე აღემატება შემოდგომის იზოლაციის სიდიდეებს, რაც ადგილის თერმული რეჟიმის შედეგია.


გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ აღნიშნულ ზონაში მოსული მთელი სითბოდან (წლიურად) ადამიანის სხეულიდან აორთქლებაზე იხარჯება 56%, ტურბოლენტურ სითბოს ცვლაზე 38%, ხოლო გრძელტალღოვან გამოსხივებაზე კი 6.0% ( $R^1$ ).

ქალაქის მიკროკლიმატზე ქალაქის ზრდასთან დაკავშირებით მოქმედებს ავტომანქანების გამონაბოლქვის გამო ატმოსფეროს

გაჭუჭყიანება. ეს შესაძინეია იმ ადგილებში, სადაც ტერიტორია შენობებით არის ჩაკეტილი და განიავება არ წარმოებს, ეს ნათლად შეიმჩნევა გმირთა და მარჯანიშვილის მოედნებზე.

ქალაქის დასავლეთ და აღმოსავლეთ რაიონებს უჭირავთ მდ. მტკვრის ხეობის უფრო გაშლილი ადგილები. ცენტრალური ნაწილი განლაგებულია ვიწრო ხეობაში, ცენტრი მდებარეობს ქვაბურში, რაც ქმნის თავისებურებას სითბოსა და სინოტივის განაწილებაში ქალაქის სხვადასხვა რაიონებში. მდ. მტკვრის ხეობის სიგანე და ფერდობთა დახრილობა ქმნის ადგილობრივი მთა-ხეობის ქარების გავრცელების პირობებს და სითბო-სინოტივის ცვლის პროცესების ეფექტიურობას.

ქალაქის ქვაბურში განლაგება ხელს უწყობს ტემპერატურული ინვერსიების გავრცელებას, რომელთაც ადგილი აქვთ ხშირად მთაწმინდისა და ბოტანიკური ბაღის ფერდობებზე. ინვერსიები ვითარდება მაშინ, როდესაც ჰაერის მასების შემოჭრა შემცირებულია და ატმოსფერული სტრატოფიკაცია ხელს უწყობს მთებიდან დაშვებული ცივი ჰაერის დაგროვებას დადაბლებულ ადგილებში და ამით იქმნება ყოველგვარი პირობები ინვერსიებისათვის. ქალაქის ვენტილაციისა და ადამიანის თერმიული რეჟიმისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ქარს. წლის უმეტეს დროში თბილისში და მის მიმდებარე რაიონებში გაბატონებულია ჩრდილო-დასავლეთის ქარები, რომელთაც შემოაქვთ შედარებით სუფთა-ნოტიო ჰაერი, მაგრამ ქალაქის ცენტრში მოხვედრისას (ქუჩებში, მოედნებზე) საკმაოდ დაჭუჭყიანებული სხვადასხვა მინარევებით მიემართებიან ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთ (სოლანლული) გარეუბნებისაკენ. სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები ხშირია ზაფხულში. ისინი განიცდიან დაჭუჭყიანებას თბილისის აღმოსავლეთ ნაწილში განლაგებული ფაბრიკა-ქარხნების ჭვარტლით და გამონახოლქვი გაზებით, ქალაქის განიავებას ხელს არ უწყობენ, უარყოფითად მოქმედებენ ადამიანის ორგანიზმზე.



განსაკუთრებული მიკროკლიმატური პირობებით ხასიათდება საბურთალოს რაიონი, რომელიც თავისი გაშლილი ადგილმდებარეობით ხელს უწყობს განიავებას. მას ემიჯნება გაშიშვლებული ფერდობები, რომლებიც ზაფხულის პერიოდში საკმაოდ ხურდებიან, ქმნიან მაღალ ტემპერატურულ ფონს და დისკომფორტს. აუცილებელია ამ ტერიტორიის მაქსიმალურად გამწვავება (რაც ამ რაიონს აკლია), რათა შემცირდეს ზედაპირის გადახურება და დამტვერიანება.

მწვანე ნარგავები აუმჯობესებენ მიკროკლიმატს. ქალაქის გადახურებასა და გადაცივებას ხელს უწყობს ახალ საცხოვრებელ რაიონებში თანამედროვე განაშენიანება ქალაქის მიდამოებთან შედარებით, ამიტომ აუცილებელია განაშენებულ რაიონებში მწვანე ნარგავების გავრცელება.

საკვლევი ტერიტორიის მიკროკლიმატი თერმიული რეჟიმით, მზის ნათების ხანგრძლივობით, მზის რადიაციის სიუხვით, ზომიერი სინოტივით, ბიოკლიმატური პარამეტრებით და თერმალური წყლებით ქმნის რეკრეაციული ზონისა და ადგილობრივი კურორტების განვითარებისათვის (წყნეთი, ბევრეთი, ოქროყანა და სხვა) ყველა პირობებს.

ამრიგად, თბილისი და მისი მიდამოების ცალკეული რაიონები ბიოკლიმატური და ოროგრაფიული პირობების ზემოქმედებით ქმნის რიგ მიკროკლიმატურ თავისებურებებს ადამიანის თერმიული რეჟიმის დადგენაში, რაც აუცილებლად უნდა იქნას გათვალისწინებული ქალაქის ბიოკლიმატური შეფასებისას, ქალაქის დაგეგმარების, მშენებლობისა და რეკრეაციული ზონების დადგენისას.

თავი V  
კლიმატის ანთროპოგენური  
ცვლილებები



თანამედროვე ქალაქების დაჩქარებულმა განვითარებამ, ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედებამ, ქალაქის განაშენიანების სწრაფმა აღმავლობამ, ინდუსტრიალიზაციამ და მოსახლეობის მაღალმა კონცენტრაციამ გამოიწვია კლიმატური პირობების ანთროპოგენური ცვლილებები, რომლის ინდიკატორს წარმოადგენს ურბანიზაციის პროცესი.

ქალაქების კლიმატზე დიდ ზეგავლენას ახდენს სამრეწველო საწარმოთა და ტრანსპორტის მიერ ატმოსფეროში გაზისებური მავნე ნივთიერებათა გამონაბოლქვი და საჰაერო აუზში მავნე ნივთიერებათა ჭარბი რაოდენობით დაგროვება, რაც განაპირობებს ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევას და ქმნის ქალაქებში დისკომფორტულ მდგომარეობას. განსხვავება ქალაქის კლიმატსა და მის შემოგარენს შორის გაპირობებულია ძირითადად სითბური ბალანსის შემადგენელთა სხვადასხვაობით, ჰაერის ქიმიური შემადგენლობით და ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათით. დიდ ქალაქებში ჰაერის საშუალო ტემპერატურის  $1^0-2^0$ -ით განსხვავება მის გარეუბნებთან, გამოწვეულია ქალაქებში ქვეფენილი ზედაპირის ალბედოს დაბალი მაჩვენებლებით. აორთქლებაზე დახარჯული სითბო ქალაქებში შემცირებულია, რადგან აორთქლება სახლების სახურავებისა და ქვაფენილებიდან საკმაოდ მცირეა, თუმცა ეს ორივე ფაქტორი განაპირობებს ჰაერის ტემპერატურის მატებას.

ქალაქის კლიმატზე მოქმედებს აეროზოლების ფენის ბუნებრივი ვარიაციები სტრატოსფეროში, რომლებიც ამცირებენ რადიაციის ნაკადებს. ასევე მნიშვნელოვანია აეროზოლების რაოდენობრივი ცვლილებები ტროპოსფეროში,  $CO_2$ -ის კონცენტრაცია, „სითბური ეფექტის“ გაძლიერება და ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედების შედეგად „ატმოსფეროს სითბური

დაჭუჭყიანება“ ე.ი. დამატებითი სითბოს მიღება. თანამედროვე პირობებში სითბოს რაოდენობა ემატება მოსული მზის რადიაციის ნაკადებს და შესაძლებელია უახლოეს მომავალში წარმოების განვითარებასთან და გაზრდასთან დაკავშირებით მოგვცეს ისეთი ეფექტი, რომ დაიკავოს მნიშვნელოვანი წილი დედამიწის რადიაციულ ბალანსში, გარდაიქმნას ერთერთ კლიმატწარმოქმნელ ფაქტორად და განსაზღვროს ჩვენი პლანეტის კლიმატის მდგომარეობა.

ქალაქებში შექმნილი დამატებითი ეს სითბო ე.წ. „სითბოს კუნძული“ ხელს უწყობს ადგილობრივი ცირკულაციური პროცესების განვითარებას, რადგან საკმაოდ ძლიერდება კონვექციური ნაკადების ზემოქმედება ქალაქზე.

არსებობს კიდევ რიგი პოტენციური ენერგეტიკური მნიშვნელობის ფაქტორები, რომელთა გათვალისწინება უახლოეს მომავალში აუცილებელია: ქვეფენილი ზედაპირის ალბედოს ცვლილებები ადამიანის ზემოქმედების შედეგად (ქალაქების განაშენიანებულ რაიონებში იგი ნაკლებია, შემოგარენთან შედარებით), ქვეფენილი ზედაპირის არაერთგვაროვნების ანთროპოგენური ცვლილებები, ფრთა ღრუბლების რაოდენობრივი ცვლილებები რეაქტიული ავიაციის განვითარებასთან დაკავშირებით და სხვა.

ჩატარებულმა კვლევებმა (გ.ლანდსბერგი, 1983; კ.სმიტი, 1978, ტ.მარკუსი, 1985 და სხვა) გვიჩვენა, რომ ქალაქის ცენტრში ჰაერის ტემპერატურა  $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$  მაღალია, შემოგარენთან შედარებით, ღამით ქარის დროს ტემპერატურათა სხვაობამ შეიძლება მიაღწიოს  $6^{\circ}$ - $8^{\circ}$ -ს. ეს სხვაობა უდიდესია ზამთარში, უმცირესი ზაფხულში. აეროზოლების კონცენტრაცია ქალაქებში ამცირებს რადიაციის ნაკადებს (15%-30%), აორთქლებას და ულტრაიისფერ რადიაციას 30%-ით. აეროზოლები ხელს უწყობენ ქალაქში ნისლიანობის გაძლიერებას.

არსებული კლიმატური მასალების ანალიზმა გვიჩვენა (ლოური, 1967) რომ ქალაქებში, გარეუბნებისაგან განსხვავებით: თოვლის საფარი რამდენიმე დღით ადრე ისპობა, ქალაქებში

სავეგეტაციო პერიოდი უფრო ხანგრძლივია, მზის ნათების ხანგრძლივობა ნაკლებია, ატმოსფეროს დაჭუჭყიანების გამო ნალექიც შედარებით მეტია.

27 ცხრილში მოყვანილია გ. ლანდსბერგის მიერ მიღებული მონაცემები, რომლებიც გამოხატავენ ქალაქის ზეგავლენას მეტეოროლოგიური ელემენტების რეჟიმზე.

ქალაქებში სამშენებლო მასალის მალალი სითბოტევადობა, როგორცაა ბეტონი და აგური, ხელს უწყობს ღამით სითბოს დიდი რაოდენობით გამოსხივებას (დღის საათებში ეს მასალები დიდი რაოდენობით ითვისებენ სითბოს). ამ ფაქტორებს მართალია დიდი მნიშვნელობა არ აქვს თერმიული რეჟიმისათვის, მაგრამ გადამწყვეტი როლი კი ენიჭება ენერგეტიკულ სათბობებიდან მიღებულ სითბოს.<sup>1</sup>

უკანასკნელ წლებში სამრეწველო საწარმოებისა და ტრანსპორტის მიერ გამონაბოლქვი ნივთიერებების ჭარბმა რაოდენობამ გამოიწვია დიდი ინტერესი ანთროპოგენური ფაქტორების ზეგავლენისა კლიმატზე.

ცნობილია, რომ ქალაქის ჰაერის დაჭუჭყიანების მატებით (მიტჩელი, 1965; გემფრისი, 1929:) იცვლება მზის რადიაცია, მზის ნათების ხანგრძლივობა, ჰაერის ტემპერატურა, ღრუბლიანობა და კლიმატის სხვა ელემენტებიც.

ამ მიზნით დამუშავდა ქობილისისათვის მეტეოროლოგიური და აქტინომეტრიული მასალის მონაცემები:

ჰაერის ტემპერატურის 1850-1989წ.წ., ატმოსფერული ნალექების 1850-1986წ.წ. ღრუბლიანობისათვის 1870-1989წ.წ., პირდაპირი რადიაციის 1927-1989წ.წ., მზის ნათების ხანგრძლივობის 1891-1986წ.წ.

---

1. ახლახან საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დამუშავდა კლიმატის თანამედროვე ცვლილებაში ურბანიზაციის ეფექტის გამოვლენის სტატისტიკური მეთოდი (ე.ელიზბარაშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, ნ.ჯანგულაშვილი)-რედ.



ქლაქსა და მის შემოგარენში მეტეოროლოგიური მახასიათებლების ურთიერთშედარების მონაცემები ლანსდბერგის მიხედვით (**Landsberg, 1960**)

მეტეოროლოგიური მახასიათებლები	შემოგარენთან შედარებით
რადიაცია: ჯამური	ნაკლებია 15-20%
ულტრაიისფერი, ზამთარი	ნაკლებია 30%
ულტრაიისფერი, ზაფხული	ნაკლებია 5%
ღრუბლიანობა	მეტია 5-20%
ნისლის განმეორება: ზამთარში ზაფხულში	100%-მეტია 30%
ნალექების რაოდენობა	მეტია 5-10%
ტემპერატურა: წლიური მინიმალური ზამთარში	0.5 <sup>o</sup> -0.8 <sup>o</sup> -ით მეტია
შეფარდებითი სინოტივე: წლიური ზამთარში გაზაფხულზე	ნაკლებია 6% ნაკლებია 2% ნაკლებია 8%
ქარის სიქარე: წლიური მაქსიმალური შტილთა რიცხვი	ნაკლებია 20-30% ნაკლებია 10-20% მეტია 5-20%
მინარეკები: მტვერი	მეტია 10-ჯერ
გოგირდწყალბადი CO <sub>2</sub>	მეტია 5-ჯერ მეტია 10-ჯერ
CO	მეტია 25-ჯერ

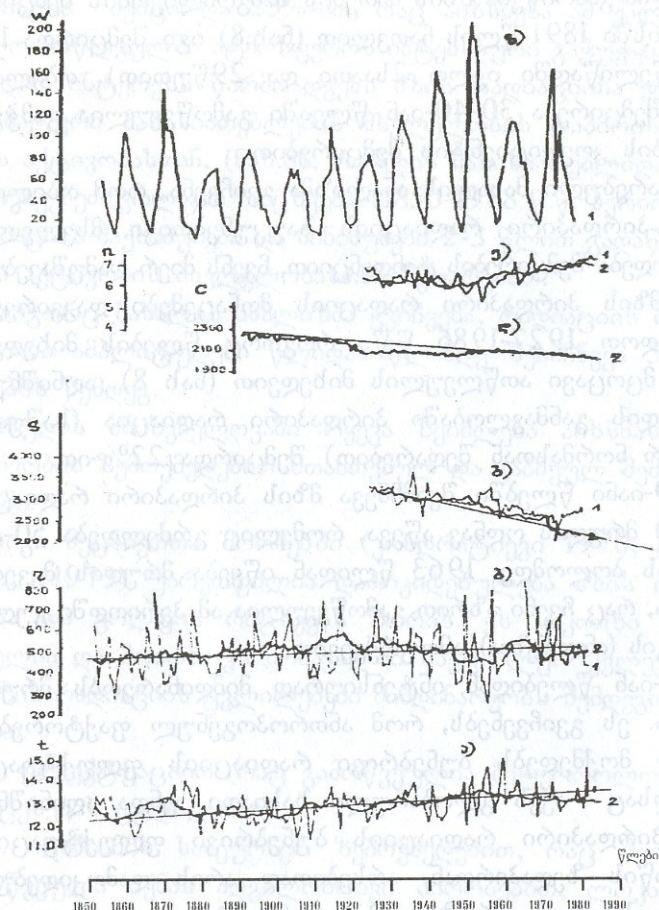
მასალები აღებული იქნა კლიმატური ცნობიდან, TM-1/ ცხრილებიდან, ყოველთვიური მეტეოროლოგიური ცნობებიდან, ჩატარებული მასალის ანალიზმა და მოპოვებული კლიმატური მასალის სტატისტიკურმა დამუშავებამ, მონაცემების შედარებამ გვიჩვენა, თუ როგორ მოქმედებს გარემო პირობები ადგილობრივ კლიმატზე და როგორ შეიძლება მეტეოროლოგიური ელემენტების ცვლილებების ტენდენციის დადგენა.

ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა ზემოაღნიშნული კლიმატური მახასიათებლებისათვის გრძელი და საიმედო დაკვირვებების მწკრივები, საუკუნებრივი ცვლილებების ფონზე (ათწლიურ მცოცავ რიცხვთა მეთოდის გაყენებით) 1985-1989 წ.წ. ჩათვლით.

ნახ.8 მოცემულია ქ.თბილისში ჰაერის ტემპერატურის საუკუნობრივი მსვლელობა (1850-1989 წ.წ.) საიდანაც ჩანს, რომ ჩვენი საუკუნის პირველ ნახევარში ადგილი ჰქონდა დათბობას, რომელიც 30-იან წლებში აღწევს მაქსიმუმს: 30-იანი წლების ბოლოდან 40-იან შუა პერიოდზე აღინიშნება ტენდენცია შემცირებისაკენ. 50-იანი წლებიდან იწყება მონოტონური კლება. 1960 წლიდან შეიმჩნევა მატების ტენდენცია, რომელიც მაქსიმუმს აღწევს 1960-1970 ათწლეულში. 1971-1980 წ.წ. ჰაერის ტემპერატურა 1941-1950 წ.წ. შედარებით გაიზარდა  $0.5^{\circ}$ - $0.6^{\circ}$ -ით.

მე-8 ნახაზიდან ჩანს ატმოსფერული ნალექების მატების ტენდენცია. მრავალწლიურ ნორმასთან შედარებით ნალექები გაიზარდა 10%, ხოლო ღრუბლიან დღეთა რაოდენობა 13%-ით (ნალექები 1941-1950 წ.წ. შეადგენდა 489,1მმ; 1951-1960წ.წ.— 487.7მმ; 1961-1970 წ.წ.—440.7მმ; 1971-1980 წ.წ.— 537.6მმ). ღრუბლიანობის საუკუნებრივი მსვლელობისათვის გამოყენებული იქნა მონაცემები 1870-1989 წ.წ. პერიოდით (ნახ.8) მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ღრუბლიანობა ქალაქის დაჭუჭყიანებისა და ურბანიზაციის აღმავლობის გამო განიცდის ზრდის ტენდენციას, იგი გასული საუკუნის ბოლო პერიოდიდან 1989 წლამდე გაზრდილია 19%-ით.





ნახ.8 ქუთაისში საუკუნეობრივი მსვლელობა ათწლიური მცოცავი მრუდებით:

- ა)-პერიის საშუალო წლიური ტემპერატურა (t),
- ბ)-საშუალო წლიური ნალექები (z-მმ),
- გ)-წლიური მზის პირდაპირი რადიაცია (S-მჯოული/მ<sup>2</sup>),
- დ)-წლიური მზის ნათების ხანგრძლივობა (c-სთ),
- ე)-წლიური საერთო ღრუბლიანობა (n-ბალებში) და
- ვ)-მზის აქტივობა (w).

- 1- მონაცემები წლების მიხედვით
- 2- საშუალო ათწლიური მონაცემები

ასევე ქალაქის ზრდამ და მტვრის, ჭვარტლის რაოდენობის გაზრდამ გამოიწვია მზის ნათების ხანგრძლივობის შემცირება თბილისში 1891 წლის ჩათვლით (ნახ.8) იგი შემცირდა 15%-ით (წელიწადში იკლო 2საათი და 29წუთით). თბილისში მისი შემცირება 30-40-იან წლებში გამოწვეულია გამჭვირვალობის კოეფიციენტის შემცირებით.

ჩატარებული მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ თბილისში მზის პირდაპირი რადიაციის საუკუნებრივი მსვლელობა ხასიათდება შემცირების ტენდენციით. ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა მზის პირდაპირი რადიაციის მონაცემები დაკვირვების პერიოდით 1927-1986 წ.წ., როგორც წლების მიხედვით, ასევე მცოცავი ათწლეულის მიხედვით (ნახ 8). აღნიშნული პერიოდის განმავლობაში პირდაპირი რადიაცია (საშუალო წლიურ ნორმასთან შედარებით) შემცირდა 22%-ით.

50-იანი წლებში შეიმჩნევა მზის პირდაპირი რადიაციის (ნახ.8) მრუდის ოდნავ აწევა, რომელიც გრძელდება 50-იანი წლების ბოლომდე. 1963 წლიდან იწყება მრუდის მკვეთრი დაცემა, რაც ჩვენი აზრით გამოწვეულია ამ პერიოდში ვულკან ანგუნგის (ინდონეზია) ამოფრქვევით.

70-იან წლებიდან ინტენსიურად მიმდინარეობს მრუდის დაცემა. ეს გვიჩვენებს, რომ ანთროპოგენულ ფაქტორებთან ერთად მოქმედებს ბუნებრივი რადიაციის ფლუქტუაცია, რომელსაც აქვს გლობარული ხასიათი. უნდა აღინიშნოს, რომ პირდაპირი რადიაციის ბუნებრივი ფლუქტუაციები დედამიწის ზედაპირთან, არსებითად არის დამოკიდებული სტრატოსფეროს აეროზოლების კონცენტრაციასთან.

როგორც 8 ნახაზიდან ჩანს, რადიაციის მრუდს არ ახასიათებს მკვეთრი გადახრები საშუალო წლიური სიდიდეებიდან.

ლიტერატურიდან ცნობილია (ვილლეტი, 1965, ფლონი, 1965: მიტჩელი, 1965) ევროპის ქალაქებში უკანასკნელი 90 წლის დაკვირვების მასალების საფუძველზე მზის პირდაპირი

რადიაცია შემცირდა 25%-ით, რაც აიხსნება ამ ქალაქებში ბოლო ათწლეულში ატმოსფეროს ინტენსიური გაჭუჭყიანებით დიდ ინტერესს წარმოადგენს მზის რადიაციისა და სხვა კლიმატური მახასიათებლების მსვლელობის დაპირისპირება მზის აქტივობასთან, (ნახ.8), რომლის მახასიათებლიდან ჩვენ გამოვიყენეთ ვოლფის რიცხვები (1850-1988 წ.წ. პერიოდით), რადიაციის მაქსიმუმები და მინიმუმები 2-3 წლით გადაწეულია მზის აქტივობის მსვლელობასთან შედარებით.\*

როგორც მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რადიაციის ძალიან მკვეთრი ამპლიტუდები წლიდან წლამდე შეიმჩნევა 50-იანი წლების შემდეგ.

მრუდის მნიშვნელოვანი რყევა შეიძლება აიხსნას მზის აქტივობის ზემოქმედებით შთანთქმულ და გაბნეულ შემადგენ-ლებში.

რიგი მეცნიერთა შრომებში (კონდრატიევი 1970; ლოგი-ნოვი, 1973) უარყოფილია დამოკიდებულება მზის რადია-ციასა და ვოლფის რიცხვებს შორის. ეს საკითხი მეტად რთულია და მოითხოვს მომავალში სპეციალურ კვლევას.

მზის რადიაციის ცვლილებები მიმდინარეობს შემდეგი მიზე-ზებით:

1. ფლუქტუაციით, რაც გამოწვეულია მეტეოროლოგიური პროცესების ცვლილებით.

2. ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედებით, რაც შეიძლება გამოწვეული იქნას ადგილობრივი პირობებით, ლოკალური და გლობალური ცვლილებებით.

3. ვულკანური ამოფრქვევის მოქმედებით.

მოსული რადიაციის ცვლილება გაპირობებულია ატმოს-ფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის არასტაბილური მდგო-

---

\* თბილისის კლიმატის რეაქცია მზის აქტივობის მიმართ საფუძვლიანად იქნა გამოკვლეული ეელიზბარაშვილის და თ.ალადაშვილის მიერ(იხ. Elizbarashvili E. Aladashvili T. 1999)-რედ.

მარეობით და ამიტომ იგი წარმოადგენს ძირითად მიზეზს თანამედროვე კლიმატური ცვლილებებისა.

ამასთანავე, ეს არ უარყოფს სხვა ფაქტორების ზემოქმედებას კლიმატის ცვლილებებზე, თუმცა ეს ფაქტორები ნაკლებად მნიშვნელოვანია გამჭირვალობასთან შედარებით.

ბოლო წლებში დიდ ყურადღებას აქცევენ მზის რადიაციის ზეგავლენის შესწავლას ტემპერატურულ რეჟიმზე. ცნობილია, რომ რადიაციის 1%-ით შემცირება იწვევს ტემპერატურის  $1.2^{\circ}$ – $1.5^{\circ}$ -ით შეცვლას (ბუდიკო, 1970).

უნდა აღინიშნოს, რომ საშუალო ტემპერატურის ცვლილება წარმოადგენს სქემატურ მახასიათებელს კლიმატის თანამედროვე ცვლილებების შესწავლაში. ვინაიდან ეს ცვლილებანი გამოწვეულია რადიაციული რეჟიმის ცვლილებებით და ტემპერატურა არის მზის რადიაციის ფუნქცია.

რადიაცია მცირდება უფრო მეტად, რაც უფრო მეტია ატმოსფეროს მასა ე.ი. რაც უფრო ნაკლებია მზის სიმაღლე (რადიაცია ზამთარში უფრო ნაკლებია, ვიდრე ზაფხულში).

ამრიგად, კლიმატის ანთროპოგენური ცვლილებების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რათა მომავალში გათვალისწინებული იქნას ის მოსალოდნელი ცვლილებები, რაც მოყვება ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედებას.



თბილისისა და მისი შემოგარენის ბიოკლიმატური დარაიონება

ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის მრავალწლიური მეტეოროლოგიური, ბიოკლიმატური და სითბური ბალანსის შემადგენელთა რეჟიმის შესწავლისა და კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების გამოყენების საფუძველზე შესაძლებელი გახდა საკვლევი ტერიტორიის ბიოკლიმატური დარაიონება.

ჩატარებული კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ თბილისისა და მისი შემოგარენის კლიმატი, მიუხედავად მისი ტერიტორიის რთული ოროგრაფიული პირობებისა, მთლიანობაში ინარჩუნებს ერთიან სახეს და ხასიათდება დადებითი რადიაციული ბალანსით, მაღალი ტემპერატურული ფონით, ჰაერის სიმშრალით, დანოტივების უარყოფითი ბალანსით (აორთქლება აღემატება ნალექების რაოდენობას), ადვექციური პროცესების აქტივობით, რაც დიდ ზეგავლენას ახდენს კლიმატურ მახასიათებლებზე და იწვევს მკვეთრ ზეგავლენას გარემოზე. ქალაქის ქვაბურში განლაგება და არსებული საწარმოებიდან გამოყოფილი სითბო ხელს უწყობს ადგილობრივი ცირკულაციური პროცესების განვითარებას და კონვექციური ნაკადების გაძლიერებას.

დარაიონების ჩატარების დროს მხედველობაში იქნა მიღებული ქალაქის განლაგება ქვაბურში, ოროგრაფიული პირობები, განვითარება მდ. მტკვრის ხეობაში, ადგილის დახურულობა და გახსნილობა, რაც უზრუნველყოფს ჰაერისა და სითბო-სინოტივის გაცვლის ნორმალურ სვლას, ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათი, მდგომარეობა, ფერდობთა ექსპოზიცია, წყლის რესურსები და ჰიდროგრაფიული ქსელი.

გეოგრაფიულმა გარემომ და კლიმატურმა თავისებურებებ-

მა განსაზღვრა ქალაქგეგმარებითი პრინციპები და განაშენიანების ხასიათი ფერდობებზე, პლატოებზე, ვაკეზე, ტერასებზე, საცხოვრებელი მიკრორაიონების გამოყოფა და სხვა.

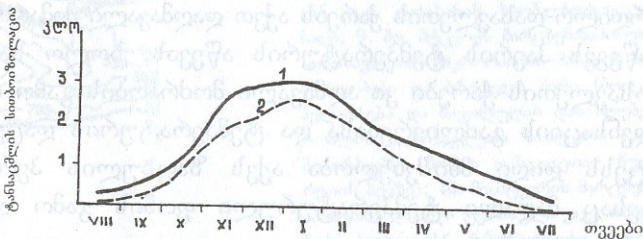
რამდენადაც ქალაქი თავისი მიკროკლიმატით ზეგავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე, მის სითბურ ბალანსზე, განაპირობებს მისი მუშაობის ხასიათს, დასვენების პირობებს, კომფორტულ ზონებს, შენობათა ტიპს, განაშენიანების თავისებურებას, ამიტომ დარაიონებისას ადამიანის ორგანიზმზე დინამიურად ცვალებადი რადიაციულ-კლიმატური, ბიომეტეოროლოგიური, ფიზიოლოგიური ფაქტორებისა და ფიზიკური მახასიათებლების ზეგავლენის კომპლექსური ზემოქმედების შესწავლისა და შეფასების საფუძველზე მხედველობაში იქნა მიღებული ადამიანის თერმიული რეჟიმი—ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსი ( $R_0$ ), ადამიანის სხეულის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა ( $\theta_s$ ) და ტანსაცმლის თბოიზოლაციის მაჩვენებლები (შრომის ხასიათის გათვალისწინებით). გამოვლენილი იქნა ადამიანის სითბური მდგომარეობის კომფორტული და დისკომფორტული ზონები. ჩვენს მიერ გამოთვლილი ადამიანის სითბოდაცვის მახასიათებელი გამოხატულია ფიზიკურ ერთეულებში (კლო), რაც ხასიათდება ტანსაცმლის ფენით, რომელიც წინააღმდეგობას უწევს სითბოს გაცემას და უზრუნველყოფს სითბურ კომფორტს. ეს მაჩვენებელი წარმოადგენს ინტეგრალურ მახასიათებელს ყველა მეტეოროლოგიური და ფიზიოლოგიური ელემენტების ერთდროულად ზემოქმედების (ეს საკითხი განხილულია წინამდებარე ნაშრომში, თავი IV).

ნახ.9-ზე გამოსახულია ქ.თბილისში ტანსაცმლის სითბოიზოლაციის საშუალო მაჩვენებლის (კლო-ს) წლიური მსვლელობა კომფორტული მდგომარეობის შესანარჩუნებლად, დასვენების დროს (ფიზიკური მუშაობის გარეშე) და ფიზიკური მუშაობის დროს.

როგორც ნახ.9-დან ჩანს, ადამიანის უძრაობის დროს (დას-

ვენება) წლის განმავლობაში ეს მახასიათებელი იცვლება 0-დან 3 კლოს ფარგლებში. ივლისში აღწევს 0.3-0.6 კლო-ს, ხოლო ზამთრის პერიოდში 2.5-3 კლო-ს. ადამიანისთვის რომელიც ეწევა ფიზიკურ შრომას, ზამთარში შეადგენს რამდენადმე ნაკლებს (2.0-2.5 კლო), ხოლო ზაფხულში კი ნოლს. ზაფხულში ამ შემთხვევაში ეს ზონა ბიოკლიმატური თვალსაზრისით არაეფექტური თერმული ზონაა ( $\Theta_s=36^\circ$ -ზე მაღალია). ამ დროს აუცილებელია პირდაპირი რადიაციის ზეგავლენის გამორიცხვა, ორგანიზმის გადახურებისაგან დაცვა. ეს განსაკუთრებით გასათვალისწინებელია ფიზიკური მუშაობის დროს, როდესაც ადამიანი იმყოფება დიდხანს ღია ცის ქვეშ. ნულოვანი კლო ნიშნავს, რომ აუცილებელია სპეციალური ტანსაცმელი, რათა ორგანიზმი დაცული იქნას გადახურებისაგან.

დარაიონებისას გათვალისწინებული იქნა დ.უკლებას (1989) მიერ გამოყოფილი ბუნებრივი ლანდშაფტური ზონები და გ.ჭირაქაძის მიერ შესრულებული მიკროკლიმატური დარაიონება (1964).



ნახ.9 ქ. თბილისში ტანსაცმლის სითბოზოლატიის საშუალო მაჩვენებლის (კლო) წლიური მსვლელობა კომფორტული მდგომარეობის შესანარჩუნებლად.

1.— დასვენების დროს (ფიზიკური მუშაობის გარეშე),  $M=70$  ვატ/მ<sup>2</sup>

2.— ფიზიკური მუშაობის დროს,  $M=175$  ვატ/მ<sup>2</sup>.

ზემოაღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით საკვლევ ტერიტორიაზე გამოყოფილია 12 მიკრორაიონი:

1. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის ჩრდილო მიკრორაიონი — გლდანის მაღლივი ქვაბული — მოიცავს გლდანის, მუხიანის, ღრმადელეს დასახლებებს.

ამ რაიონში ხეობა საკმაოდ გაფართოებულია და მას ჩრდილოეთიდან ესაზღვრება საგურამოს ქედი, რომელიც მიმართულია ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ. ჰორიზონტის გახსნილობის საფუძველზე სითბოსა და სინოტივის განაწილება ქმნის ყოველგვარ პირობას მცენარეული საფარის გავრცელებისა და ქალაქის თერმიული რეჟიმის დადგენაში. მზის ჯამური რადიაცია შეადგენს 5200 მჯოული/მ<sup>2</sup>, ეფექტური გამოსხივება 2010 მჯოული/მ<sup>2</sup>, ხოლო რადიაციული ბალანსი კი 2200 მჯოული/მ<sup>2</sup>-ს.

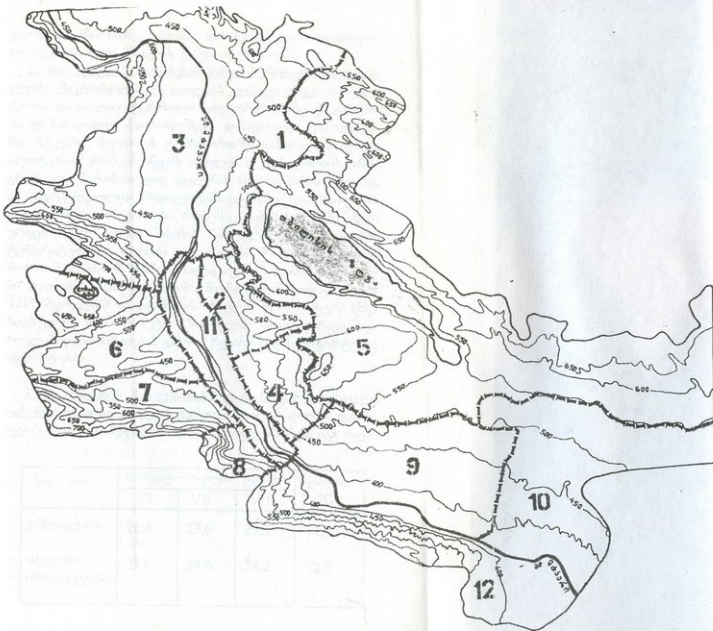
საგურამოს ქედის ზეგავლენით ვითარდება ადგილობრივი მთის ქარები, რაც აძლიერებს ადგილობრივ ქარებს და ააქტიურებს ჰაერის განიავებას. აღნიშნული ქედი წინააღმდეგობას უწევს ჩრდილო-დასავლეთიდან ძლიერი ქარების შემოჭრას.

ჩრდილო-დასავლეთის ქარებს აქვთ დადამავალი მიმართულება. ეს იწვევს ჰაერის ტემპერატურის აწევას, ხოლო სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარები კი აღმავალი მოძრაობის გამო იწვევენ კონდენსაციის გაძლიერებასა და ტემპერატურის დაცემას. ამ პროცესს დიდი მნიშვნელობა აქვს ზაფხულის პერიოდში, როდესაც მაღალი ტემპერატურული ფონის გამო დისკომფორტული პირობებია.

კლიმატური მასალების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ტემპერატურული სხვაობა ქალაქის ცენტრსა და გლდანის რაიონს შორის შეადგენს 1<sup>0</sup>-1,7<sup>0</sup>. ადამიანის სხეულის მაქსიმალური ტემპერატურა ზაფხულში (t<sub>ს</sub>) 34,0<sup>0</sup>-ია.

განხილული მიკრორაიონის მიკროკლიმატური პირობები საშუალებას იძლევა მისი ტერიტორია ფართოდ იქნას გამოყ-





1. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის ჩრდილო-აღმოსავლეთის მხარე (საბურთალოს რაიონი); 2. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის ჩრდილო-დასავლეთის მხარე (საბურთალოს რაიონი); 3. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის ჩრდილო-დასავლეთის მხარე (საბურთალოს რაიონი); 4. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის დაბალი ტერასული (ცენტრალური მარჯონაირი (საბურთალოს რაიონი), სუბუბის უბნის ჩრდილოეთი და დასავლეთი ნაპირები); 5. თბილისის ხევის ქვაბული; 6. მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირის დასავლეთი მხარე (საბურთალოს რაიონი); 7. მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირის (ცენტრალური მარჯონაირი) დასავლეთი ნაპირის დასავლეთი ნაპირები (საბურთალოს რაიონი); 8. მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირის დასავლეთი ნაპირები (საბურთალოს რაიონი); 9. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის დასავლეთი ნაპირები (საბურთალოს რაიონი); 10. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის დასავლეთი ნაპირები (საბურთალოს რაიონი); 11. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის დასავლეთი ნაპირები (საბურთალოს რაიონი); 12. მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის დასავლეთი ნაპირები (საბურთალოს რაიონი).

ნახ. 10. ქ. თბილისის ტერიტორიის ბიომიკროკლიმატური დარაიონება

ენებული განაშენიანებისათვის, დასასვენებელი ობიექტებისა და რეკრეაციული ზონების განვითარებისათვის.

2. მდ. მტკვრის მარცხენაპირეთის ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიკრორაიონი – დიდუბის დაბალი ვაკე, პირველი ტერასა და მაღლივი ტერასული საფეხურები. მოიცავს დიდუბისა და ნაძალადევის დასახლებებს. დასავლეთით ესაზღვრება მდ. მტკვარი. ხეობა ამ ტერიტორიაზე გაშლილია. შემდეგ „ლოტკინის“ მთისკენ იწყებს ამაღლებას. ტერიტორიის ოროგრაფიული პირობები დიდ გავლენას ახდენს ქარის რეჟიმზე. აქ გავრცელებულია ჩრდილო-დასავლეთისა და მთახეობის ქარები. ხშირია ინვერსიები, როდესაც ღამის საათებში აქტიურდება ცივი ჰაერის მასების ჩამოსვლა. დღის საათებში ტემპერატურული სხვაობა „ლოტკინის“ მთასა და დიდუბეს შორის შეადგენს  $0,9^{\circ}$ - $1^{\circ}$ -ს. რადიაციული ბალანსი წელიწადში შეადგენს  $2200$  მჯოული/ $m^2$ , შთანთქმული რადიაცია კი –  $4200$  მჯოული/ $m^2$ -ია. ადამიანის სხეულის ტემპერატურა ( $T_{\text{ს}}$ ) ზაფხულში  $34,5^{\circ}$ -ზე მეტია. ზაფხულში ადგილობრივი მიკროკლიმატური პირობების გამო ამ რეგიონში დისკომფორტული მდგომარეობაა.

3. მდ. მტკვრის მარჯვენაპირეთის ჩრდილო-დასავლეთის მიკრორაიონი დიდუბის ქვაბული მოიცავს დიდმის დასახლებას და დაღმაშენებლის ხეივნის ორივე მხარეს. იგი თავი-

სადგური	საშუალო თვიური ტემპერ.			წლიური ( $^{\circ}\text{C}$ )
	VI	VII	VIII	
ვაშლიჯვარი	20,1	23,6	23,3	12,1
თბილისი-ობსერვატორია	21,1	24,6	24,2	12,9

სი ადგილმდებარეობით და ბუნებრივი პირობებით ითვლება საცხოვრებელი განაშენიანების პერსპექტიულ რაიონად. ამ მიკრორაიონში მეტეოროლოგიური სადგურის „ვაშლიჯვარის“ მონაცემებით ქალაქის ცენტრთან შედარებით ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა  $0,6^{\circ}$ -ით დაბალია.

ზამთრის პერიოდში ღრუბლიანობა  $6,4$  ბაღს შეადგენს, ზაფხულში კი  $5,4$  ბაღია. ჯამური რადიაცია შეადგენს  $5107,7$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ს, შთანთქმული რადიაცია— $4146,4$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>, რადიაციული ბალანსი  $2122,8$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ია. ზამთრის პერიოდში თოვლიან დღეთა რაოდენობა  $15-17$  დღეა. უყინვო დღეთა რაოდენობა  $230$ -ია. ადამიანის სხეულის ტემპერატურა ( $\Theta_s$ ) ივლისში  $34,0$ -ს შეადგენს, ხოლო აგვისტოში კი  $35,2^{\circ}$ -ია (ძალიან ცხელა). ზაფხულში ეს ზონა ქალაქის ცენტრთან შედარებით გრილია, ქარების გამო კარგად ნიავება.

4. მდ. მტკვრის მარცხენაპირეთის დაბალი ტერასული ცენტრალური მიკრორაიონი მოიცავს კუკიის, სვანეთის უბნის, ჩულურეთის, დ. აღმაშენებლის პროსპექტს და მის განშტოებებს. რაიონი ცუდად ნიავება, მოკლებულია მცენარეულ საფარს, მწვანე მასივებს და ზაფხულის პერიოდში ხასიათდება მაღალი ტემპერატურული მაჩვენებლებით და სინოტივის დეფიციტით. ზაფხულში ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა  $38^{\circ}-40^{\circ}$ -მდე აღწევს. ატმოსფერული ნალექები წლიურად შეადგენს  $600$ მმ. ამ რაიონში დიდია მზის რადიაცია და აორთქლებაც საკმაოდ გაზრდილია. კლიმატური პირობების გამო ადამიანისათვის ზაფხულში იქმნება დისკომფორტული პირობები, რაც იწვევს ადამიანის თერმორეგულაციის დარღვევას. ზაფხულის პერიოდში ზონა არაეფექტურად ითვლება. ადამიანის სხეულის ( $\Theta_s$ ) ტემპერატურა  $35^{\circ}$ -ზე მაღალია. ადამიანის ყოფნა დღის საათებში ღია ცის ქვეშ უნდა შეიზღუდოს ან გამოყენებული იქნას სპეციალური ღონისძიებები მზის სხივების დაცვისაგან. ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსი შეადგენს  $160$ ვატ/მ<sup>2</sup>-ს.

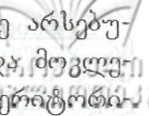


5. თბილისის ზღვა და მისი შემოგარენი. თბილისის ზღვას უჭირავს მდ. მტკვრის ძველი კალაპოტი. თბილისის ზღვას დიდი მნიშვნელობა აქვს საკვლევი ტერიტორიის თერმობიოლოგიური რეჟიმისა და კლიმატური პირობების დადგენაში. ზღვის სივრცითი ღერძი ემთხვევა გაბატონებული ქარების (ჩრდილო-დასავლეთის) მიმართულებას. აქ ხშირია შტორმული ხასიათის ქარები. მნიშვნელოვანია ბრიზების როლი სითბოსა და სინოტივის განაწილებაში ზღვის სანაპიროსა და მისი შემოგარენისათვის.

ინტენსიური აორთქლება და მორწყული ტერიტორია ხელს უწყობს ზაფხულის პერიოდში კომფორტული პირობების შექმნას და ადამიანის თერმორეგულაციის ნორმალიზაციას.

გ. ჭირაქაძის მონაცემებით (1967) საკვლევ ტერიტორიაზე ბრიზების განვითარება იწვევს ჰაერის ტემპერატურის 2-3<sup>0</sup>-ით შემცირებას. ჩვენი მონაცემებით საკვლევ ტერიტორიაზე ღრუბლიანობა წლიურად შეადგენს 6,2 ბალს, ზამთარში იგი მნიშვნელოვანია და აღწევს 7 ბალამდე, ხოლო ზაფხულში შეადგენს 4,8 ბალს. ჯამური რადიაცია წლიურად 5044,7 მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ია, შთანთქმული რადიაცია 4069,5 მჯოულ/მ<sup>2</sup>, რადიაციული ბალანსი 2154,8 მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ია. ზაფხულში (ივლისი) ადამიანის სხეულის ტემპერატურა (t<sub>ს</sub>) 33,0<sup>0</sup>-ია. ადგილობრივ ქარებს და წყლის ზედაპირს დიდი მნიშვნელობა აქვს ადამიანის სხეულის თერმობიოლოგიური რეჟიმისათვის, რამდენადაც ეს ფაქტორები ამცირებს შეხუთულობას, აწესრიგებს ადამიანის თერმორეგულაციას და ქმნის კომფორტულ მდგომარეობასთან მიხედვით პირობებს.

6. მდ.მტკვრის მარჯვენანაპირეთის დასავლეთი მიკრორაიონი—საბურთალოს ქვაბული, მოიცავს საბურთალოს, ვეძისის, დელისის დასახლებებს. იგი მოთავსებულია მდ.დიდმისწყლისა და ვერეს წყალგამყოფებს შორის. ტერიტორიის ოროგრაფიული პირობები ხელს უწყობს ჩრდილო-



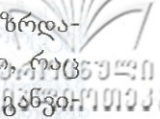
დასავლეთის ქარების განვითარებას. ტერიტორიაზე არსებული მთის კალთები ძირითადად მოშიშვლებულია და მოგვლენილია მცენარეულ საფარს, რაც ხელს უწყობს ტერიტორიის დამტვერიანებას.

ცნობილია თუ რა როლი მიუძღვის მცენარეულობას და მწვანე მასივებს მიკროკლიმატის რეჟიმზე, განსაკუთრებით სითბოსა და სინოტივის რეჟიმის ჩამოყალიბებაში. ამიტომაც ამ რაიონში მაქსიმალურად უნდა მიექცეს ყურადღება მწვანე ზონის შექმნასა და განვითარებას.

მიკროკლიმატური პირობების გაუმჯობესების თვალსაზრისით ეს რაიონი თხოულობს დიდ ყურადღებას, რადგან იგი საკმაოდ არის განაშენიანებული. ბუნებრივი პირობების გათვალისწინება საფუძვლად უნდა დაედოს ქალაქის ამ რაიონის განაშენიანებასა და დაგეგმარებას.

აღნიშნულ მიკრორაიონში გაბატონებულია სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარები. სხვა რაიონებთან შედარებით ეს მიკრორაიონი მდიდარია წყლის რესურსებით. აქ მოედინება მდ. ვერე და მდ. დიდმისწყალი. დიდია ლისის ტბის ზეგავლენა. ზაფხულში აორთქლებაზე იხარჯება 60-70% მოსული მთელი სითბოდან. ზამთარში სინოტივე მნიშვნელოვანია, ხოლო ენერგეტიკული მაჩვენებელი შედარებით დაბალია. უხვი ნალექი გაზაფხულზეა (მაისში), ყველაზე მშრალი თვე იანვარია. მთავორიან ადგილებში ტემპერატურის საშუალო მინიმუმი—14-17<sup>0</sup>-ია. ადამიანის სხეულის (t<sub>ს</sub>) ტემპერატურა ივლისში შეადგენს 34,5<sup>0</sup>-ს. (ცხელა), ხოლო მაქსიმალურია აგვისტოში—35,1<sup>0</sup>, რაც დისკომფორტულ მდგომარეობას წარმოადგენს.

7. მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირეთის ცენტრალური მიკრორაიონი— ვაკის ქვაბული. მოიცავს ვაკისა და ვერეს დასახლებებს და გამოირჩევა კარგი მიკროკლიმატური პირობებით. ტერიტორია განლაგებულია თრიალეთის ქედის კალთებზე, რომლებიც დაფარულია ბუნებრივი დეკორატიული მცენარეულობით და ტყის საფარით. რაიონი სითბოსა და სინოტივის



განაწილებით ხელს უწყობს მცენარეული საფარის ზრდა-განვითარებას. აქ გაბატონებულია ადგილობრივი ქარები, რაც ცხელი დიდ როლს ასრულებს ჰაერის გაცვლითი პროცესების განვითარებაზე, განსაკუთრებით ზაფხულის პერიოდში. ეს პროცესები იწვევს სივრილეს და ქმნის კომფორტულ მდგომარეობას. უნდა აღინიშნოს, რომ ადგილობრივი ოროგრაფიული პირობები და არსებული მწვანე დიდი მასივები მნიშვნელოვნად ამცირებს ქარის სიჩქარეს და ქმნის თავისებურ თერმულ რეჟიმს.

მწვანე საფარველი ფერდობებზე განაპირობებს მიკროკლიმატური კომპლექსის სტაბილურობას. მდ. ვერეს ხეობა ხელს უწყობს მთისა და სამხრეთ აღმოსავლეთის მიმართულებით ქარების განვითარებას, რაც ზაფხულში ამცირებს ჰაერის ტემპერატურას, შეხუთულობას და ზაფხულის მაღალ ტემპერატურულ ფონს.

შუადღის ტემპერატურული სხვაობა თბილისი-ობსერვატორიასა და ვაკის პარკს შორის  $0,9^{\circ}$ -ია, ხოლო აბსოლუტური სინოტივე თბილისი-ობსერვატორიასა და ვაკეს შორის ზამთარში შეადგენს  $1,5$  მმ, ზაფხულში კი— $3,5$  მმ-ს.

ვაკის, ვერეს და სხვა მიკროპარკები თავისი მწვანე საფარით ზაფხულში არბილებენ თერმულ რეჟიმს, არეგულირებენ ადამიანის თერმორეგულაციას, იცავენ მის ორგანიზმს ზედმეტი გადახურებისაგან. ივლისში ადამიანის სხეულის ტემპერატურა  $34,0^{\circ}$ -ია (ცხელა), ხოლო აგვისტოში— $35,0^{\circ}$  და მეტი (ძალიან ცხელა). ჯამური რადიაცია შეადგენს  $5019,7$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>, მთანთქმული რადიაცია— $4188,9$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ს, ხოლო რადიაციული ბალანსი— $2270,3$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ია.

8. მდ. მტკვრის მარჯვენანაპირეთის სამხრეთ-დასავლეთი მიკრორაიონი—მთაწმინდა, სოლოლაკის ტერასისებური ვაკე-დაბახანის ხეობა—ბოტანიკური ბაღი. ეს მიკრორაიონი მოიცავს მთაწმინდის ფერდობებსა და სოლოლაკს. ბოტანიკური ბაღის

მეტეოროლოგიური სადგურების კლიმატური მონაცემები საშუალებას იძლევა მიკროკლიმატის შეფასებისათვის მისი ფერდობები დაფარულია მცენარეული საფარით და ექსპოზიციის გამო ნაკლებად ხურდება, ქალაქის სხვა რაიონების ფერდობებისგან განსხვავებით (მახათას მთის ფერდობი). დასავლეთიდან ესაზღვრება პლატო, რომელზედაც განლაგებულია სოფლები შინდისი, ტაბახმელა, წავკისი და სხვა. აქ განვითარებულია მთა-ხეობის ქარები, რომელსაც ბიოკლიმატური თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს. ჩრდილო-დასავლეთის ქარების სიძლიერე ოროგრაფიული პირობების გამო რამდენადმე შემცირებულია. ეს მიკრორაიონი კარგად ნიავედა და ხასიათდება კომფორტული პირობებით. ფერდობების ძირში განიავება ნაკლებია, განაშენიანების სიმჭიდროვე ხელს უწყობს ჰაერის მოძრაობის ინერტულობას. აქ ხშირია ინვერსიები. ზაფხულის პერიოდში მთაწმინდის პლატოზე ნაკლებად იგრძნობა შეხუთულობა. 766მ სიმაღლეზე ქრის სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარი, რომელსაც ყოველთვის თახ მოაქვს სივრილე.

ბოტანიკური ბალის ტერიტორიაზე ძლიერ ქარებს არ აქვს ადგილი. სითბოცვლის პროცესები ხორციელდება ძირითადად ადგილობრივი ქარების საშუალებით.

საკვლევ ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა 608 მმ-ია, წლიური ღრუბლიანობა 6,1 ბალია, ზამთარში ღრუბლიანობა დიდია—7,0 ბალი, ზაფხულში კი—4,8 ბალია. ჰიფსომეტრულად ამალღებულ ადგილზე ჯამური რადიაცია მაღალია ქალაქის სხვა რაიონებთან შედარებით და შეადგენს 5170,4 მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ს, რადიაციული ბალანსი კი 2116,5 მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ია. გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ ეს ფერდობები 10<sup>0</sup> და 30<sup>0</sup>-ით დახრის დროს იღებს 10-20%-ით მეტ რადიაციას, ჰორიზონტალურ ზედაპირთან შედარებით.

ზამთარში ფუნეკულიორის პლატოზე ადამიანის სხეულის რადიაციული ბალანსის გაზრდის გამო (165-179 ვატ/მ<sup>2</sup>), თოვლის საფარის დროს შესაძლებელია მიუხედავად დაბალი

ტემპერატურისა, კელიოთერაპიული პროცედურების ჩატარება.

ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე ადამიანის სხეულის ტემპერატურა ივნისში შეადგენს  $32,1^{\circ}$ -ს (გრილა), ივლისში  $34,2^{\circ}$  (ცხელა), აგვისტოში კი  $35,6^{\circ}$  (ძალიან ცხელა). ბოტანიკური ბაღი უფრო ღრუბლიანია, ვიდრე მთაწმინდის ფერდობები ცივ პერიოდში.

9. მდ. მტკვრის მარცხენანაპირეთის აღმოსავლეთის მიკრორაიონი-მანათას მთის ფერდობები და ბრჭყელი ძირი, მოიცავს ავლაბრისა და ნავთლულის დასახლებებს, რომლის აღმოსავლეთი საზღვარი მდ. ორხევზე გადის, ხოლო დასავლეთი კი ჩულურეთის ხევზე. ეს მიკრორაიონი გაშლილია. მის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში გაბატონებულია ჩრდილო-დასავლეთის ქარები, რომლებიც სიძლიერის მიხედვით იღებენ შტორმულ ხასიათს. ეს რაიონი გამოირჩევა სიმძრალით და ზაფხულის პერიოდში ძალაღლი ტემპერატურული ფონით, ადამიანის სხეულის ტემპერატურა ( $t_s$ ) აღწევს  $36,4^{\circ}$ -ს (ძალიან ცხელა). სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარებს შემოაქვს დიდი რაოდენობით მტვერი. მის მიკროკლიმატზე ზემოქმედებას ახდენს თბილისის ზღვა.

10. მდ. მტკვრის მარცხენანაპირეთის დაბალი ტერასული ვაკე, თბილისის ქვაბულის აღმოსავლეთი ნაწილი (ლოჭინის ხეხა და მანათას ქედს შორის), მოიცავს ვაზისუბნის, ვარკეთილის, სამგორის, ორხევის დასახლებებს. ტერიტორიის დიდი ნაწილი უკავია სამრეწველო და სატრანსპორტო ობიექტებს, ასევე სამოსახლო განაშენიანებულ უბნებს.

კლიმატური პირობების შეფასებისთვის გამოყენებულია მეტეოროლოგიური სადგურის თბილისი-აეროპორტის მონაცემები.

სადგურის თბილისი-აეროპორტის საშუალო წლიური



ტემპერატურა აღემატება თბილისი-ობსერვატორიას  $0,8^{\circ}$ - $0,9^{\circ}$ -ით. ზაფხულის პერიოდში ნალექების სიმცირე, ტემპერატურა იწვევს გვალვას და ამიტომ აუცილებელია მორწყვა. მზის ჯამური რადიაცია მაღალია, შეადგენს  $5116,0$  მჯოული/მ<sup>2</sup>-ს, რადიაციული ბალანსი— $2143,6$  მჯოული/მ<sup>2</sup>-ია. წლიური ღრუბლიანობა  $4,1$  ბალია, ზაფხულში კი  $5,4$  ბალი. ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი ფაბრიკა-ქარხნების გამონაბოლქვი გაზებით განიცდის ჰაერის გაჭუჭყიანებას. ზაფხულში მოსული მზის სიჭარბე და სინოტივის სიმცირე ამ რაიონებში იწვევს ორგანიზმის გადახურებას და დისკომფორტს. ამ პერიოდში მიმდინარეობს ჰაერის გათბობა, ტენშემცველობა კლებულობს, რაც იწვევს ნათელი დღეების გაზრდას, ღრუბლიანობის შემცირებას ( $4,2$  ბალი). ადამიანის სხეულის საშუალო ტემპერატურა  $35,7^{\circ}$ - $36,0^{\circ}$ -ს შეადგენს (ძალიან ცხელა).


11. მდ. მტკვრის ორივე სანაპიროს მიკრორაიონი დიდუბის ხიდიდან მეტეხის ტაძრამდე. ზაფხულში ტემპერატურული ფონი ძალიან მაღალია, რასაც ხელს უწყობს მოსული მაღალი ჯამური რადიაცია, რომელიც  $5103,9$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ს შეადგენს; შთანთქმული რადიაცია— $4128,7$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ია, რადიაციული ბალანსი— $2127,1$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ია, რაც გამოწვეულია მზის სიმაღლისა ( $66^{\circ}$ - $70^{\circ}$ ) და დღის ნათების ხანგრძლივობით. ზამთარში გაბნეული რადიაცია  $8-10\%$ -ით მეტია პირდაპირ რადიაციაზე, ჰაერი გაჯერებულია წყლის ორთქლით. საშუალო წლიური ღრუბლიანობა  $6,3$  ბალია. ეს მიკრორაიონი მჭიდროდ არის განაშენიანებული, მოკლებულია მცენარეულ საფარს, რაც ხელს უწყობს ჰაერის ტემპერატურის აწევას.

ზაფხულში იქმნება ყოველგვარი პირობა ადამიანის სხეულის გადახურებისათვის. ამას აძლიერებს გარემოს განიაგების შემცირება, სინოტივის გაზრდა მდ. მტკვრის ზედაპირიდან

აორთქლება. ამ რაიონში აუცილებელია მწვანე მასივების ფართობების გაზრდა, ხოლო ქუჩებისა და მოედნების ისეთი დაგეგმარება, რომ მაქსიმალურად გაძლიერდეს მთა-სეთის ქარები.

12. კრწანისის ტაფობის მიკრორაიონი, მდ. მტკვრის მარცხ-ენანაპირეთი. ეს მიკრორაიონი ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარეობს და ხასიათდება მშრალი სუბტროპიკული ზონისათვის დამახასიათებელი მონაცემებით, რაც გაპირობებულია მზის რადიაციული რეჟიმით, ცირკულაციური პროცესებითა და ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათით. ზაფხულში ტემპერატურული ფონი მაღალია, მაქსიმალური ტემპერატურა ივლისში  $41^{\circ}\text{C}$ -ს აღწევს, ჯამური რადიაცია წელიწადში  $5123,5$  მჯოულ/მ<sup>2</sup>-ს შეადგენს, რადიაციული ბალანსი  $2204$  მჯოული/მ<sup>2</sup>-ია. მზის საშუალო სიმაღლე დეკემბერში  $25^{\circ}$ -ს შეადგენს, ხოლო მაქსიმუმს კი ივნისში ( $73^{\circ}$ ) აღწევს. მზის ნათების ხანგრძლივობა წელიწადში  $2100-2300$  საათს შეადგენს. მდ. მტკვრის ხეობა გავლენას ახდენს სინოტივეზე და ქმნის მისი განაწილების განსაკუთრებულ პირობებს. აბსოლუტური სინოტივე წლიურად  $10,6$  მმ-ს შეადგენს, ზაფხულში  $16-17$  მმ, ხოლო ზამთარში  $5,0-5,5$  მმ-ია. შეფარდებითი სინოტივე წლიურად  $66\%$ -ია.

მდ. მტკვრის ხეობის საერთო ორიენტაცია ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ განაპირობებს ქარების მიმართულებას და სიჩქარეს წლის განმავლობაში. აქ გაბატონებულია ჩრდილო-დასავლეთისა და სამხრეთ აღმოსავლეთის ქარები, რომელთა წლიური მსვლელობის მიხედვით ქარის სიჩქარის მაქსიმუმი აღინიშნება თებერვალ-მარტში ( $4,8$  მ/წმ- $6,0$  მ/წმ) და ივლისში ( $6,0$  მ/წმ), ცალკეულ შემთხვევაში ჩრდილო-დასავლეთის ქარების სიჩქარე აღწევს  $40$  მ/წმ-ში. ზაფხულში ამ რაიონში ადამიანის სხეულის ტემპერატურა ( $\Theta_s$ ) ძალიან მაღალია— $36^{\circ}$ -ზე მეტია, რაც იწვევს ორგანიზმის გადახურებას და დისკომფორტს.



უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოაღნიშნული მონაცემები რამდენადმე შეცვლილია ამ რაიონში მდებარე ტყე-პარკის დიდი მასივისა და მის ახლომდებარე ტერიტორიისათვის, რამდენადაც ტყე, როგორც ბიოფიზიკური სისტემა, იწვევს სითბოსა და სინოტივის განაწილების კანონზომიერებებსა და მიკროკლიმატურ თავისებურებებს. ტყის ტერიტორიაზე ჰაერის ტემპერატურა  $0,3^{\circ}$ -ით დაბალია და იქმნება ე.წ. ტემპერატურათა დაცემის კუნძული, ტყე ამცირებს ქარის სიჩქარეს, აძლიერებს ტყის მასივების თავზე ჰაერის მასების ტურბულენტურ მოძრაობებს და ზრდის ატმოსფერულ ნალექებს, წარმოაგენს სინოტივის კონდენსატორს, ზრდის ჯამურ აორთქლებას, ზრდის ნიადაგში სინოტივებს და ხელს უწყობს მდინარეთა კვებას.

ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ბიოკლიმატურ დარაიონებას, შესრულებულს თანამედროვე მეცნიერული კვლევის დონეზე, აქვს როგორც თეორიული, ასევე გამოცენებითი მნიშვნელობა. იგი იძლევა საკვლევი ტერიტორიის სრულყოფილ რადიაციულ-კლიმატური და ბიოკლიმატური მახასიათებლების კომპლექსურ შეფასებას ქალაქის რთული ოროგრაფიული და ბუნებრივი პირობების გათვალისწინებით.

ქ. თბილისის ბიოკლიმატური დარაიონება შესაძლებელია გათვალისწინებულ იქნას ქალაქის ბუნებრივი რესურსების გეგმაზომიერი განაწილებისა და სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა სფეროში, ქალაქგეგმარებითი, სამედიცინო-ჰიგიენური და სხვ. საკითხების გადაწყვეტისას.



ქალაქის კლიმატის ფორმირებასთან დაკავშირებით თანამედროვე მეცნიერული კვლევის დონეზე შესწავლილი იქნა ქ. თბილისისა და მისი გარეუბნების რადიაციული რეჟიმი. თანამედროვე პირობებში ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედებამ და ურბანიზაციის აღმავლობამ ცვლილებები გამოიწვია ქალაქის ლოკალურ კლიმატზე. მის სხვადასვა რაიონებში და გარეუბნებშიც ოროგრაფიულ და ბუნებრივ პირობებთან დაკავშირებით გამოვლენილია რიგი თავისებურებანი, რომლებიც მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული ქალაქგეგმარებითი საკითხების გადაწყვეტის, ქალაქის განაშენიანებისას და შემოგარენის რეკრეაციული ზონის რაციონალურ ათვისებაში.

ფაქტიური მეტეოროლოგიური, აქტინომეტრიული მასალებისა და გამოთვლითი მეთოდების საშუალებით მიღებული საკვლევი ტერიტორიის სხვადასხვა რაიონებში რადიაციული ბალანსის (პირდაპირი, გაბნეული და ჯამური რადიაციის, შთანთქმული რადიაციის, ეფექტური გამოსხივების, რადიაციული ბალანსის) და სითბური ბალანსის შემდგენელთა (აორთქლებაზე დახარჯული სითბო, ტურბულენტური სითბოს ცვლა და ნიადაგში სითბოს ნაკადის გადაცემა) მახასიათებლები. მიღებულია დამოკიდებულება სითბური ბალანსის შემადგენელთა და მეტეოროლოგიურ ელემენტებს შორის.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე დადგენილია, რომ განსხვავება ქალაქის კლიმატსა და მის შემოგარენს შორის გაპირობებულია ძირითადად სითბური ბალანსის ელემენტების სხვადასხვაობით. შეფასებულია ქ. თბილისისა და მისი გარეუბნების ბიომეტეოროლოგიური პირობები. მრავალწლიური მონაცემების საფუძველზე საკვლევი ტერიტორიაზე შესწავლილია საუკუნებრივი მსვლელობა: ჰაერის საშუალო ტემპერატურის, ატმოსფერული ნალექების, მზის პირდაპირი

რადიაციის, ღრუბლიანობის, მზის ნათების ხანგრძლივობისა და მზის აქტივობის (წლიურის მიხედვით).

მრავალწლიური მეტეოროლოგიური, ბიოკლიმატური და სითბური ბალანსის შემადგენელთა რეჟიმის შესწავლისა და კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების გამოყენების საფუძველზე (კლიმატური მახასიათებლების რეჟიმის გათვალისწინებით) ჩატარებულია ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ბიოკლიმატური დარაიონება. მხედველობაში იქნა მიღებული ქალაქის ქვაბურში მდებარეობა, ოროგრაფიული პირობები, ფერდობთა ექსპოზიცია, ჰაერისა და სითბო-სინოტივის ცვლა, ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათი, კლიმატური პირობების ანთროპოგენური ცვლილებები და სხვა.

მიღებული კვლევის შედეგები შეიძლება ფართოდ იქნას გამოყენებული რიგი აქტუალური საკითხების გადასაწყვეტად სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში, ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენისა და ურბანიზაციით გამოწვეული კლიმატურ ცვლილებათა მინიმუმამდე დაყვანის მიზნით.

# Радиационный режим и биоклиматическая характеристика г. Тбилиси и его окрестностей

## Резюме

В связи с формированием климата города, на современном научном уровне исследован радиационно-климатический режим г. Тбилиси и его окрестностей. В современных условиях влияние антропогенных факторов и резкий темп урбанизации вызвал изменение локального климата города. В различных его районах и в окрестностях, в зависимости от орографических и природных условий, выявлены ряд особенностей, которые необходимо учитывать при решении важнейших вопросов перспективного развития города, градостроительных проблем и рационального использования рекреационной зоны его окрестностей.

В результате обобщения фактических метеорологических, актинометрических и расчетными методами полученных количественных данных, определены характеристики составляющих радиационного (прямая, рассеянная, суммарная, поглощенная радиация, эффективное излучение) и теплового (затрата тепла на испарение, турбулентный теплообмен, поток тепла в почву) балансов. Проанализированы основные факторы, определяющие динамику радиационного баланса. Получена зависимость между составляющими теплового баланса и метеорологическими элементами.


На основании проведенных исследований установлено, что различие между городским и окрестностным климатом в основном обусловлено разностью элементов теплового баланса.

В работе дана оценка биометеорологических условий г. Тбилиси и его окрестностей и выявлены особенности теплового состояния человека.

В результате многолетних данных рассматриваются причины антропогенного изменения современного климата на примере г. Тбилиси. Проведены исследования векового хода (по скользящим 10-летиям) средней температуры воздуха, облачности, солнечному сиянию и по прямой солнечной радиации исследуемой территории.

На основании многолетних метеорологических, биометеорологических данных, изучения режима составляющих радиационного и теплового балансов (с учетом режима климатических характеристик) проведено биомикроклиматическое районирование г. Тбилиси и его окрестностей. Принимались во внимание организационные условия города, расположение в котловине, особенности подстилающей поверхности, влияние антропогенных факторов и т. д.

Проведенные исследования по радиационно-климатическому режиму, биоклиматическая оценка, а также установленные закономерности и выявленные особенности широко могут быть




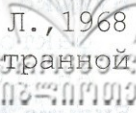
использованы в научных исследованиях, а также в виде рекомендаций переданы различным ведомствам для решения ряда практических задач в градостроительстве, медицине, гигиене и т.д. Материалы по радиационному и тепловому балансу могут найти широкое применение для решения проблем охраны окружающей среды и экологического равновесия.






- ვახუშტი ბაგრატიონი. აღწერა სამეფოსა საქართველოსა. თბილისი, 1641.
- გოგიშვილი კ. თბილისის კლიმატი. ცოდნის გამავრცელებელი საზოგადოება, თბილისი, 1960.
- თბილისი /ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გამოკვლევა. გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 1989.
- ჯავახიშვილი შ., კორძაზია მ. თბილისი და მისი მიდამოების ჰავა. საქართველოს ბუნების დაცვა. ტ. IV. გამომც. „საქ. კომპარტიის ცკ“, თბილისი, 1990.
- კორძაზია მ. საქართველოს ჰავა. გამომცემლობა „მეცნიერება“, 1961.
- მარუაშვილი ლ. საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია, I-II გამომცემლობა „მეცნიერება“, 1969, 1970.
- უკლება დ. აღმოსავლეთ საქართველოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონება. გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 1968.
- ჯავახიშვილი შ. თბილისის ჰავა, შრომათა კრებული, ისტორია და გეოგრაფია სკოლაში“, გამომც. „საქ. კომპ. ცკ“, თბილისი, 1990
- Аронин Дж. А.** Климат и архитектура. Изд. Госстройиздат, Л., 1959
- Бартон А., Эдхолм О.** Человек в условиях холода. - М., ИЛ 1957
- Беляева И. П.** О расчетах дневных сумм суммарной радиации на наклонных поверхностях в облачные дни. - Изд. АН Уз. ССР, сер. физ.-мат. наук, 1962, №4
- Берлянд Т. Г.** Распределение солнечной радиации на континентах. - Л., Гидрометеиздат, 1961
- Будыко М. И.** Тепловой баланс земной поверхности. - Л., Гидрометеиздат, 1956

- 
- Будыко М.И., Циценко Г.В.** Климатические факторы теплоощущения человека. - Изд. АН СССР, сер. геогр., 1960, №3
- Будыко М.И.** Эволюция биосферы. - Гидрометеоиздат, Л., 1984
- Будыко М.И.** Глобальная экология. - М., Мысл, 1977
- Борзенкова Н.Н.** О некоторых закономерностях изменения составляющих радиационного и теплового баланса в горных районах - Труды ГГО; вып. 179, Л., 1965
- Владимиров Л.А., Шакаришвили Д.И. и др.** Водный баланс Грузии. - "Мецниереба", Тбилиси, 1974
- Гвасалия Н.В.** Тепловой баланс Грузии. Изд. "Мецниереба", - Тбилиси, 1986
- Гвахария В.К.** Испарение с водной поверхности водоемов Кавказа. - "Мецниереба", Тбилиси, 1974
- Долидзе Д.Ш.** Режим солнечной радиации, подающей на склоны в условиях субтропической зоны Западной Грузии. - Авт. канд. дисс. - Тбилиси, 1977
- Ефимова Н.А.** Радиационные факторы продуктивности растительного покрова. - Л., Гидрометеоиздат, 1977
- Зубенок Л.И.** Испарение на континентах. - Л., Гидрометеоиздат, 1976
- Кондратьев К.Я., Манолова М.П.** Приход рассеянной и суммарной радиации на накопленные поверхности при наличии снежного покрова. - Вестник ЛГУ, сер. физика и химия, вып. 3, 16, 1950

- 
- Константинов Д.Р.** Испарение в природе. Л., 1968
- Кратцер П.А.** Климат города. Изд. Иностранной литературы, М., 1958
- Ландсберг Г.Е.** Климат города. Изд. Иностранной литературы, Л., 1983
- Маркус Т.А., Моррио Э.Н.** Здания, климат и энергия. Изд. Гидрометеоздат, Л., 1969
- Мосидзе Ш.В.** Радиационный и тепловой балансы Тбилиси и его окрестностей. - Труды Тбил. НИГМИ, вып. 1, Л., Гидрометеоздат, 1956
- Мухенберг В.В.** Альbedo поверхности суши земного шара. - Труды ГГО, Вып. 193, Л., 1967
- Рагон М.** Города будущего. изд. "Мир", М., 1969
- Сивков С.И.** Методы расчета характеристик солнечной радиации. - Л., Гидрометеоздат, 1968
- Слонин А.Д.** Животная теплота и ее регуляция в организме млекопитающих. Изд. АН СССР. - М., 1952
- Смит К.** Основы прикладной метеорологии. Изд. Гидрометеоздат. Л., 1978
- Таварткиладзе К.А., Гвасалия Н.В.** Прозрачность атмосферы и ее зависимость от ветра в условиях Тбилиси. Сообщ. АН Груз. ССР, изд. "Мецниереба", Тбилиси, 1973
- Уклеба Д.Б.** Антропогенные ландшафты Грузии. - "Мецниереба", Тбилиси, 1983
- Цуцкиридзе Я.А.** Радиационный баланс территории Закавказья. - Труды ЗакНИГМИ, вып. 15, Л., 1964
- Цуцкиридзе Я.А.** Радиационный и термический режим территории Грузии. - Труды ЗакНИГМИ, вып. 23(29), Л., Гидрометеоздат, 1967



**Циценко Г.В.** Методика расчета температуры поверхности тела человека на основании уравнения теплового баланса. - Труды ЦО, вып. 139, Л., 1963

**Циценко Г.В.** Метеорологические факторы теплового состояния человека. - Автореф. канд. дисс., 1964

**Чиракадзе Г.И.** Климат Тбилиси в новых границах. закНИГМИ, вып. 26(32), изд. Гидрометеоиздат. Л., 1967

**Шихлинский Э.М.** Тепловой баланс Азербайджанской ССР. - Баку, ЭЛМ, 1969.

**Пивоварова З.И.** Радиационные характеристики Климата СССР. - Л., Гидрометеоиздат, 1977

**ElizbaraSvili E., AladaSvili T.** Salar Activity and Climate Centennial Fluctuations in Tbilisi. - Bull. of the Georgian Academy of Sciences, 155, №3, 1999

**Lauscher F.** Warmeausstrahlung und Horizonteinenging, Sitzungsberichte der Academie der Wissenschaft in Wien. Mathematische-naturwissenschaftliche klasse, Wien, 1934, 143

**Lamb H.H.** (1963). What can be find out about the trend of our Climate? Weather, 18.


**Lowry W.P.** (1967). The climate of cities. Scientific American, 277.

**Landsberg H.E.** (1967) Air pollution and urban climate. - In: Tromp, S.W.

**Innadvertent Climate Modification.** The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, 1971

**Flohn H.** Produzieren wir unser eigenes Klima? - "Met. Rundschu", Nov-Der. St. H. 6. 1980

**Kimball H.** Volcanic Eruptions and Selar Radiation Intensities. Monthly Weather Review, v.46. No8, 1948

- 
- Manabe S.** The Dependence of Atmospheric Temperature on the Concentration of Carbon Dioxide. Global effects of Environmental Pollution. Reidel. Publ. Co., Holland, 1970
- Mitchell J.** The effect of Atmospheric Aerosols on Climate with Special reference to Temperature Near the Earth's Surface. - J. Appl. Met., v.10, No4, 1971
- Sagan C., Toon., Pollack J.** Human Impact on Climate: of Global Significance since the Domestication of Fire. - N.V. 1978

შინაარსი

რედაქტორის წინასიტყვაობა .....	3
შ ე ს ა ვ ა ლ ი.....	5
თავი I. ჰავის ფორმირების გეოგრაფიული და ცირკულაციური ფაქტორები .....	8
1. ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება.....	8
2. ატმოსფეროს ცირკულაცია .....	11
თავი II. რადიაციული რეჟიმი	
1. რადიაციული რეჟიმის ფორმირება .....	13
2. მზის ჯამური რადიაცია .....	23
3. მზის პირდაპირი და გაბნეული რადიაცია.....	30
4. ალბედო და შთანთქმული რადიაცია .....	35
5. ეფექტური გამოსხივება .....	43
6. რადიაციული ბალანსი .....	44
7. ადგილობრივი პირობების გავლენა მოსულ რადიაციაზე .....	48
თავი III. სითბური რეჟიმი .....	55
თავი IV ქალაქის ბიოკლიმატური შეფასება .....	63
თავი V ქალაქის კლიმატის ანთროპოგენური ცვლილებები.....	74
თავი VI თბილისისა და მისი შემოგარენის ბიოკლიმატური დარაიონება .....	83
დ ა ს კ ვ ნ ა.....	97
Радиационный режим и биоклиматическая характеристика г.Тбилиси и его окрестностей. Резюме .....	99
ლიტერატურული სია .....	102

# Содержание -



საქართველოს  
აкадеმიის

<b>Предисловие редактора</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава I.</b> Географические и циркуляционные факторы формирования климата .....	8
1. Физико-географическая характеристика .....	8
2. Циркуляция атмосферы .....	11
<b>Глава II.</b> Радиационный режим .....	
1. Формирование радиационного режима .....	13
2. Суммарная солнечная радиация .....	23
3. Прямая и рассеянная солнечная радиация .....	30
4. Алbedo и поглощенная радиация .....	35
5. Эффективное излучение .....	43
6. Радиационный баланс .....	44
7. Влияние местных условий на приходящую радиацию .....	48
<b>Глава III.</b> Тепловой режим .....	55
<b>Глава IV.</b> Биоклиматическая оценка города .....	63
<b>Глава V.</b> Антропогенные изменения климата города .....	74
<b>Глава VI.</b> Биоклиматическое районирование г. Тбилиси и его окрестностей .....	83
<b>Заключение</b> .....	97
Радиационный режим и биоклиматическая характеристика г. Тбилиси и его окрестностей	
<b>Резюме</b> .....	99
<b>Литература</b> .....	102

ნატელა ვახტანგოვნა გვასალია

**Радиационный режим и биоклиматическая  
характеристика г. Тбилиси и  
его окрестностей**

(на грузинском языке)



3C

03/1



Содержание

Предисловие редактора

Введение

Глава I. Географическое положение

Глава II. Радиационный режим

Глава III. Тепловой режим

Глава IV. Биоклиматическое районирование

Глава V. Антропогенное изменение климата города

Глава VI. Биоклиматическое районирование г. Тбилиси и его окрестностей

Заключение

Радиационный режим и биоклиматическая характеристика г. Тбилиси и его окрестностей

Резюме

Литература

მხატვარი: ნელი გვასალია  
 ტექრედაქტორი: ელვარდი ჯოდერდიშვილი  
 მხატვრული რედაქტორი: თენგიზ ჯაფარიძე  
 დამკაბადონებელი: ირმა ფსუტური  
 ოპერატორები: ქეთევან ნიკოლაშვილი  
 ეთერ კოჭლაშვილი  
 მარინა ჯავახიშვილი  
 მონტაჟისტი: ელვა კილასონია

გადაეცა წარმოებას XI.99.ხელმოწერილია დასაბეჭდად  
 27.11.99, ქალაქის ზომა 60x84 1/16, პირობითი ნაბეჭდი  
 თაბახი 7, სააღრიცხვო საგამომცემლო თაბახი 7.5.

შეკვეთა №23 ტირაჟი 300

ფასი სახელშეკრულებო

შპს „კაბადონი“  
 გურამიშვილის გამზირი 84

