

საქართველოს ალექსანდრე ჯავახიშვილის
სახელობის გეოგრაფიული საზოგადოების შრომები

ახალი სერია

I (XIX)



თბილისი
2018

კრებული ორნაწილიანია. პირველი ნაწილი მოიცავს: სტატიებს ანდრია ბენაშვილის ცხოვრებისა და მოღვაწეობის შესახებ, მოგონებებს მასზე და ინფორმაციას თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში მოწყობილი გამოფენის შესახებ.

კრებულის მეორე ნაწილში მოთავსებულია სამეცნიერო შრომები, რომლებშიც: დასაბუთებულია კომპლექსური ეროვნული და საცნობარო ატლასების შექმნის მიზანშეწონილობა; მოცემულია საქართველოს სახელმწიფო საზღვრის დავითგარეჯის მონაკვეთის ტერიტორიული კუთვნილების გეოგრაფიულ-კარტოგრაფიული ანალიზი; საქართველოს სხვადასხვა კლიმატური რეჟიმის მქონე ტერიტორიების მიხედვით დადგენილია საერთო მოღრუბულობასა და ატმოსფეროს მიწისპირული ტემპერატურის ანომალიებს შორის ანალიზური კავშირი; წარმოჩენილია აჭარის სხვადასხვა ტიპის ნიადაგების კლიმატური რეჟიმი; მოცემულია საქართველოს ეროვნული მუზეუმის ზოოლოგიურ კოლექციებში დაცულ ზუთხისნაირთა ბიოგეოგრაფიული დახასიათება. შრომების ნაწილი ეხება ლანდშაფტმცოდნეობის ზოგიერთ თეორიულ საკითხს და ზემო იმერეთის ბუნებათსარგებლობის ძირითადი ბუნებრივ-გეოგრაფიული ფაქტორების მიმოხილვას. კრებულში წინა პლანზე წამოწეულია გარემოსდაცვითი საკითხები: დასაბუთებულია შავი ზღვის სანაპირო ზოლის ნაპირდაცვის საქმიანობაში დაშვებული შეცდომები და შემოთავაზებულია მათი გამოსწორების ინოვაციური გზები, წარმოჩენილია საქართველოს მთელ რიგ რაიონებში ზვავსაშიშროების პრობლემები; აგრეთვე განხილულია ბზიფისა და არაბიკის კირქველ მასივებზე უღრმესი კარსტული უფსკრულების სპელეოგამოკვლევების შედეგები, საქართველოს სპელეოტურისტული პოტენციალის კომპლექსური კვლევის საკითხები; გაანალიზებულია ჩვენი ქვეყნის მოსახლეობის თანამედროვე დემოგრაფიული პრობლემები. კრებულში მოთავსებული შრომების ნაწილი ეძღვნება საქართველოს ტოპონიმების კვლევას.

სარედაქციო კოლეგია არ არის პასუხისმგებელი სტატიებში გამოთქმულ მოსაზრებებსა და მოყვანილ დასკვნებზე.

The collection consists of two parts. The first part includes: articles about Andria Benashvili's life and work, memories on him and information about the exhibition organized at Tbilisi State University.

The second part of the collection includes the scientific works documenting the appropriateness of creation complex national and reference atlases; also the geographical-cartographic analysis of territorial belonging of Davit Gareja section of the state border of Georgia is given; the analytical relation between general cloudiness and anomalies of the surface atmospheric temperature is identified according to the territories with different climatic regimes of Georgia; climate regime of various types of soils of Achara is represented; the biogeographical characterization of Acipenseridae preserved in the zoological collections of the Georgian National Museum is given. Part of the works deals with some of the theoretical issues of landscape studies and review of the main natural-geographical factors of the nature management of Zemo Imereti. Environmental issues are highlighted: mistakes made in the Black Sea coastal protection activities are justified and innovative methods of their improvement are proposed; problems of avalanche hazards in a number of regions are represented; also, the results of the speleological studies of the deepest karst abysses on the limestone massifs of Bzipi and Arabika are discussed, as well as the issues of complex research of Georgia's speleo-tourism potential; is analyzed the modern demographic problems of the population of our country. Some works in the collection deal with the studying toponyms of Georgia.

The Editorial Board is not responsible for the opinions and conclusions in the articles.

ს ა რ ე დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა :

დალი ნიკოლაიშვილი (მთავარი რედაქტორი), **ნანა ბოლაშვილი**, **ქეთევან მგალობლიშვილი** (პასუხისმგებელი მდივანი), **მელორ ალფენიძე**, **ნანა გეთიაშვილი**, **გიორგი გოგსაძე**, **მარიამ ელიზბარაშვილი**, **გულიკო ლიპარტელიანი**, **ლია მაჭავარიანი**, **გიორგი მელაძე**, **ელენე სალუქვაძე**, **ნინო ჩიხრაძე**

Editorial Board:

Dali Nikolaishvili (editor in chief), **Nana Bolashvili**, **Ketevan Mgaloblishvili** (executive secretary), **Melor Alpenidze**, **Nino Chikhradze**, **Nana Getiashvili**, **George Gogsadze**, **Mariam Elizbarashvili**, **Guliko Liparteliani**, **Lia Matchavariani**, **George Meladze**, **Elene Salukvdze**

ტომის რედაქტორები: **დალი ნიკოლაიშვილი**, **ქეთევან მგალობლიშვილი**

ISSN 2587-5450

© საქართველოს ალექსანდრე ჯავახიშვილის სახელობის გეოგრაფიული საზოგადოება

შინაარსი

დალი ნიკოლაიშვილი

ცხრა ფურცელი ანდრია ბენაშვილის ცხოვრებიდან და მოღვაწეობიდან 9

თენგიზ გორდეზიანი, თემურ კიკნაძე

წინაპართა ნაკვალევზე – ანდრია ბენაშვილი 150 27

კობა ხარაძე

ანდრია ბენაშვილი გეოგრაფიის ინსტიტუტის დაარსებისათვის 34

ნოდარ მათიაშვილი

ანდრია ბენაშვილის წვლილი გეოდეზიის განვითარებაში საქართველოს
ტექნიკურ უნივერსიტეტში 39

დავით სართანია

ანდრია ბენაშვილი და ივანე ჯავახიშვილი: ტოპოგრაფიული
განყოფილების ფონდის გადარჩენისათვის 43

შალვა საბაშვილი

საქართველოში უმაღლესი ასტრონომიული განათლებისა და
ასტრონომიულ კვლევათა სათავეებთან 50

ნანა მჭავია

ანდრია ბენაშვილის დაბადების 150 წლის იუბილესადმი მიძღვნილი
გამოფენა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში 60

დავით პაპავა

მოგონებები ანდრია ბენაშვილზე 66

გულიკო ლიპარტელიანი, მანანა ქურთუბაძე

საქართველოს რეგიონების კარტოგრაფირება: კონცეფცია და
მეთოდოლოგია 70

რევაზ თოლორდავა, დალი ნიკოლაიშვილი, თენგიზ გორდეზიანი

დავითგარეჯის სამონასტრო კომპლექსის ტერიტორიული კუთვნილების
გეოგრაფიულ-კარტომეტრიული ასპექტები 79

მელორ ალფენიძე

საქართველოს შავი ზღვის ნაპირდაცვა და თანამედროვე ინოვაცია 92

კუკური თავართქილაძე, ანთაზ ქიქავა

საერთო მოდრუბლულობის გავლენა მიწისპირული ატმოსფეროს ტემპერა-
ტურულ ველზე 111

მანანა სალუქვაძე

საქართველოს ზვავსაშიში რაიონები 117

კუკური წიქარიშვილი, ნანა ბოლაშვილი საქართველოს უღრმესი კარსტული უფსკრულები	129
გიორგი ხომერიკი, დავით მაისურაძე, თეიმურაზ ხუციშვილი საქართველოს სპელეოტურისტული პოტენციალის საკითხისათვის	138
ცირა ქამადაძე, ნაზიბროლა ფაღავა, ნანი ფალავანდიშვილი აჭარის ნიადაგების სითბური რესურსები	151
ნარგიზა ნინუა, მაია ინწკირველი საქართველოს ეროვნული მუზეუმის ზოოლოგიურ კოლექციებში არსებული შავი და კასპიის ზღვების ზუთხისნაირნი	167
ეთერ დავითაია, ზურაბ სეფერთელაძე ლანდშაფტის ენერგეტიკა - ბტკ-ს ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ძირი- თადი პარამეტრი	180
ელენე სალუქვაძე, თამარ ხარძიანი, თამილა ჩალაძე, ქეთევან გოგიძე ზემო იმერეთის ბუნებათსარგებლობის ძირითადი ბუნებრივ-გეო- გრაფიული ფაქტორები	190
გიორგი მელაძე საქართველოს თანამედროვე დემოგრაფიული პორტრეტი (საქსტატის გადაანგარიშებული მონაცემების მიხედვით)	203
კობა ხარაძე ბუნებრივი პირობების ცვალებადობის ამსახველი ტოპონიმია იმერეთში	217
ნანა ხოჭოლავა-მაჭავარიანი ძეგლ- ფუძიან ტოპონიმთა სახელდებისათვის	224

ეთერ დავითაია¹, ზურაბ სეფერთელაძე²

ლანდშაფტის ენერგეტიკა - ბტკ-ს ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრი

აბსტრაქტი. თანამედროვე ფიზიკური გეოგრაფიის და კერძოდ, ლანდშაფტმცოდნეობის განსაკუთრებით დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, პირველ რიგში, გამოიხატება ლანდშაფტების სარესურსო პოტენციალის გამოვლენასა და შესწავლაში, ასევე გარემოს ოპტიმიზაციაში. სარესურსო პოტენციალი კი თავის მხრივ, დიდადაა დამოკიდებული ბტკ-ებში ნივთიერებისა და ენერგიის ცვლის ბალანსზე, ანუ ლანდშაფტის ენერგეტიკაზე. ამ შემთხვევაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების ფუნქციონირების შესწავლა. მისი მეშვეობით შესაძლებელია და შედარებით ადვილად აიხსნება, მოდელირდება და რაც მთავარია, პროგნოზირდება ბტკ-ში მიმდინარე მრავალი რთული პროცესი. ეს ყველაფერი კი, გარემოს ეკოლოგიური პრობლემების, მასზე მონიტორინგისა და საერთოდ, რაციონალური ბუნებათსარგებლობის განხორციელების ძირითადი წინაპირობაა.

საკვანძო სიტყვები. ლანდშაფტის პოტენციური ენერგია, ოპტიმიზაცია, მზის რადიაცია, ენერგეტიკული პარამეტრი.

ძირითადი შედეგები. ლანდშაფტის ფუნქციონირებას თან ახლავს ენერგიის წარმოქმნა, გარდაქმნა, დაგროვება და გამოთავისუფლება. ენერგიის პირველადი ნაკადები ლანდშაფტში ხვდება გარედან – კოსმოსიდან და მიწის წიაღიდან. მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია მზის სხივური ენერგია, როცა სხივების ნაკადი, თავისი სიმკვრივით მრავალჯერ აღემატება ენერგიის ყველა სხვა წყაროს [Арманд, 1975]. მზის სხივური ენერგია ლანდშაფტის ფუნქციონირებაში ყველაზე ეფექტურია. მას აქვს უნარი გარდაიქმნას ყველა სხვა სახის ენერგიად, პირველ რიგში, სითბურ, ასევე ქიმიურ, ელექტრონულ და მექანიკურ ენერგიებად. მზის ენერგიის მეშვეობით ხორციელდება შიდაცვლის პროცესები ლანდშაფტში, ტენზუნვის, ტრანსპირაციისა და ბიოლოგიური მეტაბოლიზმის ჩათვლით. უნდა ითქვას, რომ ლანდშაფტში მიმდინარე ყველა პროცესი და ასევე, კომპონენტთა შორის ორგანიზაციული კავშირები, პირდაპირ თუ ირიბად დაკავშირებულია მზის ენერგიის ტრანსფორმაციასთან, რაც ბტკ-ებში მიმდინარე ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პროცესია, რომელიც თავის თავში მოიცავს რადიაციულ და სითბურ ბალანსს, ასევე ალბედოს. ისინი ლანდშაფტის ენერგეტიკის განმსაზღვრელი მნიშვნელოვანი მახასიათებლებია, რასთანაც არის დაკავშირებული ბტკ-ს ფუნქციონირების წლიური, სეზონური და დეკადური ხასიათი. მათ საკმაოდ დიდი როლი ენიჭებათ ლანდშაფტის ენერგეტიკული დონის განსაზღვრაში.

რაც შეეხება **რადიაციული ბალანსის** სიდიდეს, რომელსაც ნარჩენ რადიაციასაც უწოდებენ, მზის ენერგიის ის ნაწილია, რომელიც რჩება ბტკ-ში და იხარჯება მასში მიმდინარე პროცესებზე, როგორცაა: სითბოცვლა ნიადაგთან, ტურბულენტური

¹ ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, გეოგრაფიის დეპარტამენტი, ასისტენტ პროფესორი.

² ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, გეოგრაფიის დეპარტამენტი, პროფესორი.

თბოცვლა ატმოსფეროსთან, სითბოს ხარჯვა აორთქლებაზე, სითბოს ხარჯვა ფოტოსინთეზზე და სხვ. ბუნებრივია, რომ ეს მაჩვენებელი განსხვავდება ბუნებრივი ზონებისა და ცალკეული რეგიონების მიხედვით (ცხრ. 1, 2). ის მატულობს მაღალი განედებიდან დაბლისაკენ და დაბალმთიდან მაღალმთისაკენ. ამის ნათელი დადასტურებაა ე.წ. ტროფიკული პირამიდა, სადაც ნაჩვენებია, თუ როგორ იხარჯება მზის ენერგია სხვადასხვა სახის ცოცხალ ორგანიზმზე – რაც უფრო მაღლა ავდივართ ამ პირამიდაში, მით უფრო ნაკლებ ენერგიას მოიხმარს ბტკ ფუნქციონირებისათვის.

ცხრ.1. რადიაციული ბალანსის განაწილება, ბუნებრივი ზონების მიხედვით, კკალ/სმ²

ბუნებრივი ზონა	რადიაციული ბალანსი, კკალ/სმ²
არქტიკული	≤10
ტაიგა	30-40
ფოთლოვანი ტყეები	40-50
ნოტიო სუბტროპიკები	50-75
ნოტიო ეკვატორული	80-90

ცხრ. 2. ტენზრუნვის რაოდენობრივ-ხარისხობრივი მაჩვენებლები ფიტოცენოზის მიხედვით

ფიტოცენოზი	აორთქლება, %	ნალექების რაოდენობა, მმ
ფოთლოვანი ტყეები	143-160	960-1400-1500
წიწვიანი ტყეები	46-55	1250
ტუნდრა	16-20	500
სტეპი	46	430-560
ალპური მცენარეულობა	1.0-1.7	100

ტენზრუნვასთან მჭიდროდაა დაკავშირებული ტენის არსებობა და მისი ბრუნვა ბტკ-ში. ამ საკითხის შესწავლას ყურადღება დაუთმო მრავალმა ეკოლოგმა (პ. დიუვინო, მ. ტანგი, ი. ოდუმი) და გეოგრაფმა. მაგალითად, ლ. ლვოვიჩმა გამოთვალა ტენის ბალანსის სიდიდე (ცხრ. 2) ცალკეული ბუნებრივი ზონებისათვის და დადგენილ იქნა ტენზრუნვის რაოდენობრივ-ხარისხობრივი მაჩვენებლები ცალკეული ფიტოცენოზის მიხედვით [ბერუჩაშვილი და სხვ. 1992], როგორც ირკვევა, მუხნარ-ფოთლოვანი ტყის ზონაში წლის მანძილზე საშუალოდ მოსული 900-1500 მმ ატმოსფერული ნალექის 52.5%, ხელახლა უბრუნდება ატმოსფეროს, ტრანსპირაციისა და ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებული წყლის სახით; 47% – ჩაიწონება ნიადაგში და მხოლოდ 0.5% გროვდება ბიომასის ნაზარდში.

მზის ენერგიის ნაკადებთანაა დაკავშირებული ლანდშაფტებში მეტაბოლიზმის სივრცე-დროითი მოწესრიგების საკითხიც. **მზის ენერგიით უზრუნველყოფა** განსაზღვრავს (ტენით თანაბარი უზრუნველყოფის პირობებში) ლანდშაფტის ფუნქციონირების ინტენსივობას, ხოლო ინსოლაციის სეზონური რყევა უმთავრესად განაპირობებს ფუნქციონირების წლიურ ციკლს. დედამიწის ზედაპირზე მზის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, ძირითადად, გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად და საბოლოო ჯამში, ლანდშაფტებში ტრანსფორმაციის შემდეგ, გამოსხივდება კოსმიურ სამყაროში.

მზის ენერგიის გარდაქმნა იწყება ჯერ კიდევ ატმოსფეროს ზედა ფენებში, მაგრამ ეს პროცესი უფრო ინტენსიურია დედამიწის ზედაპირთან. ჯამური რადიაცია, აღწევს რა ზედაპირს, ნაწილობრივ აირეკლება მისგან. მზის რადიაცია კი, დახარჯული არეკვლაზე, დამოკიდებულია ზედაპირის ხასიათზე და გამოიხატება ალბედოს სიდიდით.

შემოსული მზის რადიაციის გარდაქმნა ხდება მისი ნაწილის არეკვლით დედამიწის ზედაპირიდან. არეკვლაზე დახარჯული რადიაციის სიდიდე ფართოდ მერყეობს ლანდშაფტის ზედაპირის ხასიათის მიხედვით. მაგალითად, ახლად დათოვლილი ზედაპირის ალბედოა 0.8-0.95, დნობადი თოვლისა – 0.3-0.6, ღია ფერის ნიადაგისა (ასევე ქვიშის) და ღია ფერის ქანების – 0.2-0.4, მუქი ქანებისა და ნიადაგების – 0.05-0.1, ფოთლოვანი ტყეების – 0.15-0.2 და წიწვიანი ტყეების – 0.1-0.15 და ა.შ. [სამუკაშვილი, 2015] ასევე ძლიერ განსხვავდება ეფექტური გამოსხივება ტემპერატურის, ტენიანობისა და ღრუბლიანობის მიხედვით. ჯამური რადიაციის საკმაოდ დიდ ნაწილს ჰკარგავს პოლარული მხარის ლანდშაფტები (87%), შემდეგ – ტუნდრის ლანდშაფტები (80%), უდაბნოს და ჭაობის ლანდშაფტები (65%). ჯამური რადიაციის ყველაზე მცირე დანაკარგია ეკვატორული ტყეების ლანდშაფტებში (47%). საშუალოზე დაბალია ეს მაჩვენებელი სტეპურ, ტყე-სტეპურ და ფართოფოთლოვანი ტყეების ლანდშაფტებში და აღწევს 59-62%-ს [სამუკაშვილი, 2015].

ლანდშაფტის ფუნქციონირებისას რადიაციულ ბალანსის დიდი ნაწილი იხარჯება ევაპოტრანსპირაციაზე ანუ, ლანდშაფტის მცენარეული და ნიადაგური კომპონენტების ზედაპირიდან წყლის ჯამურ აორთქლებაზე, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ის ძირითადად ტენზრუნვასა და ჰაერის გათბობაზე დახარჯული ენერგიაა. ეს ორი პარამეტრი განსხვავებულია ლანდშაფტების მიხედვით, რაც გამოხატულია ზონალობით, კერძოდ, ჰუმიდურ ლანდშაფტებში რადიაციული ბალანსის დიდი ნაწილი იხარჯება ევაპოტრანსპირაციაზე, ხოლო არიდულ ლანდშაფტებში ატმოსფეროში სითბოს ტურბულენტურ ნაკადზე (ცხრ. 3).

ენერგიის დიდი რაოდენობის ხარჯვა ტრანსპირაციაზე აიხსნება მცენარეულობის მინერალური ნივთიერებებით უზრუნველყოფის აუცილებლობით. ბუნებრივია, ენერგიის ეს დანაკარგი არის ფოტოსინთეზის დაბალეფექტურობის მიზეზი და ეს იწვევს ლანდშაფტების ბიოლოგიური პროდუქტულობის დაქვეითებასა და მის ლიმიტირებას. როგორც ცხრ. #2-დან ჩანს, ლანდშაფტებში, რომლებიც ტენით უზრუნველყოფილია, ტრანსპირაციაზე იხარჯება რადიაციული ბალანსის ენერგიის 60-80%, ეკვატორულ ტყეებში კი იგი ზოგან 100%-საც აღწევს.

მზის ენერგიის ტრანსფორმაცია მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ბიოტაში, თუმცა ფოტოსინთეზის ბიოქიმიურ რეაქციაზე იხარჯება მხოლოდ 0.5% (ჯამური რადიაციის მთლიანი ნაკადიდან), ხოლო 1.3% – რადიაციული ბალანსის მთლიანი რაოდენობიდან. ფოტოსინთეზისას გამოიყენება ე.წ. ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია (ფარ), რაც ჯამური რადიაციის 45%-ს შეადგენს. მცენარეული საფარი შთანთქმავს ფარის 90%-ს, თუმცა მისი მნიშვნელოვანი ნაწილი იხარჯება ტრანსპირაციაზე და მხოლოდ 0.8-1% ხმარდება უშუალოდ ფოტოსინთეზს [გვასალია, 1986]. ფოტოსინთეზის მარგი ქმედების კოეფიციენტიც (მქკ) იცვლება ბუნებრივი ზონების მიხედვით. იგი ყველაზე მაღალია ეკვატორზე, სადაც არის სითბოსა და ტენის ოპტიმალური თანაფარდობა, ხოლო უმცირესია – უდაბნოებსა და პოლარულ მხარეებში. მაღალია ეს კოეფიციენტი შავიზღვისპირეთის ნოტიო სუბტროპიკებშიც – 2%-მდე [გვასალია, 1986]. ფოტოსინთეზზე დახარჯული ენერგიის დაახლოებით ნახევარი გამოთავისუფლდება პროდუცენტების სუნთქვისას, დანარჩენი ნაწილი კი ინახება სუფთა პირველადი

პროდუქციის სახით. ფიტომასაში აკუმულირებული ენერგიის საშუალო რაოდენობა (1კგ მშრალი ნივთიერებიდან) – 18.5 კჯოულის ტოლია და იზრდება დაბალი განედებიდან მაღლისაკენ. მაგალითად, ნოტიო ეკვატორული ტყეებში ის შეადგენს 16-17 კჯოულს, ფართოფოთლოვან ტყეებში – 17019 კჯოულს, წიწვიან ტყეებში ეს მაჩვენებელი 20 კჯოულის ტოლია, ხოლო ბუჩქნარ ტუნდრაში – 21-24 კჯოულის.

ცხრ. 3. სითბოს დანაკარგი აორთქლებაზე და ტურბულენტურ ცვლაზე ლანდშაფტური ზონების მიხედვით

ბუნებრივი ზონები	რადიაციული ბალანსი, მჯოულ/მ ² -წწ	აორთქლებაზე დახარჯული ენერგია		ტურბულენტურ ცვლაზე დახარჯული ენერგია	
		მჯოულ/მ ² -წწ	%	მჯოულ/მ ² -წწ	%
ტუნდრა	625	500	80	125	20
ტაიგა	1350	1125	83	200	18
ფართოფოთლოვანი ტყეები	1550	1300	84	225	16
ტყესტეპი	1600	1280	80	250	16
სტეპი	1800	1130	63	670	37
ნახევრად უდაბნო	1900	615	32	1285	68
უდაბნო	2150	280	18	1770	82
სუბტროპიკული ნოტიო ტყეები	2500	2000	80	500	20
ტროპიკული უდაბნოები	2700	< 200	5	2500	95
გაუდაბნოებული სავანა	3000	600	20	2400	80
ტიპიური სავანა	3150	1650	52	1500	48
ეკვატორული ნოტიო ტყეები	3500	3150	90	350	10

წყარო: <http://www.geograf-stud.ru/landshaftovedenie-lektsii/366-jenergetika-landshafta-i-intensivnost.html>

ამგვარად, ლანდშაფტების ფუნქციონირების ინტენსივობა განისაზღვრება რამდენიმე პარამეტრით. ესენია:

1. კლიმატის ბიოლოგიური ეფექტურობის მაჩვენებელი (Tk), რომელიც განისაზღვრება, 100-ზე მაღალ ტემპერატურათა ჯამისა და 1-ის ტოლ დანესტიანების კოეფიციენტით.

2. ტრანსპირაციაზე დახარჯული სითბოს რაოდენობა (E).

3. ფიტომასის პროდუქციის პირველადი სიდიდე (P).

მცენარის წლიური მოთხოვნა აზოტსა და ნაცრის ელემენტებზე (MN). ბუნებრივია, ამ მხრივ. ყველაზე მაღალი მაჩვენებლებით გამოირჩევა ნოტიო ეკვატორული ტყეები (ცხრ. 4).

ლანდშაფტში მიმდინარე სხვა სითბურ ნაკადებზე რადიაციული ბალანსის მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობა იხარჯება, თუმცა ეს ნაკადები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ლანდშაფტის ფუნქციონირებაში.

დედამიწის ზედაპირსა და ნიადაგ-გრუნტს შორის თბოცვლა ციკლურ ხასიათს ატარებს: წლის თბილ პერიოდში თბილი ნაკადი მიმართულია ზედაპირიდან ნიადაგისაკენ, ცივ პერიოდში კი – პირიქით. ამასთან ამ თბოცვლის ინტენსივობა მაღალია კონტინენტურ ლანდშაფტებში, ჰაერისა და ნიადაგის ტემპერატურების მკვეთრად გამოხატული მერყეობით. გარდა ამისა, თბოცვლის სიდიდე დამოკიდებულია ნიადაგ-

გრუნტის სინოტივესა და ლითოლოგიურ შემადგენლობაზე. ამასთან, ტორფიან-ჭაობიანი ფენა ასრულებს თბოიზოლატორის როლს და აფერხებს თბოცვლას ატმოსფეროსა და ნიადაგს შორის. ამიტომ, ტყეების ქვეშ მზის სითბური ნაკადის რაოდენობის შემცირების გამო, ნიადაგის ზედაპირზე თბოცვლა სუსტია, ვიდრე უტყეო ადგილებში. თბოცვლა ნიადაგში აღწევს დაახლოებით 10-20 მ-ის სიღრმემდე. მისი სიდიდე წლიური რადიაციული ბალანსის რამდენიმე პროცენტს შეადგენს (მაგალითად, ტუნდრაში იგი 10%-მდეა).

ცხრ. 4 ლანდშაფტების ფუნქციონირების ინტენსივობის მაჩვენებლები

ლანდშაფტები	T _k , %	P, %	E, %	MN, %
ნოტიო ეკვატორული ტყეები	100	100	100	100
სუბეკვატორული ტყეები	96	80	82	80
ტროპიკული ტყეები	87	60	77	80
სუბტროპიკული ნოტიო ტყეები	66	60	68	50
სავანა ტიპური	32	35	51	35
სუბბორეალური ფართოფოთლოვნები	28	34	43	26
სუბბორეალური ტყესტეპი	20	35	41	35
სამხრეთჭაობიანი ტყეები	17	22	33	15
ჩრდილოჭაობიანი ტყეები	11	12		
ტყეტუნდრა	7	11	20	7
ტუნდრა ტიპური	2	6	10	5
არქტიკული ტუნდრა	0	4	8	2

წყარო: <http://www.geograf-stud.ru/landshaftovedenie-lektsii/366-jenergetika-landshafta-i-intensivnost.html>

რაც შეეხება გეოსისტემის ტოპოლოგიურ, ანუ ლანდშაფტურ-მორფოლოგიურ (შიდა ლანდშაფტურ) ენერგეტიკას, ეს საკითხი ნაკლებად არის შესწავლილი [Шуш-нев, 1981]. ლანდშაფტის ენერგეტიკის განსაკუთრებული ასპექტი დაკავშირებულია მექანიკური ენერგიის ნაკადებთან, რომელსაც ორმაგი ბუნება აქვს: ის ხორციელდება ერთი მხრივ, ტექტონიკური პროცესების ენერგიის ხარჯზე, რომელიც „კონსერვირებულია“ დედამიწის ქერქში და მეორე მხრივ, კი – მზის სხივების ენერგიის ხარჯზე. „წყალქვეშა“ ენერგიის (მსოფლიო ოკეანის ქვეშა) სახით დაგროვილია დაახლოებით 3×10^{18} მჯოული პოტენციური მექანიკური ენერგია (თითქმის 3-ჯერ მეტი, ვიდრე დედამიწის ზედაპირზე წლის განმავლობაში მიღებული მზის ენერგია) [სამუკაშვილი, 2015]. ამ მარაგის მეათმედილიონედი ნაწილი ყოველწლიურად რეალიზდება დენუდაციაში და გარდაიქმნება კინეტიკურ ენერგიად. მიუხედავად ამ ციფრის სიმცირისა, მასთან დაკავშირებულია მყარი მასალის უზარმაზარი ნაკადი. რაოდენობრივი თვალსაზრისით, 2-3-ჯერ მეტია მექანიკური ენერგიის ნაკადის სიდიდე, რომელიც მიმდინარეობს მზის სითბური ენერგიის ხარჯზე და, რომელიც განაპირობებს ჰაერისა და წყლის მასების გადაადგილებას დედამიწის ზედაპირზე. მაგალითად, ქარის მექანიკური ენერგია წლიურად 10^{14} მჯოულია, ხოლო წყლის ენერგია – 10^{13} მჯოულს შეადგენს [სამუკაშვილი, 2015].

ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში გეოსისტემის პოტენციური, მექანიკური ენერგია და მუშაობის სიდიდე, შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვა ჰიფსომეტრულ სიმაღლეზე მდებარე მასის სიმძიმის ძალების პოტენციალის („მდგომარეობის ენერგია“) შედარებით. მაგალითად, თუ 20 მ სიმაღლის შუალედით მდებარე 1 ჰა ფართობიდან

დენუდაციის წლიური ფენა 0.1 მმ-ია, ხოლო მოცულობითი მასა $-2,5 \text{ გ/სმ}^3$, მაშინ გადაადგილდება $2,5 \cdot 10^3 \text{ კგ}$ მასალა, მის გადაადგილებაზე შესრულებული მუშაობა კი შეადგენს $2,5 \cdot 10^3 \text{ კგ} \times 9,8 \text{ მ/სმ}^2 \times 20 \text{ მ} = 4,9 \text{ მჯოულ/მ}^2\text{-ს}$. იმავე ფართობიდან, 300 მმ წლიური ჩამონადენის შესაქმნელად, მიმდინარე წყლის ნაკადის მიერ შესრულებული მუშაობა – $A = 3 \cdot 10^5 \text{ კგ} \times 9,8 \text{ მ/სმ}^2 \times 20 \text{ მ} = 59 \text{ მჯოულ/ჰა-ის ტოლია}$ [Гонгадзе, 1985]. ეს მონაცემები შეიძლება იყოს ლანდშაფტის ფუნქციონირების ინტენსივობის ერთ-ერთი მაჩვენებელი. ერთიანი შეფასების სისტემის არსებობა, ამ შემთხვევაში სადისკუსიოა, თუმცა ფუნქციონირების ცალკეული მაჩვენებლების (მზის ენერგიის ტრანსფორმაცია, შიდა ტენზიონი, ნივთიერებების ბიოლოგიური წრებრუნვა და სხვ.) მიხედვით, ლანდშაფტების შედარება გარკვეულ წარმოდგენას იძლევა ლანდშაფტის ფუნქციონირების ინტენსივობის შესახებ [Hidore, 2001]. მაგალითად, მით უფრო მაღალია ეს მაჩვენებელი, რაც უფრო ინტენსიურია მასში ენერგიისა და ნივთიერების წრებრუნვა და, რაც გამოიხატება ლანდშაფტის ბიოლოგიური პროდუქტულობის სიდიდით. თავის მხრივ, ყველა ჩამოთვლილი პროცესი განისაზღვრება თბოუზრუნველყოფისა და ტენიის თანაფარდობით. აღსანიშნავია, რომ დღემდე არ არის მიღებული ამ ორი სიდიდის საყოველთაოდ მიღებული ურთიერთთანაფარდობის კოეფიციენტი. ამ მხრივ, შედარებით სრულყოფილია ნ. ივანოვის მიერ წარმოდგენილი „კლიმატის ბიოლოგიური ეფექტურობის მაჩვენებელი“ (თკ), მიღებული 10^0 -ზე მაღალ ტემპერატურათა ჯამის გამრავლებით დანესტიანების წლიურ კოეფიციენტზე. ამ შემთხვევაში ოპტიმალურ ზღვრულ მაჩვენებლად მიღებულია 1, რის ზემოთ დანესტიანება არ ახდენს დადებით ეფექტს ლანდშაფტის პროდუქტულობასა და საერთოდ მის ფუნქციონირებაზე, თუმცა ეს კოეფიციენტი „არ მუშაობს“ პოლარულ მხარეებში, სადაც ტემპერატურა 10^0 -ზე მაღალი არ არის.

დ. არმანდის [1975] მიხედვით, ენერგია, ზოგადად, რის საფუძველზეც „მუშაობს“ ლანდშაფტი, იყოფა ორ ნაწილად: გაცვლითი და დაგროვებითი. ლანდშაფტური კომპლექსის ენერგეტიკული დონის გაცვლითი ნაწილი (E_g) მოიცავს: შემოსულ მზის ენერგიას (E_1), ჰაერისა და წყლის მასების მიერ შემოტანილ სითბოს რაოდენობას (T_1), წყლების ფაზური ბრუნვის სითბოს (T_2), მიწის წიაღის შინაგან სითბოს (T_3); ასევე მოიცავს მოსული ატმოსფერული ნალექების კინეტიკურ ენერგიას (E_k) და მათ პოტენციურ ენერგიას (ჩამონადენის რაოდენობა) - E_p

$$E_g = E_1 + T_1 + T_2 + T_3 + E_k + E_p$$

ლანდშაფტის ენერგეტიკული დონის დაგროვებითი ნაწილი (E_a) განისაზღვრება ქანების, ტბების, მდინარეული წყლების, მცენარეების დენუდაციის დონის ინტენსივობით – (D_1), (ეროზიის ბაზისის ხაზს ზემოთ), სმ-ით, არაორგანულ ნაერთთა ქიმიური ენერგიით (E_n) და ორგანულ ნაერთთა პოტენციური ენერგიებით (E_o).

$$E_a = D_1 + E_n + E_o$$

აღსანიშნავია, რომ ენერგიის დაგროვებითი ნაწილი ლანდშაფტში ერთგვარად დაკონსერვებულია და ის მონაწილეობას ღებულობს ლანდშაფტის განვითარებაში მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ის გამოთავისუფლდება. ეს ჩვეულებრივ, მიმდინარეობს გაცვლითი ენერგიის ხარჯზე.

გეოფიზიკური, კერძოდ ბალანსირების მეთოდის გამოყენებით, შესაძლებელია ლანდშაფტის უმცირესი მორფოლოგიური ერთეულის – ფაციესის დონეზე ძირითადი ენერგეტიკული ბალანსის (მჯ/მ, წწ-ში) განსაზღვრა, ფორმულით:

$$B = LE + LT + Pa + P + F + A + Bz - LC,$$

სადაც, B – რადიაციული ბალანსია, L – აორთქლების ფარული სითბო, E – ფიზიკური აორთქლება, T – ტრანსპირაცია, Pa – სითბოს დანაკარგი დახარჯული ატმოსფეროსთან თბოცლაში, p – მცენარეული საფარის თბოცვლა, F – მზის ენერგიის ასიმილაცია ფოტოსინთეზის შედეგად, A – სითბოს ნაკადი ნიადაგში, Bz – სითბოს გამოტანა ჩამონადენის მიერ, LC – სითბო, წყლის ორთქლის კონდენსაციით.

და ბოლოს, მნიშვნელოვანია საკითხის დასმის სახით – ლანდშაფტის ენერგეტიკული მახასიათებლების მოდელირების პრობლემა, პროგრამა GIS SAGA-ს მეშვეობით, რომელიც პირველად დამუშავდა გიოტინგენის უნივერსიტეტის ფიზიკური გეოგრაფიის დეპარტამენტში. ამჟამად კი ეს კვლევები ხორციელდება ჰამბურგის უნივერსიტეტში. პროგრამას აქვს მოდულური სტრუქტურა და ფლობს ანალიზის მრავალფეროვან ინსტრუმენტებს. ლანდშაფტების ენერგეტიკული მახასიათებლების ანალიზისას გამოიყენება მოდულების ჯგუფი *Terrain Analysis – Lightning – Potential Incoming Solar Radiation*. ეს პროგრამა ამ ამოცანის გადასაწყვეტად იყენებს ორ ძირითად ენერგეტიკულ პარამეტრს – მზის რადიაციას და გრავიტაციულ ენერგიას (ამ უკანასკნელში ძირითადად იგულისხმება რელიეფის ენერგია) და აღნიშნული პარამეტრების შეფასება ლანდშაფტის ენერგიის ყველაზე მძლავრ ინსტრუმენტადაა მიჩნეული.

ბტკ-ს ბიოენერგეტიკული მახასიათებლების შეფასებისას გამოიყენება ე.წ. ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია (ფარ), რომელიც წარმოადგენს მცენარისათვის ძირითად ენერგეტიკულ ნაკადს იმდენად, რამდენადაც ის წარმართავს ისეთ მნიშვნელოვან ფიზიოლოგიურ პროცესს, როგორიცაა ფოტოსინთეზი და გამოითვლება ფორმულით:

$$FAR = 0.4R_p + 0.62R_r,$$

სადაც, R_p – მზის პირდაპირი რადიაციის, ხოლო R_r – გაბნეული რადიაციის სიდიდეებია.

წინა პერიოდის კვლევები უფრო ზოგადი, პლანეტრული ხასიათისაა და ეხება ლანდშაფტის უფრო მაღალ რანგს, ახლა კი, როცა დადგა საკითხი რეგიონულ და იმპაქტურ დონეზე ბტკ-ს ენერგიის განსაზღვრისა, აღმოჩნდა, რომ ეს პროცესი საკმაოდ რთულია და ის შესაძლებელია განისაზღვროს ბტკ-ს უფრო დაბალ, უმცირეს ნაწილებად დაშლის შემთხვევაში, ანუ გეომასების დონეზე. ამ დონეზე ლანდშაფტის ენერგეტიკული დონის შეფასებისას, არის ენერგიის მეორე ძირითადი წყარო – გრავიტაციული ენერგია, რომლის როლი ლანდშაფტის ფუნქციონირებაში ძალზე დიდია და მისი ტრანსფორმაცია ბუნებრივ კომპლექსებში გამოიხატება ისეთი მახასიათებლებით, როგორიცაა მთლიანად კომპლექსის პოტენციური ენერგია და ცალკეული გეომასების მუშაობა,

$$E_g = E_p + \sum A_n,$$

სადაც, E_p – ლანდშაფტის პოტენციალური ენერგიაა, $\sum A_n$ – ცალკეული გეომასების მუშაობის არითმეტიკული ჯამი.

თავის მხრივ, ლანდშაფტის პოტენციალური ენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$E = mgh,$$

სადაც, m – ლანდშაფტის მასაა, g – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება (9,81 მ/სმ²), h – ლანდშაფტის (გეოპორიზონტების) აბსოლუტური სიმაღლე (ლოკალურ დონეზე კვლევისას შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სიმაღლეთა სხვაობის მნიშვნელობა). ამ მაჩვენებლის შემოღება განპირობებულია იმით, რომ ლანდშაფტური კომპლექსების ჰიფსომეტრული განსხვავებულობა დიდად განსაზღვრავს გრავიტაციული ენერგიის

სიდიდეს, კერძოდ, ეს გამოიხატება ამა თუ იმ ლანდშაფტწარმომქმნელი პროცესების (ეროზია, ზევა, მეწყერი) ხასიათსა და ინტენსივობაში.

რაც შეეხება გრავიტაციული ენერგიის მეორე მაჩვენებელს, ის განისაზღვრება ძირითადად ცალკეული გეომასის (ლითო-ჰიდრო-ფიტო და ა.შ.) მუშაობით და გამოითვლება ფორმულით:

$$A = mg(H_1 - H_2) ,$$

სადაც, m – გეომასის სიდიდეა, g – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ($9,81 \text{ მ/წმ}^2$), $(H_1 - H_2)$ – სიმაღლეთა შორის სხვაობა. აქვე უნდა ავღნიშნოთ, რომ თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ძალზე მნიშვნელოვანი პარამეტრია და ის განსაზღვრავს ლანდშაფტში მიმდინარე მთელ რიგ პროცესებს და მათ ინტენსივობას, კერძოდ, ატმოსფერული ნალექების მოსვლასა და მის ფილტრაციას ნიადაგში, ბიოგეოციკლის პროცესებს, ზედაპირულ და მიწისქვეშა ჩამონადენს, ფერდობულ გრავიტაციულ პროცესებს და სხვ.

ასე, რომ ლანდშაფტში ურთიერთზემოქმედების არსი შემოიფარგლება არა მხოლოდ კომპონენტთა, ან მომიჯნავე კომპლექსებს შორის ტიპოლოგიურ დონეზე ნივთიერებისა და ენერგიის წრებრუნვით, არამედ ნივთიერ-ენერგეტიკული ნაკადების ტრანსფორმაციით, რაც იწვევს სხვადასხვა საპასუხო რეაქციებს გეოსისტემის ყოველ ბლოკში, რის შედეგადაც ეს უკანასკნელი იძენს ახალ თვისებებს.

ამდენად, ამ საკითხებზე ყურადღების გამახვილება და კვლევითი სამუშაოების ჩატარება, როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობით, ჩვენი აზრით, ძალზე საინტერესო და აქტუალურია.

დასკვნები. ენერგია ლანდშაფტის მუდმივი და მნიშვნელოვანი მდგენელია, რომელიც განსაზღვრავს ბტკ-ს ერთიანობასა და მთლიანობას, კომპონენტებისა და პროცესების ფუნქციონირებასა და მათ ურთიერთკავშირს. ენერგია წარმოაჩენს და, თუ შეიძლება ითქვას, ხორცს ასხამს ლანდშაფტებს, როგორც კომპლექსს, ერთიანს და მთლიანს მთელი თავისი მოცულობით, ასევე მის ლითოგენურ საფუძველს, ლანდშაფტის ფარგლებში არსებულ წყლებს, ჰაერის მასებსა და ცოცხალ ორგანიზმებს. სწორედ ენერგია აკავშირებს და ახორციელებს სრულად და უნივერსალურად ლანდშაფტში მიმდინარე ყველა პროცესსა და მოვლენას.

ლანდშაფტის ენერგეტიკული დონის განმსაზღვრელია გრავიტაციული ენერგია, რომლის როლი ლანდშაფტის ფუნქციონირებაში ძალზე დიდია და მისი ტრანსფორმაცია ბუნებრივ კომპლექსებში გამოიხატება ისეთი მახასიათებლებით, როგორიცაა მთლიანად კომპლექსის პოტენციური ენერგია და ცალკეული გეომასების მუშაობა:

$$E_g = E_p + \sum A_n ,$$

სადაც, E_p – ლანდშაფტის პოტენციური ენერგიაა, $\sum A_n$ – ცალკეული გეომასების მუშაობის არითმეტიკული ჯამი.

ბტკ-ს ფუნქციონირებაში განსაკუთრებული როლი ენიჭება ლითომასებს, რომლის მასის განსაზღვრავად შესაძლებელია ბუნებრივი დენუდაციის მონაცემების გამოყენება [გონგაძე, 1985], რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$D_n = V_{dt} + V_{dw} ,$$

სადაც, D_n – ბუნებრივი დენუდაციის ინტენსივობაა, V_{dt} – ტექტონიკური მოძრაობებით გადაადგილებული მინერალური მასის წლიური მოცულობა (მ^3), V_{dw} – დენუდაციის წლიური მოცულობა (მ^3), რასაც სამთო ზემოქმედების ზონაში ემატება ანთროპოგენური დენუდაციის მაჩვენებელიც:

$$D_a = V_a + V_{aa} ,$$

სადაც, D_a – ანთროპოგენური დენუდაციის ინტენსივობა (მ-ში), V_a – ანთროპოგენური დენუდაციის მოცულობა (მ³), V_{aa} – ანთროპოგენური აკუმულაციის (ტერიკონები და ნაყარი მიწები) მოცულობა (მ³).

ლიტერატურა

1. დავითაია ე., სეფერთელაძე ზ. ლანდშაფტმცოდნეობა და ლანდშაფტურ-ეკოლოგიური პრობლემები. თბ., 2014. გვ. 128-134.
2. ბერუჩაშვილი ნ., ელიზბარაშვილი ნ., ნიკოლაიშვილი დ., ლანდშაფტმცოდნეობა (სალექციო კურსი). თბ., 1992, 134 გვ.
3. სამუკაშვილი რ., კავკასიის ტერიტორიის რადიაციული რეჟიმი და ჰელიოენერგეტიკული რესურსები. თბ., 2015. უნივერსალი, 336 გვ.
4. Арманд А. Д. Роль моделей в изучении природных комплексов-в кн. Методика ландшафтных исследований. Л. 1975. с. 115-129.
5. Беручашвили Н. Л. Четыре измерения ландшафта. М. 1986. 182 с.
6. Беручашвили Н. Л. Некоторые вопросы структуры функционирования природных комплексов. В кн. Ландшафтоведение. Тб., 1972, с. 26-32.
7. Гвасалия Н. В. Тепловой баланс Грузии. Тб. 1986. с. 77-102.
8. Гонгадзе М. А. Антропогенные преобразования рельефа в Грузии. Автореф. Баку. 1985. с. 10-14
9. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. М. Мысль. 1980. 256 с.
10. Львович М., Вода и Жизнь: Водные ресурсы, их преобразование и охрана. М. 1986. 256 с.
11. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. Изд. Высшая школа. М. 1975. 342 с.
12. Щуйцев Ю. К. Некоторые особенности энергетики южнотаетжных ельников. Вопросы географии. 1981. №117. с. 208-215.
13. Z. Seperteladze, E. Davitaia, T. Kikvadze. Natural Anthropogenic Mining Complexes and the Problems of their Optimization. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 175, no 3, 2007. pp. 64-66
14. Энергетика ландшафта и интенсивность функционирования. Лекционный курс.
15. <http://www.geograf-stud.ru/landshaftovedenie-lektsii/366-jenergetika-landshafta-i-intensivnost.html>
16. Моделирование-энергетических-характеристик-ландшафта-в-ГИС-SAGA
<https://www.google.ge/search?rlz=1C1CHBD-enGE701GE701&q=%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85-%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA-%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%88%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B0-%D0%B2-%D0%93%D0%98%D0%A1-SAGA&sa=X&ved=0ahUKEwjvna39gubeAhWJ-qQKHddmBn4QpBcIKQ&biw=1366&bih=657>

Eter Davitaia, Zurab Seperteladze

Landscape Energy- Major Parameter for Identification of Natural-Territorial Complex Function

Summary

Evaluation of energy parameters for natural-territorial complexes is identified as one of the significant factors in landscape complex research, their optimization (melioration, re-cultivation, etc.) and in the process of planning and projecting. The most important among

them are the two main landscape energy parameters - solar radiation and gravitational energy (relief energy in particular). The evaluation of the mentioned parameters enabled to identify GIS SAGA (System for Automated Geoscientific Analysis) - the program considered to be the most powerful instrument for the landscape morphometric analysis.

Transformation of gravitational energy into natural complexes is reflected by the indices such as overall complex potential energy and separate geomass functioning.

$$(E_r = E_p + \sum A_n),$$

where, E_p – is landscape potential energy, $\sum A_n$ – arithmetical total of geomass functioning.

Landscape potential energy is calculated according to the formula:

$$E = mgh,$$

where, m – is landscape mass, g – free fall acceleration (9.81 m/cm^2), h – landscape (geohorizon) absolute height.