

ISSN 1512 – 0902

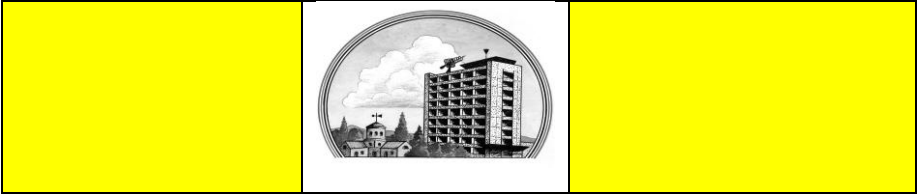
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი შრომები  
ტომი № 115

TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY

VOL. №115

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ГРУЗИИ

ТОМ № 115



დედამიწის საერთაშორისო წელი

“კლიმატი, ბუნებრივი რესურსები, სტიქიური  
კატასტროფები სამხრეთ კავკასიაში”

საერთაშორისო კონფერენციის მასალები

**INTERNATIONAL YEAR OF THE PLANET EARTH  
“CLIMATE, NATURAL RESOURCES, NATURAL DISASTERS  
IN THE SOUTH CAUCASUS”**

**Papers of the International Conference**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ  
«КЛИМАТ, ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, СТИХИЙНЫЕ КАТАСТРОФЫ  
НА ЮЖНОМ КАВКАЗЕ»**

Материалы международной конференции

თბილისი \_ TBILISI – ТБИЛИСИ

2 0 0 8

ISSN 1512 – 0902

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი შრომები  
ტომი № 115

დედამიწის საერთაშორისო წელი

“კლიმატი, ბუნებრივი რესურსები, სტიქიური  
კატასტროფები სამხრეთ კავკასიაში”

საერთაშორისო კონფერენციის მასალები

---

---

TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY  
VOL.№115

INTERNATIONAL YEAR OF THE PLANET EARTH  
“CLIMATE, NATURAL RESOURCES, DISASTERS  
IN THE SOUTH CAUCASUS”

Papers of the International Conference

---

---

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ  
«КЛИМАТ, ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, СТИХИЙНЫЕ  
КАТАСТРОФЫ НА ЮЖНОМ КАВКАЗЕ»

Материалы международной конференции

თბილისი \_ TBILISI – ТБИЛИСИ

2 0 0 8

**მთავარი რედაქტორი**  
**Editor in Chief**  
**Главный редактор**  
**სარედაქციო**  
**კოლეგია**

**ნოდარ ბეგალიშვილი**  
**N.Begalishvili**

**Бегалишвили Н.А.**

ბ.ბერიტაშვილი (რედაქტორის მოადგილე),  
 გ.გაჩეჩილაძე, გ.გუნია, გ.გრიგოლია, ე.ელიზბარაშვილი,  
 დ.კერესელიძე, გ.მელაძე, რ. სამუკაშვილი,  
 ვ. ცომაია, თ.ცინცაძე (პასუხ. მდივანი)

**სარედაქციო საბჭო**

ნ.ბუაჩიძე ი.გელაძე დ.დემეტრაშვილი, ჯ.ვანნაძე,  
 ღ.ინჭირველი, გ.კუჭავა, მ.მელაძე, ი.ჩოგოვაძე,  
 ღ.ქალდანი, გ.ხერხეულიძე.

**Editorial Board**

B.Beritashvili (Deputy Ed.-in-Chief), G.Gachechiladze,  
 G.Gunia, G.Grigolia, E.Elizbarashvili, D.Kereselidze,  
 G.Meladze, R. Samukashvili, V.Tsomaia, T.Tsintsadze  
 (Executive secretary)

**Editorial Council**

N.Buachidze, J.Vachnadze, I.Geladze, D.Demetrashvili, L.Inckirveli,  
 G.Kuchava, M.Meladze, I.Chogovadze, L.Kaldani,  
 G.Kherkheulidze

**Редакционная коллегия**

Бериташвили Б.Ш. (зам.гл. редактора), Гачечиладзе Г.А.,  
 Григолия Г.Л., Гуния Г.С., Кереселидзе, Д.Н., Меладзе  
 Г.Г., Самукашвили Р.А., Цома В.Ш., Цинцадзе Т.Н. (отв.  
 секретарь), Элизбарашвили Э.Ш.

**Редакционный совет**

Буачидзе Н.С., Вачнадзе Д.И.,Геладзе И.М., Демეტრაშვილი  
 Д.Л., Инчкиრвели Л.И., Калдანი Л.А., Кучава Г.Л.,  
 Меладзе М.Г., Чоговадзе И.В., Херхеულიдзе Г.И.

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. 0112 თბილისი-12,დავით აღმაშენებლის გამზირი 150 <sup>ა</sup> ,		<b>E-mail:</b> <a href="mailto:nb@gw.acnet.ge">nb@gw.acnet.ge</a>	
Institute of Hydrometeorology. 150 <sup>a</sup> David Agmashenebeli ave.,Tbilisi, 0112, Georgia,		ტელ Tel. Тел.	(995 32) :951 047, 950 322,
Институт гидрометеорологии 0112,Тбилиси-12, пр.Д. Агмашенебели 150 <sup>а</sup> .		ფაქსი Fax Факс	(995 32) 95-11-60
საიდენტიფიკაციო № Identification № Идентификационный №	<b>202054720</b>		

**ISSN 1512-0902**

©	<b>ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი</b> <b>INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY</b> <b>ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ</b>	2008
---	--	------



დედამიწის საერთაშორისო წელი

**INTERNATIONAL YEAR OF THE PLANET EARTH**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ**

**მ.ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი,  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,  
საქართველოს გეოფიზიკური ასოციაცია**

**თანამონაწილე ორგანიზაციები**  
საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო,  
საქართველოს ეროვნული მეცნიერებათა აკადემია,  
საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების  
სამინისტრო,  
საქართველოს ეროვნული სეისმური მონიტორინგის ცენტრი

**საერთაშორისო კონფერენცია**

**“კლიმატი, ბუნებრივი რესურსები, სტიქიური  
კატასტროფები სამხრეთ კავკასიაში”**

კონფერენცია მიძღვნილია თბილისის  
მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური ობსერვატორიის  
დაარსების 165-ე, მ.ნოდიას გეოფიზიკის  
ინსტიტუტის დაარსების 75-ე და  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დაარსების  
55-ე წლისთავისადმი

**თბილისი, 18 – 19 ნოემბერი, 2008**

**ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ ИМ. М.З. НОДИА  
ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ГРУЗИИ**

**При участии  
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ,  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ,  
МИНИСТЕРСТВА ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И  
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ГРУЗИИ, НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА  
СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«КЛИМАТ, ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, СТИХИЙНЫЕ КАТАСТРОФЫ  
НА ЮЖНОМ КАВКАЗЕ»**

Конференция посвящается 165-летию основания Магнитно-  
Метеорологической Обсерватории, 75-летию основания  
Института Геофизики им. М.З.Нодиа и 55-летию  
основания Института Гидрометеорологии Грузии

Грузия, Тбилиси, 18 – 19 ноября, 2008 г.

**M.NODIA INSTITUTE OF GEOPHYSICS  
INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY  
GEOPHYSICAL ASSOCIATION OF GEORGIA**

**WITH THE PARTICIPATION OF THE MINISTRY OF EDUCATION AND  
SCIENCES OF GEORGIA, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF GEORGIA,  
MINISTRY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND NATURAL RESOURCES  
OF GEORGIA, NATIONAL CENTER OF SEISMICAL MONITORING**

**INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
“CLIMATE, NATURAL RESOURCES, NATURAL DISASTERS IN THE  
SOUTH CAUCASUS”**

The Conference is dedicated to the 165<sup>th</sup> anniversary of the foundation of Tbilisi  
Magnetic-Meteorological Observatory, to the 75<sup>th</sup> anniversary of the foundation of  
M.Nodia Institute of Geophysics and to the 55<sup>th</sup> anniversary of the foundation of  
the Institute of Hydrometeorology

Tbilisi, Georgia, 18 – 19 November, 2008

წინამდებარე კრებულში შესულია საერთაშორისო კონფერენციაზე “კლიმატი, ბუნებრივი რესურსები, სტიქიური კატასტროფები სამხრეთ კავკასიაში” წაკითხული მოხსენებათა ტექსტები. სტატიები წარმოდგენილია შემდეგი სამეცნიერო მიმართულებებით: კლიმატი, კლიმატის ცვლილება, კლიმატური რესურსები, გეოფიზიკური და ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფები.

კრებული განკუთვნილია გეოფიზიკურ მეცნიერებათა სხვადასხვა დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტებისათვის.

The given volume includes papers presented at the international conference on climate, natural resources and natural disasters. Papers are arranged in the following scientific directions: climate, climate change, climate resources, geophysical and hydrometeorological disasters.

The volume is intended for experts working in different branches of Earth sciences, magistrates and doctorates.

Настоящий сборник включает тексты докладов, представленных на международной конференции по климату, природным ресурсам, геофизическим и гидрометеорологическим катастрофам на Южном Кавказе.

Сборник предназначен для специалистов, работающих в различных областях геофизических наук, магистров и докторантов.

*T.Davitashvili*<sup>1</sup>, *Z.Khvedelidze*<sup>1</sup>, *A.Khantadze*<sup>2</sup>, *KTavartkiladze*<sup>3</sup>,  
*I.Samkharadze*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Georgian Hydro-meteorological Institute, Tbilisi, Georgia.*

<sup>2</sup>*Tbilisi State University, Faculty of Exact and Natural Sciences, Tbilisi, Georgia.*

<sup>3</sup>*Georgian Geographic Institute, Tbilisi, Georgia*

## **INVESTIGATION OF SOME CLIMATE SINGULARITIES ON THE TERRITORY OF GEORGIA BY MATHEMATICAL MODELING**

### **Introduction**

Against the background of global climate change, climate change of Georgia is characterized with strongly expressed regional peculiarities. There are observed as warming as well cooling processes on the territory of Georgia. Namely statistical treatment of data of average climate temperature of 1905-1995 years has shown simultaneously sharp process of warming in the Eastern Georgia and climate cooling in the Western Georgia. There are also exposed the micro regions, where the average climate temperature does not change according to time. The mentioned changeability of the climate on the whole territory of Georgia corresponds to the picture of climate change on the territory of Georgia obtained by the observations conducted according to the program of the global climate investigation and model calculations of global climate [8].

### **1. Some Peculiarities of Climate Change on the Territory of Georgia**

Since on the whole territory of the Western Georgia takes place the climate cooling process, it is necessary to find such constantly acting thermal and advective-dynamic sources, which will be periodic according to time, its periodically will have the order of the year and the characteristic horizontal  $L$  and vertical  $H$  scales will be equal accordingly to 200-300 km and 3-4 km. Among many atmospheric circular processes, which take place in the Western Georgia, only the circulation of the monsoon type is characterized by spatial and time parameters[12], that is caused by the irregular warming of the territory of Black Sea and Kolchi lowland during the year. This circulation (which can not exist in the Eastern Georgia), must be caused by the action of constantly acting two heating mechanisms, in which the Kolchi lowland plays the role of heating and the Black Sea - the role of refrigerator during the summer, but in winter – conversely: Kolchi lowland is a refrigerator and the Black Sea – heating. It is natural, that this alternation of the sources gives rise to the changes of temperature by the annual period. According to [8], the variety of general circulation of the Earth atmosphere and the failure in zonal regularity is caused by the thermal and cool sources (ocean - land), which are known as thermal machines of “second order” in atmosphere thermodynamic.



To the existence of the monsoon circulations in Georgia point the investigations [8], but there is mentioned, that the horizontal component  $U$  of the monsoon velocity, the magnitude of which does not exceed 1-3 m/c, is insignificant in comparison with the dominating winds (5-10 m/c) and its exposition needs the statistical treatment of climate parameters during long time. Unfortunately, Georgian meteorologist-experimentalists have not carried out large-scale investigations in this direction.

Since the reality of the existence of sources generating the monsoon circulation in the Western Georgia has no alternative and analogously are daily and nightly sources of breeze and valleys and mountains circulation, we assume as a priori the compulsory existence of the circulation of such type in the Western Georgia, the real exposition and detailed description of which must be the actual subject of the future research. The monsoon circulation, which is the most large-scaled among the daily and nightly breeze and valley and mountains' circulations existing in the Western Georgia, easily can comprise all the territory of the Western Georgia till Surami Range. This circulation, which in winter generates the monsoon circulation rotating clockwise and the up flow stream in the Black Sea sufficiently far from the shore, is characterized by the down flow streams at Surami Range [8]. In summer, the circulation has the opposite direction of rotating and at Surami Range the up flow streams change by down flow ones in the Black Sea. The distance of up flow and down flow streams from the shore and the spatial scales of generated circulations depend on the contrast (intensity) of summer and winter seasons during a year [5].

## **2. Investigation of some singularities of atmospheric flows blowing from the Black Sea to the Colchi lowland**

Investigation of changeability of atmospheric currents transferred from the Earth one region to another with different physical properties is very actual problem of science. This problem especially is important for the territory of west Georgia, as there is observed cooling process on the background of global warming process. Usually such kind general problem is solved by numerical methods [7] but on purpose to obtain elementary features of this process we'll simplify physical aspects of the problem. Namely at first we'll study transformation of temperature and humidity fields (transformation of dynamic processes will be study separately) of atmospheric currents dislocated from the Black Sea to the Colchi lowland which has different physical parameters. We'll investigate changeability of temperature and humidity fields structure in the lower layer of atmosphere (about 1000m). If we assume that in this layer intensities of the friction forces are constant and in the period of our observation the process is kvazi stationary i.e. the process is limited to stationary state and also if we neglect ray-radiation and phase currents of heat and presume that convection currents are minor in comparison to turbulence and advection movements, then system of hydro-thermodynamics equations describing above mentioned general process is coming to the following system of equations[7]:

$$u \frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial \theta}{\partial z} \right), u \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial q}{\partial z} \right), \quad (2.1)$$

with the following boundary conditions:

$$S(x, z) \Big|_{x=0} = S_1(x), S(x, z) \Big|_{\substack{z \rightarrow \infty \\ x > 0}} = S_1(\infty), S(x, z) \Big|_{\substack{z=0 \\ x > 0}} = S_0(x), \quad (2.2)$$

where  $S = (\theta, q)$ ;  $\theta$  is potential temperature;  $u$  is component of wind velocity along coordinates  $X$ ;  $q$  is specific humidity;  $k$  is coefficient of turbulence.

Let us assume that: wind velocity  $\bar{u}$  is directed along the axis  $ox$  and does not depend on  $x$  and  $z$ . Also if we take into consideration that :

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \gamma + \frac{\partial T}{\partial z} \text{ and } \frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (2.3)$$

where  $T$  is temperature and  $\gamma$  is gradient of temperature.

For those idealist conditions we will have:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} = k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad (2.4)$$

Solution of equation (2.4) we are searching by the following function:

$$T = T_0 - \gamma \cdot z + \Delta T(x, z), \quad (2.5)$$

with the following boundary conditions:

when  $x = 0$ ,  $\Delta T = 0$  and when  $z = 0$  and  $x > 0$ ,  $\Delta T = T_1 - T_0$ ,

where  $T_1$  is temperature of Sea (we assume that it is constant),  $T_0$  is temperature of land. Substituting (2.5) in (2.4) and with account of boundary conditions (2.2) we will have the following solution [7]:

$$\Delta T = (T_1 - T_0) \left[ 1 - \Phi \left( z \sqrt{\frac{\bar{u}}{4kx}} \right) \right], \quad (2.6)$$

where  $\Phi(\xi)$  is integral of probability. By examining (2.6) it is follows that for the same values of  $\Delta T$  are corresponding equal values of argument of function  $\Phi(\xi)$ . Let us denote:

$$z \sqrt{\frac{\bar{u}}{4kx}} = C, \text{ or: } z^2 = \frac{4ck}{\pi} x \quad (2.7)$$

It is obvious that C determinant value of  $\frac{\Delta T}{T_1 - T_0}$  - which shows air masses transformation. If we change this value from 0.1 to 1.0 with the step 0.1 and find  $\Phi(\xi)$  from the special table [7], then we get figure 2.1

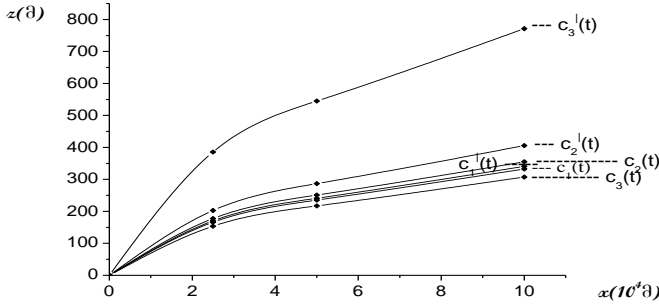


Fig.2.1

On the Fig.2.1 are represented dependence of Z from X, for the deferent values of C. Fig.2.1 shows that, process of transformation is limited to stable state with extending distance from the Sea shore and this process is going as fast as low the area of currents vertical spreading and bigger value of C.

If we take into account an orography of investigated region, namely go to the new

Z coordinate  $z_1 = \frac{z - \zeta(x, y)}{H - \zeta(x, y)} \cdot H$ , where  $\zeta(x, y)$ - is describes non-

homogeneity of relief;  $H$  -is top height, then (2.7) will get the form:

$$z_d^2 = \frac{4d^2 Ck}{u} \cdot x, \quad (2.8)$$

where  $d = \frac{H}{H - \zeta(x, y)}$  describes influence of orography.

Now let us consider this theory for real conditions, namely for the territory of western Georgia. We have chosen three zones with radius 25, 50 and 100 km from the Black Sea shore. On the bases of the data represented in the table 2 we have calculated the values of transformations parameters  $C(t)$  and  $C(q)$  also values of  $z$  and  $z_d$  - on the bases of formulas (2.8) Results of calculations are presented on the figure2.2.

On the figure2.2 are presented curves illustrated dependence of  $z$  and  $z_d$  on the  $x$  for deferent values of  $C(q)$ . Analysis of behavior the curves on the

figure 2.2 shows that with the increasing distance from the Black Sea shore the process of air masses transformation limits to stability not only for the bigger value of  $C$  (as it is in the theoretical part) but also by influence of relief. Also taking into account orography increased height of transformation area. That is important result as this fact was known in synoptic practice. Namely synoptic observations have shown that influence of relief on transformation of meteorological fields is distinctly observed not only on the 850mb, but also on the 700mb surface

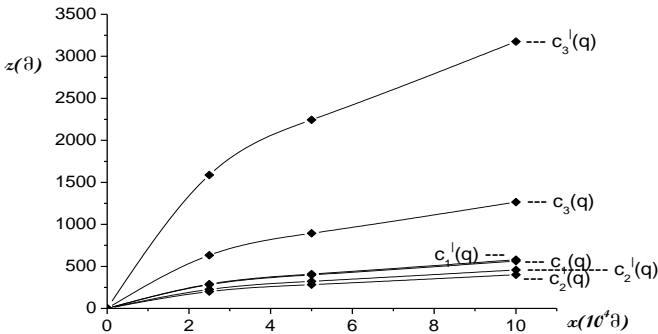


Fig. 2.2

Also results of calculations have shown that inside of zone with radius 25km. atmospheric masses have preserved the Black Sea's parameters. The main changeability of atmospheric currents parameters were observed inside of zone 25-50km. Inside of zone 50-100km. atmospheric flows have gotten the land's parameters. These results were obtained at first time by theoretical methods and they are in a good accordance with the data available in operational practice.

### 3. Some peculiarities of droughts on the territory of Georgia

Droughts in Georgia is characterized by special extra conditions of the weather, with high temperature, low humidity and absence of atmospheric precipitations for a long period of time, i. e. when a daily norm of atmospheric precipitations are less than 1mm. Genesis of droughts is determined by numerous natural phenomenon, but on the territory of Georgia atmosphere currents play an great importance. Namely when air currents are invading from the east, or south-east regions, they bring dry air masses on the territory of Georgia. Namely during the influence of the Asia Depression, the currents of summer thermal cyclone are extending from the south-east and as a result dry and hot air masses are formed over the territory of Georgia. Minimum temperature of the lowland dos not fall below  $+20^{\circ}C$ , and a daily maximum exceeds  $+38^{\circ}C$ . Recurrence of the influence is the highs in July (25,1%).

. In the dry regions of eastern Georgia 15-20 days with dry weather is observed 5-6 times in year and some times dry weather period exceed 80-90 days. Reiteration of the eases the amount of atmospheric precipitations is less then 150

mm. For example in Shiraci it is equal 19% and in Gardabani area 44%. That is way there is observed desertification processes in Gardabani and Shiraci regions[11]. It is known that in Georgia the most drought regions are lower Kartli and lowland of Eldary, where possibility of the severe drought is about 40%, in Shiraki Valley- 20-40% and in the vest regions of arid East Georgia probability of the severe droughts is 10-20%. Also investigations have shown that during XX century in every ten years annual average temperature has increased in average about 0.02-0.07<sup>0</sup> C, which is closed to the velocity of global average annual temperature rise[4].

#### 4. On The Thermodynamic Model of Desertification Process

Conditions, which stipulate the surface layer desertification are so versatile that their simultaneous consideration in a general desertification problem meets unsolvable mathematical difficulty . So, while discussing indicated problem by mathematical modelling it is necessary to separate out these main factors , which essentially condition surface layer desertification process. As well as in other physical problems desertification problem should be brought down to the creation of a certain desertification theoretical model , in which main physical mechanism causing desertification will be preserved. So that to find out whether what kind of physical process is going on during the baring of soil surface , it is necessary to proceed from soil , as a physical environment, conception. Following to [9] if we generally mark the heat flow and loss functions by  $Q(t)$  and  $R(t)$  functions, the equation of soil heat conductivity formula will look as[2.6]:

$$pc = \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \lambda \frac{\partial T}{\partial z} + Q(T) - R(T). \quad (4.1)$$

where  $p, c, \lambda$  parameters represent the power functions of temperature  $T$  . Generally the equation (4.1) is solving with the initial and the boundary conditions:

$$T(0, t) = \varphi(t) * T(z, 0) = f(z), \quad (4.2)$$

where the quantities  $\varphi(t)$  and  $f = (z)$  represent the functions depended on the solar radiation and the intensity of Earth radiation. Certainly, the temperature change caused by the solar radiation at the considerable depths of the soil ( $z \rightarrow \infty$ ) should tend to zero. Let us consider a thermal function of volume and the heat conductivity coefficient[10]:

$$du = pcdT; \quad f = \frac{\lambda}{pc} = au^n, \quad (4.3)$$

The result of equation (4.1) and the relation (4.2) gets the following form:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{a}{n+1} \frac{\partial^2 u^{n+1}}{\partial z^2} + Q(u) - R(u). \quad (4.4)$$

$$U(0, t) = \Phi(t); \quad U(z, 0) = F(z), \quad (4.5)$$

where  $a = f_0 u_0^{-n}$ ;  $f_0 = \frac{\lambda_0}{p_0 c_0}$ ; the coefficient  $n$  shows the nonlinear

character of desertification process;  $\rho_o, C_{p_o}$  and  $\lambda_o$  are values of density and heat transfer coefficients, respectively, when  $T = T_0$ .

### 5. Analytical Consideration

In order to solve the task, the thermal sources should be identified. Let us consider the case when the difference between heat flow and loss functions represents the power function of the  $u$  function

$$Q(u) - R(u) = \alpha u^\sigma, \quad (5.1)$$

where  $\alpha$  and  $u^\sigma$  are the parameters of the thermal function.

The representation of thermal functions  $Q(u)$  and  $R(u)$  by means of power formula of  $u$  function is justified by the fact that they represent the complex temperature function in the thermodynamic tasks of the soil. The aforementioned appropriateness changes from the appropriateness of Newtonian thermal function ( $\sigma = 1$ ) to the appropriateness of the Boltzman thermal function ( $\sigma = 4$ ) according to the value  $\Delta T = T - T_e$ , where  $T_e$  is the temperature of environment. According to the relation (5.1), the equation (4.4) get the following form [2,3,6]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{a}{n+1} \frac{\partial^2}{\partial z^2} u^{n+1} + \alpha u^\sigma. \quad (5.2)$$

The first term in the right part of the equation (5.2) expresses the nonlinear heat transfer process, and the second member marks the action of the nonlinear thermal sources in the soil.

An exact solution of equation (5.2) was obtained by us in case when  $\alpha = 0$  [2]. It is easy to demonstrate that considering the thermal source the equation (5.2) preserves the mechanism of "greenhouse effect" in case when we assume that  $\sigma = n + 1$ . Consider also that the  $\alpha$  parameter must include the effect of the thermal activity resulted by the change of internal soil parameters ( $p, c, \lambda$ ). The intensification of this thermal activity effect promotes the sharpening of "greenhouse effect", and the growth of  $q$  parameter, which prevents the development of "greenhouse effect" in the soil. Out of the aforementioned let us introduce  $\alpha$  parameter as a two members difference

$$\alpha = \alpha_1(p, c, \lambda) - \alpha_2(q) \quad (5.3)$$

and rewrite the equation (5.2) in the following way:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{a}{n+1} \frac{\partial^2 u^{n+1}}{\partial z^2} + (\alpha_1 - \alpha_2) u^{n+1}. \quad (5.4)$$

By direct insertion it is possible to show that the nonlinear solution of the equation (5.4), which includes the "greenhouse effect" will be [3,6]:

$$u(z, t) = u(0,0) \cos^n \left( \frac{\pi}{2} \frac{z}{|\Delta|} \right) \cdot \left( 1 - n \frac{t}{|t_f|} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (5.5)$$

where  $|\Delta|$  and  $t_f$  are defined by the formulas:

$$|\Delta| = \frac{\pi}{n} \sqrt{n+1} \sqrt{\frac{f_0}{|\alpha_1 - \alpha_2|}}; \quad |t_f| = \frac{2(n+1)}{(n+2)} \frac{u_0^n}{u^n(0,0) |\alpha_1 - \alpha_2|}. \quad (5.6)$$

The formula (5.5) shows that desertification process develops in time in three stages:

1.If the water content  $q$  is sufficient to satisfy the condition  $\alpha_1(p_1, c_1, \lambda_1) = \alpha_2(q_1)$  then  $|\Delta| \rightarrow \infty$ ,  $|t_f| \rightarrow \infty$  is obtained from (5.6) formulation, and the stationary temperature distribution can be obtained from the formula (5.5):

$$u = u(0,0), \quad \text{that is} \quad T = T_{st}^{(1)}. \quad (5.7)$$

This kind of thermal condition of the soil takes place before the desertification process begins, when the vegetation coverage and the precipitation amount is sufficient for normal functioning of the thermally active soil layer;

2.If the thermal activity coefficient is higher than the heat loss coefficient, which represents the  $q$  water content function, than the following equation will be obtained from  $|\Delta| = \Delta > 0$ ,  $|t_f| = t_f > 0$  and formula (5.5):

$$u(z, t) = u(0,0) \frac{\cos^n \left( \frac{\pi}{2} \frac{z}{\Delta} \right)}{\left( 1 - n \frac{t}{t_f} \right)^{\frac{1}{n}}}, \quad (5.8)$$

which includes the "greenhouse effect" - thermal process that is space limited ( $z < \Delta$ ) and grows by time for the  $t < \frac{t_f}{n}$  interval. This type of appropriateness of soil temperature field should take place in desertification process.

3.If by human active interference in the desertification process the water content  $q$  grows up so as to satisfy the condition  $\alpha_1 < \alpha_2$  then,  $|t_f|_f$  in the (11) formulation will be negative and equal to and imaginary  $|\Delta|$  to  $|\Delta| = i\Delta$ . Therefore (5.5) solution will have the following form:

$$u(z, t) = u(0,0) \frac{\cos^n \left( \frac{\pi z}{2 \Delta} \right)}{\left( 1 + n \frac{t}{t_f} \right)^{1/n}}, \quad (5.9)$$

The (5.9) formula demonstrates that the thermal function of soil will be space limited in this case as well ( $|z| \leq \Delta$ ), and will have the form of time reducing function. This kind of thermal process will develop in the soil under the soil-conservation methods accomplished by a man. At this time the  $u(u^t)$  function achieves zero for a long-term interval and the "greenhouse effect" exists. Out of the above mentioned it may be concluded, that analytical formula (5.5) quantitatively well describes the three stages of desertification process and includes the basic physical mechanism which is the basic reason of desertification. This physical mechanism proceeds in cooperation of two opposite process (sharpening of the "greenhouse effect" because of the structural change of the soil and thermal activity on the one hand and the weakening of the process resulted by man's active interference).

## 6. Estimation Method of Desertification Process

There was elected such long-term climatic observation station in the region of expected desertification, which has been characterized by the increased drought frequency in recent years. We have studied the temperature of soil surface in the selected station and variations of precipitation and established the climatic parameters, which can be regarded as the beginning of desertification. In the region of climatic warming we have examined the anomaly variation of soil surface average monthly temperature from January 1936 to December 1990 in order to reveal the most clearly expressed increasing of the surface temperature. Such observation station was selected in Shiraki. Variation of temperature by seasons as it known[13], happens in different ways. For instance, according to years the warming process is conditioned by an increase of temperature in cold period of the year.

Only the temperature variation of the warm period might have a main effect on the desertification process. Therefore, it is necessary to examine the action of cold and warm season variations on the average annual variation of anomalies according to the soil surface temperature as well as precipitation anomalies. For this purpose, normalized autocorrelation matrix was determined for Shiraki according to the soil surface temperature and average annual and seasonal precipitation anomalies [13]. Calculations have shown that the anomalies of the soil surface average annual temperature are mainly determined by cold season (correlation coefficient-0.83), but warm season also has rather great share (correlation coefficient-0.67) in temperature increase according to the years. As to the precipitations variation it occurs almost completely on the expense of warm season (correlation coefficient-0.89).Comparatively high correlation link between temperature and pre-



precipitation anomalies is revealed in conditions of warm season (correlation coefficient-0.6), which is one more index of desertification process development. This dependence is well expressed by the curve constructed with the method of least squares which analytical form is:

$$\Delta N = -21.9 - 108.2\Delta T + 32.6(\Delta T)^2$$

Where  $\Delta T$  and  $\Delta N$  are the anomalies of temperatures and precipitations of correspondingly.

Thus, as criteria of quantitative estimation of desertification process the anomalies of soil surface temperature and the amount of precipitation were selected. For determination of the criterion the following procedure seems to be reasonable: temperature anomalies are determined by 40-50 year, monthly complete data of soil surface temperature of observation station.

Those years are selected in warm period of which three or more months anomalies (one by one) are positive and each one is not less than  $0.5^{\circ}\text{C}$ . According to corresponding periods precipitation anomalies are determined and according to temperature from selected years those will be left when positive anomalies of temperature will be followed synchronically only by negative anomalies of precipitations. The anomaly of month average temperature and precipitations of drought period is determined. Their product on the amount of the given months period determines the values of temperature excess stimulating desert and lack of precipitations. Let's take practical example according to the data from Shiraki. In the 1936-1990, in Shiraki 13 years appeared too droughty by anomalies of soil surface temperature and precipitations. Calculations for these years have shown the greatest excess of soil surface temperature was recorded in June-December, 1966 and made  $17.8^{\circ}\text{C}$ . The lack of precipitations in the mentioned period was 21 mm. If the average annual value  $2.3^{\circ}\text{C}$ /year of temperature excess stimulating desertification. Correspondingly, the value of precipitations lack will be 19 mm. The same approach can be applied to determine the values of the mentioned parameters for other stations, which help to determine numeric values of the parameters characteristic for the beginning of desertification[13].

## 8. Conclusions

As our conception about climate cooling has the general form, climate cooling must take place in other regions of the Earth; particularly, where the monsoon flow and the advective – orographic factors are sharply expressed. For verification of this conception we can take the picture of global climate warming, which has a mosaic structure. There are given cooling and warming regions of the Earth caused by big variety of the regional factors. The fact of climate cooling in the Western Georgia can become the important conception of Georgian governmental policy. It will be reasonable strategically if the development of industry in the future connected with green house gases takes place in the Western Georgia.

Out of above considered theoretical model of desertification it proceeds that to halt the desertification process, first of all it is essential to stop non-linear thermal process occurring in the soil, causing its structural change due to the "greenhouse effect". In order to achieve this aim, the measures, that will decrease solar radiation load upon the soil and will cause naturally the "greenhouse effect" extinction in its active layer, should be conducted. This needs to use a system of drip irrigation and well-known methods of hydroponics basing upon a many-year experience of the scientists from Israel. This time it is necessary to sow such heat-resistant wild plants, which in several months form the vegetation cover of the soil are characterized with deep and branchy roots and even in case of their upper part burning, they should preserve vitality and biological activity. As a result of conducting multiple indicated measured the intensity of radiation load upon the soil surface will decrease and the introduction of salts, necessary for soil by a method of hydroponics and the soil biological enrichment (as a result of wild decay) with the mass, accumulated at the expense of wild plants, will result, in our opinion, suspension of desertification process and extinction of the "greenhouse effect" in the soil active layer.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. T.Davitashvili and A.Kantadze 2004, Research of Conditions of the climate Change in Georgia in view of Regional Antropogenie Factors., Journal Geography and Natural Resorses, Novosibirck, Russian Academic Publishers, p.p302-308.
2. T.Davitashvili, A.Khantadze, Kh.Sharikadze 2002, Influence of Non-linear Heat sources on Climate Change. Reforts of VIAM Vol.17, No3, p.21-29.
3. T.Davitashvili 2006,Oil Filtration in Soil: Problems of the Georgian Section of TRACECA and Their Numerical Treatment. ARW/NATO, Amsterdam, Springer, Netherland Press, p.p56-69.
4. M,Elizbarashvili, T.Aladashvili, N.Sulxanishvili 2002, Climate Current Variation and Expected Climate Seevarios for Arid Regions in Georgia, Transactions of the Institute of hydrometeorologe v. 107 p. 175-178., ( Georgian).
5. Sh.Javakhishvili 1988, Description of Georgian Climate by the Months: Publishing House "Ganatileba". Tbilisi, , pp.153. (Georgian).
6. A.Khantadze, T.Gzirishvili, G.Lazriev 1997, On the Non-linear Theory of Climatic Global Warming,. Bulletin of CRNC. No 6, p.3-33.
7. Z.Khvedelidze,T.Davitashvili, N.Ramishvili 2008, Investigation of changing of temperature and humidity fields during transformation of air currents blowing from the Black Sea, Transactions of the Institute of hydrometeorologe(in press).
8. M.Kordzakhia 1981, Climate of Georgia,198, Ganatileba, Press.
9. V.Krapivin, K.Kondratyev,2002,Environmental Global Change: Ecoinformatics, 476, Gidrometeoizdat Press.

10. L.Landau, E.Lifshits. 1988, Hydrodynamics,Nauka.Press p. 347.
11. L.Papinashvili 2002: Drought in Georgia: Transactions of the Institute of Hydrometeorology: 107: p.p 28-33(Georgian).
12. V.Shuleikin, 1968, Physics of Sea, Nauka Press, p.p 367
13. K.Tavartkiladze, G.Mestiashvili, E.Sajaia, L.Beroshvili 1998, On Estimation Method of Desertification Process, Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, 165, No..2, p.p 289-293.

უაკ 551.58

**საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების ზოგიერთ თავისებურებათა გამოვლენა მათემატიკური მოდელირებით.** /დავითაშვილი თ., ხვედელიძე ზ., ხანთაძე ა., თავარტილაძე კ., სამხარაძე ი./ ჰმ-ის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 7-18.- ინგლ.; რუს. ქართ., ინგლ., რუს.

ამ ნაშრომში შეისწავლება რეგიონალური კლიმატის ცვლილების ზოგიერთ თავისებურებები მათემატიკური მოდელირებით. კერძოდ მათემატიკური მოდელირებით შეისწავლება კლიმატის აცივების ეფექტი დასავლეთ საქართველოში და კლიმატის დათბობა აღმოსავლეთ საქართველოში.

მოცემულია გაუდაბნობის თერმოდინამიკური მათემატიკური მოდელი გაუდაბნობის პროცესის ხელშეწყობი პროცესების შეფასების მიზნით შესწავლილია მიწის ზედაპირის ტემპერატურისა და ნალექების ურთიერთკავშირი.

UDC 551.58

**INVESTIGATION OF SOME CLIMATE SINGULARITIES ON THE TERRITORY OF GEORGIA BY MATHEMATICAL MODELING.**/Davitashvili T., Khvedelidze Z., Khantadze A., Tavartkiladze K., Samkharadze I./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. -ტ.115. – პ. 7-18, - Eng.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

In the present work the specific properties of regional climate change on the territory of Georgia is studied by mathematical modeling. Namely the processes of climate cooling in the western Georgia and climate warming in the Eastern Georgia (for assessment of risk of desertification process development) are studied. The specific peculiarities of the thermodynamic model describing desertification process is discussed. For description of desertification favoring processes, behavior of the earth surface temperature and precipitations are studied.

УДК 551.58

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КЛИМАТА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ГРУЗИИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.**/ Давиташвили Т., Хведелидзе З., Хантадзе А., Таварткиладзе К., Самхарадзе И./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 7 -18. – Англ.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В данной работе изучаются некоторые особенности изменения регионального климата с помощью математического моделирования. Именно изучается процесс похолодание климата в Западной Грузии и потепление в Восточной Грузии. Предлагается термодинамическая модель опустошения. С целью исследования процесса опустошения изучается взаимосвязь между атмосферной температуры и полей влажности.

*ცქვიტინიძე ზ. ი.*

*ვარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*

უაკ 551.509.2

## **რეჰიონულ-კლიმატურ მონაცემთა შებრუნებისა და დაშუშავების აქტუალური პრობლემები**

ყოფილი საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ, მრავალმა ადრინდელმა საბჭოთა რესპუბლიკამ (მათ შორის-საქართველო), რომელთაც მიიღეს დამოუკიდებელი ქვეყნის სტატუსი, დაკარგეს შესაძლებლობა რეალურ ვადებში მიიღონ ამ ქვეყნების ტერიტორიებზე მიმდინარე რეგულარული მეტეოროლოგიური მონიტორინგის პირველადი მასალების კომპიუტერული დამუშავების შედეგები (რასაც ადრე ახორციელებდა ამ მიმართულებით დარგობრივი მოთავე ორგანიზაცია – განლაგებული რუსეთის ფედერაციის ქ. ობნინსკში). ამის გამო, დაგროვდა რეგულარული ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის სადგურებისა და საგუშავოების ბოლო 15 წლის მეტეოროლოგიური მონიტორინგის დაშუშავებელი მასალები. ამ მასალების მიზნობრივი დამუშავება (მათ შორის – დაკვირვებებითა და გაზომვებით მოპოვებული პირველადი მონაცემების სერტიფიცირება და რეჰიონულ-კლიმატური მახასიათებლების დადგენა) დაკავშირებულია მეტად შრომატევადი და მაღალკვალიფიციური სამუშაოების მთელი კომპლექსის შესრულებასთან. ამასთან ერთად ადგილი აქვს პრინციპულ სირთულეებს პირველადი მასალების საიმედოდ დაცვა-შენახვის მიმართულებით, რადგან დაკვირვებათა რეგისტრაციის უზრუნველში მონაცემების მნიშვნელობები - ქალაქებში ფაქტობრივად შესრულებული ჩანაწერების სახითაა მოცემული. პრაქტიკულად, ასეთი სახით არსებული პირველადი მასალების გამოყენება შეუძლებელია კლიმატური მახასიათებლების დასადგენად და საჭიროებენ მონაცემთა ხარისხის კონტროლს(სერტიფიცირებას) და მიზნობრივ დამუშავებას სპეციალიზებული პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსებისა და თანამედროვე კომპიუტერების შესაძლებლობათა გამოყენებით[1].

ანალოგიური მდგომარეობა შეინიშნება ბევრ სხვა ქვეყანაშიც (მათ შორის ზოგიერთ ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყანაშიც), რის თვალსაჩინო დადასტურებასაც იძლევა, ესპანეთის ქ. ტარაგონაში, მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის(მმო), აგრეთვე სხვა დაინტერესებული საერთაშორისო ორგანიზაციებისა და კლიმატის ცვლილების პროგრამის ეგიდით ჩატარებული (ნოემბერი,

2007წ), მეტეოროლოგიური მონიტორინგული მონაცემების გადარჩენა-აღდგენის პრობლემებისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენციის მასალები[3].

საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის რეალიზაცია საშუალებას იძლევა საქართველოს შერჩეული მთიანი რეგიონებისათვის, პირველად განხორციელდეს რეგულარული მეტეოროლოგიური მონიტორინგული ქსელის ფაქტიურ (რეპრეზენტატიულ) მონაცემთა ბაზების გამოყენება, ნაცვლად სხვადასხვა ხელოვნური გზით (მათ შორის-ანალიზური მეთოდებით) მიღებული მონაცემების მასივებისა. აქედან გამომდინარე, შესაძლებლობა იქმნება რეგიონალური კლიმატის ფორმირებისა და მისი რეალური ცვლილების ტენდენციის მეცნიერულად დასაბუთებული დადგენისათვის და ეკოლოგიური უსაფრთხოების რეკომენდაციების შემუშავებისათვის.

მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში, მეტეოროლოგიური დაკვირვებების ქსელის მონაცემების დაგროვებისა და კომპიუტერული (მანქანური) დამუშავების ტექნოლოგიები ემყარებიან მონაცემთა წარმოდგენის მკაფიოდ დადგენილ სისტემატიზაცია-სტანდარტიზაციას, მოპოვებული ინფორმაციის რეგულარობისა და მოცულობის სპეციფიკურობის გათვალისწინებით.

საქართველოში, მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა ხანგრძლივობა სცილდება საუკუნოვან საზღვრებს (ცხრ.1). აქედან გამომდინარე, განსხვავებულია დაგროვებას დაქვემდებარებული ინფორმაციული მასალების წარმოდგენის ფორმები და სახეები - იმის შესატყვისად, თუ ტექნიკური უზრუნველყოფის რომელი პერიოდია ასახული მონაცემთა მოპოვებისა და პირველადი მანქანური დამუშავების რეალური პროცესის შესრულებისას[1-2]. ბოლო წლებში მნიშვნელოვნად შეიზღუდა მეტეოროლოგიური დაკვირვებების სადგურებისა და საგუშავოების რაოდენობა, რის სურათსაც იძლევა ცხრილი 1-ის მონაცემები. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საგრძნობი ჩამორჩენაა ბოლო წლების მასალების კომპიუტერულ სათავსებზე გადატანის და მათი მიზნობრივი დამუშავება-სერტიფიცირების მხრივ (ცხრ.2).

ყოფილი სსრკ-ს პირობებში, ჰიდრომეტეოროლოგიის სამსახურის საქმიანობის ის მიმართულება, რომელიც ეხებოდა რეჟიმული მეტეოროლოგიური მონაცემების მანქანურ დამუშავება-დაგროვებას და არქივაციას, დამყარებული იყო მოპოვებული ინფორმაციის მანქანური დამუშავების ცენტრალიზებულ სისტემაზე. აქედან გამომდინარე, მთელი 70 წლიანი პერიოდის განმავლობაში შექმნილი იყო ვითარება, როდესაც სსრკ-ში შემავალი რესპუბლიკების ადგილობრივი

მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიმართულებით მონაცემთა დამუშავების ავტომატიზაციის დონე ვერ უზრუნველყოფდა ტექნიკურ სათავსებზე გადატანილი მონაცემების გამოყენებას. ამის მიზეზი იყო ის, რომ მონაცემთა არქივირებული ბაზები ძირითადად განთავსებული იყო ისეთ ტექნიკურ სათავსებზე(პერფორბარათები, მაგნიტური ლენტები და სხვ), რომელთა მიზნობრივი გამოყენება შეუძლებელი იყო სპეციალიზებული ტექნიკური უზრუნველყოფის გარეშე(მათ შორის: დიდგაბარიტიანი ეგმ, მაგნიტური ლენტებიდან მონაცემთა გაშიფვრის სპეციალიზებული მოწყობილობები და სხვ). ამასთან ერთად, იქ სადაც ასეთი ტექნიკა არსებობდა, მეტეოროლოგიური ქსელის დაკვირვებების მონაცემებით მიზნობრივი და ოპერატიული სარგებლობა მეტად შეზღუდული და გაძნელებული იყო (იმდროინდელი სპეციალიზებული ტექნიკური საშუალებების შესაძლებლობათა პრაქტიკული მიზნებისათვის გამოყენების სირთულის გამო).

ცხრილი 1. საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული რეგულარული მეტეოროლოგიური დაკვირვებების სადგურებისა და საგუშაგოების რაოდენობა (1900 წლიდან)

წელი	სადგური	საგუშაგო
1900	31	44
1910	32	41
1920	36	26
1930	110	51
1940	160	49
1950	146	146
1960	134	168
1970	110	160
1980	107	172
1990	91	89
1995	77	90
2000	55	44
2002	54	56
2004	52	52
2005	43	53
2007	15	20

თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერების პრაქტიკაში მასიურმა დანერგვამ, აგრეთვე დაგროვილი მონაცემების წარმოდგენის ფორმატების მოდერნიზაციის გაიოლებამ, შექმნა ხელსაყრელი

პირობები – წარმოდგენილი პროექტით გათვალისწინებული ამოცანების ეფექტურად გადასაწყვეტად. ამით ხელმისაწვდომი ხდება გრანდიოზული რაოდენობის ინფორმაციული მასივების გაერთიანება ელექტრონულ ბაზებად და ამ მონაცემებით სარგებლობა ოპერატიული საჭიროების მოთხოვნათა გათვალისწინებით.

ცხრილი 2. მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა ბოლო პერიოდის მასალების კომპიუტერული დამუშავების მდგომარეობა

მეტეოროლოგიური დაკვირვებების სადგურის დასახელება	პროექტის დაწყებამდე		პროექტის დასრულების შემდეგ (2008წ)
	ტექნიკურ სათავსზე დატანა	მონაცემთა ხარისხის შემოწმება	
1	2	3	4
აბასთუმანი	-	-	+*
ამბროლაური	-	-	+*
ახალგორი	-	-	-
ახალქალაქი	-	-	-
ახალციხე	+	+	+
ბათუმი	+	+	+
ბარისახო	-	-	-
ბახმარო	-	-	+*
ბოლნისი	+	+	+
ბორჯომი	-	-	-
გარდაბანი	-	-	-
გოდერძის გად.	-	-	+*
გორი	+	+	+
გურჯაანი	-	-	-
დედოფლისწყარო	+	+	+
დუშეთი	-	-	-
ზუგდიდი	-	-	-
თბილისი, ჰმს	+	+	+
თბილისი, ამსს	-	-	-
თეთრი-წყარო	-	-	-
თელავი	+	+	+
თიანეთი	-	-	-
თორსა	-	-	-
ლაგოდეხი	-	-	-
ლენტეხი	+	+	+
მანგლისი	-	-	-
მარნეული	-	-	-

ცხრილი 2-ის გაგრძელება

1	2	3	4
მარტვილი	-	-	-
მთა-საბუეთი	-	-	+*
მუხრანი	-	-	-
ფარავანი(რადიონოვკა)	-	-	-
საგარეჯო	-	-	-
სამტრედია	+	+	+
საქარა (ზესტაფონი)	+	+	+
საჩხერე	-	-	+*
სენაკი	-	-	-
ტყიბული	-	-	-
ფასანაური	+	+	+
ფოთი	+	+	+
ქობულეთი	-	-	-
ქუთაისი	+	+	+
ვაზბეგი, სოფ.	-	-	-
ყვარელი	-	-	+*
შოვი	-	-	-
შუახევი	-	-	-
ჩაქვი	-	-	-
ჩოხატაური	-	-	-
ცაგერი	-	-	-
წალკა	+	-	+*
ჭიფა	-	-	-
ხაშური	+	+	+
Xულო	-	-	+*

შენიშვნა-\*) აღნიშნული სამუშაოები შესრულდა

საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ხელშეწყობითა და დაფინანსებით (სახელმწიფო გრანტი – GNSF/ST06/5-049)

მეტეოროლოგიური დაკვირვებების სადგურებისა და საგუშაგოების პირველადი, მონიტორინგული მასალების დამუშავების პროცესი კონვეირული ხასიათისაა[1], რომლის ძირითადი ეტაპები ითვალისწინებენ მეტეოროლოგიური დაკვირვებებისა და გაზომვების შედეგების რეგისტრაციის წიგნაკთან(მწ-1) ერთად, სპეციალური მოთხოვნებით წარმოდგენილი, დაშიფრული მასალით სარგებლობას.

მანქანური დამუშავების ძირითად ეტაპებში შედის:



- რეგულარული მეტეოროლოგიური მონიტორინგის პირველადი მასალების (1 სადგურის 1 თვის დაკვირვებების შესატყვისი ციფრული ინფორმაციის რაოდენობა - დაახლოებით 40-45 ათასი სიმბოლო, ხოლო 1 საგუშაგოს 1 თვის დაკვირვებების შესატყვისი ციფრული ინფორმაცია - დაახლოებით 2-2.5 ათასი სიმბოლო) მანქანურ სათავსზე გადატანა. ამ მიმართულებით, პროექტის პროგრამის მოთხოვნათა შესაბამისად, კომპიუტერში უკვე შეტანილია 1993-2005 წწ. შესატყვისი დაკვირვებების პირველადი მასალები ყველა შერჩეული სადგურისა და საგუშაგოსათვის;

- მანქანურ სათავსზე გადატანილი მასალების სპეციალიზირებული კომპიუტერული დამუშავება(მათ შორის - მონაცემთა სერტიფიცირება და სისტემატიზაცია ცალკეული ტერიტორიისათვის, დაკვირვების ვადების ფაქტობრივ, აგრეთვე დღეღამის, დეკადის და თვის შემაჯამებელ-განზოგადებულ მეტეოპარამეტრთა ცხრილების სახით), დადგენილი პერიოდის ყოველი ცალკეული წლისათვის (კალენდარული თვეების მიხედვით);

- სერტიფიცირებულ მეტეოპარამეტრთა ელექტრონული ბაზების ფორმირება და ცალკეული მთიანი ტერიტორიის შესატყვისი რეჟიმულ-კლიმატური მახასიათებლების (პარამეტრების მნიშვნელობების) გამოთვლა-განსაზღვრა, დადგენილი პერიოდის ყოველი თვისა და წლისათვის

როგორც უკვე იყო აღნიშნული, ბოლო წლებში, საქართველოში მნიშვნელოვნად შეიზღუდა გარემოს მდგომარეობაზე მონიტორინგული დაკვირვებების სადგურებისა და საგუშაგოების რაოდენობა. ამასთან ერთად, მნიშვნელოვნად დაეცა მონიტორინგული დაკვირვებების გეგმიური მაჩვენებლების როგორც რაოდენობრივი, ასევე ხარისხობრივი მახასიათებლები. ეს მდგომარეობა განპირობებულია როგორც ობიექტური (მათ შორის: საქართველოს დამოუკიდებლობის გამოცხადების პირველი წლების პრიორიტეტების განსაზღვრა, სამოქალაქო დაპირისპირების არსებობა და სხვ.), ასევე სუბიექტური გარემოებებით(მათ შორის: ხშირი რეორგანიზაციის შედეგად კვალიფიციური კადრების, ქსელის ობიექტების ხელსაწყო დანადგარებით უზრუნველყოფის უზულებელყოფა და სხვ.).

ამავე დროს განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, საქართველოს მრავალ ქალაქსა და სამრეწველო ცენტრში ატმოსფეროს დაბინძურების ეკოლოგიური მონიტორინგის განხორციელებას აქვს საკმაოდ მნიშვნელოვანი, წინა საუკუნის 70-ანი წლებიდან დაწყებული პრაქტიკული შედეგები, რამაც საერთო შეფასებით უკვე დიდი ხანია მიიღო პირველხარისხოვანი შეფასებები. მისი შედეგების დროულად და მართებულად გათვალისწინება საშუალებას იძლევა თავიდან

ავიცილოთ ის ნეგატიური შედეგები, რომლებიც თან ახლავთ ანთროპოგენურ ზემოქმედებას ატმოსფეროზე, კლიმატზე, ბუნებრივ გარემოზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

თანამედროვე პირობებში ძნელი წარმოსადგენია ურბანიზაციას დაქვემდებარებული ტერიტორია (რეგიონი, მხარე, რაიონი, დასახლებული პუნქტი), რომელშიც არ არსებობდეს აუცილებლობა და შესაბამისად, არ ტარდებოდეს რაიმე ღონისძიება მისი ბუნებრივი და კულტურული გარემოს ცალკეული კომპონენტების (განსაკუთრებით - სპაერო აუზის) ფაქტობრივი მდგომარეობის დასადგენად და მათ დასაცავად. უკვე არავის არ ეპარება ეჭვი იმაში, რომ ატმოსფერული ჰაერის მეტეოროლოგიური პარამეტრების რეჟიმული მახასიათებლების განსაზღვრა, ამ მონაცემების საფუძველზე კლიმატის ადგილობრივი პირობების თავისებურებათა დადგენა და გარემოს ამ უმნიშვნელოვანესი კომპონენტის ეკოლოგიური კონტროლის განხორციელება - ადამიანის ორგანიზებული ყოფის ერთ-ერთი მთავარი განუყოფელი ნაწილია. ის მიმართულია ბუნებრივი გარემოსა და მისი რესურსების რაციონალური მოხმარებისაკენ, რათა ადამიანის ყოფისათვის შეიქმნას უფრო ხელსაყრელი პირობები და ამადღდეს მისი კეთილდღეობა – განუხრელად განხორციელდეს მდგრადი განვითარების საყოველთაოდ აღიარებული პრინციპები.

### **ლიტერატურა-ЛИТЕРАТУРА-REFERENCES**

1. ცქვიტინიძე ზ., დარციმელია გ., ფხაკაძე მ., ცქვიტინიძე ლ. მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მონაცემთა მანქანური დამუშავების სისტემები და რეჟიმულ-კლიმატური ინფორმაციული ბაზები. ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის შრომები. 2001 – ტ. 104. გვ. 106-117
2. Гидрометеорологические исследования в Грузии. Л. Гидрометеиздат, 1981
3. International Data Rescue News.Maryland, USA. 2008

შპს 551.509.2

**რეჟიმულ-კლიმატურ მონაცემთა ფაბრიკებისა და დამუშავების ავტომატური პრობლემატიკა/ცქვიტინიძე ზ./** პი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.- გვ. 19-26.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

გაანალიზებულია საქართველოს მეტეოროლოგიური სადაკვირვებლო ქსელის სადგურების და საგუშაგოების რეჟიმულ - კლიმატური მონაცემების მანქანური დამუშავების პრობლემები. განხილულია რეჟიმულ – კლიმატურ მონაცემთა ბაზების წარმოდგენისა და მართვის საკითხები.

UDC 551.509.2

**ACTUAL PROBLEMS OF COLLECTION AND PROCEESSING OF REGIME – CLIMATOLOGICALL DATA.**/Tskvitinidze Z./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. - 2008. - т.115. – p. 19-26. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Conditions of regime – climatologicall data processing are being analyzed for stations and posts of the Meteorological Observational Network of Georgia. Problems concerning representation and management of the regime – climatologicall data base, are considered

УДК 551.509.2

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ РЕЖИМНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ.** /Цквитинидзе З.И./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 19-26. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Анализируется состояние машинной обработки режимно-климатических данных станций и постов метеорологической наблюдательной сети Грузии. Излагаются вопросы, касающиеся представления и управления режимно-климатическими базами данных

*A. Amiranashvili<sup>1</sup>, A. Matzarakis<sup>2</sup>, L.Kartvelishvili<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Georgia*

*<sup>2</sup>University of Freiburg, Meteorological Institute, Germany*

*<sup>3</sup>National Environmental Agency, Georgia*

UDC 551.582

## **TOURISM CLIMATE INDEX IN TBILISI**

### **Introduction**

A picturesque nature, landscapes Great Caucasian Ridge, subtropical zone of the Black Sea, rivers and waterfalls, cave towns, resorts and mineral springs, urbanized cities and settlements, and traditional Georgian hospitality make Georgia the country of tourism.

With a territory of 64 700 km<sup>2</sup> Georgia includes 330 km of subtropical Black sea coast, extensive agricultural regions and alpine valleys with dramatic mountains such as Shkhara (5198 m) and Kazbek (5048 m). Near 39 % of the country is forest. It has 19 nature reserves, 860 lakes, numerous waterfalls and more than 25 000 rivers whose total length is 54 768 km. There are almost all kinds of mineral waters with more than 2000 springs already.

Georgia has 12 000 historical monuments and 150 museums: medieval towers pepper the sub alpine zones, and some of the cathedrals, churches, monasteries and some of the cathedrals, churches, monasteries and bridges date as far back into the past as the VI-V millennium B.C.

Activities relating to tourism in Georgia include the following:

- Cultural tourism: archaeology, history, agriculture, ethnography;
- Adventurous tourism: trekking, mountaineering; skiing, horseback riding: mountain-biking etc.;
- Eco Tourism: Bird watching, Botany, Active Eco tours;
- Agro Tourism;
- Special interest tourism (wine and gourmand tours, photography, etc.);
- Resorts and recreational tourism;
- Conventions and Conferences;

The diverse climatic conditions in Georgia give a tremendous potential for tourist resort development. However, the determination of the climatic potential of Georgia for the tourism in the correspondence with the standards accepted in the developed countries was not conducted. This somewhat hampers the comparison of the climatic potential of Georgia from the point of view of tourism with the same for other countries. As a result this can have an unfavorable effect on attractiveness level of the Georgia for the potential tourists. In this work the determination of the climatic potential of tourism to Tbilisi (the capital of Georgia) into the

correspondence with that frequently utilized in other countries of the “tourism climate index” (TCI) [2,4 -7] is carried out.

### **Methods and data**

In the past, tourism climatology information was provided through climate indices such as those found in applied climatology and human biometeorology. There are more than 200 climate indices. In general, the tourism climate indices can be classified into three categories [7]. Elementary indices are synthetic values that do not have any thermo-physiological relevance and are generally unproven. The bioclimatic and combined tourism climate indices involve more than one climatological parameter and consider the combined effects of them.

An example of a combined index is the Tourism Climate Index (TCI). Developed by Mieczkowski (1985) the TCI uses a combination of seven parameters, three of which are independent and two in a bioclimatic combination:

$$TCI = 8 \cdot Cld + 2 \cdot Cla + 4 \cdot R + 4 \cdot S + 2 \cdot W$$

Where Cld is a daytime comfort index, consisting of the mean maximum air temperature  $T_{a,max}$  (°C) and the mean minimum relative humidity RH (%), Cla is the daily comfort index, consisting of the mean air temperature (°C) and the mean relative humidity (%), R is the precipitation (mm), S is the daily sunshine duration (h), and W is the mean wind speed (m/s).

In contrast to other climate indices, every contributing parameter is assessed. Because of a weighting factor (a value for TCI of 100), every factor can reach 5 points. TCI values  $\geq 80$  are excellent, while values between 60 and 79 are regarded as good to very good. Lower values (40 – 59) are acceptable, but values  $< 40$  indicate bad or difficult conditions for tourism [2].

Data of the monograph [3] and hydrometeorological department of Georgia were used for the TCI calculations.

### **Results**

The results of TCI calculations on the fig. 1 and fig. 2 are presented.

As follows from the fig. 1 during January, February and December value of TCI in Tbilisi corresponds to category "Marginal". During March and November value of TCI corresponds to category “Acceptable”, during April – “Good”, during May, July, August and October - “Very good”, and during June and September – “Excellent”. Thus the climate of Tbilisi for tourism is favorable practically entire year.

Share of the monthly TCI components in the summary value of TCI in Tbilisi are presented on the fig. 2.

As it follows from the fig. 2 the values of daytime comfort index (Cld varied from 34 to 51,9 %) and precipitation (R varied from 12,2 to 38,3 %) make the greatest share to the value TCI. The values of daily comfort index (Cla varied from 6,4 to 13,5 %) and mean wind speed (W varied from 7,2 to 11,5 %) make the smallest share to the value TCI. The share of daily sunshine duration S varied from 11,5 to 21,6 %.

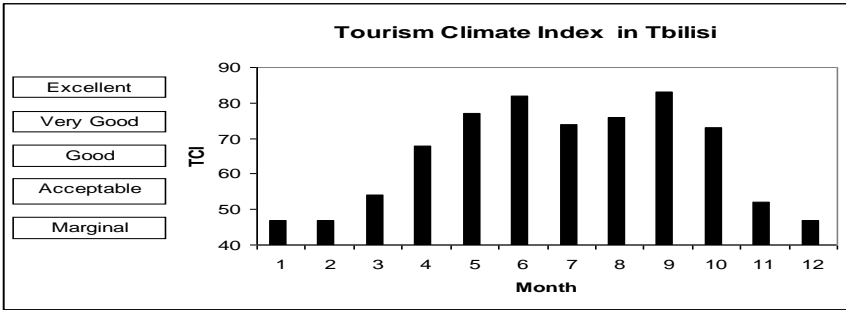


Fig. 1

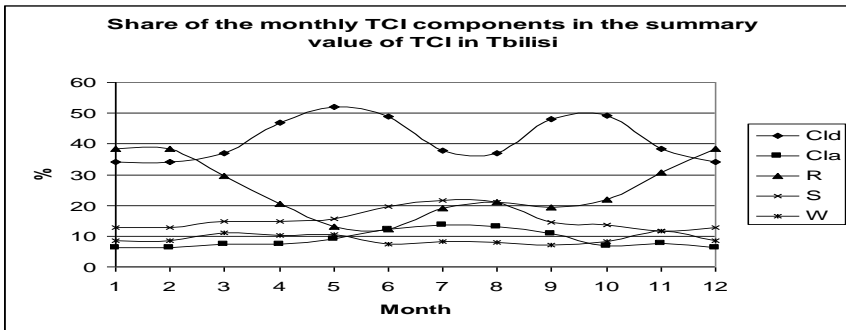


Fig. 2

Let us note that the climate of Tbilisi for the tourism is more favorable than in Edmonton and Toronto, and it is a little inferior to the climate of Sydney and Canakkale [1, 2].

### Conclusion

A picturesque nature, landscapes Great Caucasian Ridge, subtropical zone of the Black Sea, rivers and waterfalls, cave towns, resorts and mineral springs, urbanized cities and settlements, and traditional Georgian hospitality make Georgia the country of tourism.

Climate has a strong influence on the tourism and recreation sector and in some regions represents the natural resource on which the tourism industry is predicated. In this work the determination of the climatic potential of tourism to Tbilisi (the capital of Georgia) into the correspondence with that frequently utilized in other countries of the “tourism climate index” (TCI) is carried out.

In the future we plan a more detailed study of the climatic resources of Georgia for the tourism (mapping the territory of Georgia on TCI, study trends of

TCI, determination of other climatic and bioclimatic indices for tourism - Physiologically Equivalent Temperature, Mean Radiant Temperature etc.).

### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Abegg B., 1996, Klimaänderung und Tourismus, Zurich: Schlussbericht NFP 31. vdf Hochschulverlag AG an der ETH.
2. Cengiz T., Akbulak C., Caliskan V., Kelkit A., May 2008 - Climate Comfortable for Tourism: A Case Study of Canakkale, BALWOIS 2008, Ohrid, Republic of Macedonia, 27.
3. Climate of Tbilisi (Ed. Svanidze G.G. and Papinashvili L.K.), 1992, Gidrometeoizdat, St.-Petersburg, 230 p. (in Russian).
4. Matzarakis A., 2006, Weather - and Climate-Related Information for Tourism, Tourism and Hospitality Planning & Development, Vol. 3, No. 2, August, pp. 99–115.
5. Matzarakis A., de Freitas C., Scott D. (eds.), 2004, Advances in tourism climatology, Ber.Meteorol. Inst. Univ. Freiburg Nr. 12.
6. Matzarakis A., de Freitas C.R. (eds), December 2001, Proceedings of the first international workshop on climate, tourism and recreation. - International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation.
7. Mieczkowski Z., 1985, The tourism climate index: A method for evaluating world climates for tourism, The Canadian Geographer 29, pp. 220-233.

შპს 551.582

**ტურიზმის კლიმატური ინდექსი თბილისში**/ამირანაშვილი ა., მაგზარაკისი ა., კართველიშვილი ლ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 27-30.- ინგლ; რუს. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში მოცემულია თბილისისათვის ტურიზმის კლიმატური პოტენციალის შეფასება სხვადასხვა ქვეყანაში ხშირად ხმარებული “ტურიზმის კლიმატური ინდექსის” შესაბამისად.

**UDC 551.582**

**TOURISM CLIMATE INDEX IN TBILISI**/Amiranashvili A., Matzarakis A., Kartvelishvili L./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 27-30. - Eng.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

In this work the determination of the climatic potential of tourism to Tbilisi (the capital of Georgia) into the correspondence with that frequently utilized in other countries of the “tourism climate index” (TCI) is carried out.

УДК 551.582

**КЛИМАТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС ТУРИЗМА В ТБИЛИСИ**/Амиранашвили А., Матзаракис А., Картвелишвили Л./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. -2008. – т.115. – с. 27-30. – Англ.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В работе проведена оценка климатического потенциала туризма для г. Тбилиси (столица Грузии) в соответствии с часто используемым в различных странах “Климатического индекса туризма”.

*Н. М. Саакашвили<sup>1</sup>, М.Ш. Табидзе<sup>1</sup>, И. Д. Тархан-Моурави<sup>1</sup>, Э. И. Хелашвили<sup>1</sup>, А. Г. Амиранашвили<sup>2</sup>, Д. Д. Киркитадзе<sup>2</sup>, Г. И. Меликадзе<sup>2</sup>, А. Г. Нодия<sup>2</sup>, А. Г. Тархნიшвили<sup>2</sup>, В. А. Чихладзе<sup>2</sup>, Г. Дж. Ломинадзе<sup>3</sup>, К. Д. Цикаришвили<sup>3</sup>, Л. Т. Челидзе<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Научно-практический центр по курортологии, физиотерапии, реабилитации и лечебному туризму, Грузия*

<sup>2</sup> *Институт геофизики им. М. Нодия, Грузия*

<sup>3</sup> *Институт географии им. Вахушти Багратиони, Грузия*

<sup>4</sup> *Министерство по охране окружающей среды и природных ресурсов Грузии*

УДК 551.582

## **КЛИМАТИЧЕСКИЕ, АЭРОИОНИЗАЦИОННЫЕ И РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУРОРТНО-ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА Г. ЦХАЛТУБО**

### **Введение**

Цхалтубо является одним из старейших бальнеологических курортов не только Грузии, но и всего мира. Курорт расположен в долине реки Цхалтубос-Цкали (левый приток реки Гумисцкали), на высоте 95 – 150 м над уровнем моря. С северо-востока к городу подступают отроги Самгуральского хребта (Система Большого Кавказиони), а с юга – открытая к Чёрному морю Колхидская низменность. Раскинувшиеся вокруг курорта холмы покрыты богатой субтропической растительностью, вечнозелёным кустарником и лиственным лесом (дуб, бук, вяз) [4].

Цхалтубо также знаменит своими карстовыми пещерами, основными из которых являются “Тетри Мгвиме”, “Сатапия” и открытая в 1984 году экспедиционным отрядом Института географии им. Вахушти Багратиони в составе Джишкариани Д. (руководитель), Джамришвили А., Капанадзе В., Кобулашвили Т., Нижарадзе В. - “Цхалтубская” пещера [2].

В Цхалтубском районе находится множество исторических памятников. Поэтому помимо курортно – лечебных функций город привлекателен и для туристов.

В последние годы после многолетнего перерыва возобновились научные работы по изучению ранее не исследованных или недостаточно изученных климатических, аэроионизационных и радиологических характеристик курортно – туристического комплекса г. Цхалтубо. Ниже представлены некоторые результаты этих исследований.

### **Методика**

В работе использованы архивные данные Гидрометеорологической службы Грузии о метеорологических параметрах, а также результаты экспе-



дициенных работ, которые проводились летом и весной 2007-2008 гг. Содержание радона измерялось с помощью радиометра РРА-01М-01 “Альфарад” Российского производства, гамма-радиационный фон определялся дозиметром-радиометром типа МКС-АТ1117М производства Белорусии, концентрация легких ионов измерялась портативным счетчиком аэроионов производства США. Параллельно велись измерения стандартных метеорологических параметров.

### **Результаты**

Цхалтубо характеризуется влажным субтропическим климатом. Зима очень мягкая и малоснежная (средняя температура января составляет 5,3°C). Лето очень тёплое (средняя температура августа составляет 23,8°C). Среднегодовая температура составляет 14,6°C.

Среднемесячная упругость водяного пара в атмосферном воздухе максимальна в июле (22,2 мб), а минимальная – в январе (6,4 мб). Среднегодовая упругость водяных паров в атмосферном воздухе составляет 12,9 мб. Среднемесячная относительная влажность атмосферного воздуха на курорте Цхалтубо максимальна в июле и августе (78 %), минимальна в апреле (69 %). Среднегодовая относительная влажность атмосферного воздуха составляет 73 %.

Цхалтубо отличается низкой ветреностью. В холодный период года господствуют северо-восточные и восточные ветры, а в тёплый период года – западные ветры. Число дней с сильным ветром в течении года не превышает 13. Сильные ветры бывают в основном в марте и апреле. Среднегодовое значение атмосферного давления составляет 1008,8 мм рт. столба. Курорт характеризуется частой облачностью, особенно в феврале и марте. В то же время, Цхалтубо характеризуется малым числом дней с туманом.

Количество осадков в среднем за год составляет 1692 мм. Большая часть осадков приходится на холодный период (IX – III месяцы) часть весной и в начале лета (IV – VI месяцы). Максимальное количество осадков приходится на январь (169 мм), а минимальное на август (123 мм). В холодный период года осадки выпадают в виде снега. Из общего количества осадков (жидкие, твёрдые и смешанные), на твёрдую фазу приходится всего 7 %. Выпадение первого снега обычно ожидается в январе. Снежный покров неустойчив и его таяние бывает в феврале. Толщина снежного покрова редко достигает 10 см и более.

Климат Цхалтубо отличается обилием солнечных дней. Отсутствие солнечных дней обычно имеет место в холодный период года и в начале весны. Продолжительность солнечного сияния в Цхалтубо в течение года в среднем составляет 2032 часов. Активность солнечного сияния, как в абсолютном выражении, так и в процентах, максимальна в августе (соответственно 239 час и 11,8 %), а минимальна в декабре (89 час и 4,4 %).

Для оценки биоклиматических характеристик местности и в гигиенической практике часто используется метод эквивалентной-эффе

температур (ЭЭТ). ЭЭТ – это сочетание одновременно наблюдаемых температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра, выраженное условным значением температуры, которое создает то же теплоощущение (тот же тепловой эффект), что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуре [5,10,13].

Существует две шкалы ЭЭТ. Основная соответствует теплоощущению обнаженного человека, находящегося в тени и принимающего воздушные ванны. Нормальная шкала ЭЭТ соответствует теплоощущению одетого по сезону человека, совершающего небольшие прогулки. В соответствие с нормальной шкалой выделяются пять основных градаций ЭЭТ: 1-8 °С – *холодно*, 9-16 °С – *умеренно холодно*, 17-22 °С – *комфортно*, 23-27 °С – *тепло*, более 27 °С – *жарко* [10].

На рис. 1 представлен внутригодовой ход среднемесячных значений ЭЭТ в Цхалтубо. Как следует из этого рис. В январе, феврале, марте, апреле, ноябре и декабре среднемесячные значения ЭЭТ в Цхалтубо соответствуют градации *холодно*. В мае и октябре значения ЭЭТ соответствуют градации *умеренно холодно*. С июня по сентябрь самый благоприятный сезон - ЭЭТ соответствуют градации *комфортно*.

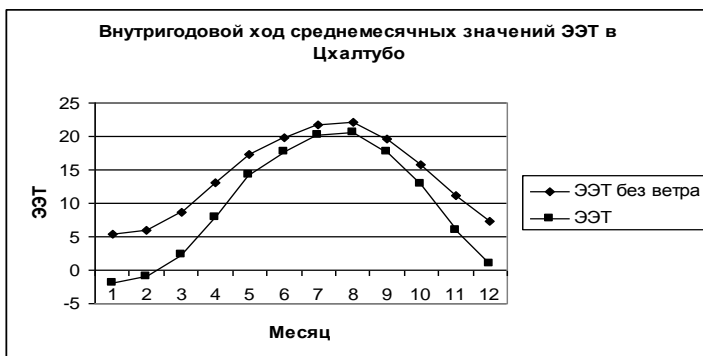


Рис. 1

При штиле и корректирующих устройствах, снимающих влияние ветра, теплоощущение человека при тех же температурах и относительной влажности воздуха, выражающееся в эффективных температурах, несколько меняется. В данном случае градации *холодно* значения ЭЭТ в Цхалтубо наблюдаются в январе, феврале и декабре; градации *умеренно холодно* – в марте, апреле, октябре и ноябре; градации *комфортно* – с мая по сентябрь.

То есть, в местах с корректирующими устройствами по сравнению с местами, где есть ветер, продолжительность «комфортных» месяцев увеличивается с четырех до пяти, тогда как продолжительность «холодных» меся-

цев уменьшается с шести до трех за счет роста месяцев с градацией *умеренно холодно* с двух до четырех. Таким образом, ветер оказывает достаточно существенное влияние на степень теплоощущения человека в условиях Цхалтубо.

Одной из важных характеристик качества воздуха является содержание в нем легких ионов. Профилактической и гигиенической считается концентрация легких ионов от  $10^3$  до  $10^4$  в  $\text{см}^3$ , соответствующая их содержанию в чистом воздухе. Содержание ионов выше  $5 \cdot 10^4$  в  $\text{см}^3$  негативно влияет на здоровье человека [7,11]. Влияние аэроионов на человека многосторонне, оно зависит от полярности аэроионов. Например, при недостаточной и избыточной концентрациях аэроионов оно может быть неблагоприятным, а при оптимальных концентрациях ионов отрицательной полярности - стимулирующим. Зонами, воспринимающими аэроионы в организме, являются органы дыхания и кожа.

Измерения показали, что в курортных зонах Цхалтубо достаточно хорошее качество воздуха с точки зрения его ионизации. Так, во дворе санаториев *Оазис* и *Сакартвело* суммарная концентрация положительных и отрицательных ионов была близка к  $2000 \text{ см}^{-3}$ . Вблизи дорог концентрация легких ионов существенно уменьшалась. Например, в сквере напротив вокзальной площади суммарное содержание аэроионов упало до  $940 \text{ см}^{-3}$ . Высокая концентрация аэроионов наблюдалась вблизи фонтанов в центре города с существенным преобладанием отрицательных ионов – от  $2000 \text{ см}^{-3}$  до  $8000 \text{ см}^{-3}$  отрицательных и около  $900 \text{ см}^{-3}$  положительных. На организм отдыхающих вблизи фонтана людей это оказывает благотворное влияние.

Уровень гамма радиации почвы в Цхалтубо не превышает допустимых норм и по нашим измерениям не превышал  $73 \text{ нЗв/час}$ .

Как было отмечено выше, в Цхалтубском районе имеются карстовые пещеры, которые можно применять для лечебных (спелеотерапия) и туристических целей [1,12]. Однако выяснилось, что часть обследованных на радон пещер в радиационном отношении оказалась далеко небезопасной (согласно [11] ПДК радона в воздухе рабочих помещений составляет  $1200 \text{ Бк/м}^3$ ). Причем, в плане риска для здоровья человека главную опасность представляет не столько сам радон, сколько его дочерние продукты, вдыхаемые человеком и оседающие в легких. Известно, что повышенная концентрация дочерних продуктов радона повышает риск заболевания раком легких, а также раком крови. В то же время радон обладает полезными терапевтическими свойствами, в связи с чем вполне возможно использование пещер в лечебных целях, используя соответственные меры радиационной безопасности. Повышенные концентрации радона приводят к усилению ионизации воздуха и, соответственно, к увеличению содержания в пещерах легких ионов, имеющих также полезное воздействие на здоровье человека.

Ниже приводится краткая микроклиматическая и радиационная характеристика пещер “Тетри Мгвиме”, ”Сатаплиа” и ”Цхалтубская”. Микроклимат этих пещер отличается выраженной стабильностью в течение года.

Карстовая пещера “Тетри Мгвиме” расположена в северной части Цхалтубо, на расстоянии 1 км от центра курорта и начинается 5-метровым колодецем. Со дна колодца узкий лаз выводит в коридор длиной 100 м, при ширине 5 – 20 м и высоте 3 – 5 м.

Температура воздуха в пещере колеблется в течение года в пределах (12 – 14)° С, относительная влажность – (98 – 100)%, упругость водяного пара в воздухе – (13,7 – 16) мб.

Внутри “Тетри Мгвиме“ эквивалентные дозы ионизирующей радиации составляют – (100 – 170) нЗв/час (гамма-излучение), (110 – 180) нЗв/час (гамма- и бета-излучения) и (130 – 190) нЗв/час (альфа-, бета- и гамма-излучения).

К сожалению во время последней экспедиции в апреле 2008 года нами было обнаружено, что дверь в пещеру была взломана. Внутри пещеры были обнаружены следы несанкционированного нахождения людей: мусор, бутылки, остатки пищи, зола от костров. То есть естественные условия состояния пещеры были нарушены (герметизация, чистота воздуха и др.). В результате в пещере содержание радона было менее 20 Бк/м<sup>3</sup>. Соответственно концентрация легких ионов составляла 250 см<sup>-3</sup> для положительных и 100 см<sup>-3</sup> для отрицательных, что характерно для сильно загрязненных промышленных городов. Для сравнения отметим, что вне пещеры, в небольшом лесу недалеко от входа в нее, содержание легких ионов в воздухе в разных местах составляло (1000 – 1500) см<sup>-3</sup> для положительных и (900 – 1600) см<sup>-3</sup> для отрицательных. Таким образом, следует принять срочные меры по восстановлению естественного лечебного потенциала пещеры “Тетри Мгвиме“, предварительно детально изучив причины нарушения этого потенциала.

Карстовая пещера “Сатаплиа“ заложена в нижнемеловых известняках и расположена в 7 км от Цхалтубо, на горе Сангуралис Сери . Пещера горизонтальная и состоит из нескольких залов. Длина пещеры с ответвлениями – 300 м. Пещера сквозная.

Суточные и сезонные изменения температуры воздуха от входа в пещеру вглубь постепенно сглаживаются и в центральной части наблюдается почти постоянная температура (14 – 15)°С с суточными колебаниями в пределах (0,3 – 0,5)°С и годовыми – (1 – 2)°С. Незначительным колебанием характеризуется и влажность воздуха. Упругость водяного пара и относительная влажность у входа зависят от погодных условий наружного воздуха, но вглуби пещеры, через несколько десятков метров, величины этих показателей становятся почти постоянными. Относительная влажность в центральной части пещеры колеблется в пределах (95 - 98)%, а упругость водяного пара в воздухе – (16 – 16,7) мб.

Внутри пещеры эквивалентные дозы ионизирующей радиации составляют – (100 – 170) нЗв /час (гамма-излучение), (110 – 180) нЗв /час (гамма- и бета-излучения) и (110 – 190) нЗв /час (альфа-, бета- и гамма-излучения). Содержание радона было около 960 Бк/м<sup>3</sup>, концентрация положительных легких аэроионов - 16000 см<sup>-3</sup>, а отрицательных 18000 - см<sup>-3</sup>.

Пещера “Цхалтубская” расположена на расстоянии 6 км к северо-востоку от курорта Цхалтубо, на высоте 140 м над уровнем моря. Для нее характерны просторные (14-35 м) и высокие (7-25м) подземные залы, возникшие в результате разрушительных подвижек, а также узкие меандровые проходы, сухие и водные сифоны, эвормионные ямы (см. фото). Пещера выработана в массивных известняках Баррема. Ее возникновение и развитие тесно связано с воздействием напорных вод.



Фото

Один из залов Цхалтубской пещеры

В начальном отрезке пещеры, как и в других частях, привлекают внимание обвалившиеся породы, в том числе гигантские известняковые глыбы; на среднем участке отмечается также обнажение плотных глин. При этом представлены все генетические типы субтерральных осадков. Обилием и многообразием гомогенных осадков она может поспорить со всемирно известной Ново-Афонской пещерой.

На конечном участке основной магистрали протекает подземная река с нестабильным дебитом (60-8000 л/сек). Поступление водного потока в пе-

пещеру происходит из расположенной в 500 м от нее на северо-востоке, пещеры-эставелы Опичо.

С помощью аквалангов была произведена съемка ранее неизвестных и наполненных водой подземных коридоров: Опичо (3 800 м), Глиана (1 200 м), Дидгеле (250 м) и др. На сегодняшний день суммарная длина обследованной Цхалтубской пещерной системы превысила 15 км. В пределах села Кумистави еще остались неисследованные пещеры, которые находятся в непосредственной связи с выше описаной пещерной системой.

Концентрация радона в различных залах пещеры меняется от 307 до 6905 Бк/м<sup>3</sup>, гамма-радиационный фон от 45 до 133 нЗв/час, суммарное содержание аэроионов от 32000 до 135000 ионов/см<sup>3</sup>. Как и следовало ожидать, содержание радона и аэроионов имеет значительную пространственно-временную неоднородность. Так, например, измерения в одном и том же пункте показали, что летом 2007 года концентрация радона была более чем в 2 раза выше, чем весной 2008 года. Суммарное содержание аэроионов летом 2007 года в том же пункте измерения было в 1,59 раз выше, чем в 2008 г. Что касается гамма-радиационного фона, то данные измерений отличаются незначительно (около 10 %). По всей видимости, существенная разница в содержании радона и аэроионов в указанные сроки наблюдений обусловлена тем, что в летний период 2007 года стены пещеры были значительно менее влажные, чем весной 2008 года. Это способствовало эманации радона из стен пещеры. Не исключена и роль циркуляции воздуха в пещере.

Отметим, что по нашим ранним исследованиям в Ново-Афонской пещере концентрация радона в различных залах колебалась от 67 до 3045 Бк/м<sup>3</sup>, в пещере “Цхалтубская“ от 555 до 3885 Бк/м<sup>3</sup> [2,3].

Для сравнения отметим, что большинству пещер Южного Урала и Предуралья зафиксированные значения гамма-фона, колеблются от 26 до 88 нЗв/час. Обычно они составляют – 44-53 нЗв/час и являются фоновыми для мест расположения самих пещер. Между тем в 18-ти пещерах, причем независимо от их принадлежности к какому-либо стратиграфическому подразделению, карстово-спелеологической провинции или области, отмечена повышенная степень радиоактивности. А именно: в 10-ти пещерах гамма-фон достигал 132, в 4-х – 176, в 2-х – 220, в одной – 264 и в пещере Ледяная-Липовая – 282 нЗв/час. Причем, в последней показания радиометра нигде не опускались ниже 220 нЗв/час [6,9].

В пещере “Геофизическая“ (Хребет Кугитангтау, Туркменистан) концентрация радона составила 14500-69110 Бк/м<sup>3</sup>, а уровень гамма-фона соответственно колебался в пределах от 150 до 1311 нЗв/час. Содержание радона в различные сезоны года в 5 гротах “Кунгурской ледяной пещеры“ (Пермский край) варьирует от 234 до 12280 Бк/м<sup>3</sup>. В различных залах “Воронцовской“ пещеры (Сочи) содержание радона колебалось от 20 до 5900 Бк/м<sup>3</sup>. Средний радиационный фон “Воронцовской“ пещеры по полостям составляет 35 нЗв/час и колеблется от 26 до 70 нЗв/час. Наибольший фон наблюдается в

полостях, заполненных отложениями пещерного туфа (70 нЗв/час), наименьший (не более 26 нЗв/час) - в полостях, выложенных известняком. В пещерах массива Кыртау (Узбекистан) среднее содержание радона составляло 854 Бк/м<sup>3</sup>. В “Большой Азишской” пещере (Северный Кавказ) концентрация радона колебалась от 77 до 1080 Бк/м<sup>3</sup>, а в пещерах массива Арабика (Западный Кавказ) – до 1628 Бк/м<sup>3</sup>. Содержание радона в пещере “Мраморная” (Крым) составляло 155-39300 Бк/м<sup>3</sup> [6,8,9].

Таким образом данные, полученные нами, вполне сопоставимы с аналогичными результатами других авторов, и подтверждают общую для всех пещер закономерность существенных пространственно-временных неоднородностей содержания в них радона. Что касается аэроионов, то работ других авторов по этому вопросу весьма мало.

Несмотря на незначительное количество измерений можно сделать вывод о том, что необходим регулярный контроль (мониторинг) радиационной обстановки в пещере, учитывая то, что в отдельных ее залах наблюдаются существенно повышенные (выше ПДК) концентрации как радона, так и легких аэроионов.

### **Заключение**

Представлены предварительные результаты исследования ранее не изученных или мало изученных микроклиматических, аэроионизационных и радиационных характеристик курортно – туристического комплекса г. Цхалтубо. Проведена оценка значений эквивалентно-эффективной температуры воздуха в Цхалтубо. Приведены данные о содержании легких аэроионов и гамма радиационном фоне в различных местах города. Представлены новые данные о концентрации радона, легких аэроионов и гамма радиационном фоне в пещерах “Тетри Мгвиме”, ”Сатаплиа” и “Цхалтубская”. Отмечается, что в пещере “Тетри Мгвиме” нарушено естественное микроклиматическое состояние и необходимо принятие мер по его восстановлению. Делается вывод о необходимости регулярного контроля содержания радона и аэроионов с точки зрения радиационной и гигиенической безопасности.

Работа выполнена при поддержке грантов STCU N 3992 и GNSF N 074, а также Департамента по туризму Грузии.

### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. თარხან-მოურავი ი., 2000, სპელეოლოგია, თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 88 გვ.
2. Амиранашвили А., Джишкариани Д., Нодия А., Таташидзе З., Сепиашвили Р., 1994, Содержание аэроионов и естественная радиоактивность воздуха в Цхалтубской пещере, АН Грузии, Тбилиси, 53 с.
3. Балабуев А.Г., Нодия А.Г., Амиранашвили А.Г., Балавадзе А.Ш., Гинтилозов З.К., 1977, Ионизационное состояние и естественная радиоактивность воздуха в Ново-Афонской пещере, Матер. Докл. 2-го

- Респ. Семинара по некоторым вопросам физики земли, атмосферы, ионосферы и космических лучей, Тбилиси, 28-30 декабря, с. 50-50.
4. Вадачкория М.К., Ушверидзе Г.А., Джалиашвили В.Г., 1987, Курорты Грузии, Тбилиси, изд. "Сაბჭოთა საქართველო", 382 с.
  5. Климат Тбилиси, 1992, под. Ред. Сванидзе Г.Г. и Папинашвили Л.К., Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 230 с.
  6. Климчук А.Б., Наседкин В.М., 1992, Радон в пещерах СНГ, Вестник Киевского карстолого-спелеологического центра, № 4 (6), Киев, изд. Свет, с. 21-35.
  7. Крутиков В.Н., Брегадзе Ю.И., Круглов А.Б., 2003, Контроль физических факторов окружающей среды, опасных для человека, М., ИПК изд. Стандартов.
  8. Лавинский Ю.Г., Громов А.В., 2004, Воронцовская система пещер как полигон радоновых исследований, сб. «Пещеры», Пермь, с. 42-48.
  9. Наседкин В.М., Климчук А.Б., 1991, Воздушная альфа-радиация в пещерах: состояние проблемы, Вестник Киевского карстолого-спелеологического центра, № 1, Киев, изд. Свет, с. 9-13.
  10. Русанов В.И., 1981, Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей, Томск, изд. Томского университета, 87 с.
  11. СП-2.6.1-758-99, 1999, Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы, Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, М., 116.
  12. Тинтилозов З.К., 1976, Карстовые пещеры Грузии (морфологический анализ), Тбилиси, Мецниереба, 275 с.
  13. Шелейховский Г.В., 1948, Микроклимат южных городов, М., 118 с.

შპს 551.582

**ქ. წყალტუბოს საპროტო-ტურისტული კომპლექსის კლიმატური, აერო-იონიზაციური და რადიოლოგიური მახასიათებლები/სააკაშვილი ნ., ტაბიძე მ., თარხან მოურავი ი., ხელაშვილი ე., ამირანაშვილი ა., კირკიტაძე დ., მელიქაძე გ., ნოდია ა., თარხნიშვილი ა., ჩიხლაძე ვ., ლომინაძე გ., წიქარიშვილი კ., ჭელიძე ლ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 31-40.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

წარმოდგენილია ქ. წყალტუბოს და აგრეთვე თეთრი მღვიმის, სათაფლიის და წყალტუბოს მღვიმის კლიმატური, აერო იონიზაციური და რადიოლოგიური მახასიათებლების კვლევის შედეგები.

UDC551.582

**CLIMATIC, AERO - IONIZING AND RADIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE HEALTH RESORT - TOURIST COMPLEX OF TSKALTUBO CITY.**  
/Saakashvili N., Tabidze M., Tarkhan-Mouravi I., Khelashvili E., Amiranashvili A., Kirkitadze D., Melikadze G., Nodia A., Tarkhishvili A., Chikhladze V.,Lominadze G,



Tsikarishvili K., Chelidze L./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. - 2008. - т.115. – п. 31-40. - .; Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Results of studies of climatic, aero- ionizing and radiological characteristics of Tskaltubo city and also "Tetri Mgvine", "Sataplia" and "Tskaltubo" caves are represented.

УДК551.582

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ, АЭРОИОНИЗАЦИОННЫЕ И РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУРОРТНО-ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА Г. ЦХАЛТУБО.**/Саакашвили Н. М., Табидзе М.Ш., Тархан-Моурави И.Д., Хелашвили Э.И., Амиранашвили А.Г., Киркитадзе Д.Д., Меликадзе Г. И., Нодия А.Г., Тархнишвили А.Г., Чихладзе В.А., Ломинадзе Г.Дж., Цикаришвили К.Д., Челидзе Л.Т./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 31-40. – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Представлены результаты исследований климатических, аэроионизационных и радиологических характеристик в г. Цхалтубо, а также пещерах “Тетри Мгвине”, ”Сатаплиа” и ”Цхалтубская”.

*გელაძე ვ.შ., გელაძე გ.შ., ბოლაშვილი ნ.რ<sup>1</sup>, მაჭავარიანი ნ.გ.<sup>1</sup>  
ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, საქართველო  
²გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*

უაკ 551

## **საქართველოს მტკნარი წყლის რესურსული პოტენციალი და მენეჯმენტი**

წყალი, ეს უძვირფასესი, „21-ე საუკუნის პრიორიტეტული რესურსი“, მართალია აღდგენად კატეგორიას მიეკუთვნება, მაგრამ არასწორი ექსპლუატაციის შემთხვევაში იგი შეიძლება სრულიად უვარგისი გახდეს. ნებისმიერი მიწის სამუშაო (ტერიტორიის მოხვნა-კულტივაცია, ფერდობების დატერასება, თხრილების გაყვანა და სხვ.), ტყეებისა და ქარსაცავი ზოლების გაშენება-გაჩეხვა დაკავშირებულია ტერიტორიის წყლის ბალანსის სტრუქტურის შეცვლასთან. აღარაფერს ვამბობთ წყლის დაბინძურებაზე, რომლის შედეგების აღმოსაფხვრელად საჭიროა იმ რაოდენობის წყალი, რომელიც ხშირ შემთხვევებში ხელმიუწვდენელია.

ქვეყნის შიგნით და მის საზღვრებს გარეთ წყალსარგებლობასა და წყალმომარებასთან დაკავშირებული ურთიერთობების ნორმალურად მოგვარება რეგიონის სტაბილურობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გარანტია. აღნიშნული პრობლემა აქტუალურია საქართველოსთვისაც, ვინაიდან აქ არის ტრანსსახელმწიფოებრივი წყლის ობიექტები და ტრანზიტული ჩამონადენი მთლიანი ჩამონადენის 12%-ს შეადგენს. გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ კლიმატის გლობალური დათბობისა და სწრაფად პროგრესირებადი გაუდაბნოების პროცესის შედეგად, კავკასიაში და მის სამხრეთით მდებარე რეგიონებში, ახლო მომავალში, მოსალოდნელია მტკნარი წყლის კრიზისის კიდევ უფრო გამწვავება.

საქართველოს ტერიტორიაზე ფორმირებული მდინარის ჩამონადენი სხვადასხვა დროს შეფასებულია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის (52,8 კმ<sup>3</sup>, 1983 წ.), სანკტ-პეტერბურგის სახელმწიფო ჰიდროლოგიური ინსტიტუტის (53,6 კმ<sup>3</sup>, 1967 წ.) და ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის (57,5 კმ<sup>3</sup>, 1991 წ.) მიერ [3, 5]. ნაშრომში, მეტი საიმედოობის მიზნით გამოყენებულია ჩამონადენის ყველაზე მცირე მნიშვნელობა.

მტკნარი წყლის რესურსები საქართველოს ძირითადი ბუნებრივი სიმდიდრეა. წყლის ფენის საშუალო სიმაღლის (757 მმ) მიხედვით ევროპის ქვეყნებიდან ჩამორჩება მხოლოდ ნორვეგიას (1188 მმ), შვეიცარიას (1046 მმ) და ავსტრიას (805 მმ).

საქართველო მდიდარია მიწისქვეშა წყლებითაც. გეოლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტოს მონაცემების მიხედვით [1, 4], მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 18,0 კმ<sup>3</sup>.

ყველა კატეგორიის დამტკიცებული მარაგის გათვალისწინებით, საქართველოში ერთ სულ მოსახლეზე მოდის 2,2 მ<sup>3</sup>/დღ მტკნარი სასმელი წყალი.

საქართველოს წყლის რესურსები მოყვანილია ცხრილში 1. გარდა ამისა, ტბებში, წყალსაცავებში, ჭაობებსა და მყინვარებში აკუმულირებულია 28,9 კმ<sup>3</sup> წყალი.

**ცხრილი 1.**

წყლის რესურსები, კმ <sup>3</sup>	დასავლეთ საქართველო	აღმოსავლეთ საქართველო
ადგილობრივი ზედაპირული ჩამონადენი	35.26	7.77
ტრანზიტული ჩამონადენი	7.20	2.10
მიწისქვეშა წყლების საექსპლუატაციო მარაგი	2.02	2.19
სულ	44.48	12.06

1990 და 2010 წლებისათვის სრული წყალმომარება ცალკეული დარგების მიხედვით მოცემულია ცხრილში 2. 2010 წლის პროგნოზს საფუძვლად უდევს საქართველოს მეურნეობის 80-იანი წლების მდგომარეობა. პროგნოზი შესრულდა საქწყალპროექტის სპეციალისტთა მიერ.

**ცხრილი 2.**

დარგები	აღმოსავლეთ საქართველო		დასავლეთ საქართველო		საქართველო	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010
ირიგაცია	3,13	3,50	0,34	0,80	3,47	4,30
საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მეურნეობა	0,50	0,68	0,22	0,28	0,73	0,96
მრეწველობა	0,53	1,05	0,17	0,47	0,70	1,52
სას/სამეურნეო წყალმომარება	0,16	0,24	0,16	0,24	0,33	0,47
მოსმარებული წყალი	4,32	5,46	0,90	1,79	5,22	7,25

დასავლეთ საქართველოს სრული წყალმოსხმარება 2010 წლისათვის იქნება 1,79 კმ<sup>3</sup> წყალი. სრული წყალმოსხმარების 10 კმ<sup>3</sup>-მდე გაზრდის შემთხვევაშიც კი, რაც ნაკლებალბათურია, დას. საქართველოში დარჩენილი წყლის რაოდენობა (35 კმ<sup>3</sup>) სირიის, ერაყის, სომხეთისა და აზერბაიჯანის ეერთად აღებულ წყლის რესურსებზე მეტი იქნება. ამგვარად, აშკარაა დასავლეთ საქართველოში მტკნარი წყლის რესურსების სიჭარბე. რაც შეეხება მათი ექსპორტის შესაძლებლობას, მთავარია არ დაირღვეს პიდროეკოსისტემებისა და შავი ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობა.

საქართველოს უნიკალური ეკოსისტემების შენარჩუნებისა და ჰარმონიული განვითარების ერთ-ერთი ძირითადი პირობა წყლის რესურსების აუზური მართვის პროგრამის შემუშავებაა, რომელიც დაეფუძნება კომპლექსურ, ცენტრალიზებულ სისტემას, გამოკვეთილი სტრატეგიით, თანამედროვე მეთოდოლოგიით და შესაბამისი აღჭურვილობით. წყლის რესურსების მართვის სტრატეგია უპირველეს ყოვლისა მათ დაცვა-აღდგენას და რაციონალურ გამოყენებას გულისხმობს.

აღნიშნული პროგრამის რეალიზაცია მიზანშეწონილია სპეციალურად შემუშავებული სისტემების საშუალებით, რომელთაგანაც ყველაზე მეტად აღიარებული და პოპულარულია გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემები (გსს). თანამედროვე გეოსაინფორმაციო ტექნოლოგიების საშუალებით შესაძლებელია ნებისმიერი ტიპის მონაცემების (სტატისტიკური მასალები, რუკები, აეროკოსმოსური სურათები და სხვ.) ციფრული, კომპიუტერული ფორმით შეკრება, შენახვა, შეკავშირება, დამუშავება, ავტომატიზირებული მართვა და სხვადასხვა შინაარსის თემატური რუკების ზედდებით ახალი რუკის მიღება. ისინი აღჭურვილნი არიან მძლავრი მათემატიკური აპარატით, მრავალსაფეხურიანი საძიებო სისტემით და მომხმარებელს აწვდიან რუკების და ცხრილების შერწყმულ ინფორმაციას. რეალობის ობიექტურად წარმოდგენის მიზნით გსს-ები ოპერირებენ არა მხოლოდ ფორმალიზებული მონაცემებით, არამედ ცოდნის ბაზებითაც.

გსს-ის საშუალებით ტარდება შრომითი და ბუნებრივი რესურსების კადასტრი, იკავებება მოსახლეობის მომსახურებისა და ჯანმრთელობის ქსელები, ქალაქების განვითარება, პროექტირდება სატრანსპორტო მაგისტრალებისა და მილსადენების ტრასები, დგება სტიქიურ მოვლენათა ოპერატიული რუკები, გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება-მონიტორინგი და მრავალი სხვა [2]. გსს-ები მომხმარებელს ინფორმაციას აწვდის ადვილად აღსაქმელი ფორმით – რუკები, სქემები, დიაგრამები, ცხრილები.

საქართველოს წყლის რესურსების გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემა შეიქმნა ArcView-ს საშუალებით. სისტემის საფუძვლად გამოყენებულია საქართველოს 1:500000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული

რუკის სამგანზომილებიანი ელექტრონული ვერსია. საინფორმაციო სისტემა მიზნად ისახავს საქართველოს ყველა სახის წყლის რესურსების კლასიფიკაციაზე დაფუძნებულ აღრიცხვა-შეფასებას, რომელიც წყლის რაოდენობის გარდა მის მდგრადობას, დარეგულირებული წყლის მოცულობას და ხარისხს გაითვალისწინებს. ჰიდროლოგიური მასალის საშუალებით განისაზღვრა მონაცემთა ბაზების სივრცითი სტრუქტურა, რომლის მიხედვითაც გარდაიქმნება ზემოთ აღნიშნული საფუძველი და ჩაიტვირთა შესაბამისი ინფორმაცია.

საინფორმაციო სისტემაში შეტანილია 600-მდე მდინარე, 140-ზე მეტი წყალსაცავი და 750-მდე მინერალური წყარო შესაბამისი ჰიდროლოგიური და მორფომეტრული მახასიათებლებით. გარდა ამისა, მოსახლეობის წყალუზრუნველყოფის განსაზღვრის მიზნით, გსს შეიცავს ქვეყნის ყველა დასახლებულ პუნქტს და შესაბამის დემოგრაფიულ სიტუაციას, მოსახლეობის 2002 წლის აღწერის მონაცემების მიხედვით.

გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემა შეიცავს 20-მდე ფენას, რომლებზეც წყლის ობიექტების გარდა განლაგებულია არიან ჰიდროლოგიური სადგურები, მდინარეთა და წყალსატევების აუზები, საირიგაციო სისტემები, დასახლებული პუნქტები, მილსადენები, საავტომობილო და სარკინიგზო გზების ქსელი, ქედები, მთები, დაცული ტერიტორიები და სხვ. ყოველი მდინარე სათავიდან შესართავამდე, ჰიდროლოგიურ სადგურებამდე, საკანძო უბნებამდე (მნიშვნელოვანი შენაკადები, წყალადების ადგილები, მკვეთრად გამოხატული გეომორფოლოგიური უბნები და სხვ.) წარმოდგენილია ცალკე ობიექტად. წყლის ობიექტებისა და დასახლებული პუნქტებისათვის სპეციალურად შემუშავებული კოდირების სისტემის საშუალებით შესაძლებელია მათი კლასიფიცირება სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით.

დასარწმუნებლად უნდა აღინიშნოს, რომ მტკნარი წყლები, რომლითაც ასე მდიდარია საქართველო, ვალუტის მნიშვნელოვანი რაოდენობით მოზიდვისა და ბარტერული გაცვლების რეალური წყაროა. საექსპორტოდ გათვალისწინებული წყლის ზუსტი რაოდენობა რევიონებისა და დროის მიხედვით, წყალადების მეთოდი და ადგილი, უნდა განისაზღვროს ცალკეული ჰიდროეკოსისტემების მდგომარეობისა და შესაბამისი ტერიტორიების წყალსამეურნეო ბალანსების დეტალური ანალიზის შემდეგ.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. 2000, ინფორმაციული ბიულეტენი – მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს ეკოლოგიური მდგომარეობის და საშიში გეოლოგიური პროცესების შესწავლის და პროგნოზირების შესახებ. თბილისი.

2. А.М. Берлянт 1998. Картография на пороге XXI века: научное и образовательное направления. Вестн. Моск. Ун-та, сер. 5, № 4, география.
3. Л.А. Владимиров, Г.Н. Гигинейшвили и др. 1991. Водный баланс Кавказа и его географические закономерности, Тбилиси, с. 141.
4. 1970, Гидрогеология СССР. Т. Ч, Грузинская ССР, Москва, с. 404.
5. 1988. Водные ресурсы Закавказья. Ленинград, с. 262.

შპპ 551

**საქართველოს მტკნარი წყლის რესურსული პოტენციალი და მენეჯმენტი**/გელაძე ვ., გელაძე გ., ბოლაშვილი ნ., მაჭავარიანი ნ./ კვი-ის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 41-45- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

მტკნარი წყლის რესურსები საქართველოს ძირითადი ბუნებრივი სიმდიდრეა, რომელიც ვალუტის მნიშვნელოვანი რაოდენობით მოზიდვისა და ბარტერული გაცვლების რეალური წყაროა. საექსპორტოდ გათვალისწინებული წყლის რაოდენობა რეგიონებისა და დროის მიხედვით, წყალღებების მეთოდი და ადგილი, უნდა განისაზღვროს ცაკლკეული ჰიდროეკოსისტემების მდგომარეობისა და წყალსამეურნეო ბალანსების დეტალური ანალიზის შემდეგ.

UDC 551

**POTENTIAL OF FRESH WATER RESOURCES OF GEORGIA AND MENEGMENT.**/Geladze V., Geladze G., Bolashvili N., Machavariani N./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 41-45- Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Fresh water resources are the major natural resources of Georgia. Georgia with copious fresh water resources is a great temptation for drawing foreign investments and barter exchange. After the detailed water economy balance is developed the volume of export water per regions and time, the method of water taking, condition of hydroecosystems et al. will become possible to define

УДК 551

**РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕСНЫХ ВОД ГРУЗИИ И МЕНЕДЖМЕНТ.**/Геладзе В.Ш., Геладзе Г.В., Болашвили Н.Р., Мачавариани Н.Г./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 41-45. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Ресурсы пресной воды - главное природное богатство Грузии. Ресурсы пресной воды могут притягивать иностранные инвестиции и стать реальным источником бартерного обмена. Точное количество экспортируемой воды по времени и регионам, метод и место водоизъятия определяется после детального анализа отдельных гидроэкосистем и водохозяйственных балансов соответствующих территорий.

*მელი ზბარა შვილი*

*თბილისის ივ.ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,  
საქართველო*

უაკ 551.583 – 911.2

**კავკასიის ბუნებრივი ლანდშაფტების ჰიდროკლიმატური  
რესურსები**

კავკასიის ტერიტორიაზე 440 ათას კვ.კმ ფართობზე, რაც დედამიწის ხმელეთის მხოლოდ 0,3% -ს შეადგენს, წარმოდგენილია დედამიწაზე არსებული ბუნებრივი ლანდშაფტების 40%-ზე მეტი. ამ ლანდშაფტების ბუნებრივი რესურსების რაციონალური და ეფექტური გამოყენება მოითხოვს მათი ბუნებრივ-რესურსული პოტენციალის დეტალურ შეფასებას. მნიშვნელოვანი როლი ბუნებრივ-რესურსული პოტენციალში ეკუთვნის ჰიდროკლიმატურ რესურსებს.

სამწუხაროდ დღემდე ცნობილ მიდგომებში ბუნებრივი რესურსები გაიგივებული იყო ბუნებრივ პირობებთან და, შესაბამისად, ზოგიერთი ავტორი კლიმატურ რესურსებს აიგივებდა კლიმატურ ელემენტებთან-ტემპერატურა, სინოტივე, ნალექები და ა.შ.

ნ.კობიშევა და ო.ილინა [2] კლიმატურ რესურსებს განიხილავენ, როგორც პოტენციალს კონკრეტული გამოყენებითი ამოცანების გადასაწყვეტად. ისინი თვლიან, რომ კლიმატური რესურსები არა კლიმატის ცალკეული მაჩვენებლებია, არამედ ატმოსფეროში არსებული სხვადასხვა სახის ენერჯის, ნივთიერების და ინფორმაციის მარაგია. მათ შეიმუშავეს თითოეული სახის რესურსის ნორმირებული მნიშვნელობის გამოთვლის მეთოდი:

$$X_H = 10(X - X_{MIN}) / (X_{MAX} - X_{MIN}),$$

სადაც  $X$ -კლიმატური პარამეტრია მიღებულ ერთეულებში,  $X_{MAX}$  და  $X_{MIN}$  -პარამეტრის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებია ტერიტორიაზე.

პარამეტრების მნიშვნელობები ყველა სადგურისათვის ჯამდება. ჯამი თითოეული პარამეტრისათვის უტოლდება შერჩეულ რიცხვს, რის შემდგომაც პარამეტრების მნიშვნელობა სადგურების მიხედვით გამოისახება პირობით ერთეულებში. ამ ერთეულებში მიმდინარეობს შემდგომი გამოთვლები. გარკვეული სახის კლიმატური რესურსის შესაფასებლად ითვალისწინებენ მათ წონით კოეფიციენტებს.

დამუშავებული მეთოდი ჩვენ გამოვიყენეთ კავკასიის მრავალფეროვანი ბუნებრივი ლანდშაფტების პოტენციალური ჰიდროკლიმატური რესურსების შესაფასებლად [3]. განხილული იყო აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული და ჰიდროენერგეტიკული რესურსები. პირველი მათგანის დასახასიათებლად მიღებული იყო სითბო და

ტენი, მეორესათვის-მზის რადიაცია, ხოლო მესამესათვის-ჩამონადენი. საბოლოო შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 1.

ცხრილის მარცხენა ნაწილში პირობით ერთეულებში წარმოდგენილია კავკასიის ძირითადი ლანდშაფტების ინტეგრალური ჰიდროკლიმატური რესურსები აგრეთვე მათი მდგენელები პროცენტებში. ცხრილის მარჯვენა ნაწილში კი მითითებულია ჩვენს მიერ გამოვლენილი ლანდშაფტთა ძირითადი ფუნქციები.

როგორც ცხრილიდან ჩანს ლანდშაფტთა რესურსული პოტენციალის ყველაზე დიდი მარაგი გააჩნია სუბტროპიკულ ჰუმიდურ (A) ლანდშაფტებს და მადალმთიანი მდელოები (Y), რომელთათვისაც ჰიდროკლიმატური რესურსების ინტეგრალური მაჩვენებელი შეადგენს შესაბამისად 80 და 70 პირობით ერთეულს. აქედან პირველისათვის წამყვანია აგროკლიმატური და ჰიდროენერგეტიკული რესურსები (49% და 43%), ხოლო მეორესათვის - ჰიდროენერგეტიკული რესურსები (55%). დაახლოებით 40 პირობით ერთეულს შეადგენს რესურსების ინტეგრალური მაჩვენებელი მთის ზომიერ არიდულ (C) და მუქწიწვებიან ტყეებში (T<sup>1</sup>). პირველი მათგანი გამოირჩევა ჰელიოენერგეტიკული, ხოლო მეორე აგროკლიმატური რესურსებით. ყველაზე ღარიბი რესურსული პოტენციალი გააჩნია ვაკის ზომიერ არიდულ (3) ლანდშაფტებს, რომლისთვისაც რესურსის ინტეგრალური მაჩვენებელი შეადგენს მხოლოდ 11 პირობით ერთეულს. კავკასიის დანარჩენი ბუნებრივი ლანდშაფტების რესურსები დაახლოებით თანაბარია და 24-31 პირობითი ერთეულების ფარგლებში მერყეობს.

ლანდშაფტთა ფუნქციების გამოსავლენად გამოყენებული იყო კრიტერიუმი, რომლის თანახმადაც მოცემული რესურსის წილი ჰიდროკლიმატური რესურსების ინტეგრალურ მაჩვენებელში შეადგენდა არანაკლებ 25%-ისა.

ცხრილი 1-ის მარჯვენა ნაწილიდან გამომდინარეობს, რომ კავკასიაში გამოიყოფა, როგორც ერთფუნქციური, ისე მრავალფუნქციური ლანდშაფტები. ერთფუნქციურ ლანდშაფტებს მიეკუთვნება ვაკის ზომიერად თბილი სუბჰუმიდური (D), არიდული (Ж), ზომიერი არიდული (3) და მთის სუბჰუმიდურში გარდამავალი (H<sup>6</sup>-H<sup>7</sup>) ლანდშაფტები, რომლებიც უზრუნველყოფილია სითბოთი და ტენით, და გააჩნიათ აგროკლიმატური ფუნქცია. ორ-ორი ფუნქციით ხასიათდებიან სუბტროპიკული ჰუმიდური (A)-აგროკლიმატური და ჰიდროენერგეტიკული; მადალმთიანი მდელოები (Y)- ჰელიოენერგეტიკული და ჰიდროენერგეტიკული, და აგრეთვე ვაკის სუბხმელთაზღვიური სუბჰუმიდური (B), სუბტროპიკული სუბარიდული (B), სუბტროპიკული არიდული (Γ) და მთის ზომიერი არიდული (C) ლანდშაფტები-აგროკლიმატური და ჰელიოენერგეტიკული. ერთდროულად სამფუნქციონალურია მუქწიწვებიანი ტყე (T<sup>1</sup>), სადაც წარმატებით შეიზლება იქნას



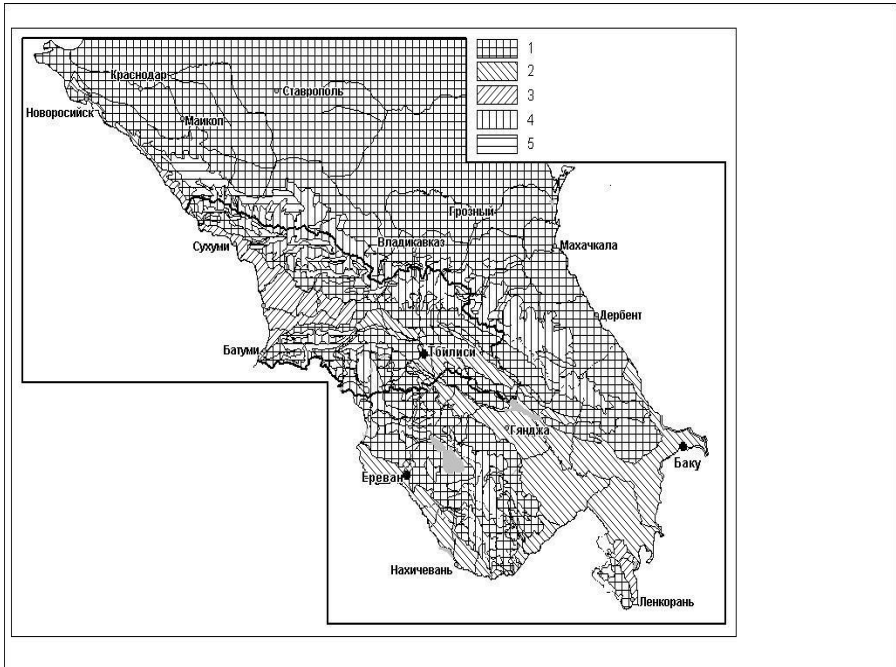
ცხრილი 1. კავკასიის ძირითადი ლანდშაფტების პოტენციური ჰიდროკლიმატური რესურსები და შესაბამისი ფუნქციები

ლანდშაფტის კლასი	რესურსი, %		ლანდშაფტის ფუნქცია			
	სითბოს	ტენიის	ჰელიოენერგეტიკული	ჰიდროენერგეტიკული		
ვაკის	80	16	33	8	43	აგროკლიმატური, ჰიდროენერგეტიკული
	სუბტროპიკული ჰუმიდური (A)*					
	31	36	25	29	10	აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული
	სუბტროპიკული სუბარიდული (B)*					
	31	31	24	38	7	აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული
	სუბტროპიკული არიდული (Γ)*					
	26	50	0	48	2	აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული
	ზომიერად თბილი სუბჰუმიდური (Δ)*					
	29	38	35	16	11	აგროკლიმატური
	ზომიერად თბილი არიდული (Ζ)*					
	26	36	35	18	11	აგროკლიმატური
ზომიერი არიდული ((3)*)						
11	73	24	0	3	აგროკლიმატური	
სუბჰუმიდურში გარდამავალი (H <sup>6</sup> -H <sup>7</sup> )*						
მთის	24	32	46	20	2	აგროკლიმატური
	ზომიერი არიდული (C)*					
	39	28	5	59	8	აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული
	მუქწიწვებიანი ტყე (T <sup>1</sup> )*					
	40	12	31	26	31	აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული, ჰიდროენერგეტიკული
	მალალმთიანი მდელოები (Y)*					
70	0	20	25	55	ჰელიოენერგეტიკული, ჰიდროენერგეტიკული	

\*ლანდშაფტის ტიპი (ქვეტიპი) [1]-ს მიხედვით

გამოყენებული აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული და ჰიდროენერგეტიკული რესურსები, თუმცა ისინი ნაკლებად არიან უზრუნველყოფილი სითბოთი.

ჩვენს მიერ გამოვლენილი კავკასიის ლანდშაფტების ძირითადი ფუნქციები საფუძვლად დაედო პროგრამა « Mapinfo»-ში ლანდშაფტურ საფუძველზე შესაბამისი რუკის შედგენას (იხ.ნახ.).



ნახ.1. კავკასიის ბუნებრივი ლანდშაფტების ძირითადი ფუნქციები: 1- აგროკლიმატური, 2- აგროკლიმატური და ჰელიოენერგეტიკული, 3- აგროკლიმატური და ჰიდროენერგეტიკული, 4- ჰელიოენერგეტიკული და ჰიდროენერგეტიკული, 5- აგროკლიმატური, ჰელიოენერგეტიკული და ჰიდროენერგეტიკული.

მიღებული რუკა კარგად ასახავს კავკასიის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ და ლანდშაფტურ-კლიმატურ თავისებურებათა მთელ სირთულეს და შეიძლება გამოყენებულ იქნას ჰიდროკლიმატური რესურსების ეფექტური გამოყენების მიზნებისათვის.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Беручашвили Н.Л. Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. Тбилиси.; Изд.ТГУ.1995. 314С.
2. Кобышева Н.В., Ильина О.Б.Методы оценки и районирования климатических ресурсов Ленинградской области // Метеорология и гидрология. 2001. №9. С.17-24.
3. Элизбарашвили М.Э. Ресурсный потенциал природных ландшафтов Кавказа // Метеорология и гидрология. 2003. №11. С.99-101.

უაკ 551.583 – 911.2

**კავკასიის ბუნებრივი ლანდშაფტების ჰიდროკლიმატური რესურსები.** /ელიზბარაშვილი მ./სბ-ის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 46-50.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

კავკასიის ბუნებრივი ლანდშაფტების პოტენციალური ჰიდროკლიმატური რესურსების შეფასების საფუძველზე, გამოვლენილია ლანდშაფტთა ზირითადი ფუნქციები და შედგენილია შესაბამისი რუკა.

UDC 551.583 – 911.2

**THE HYDRO-CLIMATIC RESOURCES OF THE CAUCASUS NATURAL LANDSCAPES.** /Elizbarashvili M./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 46-50. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The basic functions of the Caucasus natural landscapes has been revealed on the basis of the estimation of potential hydro-climatic resources and the corresponding map has been worked out.

УДК 551.583 – 911.2

**ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАВКАЗА.** /Элизбарашвили М.Э./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 46-50. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

На основе оценки потенциальных гидроклиматических ресурсов природных ландшафтов Кавказа, выявлены основные функции ландшафтов и составлена соответствующая карта.

*ზ. ჭ. ჯანელიძე*  
*ვახუშტი ბაგრატიონის გეორგაფიის ინსტიტუტი*

უაკ 551

**ივრის უბანის კლიმატის არიდიზაციის და გაუდაბნოების მიზეზების შესახებ**

გაუდაბნოების შესახებ გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მიერ შემუშავებულ კონვენციაში მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონებს შორის, რომლებსაც თანამედროვე გლობალური დათბობის და ანთროპოგენური ფაქტორის ზემოქმედებით გაუდაბნობა ემუქრება, სამხრეთ კავკასიაც არის აღნიშნული [1]. სამხრეთ კავკასიაში გაუდაბნოების პროცესი აშკარად შეინიშნება მტკვარ-არაქსის დაბლობზე და მასთან მიმდებარე მთათაწინეთის ზოლში. გაუდაბნობა მეტ-ნაკლები ინტენსივობით მიმდინარეობს აგრეთვე საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში – ივრის ზეგანზე და ქვემო ქართლის ბარში, სადაც ეს პროცესი თანამედროვე გლობალურ დათბობამდე გაცილებით ადრე დაიწყო და, ძირითადად, განპირობებული იყო არა კლიმატის ბუნებრივი არიდიზაციის, არამედ ამ რეგიონების ბუნებრივი ლანდშაფტების შეუქცევადი ანთროპოგენური მოდიფიკაციის გავლენით. ამ ფაქტს ეჭმიუტანლად ადასტურებს ივრის ზეგნის სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილის – გარეჯა-ივრის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ქვერაიონის ლანდშაფტების განვითარების ისტორია, რაც ბიოგეოგრაფიული და არქეოლოგიური მასალების კომპლექსური ანალიზის საფუძველზეა დადგენილი [7, 8, 9].

გარეჯა-ივრის ქვერაიონის კლიმატი ცხელი და მშრალია. აგვისტოს საშუალო ტემპერატურა  $25^{\circ}\text{C}$ -ია, აბსოლუტური მაქსიმუმი  $40^{\circ}\text{C}$ -ს აღემატება. ნალექების წლიური ჯამი დაახლოებით 400 მმ-ია, ხოლო აორთქლებადობა 1000 მმ-ს აღწევს, რაც სინოტივის საკმაოდ მკვეთრ დეფიციტს განაპირობებს. დანესტიანების კოეფიციენტის წლიური მაჩვენებელი (ჰიდროთერმული კოეფიციენტი ანუ ატმოსფერული ნალექების და აორთქლების წლიური მაჩვენებლების შეფარდება) 0,50-0,65 საზღვრებში ცვალებადობს, ზაფხულში კი – 0,20-0,30-მდე კლებულობს [2]. ავლნიშნავთ, რომ გაუდაბნოების კონვენციის მიხედვით, გაუდაბნობა იმ რეგიონებს ემუქრება, სადაც დანესტიანების წლიური კოეფიციენტი 0,65-ზე ნაკლებია [1]. გარეჯა-ივრის ქვერაიონის მშრალი და ცხელი კლიმატის გამო, ჩამონადენის საშუალო წლიური მოდული მინიმალურია და 1 კმ<sup>2</sup> ფართობიდან 1 წამში 2-4 ლიტრს არ აღემატება [5]. აღნიშნულის გამო, აქ მუდმივი მდინარეები და მტკნარი წყაროები არ არის. იშვიათია

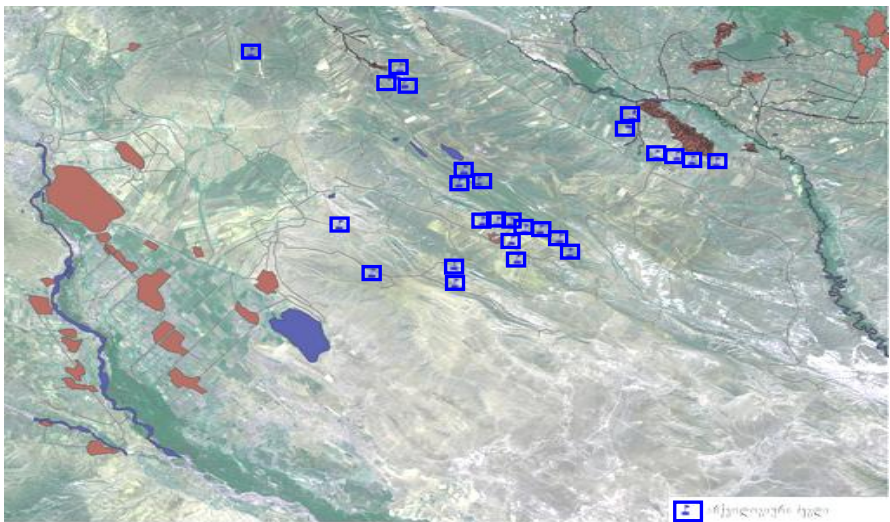
მწარე-მლაშე წყაროები. ქვერაიონის ჩრდილო ნაწილში არის რამდენიმე მლაშე ტბა.

გარეჯა-ივრის ქვერაიონის სამხრეთ ნაწილის (დიდი უდაბნოს, უდაბნოს, იაილაჯიხის მთები და სერები, ალანდარას ტაფობი) ბუნებრივ-მცენარეული საფარი მშრალი ველების, ნახევარუდაბნოს და ნაწილობრივ უდაბნოს მეორადი უროიან-ავშნიანი, ხურხუმიოიან-ავშნიანი, ჩარანიან-ავშნიანი მცენარეული ასოციაციებით არის წარმოდგენილი. ცენტრალურ ნაწილში (უდაბნოს ტაფობი მიმდებარე გორაკ-ბორცვებთან ერთად) გავრცელებულია ფლორისტულად ძლიერ გაღარიბებული ნაწილობრივ უდაბნოსა და ნახევარუდაბნოსათვის დამახასიათებელი ბალახოვანი სახეობებით შექმნილი მეორადი სტეპის ცენოზები; ჩრდილო ნაწილში (დემურდაღის, მილდაღის, ნომარი გორის მთები და სერები, უზუნდარას, ჯიქურების და სხვა ვაკე-ტაფობები) კი – მეორადი ჯაგ-კელიან-უროიან-ვაციწვერიანი ველები და ქსეროფილური ბუნქნარები [7, 10].

პალეოგეოგრაფიული გამოკვლევები მოწმობს, რომ წარსულში გარეჯა-ივრის ქვერაიონის სამხრეთი ნაწილის ტერიტორიაზე თანამედროვესთან შედარებით უფრო ნაკლებად არიდული კლიმატის პირობებში განვითარებული იყო ნათელი ტყე (საკმლის ხე, ღვია, აკაკი და სხვა), ცენტრალურ ნაწილში – ბუნებრივი, უროიანი და უროიან-ვაციწვერიან სტეპები, ჩრდილო ნაწილში კი – მუხნარ-რცხლინარი ტყე [7, 8, 9]. ქვერაიონში ადრე არსებული ტყეების ძირითადი ედიფიკატორები – საკმლის ხე, მუხა, რცხილა, ნეკერჩხალი და სხვა ამჟამად დერივატების სახით ერთეულ ეგზემპლარებად არის შემორჩენილი ძნელად მისადგომ ადგილებში ძეძვისა და ფრიგანის ბუნქებს შორის [7]. წარსულში ტყის ცენოზების ფართო გავრცელებაზე მიუთითებს აგრეთვე ის ფაქტი, რომ ქვერაიონში განვითარებულ ნიადაგებსათვის (რუხი-ყავისფერი, წაბლა და შავმიწა) დამახასიათებელია ტყის ნიადაგებიდან მშრალი ველის და ნახევარუდაბნოს ნიადაგებისაკენ გარდამავალი ნიშნები. ამასთან ერთად, ამ ნიადაგებში უფრო მეტად ჭარბობს მშრალი ველის და ნახევარუდაბნოს ნიადაგწარმოქმნელი პროცესების ნიშნები, რაც აქ ნახევარუდაბნოს და ნაწილობრივ უდაბნოს მცენარეულობის საკმაოდ დიდი ხნის წინ დაწყებული გავრცელებით არის ასხნილი [6, 9].

როგორც უკვე აღინიშნა, გარეჯა-ივრის ქვერაიონში გაუდაბნოების პროცესის განვითარებას, ძირითადად, ხანგრძლივი დროის მანძილზე ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ზეგავლენამ შეუწყო ხელი. აქ აღმოჩენილია სამ ათეულზე მეტი ადრეული, შუა და გვიანიბრინჯაო-ადრერკინის ხანის არქეოლოგიური ძეგლი (ნამოსახლარები, სამაროვნები, ყორღანული ველები), რომელთა შესწავლით დადგენილია, რომ ამ ქვერაიონის ტერიტორია მთლიანად ჰქონდა ადამიანს ათვისებული ძვ. წ. IV ათასწლეულის დასასრულიდან ან-

ტიკური პერიოდის დასაწყისამდე (იხ. სქემა). განსაკუთრებით საყურადღებოა ქვერაიონის ჩრდილო ნაწილში (ნაომარი გორა, ჯიქურების ტაფობი) ძვ. წ. II ათასწლეულის უკანასკნელი საუკუნეებით დათარიღებული ქალაქური ტიპის დასახლების – „ნაომარი გორის“, აგრეთვე რკინის მადნის კარიერების და რკინის წარმოების დამადასტურებელი ნაშთების აღმოჩენა. „ნაომარი გორის“ ნაქალაქარზე გამოვლენილია კვით ნაგები საცხოვრებელი, სამეურნეო, საკულტო და საფორტიფიკაციო გრანდიოზული ნაგებობები (ქალაქის დამცავი კედლების სისქე ზოგან 5 მ-ს აღემატება), რომელთა არქიტექტურა საუცხოოდ არის შემორჩენილი. არქეოლოგიურ ძეგლებზე მოპოვებული მასალების შესწავლით დადასტურებულია, რომ გვიანი-ბრინჯაო-ადრერკინის ხანაში (2800-3500 წლის წინ) გარეჯა-ივრის ქვერაიონის მოსახლეობას მაღალ დონეზე ჰქონდა განვითარებული მიწათმოქმედება, მესაქონლეობა, მეთუნეობა. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს მეტალურგიული საქმიანობა (რკინის გამოდნობა და მისი ექსპორტი), რაც ქვერაიონის იმდროინდელი დასახლებების განვითარების ძირითადი ეკონომიკური ბერკეტი იყო [1].



ივრის ხევის დასავლეთი ნაწილის არქეოლოგიური ძეგლების განლაგების სქემა

გარეჯა-ივრის ქვერაიონის ბუნებრივ გარემოზე განუხრევლად მზარდმა ანთროპოგენურმა დატვირთვამ – პირველ რიგში ტყის განადგურებამ კლიმატის საკმაოდ ძლიერი არიდოზაცია გამოიწვია. აღნიშნულის გამო დაირღვა ნიადაგში და ჰაერის მიწისპირა ფენებში

ჰაერის ტემპერატურასა და ატმოსფერულ ნალექებს შორის ადრე არსებული თანაფარდობა, გაიზარდა აორთქლებადობა, მოიკლო ნიადაგის ტენშემცველობამ და წარმოიქმნა სინესტის მკვეთრად უარყოფითი ბალანსი [2]. სწორედ ამან გამოიწვია ბუნებრივი ტყის და სტეპური ლანდშაფტის თანდათანობითი შეცვლა ფლორისტულად ძლიერ გაღარიბებული მეორადი სტეპებით, ჯაგ-გელიანი ველებით, ქსეროფილური ბუჩქნარებით, რომლებშიც საკმაო რაოდენობით არის წარმოდგენილი ნახევარუდაბნოს და ნაწილობრივ უდაბნოს მცენარეული ასოციაციები. ეჭვს არ იწვევს, რომ ქვერაიონის მოსახლეობის მოთხოვნილება მტკნარ წყალზე მთლიანად ადგილობრივი წყაროებით იყო უზრუნველყოფილი. კლიმატის მკვეთრმა არიდიზაციამ ხელი შეუწყო ნეოგენის პერიოდის ქანებიდან ადვილად ხსნადი მარილების გამოტუტვის პროცესის გაძლიერებას, რამაც მტკნარი წყაროების მწარე-ძლაშე წყაროებით შეცვლა განაპირობა. სწორედ ეს უნდა ყოფილიყო ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი იმისა, რომ ანტიკური ხანის დასაწყისში მუდმივი მოსახლეობა საბოლოოდ ტოვებს გარეჯა-ივრის ქვერაიონს. აქ მხოლოდ ახ. წ. VI ს. დაფუძნებულ გარეჯის სამონასტრო ძეგლებზე გრძელდება უწყვეტი სამონასტრო ცხოვრება.

როგორც ჩანს, გარეჯა-ივრის ქვერაიონის ტერიტორიაზე და საერთოდ ივრის ზეგნის დიდ ნაწილზე ანთროპოგენური ფაქტორის ზეგავლენით ანტიკურ პერიოდში უკვე იყო შექმნილი მშრალი ველის და ნახევარუდაბნოსათვის დამახასიათებელი პიდროკლიმატური რეჟიმი, რამაც დასაბამი მისცა გაუდაბნოების პროცესის დაწყება-განვითარებას. გაუდაბნოების პროცესი გამოვლინდა ამ ქვერაიონში მტკვარ-არაქსის დაბლობიდან და ელდარის ვაკიდან ავშანის, ყარადანის, ხურხუმოს და ნახევარუდაბნოს სხვა მცენარეული სახეობების გავრცელებით. ამავე პერიოდში, ტყეების განეხვის შედეგად, უნდა დაწყებულიყო ნეოგენის და ანთროპოგენის პერიოდის ადვილადშლადი ქანებით აკეზული მთებისა და სერების ინტენსიური ფიზიკური გამოფიტვა, მათი ძლიერი დანაწევრება, ბედლენდური რელიეფის, მშრალი ვიწრო ხეებისა და ხრამების განვითარება, რაც ალაგ-ალაგ უდაბნოს ტიპის რელიეფის შთაბეჭდილებას ტოვებს.

თანამედროვე პირობებში ძლიერი ანთროპოგენური ზეწოლის (ინტენსიური ძოვება, ხვნა-თესვა, არასწორი მეღორაგვია და სხვა) უარყოფითი ზეგავლენის დონე შესანიშნავად აღემატება გარეჯა-ივრის რაიონის ბუნებრივი ლანდშაფტის თვითადგენის შესაძლებლობას, რაც ამ უკანასკნელის ძლიერ დეგრადაციას განაპირობებს. რაიონში აშკარად შეიმჩნევა გაუდაბნოების პროცესის გაძლიერება – მტკვარ-არაქსის დაბლობიდან უდაბნოს ელემენტების შემოჭრა, ნიადაგსაფარის ინტენსიური დამლაშება და სხვა, რამაც კლიმატის თანამედროვე გლობალური დათბობის ზეგავლენით შეიძლება შეუქცევადი ხასიათი მიიღოს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ უკანასკნელ ხა-

ნებში ჩატარებული გამოკვლევების მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოს მთათაშუეთის ტერიტორიაზე, რომლის ნაწილსაც წარმოადგენს ივრის ზეგანი, XX საუკუნეში შეინიშნება სუსტი დათბობა, საშუალოდ 0,3-0,4 °C/100 წლის საზღვრებში [4]. ამავე პერიოდში ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობის ცვლილება ივრის ზეგანზე (შირაქის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით) არ შეინიშნება [3].

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გარეჯი (კახეთის არქეოლოგიური ექსპედიციის შრომები, VIII), თბილისი, 1988, გვ. 184;
2. დ. უკლება. აღმოსავლეთ საქართველოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონება, თბილისი, 1968, გვ. 350;
3. ე. ელიზბარაშვილი, ლ. პაპინაშვილი, თ. ხელაძე. საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიანი ცვლილებების გამოკვლევების წინასწარი შედეგები. კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის საინფორმაციო ბიულეტენი, №5. საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო, ჰიდრომეტეოროლოგიის ტეპარტამენტი. თბილისი, 1997, გვ. 35-44;
4. კ. თავართქილაძე. ჰავის ცვლილებების თავისებურებანი საქართველოში. ვახუშტი ბაგრატიონის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ახალი სერია, №2 (81), თბილისი, 2008, გვ. 322-333;
5. ლ. მარუაშვილი საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია, თბილისი, 1970, გვ. 236-247;
6. მ. საბაშვილი საქართველოს სსრ ნიადაგები, თბილისი, 1965, გვ. 552;
7. ნ. კეცხოველი საქართველოს მცენარეული საფარი, თბილისი, 1960, გვ. 441;
8. Джанелидзе Ч. П. Палеогеография Грузии в голоцене, Тбилиси, 1965, с.113-116;
9. Накаидзе Э. К. Серо-коричневые почвы Грузии. Генетические типы почв субтропиков Закавказья, Москва, 1979, с.230-236;
10. Сохадзе М. Е. Эколого-биологические и ценоотические особенности бородачаевой степи Восточной Грузии, Тбилиси, 1977, с.177; United Nations Convent on to Combat Desertification. Paris, 1994

უაკ 551

**ივრის ზეგანის კლიმატის არიდიზაციის და გაუფასურების მიზეზების შესახებ**/ჯანელიძე ზ./ ჰმის შრომათა კრებული -2008-ტ.115-გვ. 51-56.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

პალეოგეოგრაფიული და არქეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე ირკვევა, რომ წარსულში ივრის ზეგანის ტყის, ტყე-სტეპისა და სტეპის ლანდშაფტების ანთროპოგენური მოდიფიკაცია დაიწყო ბრინჯაოს ხანის გარიჟრაჟზე (5-6



ათასი წლის წინ). ამ დროიდან ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა გახდა ბუნებრივი ლანდშაფტების მეორადი სტრუქტურა და ჯაგეკლიანი ველებით შეცვლის, კლიმატის არიდიზაციისა და ნაწილობრივი გაუღებლობის პროცესის განვითარების ძირითადი მიზეზი.

UDC 551

**ON THE CAUSES OF DESERTIFICATION OF IORI ELEVATED PLAIN AND CLIMATE ARIDIZATION.**/Djanelidze Z./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 51-56. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

On the basis of paleogeographical, geobotanical and archeological records it became obvious that antropogenic modification of the natural landscapes of forest, forest-steppe and steppe of the Iori upland began at an early stage of the Bronze age (5000-6000 years ago). Since then the major part of the Iori upland has been cultivated by man, whose economic activity was a principal reason for substitution of the natural landscapes of forest, forest-steppe and steppe by secondary steppes and thorny valleys, climate aridization and partial desertification of the area.

УДК 551

**О ПРИЧИНАХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА И ОПУСТЫВАНИЯ ИОРСКОГО ПЛОСКОГОРИЯ.**/Джанелидзе З.Ч./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 51-56. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

На основе анализа палеогеографических, геоботанических и археологических данных выясняется, что антропогенная модификация лесных, лесостепных и степных ландшафтов Иорского плоскогорья началась на заре бронзовой эпохи (6000-7000 лет назад). Хозяйственная деятельность человека становится мощным фактором модификации лесных и лесостепных ландшафтов аридизации климата и развитии процессов вторичного остепнения, а местами и опустынивания

*Таварткиладзе К.А.<sup>1</sup>, Амиранашвили А.Г.<sup>2</sup>*  
*Институт географии им. Вахушти Багратиони, Грузия*  
*Институт геофизики им. М. Нодиа, Грузия*

УДК 551.582

## **ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В Г. ТБИЛИСИ**

### **Введение**

В последние годы в связи с ростом индустриального загрязнения внешней среды особую актуальность приобрели проблемы влияния этих загрязнений как на изменение глобального, регионального и локального климата в целом, так и на изменчивость отдельных климатообразующих факторов. Особое значение эта проблема приобрела в нашей стране. Для Грузии, имеющей небольшую территорию, на которой можно встретить почти все виды климатов – от влажных субтропиков с высоким температурным фоном при избыточной увлажненности до холодного климата зоны вечных снегов и ледников, весьма существенны не только региональные эффекты изменения климата, но и эффекты локального масштаба (города, окрестности крупных источников эмиссии загрязнений атмосферы и др.).

Учитывая указанное, в 1996 году были начаты и продолжаются по сей день широкомасштабные исследования современного изменения климата Грузии. В первую очередь была проведена инвентаризация парниковых газов в Грузии, изучены пространственно-временные вариации полей температуры, осадков, облачности, аэрозольного загрязнения воздуха, поверхностного покрова и других климатообразующих параметров [1,4].

В настоящей работе предпринята попытка проведения оценки ожидаемых изменений температуры воздуха в Тбилиси.

### **Методика**

Рассмотрено два метода прогнозирования. Первый метод заключается в прогнозировании кривой роста температуры воздуха и ее доверительных интервалов [2,5]. Суть второго метода описана в [4].

В работе использованы следующие статистические параметры (с соответствующими обозначениями): Mean – среднее, Max – максимум, Min – минимум, Interv – вариационный размах, Median – медиана, Mode – мода, St Dev – стандартное отклонение,  $\sigma_m$  – стандартная ошибка среднего,  $C_v$  – коэффициент вариации (%),  $A_s$  – коэффициент асимметрии, K – коэффициент эксцесса, Count – число случаев, R – коэффициент линейной корреляции,  $R_s$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмэна,  $R_k$  – коэффициент ранговой корреляции Кендэла,  $R_a$  – коэффициент автокорреляции с лагом 1 год,  $K_{dw}$  –

критерий Дарбина-Уотсона,  $\alpha$  - уровень значимости,  $T$  – среднегодовая температура воздуха.

Доверительный интервал для среднего - CONF, а также его нижний  $CONF_L$  и верхний  $CONF_U$  уровни с заданной вероятностью определялись как без учета, так и с учетом автокорреляции в рядах наблюдений. В последнем случае для доверительного интервала вводилась поправка на значение коэффициента автокорреляции с лагом  $L = 1$  год.

## Результаты

### Первый метод.

В табл.1 представлены статистические характеристики температуры воздуха в Тбилиси в период с 1906 по 2006 гг.

Таблица 1

Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
Mean	13,0	K	0,43	99%(+/-) CONF	0,17
Min	11,1	Count	101	99% $CONF_L$	12,83
Max	14,8	R	0,35	99% $CONF_U$	13,18
Interv	3,7	$\alpha$ для R	0,01	99%(+/-) CONF с учетом $R_a$	0,22
Median	13,0	$R_k$	0,24	99% $CONF_L$ с учетом $R_a$	12,79
Mode	13,2	$\alpha$ для $R_k$	0,0005	99% $CONF_U$ с учетом $R_a$	13,22
St Dev	0,68	$R_s$	0,34	$K_{dw}$	1,8
$\sigma_m$	0,07	$\alpha$ для $R_s$	0,0006	$\alpha$ для $K_{dw}$	0,05
Cv (%)	5,2	$R_a$	0,21	a	0,00817
$A_s$	-0,10	$\alpha$ для $R_a$	0,05	b	12,6

Как следует из табл.1 температурный ряд в Тбилиси неслучайный (коэффициенты  $R$ ,  $R_k$  и  $R_s$  значимо выше предельных значений) и автокоррелирован (коэффициент  $R_a$  также значимо выше предельных значений). Тренд температуры воздуха удовлетворительно описывается линейным уравнением (критерий  $K_{dw}$  имеет соответствующее значение) с коэффициентами регрессии a и b.

Исходя из указанного в соответствие с [2,5] получена прогностическая модель линейного роста  $T$  и ее 99% доверительного интервала в период с 2007 по 2055 гг. (рис.1). В табл.2 представлены прогностические величины средней  $T$  и 99% значения ее нижнего и верхнего уровней с 2007 по 2055 гг по пятилетним интервалам. Отметим, что значения

99%  $CONF_L$  и 99%  $CONF_U$  как без учета, так и с учетом  $R_a$  (табл.1) попадают в диапазон тех же значений доверительных границ, представленных в табл.2.

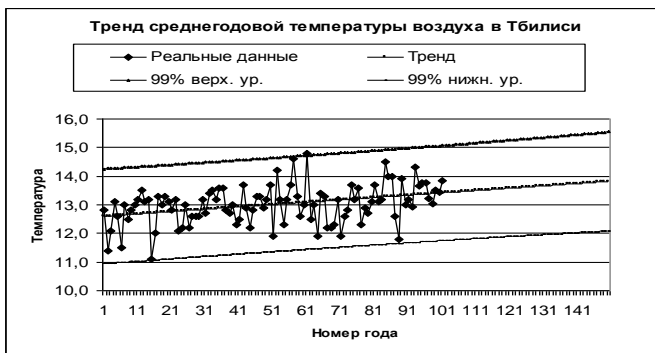


Рис. 1. Тренд среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси. 1906-2006 - реальные данные. 2007 - 2055 - экстраполяция по расчетам тренда в 1906-2006 гг.

Таблица 2

Год	99% CONF <sub>L</sub>	T	99% CONF <sub>U</sub>	Год	99% CONF <sub>L</sub>	T	99% CONF <sub>U</sub>
2010	11,8	13,4	15,1	2035	12,0	13,7	15,3
2015	11,8	13,5	15,2	2040	12,0	13,7	15,4
2020	11,9	13,5	15,2	2045	12,0	13,7	15,4
2025	11,9	13,6	15,3	2050	12,1	13,8	15,5
2030	11,9	13,6	15,3	2055	12,1	13,8	15,5

### Второй метод.

С целью долговременного (климатического) прогнозирования температуры в работе [4] была представлена схема, в основе которой было разложение случайной функции в многомерном пространстве на естественные ортогональные составляющие [3]. В качестве примера на основе данных за период 1846 – 1985 годов (с одним частным вектором) был сделан прогноз для среднегодовых температур на период 1986 – 1990 годов и затем было произведено сравнение фактических данных с прогностическими. Фактические и прогнозируемые температуры для прогностического периода представлены на рис.2 (Фактические - сплошная линия - и спрогнозированные – пунктирная - значения температуры для Тбилиси, для периода 1986 – 1990 годов).

В работе [4] прогнозирование было произведено не для среднегодовых, а для отдельных месяцев, а значения среднегодовых температур было рассчитано осреднением данных о температуре прогнозируемых месяцев. Погрешность в упомянутой статье оценена осреднением погрешностей прогнозируемых месячных температур и она колеблется в пределах от 9,4 до 14,3%. В действительности, если ограничимся прогнозированием только среднегодо-

вых температур, она значительно меньше и в течение пяти лет колеблется в пределах от 0 до 6,9%. Надо отметить, что прогностическая схема предсказала тенденцию потепления в 1989 году по сравнению с предыдущим и последующим годами.

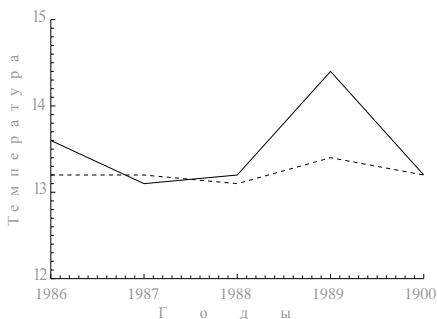


Рис.2

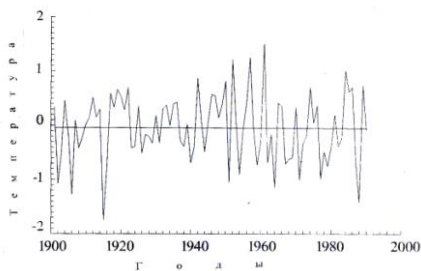


Рис. 3

Применив для прогнозирования вышеуказанную схему, мы попытались установить вероятнейшую картину изменений температуры для Тбилиси на период до 2055 года. Процесс прогнозирования по вышеупомянутой схеме состоит из трёх этапов. Первый этап предусматривает представление среднегодового, дискретного температурного ряда за период, предшествующий прогнозируемому, в виде такой непрерывной функции, согласно которой сравнение определённых температурных рядов с фактическими дают минимальную дисперсию. На втором этапе из указанных функций должна быть подобрана такая, которая в течение прогнозируемого периода сохраняет тенденцию изменения предыдущего периода. На третьем этапе с помощью выбранной функции должны быть определены наивероятнейшие значения ожидаемой температуры для прогнозируемого периода.

Легко догадаться, что второй этап исключает возможность успешного прогнозирования в том случае, когда процесс формирования температурного поля претерпевает резкие изменения (например «ядерная зима», что может быть следствием термоядерной войны между государствами). Такие изменения в природе происходят редко, поэтому мы считаем, что в процессе текущего глобального потепления предложенная схема может прогнозировать температурное поле с большой точностью.

Данные температурных наблюдений для Тбилиси, которые можно использовать для прогнозирования, существуют с 1846 года. Однако тенденция потепления отмечается с девятисотых годов [4]. Поэтому, исходя из второго этапа прогнозирования, использовались фактические данные за 1906 – 1995 годы. Данные за 1996 – 2005 годы использовались для сравнения спрог-

нозированных и фактических данных и было проведено прогнозирование для десятилетних периодов для 2006 – 2055 годов.

**Первый этап.** Критерий подбора функции температурных рядов для периода, предшествующего прогнозируемому, состоит в следующем: определяется дисперсия температурных рядов относительно среднего арифметического (средняя годовая температура в Тбилиси в период 1906 – 1995 годов составляла 12,93°C, а дисперсия – 0,450); затем подбирается та или иная функция и вычисляется дисперсия ряда относительно выбранной функции; если дисперсия выбранной функции уменьшается относительно дисперсии среднего арифметического, то такая функция удовлетворяет обязательному (но не достаточному) условию для прогнозирования.

Из числа проверенных функций обязательным для первого этапа условиям удовлетворяют несколько из них. Приведём их в порядке уменьшения значения дисперсии.

1. Линейная функция

$$T = X_0 + X_1 N \quad (1)$$

Здесь и ниже везде  $N$  – последовательный пересчёт годов, а  $X_1$  – эмпирический коэффициент.

После определения входящих в уравнение (1) эмпирических коэффициентов ( $X_0 = 12,634$ ;  $X_1 = 0,0066$ ), были вычислены температурный ряд и соответствующая дисперсия.

Оказалось, что формула (1) уменьшает дисперсию, по сравнению со средней арифметической, на 3,3%.

2. Полином второй степени

$$T = \sum_{i=0}^2 X_i N^i \quad (2)$$

Значения эмпирических коэффициентов, входящих в формулу (2), следующие:  $X_0 = 12,496$ ;  $X_1 = 0,0156$ ;  $X_2 = -9,924 \cdot 10^{-5}$ . Согласно вычисленным по формуле (2) результатам, значение дисперсии по сравнению со средней арифметической, уменьшается на 3,72%.

3. Полином третьей степени

$$T = \sum_{i=0}^3 X_i N^i \quad (3)$$

Значения эмпирических коэффициентов:  $X_0 = 12,274$ ;  $X_1 = 0,0441$ ;  $X_2 = -8,786 \cdot 10^{-4}$ ;  $X_3 = 5,709 \cdot 10^{-6}$ . Данная формула уменьшает дисперсию на 4,44%.

4. Периодическая функция

$$T = A \sin(2\pi N/L + F) \quad (4)$$

где  $A$  – амплитуда,  $L$  – длина полного периода,  $F$  – начальная фаза.  $A$ ,  $L$  и  $F$  определены итерационным путём, их значения соответственно 0,28° C,

23,68 лет, 290°. Вычисленная по формуле (4) дисперсия температурного ряда меньше средней арифметической на 4,45%.

5. Полином четвёртой степени

$$T = \sum_{i=0}^4 X_i N^i \quad (5)$$

Значения эмпирических коэффициентов:  $X_0 = 12,360$ ;  $X_1 = 0,0260$ ;  $X_2 = 7,600 \cdot 10^{-6}$ ;  $X_3 = -9,383 \cdot 10^{-6}$ ;  $X_4 = 8,292 \cdot 10^{-8}$  Данная формула уменьшает дисперсию на 4,51%.

6. Полином пятой степени

$$T = \sum_{i=0}^5 X_i N^i \quad (6)$$

Полином пятой степени, эмпирические коэффициенты которого:  $X_0 = 12,213$ ;  $X_1 = 0,0711$ ;  $X_2 = 0,339 \cdot 10^{-2}$ ;  $X_3 = 8,920 \cdot 10^{-5}$ ;  $X_4 = -1,132 \cdot 10^{-6}$ ;  $X_5 = 5,342 \cdot 10^{-9}$ , уменьшает дисперсию на 4,68%.

7. Полином шестой степени, уменьшает дисперсию больше чем все остальные

$$T = \sum_{i=0}^6 X_i N^i \quad (7)$$

и значения его эмпирических коэффициентов:  $X_0 = 11,674$ ;  $X_1 = 0,295$ ;  $X_2 = -0,0272$ ;  $X_3 = 1,120 \cdot 10^{-3}$ ;  $X_4 = -2,224 \cdot 10^{-5}$ ;  $X_5 = 2,089 \cdot 10^{-7}$ ;  $X_6 = -7,458 \cdot 10^{-10}$ . Она уменьшает дисперсию на 6,33%.

Вариации среднегодовой температуры в Тбилиси в период 1906 – 1995 годов наиболее точно представляет полином шестой степени с представленными выше коэффициентами. Полиномы же более высоких степеней, по сравнению со средним арифметическим, вызывают резкий рост дисперсии. Таким образом, все рассмотренные выше функции принципиально возможно использовать для прогнозирования, если они удовлетворят условиям второго этапа.

**Второй этап.** Как было отмечено, второй период должен определить, какая из выбранных функций и насколько повторяет ту тенденцию изменения температуры, что была характерна для периода, предшествовавшему прогнозируемому. Период до прогноза, или средний годовой температурный ряд за период 1906 – 1995 гг., характерен постепенным ростом, примерно в пределах 0,007% ежегодно. Одновременно с ростом  $T$  наблюдается незначительный рост стандартного отклонения. Для установления того, насколько выбранные функции сохраняют отмеченные тенденции в прогнозируемый период, необходимо установление вида этих функций с  $N = 91$  до  $N = 150$ .

Проверка показала, что в прогнозируемый период полиномы второй и шестой степеней претерпевают значительное уменьшение, т.е. они не могут быть основой прогнозной функции. Полиномы третьей, четвёртой и пятой

степеней в прогнозируемый период сохраняют тенденцию роста. Интенсивность роста подлежит регулировке. Однако они обладают очень большим стандартным отклонением, вследствие чего их использование для прогнозирования практически невозможно. Несмотря на это мы считаем, что их практическое применение принесёт определённую пользу в определённых сферах исследования атмосферных процессов, поэтому необходимо полностью представить значения необходимых параметров, необходимых для их использования.

Что же касается линейных и периодических функций, они полностью отвечают принципам предшествующего периода, но не дают возможности прогнозирования дисперсии. Для прогнозирования дисперсии мы прибегли к следующему способу.

От фактических значений среднегодовых температур за 1906 – 1995 годы вычли значения, полученные по формулам (1) и (4). Полученные ряды, которые представлены на рис. 3 и показывают изменения стандартных отклонений температуры воздуха в Тбилиси за период 1906 – 1995 гг по десятилетним периодам (1 – фактическая дисперсия, 2 – средняя десятилетних периодов, 3 – стандартное отклонение) определяют ежегодные вариации температуры без тенденции потепления и цикличности. Именно полученный ряд даёт величину стандартного отклонения и поэтому мы попытались изучить его изменения за данный период.

Если произвести линейную аппроксимацию представленных на рис.3 вариаций, то выражение изменений стандартных отклонений за 1906 – 1995 годы примет следующий вид:

$$D = 0,491 + 0,0223 n \quad (8)$$

С использованием формулы (8) на рис.3 проведены границы диапазона средних и стандартных отклонений для десятилетних периодов. Они показывают, что изменения температурного поля сопровождаются незначительным ростом дисперсии.

Таким образом, из выбранных на первом этапе функций прогнозирования температуры, наилучший результат можно ожидать по формулам (1) и (4).

Надо отметить, что их одновременное применение возможно с применением метода суперпозиции, а для прогнозирования суперпозиции целесообразно использование формулы (8).

**Третий этап.** Формулы (1) и (4) дают изменение температуры без дисперсии. Изменения температурного поля, вычисленные за период 1906 – 2055 гг по указанным формулам без учёта дисперсии, принимает вид, представленный на рис. 4. Учёт ожидаемой величины дисперсии возможен с использованием формулы (8). Однако мы считаем более целесообразным представление климатических прогнозов по десятилетним периодам, вероятность оправдываемости которых значительно выше, чем у ежегодных.



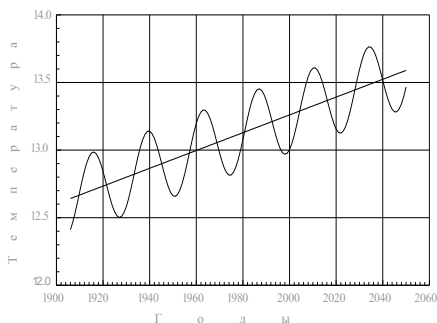


Рис. 4

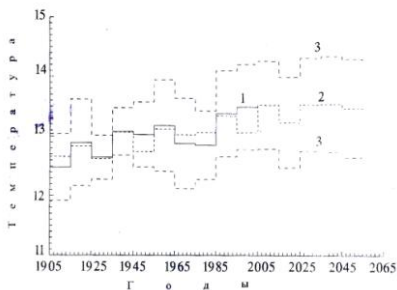


Рис. 5

Как предшествующий, так и прогнозируемый период мы разделили на десятилетние периоды, для каждого из десятилетних отрезков определили как фактические, так и вычисленные по формулам значения и соответствующие стандартные отклонения. Изменения температуры по десятилетним периодам для Тбилиси за 1906-2055 годы представлены на рис. 5 (1 – фактическая, 2 – вычисленные по линейной (1) и периодической (4) формулам, 3 – стандартные отклонения).

Как видно из рис. 4, максимальное отклонение по десятилетним периодам между фактическими и вычисленными температурами отмечалось в 1985 – 1995 гг и оно составило  $0,4^{\circ}\text{C}$ , что составляет 3% от средней температуры в указанный период.

В течение последующих 50 лет в Тбилиси ожидаются следующие значения средних по десятилетиям температуры воздуха: 2006-2015 гг. –  $13,52^{\circ}\text{C}$ , 2016-2025 гг. –  $13,23^{\circ}\text{C}$ , 2026-2035 гг. –  $13,53^{\circ}\text{C}$ , 2036-2045 гг. –  $13,54^{\circ}\text{C}$ , 2046-2055 гг. –  $13,45^{\circ}\text{C}$ . Отметим, что прогностические значений  $T$ , полученный с использованием второго метода, попадают а доверительный интервал для  $T$ , рассчитанный по первому методу.

### Заключение

Для оценки ожидаемых изменений температуры воздуха в Тбилиси было использовано два прогностических метода. 1 – классический метод прогнозирования кривой роста температуры воздуха и ее доверительных интервалов. 2 – предложенный первым автором данной работы метод, опубликованный ранее в [4].

В соответствие с первым методом нижний уровень 99%-го доверительного интервала для  $T$  с 2006 г. по 2055 г. меняется от  $11,8^{\circ}\text{C}$  до  $12,1^{\circ}\text{C}$ , а верхний уровень – от  $13,4^{\circ}\text{C}$  до  $15,5^{\circ}\text{C}$ . В соответствие со вторым методом в течение последующих 50 лет самая низкая температура ( $13,23^{\circ}\text{C}$ ) ожидается в период 2016 – 2025 гг. , а самая высокая - в 2036-2045 гг. -  $13,54^{\circ}\text{C}$ . Оба метода дополняют друг друга. По крайней мере первый можно использовать

для контроля второго. Преимуществом второго метода является то, что в тренде температуры он позволяет прогнозировать ее колебания.

### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Budagashvili T., Karchava J., Gunia G., Intskirveli L., Kuchava T., Gurgenzidze M., Amiranashvili A., Chikhladze T., 1999, Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks, Georgia's Initial National Communication on Under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Project GEO/96/G31, Tbilisi, 137 p.
2. Дуброва Т.А., 2003, Статистические методы прогнозирования в экономике, М., Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 50 с.
3. Обухов А.М., 1960, О статистических ортогональных разложениях эмпирических функций. Изв. АН СССР, сер. Геофиз., 13, с.432 – 439.
4. Таварткиладзе К., Элиزابашвили Э., Мумладзе Д., Вачнадзе Дж., 1999, Эмпирическая модель изменений приземного температурного поля Грузии, Тбилиси, Мецниереба, 128 с. (Груз.)
5. Ферстер Э., Ренц Б., 1983, Методы корреляционного и регрессионного анализа, М., Финансы и статистика, 303 с.

შპს 551.582

**ჰაერის ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილებები ქ. თბილისში** /თავართკილაძე კ., ამირანაშვილი ა./ ჰში-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 57-65.-რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ორი სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით მოყვანილია ჰაერის ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილებების შეფასება თბილისში 2055 წლამდე.

UDC 551.582

**EXPECTED CHANGES OF THE AIR TEMPERATURE IN TBILISI CITY**./Tavartkiladze K, Amiranashvili A./. Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. - 2008. - т.115. – p. 57-65. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The estimation of the expected changes of air temperature in Tbilisi up to 2055 years with the use of two methods is carried out.

УДК 551.582

**ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В Г. ТБИЛИСИ** /Таварткиладзе К.А., Амиранашвили А.Г./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. -2008. – т.115. – с. 57-65. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

С использованием двух методов проведена оценка ожидаемых изменений температуры воздуха в Тбилиси до 2055 года.

*მუმლაძე დ., ლომიძე ნ.*

*ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი*

უაკ 551.58.583

**სამართველოს თერმული ველის ცვლილება კლიმატის  
გლობალური დაბობის ფონზე**

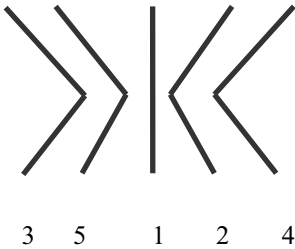
კლიმატის თანამედროვე ცვლილების შესწავლა, როგორც გლობალური, ასევე რეგიონური მასშტაბით წარმოადგენს ფრიად აქტუალურ საკითხს. ეს აქტუალობა გამოწვეულია ბუნებრივი, კერძოდ ჰიდრომეტეოროლოგიური სახის კატასტროფების (წყალდიდობები, გვალვები და ა.შ) გახშირებით, რომლებიც დიდ ზარალს აყენებენ თითოეული ქვეყნის ეკონომიკას. ამასთან ერთად, ნეგატიურად მოქმედებენ ეკოსისტემებზე. კლიმატის თანამედროვე ცვლილება, ანუ გლობალური ათბობა, რაც ჩვენი პლანეტის კლიმატური სისტემის წონასწორობას არღვევს, წარმოადგენს ბუნების იმ ურთულეს ფენომენს, რომელიც გაერომ სრულიად სამართლიანად აღიარა კაცობრიობის წინაშე მდგომ პრობლემათა შორის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესად.

ამ პრობლემის შესწავლის მიზნით მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციისა (WMO) და გაეროს ეგიდით სულ უფრო ხშირად იმართება საერთაშორისო კონფერენციები, კონგრესები, სემინარები და კლიმატის შემსწავლელ ექსპერტთა ჯგუფების შეხვედრები. სწორედ ასეთი მუშა შეხვედრა მოეწყო 2007 წელს პარიზში, სადაც გამოქვეყნდა უახლესი მასალები გლობალურ ათბობასთან დაკავშირებით.

ბუნების კომპონენტები – რელიეფი, წყალი, ჰაერი და სხვ., სრულიად განსხვავებული სუბსტანციისა არიან, თუმცა, მათ ერთი საერთო თვისება აქვთ – ისინი იცვლებიან დროსა და სივრცეში. თითოეული იცვლება გარკვეულ საზღვრებში, რომელთაც სფეროებს უწოდებენ. ესენია: ლითოსფერო, ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ა.შ., რომლებიც ჩვენი პლანეტის კლიმატური სისტემის, ამ ურთულესი ჰიდრო-თერმო-დინამიკური სისტემის ქვესისტემებია (სურ. 1)

კლიმატურ სისტემაში ძირითად ქვესისტემას ატმოსფერო წარმოადგენს, სადაც შეიმჩნევა სათბური გაზების (მეთანის CH<sub>4</sub>, აზოტის ოქსიდების NO<sub>x</sub> და სხვ.), განსაკუთრებით კი ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>), კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი ზრდა, რამაც გამოიწვია ზემოხსენებული კლიმატური სისტემის წონასწორობის დარღვევა, საბოლოო ჯამში კი შემდეგი ცვლილებები:

1. უკანასკნელი 100 წლის მანძილზე ჩვენი პლანეტის ჰაერის ტემპერატურამ მრავალწლიურ ნორმასთან შედარებით  $0.74^{\circ}\text{C}$  – ით მოიმატა;
2. 2005 წლისათვის  $\text{CO}_2$  მიაღწია 379 ppm, მაშინ, როდესაც ინდუსტრიალიზაციამდე პერიოდში იგი 280 ppm უდრიდა;
3. დაიკვირვება როგორც ზეწრული, ასევე მთის მყინვარების დნობა. 1979 წლის კოსმოსური სურათების შედარება 2003 წლის სურათებთან ცხადყოფს არქტიკის ყინულების მნიშვნელოვან შემცირებას, რომ არაფერი ითქვას ალპების, კავკასიონის და სხვა მყინვარების ინტენსიურ უკანდახევაზე;
4. შემჩნეულია ოკეანის დონის მატება;
5. სახეზეა ბუნებრივი ზონების გადანაცვლება სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ, ასევე დაბალი ჰიფსომეტრიული ზონებიდან მაღალი ზონებისაკენ. აღსანიშნავია, რომ პლეისტოცენში კლიმატური სარტყლების გადაადგილება ხდებოდა ძლიერი სიჩქარით - 300 მ/წელ [6]. თუ გავითვალისწინებთ ანთროპოგენურ ფაქტორს, რომელიც XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მკვეთრ განვითარებასთან ერთად ერთობ გააქტიურდა, უნდა ვივარაუდოთ, რომ აღნიშნული სიჩქარე კიდევ უფრო გაიზრდება. ჯერ კიდევ, გასული საუკუნის პირველ ნახევარში, აკად. ვი.ვერნადსკიმ ადამიანი გეოლოგიურ ძალასაც კი შეადარა; იცვლება ბიომრავალფეროვნება. კერძოდ ის მცირდება როგორც რაოდენობრივად, ასევე სახეობების მიხედვით.



1. ატმოსფერო (**A**) – დედამიწის გარშემო არსებული ჰაეროვანი გარსი
2. ჰიდროსფერო (**H**) - მსოფლიო ოკეანე განაპირა და შიგა ზღვებით
3. კრიოსფერო (**Kr**) - ყინულოვანი ფარები, მთის მყინვარები, ზღვის ყინულები და ხმელეთის თოვლის საფარი
4. ლითოსფერო (**L**) – ხმელეთის მოქმედი ფენა და ყველაფერი ის, რაც მასზე არსებობს (მათ შორის ტბები, მდინარეები და მიწისქვეშა წყლები)
5. ბიოსფერო (**B**) – ხმელეთისა და ზღვების მცენარეულობა და სხვა ცოცხალი ორგანიზმები (ადამიანის ჩათვლით)

სურ. 1. დედამიწის კლიმატური სისტემის ზოგადი სქემა [7]

რადგან საქართველოს კლიმატი გარკვეულწილად ევრაზიის კონტინენტზე მიმდინარე მსხვილმასშტაბიანი ცირკულაციური მექანიზ-

მების ურთიერთქმედების შედეგია, ბუნებრივია მისი თანამედროვე ცვლილების შესწავლისას გასათვალისწინებელია ჩრდილო ნახევარსფეროს, კერძოდ, ატლანტიკურ-ევრაზიულ სექტორში მიმდინარე კლიმატური პროცესების მრავალწლიური თავისებურებანი:

1. ყველაზე ადრე და ყველაზე მეტად ათბობა აღნიშნულია მაღალ განედებში. როგორ პარადოქსულადაც არ უნდა გვეჩვენებოდეს, იქ, სადაც ანთროპოგენური ფაქტორი მინიმუმამდეა დაყვანილი. იგულისხმება ამ განედებზე განფენილი ტერიტორიების დაუსახლებლობა და, აქედან გამომდინარე ურბანისტული პროცესების განსაკუთრებული სიმცირე;
2. ათბობა იზრდება დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით. მაგალითად, ბრიტანეთის კუნძულებზე ივლისის ტემპერატურამ  $1-1.5^{\circ}\text{C}$ -ით მოიმატა, ტაიმირზე კი  $6^{\circ}\text{C}$ -ით;
3. არსებითად ათბობა აღინიშნება ზამთარში. თუ იანვრის ტემპერატურა ბრიტანეთში  $2^{\circ}\text{C}$ -ით აიწია, შესაბამისად იაკუტიაში  $12^{\circ}\text{C}$ .
4. შემცირებულია დღე-ღამური, განსაკუთრებით კი წლიური ამპლიტუდა, ეს უკანასკნელი მცირდება უცივესი თვის – იანვრის ტემპერატურის მატების გამო, ხოლო დღე-ღამური ამპლიტუდა – ღამის ტემპერატურის მომატებასთან დაკავშირებით;
5. ათბობის პერიოდში ყველა წელი მრავალწლიურ ნორმაზე თბილი არ არის, ხშირია, როდესაც მეზობელი წლების ტემპერატურებს დიდი კონტრასტები ახასიათებთ. მაგალითად, პეტერბურგში 1949 წლის იანვრის თვეში აღინიშნა  $-2.2^{\circ}\text{C}$ , ხოლო 1950 წელს  $-13.9^{\circ}\text{C}$ , ან კიდევ 1965 წელს  $(-5.3^{\circ}\text{C})$ , მის მომდევნო წელს კი  $(-14.9^{\circ}\text{C})$  [10];
6. ჩრდილო ნახევარსფეროსათვის შედგენილი ანტიციკლონების კატალოგიდან, რომელიც მოიცავს თითქმის მთელ XX საუკუნეს, ჩანს, რომ დღეთა რიცხვი ანტიციკლონებით (გარდა ბარენცის ზღვისა) ყველგან შემცირდა, განსაკუთრებით ახორის მაქსიმუმის რაიონში, ევროპის ჩრდილოეთით და დასავლეთ ციმბირის სამხრეთით. სამაგიეროდ გაიზარდა ციკლონების რიცხვი, რომლებმაც ტრაექტორიები შეიცვალეს. თუ ისინი უწინ სკანდინავიის გავლით იჭრებოდნენ ცენტრალურ ევროპაში და მის აღმოსავლეთით და, იმავედროულად, განიცდიდნენ ტრანსფორმაციას, ახლა ისინი პირდაპირ ვრცელდებიან აღნიშნულ ტერიტორიებამდე [9].
7. XX საუკუნის ბოლო ორი ათწლეული, განსაკუთრებით კი 1991-2000 წლები, გამოირჩეოდა ექსტრემალურად მაღალი ტემპერატურებით, რომელიც კი დაიკვირვებოდა ჩრდილო ნახევარსფეროში სულ ცოტა 20 საუკუნის მანძილზე.

კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე, ცალკეულ რეგიონებში, მათ შორის კავკასიაშიც, კერძოდ, კი საქართველოში, აღინიშნება კლიმატური ვარიაციები, რასაკვირველია გარკვეული

კორექტივებით, რომლებიც განპირობებულია საქართველოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებებითა და, აგრეთვე, ამჟამად, აქ არსებული სოციალურ-ეკონომიკური პირობებით.

საქართველოში არსებობს კლიმატის, როგორც თანამედროვე, ასევე ისტორიული, განსაკუთრებით კი პალეოკლიმატის შესწავლის დიდი ტრადიციები. ეს თემატიკა მუდამ იყო ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის სამეცნიერო კვლევების ერთ-ერთი ფუნდამენტური მიმართულება. მას სწავლობდნენ გამოჩენილი მეცნიერები მ.კორძახია, ლ.მარუაშვილი, დ.წერეთელი და სხვანი. რაც შეეხება გლობალური მასშტაბით კლიმატის თანამედროვე ცვლილების შესწავლას ექსპერიმენტზე დაყრდნობით, იგი, გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან იწყება და ძირითადად უკავშირდება აკად. თ. დავითაიას სახელს [5].

ბოლო პერიოდში საქართველოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილებასთან დაკავშირებით არა ერთი მონოგრაფია გამოქვეყნდა, რომელთა შორის შეიძლება ითქვას საეტაპო მნიშვნელობისაა კოლექტიური ნაშრომი – „საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი“ (ხელმძ: პროფ. კ. თავართქილაძე), სადაც პირველად განისაზღვრა რეგიონალური კლიმატის ცვლილების ემპირიული მოდელის აგების მეთოდი [1].

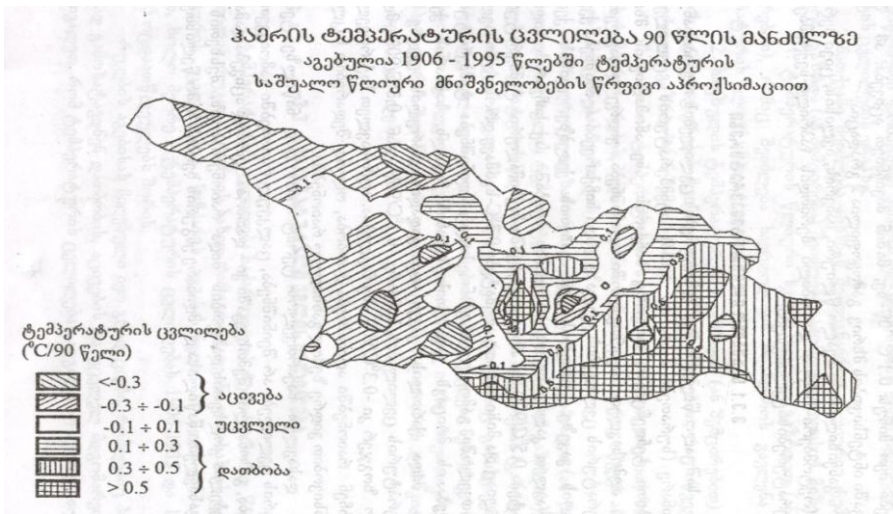
აღსანიშნავია, რომ ყველა მოდელს თავისი ნაკლი აქვს იმ დადებით მხარეებთან ერთად, რისთვისაც ჩვენ მათ ვიყენებთ. საქმე ის არის, რომ მათემატიკური მოდელირების ცდომილება, ეს არის რამოდენიმე სხვადასხვა სახის ცდომილებათა ჯამი. პირველ ყოვლისა ეს არის თავად მოდელის ცდომილება, რომელიც სქემატურად ასახავს რეალურ პირობებს, რადგან თავად ინფორმაცია არ არის ყოვლისმომცველი. მაგალითად 90-მდე მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემი, ცხადია, საკმარისი არ არის ისეთი რთული რელიეფის მქონე ქვეყნისათვის, როგორც საქართველოა. რაღა თქმა უნდა სასურველი იყო 2-ჯერ, უკეთეს შემთხვევაში 3-ჯერ მეტი მეტეო-სადგურის მონაცემების გამოყენება; მეორე არ არის გამორიცხული, ზოგიერთ შემთხვევაში, საწყისი მონაცემების არაერთგვაროვნება და დაკვირვების მოკლე რიგი; მესამე – გამოყენებული მეთოდების და გამოთვლების ნაკლები სიზუსტე. ამიტომაც, მიღებული დასკვნები შეიძლება ითქვას მხოლოდ მიახლოებულია რეალურ სურათთან.

საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული 90-მდე მეტეოროლო-გიური სადგურის მონაცემები ჰაერის ტემპერატურაზე იყო ის პირ-ველადი ემპირიული მასალა, რომლის ობიექტურმა ანალიზმა შესა-ძლებლობა მოგვცა შეგვეფასებინა საქართველოს თერმული ველის მრავალწლიური ცვლილება 2 კრიტერიუმით:

პირველი: 1966-1995 და 1906-1935 წლების ჰაერის ტემპერატურის ანომალიათა შორის არსებული სხვაობებით  $\Delta T^0 = \Delta T^0_{1966-1995} - \Delta T^0_{1906-1935}$

და მეორე – ტემპერატურულ ანომალიათა ვარიაციების წრფივი აპროქსიმაციით, რომელიც შუა პერიოდსაც (1936-1965) მოიცავს. აღნიშნულ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით შედგენილ იქნა ზამთრისა და ზაფხულის ცენტრალური თვეების – იანვრისა და ივლისის, ცივი (XI-III) და თბილი (IV-X) პერიოდების, ასევე საშუალო წლიური ტემპერატურის რუკები [1].

სსენებელი რუკების შედგენისას, ჩვენ მიერ მიღებულმა, შეიძლება ითქვას „მგრძობიარე“ გრადაციებმა, რუკების მოზაიკური სურათი გამოავლინა, რაც იმას გულისხმობს, რომ საქართველოს სხვადასხვა ტერიტორიაზე ჰაერის ტემპერატურის მრავალწლიურ ცვლილებას (სურ.2) განსხვავებული მიმართულება და სიჩქარე გააჩნია, ცხადია დროის გარკვეულ მონაკვეთში, კერძოდ 1906-1995 წლებში. მოზაიკურობა არ ნიშნავს უწესრიგობას. ეს, უთუოდ, არის ნაბიჯი წესრიგისაკენ, ე.ი. ბუნებრივ პროცესებში კანონზომიერებების დადგენისაკენ.



სურ.2

ზემოსხენებელი მოზაიკურობა უნდა აიხსნას საქართველოს პოლიკლიმატურობით, რაც განპირობებულია მისი მდებარეობით ზომიერი და სუბტროპიკული ზონების საზღვარზე, ჩრდილოეთით დაახლოებით 1100კმ – სივრცის კავკასიონის მძლავრი მთიანი სისტემის მეზობლობით და სხვა მნიშვნელოვანი კლიმატწარმოქმნელი ფაქტორების მთელი ანსამბლით, რომელთა შორის განსაკუთრებული როლი ენიჭება შავი ზღვის აკვატორიას

(440 ათასი კმ<sup>2</sup>) და, რაღა თქმა უნდა, ლიხის ქედს, რომელსაც დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს შორის კლიმატური „კედელიც“ შეიძლება ეწოდოს.

ცნობილი კლიმატოლოგის – მ.კორძახიას კლასიფიკაციით საქართველოს ტერიტორიაზე 20-ზე მეტი ტიპის კლიმატია [2]. თითოეული მათგანი განსაკუთრებულ ლანდშაფტურ ნიშანს ქმნის, რომლებიც ინდივიდუალურად რეაგირებენ კლიმატის თანამედროვე ცვლილებაზე (გლობალურ ათბობაზე), მათთვის დამახასიათებელი სითბური ბალანსის მეშვეობით.

სითბური ბალანსის შემადგენელი კომპონენტების მიერ დახარჯული სითბო განისაზღვრება ფორმულით:

$$R=Lr+P+A \quad (1)$$

სადაც: R – რადიაციული ბალანსის სიდიდე მთელი წლის განმავლობაში; Lr – იმავე პერიოდში აორთქლებაზე დახარჯული სითბო; P – ტურბულენტური სითბოცვლა ქვეყნის ზედაპირსა და ატმოსფეროს შორის; A – სითბოცვლა ნიადაგში.

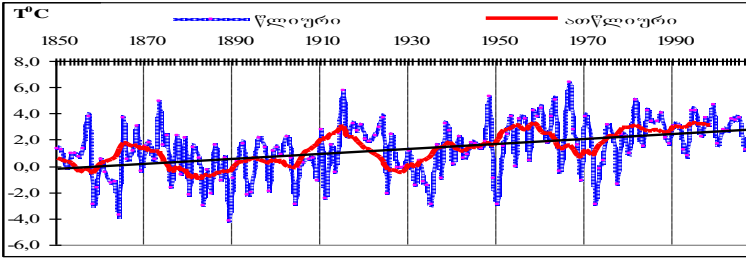
თუ დავუშვებთ, რომ A=0, მივიღებთ

$$R=Lr+P \quad (2)$$

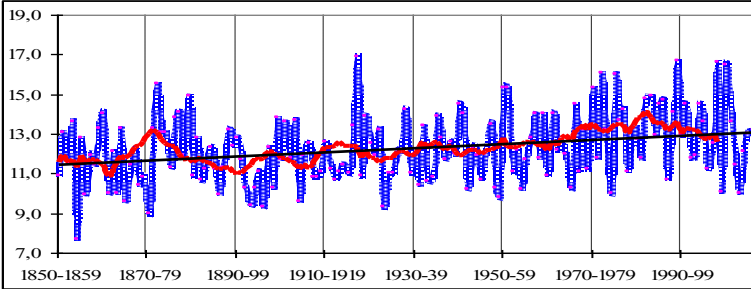
გლობალური ათბობის დროს, როგორც დასავლეთ, ასევე აღმოსავლეთ საქართველოში, როგორც ბარში, ასევე მთაში, როგორც ზღვის სანაპიროზე, ასევე ხმელეთზე დამატებითი სითბოს რაოდენობა ყველგან თანაბრად მიიღება. მაშასადამე გვაქვს საფუძველი ვიფიქროთ, რომ ტემპერატურის ცვლილებას როგორც აღმოსავლეთ, ასევე დასავლეთ საქართველოში მსგავსი მიმართულება, კერძოდ ზრდა, უნდა ახასიათებდეს. მაგრამ სწორედ იმის გამო, რომ ზემოსენებული სითბური ბალანსის კომპონენტები განსაკუთრებულად რეაგირებენ ათბობაზე, აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც მშრალი სუბტროპიკული ჰავაა, ჰაერის გათბობაზე მეტი სითბო იხარჯება, ვიდრე აორთქლებაზე (ნაკლები ატმოსფერული ნალექების გამო). ამიტომაც, ტემპერატურას მკაფიოდ გამოხატული მატების ტენდენცია ახასიათებს, განსაკუთრებით, ზამთრის პერიოდში (დაახლოებით 1.0°C). ამრიგად, აღმოსავლეთ საქართველოში კლიმატის ცვლილება უნისონშია გლობალურ ათბობასთან.

აღსანიშნავია, რომ თბილისის ობსერვატორია, რომელიც აღმოსავლეთ საქართველოში ყველაზე რეპრეზენტატული და ამავე დროს ყველაზე გრძელი რიგისმქონე მეტეოსადგურია (შეიძლება ითქვას მთელ კავკასიაშიც), კარგად ასახავს ზამთრის (იანვარი), გაზაფხულის (აპრილი), შემოდგომის (ოქტომბერი) ასევე წლიური ტემპერატურის საუკუნეობრივ მსვლელობაში შემჩნეულ თავისებურებებს (სურ.3).

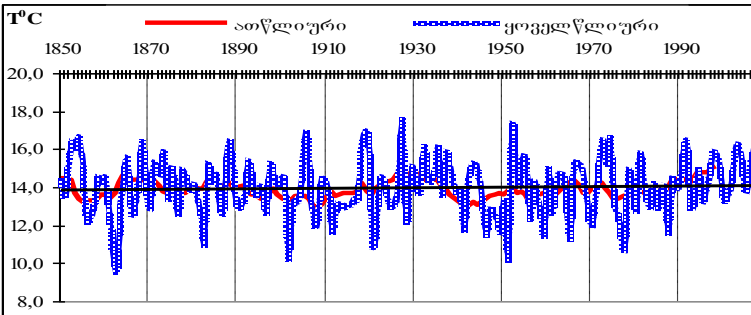




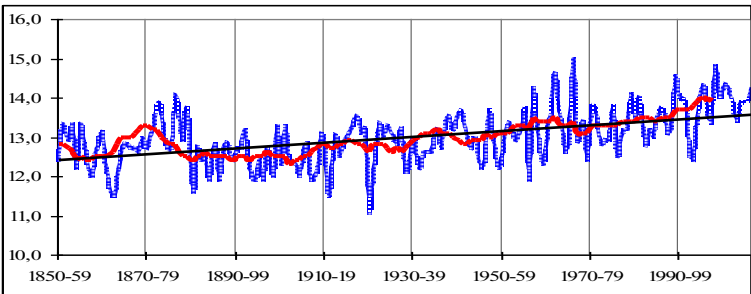
ა.



ბ.



გ.



დ.

სურ.3 ჰაერის საშუალო ტემპერატურის საუკუნობრივი მსვლელობა თბილისში. ა.იანვარი, ბ. აპრილი, გ. ოქტომბერი, დ. წლიური

რაც შეეხება დასავლეთ საქართველოს, სადაც ნოტიო სუბტროპიკული ჰავაა და სითბური ბალანსის შემოსავალი ნაწილის (წლიური რადიაციული ბალანსის) დაახლოებით 70% აორთქლებაზე იხარჯება [11], თერმული რეჟიმის ცვლილება მთელ საკვლევ პერიოდში (1906-1995), შეიძლება ითქვას, არ შეინიშნება (სურ.2). თუმცა მის ზოგიერთ ნაწილში, მაგალითად, შავი ზღვის სანაპირო ზოლში და კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ რაიონებში, ტემპერატურის უმნიშვნელო კლებაც კი აღინიშნება, რასაც აცივებას ვერ ვწოდებთ ტემპერატურის ნაზრდის (-0.1-0.3<sup>0</sup>C) სიმცირის გამო, რაც პრაქტიკულადაც უმნიშვნელოა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ყოფ. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ, საქართველოში მნიშვნელოვნად შემცირდა მეტეოსადგურების რიცხვი. არსებობს საფუძველი იმისა, რომ ეჭვის ქვეშ დადგეს იმ მცირერიცხოვანი მეტეოსადგურების კლიმატური მონაცემების ვარგისიანობა, რომლებიც ასე თუ ისე განაგრძობენ ფუნქციონირებას.

გეოგრაფიული კვლევის თვალსაზრისით მიუღებელია, რომ ერთი და იგივე ჰავის ქვეზონაში ახლომდებარე მეტსადგურებმა (მაგ. საქარამ და ქუთაისმა) ტემპერატურის ცვლილების განსხვავებული მიმართულება უჩვენონ, რაც შეეხება ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარეს, იგი უთუოდ, უმეტეს შემთხვევაში განსხვავებული შეიძლება იყოს ორ მეზობელ მეტეოსადგურს შორის, სხვადასხვა მიკროკლიმატურ-ლანდშაფტური პირობების გამო.

აღსანიშნავია, რომ კლიმატოლოგია როგორც მეტეოროლოგიის, ასევე გეოგრაფიულ მეცნიერებათა ერთ-ერთი დისციპლინაა. აქედან გამომდინარე, იგი სტატისტიკური (ე.ი. პირველადი ემპირიული) მასალის გარდა იყენებს გეოგრაფიული კვლევის სხვადასხვა მეთოდებს – კომპლექსურს, ლოგიკურს, სივრცობრივს, ისტორიულს ასევე ანალოგების და ა.შ. საკვლევი საკითხის შესწავლისას სწორედ ყველა ამ მეთოდის გათვალისწინება შესაძლებლობას იძლევა შემდეგი დასკვნის გაკეთების: დასავლეთ საქართველოს კლიმატის (თერმული ველის) რეზისტენცია გლობალური ათბობის მიმართ საკმაოდ დიდია. შეიძლება ითქვას იგი კლიმატის გლობალურ ცვლილებაზე არ რეაგირებს. აქ მართებულია დიდი გეოგრაფის ლ.მარუაშვილის [8] მოსაზრების გაზიარება: „კოლხეთი წარმოადგენს უძველეს და საოცრად თავისებურ რეფუგიუმს წარსული ეპოქების ფლორისათვის. ძირითადი ფაქტორი კოლხეთში უძველესი ფლორისა და ფაუნის რელიქტების გადარჩენაში გახლავთ ჭარბი ატმოსფერული ნალექები და სეზონების მიხედვით თანაბარი დანესტიანება, რომლებიც მნიშვნელოვნად ამცირებენ ტემპერატურულ რყევებს“. მკვლევართა [3-4,8] აზრით ეს რყევები რამოდენიმე გრადუსს აღწევდნენ.

გვაქვს საფუძველი დავასკვნათ, რომ სწორედ ზემოხსენებულმა კლიმატურმა პირობებმა, რომლებიც დღესაც (შეიძლება ითქვას) იგი-

ვეა, განაპირობა საკვლევ პერიოდში (1906-1995) დასავლეთ საქართველოს თერმული რეჟიმის მდგრადი წონასწორობა, მითუმეტეს რომ უკანასკნელი 100 წლის მანძილზე გლობალური ტემპერატურის რყევა, კერძოდ მატება, მხოლოდ 0,74<sup>0</sup>C-ია.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. თავართქილაძე კ., ელიზბარაშვილი ე., მუშლაძე დ., ვაჩხაძე ჯ. 1999. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. თბილისი, ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი. გვ. 126
2. კორძახია მ. 1964. ჰავის ტიპები. საქართველოს სსრ. ატლასი. თბილისი-მოსკოვი. 97-98 გვ.
3. Будько М.И. 1974. Изменения климата. – Л. Гидрометеиздат, 159-188 с.
4. Будько М.И. 1971. Климат и жизнь. Л. Гидрометеиздат, с. 472
5. Давитая Ф.Ф. 1965. О возможном влиянии запыленности атмосферы на уменьшение ледников и потепление климата.. // Изв. АН СССР, сер. географ, №2, 3-29 с.
6. Зденек Кукал 1987. Скорость геологических процессов. М., изд. „Мир“, 192 с.
7. Каган Б.А. и др. 1990. Реакция системы Океан-Атмосфера на внешние воздействия Л. Гидрометеиздат с.4
8. Маруашвили Л.И. 1991. Грузия в антропогене Изд. „Сакартველო“, Тბ. с.607
9. Мещерская А.В. и др. 2001. Снижение антициклоничности (рост циклоничности) на севере Евразии в связи с глобальным потеплением климата. Изв.Российской академии наук, сер. Географ. №6 15-24 с.
10. Рубинштейн Е.С., Полозова Л.Г. 1966. Современные изменения климата. Л. Гидрометеиздат, с.268
11. Цуцкиридзе Я.И. 1975. Возможность использования индекса турбулентного теплообмена для оценки климатических условий. Сб. докладов Симпозиума Географического общества Союза ССР. Тб. Изд. „Мецნიერება“ 32-38 с.

შპს 551.58.583

**საქართველოს თერმული ველის ცვლილება კლიმატის გლობალური ფაქტორების ზონაზე**. / მუშლაძე დ., ლომიძე ნ/. ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008-ტ.115-გვ. 66-75.- ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

რთული რელიეფისა და სხვა კლიმატწარმოქმნელი ფაქტორების გამო, საკვლევ პერიოდში (1906-1995) საქართველოს ტერიტორიაზე ჰაერის ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილება განსხვავებულია. თუ აღმოსავლეთ საქართველოს თერმული ველის ცვლილება უნისონშია კლიმატის თანამედროვე ცვლილებასთან (რომელსაც გლობალური აბობა ეწოდება და შეფასებულია 0.74<sup>0</sup>C-ით) დასავლეთ საქართველოს თერმული რეჟიმი

ინარჩუნებს მდგრად წონასწორობას, ანუ უცვლელობას, რასაც საქართველოს 90-მდე მეტეოსადგურის ჰაერის ტემპერატურის მონაცემები ადასტურებს.

UDC 551.58.583

**CHANGING OF THERMAL FIELD OF GEORGIA AGAINST THE BACKGROUND OF GLOBAL WARMING./**Mumladze D., Lomidze N./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 66-75. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Due to the complexity of Georgia's relief and other climatic factors, changes of air temperature during the period (1906-1995) are different in west and east part of Georgia. If in eastern part of Georgia change of thermal field is in unison with modern changes of climate (known as global warming and is estimated by 0.74°C for 100 years), in western Georgia thermal regime remained steady equilibrium e.g. unchanged for the humid climate, which is proved by temperature data according to 90 meteorological stations of Georgia.

УДК 551.58.583

**ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ПОЛЯ ГРУЗИИ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ./**Мумладзе Д.Г., Ломидзе Н.Н./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. – 2008. – т.115. – с. 66-75. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Из-за сложного рельефа и других климатообразующих факторов, в исследуемом периоде (1906-1995) многолетние изменения температуры воздуха на территории Грузии различны для ее западной и восточной частей. Так, если в Восточной Грузии изменение термического поля находится в унисоне со современным изменением климата (именуемом глобальным потеплением и оцененным в 0.74°C за 100 лет), то в Западной Грузии из-за исключительно влажного климата, термический режим сохраняет устойчивое равновесие, т.е. неизменен, что подтверждается данными по температуре воздуха 90 метеостанций Грузии.

*Швангирадзе М.Я.<sup>1</sup> Берिताшвили Б.Ш.<sup>2</sup> Куталадзе Н.Б.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Второе Национальное Сообщение Грузии по РКИК ООН*

*<sup>2</sup>Институт гидрометеорологии Грузии*

*<sup>3</sup>Департамент гидрометеорологии НЦОС Грузии*

УДК 551.58.583

## **ВЫЯВЛЕННОЕ И ПРОГНОЗИРУЕМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ГРУЗИИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ И ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

При выполнении Второго Национального Сообщения Грузии по РКИК для выявления изменения климатических элементов за последние полвека были выбраны 3 приоритетных региона, особенно уязвимых в отношении этого изменения (рис. 1). Для сопоставления изменения элементов во времени условно было выделено два 16-летних периода: 1955-1970 гг., когда антропогенное воздействие на климат еще не было столь явным, и 1990-2005 гг., когда, согласно выводам ИРСС, это воздействие уже проявилось в полной мере. Данные об изменении осредненной среднегодовой температуры воздуха и годовых сумм осадков за эти периоды приведены в табл.1. Из этой таблицы видно, что рост температуры за последние 15-20 лет произошел во всех регионах, причем в наибольшей степени это коснулось Восточной Грузии. Среднее значение абсолютных минимумов температуры воздуха возросло в Лентехи на  $0.7^{\circ}\text{C}$  при неизменной величине в Дедоплисцкаро, а абсолютные максимумы между периодами возросли в среднем на  $0.5$  и  $2.1^{\circ}\text{C}$  соответственно. Данные об изменении стока основных рек в рассмотренных регионах представлены в табл.2, а основные характеристики засушливых периодов в районе Дедоплисцкаро, где засуха является наиболее грозным стихийным бедствием, даны в табл.3.

Из последних двух таблиц следует, что глобальное потепление вызвало заметное увеличение стока рек в Западной Грузии, а также двукратное возрастание повторяемости засушливых периодов в крайней восточной части Восточной Грузии.

Для прогнозирования к 2100 году возможного изменения климата в обеих частях Грузии, резко отличающихся между собой по климатическим характеристикам, были использованы климатические модели MA-GICC/SCENGEN и PRECIS, [3,1] в основу которых были заложены наиболее пессимистический сценарий глобальных эмиссий A2 [2]. Результаты расчетов, осредненные по всем моделям, приведены в таблицах 4 и 5.

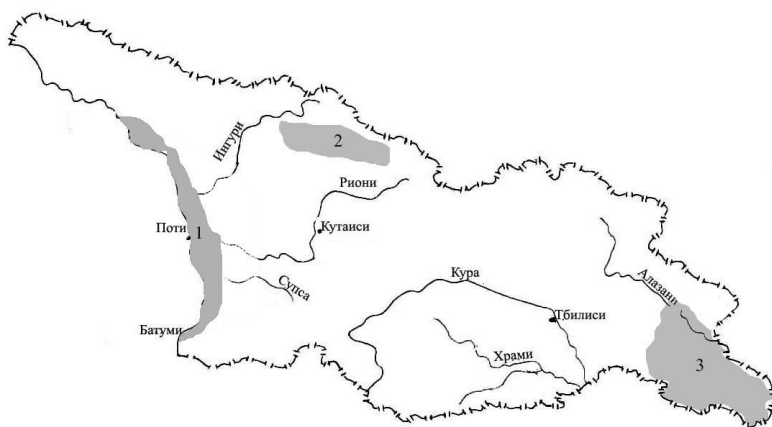


Рис. 1. Выделенные приоритетные регионы на территории Грузии

- 1- Прибрежная зона Черного моря (подъем уровня моря, смывание берегов, наводнения)
- 2- Квемо Сванети (обильные осадки, наводнения, оползни, сели, эрозия берегов)
- 3- Дедоплискарыйский район (засуха, сильные ветры, эрозия почвы)

Таблица 1. Основные характеристики изменения климата в приоритетных регионах. 1995-2005

Регион (метеостанция)	Средняя температура воздуха за периоды* ( $^{\circ}\text{C}$ )			Среднее годовое количество осадков за периоды (мм)			
	I	II	II-I	I	II	II-I	$\Delta(\%)$
Прибрежная зона (Поти)	14.4	14.6	0.2	1837	2078	241	13
Квемо Сванети (Лентехи)	9.6	10.0	0.4	1256	1360	104	8
Дедоплискарыйский район (Дедоплискаро)	10.6	11.2	0.6	586	622	36	6

\* Обозначение периодов: I-(1955-1970); II-(1990-2005)

Были произведены оценки влияния выявленных последствий изменения климата в экономике и природных экосистемах приоритетных регионов. В частности, в прибрежной зоне наиболее важным последствием изменения климата оказался подъем уровня Черного моря, в среднем происходящий со

скоростью 2,5-3,0 мм/год. Он вызывает усиление смывания берегов, ускорение потери суши и деградации пляжей, а также усиление нагонных явлений и связанных с ними наводнений, разрушающих инфраструктуру городов и затопляющих с/х угодья.

Таблица 2. Изменение стока основных рек. 1955-2005

Регион	Река (пост)	Средний за период сток (м <sup>3</sup> /с)		Изменение м <sup>3</sup> /с (%)
		I	II	
Прибрежная зона (Поти)	Риони (З.Чаладиди)	410	513	103(25)
Квемо Сванети (Лентехи)	Цхенисцкали (Рцхмелури)	61	87	26(43)
Дедоплисцкарыйский район (Дедоплисцкаро)	Алазани (2 км ниже устья р.Агричай)	106,8	111,4	4,6(4)

Таблица 3. Основные характеристики засушливых периодов в Дедоплисцкаро, 1952-2006

Период (годы)	Средняя продолжительность периода (дни)	Средняя повторяемость засушливого периода (год <sup>-1</sup> )
1952-1956	54	0.5
1969-1975	37	0.7
1976-1985	54	0.9
1986-1995	52	0.8
1998-2006	66	1.0

В районе Дедоплисцкаро к двукратному увеличению частоты засух добавилось аналогичное возрастание сильных ( $\geq 30$  м/с) ветров, вызывающих сильную эрозию и осушение почвы. Следствием этого является потеря продуктивности пастбищ и угодий, а в некоторых случаях и полная потеря урожая. Существенную роль в усилении отрицательного воздействия этих явлений сыграла вырубка за последние 15 лет лесозащитных полос, а также почти полное уничтожение ирригационных систем.

Из таблиц 4 и 5 следует, что к концу текущего века в Грузии ожидается увеличение среднегодовой температуры воздуха на 3.5-4.1 °С и уменьшение количества осадков на 70-80 мм, что определяет необходимость своевременного принятия адаптационных мер, в основном сводящихся к укреплению берегов моря и рек, возделыванию лесных массивов с целью предупреждения оползней, селей и ветровой эрозии почвы, а также возрождению оросительных систем в Восточной Грузии, страдающей от усиления частоты и интенсивности засухи.

Таблица 4. Прогнозированный сценарий\* температуры и осадков к 2100 году для Западной Грузии

Сезон	Весна		Лето		Осень		Зима		Год	
	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм
Базовый период (1961-1990)	7.9	281	18.5	348	9.7	391	2.3	377	9.1	1197
Разность, Δ	4.6	-40	5.6	-88	3.7	53	3.6	104	3.5	-70
2100 г.	12.5	241	24.1	260	13.1	338	1.3	481	12.6	1127

Таблица 5. Прогнозированный сценарий\* температуры и осадков к 2100 году для Восточной Грузии

Сезон	Весна		Лето		Осень		Зима		Год	
	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм	T, °C	Q, мм
Базовый период (1961-1990)	9.3	158	20.5	170	11.6	126	1.0	85	11.3	570
Разность, Δ	4.6	-65	5.9	-72	4.1	-45	4.5	-29	4.1	-83
2100 г.	13.9	93	26.4	98	15.7	81	5.5	56	15.4	487

\* - Используемые климатические модели:

MAGICC/SCENGEN (17 моделей). 600 км X 600км

PRECIS (HadAM3P, ECHAM4), 25 км X 25км

Используемый сценарий глобальных эмиссий: A2

В Западной Грузии прогнозируемое изменение климата будет способствовать возможности продвижения теплолюбивых с/х культур в выше расположенные агроклиматические зоны, а в Восточной Грузии – дальнейшей аридизации климата и возможности опустынивания в восточной и южной частях региона.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Jones R.G. et al., 2004. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. Met. Office Hadley Centre, Exeter, UK.
2. Nakicenovic N. et al., 2000. Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
3. Wigley T.M.L. et al., 2000. The MAGICC/SCENGEN climate scenario generator: version 2.4. Technical Manual. Climate Res. Unit, UEA, Norwich, UK.



უაკ 551.58.583

**კლიმატის ბაზოვლენილი და პროგნოზირებული ცვლილება საქართველოში და მისი ბაზვლენა ეკონომიკასა და ბუნებრივ ეკოსისტემებში.** /შვანგირაძე მ., ბერიტაშვილი ბ., კუტალაძე ნ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 76-80.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

განხილულია ძირითადი კლიმატური ელემენტების ცვლილება 1955-1970 და 1990-2005 წწ. შორის საქართველოს 3 რეგიონში (შავი ზღვის სანაპირო ზონა, ქვემო სვანეთი და დედოფლისწყაროს რაიონი), რომლებიც შერჩეულია პრიორიტეტულ რეგიონებად გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციის მიმართ საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების მომზადებისას. უახლესი კლიმატური მოდელების საფუძველზე საქართველოს ორივე ნაწილისთვის მოცვანილია 2100 წლისთვის ტემპერატურისა და ნალექთა ცვლილების პროგნოზირებული სიდიდეები. აღნიშნულია გავლელი ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატის ცვლილების უარყოფითი შედეგები შერჩეული რეგიონების ეკონომიკასა და ბუნებრივ ეკოსისტემებში.

UDC 551.58.583

**REVEALED AND PREDICTED CLIMATE CHANGE IN GEORGIA AND ITS IMPACT ON ECONOMY AND NATURAL ECOSYSTEMS.** /Shvangiradz M., Beritashvili B., Kutaladz N./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - t.115. – p. 76-80- Russ. ; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The change of main climatic elements between the periods of 1955-1970 and 1990-2005 is discussed for 3 regions of Georgia (the Black sea coastal zone, Kvemo Svaneti and Dedoplistskaro region) selected as priority regions during the preparation of Georgia's SNC to the UNFCCC. Predicted values of temperature and precipitation change to 2100 for both parts of Georgia are presented on the basis of up-to-day climatic models. Adverse effects of climate change for the past half-a-century in the selected regions are discussed with their impact on economy and natural ecosystems.

УДК 551.58.583

**ВЫЯВЛЕННОЕ И ПРОГНОЗИРУЕМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ГРУЗИИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ И ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.** /Швангирадзе М.Я., Бериташвили Б.Ш., Куталадзе Н.Б./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 76-80. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Представлены данные об изменении основных климатических элементов между периодами 1955-1970 и 1990-2005 гг. для трех регионов Грузии (прибрежная зона Черного моря, Квемо Сванети и Дедоплисткаройский район), выбранных в качестве приоритетных регионов при подготовке Второго национального сообщения Грузии по РКК. На основе современных моделей климата дан прогноз изменения температуры и осадков к 2100 году для обеих частей Грузии. Рассмотрены результаты отрицательного влияния изменения климата за последние полвека на экономику и природные экосистемы.

**ცქვიტინიძე ზ. ო., გუნია ვ. ს.**

<sup>1</sup>გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო  
<sup>2</sup>ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო

უაკ 551.510.42

**მთიანი რეგიონების კლიმატის ცვლილების  
აღბილობრივი ანთროპოგენური თავისებურებები**

**1. შესავალი**

საქართველოს მთიანი რეგიონებისათვის, რომლებიც რთული მეტეოროლოგიური პირობების მქონე ტერიტორიებს წარმოადგენენ, დიდი ყურადღება უნდა დაეთმოს ბუნებრივი გარემოს დაცვის და ანთროპოგენური გავლენის კონტროლის პრაქტიკულ საკითხებს. კერძოდ, არსებული მდგომარეობის შეფასებებსა და გარემოს ცალკეული კომპონენტების (განსაკუთრებით-ატმოსფეროს) ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მახასიათებელთა მოსალოდნელი ცვლილებების ტენდენციათა გამოვლენას. ეს კი, თავის მხრივ საშუალებას იძლევა - დაიგეგმოს და განხორციელდეს მათგან ზეგავლენის შედეგების შერბილების/თავიდან აცილების პრაქტიკული ღონისძიებები.

**2. მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფის მოთხოვნები**

მოსახლეობის მზარდი მოთხოვნილებები ენერგეტიკული რესურსების, სამრეწველო პროდუქციისა და მომსახურების სფეროთა რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მანკეულობების მიმართ, აგრეთვე ამ მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებისათვის განხორციელებული სამეცნიერო-ტექნიკური და ტექნოლოგიური ღონისძიებები (რომლებიც ძირითადად მიმდინარეობენ ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის და სხვა მეცნიერებათა ინტენსიური განვითარების შედეგად) - თავის კვალს აჩენენ და ზეგავლენას ახდენენ თანამედროვე საზოგადოებისა და მომავალი თაობების ბუნებრივი და სოციალური გარემოს მდგომარეობაზე. ამ გავლენის შეუფასებლობა ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ცხოველთა სამყაროზე, მცენარეულ საფარზე, მთლიანად მთელ გარემოზე და მის ცალკეულ კომპონენტებზე, ხშირად ხდება ისეთი მოვლენების წარმოქმნის მიზეზი, რომლებიც დედამიწაზე ისტორიულად ჩამოყალიბებული ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებას უქმნის საფრთხეს და შეუძლიათ გამოიწვიონ წინასწარ გაუთვალისწინებელი უარყოფითი (რიგ შემთხვევებში შეუქცევადი) ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე, ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე და ისტორიულ-კულტურულ მემკვიდრეობაზე.

ბიოსფეროსთვის მეტად მნიშვნელოვანია აირული ბალანსის (ძირითადად აზოტის, ჟანგბადის და ნახშირორჟანგის თანაფარდობა

ატმოსფეროში) საკითხის დარეგულირება. ატმოსფეროს ამ ძირითად კომპონენტთა თანაფარდობის შეცვლა ყოველად დაუშვებელია, რადგან ამ მიმართულებით მცირე გადახრებს შესაძლებელია მოყვეს კლიმატური პირობების ცვლილებები და კატასტროფული შედეგები ცოცხალი ბუნებისათვის. ატმოსფეროს მოჩვენებითი უკიდევანობა და აირული მასის, ადამიანის წარმოდგენისათვის, კოლოსალური მარაგი ქმნიან ზედაპირულ შთაბეჭდილებას ამ რესურსის ამოუწურავობის მიმართულებით, მაგრამ ეკონომიკის დარგების თუნდაც დღევანდელი განვითარების (ძირითადად ზრდის) და ამ რესურსებით შეუვსებელი სარგებლობის (მოხმარების) ტემპები, გვაიძულებენ ვიფიქროთ მოსალოდნელ ნეგატიურ შედეგებზე. უკვე შემჩნეულია, დადგენილი და დაფიქსირებულია არსებული ტენდენციები, რომლებიც ხშირ შემთხვევებში, ეკოლოგიური კატასტროფების გამომწვევ მიზეზებს წარმოადგენენ. უპირველეს ყოვლისა, ეს განსაკუთრებით ეხება ატმოსფერულ ჟანგბადს. ყოველწლიურად, ანთროპოგენური გავლენისა და ბუნებრივ-სტიქიური პროცესების შედეგად იწვის მნიშვნელოვანი რაოდენობის ატმოსფერული ჟანგბადი. აქედან გამომდინარე, დადგენილი ტენდენციების გათვალისწინებით, ატმოსფეროში მისი მარაგის შემცირება, უკვე თანამედროვე პირობებში, პრაქტიკულად მოსალოდნელია და ამდენად, სათანადო დამცავი ღონისძიებების გატარების უზრუნველყოფა მეტად საყურადღებოა. ატმოსფერო ჟანგბადით ივსება ფოტოსინთეზის შედეგად. თანამედროვე ურბანიზაცია და მისი თანმდევი პროცესები, აგრეთვე ტყეების გაჩეხვა, გაუდაბნობა და ბუნებრივ-სტიქიური მოვლენების მნიშვნელოვანი ნაწილი უარყოფითად მოქმედებს მწვანე საფარზე და შესაბამისად ამცირებს ბუნებრივ პირობებში ატმოსფერული ჟანგბადის გამოყოფასაც.

ატმოსფეროს აირული და სითბური ბალანსის მახვენებლები უშუალოდ არიან დაკავშირებულნი ატმოსფეროს სისუფთავის დაცვის მდგომარეობაზე. ზოგადად, ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროები ორი სახისაა: ბუნებრივი და ხელოვნურ-ანთროპოგენური. ჩვეულებრივ პირობებში, ბუნებრივი წყაროები არ იწვევენ მნიშვნელოვან ცვლილებებს ატმოსფერულ ჰაერში, მაგრამ სტიქიური კატასტროფებისას, უმეტეს შემთხვევებში ადგილი აქვს ატმოსფეროს საერთო მდგომარეობაზე სერიოზული გავლენის, მისი დაბინძურების მასშტაბურ მოვლენებს. ატმოსფეროს დაბინძურების მთავარი, მაგრამ რეგულირებადი წყაროებია ტრანსპორტისმიერი, საწარმოო და საყოფაცხოვრებო გამონაყოფები. ე.ი. ამ მიმართულებით განსაკუთრებულია ადამიანის საქმიანობის სფეროს გავლენა. ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებები განაწილებულია არათანაბრად, ზოგან მათი კონცენტრაციები ძალიან მაღალია და მნიშვნელოვნად აჭარბებს დასაშვებ ნორმებს. ამასთან, ცალკე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი ნივთიერების მეტად უმნიშვნელო კონცენტრაციაც კი, მისი ტოქსიკურობის თვისებიდან

გამომდინარე, განსაკუთრებით საშიშია ცოცხალი ორგანიზმებისა და ბუნებრივი გარემოსათვის. ატმოსფეროს დამაბინძურებელ ფაქტორთა კონტროლისა და რეგულირების და მათი ლიკვიდაცია-შემცირების მიზნით, საქართველოში, როგორც საზღვარგარეთის მრავალ ქვეყანაში, მუშავდება ახალი მეთოდები და საშუალებები. მსოფლიოს განვითარებულ ინდუსტრიულ ქვეყნებში ვითარდება საწარმოებისათვის მაღალეფექტური გამწმენდი დანადგარების, მოწყობილობებისა და მანქანების სპეციალიზებული წარმოება. უნდა აღინიშნოს, რომ გამწმენდი დანადგარები საჭიროა როგორც გარემოში მავნე ნივთიერებათა ემისიის შესამცირებლად, ასევე ზოგიერთი ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფისთვისაც, საწარმოო ნარჩენების და წუნდებული პროდუქციის რაოდენობრივი მასის შემცირების უზრუნველსაყოფად.

დაბინძურების საშიში დონის განსაზღვრა გარემოს ცალკეულ კომპონენტებში (ატმოსფერო, ზედაპირული წყლები, ნიადაგი და სხვ.) მოითხოვს პროფესიულ მიდგომას, რადგან ხშირად ეს გარემოება თავიდან ცხადად არ შეიგრძნობა და შემდგომ ხდება ადამიანის ჯანმრთელობის დაზიანების და გარემოზე განსაკუთრებით საშიში ზემოქმედების საფუძველი. ასეთი მავნე ზემოქმედების დონის შესაბამისი მახასიათებლების დასადგენად და გარემოზე უარყოფითი გავლენის დროულად თავიდან აცილების მიზნით, გარემოში მავნე ნივთიერებათა ემისიებისათვის შემოღებულია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების (**ზღკ**) სიდიდეები და დაწესებულია მათ გადაჭარბებაზე სახელმწიფო კონტროლი. დასახლებულ ადგილებში, თანამედროვე პირობებში, აღინიშნება გარემოს დაბინძურება ერთდროულად მრავალი ნივთიერებით. ამ ნარევის ან ნაზავის ზემოქმედება ხშირად იძლევა ჯამურ ეფექტს. აქედან გამომდინარე, სანიტარიულ-ჰიგიენური სამსახურის მიერ დგინდება **ზღკ**-ს სიდიდეები როგორც ცალკეული ნივთიერებებისათვის, ასევე მათი კომბინაციებისთვის (სუმაცია).

გარემოს დაბინძურების არსებული (მიღწეული) დონე და მისი ზრდის ტენდენცია, აქტუალურს ხდის გარემოს დაცვის, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების და ამ მიმართულებით ურთიერთობების რეგულირების საკითხების, საერთაშორისო და სახელმწიფო მასშტაბით, გადაწყვეტის აუცილებლობას. ამ მიმართულებით აუცილებელია საერთაშორისო პრაქტიკით რეკომენდებული მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფის მოთხოვნების დაცვა. **“მდგრადი განვითარება”** არის საზოგადოების განვითარების ისეთი სისტემა, რომელიც საზოგადოების ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის ინტერესებით უზრუნველყოფს ადამიანის ცხოვრების დონის ხარისხის ზრდას და მომავალი თაობების უფლებას – ისარგებლონ შეუქცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან მაქსიმალურად დაცული ბუნებრივი რესურსებითა და გარემოთი.

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში, სახელმწიფო და საზოგადოებრივი ურთიერთობების ყველა უბანზე აღიარებულია მდგრადი განვითარების პრინციპები და ამ მიმართულებით მიმდინარეობს მიზანმიმართული ღონისძიებების გატარება, რომელთა მასშტაბებიც მოიცავენ პრობლემათა როგორც ლოკალურ, ასევე რეგიონალურ და გლობალურ ხასიათს. საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს ქვეყნის ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის, მატერიალური დოვლათის წარმოებისა და მოხმარების ჰარმონიზაცია – ამ მიზნით ქვეყნის წინაშე მდგარი პრიორიტეტული პრობლემების გადაწყვეტა, აგრეთვე ეკოლოგიურად ოპტიმალური და უსაფრთხო მეთოდების დანერგვა-გამოყენება.

### **3. კლიმატის ცვლილების ადგილობრივი ანთროპოგენური თავისებურებების დადგენის მეთოდოლოგია**

სამეცნიერო - ტექნიკური პროგრესის თანამედროვე ეტაპზე, ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის, საჭიროა ქმედითი კონცეფციის შემუშავება, რომელიც საფუძველი გახდება კონკრეტული სამოქმედო გეგმის შედგენისათვის და განაპირობებს ამ მიზნით შემუშავებულ სამეცნიერო-ტექნიკურ გრძელვადიან პოლიტიკას, ეკოლოგიური საკითხების გათვალისწინებით. ზოგადად, ამდაგვარი საკითხების დასამუშავებლად აუცილებლად უნდა ვიქონიოთ მრავალფეროვანი ინფორმაცია გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე, როგორც მათი დამუშავების გარკვეული ეტაპისათვის, ისე საპროგნოზო მნიშვნელობის ცნობები ეკოსისტემების ერთობლიობათა (მათ შორის-კლიმატური პირობების) მოსალოდნელ ცვლილებებზე. აღნიშნული ინფორმაციის მიღება, დამუშავება და გათვალისწინება აუცილებელია ქვეყნის ეკონომიკის ისეთნაირად გარდაქმნის ღონისძიებათა გატარებისათვის, რომ არ დაირღვეს ბუნებრივი გარემოს საუკუნოვან პერიოდში ჩამოყალიბებული ეკოლოგიური წონასწორობა. აღსანიშნავია, რომ ამ საკითხების დამუშავება საქართველოსათვის, სადაც წარმოების მრავალდარგოვან სტრუქტურებიანი და ბუნებრივ გარემოს კომპონენტებზე ზემოქმედების მრავალსახოვანი ფაქტორების მქონე რაიონების აგლომერაციები აღირიცხება, ძალზე რთულ ამოცანას წარმოადგენს და იგი დიდი რაოდენობის ალტერნატიული ვარიანტებისა და ქვევარიანტების ანალიზთან არის დაკავშირებული.

ატმოსფეროს ეკოლოგიური მდგომარეობის შესახებ დიდი რაოდენობის მრავალსახოვანი საწყისი ინფორმაციის არსებობამ საქართველოს სამრეწველო ცენტრებსა და ქალაქებში, აგრეთვე ურბანული გავლენისაგან თავისუფალ ზონებში [1-2], ამ მდგომარეობის სწორი შეფასების მწვავე მოთხოვნა გამოიწვია. პრაქტიკამ დაგვარწმუნა, რომ ეს შეფასებები უნდა შეიცავდნენ, სხვადასხვა პერიოდისა და სივრ-

ცული მასშტაბების გასაშუალოებით დადგენილ ინფორმაციას – ატმოსფეროს მინარევთა კონცენტრაციების სივრცულ-დროითი განაწილებისა და მათი ცვლილებების შესახებ. ამ საკითხის გადაჭრა დაკავშირებულია რიგ მნიშვნელოვან სიძნელეებთან. ერთ-ერთი მათგანი განპირობებულია იმით, რომ ატმოსფეროში მიმდინარე ცირკულაციურ - დინამიკური გადატანებისა და ტურბულენტური დიფუზიის პროცესები, მინარევთა გავრცელებისას მიწისპირა ჰაერის ფენაში, მათ არათანაბარ განაწილებას უწყობენ ხელს.

გარდა ამისა, ქალაქების ტერიტორიაზე, რიგ შემთხვევაში მეტეოპირობების გაუთვალისწინებლად განლაგებულ წყაროდან, ტექნოლოგიური პროცესების რღვევისა თუ სხვა მიზეზების გამო, ხშირად გამონაბლქვ ნივთიერებათა რაოდენობაც იცვლება. მინარევთა კონცენტრაციების განაწილება ატმოსფეროში ბევრად არის დამოკიდებული მათ ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზეც. მაგალითად, დანარჩენ ყველა სხვა თანაბარ პირობებში, ნახშირჟანგის კონცენტრაციების მნიშვნელობები ატმოსფეროში, ძირითადად, მიწისპირა ფენაში მიმდინარე – ჰაერის მასების გადატანისა და ტურბულენტური შერევის პროცესებით რეგულირდება. ატმოსფერული მტვრის კონცენტრაციის სიდიდეები, იგივე პირობებში, გარდა აღნიშნულისა, გრავიტაციული ჩამოცვენით, ხოლო გოგირდოვანი აირის – ჟანგვით და სხვა შენაერთებში ტრანსფორმაციით რეგულირდებიან. ამასთან, გოგირდოვანი აირის სხვა შენაერთებში გადასვლის სინქარე მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მზის რადიაციის ინტენსივობაზე, აზოტის ჟანგულებისა და ოზონის არსებობაზე, აგრეთვე ჰაერის ტენიანობაზე. ზემოაღნიშნულის გამო, საკვლევი რაიონების ცალკეულ ტერიტორიებზე და დროის სხვადასხვა მონაკვეთებში მინარევთა კონცენტრაციების ველის განაწილებაში შეინიშნება მნიშვნელოვანი გადახრები. ამასთან, ატმოსფეროს მინარევები ხასიათდებიან კონცენტრაციების ფართო დიაპაზონით: დაწყებული მიკროგრამის ნაწილებიდან – ათეულ მილიგრამამდე ჰაერის 1მ<sup>3</sup> მოცულობაში, რაც ხშირად მათი განსაზღვრის ცდომილებების გაზრდის მიზეზი ხდება.

ზოგადად, დაკვირვებათა მასალის ინტერპრეტაციისა და ატმოსფერული ჰაერის ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების გასაადვილებლად და ზემოვანხილული პირობებით წარმოქმნილ - მონაცემთა არაერთგვაროვნების აღმოფხვრის მიზნით, შემოტანილ იქნა პარამეტრები:  $K_i$  - მოცემული ნივთიერებით და  $K$  - საშუალო ჯამური (საერთო), ატმოსფეროს დაბინძურების მაჩვენებლები.

მათი საანგარიშო ფორმულებია:

$$K_i = \frac{q_i}{q_{ix}} \quad \text{და} \quad K = \frac{\sum K_i}{n}$$

სადაც,

$q_i$  და  $q_{ix}$  – შესაბამისად, გარკვეულ სივრცესა და დროში გასაშუალოებული  $i$ -ური ნივთიერების კონცენტრაცია და მისი შესატყვისი მანორმირებელი სიდიდეა. უკანასკნელის რანგში - მოცემული მინარევის საშუალო მრავალწლიურ კონცენტრაციას ვღებულობთ,

ხოლო  $n$  – მინარევთა რიცხვია.

როგორც პრაქტიკა უჩვენებს, შემოტანილი ნორმირების მეთოდი მონაცემთა არაერთგვაროვნების გამორიცხვისა და ატმოსფეროს მინარევთა ჯამური ზემოქმედების შედეგად მიღებული ეკოლოგიური მდგომარეობის (დატვირთვის) შეფასების საუკეთესო საშუალებას იძლევა.

ატმოსფეროს დაბინძურების კონტროლის წარმოებისა და საპაერო აუზის დაცვითი ღონისძიებების გატარებისას, დიდი ხნის განმავლობაში ყურადღების გარეშე რჩებოდა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხი, რომელიც ატმოსფეროში გაფრქვეულ მავნე ნივთიერებათა შედგენილობისა და რაოდენობის შეფასებებთან, ანუ ინვენტარიზაციასთან არის დაკავშირებული.

საქართველოში აღნიშნულ საკითხს ყურადღება 1974 წლიდან ეთმობა, მას შემდეგ, რაც ჰიდრომეტეოროლოგიის სამსახურის სისტემაში, ატმოსფეროსა და ნიადაგის დაბინძურების დაკვირვებისა და სამრეწველო გამონაბოლქვთა ინვენტარიზაციის ლაბორატორიის დაარსებით გამოიხატა. ამ ლაბორატორიაში მიღებული შედეგები გამოიყენებოდა სტატისტიკურ სამსახურში და ქვეყნის მრეწველობის განვითარების დაგეგმვის საქმიანობას ედებოდა საფუძვლად.

აღსანიშნავია, რომ ნივთიერებათა ემისიების გათვლებში საწყის სიდიდეებს გამონაბოლქვთა მახასიათებლები წარმოადგენენ, მათ შორის: - გამონაბოლქვ მინარევთა რაოდენობა (მასა), მოცულობა, ტემპერატურა, ატმოსფეროში გაფრქვევის სიჩქარე და ა.შ. ამასთან, გამონაბოლქვთა წყაროების უმრავლესობისათვის, მიუხედავად მათი სახეობისა - გაანგარიშების საერთო მიდგომა არის დამახასიათებელი.

ცნობილია, რომ სათბობ ნივთიერებათა წვის შედეგად ჰაერში გაფრქვეულ მავნე მინარევთა უდიდეს ნაწილს ნახშირორჟანგის აირი შეადგენს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს აირი ტოქსიკურთა რიცხვს არ მიეკუთვნება, ატმოსფეროში მისი გამუდმებით მატება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს კლიმატის ცვლილებაზე, რაც მისი ემისიების გაანგარიშების დიდ ინტერესს იწვევს.

თბოელექტროსადგურებზე, საქვებებსა და ავტომანქანებში მოხმარებულ საწვავში შემავალი ნახშირბადი თითქმის მთლიანად  $CO_2$ -ში გადადის. თუ საწვავში ნახშირბადის შემცველობას  $A_c$  - თი აღვნიშნავთ, ნახშირორჟანგის ემისიების გასაანგარიშებლად გამოიყენება შემდეგი გამოსახულება:

$$M_{CO_2} = 3,67A_c$$

წვის პროცესში ჰაერის უკმარისობა სათბობის არასრულ წვას იწვევს, რის შედეგად CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფას ნახშირყანგის წარმოქმნა ახლავს თან, ხოლო მყარი სახის სათბობის წვისას, აგრეთვე, ნაცრის დიდი რაოდენობა გამოიყოფა. უკანასკნელის გასაანგარიშებლად გამოიყენება ფორმულა:

$$M_n = Ba_g(0,01A^P + q_d) \cdot (100 - \eta_n)$$

სადაც,

B – საწვავის ხარჯია (ტ/სთ),

a<sub>g</sub> - კვამლსადენში გატაცებული ნაცრის რაოდენობაა,

q<sub>d</sub> - არასრული წვისას დაკარგული სითბოს რაოდენობაა,

A<sup>P</sup> - სათბობის ნაცრთანობის მაჩვენებელია,

η<sub>n</sub>-მტვერდამკერთა მარგი ქმედების კოეფიციენტი, %-ში.

სხვა დანარჩენი გამოყოფილი აირის რაოდენობის გასაანგარიშებლად, აგრეთვე, მრავალი მარტივი ფორმულა გამოიყენება. მათ შორისაა სათბურის გაზების (CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub> და არამეთანური აქროლადი ორგანული ნაერთების) ემისიების გაანგარიშებებში გამოყენებული (Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions, 1997, - მეოთხედიანი სახელმძღვანელოში მოცემული), ფორმულა:

$$M = \sum(EF_{abc} \times Activity_{abc})$$

სადაც,

EF-ემისიების ფაქტორია,

Activity-მოხმარებული ენერჯიაა,

ხოლო a-სათბობის ტიპის, b-დარგობრივი აქტივობის, c-კი ტექნოლოგიის ტიპის მახასიათებლებია.

მრავალ წარმოებაში, გამოყენებულ ნედლეულში და საბოლოო პროდუქტებში, ცალკეულ ნივთიერებათა შემცველობა და მიმდინარე ქიმიური რეაქციები კარგადაა ცნობილი. ამ დროს, ატმოსფეროში გაფრქვეული ნივთიერებათა რაოდენობა, შეიძლება დადგინდეს ნედლეულის ხარჯვის გაანგარიშებებში ბალანსური მეთოდის გამოყენებით.

#### **4. ატმოსფეროს დაბინძურების თანამედროვე მდგომარეობა და სამრეწველო გამონახობლებების რაოდენობის შეფასებები სამხრეთ საქართველოს მთიანი რეგიონისათვის**

სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის თანამედროვე ეტაპზე, სახელმწიფოს ეკონომიკური განვითარებისათვის აუცილებელია ქმედითი კონცეფციის შემუშავება ეკოლოგიური მდგომარეობის გათვალისწინებით, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს ქვეყნის სამეცნიერო-ტექნიკურ გრძელვადიან პოლიტიკას.

პრაქტიკამ აჩვენა, რომ ამ ამოცანების განსახორციელებლად უნდა მოგვეპოვებოდეს ინფორმაცია გარემოს (ატმოსფეროს) დაბინძურების მდგომარეობაზე, როგორც მათი დამუშავების გარკვეული ეტაპისათვის,



ასევე საპროგნოზო ინფორმაციები გარემოს მდგომარეობის მოსალოდნელ ცვალებადობაზე. ამ ინფორმაციების გამოყენება საშუალებას იძლევა, რომ ქვეყნის ეკონომიკური პოტენციალი ისეთნაირად გარდაიქმნას და განვითარდეს, რომ არ დაირღვეს გარემოს ეკოლოგიური ბალანსი.

ატმოსფეროს დაბინძურებასთან დაკავშირებულ ეკოლოგიურ პრობლემათა გადაჭრა - კერძოდ, საკვლევი რეგიონისათვის, წარმოადგენს გადაუდებელ საქმეს. მრეწველობის მიერ ატმოსფეროს დამაბინძურებელი მინარევების აღრიცხვა წარმოებს წლიური სტატისტიკური ფორმა 2გდ (ჰაერი) მიხედვით, რომლის წარდგენა სოციალურ-ეკონომიკური ინფორმაციის ცენტრში სავალდებულოა ყველა იმ სამრეწველო ობიექტებისათვის, რომლებიც ატმოსფეროში, წლის მანძილზე, გააფრქვევენ 100 ტონაზე მეტ მანე ნივთიერებებს. ფორმა 2გდ (ჰაერი) ასახავს იმ ძირითად დამაბინძურებელ ნივთიერებებს, რომლებიც იმყოფებიან მყარ (მტვერი) და აიროვან (მათ შორის: SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) აგრეგატულ მდგომარეობაში.

გამოკვლევებმა უჩვენა რომ, მთლიანად წარმოქმნილ ნივთიერებებში მყარზე მოდის, დაახლოებით 70%, აიროვნებზე კი 30%; ხოლო მთლიან გაფრქვეულ ემისიებში მყარი ნივთიერებებია დაახლოებით - 60%, აიროვნები - 40%. გაფრქვეულ აიროვან ნივთიერებებში CO-ს უკავია 54%, SO<sub>2</sub>-ს 36%, NO<sub>x</sub> - 8%, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> - 2%.

## 5. დასკვნები

მთიანი რეგიონების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა წარმოადგენს პრობლემას, რომელიც თავისი მნიშვნელობით ხშირად იპყრობს საერთაშორისო ყურადღებას. პრობლემა განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს განვითარებადი ქვეყნებისათვის, როგორც ამჟამად წარმოადგენს საქართველო, რადგან მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციების შემუშავების დროს აუცილებელია ერთობლივად იქნეს გათვალისწინებული გლობალური კლიმატის ცვლილების თანამედროვე ტენდენციები, ბუნებრივი და ანთროპოგენური წარმოშობის საშიში (სტიქიური) მოვლენების ფორმირების პირობები, აგრეთვე ადგილობრივ ეკოლოგიურ სისტემებზე რეალური ზემოქმედება, გამოწვეული მდგრადი განვითარების პრინციპების ქვეყანაში დამკვიდრების საწყის პერიოდში.

აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტა შეუძლებელია საიმედო მონიტორინგული სისტემისა და არსებული ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევის გამომწვევი მიზეზების ლიკვიდაციის (ან უარყოფითი შედეგების შერბილების) უზრუნველყოფის ოპერატიული რეაგირების ორგანიზაციული სტრუქტურის გარეშე.

## ლიტერატურა-LITERATURA-REFERENCES

1. სარალიძე რ., ოდიკაძე ნ., ცქვიტინიძე ლ., ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის შრომები. 2001 – ტ. 104. გვ. 119-126
2. Гуния Г.С., Цквитинидзе Л. З. География химического состава атмосферных осадков на Кавказе. Известия Российской Академии Наук, серия географическая, № 6, ноябрь-декабрь, Москва, 2007

შპპ 551.510.42

**მთიანი რეგიონების კლიმატის ცვლილების ადგილობრივი ანთროპოგენური თავისებურებები**/ცქვიტინიძე ზ., გუნია გ./ შპი-ს შრომათა კრებული - 2008.-ტ.115.-გვ. 81-90.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

განხილულია ბუნებრივი გარემოს დაცვის და კლიმატის ცვლილებაზე ანთროპოგენური გავლენის კონტროლის პრაქტიკული საკითხები საქართველოს მთიანი რეგიონებისათვის. ყურადღება გამახვილებულია არსებული მდგომარეობის შეფასებებსა და ატმოსფეროს ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მახასიათებელთა მოსალოდნელი ცვლილებების ტენდენციათა გამოვლენის მიმართ.

UDC 551.510.42

**LOCAL ANTHROPOGENOUS FEATURES OF CLIMATE CHANGE FOR GEORGIA'S MOUNTAIN REGIONS**/Tskvitinidze Z., Gunia G./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 81-89. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Practical aspects on protection of an environment and control nthropogenous influence on climate change for Georgia's mountain regions are considered. The special attention addresses to an estimation of current state and also identification tendencies of possible change of qualitative and quantitative characteristics of an atmosphere.

УДК 551.510.42

**МЕСТНЫЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ГОРНЫХ РЕГИОНОВ ГРУЗИИ** /Цквитинидзе З. И., Гуния Г.С./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 81-89. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассматриваются практические аспекты по защите окружающей среды и контролю антропогенного влияния на изменение климата горных регионов Грузии. Особое внимание обращается оценке современного состояния, а также выявлению тенденции возможного изменения качественных и количественных характеристик атмосферы.

<sup>1</sup>Салуквадзе Е.Д., <sup>2</sup>Гогебашвили М.Э., <sup>2</sup>Иванишвили Н.И.  
<sup>1</sup>Институт географии им. Вахушти Багратиони. Грузия, Тбилиси  
<sup>2</sup>Институт аграрной радиологии и экологии. Грузия, Тбилиси

УДК 91 (479.22)+632.118.3

## **СПЕЦИФИКА РЕАЛИЗАЦИИ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗ- НЕНИЯ ГОРНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

Глобальные климатические процессы в истории земли являются наиболее активными факторами становления и изменения биогеоценозов. Изменения температурного режима оказывает основополагающее значение и на формирование целого ряда экологических процессов, мониторинг и прогнозирование которых имеет огромное значение для населения различных регионов планеты.

Восстановить картину климатических изменений далекого прошлого исследователям помогает палеореконструкция, а за температурами последних двух сотен лет ученые следят с помощью термометров. По мнению климатологов на Земле уже не раз происходили глобальные изменения климата, и они были гораздо более существенными, чем нынешнее потепление. Стоит вспомнить хотя бы знаменитый Ледниковый период, когда значительная часть Евразии скрылась подо льдами. Основной причиной древних климатических катаклизмов ученые видят в изменении орбиты Земли, в изменение которой вмешательство человека представляется нереальным. В этом контексте нынешнее глобальное потепление можно рассматриваться как очередной цикл «климатического» развития планеты. И все же при всей важности оценки специфики истории климатических изменений планеты, в наше время, необходим поиск такого модифицирующего фактора, который отсутствовал в прошлых эпохах. Безусловно, основным, и, пожалуй, единственным здесь можно считать – антропогенный фактор. Именно поэтому среди вопросов рассматриваемых мировым научным сообществом является вопрос изучения возможности прогнозирования отрицательных последствий глобального потепления, и в частности - определение взаимодействий между изменением климата и другими экологическими процессами (8-й вопрос Межправительственной группы экспертов по изменению климата МГЭИК) [9]. В этой связи понятно, что изучение различных аспектов антропогенного воздействия является актуальной научно-практической задачей.

Для поиска возможных механизмов реализации антропогенного загрязнения биогеоценозов в условиях глобального потепления нами выбрана модель радиационного воздействия на растительные организмы и ограниченная экологическая модель ландшафтного экспериментального мониторинга

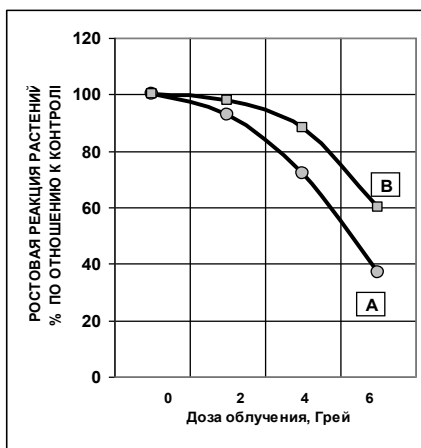
## Методы исследования

В качестве физико-химических факторов воздействия нами были выбраны - ионизирующее излучение (гамма-радиация) и тяжелые металлы (ионы свинца). Модельными растениями служили бобовые культуры. Для исследования влияния облучения на ризогенез в природных условиях в качестве экологической модели ландшафтного экспериментального мониторинга был подобран дерновый слой с луговыми растениями. Облучение проводили дозой 3 рад/час в течение 1 недели. После высадки дернового настила замеры сырой массы корневой системы контрольных и облученных растений проводили через 6 месяцев.

## Результаты и их обсуждение

Для изучения специфических особенностей реализации антропогенного загрязнения биогеоценозов в условиях глобального потепления нами была поставлены следующие задачи: 1. Какова специфика воздействия повреждающих антропогенных факторов на растительный организм; 2. Как реализуется это повреждение в условиях открытых фитоценозов; 3. Каков возможный сценарий развития процессов у горных биогеоценозов в условиях глобального потепления.

С этой целью, в качестве первого этапа, были проведены исследования влияния ионизирующей радиации и тяжелых металлов на рост и развитие растений. Как показано на рисунке 1. в результате радиационного воздействия у растений происходит значительное снижение интенсивности ростовой реакции. При этом корневая система проявляет себя более подверженной радиационному ингибированию, чем проростки. Аналогичная реакция была зафиксирована при воздействии ионов тяжелых металлов (Рис.2).



**Рис.1 Действие -радиации на ростовую реакцию растения** 1- вариант без облучения (контроль), 2 - облучение дозой 2,0 Грей, 3 - 4,0 4 - 6,0 Грей. А – корни, В – проростки

**Рис.2 Действие тяжелых металлов на ростовую реакцию растительного организма**

1-вариант без воздействия тяжелыми металлами (контроль), 2– воздействие металлами на корневую систему, 3– воздействие тяжелых металлов на побеги, 4– воздействие тяжелых металлов и на корневую систему, и на побеги

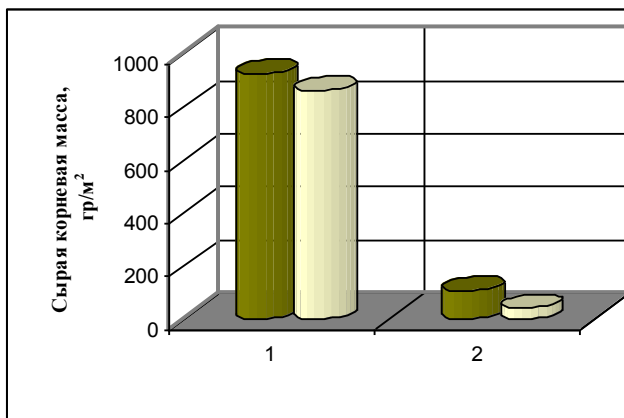


Как известно, особенностью антропогенного загрязнения, является разнообразие химических форм агрегатных состояний, выброшенных в окружающую среду радиоактивных и токсичных элементов. В этих условиях их накопление растениями, происходящее в основном за счет водорастворимой формы компонентов загрязнения и отражает весьма сложные переходные процессы в почве, скорость и направленность которых определяется экологической активностью всех компонентов корнеобитаемого слоя. Для изучения влияния антропогенного воздействия на уровне фитоценоза нами были проведены исследования при помощи экологической модели ландшафтного экспериментального мониторинга. С этой целью радиационной обработке был подвержен природный дерновый слой луговой растительности, после чего контрольный и облученный варианты были высажены в открытый грунт. Через 6 месяцев был проведен подсчет увеличения корневой массы растений на глубине до 15см и 15-30 см. Результаты представленные на рисунке 3 показывают, что если в первом варианте (на глубине до 15 см.), разница между контрольной зоной и вариантом с облучением составляла всего 7,1%, то при замерах на глубине 15-30 см. эта разница зафиксирована на уровне 63,1%. Одним из возможных механизмов, объясняющих столь значительную разницу между результатами, полученными при анализе вышеописанных зон является эффект радиационного ингибирования апикального доминирования [3]. В их основе лежит подавление у облученных растений интенсивности роста главного корня и активация боковых меристем. Таким образом, полученные результаты показывают, что при облучении растительные организмы, в силу изменения уровня залегания корневой системы получают основную влагу с меньшей глубины. В этом случае становится понятным, что при повышенном температурном воздействии, из-за того, что более

обеспеченной влагой, как правило, являются более глубокие слои почвы, облученные растения подвержены повышенному риску завязания.

И все же, каков возможный сценарий развития процессов у горных биогеоценозов в условиях глобального потепления. Для анализа этого процесса следует отметить, что за последние 130 лет, среднегодовая температура в Грузии увеличилась на 0,6°С. [6]. Это дает основание заключить, что сегодняшние ландшафтные пояса по сравнению с прошлыми веками гипсометрически должны были подняться на 100м., а ландшафтные компоненты – рельеф, почва, климат и др. находятся в тесной взаимосвязи. По мнению некоторых авторов для изменений подобного типа нужны сотни, и даже тысячелетия. В то время, когда антропогенные факторы способны в кратчайший промежуток времени хотя бы за 3-4 десятилетия значительно изменить природные ландшафты. [5].

Если ландшафты приспособлены к длительным и медленным климатическим изменениям, то при кратковременном и быстром антропогенном воздействии, они реагируют весьма болезненно. Развитие естественных процессов, а именно интенсивность и формирование ландшафтов значительно зависят от радиационных и гидротермических факторов.



**Рис.3 Действие радиации на изменение накопления сырой массы корней в условиях ландшафтного экспериментального мониторинга**

**1-сырая масса корней на глубине до 15 см; 2- 15-30см.**

*(Темные диаграммы – варианты без облучения)*

Каждая ландшафтная зона характеризуется определенным значением радиационного баланса и радиационным индексом сухости. Одним из проявлений глобального потепления является процесс аридизации, который обусловлен изменением климата. В последние десятилетия зафиксировано уве-

личения риска опустынивания, в частности глобальное потепление и массовое снижение территорий покрытых лесами. В Грузии аридная растительность распространена в ее восточной и юго-восточной частях, на равнине и предгорьях с годичной суммой атмосферных осадков 200-400 мм. Здесь за последние столетие сильно сократилась отдельные формации ксерофильной кустарниковой, степной и полупустынной растительности, которые значительно продвинулись на запад и вверх в горы, до 1000-1100 м над уровнем моря, с годичной суммой атмосферных осадков 600-800 мм. Эти процессы полностью являются следствием усиления антропогенного пресса на растительность [4]. По мнению некоторых исследователей, опустынивание Восточной Грузии, носит как климатический, так и антропогенный характер и является реальной угрозой для этого региона. [2]. В Грузии также часты засушливые годы. Достаточно назвать летнюю засуху 2000 года, которая в равнинных районах Восточной Грузии даже вызвала экологическую катастрофу. При этом вероятность сильных засух здесь превышает 40%-ов. [11]. В целом практически вся территория Грузии в настоящее время подвержена изменениями климатических режимов. Если учесть, что на фоне процессов глобального потепления территория Грузии может быть территорией со значительным антропогенным загрязнением, то исследования в этом направлении весьма актуальными и чрезвычайно важны для прогнозирования возможных последствий вышеизложенных процессов. [1,7,8,10].

Все вышеизложенное, в сумме с результатами экспериментальных работ дает возможность проследить следующий сценарий развития процессов. Антропогенные факторы, воздействуя на растения, вызывают у них такие структурно-функциональные изменения, которые снижают их способность адаптироваться к внешним воздействиям, вызванных глобальным потеплением. Следует отметить также и специфичность данного явления именно для горных регионов. Так если на равнинных ландшафтах изменение гидрологических параметров биогеоценозов мало влияет на рельефность данной местности, то в горных ландшафтах данный факт может привести к значительным деструктивным процессам, например, таким как обвалы и оползни. В целом

### **Выводы.**

На основании проведенного анализа литературных данных и экспериментальных исследований можно сделать заключение, что антропогенное загрязнение наряду с другими антропогенными факторами может привести к серьезной деградации биогеоценозов горных регионов. При этом механизм формирования данного процесса может идти по направлению: загрязняющий фактор – ослабленное растение – фитоценоз с низкой адаптивной способностью – изменение гидрологических параметров биогеоценоза – развитие деструктивных процессов критических ландшафтов горных регионов.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Барьяхтар В.Г. Чернобыльская катастрофа. Киев, «Наукова думка», 1995, 558с.
2. Бондырев И.В., Таварткиладзе А.М., Сепертеладзе З.Х., Церетели Э.Д., Будагов Б.А., Муссейбов М.А. и др. Антропогенная трансформация природной среды Южного Кавказа. Тбилиси, 2008", Полиграф", с. 209-231.
3. Гродзинский Д. М., Гудков И. Н. Апикальное доминирование и регенерация у вегетирующих растений после облучения гамма-радиацией.- Радиобиология, 1969, 9, № 2, с. 249—256.
4. Квачакидзе Р.К. О некоторых аспектах опустынивания в Грузии. Сборник трудов института географии им. В.Багратиони, Тбилиси, "2006,"Универсал, с.284.
5. Мумладзе Д.Г. Компоненты природы и его экологические аспекты. Тбилиси, труды института экономических взаимоотношений. 1997.т.1
6. Мумладзе Д.Г. Шенгелия Н.А. Антропогенные изменения подстилающей поверхности в Грузии (за последние десятилетия). Современные изменения климата в Грузии. Взаимосвязь и изменчивость метеорологических элементов. Тбилиси. 2003. Труды института географии им. В.Багратиони. с.81.
7. Салуквадзе Е.Д. Особенности формирования, развития и антропогенного изменения ландшафтов Кахетинского Кавказиони. Тбилиси, 2006, с.286-291.
8. Таварткиладзе К.А., Бегалишвили Н.А., Харчилава Дж. Т., Мумладзе Д.Г., Амиранашвили А.Г., и др. Современное изменение климата в Грузии. режим некоторых климатообразующих параметров и их изменчивость. Тбилиси 2006. с.175.
9. Уотсон Р.Т. (ред.), межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). «Изменение климата». Обобщенный международный доклад, Женева, Швейцария, 2001, 220с.
10. Цицкишвили М.С. и др. Основные результаты радиогео-экологического мониторинга Закавказья. Радиационные исследования, Тбилиси 1986, т. VII, с.197-220.
11. Элизбарашвили Э.Ш. Элизбарашвили М.Э. Основные проблемы климатологии ландшафтов. Тбилиси, "Зеон", 2006, с.64-99.

შპს 91 (479.22)+632.118.3

**მთის ბიოგეოცენოზების ანთროპოგენური დაბინძურების სამეცნიერო-გლობალური დათბობის პირობებში/სალექვაძე ე., გოგებაშვილი მ., ივანიშვილი ნ./.** შპი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115 -გვ. 90-96.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნატარებული კვლევები მიზნად ისახავდა მთის ბიოგეოცენოზების ანთროპოგენური დაბინძურების რეალიზაციის ჩვენებას გლობალური დათბობის პირობებში. ხსენებული პროცესის ფორმირება შეიძლება წარმართოს შემდეგი მიმართულებით: დაბინძურების ფაქტორი – მცენარეული საფარის



ზრდის შესუსტება – დაქვეითებული ადაპტაციის უნარის მქონე ფიტოცენოზი – ბიოგეოცენოზის ჰიდროლოგიური პარამეტრების ცვლილება – დესტრუქციული პროცესების განვითარება მთიანი რეგიონების კრიტიკულ ლანდშაფტებში.

UDC 91 (479.22)+632.118.3

**SPECIFICITY OF REALIZATION OF ANTHROPOGENOUS POLLUTION OF MOUNTAIN BIOGEOCENOSES IN CONDITIONS OF GLOBAL WARMING.**

/Salukvadze E., Gogebashvili M., Ivanishvili N./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 90-96. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The study aimed at revealing the theoretical mechanism of anthropogenic pollution of mountain biogeocenoses in conditions of Global warming. The process may have the following direction: pollution factor – low vegetation growth – phytocenosis with low adaptation potential – modification of hydrological parameters of biogeocenosis – development of adverse processes in the critical highland landscapes.

УДК 91 (479.22)+632.118.3

**СПЕЦИФИКА РЕАЛИЗАЦИИ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ.**

/Салуквадзе Е.Д., Гогешашвили М.Э., Иванишвили Н.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 90-96. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Целью проведенных исследований было показать возможный механизм реализации антропогенного загрязнения горных биогеоценозов в условиях глобального потепления. При этом формирование данного процесса может идти по направлению: загрязняющий фактор – ослабленное растение – фитоценоз с низкой адаптивной способностью – изменение гидрологических параметров биогеоценоза – развитие деструктивных процессов критических ландшафтов горных регионов.

*მელაძე ვ., თუთარაშვილი მ., მელაძე მ.  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო*

უკ 630:551.58

## **კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენა აბროკლიმატურიზონების ცვლილებაზე**

ბიოსფეროში მიმდინარე უარყოფითი ეკოლოგიური მოვლენები, მკვლევართა მიერ აღიარებულია, როგორც ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგი. რაც დიდ საფრთხეს უქმნის დედამიწაზე არსებულ უნიკალურ სიცოცხლეს. ამიტომ ადამიანებმა გონივრულად, წინდახედულად, მიზანდასახულად, ეკონომიკურ ჩარჩოებში უნდა გამოიყენონ წიაღისეული, ნავთობი, ტყეები და სხვა ბუნებრივი რესურსები, რათა ალტერნატიული გზით გამოსწორდეს და შენარჩუნდეს ეკოლოგიური წონასწორობა. წინააღმდეგ შემთხვევაში შორს არ არის ის დრო, როცა კაცობრიობა დადგება ბუნებრივი სისტემების კიდევ უფრო მეტი რღვევის წინაშე, რომელთა გამოსწორება შეუძლებელი გახდება.

ზემოაღნიშნული ბუნებრივი რესურსები, წვის პროცესში გამოყოფენ სითბოს დიდ რაოდენობას და ძირითადად ნახშირორჟანგა გაზს (CO<sub>2</sub>). იგი იჭერს დედამიწის ზედაპირიდან გამოსხივებულ გრძელტალღოვან (ინფრაწითელ) სხივებს. მისი გავლენა კლიმატზე გამოიხატება “სათბურის ეფექტის” წარმოქმნაში. ამიტომ დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარეობს სითბოს გლობალური მატების ტენდენცია [1,2].

წიაღისეული სათბობის წვამ, ტყეების ჭრამ, მიწათსარგებლობის ცვლილებამ და სხვა, გაზარდეს ნახშირორჟანგის რაოდენობა XX საუკუნის ბოლოს თითქმის 10%-ით, სამწუხაროდ ეს მატება დღესაც გრძელდება [9]. ნახშირორჟანგა გაზის ზრდა ატმოსფეროში თუ მომავალშიც გაგრძელდა 2030 წლისათვის იგი გაორმაგდება და ჰაერის ტემპერატურა მოიმატებს 2-3°-ით [3]. ამას შეიძლება მოყვეს მრეწველობის, ტრანსპორტის, განსაკუთრებით სოფლის მეურნეობის და სხვა დარგში წარმოების სრულიად განსხვავებული სისტემა.

ნაშრომის [4] თანახმად, ჰაერის ტემპერატურის 1°-ით მატებას შეუძლია გამოიწვიოს დედამიწის ზედაპირზე იზოთერმების 250-300 კმ-ით გადაწევა. ამას კი შედეგად, შეიძლება მოყვეს რაიონების განედური განლაგების გარდაუვალი ცვლილება, სადაც ამ რაიონების პირობებში იზრებიან მათთვის დამახასიათებელი ეკოლოგიურად ადაპტირებული სასოფლო-სამეურნეო და სხვა სახის კულტურები. გამომდინარე აქედან, სრულიად ნათელია შეშფოთების მიზეზები.

ამჟამად დედამიწაზე აღნიშნულია კლიმატის გლობალური დათბობა. IPCC ანგარიშის მიხედვით XX საუკუნეში გლობალურმა საშუალო ტემპერატურამ  $0.6^{\circ}$ -ით მოიმატა. ამიტომ კლიმატის გლობალურ ცვლილებასთან დაკავშირებით აუცილებელია დაზუსტდეს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების ზონები და შეტანილი იქნას სათანადო ცვლილებები [6].

კლიმატის გლობალური ცვლილება მსოფლის სხვა ქვეყნებთან ერთად მოიცავს საქართველოსაც, რაც დასტურდება საქართველოს ტერიტორიაზე მრავალწლიური მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მასალების ანალიზისა და დამუშავების საფუძველზე [5]. გამოვლენილია ჰაერის ტემპერატურის მეტი მატების ტენდენცია აღმოსავლეთ საქართველოში, დასავლეთ საქართველოსთან შედარებით. აღნიშნული ტემპერატურის მცირე მატების ტენდენცია მოცემულ ეტაპზე თითქოს არ უნდა იყოს შემაშფოთებელი, მაგრამ იგი გასათვალისწინებელია, რადგან თუ მომავალში მოიმატებს  $1-2^{\circ}$ -ით და მეტად, მაშინ წინასწარ უნდა ვიცოდეთ რა გავლენას მოახდენს იგი ქვეყნის დარგების განვითარებაზე, განსაკუთრებით სოფლის მეურნეობაზე. ამასთან დაკავშირებით, დასავლეთ საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების აგროკლიმატური ზონების სცენარისათვის ვითვალისწინებთ ჰაერის ტემპერატურის  $1^{\circ}$ -ით მატებას, აღმოსავლეთ საქართველოსათვის  $2^{\circ}$ -ით მატებას. ამისათვის გამოვიყენეთ საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიურ სადგურებზე ჩატარებული მრავალწლიურ დაკვირვებათა მონაცემები [8] (ჰაერის ტემპერატურის  $10^{\circ}$ -ს ზევით გადასვლის თარიღები, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები და სიმაღლე ზღვის დონიდან) და დავამუშავეთ სტატისტიკის მათემატიკური მეთოდით, სადაც მათ შორის დამყარებული იქნა მჭიდრო კორელაციური კავშირები. სრულიად საქართველოსათვის ( $R=0.97$ ), ასევე შემუშავებული სცენარების მიხედვით ტემპერატურის  $1$  და  $2^{\circ}$ -ით მატებისას (შესაბამისად) დასავლეთ საქართველოსათვის ( $R=0.99$ ) და აღმოსავლეთ საქართველოსათვის ( $R=0.98$ ). კორელაციური კავშირებიდან გამომდინარე შევადგინეთ რეგრესიის განტოლებები (ცხრილი 1).

განტოლებებში  $n$  – ჰაერის ტემპერატურის  $10^{\circ}$ -ს ზევით დადგომის თარიღია  $1$  – თებერვლიდან (დღეთა რიცხვი  $1$  – თებერვლიდან ტემპერატურის  $10^{\circ}$ -ს ზევით დადგომის თარიღამდე),  $h$  – სიმაღლე ზღვის დონიდან (მ-ში),  $T$  – აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი  $10^{\circ}$ -ს ზევით.

განტოლებების მიხედვით აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის განსაზღვრისას საჭიროა ვიცოდეთ ჰაერის ტემპერატურის  $10^{\circ}$ -ს ზევით გადასვლის თარიღი. ამისათვის, დავამუშავეთ მრავალწლიურ დაკვირვებათა მონაცემები ჰაერის ტემპერატურის  $10^{\circ}$ -ს ზევით გადასვლის თარიღსა და ზღვის დონიდან სიმაღლეს შორის, სადაც

დავადგინეთ კორელაციური კავშირები: სრულიად საქართველოსათვის  $R=0.85$ , სცენარით ტემპერატურის 1 და 2<sup>o</sup>-ით მატებისას  $R=0.87$ ,  $R=0.97$  დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოსათვის (შესაბამისად). შევადგინეთ აგრეთვე შესაბამისი რეგრესიის განტოლებები (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. რეგრესიის განტოლებები ჰაერის ტემპერატურის 10<sup>o</sup>-ს ზევით თარიღის დადგომის და აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების განსაზღვრისათვის

განსაზღვრა	სრულიად საქართველოსათვის	სცენარი, ტემპერატურის 1 <sup>o</sup> -ით მატებისას დას. საქართველოსათვის	სცენარი, ტემპერატურის 2 <sup>o</sup> -ით მატებისას აღმოს. საქართველოსათვის
10 <sup>o</sup> -ს ზევით თარიღის	$n = 0.028 \cdot h + 57$	$n = 0.027 \cdot h + 51$	$n = 0.036 \cdot h + 38$
აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის	$T = -29.294 \cdot n - 0.788 \cdot h + 6081$	$T = -16.711 \cdot n - 1.127 \cdot h + 5496$	$T = -44.254 \cdot n - 0.150 \cdot h + 6742$

ჩვენს მიერ შემუშავებული სცენარებით, ჰაერის ტემპერატურის 1<sup>o</sup>-ით მატებისას, ტემპერატურის 10<sup>o</sup>-ს ზევით და მის ქვემოთ გადასვლების თარიღების განსაზღვრამ გვიჩვენა, რომ გაზაფხულზე იგი იწყება საშუალოდ 6 დღით ადრე, ხოლო შემოდგომაზე 10<sup>o</sup>-ს ქვემოთ წყდება 6 დღით გვიან, არსებული მრავალწლიური ტემპერატურის 10<sup>o</sup>-ს ზევით გადასვლის თარიღებთან შედარებით. სცენარით, ტემპერატურის 2<sup>o</sup>-ით მატებისას, 10<sup>o</sup>-ს ზევით თარიღის გადასვლა გაზაფხულზე 11 დღით ადრე იწყება და შემოდგომაზე იგივე რაოდენობის დღეებით გვიან წყდება. სცენარების მიხედვით, სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა იზრდება, რაც ხელს შეუწყობს ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებას და მოსავლის სრულ ფორმირებას კერძოდ, იმ ადგილებში სადაც ტემპერატურის ჯამი ნაკლებია. ჩვენს მიერ დადგენილ მონაცემებს ადასტურებს კოსმოსური გადაღებები, რომლის მიხედვით ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გაზაფხული ერთი კვირით ადრე დგება, ამიტომ მცენარეთა ზრდის და ფოტოსინთეზის პერიოდები გაზრდილია. საინტერესოა, აგრეთვე ევროპის ბოტანიკურ ბაღებში ჩატარებული

გამოკვლევები, რომლებმაც გამოავლინა ვეგეტაციური პერიოდის ხანგრძლივობის 10 დღით გაზრდა.

ზემოგანხილული ასპექტებიდან გამომდინარე, ჩვენი მიზანია აგროკლიმატურ ზონებზე კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენის გათვალისწინება, სადაც მიუთითებთ შემუშავებული სცენარებით ტემპერატურის 1 და 2°-ით მატებისას როგორი იქნება ტემპერატურათა ჯამები და ამის საფუძველზე მცენარეთა გავრცელების შესაბამისი ზონები. ამისათვის გამოვიყენეთ ზემოსხენებული განტოლებები და განვსაზღვრეთ ფაქტიური აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები, ასევე სცენარით 1 და 2°-ით მატებისას და გამოვყავით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების 5 აგროკლიმატური ზონა. ზონები ერთმანეთისაგან გამოყოფილია დაახლოებით 1000°-ს გრადაციით (ცხრილი 2).

ცხრილი 2. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები (>10°) აგროკლიმატური ზონების მიხედვით

აგროკლიმატური ზონა, სიმაღლე ზღ. დონიდან (მ)	ჰაერის ტემპერატურის ჯამი >10°		
	სრულიად საქართველოში	სცენარი, დას. საქართველოში ტემპერატურის 1°-ით მატებისას	სცენარი, აღმოს. საქართველოში ტემპერატურის 2°-ით მატებისას
I 300	4000°	4170°	4540°
II 900	3000°	3210°	3500°
III 1500	2000°	2270°	2450°
IV 2100	1000°	1310°	1420°
V 2300	700°	1000°	1090°

მოცემულ ზონებში სასურველია ვიცოდეთ სცენარის მიხედვით ტემპერატურის 1 და 2°-ით მატებისას აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების ცვლილება და მცენარისათვის საჭირო ტემპერატურის ჯამის განმეორების უზრუნველყოფა ყოველ 10 და მეტ წელიწადში. ამისათვის ვისარგებლეთ ნაშრომში [7] მოცემული აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის განსაზღვრის ნომოგრამით.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების I აგროკლიმატურ ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 4400-4000°. იგი ვრცელდება ზღვის დონიდან 300 მეტრამდე. ამ ზონაში წარმატებით მიმდინარეობს ციტრუსების, ჩაის, ვაზის, ხეხილოვანი და სხვა კულტურების ზრდა-განვითარება. თუმცა ზიგიერთ წლებში ციტრუსების ნაყოფები სრულ სიმწიფეს ვერ აღწევს, განსაკუთრებით აჭარისა და გურიის რეგიონებში. მოცემულ ზონაში მანდარინის საადრეო ჯიშების სრული მომწიფება ზღვის დონიდან 200 მ სიმაღლემდე უზრუნველყოფილია ყოველ წელს, საგვიანოსი 8-9-ჯერ ყოველ 10 და მეტ წელში, ხოლო ფორთოხლის და გრეიფრუტის ნაყოფების სიმწიფე 1-2-ჯერ, ისიც საადრეო ჯიშების. 300 მ სიმაღლემდე (აჭარა-გურია) მანდარინის საადრეო ჯიშების ნაყოფების მომწიფება უზრუნველყოფილია 4-5-ჯერ, საგვიანოსი 2-3-ჯერ ყოველ 10 და მეტ წელში. რაც შეეხება ლიმონის კულტურის ნაყოფების სიმწიფეს, იგი იერიფება ტექნიკურ სიმწიფეში (ღია მწვანე, ოდნავ მოყვითალო შეფერილობის), რაც მიგვანიშნებს ვიტამინი "C"-ს მაღალ შემცველობაზე. ამიტომ მისთვის სრულიად საკმარისია 10°-ს ზევით 3800-4000 ტემპერატურის ჯამი, რომელიც ზონაში ნაყოფების სიმწიფეს უზრუნველყოფს ყოველ წელს, მაგრამ აუცილებელია ზამთრის ყინვებისაგან მისი საიმედოდ დაცვა.

მოცემულ ზონაში ციტრუსოვანთა ნაყოფების სრული სიმწიფე აფხაზეთის და სამეგრელოს რეგიონებში აჭარისა და გურიის რეგიონებთან შედარებით უკეთესადაა უზრუნველყოფილი საჭირო ტემპერატურის ჯამებით. სცენარის მიხედვით ტემპერატურის 1°-ით მატებისას, აღნიშნულ ზონაში ზღვის დონიდან 200-300 მეტრამდე ციტრუსოვანთა ნაყოფების სრული სიმწიფე ყოველ წელს უზრუნველყოფილია საჭირო ტემპერატურათა ჯამებით, განსხვავებით მოცემულ სიმაღლეებზე ფაქტიურად არსებული ტემპერატურათა ჯამებისაგან.

უნდა აღინიშნოს, რომ სცენარით ტემპერატურის 1°-ით მატებისას 10°-ს ზევით ტემპერატურის ჯამის მატება სავეგეტაციო პერიოდში საშუალოდ არის 240-260°. ამის გამო ციტრუსოვანი კულტურების გავრცელების ზონა მადლა იწევს 100-150 მ-ით. ამიტომ საადრეო მანდარინის ნაყოფების სრული მომწიფება უზრუნველყოფილია 400 მ-ზე 8-9-ჯერ, საგვიანოსი 6-7-ჯერ, ფორთოხლის 1-2-ჯერ ყოველ 10 წელში.

II – ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 4000-დან 3000°-მდეა და ვრცელდება 900 მეტრამდე. აქ გავრცელებულია – ჩაი 550 მეტრამდე ზღვის დონიდან, ვაზი – საგვიანო 800 მეტრამდე, ხეხილოვანები 1300-1350 მეტრამდე, სამარცვლე სიმინდი 900-950 მეტრამდე და აგრეთვე სხვა კულტურები. სცენარებით, ტემპერატურის 1°-ით მატებისას ჩაის კულტურა გავრცელდება 600-700 მეტრამდე ზღვის დონიდან,

საგვიანო ვაზის ჯიშები 900-950 მეტრამდე, სადაც მტევნების სიმწიფე იქნება ყოველ წელს (დასავლეთ საქართველოში). ტემპერატურის 2<sup>o</sup>-ით მატებისას იგი ვრცელდება 1000-1100 მეტრამდე და მტევნების სიმწიფე იქნება ყოველ წელს (აღმოსავლეთ საქართველოში). ხეხილოვანები (ვაშლი, მსხალი და სხვა) სცენარების მიხედვით 1 და 2<sup>o</sup>-ით მატებისას შესაძლებელია გავრცელდეს ზღვის დონიდან 1400-1500, 1550-1650 მეტრამდე შესაბამისად.

III – ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამია 3000-2000<sup>o</sup>. იგი ვრცელდება ზღვის დონიდან 1500 მეტრამდე. აქ ხელსაყრელი აგროკლიმატური პირობებია ხორბლის, სამარცვლე სიმინდის, ქერის, შვრიის, კარტოფილის და სხვა კულტურების წარმოებისათვის. მოცემულ ზონაში საშემოდგომო ხორბლის კულტურა ტემპერატურის 1<sup>o</sup>-ით მატებისას ზღვის დონიდან გავრცელდება 1550-1650 მეტრამდე, ხოლო 2<sup>o</sup>-ით მატებისას 1750-1800 მეტრამდე. ხორბლის მარცვლების მომწიფება უზრუნველყოფილი იქნება ყოველ წელს საჭირო ტემპერატურის ჯამით (1900-2000<sup>o</sup>) და ფართოვდება მისი გავრცელების არეალი. სამარცვლე სიმინდის არეალი გაფართოვდება სცენარების მიხედვით ტემპერატურის 1 და 2<sup>o</sup>-ით მატებისას და გავრცელდება ზღვის დონიდან 1050-1100 და 1200-1300 მეტრამდე შესაბამისად. მარცვლების მომწიფება უზრუნველყოფილი იქნება ყოველ წელს.

IV – ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შემცირებულია 2000<sup>o</sup>-დან 1000<sup>o</sup>-მდე და ვრცელდება 2100 მეტრამდე. აქ ძირითადად გავრცელებულია ქერი, შვრია, კარტოფილი და ბოსტნეული კულტურები. ხელსაყრელი აგროკლიმატური პირობებია სათიბ-საძოვრებისათვის. სცენარებით ტემპერატურის 1 და 2<sup>o</sup>-ით მატებისას შესაძლებელია აღნიშნული კულტურების არიალის გაფართოება ზღვის დონიდან 2200-2300 მეტრამდე.

V – ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 1000<sup>o</sup>-დან 700<sup>o</sup>-მდეა შემცირებული და ვრცელდება ზღვის დონიდან 2300 მეტრამდე. სცენარებით ტემპერატურის 1 და 2<sup>o</sup>-ით მატებისას, მატულობს აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები და 2300 მეტრზე იქნება 1000-1100<sup>o</sup> შესაბამისად. რაც მოცემულ სიმაღლემდე იძლევა შვრიის, ქრის, საადრეო კარტოფილის, ზოგიერთი ბოსტნეული კულტურების და მეცხოველეობის საკვები ძირხვევნების (“კუუზიკუ”, “ესკო”) გავრცელებისა და სათიბ-საძოვრების გაფართოების საშუალებას.

დავასკვნით, რომ კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენა აისახება აგროკლიმატურ ზონებზე. შემუშავებული სცენარებით ტემპერატურის 1<sup>o</sup>-ით მატებისას, გამოყოფილ აგროკლიმატურ ზონებში ტემპერატურის ჯამები 10<sup>o</sup>-ს ზევით მოიმატებს საშუალოდ 240-260<sup>o</sup>-ით (დასავლეთ საქართველო), ხოლო 2<sup>o</sup>-ით მატებისას 480-500<sup>o</sup>-ით და

ოღნავ მეტით (აღმოსავლეთ საქართველო). ციტრუსების, ჩაის, ვაზის, სიმინდის (სამარცვლე), საშემოდგომო ხორბლის და სხვა კულტურების გავრცელების ზონები პირველად აიწვეს მაღლა ტემპერატურის 1<sup>o</sup>-ით მომატებისას 100-150 მეტრით, ხოლო 2<sup>o</sup>-ით მომატებისას 200-300 მეტრით მაღლა, ამჟამად არსებული მათი გავრცელების ზონებთან შედარებით.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Bruce J.P. 1990. The Atmosphere of the Living planet. Earth. Geneva: WMO, № 705, pp. 42
2. Бериташвили Б.Ш., Гуния Г.С., Инцкирвели Л.Н., Кучава Г.П. 2002. О динамике эмисии парниковых газов с территории Грузии. В кн. «Проблемы физики пограничного слоя атмосферы и загрязнения воздуха». Гидрометеоиздат, М., ст. 296-302
3. Будико М.И. 1980. Климат прошлом и в будущем. Гидрометеоиздат, Л., ст. 351
4. გ.გუნია 2005. ატმოსფეროს ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბილისი, გვ. 265
5. კთავართქილაძე, ეკელიზბარაშვილი, დ.მუშლაძე, ჯ.ვახანაძე 1999. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. თბილისი, გვ. 128
6. მამელაძე 2008. აგრომეტეოროლოგია. გამომც. “უნივერსალი”, თბილისი, გვ. 250
7. მამელაძე 1971. სუბტროპიკული ტექნიკური კულტურების აგროკლიმატური პირობები და პროგნოზები. გამომც. “საბჭოთა საქართველო”, თბილისი, გვ. 157
8. Справочник по климату СССР. 1967. Температура воздуха и почвы. Вып. 14, Гидрометеоиздат, Л., ст. 375
9. Хэфлинг Г.И. 1990. Тревога 2000 году. Изд. «Мысль», М., ст. 271

შპს 630:551.58

**კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენა აგროკლიმატური ზონების ცვლილებაზე**/მელაძე გ., თუთარაშვილი მ., მელაძე მ./კმი-ს შრომათა კრებულში -2008.-ტ.115-გვ. 97-104.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების შედეგად დამყარებულია მაღალი კორელაციური კავშირი ჰაერის ტემპერატურის 10<sup>o</sup>-ს ზევით გადასვლის თარიღს, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამსა და ზღვის დონიდან სიმაღლეს შორის. დადგენილი კავშირების საფუძველზე შედგენილია რეგრესიის განტოლებები, რომელთა მიხედვით განსაზღვრულია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები აგროკლიმატური ზონების სასთვის. გამოყოფილია 5 აგროკლიმატური ზონა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელებისათვის.



სკენარის მიხედვით ტემპერატურის 1°-ით მატებისას ციტრუსების, ვაზის, ჩაის, სამარცვლე სიმინდის, საშემოდგომო ხორბლის და სხვა კულტურების გავრცელების ზონამ 100-150 მეტრით აიწია მაღლა, ამჟამად არსებული მათი გავრცელების ზონებთან შედარებით, ხოლო 2°-ით მატებისას 200-300 მეტრით.

UDC 630:551.58

**INFLUENCE OF GLOBAL WARMING ON CHANGES OF AGROCLIMATIC ZONES./Meladze G., Tutarashvili M., Meladze M./**Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – პ. 97-104. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

As a result of the analysis and data processing of meteorological observations are established close correlation connections - between date of air temperature rise above 10°, the sum of active temperatures and altitude above sea level. On the basis of the established connections the equations of regress are made, according to which sums of active temperatures for agroclimatic zones are defined. 5 agroclimatic zones for distribution of various agricultural crops are allocated.

According to the scenario, upon temperature rise of 1° for citrus, vineyards, tea, corn on grain, a winter wheat and other cultures the zone of distribution will go up to 100-150 m. above sea level, than nowadays exists, and at increase in temperature on 2° zones will go up to 200-300 m. a.s.l.

УДК 630:551.58

**ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН./**Меладзе Г.Г., Тутарашвили М.У., Меладзе М.Г./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 97-104. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В результате анализа и обработки данных метеорологических наблюдений установлены высокие связи – с датой перехода температуры воздуха выше 10° с суммой активных температур и высотой над уровнем моря. На основе установленных связей составлены уравнения регрессии в соответствии с которыми определены суммы активных температур для агроклиматических зон. Выделены 5 агроклиматических зон для распространения сельскохозяйственных культур.

Согласно сценария при увеличении температуры на 1° для цитрусовых, виноградников, чая, кукурузы на зерно, озимой пшеницы и других культур зона распространения повысится на 100-150 метров чем ныне существует, а при увеличении температуры на 2° зоны повысятся на 200-300 метров.

გრიგოლია გ.<sup>1</sup>, ალავერდაშვილი მ.<sup>2</sup>, ტრაპაიძე ვ.<sup>1,2</sup>,  
ბრეგვაძე გ.<sup>1</sup>, კიკნაძე დ.<sup>2</sup>, ხუფენია ნ.<sup>1</sup>, კოკია ნ.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
<sup>2</sup>ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტი

## კლიმატის ცვლილების ფონზე მდინარის ჩამონადენის და ნალექების ერთობლივი სტატისტიკური ანალიზი

საქართველოს ერთ-ერთი უმთავრესი ბუნებრივი სიმდიდრე წყლის რესურსებია. ქვეყნის მდგრადი განვითარებისათვის აუცილებელია, არსებული წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება. წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება უნდა ეფუძნებოდეს სრულ წარმოდგენას (ინფორმაციას) წყლის არსებულ რაოდენობაზე და მის მოსალოდნელ ცვლილებებზე კლიმატის ცვლილების ფონზე.

კლიმატის გლობალურმა დათბობამ გამოიწვია წალგაცვლის პროცესის ინტენსიფიკაცია. კლიმატის ცვლილების სამთავრობათა-შორისო საბჭოს (IPCC, 2007) შეფასების მეოთხე მოხსენება ადასტურებს გლობალური დათბობის ციკლის არსებობას. 1905-2005 წწ. ას-წლიანი წრფივი ტრენდი (0.74°C) აღემატება 1901-2000 წწ. შესაბამისი ტრენდის მნიშვნელობას (0.6°C), რომელიც წინა (IPCC, 2001) შეფასების მოხსენებაშია მოცემული. 1990-2100 წწ. პერიოდში მოსალოდნელია ტემპერატურა გაიზარდოს 1.4-5.8°C-ით. ამასთან მოსალოდნელია, რომ XXI საუკუნეში გაიზრდება ნალექების რაოდენობა, შემცირდება თოვლის საფარის გავრცელება, ხოლო მყინვარები გააგრძელებენ უკან დახევას. დათბობა უარყოფით გავლენას ახდენს მიწისქვეშა წყლების მარაგის ცვალებადობაზე. მიწისქვეშა წყლის დონეები ზოგიერთ წყალშემცველ ფენებში მნიშვნელოვნად შემცირდა, რამაც შეამცირა ბევრი მდინარის წყალმცირობის ჩამონადენი.

ყველა ეს ფაქტორი უშუალოდ ზემოქმედებს წყლის რესურსების უზრუნველყოფაზე, მდინარის ჩამონადენის რეჟიმზე და შიგა-წლიურ განაწილებაზე. სავარაუდოდ გლობალური დათბობის ზემოქმედება ჩამონადენის შიგაწლიურ განაწილებაზე უფრო ინტენსიური გახდება. შემცირდება წყალმცირობის პერიოდის ჩამონადენი და გაიზრდება უხვწყლიანის. ამასთან დაკავშირებით ჩამონადენის დარეგულირება მომავალში უფრო გართულდება.

აქედან გამომდინარე მეტად აქტუალურია მდინარის ჩამონადენისა და მისი ძირითადი განმაპირობებელი ფაქტორის – ნალექების რაოდენობრივი ცვლილების დინამიკის გამოვლენა, რაც გულისხმობს

ტრენდის შეფასებას. ტრენდის გამოვლენის თვალსაჩინო ხერხს წარმოადგენს ხოლო ტრენდის ნიშანდობა შეიძლება შეფასდეს შემთხვევით სიდიდეს ( $x$ ) და მის რიგით ნომერს ( $i$ ) შორის კორელაციის კოეფიციენტის ( $r_{xi}$ ) სიდიდით. ყველა ამ საკითხის შესწავლისათვის აუცილებელია გვექონდეს ისტორიულად დაკვირვებული მონაცემები. სამწუხაროდ 1990 წლიან მკვეთრად შემცირდა ჰიდროლოგიური და მეტეოროლოგიური სადგურებისა და საგუშაგოების რიცხვი. 2007 წელს ფუნქციონირებდა მხოლოდ 13 მეტეოროლოგიური სადგური და 20 საგუშაგო.

საანგარიშოდ შეირჩა თსუ-ს ჰიდრომეტეოროლოგიური ლაბორატორიის მდ. ვერეხე წყლის ხარჯისა და ნალექების დაკვირვებული მონაცემები, რომელიც ტარდება 1963 წლიდან დღემდე.

მდ. ვერეხე სათავეს იღებს დიდგორის ქედის სამხრეთ კალთაზე სოფ. მოხისიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით ზღვის დონიდან 1682 მ სიმაღლეზე და ერთვის მდ. მტკვარს თბილისის მიდამოებში ზღვის დონიდან 390 მ სიმაღლეზე. მდინარის სიგრძე 42.5 კმ-ია, საშუალო დახრილობა 32.2%, წყალშემკრები აუზის ფართობი 190 კმ<sup>2</sup>-ია. საშუალო მრავალწლიური ხარჯი 1.0 მ<sup>3</sup>/წმ-მდეა. აუზში რამოდენიმე პატარა ტბაა, რომელთა სიღრმე 4 მეტრს არ აღემატება.

მდ. ვერეხე აუზი ასიმეტრიულია, იგი მთლიანად აგებულია ზედა ეოცენური ქანებით – ქვიშაქვებითა და თიხაფიქლებით. იგი მოქცეულია მშრალი კონტინენტური ჰავის არეში. მის აუზში ზაფხული ცხელი და მშრალია, ზამთარი უნალექო და ცივი. ნალექების უმეტესი რაოდენობა გაზაფხულზე მოდის, ზაფხულში კი საკმაოდ ხანგრძლივი უნალექო პერიოდის შემდეგ იცის ხანმოკლე ძლიერი თავსხმა წვიმები, რომელიც ზოგჯერ კატასტროფულ ხასიათს იძენს.

მდ. ვერეხე წლიური ჩამონადენის განაწილება საზრდოობის წყაროების მიხედვით გაკეტებულია მოცემულ დაკვირვების პერიოდში (1963-2007წწ.) შერჩეული საშუალო წელიწადის წლისათვის (1967წ.), რომლის მიხედვითაც ჩამონადენის წლიური რაოდენობიდან შეადგენს: თოვლი – 17.0%, წვიმა – 43.7% და მიწისქვეშა – 39.3%.

საანგარიშოდ ინტერვალად შეირჩა ცალკეული თვეების და სეზონების (III-V, VI-VIII, IX-XI, XII-II) წყლის ხარჯების ( $Q$  მ<sup>3</sup>/წმ) საშუალო მნიშვნელობები და ნალექების ( $X$  მმ) ჯამური სიდიდეები. ერთობლივი გაანგარიშებისათვის გამოყენებულია  $Q$ -სა და  $X$ -ის

მოდულური კოეფიციენტები:  $K_i^Q = \frac{Q_i}{Q}$ ;  $K_i^X = \frac{X_i}{X}$ .

ცალკეული თვეებისა და სეზონების ინტერვალის შერჩევა საშუალებას იძლევა ზოგადად დახასიათდეს ამ პერიოდების ჩამონადენისა და ნალექების ცვალებადობის დინამიკა (ტრენდი).

ამავე დროს ასეთი მონაცემები საშუალებას იძლევა გაანალიზდეს შიგაწლიური ჩამონადენის ცვალებადობა. თუმცა უფრო მისაღებია შიგაწლიური განაწილება ცალკეული თვეებისათვის, გამოისახოს თითოეული წლის პროცენტები წლიურიდან. პროცენტული მაჩვენებლები საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ თითოეული თვის წლიურიდან წვლილის (%) ცვალებადობის დინამიკა დაკვირვებული პერიოდის განმავლობაში 1963-2007 წწ.

გამოვთვალეთ კორელაციური კავშირები ჩამონადენსა და ნალექებს შორის აღნიშნულ პერიოდში თვეებისა და სეზონების მიხედვით, რომელიც მოცემულია ცხრილებში 1 და 2:

ცხრილი 1.

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VI I	VI II	IX	X	XI	XI I
$r_{XQ}$	0.37	0.50	0.33	0.59	0.48	0.70	0.34	0.32	0.42	0.37	0.14	0.18

ცხრილი 2.

სეზონი	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$r_{XQ}$	0.63	0.52	0.44	0.65

მოცემული ცხრილებიდან ნათლად ჩანს, რომ ჩამონადენსა და ნალექებს შორის საკმარისად მჭიდრო კავშირებია, გარდა XI და XII თვეებისა.

აგებულ იქნა ჩამონადენისა და ნალექების ერთობლივი ცვალებადობის გრაფიკები, მოდულურ კოეფიციენტებში (ნახ.1).

ტრენდის ნიშანდობა შეიძლება შეფასდეს შემთხვევით სიდიდესა და მის რიგით ნომერს შორის კორელაციის კოეფიციენტით  $r$  თუ გათვლების შედეგად აღმოჩნდება რომ კორელაციის კოეფიციენტი და რანგობრივი კრიტერიუმები მეტია  $2\sigma_r$ -ზე, სადაც  $\sigma_r = 1/\sqrt{n-1}$  ან  $\sigma_r = \sqrt{n/(n-1)}$ , მაშინ ტრენდი ჩათვლება სარწმუნოდ. [1]

ტრენდის შეფასებისათვის გამოთვლილ იქნა კორელაციის კოეფიციენტის თითოეული თვისა და სეზონისათვის, რომელიც მოცემული ცხრილებში 3 და 4:

ცხრილი 3.

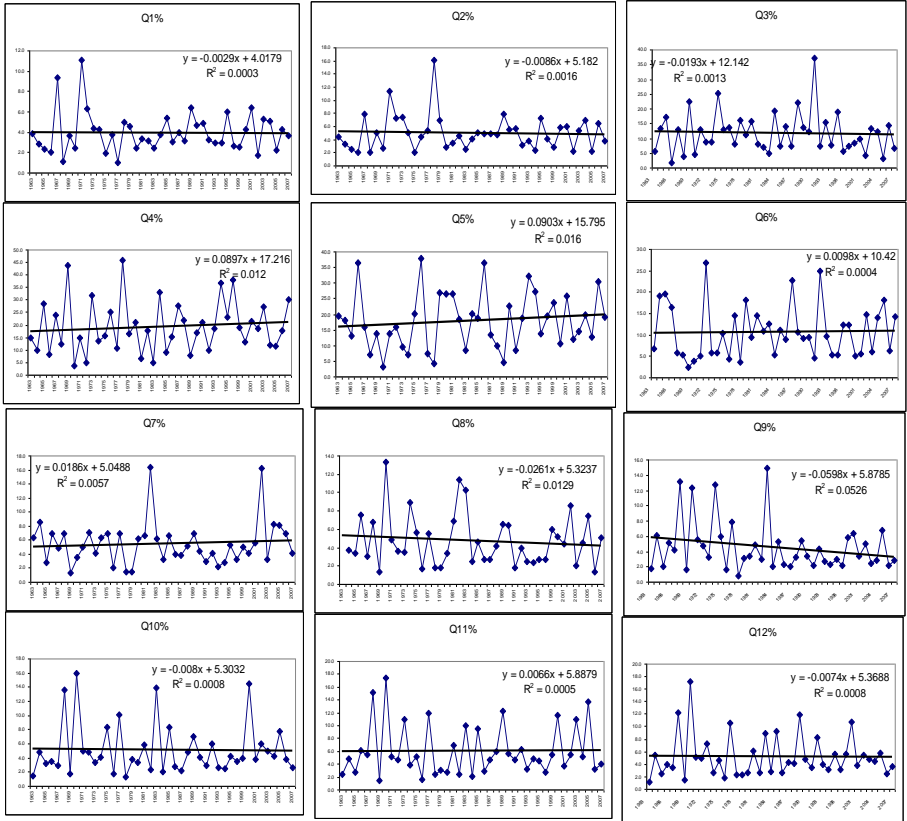
თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$X$	-0.07	0.11	0.11	0.19	-0.17	-0.07	-0.17	-0.16	-0.23	0.15	0.12	0.04
$Q$	0.15	0.06	0.08	0.21	0.36	0.15	0.19	-0.21	-0.09	0.11	0.20	0.13

ცხრილი 4.

სეზონი	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
--------	-------	---------	-------	--------

$X$	-0.08	-0.21	0.01	0.09
$Q$	0.20	0.01	0.09	0.23

ეს ცხრილი საშუალებას გვაძლევს შევადაროთ, როგორი ტენდენცია აქვს თითოეულ თვეში და სეზონში ჩამონადენსა და ნალექს, არის თუ არა ამ ტენდენციაში განსხვავება. გათვლებმა აჩვენა, რომ ნიშნავდა მხოლოდ V თვის ჩამონადენის ტრენდი, სადაც კორელაციის კოეფიციენტი  $r=0.36 > 2\sigma_r=0.31$ .



ნახ. 1.

ერთნაირი ტენდენცია (დადებითი) არის II, III, IV, XI და XII თვეებში, უარყოფითი – VIII, IX თვეებში. მიღებული კორელაციის მნიშვნელობები კლებადი რიგის სახით, როგორც დადებითი ასევე უარყოფითი, მოცემულია ცხრილებში 5 და 6, რომელიც საშუალებას გვაძლევს დავახარისხოთ ცვალებადობის ტენდენცია კორელაციის სიდიდის მიხედვით.

ცხრილი 5.

№	Q		X	
	r	თვე	r	თვე
1.	0.36	V	0.19	IV
2.	0.21	IV	0.15	X
3.	0.20	X	0.12	XI
4.	0.19	VII	0.11	II
5.	0.15	I	0.11	III
6.	0.15	VI	0.04	XII
7.	0.13	XII	-0.23	IX
8.	0.11	X	-0.17	V
9.	0.08	III	-0.17	VII
10.	0.06	II	-0.16	VIII
11.	-0.21	VIII	-0.07	VI
12.	-0.09	IX	-0.07	I

ცხრილი 6.

№	Q		X	
	r	სეზონი	r	სეზონი
1.	0.23	XII-II	0.09	XII-II
2.	0.20	III-V	0.01	IX-XI
3.	0.09	IX-XI	-0.21	VI-VIII
4.	0.01	VI-VIII	-0.08	III-V

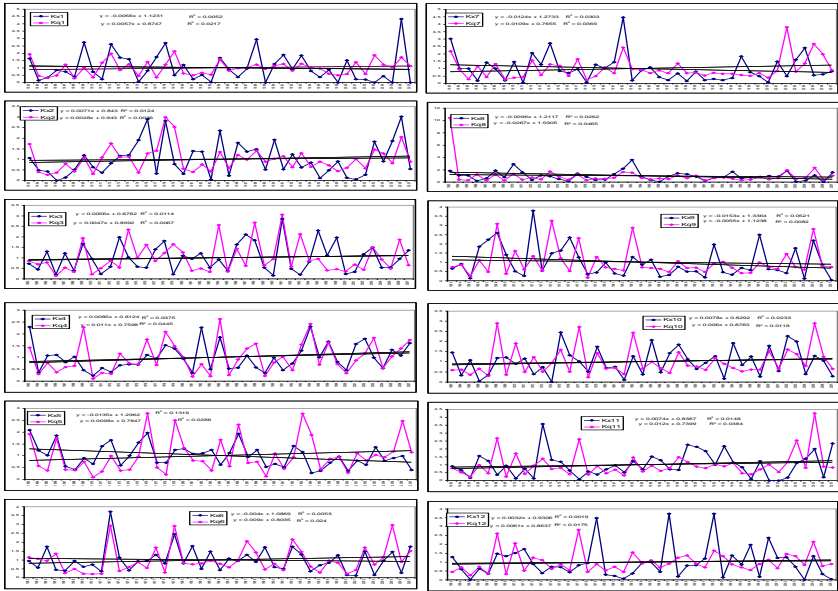
როგორც ადრე აღვნიშნეთ შიგაწლიური განაწილების ცვალებადობის ტენდენციის შესწავლისათვის ყოველწლიური მონაცემებისათვის გამოვთვალეთ ჩამონადენის თითოეული თვის წვლილი პროცენტებში წლიური მნიშვნელობიდან [2]. ნახაზ 2-ში მოყვანილია ჩამონადენის ცალკეული თვეების წლიურიდან წვლილი %-ში დაკვირვებული პერიოდის განმავლობაში. ტრენდის შეფასებისათვის პროცენტებსა და რიგით ნომრებს შორის კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილ 7-ში.

ცხრილი 7.

თვე											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r											
-0.02	-0.04	-0.04	0.11	0.13	0.02	0.07	-0.11	-0.23	-0.03	0.02	-0.03

როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს არ შეიმჩნევა ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების ტენდენცია, კორელაციის კოეფიციენტის ყველა თვისათვის ნულთან ახლოსაა, მხოლოდ V თვეში  $r=0.23$ .

ჩამონადენისა და ნალექების ცვალებადობის ერთობლივმა ანალიზმა, გვაჩვენა რომ ზრდადობის და კლებადობის ტენდენციები განსხვავებულია ცალკეული თვეებისთვის და სეზონისთვის და ნიშნადი ტრენდი მხოლოდ მესამე თვეში შეინიშნება. ცალკეული თვეებით ჩატარებული ანგარიში უფრო მეტ ინფორმაციას გვაძლევს და უფრო საიმედოა, ვიდრე წლიური ჩამონადენის.



ნახ. 2

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. О.Р. Шелутко 1991. Численные методы в гидрологии, Ленинград, Гидрометеиздат, с. 157.
2. Г. Григолия, Д. Кереселидзе, Г. Брегвадзе 2003. Влияние глобального потепления климата на режим стока некоторых рек Грузии, Ереван, Наука, с. 74-79.

შპს 551

კლიმატის ცვლილების ფონზე მდინარის ჩამონადენის და ნალექების ერთობლივი სტატისტიკური ანალიზი/გრიგოლია გ., ალავერდაშვილი მ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ., კიკნაძე დ., ხუფენია ნ., კოკია ნ./ ჰმის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115-გვ. 105-111.- ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

კლიმატის გლობალური დათბობის ფონზე მეტად აქტუალურია მდინარის ჩამონადენის და მისი ძირითადი განმაპირობებელი ფაქტორის ნალექების ცვლილების კანონზომიერების ერთობლივი შეფასება წრფივი

რეგრესიით და ტრენდით (შემთხვევით სიდიდესა და მის რიგით ნომერს შორის კორელაციის კოეფიციენტით). შეფასებულია მდინარე ვერეს საშუალო თვიური და სეზონური (III-V, VI-VII, IX-XI, XII-II) ხარჯებისა და ნალექების ტრენდი. შიგაწლიური ცვალებადობის დადგენისათვის გამოთვლილია ცალკეული თვიური ჩამონადენის წლიურიდან პროცენტებში წვლილის ტრენდი. დადგენილია აღნიშნული პერიოდების ჩამონადენისა და ნალექების კორელაციური კავშირები.

UDC 551

**JOINT STATISTICAL ANALYSIS OF THE RIVER FLOW AND PRECIPITATIONS FALLEN IN BASIN ON THE BACKGROUND OF THE CLIMATIC CHANGE.**/Grigolia G., Alaverdashvili M., Trapaidze V., Bregvadze G., Kiknadze D., Khufenia N., Kokaia N./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 105-111. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

On the background of global warming of the climate, the joint evaluation of the river flow and changes in precipitations, its principal stipulating factor by linear regression and trend (with the correlation coefficient between the random number and its ordinal number) is extremely urgent. The trend of average monthly and seasonal discharges of the Vere river (III-V, VI-VII, IX-XI, XII-II) and precipitations is estimated. The trend of the percentage ratio of the annual individual monthly discharges has been calculated with the aim of establishing the within-year variability. The correlations between the flows in the specified periods and precipitations have been determined.

УДК 551

**СОВМЕСТНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЧНОГО СТОКА И ОСАДКОВ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА.**/Григолия Г.Л., Алавердашвили М. Ш.,Трапаидзе В. Д., Брегвадзе Г.И., Кикнадзе Д.Г., Хуфения Н.Г., Кокаия Н.Г./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 105-111. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

На фоне глобального потепление климата весьма актуален совместная оценка закономерности изменения речного стока и основного его обуславливающего фактора осадков линейной регрессией и трендом (корреляционным коэффициентом между случайной величиной и ее порядковым номером). Оценена тренды среднемесячных и сезонных (III-V, VI-VIII, IX-XI, XII-II) расходов воды и осадков р. Вере. Для определения внутригодового изменения вычислены тренд доли (в процентах) отдельного месячного стока от годового. Оценен корреляционные стока и осадков отмеченных периодов.



*1 ბეგალიშვილი ნ.ა., 1 ცინცაძე თ., 1 ცომაია ვ., 3 ახმედრაბადხანოვი ხ.,  
1 კოჭლამაზაშვილი ნ., 1 ქიტიაშვილი ლ., 2 მამედოვი რ.*

*1 ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი*

*2 აზერბაიჯანის მეცნიერებათა აკადემიის გეოგრაფიის ინსტიტუტი*

*3 დაღესტანის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

უაკ 551.48.215.2

### **კლიმატის ცვლილების ფონზე წყლის რესურსების ბანაბარიშების ბაზმჯობისების შესაძლებლობა ტენორშნვის პარამეტრების ბამოყენების საფშპვილზე**

საქართველოს ეკონომიკაში დიდ როლს თამაშობს წყლის რესურსები, რომლის მარაგი შეადგენს 100 კმ<sup>3</sup>, იგი თავმოყრილია მყინვარებში 30 კმ<sup>3</sup>, მდინარეებში 65 კმ<sup>3</sup>, ტბებში და წყალსაცავებში 5 კმ<sup>3</sup>, ჭაობებში 2 კმ<sup>3</sup> და სხვ. [4]. ასეთი წყლის რესურსების მარაგით უზრუნველყოფილი საქართველო მსოფლიოში მოწინავე ქვეყნების რიგებშია. მაგრამ, წყლის ეს მარაგი არ არის მდგრადი და მერყეობს დიდ ფარგლებში. მაგალითად მდ.რიონზე იგი შეადგენს 284-546(499) მ<sup>3</sup>/წმ, მდ.ტოროსში 159-409(278) მ<sup>3</sup>/წმ, მდ.მტკვარზე 133-325(204) მ<sup>3</sup>/წმ, წყალშემკრების 13300, 22000 და 21100 კმ<sup>2</sup> ფართობიდან შესაბამისად. ფრჩხილებში მოცემულია წლიური ჩამონადენის ნორმები. აღნიშნულ რყევადობას განსაზღვრავს ატმოსფერული ნალექები. საერთო ჯამში, რაც მეტია ნალექები მით მეტია მდინარეული ჩამონადენი. ეს კარგად ჩანს მდ.რიონის მაგალითზე (იხ.ცხრ.1). ცდომილება არ აღემატება 19.3% (1990 წ.). ასეა სხვა მდინარეებზედაც და რაც მეტია მეტეოროლოგიური სადგურებისა და საგუშაგოების რაოდენობა, მით მეტია გამოთვლის სიზუსტე. სამწუხაროდ ბოლო წლებში ჰიდრომეტეოროლოგიური სადამკვირვებლო ქსელი მეტად შემცირდა, კერძოდ 148 ჰიდროლოგიური საგუშაგოდან მოქმედებს 14. ამიტომ არსებული ემპირიული მეთოდების გამოყენება წყლის რესურსების მარაგისა და მისი რეჟიმის დადგენაში შეუძლებელი ხდება. ცნობილია, რომ წყალუხვობის პროგნოზის მეთოდის დამუშავების დროს ვიყენებთ არა მარტო თოვლის საფარში წყლის მარაგს მაქსიმალური თოვლდაგროვების პერიოდში (მარტის პირველი დეკადა), ასევე ზამთრის წინა პერიოდის – შემოდგომის წყლის ხარჯებს [9] ან შემოდგომის ტენიანობას [8]. მათ თანახმად რაც მეტია წყლის მარაგი თოვლის საფარში და მეტია წინა წლის შემოდგომის სინოტივე ან ნაკლებია წინა წლის შემოდგომის მდინარის ხარჯები, მით მეტია წყალდიდობა. ამრიგად წყალდიდობა განისაზღვრება ზამთრის წინა პერიოდის ატმოსფერული პროცესებით, რაც განპირობებულია შესაბამისი სინოპტიკური სიტუაციით. ამას მიაქცია ყურადღება და.

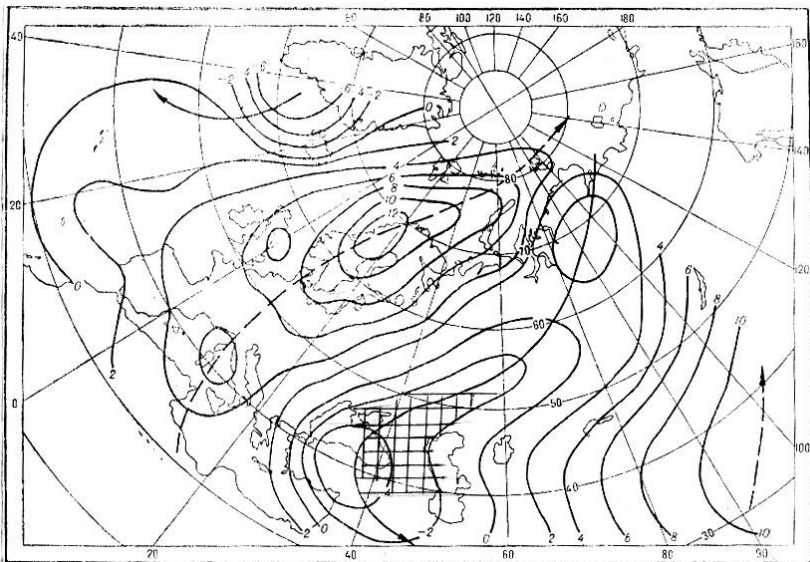
დროგაიცვება [5], რომელმაც შეაფასა ზამთრის წინა პერიოდის სიცივის და სითბოს მახასიათებლები და უწოდა მათ ზამთრის წინა პერიოდის სიცივისა და სითბოს “ინდექსები”, რომლის მიხედვითაც გამოითვალა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ევრაზიის მდინარეთა აუზებისა და ცალკეული რეგიონებისათვის მომავალი წლის პერიოდების, წლიური ატმოსფერული ნალექები და მდინარეთა ჩამონადენი.

ცხრილი 1. საშუალო წლიური წყლის ხარჯის გამოთვლის შედეგები ნალექების მონაცემებით (მდ.რიონი-სოფ.ზემო ჭალადიდი, ჩამონადენის ნორმა  $Q_0=402$  მ<sup>3</sup>/წმ).

№	მეტეოროლოგიური სადგური	ნალექების რაოდენობა $x_0$ , მმ	$\alpha=Q/x_0$	ნალექები $x$ , მმ					საშუალო
				გამოთვლილი საშუალო წლიური ხარჯი $Q$ , მ <sup>3</sup> /წმ					
				1987	1988	1989	1990	1991	
1	სენაკი	1669	0.24	1359	1944	2498	2383	1849	
				326	466	599	571	443	481
2	შოვი	1148	0.35	1108	1816	1311	1308	1074	
				386	633	457	456	374	461
3	ლებარდე	1929	0.21	1570	2645	2310	2507	1605	
				326	548	479	520	333	441
4	ამბროლაური	983	0.41	906	1143	1357	1294	1004	
				369	463	552	527	409	464
5	ონი	971	0.41	758	1135	1263	1034	725	
				312	468	520	426	299	405
6	წიფა	1018	0.39	897	1160	1325	1082	1024	
				352	456	521	425	402	431
7	ტყიბული	1890	0.21	1746	2573	2746	2809	2255	
				370	545	581	594	477	513
8	ქუთაისი	1380	0.29	1212	1718	2038	2052	1446	
				351	498	591	595	419	491
9	სამტრედია	1379	0.29	1180	1594	1907	1858	1411	
				342	462	553	539	409	461
	ლენტეხი	1193	0.34	1422	1937	1656	1507	1011	
				477	649	555	505	339	505
გამოთვლილი ჩამონადენის საშუალო				361	319	541	516	390	465
$Q$ ფაქტიური ჩამონადენი, მ <sup>3</sup> /წმ				320	608	615	621	484	530
$\Delta Q$ , მ <sup>3</sup> /წმ				41	89	74	105	94	65

$\Delta Q/Q\%$	12.8	14.6	12.1	16.9	19.3	12.2
----------------	------	------	------	------	------	------

1939-1957 წწ. მონაცემების საფუძველზე დ.ა. დროაიცივება [5] შეადგინა მთელი რიგი რაიონებისათვის დამოკიდებულება სითბოსა და სიცივის ინდექსების (N) და ატმოსფერულ ნალექებს (X) შორის. ასევე დამოკიდებულება N-სა და მდინარის ჩამონადენს (W) შორის. მათი უზრუნველყოფა დასაშვები ცდომილების ფარგლებში შეადგენს 52-60%. გამოვლინებული იქნა, რომ რაც უფრო დიდია ტერიტორიის ხაზობრივი განვითარება, მით უფრო დაბალია შედეგი, რადგან მასში ადგილი აქვს სინოპტიკურ რუკებზე დარტყვებისა და თხემების მორიგეობას. რაც უფრო მცირეა რეგიონის ხაზობრივი განვითარება, შედეგი მაღალია, რადგან ამ დროს ერთი პროცესია გაბატონებული. ამ კატეგორიას ეკუთვნის კავკასია, კერძოდ საქართველო, რომლის ხაზობრივი გავრცელება არ აღემატება 1500 კმ [7]. მაგალითად კავკასიის მეზობლად მდებარე დონის აუზში, რომლის ხაზობრივი გავრცელება აღემატება 1500 კმ, ადგილი აქვს სინოპტიკურ რუკებზე დარტყვებისა და თხემების მორიგეობას, რაც კარგად ჩანს ნახ.1-ზე. დარტყვების და თხემების შესაბამისი სინოპტიკური პროცესები სხვადასხვა სახით მოქმედებენ, რაც გავლენას ახდენს ამოთვლების სიზუსტეზე. რაკი ასეთ სხვადასხვაობას მოკლებულია პატარა რეგიონი და იგი მოქცეულია ერთ რომელიმე პროცესის გავრცელების არეში, უნდა ველოდოთ ამოთვლების მაღალ სიზუსტეს (იხ.ნახ.1 დაშტრისული არე), რასაც ადასტურებს ქვემოთ მოყვანილი შედეგები.



ნახ.1. სითბოს და სიცივის ინდექსების ველი (1953 წლის ზამთრის წინა პერიოდისათვის) [5].

ანალიზისათვის გამოყენებული იქნა და. დროგაიცევის 1939-1957 წწ. მონაცემები [5]. მათზე დაყრდნობით გამოთვლილია ასეთი ინდექსები 1939-2005 წწ. პერიოდისათვის, რომლებიც თავმოყრილია მეთოდურ შრომაში [2]. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ანალოგიური ხასიათის სამუშაო ტარდება რუსეთის ფედერაციის მეცნიერებათა აკადემიის გეოგრაფიის ინსტიტუტში, სადაც ნ.კ. კონონოვამ [6] მოგვცა ყველა თვის აეროსინოპტიკური პროცესების პირობების საფუძველზე სითბოსა და სიცივის არგუმენტები (ინდექსები) ჩრდილოეთ ნახევარსფეროსათვის 1986-2002 წწ. პერიოდისათვის. წინასწარ აღვნიშნავთ, რომ ორივე კატეგორიის მასალები ზამთრის წინაპერიოდის სიცივისა და სითბოს ინდექსების შესახებ გამოყენებულია ვ.შ. ცომიას და რ.გობჯიშვილის [10] მიერ კავკასიონის მყინვარების ყოველწლიური აკუმულაციისა და აბლაციის გამოსათვლელად. შედეგები დამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა და მათ თეორიული, პრაქტიკული და მეთოდოლოგიური მნიშვნელობა აქვთ, განსაკუთრებით დღევანდელ პირობებში, როცა პრაქტიკულად შეწყვეტილია ჰიდრომეტეოროლოგიური და გეოლოგიური დაკვირვებები.

ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგენილია ზამთრის წინაპერიოდის სითბოსა და სიცივის ინდექსები 1939-2005 წლებისათვის [2]. ანალიზისათვის 66 წლიანი პერიოდი დაიყო 3 განყოფილებად: ავტორისეული შემოწმების (1962-1980 წწ.), საწარმოო შემოწმების (1981-2000) და ოპერატიული შემოწმების (2001-2005) პერიოდებად. ავტორისეული შემოწმება ჩატარდა სამ ვარიანტად: მთლიანი, მთლიანი ფაქტიური და გამოთვლილი რიგებისათვის დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტის გათვალისწინებით ( $K_k$ ) და მთლიანი რიგის დაჯგუფებით ინდექსების სიდიდის მიხედვით (ასოცირებული ჯგუფები), როგორცაა დადებითი და უარყოფითი ინდექსების ჯგუფები, მაღალი, დაბალი და საშუალო ინდექსების ჯგუფები.

ზემოთ აღნიშნულის თანახმად შედგენილია დამოკიდებულება თბილ და ცივი პერიოდებისა და წლების საშუალო წყლის რესურსების ( $P_{i+1}$ ) წყაროების: ატმოსფერული ნალექების ( $X_{i+1}$ ), მდინარეული ჩამონადენის ( $Q_{i+1}$ ) და მყინვარული აკუმულაცია – აბლაციის ( $A_{i+1}$ ) დამოკიდებულება ზამთრის წინა პერიოდის სითბოსა და სიცივის ინდექსებთან ( $N_i$ )

$$P_{i+1}=f(N_i), \quad (1)$$

რომელიც გამოისახება წრფივი განტოლების სახით [1]

$$P_{i+1} = \bar{P}_{i+1}(1 + 0.0033N_i), \quad (2)$$

სადაც  $\bar{P}_{i+1}$  - არის  $X_{i+1}$  ან  $Q_{i+1}$  ან კიდევ  $A_{i+1}$  ნორმები. ფორმულის გამოყენების შედეგად მიიღება გამოთვლის ახალი რიგი, რომლის

წვერების განლაგება არ ეთანხმება ფაქტობრივი რიგის წვერთა განლაგებას, ადგილი აქვს დისპერსიას, რომლის შედეგად გამოთვლილი რიგის ჯამი  $[P_{(i+1)g}]$  ან საშუალო  $[\bar{P}_{(i+1)g}]$  მეტია ან ნაკლებია ფაქტიური რიგის შესაბამის სიდიდეებზე. მათი მიყვანის მიზნით გამოყენებული იქნა ფიშერის მეთოდი, რომელიც გულისხმობს ფაქტიური და გამოთვლილი რიგების ჯამთა შეფარდების გამოყენებას [1,2,10,11]. ვლებულობთ რიცხვს

$$K_k = \Sigma P_{(i+1)g} / \Sigma \bar{P}_{(i+1)g} = P_{(i+1)g} / \bar{P}_{(i+1)g}, \quad (3)$$

რომელსაც ეწოდება დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტი [1,2]. თუ ფარდობა ერთის ტოლია ეს ნიშნავს იმას, რომ მაფორმირებელი ფაქტორი ანუ ზამთრის წინა პერიოდის სიცივისა და სითბოს ინდექსი განსაზღვრავს მომავალი წლის ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებს. მაგრამ არის შემთხვევები როცა  $K_k > 1$  ან  $K_k < 1$ -ზე. ასეთ შემთხვევაში  $K_k$ -ს გათვალისწინებამ მოგვცა კარგი შედეგი. ფორმულა (2)-ის შესწორებით ვლებულობთ [2,10,11]

$$P_{i+1} = K_k \cdot \bar{P}_{(i+1)}(1 + 0.0033N_i), \quad (4)$$

რომლის მიხედვითაც იზრდება გამოთვლის ხარისხი - შედეგები 20-30%-ით უმჯობესდება. მაგრამ მაინც აქვს ადგილი გადახრებს ფაქტობრივსა და გამოთვლილს შორის. ამიტომ მიმართავენ ფაქტიური რიგის დაჯგუფებას (ასოცირებას) მაფორმირებელი ფაქტორის  $N_i$  სიდიდის გათვალისწინებით: უარყოფითი და დადებითი ინდექსის მისი დაბალი და მაღალი მნიშვნელობები ნორმალსთან სიახლოვის მიხედვით. აქაც გამოიყენება ჯგუფებისათვის მიხედვით გამოთვლილი დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტი, რაც კიდევ უმჯობესებს შედეგებს 15-20%-ით. მიუხედავად ამისა გამოთვლის შედეგები შეიძლება მაინც დაბალი იყოს. ამას ადგილი აქვს როცა ჩამონადენის განაწილება მდინარის დინების მიმართულებით დარღვეულია. ტიპიურ მაგალითს წარმოადგენს მდ.ალაზნის ჩამონადენის განაწილება მდინარის დინების მიმართულებით ჰიდროლოგიური საგუშავოების ზემო ქედსა და 1,7 კმ ქვემოთ აგრიჩაის შესართავიდან. თვალსაჩინოებისათვის მოგვყავს ცხრ.2.

ცხრ.2-ის მონაცემების საფუძველზე შეიძლება მრავალ დეტალზე გავამახვილოთ ყურადღება, მაგრამ ერთი რამ თვალსაჩინოა, თუ გინდ 1963 წლის მაგალითი, რომლის თანახმად ზემო ქედში წყლის საშუალო წლიური ხარჯია 156 მ<sup>3</sup>/წმ მდინარის დინების მიმართულებით. 98 კმ-ის გავლის შემდეგ იგი შემცირდა 16 მ<sup>3</sup>/წმ-ით, მაშინ როდესაც სხვა წლებში ადგილი ქონდა ჩამონადენის მატებას სხვადასხვა სიდიდით.

საინტერესოა მიღებული შედეგები მყინვარულ მდინარეებისათვის. მაგალითად განვიხილოთ მდ.მესტიაჭალა. ცხრ.6-ში მოცემულია

როგორც მდინარის ჩამონადენის, ასევე ნალექების გამოთვლის შედეგები ზამთრის წინა პერიოდის ინდექსების მიღებული მნიშვნელობების საფუძველზე. მათი შედარებით ჩანს, რომ ჩამონადენის დაბალია უზრუნველყოფისა - 20%-მდე გადახრების შემთხვევისათვის იგი შეადგენს 33.3 %. მაშინ როდესაც ატმოსფერული ნალექების მიმართ გვაქვს 93.3 % უზრუნველყოფა. ასეთი დიდი განსხვავება აიხსნება ძლიერი გამყინვარების გამაცოცხლებელი პროცესების გავლენით, რომელსაც მოკლებულია ატმოსფერული ნალექები. იქ სადაც გამყინვარება სუსტია, მაგალითად მყინვარი ყორულდაშის აუზისათვის შედეგები დადებითი აღმოჩნდა.

ცხრილი 2. მდ.ალაზნის ჰიდროლოგიური კვეთების ს. ზემო ქედთან და აგრიჩაის შესართავიდან 1,7 კმ ქვემოთ და მათ შორის შენაკადების ჩამონადენის შეფასების შედეგები, 1963-1970 წლების მონაცემების მაგალითზე.

მასხასიათებელი	მდინარე - პუნქტი							კალაპოტის წყლის ბალანსი	
	ალაზანი		ბელოკანჩი - ს.ბელოკანჩი	კატქხჩაი - ს.კაპისდამა	ტალაჩაი - ს. ზაქათალა	კურმუქხჩაი - ს. ილისუ	აღრიჩაი - შესართავი	ჯამი	
	ს. ზემო ქედი	აგრიჩაის შესართავიდან 1,7 კმ ქვემოთ						შენაკადების	მთლიანი
			შენაკადების	მთლიანი					
ფართობი, კმ <sup>2</sup>	1450	1160	146	236	136	166	1810	2488	9438
საშუალო სიმაღლე, მ	900		1560	1850	1710	2270	1040		
წელი									
1963	156	140			6,39		22,6	290	(185)
1964	121	135	4,42				17,0	21,4	(142)
1965	107	124	3,00		4,08	7,29	17,4	31,8	139
1966	60,7	73,8	2,01		2,89	4,59	10,1	19,6	80,3
1967	90,9	118	3,68		3,82	5,62	12,9	26,0	117
1968	112	133	4,50		4,66	6,77		15,9	128
1969	97,7	110	3,66			3,36		7,2	(114)
1970	77,2	82,4	4,12	11,4	4,16	5,06	11,6	36,4	11,4
ჯამი	828,5	916,2					916,2		
საშ.	მთლიანი	91,4	115						
	65,66,67,70 წლების	84,0	99,6	3,20			5,64	28,4	(112)
მიყვანის მეთოდით	84,0	131,0							125

სხვაობა, %									5,6
------------	--	--	--	--	--	--	--	--	-----

ქვემოთ მოგვყავს საქართველოს დიდ მდინარეებისათვის (ენგური და რიონი) გამოთვლის შედეგები 1980-85 წწ. ზამთრის წინა პერიოდის სიცივისა და სითბოს ინდექსების გამოყენების საფუძველზე, რომელიც სისტემატიზებულია ცხრ.4-ში. გამოთვლის სიზუსტე მაღალია, უზრუნველყოფა დასაშვები ცდომილების ფარგლებში შეადგენს 90-92%-ს.

ცხრილი 3. ჩამონადენის გამოთვლის შედეგები ზამთრის წინა პერიოდის სითბოსა და სიცივის ინდექსების საფუძველზე მყინვარულ მდინარე მესტია ჭალა – ქმესტიასთან და მეტეოროლოგიური სადგური მესტიის 1975-1980 წლების მონაცემების გამოყენებით.

წელი	ინდექსი $N_i$	წყლის ხარჯი				ატმოსფერული ნალექების ჯამი			
		ფაქტიური, მ <sup>3</sup> /წმ	გამოთვლილი			ფაქტიური, მმ	გამოთვლილი		
			მ <sup>3</sup> /წმ	$\Delta Q$			მმ	$\Delta N$	
				მ <sup>3</sup> /წმ	%			მმ	%
I. ცივი პერიოდი (I-III ÷ XI-XII) $Q_{i+1}=3,41+0,011N_i$ ; $X_{i+1}=334+1,1N_i$									
1975/76	21	1,95	3,64	1,69	86,7	295	357	62	21,0
1976/77	-4	3,00	3,37	0,37	12,3	222	330	108	48,6
1977/78	23	2,91	3,66	0,75	25,7	314	359	45	14,0
1978/79	21	4,96	3,63	1,33	26,8	364	356	8	2,2
1979/80	18	2,9	3,61	0,71	24,5	308	354	46	14,9
II. თბილი პერიოდი (IV-X) $Q_{i+1}=21+0,069N_i$ ; $X_{i+1}=632+2,09N_i$									
1975/76	21	13,6	22,4	8,8	64,7	655	676	21	3,2
1976/77	-4	12,8	20,7	7,9	61,7	785	624	161	20,5
1977/78	23	16,5	25,6	9,1	49	666	680	14	2,1
1978/79	21	18,5	22,4	3,9	21,1	575	674	99	17,2
1979/80	18	20,5	22,2	1,7	8,3	711	670	41	5,8
III. წლიური (I-XII) $Q_{i+1}=13,4+0,044N_i$ ; $X_{i+1}=942+3,11N_i$									
1975/76	21	8,75	14,8	5,6	63,8	949	1007	58	6,1
1976/77	-4	8,6	13,2	4,6	53,5	1076	929	147	13,7
1977/78	23	10,9	14,9	3,5	32,1	992	1014	22	2,3
1978/79	21	12,8	14,3	1,5	11,7	993	1004	11	1,1
1979/80	18	13,8	14,2	0,4	2,9	1004	998	6	0,6
ცდომილება					უზრუნველყოფა, %				
0-5,-%-მდე					6,6				46,7
0-10,-%-მდე					13,3				53,3
0-15,-%-მდე					26,7				73,3
0-20,-%-მდე					33,3				93,3

ამრიგად ზემოთ მოყვანილი შედეგები ერთხელ კიდევ ადასტურებენ დებულებას იმის შესახებ, რომ ზამთრის წინა პერიოდის (X-XII) აეროსინოპტიკური პროცესები განსაზღვრავენ მომდევნო წლის ჰიდრომეტეოროლოგიური სიტუაციებს და გამოვლინებული დადებითი შედეგები წარმოადგენს მეცნიერულ ბაზას, რომელიც საფუძვლად დაედება მომავალი წლის წყლის რესურსების წყაროების (ატმოსფერული ნალექი, მდინარეული ჩამონადენი და მყინვარული აკუმულაცია – აბლაცია) გამოთვლებს, დაკვირვების რიგებში გამოტოვებული ელემენტების აღდგენას, არსებული რიგების მოდელირების, გამძაფრების პირობების (გვაღვა, წყალდიდობა) დროულად გამოვლინებას და საჭირო საადაპტაციის ღონისძიებათა შემუშავებას, რასაც თეორიული, მეთოდოლოგიური და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ცხრილი 4. საქართველოს დიდი მდინარეების წლიური ჩამონადენის გამოთვლის შედეგები ზამთრის წინაპერიოდის სიბოლსა და სიცივის ინდექსების გამოყენების საფუძველზე

მდინარე – პუნქტი	წყალშემკრები აუზის ფართობი/საშუალო სიმაღლე	პარამეტრების დასახელება, მწ/სმ	წელი					საშუალო
			1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	
			ზამთრის წინა პერიოდის სიცივისა და სიბოლს ინდექსები, $N_i$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{(i+1)} = 111 + 0.366N_i$								
ენგური – ხაიში	2780	$Q_{(i+1)}$ ფ	150,0	148,0	158,0	137,0	188,0	143,0
		$Q_{(i+1)}$ გ	114,0	11,4	121,0	118,0	111,0	116,0
	2320	$\Delta Q_{(i+1)}$	31,0	34,0	37,0	19,0	17,0	27,0
		$\Delta Q \%$	276,0	23,0	23,4	13,9	19,3	18,9
$Q_{(i+1)} = 315 + 0.104N_i$								
რიონი – უწერა	707	$Q_{(i+1)}$ ფ	31,8	24,9	34,7	31,3	25,8	21,7
		$Q_{(i+1)}$ გ	33,8	40,9	34,2	33,5	31,6	34,8
	2490	$\Delta Q_{(i+1)}$	2,0	6,0	0,5	2,2	5,8	9,1
		$\Delta Q \%$	6,3	17,2	1,4	7,0	22,5	9,8
$Q_{(i+1)} = 13,7 + 0.144N_i$								
რიონი – ონი	1060	$Q_{(i+1)}$ ფ	11,2	53,1	46,4	40,9	41,7	45,3
		$Q_{(i+1)}$ გ	46,9	45,0	47,4	46,4	45,1	46,2
	2260	$\Delta Q_{(i+1)}$	2,7	8,1	1,0	5,5	3,4	0,9
		$\Delta Q \%$	6,1	15,3	2,2	17,4	8,2	2,0
$Q_{(i+1)} = 93 + 0.248N_i$								
რიონი – ხიდიკარი	2010	$Q_{(i+1)}$ ფ	84,8	85,3	74,3	70,0	52,9	74,5
		$Q_{(i+1)}$ გ	79,1	75,8	80,0	78,3	73,8	77,4
	2040	$\Delta Q_{(i+1)}$	5,4	9,8	0,7	8,3	10,9	2,9
		$\Delta Q \%$	6,7	11,1	0,9	11,9	20,6	3,9



ცხრილი 4-ს გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{(i+1)} = 101 + 0.98N_i$								
რიონი – ალპანა	2830	$Q_{(i+1)}$ ფ	114,0	104,0	119,0	72,3	80,5	102,0
		$Q_{(i+1)}$ გ	108,0	104,0	110,0	107,0	101,0	106,0
	1810	$\Delta Q_{(i+1)}$	5,0	0,0	9,0	15,0	20,5	4,0
		$\Delta Q$ %	5,3	0,0	7,6	16,8	25,5	3,8
$Q_{(i+1)} = 399 + 1.317N_i$								
რიონი – საქონაკიძე	13400	$Q_{(i+1)}$ ფ	460,0	454,0	446,0	365,0	375,0	421,0
		$Q_{(i+1)}$ გ	428,0	411,0	433,0	424,0	400,0	419,0
	950	$\Delta Q_{(i+1)}$	32,0	43,0	13,0	59,0	2,5	1,0
		$\Delta Q$ %	7,0	7,5	2,9	16,2	6,7	0,2

**ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. ცომაია ვ., მდივანი ს. სასაზღვრო მდინარე ალაზნის წყლის რესურსების პროგნოზი ტემპერატურის რყევადობის ანალიზის საფუძველზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. ტ.111, გვ. 82-85, თბილისი, 2007.
2. ცომაია ვ., ფსაკაძე მ. ზამთრის წინა პერიოდში სიცივისა და სითბოს ინდექსების ოპერატიული ცხრილი (1939-2005 წწ.). ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო ფონდი. თბილისი, 2007 წ., გვ.45.
3. Аполов Б.А., Калинин Г.П. Гидрологические прогнозы. Гидрометеиздат Л., 1960, 407 с.
4. Водные ресурсы Закавказья. Под редакцией Г.Г.Сванидзе, В.Ш. Цомаи Л., Гидрометеиздат, 1984, 264 с.
5. Дрогайцев Д.А. Долгосрочные гидрометеорологические прогнозы на основе учета колебаний температуры. Л., Гидрометеиздат, 1959, 92 с.
6. Кононова Н.К. Исследования многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии. МГИ, вып.95, 2003, с.45-65.
7. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., Гидрометеиздат, 1974, 638 с.
8. Сидорова Л.В., Суханская Э.В. О гидрологическом районировании и долгосрочном прогнозе стока весенне-летнего половодья рек Армении. Труды ЗаКНИГМИ, вып.83(40), Л., Гидрометеиздат, 1984, с.124-130.
9. Цомаи В.Ш. К методике прогноза весеннего половодья на реках Грузии в зависимости от предшествующих гидрометеорологических факторов. Труды ТбилНИГМИ, вып.4, Л., Гидрометеиздат, 1959, с.108-171.
10. Цомаი В.Ш., Гобеджишვილი Р. Расчет и прогноз аккумуляции и абляции на ледниках Кавказа. Труды Института Географии Грузии, вып. 36, Тбилиси, 2008, с.58-61.

11. Цомаია В.Ш. Расчет (прогноз) гидрометеорологических характеристик данного года на основе индексов холода и тепла. Научные фонды Институт Гидрометеорологии, Тбилиси, 2006, 86 с.

უაკ 551.48.215.2

**კლიმატის ცვლილების ფონზე წყლის რესურსების ბაზანბარიშების ბაზანბარიშების შესაძლებლობა ტენზონების პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე.**/ბეგალიშვილი ნ.ა., ცინცაძე თ., ცომაია ვ., ახმედრაბადხანოვი ხ., კოჭლამაშაშვილი ნ., კიტიაშვილი ლ., მამედოვი რ./კმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115-გვ. 112-121.- ქართ.; რუხ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში განხილულია ჰიდრომეტეოროლოგიური დაკვირვებების შეწყვეტის პირობებში წყლის რესურსების წყაროების (ატმოსფერული ნალექები, მდინარეული ჩამონადენი, მყინვარული აკუმულაცია-აბლაცია) მახასიათებლების გამოთვლის შესაძლებლობა ატმოსფეროს ტენზონების პარამეტრების საფუძველზე. შეფასებულია მდინარეთა წყლის რესურსების პარამეტრები თბილი, ცივი და წლიური პერიოდებისათვის. არასოცირებული და ასოცირებული რიგების შემთხვევაში შედეგები დადებითია, უზრუნველყოფა შეადგენს 80-98%.

UDC 555.48.215.2

**A POSSIBILITY OF IMPROVING THE CALCULATION OF WATER RESOURCES BASED ON THE APPLICATION OF THE MOISTURE CIRCULATION PARAMETERS AGAINST THE BACKGROUND OF A CLIMATE CHANGE.**/Begalishvili N.A., Tsintsadze T., Tsomaia V., Akhmedrabdkhanov Kh., Kochlamazashvili N., Kitiashvili L., Mammedov R./Transaction of the Georgian Institute of Hydrometeorology – 2008 - vol.115 – p. 112-121. – Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The work deals with a possibility of calculation of the characteristics of sources of water resources (precipitation, river runoffs and glacier accumulation-ablation) based on the moisture circulation parameters, under conditions of suspended hydrometeorological observations. The calculations of river water resources' parameters are given for warm, cold seasons and annual periods. For the non-associated and associated series, the results are positive, provision is within 80 to 98 percent

УДК 551.48.215.2

**Возможность улучшения расчёта водных ресурсов на фоне изменения климата с использованием параметров влагооборота.**/Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Цомаია В.Ш., Ахмедрабадханов Х.А., Кочламашашвили Н.Г., Китиашвили Л.Р., Мамедов Р.М./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 112-121. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассмотрены возможности расчета параметров источников водных ресурсов (атмосферные осадки, речной сток и ледниковые аккумуляция – абляция) для теплого, холодного и годового периода на реках Грузии, на основе параметров влагооборота в атмосфере. Результаты проверки неассоциированного и ассоциированного рядов наблюдений положительные. Обеспеченность метода составляет 80-98%.

**Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И.**  
*М. Нодиа институт геофизики, Грузия*

УДК 551.465.5

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЧЁРНОГО МОРЯ**

### **1. Введение**

Изучение гидротермодинамических процессов в Чёрном море и создание оперативной системы диагноза и прогноза состояния моря, является одним из главных вопросов океанографии Чёрного моря. Для осуществления этих целей большое научное и практическое значение имеет разработка таких математических моделей, которые способны реально воспроизводить процессы, протекающие в Чёрном море.

В настоящее время у нас и зарубежом разработаны прогностические модели динамики Чёрного моря, которые достаточной адекватностью воспроизводят основные черты циркуляционных процессов [1-11].

Целью настоящей статьи является описание некоторых результатов моделирования гидротермодинамических процессов во всём бассейне и Грузинском секторе Чёрного моря на основе бароклинических прогностических моделей общей (пространственное разрешение 5 км) и региональной циркуляции (пространственное разрешение 1 км), развитых в Институте геофизики им. М. Нодиа.

### **2. Описание модели общей циркуляции**

Численная, бароклиническая прогностическая модель динамики Чёрного моря основана на полной системе уравнений гидротермодинамики океана в гидростатическом приближении, записанной в Декартовой системе координат для отклонений термодинамических величин от соответствующих стандартных вертикальных распределений [8, 10]. Модель учитывает: рельеф морского дна и конфигурацию бассейна, атмосферное воздействие, водообмен между Чёрным и Мраморным морями через пролив Босфор, речной сток Дуная, поглощение поверхностным слоем моря суммарной солнечной радиации, пространственно-временное изменение коэффициентов горизонтальной и вертикальной турбулентной вязкости и диффузии, чередование типов атмосферной циркуляции, развивающихся над акваторией Чёрного моря. Модель позволяет учитывать атмосферное термохалинное воздействие как условиями Дирихле, путём задания температуры и

солёности на поверхности моря, так и условиями Неймана, путём задания потоков тепла, испарения и атмосферных осадков. Ветровое воздействие атмосферы учитывается заданием на поверхности моря компонентов тангенциального напряжения трения ветра. Следует отметить, что описанная модель является развитием модели [12-14], которая представлялась первой моделью динамики Чёрного моря, основанной на полной системе уравнений гидротермодинамики океана.

### **3. Численная схема**

Для решения системы уравнений используется двуциклический метод расщепления по физическим процессам, вертикальным координатным плоскостям и линиям, который достаточно детально описан в [14, 15]. Метод позволяет решение нестационарной пространственной задачи свести к решению сравнительно простых двумерных и одномерных задач.

### **4. Моделирование общей циркуляции Чёрного моря**

Предложенная модель реализована в первую очередь для всего бассейна Черного моря с целью проведения детальных исследований по влиянию различных физических факторов на пространственно-временную структуру общей циркуляции Чёрного моря. Кроме того, рассчитанные циркуляционные параметры были использованы в разных задачах по распространению примесей в Чёрном море.

#### **4.1 Параметры задачи**

При реализации модели использовались три расчётные сетки с разными разрешениями – постоянными горизонтальными шагами 37, 10 и 5 км, соответственно. В последнем случае количество точек сетки по горизонтальным осям было 223 и 109, соответственно, а по вертикали бралось 32 расчётных уровня, расположенных на глубинах: 1, 3, 5, 7, 11, 15, 25, 35, 55, 85, 135, 205, 305, ..., 2205 м. Учитывалась зависимость альбедо поверхности Чёрного моря от зенитного угла Солнца [8]. Параметр поглощения солнечной радиации соответствовал обычной океанской воде, когда примерно 10% падающей радиации достигает глубину 10 м. Временной шаг брался равным 1 ч, а параметр Кориолиса зависел от широты следующим образом:  $l = l_0 + \beta y$ , где  $l_0 = 0,95 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ ,  $\beta = 10^{-13} \text{ см}^{-1} \text{ с}^{-1}$ .

#### **4.2 Результаты численных экспериментов**

С помощью численных экспериментов была изучена роль различных факторов на формирование гидрофизического режима. В частности, расчёты показали, что поглощение радиации морской водой

вызывает малые суточные колебания температуры самого верхнего слоя моря с толщиной примерно 10-15 м с амплитудой 0.2-0.3<sup>0</sup> С. Несмотря на малые изменения температуры, из-за большой объёмной теплоемкости воды, верхние слои Чёрного моря аккумулируют значительное количество тепла. Энергетическое влияние поглощения радиации больше всего проявляется в августе и в этот период верхний слой моря может поглощать такой запас тепловой энергии, которой было бы достаточно для прогрева на 10<sup>0</sup>С слоя воздуха толщиной примерно 600 м, лежащего над акваторией Чёрного моря.

Один из главных численных экспериментов, проведённых на основе предложенной модели (с разрешением 5 км), было моделирование внутригодовой изменчивости гидрологического режима Чёрного моря в условиях чередования разных типов ветра. Эти типы ветров были взяты из [16], в котором на основе обработки данных наблюдений за 1946-1962 гг. установлено 41 тип атмосферной циркуляции над Чёрным морем. Численный эксперимент имел целью изучить отклик циркуляции Чёрного моря на нестационарное атмосферное воздействие. Начало интегрирования соответствовало к 1 января и в качестве начальных условий принимались среднегодовые климатические поля, полученные на основе той же модели, с использованием среднегодовых климатических входных данных. Нестационарность атмосферной циркуляции сводилась к чередованию 24 типов ветра (которые характеризуются с наибольшей повторяемостью над Чёрным морем) в течение одного модельного года.

Анализ результатов численного эксперимента показал, что под влиянием нестационарности атмосферных процессов циркуляция поверхностного слоя моря претерпевала значительные качественные и количественные изменения и в течение года испытывала непрерывную трансформацию. Интенсивность морской циркуляции ослабевала летом, по мере ослабления атмосферной циркуляции и усиливалась осенью и зимой, когда ветры становились более интенсивными. Численный эксперимент показал также, что интенсивная атмосферная циркуляция (>15м/с) способствует ослаблению формирования вихрей в верхнем слое и наоборот – при слабых ветрах усиливается вихреобразование.

С целью иллюстрации трансформации поверхностной циркуляции, здесь выбран интервал времени 5668-5800 ч (август, отсчёт времени производится с 1 января), когда атмосферная циркуляция перестраивалась так, как эта показана в таблице.

Таблица. Чередование типов ветра за 5668 – 5692 ч (август)

№	Направление ветра	Скорость ветра, м/с	Интервал времени, часы
1	Северо-восточн.	5-10	5668-5692
2	Северо-западн.	1	5692-5736
3	Юго-западн.	5-10	5736-5758
4	Зап. - сев.-западн.	1	5758-5800

Рис.1 показывает трансформацию циркуляции моря на глубине 3 м под влиянием перестройки атмосферной циркуляции. Из этого рисунка видно, что вихревые циркуляции больше выражены в случае низких скоростей. Среди прибрежных антициклонических вихрей более интенсивен вихрь в юго-восточной части моря – т. н. Батумский антициклон. Численный эксперимент показал, что Батумский антициклон является довольно устойчивым образованием в тёплый сезон года. Следует отметить, что аналогичный вывод получен в [3].

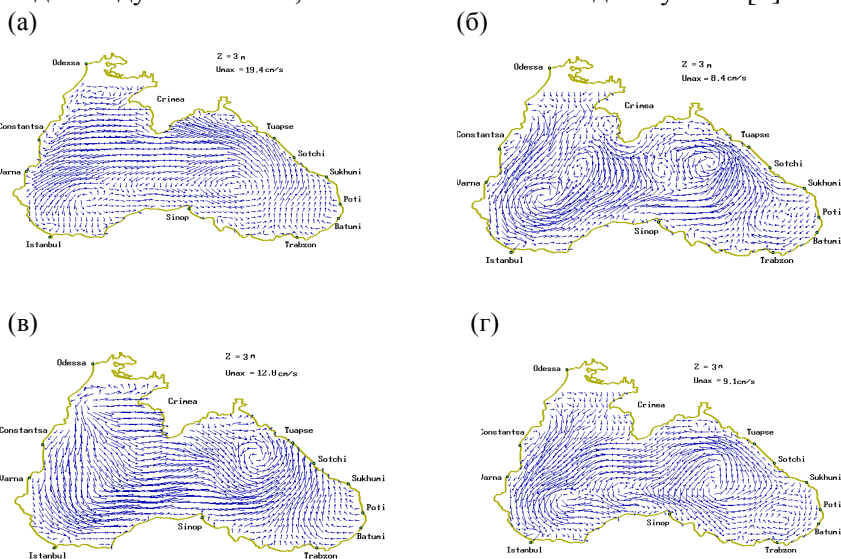


Рис.1. Поля течения в августе на глубине 3 м: (а) северо-вост. ветер (5-10 м/с),  $t=5690$  ч; (б) северо-запад. ветер (1м/с),  $t=5734$  ч; (в) юго – запад. ветер (5-10 м/с),  $t=5756$  ч; (г) запад.-северо- западн. ветер (1м/с),  $t=5798$  ч.

особенно чувствителен по отношению к изменчивости атмосферной циркуляции верхний, 20-30 метровый слой моря; каков бы не был характер атмосферной циркуляции, примерно ниже глубины 20-30 м, циркуляция Чёрного моря почти всегда получает циклонический характер с внутренними основными циклоническими вращениями в западной и восточной частях бассейна; антициклоническое движение вод моря по всему бассейну никогда не наблюдалось в течение всего периода чередования типов атмосферной циркуляции.

### **5. Моделирование и прогноз региональной циркуляции**

В дальнейшем, модель общей циркуляции была адаптирована к Грузинскому сектору Чёрного моря в рамках международного проекта **ARENA**, главной целью которой являлось развитие оперативной прогностической системы Чёрного моря. Область решения задачи охватывала часть Грузинской акватории, включая порты Сухуми, Батуми и Поти. Жидкая граница, отделяющая выделенную акваторию от открытой части Чёрного моря, проходила вдоль меридиана  $41^{\circ}$  в. д., а количество точек вдоль осей  $x$  и  $y$  составляло 69 и 203, соответственно, горизонтальное разрешение модели было 1 км. В рамках проекта **ARENA** в течение 22-26 июля 2005 года, впервые для Черноморского региона был осуществлён пилотный эксперимент по функционированию системы диагноза и прогноза состояния Чёрного моря в режиме времени, близком к оперативному. В эксперименте участвовали ведущие научно-исследовательские океанографические центры всех причерноморских стран. Составной частью этого эксперимента был расчёт прогноза основных гидрофизических полей на 48 часов с высоким разрешением в Грузинском секторе прибрежной зоны Чёрного моря с помощью региональной модели [11]. Проведению пилотного эксперимента предшествовал подготовительный этап, целью которой была состыковка нашей модели региональной циркуляции с моделью общей циркуляции Чёрного моря Морского гидрофизического Института (МГИ) НАНУ (г. Севастополь, Украина).

Опытный расчёт прогноза циркуляции проводился для временного интервала: *7 июня, 00 ч, 2003 – 15 июня, 00 ч, 2003.*

Все входные данные, необходимые для расчёта прогноза на вставленной сетке с высоким разрешением в части Грузинской акватории мы получали из МГИ. Эти данные включали результаты прогноза циркуляции, температуры и солёности (трёхмерные поля для нашей локальной области), рассчитанные по модели МГИ с разрешением 5 км, а также климатические данные испарения,

атмосферных осадков и потоков тепла на поверхности Чёрного моря, соответствующие прогностическому интервалу. Начало интегрирования системы уравнений модели соответствовало к моменту времени 00 ч 7 июня 2003 года.

На рисунке 2 показаны рассчитанные прогнозы циркуляции к моменту 12:00ч 9 июня 2003 года на глубине 5м по модели МГИ с горизонтальным разрешением 5 км и региональной модели - с разрешением 1 км .

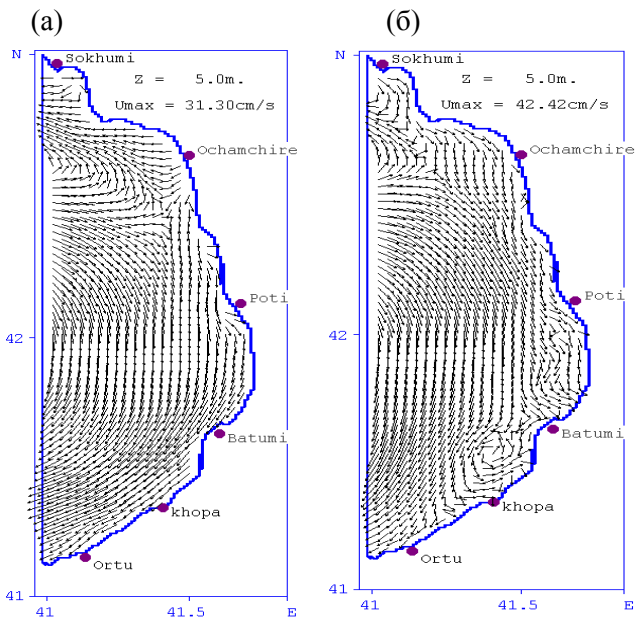


Рис. 2. Поля течения на глубине 5м в 12:00 ч, 9 июня 2003 года, рассчитанные (а) по модели МГИ и (б) региональной модели.

Из этих рисунков хорошо видно, что региональная модель с высоким разрешением описывает формирование прибрежных вихрей малых размеров, в то время как модель МГИ с более грубым разрешением не способна воспроизводить такие вихри.

Пилотный эксперимент стартовал в 12:00 ч 22 июля 2005 года и в течение 5 дней ежедневно рассчитывались морские прогнозы с заблаговременностью 48 часов. В качестве граничных условий на жидкой границе, использовались результаты расчёта по модели динамики Чёрного моря МГИ. После завершения расчётов прогноза,



результаты пересилались по Интернету в МГИ для анализа и сопоставления с реальными данными.

С целью иллюстрации на рисунках 3 и 4 представлены результаты прогнозов на 24 и 48 часов на поверхности моря и на глубине 25 м. В этом случае начало интегрирования соответствовало к моменту 12:00 ч 26 июля 2005 года. Из рисунков видно, что в период прогностического интервала в прибрежной зоне Грузии преобладала циркуляция антициклонического характера, которая, по-видимому, является частью хорошо известного Батумского антициклона. Этот вихрь является довольно устойчивым образованием на протяжении всего теплого сезона года [3, 10]. Из рисунков видно также, что узкая береговая зона характеризуется тенденцией формирования антициклонических вихрей малых размеров.

Сопоставление результатов морских прогнозов с данными наблюдений, которое проводилось в МГИ, показал способность высоко разрешающей региональной модели реально прогнозировать гидрофизические процессы [11].

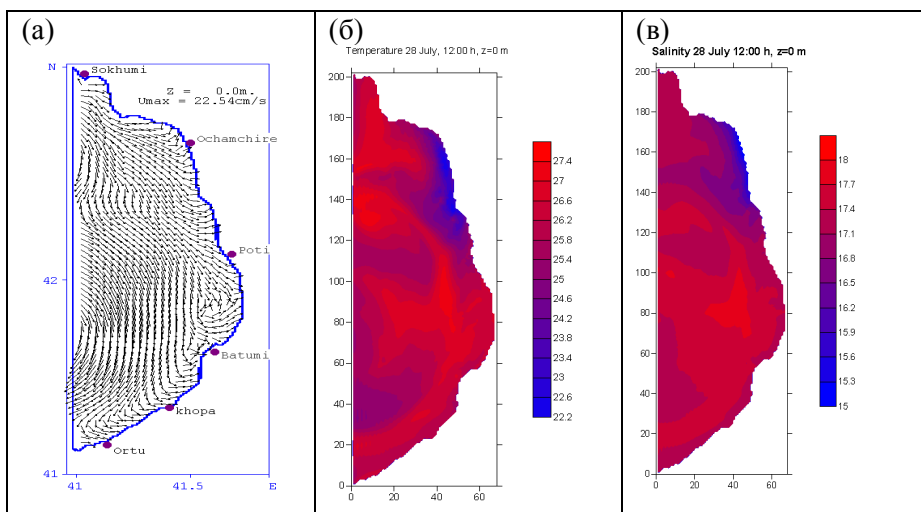


Рис.3. Рассчитанные прогнозы (а) циркуляции, (б) температуры и (в) солёности к моменту времени 12:00 ч, 28 июля 2005 г. на поверхности Чёрного моря в части Грузинского сектора моря.

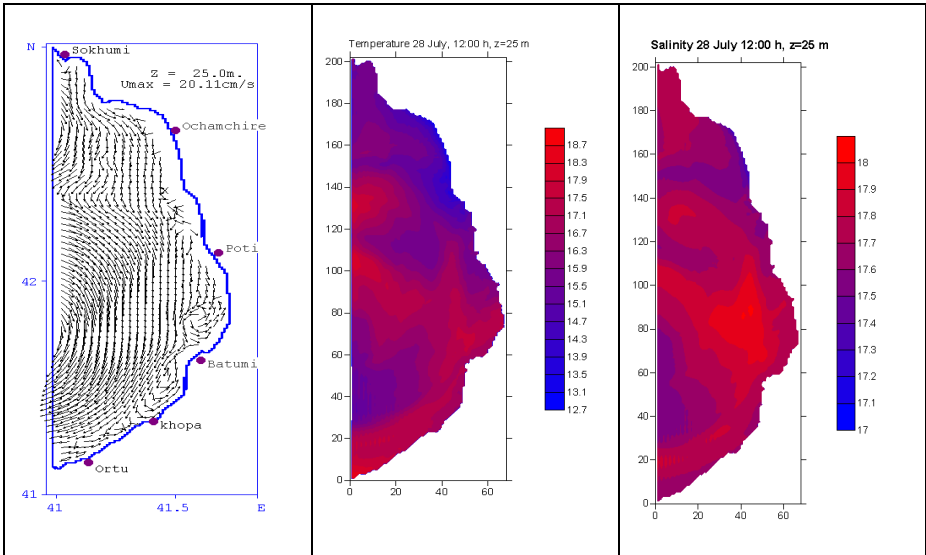


Рис. 4. То же самое, что и на рис. 3, но на глубине 25 м.

**ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Oguz T., P. Malanotte-Rizzoli, D. Aubrey 1995. Wind and thermohaline circulation of the Black Sea driven by yearly mean climatological forcing, *J. Geophys. Res.*, 100 (C4), pp.6845-6863.
2. Staneva, J. V., D. E. Dietrich, E. V. Stanev, M. J. Bowman 2001. Rim current and coastal eddy mechanisms in an eddy-resolving Black Sea general circulation model, *J. Marine Systems*, v. 31, pp. 137-157.
3. Korotaev, G., T. Oguz, A. Nikiforov, and C. Koblinsky 2003.
4. Seasonal, interannual, and mesoscale variability of the Black Sea upper layer circulation derived from altimeter data, *J. Geophys. Res.*, 108(C4), 3122, 2003, doi:10.1029/2002JC001508.
5. Korotenko, K. A., Dietrich D. E., Bowman M. J. 2003. Modeling circulation and oil spill transport in the Black Sea, *Oceanology*, t.43, N 3, pp.367-378.
6. Kara, A. B., A. J. Wallcraft and H. E. Hurlburt 2005. A New Solar Radiation Penetration Scheme for use in Ocean Mixed Layer Studies: An Application to the Black Sea Using a Fine –Resolution Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM), *J. Physical Oceanography*, vol 35, pp. 13-32.
7. Demetrashvili D. I.- Modeling of hydrophysical fields in the Black Sea 2003. *J. Georgian Geophys. Soc.*, v.8b, 2003, pp.19-27.

8. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. D. 2004. Numerical modeling of inner-annual variability of the hydrological regime of the Black Sea with taking into account of alternation of different types of the wind above its surface. *Proceed. of Intern. Conference: "A year after Johannesburg-Ocean Governance and Sustainable Development: Ocean and Coasts – a Glimpse into the Future"*. Kiev, Ukraine, October 27-30, 2003, pp.495-505.
9. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. 2007. О циркуляции в Чёрном море при очень сильных и слабых ветрах, *Метеорология и гидрология*, № 9, с.58-64.
10. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. 2008. Численное моделирование гидрофизических полей Чёрного моря в условиях чередования атмосферных циркуляционных процессов, *Изв. РАН, Физика атмосферы и океана*, т.44, № 2, с.227- 238.
11. Kordzadze A., Demetrashvili D. 2008. Simulation and forecast of hydrophysical fields in the part of the Georgian Black Sea coastal zone. *J. Georgian Geophys. Soc.*, v.12b, 2008 (in press).
12. Марчук Г. И., Кордзадзе А. А., Скиба Ю. Н. 1975. Расчёт основных гидрологических полей Чёрного моря на основе метода расщепления. - *Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана*. Т.11, N 4, с.379--393.
13. Марчук Г. И., Кордзадзе А. А., Залесный В. Б. 1979. Проблема математического моделирования морских и океанических течений. В кн.: *Дифференциальные и интегральные уравнения. Краевые задачи*. Тбилиси, с.99-151.
14. Кордзадзе А. А. 1989. Математическое моделирование динамики морских течений (теория, алгоритмы, численные эксперименты), М., ОВМ АН СССР, 218 с.
15. Марчук Г. И. 1974. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Л., Гидрометеиздат, 303 с.
16. Атлас волнения и ветра Чёрного моря 1969. Л., Гидрометеиздат, 112 с.

უაკ 551.465.5

**შავი ზღვის ცირკულაციური პროცესების მოდელირება და პროგნოზი.**  
/კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ./ შპმ-ის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 122-131.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

განიხილება შავი ზღვის მოვლ აუზსა და ზღვის საქართველოს სექტორში მიმდინარე დინამიკური პროცესების მოდელირების ზოგიერთი შედეგები შავი ზღვის ზოგადი (5კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით) და რეგიონალური (1კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით) ცირკულაციის ბაროკლი-

ნური პროგნოსტიკული მოდელების საფუძველზე, რომლებიც განვითარებულია მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტში.

UDC 551.465.5

**MODELING AND FORECAST OF CIRCULATION PROCESSES OF THE BLACK SEA./Kordzadze A., Demetrashvili D./**Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 122-131. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Some results of modelling of dynamic processes in the whole Black Sea and in the Georgian sector of the sea basin on the basis of the baroclinic prognostic models of the Black Sea general (spatial resolution 5 km) and regional circulations (spatial resolution 1 km), developed at M. Nodia Institute of Geophysics are considered. результаты моделирования ди Рассм Рассматриваются некоторые результаты моделирования ди uak 551.465.5

УДК 551.465.5

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЧЁРНОГО МОРЯ./Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И./**Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 122-131. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассматриваются некоторые результаты моделирования циркуляционных процессов во всём бассейне и Грузинском секторе Чёрного моря на основе бароклиных прогностических моделей общей (пространственное разрешение 5 км) и региональной циркуляции (пространственное разрешение 1 км), развитых в Институте геофизики им. М. Нодиа.

*ქართველი შვილი ლ., ცქვიტინიძე ზ.*  
*გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*  
**კლიმატური პარამეტრების ბათვალისწინება  
მშენებლობაში**

დღევანდელ პირობებში, როგორც ეკოლოგიური ისე მატერიალური თვალსაზრისით შეუძლებელია მიღებული იქნას სწორი გადაწყვეტილებები მოცემული ადგილის კლიმატური პირობების გათვალისწინების გარეშე. ეს განსაკუთრებით ეხება ეკონომიკის ისეთ დარგებს, რომლებიც მგრძობიარენი არიან კლიმატის ცვლილების მიმართ. სწორედ ერთ-ერთ ასეთ დარგს მიეკუთვნება მშენებლობა.

სამშენებლო პრაქტიკაში კლიმატის გათვალისწინება ხდება ამა, თუ იმ ობიექტების, როგორც დაგეგმარების, ასევე მშენებლობის სტადიაშიც. ამ ზემოქმედების სწორი გათვალისწინების მიხედვით მიმდინარეობს სამშენებლო ობიექტის არქიტექტურულ-გეგმარებითი ღონისძიებების გადაწყვეტა და მასზე დამოკიდებული აგრეთვე, ამა თუ იმ ობიექტის საექსპლუატაციო ღონე, ადამიანის ცხოვრების, მუშაობის და დასვენების კომფორტული პირობები. სამშენებლო კლიმატოლოგიის ამოცანას წარმოადგენს ის, რომ მშენებლებს მისცეს იმ რაიონის კლიმატური მონაცემები, სადაც მიმდინარეობს მშენებლობა, გამოიყენოს მათი დადებითი მხარეები და მიიღოს შესაბამისი ზომები უარყოფითი ზემოქმედებისაგან დასაცავად. კლიმატის სწორი გათვალისწინება განისაზღვრება იმ კლიმატური მახასიათებლების ხარისხით, რომლებსაც ითვალისწინებენ სამშენებლო ობიექტის დაგეგმარებისას და რომლებიც შედიან დაპროექტებისათვის საჭირო გაანგარიშებებში.

დღემდე არსებულ კლიმატურ ცნობარებში, სამშენებლო ნორმებსა და წესებში გამოყენებულია ზოგადი ხასიათის კლიმატური მახასიათებლები, რომლებიც ვერ აკმაყოფილებენ სამშენებლო პრაქტიკის თანამედროვე მოთხოვნებს, რადგან. განიცდიან მათ კომპლექსურ ზემოქმედებას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება თანამედროვე მოთხოვნათა პირობებში, როდესაც მიმდინარეობს მსუბუქ კონსტრუქციებზე გადასვლა, რომლებიც უფრო მეტად რეაგირებენ მეტეოპირობების ცვლილებაზე. სამშენებლო-კლიმატური დარაიონების სრულყოფის მიზნით კომპლექსურად უნდა იქნას შესწავლილი ის კლიმატური პარამეტრები, რომლებიც არ არის შეტანილი ცნობარებში. მიღებული მონაცემების საფუძველზე საჭიროა არსებული სამშენებლო-კლიმატური დარაიონების დაზუსტება კლიმატის გლობალური ცვლილების გათვალისწინებით.

ნებით. მოცემულ სამუშაოში ჩატარებულია ეს კვლევები და მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებულია საქართველოს სამშენებლო-კლიმატური დარაიონების რუკა.

### **კვლევის ძირითადი ნაწილი**

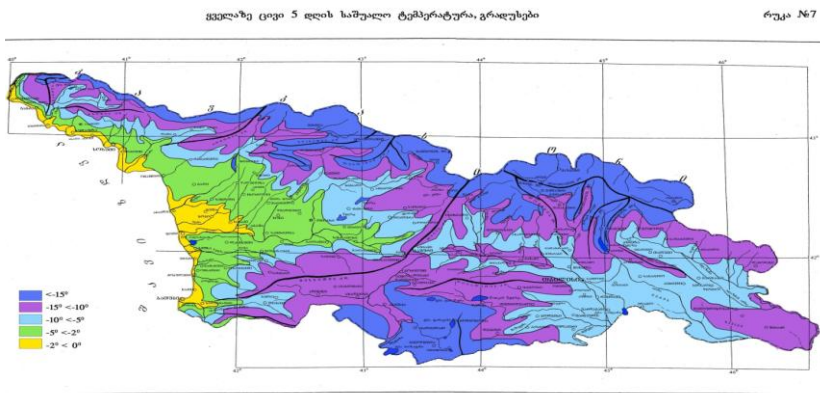
შენობის სითბური რეჟიმის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია ჰაერის ტემპერატურა, ამიტომ აუცილებელია განვიხილოთ, თუ რა გავლენას ახდენს იგი შენობის თერმულ პირობებზე. ზამთარში შიდა ჰაერის ტემპერატურაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურის ხანგრძლივი დაცემა. ამიტომ რაც უფრო თხელია შენობის კედლები, მით სწრაფად აღწევს მასში სიცივე. ჩვეულებრივი სისქის კედლებზე მოქმედებს გარე ჰაერის ტემპერატურის 5 დღიანი დაწევა. ამიტომ შენობის დაპროექტებისას თბოტექნიკოსმა აუცილებლად უნდა იცოდეს ჰაერის ტემპერატურა წელიწადის ყველაზე ცივი პერიოდისათვის, ე. წ. საანგარიშო ტემპერატურა. საანგარიშო ტემპერატურის მიხედვით შეიძლება განსაზღვროთ კედლის საჭირო თერმული წინაღობა და მისი სისქე. ამიტომ შენობის ტემპერატურული დატვირთვის დადგენისათვის აუცილებელია განსაზღვრული იქნეს ყველაზე ცივი და თბილი თვის პერიოდების ტემპერატურის მახასიათებლები.

ტემპერატურის საანგარიშო მნიშვნელობები განსაზღვრული იქნა სტატისტიკური ექსტრაპოლაციის მეთოდის საშუალებით. ყველაზე ცხელი და ცივი თვის საშუალო თვიური ტემპერატურები კი მიღებული იქნა საშუალო თვიური ტემპერატურების გასაშუალებით, რომლებიც ამორჩეული იყო ყოველწლიურად ყველაზე ცხელი თვეებისათვის. მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებული იქნა საქართველოს დარაიონების რუკა ტემპერატურის საანგარიშო მნიშვნელობების მიხედვით (ნახ.1).

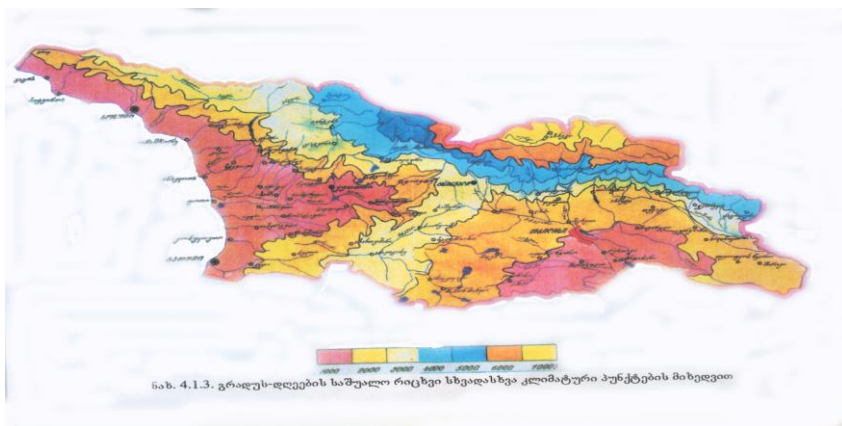
შენობის გასათბობი სისტემების რეგულირების მიზნით აუცილებელია გამოთვლილი იქნას გრადუსო დღეების რაოდენობათა განაწილებები თვეების მიხედვით. ჩვენს მიერ გამოანგარიშებული იქნა გრადუსო-დღეების რაოდენობა სხვადასხვა საბაზო ტემპერატურების დროს მთელი დაკვირვების პერიოდისათვის. მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებული იქნა საქართველოს დარაიონების რუკა გრადუსო-დღეების რაოდენობის მიხედვით (ნახ. 2).

ამ მონაცემების მიხედვით დადგენილია კომფორტული და თბილი ამინდის ხანგრძლივობა, თვეები. მიღებული მონაცემების ანალიზის და არსებული სამშენებლო ნორმებში მიღებულ გრადაციებთან შედარების საფუძველზე დადგინდა, რომ მაღალმთიან სადგურებში გრადუსო-დღეების საშუალო რიცხვი არის 3000-ზე მეტი და აღწევს 8000-მდე და აქ თბილი კომფორტული ამინდი არის 3 თვეზე ნაკლები, ხოლო დასავლეთ საქართველოს სანაპირო ზოლში გრადუსო-დღეების რაოდენობა მერყეობს 600-დან 2000-ის ფარგლებში, ამიტომ ხანგრძლივობა თბილი, კომფორტული ამინდისა ამ პუნ-

ქტებში არის 7-8 თვე. აღმოსავლეთ საქართველოს იმ პუნქტებში, სადაც გრადუსო-დღეების რაოდენობა არის 180-ზე ნაკლები თბილი კომფორტული ამინდის ხანგრძლივობა არის 4-8 თვე.



ნახ.1. ყველაზე ცივი საშუალო ხუდღიური ტემპერატურა



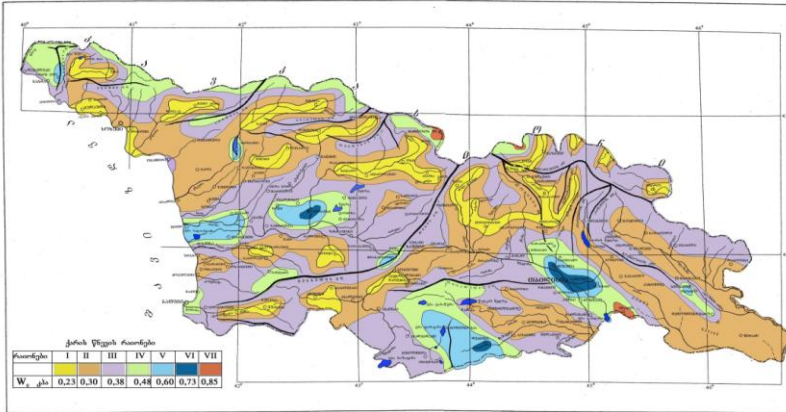
ნახ. 2

შენობებზე ქარის მოქმედების შეფასებისათვის საზღვრავენ მის საანგარიშო სიჩქარეს და სიმძაფრეს, პროფილის სიმაღლის მიხედვით, სხვადასხვა სიჩქარის ქარის აღბათობას და მიმართულებას. განსაზღვრული იქნა ქარის სიჩქარული დაწნევები

საქართველოს სხვადასხვა პუნქტებისათვის და მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებული იქნა შესაბამისი რუკა-სქემა (ნახ.3).

ქარის წნევა  $W_0$  შესაძლებელი 5 წელიწადში ერთხელ, კპა

რუკა №1



ნახ.3. ქარის სიჩქარული დაწნევა შესაძლებელი 5 წელიწადში ერთხელ, კპა

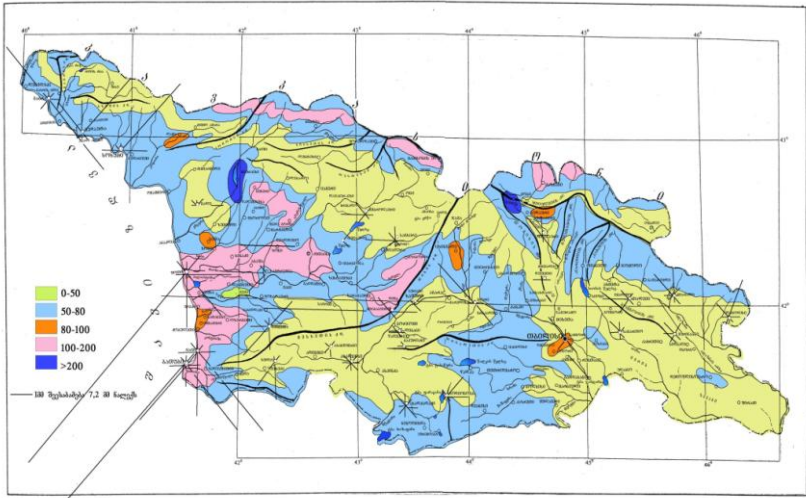
ქარის და წვიმის ერთობლივი ზემოქმედების (ირიბი წვიმების) შეფასება აქტუალური გახდა სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ინტენსიფიკაციასთან დაკავშირებით, განსაკუთრებით გასული საუკუნის 60-იან წლებიდან. ასეთი ზემოქმედების შედეგად უარესდება შენობათა კედლების სტრუქტურა, ირღვევა ნაგებობათა ფასადები, ჩქარდება არმატურის კოროზია და ა. შ.

საქართველოს რთული ფიზიკურ-გეოგრაფიული და კლიმატური პირობები განსაზღვრავენ ირიბი წვიმების ზემოქმედების დიდ მრავალფეროვნებას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მათი გავლენა კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ, შიდა და სამხრეთ რაიონებში, აგრეთვე აჭარის სანაპირო ზოლში, სადაც ნალექების დიდი რაოდენობა მოდის. აღნიშნულ რაიონებში ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების რაოდენობა შეიძლება აღემატებოდეს მათი საერთო რაოდენობის 70-80%-ს (ნახ.4).

კლიმატის გლობალური ცვლილების თანამედროვე პირობებში გარკვეული ცვლილება განიცადეს რეგიონალურმა კლიმატებმაც, მათ შორის საქართველოს კლიმატმაც. ატმოსფერული ნალექების



წლიური ჯამები 1937-1963 და 1964-2006 წლებს შორის შეიცვალა მინუს 20-დან პლუს 15%-ის ფარგლებში. მათი ზრდის ყველაზე დიდი მნიშვნელობები აღინიშნა აჭარის სამხრეთ მთიან რაიონებში და შირაქის ვაკეზე, ნალექები გაიზარდა აგრეთვე კოლხეთის ბარის სანაპირო ზოლსი და აჭარაში. ნალექების მნიშვნელოვანი კლება აღინიშნება კავკასიონის მარალმთიან ზონაში და გურია – აჭარის მთებში. თბილი პერიოდის ნალექები იცვლებოდა საქართველოს ტერიტორიაზე. მათი ზრდის უდიდესი მნიშვნელობები 10-15% აღინიშნა კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში. ჯავახეთის ზეგანზე და შირაქის ველზე გაიზარდა 5-10%-ით. ნალექების მკვეთრი შემცირება აღინიშნება მაღალმთიან ყაზბეგში.



#### ნახ.4 ქარის და წვიმის ერთობლივი ზემოქმედება

საცხოვრებელი სახლების ბუნებრივ-კლიმატური ტიპოლოგიის დარგში მთელი რიგი შრომები მიექძვნა საცხოვრებელი სახლების ტიპოლოგიური მოთხოვნების დასაბუთებას სხვადასხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში.

თითქმის ყველა განხილულ დარაიონებაში მხედველობაში არ მიიღებოდა კლიმატის ისეთი მნიშვნელოვანი ელემენტი, როგორც ატმოსფერული ნალექები. საქართველოს პირობებში კი, ეს ელე-

მენტი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იქენს. ატმოსფერული ნალექები თავისი მოსვლის ხასიათით, მინერალური შემადგენლობით და სხვა თვისებებით არსებით გავლენას ახდენს ნაგებობებზე, რაც მიუთითებს მისი გათვალისწინების აუცილებლობაზე ტერიტორიის სამშენებლო-კლიმატური დარაიონების დროს.

ამავე დროს საქართველოს ტერიტორია აღნიშნულ დარაიონებებში წარმოდგენილია ძალზე სქემატურად, არ ასახავს საქართველოს მრავალფეროვან კლიმატურ პირობებს და პრაქტიკულად შეუძლებელია მათი გამოყენება ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით. ამის გამო ყოველთვის იდგა დღის წესრიგში საქართველოს ტერიტორიის მეზოკლიმატური დარაიონების აუცილებლობა სამშენებლო მიზნებისთვის.

ამჟამად სამშენებლო კლიმატური დარაიონების დაზუსტების მიზნით მიმდინარეობს სათანადო გამოკვლევები, როგორც დსთ-ს ქვეყნებში, ისე საზღვარგარეთ. ამასთან დაკავშირებით პერიოდულად ხდება სამშენებლო ნორმებისა და წესების გადახალისება. უნდა აღვნიშნოთ, რომ მოქმედი კლიმატური ცნობარები და ნორმები ვერ აკმაყოფილებს სამშენებლო პრაქტიკის მოთხოვნებს, ზოგ შემთხვევაში კი უარყოფით შედეგსაც იძლევა.

კლიმატური პირობების მრავალფეროვნების მიუხედავად ყოფილი კავშირის მასშტაბით მიღებული იყო ერთიანი სამშენებლო ნორმატივები, მაშინ როცა საჭიროა მათი დიფერენცირება ცალკეული კლიმატური რაიონების მიხედვით. სამშენებლო კლიმატური დარაიონების დაზუსტებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს იმ კლიმატური პარამეტრებისა და ფაქტორების კომპლექსურ შესწავლას, რომლებიც ჯერ კიდევ არ არის შეტანილი სამშენებლო ნორმებსა და წესებში.

ახალი სამშენებლო ნორმებისა და წესების გამოცემის აუცილებლობა განპირობებულია შემდეგი ფაქტორების ერთობლიობით:

1. არსებული კლიმატური მახასიათებლები მოძველდა და საჭიროა ახალი კლიმატური ნორმების განსაზღვრა (1966-1990) კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით;
2. კლიმატური ნორმები უნდა იქნეს შეჯერებული მსოფლიო სტანდარტულ ნორმებთან;
3. აუცილებელია აგრეთვე განსაზღვრული იქნეს სხვადასხვა მახასიათებლების ერთობლივი ზემოქმედება (ირიბი წვიმა, ტემპერატურა-ქარი, ტემპერატურა-სინოტივე, ირიბი წვიმა და ინსოლაცია);
4. საჭიროა განსაზღვრული იქნეს კლიმატური მახასიათებლების განმეორებადობა წლების მიხედვით;
5. აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას სხვადასხვა ატმოსფერული მოვლენების გავლენა შენობებზე;

6. შედგენილი იქნეს სამშენებლო-კლიმატური დარაიონების რუკა-სქემა.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, საქართველოს ტერიტორიის სამშენებლო-კლიმატური დარაიონება სქემატურია და არ შეიცავს იმ კლიმატურ პარამეტრებს, რომელთა გათვალისწინებაც აუცილებელია სამშენებლო რაიონებში შენობების დაპროექტებისათვის. ამიტომ ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიის სამშენებლო კლიმატური დარაიონების სრულყოფისათვის უპირველეს ყოვლისა საჭიროა კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება. ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ დარაიონებას შენობებზე და ადამიანზე ძირითადი ბუნებრივ-კლიმატური ფაქტორების, კერძოდ: ტემპერატურა, ქარი, სინოტივე, ნალექების და მზის რადიაციის ზემოქმედების გარდა საფუძვლად უდევს სხვადასხვა მეტეო-ელემენტების შეხამების განმეორებადობები.

კლიმატური ნორმები მოითხოვდა დაზუსტებას, გასაკუთრებით ბოლო ათწლეულში გააქტიურებული გლობალური და რეგიონული კლიმატური ვარიაციების გამო. ამიტომ ჩვენს მიერ განსაზღვრულ იქნა ახალი კლიმატური სტანდარტული ნორმები 1966-1990 წლის ჩათვლით. ტერიტორიის დარაიონების ახალმა მეთოდმა, ე.ი. სამშენებლო-კლიმატური ქვერაიონების გამოყოფამ და შესაძლო კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინებამ, უნდა უზრუნველყოს სამშენებლო-კლიმატური რაიონების და ქვერაიონების დაზუსტება.

საქართველოს ტერიტორიაზე ცალკეული კლიმატური პარამეტრების, სამშენებლო კლიმატური ნორმების და კომპლექსური კლიმატური მახასიათებლების გათვალისწინებით გამოიყოფა სამი სამშენებლო – ნოტიო, ზომიერად ნოტიო და მშრალი კლიმატური რაიონი. თითოეული კლიმატური რაიონი მოიცავს ორ ქვერაიონს (ნახ.5). მაღალი სინოტივე დამახასიათებელია არა მარტო მთლიანად დასავლეთ საქართველოსათვის, არამედ კავკასიონის მთავარი ქედის ცენტრალური და არმოსავლეთი ნაწილისათვისაც. კავკასიონის მთავარი ქედის მაღალმთიანი რაიონების აღმოსავლეთი ნაწილის მაღალი სინოტივე განპირობებულია იმით, რომ ნაწილი დასავლეთის ნოტიო ჰაერისა, რომელიც გადის ღიხის ქედის ზევით, აღწევს კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობებს. ეს ფერდობები საქართველოს დასავლეთ ნაწილთან შედარებით ხასიათდება ნალექების მცირე რაოდენობით და ჰაერის დაბალი სინოტივით, მაგრამ მაინც იმყოფება დისკომფორტულ ზონაში.

გარდა ამისა, საქართველოსთვის დამახასიათებელი კლიმატის ვერტიკალური ზონალობა, გამოყოფილი კლიმატური რაიონების საზღვრებში, განაპირობებს სხვადასხვა კლიმატურ ვარიანტებს, რომელიც განსაზღვრავს შენობათა ტიპოლოგიურ დიფერენციაციას.



**ნახ.5 საქართველოს სამშენებლო-კლიმატური დარაიონება კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების მიხედვით**

სამშენებლო-კლიმატური ქვერეიონების ვერტიკალური ზონების საზღვრები განსაზღვრული იქნა ზაფხულის პირობების (ივლისის თვის იზოთერმა) და თბილი სეზონის ხანგრძლივობის მიხედვით. შენობების შიგნით მიკროკლიმატის თავისებურებების დასადგენად გამოყენებულ იქნა სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმები და წესები. ზაფხულის პერიოდში გარემოს კომფორტულობის პირობები საქართველოს სხვადასხვა პუნქტებისათვის განსაზღვრულ იქნა ტემპერატურა – სინოტივის კომპლექსის და ეფექტური ტემპერატურის მიხედვით.

**ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. კორძაია მ. 1961. საქართველოს ჰავა, თბილისი, საქ. მეც. აკად. გამომცემლობა.
2. ელიზბარაშვილი ე.2007. საქართველოს კლიმატური რესურსები. თბილისი.

შპს 551.58  
**კლიმატური პარამეტრების ბათვალისწინება მშენებლობაში/ქართველი-ვილი ლ, ცქეიტინიძე ზ./.** შპი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 132-141.-ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.  
 მოცემულ ნაშრომში განსაზღვრულია სხვადასხვა კომპლექსური კლი-

მატური პარამეტრები და მათი განაწილებათა კანონზომიერებანი დროსა და სივრცეში. მიღებული მონაცემები აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული სამშენებლო ობიექტების დაპროექტებისას.

UDC 551.58

**CONSIDERATION OF CLIMATIC PARAMETERS IN BUILDING./Kartvelishvili L., Tskvitinidze Z./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 132-140. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

In presented article it is determined different climatologic complex parameters and their distribution patterns in the time and space, the received data have to be taken into account in the planning of building.

УДК551.58

**УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ./Картвелишвили Л.Г., Цквити-нидзе З.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 132-140. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

В работе определены комплексные климатические параметры и закономерности их распределения во времени и в пространстве, Полученные данные необходимо учитывать при проектировании строительных сооружений.

Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И.  
*Институт геофизики, Грузия*

УДК 551.501

## **ЭМПИРИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ ТЕПЛОГО СЕЗОНА ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ**

Вопросом классификации конвективных облаков по их радиолокационной структуре и динамике развития занимались многие исследователи в мире [1-5]. Однако, из-за региональности условий развития конкретных классов облаков, большое значение имеет изучение различных условий возникновения и диссипации, а также радиолокационных характеристик их радиоэхо для определенного региона.

Большинство исследователей соглашаются, что конвективные облака по их радиолокационной структуре и динамике развития делятся на три основных класса: одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые облака.

В настоящей работе предпринята попытка, изучить синоптические, метеорологические и другие условия, которые способствуют возникновению, развитию и диссипации всех трех классов облаков Кахетинского региона Грузии и определить радиолокационные характеристики радиоэхо таких облаков. В работе проанализированы результаты многолетних радиолокационных наблюдений общей сложностью за 1534 конвективными облаками теплого сезона года. Из них на одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые облака приходится 352, 872 и 310 конвективных облаков соответственно.

В таблицах 1, 2 и 3 представлены общие характеристики всех вышеназванных трех классов облаков.

Одноячейковые облака в Восточной Грузии образуются в условиях слабо выраженного западного барического градиента или без градиентного поля давления, при умеренной конвективной неустойчивости. Мульти- и суперячейковые облака развиваются при прохождении основных и вторичных холодных фронтов и наложении этих процессов на внутримассовые процессы. Все три класса облаков зарождаются на вершинах гор (обычно Кахетинского и Цив-Гомборского хребтов) или на их склонах после их прогрева солнцем. Развиваются быстро, в среднем одноячейковые облака за - 5-20 мин, а мульти- и суперячейковые – за 10 – 20мин. В отличие от одноячейковых облаков, мульти- и суперячейковые облака имеют квазистационарное состояние. Этим и обуславливается одноразовость (у одноячейковых) и много-разовость (у мульти- и суперячейковых) процесса выпадения осадков. К основным причинам этого

Табл. 1. Общая характеристика одноячейкового конвективного облака

№	Наименование синоптических, аэрологических и других условий развития одноячейковых облаков и радиолокационные параметры их радиозо	Описание ситуаций процесса развития облака и значения радиолокационных параметров их радиозо	
		Модальные значения параметров	Экстремальные значения параметров
1	2	3	4
1	Условия развития облака	Слабовыраженное поле давления с западным градиентом, внутримассовые процессы	
2	Конвективная неустойчивость в атмосфере	Умеренная	
3	Динамика развития конвективных ячеек	Развитие 4 - 20 мин., диссипация 10 - 15 мин.	
4	Закономерности зарождения и развития конвективных ячеек	На вершинах невысоких гор или на их склонах	
5	Влагодержание в атмосфере	Низкое и среднее	
6	Процесс выпадения осадков	Одноразовый	
7	Продолжительность выпадения осадков мин.	21	5 - 50
8	Интенсивность и вид осадков	Без осадков, слабый или сильный дождь и град	
9	Скорость миграции облака км/час	12	3 - 16
10	Скорость господствующего ветра км/час	16	10 - 22
11	Сдвиг ветра сек-1	1,0-10-4,3 10-5,4 ÷ 10-4,0	
12	Угол между направлением ветра и направлением миграции облака в угловых градусах	5,1	0 - 11
13	Время жизни облака мин.	38	30 - 70
14	Максимальная высота радиозо км.	8,8	5,0 - 11,2

Табл. 1. (продолжение)

1	2	3	4
15	Высота появления первого радозоха км.	3,2	2,0 + 5,0
16	Время от появления первого радозоха в мин.: - до максимального развития - до выпадения осадков - до первой грозы	15 14 17	13 + 21 12 + 20 14 + 26
17	Температура на уровне $H_{\text{тм}}$ $^{\circ}\text{C}$	- 24,3	- 48,1 + - 7,4
18	Высота расположения максимальной радиолокационной в облаке $H_{\text{тм}}$ км	4,7	2,3 + 7,7
19	Температура на уровне $H_{\text{тм}}$ в свободной атмосфере $^{\circ}\text{C}$	- 4,1	- 19,4 + 12,0
20	Вертикальная толщина зоны повышенной радиолокационной отражаемости $H_{\Delta\eta}$ км	2,2	1,1 + 4,8
21	Температура в свободной атмосфере на уровне верхней границы $H_{\Delta\eta}$ $^{\circ}\text{C}$	- 9,9	- 26,4 + 3,0
22	Отношение толщины облака выше уровня нулевой изотермы к толщине ниже этого уровня $h_{-}/h_{+}$	1,3	0,5 + 3,2
23	Максимальная радиолокационная отражаемость $\Gamma_{\text{тм}}$ км <sup>-1</sup>	1,6 $10^{-9}$	1 $10^{-11}$ + 1,8 $10^{-8}$
24	Максимальный размер поперечного сечения радозоха км	8,3	6 + 18
25	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км	4,1	5,0 + 14,0
26	Максимальный размер площади поперечного сечения радозоха км <sup>2</sup>	17,0	10,0 + 93,8
27	Максимальный размер площади поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км <sup>2</sup>	10,2	5,4 + 42,4
28	$\Gamma$ радиант максимальной радиолокационной отражаемости: - в вертикальной плоскости - в горизонтальной плоскости	0,57 2,90	0,38 + 2,48 1,28 + 3,41



Табл. 2. Общая характеристика мутьячейкового конвективного облака

№	Наименование синоптических, аэрологических и других условий развития мутьячейковых облаков и радиолокационные параметры их радиозо	Описание ситуаций процесса развития облака и значения радиолокационных параметров их радиозо	
		Модальные	Экстремальные
1	2	3	4
1	Условия развития облака	Прохождение основных и вторичных холодных фронтов, волна с юга	
2	Конвективная неустойчивость в атмосфере	Сильная и умеренная	
3	Динамика развития конвективных ячеек	Развитие 10-12мин. квазистационарное состояние 10-35мин, рассеяние 10-35мин.	
4	Закономерности зарождения и развития конвективных ячеек	Зарождение на склонах горных хребтов и гор, диссипация случайна во времени, в низменных местах региона	
5	Влагоддержание в атмосфере	Умеренное и сильное	
6	Процесс выпадения осадков	Многоразовый	
7	Продолжительность выпадения осадков мин.	1	12 - 68
8	Интенсивность и вид осадков	Без осадков, сильный ливневой дождь, град сильной интенсивности	
9	Скорость миграции облака км/час	18	9 - 64
10	Скорость господствующего ветра км/час	50	28 - 110
11	Сдвиг ветра сек-1	8 10-3	10-4,2 - 10-2
12	Угол между направлением ветра и направлением миграции облака в узловых градусах	17	0 - 50
13	Время жизни облака мин.	57	8 - 108
14	Максимальная высота радиозо км.	10,3	5,7 - 13,5

Табл. 2. (продолжение)

1	2	3	4
15	Высота появления первого радиозоха км.	4.4	2.7 + 8.8
16	Время от появления первого радиозоха в мин.: - до максимального развития - до выпадения осадков - до первой грозы	18 23 25	10 + 31 8 + 28 18 + 36
17	Температура на уровне $H_m$ $^{\circ}\text{C}$	-35	-59 + -21.4
18	Высота расположения максимальной радиолокационной облаке $H_{\text{пл}}$ км	5.2	3.0 + 8.2
19	Температура на уровне $H_{\text{пл}}$ в свободной атмосфере $^{\circ}\text{C}$	-7.4	-34.0 + -6.8
20	Вертикальная толщина зоны повышенной радиолокационной отражаемости $H_{\Delta\eta}$ км	3.1	1.0 + 5.6
21	Температура в свободной атмосфере на уровне верхней границы $H_{\Delta\eta}$ $^{\circ}\text{C}$	-21.0	-46.8 + -2.4
22	Отношение толщины облака выше уровня нулевой изотермы к толщине ниже этого уровня $h_1/h_2$ +	1.9	0.6 + 3.8
23	Максимальная радиолокационная отражаемость $\Gamma_{\text{м}} \text{ км}^{-1}$	$1.2 \cdot 10^{-8}$	$4.9 \cdot 10^{-11}$ + $2.24 \cdot 10^{-7}$
24	Максимальный размер поперечного сечения радиозоха км	16	8 + 29
25	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км	7	4 + 10
26	Максимальный размер площади поперечного сечения радиозоха км <sup>2</sup>	56	16 + 400
27	Максимальный размер площади поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км <sup>2</sup>	19	6 + 93
28	$\Gamma$ радиант максимальной радиолокационной отражаемости: - в вертикальной плоскости - в горизонтальной плоскости	0.54 1.53	0.20 + 1.4 1.29 + 2.24

Табл. 3. Общая характеристика суперячейкового конвективного облака

№	Наименование синоптических, аэрологических и других условий развития суперячейковых облаков и радиолокационные параметры их радиозо	Описание ситуаций процесса развития облака и значения радиолокационных параметров их радиозо	
		Модальные	Экстремальные
1	2	3	4
1	Условия развития облака	Холодный атмосферный фронт, фронт окклюзии, наложение этих процессов на внутримассовые процессы	
2	Конвективная неустойчивость в атмосфере	Умеренная и сильная	
3	Динамика развития конвективных ячеек	Развитие 1,5-20мин, квазистационарное состояние 1,5-4,5мин, виссипация 18-30мин	
4	Закономерности зарождения и развития конвективных ячеек	Зарождение на склонах на склонах горных хребтов и гор, диссипация случайная во времени, в низменных местах региона	
5	Влагодержание в атмосфере	Высокое	
6	Процесс выпадения осадков	Многообразное	
7	Продолжительность выпадения осадков мин.	39	18 ÷ 90
8	Интенсивность и вид осадков	Сильный ливень, град сильной интенсивности	
9	Скорость миграции облака км/час	66	25 ÷ 78
10	Скорость господствующего ветра км/час	58	10 ÷ 100
11	Сдвиг ветра сек-1	8,8·10 <sup>-3</sup> 10-4 ÷ 10 <sup>-2</sup>	
12	Угол между направлением ветра и направлением миграции облака в угловых градусах	38	20 ÷ 80
13	Время жизни облака мин.	56	44 ÷ 119
14	Максимальная высота радиозо км.	10,8	7,8 ÷ 16,5

Табл. 2. (продолжение)

1	2	3	4
15	Высота появления первого радиозоха км.	4,9	4,1 + 9,8
16	Время от появления первого радиозоха в мин.: - до максимального развития - до выпадения осадков - до первой грозы	15 20 25	11 + 30 13 + 30 15 + 32
17	Температура на уровне $H_{\text{м}}^{\text{0C}}$	- 51,3	-64,1 + -31,3
18	Высота расположения максимальной радиолокационной в облаке $H_{\text{чм}}$ км	6,7	3,9 + 10,3
19	Температура на уровне $H_{\text{чм}}$ в свободной атмосфере $0^{\text{C}}$	- 11,8	- 52,1 + - 2,8
20	Вертикальная толщина зоны повышенной радиолокационной отражаемости $H_{\Delta\eta}$ км	4,7	2,0 + 8,5
21	Температура в свободной атмосфере на уровне верхней границы $H_{\Delta\eta}^{\text{0C}}$	- 3,6	- 52,4 + - 8,6
22	Относительная толщина облака выше уровня нулевой изотермы к толщине ниже этого уровня $h_{\text{н}}/h +$	2,4	1,5 + 4,6
23	Максимальная радиолокационная отражаемость $\eta_{\text{тмс}}^{\text{дБ}}$	1,06 $10^{-7}$	2,5 $10^{-11}$ + 6,0 $10^{-6}$
24	Максимальный размер поперечного сечения радиозоха км	14	8 + 33
25	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км	10	5 + 14
26	Максимальный размер площади поперечного сечения радиозоха км <sup>2</sup>	59	18 + 470
27	Максимальный размер площади поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км <sup>2</sup>	311	26 + 98
28	Градиент максимальной радиолокационной отражаемости: - в вертикальной плоскости - в горизонтальной плоскости	0,39 1,4	0,09 + 1,0 1,31 + 2,19

следует отнести также и невозможность одновременного существования в одноячейковых облаках как восходящего, так и нисходящего потоков.

С мульти- и суперячейковыми облаками чаще всего связаны сильные ливневые жидкие и твердые осадки.

Первое радиозоо одноячейковых облаков появляется в среднем на высоте 2,8 км над уровнем моря, а мульти- и суперячейковых облаков – в среднем на 4,5 км

Средние значения максимальной радиолокационной отражаемости для одноячейковых облаков равняются  $1,6 \cdot 10^{-9} \text{ см}^{-1}$ , а для мульти- и суперячейковых облаков  $1,2 \cdot 10^{-8}$  и  $1,06 \cdot 10^{-7}$  соответственно.

Таким образом, принимать во внимание в практических работах по искусственному воздействию на конвективные облака, выявленные нами радиолокационные характеристики одноячейкового конвективного облака и синоптические, метеорологические и другие условий, способствующие его возникновению и развитию, может значительно повысить эффективность таких мероприятий.

#### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Chisholm A.J., Renick J.H. - Supercell and Multicell Alberta Hailstorms. Proc. Inter Cloud Physics Conf. London, 1972. p.p. 67-68.
2. Marwitz J.D. Supercell storms; - Multicell storms; Severely Sheared Storms. J. Appl. Met. 1972, vol. 11, № 1. p.p. 166-201.
3. Stephan P. Nelson and Nansy C. Knight. - The hybrid multicellular - supercellular storms: an efficient hail producer. Proc. 9th Inter. Cloud. Phys. Conf. Tallin USSR, 1984. p.p. 435-437.
4. Абшаев М.Т. - Структура и динамика развития грозово-градовых процессов Северного Кавказа. В книге "Радиометеорология. Труды VI Всесоюзного совещания". Ленинград, Гидрометеиздат, 1984. с. 109-115.
5. Lopez P.E., Blanchard D.O., Rosenfeld D., Hiscox W.L., Casey M.L. - Population characteristics development processes and structure of radar echoes in South Florida. Mon. Wea. Rev., 1984, vol. 112, № 1. p.p. 56-75.

შპს 551.501

**სსსპ ფასსსსპ კონვექციური ღრუბლის თბილი სეზონის რადიოლოკაციური მონიტორინგი/საღუკვაძე თ., ხელაია ე.ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008-ტ.115-გვ. 141-149.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

გაანალიზებულია აღმოსავლეთ საქართველოს კახეთის რეგიონში რიგი წლების უანმავლობაში კონვექციურ ღრუბლებზე ჩატარებული რადიოლოკაციური დაკვირვების მონაცემები. ანხილულია მათი შესაბამისი აეროლოგიური და სინოპტიკური სიტუაციები. მონაცემების საფუძველზე შემოთავაზებულია ერთუჯრედიანი, მრავალუჯრედიანი და სუპერ უჯრედიანი ღრუბლების ემპირიული რადიოლოკაციური მოდელები

UDC 551.501

**EMPIRICAL RADAR MODELS OF DIFFERENT CONVECTIVE CLOUDS OF A WARM SEASON OF EAST GEORGIA.**/Salukvadze T., Khelaia E./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 141-149. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The data of several years of radar observations by convective clouds in Kakheti region of Georgia are analyzed. With usage of appropriate data of aerological and synoptic observations, the empirical radar models of single-cell, multi-cell, and super-cell clouds are composed.

УДК 551.501

**ЭМПИРИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ ТЕПЛОГО СЕЗОНА ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ /** Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. – 2008. – т.115. – с. 141-149. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Проанализированы данные многолетних радиолокационных наблюдений за конвективными облаками в Кахетинском регионе Грузии. С использованием соответствующих данных аэрологических и синоптических наблюдений, составлена эмпирическая радиолокационная модель одноячейковых, мультячейковых и суперячейковых облаков.

**ვოგიშვილი ნ., ცქეტიანიძე ზ.**  
*გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*

უკ 551.510

**საქართველოს მთიანი რეგიონების მეტეოროლოგიური  
დაკვირვებების შედეგების ანალიზი ბოლო 15 წლიანი  
პერიოდისათვის**

**შესავალი**

ქვეყნის ეროვნული მეურნეობის სხვადასხვა დარგის განვითარებისათვის, აგრეთვე, ბუნებრივი რესურსების გამოყენების მაღალი ეფექტურობის მისაღწევად აუცილებელია მეტეოროლოგიური ფაქტორების დეტალური აღწერა და მათ ბაზაზე ადგილობრივი რეგიონალ-კლიმატური თავისებურებების გამოვლენა. ამისათვის საჭიროა მეტეოროლოგიური ინფორმაციის ხარისხის ამაღლება, რაც ესოდენ რთული და აქტუალურია დღევანდელი პირობებისათვის.

დაკვირვებათა მასალების ხარისხის მართვის სისტემის მოთხოვნათა გათვალისწინებით, ხარისხიანი მეტეოროლოგიური მონაცემების მიღება რთულია. ხარისხიანი მონაცემების მიღების უზრუნველყოფა საკმაოდ მრავალმხრივი ღონისძიებებისა და დარგობრივი ინფორმაციის დამუშავების ალგორითმების რეალიზაციის უწყვეტი პროცესია, დაწყებული – სადამკვირვებლო ქსელის დაგეგმარებიდან და კვალიფიციური კადრების მომზადებიდან, შემდგომ-ხელსაწყოების დადგმულობის მიმართ მოთხოვნათა დაცვისა და მათი ვარგისიანობის დადგენა, ბოლოს – დაკვირვებებითა და გაზომვებით მოპოვებული მასალების შეკრება, შემოწმება, დამუშავება-სერტიფიცირება და მონაცემთა ბაზებისათვის გადაცემა. ამ ჩამონათვალთაგან რომელიმეს უგულვებელყოფით, საგრძნობლად დაბლდება რეგიონული მეტეოროლოგიური მონაცემების ხარისხი და შესაბამისად, მათი რეპრეზენტატულობა. განსაკუთრებით რთულია დაგროვილი ძველი მასალის დამუშავება და მათი წესრიგში მოყვანა. მითუმეტეს, როდესაც დაკვირვებები წარმოებდა საქართველოსთვის რთულ წლებში (სამოქალაქო და ტერიტორიული მთლიანობისათვის მიმდინარე საომარი მოქმედებები, მძიმე სოციალური ფონი, ელ. ენერჯის არ ქონა, ხელსაწყო-დანადგარებისა და საბლანკო მასალის შეუსატყვისობა დაწესებულ სტანდარტებთან და ა.შ.).

საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის ფარგლებში – დამუშავდა საქართველოს მთიანი რეგიონების შერჩეული სადგურებისა და საგუშაგოების 1991-2005 წლების პერიოდის რეგულარული დაკვირვებების ყველა პირველადი

მასალა, რომელიც წარმოდგენილი იყო დაკვირვების წიგნაკებით. მასალა გადაყვანილია ელექტრონულ ფორმატში, გასწორებულია სინტაქსურად და სემანტიკურად, რის შემდეგაც გამოვლენილია მონაცემთა ხარისხის მაჩვენებლები სივრცული კონტროლის საშუალებით. აღნიშნული პროექტის ფარგლებში ჩატარდა დიდი მოცულობის სამუშაო, რომლის შედეგადაც:

-ელექტრონულ ფორმატში გადაყვანილია 100 მლნ რიგის შესატყვისი ციფრული და სიმბოლური ინფორმაცია;

-სპეციალიზებული პროგრამული კომპლექსების გამოყენებით გამოვლინდა და შემოწმდა ყველა საეჭვო მონაცემი (რომელიც პირველად მასალებში შეესატყვისებოდა კონკრეტული დაკვირვება-გაზომვის შედეგს, ჰიდრომეტეოროლოგიურ ან სხვა სტიქიურ მოვლენას);

-უშუალოდ პროფესიონალი მეტეოროლოგების მიერ ჩატარდა კომპიუტერულად დამუშავებული მასალების სივრცული კონტროლი, რომელიც ემყარება დარგობრივ სტანდარტებსა და კანონზომიერებებს, ადგილობრივი ოროგრაფიისა და კლიმატური პირობების გათვალისწინებით;

-რეგულარული მეტეოროლოგიური დაკვირვებებისა და გაზომვების შედეგების დამუშავებული მასალის ხარისხის შემოწმების დროს, საბოლოო გადაწყვეტილება მიიღება კვალიფიციური მეტეოროლოგის მიერ, რომელიც წყვეტს კონკრეტული საეჭვო მასალის ხარისხის დადგენის საკითხს, რაც შესაბამისად აისახება დამუშავებული მასალის საბოლოო ფორმატში (კერძოდ – საეჭვოდ მიჩნეულ მონაცემს თან ახლავს სათანადო მინიშნება, რაც კომპიუტერული ამონაბეჭდვების შემთხვევებში გამოსატყვია შესაბამისი მონაცემების შავი ფონის საშუალებით ან წინასწარ განმარტებული სხვა სახით წარმოდგენაში).

ცხრ.1-ში მოცემულია პროექტის პროგრამით განსაზღვრული დასამუშავებელი მეტეოროლოგიური დაკვირვებებისა და გაზომვების პირველადი მასალების რაოდენობა და დამუშავების შედეგად მისაღები ფორმატები.

### **მეტეოროლოგიური ინფორმაციის კონტროლი**

მომხმარებლისთვის მიწოდებული მეტეოროლოგიური ინფორმაციის საიმედოობა, დამოკიდებულია იმ შეცდომებზე, რომელიც გროვდება მისი მიღების, შეკრების და დამუშავების სხვადასხვა სტადიებზე. ყველა სტადიას აქვს თავისი სპეციფიკური შეცდომების სახე და მათ წარმოქმნას ძირითადად განსაზღვრავს, ინფორმაციის მიღების, შეკრების და დამუშავების ტექნოლოგია.

მეტეოროლოგიური გაზომვების შედეგებში შეცდომების ერთობლიობა, მათი გამოვლენის ხასიათის მიხედვით შეიძლება გაიყოს ორ დამოუკიდებელ ჯგუფად:



**1.შემთხვევითი** ხასიათის შეცდომები, რომელიც უკავშირდება ელემენტის წამიერ პულსაციას, ინფორმაციის მიღების, შეკრების და დამუშავების პროცესში არსებულ დამახინჯებას ან სხვა მიზეზებს.

**2.სისტემატური** ხასიათის შეცდომები, რომლებიც დამოკიდებულია ხელსაწყოს კონსტრუქციის არასრულყოფით, მისი გაუმართაობით, არასწორი დადგმულობით, გამოყენებული დაკვირვების მეთოდის არასრულფასოვნებით და ადგილობრივი პირობების ზეგავლენით.

ცხრილი 1 პირველადი მასალების რაოდენობა და მიღებული ფორმატები

მეტეოსადგური	პერიოდი (წლები)	თვეები (რ-ბა)	დამუშავებით მიღებული შედეგები
აბასთუმანი	1993–2005	156	ყოველი სადგურისათვის მეტეოროლოგიური ცხრილები: ფაქტობრივი მონაცემები დაკვირვებათა ვადებზე, დღეღამური, დეკადური და თვის შედეგები; შედეგები ყოველი წლისათვის: მეტეოროლოგიური რეჟიმული პირობების და ფიზიკო-გეოგრაფიული დახასიათებები; ტექსტური ნაწილი და შესაბამისი მონაცემების ელექტრონული ვერსია.
ამბროლაური	1993–2005	140	
ბახმარო	1993–2005	95	
გოდერძის გად.	1993–2005	156	
მთა-საბუეთი	1993–2005	156	
სახხერე	1993–2005	139	
ყვარელი	1993–2005	156	
წალკა	1993–2005	137	
ხულო	1993–2005	156	

შეცდომების კლასიფიკაციიდან გამომდინარე, რეჟიმული მეტეოროლოგიური ინფორმაციის ხარისხისა და საიმედოობის ყველა სახის კონტროლი თავისი ფუნქციონალური დანიშნულებით შეიძლება დაყოფილ იქნას **სადგურის შიდა და სადგურებს შორის კონტროლად**.

ამ ორი სახის კონტროლს წინ უსწრებს სინტაქსური კონტროლი, რომელმაც უნდა გამოავლინოს დატანის უხეში შეცდომები, რაც არღვევს ინფორმაციის სტრუქტურასა და შინაარსს. ამგვარად, კონტროლის ეს სახე აწარმოებს ინფორმაციის შემოწმებას ფორმალური მხრიდან და არ რეაგირებს ინფორმაციაში აზრობრივ შეცდომებზე.

კონტროლის შედეგად ყველა შემოწმებული მონაცემი გაყოფილი უნდა იყოს შემდეგ კლასებად: **საიმედო, მცდარი და საეჭვო**.

მონაცემებს, რომლებიც მიეკუთვნებიან მცდარ და საეჭვო კლასს უნდა ჩაუტარდეთ დამატებითი ანალიზი. ამასთან განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს საეჭვო მონაცემებს, რადგან მათ რიცხვში ხშირად მოექცევა მეცნიერებისა და პრაქტიკოსებისათვის საინტერესო ამა თუ იმ მეტეოროლოგიური პარამეტრების ანომალური მნიშვნელობები.

**შინაარსობრივი კონტროლის** ჩატარებისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ შემდეგი ფაქტორები: მეტეოროლოგიური ელემენტების

სივრცულ-დროითი ცვლილება; შესასწავლი მოვლენის მასშტაბი; საკონტროლო პროცედურების მგრძობელობა შეცდომების მიმართ, რომლებიც გვხვდება მონაცემებში.

ანალოგი სადგურების მონაცემთა შეთანხმების ანალიზი (სადგურთა შორისი კონტროლი) ტარდება მეტეოროლოგიური ელემენტების სივრცული ველის მათემატიკური აღწერილობის საფუძველზე. კონტროლის წარმატების აუცილებელი პირობაა ცალკეული შემთხვევითი შეცდომების ზეგავლენის გამორიცხვა, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს გასაანალიზებად საშუალოების დამახინჯება.

პროექტის პროგრამის ფარგლებში დამუშავებულია 9 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის 1991-2005 წლების მეტეოროლოგიური დაკვირვების მასალები. ჩატარებულია თითოეული თვის I და II დონის სემანტიკური კონტროლი, სტატისტიკური კონტროლი და სივრცული კონტროლი – რეგულარული მეტეოროლოგიური დაკვირვებების სადგურის ფიზიკო-გეოგრაფიული მდებარეობის თავისებურებათა გათვალისწინებით, რადგან მაღალმთიანი სადგურები ძირითადად იზოლირებული სადგურებია და ანალოგი ხშირად არ აქვს.

პროექტის პროგრამის ფარგლებში დაგეგმილი მივლინებების პერიოდში განხორციელდა მეტეოროლოგიური დაკვირვებების შერჩეული სადგურებისა და მიმდებარე ტერიტორიების ვიზუალური დათვალიერება - ადგილობრივი კლიმატური თავისებურებების გამოვლინებების, ურბანიზაციის პირობებისა და საინვესტიციო გარემოს ნატურალური გამოკვლევის მიზნით. ამ მივლინებების პერიოდში მოპოვებული მასალაში ასახულია დაკვირვების პუნქტების დღევანდელი მდგომარეობა და შერჩეული ტერიტორიებისათვის დამახასიათებელი სხვა თავისებურებები.

### **1991-2005 წწ პერიოდის ტემპერატურული რეჟიმული მახასიათებლები შერჩეული მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის**

მიღებული ცხრილების ანალიზიდან ჩანს, რომ ბოლო პერიოდში (1991-2005წწ.) ადგილი აქვს ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მატებას (ცხრ.2). ასევე აღინიშნება როგორც ჰაერის საშუალო მაქსიმალური წლიური ტემპერატურის მატება, ასევე საშუალო მინიმალური წლიური ტემპერატურის მატება, რაც მრავალწლიური ნორმებიდან დადებითი გადახრების მნიშვნელობებით აღინიშნება (ცხრ. 3,4).

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოს შერჩეულ სხვადასხვა რეგიონში აღებულ მეტეოროლოგიურ სადგურზე, ბოლო პერიოდში, დაფიქსირებულია ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მატების ტენდენცია. მიღებული შედეგები შეესაბამება დასკვნებს, რომ ბოლო ათწლეულების მანძილზე დედამიწის უმეტეს ნაწილში აღინიშნება ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მომატება, გლობალური დათბობა.

ცხრილი 2. ჰაერის წლის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან გადახრა, °C

წელი	გოდ. გად.	ბახ-მარო	წალ-კა	აბასთუ-მანი	მოა-საბ.	სულო	ამბრო-ლაური	საჩ-ხერე	ყვარე-ლი
1991	0.2	0.3	0.3	0.6	0.2	0.0	0.3	0.1	0.1
1992	-1.5	-1.5	-1.2	-1.3	-1.3	-1.8	-1.2	-1.1	-0.6
1993	-1.1		-1.2	-0.8	-1.1	-1.2	-1.0		-2.3
1994	0.2		0.0	0.6	0.4	0.5	0.3		-0.2
1995	0.3		1.0	0.7	1.0	0.4	0.3	0.2	1.4
1996	0.5		0.0	0.4	0.5	0.6	0.6	-0.4	0.2
1997	-0.3		0.1	0.2	0.1	-0.5	-0.6	-1.3	-0.4
1998	1.3	1.6	1.0	1.6	1.1	0.6	0.9	1.1	2.0
1999	0.7	1.1	0.6	1.0	1.0	0.8	0.6	0.9	
2000	0.1	0.9	0.4	0.4	0.5	0.2		-0.8	
2001	0.3	1.3	0.8	1.4	1.1	1.0		1.1	
2002	0.7	0.6	0.3	0.5	0.8	0.7	0.0	0.6	0.1
2003	0.2	0.4	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3	0.7	-0.1
2004	0.5	0.8	0.1	0.5	0.2	0.4		0.6	0.6
2005	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.6	0.8	0.5

ცხრილი 3. ჰაერის წლის საშუალო მაქსიმალური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრა, °C

წელი	გოდ. გად.	ბახ-მარო	წალ-კა	აბასთუ-მანი	მოა-საბ.	სულო	ამბრო-ლაური	საჩ-ხერე	ყვარე-ლი
1991	-0.3	-0.1	0.1	0.4	0.7	0.2	1.0	0.1	0.0
1992	-2.1	-2.2	-1.6	-2.3	-1.2	-2.0	-1.5	-2.1	-0.5
1993	-1.6		-1.1	-1.1	-0.9	-1.3	-0.8		
1994	-0.1		0.2	0.2	1.0	0.7	0.5		-0.8
1995	0.2		1.3	0.7	1.8	0.5	0.2	-0.3	1.3
1996	0.4		-0.1	0.2	0.8	0.9	0.9	-0.3	-0.2
1997	-0.6		0.5	0.2	0.6	-0.4	-0.5		-0.4
1998	1.2	1.7	1.4	1.8	1.9	0.7	1.0	1.0	
1999	0.2	1.0	1.1	1.1	1.8	1.0	1.0	1.1	
2000	-0.3	0.9	0.9	0.5	1.2	0.3		-0.4	
2001	-0.3	0.7	1.4	1.4	1.9	1.0		0.9	
2002	0.0	0.3	1.1	0.2	1.3	0.7	-0.4	0.1	0.2
2003	-0.7	-0.2	0.3	-0.2	0.4	-0.4	-0.1	-0.1	-0.5
2004	-0.3	0.4	1.3	0.7	1.5	0.2		0.5	0.8
2005	-0.4	0.3	0.7	0.1	1.0	0.1	0.5	0.3	0.3

ცხრილი 4 ჰაერის წლის საშუალო მინიმალური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრა, °C

წელი	გოდ. გად.	ბახ- მარო	წალ- კა	აბასთუ- მანი	თოა- საბ.	სულ	ამბრო- ლაური	სან- ხერე	ყვარე- ლი
1991	0.6	1.1	0.2	0.4	0.2	0.2	-0.2	0.1	0.0
1992	-1.1	-0.8	-1.1	-1.4	-1.2	-1.5	-1.1	-0.6	-1.0
1993	-0.7		-1.4	-1.1	-1.1	-1.0	-1.6		-2.1
1994	0.4		-0.3	0.3	0.2	0.5	-0.5		0.1
1995	0.6		0.3	0.5	0.7	0.4	0.0	0.4	0.7
1996	0.7		0.0	0.2	0.4	0.6	0.0	-0.1	0.1
1997	0.0		0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-1.0	-0.6
1998	1.5	2.2	0.7	1.1	0.7	0.7	0.9	1.1	1.1
1999	1.0	1.6	0.4	0.8	0.6	0.8	0.5	0.8	
2000	0.5	1.6	-0.1	-0.1	0.1	0.3		-1.1	
2001	0.8	2.3	0.8	1.1	0.6	0.9		1.2	
2002	1.1	1.3	0.1	0.4	0.3	0.6	-0.2	0.6	-0.3
2003	0.7	1.3	0.2	0.3	-0.2	0.3	0.4	0.5	0.1
2004	0.9	1.5	-0.4	0.1	-0.7	0.5		0.1	0.3
2005	0.9	1.1	0.6	0.7	-0.3	0.6	-0.4	1.0	0.6

მიღებული შედეგების მიხედვით, შერჩეული მეტეოროლოგიური სადგურების დაშუქებული მეტეოროლოგიური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ბოლო პერიოდში საგრძნობია ჰაერის აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურის მატების ტენდენცია (ცხრ.5).

რაც შეეხება ჰაერის აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურის ცვლილებას ბოლო პერიოდში, ყველა მეტეოროლოგიურ სადგურზე აღინიშნება ამ პარამეტრის შემცირება (ცხრ.6).

ნალექების ჯამის წლის შედეგების მონაცემების ანალიზით ჩანს, რომ ბოლო პერიოდში ნალექების რაოდენობის ცვლილებაში აღინიშნება როგორც მატება, ასევე კლება. საერთო ჯამში დასავლეთ საქართველოში ჭარბობს ნალექების ოდნავ მატების ტენდენცია, ვიდრე აღმოსავლეთში.

შერჩეული მეტეოროლოგიური სადგურების ბოლო პერიოდის (1993-2005 წწ.) მონაცემების ანალიზით შეიძლება დავასკვნათ, რომ საქართველოს მთიან რეგიონებში ჩანს კლიმატის შერბილების ტენდენცია (ნახ.1). ჰაერის ტემპერატურის მომატების ფონზე ადგილი აქვს ნალექების რაოდენობის შენარჩუნების ტენდენციას.

კლიმატური პირობების რამდენადმე შერბილებისა, საქართველოს მთიან რეგიონებში მაინც არ შეიმჩნევა სტიქიური მოვლენების შემცირება. პირიქით, შერჩეული მეტეოსადგურების ბოლო პერიოდის მეტეოროლოგიური მონაცემების ანალიზით ჩანს, რომ კიდევაც გაიზარდა, რაც ნალექების ინტენსივობის ზრდასთანაა

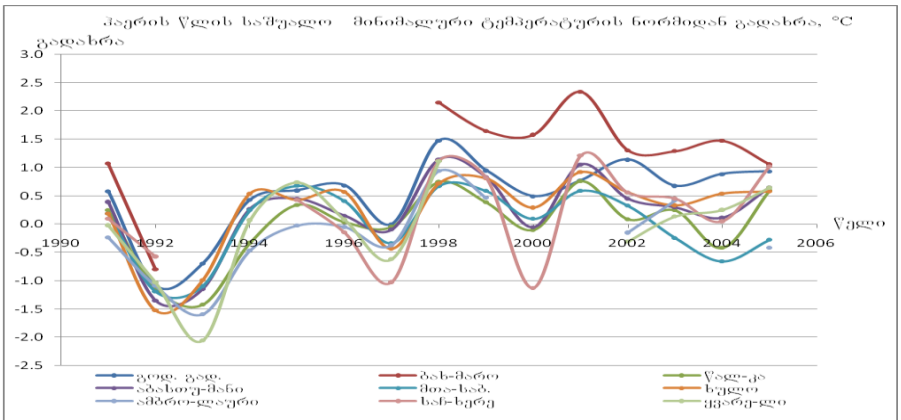
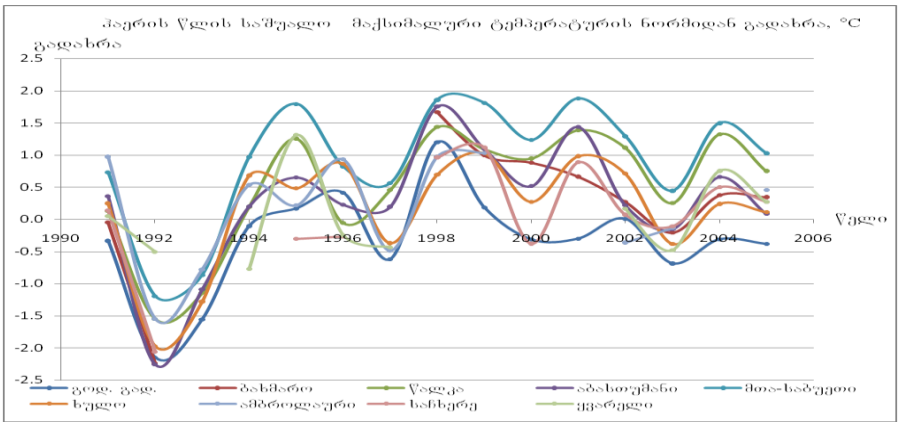
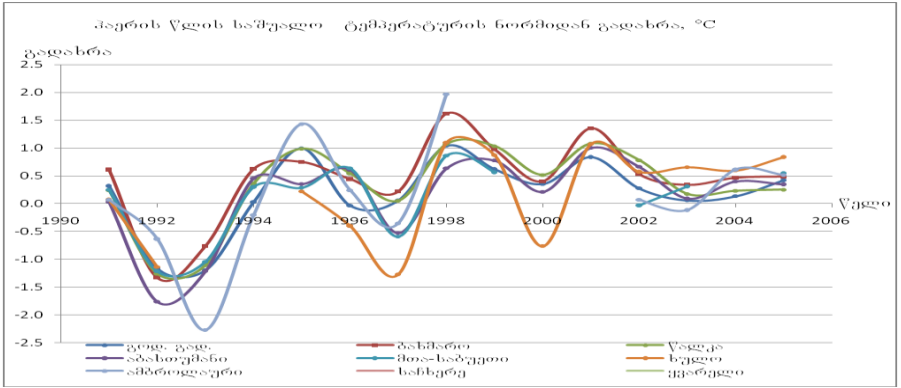
დაკავშირებული. ამის გამო ბოლო პერიოდში ბარსა და მთაში განხორდა საშიში და სტიქიური მოვლენები.

ცხრილი 5 ჰაერის აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა, °C

წელი	გოდ. გად.	ბახ-მარო	წალ-კა	აბასთუ-მანი	მთა-საბ.	სულო	ამბრო-ლაური	სახხე რე	ყვარე-ლი
1991	-19.2	-16.9	-23.6	-20.0	-13.0	-10.2	-12.8	-16.4	-10.4
1992	-21.4	-17.0	-22.5	-18.0	-13.2	-10.1	-16.2	-17.0	-8.9
1993	-22.4		-25.2	-21.9	-17.2	-15.0	-18.8	-16.8	-10.4
1994	-20.2		-25.4	-18.2	-13.4	-10.0	-17.6	-16.5	-10.5
1995	-20.2		-22.0	-18.3	-12.6	-8.5	-15.0	-12.2	-6.0
1996	-20.0		-26.0	-19.6	-13.9	-9.5	-12.0	-8.4	-7.6
1997	-17.7		-21.0	-18.8	-14.6	-10.9	-15.0	-14.8	-9.5
1998	-20.0	-8.0	-21.0	-19.4	-12.4	-9.3	-14.5	-14.2	-6.8
1999	-14.3	-13.0	-20.7	-13.5	-9.5	-6.0	-7.0	-7.2	-4.5
2000	-21.3	-24.0	-25.7	-20.2	-13.0	-11.5	-13.1	-13.0	
2001	-18.3	-13.8	-25.7	-18.2	-12.4	-9.3	-6.2	-11.7	-4.3
2002	-18.4	-17.8	-23.9	-18.7	-13.2	-9.6	-15.5	-20.0	-13.5
2003	-17.9	-17.6	-21.6	-15.5	-9.0	-7.8	-6.5	-7.3	-5.6
2004	-17.4	-17.3	-23.1	-19.0	-13.0	-10.2	-18.0	-17.3	-7.0
2005	-21.2	-19.7	-26.7	-19.9	-12.2	-9.5	-9.5	-8.5	-6.3

ცხრილი 6 ჰაერის აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურა, °C

წელი	გოდ. გად.	ბახ-მარო	წალ-კა	აბასთუ-მანი	მთა-საბ.	სულო	ამბრო-ლაური	სახ-ხერე	ყვარე-ლი
1991	25.8	27.5	29.0	34.0	30.2	34.7	40.5	37.8	37.8
1992	23.9	25.5	30.0	32.0	26.4	34.6	34.7	33.8	33.2
1993	26.8		29.1	34.5	27.6	36.4	39.0	36.5	33.0
1994	25.6		28.4	31.9	26.2	34.9	35.5	24.9	34.2
1995	24.3		27.8	33.3	26.8	33.6	34.0	34.4	34.9
1996	25.1		27.5	34.7	31.1	35.6	37.0	35.4	36.2
1997	26.0		29.6	33.7	29.9	35.3	37.3	36.6	34.5
1998	27.5	25.0	29.9	36.6	29.7	34.1	38.4	37.6	37.8
1999	24.0	25.9	29.2	33.5	29.7	33.6	35.8	38.1	39.2
2000	30.5	31.8	33.0	38.7	30.7	40.8	41.8	41.9	
2001	27.7	28.4	30.0	35.6	30.7	38.6	37.5	38.9	37.6
2002	23.5	27.4	27.7	30.7	26.8	34.0	35.5	37.0	35.2
2003	24.9	25.7	28.2	33.4	28.8	35.8	35.5	37.2	35.8
2004	23.2	25.8	27.5	31.8	28.4	33.8	37.0	37.5	35.2
2005	24.6	28.0	30.6	32.7	29.4	36.5	37.0	36.7	37.0



## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по проведению критического контроля результатов метеорологических наблюдений на сети станций. Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова Ленинград гидрометеоиздат 1981 г.
2. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений ВМО - № 8, 2005г.

შპა351.510

**საქართველოს მთიანი რეგიონების მეტეოროლოგიური დაკვირვებების შედეგების ანალიზი ბოლო 15 წლიანი პერიოდისათვის/გოგიშვილი ნ., ცქვიტინიძე ზ./ ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ.150-158.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

შერჩეული 9 მთიანი მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვების ბოლო (1991-2005) წლები დამუშავდა სახელმწიფო გრანტით დაფინანსებული პროექტით. მასალა ხელნაწერი წიგნაკების (მწ-1) ფორმატიდან გადაყვანილ იქნა ელექტრონულ ფორმატში, ჩაუტარდა კრიტიკული კონტროლი, რის შედეგად მიღებულ იქნა მეტეოროლოგიური ცხრილები. შედეგების (კონკრეტულად ტემპერატურის) ანალიზიდან მიღებულია დასკვნები, რომ ბოლო წლების ფაქტიური მონაცემებით აღინიშნა ტემპერატურის მატება, დათბობა.

UDC 551.510

**ANALYZE OF GEORGIAN MOUNTAINOUS REGIONS METEOROLOGICAL OBSERVATIONS RESULTS FOR LAST 15 YEARS PERIOD./Gogishvili N., Tskvitinidze Z./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 150-158. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

Observations For selected 9 meteorological mountainous stations for last 15 years (1991-2005) was possessed within national financial supported project. Data from paper was processed into electronic formats, was processed all stage data quality control after that was gotten meteorological tables. Depend on the last factual data's (exactly temperature) we get conclusion that characteristics temperatures increase

УДК 551.510

**АНАЛИЗ ИТОГОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ ГРУЗИИ ЗА ПОСЛЕДНИЙ 15 ЛЕТНИЙ ПЕРИОД /Гогошвили Н.Л., Цквитинидзе З.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 150-158. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

Метеорологические наблюдения выборочных 9 горных метеорологических станций за последних 1991-2005 годов обработаны финансированием проекта Государственного гранта. Данные из форматов рукописных книжек (км-1) переведены в электронный формат.Проведен критический контроль и получены метеорологические таблицы. Анализ итогов (конкретно температуры) показывает рост температуры, потепление.

*ჩოგოვაძე, ი.<sup>1</sup> ცქეტინიძე ზ.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო  
<sup>2</sup>გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*

უაკ 551.510.

**ატმოსფეროს ცირკულაციურ თავისებურებათა გამოგვინა  
საქართველოს მთიანი რეგიონებისათვის**

**1. შესავალი**

საქართველოს მთიანი რეგიონებისათვის დამახასიათებელი ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესები, ძირითადად ვითარდებიან ევრაზიის სივრცეში მიმდინარე ფართომასშტაბიანი ცირკულაციური პროცესების ზეგავლენითა და მათთან მჭიდრო კავშირში[1-2]. ამ მხრივ შეიძლება გამოყოფილი იქნეს ცირკულაციური პროცესების ძირითადი ტიპები, რომლებიც უმეტესწილად განსაზღვრავენ ამინდის პირობების განვითარებას საქართველოში. ესენი არიან – დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ცირკულაციური პროცესები, ანტიციკლონური მდგომარეობა ამიერკავკასიაში და ტალღური პროცესები ატმოსფერულ ფრონტებზე ამიერკავკასიის სამხრეთში. გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, ამიერკავკასიაში ჰაერის მასების დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან ერთდროულად შემოჭრის პროცესიც. ქვემოთ მოცემულია აღნიშნული ცირკულაციური პროცესების დახასიათება და მათთან დაკავშირებული ამინდის პირობების განვითარება საქართველოში.

**2. დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესები**

დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე დამახასიათებელია შემდეგი ფართომასშტაბიანი ცირკულაციური სიტუაციებისთვის:

**პირველი სიტუაცია.** ევროპის ჩრდილო-დასავლეთი და ცენტრალური რაიონებიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ გადაადგილდებიან ციკლონები, რომელთა ზურგში არსებული მაღალი ატმოსფერული წნევის თხემები აღწევენ რა შავ ზღვამდე, განაპირობებენ ჰაერის მასების შემოჭრას საქართველოს ტერიტორიაზე დასავლეთის მხრიდან. დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესის პირველი სიტუაციის განმეორადობა წელიწადში ყველაზე მეტია და 43%-ს შეადგენს.

**მეორე სიტუაცია.** ამ სიტუაციის განმეორადობაც ასევე მაღალია (41%). მისთვის დამახასიათებელია ხმელთაშუა ზღვის ციკლონების მოძრაობა ამიერკავკასიაზე გავლით - ჩრდილო-აღმოსავლეთისკენ. ამ დროს დასავლეთ ევროპაზე მდებარე ანტიციკლონის თხემი იწვევს ინტენსიურ გავრცელებას ციკლონის ზურგში და იწვევს ატმოსფერული წნევის



მკვეთრ ზრდას შავ ზღვაზე, რაც ხდება მიზეზი საქართველოში ჰაერის მასების გავრცელებისა დასავლეთიდან.

**მესამე სიტუაცია.** ამ სიტუაციის დროს, რომელიც ხასიათდება ბევრად უფრო ნაკლები განმეორადობით (7%), საქართველოს ტერიტორიაზე ჰაერის მასების შემოჭრა ხორციელდება დასავლეთის მხრიდან ციკლონების ზურგში, რომლებიც დასავლეთ და აღმოსავლეთ ევროპის ცენტრალურ რაიონებში მოძრაობენ დასავლეთიდან და სამხრეთ-დასავლეთიდან. ეს ციკლონები გამოირჩევიან საკმაოდ შორს, კასპიის ზღვამდე წამოწეული დაბალი წნევის ღარებით, რაც ხდება მიზეზი ჰაერის მასების გავრცელებისა შავი ზღვიდან კასპიის ზღვის მიმართულებით.

**მეოთხე სიტუაცია.** ამ ცირკულაციური სიტუაციის განმეორადობაც შედარებით დაბალია (9%) ეს სიტუაცია იმით ხასიათდება, რომ დაიკვირვება ციკლონების მოძრაობა კავკასიაზე გავლით. მათ ზურგში, როგორც წესი, ადგილი აქვს აღმოსავლეთ ევროპაზე მდგარი ანტიციკლონის თხემის გავრცელებას სამხრეთის მიმართულებით. ამის შედეგად შავ ზღვაზე ფორმირდება მაღალი ატმოსფერული წნევის არე, რაც ასევე ხდება მიზეზი ჰაერის მასების შემოჭრისა საქართველოს ტერიტორიაზე დასავლეთის მხრიდან.

დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესის განვითარების დროს საქართველოში ატმოსფეროს ქვედა ფენებში დაიკვირვება სამხრეთ-დასავლეთის, დასავლეთისა და ჩრდილო-დასავლეთის ქარები. ზედა ფენებში კი, როგორც წესი, ადგილი აქვს სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ქარების თანდათანობით შემობრუნებას დასავლეთისა და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარებზე, რაც დაკავშირებულია დაბალი წნევის ღარის გადაადგილებასთან დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ.

დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარების შემთხვევაში, შავი ზღვის მხრიდან საქართველოს ტერიტორიაზე იწყებს გავრცელებას შედარებით ცივი ჰაერის მასები. ამ დროს მოდის ნალექები და აღინიშნება დასავლეთის მიმართულების ძლიერი ქარები. მნიშვნელოვნად მკვეთრ აცივებასა და ბევრად მეტი რაოდენობის ნალექების გამოყოფას ადგილი აქვს დასავლეთ საქართველოში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში, როგორც წესი, დაიკვირვება დასავლეთისა და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ძალიან ძლიერი ქარები.

დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განმეორადობა სეზონების მიხედვით შემდეგია: გაზაფხულზე 31%, ზაფხულში 23%, შემოდგომაზე 27%, ზამთარში 19%. როგორც ვხედავთ, აღნიშნული პროცესები უფრო ხშირად გარდამავალ სეზონებში დაიკვირვებიან.

### **3. აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესები**

აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე დამახასიათებელია შემდეგი ფართომასშტაბიანი ცირკულაციური სიტუაციებისთვის.

**პირველი სიტუაცია.** ევროპის ჩრდილო და ცენტრალური რაიონებიდან ადგილი აქვს ანტიციკლონების გადაადგილებას სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით. მაღალი ატმოსფერული წნევის თხემი ინტენსიურად ვრცელდება კასპიის ზღვაზე, რის გამოც აქ სწრაფად იზრდება ატმოსფერული წნევა, ვიდრე ამას ადგილი აქვს ამიერკავკასიის შიდა რაიონებში და შავი ზღვის აკვატორიაზე. შედეგად, ამიერკავკასიაში და მათ შორის საქართველოშიც იწყება ჰაერის მასების გავრცელება აღმოსავლეთიდან, კასპიის ზღვის მხრიდან. ამ ცირკულაციური სიტუაციის განმეორადობა ყველაზე მაღალია და 45%-ს შეადგენს.

**მეორე სიტუაცია.** ევროპის აღმოსავლეთ ნაწილში, ციკლონების გააქტიურების შემთხვევაში, ჩრდილოეთიდან მათ ზურგში იწყებს გავრცელებას ანტიციკლონის თხემი, რომელიც თანდათან ეშვება კასპიის ზღვაზე და ხელს უწყობს აქ ახალი ატმოსფერული წნევის არის ჩამოყალიბებას. ეს, შემდგომ ასევე მიზეზი ხდება ამიერკავკასიაში და მათ შორის საქართველოშიც, ჰაერის მასების გავრცელებისა აღმოსავლეთიდან, კასპიის ზღვის მხრიდან. ამ ცირკულაციური სიტუაციის განმეორადობაც საკმაოდ მაღალია და 32%-ს შეადგენს.

**მესამე სიტუაცია.** ამ სიტუაციისათვის დამახასიათებელია ციმბირის ანტიკლინის თხემის გავრცელება დასავლეთის მიმართულებით კასპიის ზღვამდე, რაც ბუნებრივია ამ რეგიონში იწვევს ატმოსფერული წნევის მკვეთრ მომატებას. როგორც წესი, ამ დროს მცირე აზიასა და შავ ზღვაზე დაიკვირვება დაბალი ატმოსფერული წნევის არე, რაც ხელშემწყობი პირობა ხდება კასპიის ზღვის მხრიდან, საქართველოს ტერიტორიის გავლით, ჰაერის მასების გავრცელებისათვის შავი ზღვის მიმართულებით. მესამე სიტუაციის განმეორადობა ყველაზე მცირეა და 23%-ს შეადგენს.

ამრიგად, აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარება ამიერკავკასიაში დაკავშირებულია ჩრდილო და ცენტრალური ევროპიდან, აგრეთვე კასპიის ზღვის აღმოსავლეთიდან ანტიკლინის თხემის გავრცელებასთან კასპიის ზღვაზე, რაც აქ იწვევს ატმოსფერული წნევის ინტენსიურ ზრდას. ამის გამო, ამიერკავკასიაში ჰაერის მასები იწყებენ მოძრაობას აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ და საქართველოში ხორციელდება ე.წ. აღმოსავლეთის შემოჭრა. აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარების დროს საქართველოში ატმოსფეროს ქვედა ფენებში დაიკვირვება სამხრეთ-აღმოსავლეთის, აღმოსავლეთისა და ჩრდილო-აღმოსავლეთის ქარები. ზედა ფენებში, გარკვეულ სიმაღლეზე, შენარჩუნებულია აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები.

აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარების შემთხვევაში, საქართველოს ტერიტორიაზე ჰაერის მასების გავრცელება ხორციელდება კასპიის ზღვის მხრიდან. აქედან გამომდინარე, შედარებით მკვეთრი აცივება და უფრო მეტი რაოდენობის ნალექების გამოყოფას ადგილი აქვს აღმოსავლეთ საქართველოში, ხოლო დასავლეთ

საქართველოში, როგორც წესი, დაიკვირვება აღმოსავლეთის მიმართ-  
ულების ძლიერი, ზოგჯერ კი ძალიან ძლიერი ქარები.

აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განმეორადობა  
სეზონების მიხედვით შემდეგია: გაზაფხულზე 46%, ზაფხულში 0%, შემ-  
ოდგომაზე 27%, ზამთარში 27%. როგორც ვხედავთ, აღმოსავლეთის ტი-  
პის ცირკულაციური პროცესების ყველაზე მეტი განმეორადობა გაზაფ-  
ხულის სეზონზე მოდის, ხოლო ზაფხულში ის საერთოდ არ აღინიშნება.

#### **4. ანტიციკლონური მდგომარეობა ამიერკავკასიაში**

ჰაერის მასების დასავლეთიდან ან აღმოსავლეთიდან შემოჭრის პრო-  
ცესის დასკვნით სტადიაში, ამიერკავკასიის ცენტრალურ ნაწილში, რო-  
გორც წესი ყალიბდება მაღალი ატმოსფერული წნევის არე (ადგი-  
ლობრივი ანტიციკლონი). ამ ცირკულაციური წარმონაქმნის განვითარ-  
ებას ძირითადად ხელს უწყობს ამიერკავკასიის ოროგრაფიული პირო-  
ბები. აქ მნიშვნელოვან როლს თამაშობს კერძოდ ის, რომ ამიერკავ-  
კასიის ცენტრალური, რამდენიმე ვაკე ნაწილი, გარშემორტყმულია დიდი  
და მცირე კავკასიონის მთათა სისტემებით.

ამიერკავკასიაში ანტიციკლონური მდგომარეობის დროს საქართვე-  
ლოს ტერიტორიაზე უმეტესწილად დაიკვირვება ამ ბარიული წარმონა-  
ქმნისათვის ძირითადად დამახასიათებელი, მცირედრუბლიანი და მშრალ-  
ი ამინდები. შედარებით სუსტი ქარების ფონზე დაიკვირვება – ზამ-  
თარში ჰაერის დაბალი, ზაფხულში კი მაღალი ტემპერატურები, პირველ  
ყოვლისა ქვეყნის შიდა რაიონებში. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზაფხულის  
პერიოდში, ნიადაგის გადახურების გამო, მაღალი ატმოსფერული წნევის  
ფონი დღის განმავლობაში იშლება და ყალიბდება დაბალი ატმოსფერ-  
ული წნევის არე, რაც თავის მხრივ ხელშემწყობი პირობა ხდება ად-  
გილობრივი გროვა-საწვიმარი ღრუბლების განვითარებისათვის.

ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ანტიციკლონური მდგომარეობის ჩამ-  
ოყალიბებას ყველაზე ხშირად ადგილი აქვს შემოდგომისა და ზამთრის  
სეზონში (შესაბამისად - 35% და 30%), შედარებით დაბალი კი, გაზაფ-  
ხულისა და ზაფხულის სეზონში (17 - 18%).

#### **5. ტალღური პროცესები ატმოსფერულ ფრონტზე**

ტალღური პროცესების განვითარებაში იგულისხმება ამიერკავკასიის  
სამხრეთით მდებარე, სტაციონალურ ატმოსფერულ ფრონტებზე, შედარე-  
ბით მცირე ზომის ციკლონების წარმოქმნა და შემდგომი მათი გა-  
დაადგილება ჩრდილო-აღმოსავლეთის ან აღმოსავლეთის მიმართულე-  
ბით. აღნიშნული პროცესების განვითარება დაკავშირებულია აღმოსავ-  
ლეთ ევროპის ტერიტორიებიდან ცივი ჰაერის მასების სამხრეთით, საკ-  
მაოდ ღრმად გადაადგილებასთან. ასეთ შემთხვევებში, აქ სხვადასხვა  
ჰაერის მასებს შორის ყალიბდება მნიშვნელოვანი ტემპერატურული სხვა-  
ობები, რაც ხდება ძირითადი ხელშემწყობი პირობა ციკლონების გან-  
ვითარებისათვის. როგორც წესი, ტალღური პროცესები ამიერკავკასიაში  
ვითარდებიან დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ცირკულაციური პრო-

ცესების, ან ორმხრივი შემოჭრების დასრულების შემდეგ - ციკლო-  
ნების განვითარებისა და მათი გადაადგილების ადგილებში აღინიშნება  
ქარებისა და ნალექწარმოქმნელი პროცესების მკვეთრი გაძლიერება,  
წლის თბილ პერიოდში ადგილი აქვს ჭექა-ქუხილის განვითარებას,  
სეტყვის მოსვლას. ზოგადად, ტალღური პროცესების მიმდინარეობის  
დროს, ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ცვლილებები საქართვე-  
ლოს ტერიტორიაზე, არ აღინიშნება. უნდა ითქვას ისიც, რომ ტალღური  
პროცესების განვითარებამ, ცალკეულ შემთხვევაში, შეიძლება გამოი-  
წვიოს დასავლეთის ან აღმოსავლეთის ტიპის პროცესების ხელახალი  
გააქტიურება. ტალღური პროცესების განვითარების განმეორადობა  
სეზონების მიხედვით შემდეგია: ზამთარში 12%, გაზაფხულზე 22%,  
ზაფხულში 44%, შემოდგომაზე 22%.

ცხრილი 1. დღელამური ნალექების ალბათური სიდიდეები (მმ)

საქართველოს რეგიონები	დასავლეთის პროცესის სიტუაციები			
	I	II	III	IV
დასავლეთი	15-30	10-45	5-12, შემოდგ. 15-30	10-20
აღმოსავლეთი	1-7	5-15	0-3	4-10
	აღმოსავლეთის პროცესის სიტუაციები			
დასავლეთი	უნალექო	უნალექო	უნალექო	
აღმოსავლეთი	0-4	0-3	0-3, ზოგან 0-1	
	ტალღური პროცესების სიტუაციები			
დასავლეთი	1-3	0-6		
აღმოსავლეთი	2-5	0-5		
	მთებში 10-20	მთებში 10-20		
	ორმხრივი პროცესი			
დასავლეთი	10-20			
აღმოსავლეთი	10-20			

**6. დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან ჰაერის მასების ერთდროულად შემოჭრა საქართველოში**

ამიერკავკასიაში, გაბატონებულ ატმოსფერულ ცირკულაციურ პროცესებთან ერთად, აგრეთვე დაიკვირვება ე.წ. ორმხრივი შემოჭრის პროცესები (დასავლეთისა და აღმოსავლეთის მხრიდან ჰაერის მასების ერთდროულად შემოჭრა). ამიერკავკასიაში ორმხრივი შემოჭრა ვითარდება მაშინ, როცა ჩრდილოეთიდან გადმოადგილებული ანტიციკლონის ცენტრალური ნაწილის სამხრეთისკენ მოძრაობა ბლოკირდება მთავარი კავკასიონის ქედის მიერ. ამ დროს, ანტიციკლონის მხოლოდ წინა და უკანა ნაწილებს შეუძლიათ განაგრძონ გადაადგილება სამხრეთისკენ, მაშინ როცა ცენტრალური ნაწილი არ მოძრაობს. ასეთი სიტუაციის დროს შავ და კასპიის ზღვებზე თანდათანობით ყალიბდება მაღალი ატმოსფერული წნევის

არეები, ხოლო ამიერკავკასიის ცენტრალურ ნაწილში ატმოსფერული წნევა ცვლილებას თითქმის არ განიცდის. შედეგად ჰაერის მასები იწევენ მოძრაობას ამიერკავკასიის ცენტრისკენ, როგორც დასავლეთის, ისე აღმოსავლეთის მხრიდან, რის შედეგადაც საქართველოში ხორციელდება ჰაერის მასების ორმხრივი შემოჭრა. ამ დროს ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე ადგილი აქვს ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელოვან დაკლებას და შედარებით სუსტი ქარების ფონზე, ყველაგან აღინიშნება ნალექების გამოყოფა. შეიძლება ითქვას, რომ მხოლოდ ორმხრივი შემოჭრის დროს, ერთდროულად საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, დაიკვირვება ცივი და ნალექიანი ამინდები.

ცხრილი 2. მაქსიმალური ტემპერატურის ცვლილების ალბათური სიდიდეები

საქართველოს რეგიონები	დასავლეთის პროცესის სიტუაციები			
	I	II	III	IV
დასავლეთი	გაზაფხ., შემოდგ. დაკლება 7-15°C ზაფხ., ზამთარი დაკლება 3-6°C	დაკლება 5-8°C	დაკლება 7-15°C	დაკლება 4-10°C
აღმოსავლეთი	ფიონების დროს მომატება 2-4°C	დაკლება 3-10°C	ფიონების დროს მომატ. 0-2°C	ფიონების დროს მომატ. 0-2°C
აღმოსავლეთის პროცესის სიტუაციები				
დასავლეთი	მომატება 1-3°C	მომატება 2-4°C	მომატება 3-5°C	
აღმოსავლეთი	დაკლება 2-7°C	დაკლება 2-4°C	დაკლება 1-4°C	
ტალღური პროცესების სიტუაციები				
დასავლეთი	დაკლება 0-2°C	დაკლება 1-3°C		
აღმოსავლეთი	დაკლება 1-4°C	დაკლება 1-3°C		
ორმხრივი პროცესი				
დასავლეთი	დაკლება 5-10°C			
აღმოსავლეთი	დაკლება 2-7°C			

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ ამიერკავკასიის რეგიონისათვის, ორმხრივი შემოჭრების განმეორადობა სხვა პროცესებთან შედარებით ბევრად უფრო ნაკლებია.

**7. ცირკულაციური პროცესებით განპირობებული ძირითადი კლიმატური პარამეტრების ცვალებადობა**

დეკემბური ნალექები. ცხრილი 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ყველაზე მეტი ნალექები გამოიყოფა დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების დროს, განსაკუთრებით კი მეორე სიტუაციის დროს (10-45მმ). შედარებით ნაკლები რაოდენობის ნალექები გამოიყოფა ორმხრივი შემოჭრის პროცესების განვითარების დროს (10-20 მმ). ყველაზე ნაკლები რაოდენობის

ნაღებები დაიკვირვება ტალღური პროცესების განვითარების შემთხვევაში (1-3მმ), ხოლო აღმოსავლეთის ტიპის პროცესების განვითარების დროს, დასავლეთ საქართველოში ნაღებები საერთოდ არ აღინიშნება.

აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ყველაზე მეტი რაოდენობის ნაღებები აღინიშნება ტალღური პროცესების განვითარების შემთხვევაში, უპირველეს ყოვლისა - მთიან რაიონებში (10-20მმ). შედარებით ნაკლები რაოდენობის ნაღებები აქ დაიკვირვება ორმხრივი შემოჭრის პროცესების დროს (5-10მმ). დასავლეთის ტიპის პროცესების განვითარების შემთხვევაში გამოყოფილი ნაღებების რაოდენობა, სიტუაციების შესაბამისად, მკვეთრად ცვალებადია და საშუალოდ 1-დან 15მმ-მდე მერყეობს. რაც შეეხება აღმოსავლეთის ტიპის პროცესების განვითარების დროს აქ გამოყოფილ ნაღებებს, უნდა აღინიშნოს, რომ მათი რაოდენობა ძალზე მცირეა და საშუალოდ 0-დან 4მმ-დე მერყეობს.

**დღის მაქსიმალური ტემპერატურა.** ჰაერის დღის მაქსიმალური ტემპერატურის საგრძნობი დაკლება ( $3-10^{\circ}\text{C}$ -ით), დასავლეთ საქართველოში დაიკვირვება დასავლეთისა და ორმხრივი პროცესების განვითარების შემთხვევაში, ხოლო გარდამავალ სეზონში და დასავლეთის პროცესის მესამე სიტუაციის დროს - ჰაერის დღის მაქსიმალურმა ტემპერატურამ შეიძლება  $15^{\circ}\text{C}$ -ითაც კი დაიკლოს. ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურის შედარებით უმნიშვნელო დაკლებას ადგილი აქვს ტალღური პროცესების განვითარების შემთხვევაში ( $1-3^{\circ}\text{C}$ -ით). აღინიშნავთ აგრეთვე, რომ დასავლეთ საქართველოში აღმოსავლეთის ტიპის პროცესების განვითარების დროს, ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურის დაკლებას ადგილი არ აქვს. პირიქით, ძალიან ხშირად აღინიშნება მისი  $1-3^{\circ}\text{C}$ -ით მომატება, რაც უკავშირდება ამ დროს დასავლეთ საქართველოში ფიონური პროცესების განვითარებას.

აღმოსავლეთ საქართველოში, ჰაერის დღის მაქსიმალური ტემპერატურის მნიშვნელოვანი დაკლება ( $2-7^{\circ}\text{C}$ -ით), აღინიშნება აღმოსავლეთისა და ორმხრივი პროცესების განვითარების დროს. შედარებით ნაკლებ დაკლებას ( $1-4^{\circ}\text{C}$ -ით) ადგილი აქვს ტალღური პროცესების დროს.

დასავლეთის ტიპის პროცესების განვითარების შემთხვევაში აღმოსავლეთ საქართველოში უმეტესწილად დაიკვირვება ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურის მომატება ( $2-4^{\circ}\text{C}$ -ით), რაც აგრეთვე შეიძლება ახსნილი იქნეს ამ დროს აღმოსავლეთ საქართველოში განვითარებული ფიონური პროცესებით.

**ღამის მინიმალური ტემპერატურა.** ჰაერის ღამის მინიმალური ტემპერატურის ყველაზე მკვეთრი დაკლება დასავლეთ საქართველოში აღინიშნება დასავლეთის ტიპის ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესების განვითარების დროს. პირველ ყოვლისა, ჰაერის ღამის მინიმალური ტემპერატურის ( $5-10^{\circ}\text{C}$ -ით) დაკლება დამახასიათებელია გარდამავალი სეზონებისათვის. ზოგადად, წლის ყველა სეზონში ორმხრივი შემოჭრის

პროცესების განვითარების შემთხვევაში ჰაერის დამის მინიმალური ტემპერატურის დაკლება მნიშვნელოვანი სიდიდით (3-8°C-ით) ხასიათდება. დამის მინიმალური ტემპერატურის საკმაოდ უმნიშვნელო (0-2°C-ით) დაკლებას ადგილი აქვს ტალღური პროცესების ჩამოყალიბების შემთხვევაში, ხოლო აღმოსავლეთის ტიპის პროცესების განვითარების დროს, პირიქით - დასავლეთ საქართველოში, მთლიანობაში, დამით აღინიშნება ჰაერის მინიმალური ტემპერატურის მომატება 1-დან 5°C-მდე, რაც დაკავშირებულია აღმოსავლეთის პროცესების დროს აქ ფიონების განვითარებასთან.

ცხრილი 3. მინიმალური ტემპერატურის ცვლილების ალბათური სიდიდეები

საქართველოს რეგიონები	დასავლეთის პროცესის სიტუაციები			
	I	II	III	IV
დასავლეთი	გაზაფხ., შემოდგომა დაკლება 5-10°C ზაფხ., ზამთარი დაკლება 2-4°C	დაკლება 3-8°C ზამთარი 1-4°C	დაკლება 2-5°C	დაკლება 2-4°C
აღმოსავლეთი	დაკლება 0-3°C გაზაფხულზე 3-5°C ფიონების დროს მომატება 2-4°C	დაკლება 3-8°C	დაკლება 1-4°C ფიონების დროს მომატ. 1-3°C	დაკლება 1-4°C ფიონების დროს მომატ. 0-2°C
აღმოსავლეთის პროცესის სიტუაციები				
დასავლეთი	ომატება 3-5°C	მომატება 2-4°C	მომატება 1-3°C	
აღმოსავლეთი	აკლება 1-3°C	დაკლება 1-3°C	დაკლება 1-3°C	
ტალღური პროცესების სიტუაციები				
დასავლეთი	აკლება 0-2°C	დაკლება 1-3°C ზოგჯერ მომატება 0-4°C		
აღმოსავლეთი	აკლება 0-2°C ზოგჯერ მომატება 0-3°C	დაკლება 1-3°C ზოგჯერ მომატება 0-4°C		
ორმხრივი პროცესი				
დასავლეთი	დაკლება 3-8°C			
აღმოსავლეთი	დაკლება 2-4°C			

აღმოსავლეთ საქართველოში - ცხრილი 3-ის მონაცემთა ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ ჰაერის დამის მინიმალური ტემპერატურის ყველაზე მნიშვნელოვან დაკლებას ადგილი აქვს დასავლეთის ცირკულაციური პროცესების განვითარების შემთხვევაში, განსაკუთრებით, მეორე სიტუაციის დროს (3-8°C-ით). საკმაოდ მნიშვნელოვანია აგრეთვე ჰაერის დამის მინიმალური ტემპერატურის დაკლება ორმხრივი შემოჭრის

პროცესის განვითარების შემთხვევაში, რაც საშუალოდ 2-4°C-ს შეადგენს. ტადღური ცირკულაციური პროცესების დროს, როგორც წესი, ჰაერის ღამის მინიმალური ტემპერატურის დაკლება 1-3°C-ის

ფარგლებში მერყეობს, ცალკეულ შემთხვევაში კი ადგილი აქვს აღნიშნული ტემპერატურის მომატებას 0-4°C-ით. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ჰაერის ღამის მინიმალური ტემპერატურის მატება (2-4°C-ით) აღინიშნება დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების დროს, როდესაც აქ ადგილი აქვს ფიონების განვითარებას.

## ლიტერატურა-ЛИТЕРАТУРА-REFERENCES

1. ჩოგოვაძე ი., მიქაშავიძე ბ., ტატიშვილი მ. ცირკულაციური პროცესები და ნალექების ანომალიები საქართველოში. ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის შრომები. 2001 – ტ. 104. გვ. 24-32
2. Папинашвили К. И. Атмосферные процессы в Закавказье и их связь с макроциркуляционными процессами над Евразией Л. Гидрометеиздат, 1963. 183 с.

შპპ 551.510.

**ახმოსუმროს ცირკულაციურ თავისებურებათა გამომვლენა საქართველოს მთიან რეგიონებში**/ჩოგოვაძე ი., ცქვიტინიძე ზ./ჰმ-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 159-167.- ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

გაანალიზებულია საქართველოს მთიანი რეგიონებისათვის დამახასიათებელი ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესები, რომლებიც ძირითადად ვითარდებიან ევრაზიის სივრცეში მიმდინარე ფართომასშტაბიან ცირკულაციურ პროცესებთან მჭიდრო კავშირში. დეტალურადაა განხილული ამ ცირკულაციური პროცესებიდან გამოყოფილი 4 ძირითადი ტიპი

UDC 551.510.

**REVEALING OF CIRCULATING FEATURES OF GEORGIA'S MOUNTAIN REGIONS./Chogovadz I., Tskvitinidze Z./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 159-167. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

Atmospheric circulation processes, characterizing Georgia's mountain regions have been analyzed, which basically are developed under influence of large-scale circulation processes proceeded in the euro-Asian space. In details examined 4 basic type allocated from these circulating processes

УДК 551.510.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ ГРУЗИИ./ Чоговадзе И. В., Цквитинидзе З.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 159-167. – Груз.; Рез. Груз., Анг.,Рус.**

Анализируются атмосферные циркуляционные процессы, характерные для горных регионов Грузии, которые в основном развиваются под влиянием крупномасштабных циркуляционных процессов протекающие в евро-азиатском пространстве. Детально рассматриваются 4 основных типа, выделенных из этих циркуляционных процессов.



*ცხაკაია ჯ., ცქვიტინიძე ზ.*  
*გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*

უაკ 551.510

**მთიანი რეგიონების აბროკლიმატური თავისებურებები**

**შესავალი**

აგროკლიმატური რესურსები, სხვა ბუნებრივ რესურსებთან ერთად (ტყე, წყალი, წიაღისეული და სხვ.) ქვეყნის ეროვნული სიმდიდრეს წარმოადგენს. ამავე დროს განსხვავებით სხვა ბუნებრივი რესურსებისაგან, კლიმატური რესურსები პრაქტიკულად მუდმივია. მათ კვალიფიციურ(ობიექტურ) შეფასებას და რაციონალურ გამოყენებას ადამიანის საქმიანობის მრავალ სფეროში (აგროსამრეწველო კომპლექსი, ტურიზმი, კომუნალური სექტორი და სხვა) უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

აგროკლიმატური რესურსების რაოდენობრივ შეფასებას განსაკუთრებით დიდი როლი ენიჭება ჩვენი ქვეყნისათვის, თავისი რთული ფიზიკო-გეოგრაფიული პირობებითა და მრავალფეროვანი სასოფლო-სამეურნეო კულტურებით. ეს კი მოითხოვს ქვეყნის ტერიტორიაზე ზონალური (რეგიონალური) და ვერტიკალური მიმართულებით მცენარეთა ჯიშების ეკოლოგიურად მიზანშეწონილ გაადგილებას, დიფერენცირებულ აბროტექნიკურ და ტექნოლოგიურ ღონისძიებათა შემუშავებას და ამ პროცესში ცალკეული რეგიონების კლიმატურ თავისებურებათა მაქსიმალურ გათვალისწინებას.

მოცემულ ნაშრომში განხილულია მთიანი აჭარა-გურიის, სამცხე-ჯავახეთისა და თრიალეთის ტერიტორიის, აგრეთვე დიდი კავკასიონის ქედის სამხრეთი კალთების საქართველოს მონაკვეთის ძირითადი კლიმატური თავისებურებანი და აქ გავრცელებულ სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ზრდა-განვითარების პირობები (როგორც ხელშემწეობი, ასევე ხელშემშლელიც). წარმოდგენილი ფაქტიური მრავალწლიანი მონაცემები დაეხმარება სოფლის მეურნეობის ამა თუ იმ დარგის მუშაკებს (ფერმერებს) და სპეციალისტებს თავისი სტრატეგიული და ტაქტიკური ღონისძიებების განხორციელებისას, გამოიყენონ აქ წარმოდგენილი ფაქტობრივი(ობიექტური) მასალები. განხილული საკითხები და შედეგები წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული აღნიშნულ რეგიონებში ამა თუ იმ დარგის განვითარების მიზნით გაწეული ინვენსტირების საიმედოების შეფასების მხრივაც.

**2.ძირითადი კლიმატური მახასიათებლები**

აჭარა-გურია, სამცხე-ჯავახეთი და თრიალეთი. მზის ნათების ხანგრძლიობა მთიან აჭარასა და გურიაში 2000-2100 საათამდეა წლიურად. მზის ნათების უფრო მეტი ხანგრძლიობით გამოირჩევა

ჯავახეთის პლატო და ასპინძა-ახალციხე, სადაც ეს მჩვენებელი 2300-2500 საათამდეა.

ამ მთიან რეგიონში, ჰაერის ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდა, ე.ი. სხვაობა უცივესი და უთბილესი თვეების საშუალო ტემპერატურებს შორის - საკმაოდ დიდ დიაპაზონში მერყეობს. საშუალო დღე-ღამური ტემპერატურის 0°C გადასვლა ახასიათებს ზამთრის დასაწყისსა და დასასრულს. მოცემულ ტერიტორიაზე ყველაზე ადრე ზამთარი იწყება მთიანი აჭარა-გურიის ტერიტორიაზე 23 ნოემბრიდან 3 აპრილამდე (ბახმარო) და ხანგრძლივობა 133 დღეს შეადგენს. აღმოსავლეთის მიმართულებით - სამცხესა და თრიალეთში ყველაზე გვიან ზამთარი იწყება 15.XII-ს, მთავრდება 24II-ს, ხანგრძლივობა 71 დღეს შეადგენს (ბორჯომი). ჯავახეთის პლატოზე ეს მჩვენებელი ადგილის სიმაღლის მატებასთან ერთად იცვლება და განიცდის ზრდას. ასე მაგ. ახალციხეში (982 მ) ზამთრის ხანგრძლივობა 81 დღეს, ადიგენში 88, წალკაში (1465 მ) 112 დღეს, ახალქალაქში 116, ხოლო როდიონოვკაში (2100მ) 151 დღემდე აღწევს.

მნიშვნელოვანი კლიმატური მახასიათებელია ტემპერატურის 5°C გადასვლა გაზაფხულსა და შემოდგომაზე. იგი ახასიათებს ბალახოვან მცენარეულსა და საშემოდგომო მარცვლეული კულტურების ვეგეტაციის დასაწყისსა და დასასრულს. მოცემულ ტერიტორიაზე ეს პერიოდი მთიან აჭარაში(ხულო) დგება 20 მარტამდე, ხოლო შემოდგომით 5°C დაბლა ჩამოდის 1-5 XII ს. პერიოდი შეადგენს 260-265 დღეს. აჭარა-გურიის მაღალმთიან ზონაში (ბახმარო) ეს პერიოდი მხოლოდ 177 დღეა (28 IV-23 X). აღმოსავლეთით სამცხე-თრიალეთსა და ჯავახეთში ადგილის სიმაღლის ზრდასთან ერთად, შესაბამისად იცვლება აღნიშნული პერიოდის ხანგრძლივობა. ასე მაგ. ბორჯომში იგი 230 დღემდე, ადიგენში 221 დღე, ხოლო ცხრაწყაროში მხოლოდ 122 დღეა.

დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობისაა წაყინვების შეწყვეტისა (გაზაფხული) და დადგომის(შემოდგომით) ვადების განაწილება. ვეგეტაციის დაწყების პერიოდში (აქტიური ვეგეტაციის დრო) წაყინვას შეუძლია საკმაოდ დიდი ზიანი მიაყენოს მცენარეს. (განსაკუთრებით სითბოს მოყვარულებს), განსახილველ ტერიტორიაზე გაზაფხულზე ყველაზე ადრე უკანასკნელ წაყინვას ადგილი აქვს მთიანი აჭარა-გურიის შედარებით დაბალ ნაწილში. ხულოში ბოლო ყინვებს ადგილი აქვს საშუალოდ 7-14 აპრილს, ხოლო შემოდგომით 6 XI (ხულო), უყინვო პერიოდი შესაბამისად 205 დღეა. მაღალმთიანეთში(ბახმარო) უკანასკნელ წაყინვებს შეიძლება ჰქონდეს ადგილი 26 მაისს და უფრო გვიანაც, ხოლო პირველი ყინვები საშუალოდ მყარდება 28 სექტემბრიდან. უყინვო პერიოდი საშუალოდ აქ 124 დღეა.

სამცხე-თრიალეთსა და ჯავახეთში უკანასკნელი ყინვები საშუალოდ წყდება 22-25 აპრილიდან(ბორჯომი), მესხეთის ქვაბურში 20-25 აპრილს (ახალქალაქი, ადიგენი-ასპინძა), წალკა-ახალქალაქის ზონაში

2 მაისიდან 15 მაისამდე, ხოლო უფრო მაღლა - ტაბაწყურსა და ცხრაწყაროში, საშუალოდ არ წყდება ბოლო ყინვები 24 მაისიდან 15 VI-მდე. აქ შესაბამისად უყინვო პერიოდი ყველაზე მცირეა და ეს პერიოდი 89-125 დღეს არ აღემატება.

საკვლევი ტერიტორიის ბუნებრივი დანესტიანება (ატმოსფერული ნალექი) საკმაოდ არათანაბარია და განიცდის შემცირებას დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით. მთიანი აჭარა-გურიის ტერიტორიაზე ნალექების წლიური რაოდენობა 600-900 მეტრზე საშუალოდ შეადგენს 1000-1300 მმ. მაღალმთიან ბახმაროში იგი 1870 მმ-მდე იზრდება. ტერიტორიის ცენტრალურ ნაწილში სამცხე-თრიალეთსა და ჯავახეთის პლატოზე საკმაოდ შემცირებულია და იცვლება ძირითადად 550-670 მმ ფარგლებში. ე.ი. სიმაღლის ზრდასთან ერთად მცირედ იცვლება, რაც ამ ტერიტორიაზე მერიდიონალურად განლაგებული ქედების (ჯავახეთის, სამხარის) გავლენის შედეგია. წლიური ნალექების საკმაოდ დიდი რაოდენობა მოდის ბაკურიან-ცხრაწყაროს ზონაში (900 -1300 მმ), რაც აქ დასავლეთის ნოტიო ჰაერის მასების შემოჭრისა და მოქმედების შედეგია.

დიდი კავკასიონის დასავლეთ ნაწილის სამხრეთი კალთები. მზის ნათების ხანგრძლივობა იცვლება 2000<sup>0</sup> საათიდან (აფხაზეთისა და სვანეთის მთიანი ტერიტორია) 2300-2400 საათამდე იმერეთის ზეგანი. ყველაზე ცივი თვის(იანვარი) ტემპერატურა მოცემულ ტერიტორიაზე ძირითადად (-0.8)-(-0.9)<sup>0</sup>C-დან (-11)-(-12)<sup>0</sup>C-ით იცვლება დაბალმთიან ზონასა და მაღალმთიან ზონას შორის. უთბილესი თვის (ივლისი) საშუალო ტემპერატურა 21<sup>0</sup>C-დან (დაბალი ზონა) 7-16<sup>0</sup> C-მდე მცირდება(შოვი, მამისონი). უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა 215 დღიდან (დაბალმთიანი) 70-150 დღემდე მცირდება(მამისონი, შოვი). საშუალო აბსოლუტური მინიმუმი ტერიტორიის დიდ ნაწილზე (-10), (-29)<sup>0</sup>C-მდე მერყეობს. ნალექების რაოდენობა მცენარეთა აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში 600-700-დან 940-1220 მმ ფარგლებშია. ყველაზე მეტი სიმშრალით რაჭა – ლეჩხუმი და განსაკუთრებით საჩხერე – კორბოულის ზონები ხასიათდება. გვაღვიანობის მაჩვენებელი რეგიონის ტერიტორიაზე შეადგენს: იმერეთის ზონაში – საშუალოდ ინტენსიურს(60-100%) და ინტენსიურს(35-85%). 10<sup>0</sup>C-ით მეტი აქტიურ ტემპერატურათა ჯამებით ტერიტორიის მოცემული ნაწილი ხასიათდება 1200-1500<sup>0</sup>C-დან 3500-3800<sup>0</sup>C-მდე.

დიდი კავკასიონის ცენტრალური ნაწილის სამხრეთი კალთები. ამ რეგიონის დაბალი ზონა ხასიათდება 10<sup>0</sup>C-ზე მეტი ტემპერატურათა ჯამით: 3000-3500<sup>0</sup>C. თბილ პერიოდში (აპრილი – ოქტომბერი) თვის საშუალო ტემპერატურა მერყეობს 8-22<sup>0</sup> ფარგლებში, ხოლო ცივ პერიოდში (ნოემბერი - მარტი) ტემპერატურა მცირდება (-2.0)-(-5.5)<sup>0</sup>C-ის ფარგლებში. კიდევ უფრო მაღალ ზონაში (1500-1700 მ.ზ.დ.) (-4.2)-(-6.8)<sup>0</sup>C-ის ფარგლებში.

საშუალო აბსოლიტური მინიმუმებიდან (-14)–(-17)<sup>0</sup>C-დან (-20) – (-22)<sup>0</sup>C-მდე (დაბალმთიანი ზონა), (-23)–(-26)<sup>0</sup>C-მდე (მაღალმთიანი ზონა).

დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდობების შიდა ქართლის აღმოსავლეთი ნაწილი, წარმოდგენს ზღვის დონიდან მთლიანობაში უფრო მაღალ ტერიტორიას და კლიმატური პირობებიც აქ შედარებით მკაცრია. რელიეფი აქ წარმოდგენილია ძირითადად ლომისა - ალექვის, გუდამაყრის, ქართლისა და კახეთის ქედებით. ტერიტორიის ქვედა ზონაში ზომიერად ცივი და ზომიერად ნოტიო კლიმატია. ზაფხული ხანგრძლივია და თბილი. საშუალო მთიან ზონაში ზომიერად ნოტიოა, ცივი ზამთრითა და ხანგრძლივი გრილი ზაფხულით. თერმული რესურსები ტერიტორიის დაბალ ნაწილში შეადგენს 2500-3000<sup>0</sup>C, ხოლო უფრო ზემოთ - საშუალო და მაღალმთიან ზონაში, მცირდება 100<sup>0</sup>C-დან 500<sup>0</sup>C -მდე. 15<sup>0</sup>C მეტი ტემპერატურათა ჯამები ამ ზონაში აღარ გროვდება. თბილ პერიოდში (IV-X) ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურა დაბალ და საშუალო ზონაში იცვლება 7.0-18.6<sup>0</sup>C-ის ფარგლებში, უფრო ზემოთ კი (-1.6)<sup>0</sup>C-დან 12.3<sup>0</sup>C-მდე. ცივ პერიოდში ჰაერის ტემპერატურა შესაბამისად იცვლება (-4.7)-დან 4.0<sup>0</sup>C-მდე და უფრო ზემოთ (-1.2)-დან (-11.4)<sup>0</sup>C-მდე. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა იცვლება 90-120 დღიდან 187-205 დღემდე. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური აბსოლუტური მინიმუმი იცვლება (-18)–(23)<sup>0</sup>C-დან (-32)<sup>0</sup>C-მდე.

მცენარეთა აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა მერყეობს 493-585 მმ-დან 980-1035 მმ-მდე.

### **3. სავეგეტაციო პერიოდის სითბოთი უზრუნველყოფა**

კლიმატური რესურსების რაციონალური გამოყენებისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების პროდუქტიულობის პოტენციალური შესაძლებლობების შეფასებისათვის აუცილებელია სავეგეტაციო პერიოდის სითბური რესურსების შეფასება. ასეთი შეფასების მეცნიერულ საფუძველზე ჩატარება მხოლოდ იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, როცა სითბურ-კლიმატურ რესურსებთან ერთად ვიცით მცენარეთა, ცალკეული ჯგუფების ეკოლოგიური მოთხოვნილება აღნიშნული სითბური პირობებისადმი(რა პერიოდი და რა რაოდენობის სითბო სჭირდებათ ნორმალური ვეგეტაციისა და მაქსიმალური პროდუქტიულობის უზრუნველსაყოფად). ეს პრობლემა ზოგადად გადაჭრილია, თუმცა ცალკეული კულტურებისა და რეგიონების შესაბამისად, ბიოლოგიური და კლიმატური თავისებურებებიდან გამომდინარე, კვლავ ზუსტდება და იხვეწება ზემოაღნიშნულ პრობლემასთან დაკავშირებული რეგიონალური საკითხები.

საკვლევი ტერიტორიები, იმის გამო, რომ როგორც ჰორიზონტალურად, ასევე განსაკუთრებით, ვერტიკალური მიმართულებით დიდი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა, შესაბამისად სითბური რესურსებისა და

სავეგეტიაციო პერიოდის ხანგრძლიობის დიდი სიჭრელით ხასიათდება(ცხრ.1).

ცხრილი 1. საქართველოს მთიანი რეგიონების ტემპერატურული რეჟიმი (სავეგეტიაციო პერიოდის სითბური უზრუნველყოფით)

პუნქტი	H		გადასვლა 10°C-ზე			ჭაყინვა		უყინვო პერიოდი
	ს.დ.	>10°	გაზაფხ.	შემოდგ.	ჩერიოდი	გაზაფხ.	შემოდგ.	
აჭარა-გურია, სამცხე-ჯავახეთი და თრიალეთი								
ქელა	256	3880	3.IV	14.XI	224	21.III.	4.XII	257
ხულო	923	3113	19.IV	1.XI	195	14.IV	6.XI	205
ბორჯომი	189	2890	25.IV	17.X	174	22.IV	27.X	187
ჩემი	1117	2410	4.V	10.X.	158	1.V	13.X	164
ასპინძა	1110	3000	20.IV	12.X	181	20.IV	18.X	180
ახალციხე	980	3030	20.IV	18.X	180	23.IV	20.X	179
დმანისი	1256	2470	4.V	13.X	161	20.IV	22.X	184
ადიგენი	1185	2650	29.IV	14.X	167	24.IV	18.X	176
აბასთუმანი	1265	2200	9.V	5.X	148	17.V	2.X	137
წალკა	1460	1917	16.V	30.IX	136	2.V	10.X	160
ბაკურიანი	1670	1360	29.V	22.IX	115	24.V	27.IX	125
ახალქალაქი	1700	1958	14.V	20.IX	138	18.V	22.IX	126
კარწახი	1863	1667	25.V	26.IX	123	24.V	18.IX	116
აბული	1984	1576	30.V	27.IX	119	18.V	28.IX	132
როდიონოვკა	2100	1064	17.VI	12.IX	86	25.V	21.IX	118
ბახმარო	2000	1180	11.VI	15.IX	95	26.V	28.IX	124
ტაბაჭყური	1995	1085	17.VI	13.IX	87	24.V	26.IX	124
ფოგა	2080	1160	12.VI	13.IX	92	28.V	14.IX	108
დიდი კავკასიონის ქედის სამხრეთი კალთების საქართველოს მონაკვეთი								
ლენტეხი	760	3026	20.IV	20.X	182	15.IV	22.X	189
მესტია	1440	2040	8.V	28.IX	142	3.V	2.X	151
ზაჯვარა	950	2830	22.IV	20.X	180	14.IV	4.XI	203
ამბროლაური	550	3580	11.IV	30.X	201	7.IV	12.XI	218
ლაილაში	850	2980	22.IV	24.X	184	9.IV	4.XI	208
ონი	800	3150	18.IV	23.X	187	9.IV	2.XI	206
კორბოული	800	3120	21.IV	27.X	188	16.IV	3.XI	200
მთა-საბუეთი	1240	1990	15.V	4.X	141	25.IV	25.X	182
საშური	700	3130	21.IV	23.X	184	15.IV	27.X	194
ცხინვალი	860	3050	22.IV	21.X	181	11.IV	7.XI	209
ჯავა	1110	2500	2.V	12.X	162	24.IV	21.X	179
დუშეთი	920	3050	22.IV	22.X	182	13.IV	3.XI	203
თიანეთი	1100	2560	30.IV	11.X	163	21.IV	18.X	179
გომბორი	1185	2530	3.V	13.X	162			
ბარისახო	1325	2100	10.IV	2.XI	205	25.IV	13.X	170

ასე მაგალითად, რეგიონის დასავლეთი (დაბალი) ნაწილი აჭარის დაბალმთიანი და მთიანი ზონა (ხულო) ხასიათდება 10°C ზემოთ 3115°

აქტიურ ტემპერატურათა ჯამით (ცხრ.1), ხოლო მაღალმთიან ბახ-მაროსა და ფოკაში ეს ჯამები 1150-1200<sup>0</sup>C-მდე მცირდება. უფრო მაღლა ცხრაწეაროში კი მხოლოდ 260<sup>0</sup>C-ს შეადგენს.

ცხრ.1-დან ჩანს, რომ სითბოთი უზრუნველყოფის ძირითადი მაჩვენებლები მთიან რეგიონებში ვერტიკალურად კანონზომიერად იცვლება. შესაბამისად იცვლება მცენარეთა სითბოთი უზრუნველყოფა. სიმინდის კულტურა საჭიროებს 2100-3000<sup>0</sup> (ჯიშების მიხედვით) და უზრუნველყოფილია 1300 მეტრამდე ზღვის დონიდან. კარტოფილი (ჯიშების მიხედვით) თხოულობს 1200-1800<sup>0</sup> სითბოს. მისი ზრდა – განვითარება უზრუნველყოფილია 1700-1900 მეტრამდე. ქერი საჭიროებს 1100-1500<sup>0</sup> სითბოს, რომელიც უზრუნველყოფილია ზღვის დონიდან 1600-2000 მეტრზე. ვაზის კულტურა საჭიროებს 2100-3600<sup>0</sup> ტემპერატურათა ჯამს. ქვეყნის აღმოსავლეთ ნაწილში ვაზი ყველაზე მაღლა ვრცელდება მესხეთში - 1200-1350 მეტრამდე. ცენტრალური კავკასიონის სამხრეთ კალთებზე და გარე კახეთში ვაზის სამრეწველო ჯიშები 800-900 მეტრამდე იძლევიან კონდიციურ პროდუქციას. ჩატარებული კვლევები ადასტურებს, რომ მცენარის, კერძოდ ვაზის ზრდა – განვითარებასა და პროდუქტიულობას მხოლოდ საშუალო დღე – ღამური და აქედან მიღებული აქტიური (ეფექტური) ტემპერატურათა ჯამები საკმარისი არაა.

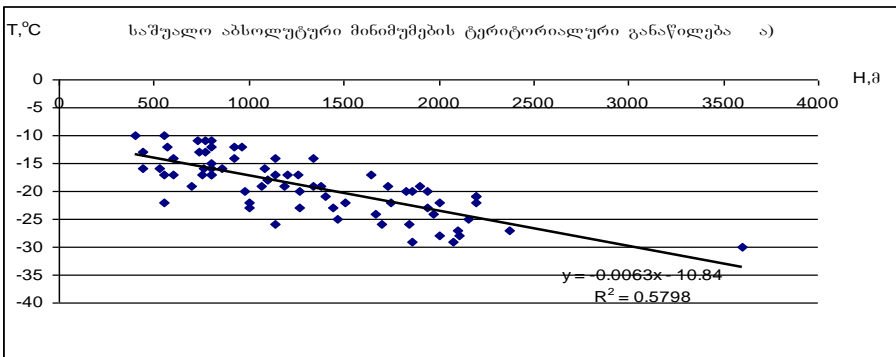
ქვეყნის მთიან რეგიონებში არაერთგვაროვანია ტემპერატურული რეჟიმი. ჩვენს მიერ დადგენილია, რომ საკმაოდ განსხვავებული პირობებია მესხეთის (ჯავახეთის) ტერიტორიასა და დანარჩენი მთიანი რეგიონებს შორის თერმული რეჟიმის მხრივ. საშუალო დღე – ღამური ტემპერატურის სტრუქტურაში აქ დღის მაღალი და ღამით შედარებით დაბალი სითბური რეჟიმი განპირობებულია ტერიტორიის ჩაკეტილობით და რადიაციული და ცირკულაციური პროცესების თავისებურებით. თუ შევადარებთ ძირითადი სითბური მაჩვენებლის აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების მნიშვნელობებს მესხეთის ტერიტორიაზე (ასპინძა, ახალციხე, ადიგენი) და შიდა ქართლის (ცენტრალურ კავკასიონი) ტერიტორიაზე (ცხინვალი, ახალგორი) დავინახავთ, რომ 10<sup>0</sup> ზემოთ სითბოს ჯამები ორივე შემთხვევაში ერთნაირია (3050-3100<sup>0</sup>). ამავე დროს დღის პერიოდში, მიუხედავად უფრო მაღალი მდებარეობისა (200-250 მეტრით მაღალია), ცხინვალთან შედარებით, სავეგეტაციო პერიოდის უმნიშვნელოვანეს მონაკვეთზე ვაზის რეპროდუქციის პერიოდში, საშუალო მაქსიმალური ტემპერატურის უფრო მაღალ მნიშვნელობებს აქვს ადგილი. სათანადო საანგარიშო ფორმულით ვითვლით ტემპერატურის საშუალო დღიურ და აქედან ტემპერატურათა დღიურ ჯამებს. მესხეთისათვის ეს ჯამები შეადგენს VII-760, IX-630, X-435 სულ 1850<sup>0</sup>. ცხინვალისათვის შესაბამისად VIII-720, IX-590, X-400 სულ 1700<sup>0</sup>. როგორც ვხედავთ ამ შემთხვევაში მესხეთის ტერიტორიაზე საგრძნობლად მაღალია დღის ტემპერატურული რეჟიმი, რომელსაც გადამწვევტი მნიშვნელობა აქვს მცენარეთა ფოტოსინთეზის, შაქრების

დაგროვებისათვის. ამ შემთხვევაში ღამის შედარებით დაბალი ტემპერატურები ხელს უწყობს შაქრების დაგროვებას, ვინაიდან დაბალ ტემპერატურაზე სუნთქვის შენელება ამცირებს შაქრების ხარჯვას.

ტემპერატურული რეჟიმის მოტანილი პარამეტრი ბიოკლიმატურად უფრო დასაბუთებულია და ვაზის ჯიშების ვერტიკალური გადაადგილების ეკოლოგიურად დასაბუთებულ აგროკლიმატურ მანქვენებელს წარმოადგენს.

### გამოზამთრების პირობები

წლიური აბსოლიტური მინიმუმების საშუალო მრავალწლიური სიდიდე წარმოადგენს საყოველთაოდ მიღებულ აგროკლიმატურ მანქვენებელს მცენარეთა (და არა მხოლოდ მცენარეთა) გამოზამთრების პირობების შეფასებისათვის. ფიზიკო – გეოგრაფიული პირობები, განსაკუთრებით რთული ოროგრაფიული და მორფომეტრიული ფაქტორები გადმწყვეტ მნიშვნელობას იძენს განსაკუთრებით მთიანი რეგიონების ყინვა – საშიშროების შეფასებისას, რადგან მოტანილი იხეზის გამო ეს მანქვენებელი დიდ ფარგლებში განიცდის მერყეობას და ტერიტორიულად და ვერტიკალური ზონალობიდან გამომდინარე მეტად აქტუალურია ამ ელემენტის პრაქტიკისათვის მისადები სიზუსტით წარმოდგენა თითოეული რეგიონისა და მიკრორაიონისათვის. ქვემოთ მოყვანილია საშუალო, აბსოლუტური მინიმუმების ტერიტორიალური განაწილების გრაფიკები (ა – საერთო განაწილება; ბ – რელიეფის ფორმების გათვალისწინებით). (ნახ.1, ნახ.2) მიღებული რეგრესიული განტოლებებით შესაძლებელია ნებისმიერი პუნქტის საშუალო აბსოლუტური მინიმუმების საკმაოდ დიდი სიზუსტით განსაზღვრა.

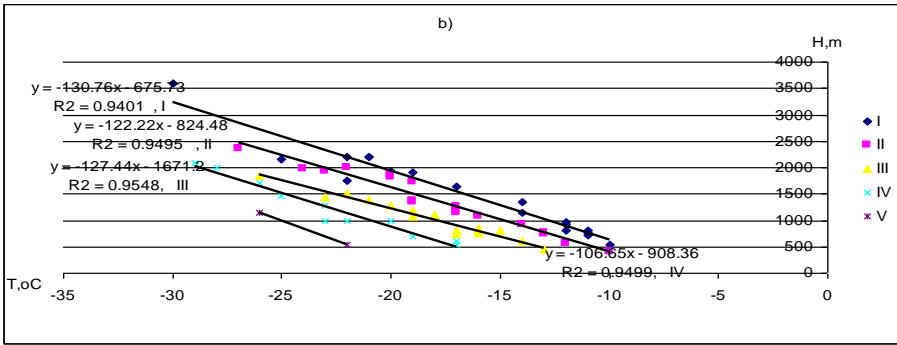


ნახ.1

### 5. ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

- მთიანი აჭარა-გურიის ტერიტორიაზე სითბური რესურსები უზრუნველყოფს სიმინდის ოპტიმალურ ზრდა-განვითარებას და მოსავლიანო-

ბას 900-1100 მეტრამდე, კარტოფილისათვის ოპტიმალური პირობები ყალიბდება 800-1500 მეტრს შეადგენს;



ნახ.2

ნახაზების პირობითი აღნიშვნები: I.თხემის (მთის) ზედა ნაწილი. II.ფერდობის ზედა ნაწილი.III.ფერდობის (ქედის) შუა ნაწილი. IV.ფერდობის (ხეობის) ძირი. V. ღრმა ჩაკეტილი ქვაბურების ძირი

- სამცხე-ჯავახეთსა და თრიალეთში თერმიული რეჟიმის უფრო მაღალი დონეა რადიაციის მატების გამო, ამიტომ აქ საგრძნობლად მაღლა იწვევს მცენარეთა ვერტიკალური საზღვრები, კერძოდ სიმინდი 1200-1300 მეტრამდეა სითბოთი უზრუნველყოფილი, კარტოფილი 1400-1700 მეტრამდე, ვაზის კულტურა მესხეთში 1300 მეტრამდეა უზრუნველყოფილი სითბოთი (ჯიშების მიხედვით);

- დიდი კავკასიონის დასავლეთი ნაწილი შავი ზღვის გავლენას განიცდის, ამიტომ ჰიდროთერმიული პირობები შედარებით დაბალი მაჩვენებლებით ხასიათდება. შედეგად აქ ვაზის კულტურა 650-700 მეტრამდე იძლევა კონდიციურ პროდუქციას, კარტოფილი 1300-1400 მეტრამდე, ხოლო სიმინდი 1000-1100 მეტრამდე მოდის;

- რაჭა-ლეჩხუმსა და იმერეთის მთიანეთში კლიმატი შედარებით მშრალია და ზომიერად კონტინენტალური. აქ სიმინდის კულტურა 1200 მეტრამდეა სითბოთი უზრუნველყოფილი. ვაზი 800-900 მეტრამდე, კარტოფილი 1400-1500 მეტრამდე ზღვის დონიდან;

- შიდა ქართლსა და კავკასიონის სამხრეთ კალთებზე ვაზის სამრეწველო ჯიშებისთვის სითბოს რესურსები საკმარისია 950-1000 მეტრამდე, კარტოფილის 1300-1500 მეტრამდე, სიმინდის კულტურა 1100 მეტრამდე;

- ბოსტნეულის კულტურა (პომიდორი, კიტრი, ბადრიჯანი) ვეგეტაციის დაწყებისთვის თხოულობს 15°C-ზე მეტ ეფექტურ ტემპერატურას, რასაც უზრუნველყოფს ტერიტორია ზღვის დონიდან 900-1200 მეტრამდე, აღსანიშნავია, რომ ზღვის დონიდან 600-700 მეტრის ზემოთ სიმაღლის მატებით მოსავლის კრეფის ჯერადობა საგრძნობლად მცირდება.



- გლობალური კლიმატის ცვლილების რეალობიდან და საერთო ტენდენციებიდან გამომდინარე, ქვეყნის ტერიტორიაზე ხდება ტემპერატურის ზრდის გავლენა მცენარეთა ზრდა-განვითარების ტემპზე და მოსავლის ხარისხზეც. უკვე უახლოეს ათწლეულებში მთელი რიგი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ბიოლოგიური ფაზების დადგომის ვადები, მოსალოდნელია 4-5 დღით ადრე დაიწყოს და მოსავლის ფორმირებაც შესაბამისად უფრო დაჩქარდეს. ეს გარემოება აუცილებელს ხდის ცალკეულ მცენარეთა ჯგუფებისათვის დიფერენცირებული შეფასებისა და პროგნოზირების გაკეთებას, განსაკუთრებით, მოსავლის ხარისხოვანი მაჩვენებლების ცვლილების თვალსაზრისით.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические ресурсы Грузии. Гидрометиздат 1978 Ленинград.
2. Ф.Ф. Давитая, О. А. Дроздов. Проблемы горной климатологии. Тбилиси 1969 г.

შპს 551.510

**მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური თავისებურებები/**ცხაკაია ჯ., ცქვიტინიძე ზ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 168-176.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური რესურსების სირცობრივი განაწილების გათვალისწინებით დადგენილია ძირითადი სასოფლოსამეურნეო კულტურების ვერტიკალურ-ობტიმალური გაადგილების საზღვრები. ვახის კულტურის რაციონალურად გაადგილების მიზნით ხაზგასმითაა ნაჩვენები დღის ტემპერატურის გადამწყვეტი როლის შესახებ. მოცემულია მინიმალური ტემპერატურის ტერიტორიად განაწილების კანონზომიერება რელიეფის ფორმებისა და ადგილის სიმაღლის მიხედვით.

UDC 551.510

**AGROCLIMATIC PECULIARITIES OF MOUNTAINOUS REGIONS.** /Tskhakaia J., Tskvitinidze Z./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 168-176.- Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Based on main agroclimatic characters spatial distribution optimal and extreme upper thresholds of main agriculture cultures are calculated. In the article necessity of day time temperatures usage is underlined. Peculiarities of mean abs. minimum temperature spatial distribution by place elevation and orography are presented. eorg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

УДК 551.510

**АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ./** Цхაკаиа Дж. Г., Цквитинидзе З. И./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 168-176. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

На основе территориального распределения основных агроклиматических показателей рассчитаны оптимальные и предельные верхние границы возделывания ведущих с/х культур. Подчеркнута важность учета дневных температур, как фактора биоклиматически обоснованного и определяющего продвижение винограда (и других культур) в горные районы

*Мелконян Д.О.*

*Государственная служба Армении по гидрометеорологии и мониторингу*

УДК551.521.3+51.001.57

## **О КЛИМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ**

### *ВВЕДЕНИЕ*

Климат является одним из основных важных факторов, определяющих состояние окружающей среды. Поэтому наблюдаемые в настоящее время его явные изменения привлекают к себе столь острый интерес как среди широкой общественности, так в научной среде.

Понятие климата некоторого района определяется как “синтез погодных условий данного района, характеризуемый долгосрочными статистическими данными (средние значения, дисперсии, вероятности экстремальных значений и т. д.) метеорологических элементов (явлений) в этом районе” [4].

Одним из основных факторов, определяющих погодные условия района, является радиационный режим его подстилающей поверхности. Поэтому для оценки современного климата и изучения трендов климатических изменений в Армении в рамках финансируемой из госбюджета НИР “Исследование радиационных ресурсов территории Армении” (2005-2007гг.) автором были предприняты создание базы данных и справочника радиационных ресурсов территории Армении, а также компьютерной модели, обобщающей полученные результаты для их широкого применения на практике.

### **МЕТОДИКА**

Сбор, систематизация и обработка 25-летних рядов актинометрических наблюдений, выполненных на сети метеостанций страны в течение 1980-2004гг., позволили произвести исследование долгосрочных данных по распределению потоков прямой, рассеянной, отраженной солнечной радиации и радиационного баланса системы земля-атмосфера, продолжительности солнечного сияния и режима облачности над территорией страны. Рассчитаны режимы сезонных вариаций коротковолнового баланса и суммарной радиации, а также приведенного к двум атмосферным массам интегрального коэффициента  $P_2$  прозрачности атмосферы и альбедо подстилающей поверхности.

По результатам выполненных в течение 1990-2004гг. регулярных наблюдений общего содержания озона над территорией Армении, сезонного

хода прозрачности атмосферы и на основании приближенного равенства коэффициента  $P_2$  монохроматическому коэффициенту прозрачности  $P_{0,55}$  для длины волны 0,55 микрон получена оценка сезонного хода значений коэффициента мутности Ангстрема для аэрозольного слоя атмосферы.

Произведено также математическое моделирование результатов исследования и экстраполяция их на территорию всей страны.

Для этого на основании данных о распределении интенсивности солнечной радиации во внеатмосферном спектре и стандартных значениях коэффициентов молекулярного рассеяния радиации в атмосфере в интервале длин волн (0,27–100) микрон [3], по стандартным значениям коэффициентов поглощения ее в озоновом слое [2] и полученным значениям коэффициента поглощения радиации в аэрозольном слое атмосферы, а также с использованием электронной карты рельефа поверхности Армении построена компьютерная модель переноса радиации в атмосфере, распределения и (однократного) отражения ее на поверхности – с учетом географического расположения, ориентации, углов наклона и альbedo этих поверхностей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании обобщения полученных результатов разработан макет справочника радиационных ресурсов территории Армении, соответствующий по своей структуре климатическому справочнику [5], но дополненный по каждой из метеостанций разделом статистических оценок качества полученных результатов.

Построенная модель создает возможность оценки радиационных факторов и ресурсов в любом ее регионе и расширения тем самым областей практического применения полученных результатов – например, в областях энергетики, сельского хозяйства, здравоохранения, гражданского и военного строительства, научно-прикладных исследований и т.д.

Модель позволяет определить сезонные изменения интенсивности, почасовых, дневных, месячных и годовых сумм прямой, рассеянной, отраженной, суммарной радиации и коротковолнового баланса в любой части спектра – в частности, в области ультрафиолетовой радиации УФР (в том числе УФ-А, -В и -С), видимой, инфракрасной, фотосинтетической, коротковолновой, длинноволновой), – а также пространственное распределение УФИ (индексов УФР) и времен получения 1 МЭД (минимальной эритемной дозы) УФР для 4-х основных типов кожи, для чего используется эритемный CIE-спектр McKinlay, Diffey [1].

Ниже представлены некоторые результаты моделирования режима УФ-облучения в регионе горы Арагац и Араратской долины (рисунки 1 – 4), а также зависимость сумм суммарной фотосинтетической радиации от высоты в двух областях страны: северо-восточной с относительно влажным климатом (Таблицы 1, 2) и южной с относительно засушливым климатом (Таблица 3, 4).

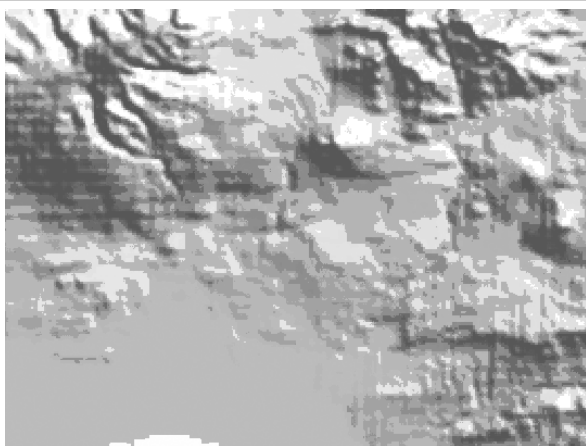


Рис.1. Карта региона; интервал высот:  
829 – 4090м над уровнем моря.

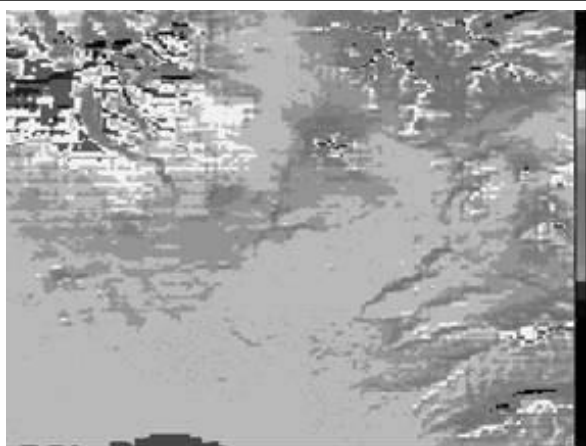


Рис.2. Дневные суммы суммарной УФР;  
22-е июня; альbedo = 0,1;  
интервал значений: 0.88–1.78 MJ/m<sup>2</sup>.

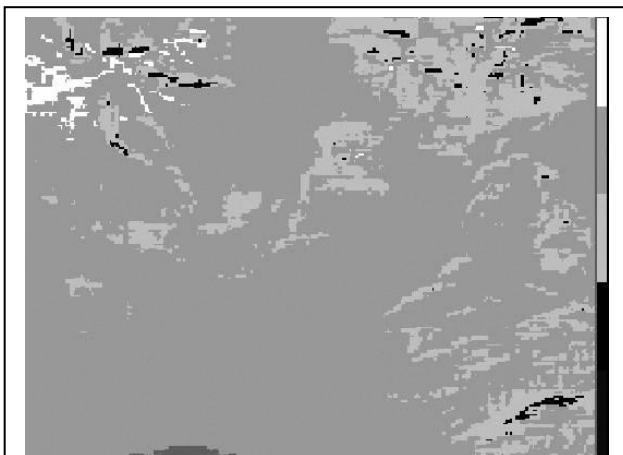


Рис.3. Распределение индексов УФР;  
22-е июня; альbedo = 0,1;  
интервал значений: 6–11.

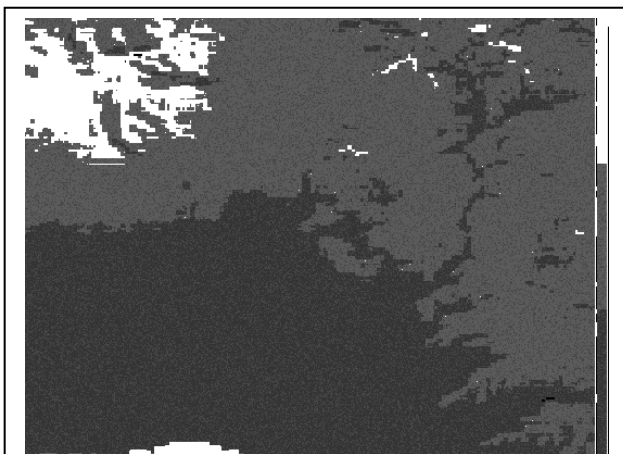


Рис.4. Распределение индексов УФР;  
22-е декабря; альbedo = 0.7;  
интервал значений: 1–2.5.

Таблица 1. Зависимость сумм суммарной фотосинтетической радиации при обеспеченности 75% и при ясном небе для северо-восточных районов Армении от высоты

СЕВЕР	Географическое положение			СРОКИ		СУММЫ		СРОКИ		СУММЫ		СУММЫ		
	Станции	высота	широта	долгота	Переход через 10 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	Переход через 5 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	год: МДж/м <sup>2</sup>	год: ккал/см <sup>2</sup>
					вверх	вниз			вверх	вниз				
Иджеван	733	40° 52'	45° 09'	17/4	27/10	1803	43,1	17/3	3/12	2218	53,0	2663	63,6	
Одзун	1105	41° 03'	44° 38'	26/4	20/10	1697	40,5	27/3	22/11	2105	50,3	2660	63,5	
Ташир	1507	41° 07'	44° 17'	15/5	3/10	1401	33,5	12/4	2/11	1774	42,4	2655	63,4	
Ашоцк	2012	41° 02'	43° 52'	5/6	24/9	1110	26,5	27/5	12/10	1328	31,7	2647	63,2	
Арагаццк	3227	40° 29'	44° 11'	-	-			25/6	18/9	839	20,0	2630	62,8	

Таблица 2. Зависимость сумм суммарной фотосинтетической радиации при обеспеченности 75% и при средних условиях облачности для северо-восточных районов Армении от высоты

СЕВЕР	Географическое положение			СРОКИ		СУММЫ		СРОКИ		СУММЫ		СУММЫ		
	Станции	высота	широта	долгота	Переход через 10 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	Переход через 5 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	год: МДж/м <sup>2</sup>	год: ккал/см <sup>2</sup>
					вверх	вниз			вверх	вниз				
Иджеван	733	40° 52'	45° 09'	17/4	27/10	1402	33,5	17/3	3/12	1732	41,4	2020	48,2	
Одзун	1105	41° 03'	44° 38'	26/4	20/10	1320	31,5	27/3	22/11	1603	38,3	2018	48,2	
Ташир	1507	41° 07'	44° 17'	15/5	3/10	1115	26,6	12/4	2/11	1366	32,6	2014	48,1	
Ашоцк	2012	41° 02'	43° 52'	5/6	24/9	910	21,7	27/5	12/10	1074	25,7	2008	48,0	
Арагаццк	3227	40° 29'	44° 11'	-	-			25/6	18/9	692	16,5	1995	47,6	

Таблица 3. Зависимость сумм суммарной фотосинтетической радиации при обеспеченности 75% и при ясном небе для южных районов Армении от высоты

ЮГ	Географическое положение			СРОКИ		СУММЫ		СРОКИ		СУММЫ		СУММЫ		
	Станции	высота	широта	долгота	Переход через 10 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	Переход через 5 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	год: МДж/м <sup>2</sup>	год: ккал/см <sup>2</sup>
					вверх	вниз			вверх	вниз				
Арагат	818	39° 49'	44° 43'	2/4	2/11	1994	47,6	12/3	22/11	2241	53,5	2714	64,8	
Аштарак	1090	39° 50'	44° 50'	16/4	7/11	1896	45,3	25/3	26/11	2159	51,6	2709	64,7	
Сисиан	1580	39° 32'	48° 01'	15/5	8/10	1444	34,5	11/4	4/11	1922	45,9	2705	64,6	
Безымянный	2130	39° 50'	44° 58'	24/5	8/10	1346	32,1	25/4	30/10	1763	42,1	2697	64,4	
Воротан	2387	39° 41'	45° 43'	16/6	24/9	995	23,8	7/5	21/10	1619	38,7	2693	64,3	

Таблица 4. Зависимость сумм суммарной фотосинтетической радиации при обеспеченности 75% и при средних условиях облачности для южных районов Армении от высоты

ЮГ	Географическое положение			СРОКИ		СУММЫ		СРОКИ		СУММЫ		СУММЫ		
	Станции	высота	широта	долгота	Переход через 10 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	Переход через 5 градусов		МДж/м <sup>2</sup>	ккал/см <sup>2</sup>	год: МДж/м <sup>2</sup>	год: ккал/см <sup>2</sup>
					вверх	вниз			вверх	вниз				
Арарат	818	39° 49'	44° 43'	2/4	2/11	1657	39,6	12/3	22/11	1829	43,7	2129	50,9	
Аштарак	1090	39° 50'	44° 59'	16/4	7/11	1596	38,1	25/3	26/11	1772	42,3	2125	50,8	
Сисиан	1580	39° 32'	46° 01'	15/5	8/10	1270	30,3	11/4	4/11	1610	38,5	2122	50,7	
Безымянный	2130	39° 50'	44° 59'	24/5	8/10	1192	28,5	25/4	30/10	1508	36,0	2115	50,5	
Воротан	2387	39° 41'	45° 43'	16/6	24/9	1175	28,1	7/5	21/10	1402	33,5	2114	50,5	

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание базы данных и справочника радиационных ресурсов территории Армении в совокупности с [5, 6] позволяет исследовать современные изменения радиационного режима на территории Армении за период 1960-2004гг.

Построенная модель радиационного климата на территории Армении с точностью (7-10)% воспроизводит климатический режим распределения солнечной радиации по долгосрочным статистическим данным, основанным на результатах прямых актинометрических измерений. Вместе с тем, она позволяет получать климатические оценки различных радиационно-обусловленных параметров окружающей среды в любом регионе территории страны с учетом его орографии – как при ясном небе, так и при средних условиях облачности. Результаты моделирования выводятся в форме цветных и черно-белых карт либо таблиц.

### ԼՐՈՒՅՐԳՈՒՄՆԵՐ - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиенические критерии окружающей среды, 1995, Ультрафиолетовое излучение, Женева, ВОЗ.
2. Г.П.Гущин, Н.Н.Виноградова, 1985, Суммарный озон в атмосфере, Ленинград, Гидрометеиздат.
3. К.Я.Кондратьев, 1986, Радиационные факторы современных изменений глобального климата, Ленинград, Гидрометеиздат.
4. Международный метеорологический словарь. WMO/OMM/BMO – No.182.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989, Многолетние данные, серия 3, части 1-7, выпуск 16 “Армянская ССР”, Ленинград, Гидрометеиздат.

6. Справочник по климату СССР, 1968, Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние, Ленинград, Гидрометеиздат.

UDC 551.521.3+51.001.57

**О КЛИМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ.** /Melkonian D./Transactions of the Georgian Institute of Hydro-meteorology. -2008. - т.115. – p. 177-183. - Russ .; Summ. Eng.; Russ.

The purpose and result of work is the creation of a database and the directory of radiating resources of territory of Armenia, and also computer model for estimation of the radiation-caused factors in any region of territory of the country in view of its orography - both at the clear sky, and under average conditions of cloudiness. The results can be used in areas of power, an agriculture, public health services, civil and military construction, scientifically-applied researches.

УДК551.521.3+51.001.57

**О КЛИМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ.** /Мелконян Д.О./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 177-183. – Рус .; Рез. Англ.,Рус

Целью и результатом работы является создание базы данных и справочника радиационных ресурсов территории Армении, а также компьютерной модели для оценки радиационно-обусловленных факторов в любом регионе территории страны с учетом его орографии – как при ясном небе, так и при средних условиях облачности. Результаты могут быть использованы в областях энергетики, сельского хозяйства, здравоохранения, гражданского и военного строительства, научно-прикладных исследований.



*Жерлицина Л.И<sup>1</sup>, Поволоцкая Н.П<sup>1</sup>, Сеник И.А<sup>2</sup>.*  
*<sup>1</sup>ФГУ «Пятигорский ГНИИ курортологии Росздрава»;*  
*<sup>2</sup>Институт физики атмосферы им.А.М.Обухова РАН*

УДК 551

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В КУОРТНОМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА НА ГОРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ КУОРТАХ КАВКАЗА**

**Введение.** Доминирующее положение среди социально значимых заболеваний занимает ишемическая болезнь сердца (ИБС), в патогенезе которой широко распространена метеолабильность [2,3]. В механизме гелиометеопатических реакций существенное значение имеет связь между системой гемодинамики, внешним дыханием и тканевым метаболизмом и развитием гипоксической, циркуляторной и тканевой гипоксии, которая характерна для ранней стадии недостаточности кровообращения [4, 6]. Повышение неспецифической резистентности организма является залогом успеха курортной реабилитации погодозависимых больных ИБС. Этим целям отвечают курортные климатические лечебные технологии, к числу которых относится, прежде всего, гелиотерапия [5, 9], которая основана на использовании целебных свойств солнечного излучения.

Действующими факторами при гелиотерапии служит с одной стороны энергия электромагнитного излучения Солнца, а с другой – селективная чувствительность кожи к этой энергии. Лечебный эффект от солнечных ванн зависит не только от дозы эритемного облучения, но и от скорости ее накопления. Скорость поступления энергии облучения на кожные покровы определяется величиной потока солнечного облучения. В низкоширотных местностях и в горных районах, как например в Кисловодске, в околополуденные часы поток УФ-В может оказаться высоким и даже опасным для приема солнечных ванн. Это необходимо учитывать при отпуске солнечных лечебных процедур. При высокой скорости потока во время приема солнечных ванн реакция организма не адекватна формально полученной дозе. Результаты ранее проведенных исследований [5, 6 и др.] доказали высокую эффективность вторичной реабилитации на кардиологических курортах больных ИБС с максимальным использованием природных лечебных факторов, однако в условиях слабой биологической эффективности ультрафиолетовой солнечной радиации (т.е. -при низком UVI).

К сожалению, до последнего времени в недостаточной степени были проработаны вопросы дозирования солнечных ванн (СВ), из-за отсутствия сетевых спектральных приборов для измерения эритемогенной

ультрафиолетовой солнечной (УФ) радиации. Ранее дозирование СВ проводили либо на основе учета интегрального суммарного потока солнечного излучения, либо на основе расчета дозы солнечного облучения по модели атмосферы в УФ области солнечного спектра [1]. С появлением спектральных приборов нового поколения для измерения эритемно-взвешенных потоков УФ-В солнечного излучения, появилась возможность уточнения схем дозирования и дозиметрии солнечных ванн, в том числе, по новому оценить возможности организации гелиотерапии больных ИБС в условиях низкогорных курортов и, прежде всего, с позиций индивидуального подхода к определению лечебных доз и ведения контроля за соблюдением принципов солнечного УФ-В облучения.

**Цель исследования:** Разработка методики повышения эффективности курортного восстановительного лечения больных ишемической болезнью сердца с разными клиническими вариантами течения с применением курса гелиотерапии при низком ультрафиолетовом индексе (UVI).

**Материалы и методы исследования.** В исследование включены 194 пациента ИБС с разными клиническими вариантами течения заболевания, у которых проводилось изучение гелиомктеочувствительности с определением минимальной эритемной дозы. Морфологические и функциональные характеристики сердца изучались методами эхокардиографии (Эхо-КГ), велоэргометрии (ВЭМ), Холтеровского мониторирования ЭКГ (ХМ-ЭКГ), биохимических методов исследования с определением липидов сыворотки крови, коагулограммы, сахара крови, перекисного окисления липидов (ПОЛ), С-реактивного белка (СРБ), пробы Гесса. Заполнялась ежедневно карта клинического наблюдения по разработанным тестам на наличие метеопатических реакций.

Пациенты были разделены на две репрезентативные группы: основную и контрольную, в зависимости от применения в комплексном курортном лечении этих групп солнечных ванн. Пациенты основной группы (96 чел) получали комплексное курортное лечение с дифференцированным применением солнечных ванн по разработанной технологии. Пациенты контрольной группы (98 чел) получали комплексное курортное лечение без применения солнечных ванн. Пациенты основной группы были разделены по клиническому варианту течения заболевания на пять подгрупп: ИБС – Стенокардией напряжения I-II ФК со стабильным порогом ишемии миокарда - 20 чел; ИБС – Стенокардией напряжения I-II ФК с переменным порогом ишемии миокарда-20 чел; ИБС-Постинфарктным кардиосклерозом-20 чел; ИБС по типу очаговой дистрофии миокарда - 16 чел; ИБС с нарушением ритма сердца – 20 человек

Пациенты контрольной группы распределились следующим образом: ИБС – Стенокардией напряжения I-II ФК со стабильным порогом ишемии миокарда - 21 чел; ИБС – Стенокардией напряжения I-II ФК с переменным порогом ишемии миокарда-22 чел; ИБС-Постинфарктным кардиосклерозом-

21 чел; ИБС по типу очаговой дистрофии миокарда - 15 чел; ИБС с нарушением ритма сердца – 19 человек.

У каждого пациента оценивались минимальные эритемные дозы (DE). Для этой цели авторами разработана усовершенствованная медицинская технология [6] на основе использования УФ радиометра Голландской фирмы Kipp&Zonen для контроля реального спектрального потока УФ-В на момент отпуска солнечных ванн (FE). Обработка данных с целью расчета DE производится с помощью пакета математических программ, прилагаемых к прибору.

Минимальная эритемная доза DE определяется интегрированием потока УФ-В излучения Солнца FE за время облучения  $\tau_2$ -  $\tau_1$  до получения минимальной эритемы по формуле

$$DE = \int_{\tau_1}^{\tau_2} FE(\tau) d\tau \quad (1)$$

Индивидуальная лечебная доза (ИЛД) рассчитывается для каждого больного по величине его DE: ИЛД=0,25 DE.

С целью предупреждения неадекватных реакций при высоких УФ потоках в предлагаемой нами методике используются принятые ВОЗ и ВМО ультрафиолетовые индексы – UVI, градации которых по степени риска солнечного эритемного излучения представлены в таблице 1.

Таблица 1. - Степень риска солнечного эритемного излучения по UVI

Степень риска по UVI	Низкая		Умеренная			Высокая		Очень высокая			Экстремальная
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Величина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>11

Здесь выделяют 11 градаций UVI (1-2)-низкая степень риска по UVI; (3-5)-умеренная; (6-7)- высокая; (8-10)– очень высокая; (11+)–экстремальная. UVI индекс можно вычислить из показаний УФ радиометра в реальном масштабе времени в период отпуска процедуры.

На 3-5-й день после завершения периода адаптации всем пациентам назначалось комплексное санаторно-курортное лечение с применением естественных природных лечебных факторов: углекислых минеральных ванн (T= 36 0C) продолжительностью от 8 до 12 минут через день (на курс лечения 10 ванн); ежедневной дозированной ходьбой по маршрутам терренкура в щадяще-тренирующем режиме, массажа; диеты № 10.

Больным основной группы назначались солнечные ванны при минимальном или слабом ультрафиолетовом индексе (UVI) в адекватных дозировках УФ солнечного излучения, начиная от 0,25 DE до 1,0-1,5 DE дифференцированно в зависимости от клинического варианта ИБС (табл. 2).

Солнечные ванны проводились в комфортно-прохладных, комфортных и комфортно-теплых условиях под контролем РЭЭТ. Пациентам 1-й группы УФ солнечные облучения (УФО) проводились при UVI не выше 3-5 при РЭЭТ от 14 до 21<sup>0</sup> при ежедневном увеличении дозы УФО облучения на одну ИЛД (на курс от 1 до 6 ИЛД). Пациентам 2-й группы УФО проводились при UVI не выше 3-4 при РЭЭТ от 15 - 21<sup>0</sup> при постепенном увеличении ИЛД по схеме от 1 до 5 ИЛД.

Таблица 2. - Схема назначения солнечных облучений при курортном лечении больных ИБС в зависимости от характера клинического варианта

Клинический вариант ИБС	UVI РЭЭТ	Схема назначения СВ
1. ИБС-СН I-II ФК со стабильным порогом ишемии миокарда	$\leq 5$ 14-21 <sup>0</sup>	От 0.25 DE, прибавляя ежедневно 0.25 DE довести максимальную дозу до 1.5 DE
2. ИБС-СН I-II ФК с переменным порогом ишемии миокарда	$\leq 4$ 15-21 <sup>0</sup>	От 0.25 DE, прибавляя через день по 0.25 DE довести максимальную дозу до 1.25 DE
3. ИБС-Постинфарктный кардиосклероз	$\leq (3-4)$ 16-21 <sup>0</sup>	От 0.25 DE, прибавляя через день по 0.25 DE довести максимальную дозу до 1.0 DE
4. ИБС по типу очаговой дистрофии миокарда	$\leq 3$ 17-21 <sup>0</sup>	От 0.25 DE, прибавляя через день по 0.25 DE довести максимальную дозу до 1.0 DE
5. ИБС с нарушением ритма сердца	$\leq (2-3)$ 18-21 <sup>0</sup>	От 0.25 DE, прибавляя через два дня на третий по 0.25 DE довести максимальную дозу до 1.0 DE

Пациентам 3-й группы УФО проводились при UVI 2-3 при РЭЭТ 16-21<sup>0</sup> с постепенным нарастанием дозы УФО на одну ИЛД каждые 2 дня от 1 до 4 ИЛД. Пациентам 4-й группы УФО проводились при UVI 1-2 при РЭЭТ от 17- 21<sup>0</sup> с постепенным нарастанием ИЛД каждые 2 дня на 0,25 DE (от 1 до 4 ИЛД на курсе). У пациентов 5-й группы UVI 1-2 при РЭЭТ от 18- 21<sup>0</sup> с крайне медленным нарастанием ИЛД каждые 2 дня, доводя максимально ИЛД до 1,0 DE к концу курса лечения (от 1 до 4 ИЛД на курсе).

**Результаты.** Под влиянием курортного восстановительного лечения с дифференцированным применением солнечных ванн при минимальном и слабом УФ излучении у большинства пациентов основной группы (97%) отмечалась положительная динамика клинических симптомов: исчезновение или уменьшение болевого синдрома, стабилизация ритма и АД, повышение физической активности, улучшение психо-эмоционального состояния, повышение физической активности и повышение устойчивости к действию неблагоприятных погодных факторов. У больных контрольных групп

позитивные сдвиги в клиническом состоянии отмечены у 60% больных (табл.3).

Таблица 3. - Динамика некоторых клинических проявлений ИБС под влиянием санаторно-курортного лечения с применением различных комплексов солнечных облучений

Группа больных	Исчезновение		Уменьшение		Без перемен		Достоверность различий	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	$\chi^2$	p
Приступы стенокардии								
1	12	71	5	29	-	-	6.549	<0.02
1-к	8	50	7	44	1	6		
2	12	80	3	20	-	-	7.90	<0.005
2-к	10	58	6	36	1	6		
3	8	53	6	40	1	7	3.63	>0.05
3-к	6	40	8	53	1	7		
4	9	64	4	29	1	7	4.06	<0.05
4-к	6	46	5	39	2	15		
5	9	56	6	38	1	6	5.81	<0.02
5-к	5	33	7	47	3	20		
Перебои в сердце								
1	8	80	2	20	-	-	3.99	<0.05
1-к	4	50	2	25	2	25		
2	10	91	1	9	-	-	49.2	<0.005
2-к	3	33	4	45	2	22		
3	6	67	2	33	-	-	10.9	<0.005
3-к	2	29	3	42	2	29		
4	6	66	3	34	-	-	4.88	<0.05
4-к	3	43	3	43	1	14		
5	8	73	2	18	1	9	1.70	>0.005
5-к	5	50	2	20	3	30		

Здесь и далее - номер группы (1,2,3,4,5) соответствует выделенным в табл. 2 клиническим вариантам ИБС, а знак «к» - контрольная группа, не принимавшая солнечных ванн.

В группах, принимавших солнечные ванны, исчезновение приступов стенокардии с наибольшей достоверностью ( $\chi^2=6.549$ ;  $P<0.02$ ) отмечались у 70% больных ИБС-СН I-II ФК 1-й группы и у 80% больных 2-й группы ( $\chi^2=7.90$ ;  $P<0.005$ ) и в меньшей степени у больных 3,4,5-й групп, у которых исчезновение приступов стенокардии было несколько ниже (53-64%), но с достаточно высокой достоверностью ( $P<0.02-0.005$ ).

Также с высокой достоверностью исчезли перебои в сердце у 80% больных 1-й группы и у 91% больных 2-й группы ( $P<0.005$ ) и у 60, 70% больных соответственно 3-й и 4-й групп ( $p<0.05-0.005$ ). У больных ИБС 5-й группы динамика перебоев в сердце существенно не отличалась от таковой у

больных контрольной группы. Кроме того, с высокой достоверностью и более выраженным было исчезновение симптомов одышки во всех группах больных ИБС, принимавших солнечные ванны, по сравнению с контрольной группой. Таким образом, курс солнечных ванн, принимаемый при минимальных и умеренных UVI в дозах от 1 до 6 ИД<sub>Е</sub> оказывает выраженное позитивное действие на больных с различными клиническими вариантами ИБС. По данным ВЭМ выявлено достоверное увеличение толерантности к физической нагрузке практически во всех группах больных (табл. 4).

Таблица 4 - Влияние УФ-В солнечного облучения на физическую выносливость по данным велоэргометрии (M±m) у больных ИБС

Показатели	Номер группы	Группы, принимавшие солнечные ванны		
		Начало лечения	Конец лечения	p
Рабочая нагрузка, Вт	1	68±6.5	131±4.9	<0.001
	2	70±7.26	93±6.5	<0.01
	3	65±8.3	88±6.5	>0.05
	4	64±9.50	98±7.7	<0.01
	5	70±7.26	93±6.5	<0.01
	1к	68±6.5	83±6.5*	<0.05
	2к	60±5.5	70±7.23	>0.05
	3к	62±7.2	77±8.4*	<0.05
	4к	61±7.1	80±5.2*	<0.05
	5к	72±7.5	84±6.4	>0.05
ДП на пороговой нагрузке, ед.	1	196±7.7	243±5.6	<0.01
	2	216±6,1	259±9.9	<0.001
	3	202±9.1	236±8.4	<0.01
	4	205±10.1	234±11,2	>0.05
	5	197±8.8	246±9.7	<0.001
	1к	229±9.6	238±8.8	>0.05
	2к	206±10.4	229±9.1*	<0.05
	3к	198±7.3	218±10.2	>0.05
	4к	221±12.4	231±9.7	>0.05
	5к	211±7.7	235±7.6*	<0.05

Наибольшая абсолютная величина приростов рабочих нагрузок и двойного произведения на пороговых нагрузках была более выражена у больных ИБС, принимавших УФ-В солнечные облучения, чем у больных контрольной группы.

Отмечена тенденция к снижению ОХС, ЛПНП и ТГ, увеличение ЛПВП. Наилучшие результаты отмечены у пациентов 1-й группы. У больных контрольной группы были менее позитивные сдвиги в липидном метаболизме (табл.5).

Таблица 5. - Динамика показателей липидного обмена ( $M \pm m$ ) у больных ИБС в зависимости от методики УФ-В солнечного облучения

Показатели	Номер группы	Группы, принимавшие солнечные ванны		
		Начало лечения	Конец лечения	p
ОХС, ммоль/л	1	6,58 0,10	5,99 0,11	<0.05
	2	6,32 0,12	5,5 0,13	<0.05
	3	6,17 0,13	5,7 0,13	<0.05
	4	6,61 0,14	6,00 0,22	<0.05
	5	5,9 0,12	5,32 0,09	<0.05
	1к	6,89 0,17	6,60 0,08	>0.05
	2к	5,98 0,13	5,77 0,11	>0.05
	3к	6,5 0,11	6,25 0,17	>0.05
	4к	6,83 0,19	6,62 0,15	>0.05
ЛПНП, ммоль/л	1	4,29 0,11	3,85 0,14	<0.05
	2	4,16 0,17	3,57 0,18	<0.05
	3	3,97 0,11	3,70 0,10	<0.05
	4	4,91 0,16	4,14 0,18	<0.02
	5	3,87 0,06	3,21 0,08	<0.02
	1к	229±9.6	238±8.8	>0.05
	2к	206±10.4	229±9.1*	<0.05
	3к	198±7.3	218±10.2	>0.05
	4к	221±12.4	231±9.7	>0.05
ЛПВП, ммоль/л	1	1,21 0,13	1,88 0,15	<0.05
	2	1,32 0,15	1,79 0,14	<0.02
	3	1,12 0,11	1,88 0,09	<0.02
	4	1,21 0,10	1,67 0,11	<0.05
	5	1,17 0,09	1,82 0,15	<0.05
	1к	1,32 0,09	1,51 0,16	>0.05
	2к	1,12 0,13	1,51 0,11	<0.05
	3к	1,09 0,08	1,47 0,12	<0.05
	4к	1,17 0,07	1,40 0,15	>0.05
ТГ, ммоль/л	1	2,21 0,13	1,77 0,12	<0.05
	2	2,07 0,08	1,66 0,11	<0.02
	3	2,42 0,09	1,91 0,13	<0.001
	4	2,69 0,19	1,98 0,24	<0.02
	5	2,72 0,13	5,99 0,11	<0.05
	1к	2,40±0,12	2,25±0,18	>0.05
	2к	2,28±0,13	1,97±0,11	>0.05
	3к	3,2 0,13	2,77 0,12	>0.05
	4к	3,02±0,16	2,83±0,15	>0.05
5к	2,8 0,02	2,65 0,12	>0.05	

Положительная динамика в показателях липидного обмена также прослеживалась и у больных контрольных групп, однако она проявлялась в меньшей достоверностью, чем у больных основных групп.

Под влиянием санаторно-курортного лечения у больных ИБС отмечена тенденция снижения концентрации продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), что указывает на клиническую ремиссию течения ИБС (табл. 6).

Таблица 6 -Динамика показателей ПОЛ ( $M \pm m$ ) у больных ИБС в зависимости от методики УФ-В солнечного облучения

Номер группы	Группы, принимавшие солнечные ванны			Контрольная группа		
	Начало лечения	Конец лечения	p	Начало лечения	Конец лечения	p
1	10,3±0.25	8,91±0.20	<0.02	10,61±0,34	9,95±0,19	>0.05
2	10,5 ± 0,23	8,53 ± 0,37	<0.05	10,3± 0,36	9,7 ± 0.28	>0.05
3	10,0±0.25	9.1±0.14	<0.05	10,2± 0,34	9,8± 0,23	>0.05
4	10.98±0.14	9.49±0.22	<0.05	10,83±0,19	9,62±0,25	<0.05
5	9,9±0,12	8,32±0,19	<0.05	10.15±0,12	9,61±0,27	<0.05

Во всех группах больных, принимавших солнечные ванны, снижение ПОЛ было достоверным, в то время как в контрольных группах степень достоверности ( $p < 0.05$  по критерию Стьюдента) выявлена только в 4-й и 5-й группах больных ИБС.

Контроль показателей свертывающей системы крови подтверждает благоприятную тенденцию реологических свойств крови. У большинства больных, принимавших солнечные облучения при слабом и умеренном UVI (за исключением 2-й группы), отмечено достоверное снижение ПТИ (табл. 7).

Таблица 7. - Динамика показателей протромбинового индекса ( $M \pm m$ ) у больных ИБС в зависимости от методики УФ-В солнечного облучения

Номер группы	Группы, принимавшие солнечные ванны			Контрольная группа		
	Начало лечения	Конец лечения	p	Начало лечения	Конец лечения	p
1	103 ± 2,04	91,1 ± 1.7*	<0.05	92,8±1,2	90,3±1,1	>0.05
2	98,3 ± 2,22	90,3 ± 1,9	>0.05	99,3±2,08	94,3±4,92	>0.05
3	101,6 ± 1,8	88,7 ± 2,29*	<0.05	97,2±1,4	87,2±1,71	>0.05
4	104±1,11	92±1,2*	<0.05	101±1,15	94±1,18*	<0.05
5	103.6±1,02	95±1,1*	<0.05	98±2,13	95±2,03	>0.05



Показатель фибриногена к концу курса курортного лечения имел тенденцию к снижению, однако достоверности различий ни в одной из групп не было выявлено.

В процессе курортного лечения во всех группах больных ИБС отмечено достоверное снижение метеозависимости, но более существенным оно было у больных, принимавших солнечные ванны.

Снижение числа гелиометеопатических реакций (ГМПР) при неблагоприятных типах погоды с 3.6 до 1.1 реакций/день на одного пациента отмечено у больных 1-й группы и с 4.3 до 1.3 реакций/день на одного пациента у 2-й группы; у пациентов 3-й группы - с 4,9 до 1,4; у пациентов 4-й - с 6,1 до 2,2 и у пациентов 5-й основной группы с 5,5 до 1,6 реакций/день. В контрольной группе – показатели снижения МПР были несколько ниже, что подтверждается достоверностью различий по критерию  $\chi^2$ .

Комплексная оценка состояния больных показала, что лучшая эффективность восстановительного лечения отмечена в группе больных, принимавших солнечные ванны в режимах минимального и слабого биологического действия (табл.8).

Таблица 8. - Результаты лечения у больных ИБС в зависимости от методики УФ-В солнечного облучения

Группа Больных	Число больных	Критерии оценки лечения					
		Значительное улучшение		Улучшение		Без перемен	
		Абс	%	Абс	%	Абс	%
1	21	12	57	9	43	0	0
1-к	20	3	15	16	85	1	5
2	22	8	36	14	64	0	0
2-к	20	1	5,0	18	90	1	5,0
3	21	2	9	18	86	1	5
3-к	20	0	0	17	85	3	15
4	16	6	37	10	63	0	0
4-к	15	3	19	11	74	1	7
5	19	2	10	15	80	2	10
5-к	20	0	0	15	75	5	25

**Заключение.** В результате реабилитационного лечения на Кисловодском курорте с применением солнечных ванн наилучший результат был зафиксирован у больных 1-й группы «значительное улучшение» –57%, «улучшение» – 43%. Менее значимые результаты отмечены в группах больных 3-й и 5-й групп, в которых зафиксировано -10% больных с результатами «без перемен» и более 80% «с улучшением». У больных контрольных групп результаты курортного лечения также были положительными, хотя процент больных, выписавшихся «без перемен» был

выше (до 5-25%), а со «значительным улучшением» был ниже (0-15%), чем в группах, принимавших солнечные ванны (соответственно 0-10% и 9-57%).

Общая эффективность санаторно-курортного лечения у больных в основных группах составила 90-100%, в контрольных группах – 75-95%. Комплексная оценка состояния больных показала, что лучшая эффективность восстановительного лечения отмечена в группе больных, принимавших солнечные ванны по описанной выше методике в общем курортном комплексе лечения.

Таким образом, солнечные ванны, включаемые в общий комплекс курортного лечения больных ИБС в условиях низкогорного климата оказывают выраженный положительный эффект и являются одним из важных способов рационального использования природных факторов в лечебных целях. Эту медицинскую технологию можно рекомендовать к применению на низкогорных кардиологических курортах с целью повышения эффективности восстановительного лечения больных ИБС с разными клиническими вариантами течения заболевания в течение всего года.

Исследование выполнено в рамках программы Президиума Российской академии наук «Фундаментальные науки – медицине. 2008».

#### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. В.А.Васин, Н.П. Поволоцкая, З.В.Кортунова., А.П.Скляр, Г.И. Константиновская, Е.Н.Харсева, 2000, Проблемы дозиметрии ультрафиолетовой солнечной радиации на горных курортах Кавказских Минеральных Вод. Москва: Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов:2-я Международная конференция памяти академика А.М.Обухова: Кисловодск, 8-14 окт. 2000: Тезисы. МАКС Пресс, 116-119 С. (на русск.яз)
2. М.И.Давыдов, Д.Г. Заридзе, А.Ф. Лазарев, Д.М. Максимович, В.И.Игитов, А.М. Борода, М.Г.Хвастюк, 2007, Анализ причин смертности населения России. Москва: Вестник Российской Академии Медицинских Наук, № 7, (на русск.яз)
3. Л.И. Жерлицина, Р.И.Мкртчян, Н.П. Поволоцкая, И.А.Сеник, 2008, Гелиотерапия в комплексном курортном лечении больных ишемической болезнью сердца в зависимости от клинических вариантов течения заболевания Kislodvorsk: Atmospheric, climate and health»: International Conference. Abstracts., Oktober 6-8., 84-86 P.. (на русск.яз)
4. Л.И. Жерлицина, Р.И.Мкртчян, Л.М. Джатдоева, Н.В. Ефименко, Н.П. Поволоцкая, З.В. Кортунова, И.А.Сеник, 2006, О метео-гелиочувствительности больных ИБС в процессе курортного лечения в Кисловодске. Сочи: Актуальные проблемы восстановительной медицины курортологии и физиотерапии, 104-105 С. (на русск.яз)

5. Методика гелиотерапии больных ИБС на горных курортах. Методические рекомендации, 1992, Составители А.П.Скляр, Н.П.Поволоцкая. Пятигорск: МЗ РСФСР, 20 с. (на русск.яз)
6. Методика определения эритемной биодозы ультрафиолетового облучения солнечной радиации на горных курортах у больных ИБС/Усовершенствованная медицинская технология, 2007, Авторы В.А. Васин, Р.И.Мкртчян, Л.И. Жерлицина, Н.П. Поволоцкая, И.А.Сеник, З.В. Корунова, И.Г. Гранберг. Пятигорск: ПГНИИК, 13 с. (на русск.яз)
7. Р.Г.Органов, 2003, Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний. Ж-л «Болезни сердечно-сосудистой системы», №2, (на русск.яз)
8. Природная аэроионофитотерапия больных ИБС на низкогорных курортах. Усовершенствованная медицинская технология. (Рег. удост. № ФС-2006/330-у от 14.11.2006), 2006, Пятигорск: ФГУ «ПГНИИК Росздрава», 16 с.
9. В.Г Ясногородский, 2005, Об ультрафиолетовом излучении. Ж-л «Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК», №1(на русск.яз)
10. «Avoiding Heart Attacks and Strokes: Don't be a victim, protect yourself», ВОЗ, 2005.(angl)

UDC 551

**USE OF SOLAR RADIATION IN HEALTH RESORT REHABILITATION OF PATIENTS WITH MYOCARDIAL ISCHEMIA IN THE CAUCASUS MOUNTAIN CLIMATIC HEALTH RESORTS.** /Gerlitsina L., Povolotskaia N., Senik I./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 184-194. - Russ.; Summ. Eng.; Russ.

This paper presents substantiation of heliotherapy conditions with low UVI in mountain climatic health resort, as well as approaches to individual therapeutic dose determination, that allow to increase efficiency of cardiac patients with myocardial ischemia therapy by health resort rehabilitation.

УДК 551

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В КУРОРТНОМ ВОССТА-  
НОВИТЕЛЬНОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ  
СЕРДЦА НА ГОРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ КУРОРТАХ КAVKAZA./** Жерлицина  
Л.И., Поволоцкая Н.П., Сеник И.А./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии  
Грузии. –2008. – т.115. – с. 184-194. – Рус.; Рез. Англ.,Рус

Приводится обоснование условий проведения гелиотерапии при пониженном UVI на горном курорте, подходы к определению индивидуальной лечебной биодозы, позволившие существенно увеличить эффективность курортной реабилитации больных ишемической болезнью сердца.

*Холматжанов Б.М., Фатхуллаева З.Н., Петров Ю.В., Эгамберд<sup>1</sup> Х.Т*  
*<sup>1</sup>Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,*  
*Узбекистан*

УДК 551.510.04.

## **ТИПЫ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ МЕСТНЫЕ ЦИРКУЛЯЦИИ В ДОЛИНАХ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**

**Предисловие.** Как известно, циркуляционные особенности местности играют важную роль в процессе распространения загрязняющих веществ (ЗВ), выбрасываемых в атмосферу от источников, расположенных в этой местности. С этой точки зрения изучение местных циркуляций представляет большой научно-практический интерес.

В условиях разнообразия рельефа Узбекистана встречаются множества местностей со своеобразной циркуляцией. Одним из таких регионов Узбекистана является горная система Западного Тянь-Шаня. Здесь расположены такие долины, как Ахангаранская, Чирчикская и Пскемская, где сконцентрированы крупные производственные предприятия горнодобывающей, перерабатывающей, энергетической и химической промышленности республики.

В зависимости от синоптических процессов Средней Азии, происходящих в макросиноптических масштабах, в этих долинах формируются местные циркуляции. Особенностями этих циркуляций является то, что здесь наблюдаются определенные воздушные потоки, сформированные под воздействием горного рельефа. В холодном полугодии это фёновый процесс, а в теплое – горно-долинная циркуляция (ГДЦ) [1-3].

**Методика.** В работе использован статистико-стохастический анализ синоптических процессов Средней Азии, включающий в себя многолетние средние значения повторяемости, вероятность появления и среднюю суммарную продолжительность типов. К анализу привлекался экспедиционный и синоптический материал за период 1972-1980 гг.

**Исходные данные.** Рассмотрены синоптические процессы, создающие условия для формирования ГДЦ. Анализ проведен на основе материалов летних экспедиций кафедры Физики атмосферы Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека (бывшего ТашГУ) в 1972-1980 годах в Пскемскую долину. Сложное взаимодействие локальных и крупномасштабных орографических факторов (геометрические параметры долин, их ориентация, положение в горной системе) с радиационными и циркуляционными факторами синоптического масштаба порождают множество оттенков в развитии ГДЦ. Изменяется мощность горного ветра, скорость долинного и горного ветра, продолжительность существования обеих компонентов и т.д.

Экспедиционные исследования структуры ветра за семилетний период (1972-1977, 1980 гг.) показывают, что ГДЦ может существенно менять свои характеристики ото дня ко дню. В зависимости от синоптического положения, можно выделить три типа ГДЦ:

1. нормальная ГДЦ (тип Н);
2. усиление долинного ветра (тип Д);
3. усиление горного ветра (тип Г).

Согласно анализу материала вышеуказанного экспедиционного исследования нормальная горно-долинная циркуляция (тип Н) наблюдается в малоградиентных барических полях, когда наблюдается ясная или малооблачная погода. Из 70 суточных серий аэрометеорологических наблюдений этот тип был зафиксирован в 31 случае (44,3%), когда он наблюдался в течение всего дня.

Усиление долинного ветра (тип Д) наблюдается либо при энергичных холодных вторжениях, проникающих в долину с юго-запада, либо после них. Во всех случаях это фронты западного или северо-западного вторжений, связанные с циклонами над южным, центральным, северным Казахстаном или югом Западной Сибири (район Омска-Новосибирска). Усиление долинной компоненты обусловлено циркуляционным фактором, т.е. наложением на локальный барический градиент между горами и равниной градиента синоптического масштаба. Усиление скорости ветров западной четверти горизонта на уровне горных хребтов до 12 м/с и более приводят за счет обмена количеством движения с нижележащими слоями к уменьшению мощности горного ветра, ослаблению его скорости и запаздыванию в развитии.

Усиление горного ветра (тип Г) наблюдается реже и связано с двумя факторами: циркуляционным и радиационным. При ясной и малооблачной погоде действует циркуляционный фактор. Горный ветер усиливается по скорости, мощности и времени существования в том случае, когда долина находится в передней части высотного гребня теплого субтропического антициклона, центр которого обычно располагается за пределами Средней Азии. В такой ситуации на уровне хребтов наблюдаются ветры северо-восточного направления, скорости которых могут составлять 4-8 м/с. После влажных холодных вторжений с выпадением обильных ливневых осадков при 9-10 балльной облачности начинает действовать радиационный фактор. Горы охлаждаются и локальный барический градиент между горами и равниной способствует развитию горного ветра даже в дневные часы. В ночное время он может быть усилен по сравнению с обычными параметрами.

Структуру воздушного потока Ахангаранской долины в холодное время года изучала С.Г.Чанышева [1,2]. Она отмечает, что в этот период в долине наблюдаются хорошо выраженные стоковые ветры и ветры высасывания. Вертикальная структура фёновых ветров северо-восточного направления изучалась по материалам аэрологической экспедиции в Турке и Аблыке в холодное полугодие 1960-1961 гг. Общая длительность экспедиции была 5

месяцев. Результаты данных экспедиции показали, что длительность одного случая фёнового ветра составляет 2-2,5 дня. Суммарная продолжительность фёнового ветра в зимнее полугодие около месяца. Величина скорости фёна зависит от ширины долины. Так, поток в верхней, узкой части долины выражен лучше, чем в центральной, широкой части.

Вертикальная мощность установившегося фёнового потока имеет порядок 1000 м. При особенно резких процессах, когда скорость северо-восточного ветра достигает своих характерных максимальных значений, верхняя граница северо-восточного ветра может лежать на уровне 2000 м. С.Г.Чанышева выделяет три типа распределения скорости ветра с высотой:

1. уменьшение скорости ветра с высотой, характерно для начала и конца фёнового периода;
2. увеличение скорости ветра до некоторой высоты с последующим ослаблением вплоть до верхней границы северо-восточного ветра, наблюдается в любое время периода развития фёна;
3. наличие двух максимумов скорости ветра, характерно для разгара фёнового процесса.

При максимальном развитии фёна величина скорости ветра в потоке может достигать больших значений. Автор отмечает, что над Турком неоднократно фиксировалась скорость около и выше 30 м/с на уровне 500-600 м.

**Результаты.** Рассмотрены статистико-стохастические характеристики типов синоптических процессов Средней Азии, обуславливающие формирование местных циркуляций в долинах Западного Тянь-Шаня. В теплое полугодие синоптические процессы типа 5, 6, 10, 11, 12 и 13 (см. примечание табл. 1) формируют ГДЦ. В холодное полугодие синоптические процессы типа 1, 2, 5, 9 и 10 приводят к установлению фёновых ветров.

Анализ средней повторяемости типов синоптических процессов за 15 летний период (1960-1974 гг.) показывает, что в теплом полугодии суммарная повторяемость процессов типа 5, 6, 10, 11, 12 и 13, составляет 57,1 случаев (62,5%) от суммарной повторяемости всех типов (91,3 случаев) (табл. 1). При этом необходимо отметить, что в теплом полугодии повторяемость типа 5 составляет 51,7%, типа 6 – 73,4%, типа 10 – 50,3%, типа 11 – 100,0%, типа 12 – 72,7%, типа 13 – 82,2% (табл. 2). Суммарная вероятность появления этих типов синоптических процессов – 60,9% (табл. 3), а их общая продолжительность составляет 121,7 суток (табл. 4).

В зимнем полугодии типы 1, 2, 5, 9 и 10 имеют 62,9 случаев (62,7%) суммарной повторяемости от суммарной повторяемости всех типов (100,3 случаев) (табл. 1). Указанным типам синоптических процессов соответствуют следующие значения повторяемости: тип 1 – 84,0%, тип 2 – 83,7%, тип 5 – 48,3%, тип 9 – 66,7%, тип 10 – 49,7% (табл. 2). Суммарная вероятность появления этих типов синоптических процессов – 62,8% (табл. 3), а их общая продолжительность составляет 114,7 суток (табл. 4).

Таблица 1. Многолетние средние значения повторяемости типов (число случаев) синоптических положений. Январь-декабрь 1960-1974 гг.\*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	ТII	Год
Тип														
1														
1,6	1,7	2,4	2,3	0,9	0,3	0,0	0,1	0,1	0,7	1,1	1,4	10,5	2,0	12,5
2														
1,1	0,7	1,4	1,1	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,7	5,5	1,1	6,5
3														
0,2	0,3	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	1,7	0,3	2,0
4														
0,5	0,7	0,5	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,7	2,9	0,7	3,6
5														
2,7	1,7	1,6	1,3	1,3	1,5	1,9	2,4	2,3	2,1	2,0	1,4	10,7	11,5	22,2
6														
0,5	0,4	0,7	0,7	1,2	1,5	1,6	2,2	1,2	1,3	0,5	0,5	3,3	9,0	12,3
7														
1,5	1,5	2,1	1,7	0,8	0,4	0,1	0,2	0,3	1,0	1,3	1,3	9,3	2,9	12,1
8														
0,5	0,4	0,9	1,3	1,4	0,7	1,1	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7	4,7	4,9	9,6
9														
3,6	3,3	3,4	2,7	1,9	1,2	0,7	0,5	2,5	3,4	3,9	3,5	20,3	10,1	30,5
9a														
0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,7	0,9	0,3	0,5	0,2	0,1	1,5	3,1	4,6
9б														
1,1	1,7	1,1	1,3	1,5	1,0	1,1	1,5	2,3	1,6	0,8	1,3	7,3	9,0	16,3
10														
2,4	2,2	3,3	3,2	3,3	3,1	3,1	2,2	1,9	2,5	2,7	2,2	15,9	16,1	32,1
11														
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7
12														
0,5	0,2	0,9	0,7	1,8	1,5	1,6	1,6	2,1	1,4	0,9	0,5	3,7	9,9	13,7
13														
0,1	0,3	0,2	0,3	1,4	1,7	2,0	1,9	1,4	0,5	0,7	0,3	1,9	8,9	10,9
14														
0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,9	0,1	1,1
15														
0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1

\* Таблица рассчитана авторами на основе календарей синоптических процессов Средней Азии. Примечание: I-XII месяцы года, XII – холодное полугодие, III – теплое полугодие, 1 – южнокаспийский циклон, 2 – мургабский циклон, 3 – верхнеамударьинский циклон, 4 – широкий вынос теплого воздуха, 5 – северо-западное холодное вторжение, 6 – северное холодное вторжение, 7 – волновая деятельность на холодном фронте, 8 – малоподвижный циклон над Средней Азией, 9 – юго-западная периферия антициклона, 9a – юго-восточная периферия антициклона, 9б – южная периферия антициклона, 10 – западное вторжение, 11 – летняя термическая депрессия, 12 – малоградиентное поле повышенного давления, 13 – малоградиентное поле пониженного давления, 14 – западный циклон, 15 – ныряющий циклон.

Таблица 2. Многолетние средние значения повторяемости типов (%) синоптических положений. Январь-декабрь 1960-1974 гг.\*

І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII	ТII	Год
<b>Тип</b>														
<b>1</b>														
12,8	13,9	19,3	18,2	7,5	2,1	0,0	0,5	0,5	5,3	8,6	11,2	84,0	16,0	100,0
<b>2</b>														
16,3	11,2	21,4	17,3	8,2	3,1	0,0	0,0	0,0	5,1	7,1	10,2	83,7	16,3	100,0
<b>3</b>														
10,0	13,3	26,7	13,3	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	6,7	10,0	13,3	86,7	13,3	100,0
<b>4</b>														
14,8	18,5	13,0	5,6	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	11,1	18,5	81,5	18,5	100,0
<b>5</b>														
12,0	7,8	7,2	6,0	6,0	6,6	8,4	10,8	10,2	9,6	9,0	6,3	48,3	51,7	100,0
<b>6</b>														
3,8	3,3	6,0	5,4	9,8	12,0	13,0	17,9	9,8	10,9	3,8	4,3	26,6	73,4	100,0
<b>7</b>														
12,1	12,1	17,0	14,3	6,6	3,3	1,1	1,6	2,7	8,2	10,4	10,4	76,4	23,6	100,0
<b>8</b>														
5,6	4,2	9,0	13,9	14,6	7,6	11,8	5,6	6,9	4,9	8,3	7,6	48,6	51,4	100,0
<b>9</b>														
11,8	10,7	11,2	8,8	6,1	3,9	2,4	1,5	8,1	11,2	12,9	11,4	66,7	33,3	100,0
<b>9а</b>														
4,3	5,8	10,1	5,8	7,2	7,2	15,9	18,8	5,8	11,6	4,3	2,9	33,3	66,7	100,0
<b>9б</b>														
6,6	10,2	7,0	8,2	9,0	6,1	7,0	9,4	13,9	9,8	4,9	7,8	44,7	55,3	100,0
<b>10</b>														
7,5	6,9	10,2	10,0	10,2	9,8	9,6	6,9	6,0	7,9	8,3	6,9	49,7	50,3	100,0
<b>11</b>														
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	40,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
<b>12</b>														
3,4	1,5	6,3	5,4	13,2	10,7	11,7	11,7	15,1	10,2	6,8	3,9	27,3	72,7	100,0
<b>13</b>														
1,2	3,1	1,8	3,1	12,9	15,3	18,4	17,8	12,9	4,9	6,1	2,5	17,8	82,2	100,0
<b>14</b>														
6,3	25,0	31,3	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	6,3	6,3	18,8	87,5	12,5	100,0
<b>15</b>														
100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0

\* Таблица рассчитана авторами на основе календарей синоптических процессов Средней Азии.



Таблица 3. Вероятность появления (%) типов синоптических положений (независимо от продолжительности) Январь-декабрь 1960-1974 гг.\*

І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	Год
<b>Тип</b>															
<b>1</b>															
9,7	11,1	12,2	13,0	5,5	1,9	0,0	0,5	0,4	4,1	6,7	9,3	10,4	2,2	6,5	
<b>2</b>															
6,5	4,7	7,1	6,5	3,2	1,4	0,0	0,0	0,0	2,0	2,9	4,4	5,5	1,2	3,4	
<b>3</b>															
1,2	1,7	2,7	1,5	0,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,8	1,3	1,8	1,7	0,3	1,0	
<b>4</b>															
3,2	4,3	2,4	1,1	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,5	4,4	2,9	0,7	1,9	
<b>5</b>															
16,1	11,1	8,1	7,6	7,9	10,5	12,7	16,5	15,2	13,1	12,6	9,3	10,7	12,6	11,6	
<b>6</b>															
2,8	2,6	3,7	3,8	7,1	10,5	10,9	15,1	8,0	8,2	2,9	3,6	3,3	9,9	6,4	
<b>7</b>															
8,9	9,4	10,5	9,9	4,7	2,9	0,9	1,4	2,2	6,1	7,9	8,4	9,2	3,1	6,3	
<b>8</b>															
3,2	2,6	4,4	7,6	8,3	5,3	7,7	3,7	4,5	2,9	5,0	4,9	4,7	5,4	5,0	
<b>9</b>															
21,8	20,9	17,2	15,3	11,1	8,6	5,0	3,2	16,5	20,8	24,7	23,1	20,3	11,1	15,9	
<b>9а</b>															
1,2	1,7	2,4	1,5	2,0	2,4	5,0	6,0	1,8	3,3	1,3	0,9	1,5	3,4	2,4	
<b>9б</b>															
6,5	10,7	5,7	7,6	8,7	7,2	7,7	10,6	15,2	9,8	5,0	8,4	7,2	9,9	8,5	
<b>10</b>															
14,5	14,1	16,6	18,3	19,4	22,5	20,9	15,1	12,9	15,5	16,7	14,7	15,9	17,7	16,7	
<b>11</b>															
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	4,5	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,9	
<b>12</b>															
2,8	1,3	4,4	4,2	10,7	10,5	10,9	11,0	13,8	8,6	5,9	3,6	3,7	10,9	7,1	
<b>13</b>															
0,8	2,1	1,0	1,9	8,3	12,0	13,6	13,3	9,4	3,3	4,2	1,8	1,9	9,8	5,7	
<b>14</b>															
0,4	1,7	1,7	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	1,3	0,9	0,1	0,6	
<b>15</b>															
0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

\* Таблица рассчитана авторами на основе календарей синоптических процессов Средней Азии.

Таблица 4. Средняя суммарная продолжительность типов синоптических положений (число дней) Январь-декабрь 1960-1974 гг.\*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII	III	Год
<b>Тип</b>														
<b>1</b>														
2,7	2,5	3,5	3,3	1,3	0,3	0,0	0,1	0,0	0,8	1,3	1,9	15,1	2,6	17,7
<b>2</b>														
1,6	1,3	2,2	1,9	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,9	8,2	1,0	9,2
<b>3</b>														
0,2	0,4	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	1,7	0,2	1,8
<b>4</b>														
1,3	1,2	0,7	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	1,2	5,4	0,9	6,2
<b>5</b>														
5,0	3,4	2,4	2,2	2,7	3,6	4,3	5,5	5,6	4,3	3,4	2,9	19,3	26,0	45,3
<b>6</b>														
0,8	0,8	1,3	1,0	2,3	2,6	4,1	5,1	2,1	2,5	1,3	0,8	6,1	18,8	24,8
<b>7</b>														
2,7	2,3	3,4	3,8	1,3	0,7	0,1	0,3	0,4	1,2	2,6	3,6	18,4	4,0	22,4
<b>8</b>														
0,9	0,9	1,6	3,5	3,1	1,6	2,7	1,4	1,4	0,6	1,7	1,4	10,0	10,7	20,7
<b>9</b>														
9,1	7,9	5,3	3,7	2,9	1,9	0,8	0,6	4,7	7,8	9,1	9,1	44,1	18,6	62,7
<b>9а</b>														
0,2	0,5	0,6	0,2	0,4	0,4	1,1	1,4	0,4	0,7	0,2	0,1	1,9	4,4	6,3
<b>9б</b>														
1,3	2,6	1,9	2,6	2,8	1,5	1,1	2,1	3,9	4,2	1,5	3,4	13,1	15,7	28,8
<b>10</b>														
4,1	3,0	5,8	6,0	7,1	9,4	7,2	5,9	4,4	4,9	5,1	4,1	28,1	38,9	67,0
<b>11</b>														
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	4,3
<b>12</b>														
0,7	0,5	1,3	0,9	2,8	2,4	3,0	2,2	3,7	2,2	1,5	0,7	5,6	16,4	21,9
<b>13</b>														
0,3	0,7	0,4	0,4	3,1	4,0	4,9	5,2	3,6	0,9	1,0	0,6	3,3	21,6	24,9
<b>14</b>														
0,1	0,4	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	1,2	0,2	1,4
<b>15</b>														
0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
31,0	28,3	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	181,3	184,0	365,3

\* Таблица рассчитана авторами на основе календарей синоптических процессов Средней Азии.

**Заключение.** Проведенные нами ранее модельные исследования процесса распространения ЗВ в атмосфере Ахангаранской долины показали, что в условиях развития ГДЦ происходит максимальное очищение воздушного бассейна долины [5]. Исключением являются случаи смены направления ветра, когда в долине наблюдаются многочисленные штили. Сравнение результатов расчетов при фёновых ветрах с результатами при установлении ГДЦ показало, что поля распределения концентраций ЗВ имеют примерно одинаковый вид [4].

Таким образом, перечисленные выше типы синоптических процессов Средней Азии являются благоприятными в отношении очищения воздуха в Ахангаранской долине.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. С.Г.Чанышева, 1963, О северо-восточных ветрах в Ангренской долине. Тр. САНИГМИ вып. 15(30). - с. 15-19.
2. С.Г.Чанышева, 1966, Местные ветры Средней Азии. –Л.: Гидрометеоиздат. 120 с.
3. Ю.В.Петров, 1989, Некоторые характеристики горно-долинной циркуляции (на примере Пскемской долины). Тр. САНИГМИ, вып.184(215). - с. 47-59.
4. Б.М.Холматжанов, 2004, Расчет полей загрязнения атмосферы Ахангаранской долины в период фёна с помощью гидродинамической модели. Материалы международной конференции ENVIROMIS-2004. Томск: Изд-во ГУ «Томский ЦНТИ». - с. 73-74.
5. В.М.Kholmatjanov, 2002, Application of Three-Dimensional Model for Estimation of Atmosphere Pollution on Condition Mountain-Valley Circulation. Novosibirsk. Bulletin of the Novosibirsk Computing Center. Series “Numerical Modeling in Atmosphere, Ocean and Environment Studies”, NCC Publisher. Issue 8. P.P. 19-29.

UDC 551.510.04.

**THE TYPES OF SYNOPTICAL PROCESSES OF CENTRAL ASIA SET CONDITIONS FOR LOCAL CIRCULATIONS IN VALLEY OF WESTERN TIEN SHAN.** /KholmatdzhanoV B., Fatkhulaeva Z., Petrov I., Egamberdi Kh./ . Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 195-203. - Russ .; Summ. Eng.; Russ.

The types of synoptical processes in Central Asia were under consideration, caused by a local circulations in the valley of Western Tien Shan. Expeditional and synoptical datas were used during 1972-1980. There was held statistic-stochastic analysis of types of synoptical processes. Under this analysis we found out the synoptical processes, caused for the purity of the air in the Akhangaran valley

УДК 551.510.04.

**ТИПЫ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ МЕСТНЫЕ ЦИРКУЛЯЦИИ В ДОЛИНАХ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ.**/Холматжанов Б.М., Фатхуллаева З.Н., Петров Ю.В., Эгамберди Х.Т./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 195-203. – .Рус .; Рез.Анг.,Рус.

Рассмотрены типы синоптических процессов Средней Азии, обуславливающие местные циркуляции в долинах Западного Тянь-Шаня. Использован экспедиционный и синоптический материал за период 1972-1980 гг. Проведен статистико-стохастический анализ типов синоптических процессов. На основе анализа выявлены типы синоптических процессов, способствующие очищению воздуха в Ахангаранской долине.

*ჯობაგა რ<sup>1</sup>, ლომოური<sup>1</sup> მ<sup>2</sup>, გეონჯიანი ლ. ლ<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>თსუ, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი,  
ელექტრონიკის მიმართულება, საქართველო*

*<sup>2</sup>მნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის კოსმოსური კვლევის ცენტრი,  
საქართველო*

უაკ 37.014

## **საბუნებისმეტყველო დარგებში სამეცნიერო ბაზრების მომზადების საპიოხის შმსახე**

### **შესავალი**

საქართველოს უმაღლესი განათლების სისტემის ევროპულ მოდელზე ორიენტირებული მიმდინარე მოდერნიზაციის შედეგიანობა განპირობებული იქნება მრავალი მნიშვნელოვანი ფაქტორით. რეფორმის სტრატეგიის თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია, რომ უმაღლესი განათლების სისტემა ემსახურება ერის ინტელექტუალური კადრების კვლავწარმოებას – ინტელექტუალური ფენის მუდმივ განახლებას მსოფლიო კუმანიტარულ და ფუნდამენტალურ სამეცნიერო მიღწევებთან უწყვეტ შესაბამისობაში. ამ კონტექსტში დედამიწისა და მისი სისტემების შესწავლა და გაცნობიერება დღეს - როდესაც ბუნებრივ კატასტროფებს ანტროპოგენული კატასტროფები ემატება, საზოგადოებისათვის უაღრესად მნიშვნელოვანია.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების მიღწევები ემსახურება არა მარტო მეცნიერების წინსვლას, არამედ, უპირველეს ყოვლისა, სახელმწიფოს უსაფრთხოებასა და ეკონომიკურ განვითარებას. საკამათო აღარაა ის ფაქტი, რომ დღეს სახეზეა პროფესიული განათლების დაუფლების სისტემური ხარვეზები, რის შედეგადაც უახლოეს ხანში სპეციალისტების მომზადების საერთო დონის მკვეთრ დაქვეითებას მივიღებთ. ეს პროგნოზი ისევე ეხება დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებებს, როგორც ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სხვა დარგებს.

გადაიდგა ნაბიჯები დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების მიმართულებით საუნივერსიტეტო სწავლების დონის ასამაღლებლად. კერძოდ, თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტზე წარდგენილია მნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის სამაგისტრო პროგრამა. ელექტრონიკის, ანუ ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის მიმართულება თავისი საბაკალავრო და სამაგისტრო პროგრამებით უზრუნველყოფს საბუნებისმეტყველო დარგების კურსდამთავრებულებს თანამედროვე ექსპერიმენტული ფიზიკის მეთოდოლოგიისა და ელექტრონული აპარატურის ცოდნით.

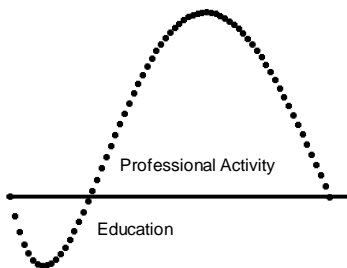
ამდენად, დღის წესრიგში დადგა გეოფიზიკის სხვადასხვა მიმართულებისათვის მომავალი სპეციალისტების პროფესიული კომპეტენციის დაუფლების პროცესის წარმატების უზრუნველყოფა. ამ მხრივ ერთერთი გადამწყვეტი ფაქტორია უმაღლესი განათლების მიღების საწყისი პირობები – უმაღლეს სასწავლებლებში ჩარიცხული კონტინგენტის საწყისი მომზადება. ნებისმიერი წარმატებული უმაღლესი სასწავლო დაწესებულება განიცდის მარცხს, თუ ახალმოსული კონტინგენტი არ არის მზად სწავლა დატვირთვის იმ ტემპით დაიწყოს, რომელსაც სასწავლებლის პროგრამა ითვალისწინებს.

ცნობილია, რომ უმაღლესი სკოლის ეფექტიანობა განისაზღვრება საზოგადოების მიერ სპეციალისტის მომზადებაზე დახარჯული რესურსის, რომელიც გამოიხატება ფულადი თანხით ან საზოგადოებრივად სასარგებლო სამუშაო დროით, და ამ სპეციალისტის მიერ მისი ცხოვრების განმავლობაში შექმნილი რესურსის – საზოგადოებაში დაბრუნებული რესურსის, თანაფარდობით. დასავლეთის განვითარებულ ქვეყნებში ეს მანევრებელი 6-დან 10-ე მერყეობს. ამ რიცხვის ნაკლები მნიშვნელობა სისტემურ კრიზისზე და უმაღლესი განათლების ხარვეზებზე მიუთითებს. ეს მანევრებელი დგინდება უწყვეტი მრავალწლიანი კვლევების შედეგად. პროფესიული კომპეტენციის მიღებისა და შეძღვობის სასარგებლო საქმიანობის პროცესების ძირითადი კანონზომიერებები მეტ-ნაკლებად გააზრებულია. არსებობს მეთოდური მიდგომა და მათემატიკური მოდელები [1]. ნახ. 1 სქემატურად გამოხატავს ამ პროცესს. პირველი ფაზის დროს სტუდენტი ცოდნის სახით ითვისებს რესურსს, მეორე ფაზაში კი, როგორც აქტიური პროფესიონალი – ახალ რესურსს ქმნის. პირველი ფაზის მინიმუმის მიღწევამდე ხდება სპეციალისტის სისტემური მიდგომის ჩვევების ჩამოყალიბება, დაგროვილი ცოდნის სისტემაში მოყვანა. ამ მონაკვეთზე რესურსი სტუდენტზე მაქსიმალურად იხარჯება. ამ სტადიის გავლის შემდეგ ცოდნის ათვისება, სისტემატიზაცია და პროფესიული კომპეტენციის მომწიფების პროცესი გაადვილებულია და ნაკლებ რესურსს მოითხოვს.

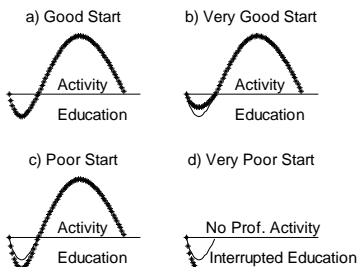
თუ პირველ ფაზაში საწყისი, სასკოლო მომზადება შეესაბამება უმაღლესი განათლების დაწესებულების სწავლების მოთხოვნებს – პროცესი წარმატებით ვითარდება. თუ მომზადება აღემატება მოთხოვნას – პროცესი ვითარდება ნაკლები რესურსების გამოყენებით (ნახ. 2 ბ). თუ პირიქით, საწყისი მომზადება არასაკმარისია – პროფესიული კომპეტენციის მისაღწევად ორივე მხრიდან დამატებითი დრო და ძალისხმევა მოითხოვება, ან პროცესი წყდება (ნახ. 2 ც, დ).

აბიტურიენტების მომზადების დონის გასარკვევად, თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის მიმართულების პროგრამული კომისიის წევრებმა წამოვიწყეთ 2007 და 2008 წლის მისაღები გამოცდების

შედეგების კვლევა ფაკულტეტზე ჩარიცხული კონტინგენტის მომზადების შეფასების თვალსაზრისით.



ნახ. 1.



ნახ. 2.

### მეთოდика

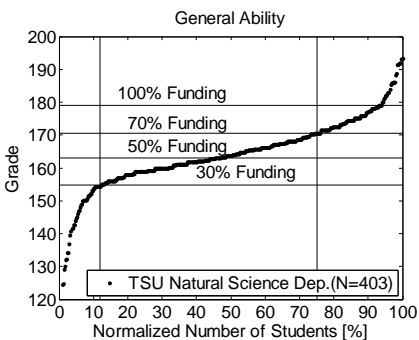
კვლევის მიზანს თავდაპირველად წარმოადგენდა ერთიანი ეროვნული გამოცდების ცენტრის მიერ გამოქვეყნებული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე მხოლოდ ფაკულტეტზე მიღებული კონტინგენტის მომზადების განსაზღვრა. საკმაოდ მარტივი მიდგომა თვალსაჩინო აღმოჩნდა კონტინგენტის თვისობრივი დახასიათების თვალსაზრისით. ამან განაპირობა თსუ-ს სხვა ფაკულტეტებისა და საქართველოს სხვა უმაღლესი სასწავლებლების კონტინგენტის შეფასების და ურთიერთშედარების მიმართ ინტერესი.

გამოქვეყნებული ინფორმაციიდან აღებულია მათემატიკის, ზოგადი უნარ-ჩვევების, ქართული ენის და უცხო ენების საგამოცდო ქულა, სკალირებული ქულა და აბიტურიენტების საკონკურსო ქულა. უმაღლესი სასწავლებლებიდან – თსუ, ჭავჭავაძის უნივერსიტეტი, ESM-ი, კაკასიის უნივერსიტეტი და სხვ.

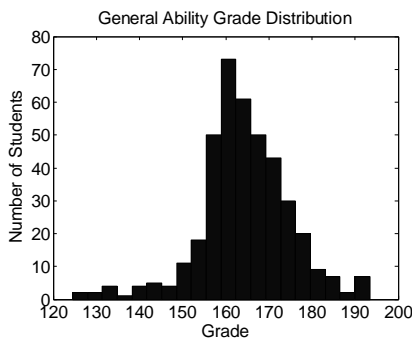
ცალკეულ ინსტიტუტში ან ფაკულტეტზე მისაღები გამოცდების შედეგები შესაძლებელია დიაგრამის სახით წარმოვადგინოთ, რომელზედაც მონაცემები სორტირებულია ქულის ზრდის მიხედვით. ვერტიკალურ ღერძზე გადაზომილია შეფასების მნიშვნელობა (პირველადი ან სკალირებული ქულა). ცხადია, პორიზონტალურ ღერძზე დატანილი წერტილების რაოდენობა ფაკულტეტზე მიღებული სტუდენტების რაოდენობას უდრის, თსუ-ს საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტისათვის – 403. ზოგადი სისტემური დახასიათებისათვის მიზანშეწონილია ეს რიცხვი 100% გაეუტოლოთ და სათანადოდ შევარჩიოთ წერტილების დიაგრამაზე დატანის ბიჯი. მაგალითი წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე.

იგივე მონაცემები შეგვიძლია გამოვსახოთ განაწილების სიმკვრივის სახით. ნახ. 4 -ზე პორიზონტალურ ღერძზე დატანილია თსუ-ს საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტზე მიღებული აბიტურიენტების

შეფასებები სკალირებული ქულების სახით. ასეთი წარმოდგენა, თვალსაჩინოების და პირდაპირი აღქმის თვალსაზრისით, ნაკლებად მოხერხებულია, ამიტომ შევჩერდით ზემოდ აღწერილი დიაგრამების სახით მასალის წარმოდგენაზე.



ნახ. 3.



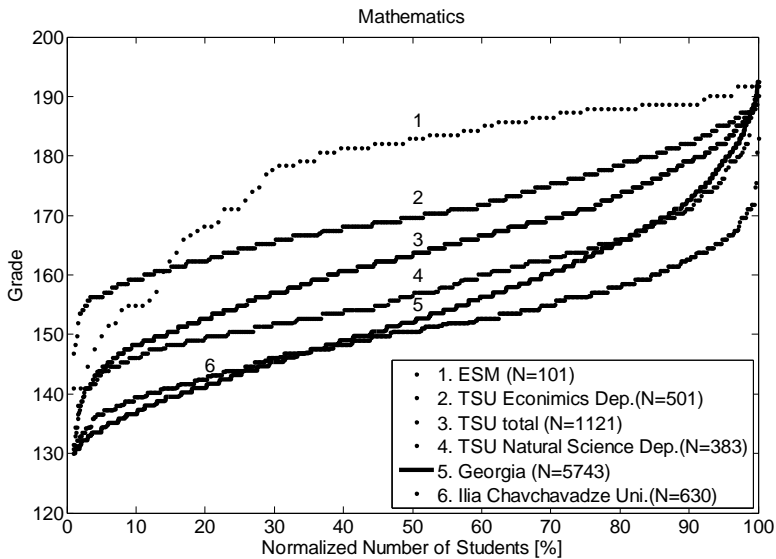
ნახ. 4.

### შედეგები

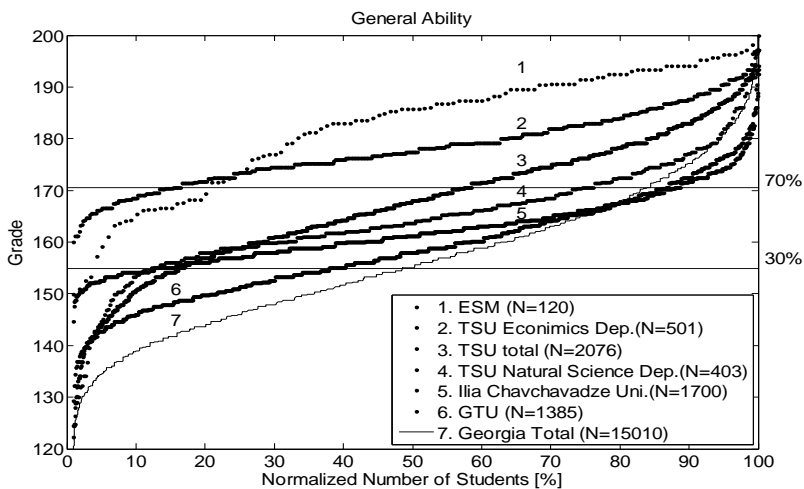
**ჩარიცხული კონტინგენტის მომზადება მათემატიკაში** მოყვანილია ნახ.5-ზე. საუკეთესოდ მომზადებული აბიტურიენტი ირჩევს ეკონომიკისა და ბიზნესის სპეციალობებს. თსუ-ში ეკონომიკის ფაკულტეტზე მოსული კონტინგენტი მეტ-ნაკლებად ეწევა ESM-ის კონტინგენტს. საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტზე საშუალო და დაბალი მომზადების აბიტურიენტთა სიმრავლე განათლების სისტემაში ამ დარგების მიმართ არასათანადო დამოკიდებულების მაჩვენებლად შეიძლება ჩაითვალოს. ორივე უმსხვილეს უნივერსიტეტში, სამწუხაროდ, საშუალო და დაბალი მომზადების აბიტურიენტთა სიმრავლე ჭარბობს, რაც სასკოლო განათლების ხარვეზების გამოვლინებად შეიძლება ჩაითვალოს. იჭავჭავაძის უნივერსიტეტში მისაღებ გამოცდებში არ არის მათემატიკა, თუმცა არსებობს მათემატიკისა და ფიზიკის ფაკულტეტი. ეს ჩარიცხული კონტინგენტი აბარებდა გამოცდას მათემატიკაში, მაგრამ ვერ მოხვდა სასურველ სასწავლებელში.

**ჩარიცხული კონტინგენტის ზოგადი უნარ-ჩვევების შეფასება ნაჩვენებია** ნახ. 6-ზე. ზოგადი უნარ-ჩვევების შეფასების თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ყურადღებას ის გარემოება იქცევს, რომ თსუ, მისი საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტი და იჭავჭავაძის უნივერსიტეტი თითქმის ერთ ადგილას კვეთენ სახელმწიფო დაფინანსების 30% -იან ზღვარს. მრუდები მსგავსია ფორმით და განსხვავდებიან დახრილობით, ე.ი. მსგავსი ტიპის, მაგრამ სხვადასხვა რეიტინგის მქონე სისტემებს წარმოადგენენ. გამოირჩევა პოლიტექნიკური უნივერსიტეტის დაბალი მაჩვენებლები. მაღალ დონეზეა და სამაგალითოდ



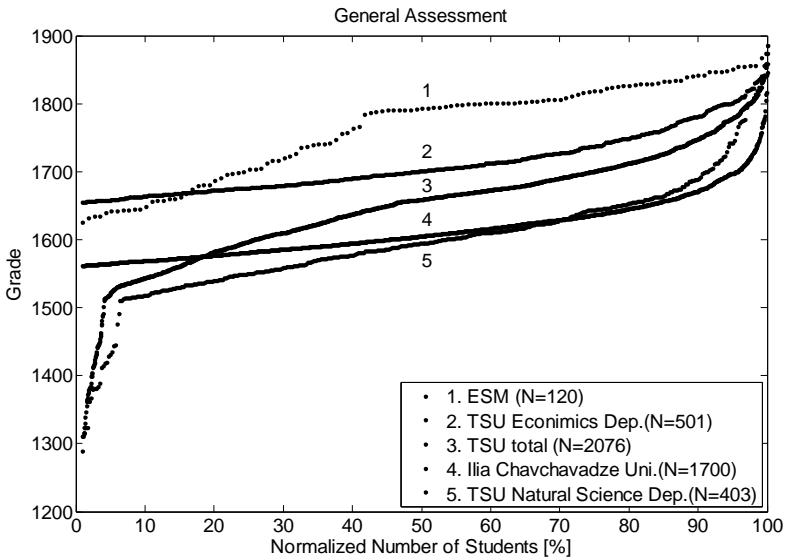


ნახ. 5.



ნახ. 6.

**ჩარიცხული კონტინგენტის ჯამური შედეგები - საკონკურსო ქულა,** ნაჩვენებია ნახ.7-ზე. ზოგადად რანჟირება იგივეა, რაც წინა ნახაზზე, მაგრამ ნათლად ჩანს განათლების ხარისხისა და დონეების სხვადასხვა ფაქტორებით გამოწვეული პოლარიზაცია (მრუდებს სხვადასხვა კომპონენტები უჩნდება): ცენტრალური და პერიფერიული სკოლები, რეპეტიტორების აყვანის შესაძლებლობის გადამწვევტი მნიშვნელობა და სხვ., რაც სასკოლო განათლების დონის დაქვეითებას მიანიშნებს. აღსანიშნავია, რომ თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის სტუდენტთა შორის არის ქვეყნის რამდენიმე საუკეთესო აბიტურიენტი. ეს მეცნიერებით დაინტერესებულ ახალგაზრდებში თსუ-ს ჯერ კიდევ შერჩენილ ავტორიტეტზე მიუთითებს.



ნახ. 7.

გასათვალისწინებელია, რომ საკონკურსო ქულის დაანგარიშებაში, სასწავლებლის სურვილის მიხედვით, ცალკეული გამოცდების შედეგს ენიჭება სხვადასხვა კოეფიციენტი. ეს გარემოება ამახინჯებს სურათს და ამდენად - საკონკურსო ქულით სასწავლებლის კონტინგენტის შეფასება გამოუსადეგარია.

### დასკვნა

შედეგები სხვადასხვა ზოგადი დასკვნის გამოტანის საშუალებას გვაძლევს:

- საუკეთესოდ მომზადებული აბიტურიენტი ირჩევს ეკონომიკისა და ბიზნესის სპეციალობებს;
- მათემატიკის, ზოგადი უნარ-ჩვევებისა და საკონკურსო ქულის მიხედვით საუკეთესო მაჩვენებლები გააჩნია ESM-ს, შემდეგ მოდის თსუ-ს ეკონომიკის ფაკულტეტი;
- თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის მაჩვენებლები თსუ-ს საშუალო მაჩვენებლებზე დაბალია.

ღიაგრამები ცხადყოფს, რომ პროფესიული ცოდნის დაუფლების პროცესის წარმატების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის სტუდენტთა კონტინგენტი საკმაოდ პრობლემური იქნება.

რაც შეეხება უმაღლეს სკოლაში სწავლას, აღსანიშნავია, რომ ბოლონის პროცესში მიღებული საერთაშორისო რეკომენდაციები [2], არ ითხოვენ სწავლების პროცესის სრულ სტანდარტიზირებას, პირიქით: მიუღებელია მზა რეცეპტების შექმნა სწავლების, სწავლისა და შეფასების პროცესთან მიმართებაში. განსხვავებული პროგრამების მიერ სხვადასხვა/სათანადო მეთოდოლოგია უნდა იქნას გამოყენებული. ეს იმით არის განპირობებული, რომ დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების პროგრამები, ევროპის სხვადასხვა ქვეყნების განსხვავებულ კულტურულ კონტექსტში, შესაძლოა, რომ სხვადასხვაგვარად იყოს ორიენტირებული. მოიაზრება აგრეთვე, რომ სხვადასხვა უმაღლეს სასწავლებელს განსხვავებული მიდგომა აქვს და სასწავლო რესურსების განსხვავებულ კომბინაციებსა და მოდულებს იყენებს აპრობირებული პროგრამების ფარგლებში. ნებისმიერ შემთხვევაში, სასწავლო პროცესში მონაწილე პერსონალს უნდა შეეძლოს სწავლების, სწავლისა და შეფასების უკეთესი შედეგის მისაღწევად საკუთარი მეთოდოლოგიის შემუშავება.

ჩვენ შემთხვევაში, პრობლემური კონტინგენტის გამო, შერჩეული მეთოდოლოგია საკმაოდ მობილიზაციას მოითხოვს და კარგად უნდა განემარტოს სასწავლო პროცესში მონაწილე სტუდენტებს. უნდა განიმარტოს, რომ დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები მნიშვნელოვანია სამართლისა და ეკონომიკისათვის, ქალაქისა და ქვეყნის დაგეგმარებისათვის, გეოგრაფიის, პოლიტიკისა და სოციოლოგიისათვის, აგრეთვე მენეჯმენტის, ბიზნესისა და უსაფრთხოების სფეროსათვის. ევროპული უნივერსიტეტების დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების პროგრამები ქიმიის, ფიზიკის, ბიოლოგიის, მათემატიკის ძლიერ საბაზო ცოდნას მოითხოვს. განსაკუთრებით წამოწეულია წინ ექსპერიმენტული ფიზიკის, ელექტროფიზიკისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიების დარგები. აქედან გამომდინარე, უაღრესად პერსპექტიული უნდა იყოს დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებებისა და ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის სფეროებში ურთიერთშეთანხმებული სასწავლო პროგრამების შემუშავება, რაც სტუდენტის

მაღალ პროფესიულ მომზადებასა და ორმაგი ხარისხის მოპოვების საშუალებას უზრუნველყოფს.

ცხადია, რომ თსუ-ს დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების სფეროში მომუშავე პროფესორ-მასწავლებლებისა და მოსწავლე სტუდენტობის წინაშე ევროპული მოთხოვნების შესაბამისი შედეგებისა და კომპეტენციების მიღწევის ამოცანები დგას. ევროპის საუნივერსიტეტო სივრცეში ისინი ზოგადად შემდეგნაირად ყალიბდება:

<p><b>1. პირველი საფეხური - ცოდნის აუცილებელი მოცულობა</b></p>
<p>1.1 საკვანძო დარგობრივი კომპეტენციები</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- დედამიწის „თვისებების“, გეო-პროცესების და ისტორიის ფართო ცოდნა,</li> <li>- დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების საზოგადოებრივი მნიშვნელობის და პასუხისმგებლობის გათავისება,</li> <li>- დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებებთან დაკავშირებული სხვა დისციპლინების ადეკვატური ცოდნა,</li> <li>- საველე და ლაბორატორიულ პირობებში მოპოვებული მონაცემების დამოუკიდებელი ანალიზი და მიღებული შედეგების აღწერა, ანალიზი, დოკუმენტირება და მოსხენება,</li> <li>- ფართო გაგებით სივრცით და დროით კონტექსტში მსჯელობა,</li> <li>- მარტივი რაოდენობრივი მეთოდების გამოყენება დედამიწის სისტემებთან მიმართებაში.</li> </ul>
<p>1.2 საკვანძო ზოგადი კომპეტენციები</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- დამოუკიდებლად და ჯგუფში მუშაობის უნარი,</li> <li>- ზოგადი საბაზისო ცოდნა,</li> <li>- პროფესიის საფუძვლების ცოდნა,</li> <li>- მშობლიურ ენაზე ზეპირი და წერილი კომუნიკაცია,</li> <li>- მეორე ენის ცოდნა,</li> <li>- ელემენტარული კომპიუტერული უნარები,</li> <li>- ინფორმაციის მართვის (მენეჯმენტის) უნარი,</li> <li>- ცოდნა უსაფრთხოების შესახებ,</li> <li>- დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების შესახებ ინფორმაციის მიწოდება ფართო საზოგადოებისათვის.</li> </ul>
<p><b>2. მეორე საფეხური</b></p>
<p>2.1 საკვანძო დარგობრივი კომპეტენციები</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების სულ მცირე ერთი სფეროს სიღრმისეული ცოდნა,</li> <li>- დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების ამოცანების განსაზღვრის, გადაჭრის სტრატეგიის განსაზღვრისა და გამოყენების უნარი,</li> <li>- დედამიწის პროცესების ურთიერთქმედების გაგება და მათი შედეგების შემოწმება,</li> <li>- საფუძვლიანი ანგარიშის შექმნის უნარი.</li> </ul>

2.2 საკვანძო ზოგადი კომპეტენციები
<ul style="list-style-type: none"> <li>- კვლევითი უნარები,</li> <li>- ანალიზისა და სინთეზის უნარი,</li> <li>- ამოცანების გადაჭრა,</li> <li>- ინფორმაციის მართვის (მენეჯმენტის) უნარი (სხვადასხვა წყაროდან ინფორმაციის მოპოვების უნარი).</li> </ul>
<b>3. მესამე საფეხური</b>
3.1 საკვანძო დარგობრივი კომპეტენციები
<ul style="list-style-type: none"> <li>- დამოუკიდებლად მუშაობის უნარი, ორიგინალური და გამოქვეყნებადი კვლევითი შედეგების მიღება.</li> </ul>
3.2 საკვანძო ზოგადი კომპეტენციები
<ul style="list-style-type: none"> <li>- შემოქმედება,</li> <li>- კრიტიკული და თვითკრიტიკული მიდგომა,</li> <li>- ახალი იდეების გენერირების უნარი.</li> </ul>

არსებული პროგრამები დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების სფეროში იყენებენ სწავლის, სწავლებისა და შეფასების მეთოდების ფართო სპექტრს სტუდენტთა სწავლის ხელშეწყობის მიზნით. ეს მეთოდები რეგულარულად უნდა მოწოდებოდეს და ფასდებოდეს ეროვნულ თუ საერთაშორისო დონეზე მიმდინარე ზოგადი და დარგობრივი კომპეტენციების მუდმივი განახლების პროცესის პარალელურად და გამოყენებულ იქნეს სასწავლო პროგრამების შემსუშავებლების მიერ.

ამავე დროს საჭირო იქნება გარკვეული მუშაობის ჩატარება სტუდენტების ცნობიერებაში დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებების რეიტინგის ასამაღლებლად. ამ მხრივ მეტად ეფექტური უნდა იყოს მომავალი დასაქმების შესაძლებლობების გაცნობა.

სავარაუდოდ, დასაქმების სფეროები იქნება:

საჯარო სამსახური გეოლოგიის სპეციალობით სახელმწიფო სტრუქტურებში (ნიადაგის, წყლის რესურსების, ფიზიკური დაგეგმვის, კატასტროფების, გარემოს კონსერვაციის, აგრიკულტურის სააგენტოები); კერძო კომპანიები (წყალსაქაჩები და ა.შ.); კერძო საკონსულტაციო სააგენტოები და ა.შ.; უნივერსიტეტები და კვლევითი ინსტიტუტები (კვლევა და განათლება); საჯარო სკოლაში დედამიწის/ბუნების/გეოგრაფიის მასწავლებლობა; მუზეუმები; საინჟინრო გეოლოგია; სამეცნიერო ჟურნალისტიკა და ა.შ.

დასკვნის სახით გვინდა ავღნიშნოთ, რომ განათლების რეფორმა ხანგრძლივი და რთული პროცესია. განათლების სამინისტროს სტრატეგიით, მისი სათანადო სტრუქტურების მიერ გათვალისწინებულია რეფორმის მსვლელობაში პროცესების ოპტიმიზაციის მრავალი საშუალება, მათ შორის უმაღლესი სკოლებისა და სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტების უფრო აქტიური ჩართვა ამ

პროცესებში. მიგვაჩნია, რომ შედეგის მისაღწევად საჭიროა ერთიანი საგანმანათლებლო ჯაჭვის შექმნა – სკოლა, უნივერსიტეტი, კვლევითი ინსტიტუტი, სადაც ეს სამივე კომპონენტი მჭიდრო თანამშრომლობაში იმუშავებს.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. С.П.Капица, С.П.Курдюмов, Г.Г.Малинецкий 2001. Синергетика и прогнозы будущего. Москва, Эдиториал УРСС, стр.144
2. ხეონზალესი, რეაგენარი 2005. საგანმანათლებლო სტრუქტურების ურთიერთშეწყობა ევროპაში – II; უნივერსიტეტების წვლილი ბოლონიის პროცესში, თბილისი, საქ. მეცნიერებისა და განათლების სამინისტრო. გვ. 69-77.

შპს 37.014

**საზუნებისმეტყველო დარბეზში სამეცნიერო კაღრების მორზაღების საკითხის შესახებ/ჯობავა რ., ლომოური მ., გეონჯიანი ლ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ.204-213.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებებში განათლების ხარისხის აწვევის აუცილებლობიდან გამომდინარე, ჩატარდა 2008 წლის მისაღები გამოცდების შედეგების კვლევა თსუ-ში ჩარიცხული კონტინგენტის მოზადების შეფასების თვალსაზრისით. დასახულ იქნა განათლების დონის აწვევის გზები.

UDC 37.014

**ON THE PROBLEM OF TRAINING SCIENTIFIC PERSONNEL IN EARTH SCIENCE FIELD./Dzobava R., Lomouri M., Geondzian L./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 204-213. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

With the purpose to increase the quality of professional education in Earth Sciences field, the study of the educational level of first course students of the Faculty of Exact and Natural Sciences of Tbilisi I. Javakhishvili State University has been conducted. The possibility and the way to increase the level of education on the base of modern requirements is discussed.

УДК 37.014

**О ВОПРОСЕ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ КАДРОВ В СФЕРЕ НАУК О ЗЕМЛЕ./Джобавა Р., Ломоури М., Геонджян Л./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 204-213. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

В связи с необходимостью повысить качество специального профессионального образования в сфере наук о Земле, был проведен анализ школьного уровня знаний абитуриентов, поступивших на факультет точных и естественных наук ТГУ (Тбилисский государственный университет, 2008). С учетом международных требований т.н. Болонского Процесса и Тюнинга, намечен путь повышения качества образования

*Амиранашвили А.Г<sup>1</sup>., Картвелишвили Л. Г<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup>*Институт геофизики им. М. Нодиа, Грузия*

<sup>2</sup>*Гидрометеорологический департамент Грузии*

УДК 551.582

## ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ

### Введение

Оценка биоклиматических характеристик местности часто производится методом эквивалентной-эффективных температур (ЭЭТ) - сочетанием одновременно наблюдаемых температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра, выраженное условным значением температуры, которое создает то же теплоощущение, что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуре [2, 5, 7].

Существует две шкалы ЭЭТ. Основная соответствует теплоощущению обнаженного человека, находящегося в тени и принимающего воздушные ванны. Нормальная шкала ЭЭТ соответствует теплоощущению одетого по сезону человека, совершающего небольшие прогулки. В соответствие с нормальной шкалой выделяются пять основных градаций ЭЭТ: 1-8 °С – *холодно*, 9-16 °С – *умеренно холодно*, 17-22 °С – *комфортно*, 23-27 °С – *тепло*, более 27 °С – *жарко* [2].

В связи с изменением климата важно выявить тенденцию изменчивости этой важной биоклиматической характеристики. В данной работе представлены результаты статистического анализа ЭЭТ в Тбилиси в период с 1957 по 2006 гг.

### Методика

В работе использованы следующие статистические параметры (с соответствующими обозначениями): Mean – среднее, Max – максимум, Min – минимум, Interv – вариационный размах, Median – медиана, St Dev – стандартное отклонение,  $\sigma_m$  – стандартная ошибка среднего,  $C_v$  – коэффициент вариации (%),  $A_s$  – коэффициент асимметрии, K – коэффициент эксцесса,  $R^2$  – коэффициент детерминации, R – коэффициент линейной корреляции,  $R_s$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмэна,  $R_k$  – коэффициент ранговой корреляции Кэндэла,  $R_a$  – коэффициент автокорреляции с лагом 1 год,  $K_{dw}$  – критерий Дарбина-Уотсона,  $\alpha$  – уровень значимости, T – температура воздуха, U – относительная влажность воздуха, V – скорость ветра.

Доверительный интервал для среднего – CONF, а также его нижний  $CONF_L$  и верхний  $CONF_U$  уровни с заданной вероятностью определялись как без учета, так и с учетом автокорреляции в рядах наблюдений. В последнем

случае для доверительного интервала вводилась поправка на значение коэффициента автокорреляции с лагом  $L = 1$  год.

Известно, что временной ряд обычно представляют в виде суммы четырех компонент: тренда или долгосрочного движения; более или менее регулярных колебаний относительно тренда; сезонной компоненты; остатка или несистематического случайного эффекта. Существенным в понятии тренда является его гладкость, что на практике означает желательность его представления непрерывной и дифференцируемой функцией времени. При этом линия тренда должна иметь ярко выраженное направление во времени, либо в сторону увеличения, либо – уменьшения. Для этой цели могут использоваться различные функции в зависимости от обстоятельств [3,4,6]. Здесь необходимо отметить, что в последнее время в метеорологической литературе под термином “тренд” часто подразумевается просто статистически значимая изменчивость того или иного метеоэлемента в различные промежутки времени. В лучшем случае – представление изменчивости метеоэлемента в виде какой-либо функции времени без анализа остатков. Такой подход оправдан для изучения временных изменений метеорологических параметров в целом, но называть эти изменения трендом в классическом его смысле некорректно.

В данной работе под трендом будет подразумеваться его классическое понятие [4,6]. Так как используемые данные имеют дискретность с лагом в год, то вопрос сезонной компоненты рядов не рассматривается. На данном этапе исследований также не рассматриваются циклические колебания (это намечено сделать в дальнейшем). Поэтому временной ряд будет рассматриваться как сумма двух компонент: тренда плюс случайной и осцилляционной составляющих. В последнюю составляющую входят остатки и возможные циклические или близкие к ним колебания. Подбор функций для тренда изучаемых параметров осуществлялся путем одновременного анализа коэффициента детерминации  $R^2$ , определяющего близость этой функции эмпирическим данным, и критерия Дарбина-Уотсона для остатков и осцилляционной составляющей, определяющего степень случайности последних. В идеальном случае при статистически значимых величинах  $R^2$  и критерия  $K_{dw}$ , указывающего на случайность остатков, можно утверждать, что тренд выделится удовлетворительно. В тоже время по характеру кривой тренда можно сделать вывод о наличии в нем циклической составляющей для проведения в дальнейшем дополнительного анализа. При незначимых величинах  $R^2$  тренд не выделяется и можно говорить лишь об изменчивости или стационарности исследуемого параметра. При статистически значимых величинах  $R^2$  и незначимых величинах критерия Дарбина-Уотсона для случайности остатков можно утверждать, что тренд имеет место, но следует провести дополнительный анализ остатков на цикличность и т.д.

Отметим, что для 50-летнего ряда наблюдений критическое значение коэффициента детерминации  $R^2$  с уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  составляет



0,092, с уровнем значимости  $\alpha = 0,01 - 0,176$ . Автокорреляция остатков отсутствует с уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  при  $1,6 \leq K_{dw} \leq 2,4$ , и с уровнем значимости  $\alpha = 0,01$  при  $1,4 \leq K_{dw} \leq 2,6$  [ 6].

## Результаты

Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рис. 1-4.

Таблица 1. Статистические характеристики среднегодовых значений T, U, V и ЭЭТ

Параметр	T	U	V	ЭЭТ
Mean	13,1	68	1,6	7,6
Min	11,9	63	0,6	4,8
Max	14,8	77	2,5	9,6
Interv	2,9	14	2,0	4,8
Median	13,1	67	1,7	7,5
St Dev	0,69	2,65	0,60	1,20
$\sigma_m$	0,10	0,38	0,09	0,17
Cv (%)	5,2	3,9	36,9	15,9
$A_s$	0,09	0,95	-0,18	-0,35
K	-0,29	1,52	-1,36	-0,53
95% (+/-)	0,19	0,74	0,17	0,34
R	0,16	0,46	-0,26	0,39
$\alpha$ для R	0,15	0,00	0,10	0,01
$R_k$	0,16	0,31	-0,22	0,24
$\alpha$ для $R_k$	0,10	0,01	0,02	0,15
$R_s$	0,22	0,44	-0,25	0,40
$\alpha$ для $R_s$	0,12	0,02	0,09	0,01
$R_a$	0,18	0,45	0,87	0,46
99% (+/-) CONF	0,25	0,98	0,22	0,44
99% CONF <sub>L</sub>	12,9	66,5	1,4	7,1
99% CONF <sub>U</sub>	13,4	68,5	1,9	8,0
99% (+/-) CONF с уч. $R_a$	0,30	1,58	0,84	0,73
99% CONF <sub>L</sub> с уч. $R_a$	12,8	65,9	0,8	6,8
99% CONF <sub>U</sub> с уч. $R_a$	13,4	69,1	2,5	8,3
$K_{dw}$	1,62	1,7	1,84	1,72
$\alpha$ для $K_{dw}$	0,05	0,025	0,05	0,05

В таблице 1 представлен подробный статистический анализ среднегодовых значений эквивалентно – эффективной температуры воздуха в Тбилиси в период с 1957 по 2006 гг. и ее составляющих – T, U, V.

Как следует из этой таблицы, временные ряды всех исследуемых параметров являются неслучайными и автокоррелированными (коэффициенты R,  $R_k$ ,  $R_s$  и  $R_a$  значимо выше предельных значений). Иными словами, все исследуемые величины в той, или иной степени зависят от времени.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

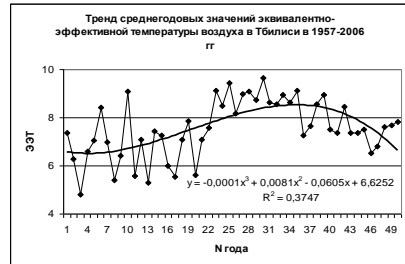


Рис. 4

Анализ данных показал, что тренд температуры воздуха положительный линейный (рис. 1); тренд среднегодовых значений относительной влажности воздуха имеет вид полинома третьей степени (рис. 2); во временном ряде среднегодовых значений скорости ветра, несмотря на самую высокую автокорреляцию, тренд не выделяется, имеется изменение во времени  $V$ , описываемое полиномом пятой степени (рис. 3); тренд ЭЭТ имеет вид полинома третьей степени (рис. 4). Отметим, что значения коэффициентов регрессии соответствующих уравнений и величин  $R^2$  представлены на указанных рисунках.

Как следует из рис. 1-4 из всех перечисленных параметров только температура воздуха имеет монотонный линейный рост. Относительная влажность интенсивно увеличивается в последние годы. Скорость ветра имеет два экстремума и минимум. Соответственно ЭЭТ вначале имела рост (с уменьшением скорости ветра), а в последние годы – уменьшение (с ростом скорости ветра). В целом же за последние двадцать лет (1987-2006 гг) по сравнению с предыдущим двадцатилетием (1957-1976 гг) значение ЭЭТ возросло.

В таблице 2 представлена повторяемость среднемесячных значений ЭЭТ за указанные два периода времени в соответствии с градациями по нормальной шкале (%).

Таблица 2

	Тепло	Комфорт	Умеренно холодно	Холодно
1957 - 1976	0	22,5	25	52,5
1987 - 2006	0,4	24,6	26,7	48,3

Как следует из таблицы 2 в последние два десятилетия в 0,4 % случаев среднемесячное значение ЭЭТ соответствует градации *тепло* (в 1957 – 1976 гг в эту градацию значение ЭЭТ не попадало). Кроме этого, в 1987 – 2006 гг по сравнению с 1957 – 1976 гг: увеличилось количество *комфортных* месяцев (24,6 % против 22,5 %); уменьшилось количество месяцев, соответствующих градации *Холодно* (48,3 % против 52,5 %); увеличилось количество месяцев, соответствующих градации *Умеренно холодно* (26,7 % против 25 %).

### Заклучение

Получено, что за последние два десятилетия отмечается рост эквивалентно-эффективной температуры воздуха в Тбилиси.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Дуброва Т.А., 2003, Статистические методы прогнозирования в экономике, М., Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 50 с.
2. Климат Тбилиси, 1992, под. Ред. Сванидзе Г.Г. и Папинашвили Л.К., Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 230 с.
3. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я., 1978, Климатологическая обработка метеорологической информации, Л., Гидрометеиздат, 296 с.
4. Кэндэл М., 1981, Временные ряды, М., Финансы и статистика, 200 с.
5. Русанов В.И., 1981, Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей, Томск, изд. Томского университета, 87 с.
6. Ферстер Э., Ренц Б., 1983, Методы корреляционного и регрессионного анализа, М., Финансы и статистика, 303 с.
7. Шелейховский Г.В., 1948, Микроклимат южных городов, М., 118 с.

შპს 551.582

**ჰაერის ენერგეტიკული ტემპერატურის ბრძანებადანი ვარიაციები თბილისში.**

/ამირანაშვილი ა., ქართველიშვილი ლ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008-ტ.115-გვ. 214-219- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ჩატარებულია ჰაერის ექვივალენტურ - ენერგეტიკული ტემპერატურის (ჰაერის ტემპერატურის, ფარდობითი ტენიანობის და ქარის სიჩქარის კომბინაცია) ვარიაციების დაწვრილებითი სტატისტიკური ანალიზი თბილისში 1957 და 2006 წლამდე პერიოდისათვის.

UDC 551.582

**LONG-TERM VARIATIONS OF AIR EFFECTIVE TEMPERATURE IN TBILISI.**  
/Amiranashvili A., Kartvelishvili L./Transactions of the Georgian Institute of  
Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p.214-219. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The detailed statistical analysis of variations of air equivalent- effective temperature (combination of temperature, air relative humidity and wind speed) in Tbilisi in the period from 1957 through 2006 is carried out .

УДК 551.582

**ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ.**/Амиранашвили А.Г., Картвелишвили Л.Г./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 214-219. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Проведен подробный статистический анализ вариаций значений эквивалентно-эффективной температуры воздуха (комбинация температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра ) в Тбилиси в период с 1957 по 2006 гг.

*Сеник И<sup>1</sup>., Еланский Н<sup>1</sup>., Дёмин В<sup>2</sup>.*

*<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Россия*

*<sup>2</sup>Полярный Геофизический Институт, Кольский научный Центр РАН,  
Россия*

УДК 551.510

## **ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ РАЙОНОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА КИСЛО- ВОДСКОЙ ВЫСОКОГОРНОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ ИФА им. А.М.ОБУХОВА РАН**

### ***Введение***

Станции мониторинга состояния атмосферы, расположенные в горах, выше пограничного слоя, играют особую роль фоновых. Кроме того, в отсутствие сильно переменных составляющих пограничного слоя появляется возможность со значительно большей надежностью выделить вариации параметров атмосферы, инициируемые различными естественными процессами, в том числе особыми, характерными для горных районов. Учитывая, что горные регионы составляют значительную часть суши, влияние гор различного масштаба на состояние атмосферы оказывается существенным и требует пристального внимания. К числу явлений, которые влияют на деформацию поля малых примесей, в т.ч. озона и аэрозоля, относятся “lifting”-эффект, внутренние гравитационные волны (ВГВ) орографического происхождения, фёны, горно-долинная циркуляция.

Исследования, проводящиеся на Кисловодской высокогорной научной станции Института физики атмосферы РАН (КВНС) на Северном Кавказе (2070 м над уровнем моря), уникальны ввиду уникальности расположения станции, комплексности измерений и качества получаемых данных, которые позволяют выявлять слабые вариации и тонкие эффекты, недоступные на равнинных станциях (внутренние гравитационные волны (ВГВ), фен, локальная горно-долинная динамикой, эффекты дальнего переноса, тренды, и пр.).

В данной работе представлены некоторые результаты исследований, проводимых на фоновой КВНС для обнаружения деформации поля озона (высотного распределения и приземной концентрации озона) в области действия ВГВ и влияния фенов - на приземные уровни и вариации озона.

Наблюдения общего содержания озона (СО) обнаруживают его квази-периодические изменения различного временного масштаба: от нескольких минут до нескольких лет. При этом внутрисуточные колебания изучены гораздо меньше.

Численные расчеты динамического и фотохимического механизмов воздействия ВГВ на содержание и распределение озона и других примесей [2,4] показали, что часть наблюдаемых квазипериодических колебаний могут быть объяснены орографическим эффектом.

Кисловодская высокогорная научная станция КВНС Института физики атмосферы РАН имеет удачное расположение для обнаружения связи между ВГВ и вариациями ОСО. S-S-W от КВНС на расстоянии 50 км находится гора Эльбрус. Эльбрус входит в горный массив, который выступает к северу от Главного Кавказского хребта (рис.1.). Значительно возвышаясь над хребтом, Эльбрус является мощным источником подветренных волн, что доказывают частое наблюдение характерных орографических форм облаков. Преобладающие ветры от S-W до N-W направления (повторяемость их в январе—марте составляет 71%) приводят к развитию возмущений в атмосфере именно в том секторе, из которого поступает информация об ОСО во время наблюдений на КВНС в околополуденное время.

### *Методика*

Измерения ОСО на КВНС регулярно проводятся с 1979 г. С 1989 г. и по настоящее время – с помощью спектрофотометра Брюера № 43, а до конца 1989 г. - с помощью спектрофотометра М-3 ИФА по прямому солнечному излучению. ОСО определялось по интенсивности солнечного излучения на длинах волн 308,8—313,0 и 311,1—315,2 нм методом абсорбционной спектроскопии. Единичное значение ОСО находилось путем осреднения прямого и обратного спектра солнечного излучения. Частота измерений - одно значение в минуту. Среднеквадратичное отклонение ОСО в отсутствие возмущающих условий составляло менее 1 Е.Д. для реализации длительностью 1—3 ч.

Подчеркнем, что в эксперименте важной характеристикой является дисперсия временного ряда на небольших временных участках при измерении в невозмущенных условиях. В случае спокойной атмосферы случайные флуктуации могут составлять всего несколько десятых Е.Д. (не превышают 1Д.Е.).

Изменения ОСО в зоне подветренных горных волн составляют согласно модельным расчетам [4] в типичных случаях 1—2%, а в наиболее благоприятных условиях даже 3—5% от среднего его значения. Стандартные спектрофотометры могут уверенно контролировать относительные изменения ОСО такой величины.

Таким образом, регулярные колебания в возмущенной атмосфере с амплитудой 1-3 Е.Д. фиксируются надежно.



Рис.1 Карта расположения г.Эльбруса и КВНС ИФА РАН.

Для исследований были использованы дни, когда существовали условия не только для образования мощной волновой системы в тропосфере, но и для распространения волн в стратосфере.

На КВНС в серии наблюдений были зафиксированы периодические колебания ОСО с амплитудой 2-3 Е.Д. и периодами 25-30 мин. и с периодами 12-15 мин. и с меньшей амплитудой порядка 1-1.5 Е.Д.

Проведено сопоставление на географической схеме (рис.2) положений областей атмосферы, охваченных возмущением от горного массива Эльбруса, с сечением озонового слоя, которое производит смещающийся со временем (за счет изменения зенитного угла и азимута) зондирующий луч Солнца. Положение секторов азимутальных углов, для которых велись наблюдения ОСО, и возмущенная часть воздушного потока, прошедшего над горным массивом высотой более 3,5 км отмечены тонкими и толстыми пунктирными линиями соответственно. На схеме обозначены относительные вариации ОСО и проекции на уровень 2 км пересечения зондирующим лучом условными верхней (30 км) и нижней (16 км) границами озонового слоя соответственно тонкими и толстыми сплошными линиями. Изогипсы проведены через 1 км.

После вычисления скорости смещения сканирующего луча на разных уровнях в атмосфере получены длины волн, соответствующие наблюдавшимся 25-30 мин. колебаниям, при условии стационарности процесса. Длины волн колеблются от 4 до 5 км на высотах 20-30 км, где в основном сосредоточен озон. Это совпадает с теоретической оценкой длины стационарных волн при двумерном обтекании горного массива ( $\lambda=2\pi V/N$ , где  $N$  - частота Брента – Вэйсяля) порядка 4-6 км при значительной устойчивости воздуха средней тропосферы, что и наблюдалось в дни эксперимента.

Регистрируемые колебания ОСО с периодами 5—7 мин вызваны вариациями аэрозоля в нижней атмосфере, которые в свою очередь могут быть следствием действия местных орографических факторов.

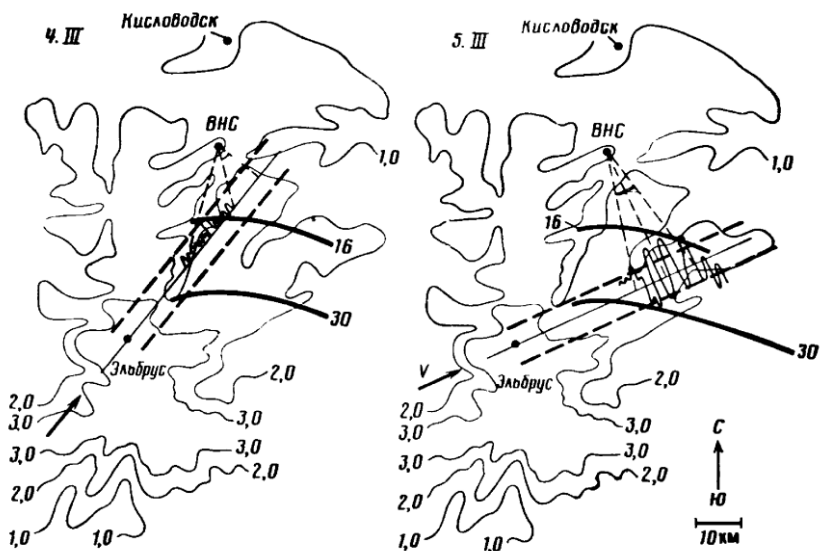


Рис. 2 Схема регистрации орографических возмущений атмосферы по измерениям общего содержания озона в атмосфере в районе КВНС

Для изучения вариаций приземного озона на КВНС используются непрерывные измерения, проводящиеся с 1989г. Газоанализатор Dasibi 1008-АН работает на КВНС в круглосуточном режиме в удаленной от крупных населенных пунктов зоне альпийских лугов. Забор воздуха осуществляется на высоте 3м. Чувствительность приборов - 1 ppbv, абсолютная погрешность измерений - 1-2 ppbv. Частота измерений - 10 с. Время релаксации прибора на уровне 95% - 50 с. Относительная погрешность на участке порядка 40 минут составляет 0.1ppbv

Для получения более детальных пространственных и временных характеристик вариаций озона в 1987г. использовались дополнительно к стационарному газоанализатору Dasibi 1008-АН два мобильных хемиллюминесцентных газоанализатора производства Лаборатории экологического контроля (Санкт-Петербург), имеющих малое время реагирования - около 1 сек. Чувствительность приборов 1-2 ppbv, относительная погрешность (полученная на спокойных участках ряда продолжительностью около 50 минут) составляет 0.1ppbv Калибровка всех приборов выполнялась регулярно.



ВГВ орографического или другого происхождения, например, от развитой конвекции, обнаруживаются в изменчивости приземного озона на КВНС. Важное условие для наблюдений таких тонких эффектов – слабая возмущенность поля приземного озона, что выполняется на КВНС благодаря удаленности от источников загрязнения.

Задача по изучению влияния фенів на уровень приземного озона на КВНС встала особенно остро в связи с необходимостью объяснить необычный отрицательный тренд приземного озона. Долговременные вариации озона высокогорных Европейских станций, например Jungfraujoch (JFJ, 3580м над у.м.), имеют противоположенную тенденцию к увеличению приземного озона. Факторы, рассматривающиеся стандартно для объяснения наблюдаемых тенденций приземного озона, следующие: изменения антропогенной эмиссии предшественников озона (в Европе эмиссии сокращаются); дальний перенос, регулируемый долговременными вариациями динамических процессов; изменения интенсивности интрузий стратосферного воздуха (что стандартно принято оценивать по высоте прохождения траекторий воздушных масс и некоторым диагностическим параметрам вдоль траектории).

При этом очевидно упускаются из внимания мезомасштабные явления, связанные с процессом адиабатного опускания воздуха, обогащенного озоном, из верхних слоев тропосферы: фёны, неподвижные антициклоны, стримеры и др. Эти явления имеют общие со стратосферными вторжениями признаки: повышенная концентрация озона, резкое потепление и низкая влажность. Однако для фена определен целый комплекс метеорологических факторов [6]: резкое повышение температуры и понижение влажности воздуха (<35%), определенные направление и скорость ветра, отсутствие нижней облачности и осадков, орографическая облачность.

Для горных и предгорных районов, в отличие от равнинных станций, интрузии, связанные с фёнами, могут иметь систематический характер и влиять на характеристики изменчивости, в частности, вносить вклад в долговременную изменчивость озона.

### ***Результаты***

Изучение формирования тонкой структуры в распределении озона в атмосфере под влиянием внутренних гравитационных волн (ВГВ) разного происхождения, в частности орографических, связано с трудностями постановки эксперимента, с корректировкой режимов наблюдений, с зависимостью от расположения возмущенной области относительно сканирующего луча и пр. Тем не менее, попытки наземных наблюдений важны, т.к. ВГВ играют существенную роль в переносе энергии и в изменчивости озона.

В 1988г нами [3] были зафиксированы орографические эффекты на КВНС: по результатам наземных наблюдений ОСО обнаружены короткопериодические колебания, вызванные воздействием ВГВ на распределение озона в стратосфере и тропосфере, с амплитудой 2-3 Е.Д. и периодами 25-30 мин. и с периодами 12-15мин. с амплитудой порядка 1-1.5 Е.Д., связанные со

стационарной и нестационарной компонентами натекающего потока соответственно.

На фоне регулярных процессов в 1992г были зафиксированы интенсивные орографические эффекты, которые проявились также во временной изменчивости приземного озона. Внутренние гравитационные волны вызывают колебания его концентрации с периодами 5 - 8, 12 - 16 и 25 - 35 мин и амплитудой в единицы ppb. Эти колебания наблюдались в трех разнесенных пунктах с высокой степенью когерентности (0.8-0.9), что позволило подтвердить их волновую структуру [5]. Анализ аэрологических данных подтвердил наличие условий для существования ВГВ с периодами 12-20мин. в слое 1.5-3км.

Весной 2007 удалось провести несколько синхронных измерений массовой концентрации аэрозоля, ОСО и приземного озона. Были проанализированы синоптический материал и метеоданные для этих дней. Впервые для подтверждения воздействия ВГВ на поле озона в районе КВНС был применен локализованный спектральный анализ (Вейвлет анализ). Подвижное частотно-временное окно выявило в неоднородном процессе, участки с локальной периодичностью. Вейвлет-анализ подтвердил наличие нестационарных колебаний, на отдельных участках временной шкалы, например 1.05.2007, отмечается отчетливый дрейф частоты, соответствующий наблюдаемым изменениям колебаний от 13мин до 35 мин в течение 2.5часа.

Анализ данных приземной концентрации озона на КВНС, метеорологических и синоптических данных [6] показал, что во время фена значения озона могут увеличиваться значительно, до 15-20ppb, однако чаще меняются не столь существенно, на 5ppb (это зависит, например, от вертикального градиента озона в каждой конкретной ситуации).

Выявлены синоптические ситуации, характерные для фена в районе КВНС: прохождение циклона к северу и к северо-западу от Кавказских Гор. В этой ситуации южные воздушные потоки вынуждены течь поперек горных хребтов и КВНС оказывается в подветренном районе горного хребта, где и наблюдается обычно повышение концентрации озона.

Выявлено, что фёновый эффект более выражен при устойчивой стратификации и на фоне низких температур, т.е. зимой он должен проявляться сильнее, чем летом. Это подтверждается наблюдениями в различных горных регионах например, в Хибинах [7]. Кроме того, в холодное полугодие над восточной акваторией Черного моря происходит активный циклогенез. В связи с этим фёноподобные ситуации встречаются довольно часто.

Чтобы более полно, оценить вклад верхних слоев тропосферы в формирование уровня приземного озона, был оценен индекс Foz:  $Foz \sim N_f(m, Y) * \Delta O_{3f}(m)$ , где  $N_f(m, Y)$  - количество зарегистрированных случаев пониженной относительной влажности воздуха ( $Hum \leq 35\%$ ) и резкого потепления (и др. признаки фёноподобных явлений);  $\Delta O_{3f}(m)$  – средний по всем годам вклад

одного события в данном месяце  $m$  в формирование значения приземной концентрации озона  $O_3$  (или средняя сезонная мощность одного события).

Для КВНС были рассчитаны среднемесячные индексы  $Foz$  с 1994 до 2006г. Анализ изменчивости индекса  $Foz$  2006г для КВНС показал, что рассмотренные явления: преобладают в холодный период (01-03, 10-12); существует тенденция к усилению влияния верхней тропосферы в период с 1994 до 2006гг, что не объясняют отрицательный тренд приземного озона на КВНС, но может частично компенсировать уменьшение озона в холодный период и тем самым объяснить наблюдаемую закономерность: максимальный отрицательный тренд озона на КВНС – в теплый период, минимальный – в холодный период.

### **Заключение**

Горы различного масштаба динамическими и термальными эффектами порождают сильную неоднородность в структуре воздушного потока и оказывают влияние на перераспределение малых примесей в атмосфере на квазисиноптическом масштабе и мезомасштабе.

Наблюдение с помощью наземных наблюдений короткопериодических колебаний в ОСО и приземного озона и отождествление их с волновыми процессами орографического и метеорологического происхождения развивает направление использования озона как инструмента для изучения динамики атмосферы [3]. С другой стороны влияние ВГВ проявляется в показаниях почти всех озонметрических станций и такое влияние должно учитываться при определении точностных характеристик действующих стационарных спектрофотометров или газоанализаторов.

В формировании поля озона и др. примесей в горных районах существенную роль играют особые, специфические факторы: “lifting-effect”, фены, горно-долинная циркуляция. Их вклад в изменчивость увеличивается, учитывая систематический характер их влияния.

### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Н.Ф. Еланский, А.Н. Груздев, Ю.Л.Трутце, 1983, Оценка воздействия внутренних гравитационных волн на содержание озона и взаимодействующих с ним примесей в стратосфере. Москва: В кн. Атмосферный озон. Ред. А.Х. Хргиан и Н.Ф.Еланский., “Наука”. 18-27С (на русск.яз).
2. А.Н.Груздев, Н.Ф.Еланский, 1984, Оценка воздействия горных подветренных волн на содержание малых газовых примесей в тропосфере. Москва: Изв. АН СССР, ФАО, 20,7, 558-565с. (на русск.яз).
3. Н.Ф.Еланский, И.А.Сеник, А.Х.Хргиан, 1988, Вариации общего содержания озона в области горных подветренных волн. Москва: Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. Т.24, № 9, 959-966 с. (на русск.яз).

4. A.N.Gruzdev, N.F.Elansky, 1985, Ozone concentration data applied for studying mesoscale wave processes in the atmosphere. Atmospheric Ozone, Proc. of Quadr. Ozone. Symp., Greece 3-7 Sept. 1984, D.REIDEL PUBL. Dordrecht, 157-162 p. (angl.).
5. N.F. Elansky, I.A.Senik, J.V.Makarov, 1992, Surface ozone variability at Kislovodsk observatory. Sharlottesville: Abstr. Quadr. Ozone Symp., Sharlottesville, June 4 - 13., 85 P. (angl).
6. V.I. Demin, N.F. Elansky, I.A. Senik, 2006, Changes in the ozone contents at the Kislovodsk mountain observatory during the foehns caused by the air crossing of the Big Caucasian ridge Physics of Auroral Phenomena: Abstracts of XXIX Annual seminar, Apatity 27 Feb – 3 March 2006, PGI KSC RAS - Апатиты., PP. 76 p. (angl).
7. В.И.Демин, М.И.Белоглазов, Е.Г.Мокров, 2005, Феновые эффекты над Хибинами в концентрации приземного озона // Оптика атмосферы и океана. Т. 18. 2005 г. №7, 613-617с. (на русск.яз).

UDC 551.510

**INFLUENCE OF MOUNTAIN REGIONS ON THE DISTRIBUTION OF SMALL ADMIXTURES IN THE ATMOSPHERE ACCORDING TO OBSERVATIONS AT THE HIGH-MOUNTAIN SCIENTIFIC STATION OF THE A. OBUKHOV INSTITUTE OF PHYSICS OF ATMOSPHERE IN KISLOVODSK./Sennik I., Elansky N., Diomin V./.** Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. - 2008. - т.115. – p. 220-227. - ; Russ.; Summ. Eng.; Russ.

Experiments on detection of periodic variations of total ozone content and surface ozone under influence Internal Gravity Wave at Kislovodsk high-mountainous scientific station IPA RAS (2070 m asl, the Shadzatmaz Plateau, Caucasus) are described.

The results of ozone concentration measurements at KHMS during a Foehn caused by air crossing of Great Caucasian ridge are presented. The analysis shows that significant increases in surface ozone concentration by 15-25ppb are induced by Foehn. The index for estimation of the contribution of the upper layers of the troposphere in long-term variations of surface ozone at KHMS is used.

УДК 551.510

**ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ РАЙОНОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА КИСЛОВОДСКОЙ ВЫСОКОГОРНОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ ИФА им. А.М.ОБУХОВА РАН. / Сенник И., Еланский Н., Дёмин В./.**Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 220-227. – Рус.; Рез. Англ.,Рус.

Описаны эксперименты по обнаружению периодических вариаций ОСО и приземного озона под влиянием ВГВ орографического происхождения на Кисловодской высокогорной научной станции ИФА РАН.

Оценено влияние, оказываемое фёнами на приземный озон (повышение значений на 5-25ppb). Выявлены синоптические ситуации, характерные для фёнов. Использован индекс для оценки вклада верхних слоев тропосферы в долговременные вариации приземного озона на КВНС

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Фундаментальные науки –медицине. 2008», грантов РФФИ № 07-05-00428, 06-05-65308 и МНТЦ-3032

*გრიგოლია გ<sup>1</sup>, კერესელიძე დ<sup>1,2</sup>, ტრაპაიძე ვ<sup>1,2</sup>,  
ბრეგვაძე გ<sup>1</sup>, ცინცაძე ნ<sup>1,2</sup>.*

*ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
2 ივ. ჭავჭავაძის სახელობის თბილისის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტი*

შპპ 551

**წლის დასაწყისის ბავშვინა მდინარის წლიური ჩამონადენის  
და ნალექების ურთიერთკავშირზე და ტრენზე**

მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის და გაეროს მოხსენებების შესაბამისად ბოლო ორმოცდაათი წლის მანძილზე პაერის საშუალო ტემპერატურამ საშუალოდ 0,5-0,7°C აიწია, ამავე დროს კვლავ შეინიშნება მატების ტენდენცია ანუ სახეზე გვაქვს კლიმატის გლობალური დათბობა ამან არსებითად შეცვალა გარემო პირობები: გამოიწვია მყინვარების დნობა, ნალექების ინტენსივობის გაზრდა, ზღვის დონის აწევა, ზედაპირული წყლების ტემპერატურის ვარდნა და სხვა.

ჩვენი ამოცანაა შევისწავლოთ კლიმატის ცვლილების ფონზე მდინარის ჩამონადენოს და ნალექების ტრენდი და მათ შორის ურთიერთკავშირის კორელაციის კოეფიციენტები.

როგორც ცნობილია მდინარის ჩამონადენი ეს არის კლიმატის პროდუქტი ლანდშაფტის ფონზე და ეს არის უწყვეტი შემთხვევითი პროცესი. ჰიდროლოგიაში უწყვეტი რეალიზაციის მონაკვეთები, დისკრეტულობის მიღებული ბიჯის შესაბამისად იცვლება მისი საშუალო მნიშვნელობებით. წყალსამეურნეო გაანგარიშებებში უმთავრესად ჩამონადენის თვიური სიდიდეები გამოიყენება, ხოლო ზოგჯერ დეკადური, სეზონური და წლიური. დეკადურ და თვიურ ინტერვალებში გასაშუალოება ხდება ათვლის ფიქსირებულ და მუდმივ საზღვრებში. რაც შეეხება წლიურ ჩამონადენს, მისი გასაშუალოება სხვადასხვა თარიღიდან იწყება გადასაწყვეტი ამოცანების შესაბამისად.

1. კალანდარული წელი ე.ი. წელი იწყება 1 იანვარს, მასალების სტანდარტული დამუშავება და გამოქვეყნება ხდება კალენდალურ წლებით;

2. წყალსამეურნეო წელი (წყალუხვი სეზონიდან დასაწყისი I-IV-დან ან I-V-დან), და წყალსამეურნეო გაანგარიშებები ძირითადად ხდება ამ პერიოდიდან.

3. ჰიდროლოგიური წელი – იწყება შემოდგომის თვეებში I-X, I-XI როდესაც მდინარეთა აუზებში გარდამავალი ტენის რაოდენობა

მცირეა, გამოიყენება ჩამონადენსა და ნალექებს შორის უკეთესი შესაბამისობის მიღების მიზნით, რადგან დროის კალაენდარული ათვლისას ჩამონადენი და ცნალექები არ შეესაბამება ერთმანათს. კალაენდარული წლის ბოლოს მოსული ნალექები ჩამოედინება არა ამ წლის, არამედ შემდგომი წლის გაზაფხულზე. ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ჰიდროლოგიური წელი ეს არის წლიური ინტერვალი, რომელიც მოიცავს სინოტივის დაგროვებისა და სინოტივის ხარჯვის პერიოდს.

ქართველმა მეცნიერებმა (გ. სვანიძე, ა. კილასონია, გ. გრიგოლია) დაადგინეს რომ წლის დასაწყისის ათვლის არჩევის შესაბამისად იცვლება საშუალო წლიური ხარჯების პარამეტრები. საშუალო მრავალწლიური ხარჯი არ არის დამოკიდებული ჰიდროგრაფის გაჭრის თარიღზე. ვარიაციის კოეფიციენტი უმნიშვნელოდ იცვლება, ხოლო ასიმეტრიის და ავტოკორელაციის კოეფიციენტები მნიშვნელოვნად იცვლებიან. ამსთან უმრავლეს შემთხვევაში (80% და მეტი) ვარიაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა გაჭრის თარიღით (ძირითადად წყალდიდობის წინ) თანხვდება კორელაციის მინიმალურ მნიშვნელობას. [1,3,4]

გაჭრასთან დაკავშირებით მნიშვნელოვნად იცვლება წლიური ხარჯების ემპირიული და სააპროქსიმაციო განაწილების მრუდების ფორმა. ამასთან დაკავშირებით დადგენილ იქნა რამდენად არსებითია ეს ცვალებადობა და არის თუ არა წლიური ჩამონადენი ერთგვაროვანი წლიური ციკლის დაწყების სხვადასხვა თარიღისათვის.

ერთგვაროვნების შესამოწმებლად ჩატარებულმა გამოთვლებმა გვიჩვენა, [1] რომ ზოგიერთი მაგალითისათვის ჰიპოთეზა საშუალო წლიური ხარჯების ერთგვაროვნობის შესახებ, წლის სხვადასხვა დაწყებისათვის ფიშერის კრიტერიუმებით უარყოფილ იქნა (ე.ი. ისინი არაერთგვაროვანია) წლიური ხარჯების ერთგვაროვნების დარღვევა შეიძლება შემდეგნაირად აიხსნას: ერთგვაროვნობის მახვენებლად შეიძლება ჩავთვალოთ განსახილველი წლიური ჩამონადენის მიკუთვნება წყლიანობის ცვალებადობის შიგაწლიური ციკლის ერთ ფაზასთან. ამ გაგებით ჰიდროლოგიაში იხმარება ცნება ჩამონადენის სიდიდეების ფიზიკური ერთგვაროვნობის შესახებ, რომელსაც საშუალო წლიური ხარჯიც შეიძლება მივაკუთნოთ. მაგრამ თუ წლის ათვლა იწყება ისეთი თვიდან, როდესაც წლიურ ჩამონადენში დაჯამდება ორი სხვადასხვა წლის შიგაწლიური განაწილების ნაწილები ირდევია მცნება წლიური ჩამონადენის ფიზიკური ერთგვაროვნობის შესახებ. წლიური ჩამონადენის ფიზიკური ერთგვაროვნობის შესანარჩუნებლად აუცილებელია წლის ათვლა დაიწყოს წყალდიდობის წინ, როდესაც წლიურ ჩამონადენში დაჯამდება ისეთი თანამიმდევრობის თვიური წყლის ხარჯები, რომლებიც ერთ წლიურ ციკლში არიან ფორმირებულნი.

ს.ნ. კრიცკი და მ.ფ. მენკელი მიუთითებდნენ რომ სწორად შერჩეულ წლის შემადგენლობაში უნდა შევიდეს ერთმანეთთან ყველაზე მჭიდროდ დაკავშირებული ჩამონადენის გენეტიკური ელემენტები, ხოლო მომიჯნავე ჰიდროლოგიური წლების გამყოფი საზღვარინ უნდა გადიოდეს იქ სადაც მათ შორის (ე.ი. წლიურ ხარჯებს შორის) კავშირი უმცირესია. სხვადასხვა მკვლევარების მიერ ჩატარებული გაანგარიშებების ანალიზისა და ზემოდ არნიშნული ფიზიკური არსიდან გამომდინარე წლიური ჰიდროგრაფის ათვლის წერტილად უნდა ჩაიტვალოს წყალდიდობის დასაწყისი. [2]

სხვადასხვა ინტერვალებით გასაშუალოებული ჩამონადენის სიდიდეებს შორის კორელაციური კავშირების გამოვლენა საჭიროა მრავალი ჰიდროლოგიური და წყალსამეურნეო ამოცანის გადასაწყვეტად, როგორც პროგნოზისათვის, ასევე ჩამონადენის პროცესის აღწერისა და ხელოვნური რიგების სტატისტიკური მოდელირებისათვის.

გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით მეტად აქტუალურია მდინარის ჩამონადენისა და მისი ძირითადი განმაპირობებელი ფაქტორის (ნალექების) რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილების დინამიკის გამოვლენა. რაც გულისხმობს ტრენდის შეფასებას. ტრენდის შეფასებისათვის სხვადასხვა კრიტერიუმებსა და ხერხებს იყენებენ: წრფივი რეგრესია და კორელაციის კოეფიციენტი შემთხვევით სიდიდესა და მის როგით ნომერს შორის. კენდალისა და სპირმენის რანგობრივი კრიტერიუმები, მცოცავი საშუალოს ხერხი და სხვა.

ტრენდის ნიშანდობა შეიძლება შეფასდეს შემთხვევით სიდიდესა და მის რიგით ნომერს შორის კორელაციის კოეფიციენტით  $r$  თუ გათვლების შედეგად აღმოჩნდება რომ კორელაციის კოეფიციენტი და რანგობრივი კრიტერიუმები მეტია  $2\sigma_\tau$ -ზე, სადაც  $\sigma_\tau = 1/\sqrt{n-1}$

ან  $\sigma_\tau = \sqrt{n/(n-1)}$ , მაშინ ტრენდი ჩაითვლება სარწმუნოდ. [5]

როგორც გათვლებმა გვიჩვენა, შეფასებული ტრენდი ყოველთვის ობიექტურად როდი ასახავს პროცესის ზოგადი კანონზომიერების ტენდენციას. აქ იგულისხმება ის თითქოსდა ტრენდები, რაც არის შედეგი ერთის მხრივ, რიგების იმ ექსტრემალური მნიშვნელობებისა, რომელთა ობიექტურობა მოითხოვს დამატებით ანალიზს და მეორეს მხრივ, პროცესის არაერთგვაროვნებისა. ერთგვაროვნობის დარღვევის მიზეზი შეიძლება იყოს ანთროპოგენური და ბუნებრივი.

გათვლებისათვის აღებული გვაქვს მდინარე ვერეს აუზი, ვინაიდან გვაქვს ბოლო პერიოდის (დღევანდლამდე) ჩამონადენისა და ნალექების საიმედო დაკვირვების მონაცემები.

გამოთვლილია კორელაციური კავშირები წლიურ ნალექებსა და ჩამონადენს შორის წლის სხვადასხვა ათვლისთვის. (I-I, I-IV, და I-XI). ცხრ.1-ში მოყვანილია კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, ხოლო ნახაზზე ემპირიული კავშირები ამ ცვლადებს შო-

რის ამის ამნალიზმა გვიჩვენა, რომ გაჭრასთან დაკავშირებით მნიშვნელოვნად იცვლება კორელაციის კოეფიციენტის სიდიდეები და უდიდესი გამოდის წყალსამერუნეო წლისათვის.

ცხრილი 1.

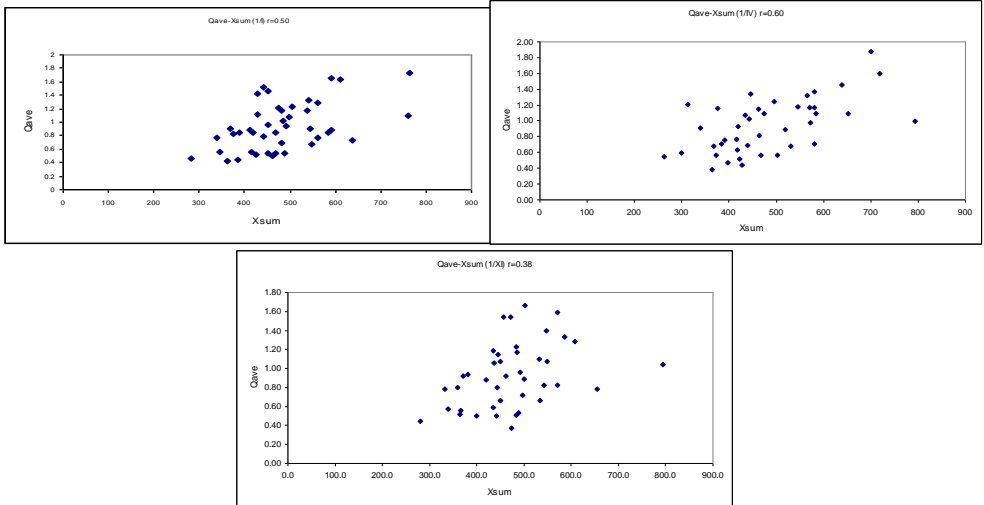
წლის დასაწყისი	I-I	I-IV	I-XI
$r_{xQ}$	0.50	0.60	0.38

ასევე გამოვთვალეთ ტრენდის შეფასების კორელაციის კოეფიციენტი სხვადასხვა ათვლისთვის. ნახაზზე მოყვანილია წლიური ჩამონადინისა და ნალექების წლიური ცვალებადობა 1963-2007 წლებში და მისი წრფივი რეგრესია.

ცხრ.2-ში მოყვანილია წლიური ჩამონადენის და ნალექების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტი სხვადასხვა ათვლაზე. ცხრილები და ნახაზები თვალნათლივ აჩვენებს რომ იცვლება ტრენდის ხარისხი წლის დაწყებასთან დაკავშირებით.

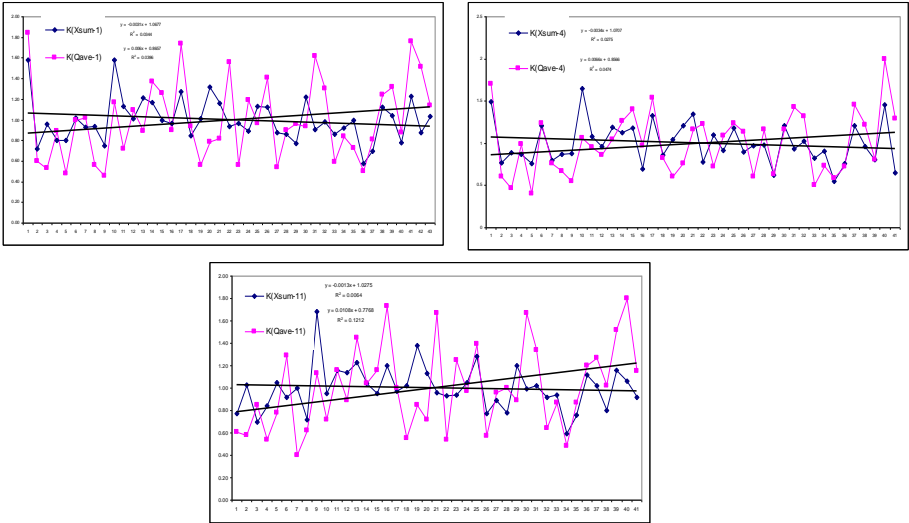
ცხრილი 2.

წლის დასაწყისი	I-I	I-IV	I-XI
$Q$	0.20	0.22	0.35
$X$	-0.18	-0.16	-0.08



ნახ. 1.





ნახ. 2.

საბოლოოდ უნდა ითქვას, რომ წლიური მონაცემების დამუშავება მოითხოვს დიდ სიფრთხილეს და უმჯობესია რომ წლიური ინტერვალების გაანგარიშება დავიწყოთ წყალდიდობის დაწყების წინ. (I–IV დან).

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გ. გრიგოლია 1993. მდინარის საშუალო წლიური ხარჯების ერთგვაროვნების შეფასება წლიური ჰიდროგრაფის სხადასხვაგვარად ათვლისათვის, თბილისი, თსუ გამომცემლობა. გვ. 67-72.
2. С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель 1934. Расчеты речного стока, Москва, Госстройиздат, с. 260.
3. Г.Г. Сванидзе, А.Н. Киласония 1969. О влиянии начала гидрологического года на значения статистических параметров стока и потребной емкости регулирующего водохранилища, Москва, Наука, с. 66-73.
4. Г.Г. Сванидзе, А.Н. Киласония, Г.Л. Григолия 1975. Изменение оценок статистических характеристик процесса речного стока в зависимости от начала гидрологического года, Ленинград, Гидрометеиздат, с. 215-223.

5. О.Р. Шелутко 1991. Численные методы в гидрологии, Ленинград, Гидрометеиздат, с. 157.

შპს 551

**წლის დასაწყისის გავლენა მდინარის წლიური ჩამონადენის და ნალექების ურთიერთკავშირზე და ტრენდზე/**გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., ტრაპაიძე ვ.ბრეგვაძე ვ., ცინცაძე ნ./ შპი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 228-233.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

კლიმატის ცვლილება და მასთან დაკავშირებით ნალექებისა და მდინარის ჩამონადენის ცვალებადობას ძირითადად შეისწავლიან წლიურ ინტერვალებში. მასალების სტანდარტული დამუშავება და გამოქვეყნება ხდება კალენდალური წლებით (1/1-დან).

ნაშრომში დადგენილია, რომ წლის სხვაგვარად დაწყებისას იცვლება წლიური ჩამონადენს და ნალექებს შორის ურთიერთკავშირის და ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტი. რეკომენდირებულია წლიური ათვლა გაანგარიშებებში დაიწოს წყალსამეურნეო წელს (1/IV), როდესაც წლიური სიდიდეების ერთგვაროვნება მეტად არის დაცული და წლიურ ნალექებსა და ჩამონადენს შორის კორელაციური კავშირები უდიდესია.

UDC 551

**INFLUENCE OF THE BEGINNING OF THE YEAR ON RELATION AND TREND BETWEEN THE ANNUAL RIVER FLOW AND PRECIPITATIONS./**Grigolia G., Kereselidze D., Trapaidze V., Bregvadze G., Tsintsadze N./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. - პ. 228-233. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Climatic changes and the relevant changes in precipitation and river flow are mainly studied in annual intervals. Standard processing and publishing of materials is accomplished according to calendar years (from 1/1).

The work corroborates that at different beginnings of the year, the correlation coefficient of the relation and trend between the annual flow and precipitations change, and recommends starting the year count in the calculations in the water-economy year (1/IV) when the uniformity of annual values is more preserved and correlation between the annual precipitations and flow is the greatest.

УДК 551

**Влияние начало года на тренда и взаимосвязью годового речного стока и атмосферных осадков./**Григолия Г.Л., Кереселидзе Д.Н., Трапаидзе В.Д., Бреговдзе Г.И., Цинцадзе Н.Т./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. -2008. - т.115. - с. 228-133. - Груз.; Рез. Груз., Анг.,Рус.

Изменение климата и связанное с ними изменение атмосферных осадков и речного стока изучают в годовых интервалах. Стандартное обрабатывание которых начинается календарного года (1/1).

В работе установлено, что при разных началах года изменяется коэффициент корреляции между трендом и взаимосвязью годовым речным стоком и атмосферных осадков. Рекомендовано, что годовой отчет в гидрологических расчетах начать в начале водохозяйственного года (1/IV), когда однородность годовых величин более защищены и корреляционный связь между годовых атмосферных осадков и речного стока максимальное.

**რ. სელემონიძე**

*ვახუშტი ბავრაციონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი*

. უაკ 551

**ატმოსფეროს გამჭვირვალობა აჭარის ზღვის სანაპირო ზონაში**

დედამიწის ზედაპირამდე მოღწეული მზის სხიური ენერგიის როდენობა უშუალოდაა დამოკიდებული ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე. თავის მხრივ ატმოსფეროს გამჭვირვალობის დონეს განაპირობებს ატმოსფეროს ის შემადგენელი კომპონენტები, რომელთაც პირდაპირი ზეგავლენა შეუძლია მოახდინონ სხიური ენერგიის გავრცელების პროცესზე. ატმოსფეროში ასეთი ძირითადი კომპონენტებია: აზოტისა და ჟანგბადის მოლეკულები (ე.წ. იდეალურად სუფთა ატმოსფერო), რომლებიც სხივურ ენერგიას გააბნევენ მისი ფიზიკური გარდაქმნის გარეშე; ოზონი, წყლის ორთქლი და ნახშირორჟანგი, რომლებიც შთანთქავენ რა სხივურ ენერგიას, გარდაქმნიან მას სითბურ ენერგიად და თავად ხდებიან გამოსხივების წყარო; ატმოსფერული აეროზოლები, რომლებიც ძირითადად გააბნევენ სხივურ ენერგიას, მაგრამ რიგ შემთხვევებში შექმნეულია, რომ მათაც გააბნია სუსტად გამოხატული სელექტიური შთანთქმის უნარიც [1,2,3]. საერთოდ, ატმოსფერული აეროზოლები მიეკუთვნება იმ მცირე კონცენტრაციების მქონე ატმოსფერულ მინარევებს, რომლებიც მრავალფეროვანი შემადგენლობის, ნაკლებად კანონზომიერი გეოგრაფიული გავრცელებისა და ფართო დიაპაზონში ცვალებადი ფიზიკური თვისებების გამო ნაკლებადაა შესწავლილი.

ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტი შემდეგი ფორმულით განისაზღვრება:

$$S=S_0P_m^m \quad (1)$$

სადაც  $S_0$  და  $S$  – ატმოსფეროს საზღვრებს გარეთ და დედამიწის ზედაპირამდე მოღწეული მზის სხივური ენერგიის ინტენსიურობაა;  $P_m$  – ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტი, ხოლო  $m$  ატმოსფეროს ოპტიკური მასაა, რომელიც ჰორიზონტიდან მზის სიმაღლის კუთხით განისაზღვრება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ფორმულა (1) ზუსტია მზის ენერგიის სპექტრული შემადგენლობისთვის და როცა მას ენერგიის ინტერგრალური ნაკადისთვის იყენებენ გარკვეულ ცდომილებას უშვებენ. მაგრამ, ამ ცდომილების განსაზღვრა შეიძლება ე. წ. „ფორბსის ეფექტის“ გათვალისწინებით, რომელიც ნებისმიერი კუთხით განსაზღვრულ გამჭვირვალობის კოეფიციენტის მიყვანას გულისხმობს რო-

მელიძე მუდმივი კუთხის (მაგალითად  $m=2$ ) მნიშვნელობასთან. ასეთი მიყვანის მეთოდები ლიტერატურული წყაროებიდან ცნობილია [4,5,6].

ამრიგად, ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტი არის ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრი, რომელიც ამა თუ იმ რეგიონში უშუალოდ მზიდან მოსული ენერგიის რაოდენობას განსაზღვრავს. ამიტომ, ატმოსფეროს გამჭვირვალობას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს რეგიონალური ჰავის ფორმირებისას.

ატმოსფეროს გამჭვირვალობა, როგორც გლობალური, ასევე რეგიონალური მასშტაბით ნაკლებადაა შესწავლილი. ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიის რიგ რეგიონებში ტარდებოდა ცალკეული გამოკვლევები ატმოსფეროს ინტეგრალური გამჭვირვალობის თავისებურებათა გამოსავლენად [7,8,9 და სხვ.]. ამ და საკუთარ გამოკვლევებზე დაყრდნობით გასული საუკუნის 70-ან წლებში, ზ.პივაგაროვამ ჩამოაყალიბა ინტეგრალური გამჭვირვალობის კოეფიციენტის განაწილების სურათი ყოფილი საბჭოთა კავშირის მთელ ტერიტორიაზე [10].

გარკვეული ტრადიცია აქვს ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შესწავლას საქართველოშიც. ქართველმა მეცნიერმა შ. მოსიძემ გასული საუკუნის დასაწყისში გამოაქვეყნა პირველი შრომა თბილისში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შესახებ 1914-1915 წლების აქტინომეტრულ მონაცემებზე დაყრდნობით [11]. დღეს გლობალური ჰავის დათბობის ეპოქაში აღნიშნულ ნაშრომს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. როგორც ავლნიშნეთ, შემდგომი პერიოდი არც ისე მდიდარია საქართველოში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის ამსახველი შრომებით. მხოლოდ რამდენიმე რეგიონში იყო იგი შესწავლილი [12,13 და სხვ.] მიუხედავად იმისა, რომ მის ცოდნას დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰავის თანამედროვე ცვლილებების შესწავლისას.

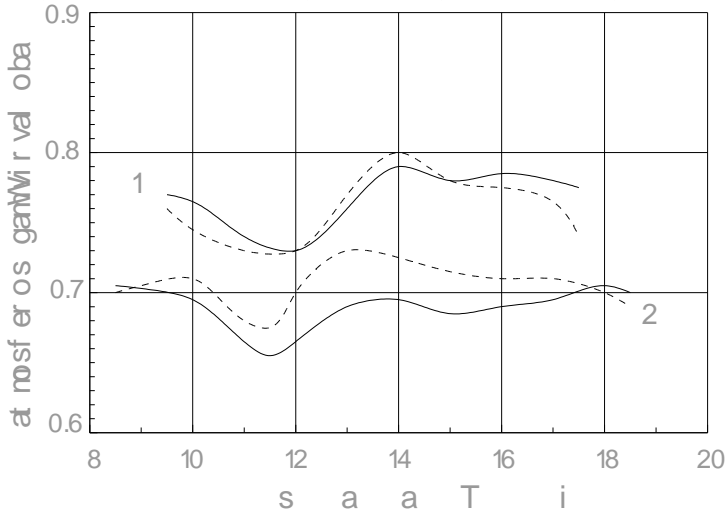
რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია ატმოსფეროს გამჭვირვალობის გამოკვლევა აჭარის ტერიტორიაზე არ ჩატარებულა. წინამდებარე ნაშრომის მიზანს შეადგენს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის განსაზღვრა და იმ თავისებურებათა შესწავლა, რომელიც მას აჭარის ზღვის სანაპირო ზონაში გააჩნია.

ექსპერიმენტული სამუშაოები ტარდებოდა აჭარის, შავი ზღვის სანაპირო ზონაში, მხოლოდ მოწმენდილი ცის პირობებში, აქტინომეტრული დაკვირვებების სინქრონულად იზომებოდა შემდეგი ძირითადი მეტეოროლოგიური პარამეტრები: ჰაერის ტემპერატურა, წყლის ორთქლის დრეკადობა, ფართობითი ტენიანობა, წნევა, მიწისპირული ქარის მიმართულება და სიჩქარე.

ექსპერიმენტი ტარდებოდა მზის ამოსვლიდან მზის ჩასვლამდე, ზოგჯერ დიდიდან მზის ზენიტურ მდგომარეობამდე, ზოგჯერ შუადღიდან (მზის ზენიტური მდგომარეობიდან) მზის ჩასვლამდე. აქტინომეტრიული დაკვირვებების პარალელურად კომპლექსურად ტარდებო-

და დაკვირვებები ატმოსფეროს ძირითად კლიმატურ პარამეტრებზე. ქვემოთ აღწერილი შედეგები აღნიშნულ მონაცემთა ბაზაზე დაყრდნობითაა მიღებული.

სურ. 1-ზე მოცემულია ატმოსფეროს გამჭვირვალობის დღიური მსვლელობა აჭარის ზღვის სანაპირო ზონაში. როგორც სურათიდან ჩანს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის ფაქტიური  $P_m$  და  $m=2$  მასაზე მიყვანილი  $P_2$  კოეფიციენტების დღიური ვარიაციები, როგორც წლის ცივ, ასევე თბილ პერიოდში საკმაო ცვლილებას განიცდის. ორივე პერიოდში გამჭვირვალობის კოეფიციენტი დიდიდან დაახლოებით 12 საათამდე კლებულობს, შემდეგ განიცდის მატებას და ატმოსფეროს



სურ.1 ატმოსფეროს გამჭვირვალობის დღიური მსვლელობა აჭარის ზღვის სანაპირო ზონაში (1 – ზამთრის სეზონი; 2 – ზაფხულის სეზონი; უწყვეტი მრუდი  $P_m$ ; წყვეტილი მრუდი  $P_2$ )

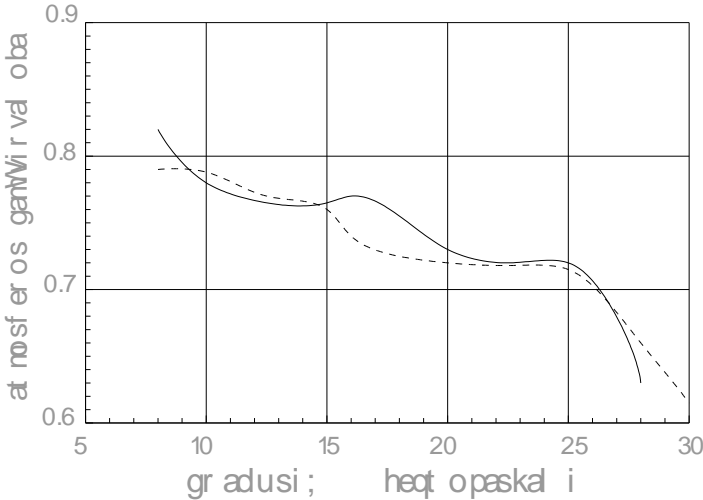
გამჭვირვალობის კოეფიციენტი ყველაზე მაღალი 14 საათზეა. 14 საათიდან დღის ბოლომდე ატმოსფეროს გამჭვირვალობა თითქმის უცვლელია. მაგრამ, უაღრესად მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ ცივ პერიოდში გამჭვირვალობა მაღალია თბილ პერიოდთან შედარებით. ეს ფაქტი მიუთითებს იმაზე, რომ ზამთრის სეზონთან დაკავშირებული გამონახობლქვი ბათუმში ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ვერ ახდენს.

მრუდი  $P_2$ , რომელიც გვიჩვენებს  $m=2$  მასაზე მიყვანილ ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტს, ცივ პერიოდში თითქმის გასდევს  $P_m$ -ის ფაქტიურ მნიშვნელობას, ხოლო თბილ პერიოდში აღნიშნული მრუდი 12-საათიდან 16 საათამდე უფრო სცილდება  $P_m$ -ს და გვიჩვენებს ატმოსფეროს გამჭვირვალობის მატებას.

როგორც აღნიშნული იყო მიღებული შედეგები რამოდენიმე ასეული ექსპერიმენტის შედეგს წარმოადგენს. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია შეეფასოდ სტანდარტული ცდომილებები. ცივ პერიოდში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის სტანდარტული გადახრა მერყეობს  $P_m$ -ის საშუალო მნიშვნელობიდან ( 0.751) 4.8 –დან 9.9 %-მდე. საშუალო ცდომილება შეადგენს 6.6%-ს. ამავე პერიოდის ოპტიკური მასის (m) საშუალო ცდომილება 22.5%-ია. ეს მიუთითებს, რომ მიღებული შედეგები მნიშვნელოვნად სტაბილურია.

თბილი პერიოდის გამჭვირვალობის კოეფიციენტის ცდომილება მერყეობს 6.4%-დან 13.9%-მდე და საშუალო ცდომილება შეადგენს 9.4%, ხოლო ატმოსფეროს ოპტიკური მასის (m) კვადრატული გადახრა ცვალებადობს 1.8%-დან 23.8%-მდე.

გარკვეულ ინტერესს შეადგენს ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კავშირი ჰაერის მიწისპირა ტემპერატურასთან და წყლის ორთქლის დრეკადობასთან ზღვის სანაპირო ზონაში. ასეთ კავშირებზე შეიძლება ვიმსჯელოთ სურ.2-ზე წარმოდგენილი მრუდებით.



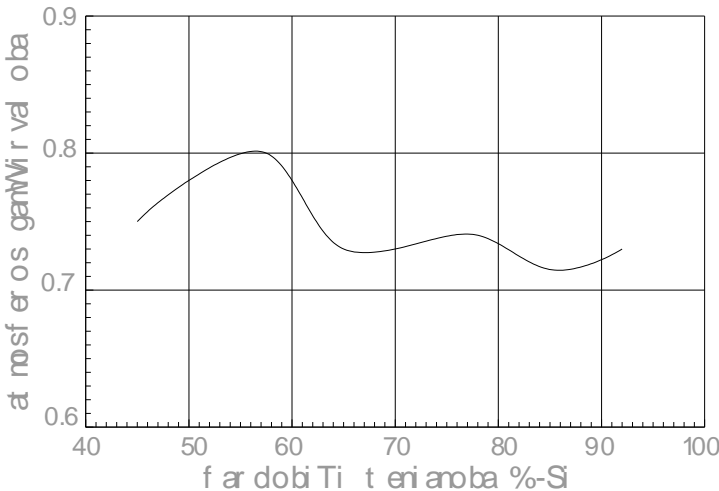
სურ.2. ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კავშირი მიწისპირა ტემპერატურასთან და წყლის ორთქლის დრეკადობასთან ( წვეტილი მრუდი).

სურ.2-ზე წარმოდგენილი უწვევტი მრუდი გვიჩვენებს ჰაერის ტემპერატურის, ხოლო წვეტილი მრუდი წყლის ორთქლის დრეკადობის კავშირს ატმოსფეროს გამჭვირვალობასთან. მრუდები ახლოს არიან ერთმანეთთან და უჩვენებენ, რომ ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შემცირება იწვევს ჰაერის განმსაზღვრელი ამ ორი ძირითადი პარამეტრის შემცირებას. მაგალითად, წყლის ორთქლის დრეკადობის

მცირე სიდიდის დროს (მაგ. 7.5 კპ) გამჭვირვალობა აღწევს 78.8%, მაშინ როცა მაღალი სიდიდის დროს ( დაახლოებით 30 კპ-მდე) ატმოსფეროს გამჭვირვალობა ეცემა 60.9%-მდე.

განსხვავებული სურათი აქვს ატმოსფეროს გამჭვირვალობასა და ფარდობით ტენიანობის კავშირს. დასაწყისში ფარდობითი ტენიანობის ზრდასთან ერთად მატულობს გამჭვირვალობაც და როცა ფარდობითი ტენიანობა 57-60%-ს უახლოვდება გამჭვირვალობის კოეფიციენტი მაქსიმუმს ( $P_m = 0.8$ ) აღწევს. ფარდობითი ტენიანობის შემდგომი ზრდის დროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტი კლებას იწყებს და მცირდება 0.72-0.73-მდე. ფარდობითი ტენიანობის შემდგომი ზრდის დროს მრუდი მნიშვნელოვან ცვლილებას აღარ განიცდის. როგორც ჩანს, როცა ტენიანობა 60%-ს აჭარბებს აეროზოლებზე იწყება სველი აპკის შემოკვრა და შემდეგი ფარდობითი ტენიანობის ზრდა აეროზოლების ოპტიკურ თვისებებზე გავლენას ვეღარ ახდენს.

წყლის ორთქლის დრეკადობის შემთხვევაში ცდომილების დიაპაზონი 2.2-20%-ის ფარგლებშია, მაშინ როცა გამჭვირვალობის კოეფიციენტის სტანდარტული გადახრა 8.6%-ს შეადგენს გაცილებით დაბალია სტანდარტული გადახრები ფარდობითი ტენიანობის შემთხვევაში.



სურ.3. ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კავშირი ფარდობით სინოტივესთან.

ზღვის სანაპირო ზონისთვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ქარის გავლენას ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე. ცხრილში მოცემულია ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობები და შესაბამისი საშუალო კვადრატული

ცხრილი 1. ატმოსფეროს გამჭვირვალობა შტილისა და სხვადასხვა მიმართულების ქარის შემთხვევაში

ქარის მიმართულება	შტილი	ჩ.	ჩა.	ა.	სა.	ს.	სდ.	დ	ჩდ.
ატმოსფეროს გამჭვირვალობა	74.4	77.7	81.7	80.7	77.3	78.5	65.1	71.7	71.5
საშ. კვადრატული გადახრა	5.5	4.5	0.47	3.9	4.4	4.7	7.3	6.2	6.7
შემთხვევათა რიცხვი	31	55	5	30	50	13	46	113	97

გადახრები შტილისა და სხვადასხვა მიმართულების ქარის შემთხვევაში. განხილული 440 შემთხვევის მიხედვით ნათლად ჩანს, რომ ატმოსფეროს გამჭვირვალობა ზღვის სანაპირო ზონაში ყველაზე მაღალია ჩრდილო აღმოსავლეთის მიმართულების ქარის შემთხვევაში, შემდეგ თანდათან კლებულობს და ყველაზე დაბალი გამჭვირვალობა სამხრეთ დასავლეთის მიმართულების ქარის დროსაა. ამ უკანასკნელის გამომწვევი ძირითადი ფაქტორი უნდა იყოს სამხრეთ დასავლეთის ტერიტორიის ფიზიკური გეოგრაფიული თავისებურებანი. დასავლეთიდან მოცემულ ტერიტორიას აკრავს შავი ზღვა და წყლის ზედაპირიდან აორთქლებასთან ერთად ატმოსფეროში ხდება მარილის წვრილი კრისტალები, რომლებიც აუარესებენ ატმოსფეროს გამჭვირვალობას. რაც შეეხება შტილს, ამ დროს ატმოსფეროს გამჭვირვალობა შეადგენს 74.4%, რაც დაბალია სხვადასხვა მიმართულების ქარის შემთხვევებთან შედარებით გარდა სამხრეთ დასავლეთის მიმართულების ქარისა.

ცხრილში მოყვანილი საშუალო კვადრატული გადახრები გვიჩვენებს, რომ შტილის შემთხვევაში (შემთხვევათა რიცხვი 31) ცდომილება არის 7.4%. დანარჩენ შემთხვევაში ცდომილება მაღალია სამხრეთ დასავლეთის მიმართულების ქარის დროს (11.2%) და ჩრდილო დასავლეთის მიმართულებისას (9.4%), ხოლო დაბალი ცდომილება 0.6% აღინიშნა ჩრდილო აღმოსავლეთი მიმართულების ქარის დროს.

ამრიგად კონტინენტური და ზღვის მხრიდან წარმოქმნილი ქარის გავლენა გამჭვირვალობის კოეფიციენტზე ასე შეიძლება დავახასიათოთ – ზღვის სანაპირო ზონაში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შემცირებას ძირითადად ზღვიდან წარმოქმნილი ქარი იწვევს. 440 შემთხვევის შედეგად მიღებული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ კონტინენტური ქარის დროს (შემთხვევათა რიცხვი 106) გამჭვირვალობის კოეფიციენტი 0.785-ია, ზღვიდან მონაბერი ქარის შემთხვევაში (შემთხვევა 303) გამჭვირვალობის კოეფიციენტი მხოლოდ 0.715-ს



შეადგენს. 31 შემთხვევით დაფიქსირდა შტილი, რომლის დროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტი 0.744-ია. მიღებული შედეგები ძირითადად სტაბილურია, რადგან სტანდარტული გადახრები კონტინენტური ქარის დროს შეადგენს 6.4% , ზღვის მიერი ქარის დროს - 10.5%, ხოლო შტილის დროს - 7.4%.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Лиговиц Г.Ш. Определение аэрозольного поглощения в ультрафиолетовой области спектра на основе двухслойной атмосферы. 1979, Изв.АН ССР, ФАО, 15, 9 (990-993).
2. Любовцева Ю.С., Яскович Л.Г. Аэрозольное поглощение в области спектра 0,25-8 мкм. 1982, Изв.АН ССР, ФАО, 14, 2 (229-233).
3. Розенберг Г.В. О природе атмосферного поглощения в коротковолновой области спектра. 1979,
4. Изв.АН ССР, ФАО, 15, 12 (1280-1292).
5. Сивков С.И. Общий метод приведения интенсивности солнечной радиации к определенному числу масс атмосферы. 1949, Тр. ГГО, 14(76) (52-62).
6. Мюрк Х. О новой формуле интенсивности излучения и о новых характеристиках прозрачности атмосферы. 1959, Иссл. по Физ. атмосф., 1, Тарту (7-14).
7. Таварткиладзе К.А. Номограмма для приведения коэффициента прозрачности и интенсивности солнечной радиации к любому числу масс атмосферы. 1963, Тр. ЗаКНИГМИ, 14 (107-112).
8. Абакумова Г.М., Евсеевич Т.В., Семенова З.П. Изменчивость коэффициента прозрачности атмосферы. 1975, Метеор. и гидр., 1 (36-41).
9. Абакумова Г.М., Семенова З.П. Влияние Москвы на интегральную прозрачность атмосферы. 1975, Метеор. и гидр., 6 (38-45).
10. Шифрин К.С., Шубова Г.Л., Шифрина Л.Ф. Факторы определяющие дневной ход прозрачности безоблачной атмосферы. 1974, Метеор. и гидр., 1 (36-42).
11. Пивоварова З.И. Распределение коэффициента прозрачности атмосферы (для интегрального потока) по территории СССР. 1968. Тр. ГГО, 213 (105-121).
12. Мосидзе Ш.В. Годовой ход прозрачности атмосферы в Тбилиси по актинометрическим наблюдениям 1914-1915 гг. 1927, Метеорологический вестник, 12 (268-271).
13. Таварткиладзе К.А., Гвасалия Н.В. прозрачность атмосферы и ее зависимость от ветра в условиях Тбилиси. 1974б Сообщ. АН ГССР, 73, 3 (593-596).
14. Рухадзе П.А., Мосидзе Ш.В., Цуцкиридзе Я.А. Прямая радиация солнца и прозрачность атмосферы на высокогорной метеостанции Казбеги. 1950, Тр. ТНИГО, 01 (28-38).

შპპ 551

**ატმოსფეროს გამჭვირვალობა აჭარის ზღვის სანაპირო ზონაში/**სოლომონიძე რ./კვი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 234-241.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

2007-2008 წლებში აჭარის ზღვის სანაპირო ზონაში ჩატარდა 450-მდე კომპლექსური ექსპერიმენტი ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შესასწავლად. დადგენილია ტემპერატურის, ტენშემცველობის და ქარის გავლენა ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე. შესწავლილია ზღვის გავლენა ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე ზღვის სანაპირო ზონაში.

UDC 551

**TRANSPARENCY OF ATMOSPHERE IN THE COASTAL ZONE OF ACHARA/** Solomonidze R./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 234-241.- Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

In 2007-2008 in the coastal zone of Achara about 450 complex experiments have been carried out with the purpose of studying of transparency of atmosphere. Influence of temperature, content of humidity and a wind on a transparency of atmosphere is stated. Influence of the sea on a transparency of atmosphere in the coastal zone of the sea is studied.

УДК 551

**ПРОЗРАЧНОСТЬ АТМОСФЕРЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АДЖАРИИ/**Соломонидзе Р. Г./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 234-241. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус

В 2007-2008 гг. в прибрежной зоне Аджарии был проведен около 450 комплексных экспериментов с целью изучения прозрачности атмосферы. Установлено влияние температуры, влагосодержания и ветра на прозрачность атмосферы. Изучено влияние моря на прозрачность атмосферы в прибрежной зоне моря.

*Супаташвили Г.Д<sup>1</sup>., Салуквадзе М. Т<sup>2</sup>., Абесалашвили Л. Ш<sup>2</sup>.,  
Салуквадзе Т. Г.,<sup>2</sup> Хелая Э.И<sup>2</sup>.*

*1.Тбилисский Государственный Университет им. И. Джавахишвили, Грузия  
2.Институт геофизики им. М. Нодия, Грузия*

УДК 550.42;54.064

## **ЗАВИСИМОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ КАХЕТИНСКОГО РЕГИОНА ГРУЗИИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ**

По химическому составу осадков судят о загрязненности атмосферы. Актуальность этой задачи особенно возросла в последнее время в связи с увеличением темпов и масштабов практической деятельности человека. Аэрохимические исследования немаловажную роль играют для успешного решения ряд экологических задач.

В настоящей работе представлены результаты анализа данных исследования концентраций некоторых химических микроэлементов в атмосферных осадках и их связи с общей минерализацией этих осадков.

Химическому анализу подверглись пробы атмосферных осадков, которые были взяты в Кахетинском регионе восточной Грузии. Анализ проводился на Кафедре аналитической химии Тбилисского Государственного университета.

Для определения ультрамикрочастиц химических элементов применялись высокочувствительные методы [1, 2, 3, 4], предельная точность которых не превышала  $\pm 10\%$  [3].

В настоящей работе приводятся результаты обобщения и анализа материалов систематических и планомерных наблюдений за химическим составом более чем в 500 пробах атмосферных осадков и изучена зависимость концентрации некоторых микроэлементов: (В, Р, Вг, I, Сu, Рb) от общей минерализацией.

В табл.1 вместе с количеством проб осадков приводятся средние, экстремальные и модальные значения концентрации вышеперечисленных химических элементов.

Основным солевым источником для атмосферных осадков Восточной Грузии является терригенные аэрозоли – продукты эрозии почв и пород. Однако, нельзя не принимать во внимание и такие аэрозоли, источником которых являются искусственные воздействия на облака с целью подавления града, проводимые в этом регионе (для I и Рb) (искусственные воздействия проводились путем диспергирования в облачную среду аэрозоля йодида свинца), а также опрыскивание виноградников водным раствором медного купороса (для Сu), выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (для иона свинца) и др.

Ряды распределения значений концентраций вышеперечисленных микроэлементов в атмосферных осадках Восточной Грузии являются нормальным с некоторой

асимметрией. Для примера на рис. 1 приводится график распределения плотности вероятностей значений концентраций элемента Бора в осадках названного региона.

Табл. 1. Значения концентраций микроэлементов (нкг/л) в атмосферных осадках Кахетинского региона

Химические элементы	Количество проб	Экстремальные значения		Средние значения нкг/л	Мода нкг/л	Среднегодовой привнос кг/км <sup>2</sup> в году
		min	max			
B	177	0.0	12.0	12.0	8.4	56.0
P	165	0.0	32.0	40.0	22.4	185.0
Br	80	0.2	6.7	6.6	4.5	38.2
I	107	2.1	12.1	8.4	8.5	30.8
Cu	197	0.0	2.2	1.0	1.5	7.8
Pb	276	0.0	7.7	5.0	6.3	37.0



Рис. 1. График распределения плотности вероятностей значений концентраций элемента Бора в атмосферных осадках Кахетинского региона

В табл.2 приводятся значения коэффициентов линейной корреляции между величинами концентраций суммы главных ионов и некоторых микроэлементов в осадках Восточной Грузии

Табл. 2. Значения коэффициентов линейной корреляции между суммой главных ионов и концентрацией некоторых микроэлементов в атмосферных осадках Восточной Грузии.

Микроэлементы	I	Br	P	B	Cu	Pb
Коэффициенты корреляции	-0.04	0.92	0.80	0.69	0.14	-0.18

Высокие значения коэффициентов линейной корреляции для Br, P и B можно объяснить тем, что главным источником и для этих микроэлементов и

для общей минерализации является подстилающая поверхность земли. Что касается I, Cu и Pb, концентрация которых плохо коррелируется с общей минерализацией, для них помимо естественных источников существует и искусственный источник.

На рис.2. приводятся графики зависимостей концентраций вышеуказанных микроэлементов в атмосферных осадках Кахетинского региона Грузии от общей минерализации.

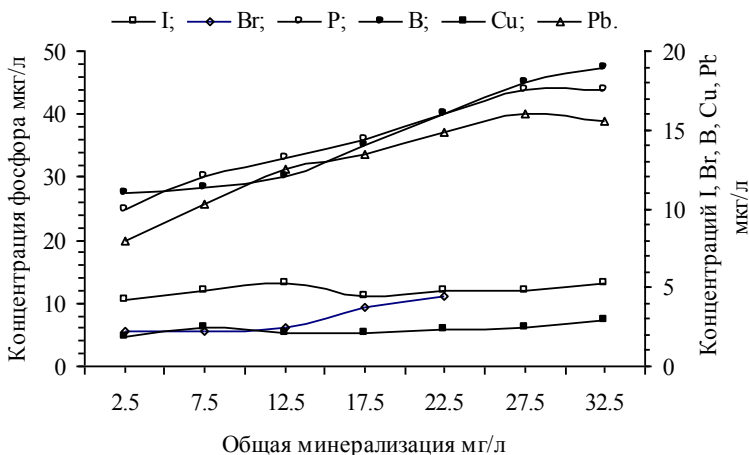


Рис. 2. График зависимости значений концентраций I; Br; P; B; Cu; Pb в атмосферных осадках Кахетинского региона Грузии от общей минерализации

В общую минерализацию атмосферных осадков микроэлементы, из-за их микроколичеств в них, вносят незначительный весовой вклад. Поэтому связь концентрации микроэлементов (тех, которые хорошо коррелируется с общей минерализацией) с минерализацией указывает только на то, что они имеют один источник – минералы терригенного и антропогенного происхождения.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Иванов. Дитизон и его применение. 1961, Москва. ИЛ, сс. 84-88.
2. Сендель. Колорические методы определения следов металлов. 1964, Москва. “Мир”, сс. 33-37.
3. Г.Д. Супаташвили, Н.К. Карсанидзе. Определение микроэлементов в природных водах. 1971, Тбилиси. Тр. ТГУ, А 137, сс.49-55.
4. В.Л. Хухия. Количество Йода и Брома в атмосферном воздухе на побережье Черного моря Аджарской АССР. 1941, Тбилиси. Тр. ТГУ, т.20, сс.111-112.

შპპ 550.42;54.064

**საქართველოს კახეთის რეგიონის ატმოსფერულ ნალექებში სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების კონცენტრაციების დამოკიდებულება საერთო მინერალიზაციაზე./სუპატაშვილი გ., სალუკვაძე მ., აბესალაშვილი ლ., სალუკვაძე თ., ხელაია ე./** ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 242-245.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში წარმოდგენილია აღმოსავლეთ საქართველოს კახეთის რეგიონის ატმოსფერულ ნალექებში ქიმიური ელემენტების – B, P, Br, I, Cu და Pb-ის შემცველობების კვლევის ზოგიერთი შედეგები. შეაწავილია ამ ქიმიური ელემენტების კონცენტრაციების დამოკიდებულება ჯამურ მინერალიზაციაზე.

UDC 550.42;54.064

**DEPENDENCE OF CONCENTRATIONS OF DIFFERENT CHEMICAL UNITS IN ATMOSPHERIC PRECIPITATION OF KAKHETI REGION OF GEORGIA FROM THE VALUE OF A COMMON MINERALIZATION/** Cupatashvili G., Calukvadze M., Abesalashvili L., Salukvadze T., Khelaia E./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 242-245.- Russ. ; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

In article the results of research of concentrations of some chemical units (B, P, Br, I, Cu, Pb) in atmospheric precipitation of Kakheti region of Georgia represented. The link of concentration of these units with a common mineralization of deposits is placed.

УДК 550.42;54.064

**ЗАВИСИМОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ КАХЕТИНСКОГО РЕГИОНА ГРУЗИИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ./**Супаташвили Г.Д., Салуквадзе М. Т., Абесалашвили Л. Ш., Салуквадзе Т. Г., Хелая Э.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 242-245. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В работе представлены результаты исследования концентраций некоторых химических элементов (B, P, Br, I, Cu, Pb) в атмосферных осадках Кахетинского региона Грузии. Установлена связь концентрации этих элементов с общей минерализацией осадков.

*Варданян Т. Г.*

*Ереванский государственный университет, Армения*

УДК 551.58

## **ОЦЕНКА ВНУТРИГОДОВОГО ХОДА ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА ВОДЫ НЕКОТОРЫХ РЕК АРМЕНИИ**

На этапах планирования мероприятий по улучшению экологического состояния малых и средних рек на региональном уровне, рационализации использования их водных ресурсов часто возникает задача учета внутригодовой изменчивости стока воды. Решение такой задачи необходимо, в частности при анализе риска снижения минимального расхода воды рек относительно величины, необходимой для надежной работы всех водопользователей. Не менее важно иметь представление о возможности сезонного превышения среднего месячного расхода воды, приводящего к экономическим ущербам в условиях повышения сезонного стока.

Многолетнее естественное изменение стока, которое в основном обусловлено климатическим фактором (другие два важных фактора – рельеф и гидрогеологические условия, принимаем за почти неизменные), способствовало также внутригодовому изменению стока. То есть, иначе говоря, разные категории (половодье, межень и др.) внутригодового стока реки какой временной сдвиг совершили внутри года и каким изменениям подверглись в объемном значении связано с изменением климатических условий, в частности, осадков, температуры воздуха и испарения.

Вопросами внутригодового распределения стока рек Армении и других смежных районов занимались [2 – 4, 6] и др. исследователи, при этом предлагались различные методы и способы расчета необходимых характеристик.

В данной работе не была поставлена цель анализировать методы исследования внутригодового распределения стока тем или иным автором, особенности выделения периодов или сезонов.

Цель работы – исследовать и оценить внутригодовой ход изменчивости стока воды некоторых рек Армении (рис. 1) в многолетнем разрезе.

Для решения этой задачи необходимо провести специальный анализ для рек, находящихся в разных физико-географических условиях. Для получения репрезентативных результатов целесообразно использовать продолжительные ряды гидрометрических и метеорологических наблюдений, характеризующие условия водосборов, сравнительно слабо подверженных антропогенному влиянию (рис. 1, табл. 1).

В качестве исходных материалов в данной работе использованы результаты гидрометеорологических наблюдений Армгидромета, других ведомственных организаций страны, климатические и гидрологические атласы, а

также материалы собственных полевых исследований на разных реках Армении в 1998-2003 гг.

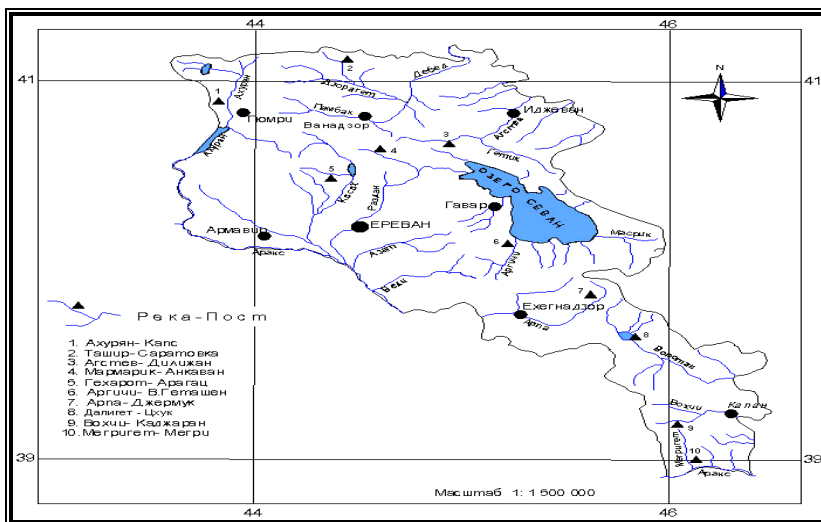


Рис.1 Распределение пунктов наблюдений за характеристиками внутригодового стока

Таблица 1. Гидрометеорологические характеристики стока некоторых рек Армении

N, по списку на рис. 1	Река – пункт	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота бассейна, м	Средние годовые			Максимальный 30-дневный расход, м <sup>3</sup> /с	Минимальный 30-дневный расход, м <sup>3</sup> /с	
				расход воды, м <sup>3</sup> /с	осадки, мм	температура воздуха, °С		летне-осенний	зимний
1	Ташир – Саратовка	450	1810	2,65	662	6,1	6,6	1,44	0,95
2	Агстев – Дилижан	303	2000	3,45	620	8,2	8,3	1,22	0,96
3	Мармарик – Анкаван	94	2430	1,65	776	3,8	7,8	0,44	0,35
4	Гехарот – Арагац	40	3100	0,96	802	-2,6	3,0	0,46	0,23
5	Аргичи – Геташен	366	2470	5,56	495	5,7	21,6	1,70	1,80
6	Арпа – Джермук	180	2790	5,33	741	4,7	18,5	2,53	2,15
7	Далигет – Цхук	137	2780	1,50	845	3,0	5,1	0,52	0,64
8	Вохчи – Каджаран	120	2840	3,64	830	5,1	11,5	1,05	0,81
9	Мегригет – Мегри	274	2200	3,12	273	14,2	8,7	1,02	0,85

Для обработки исходных данных, анализа изменений речного стока, использованы основные принципы и методы пространственно-временного



анализа (общегеографического, физико-географического, гидрометеорологического, социально-экономического, гидроэкологического) и синтеза соответствующих данных и обобщений. При исследовании гидрометеорологической информации применялись эмпирико-статистические и генетические теоретические модели, методы математического статистического анализа [7-9], полевых экспедиционных наблюдений, приемы обработки специализированных баз данных, географические информационные системы, другие методы и приемы, используемые в практике гидрологических расчетов и прогнозов.

Исследования проведены как для отдельных речных бассейнов, так и для суммарных стоков тех же рек.

При исследовании отдельных речных бассейнов весь период наблюдений разделили на три этапа. Первый этап – от начала наблюдений до 1950 г., второй – 1951-1975 гг., а третий – 1976-2001 гг (рис. 2).

Изменение стока рек, которые имели продолжительный ряд наблюдений, исследовалось в три этапа (Аргичи, Гехарот, Агстев), а других рек (рис. 3) – в два этапа (1951- 1975 гг. и 1976-2001 гг.).

Для каждого этапа осреднены расходы воды рек (табл. 2), построены гидрографы внутригодового распределения стока (рис. 4) и проделан сравнительный анализ.

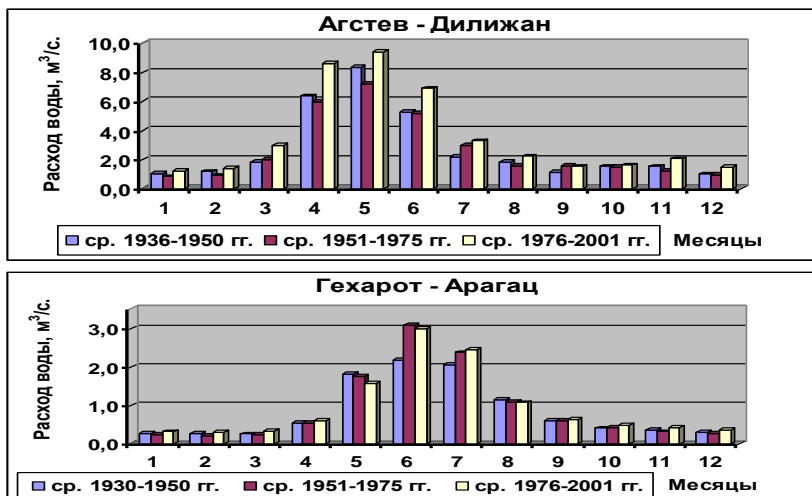


Рис. 2 Изменение распределения внутригодового стока воды рек, которые имели продолжительный ряд наблюдений (весь период наблюдений разделен на три этапа: первый этап – от начала наблюдений до 1950 г., второй – 1951-1975 гг., а третий – 1976-2001 гг.)

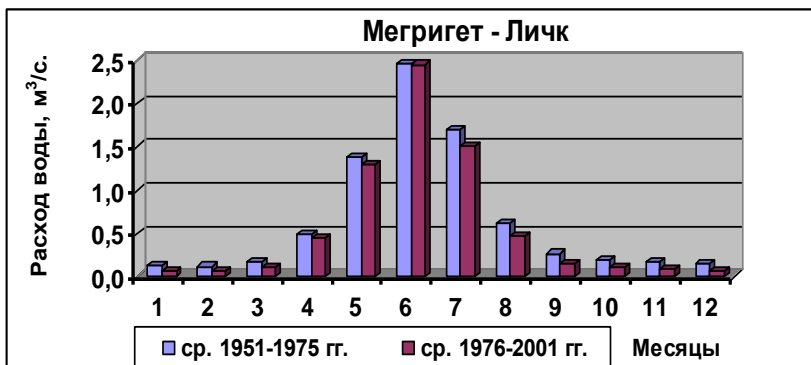
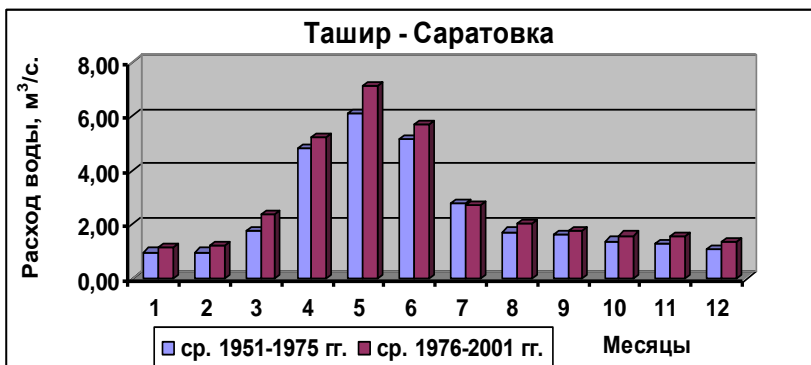
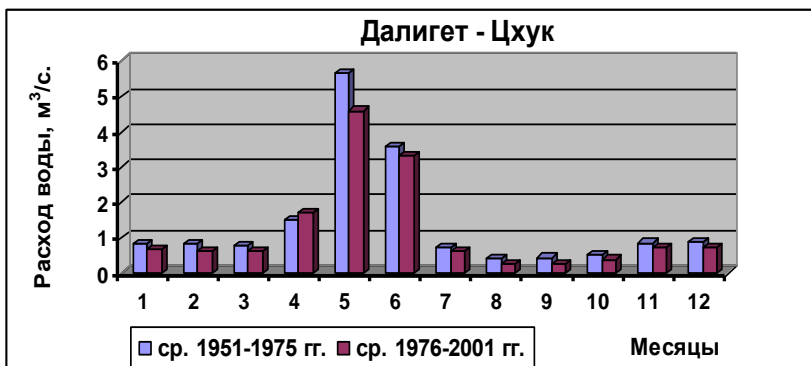


Рис. 3 Изменение распределения внутригодового стока воды рек, которые имели короткий ряд наблюдений (весь период наблюдений разделен на два этапа: первый этап – 1951-1975 гг., второй – 1976-2001 гг.)

Таблица 2 Изменения и распределения внутригодового стока воды (м<sup>3</sup>/с) некоторых рек Армении

Период наблюдений	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>Ташир – Саратовка</b>												
1951-1975	1,0	1,0	1,8	4,8	6,1	5,1	2,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
1976-2001	1,1	1,2	2,4	5,2	7,1	5,7	2,7	2,0	1,8	1,6	1,6	1,4
<b>Агстев - Дилижан</b>												
1951-1975	0,8	0,9	2,0	6,0	7,2	5,2	3,0	1,6	1,5	1,5	1,2	0,9
1976-2001	1,2	1,4	3,0	8,6	9,4	6,9	3,3	2,2	1,5	1,6	2,0	1,5
<b>Мармарик - Анкаван</b>												
1951-1975	0,4	0,4	0,6	3,7	7,4	2,9	1,1	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
1976-2001	0,4	0,4	0,7	4,5	8,3	3,6	1,2	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5
<b>Гехарот – Арагац</b>												
1951-1975	0,2	0,2	0,2	0,5	1,8	3,1	2,4	1,1	0,6	0,4	0,3	0,3
1976-2001	0,3	0,3	0,3	0,6	1,6	3,0	2,4	1,1	0,6	0,5	0,4	0,4
<b>Аргичи – Геташен</b>												
1951-1975	2,3	2,3	2,5	15,7	23,5	10,1	3,0	1,6	1,9	2,7	2,6	2,4
1976-2001	2,5	2,4	3,1	17,8	19,7	9,1	2,3	0,9	1,3	2,4	2,8	2,8
<b>Арпа – Джермук</b>												
1951-1975	2,2	2,1	2,2	5,9	18,6	11,3	4,3	2,8	2,5	2,5	2,4	2,6
1976-2001	2,6	2,5	2,7	6,4	18,4	12,8	5,1	3,2	2,9	2,9	2,8	2,8
<b>Далигет - Цхук</b>												
1951-1975	0,8	0,8	0,8	1,5	5,6	3,6	0,7	0,4	0,4	0,5	0,8	0,9
1976-2001	0,7	0,6	0,6	1,7	4,6	3,3	0,6	0,3	0,2	0,4	0,7	0,7
<b>Вохчи – Каджаран</b>												
1951-1975	0,6	0,6	1,0	3,3	8,2	11,8	8,0	3,2	1,4	1,1	0,8	0,7
1976-2001	0,7	0,7	0,9	3,3	7,4	11,2	7,9	3,0	1,2	0,8	0,8	0,7
<b>Мегригет - Личк</b>												
1951-1975	0,1	0,1	0,2	0,5	1,4	2,4	1,7	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2
1976-2001	0,1	0,1	0,1	0,5	1,3	2,4	1,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Суммарный сток</b>												
1951-1975	8,4	8,4	11,3	41,9	79,8	55,5	27,0	13,6	10,7	10,8	10,1	9,6
1976-2001	9,6	9,6	13,8	48,6	77,8	58	27	13,8	10	10,7	11,7	10,9
<b>Разница- (1976-2001) и (1951-1975)</b>												
м <sup>3</sup> /с	1,2	1,2	2,5	6,7	-2	2,5	0	0,2	-0,7	-0,1	1,6	1,3
%	14,3	14,3	22,1	16,0	-2,5	4,5	0	1,5	-6,5	-0,9	15,8	13,5

Исследования показывают, что средний внутригодовой сток рр. Агстев, Гехарот (рис. 2) и Ташир (рис. 3) в 1976-2001 гг. во все сезоны года, а также месяцы по сравнению с 1951-1975 гг. однозначно увеличился (табл. 2). Причем, он наиболее возрос в полноводном сезоне (IV-VII месяцы). Увеличение среднего внутригодового стока р. Гехарот объясняется повышением температуры воздуха, которое способствовало таянию фирнов г. Арагац [5].

Увеличение стока рр. Агстев и Ташир обусловлено увеличением атмосферных осадков в их бассейнах, в частности, в виде дождей [1]., вследствие чего в определенной степени произошел сдвиг полноводного сезона в сторону зимнего межлетнего сезона.

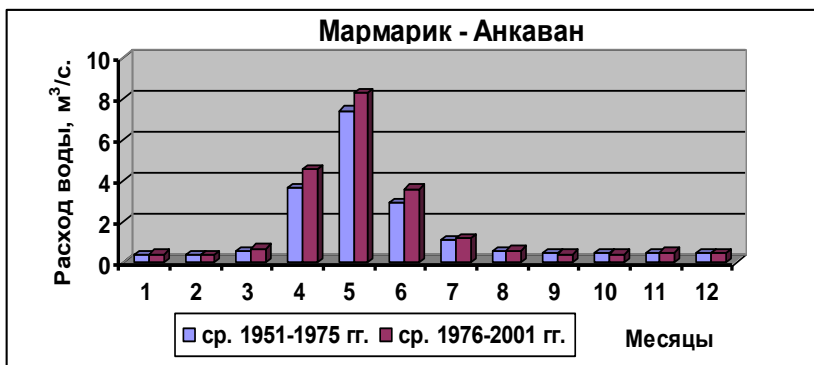
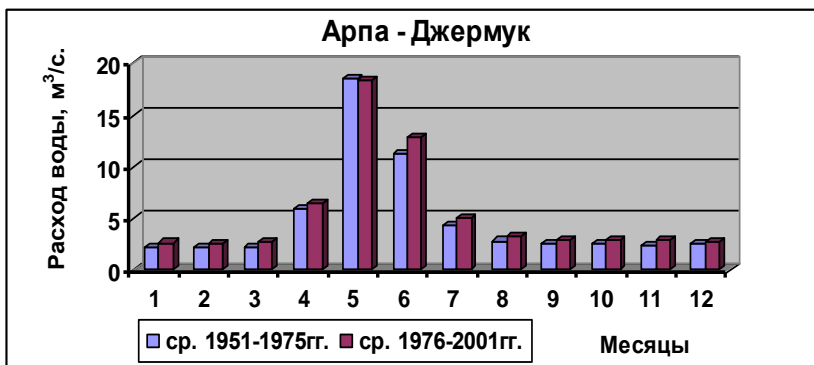
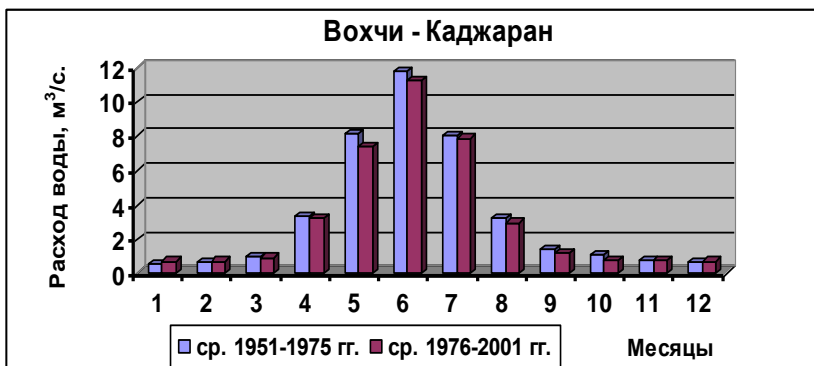


Рис. 3 (продолжение)

В реках Южной Армении (Далигет, Мегригет и Вохчи), а также в р. Аргичи (по сравнению с 1951-1975 гг.) наблюдается уменьшение стока в весеннем половодном и, незначительно, в летнем меженном сезонах, а вместо этого растет зимний меженный сток (за исключением р. Далигет). То есть в

этих речных бассейнах наблюдается тенденция сезонного выравнивания стока. Почти тот же процесс наблюдается также в бассейне р. Арпа: сток весеннего полноводного сезона уменьшается, а летне-осеннего и зимнего увеличивается.

Для получения целостного представления об изменчивости внутригодового стока воды некоторых рек Армении (рр. Вохчи, Ташир, Мармарик, Арпа, Аргичи, Агстев, Мегригет, Далигет и Гехарот) проведен совместный анализ данных за 1950-2001 гг (табл. 2, рис. 4). Этот период времени выбран специально. Для некоторых рек (рр. Вохчи, Ташир, Мармарик, Арпа) сток воды до 1950 г. наблюдений не изучался или контролировался эпизодически. Методы же удлинения рядов для них оказались недостаточно эффективными. Поэтому для обеспечения однородности рядов наблюдений предпочтительнее использовать период наблюдений после 1950 г.

Суммарный внутригодовой сток этих рек (рр. Вохчи, Ташир, Мармарик, Арпа, Аргичи, Агстев, Мегригет, Далигет и Гехарот) в 1976-2001 гг. по сравнению с 1950-1975 гг. слабо возрастал (табл. 2, рис. 4). Однако, в общей сложности, он почти не подвергся изменениям. Если диаграммы изменения стока (рис. 4) сравнить по отдельным сезонам, то заметно, что в 1976-2001 гг. кривая летнего меженного сезона почти полностью соответствует кривой того же сезона за 1950-1975 гг. В 1976-2001 гг. наблюдается увеличение стока в зимнем меженном сезоне, которое наблюдается также в начале и конце полноводного сезона (рис. 4).

Исключение составляет только максимальный месячный сток (в мае месяце), который в определенной степени уменьшился. Интересно, что тенденция уменьшения стока наблюдается также в осеннем слабо выраженном полноводном сезоне. Если отмеченные изменения представить на языке цифр и по отдельным месяцам, то будем иметь следующую картину (табл. 2).

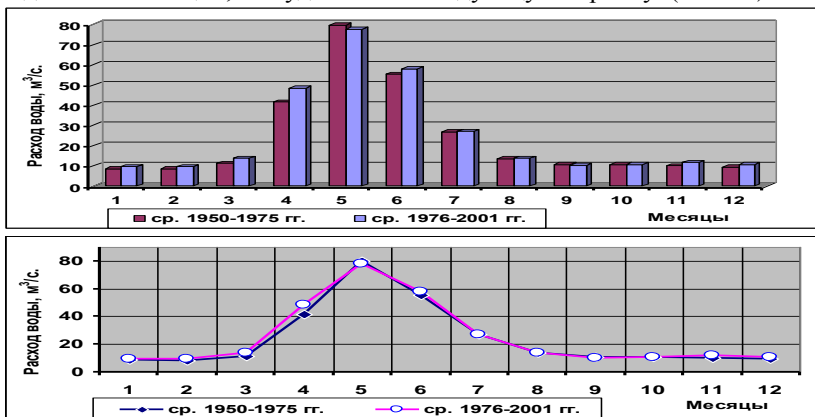


Рис. 4 Изменение осредненного внутригодового распределения средних месячных суммарных расходов воды основных рек Армении

В холодном сезоне (XI-II месяцы), сток увеличился на 13,5-15,8%. Это объясняется тем, что исследованные реки в основном питаются талыми водами, поэтому при даже незначительном повышении температуры воздуха (0,3-0,4<sup>0</sup>С) в низовьях отмеченных речных бассейнов снег в холодном сезоне начинает таять и питать реки [5]. В марте-апреле таяние достигает максимума, вследствие чего сток рек по сравнению с прежним (1951-1975 гг.) в 1976-2001 гг. начинает расти, достигая до 16,0-22,1% (табл. 2), после чего снова уменьшается.

В мае, когда в реках Армении наблюдаются максимальные выходы, уже теперь (1976-2001 гг.) по сравнению с 1951-1975 гг. накапливается мало снега, поэтому и суммарный расход рек уменьшился на 2,5% (табл. 2).

Увеличение стока рек в июне (4,5%) также обусловлено повышением температуры воздуха. Так как большая часть исследуемых рек берет начало высоко в горах, питается снего-фирновыми талыми водами (Гехарот, Вохчи), и если снеготаяние в этих речных бассейнах в прошлом (1951-1976 гг.) имело место в конце июня – начале июля, то в последние десятилетия (1976-2001 гг.) произошел сдвиг начала этого периода приблизительно на две недели в сторону весеннего полноводного сезона [5].

Естественно, что изменения температуры воздуха, обусловленное этим снеготаяние не являются единственной причиной изменения стока рек. В этом свою роль играют также жидкие осадки, которыми и обусловлена тенденция уменьшения суммарного стока рек на 0,9-6,5% также в сентябре-октябре (табл. 2).

Таким образом, исследование изменения внутригодового распределения суммарного стока некоторых рек Армении показывает, что, в общей сложности, в последней четверти 20-го века наблюдается определенное увеличение суммарного стока рек, а во внутригодовом распределении – тенденция сезонного выравнивания стока.

## ԼՈՒՑՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Армения: Проблемы изменения климата. Сборник статей, вып. 2 /Под ред. А. Г. Габриеляна. – Ереван, 2003, 353 с. (на армянском языке).
2. А. Н. Важнов, 1959, Средний многолетний сток рек Армянской ССР и его внутригодового распределение. – Ереван: изд. АН Арм. ССР, 155 с.
3. В. П. Валесян, 1955, Исследование стока горных рек Армянской ССР. М.: Изд-во АН СССР, 180 с.
4. В. К. Ванесян, 1973, Внутригодового распределение стока. В кн.: Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 9, вып. 2, Л., с. 172-203.
5. Т. Г. Варданян, 2006, Сток рек Армении и оценка его изменения при глобальном потеплении климата. Ереван: Изд-во ЕГУ, 178 с.
6. Б. Д. Зайков, С. Ю. Беликов, 1937, Средний многолетний сток рек СССР // Труды ГГИ, Л., вып. 2 (56)

7. А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев, 1974, Статистические методы в гидрологии. Л., 424 с.
8. Статистические методы в гидрологии (Перевод с английского М.И. Русина), 1970, Л.: Гидрометеоздат, 272 с.
9. А. М. Трофимов, Е. И. Игонин, 2001, Концептуальные основы моделирования в географии, Казань, 340 с.

**UDC 551.58**

**THE ASSESSMENT OF THE INTRA-ANNUAL COURSE OF VARIABILITY OF WATER RUNOFF FOR SOME RIVERS IN ARMENIA.**/Vardanian T.G./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 246-249. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The work studies and analyses the variability of the intra-annual course of water runoff for some rivers in Armenia, in perennial aspect.

The research has been carried out for some individual river basins (totaling in nine basins) and the total runoff of the same rivers.

During the research of the separate river basins, the entire period of observations was divided into three phases. The first phase contains the period when the observations had launched till 1950s, the second one is the period of 1951-1975, and the third phase reflects on the period of 1976-2001.

The study of the variability of the intra-annual distribution of the total runoff of some rivers in Armenia shows that on the whole, in the second quarter of 20th century, certain increase of the total river runoff has been observed, while in case of intra-annual distribution, there is tendency of seasonal runoff leveling.

**УДК 551.58**

**ОЦЕНКА ВНУТРИГОДОВОГО ХОДА ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА ВОДЫ НЕКОТОРЫХ РЕК АРМЕНИИ.**/Варданян Т.Г./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 246-249. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В работе исследована и оценена изменчивость внутригодичного хода стока воды некоторых рек Армении в многолетнем разрезе.

Исследования проведены как для отдельных речных бассейнов (всего 9), так и для суммарных стоков тех же рек.

При исследовании отдельных речных бассейнов весь период наблюдений разделен на три этапа. Первый этап – от начала наблюдений до 1950 г., второй – 1951-1975 гг., а третий – 1976-2001 гг.

Исследование изменения внутригодичного распределения суммарного стока некоторых рек Армении показывает, что, в общей сложности, в последней четверти 20-го века наблюдается определенное увеличение суммарного стока рек, а во внутригодичном распределении – тенденция сезонного выравнивания стока.

*კორძახია გ.<sup>1</sup>, შენგელია ლ.<sup>1</sup>, თვაური გ.<sup>2</sup>, ტატიშვილი მ.<sup>1</sup>, მკურნალიძე ი.<sup>1</sup>  
1- ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო  
2- მნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო*

უკ 551.50.501.7

**საქართველოს ტერიტორიაზე ჰიდრომეტეოროლოგიური  
კატასტროფების ადრეული შემოკონაქციისათვის  
თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენება**

ეკონომიკის სხვადასხვა დარგების (ტრანსპორტი, სოფლის მეურნეობა, ენერჯეტიკა და სხვა) უსაფრთხოებისათვის, ადამიანთა ჯანმრთელობისა და ქონების დაცვისათვის სტიქიური მოვლენების პრევენციას და/ან შერბილებას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე ამ პრობლემის მნიშვნელობა სულ უფრო იზრდება, რადგანაც, როგორც დადგენილია, საქართველოში ჰიდრომეტეოროლოგიური წარმოშობის სტიქიური მოვლენების სიხშირე ბოლო ათწლეულის განმავლობაში 4-ჯერ გაიზარდა, ხოლო ინტენსივობამ დაახლოებით 2-ჯერ მოიმატა. აღნიშნული სტიქიური მოვლენების უმეტესობას დიდი სივრცითი განფენილობა ახასიათებს, რის გამოც მათ შესაფასებლად მიზანშეწონილია დედამიწის მეტეოროლოგიური თანამგზავრებიდან მიღებული ინფორმაციის გამოყენება.

მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის (მმმ) სამოქმედო გეგმის თანახმად, მათი წევრი ეროვნული ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურების ოპერატიულ საქმიანობაში და სამეცნიერო-კვლევით მუშაობაში, თანამგზავრებიდან მიღებული ინფორმაციის გამოყენებას სულ უფრო მეტი მნიშვნელობა ენიჭება. დადგენილია, რომ სტიქიური მოვლენების 80%, ადამიანების მსხვერპლის 70% და ეკონომიკური ზარალის 65% ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების წილად მოდის. ამ უკანასკნელთა რიცხვს განეკუთვნება წყალდიდობა, ღვარცოფი, ზვავი, გვალვა, გრივალი, ქარბორბალა, ქარბუქი და სხვა. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საქართველოში დღის წესრიგში დადგა ამ მიმართულებით კვლევების განვითარება და მიღებული შედეგების პრაქტიკაში დანერგვა.

დედამიწაზე მიმდინარე პროცესების ხელოვნური თანამგზავრების საშუალებით შესწავლა მოკლე დროში უნიკალური ინფორმაციის მიღების შესაძლებლობას იძლევა.

დედამიწაზე დაკვირვების თანამგზავრული სისტემა ორი სახის: გეოსტაციონარული და პოდარულ-ორბიტალური თანამგზავრებისაგან შედგება.

გეოსტაციონარული თანამგზავრები ორბიტაზე დედამიწის გარშემო სინქრონულად მიმოიქცევიან და შედარებით დიდი, დაახლოე-



ბით 36000 კმ-ის სიმაღლიდან მუდმივად ერთი და იგივე ადგილს აკვირდებიან.

პოლარულ-ორბიტალური თანამგზავრები როგორც წესი, დაბალ, რამდენიმე ასეული კილომეტრი სიმაღლის ორბიტებზე მოძრაობენ და სხვადასხვა პერიოდულობის (დღეში რამდენიმე გაზომვიდან, რამდენიმე დღეში ერთ გაზომვამდე) შედარებით მაღალი სივრცული გარჩევითობის მონაცემებს იძლევიან. პოლარული ორბიტალური თანამგზავრების ტიპური ნიმუშებია: NOAA, TERRA და AQUA, LANDSAT და SPOT. ცხრ.1-ში მოყვანილია სხვადასხვა ქვეყნის ის თანამგზავრები და მათზე არსებული სენსორების მახასიათებლები: მიმოქცევის ციკლი, ტალღის სიხშირე, გარჩევითობა, დაფარვის ზოლის სიგანე [1], რომლებიც ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე საქართველოსათვის დამახასიათებელი სტიქიური მოვლენების შესწავლისა და მათი შედეგების შერბილებისათვის ეფექტურია.

ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების შესწავლისა და მონიტორინგისათვის პოლარულ-ორბიტალური თანამგზავრების მიერ მოპოვებულ ინფორმაციას დიდი მნიშვნელობა აქვს. თითოეულ თანამგზავრს სხვადასხვა სივრცული გარჩევადობა და დედამიწის გარშემო შემოვლის საკუთარი სიხშირე გააჩნია. გარდა ამისა, სხვადასხვა თანამგზავრები სხვადასხვა სახის: პანქრომატული, მულტისპექტრალური, ინფრაწითელი და თერმული სენსორებით არიან აღჭურვილნი. სტიქიურ უბედურებათა ხასიათიდან გამომდინარე და სხვადასხვა ობიექტების ელექტრომაგნიტური სპექტრის მიხედვით, მათ შესასწავლად სხვადასხვა სენსორებს იყენებენ. ასე მაგალითად, გრძელტალღოვან ინფრაწითელი დიაპაზონის მონაცემებს ხანძრის საფრთხის შესასწავლად იყენებენ. შედარებით მოკლელტალღოვანი დიაპაზონის ინფრაწითელი სენსორები წყალდიდობებისათვის არის გამოსადევი. მიკროტალღოვანი სენსორებით კი ნიადაგის სინოტოვს აკვირდებიან. თანამგზავრული სენსორები ტყის ხანძრების, გრიგალებისა და წყალდიდობების შესასწავლად და მათი ზემოქმედების შერბილების მიზნით გამოიყენება

დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები დედამიწის ზედაპირს ელექტრომაგნიტური სპექტრის წინასწარ განსაზღვრულ უბნებში, გარკვეულ ტალღის სიგრძეებზე აკვირდებიან. ხილული და ინფრაწითელი დიაპაზონის სპექტრალურ უბანში შესაძლებელია სასურველი ობიექტის თვისებების სხვადასხვა ტალღის სიგრძეზე შესწავლა.

მიუხედავად იმისა, რომ არც ერთი არსებული თანამგზავრი და მათი სენსორი უშუალოდ ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების დაკვირვების მიზნით არ შექმნილა, ელექტრომაგნიტური სკალის სხვადასხვა, ხილულ (VIS), ახლო ინფრაწითელ (NIR), ინფრაწითელ (IR),

**ცხრილი 1. სხვადასხვა ქვეყნის თანამგზავრებისა და მათზე არსებული სენსორების მახასიათებლები: მიმოქცევის ციკლი, ტალღის სიხშირე, გარჩევადობა, დაფარვის ზოლის სიგანე.**

თანამ.	ქვ.	ციკ.	სენსორი	ტალღის სიხშირე	გარჩევადობა	ზოლის სიგ.(კმ)		
NOAA	აშშ	12 სთ	AMSU-A <sup>1</sup> AMSU-A AVHRR/3  HIRS-3 20 IR	23.8 (გპც), 31.4, 50.3, 52.8, 53.33, 54.4, 54.94, 55.5 57.29 (6 არხი) 89.0 89.0, 166.0, 183.31 (3 არხი) 1) 0.58-0.68, 2) 0.72-1.00, 3A) 1.58-1.64 (დღე), 3B) 3.55-3.93 (night), 4) 10.3-11.3, 5) 11.5-12.5 (1) 14.95, (2) 14.71, (3) 14.49, 4) 14.22 (5) 13.97, (6) 13.64, (7) 13.35, 8) 11.11 (9) 9.71, (10) 12.47, (11) 7.33, 12) 6.52 (13) 4.57, (14) 4.52, (15) 4.47, 16) 4.45 (17) 4.13, (18) 4.00, (19) 3.76, 20) 0.69	40 კმ  15 კმ 0.5 კმ (VIS) 1.0 კმ (IR)  17.4 კმ	2240  2240 2940  2240		
TERR A	აშშ	16 დღ.	MODIS  ASTER	VNIR, SWIR, TIR 36 სხვ. დიაპ.  VNIR, SWIR, TIR 14 სხვ. დიაპ.	250 მ, 500 მ, 1000 მ, 15 მ, 30 მ, 90 მ	60  2330		
LANDSAT	აშშ	16	TM/ETM  MSS MTB PAN	0.45-0.52, 0.52-0.60, 0.63-0.69 0.76-0.90, 1.55-1.75, 2.08-2.35 0.5-0.6, 0.6-0.7, 0.7-0.8, 0.8-1.1, 10.4-12.6 10.4-12.5 0.5-0.9	30 მ  79 მ 60 მ 15 მ	185  185		
SPOT	საფრ.	26 დღ.	HRVIR(1) HRVIR(2) VMI	0.50-0.59, 0.61-0.68, 0.79-0.89, 1.58-1.75 0.61-0.68 0.43-0.47, 0.50-0.59, 0.61-0.68, 0.79-0.89, 1.58-1.75	20 მ 10 მ 1000 მ	60 60 2000		
RADARSAT	კან.	24 დღ.	SAR	5.3 გპც (C- დიაპ.)	Standard 28 x 25 მ Fine 10 x 9 მ	100 45		
ERS	ევრ.	35 დღ.	აქტიური მიკროტალღური ინსტრუმენტები					
			SAR Image	5.3 გპც (C- დიაპაზონი)	<30 მ	80-100		
			SAR Wave Scatterometer Radar Alti.	5.3 გპც (C-დიაპაზონი) 5.3 გპც (C-დიაპაზონი) 14.5 5.3 გპც (KU-დიაპაზონი)	<30 მ 50 კმ 10 სმ სიზუსტე	5 500		
ATSR-M ტრაექტორიის გასწვრივ სკანირების რადიომეტრი მიკროტალღური ზონდით								
Infrared	1.6, 3.7, 11, 12	1 კმ x 1 კმ	500					
Radiometer	23.5 (გპც)	22 კმ	500					
Microwave sounder	(1) 0.24-0.295 (512 დიაპ.), (2) 0.29-0.405 (1024 დიაპ.)	40 x 2 კმ	960					
Gome	(3) 0.40-0.605 (1024 დიაპ.), (4) 0.59-0.79 (512 დიაპ.)	40 x 320 კმ	500					
AATSR		0.65, 0.85, 1.27, 1.6, 3.7, 11.0, 12.0						

<p>AATSR - გაუმჯ. ტრაექტორიის გასწვრივ მასკანირებული რად.მეტრი.</p> <p>AMSU-A - გაუმჯ. მოკლეტალღური A-ერთეული</p> <p>AMSU-B - გაუმჯ. მოკლეტალღური B-ერთეული</p> <p>ASTER - გაუმჯ. სიერცული თერმული ემისიის და რეფლექტური რად.მეტრ.</p> <p>AVHRR/3 - გაუმჯ. მაღალი გარჩევადობის რად.მეტრ.</p> <p>ETM - გაძლიერებული თემატიკური რუკების შემდგენელი</p>	<p>GOME - გლობალური მონიტორინგის ექსპერიმენტი</p> <p>HIRS-3 - მაღალი გარჩევადობის ინფრაწითელი რადიაციის ზონდი</p> <p>HRVIR - მაღალი გარჩევადობის ხილული ინფრაწითელი IR - ინფრაწითელი</p> <p>MESSR- მულტისპექტრალური ელექტრონული თეთ-მასკანირებული რადიომეტრი</p> <p>MODIS - საშუალო გარჩევადობის სპექტრორადიომეტრი ++ დიაპაზონი 4 არის 15.33 ხარისხის</p>	<p>MTB - მულტისპექტრალური თერმული დიაპაზონი</p> <p>OPS - ოპტიკური სენსორები</p> <p>PAN - პანკრომატული</p> <p>SAR - სინთეტური აპერატურის რადარი</p> <p>VIS - ხილული</p> <p>VMI - კვანძის მონიტორინგის ხელსაწყო</p> <p>VTIR - ხილული და ინფრაწითელი რადიომეტრი</p> <p>MSR - მიკროტალღოვანი მასკანირებული რადიომეტრი</p>
--	---	---

მოკლეტალღოვან ინფრაწითელ (SWIR), თერმულ ინფრაწითელ (TIR) და მიკროტალღოვან (SAR) დიაპაზონებში მიღებული ინფორმაცია კატასტროფების შედეგების შერბილების და ადრეული გაფრთხილების შესაძლებლობას იძლევა.

თითოეულ სენსორს დედამიწის ზედაპირისა და სანაპირო წყლების შესახებ განსხვავებული ხასიათის უნიკალური ინფორმაციის მოპოვება შეუძლია. ასე მაგალითად, მზის გამოსხივების არეკვლის გაზომვა ამა თუ იმ ობიექტის ან ზედაპირის მიერ არეკვლილი სინათლის შეფასების შესაძლებლობას იძლევა. თერმული სენსორები ტემპერატურას ზომავენ, მიკროტალღური სენსორები – დიექტრიკულ თვისებებს, შესაბამისად ზედაპირის, ნიადაგის ან თოვლის ტენიანობას ზომავენ. დისტანციური ზონდირების მეთოდების მუდმივი განვითარება ახალი ტექნოლოგიების შექმნას უწყობს ხელს, რაც თავის მხრივ, კატასტროფების შედეგების შერბილების და ადრეული გაფრთხილების ფართო გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა.

დედამიწაზე დაკვირვების თანამგზავრული სისტემების და გეოსაინფორმაციო სისტემის (GIS) გამოყენება, კატასტროფების შედეგების ადრეული შეტყობინებისათვის შესაბამის სამსახურებს ეფექტურ დახმარებას უწყევნ.

ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების შედეგების შერბილების მიზნით თანამგზავრული ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევიან შეიქმნას და გამოყენებულ იქნას მონაცემთა ბაზები, ჩატარდეს: ვითარების მონიტორინგი, ამა თუ იმ რთული ბუნებრივი მოვლენის მაქსიმალურად ზუსტი მოდელირება, მოდელის საფუძველზე მოვლენების განვითარების პროგნოზირება. ზემოთაღნიშნული საშუალებას იძლევა გამოტანილ იყოს შესაბამისი დასკვნები და მიეწოდოს პოლიტიკის გამტარებელ ორგანიზაციებს.

მაღალი სიზუსტის, მულტიტემპორალური ხასიათის, სტიქიური უბედურების რაიონის სრული დაფარვის, სივრცული და დროითი უწყვეტობის გამო თანამგზავრული ინფორმაცია ეფექტური იარაღია ისეთი ტიპის გადაწყვეტილებების მიღების დროს, როგორიცაა:

- ამა თუ იმ კატასტროფით: წყალდიდობით, ხანძრებით, შავი ზღვის ნავთობით დაბინძურებით გამოწვეული დაზიანების მასშტაბებისა და ინტენსივობის სწრაფად შეფასება;
- კატასტროფით დაზარალებულ რეგიონში მოსახლეობის სიმჭიდროვის გამოთვლა;
- ყველაზე მეტად დაზარალებული რეგიონების სწრაფად დადგენა, ადრეული შეტყობინების მიზნით;
- მონაცემთა ბაზების შედგენა და მათი განახლება.

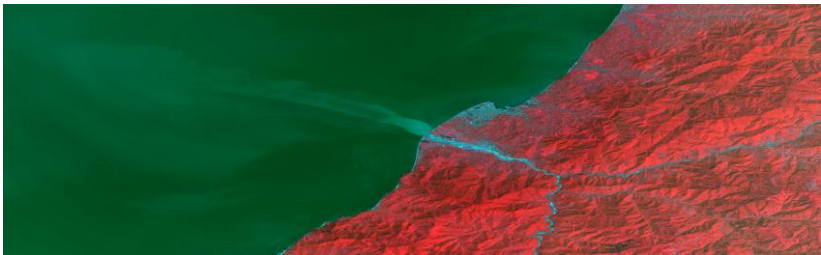
დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების ფართო სპექტრიდან მიმოვიხილოთ ის თანამგზავრები და მათზე განლაგებული სენსორები, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია საქართველოს ტერი-

ტორიაზე არსებული ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების ადრეული შეტყობინებისათვის. ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ეს სისტემებია: NOAA / AVHRR, TERRA და AQUA / MODIS, LANDSAT, SPOT, რადარული თანამგზავრული სისტემები ERS და RADARSAT.

მიუხედავად იმისა, რომ NOAA-ს ჯგუფის თანამგზავრების სენსორის, AVHRR-ის (გაუმჯობესებული ძალიან მაღალი გარჩევითობის რადიომეტრი) მონაცემებს დაბალი სივრცითი გარჩევითობის გამო (1,1 კმ) ბუნებრივი კატასტროფების შედეგების მონიტორინგისათვის გამოსადეგად არ მიიჩნევენ, დაფარვის ფართო ზოლის (2253 კმ) წყალბით ყოველდღიურად დედამიწის ვრცელი ტერიტორიის მონიტორინგის შესაძლებლობას იძლევა. მასკანირებელი რადიომეტრი ხუთ სპექტრალურ უბანში მუშაობს, ხილულიდან თერმულ ინფრაწითელამდე. მისი საშუალებით შესაძლებელია წყალდიდობის, თოვლის საფარის და ხანძრების მონიტორინგის ჩატარება.

თანამგზავრების TERRA და AQUA-ს სენსორი MODIS საქართველოში ბუნებრივ კატასტროფებთან დაკავშირებით გამოყენების არეალია წყალდიდობების, ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის, თოვლის საფარის და ტყის ხანძრების მონიტორინგი.

LANDSAT / MSS და /TM სურათები მაღალი სივრცული და დროითი გარჩევადობით გამოირჩევა. საქართველოში ბუნებრივ კატასტროფებთან დაკავშირებით მათი გამოყენება ეფექტურია წყალდიდობების, ხანძრების და ჩაღვრების მონიტორინგისათვის. ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია LANDSAT /TM-დან მიღებული სურათი, რომელზეც ასახულია მდ. ჭოროხის ჩამონადენი შავ ზღვაში.



ნახ.1. მდ. ჭოროხის ჩამონადენი შავ ზღვაში, LANDSAT/TM, ბათუმი, 15 ივლ., 2002წ.

საქართველოში ბუნებრივ კატასტროფებთან დაკავშირებით ფრანგული თანამგზავრ SPOT-ის გამოყენება ეფექტურია კვამლის გავრცელების, ტყის ხანძრების, ხანძრის მიერ განადგურებული რაიონების მონიტორინგის დროს.

საშუალო და მაღალი გარჩევითობის სენსორების წარმატებული კომბინაციის საშუალებით, შესაძლებელია დედამიწის ზედაპირის ვრცელ უბნებზე დაკვირვება. საქართველოში ბუნებრივ კატასტროფებთან დაკავშირებით მათი გამოყენება ეფექტურია მაგალითად, ხანძრის კერებზე დასაკვირვებლად.

სინთეტურ-აპერტურული რადარები ე.წ. SAR სისტემები (RADARSAT და ERS თანამგზავრებზე) აქტიური დისტანციური ზონდირების ჯგუფს განეკუთვნებიან. ისინი მონაცემებს ელექტრომაგნიტური სპექტრის მიკროტალღოვან უბანში კრებენ და სურათების გადაღება შეუძლიათ კლიმატური პირობების, დღე-ღამის დროის და ღრუბლიანი ამინდის მიუხედავად, მაშინ როცა ოპტიკური მეთოდები უსარგებლოა. საქართველოში ბუნებრივ კატასტროფებთან დაკავშირებით მათი გამოყენება ეფექტურია წყალდიდობის, ტყის ხანძრების, ტყის საფარის მონიტორინგის დროს.

სხვადასხვა თანამგზავრების მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენება, ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების ფართო სპექტრიდან, ყველაზე ეფექტურია წყალდიდობების და თოვლის საფარის, შავ ზღვაზე ტრანსპორტირების უსაფრთხოების, ავარიული ჩადვრების (მათ შორის ნავთობჩადვრების) და ხანძრების ადრეული შეტყობინებისათვის.

ბუნებრივ კატასტროფებს შორის წყალდიდობა ერთ-ერთი ყველაზე უფრო გავრცელებული ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენაა. თანამგზავრული გამოსახულება ეფექტურია იყოს წყალდიდობების მენეჯმენტისთვის შემდეგ საკითხებში:

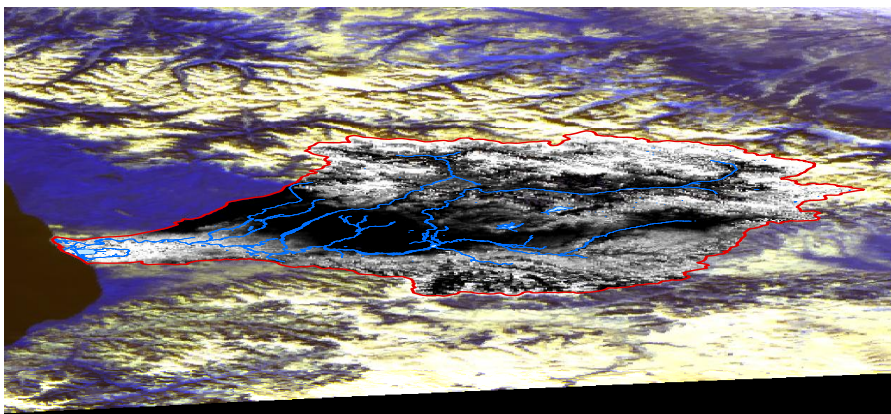
- დეტალური კარტოგრაფირება, რომელიც საჭიროა კატასტროფების რუკების შეფასებისთვის და სხვადასხვა ტიპის ჰიდროლოგიური მოვლენების საწყისი მონაცემებისათვის;
- თანამგზავრული მონაცემების გამოყენებით ნიადაგის მდგომარეობის რადენობრივი შეფასება;
- მდინარის აუზის ან სანაპირო რაიონისთვის ფართომასშტაბიანი წყალდიდობების სიტუაციის მოდელირება, რათა დადგინდეს დიდი რისკის ქვეშ მდგომი რეგიონები და მოხდეს ადრეული გაფრთხილება.

წყალდიდობის რაიონის დადგენა შეიძლება დისტანციური სენსორებით მიღებული გამოსახულების გამოყენებით. ერთი გზა არის წყალდიდობის კარტოგრაფირება [1], რომელიც იყენებს წყალდიდობის და წყალდიდობის შემდგომი წყლის დონის პიკების გამოსახულებას. მეორეა, წყალდიდობის პროგნოზირება

ჰიდროლოგიური მოდელირების, დისტანციური ზონდირების მონაცემების და GIS-ს მეთოდების ერთად გამოყენება მომავალი კა-

ტასტროფების პრევენცია/შერბილების და დანაკარგების შეფასებისა საშუალებას იძლევა.

წყალდიდობის შესაფასებლად აუცილებელია დამატებით გამოყენებულ იქნას ინფორმაცია თოვლის საფარის შესახებაც. ამჟამად, მდ. რიონის აუზისთვის, თანამგზავრული ინფორმაციის საფუძველზე თოვლის საფარის შეფასების და წყალდიდობების პროგნოზირების მიზნით, ფინური ტექნოლოგიების საფუძველზე, მიმდინარეობს საქართველო-ფინეთის ერთობლივი კვლევები [2]. ნახ. 2-ზე მოყვანილია მდ. რიონის აუზის თოვლის საფარი შედგენილი TERRA/MODIS თანამგზავრული მონაცემებით.



ნახ. 2 რიონის აუზის თოვლის საფარი, TERRA/MODIS

ზღვებზე და ოკეანეებზე გადაზიდვების უსაფრთხოება უკიდურესად მნიშვნელოვანია ამ საქმიანობის დაწყებიდანვე. დღეისათვის საზღვაო გადაზიდვების უსაფრთხოებას უზრუნველყოფენ რიცხვითი ოპერატიული საზღვაო მოდულების პროგნოზები (ზღვის დონის ცვლილების, მარილიანობის, ანთროპოგენული დაბინძურების შედეგების და სხვა). რეალურ დროში პროგნოზის გამოთვლა ხელს უწყობს ზღვის დინებების დაზუსტებას, რასაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ზღვებსა და ოკეანეებზე გადაზიდვების უსაფრთხოების გასაუმჯობესებლად და ბუნებრივი კატასტროფების და ანთროპოგენული ზემოქმედების აღკვეთის და/ან შერბილების ხელშეწყობისთვის.

უსაფრთხო გადაზიდვების და ბუნებრივი კატასტროფების და გარემოზე ანთროპოგენული ზემოქმედების მოვლენების აღკვეთის და/ან შერბილების სისტემის შესაქმნელად ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის საწყისი მონაცემები ერთ-ერთი აუცილებელი კომპო-

ნენტია. ამ მონაცემების მისაღებად ყველაზე პერსპექტიულია თანამგზავრული მონაცემების გამოყენება [3], რისი ერთ-ერთი მიზეზია შავ ზღვაზე არსებული სადამკვირვებლო ქსელის სიმენხერე. საქართველოს შემთხვევაში შავ ზღვაზე არსებული სადამკვირვებლო ქსელი მოიცავს ოკეანოგრაფიულ სადგურებს ბათუმში, ქობულეთში და ფოთში, რაც რეგულარული ბადის კვანძებში შავი ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის საჭირო მნიშვნელობების გამოთვლის საშუალებას არ იძლევა. ნაშრომში ჩატარებულმა სხვადასხვა თანამგზავრის ინფორმაციის ანალიზმა უჩვენა, რომ ამ მიზნით მიზანშეწონილია AVHRR, MODIS სენსორების მონაცემების საშუალებით გამოთვლილი შავი ზღვის ზედაპირის და სანაპირო ზოლის ტემპერატურული მონაცემების გამოყენება.

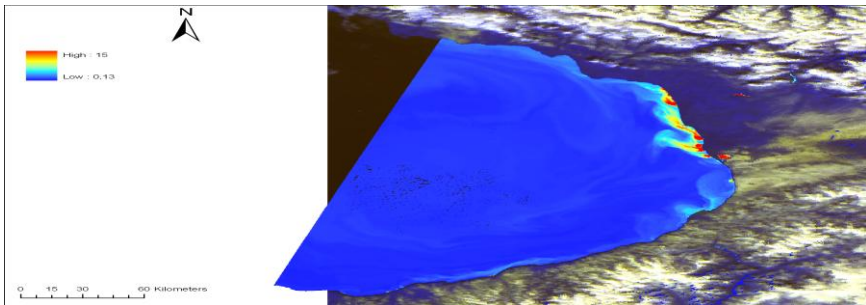
უნდა აღინიშნოს, რომ ამ სენსორების საშუალებით მიღებული შავი ზღვის ზედაპირის და სანაპირო ზოლის ტემპერატურული მონაცემები საჭიროებენ გარკვეულ შესწორებებს და შესაბამისი ცდომილებების დადგენას, რაც შემდგომი კვლევის საგანს შეადგენს.

უკანასკნელ წლებში შავ ზღვაში გაჭუჭყიანების რაოდენობრივი ზრდის გარდა მიმდინარეობს მისი ხარისხობრივი შემადგენლობის ცვალებადობა. წარსულში ჩაშვებათა ძირითად წყაროებს სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები შეადგენდა. ამჟამად წამყვანი გახდა სამრეწველო ნარჩენები, რომლებიც ნავთობპროდუქტებსა და ადამიანის მიერ სინთეზირებულ მთელ რიგ ორგანულ ნივთიერებებს შეიცავენ. მათი ძირითადი წყაროებია გემები, დაუმუშავებელი ნავთობის გაურთხევა და ნავთობგადამამუშავებელი საწარმოები. საქართველოს სანაპიროსთან ნავთობის ჩაღვრები დომინანტური გახდა, რადგანაც გაიზარდა ნავთობის გადაზიდვები ბათუმის პორტის, სუფსისა და ყულევის ტერმინალების საშუალებით. ამდენად შავი ზღვის დაბინძურების მონიტორინგის წარმოება სულ უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს.

ავარიული ჩაღვრების ადრეული გაფრთხილების სისტემის შექმნისა და ფუნქციონირებისათვის თანამგზავრული მონიტორინგის წარმოება ძალზედ ეფექტურია. ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია საქართველოს სანაპირო ზოლის დაბინძურების თანამგზავრული სურათი, რომელზეც გარკვეული სკალით მოყვანილია შავი ზღვის დაბინძურების მდგომარეობა.

თანამგზავრული მონიტორინგის წარმოება ძალიან ეფექტურია ტყის ხანძრების ადრეული გაფრთხილებისათვის. ნახ. 4-ზე მოყვანილია თანამგზავრ TERRA/MODIS საშუალო სივრცითი გარჩევადობის სურათი, რომელზეც წარმოდგენილია მიმდინარე წლის აგვისტოში ბორჯომი-ხარაგაულის ნაკრძალში დაკვირვებული ხანძარი. თანამგზავრული მონაცემები დამუშავებულია გაეროსთან არსებული ორგა-

ნიხაცია „თანამგზავრული გადაწყვეტა ყველასთვის“ (UNOSAT „Satellite solutions for all“) მიერ და გამოქვეყნებულია [5]. თუმცა, ხანძრის განვითარების დინამიკის საჩვენებლად თანმიმდევრობით, რამდენიმე დღის განმავლობაში გადაღებული სურათებია საჭირო. 17 აგვისტოსთვის, წინასწარი მონაცემებით, ხანძრის მიერ განადგურებული ფართობი 450 ჰექტარს შეადგენს. ეს საკითხი დამატებით კვლევას მოითხოვს.



ნახ. 3 საქართველოს სანაპირო ზოლის დაბინძურების სურათი, TERRA /MODIS, 9 ივლ., 2008 წ.



ნახ. 4. ბორჯომ-ხარაგაულის ნაკრძალის ხანძარი, TERRA/MODIS, 16 აგვისტო, 2008 წ.

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ: 1. საქართველოს ტერიტორიაზე ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების ადრეული შეტყობინებისათვის დედამიწის



ხელოვნური თანამგზავრების ფართო სპექტრიდან მიზანშეწონილია NOAA/AVHR, TERRA, AQUA/MODIS, LANDSAT და SPOT თანამგზავრული და ERS & RADARSAT რადარული თანამგზავრული სისტემების გამოყენება; 2. საქართველოს ტერიტორიაზე სხვადასხვა პიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფებიდან თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენება ყველაზე ეფექტურია წყალ-დიდობების, შავ ზღვაზე ტრანსპორტირების უსაფრთხოების, ავარიული ჩაღვრების (მათ შორის ნავთობჩაღვრების) და ტყის ხანძრების ადრეული შეტყობინებისათვის.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Nirupama, P. Simonovich, 2002, Role of Remote Sensing in Disaster Management. ICIR Research, USA, Paper Series - No 21.
2. Sari J. metsamaki, Saku T. Antilla, Huttunen J. Markus, Jenni M. Versalainen, 2005, A Feasible Method for Fractional Snow Cover Mapping in Boreal Zone Based on a Refletance Model. Remote Sensing of Environment. Finland, v. 95. pp.77-95.
3. ლ.შენგელია, გ.კორძახია, მ.ტატიშვილი, გ.თვაური, ი.მკურნალიძე. 2008წ., შავი ზღვის საქართველოს აკვატორიის ეკოლოგიური უსაფრთხოებისათვის თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენების პერსპექტივები. თბილისი, ჰმი-ს შრომები, ტ. 114.

შპაპ 551.50.501.7

**საქართველოს ტერიტორიაზე ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების აღრეული შეტყობინებისათვის თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენება.** კორძახია გ., შენგელია ლ., თვაური გ., ტატიშვილი ი., მკურნალიძე ი./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 250-260.-ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში განხილულია საქართველოსათვის კატასტროფული პიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების პრევენციისა და/ან შერბილებისათვის დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდან მიღებული ინფორმაციის გამოყენება. მოყვანილია თანამედროვე თანამგზავრების სხვადასხვა მახასიათებლები. განხილულია საქართველოსათვის მნიშვნელოვანი სტიქიური მოვლენები, რომელთა ადრეული გაფრთხილებებისათვის გამოიყენება თანამგზავრული ინფორმაცია.

UDC 551.50.501.7

**USE OF SATELLITE INFORMATION FOR EARLY WARNING OF HYDRO-METEOROLOGICAL DISASTERS IN THE TERRITORY OF GEORGIA.** /Kordzakhia G., Shengelia L., Tvauri G., Tatishvili M., Mkurnalidze I./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 250-260. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

In the research the use of the information of the satellites for prevention or/and mitigation of disasters of hydrometeorological origin for the territory of Georgia is

reviewed. The various characteristics of modern satellites are presented. The disasters that are typical for Georgia for which the application of satellite information is effective are considered.

УДК 551.50.501.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ.** /Кордзахия Г.И., Шенгелия Л.Д., Тваури Г., Татишвили М., Мкурналидзе И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с.250-260. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус

В работе рассмотрено использование информации искусственных спутников Земли для превенции и/или смягчения катастрофических гидрометеорологических явлений на территории Грузии. Приведены различные характеристики современных спутников. Рассмотрены характерные для Грузии стихийные гидрометеорологические явления для раннего пре-упреждения на основе применения спутниковой информации.

*Г.С.Гуния<sup>1</sup>, З.И.Цквитинидзе<sup>2</sup>,*

*Б.М.Холматжанов<sup>3</sup>, З.Н.Фатхуллаева<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Институт Гидрометеорологии, Грузия*

*<sup>2</sup>НПО «Организация экологической безопасности», Грузия*

*<sup>3</sup>Национальный университет им. Мирзо Улугбека, Узбекистан*

УДК 551.510.04.

## **К МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ АСПЕКТАМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПЕРЕНОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ**

Первые сведения о особенностях распределения метеорологических параметров на территории Грузии относятся к первой половине XVIII века, когда видным историком, географом и лексикографом Вахушти Багратионом были исследованы и описаны региональные климатические особенности Грузии [1]. Эти особенности обусловлены многими климатообразующими факторами, в том числе: - географическим положением, орографией, атмосферными процессами и др. [3,4,5].

Исследование влияния отдельных указанных параметров на загрязнение атмосферы в региональном масштабе представляет значительный научный и практический интерес. Однако для нас наиболее интересным является вопрос изучения особенностей тех «традиционных» метеорологических параметров, которые, в условиях постоянства количества эмиссий вредных веществ в атмосферу, оказывают влияние на уровень загрязнения атмосферы и известны как «опасные метеорологические условия» [2]. С указанной точки зрения значительный интерес представляет исследование такого малоизученного процесса, каким представляется влияние феновых явлений на уровень загрязнения атмосферы. При этом, изучение данного вопроса в условиях регионов, отдалённых друг от друга на большие расстояния представляет значительный научный и практический интерес.

### **1. Особенности влияния фенов на экологическое состояние воздушного бассейна в районе Колхидской низменности**

К числу особенностей феновых явлений относятся теплые ветры, дующие с гор на долину при уменьшении относительной влажности и рассеивании облаков нижнего яруса.

Фены развиваются на подветренной стороне хребтов вследствие нисходящего движения воздушного потока. Это явление может иметь место при переваливании горных хребтов воздушным потоком в системе циклонов, с развитием процесса всасывания воздуха над склонами гор, при его перемещении вблизи поверхностей хребтов [3].

Следует заметить, что Колхидская низменность, расположенная в юго-западной части Кавказа, и Ахангаранская долина Западного Тянь-Шаня – представляют собой классические примеры регионов, имеющих все условия для развития феновых явлений, которые, главным образом, определяются особенностями рельефа гор, окружающих данные регионы.

Таким образом, орография данных регионов, окаймленных горными хребтами, представляет собой существенный климатообразующий фактор. В частности, массивы Большого и Малого Кавказа (высотой в 3000-4000 и 2000 м, соответственно), с запада на восток до центральной части, создают горную систему, направленную на взаимостыковку. В результате этого Колхидская низменность имеет форму треугольника, с острием угла примкнутым к предгорью Лихского хребта (высотой в пределах 900-2500 м) и основанием в виде прибрежной полосы Черного моря. Таким образом, Колхидская низменность с запада и севера, со стороны Черного моря, а также с востока, со стороны Лихского хребта, открыта для проникновения воздушных масс. Повторяемости этих ветров на рассматриваемой территории составляют в среднем 42 и 53%, соответственно.

На Колхидской низменности при развитии восточных ветров указанные орографические особенности обуславливают установление особого циркуляционного режима, которому сопутствуют феновые явления (перемещение воздушных масс вниз с высоты).

Динамика этих процессов проявляется в том, что в условиях установления восточных ветров над указанным регионом, достигающих скоростей в 25-30 м/с, происходит интенсивный вынос воздушных масс из нижних слоев атмосферы по направлению Черного моря. Восстановление утерянной части потока воздуха в нижнем 2-х км-вом слое атмосферы, очевидно, возможно лишь при наличии компенсирующего нисходящего движения из более высоких слоев [9].

Кроме того, здесь развита местная циркуляция воздушного потока, обусловленная разностью температур воздуха прибрежной полосы и моря, известная под названием бризов.

Указанные явления создают все условия для того, чтобы перемещения потоков атмосферного воздуха в данном регионе создавали замкнутую систему, способствующую появлению вторичного источника загрязнения воздушного бассейна региона в результате циркуляции местных выбросов вредных веществ в атмосферу.

Делать подобное заключение позволяет соображение, физический смысл которого состоит в том, что в условиях фенов поток теплого воздуха при стремительном спуске с Лихского хребта к Черному морю, с приближением к нему ослабевает и, так-как его температура выше температуры воздуха прибрежной полосы, преимущественно должен быть направлен в верхние слои воздуха с ориентацией к Лихскому хребту. При достаточной продолжитель-

ности, данный объем воздуха может быть вовлечен в повторный процесс указанного явления (рис.1).

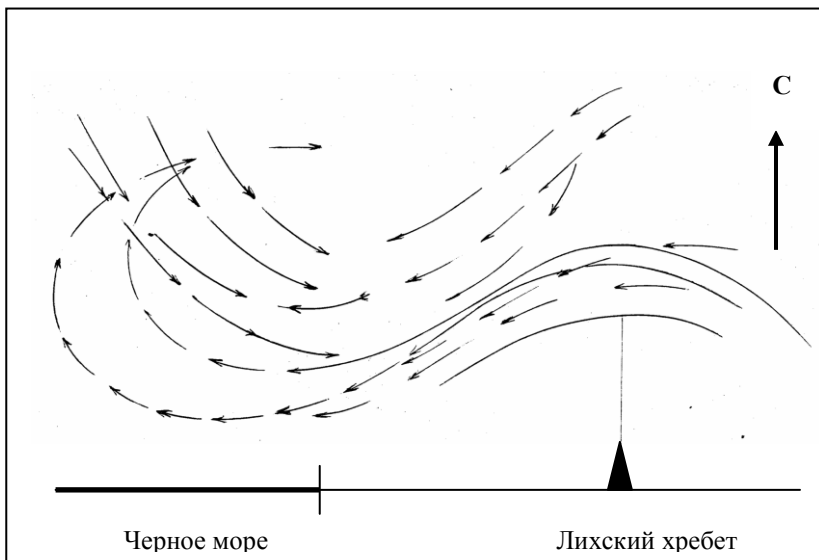


Рис.1. Принципиальная схема циркуляционного процесса при феновых явлениях на Колхидской низменности.

В различных пунктах Западной Грузии число дней с фенами в течение года колеблется в широком диапазоне [6]. При этом, эффекты феновых явлений с удалением от Лихского хребта уменьшаются и вблизи Пицунды они имеют заметно ослабленный характер. К примеру, в Гаграх они в среднем составляют 23, а к западу в районе Пицунды – 8 дней. Их максимальное число приходится на зиму, а минимальное – наблюдается в летний период. Скорости феновых ветров в среднем составляют 10м/с. Однако в отдельных случаях они могут превосходить скорости в 15-20м/с. При этом увеличение температуры воздуха колеблется в пределах 2-9<sup>0</sup>С, а в некоторых случаях оно может превзойти 15<sup>0</sup>С.

## 2. Оценка загрязнения атмосферы в районе Ахангаранской долины в период фена с помощью гидродинамической модели

В приводимом ниже исследовании рассмотрена возможность применения трехмерной гидродинамической модели и на ее основе выполнен расчет полей рассеивания загрязняющих веществ для одной из долин Западного Тянь-Шаня - Ахангаранской. Как объект исследования, указанная долина выбрана не случайно. Во-первых, по своим морфометрическим и метеорологическим параметрам это типичная долина не только Западного Тянь-Шаня, но и других горных систем мира. Во-вторых, она достаточно изучена в циркуля-

ционном отношении для всех сезонов года. В-третьих, в ней сконцентрировано большое количество крупных предприятий цветной металлургии, химической, строительной и топливноэнергетической промышленности. По объему выбросов загрязняющих веществ долина занимает лидирующее положение среди регионов Узбекистана (табл.1 [7]).

Таблица 1. Количество загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу в Республике Узбекистан ( $10^6$  кг/год)

Города	Годы				
	1995	1996	1997	1998	1999
Ташкент	16,0	15,3	13,3	11,8	12,7
Андижан	1,0	9,6	8,7	7,7	6,2
Навои	48,3	43,7	42,2	42,6	28,2
Самарканд	7,8	7,1	8,1	8,3	8,2
Алмалык	106,6	105,4	105,9	103,6	100,0
Ангрен	91,6	111,2	111,8	101,0	112,6
Бекабад	9,1	7,7	6,8	7,4	7,3
Чирчик	7,5	6,7	6,3	6,5	5,6
Каканд	3,9	4,3	5,4	5,3	2,9
Фергана	70,7	72,5	67,8	55,0	49,4
Маргелан	0,5	0,4	0,3	0,3	0,1
Нукус	2,6	2,9	3,0	3,7	3,4
Ургенч	6,0	3,4	10,2	13,1	1,3
Бухара	7,1	14,6	9,2	8,0	3,1
Джизак	3,2	2,3	6,5	3,7	3,3
Карши	129,0	85,0	75,9	65,4	2,7
Наманган	5,7	6,7	6,5	6,7	4,3
Термез	2,1	2,0	1,9	1,4	0,5
Гулистан	1,6	1,6	1,4	1,4	1,0

В долинах Западного Тянь-Шаня в холодное полугодие устанавливаются феновые ветры. Изучению структуры этих ветров в Ахангаранской долине посвящена работа [8]. В ней, в частности, отмечается, что в этот период в долине наблюдаются хорошо выраженные стоковые ветры и ветры высасывания

Вертикальная структура феновых ветров северо-восточного направления изучалась по материалам аэрологической экспедиции в Турке и Аблыке в холодное полугодие 1960-1961 гг. Общая длительность экспедиции составила 5 месяцев. Результаты экспедиции показали, что длительность одного случая фенового ветра составляет 2-2,5 дня. Его суммарная продолжительность в зимнее полугодие - около 30 дней. Величина скорости фена зависит от ширины долины. Так, поток в верхней, узкой части долины выражен лучше, чем в центральной, широкой части. Вертикальная мощность установившегося фенового потока имеет порядок 1000м.

При особенно резких процессах, когда скорость северо-восточного ветра достигает своих характерных максимальных значений, верхняя граница северо-восточного ветра может лежать на уровне 2000 м. В работе [8] выделяется 3 типа распределения скорости ветра с высотой (рис.2):

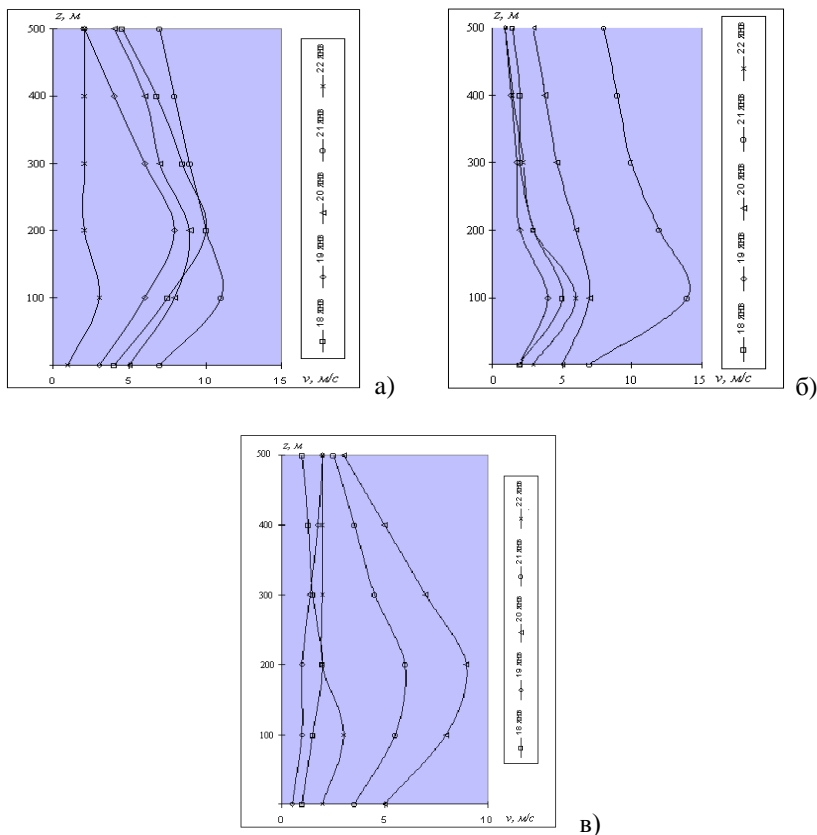


Рис.2. Вертикальные профили скоростей ветра: а) 9 час., б) 13 час., в) 17 час.

1. Уменьшение скорости с высотой, что характерно для начала и конца фенового периода;
2. Увеличение скорости до некоторой высоты с последующим ослаблением вплоть до верхней границы северо-восточного ветра, наблюдается в любое время периода развития фена;

Наличие двух максимумов скорости, что характерно для разгара фенового процесса.

При максимальном развитии фена величина скорости ветра в потоке достигает больших значений. Отмечено, что над Турком неоднократно фиксировалась скорость около и выше 30 м/с на уровне 500-600 м.

Оценка уровня загрязнения атмосферы долины в период феновых ветров представляет большой интерес, поскольку суммарная продолжительность этих ветров составляет достаточно большой срок. В одном случае продолжительность фенового ветра составила 5 суток. Для этого случая проведен расчет полей распространения загрязняющих веществ (ЗВ).

Нами применена гидродинамическая модель, которая была использована ранее для расчетов полей распространения ЗВ при условиях горно-долинной циркуляции [7].

По данным расчетов получены поля распределения концентраций в долях предельно допустимых концентраций (ПДК) для 13 видов ЗВ, выбрасываемых в атмосферу долины. Это окислы азота, сернистый ангидрид, угарный газ, зола, пыль неорганическая, пыль цемента, пыль Клинкера, фтороводород, серная кислота, соединения мышьяка, свинца, меди и цинка.

В качестве примера рассмотрим поле распределения концентрации  $\text{NO}_x$ .

Как показали исследования, в течение всего процесса фенового ветра значение концентрации остается в пределах нормы. Однако, в зависимости от вертикального распределения горизонтальной и вертикальной составляющих скорости ветра, охват поля загрязнения существенно меняется во времени.

В начале процесса фенового ветра горизонтальное поле распределения имеет широкую область, но в силу большого значения скорости ветра - 10 м/с на оси струи (рис.3), максимальное значение концентрации не превышает 0,2 ПДК.

Анализ вертикального поля распределения показывает, что вещество распространяется в основном в горизонтальном направлении (рис.3в). Это объясняется тем, что внизу струи наблюдаются восходящие потоки, а сверху нисходящие.

В дневные сроки наблюдается постепенное ослабление скорости ветра и это находит свое отражение в поле распределения вещества. Область распространения несколько уменьшается, однако, значение максимальной концентрации повышается и составляет 0,5 ПДК (рис.4).

К вечеру скорость ветра еще более ослабевает. Область распространения вещества заметно увеличивается в верхних слоях воздуха, а в нижних резко сокращается. Максимальное значение концентрации  $\text{NO}_x$  наблюдается на высоте 330-350 м и составляет 1 ПДК (рис.5).

Вышеуказанное объясняется тем, что при слабой горизонтальной составляющей скорости ветра наблюдаются вертикальные токи, которые имеют положительный знак до высоты 120-150 м, затем постепенно меняют направление и имеют отрицательный знак выше 330 м.



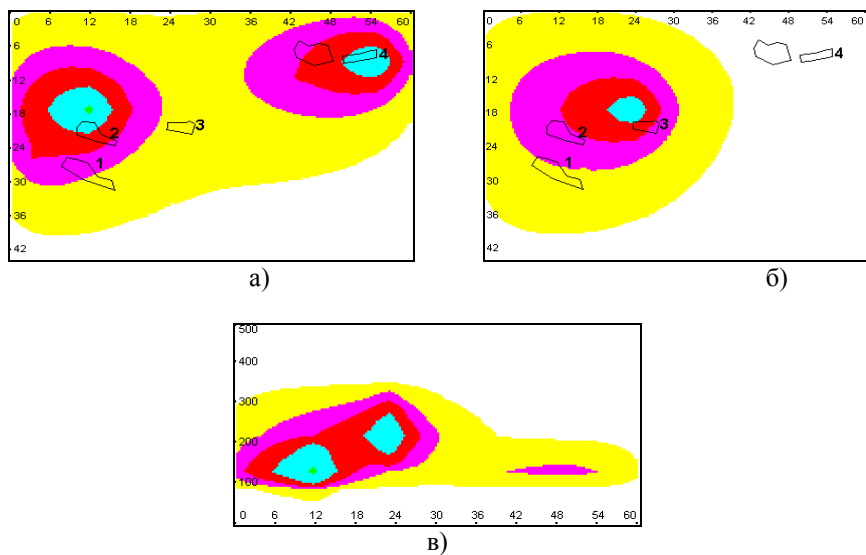


Рис.3. Поле горизонтального распределения  $\text{NO}_x$  на уровне 100 м (а), 330 м (б) и вертикального распределения на разрезе через Нурабад (в) при фоновом ветре в 9 час. (1-Алмалык, 2-Ахангаран, 3-Нурабад, 4-Ангрэн).

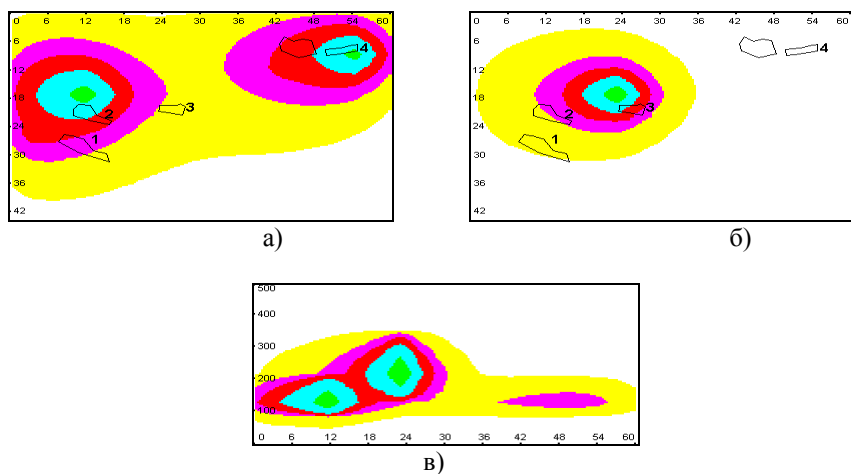


Рис.4. Поле горизонтального распределения  $\text{NO}_x$  на уровне 100 м (а), 330 м (б) и вертикального распределения на разрезе через Нурабад (в) при фоновом ветре в 13 час. (1-Алмалык, 2-Ахангаран, 3-Нурабад, 4-Ангрэн).

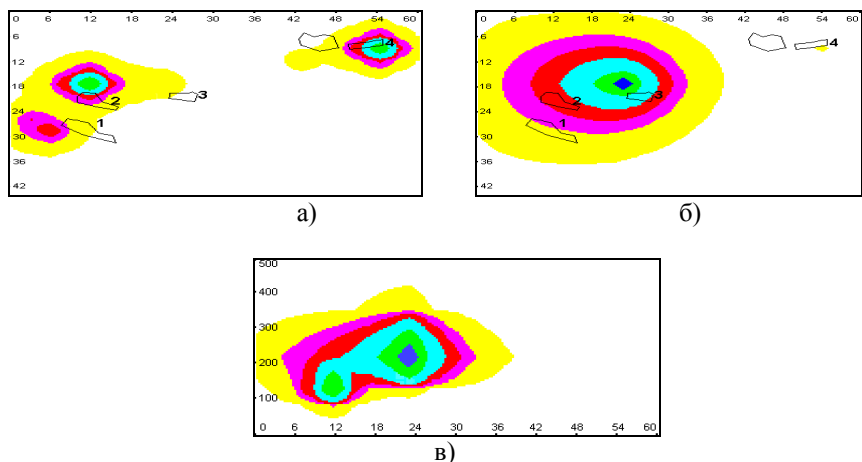


Рис.5. Поле горизонтального распределения  $\text{NO}_x$  на уровне 100 м (а), 330 м (б) и вертикального распределения на разрезе через Нурабад (в) при феновом ветре в 17 час. (1-Алмалык, 2-Ахангаран, 3-Нурабад, 4-Ангрен).

В ночные сроки скорость ветра начинает увеличиваться и к утру достигает своего максимального значения. Поэтому поле распределения вещества опять имеет широкую область с малым значением максимальной концентрации, равной 0,2 ПДК. В этом случае почти полностью повторяется ситуация, которая наблюдалась в начале процесса.

В дневной срок, наблюдается уменьшение области распространения вещества с одновременным увеличением максимального значения концентрации вблизи источника выброса Нурабадской ГРЭС. Однако, на более низких уровнях поле распределения вещества изменяется незначительно.

Если проанализировать случай поля распределения в вечерний срок, который наблюдался на вторые сутки процесса, можно увидеть, что самое максимальное накопление вещества происходило именно в этот срок (рис.б).

Скорость ветра с высотой увеличивалась почти линейно, а вертикальные токи имели положительный знак. В силу слабости скорости ветра область распространения вещества невелика, однако максимальное значение концентрации возрастает. Как показывает вертикальный разрез поля распределения, в этом случае перенос вещества происходит в вертикальном направлении.

В течение последующих двух суток поле распределения  $\text{NO}_x$  имело примерно одинаковый вид по характеру охвата области загрязнения и значению максимальной концентрации.

Это объясняется тем, что в течение этого периода фоновый процесс достиг своего максимального развития, и скорость ветра практически изменялась в небольших пределах.

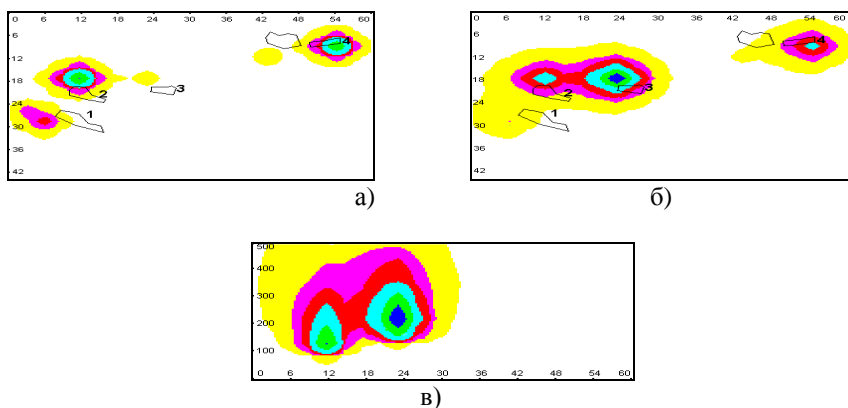


Рис.6. Поле горизонтального распределения  $\text{NO}_x$  на уровне 100 м (а), 330 м (б) и вертикального распределения на разрезе через Нурабад (в) при феновом ветре в 17 час (вторые сутки). (1-Алмалык, 2-Ахангаран, 3-Нурабад, 4-Ангрен).

К концу процесса скорость ветра уменьшается, составляя при этом значения 2-3 м/с. Так как скорость ветра невелика, в соответствии с этим область распространения вещества уменьшается. Однако, при этом значение максимальной концентрации повышается, достигая вблизи источников выброса своего максимального значения (рис.7).

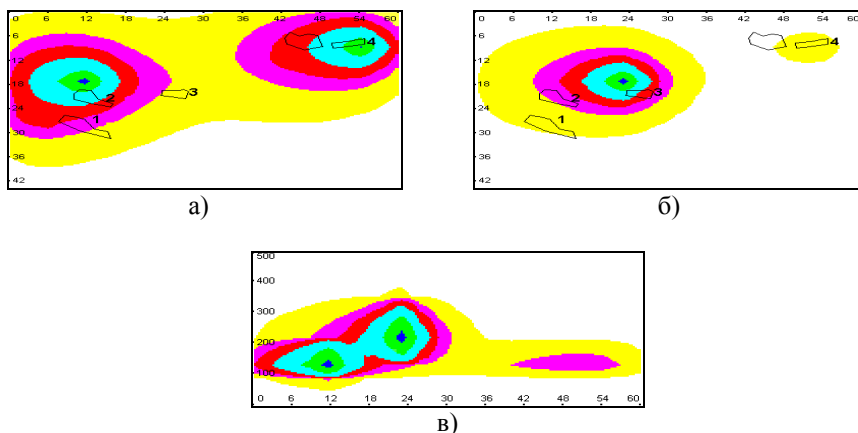


Рис.7. Поле горизонтального распределения  $\text{NO}_x$  на уровне 100 м (а), 330 м (б) и вертикального распределения на разрезе через Нурабад (в) при феновом ветре в 9 час. 4-ой сутки (1-Алмалык, 2-Ахангаран, 3-Нурабад, 4-Ангрен).

Сравнение результатов расчета данного исследования с результатами расчетов для теплой половины года при установлении горно-долинной циркуляции позволяет нам сделать следующий вывод. При феновых ветрах поля

распределения концентраций загрязняющих веществ имеют примерно одинаковый вид. Это означает, что, как и в случае горно-долинной циркуляции, установление феновых ветров не способствует вымыванию загрязняющих веществ из долины.

#### Заклучение

Таким образом, следует заключить, что фены оказывают существенное влияние как на процесс дальнего переноса вредных примесей атмосферы, так и на уровень их концентрации в воздушном бассейне. Учет этого явления при исследованиях загрязнения атмосферы в условиях горных стран, позволит значительно повысить точность региональных экологических оценок и прогнозов состояния природной среды.

В результате вышеупомянутых особенностей, по нашему мнению, данное метеорологическое явление следует возвести в ранг региональных «опасных метеорологических условий», способствующих усилению загрязнения атмосферного воздуха.

#### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Вахушти. Описание царства Грузии – Изд. Тбилисского государственного университета им. И.Джавахишвили, 1940. (На груз.)
2. Гуния Г.С. Метеорологические аспекты экологического мониторинга атмосферы. – Тб., 2005, 265 с. (На груз.).
3. Гуния С.У. Переваливание воздушных потоков через горные хребты. - Метеорология и гидрология, 1958, 10, с. 3-8.
4. Климат и климатические ресурсы Грузии.- Труды ЗакНИГМИ, Л., 1971, вып. 44(50).
5. Кордзахия М.О. Климат Грузии. – Тб.,1961.
6. Кордзахия Р.С. Некоторые особенности фенов в районе Леселидзе-Пицунда.- Труды ЗакНИИ, 1982, вып.75, с.75-80.
7. Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Фатхуллаева З.Н. Трехмерная численная модель для оценки загрязнения атмосферы Ахангаранской долины промышленными выбросами сернистого ангидрида и соединениями мышьяка. - Вестник НУУ, 2000, №3, с. 45-52.
8. Чанышева С.Г. О северо-восточных ветрах в Ангренской долине. - Тр.САНИГМИ, 1963, вып.15 (30), с. 33-42.
9. Чоговадзе И.В. К вопросу возникновения фенов в Колхидской низменности. - Труды ЗакНИИ, 1982, вып.75, с.42-52.

უკავ 551.510.04

ატმოსფეროს დამაბინძურებელ ნივთიერებათა მაკრომასშტაბური ბადა-  
ტანის მატეოროლოგიურუ ასპექტების შესახებ მთიანი რეგიონების პი-  
რობებში/გუნია გ., ცქვიტინიძე ზ., ხოლმაჯანოვი ბ., ფათხულაევა ზ./ კმი-  
ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 261-271.-რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში, კოლხეთის დაბლობისა და ახანგარანის ხეობის (დასავლეთ  
ტიან-შანი) მაგალითებზე, ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების დონეზე  
ფიონური მოვლენების ზემოქმედების კვლევების შედეგებია მოტანილი.

მოცემულია ახანგარანის ხეობის რაიონში  $\text{NO}_x$ -ის კონცენტრაციების ველის განაწილების გაანგარიშებები.

ნახვევებია, რომ ფიონური პროცესები მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენენ ატმოსფეროს დაბინძურების დონეზე მთიანი ქვეყნების პირობებში. მათი გათვალისწინება ატმოსფეროს რეგიონალური დაბინძურების კვლევებისას მნიშვნელოვნად აამაღლებს ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის ეკოლოგიური შეფასებების სიზუსტეს.

გაკეთებულია დასკვნა იმის თაობაზე, რომ აღნიშნული მეტეოროლოგიური მოვლენა უნდა იყოს აყვანილი რეგიონალური “საშიში მეტეოროლოგიური პირობების” რანგში, რომლებიც ხელს უწყობენ ატმოსფეროს დაბინძურების გაძლიერებას.

UDC 551.510.04

**TO METEOROLOGICAL ASPECTS OF LONG-RANGE TRANSMISSION OF AIR POLLUTANTS IN CONDITION MOUNTAIN REGIONS**UDC. /Gunia G., Tskvitinidze Z., Kholmatjano B., Fatkhullaeva Z./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 261-271. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

In the work the results of investigations regarding to influence of foehn events on a level of pollution of atmospheric air have been carried out by the examples of Kolkhida lowlands (the south-west part of Caucasus) and Akhangara valley (the western Tien-Shan). The calculations of distribution fields of  $\text{NO}_x$  concentration in the region of Akhangara valley are presented.

There is shown that foehn events make important impact on a level of atmospheric air pollution in conditions of mountainous countries. Their taking into account during regional investigations of atmosphere pollution allows raising appreciably the accuracy of ecological estimations of natural environment state. It is drawing a conclusion that the given meteorological event should be raised in rank of regional “dangerous meteorological conditions“ favorable to strengthening of local pollution of atmosphere.

УД К551.510.04

**К МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ АСПЕКТАМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПЕРЕНОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ.** /Гуния Г.С., Цквитицидзе З.И., Холматжанов Б.М., Фатхуллаева З.Н./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с.261-271 – Рус.; Рез. Груз., Анг.,Рус

На примерах Колхидской низменности (юго-западная часть Кавказа) и Ахангаранской долины (Западный Тянь-Шань), приведены результаты исследований влияния фоновых явлений на уровень загрязнения атмосферного воздуха, обусловленное дальним переносом промышленных выбросов. Приводятся расчеты полей распределения концентраций  $\text{NO}_x$  в районе Ахангаранской долины.

Показано, что фоновые процессы оказывают значительное влияние на уровень загрязнения атмосферы в условиях горных стран. Их учет при региональных исследованиях загрязнения атмосферы, позволит существенно повысить точность экологических оценок и прогнозов состояния природной среды.

Делается заключение о том, что данное метеорологическое явление следует возвести в ранг региональных «опасных метеорологических условий», способствующих усилению загрязнения атмосферы.

*ნ.კუტალაძე, ლ.მეგრელიძე, გ.მიკუჩაძე*  
*გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*  
*ი.ჩოგოვაძე, თ. დავითაშვილი*

*ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო*

უკ 551.515.14

**მშტრემალური ნალექების მოკლევადიანი რიცხვითი პროგნოზი საქართველოსათვის**

ექსტრემალურად დიდი რაოდენობის ატმოსფერული ნალექების მოსვლა მთავარი წინა პირობაა ისეთი სტიქიური მოვლენების განვითარებისა, როგორცაა ღვარცოფები, წყალდიდობები, წყალმოვარდნები, მეწყერები და სხვ., რომლებიც იწვევენ არამარტო დიდ მატერიალურ ზარალს, არამედ ხდებიან მიზეზი ადამიანთა მსხვერპლისა. ასეთი მოვლენების განვითარება დამახასიათებელი ადრეც იყო და ახლაც არის საქართველოს ტერიტორიაზე. ამას ადასტურებს, თუნდაც, მიმდინარე 2008 წლის ძლიერი ნალექების შემთხვევები, რომელთა ფონზეც დაიკვირვებოდა სტიქიური მოვლენების განვითარება, რასაც მოჰყვა საკმაოდ მძიმე ნეგატიური შედეგები.

ატმოსფერული ნალექების რაოდენობრივი პროგნოზი ატმოსფეროს მათემეტიკური მოდელების გამოყენებით დღემდე საკმაოდ რთულ ამოცანად განიხილება და თანამედროვე მიდგომის პირობებშიც (სხვადასხვა გარჩევის უნარიანობის ერთიდაიგივე რიცხვითი მოდელის და მრავალ-მოდელიანი ანსამბლური პროგნოზირების მეთოდები) [4] განუზღვრელობების რიცხვი დიდია, რაც თავის მხრივ უფრო მეტ ცდომილებებს იძლევა ჰიდროლოგიურ მოდელებში, როგორც შემსვლელი პარამეტრი.

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია შემოსაზღვრული არის მქონე, მეზომასშტაბური რიცხვითი მოდელის **WRF EMS (ARW)** (გარემოს მოდელირების სისტემა) პროგნოზის შედეგები სხვადასხვა გარჩევის უნარიანობით (ქვეარის ჩადგმის მეთოდი), 2008 წლის 9 ოქტომბერს ცირკულაციური პროცესის განვითარების მაგალითზე, როდესაც დღისით აჭარის ტერიტორიაზე დაფიქსირდა საკმაოდ ძლიერი ნალექების მოსვლა (>70 მმ/12სთ).

ამინდის გლობალური მოდელები, რომლებიც ამინდის ფართომასშტაბიან (1000კმ და მეტი) პროცესებს აღწერენ, იძლევიან პროგნოზს ერთი კვირის წინასწარობით და მეტი. ანუ, იძლევიან ინფორმაციას ამინდის ფონური მდგომარეობის შესახებ, მაგრამ ვერ იჭერენ შედარებით მცირემასშტაბიან პროცესებს, მით უფრო, როდესაც ადგილობრივი ამინდი ყალიბდება ისეთი პროცესით როგორცაა, მაგალითად, კონვექცია. ასეთი ატმოსფერული პროცესები ვერ აღი-

წერება გლობალური მოდელებით, რომელთა სათვლელი ბადის ზომა საკმაოდ დიდია და შესაბამისად, კონკრეტული ვადისათვის ამინდის ადგილობრივი თავისებურებების გარჩევის უნარი დაბალია. დღეისათვის არსებული მძლავრი კომპიუტერული სისტემების გამოყენების შესაძლებლობის მიუხედავად, ამინდის ადგილობრივი გამოვლენის გარჩევის მისაღები სიზუსტის მიღწევა დედამიწის მთელი სფეროსათვის, მხოლოდ გლობალური მოდელების საშუალებით, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამგვარად, ადგილობრივი რეალური ამინდის წინასწარმეტყველებისათვის დღის წესრიგში დგება რეგიონული (შემოსახლვრული ტერიტორიის მქონე არის) მოდელების დამუშავების აუცილებლობა, რომელთაც აქვთ ხელოვნური საზღვრები, სადაც მოდელების ცვლადების მნიშვნელობები განისაზღვრება უფრო უხეშ ბადეზე გლობალური მოდელების გაშვების შედეგებიდან. ეს მოდელები აღწერენ გლობალური მოდელებისათვის შეუმჩნეველ, ამინდის რეალურ პირობებს, რომლებიც ხშირად ყალიბდებიან ატმოსფეროში მიმდინარე მცირემასშტაბიანი პროცესებით, თუმცა მათი წინასწარობის პერიოდ 24-48 სთ-მდე მცირდება სასაზღვრო პირობების შექმნისას წარმოქმნილი დამახინჯებების გამო.

**WRF EMS (ARW) მოდელი** იყენებს რუკის ე.წ. ლამბერტის კომფორმულ პროექტორს (lambert conformal), წნევა იცვლება ეტაკორდინატებში, გარჩევის უნარიანობა 15 კმ-ია, ითვალისწინებს ნიადაგის 4 ფენას, განტოლებათა სისტემის ამოხსნისას სარგებლობს არაკავას C ბადით, სადაც ბადის კვანძებში გამოითვლის ქარის სიჩქარის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მნიშვნელობებს, ხოლო ცენტრში ტემპერატურას.

მისი სტრუქტურა პირობითად შეიძლება გაყოფილი იქნას დინამიკურ ნაწილად და „ფიზიკურ პაკეტად“, მისი კონფიგურაცია კავასიის რეგიონისათვის ითვალისწინებს შესაბამისი „ფიზიკური პაკეტის“ მორგებას, როგორცაა ადგილობრივი გეოგრაფიულ-ლანდშაფტური თავისებურებები (მათ შორის: რელიეფის პარამეტრები, მიწათსარგებლობისა და ნიადაგის ტიპები, სიღრმეებზე ნიადაგის ტემპერატურა, მცენარეულობის სეზონური განაწილება, ადგილის არეკვლისუნარიანობა და სხვა). დინამიკური ნაწილი - კავასიის რთული რელიეფის, შავი და კასპიის ზღვების სიახლოვის გავლენით, ატმოსფეროში მიმდინარე იმ ზოგადცირკულაციური პროცესების ტრანსფორმაციას უზრუნველყოფს, რომლის შედეგადაც ყალიბდება ადგილობრივი ამინდი.

მოდელის მიერ სხვადასხვა ატმოსფერული მეზო- და მიკრომასშტაბური პროცესების გათვალისწინება ხორციელდება რიგი ფიზიკური სქემების საშუალებით:

ა) მიკროფიზიკური სქემები, რომლებიც აღწერენ წყლის ორთქლის, ღრუბლებისა და ნალექების წარმოქმნის პროცესებს - ამ პროცესე-

ბის აღსაწერად მოდელში გამოყენებულია 5-კლასის სიმულაციური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს თოვლისა და ყინულის არსებობას და მოსახერხებელია რეალური მონაცემების მაღალი გარჩევისუნარიანობით (5კმ-ზე ნაკლები) ამოსხნისას;

ბ) გროვა ღრუბლების პარამეტრიზაციის სქემები, რომლებიც აღწერენ კონვექციური და/ან ფრონტალური ღრუბლების უჯრისშიდა მასშტაბის ეფექტებს. ეს სქემა ითვალისწინებს აღმავალი და დაღმავალი ვერტიკალური დენებითა და ღრუბლისგარეთა მაწონასწორებელი მოძრაობებით გამოწვეულ ვერტიკალურ ნაკადებს – კეინ ფრიზის ახალი სქემა NAM მოდელიდან; აღნიშნული სქემა აღწერს ღრმა და არაღრმა კონვენციურ პროცესებს დაღმავალი მასური ნაკადების მიდგომით [1;2];

გ) მიწისპირა ფენის სქემა, რომელიც ითვალისწინებს ხახუნის არსებობას და ითვლის ენერგეტიკულ (გაცვლის) კოეფიციენტს, მიწის ზედაპირის მოდელის (LSM) მიერ ზედაპირული სითბოსა და სინოტივის ნაკადების და პლანეტარული სასახლდერო ფენის სქემის მიერ ზედაპირის დაძაბულობის საანგარიშოდ – MM5-ის მსგავსების სქემა: ეფუძნება მონინ-ობუხოვის სქემას კარლსონ-ბოლანდის ვისკოზური ქვე-ფენისა და მსგავსების სტანდარტულ ფუნქციებს;

დ) მიწის ზედაპირის მრავალფენიანი სამოდელო სქემა (LSM), რომელიც განაპირობებს ინფორმაციულ უზრუნველყოფას (მათ შორის: მონაცემებს ნიადაგის სხადასხვა ფენებში არსებული თერმული პარამეტრებისა და სინოტივის ნაკადების შესახებ) – NOAA-ს სმელეთის ზედაპირის მოდელი: უნიფიცირებული NCEP/NCAR/AFWA-ს სქემა 4-ფენიანი ნიადაგის ტემპერატურისა და სინოტივის, ფრაგმენტული თოვლის საფარისა და ნიადაგის წაყინვის ფიზიკის გამოყენებით [3];

ე) პლანეტარული სასახლდერო ფენის სქემა, რომელიც გამოიყენება ტურბულენტური კინეტიკური ენერჯის პროგნოზირებისათვის და ითვალისწინებს ვერტიკალური ქვეუჯრის მასშტაბის ნაკადებს. ეს ნაკადები გამოწვეულია სინქარის გრიგალის გადატანით ატმოსფეროს მთელ სვეტში (და არა მხოლოდ სასახლდერო ფენაში) – იონსის უნივერსიტეტის სქემა: არალოკალური k-სქემა, არაცხადი გადატანითი ფენითა და არასტაბილურ შერეულ სქემაში k-პარაბოლური პროფილით;

ვ) რადიაციული სქემა, რომლის საშუალებით ითვლება ატმოსფეროს სითბური პარამეტრები. ამ პარამეტრებით შესაძლებელია განისაზღვროს ატმოსფეროს დათბობის ეფექტი - განპირობებული რადიაციული ნაკადების დივერგენციით და დედამიწის ზედაპირის სითბური ბალანსით, დაღმავალი გრძელი და მოკლეტალღიანი რადიაციისათვის - რადიაციის სწრაფი გადატანის (RRTM) სქემა: დაზუსტებული სქემა, ითვალისწინებს როგორც ნარეგებს, მცირე გაზურ მინარეგებს

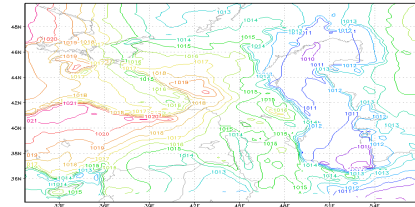


და ნაწილაკების მიკროფიზიკას, ამავე დროს, ატმოსფეროში რადიაცია რეაგირებს მოდელის მიერ პროგნოზირებული დრუბლისა და წყლის ორთქლის განაწილებაზე, ასევე, ნახშირის ორჟანგის, ოზონის და სხვა გაზური მინარეგების კონცენტრაციაზე.

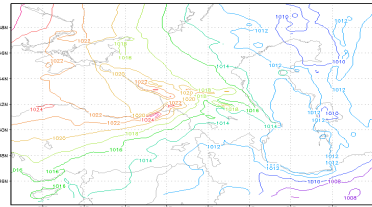
მოდელის დინამიკურ ბირთვში რიგი პროგრამული ფაილების რედაქტირებით მოხდა 5-კმ-იანი ამოხსნის მქონე „ქვეარის ჩადგმა“ ორი სხვადასხვა მეთოდით. მეორე მეთოდი (2-way nesting) ითვალისწინებს „ქვეარიდან“ ძირითად არეში ინფორმაციის დაბრუნებას, ანუ უკუკავშირს. ძირითადი არე უზრუნველყოფს სასაზღვრო პირობების მიწოდებას ქვეარისათვის ძირითადი არის ყოველ დროით ბიჯზე, ამასთანავე, ქვეარე დროში წინსწრებით ინტეგრირებას უკეთებს და ძირითად არეს უკანვე აწვდის შედეგებს. პირველი მეთოდის (1-way nesting) შემთხვევაში უკუკავშირის მექანიზმი გამორთულია და ამდენად, ძირითადი არე უზრუნველყოფს სასაზღვრო პირობების მიწოდებას ქვეარისათვის, მაგრამ არ ხდება ინფორმაციის გაცვლა ქვეარიდან უკან, ძირითად არეში.

უკუკავშირიანი მეთოდის (2-way nesting) გამოყენებით ქვეარის ჩადგმისას გამოვიყენეთ გაგლუვების 5-წერტილიანი 1-2-1 და smoothing-desmoothing (მსგავსი ეტალონური ზომით) ტექნოლოგიები, რომლებიც განსაზღვრავენ როგორ უნდა გაგლუვდეს ქვეარიდან უკან, ძირითად არეში, დაბრუნებული ინფორმაცია, რომელიც წარმოადგენს წინამდებარე ნაშრომის კვლევის ძირითად შედეგს.

ნახ.1-ზე მოცემულია მოდელით გამოთვლილი მიწისპირა ბარიული ველის საწყისი რუკა 2008 წლის 9 ოქტომბრისათვის (00სთ, გრინვიჩი). როგორც რუკიდან ჩანს, როსტოვის მიდამოებიდან სამხრეთ-დასავლეთით, შავი ზღვისკენ ეშვება დაბალი წნევის ღარი. ამ დროისათვის აჭარის ტერიტორიაზე ნალექების მოსვლა არ დაიკვირვება, ვინაიდან დაბალი წნევის ღართან დაკავშირებული ატმოსფერული ფრონტალური ზონის ზემოქმედება საქართველოს ტერიტორიაზე ჯერ არ აღინიშნება. მაგრამ პროცესი ისე სწრაფად განვითარდა, რომ 9 ოქტომბრის შუადღისათვის შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი და მთლიანად, დასავლეთ საქართველო აღმოჩნდა მაღალი ატმოსფერული წნევის თხემის ზემოქმედების არეში, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ ატმოსფერული ფრონტი უკვე შემოვიდა საქართველოს ტერიტორიაზე. აღნიშნული ცირკულაციური სიტუაცია აღექვატურადაა ასახული მოდელის მიხედვით გამოთვლილ მიწისპირა ბარიული ველის პროგნოზულ რუკაზე (ნახ. 2) 2008 წლის 9 ოქტომბრის შუადღისათვის (12სთ, გრინვიჩი). როგორც რუკიდან ჩანს, ატმოსფერული წნევის ყველაზე ინტენსიური ზრდა (1016-დან 1022 ჰჰა-მდე) 9 ოქტომბრის შუადღისათვის მოსალოდნელი იყო აჭარის ტერიტორიაზე.



GRADS: OOLA/IGES 2008-10-13-11:17

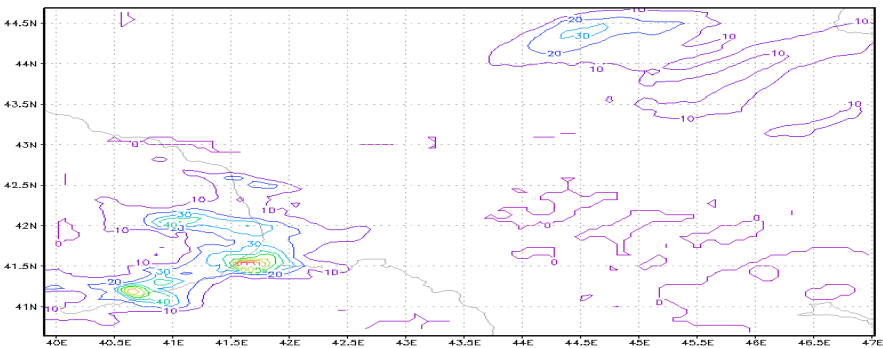


GRADS: OOLA/IGES 2008-10-13-11:17

ნახაზი 1. მოდელის საპროგნოზო ძირითადი არისათვის 15 კმ-იანი გარჩევისუნარობით პროგნოზირებული მიწისპირა ბარიული ველი 2008წ. 9 ოქტომბერი (00სთ, გრინვიჩი).

ნახაზი 2. პროგნოზირებული მიწისპირა ბარიული ველი მოდელის საპროგნოზო ძირითადი არისათვის 15 კმ-იანი გარჩევისუნარობით 2008წ. 9 ოქტომბერი (12სთ, გრინვიჩი).

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია მოდელის მიხედვით გამოთვლილი ნალექების პროგნოზული რუკა 2008 წლის 9 ოქტომბრის შუადღისათვის (2-way nesting მეთოდით). საყურადღებოა, რომ პროგნოზულ რუკაზე ნალექების სამი ძირითადი კერა აღინიშნება, რომლებიც მდებარეობენ აჭარისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე.



GRADS: OOLA/IGES

2008-10-13-11:44

ნახაზი 3. პროგნოზირებული ატმოსფერული ნალექების ჯამი, ძირითად საპროგნოზო არეში ჩადგმული ქვეარისათვის (2-way nesting) 5-კმ-იანი გარჩევისუნარიანობით 2008წ. 9 ოქტომბერი (12სთ, გრინვიჩი).

პირველი კერა (40 მმ) მდებარეობს ბათუმთან ახლოს ჩრდილო-დასავლეთით, მეორე კერა (90 მმ) უშუალოდ ბათუმთანაა, მესამე კერა (70 მმ) ასევე ბათუმთან ახლოს, მის სამხრეთ-დასავლეთითაა.

ამრიგად, ნალექების პროგნოზული რუკიდან ნათლად ჩანს, რომ აღნიშნული შემოჭრის დროს ძლიერი ნალექების მოსვლა მოსალოდნელი იყო მხოლოდ აჭარასა და მიმდებარე ტერიტორიაზე, რაც შეეხება ნალექების მოსვლის რეალურ სურათს, ინფორმაცია ამის შესახებ მოცემულია ცხრილში. მასში წარმოდგენილია საქართველოში მოქმედი იმ ოპერატიული მეტეოსადგურების ჩამონათვალი, რომლებზეც 2008 წლის 9 ოქტომბერს დღისით მოვიდა ნალექი.

წარმოდგენილი მასალებიდან გამომდინარეობს, რომ მთლიანობაში, საქმე გვაქვს პროგნოზული და ფაქტიური ნალექების ველების ერთმანეთთან კარგ დამთხვევასთან. მაგალითად, ბათუმში მოვიდა 72 მმ, პროგნოზის მიხედვით კი მოსალოდნელი იყო 90 მმ-ის მოსვლა. ხულოში დაფიქსირდა 3 მმ, მოსალოდნელი კი იყო 10 მმ. საქართველოს სხვა ადგილებში მნიშვნელოვანი რაოდენობის ნალექების მოსვლა არ აღნიშნულა და არც მოდელის მიხედვით შედგენილი პროგნოზით იყო მოსალოდნელი.

2008 წლის 9 ოქტომბერს დღისით მეტეოსადგურებზე დაფიქსირებული ნალექი

მეტეოსადგური	ნალექები (მმ)	მეტეოსადგური	ნალექები (მმ)
ბათუმი	72	ამბროლაური	1
ქობულეთი	20	შოვი	4
ხულო	3	ახალციხე	01
ბახმარო	15	ხაშური	3
ფოთი	7	გორი	-
ზუგდიდი	15	თიანეთი	-
ქუთაისი	2	ფასანაური	-
ზესტაფონი	1	სტეფანწმიდა	-
საჩხერე	2	თბილისი (ვაშლ)	-
მთა-საბუეთი	4	თბილისი (აეროპ.)	01

განხილულ მაგალითზე კარგად გამოჩნდა ნალექების საპროგნოზო მოდელის ძლიერი მხარე, თუმცა ისიც უნდა ითქვას, რომ მოდელის ცალკეულ ვარიანტებს შორის (1-way და 2-way nesting) აღინიშნა საკმაო განსხვავებებიც, ძირითადად, კერების შიგნით ნალექების აბსოლუტურ მნიშვნელობებს შორის. ამიტომ, შემდგომში მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, რომ ასევე განხილული იქნას პროგნოზირების ე.წ. ანსამბლური მიდგომა.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (სსეფ) ფინანსური მხარდაჭერით, გრანტი № GNSF/ST07/5-211.

#### ლიტერატურა-ЛИТЕРАТУРА-REFERENCES

1. J. Dudhia, 1989: Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model, J. Atmos. Sci., 46, 3077–3107.

2. A.Hollingsworthand, P. Lonnberg, 1986: The Statistical Structure Of Short-Range Forecast Errors As Determined From Radiosonde Data. Part I: The Wind Field. Tellus, 38A, 111–136.
3. G.Thompson, R. M. Rasmussen, and K. Manning, 2004: Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part I: Description and sensitivity analysis. Mon. Wea. Rev., 132, 519–542.
4. T. Diomedel, S.Davolivo, C. Marsigli, M.M Miglietta. 2005, Lam Multi-Model Precipitation Forecasts Driving Discharge prediction. Water Recourses Research.35 (9): 2739-2750.

შპს 551.515.14

**ექსტრემალური ნალექების მოკლევადიანი რიცხვითი პროგნოზი საქართველოს/კუტალაძე ნ., მეგრელიძე ლ., მიკუჩაძე გ., ჩოგოვაძე ი., დავითაშვილი თ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 272-278.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

განხორციელებულია გლობალური მოდელის (GFS) ამოხსნის შედეგების გადათვლა შემოსახდურული არისათვის ადგილო-ბრივი ფიზიკო-გეოგრაფიული მეზო და მიკრომასშტაბური პარამეტრების გათვალისწინებით, რაც გაუმჯობესებულია ქვეარის ჩადგმის უკუკავშირის (2-way nesting) მეთოდით. ამ უკანასკნელის გამოყენებით მიღებულია ნალექების პროგნოზული და ფაქტიური ველების კარგი თანხვედრა.

UDC 551.515.14

**SHORT-RANGE NUMERICAL PREDICTION OF EXTREME PRECIPITATION FOR GEORGIA./Kutaladze N., Megrelidze I., Mikuchadze G., Chogovadze I., Davitashvili T./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 272-278. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

Run of local area model with boundary conditions from the global model (GFS), was implemented taking into account local Physical-Geographical and meso and micro scale parameters. These results were improved by 2-way nesting method into parent domain. In the example total surface precipitation forecast, received by mentioned method and it's observed fields are in close agreement.

УДК 551.515.14

**Краткосрочный Численный Прогноз Экстремальных Осадков Для Грузии./Киталадзе Н.Б., Мегрелидзе Л.Д., Микучадзе Г.А., Чоговадзе И.В., Давиташвили Т.П. /Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 272-278. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

Был осуществлен вычисление спомощю модели ограниченной области с граничными условиями от глобальной модели (GFS), принимая во внимание местные физическо-географические и мезо и микро масштабные параметры. Эти результаты были улучшены методом вставления ограниченной области в главную область. В примере, поля осадков прогнозируемые выше упомянутым методом и наблюдениями находятся в близком соглашении.

*Амиранашвили А.Г.<sup>1</sup>, Варзанаშвили О.Ш.<sup>1</sup>, Нодия А.Г.<sup>1</sup>,  
Церетели Н.С.<sup>1</sup>, Мкурналидзе И.П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт геофизики им. М. Нодия, Грузия*

<sup>2</sup>*Институт гидрометеорологии, Грузия*

УДК 551.594(063)

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ В ГРУЗИИ**

### **Введение**

Грузия является одним из грозоопасных регионов мира. В связи с указанным исследованием этих процессов здесь всегда были актуальны и им уделялось и уделяется повышенное внимание. Изучение гроз в Грузии имеет многовековую историю [9]. Регулярные же метеорологические наблюдения за этими атмосферными явлениями проводятся уже более 100 лет [6,8,11].

Негативные последствия гроз часто связаны с повреждением зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, различных электро-коммуникаций, газо и нефтепроводов, гибелью животных и людей и др. [2-5и др.]. По данным [3] среднее число смертей в год из-за аномалий погоды в США примерно 1500, том числе из-за молний – 175. Ежегодный экономический ущерб в США из-за молний в среднем доходит до 1 млрд долларов.

В Грузии, к сожалению, статистика негативных последствий гроз в соответствие с подобными работами в развитых странах практически не ведется. По этому вопросу имеются лишь разрозненные данные энергетических компаний, средств массовой информации и др., и при этом, зачастую, без оценки экономического ущерба.

В качестве примеров можно указать, что по данным Государственной Электросистемы Грузии в период с 2001 по 2006 гг из за гроз было 6 крупных аварий на высоковольтных линиях электропередач. В конце июня 2007 г. от удара молнии загорелось двухэтажное кафе-бунгало на Приморском бульваре в Батуми. Сооруженный из бамбука и покрытый соломой стилизованный зал сгорел дотла. К счастью обошлось без жертв. В конце июля того же года около десяти участников праздничного застолья в селе Череве Гурджанского района Грузии получили ранения и травмы в результате удара молнии. По словам очевидцев события, в результате удара молнии несколько участников застолья потеряли сознание, шесть человек были переброшены с одного конца стола на другой. Все пострадавшие были доставлены в больницу, где им оказали медицинскую и психологическую помощь.

В ранних исследованиях основное внимание уделялось климатологии гроз, в связи с чем происходило изучение этого явления в различных климатических районах Грузии [1,6-8,11,14 и др.]. При этом, главным образом, использовалась база данных до 1990 г. В предлагаемой работе с использованием всего имеющегося материала рассмотрены характеристики грозо-

вой деятельности как для всей территории Грузии в целом, так и для ее отдельных административных регионов (12 краев).

### **Методика**

Методы и приборы для исследования гроз условно можно разделить на две большие группы. 1 – исследование грозовой деятельности вообще, 2 – исследование отдельных грозовых разрядов. К первой группе относится давно используемый на сети гидрометеорологических станций визуально-слуховой метод обнаружения гроз. При этом, относительно надежно число дней с грозами и продолжительность гроз на метеостанциях регистрируется в радиусе 15 км. Причем близкие грозы, когда наблюдатель видит вспышку молнии и слышит гром, регистрируются в радиусе 10 км. Данные визуально-слуховых наблюдений за грозами широко используются в климатологии гроз, особенно для решения задач, связанных с исследованием их долговременных вариаций, практических работах по грозозащите различных инженерных сооружений и др. [5].

Установлено, что для данной местности продолжительность гроз и число грозовых разрядов связаны линейной зависимостью [5,13 и др.]. Поэтому, проводя в этой местности одновременно визуально-слуховые и инструментальные (например, регистрацию числа разрядов молний) исследования гроз, можно с достаточной надежностью реконструировать картину грозовой деятельности в данной местности также для периодов, когда инструментальные наблюдений не проводились. Исходя из вышеизложенного этот метод регистрации гроз не потерял актуальность и в наше время.

В работе использованы данные Гидрометеорологической службы Грузии визуально-слуховых наблюдений за грозами на 148 метеорологических станциях Грузии в период с 1891 г. по 2006 г. В качестве основного исследуемого параметра используется среднее число дней с грозами в год (ЧДГ) для всего периода наблюдений на каждой метеорологической станции. Используется также такая характеристика, как периодичность гроз ( $\Pi$ ), равная обратной величине среднегодового количества гроз, и являющейся временным интервалом, в течение которого бывает один день с грозой (в нашем случае этот временной интервал кратен году).

Обработка данных производилась с использованием стандартных статистических методов [10]. Статистическая обеспеченность для среднего числа дней с грозой в год проверялась наличием высокой корреляционной связи между ЧДГ и стандартным отклонением [12]. Для условий Грузии минимально приемлемым периодом наблюдений оказалось 10 лет. Таким образом период наблюдений для каждой метеостанции находится в пределах от 10 до 108 лет.

В качестве иллюстрации на рис. 1 представлен график корреляционной связи между ЧДГ и стандартным отклонением.



Рис. 1. Линейное корреляционное и регрессионное соотношение между средним значением ЧДГ и стандартным отклонением

Как следует из рис. 1 между указанными выше параметрами имеется достаточно высокая линейная корреляционная зависимость (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,41$  с достоверностью  $\alpha$  не хуже  $0,001$ ). Коэффициенты уравнения линейной регрессии также представлены в нижней правой части рис.1. Следует отметить, что в соответствии с этим уравнением можно проводить примерную оценку стандартного отклонения ЧДГ, взятого из справочников, если там не указано его значения.

Оценка среднегодового числа ударов молний на  $1 \text{ км}^2$  поверхности земли (удельная плотность ударов молнии на землю) производилась в соответствии с [13] по формуле:

$$N_g = 0,04 \cdot (\text{ЧДГ})^{1,25}$$

Следует учесть, что данная формула получена для равнинной местности, и в условиях горной Грузии она дает несколько заниженные значения  $N_g$  [1]. Тем не менее информация о числе разрядов на землю полезна для оценки степени грозоопасности различных объектов народного хозяйства хотя бы в предлагаемом приближении.

Отметим, что в дальнейшем размерности  $\Pi$  и  $N_g$  для простоты изложения опущены.

## Результаты

Результаты исследования представлены на рис. 2 и в таблице.

Как следует из рис. 2 распределение грозовой активности над территорией Грузии имеет достаточно неравномерный характер. Ниже приведен перечень метеостанций, на которых наблюдается периодичность гроз в

соответствие с градациями, указанными на рис. 2, а также соответствующие им значения  $N_g$ .

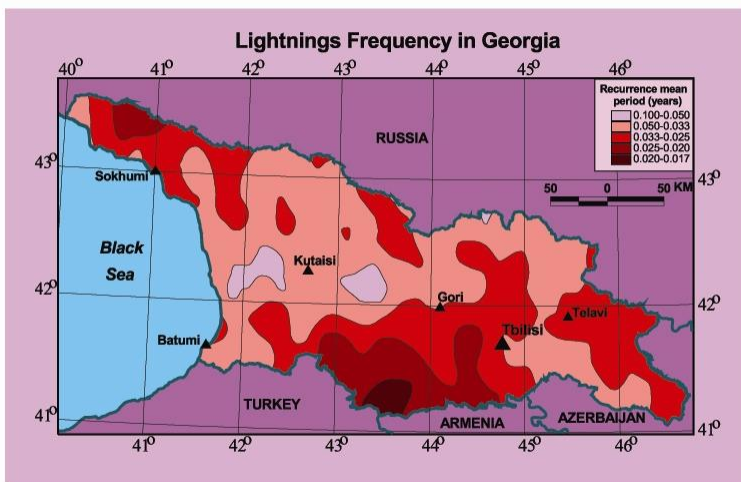


Рис. 2. Распределение среднегодовой периодичности гроз на территории Грузии

Таблица Характеристики грозовой активности в различных регионах Грузии

Регион (край)	Площадь км <sup>2</sup>	К-во станций	Высота мин	Высота макс	П сред макс	П сред мин	$N_g$ 95% нижних	$N_g$ 95% верхних
Абхазия	8725	19	4	1644	0,038	0,019	2,0	6,2
Самегрело-Земо Сванети	7520	16	1	1491	0,059	0,026	1,1	4,2
Гурия	2057	9	7	1926	0,051	0,030	1,3	3,6
Аджария	2900	9	2	946	0,048	0,023	1,6	4,8
Рача-Лечхуми	5073	11	474	2854	0,045	0,024	1,7	4,7
Имерети	6515	17	28	1242	0,056	0,024	1,3	4,8
Месхети	6438	12	790	2112	0,030	0,017	3,0	7,0
Мцхета-Мтианети	6782	15	550	3653	0,051	0,023	1,4	4,9
Шида Картли	4705	9	607	2240	0,041	0,025	1,9	4,5
Квемо Картли	6446	10	300	1458	0,038	0,018	1,7	6,7
Кахети	11309	17	223	1870	0,057	0,021	1,2	5,4
Тбилиси	335	4	403	766	0,034	0,028	2,4	3,7



П - (0,1-0,050),  $N_g$  - (0,7-1,7): Ахути, Ацана, , Казбеги в/г, Мартвили, Орпири, Удабно;

П - (0,050-0,033),  $N_g$  - (0,71-2,8): Анаклия, Ахалгори, Бурсачили, Вани, Дагва, Дарьял, Диди Чкони, Земо Хета, Казбеги, Кведа Дими, Кеда, Коби, Коджори, Корбоули, Корулдаши, Лаилаши, Ланчхути, Лата, Лентехи, Леселидзе, Мамисонский перевал, Марнеули, Мта Сабуети, Мухури, Набеглави, Новый Афон, Они, Очхамури, Рока, Рустави, Саирме, Сакара, Самгори, Самтрედия, Сачхере, Сенаки, Синатле, Супса, Сурами, Ткибули, Урави, Хаиши, Харагаули, Хета, Хони, Ципа, Цхалтубо, Цхинвали, Шрома;

П - (0,033-0,025),  $N_g$  - (2,81 - 4,0): Адзубга, Адигени, Амбролаури, Анасеули, Ахмета, Барисахо, Батуми, Бахмаро, Бичвинга, Боржоми, Вакиджвари, Джава, Джгарди, Джиханджири, Джоколо, Гагра (город), Гагра (хребет), Гали, Гардабани, Гомбори, Гори, Гурджаани, Дабла Цихе, Дедоплис Цкаро, Зегаани, Зугдиди, Икалто, Карсани, Кварели, Квезани, Кодори, Крестовый перевал, Кутаиси, Лебарде, Махинджаури, Местия, Напареули, Наразени, Ормоци, Омало, Очамчире, Пасанаури, Поты, Тбилиси, Тианети, Сагареджо, Сигнахи, Сиони, Скра, Сухуми, Хашури, Хуло, Цаленджиха, Цалка, Цнори, Чребало, Шираки, Шови, Шулавери, Эрмани;

П - (0,025-0,020),  $N_g$  - (4,01-5,3): Абастумани, Ажара, Аспиндза, Бабушера, Бакуриани, Болниси, Гудаури, Диди Вани, Дманиси, Дурипши, Душети, Ефремовка, Лагодехи, Мухрани, Телави, Тетри Цкаро, Цагери, Цеми, Чаква;

П - (0,020-0,017),  $N_g$  - (5,31 - 6,5): Ахалкалаки, Ахалцихе, Карцахи, Манглиси, Ниноцминда, Паравани, Псху.

В таблице представлены данные о диапазоне изменения средних значений периодичности гроз, а также пределах изменения нижнего и верхнего уровня 95%-го доверительного интервала среднегодового количества разрядов на землю для различных регионов Грузии. В этой же таблице представлена информация о площади территории регионов, количестве метеостанций в каждом регионе и диапазоне высот расположения этих метеостанций.

Как следует из этой таблицы с соответствие со значениями верхнего уровня 95%-го доверительного интервала для  $N_g$  наиболее высокие значения грозоопасности в отдельных местах регионов Грузии отмечаются в Абхазии, Квемо Картли, Кахети и Месхети ( $N_g$  больше 5,3).

Наконец отметим, что зависимость грозовой активности от высоты местности в целом для территории Грузии положительная, но слабая. Коэффициент линейной корреляции  $R$  между высотой и ЧДГ значимый и составляет 0,28 с достоверностью  $\alpha$  не хуже 0,001. Уравнение линейной регрессии связи среднегодового числа дней с грозами и высоты местности  $H$  над уровнем моря имеет вид ( в  $H$  м):

$$\text{ЧДГ} = 0,0038 \cdot H + 31,3$$

Соответственно слабая положительная корреляция между  $N_g$  и  $H$  ( $R = 0,29$  с  $\alpha$  не хуже 0,001). Связь между  $N_g$  и  $H$  описывается уравнением:

$$N_g = 0,00047 \cdot H + 2,98$$

## Заклучение

В результате анализа данных 148 метеорологических станций Грузии о числе дней с грозами в период с 1891 г. по 2006 г. получены значения среднего числа дней с грозами в год для каждой метеостанции, построена карта распределения периодичности среднегодовой величины количества гроз над территорией Грузии, оценены значения числа молниевых разрядов на землю как для каждой метеостанции, так и для 12 административных регионов Грузии, изучена зависимость грозовой активности от высоты местности.

В дальнейшем следует провести уточнение полученных результатов о плотности разрядов на землю, которые на данном этапе исследования являются предварительными, так как в этих оценках не была предусмотрена продолжительность гроз. Следует также отметить необходимость приобретения современной грозорегистрирующей аппаратуры, которая позволила бы определить связи имеющихся многолетних данных визуально-слуховых наблюдений за грозами с электрическими параметрами гроз (частоты внутриоблачных и наземных молниевых разрядов и др.).

Работа выполнена при поддержке гранта GNSF/ST06/5-068.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Amiranashvili A, Amiranashvili V., Bibilashvili T., Chumberidze Z., Gzirishvili T., Doreuli R., Nodia A., Khorguani F., Kolesnikov Yu., 2000, Distribution of Convective Clouds and Lightning Discharges of the Earth Surface in Kakheti Region of Georgia, Proc.13th Int.Conf. on Clouds and Precipitation, Reno, Nevada, USA, August 14-18, vol.2, pp. 1050-1052.
2. Holle R.H., Lopes R.E., Arnold L.J., Endres J, 1996, Insured Lightning-Caused Property Damage in three Western States, J. Appl. Meteor., vol 35, No 8, August, pp. 1344-1351.
3. Kunkel K.E., Pielke R.A.Jr., Changnon S.A., 1999, Temporal Fluctuations in Weather and Climate Extremes that Cause Economic and Human Health Impacts: A Review, Bull. of the American Meteorological Soc., vol. 80, N 6.
4. Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Твидлиани Д.Д., Члаидзе Т.И., Маглакелидзе М.А., 1986, Моделирование влияния электрического поля гроз на сердце, Третий Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Тарту, 29-31 октября, тезисы докл., Тарту, с. 290.
5. Базелян Э.М., Горин Б.Н., Левитов В.И., 1978, Физические и инженерные основы молниезащиты, Л.: Гидрометеиздат, 223 с.
6. Балабуев А.Г., 1939, Грозы Закавказья, Тр. Тбил. Геоф. Ин-та, т.4.
7. Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П., Амиранашвили А.Г., 2004, Исследование пространственно-временных изменений числа дней с грозой на территории Грузии, Сб. статей, Вопросы физики облаков, Облака, осадки и грозное электричество, ГГО им. А.И.Воейкова, Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, с. 155-168.
8. Гуния С.У., 1960, Грозовые процессы в условиях Закавказья, Л.: Гидрометеиздат, с.1-123.

9. Давитая Ф.Ф., Таварткиладзе К.А., 1982, Проблема борьбы с градобитием, морозами в субтропиках и некоторыми другими стихийными процессами, Тбилиси: Мецниереба, 220 с.
10. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я., 1978, Климатологическая обработка метеорологической информации, Л.: Гидрометеиздат, 296 с.
11. Курдиани И.Г., 1935, О грозах и градобитиях в Кахетии, Тбилиси, Груз. геогр. общ.
12. Лободин Т.В., Разова Е.Н., 1989, Грозы и град в различных физико-географических условиях, Тр. ГГО, вып. 514, Л.: Гидрометеиздат, с.134-139.
13. МЭК 61024-1, 1990, Защита объектов от молнии. Часть 1. Общие принципы.
14. Элизбарашвили Э.Ш., Гонгладзе Н.Ш., Власова С.В., Алборова Б.Г., Попов А.А., 1983, О грозовой деятельности в Восточной Грузии, Изв. АН СССР, сер. Геогр., No 1, с.104-110.

შპს 551.594(063)

**საქართველოში ელჭექის აქტივობის მახასიათებლები.** /ამირანაშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ნოდია ა., წერეთელი ნ., მკურნალიძე ი./ ჰმის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 279-285.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

აგებულ იქნა წელიწადში ელჭექიანი დღეების საშუალო განმეორებადობის საქართველოს ტერიტორიაზე განაწილების რუკა. განხორციელდა დედამიწაზე ელვების განმუხტვის სიმკვრივის შეფასება ყველა მეტეოსადგურისა და საქართველოს 12 ადმინისტრაციული რეგიონისათვის. შესწავლილ იქნა ელჭექების აქტივობის დამოკიდებულება ადგილის სიმაღლეზე.

UDC 551.594(063)

**CHARACTERISTICS OF THUNDERSTORM ACTIVITY IN GEORGIA.** /Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Mkurnalidze I./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 279-285. - Russ .; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The map of the distribution of mean periodicity of the number of days with the thunderstorms per annum above the territory of Georgia is obtained. The estimation of values of the density of lightning discharges to the earth for each meteorological station and for 12 administrative regions of Georgia is carried out. The dependence of thunderstorm activity on the height of locality is studied.

УДК 551.594(063)

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ В ГРУЗИИ.** /Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Мкурналидзе И.П./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 279-285. – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Построена карта распределения средней периодичности числа дней с грозами в год над территорией Грузии. Проведена оценка значений плотности молниевых разрядов на землю для каждой метеостанции и для 12 административных регионов Грузии. Изучена зависимость грозовой активности от высоты местности.

*А.Г.Амиранашвили, Т.Г.Блиадзе, В.А.Чихладзе*  
*Институт геофизики им. М. Нодиа, Грузия*

УДК 502.573

## **ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА В ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ БОРЖОМИ-ХАРАГАУЛИ В АВГУСТЕ 2008 ГОДА**

### **Введение**

Воздействие лесных пожаров на окружающую среду и человека обуславливает экономические, экологические и социальные ущербы. По масштабу воздействия последствия лесных пожаров можно определить как локальные и глобальные, а по характеру влияния на эффективность деятельности человека - как прямые и косвенные. К прямому ущербу относятся выраженные в стоимостной форме затраты, потери и убытки, обусловленные именно лесным пожаром в данное время и в данном конкретном месте, а к косвенному - потери и убытки, обусловленные вторичными эффектами (например, заболевания вследствие действия задымленности, ухудшение экономических показателей в будущем). Косвенный ущерб, в отличие от прямого, может проявляться через длительный отрезок времени. Подобное структурирование достаточно условно, так как все последствия взаимосвязаны и взаимообусловлены, что усложняет получение адекватных оценок ущерба от лесного пожара в целом.

#### **Экономические последствия.**

Потери древесины, в т.ч. повреждение молодняков, ресурсов побочного лесопользования.

Расходы на тушение, расчистку горельников и другие восстановительные работы.

Убытки других отраслей: прекращение авиа, ж. д. автоперевозок, судоходства и др.

#### **Экологические последствия.**

Загрязнение продуктами горения воздушной среды, водной среды, почв. Уничтожение кислорода. Тепловое загрязнение. Массовый выброс парниковых газов.

Изменение микроклимата. Задымление и загазованность атмосферы. Гибель животных и растений. Снижение биоразнообразия.

#### **Социальные последствия.**

Гибель и травматизм людей, непосредственно в зоне пожара.

Ухудшение психофизиологических показателей населения: физических, эмоциональных, интеллектуальных, репродуктивных, наследственности.

Рост заболеваемости населения. Уменьшение продолжительности жизни. Изменение качества окружающей среды, качества жизни, эффективности деятельности населения, увеличение экономических рисков [1, 5-7].

Пожар в лесах Боржомского района возник 15 августа 2008 года во время военного конфликта с Россией. По словам очевидцев пожар возник одновременно в нескольких местах после пролета на низкой высоте над лесом Российских военных вертолетов.

29 августа 2008 года была создана Государственная комиссия, в обязанности которой, в частности, входило проведение оценки ущерба от лесного пожара в природном заповеднике Боржоми-Харагаули. В состав этой комиссии был включен представитель Института геофизики им. М.Нодия (один из авторов данной работы А.Амиранашвили). Комиссия в течение сентября-октября 2008 года несколько раз выезжала на место происшествия для проведения соответствующих мероприятий.

В данной работе представлены предварительные результаты оценок предполагаемых экологических последствий указанной техногенной катастрофы. В работе использованы материалы, опубликованные на сайте Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Грузии [4].

### **Методика**

На данном этапе методика исследования включала в себя визуальный осмотр места пожара, проведение фотосъемок, опрос населения и др.

Кроме этого в Институте геофизики им. М. Нодия в оперативном порядке, на базе существующей аппаратуры, был создан носимый комплекс измерительных приборов, который в сложных, недоступных для какого – либо транспорта условиях горной местности, позволяет проводить группе из трех человек измерения следующих параметров: температуры воздуха и почвы, скорости и направления ветра, относительной влажности, концентрации легких ионов, содержания аэрозолей, характеристик солнечной радиации, гамма-радиационного фона.

### **Результаты**

Пожар, возникший 15 августа в лесах Боржомского района на территориях, прилегающих к селу Цагвери, причинил существенный ущерб значительной части указанного региона. Вследствие стечения ряда неблагоприятных обстоятельств (военное положение, сложный рельеф и другие обстоятельства, вследствие чего было значительно затруднено проведение противопожарных мероприятий), огонь быстро распространился вдоль правого берега реки Гуджарула (Гуджаретис Цкали) от территории, прилегающей к селу Цагвери, в направлении г. Боржоми и охватил значительную часть открытой лесом территории.

Несмотря на проведение ряда мероприятий для противодействия стихии, согласно предварительным данным, ареал распространения пожара составил примерно 950 гектаров. По визуальным наблюдениям, полностью уничто-

жено 250 гектаров лесного массива, где жизненную функцию потеряло примерно 150000 кубометров стоящего леса; на 700 гектарах территории лес уничтожен на 70%, при этом потери стоящего леса, у которого прекратились жизненные функции, составляют 140000 кубометров. Вследствие пожара растительный покров потерял экологическую функцию и материальную стоимость. Фактически были уничтожены эндемические и реликтовые для Кавказа лесные массивы, в том числе нетронутые участки леса, что представляет редчайшие случаи для некоторых поясов и придаёт лесам большую биологическую и экологическую стоимость.

Масштабы пожара графически представлены на прилагаемой карте – схеме. Темным полем показаны поврежденные на 100% территории лесного массива, более светлым полем – поврежденные на 70%. На фото 1 представлено одно из мест пожара.

Вместе с лесом, подлеском и травяным покровом, которые представлены эндемическими и реликтовыми видами, уничтожен гумусовый слой почвы, уничтожен продуктивный слой почвы, для восстановления которых требуются столетия. Уничтожены микроорганизмы и бактерии, обязательные для регенерации почвы, полностью нарушен биогеоценоз.

Изменились физико-механические и химико-биологические свойства почвы, что в свою очередь вызовет усиление жидкого поверхностного стока, смыв почвы и образование оврагов. Вследствие этого возникнут особо благоприятные условия для активизации природных стихийных явлений – формирования склоновых эрозионных процессов, селей, паводков, лавин. Вместе с этим создалась опасность полного нарушения регулирования режима подземных вод, что возможно может вызвать потерю источников пресной воды, жизненно необходимой для населения.

Результат всего вышесказанного может быть довольно тяжёлым. Существенно нарушится уникальный рекреационно-микrokлиматический режим курортной зоны, который в первую очередь проявляется в изменении элементов климата (температура воздуха, влажность, скорость ветра и т.п.), т.к. лес является одним из факторов формирования климата.

Существует реальная опасность появления в регионе экомигрантов, что ещё более усугубит и так тяжёлое с этой точки зрения положение, существующее в Грузии.

Существенный урон нанесён и фауне. На территории пожара насчитывалось большое число видов животных, в том числе и внесённых в Красную книгу. Важно отметить, что кроме прямого ущерба, причинённого пожаром животному миру (гибель животных в результате пожара), не меньшую опасность представляет и потеря ими среды обитания.

С учётом вышесказанного, в долгосрочной перспективе, причинённый природе биоэкологический ущерб будет значительно большим.

Воздействие пожара распространилось и на заповедные территории Боржоми-Харагаульского национального парка, где было зафиксировано 4 очага

возгораний. Боржоми-Харагаульского национальный парк является первой заповедной территорией на Кавказе, которая создана согласно международным критериям. Таким образом, парк, кроме высокой консервационной стоимости, имеет также и модельное природоохранное значение, что удостоверяется сертификатом PAN Parks.

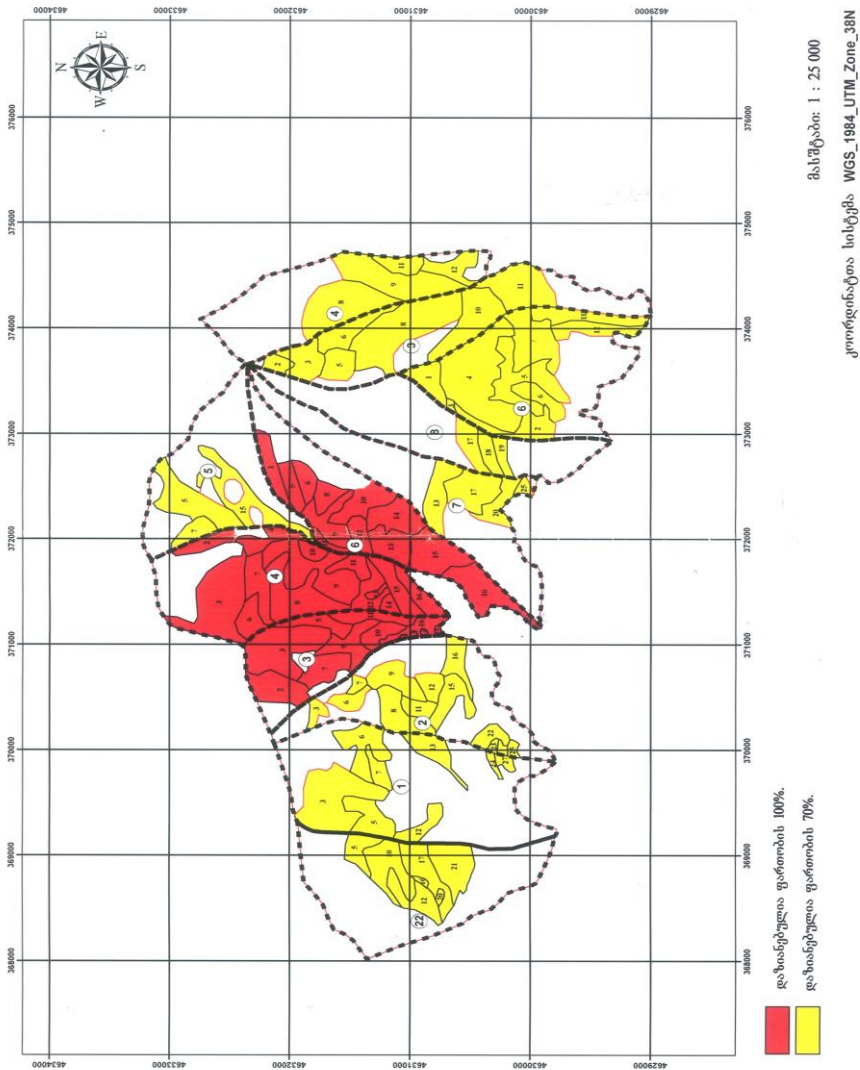




Фото 1

По предварительным данным, ущерб, причинённый природе, оценивается примерно в миллиард евро.

Воздействия пожара в Боржоми-Харагаульском лесном массиве на окружающую среду может иметь краткосрочные и долгосрочные экологические эффекты. К краткосрочным эффектам, например, можно отнести выделение в процессе горения вредных химических веществ, резкое уменьшение в воздухе содержания кислорода, резкое возрастание выбросов в атмосферу парниковых газов и других малых составляющих атмосферы (окиси и двуокиси углерода, метана, окислов азота, сажи, пепла и др.).

Так например, в соответствии с [3], во время указанного пожара в Боржомском районе могло выделиться до 6,5 тыс. тонн углекислого газа и поглотиться до 16 тыс. тонн кислорода. 0,4 тонны кислорода достаточно человеку для дыхания в течение года [2]. Таким образом, пожар в Боржоми-Харагаульском лесном массиве лишил дыхания в течение года 40000 человек. Количество кислорода, необходимого для жизни человека в течение года, вырабатывает 0,3 га леса. Соответственно, уменьшение поступления кислорода в районе пожара в течение длительного периода (несколько лет, а может быть и десятилетий) эквивалентно лишению жизни 2500 человек еже-



годно. Стоимость 1 тонны атмосферного кислорода, при так называемой торговле парниковыми газами, составляет около 14 долларов США [2]. Поэтому ежегодные экономические потери только по этому показателю эквивалентны примерно 14000 долларов США.

Долговременные экологические эффекты могут проявиться в нарушении экологического равновесия важной курортной зоны, ее микроклиматических и биоклиматических особенностей, которые существенно проявляются в таких климатических характеристиках, как температура и влажность воздуха; скорость и направление ветра; режим осадков; содержание легких ионов, как важного показателя качества воздуха; концентрация приземного озона, как одного из существенных показателей уровня загрязненности атмосферы; аэрозоли (весовая и счетная концентрация); параметры солнечной радиации (прямая, суммарная, альbedo и др.).

Боржомский лесной пожар уничтожил естественный природный фильтр по очищению воздуха от атмосферной пыли и сгоревшая территория леса сама превратилась в зону с аномальным источником аэрозольного загрязнения окружающей среды.

Нарушение поверхностного слоя лесного массива, изменение аэрозольного состояния атмосферы, нарушение сложившегося столетиями радиационного режима в районе пожара, может привести к изменению таких явлений (преимущественно в направлении усиления), как грозы, град, осадки, туманы, оползни, лавины и др.

Ожидается также изменение биоклиматических показателей (эффективная температура воздуха, климатический индекс туризма и др.), которые связаны со здоровьем человека и имеют важнейшее значение для курортных зон, к которым относится практически весь Боржомский район. В результате пожара возможно ослабление рекреационных функций территории, прилегающей к поврежденной местности.

Предварительные исследования в зоне пожара в районе Даба и Цагвери (фото 2 – измерение гамма-радиации и концентрации легких ионов, фото 3 – измерения параметров солнечной радиации) показали, что качество воздуха в указанных местах сильно ухудшено (суммарное содержание положительных и отрицательных легких ионов находится в пределах  $300-1400 \text{ см}^{-3}$ , тогда как для данных условий должно быть  $2400-3000 \text{ см}^{-3}$ ).

Альbedo для мест, покрытых пеплом, было около 9%, тогда как над травянистой поверхностью, в нескольких десятках метров от указанного пункта измерения, альbedo составляло 21%. Соответственно температура покрытой пеплом почвы была  $32^\circ\text{C}$ , а под травянистым покровом -  $22^\circ\text{C}$ . Температура воздуха над покрытой пеплом почвой составляла  $19,5^\circ\text{C}$ , а над травянистым покровом –  $19,0^\circ\text{C}$ . Гамма-радиация была в пределах естественного фона.

Таким образом, в результате пожара на выгоревшей территории возможно образование множества локальных зон сильных температурных неоднородностей почвы, которые в комплексе с другими изменившимися харак-

теристиками атмосферы, могут существенно повлиять на микроклиматические особенности как поврежденной территории, так и прилегающей к пожару местности. Поэтому в дальнейшем необходимы детальные комплексные исследования указанных выше параметров для оценки масштабов влияния поврежденной зоны на окружающую территорию.



Фото 2



Фото 3

### **Заключение**

В результате лесного пожара в природном заповеднике Боржоми-Харагаули возможны существенные изменения микроклиматических и биоклиматических параметров территории пожарища и прилегающей местности, уменьшение их рекреационных возможностей.

В дальнейшем необходимы детальные комплексные исследования параметров, обуславливающих микроклиматические и биоклиматические свойства уникального природного заповедника, с целью оценки масштабов влияния поврежденной зоны на окружающую территорию и принятия необходимых мер по смягчению негативных последствий указанной техногенной катастрофы.

Работа выполнена при поддержке Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Грузии.

### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. [http://planetadisser.com/see/dis\\_38448.html](http://planetadisser.com/see/dis_38448.html)
2. [http://prom.ved.ru/mart.2001\\_01.shtml](http://prom.ved.ru/mart.2001_01.shtml)
3. [http://www.kgau.ru/distance/demo\\_res/pozar/01\\_01.html](http://www.kgau.ru/distance/demo_res/pozar/01_01.html)
4. <http://www.moe.gov.ge>
5. Shvidenko A., Nilsson S., 2000, Extent, distribution, and ecological role of fire in Russian forests. In: Fire, climate change, and carbon cycling in the boreal forests (E. S. Kasischke, and B. J. Stocks, eds.), 132-150. Ecological Studies 138, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 461 pp.

6. Острошенко В.В., 2006, Лесные пожары на севере Дальнего Востока и их последствия, Материалы междунар. конф. по лесным пожарам в Северо-Восточной Азии, 20-28 сентября 2006, Хабаровск, с. 80 - 89.
7. Софронов М.А., Гольдаммер Й.Г., Волокитина А.В., Софронова Т.М., 2005, Пожарная опасность в природных условиях, Институт леса СО РАН, Красноярск, 322 с.

შაკ 502.573

**2008 წლის აგვისტოში ბორჯომ-ხარაგაულის ბუნებრივ ნაკრძალში ტყის ხანძრით მიყენებული საზარალო ეკოლოგიური შედეგები.** /ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ./ჰმის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 286-293.-ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

სავარაუდოთ, ბორჯომ-ხარაგაულის ბუნებრივ ნაკრძალში ტყის ხანძრის შედეგად როგორც ნახანძრალზე, ასევე მის მიმდებარე ტერიტორიაზე მოხდება მიკროკლიმატური და ბიოკლიმატური მახასიათებლების ცვლილება. დაზარალებული ზონის გავლენის მასშტაბის შესაფასებლად, ხსენებული ტექნოგენური კატასტროფის ნეგატიური შედეგების შესარბილებლად და საჭირო ზომების მისაღებად, აუცილებელია ამ მახასიათებლების დეტალური გამოკვლევა.

UDC 502.573

**ASSUMED ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF FOREST FIRE IN THE NATURAL PRESERVE OF BORZHOMI-KHARAGAULI DURING AUGUST 2008.** /Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 286-293. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

It is assumed that as a result of forest fire in the natural preserve of Borzhomi-Kharagauli, will occur a change in the microclimatic and bioclimatic characteristics both in the territory of fire and in the adjacent locality. It is necessary to conduct detailed comprehensive studies of these characteristics for the evaluation of the scales of influence of the damaged zone on the surrounding territory and adoption of the necessary measures for the softening of the negative consequences of this technogenic catastrophe.

УДК 502.573

**ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА В ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ БОРЖОМИ-ХАРАГАУЛИ В АВГУСТЕ 2008 ГОДА.** /Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Чихладзе В.А./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008.–т.115.–с.286-293.–Рус.;Рез. Груз., Англ.,Рус.

Предполагается, что в результате лесного пожара в природном заповеднике Боржომи-Харагаули, произойдет изменение микроклиматических и биоклиматических характеристик как на территории пожара, так и на прилегающей местности. Необходимы детальные комплексные исследования этих характеристик для оценки масштабов влияния поврежденной зоны на окружающую территорию и принятия необходимых мер по смягчению негативных последствий указанной техногенной катастрофы.

ო. შ. ვარაზანაშვილი<sup>1</sup>, ე. შ. ელიზბარაშვილი<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>მნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო  
<sup>2</sup>ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო

უაკ 551.59

## საშიში მეთეოროლოგიური მოვლენების სივრცობრივი სტრუქტურა საქართველოს ტერიტორიაზე

ნაშრომი წარმოადგენს საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული გრანტის “ბუნებრივი კატასტროფების მრავლობითი რისკის შემცირება-საქართველოს განვითარების პოზიტიური ფაქტორი”(2007-2009) ერთ-ერთ ეტაპს. აღნიშნულ სამეცნიერო გრანტში განიხილება ბუნებრივი კატასტროფები, დაწყებული მიწისძვრებით და დამთავრებული ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენებით. ჩვენი კვლევის სფეროში აღმოჩნდა ისეთი საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენები, როგორებიცაა გვალვა, წაყინვა, გრიგალური ქარი, მკვრივი ნისლი და ლიპყინული. იმისათვის, რომ გამოგვეყო ამ მოვლენებიდან ისეთები, რომლებიც კატასტროფულ ხასიათს ატარებენ შემუშავებული იყო შემდეგი კრიტერიუმები:

1. გვალვის შესაფასებლად გამოყენებულია გ.სელიანინოვის ჰიდროტერმული კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს ნალექების თვიური ჯამის შეფარდებას ამავე თვეში 10-ჯერ შემცირებულ ტემპერატურათა ჯამთან;
2. წაყინვები განხილულია უვინვო პერიოდის განმავლობაში, როდესაც ის ძალზე იშვიათი და განსაკუთრებით სახიფათოა;
3. გრიგალური ქარის კრიტერიუმად მიღებული იყო მისი სიჩქარე 30მ/წმ;
4. განიხილებოდა მკვრივი ნისლი, როდესაც მხედველობის არე ნაკლები იყო 50 მ-ზე;
5. ლიპყინული ხასიათდებოდა შემოყინულობის ნადებით.

კვლევაში გამოყენებული იყო საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის 50 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემთა ბაზა 1961-2006 წლების განმავლობაში. მონაცემთა ბაზების საფუძველზე თითოეული მოვლენისათვის შეიქმნა სპეციალური ფორმის კატალოგი. კატალოგები შეიცავს ინფორმაციას მოვლენის თარიღის, წარმოშობის დროის, ეპიცენტრის კოორდინატების, გეოფიზიკური მაგნიტუდის, მაქსიმალური ინტენსივობის, დაზიანების არეს, სტიქიური უბედურების მასშტაბების (ზარალი, დაღუპულთა რიცხვი) და სხვათა შესახებ.

საშიში მეტეორილოგიური მოვლენების მთელი სპექტრი დაყოფილი იყო ინტენსივობის მიხედვით, მოსალოდნელი დაზიანებებისა და შესაძლო ზარალის გათვალისწინებით. ინტენსივობათა ასეთი დაყოფის შედეგები მოტანილია ცხრილებში 1-5.

ცხრილი 1. გვალვის ინტენსივობა და შესაბამისი მოსალოდნელი დაზიანებები

ინტენსიობა (ბალი)	ჰიდროლოგიური კოეფიციენტი, K *	ეფექტი	შესაძლო დაზიანებებისა და ზარალის აღწერა
1	1.00-0,70	სუსტი	ხანმოკლე გვალვა: მარცვლეული კულტურების და ბალახეულის ზრდის შენელება; ხანძარსაშიშროება - საშუალოზე მაღალი
2	0,69-0,50	ზომიერი	მარცვლეული კულტურების ნათესებისა და სათიბების გარკვეული დაზიანება; მაღალი ხანძარსაშიშროება; წყლის დონეები მდინარეებში, წყალსაცავებში და ჭებში დაბალია; წყლის ნაკლებობა იწვევს ნაწილობრივ შეზღუდვებს მის მოხმარებაზე
3	0,49-0,30	მკაცრი	მოსავლისა და სათიბების დაკარგვა; ძალიან მაღალი ხანძარსაშიშროება; წყლის უკმარისობა; შეზღუდვები წყლის მოხმარებაზე
4	< 0,30	ზემკაცრი	მოსავლისა სათიბების სრული განადგურება; განსაკუთრებული ხანძარსაშიშროება; მდინარეებში, წყალსაცავებში და ჭებში წყლის ნაკლებობა, რაც ქმნის კრიტიკულ მდგომარეობას წყლით მომარაგებაში

\*  $K = \text{ნალექების თვიური ჯამი} \cdot 10 / \text{აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი};$   
აიღება აპრილი-სექტემბრის პერიოდში

ცხრილი 2. წყინვის ინტენსივობა და შესაბამისი მოსალოდნელი დაზიანებები

ინტენსიობა (ბალი)	მინიმალური ტემპერატურა წყინვო პერიოდის განმავლობაში (°C)	ეფექტი	შესაძლო დაზიანებებისა და ზარალის აღწერა
1	> -1.1	სუსტი	ზიანდება წყინვის მიმართ არამდგრადი სითბომოყვარული მცენარეები: ლობიო, ბრინჯი, ბამბა, წიწიბურა, სატაცური და სხვ.
2	-1.1 - -3,0	ზომიერი	ზიანდება წყინვის მიმართ ნაკლებად მდგრადი მცენარეები: მარცვლოვანი კულტურები, სიმინდი, კარტოფილი, სორგო და სხვ. ფერხდება ხორბლის აღმოცენების პროცესი.
3	-3.1 - -4,0	საშუალო	ზიანდება წყინვის მიმართ საშუალოდ მდგრადი მცენარეები: სოიო და სხვ.
4	-4.1 - -8.0	ძლიერი	ზიანდება წყინვის მიმართ მდგრადი მცენარეები: კულტურულ ხე-მცენარეთა დიდი ნაწილი, ზეთოვანი კულტურები, კანაფი და სხვ. ფერხდება ხორბლის ვეგეტაციური ზრდა
5	< -8.0	ძალიან ძლიერი	ზიანდება წყინვის მიმართ განსაკუთრებით მდგრადი მცენარეები: საადრეო საგაზაფხულო ხორბალი, მარცვლოვან-პარკოსანნი, საადრეო ზეთოვანი კულტურები, ქერი და სხვ.

ცხრილი 3. გრიგალური ქარის ინტენსივობა და შესაბამისი მოსალოდნელი დაზიანებები გრიგალური ქარების საფირ-სიმძსონის შკალა (ავტორები: ჰ. საფირი და ბ. სიმძსონი, 1969 წ.)

კატეგორიის ნომერი (ინტენსიობა, ბალი)	გრიგალური ქარის სიჩქარე (მ/წმ)	ეფექტი	შესაძლო დაზიანებებისა და ზარალის აღწერა
1	33-42	მინიმალური	ხეები და ბუჩქნარი დაზიანებულია, პირსების მცირე დაზიანება. ზოგიერთი პატარა გემი სადგომზე მოწყვეტილია ღუზიდან
2	43-49	ზომიერი	ხეებისა და ბუჩქნარის მნიშვნელოვანი დაზიანება, ზოგიერთი ხე წაქცეულია, აწობილი სახლები ძლიერ არის დაზიანებული. პირსებისა და იახტების ნავმისადგომების მნიშვნელოვანი დაზიანება, პატარა გემები სადგომზე მოწყვეტილია ღუზიდან
3	50-58	მნიშვნელოვანი	დიდი ხეები წაქცეულია, აწობილი სახლები დანგრეულია, კლკეულ პატარა სახლს დაზიანებული აქვს ფანჯრები, კარებები და სახურავი. სანაპიროს გასწვრივ ძლიერი წყალდიდობა; სანაპიროზე მდგარი პატარა სახლები დანგრეულია
4	59-69	ძალიან დიდი	ხეები, ბუჩქნარი და სარეკლმო ფარები წაქცეულია, აწობილი სახლები საფუძვლამდე არის დანგრეული, ძლიერაა დაზიანებული ფანჯრები, კარებები და სახურავები. დატბორილია ზღვის დონიდან 3 მ სიმაღლეზე მყოფი ნაკვეთები; წყალდიდობა ვრცელდება ხმელეთზე 30 კმ-ის სიღრმეში; აღინიშნება ზარალი გამოწვეული ტალღებით და მათ მიერ გადატანილი ნამტვრევებით
5	≥ 70	კატასტროფა	ყველა ხე, ბუჩქი და სარეკლმო ფარი წაქცეულია, ბევრი სახლი სერიოზულად არის დაზიანებული; ზოგიერთი შენობა სრულიად დანგრეულია; ასაწობი სახლები დანგრეულია. ძლიერი ზარალია მიყენებული შენობების ქვედა სართულ-სართლისათვის 4.5 მ-მდე სიმაღლეზე 500 მ ხმელეთის სიღრმეში; აუცილებელია სა-ნაპირო ზოლიდან მოსახლეობის მასიური ევაკუაცია

ცხრილი 4. მკვრივი ნისლის ინტენსივობა და შესაბამისი მოსალოდნელი დაზიანებები

ინტენსიობა (ბალი)	მკვრივი ნისლის * ხანგრძლივობა (სთ)	ეფექტი	შესაძლო დაზიანებებისა და ზარალის აღწერა
1	≤ 3	ხანმოკლე	თვითმფრინავების ჩამოვარდნა, საშიშროება გზებზე მოძრაობისას, ყველა სახის ტრანსპორტის მსხვერვა და მსხვერპლი
2	4-6	საშუალო ხანგრძლივობის	
3	7-9	ხანგრძლივი	
4	≥ 10	ძალიან ხანგრძლივი	

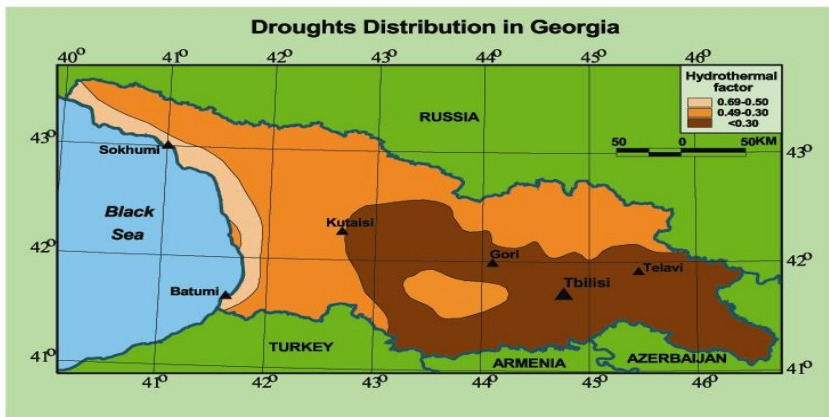
\* ხილვადობა < 50 მ

ცხრილი 5. ლიპყინულის ინტენსივობა და შესაბამისი მოსალოდნელი დაზიანებები

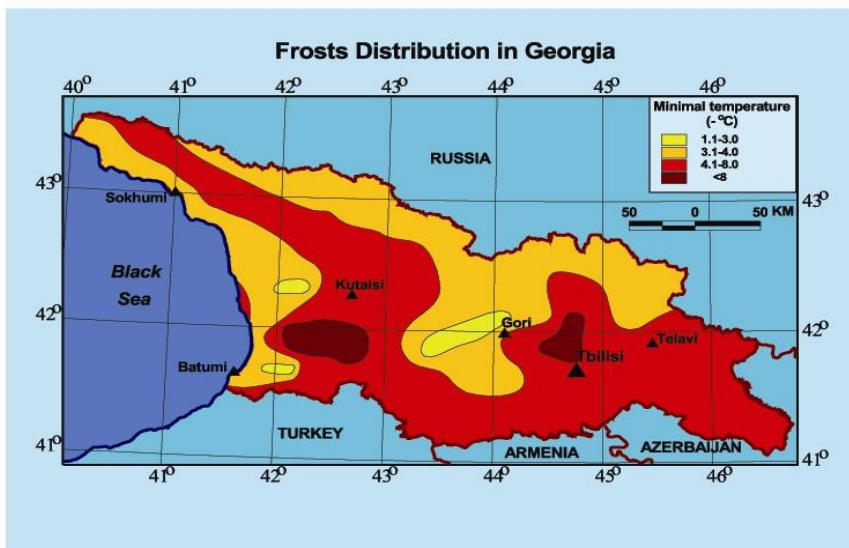
ინტენსიობა (ბალი)	ყინულის ნადების წონა (გ)	ეფექტი	შესაძლო დაზიანებებისა და ზარალის აღწერა
1	≤ 100	სუსტი	უარყოფითი გავლენა სხვადასხვა საწარმოო პროცესებზე
2	101-300	ზომიერი	უარყოფითი გავლენა სოფლისა და ტყის მეურნეობაზე
3	301-500	საშუალო	ელექტროგადამცემი და კავშირგაბმულობის საზღვრის ექსპლუატაციის შეფერხება
4	501-1000	ძლიერი	სარკინიგზო და ავტოტრანსპორტის ფუნქციონირების შეფერხება
5	> 1000	ძალიან ძლიერი	ელექტროგადამცემი და კავშირგაბმულობის საზღვრის მასობრივი მოშლა, საქონლის დაღუპვა, ნათესებისა და მცენარეულობის განადგურება



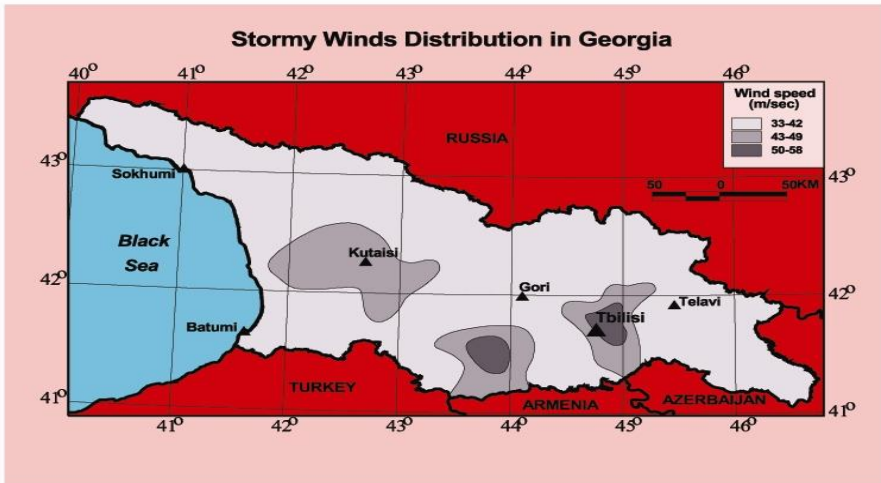
ზემოდ დასაბუთებული ინტენსივობები საფუძვლად დაედო გის-სისტემებში ამ მოვლენების სივრცობრივი ველების გამოსახვას (ნახ. 1-5).



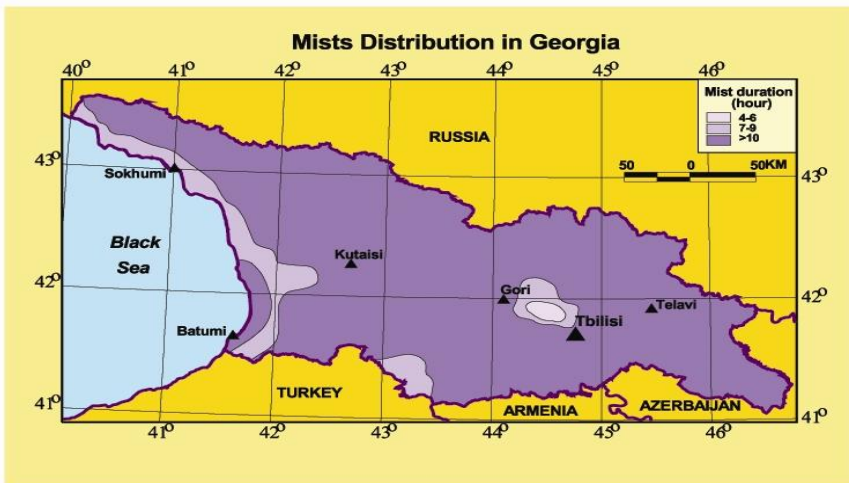
ნახ.1. გვაღვის სივრცობრივი სტრუქტურა



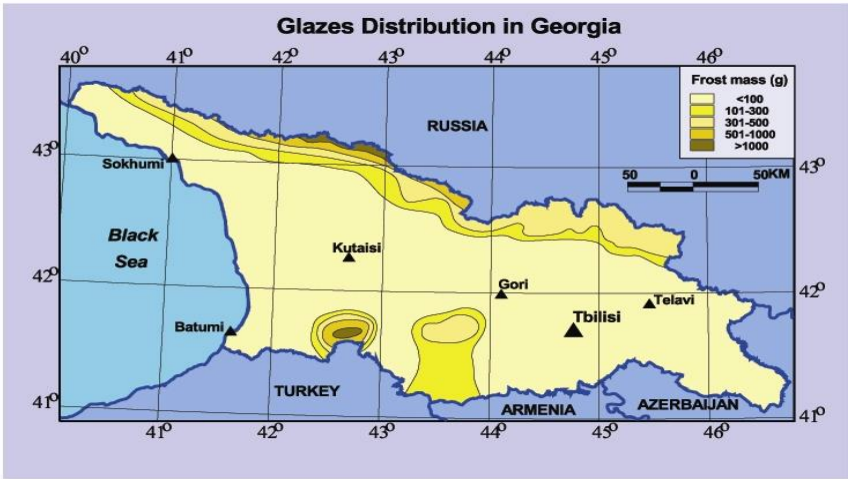
ნახ.2. წყინევის სივრცობრივი სტრუქტურა



ნახ.3. გრიგალური ქარების სივრცობრივი სტრუქტურა



ნახ.4. მკვრივი ნისლის სივრცობრივი სტრუქტურა



ნახ.5. ლიპყინულის სივრცობრივი სტრუქტურა

როგორც ვხედავთ, საქართველოს ტერიტორია ძალზე მრავალფეროვანია ამ მოვლენების მიმართ. მაგალითად გვაქვს ყველაზე საშიშია აღმოსავლეთ საქართველოსა და იმერეთისათვის, სადაც მას შეუძლია გამოიწვიოს მოსავლის სრული განადგურება, განსაკუთრებული ხანძარსაშიშროება, მდინარეებში, წყალსაცავებში და ჭებში წყლის ნაკლებობა, რაც ქმნის კრიტიკულ მდგომარეობას წყლით მომარაგებაში და ა.შ. ძალიან ძლიერი წაყინვები, რომლებიც მოსალოდნელია როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოში, აზიანებენ წაყინვის მიმართ განსაკუთრებით მდგრად მცენარეებს: საადრეო საგაზაფხულო ხორბალს, მარცვლოვან-პარკოსანს, საადრეო ზეთოვან კულტურებს, ქერს და სხვ. კატასტროფული ხასიათის გრივალური ქარების დროს, რომლებიც ხშირია თბილისის შემოგარენში და სამხრეთ საქართველოში იქცევა ყველა ხე, ბუჩქი და სარეკლმო ფარი, ბევრი სახლი სერიოზულად ზიანდება; ზოგიერთი შენობა სრულიად ინგრევა. ძლიერი ზარალია მიყენებული შენობების ქვედა სართულებისათვის 4.5 მ-მდე სიმაღლეზე 500 მ ხმელეთის სიღრმეში. საქართველოს თითქმის მთელ ტერიტორიაზე აღინიშნება ისეთი ნისლი, რომლის დროსაც მოსალოდნელია თვითმფრინავების ჩამოვარდნა, საშიშროება გზებზე მოძრაობისას, ყველა სახის ტრანსპორტის მსხვერპლა და მსხვერპლი. ლიპყინული კატასტროფულ ხასიათს ატარებს მთიანი რაიონებისათვის, სადაც მას შეუძლია ელექტროგადამცემი და კავშირგაბმულობის ხაზების მასობრივი მოშლა, საქონლის დაღუპვა, ნათესებისა და მცენარეულობის განადგურება.

შპს 551.59

**საშიში მეთეოროლოგიური მოვლენების სივრცობრივი სტრუქტურა საქართველოს ტერიტორიაზე**/ვარაზანაშვილი ო., ელიზბარაშვილი ე./კმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ.294-302.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

განხილულია ისეთი საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენები, როგორებიცაა გვალვა, წყინვა, გრიგალური ქარი, მკვრივი ნისლი და ლიპყინული. მოვლენათა ინტენსივობისა და შესაბამისი მოსალოდნელი დაზიანებების გათვალისწინებით შემუშავებული სპეციალური კრიტერიუმები საფუძვლად დაედო GIS-სისტემებში ამ მოვლენების სივრცობრივი ველების გამოსახვას.

UDC 551.59

**SPATIAL STRUCTURE OF HAZARDOUS METEOROLOGICAL PHENOMENA OVER GEORGIAN TERRITORY**./Varazanashvili O.,Elizbarashvili E./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 294-302. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The following hazardous meteorological phenomena such are draughts, frosts, stormy winds, mists and glazers have been discussed. The special criteria, elaborated considering the intensity of phenomena and consequent expected damages have been based on the images of the spatial fields of those phenomena in GIS

УДК 551.59

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ**./Варазанашвили О. Ш., Элизбарашвили Э.Ш./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 294-302. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассмотрены такие опасные метеорологические явления, как засухи, заморозки, штормовые ветры, плотный туман и гололед. Специальные критерии, разработанные с учетом интенсивности явлений и соответствующего ожидаемого ущерба положены в основу изображения пространственных полей этих явлений в системе gis.

*გვეალიშვილი ნ.ა., ცინცაძე თ., გზირიშვილი შ.,  
არუთინიანი ნ., მახმუდოვ რ.*

*<sup>1</sup>საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,  
<sup>2</sup>აზერბაიჯანის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი*

შპპ 551

### **საქართველოს ტერიტორიის ღარაბონება გვაღვის ინტენსივობის შეფასების საფუძველზე**

მრავალ ეკოლოგიურ პრობლემებს შორის – ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება, გლობალური დათბობა, სასმელი წყლის მარაგის შემცირება, ეკოსისტემებში მცენარეულობისა და ცხოველთა ჯიშობრივი მრავალფეროვნების დეგრადაცია და სხვ. – გვალვებსა და გაუდაბნობას განსაკუთრებული ადგილი უკავია. გვალვა წარმოადგენს ერთ-ერთ უდიდეს სტიქიურ უბედურებას დედამიწის მოსახლეობის ცხოვრებაში. საქართველოში კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული გვალვიან მოვლენათა რისკის მოსალოდნელი ზრდა ნეგატიურად იმოქმედებს, მაგალითად, სოფლის მეურნეობის მდგრად განვითარებაზე. ამიტომ, გვალვიანობის პრობლემის მეცნიერული შესწავლა მეტად აქტუალურია ქვეყნის ეკონომიკის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის და სოციალური სფეროს სასიცოცხლო ინტერესების დაცვისათვის.

არსებობს ძალზე მდიდარი სამეცნიერო ლიტერატურა, რომელშიც განიხილება გვალვის განვითარების შეფასების ამოცანა. ამ სამეცნიერო წყაროებიდან ცნობილია, რომ გვალვის ძირითად კომპონენტებს წარმოადგენენ: ჰაერისა და ნიადაგის მაღალი ტემპერატურები; მცირე ნალექებთან, უნალექო და მშრალი პერიოდები; ჰაერისა და ნიადაგის გვალვები; ხორშაკი (ქარაშოტი); გვალვის მიზეზით მოსავლის დანაკარგები და სხვ. მშრალი პირობების აღსაწერად შემოთავაზებულია სამ ათეულზე მეტი მახასიათებელი. მაგრამ, ოპერატიულ რეჟიმში მათმა აპრობირებამ ცხადი გახდა: ამ მახასიათებლებს სხვადასხვა ინფორმაციული ღირებულება გააჩნია; ყველა მათგანი ვერ აღწერს სრულად გვალვას მის ყველა გამოვლინებაში. ამის გათვალისწინებით რიგ შრომებში, მაგალითად [1]-ში დამუშავებულია გვალვების განვითარების კომპლექსური შეფასების მეთოდი, რომელიც საქართველოს პირობებისათვის ნაწილობრივ შემოწმებული იქნა 1979 წლის აგვისტოს სამივე დეკადის საგარეჯოს მეტეოსადგურის დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე [2]. წინამდებარე ნაშრომის ძირითად მიზანს შეადგენს აღნიშნული მეთოდის გამოცდა საქართველოს ტერიტორიაზე 1961-

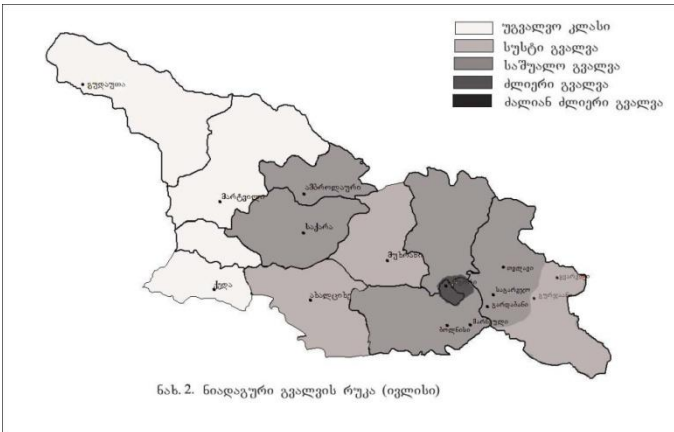
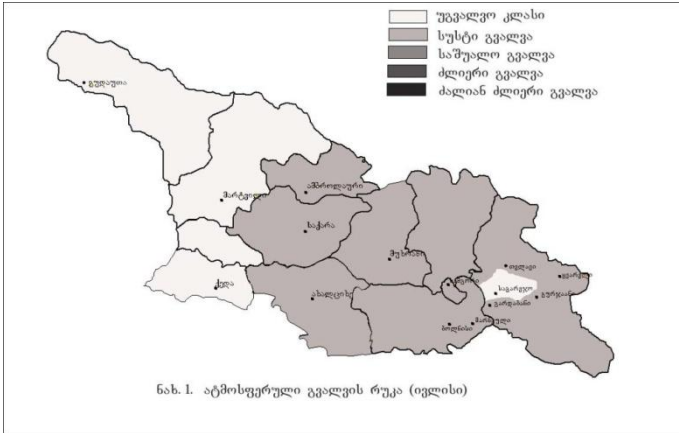
1986 წლებში მოქმედი 15 მეტეოსადგურის ატმოსფერული და ნიადაგურ ელემენტებზე დაკვირვებათა რიგების გამოყენებით, ამ რიგების კლიმატური (საშუალო მრავალწლიური) პარამეტრებზე დაყრდნობით საქართველოს ტერიტორიის დარაიონების სქემატური რუკების შედგენა გვალვის ინტენსივობის მიხედვით.

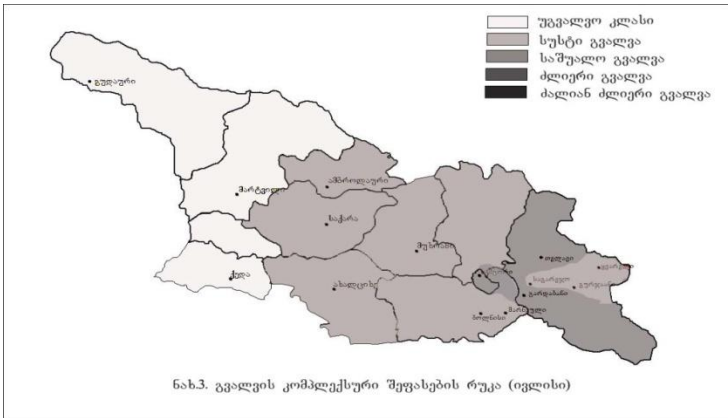
მოკლეთ შეფასებით გვალვის ინტენსივობის კომპლექსური შეფასების მეთოდის არსს [1,2]. იგი გულისხმობს 5 მახასიათებლის გამოყენებას. ესენია, სელიანინოვის ჰიდროთერმული კოეფიციენტი, შაშკოს ტენიანობის პარამეტრი, დღეთა რაოდენობა, როცა ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ნაკლებია ან ტოლი 30%, პროდუქტიული ტენის მარაგის სიდიდე ნიადაგის 0-20 სმ-იან და 0-100 სმ-იან ფენებში, მაგალითად, ვახის კულტურის ფესვთა ქვეშ. გვალვების ინტენსივობა განიხილება კლასიფიკაციის შემდეგი კატეგორიებისათვის: ძალზე ძლიერი გვალვა (კლასი 1); ძლიერი გვალვა (კლასი 2); საშუალო გვალვა (კლასი 3); სუსტი გვალვა (კლასი 4); გვალვას არა აქვს ადგილი – (უგვალო კლასი 5). წინასწარ მოცემულია: თითოეული მაჩვენებლის ცვლილების ინტერვალის სასაზღვრო მნიშვნელობები აღნიშნული კლასების მიხედვით, ასევე მაჩვენებელთა აბსოლუტური მინიმუმის და მაქსიმუმის სიდიდეები. გვალვების ინტენსივობის კომპლექსური შეფასება ხდება თეორიის მეთოდების გამოყენებით. კერძოდ, უპირველეს ყოვლისა, განსაზღვრული დროითი ინტერვალისათვის (დეკადა, თვე) გამოითვლება მისი ფაქტიური მნიშვნელობის სიახლოვის ზომა ყოველ კლასთან. ამის შემდეგ, ხდება ზომათა გასაშუალება მახასიათებლების მიხედვით, რაც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ შეფასების კომპლექსური პარამეტრის სიდიდე თითოეული კლასისათვის და გვალვა მივაკუთვნოდ იმ კლასს, რომელთანაც სიახლოვის ზომა მაქსიმალურია.

გამოთვლები ჩატარდა მაისი-აგვისტოს თვეებისათვის, ცალცალკე ატმოსფერული და ნიადაგური გვალვების განვიტარების დასადგენად, ასევე გვალვის ინტენსივობის კომპლექსური შეფასებისათვის.

ქვემოთ, როგორც მაგალითი, მოცემულია ერთ-ერთი ყველაზე ცხელი თვის – ივლისისათვის საქართველოს ტერიტორიის დარაიონების სქემატური რუკები ატმოსფერული (ნახ.1) და ნიადაგური (ნახ.2) გვალვების განვითარების შემთხვევაში, აგრეთვე, გვალვების ინტენსივობის კომპლექსური შეფასების მიხედვით (ნახ.3). როგორც ვხედავთ, ყველაზე მკაცრი შეფასებები მიღებულია ნიადაგური გვალვებისათვის, რაც გამოიხატა საშუალო ინტენსივობის გვალვების ტერიტორიის გაფართოებაში, როგორც დასავლეთ, ასევე აღმოსავლეთ საქართველოში და ძლიერი გვალვების განვითარების რისკის არსებობაში აღმოსავლეთ საქართველოში სამკორის მიმდებარე ტერიტორიაზე. იმის გამო, რომ

ატმოსფერული გვალებების ინტენსივობები აღმოჩნდა ყველაზე სუსტი (ნახ.1), კომპლექსური შეფასებისათვის მიღებულია გვალებების განვითარების შერბილებული სურათი (ნახ.3), ნიადაგურ გვალებებთან შედარებით (ნახ.2).





შემდეგი დაზუსტებისათვის განხილული იქნება საქართველოს ტერიტორიაზე ადრე და აშუაღად მოქმედი 60 მეტეოსადგურის მონაცემთა რიგები, რომლებშიც გამოტოვებული ელემენტების აღდგენა და რიგების ერთი და იგივე პერიოდამდე მიყვანა განხორციელდება კორელაციური და კოვარიაციული ანალიზის საფუძველზე. მრავალგანზომილებიან სივრცეში შემთხვევითი ვექტორის შემადგენელ მდგენელებად დაშლის მეთოდის გამოყენებით.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით, გრანტი № GNSF/ST07/5-210.

**ლიტერატურა – REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА**

1. Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. Основы оперативной системы оценки развития засух и ее опыт экспериментальной эксплуатации. Труды ВНИИСХМ, вып.34, С.-П., Гидрометеиздат, 2002.
2. ღარველაძე. გვაღვების განვითარების კომპლექსური შეფასებისათვის. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები “გვაღვის და მასთან ბრძოლის პრობლემები”, ტ.107, თბილისი, 2002.

შპს 551

**საქართველოს ტერიტორიის ღარაიონება ბვაღვის ინტენსივობის შეფასების საფუძველზე/ბეგალიშვილი ნ.ა., ცინცაძე თ., გზირიშვილი მ., არუთინიანი ნ., მახმუღოვ რ./ჰმის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 303-307.- ქართ.; რუბ. ქართ., ინგლ., რუს.**

განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული და ნიადაგური გვაღვის განვითარების დადგენის, ასევე გვაღვის ინტენსივობის კომპლექსური შეფასების შედეგები, რუსეთის სასოფლო-სამეურნეო სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე. გამოყენებულია 1961-1986 წლების 15 მეტეოსადგურის



დაკვირვებათა მონაცემები. შესრულებულია საქართველოს ტერიტორიის კლიმატური დარაიონების სქემატური რუკების აგება, გვაღვის ინტენსივობის შეფასების მიხედვით თბილი პერიოდის 4 თვისათვის (მაისი-აგვისტო).

UDC 551

**ZONING OF THE GEORGIAN TERRITORY ON THE BASIS OF EVALUATION OF DROUGHT INTENSITY./** Begalishvili N., Tsintsadze T., Gzirishvili M., Arutinian N., Mahmudov R./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 303-307. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Results of atmospheric and soil drought development, also complex evaluation of drought intensity on the territory of Georgia are discussed on the basis of the method developed in the Scientific-Research Institute of Agriculture of Russia. Data of observations conducted by 15 weather stations in 1961-1986 are applied. Schematic maps of climatic zoning of the territory of Georgia according to evaluation of drought intensity for the 4 months of the warm period (May-August) are developed.

УДК 551

**РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАСУХ./**Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Гзиришвили М., Арутюнян Н.Э., Махмудов Р.Н./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 303-307. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассмотрены результаты оценки развития в отдельности атмосферной и почвенной засухи, а также комплексной оценки ее интенсивности на территории Грузии методом, предложенным Всероссийским НИИ Сельскохозяйственной Метеорологии (ВНИИСХМ). Привлечены данные наблюдений 15 метеостанций за период 1961-1986 годов. Выполнено построение климатических карто-схем районирования территории Грузии по оценкам интенсивности засух для 4-х месяцев (май-август).

**ბასილა შვილი ც.**

*ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო*

უაკ 556.16.06

**საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობების მახ-  
სიათებლები და კატასტროფების  
თავიდან აცილების საკითხები**

დედამიწაზე კლიმატის გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით XX საუკუნის დასასრულიდან იმატა კატასტროფულმა წყალდიდობებმა და მრავალ ქვეყანაში ათიათასობით ადამიანი დაიღუპა, ასიათასობით კი უსახლკაროდ დარჩა. ეს პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოში, სადაც ბოლო ორი ათეული წლის განმავლობაში რამდენჯერმე განმეორდა მასშტაბური წყალდიდობები, რომლებმაც ეკონომიკას დიდი ზარალი მიაყენა. საქართველოს მდინარეები ხასიათდებიან მაღალი წყალდიდობებით, რომელთა დროს გაედინება წლიური ჩამონადენის 60-80%. მათ ფორმირებაში ერთდროულად მონაწილეობს სეზონური თოვლის, წვიმის, მუდმივი თოვლისა და მყინვარების ნადნობი წყლები სხვადასხვა შეფარდებით. მაღალმთიან აუზებში წყალდიდობა 5-6 თვემდე გრძელდება, დაბალმთიანეთში კი, სადაც არ არის მუდმივი თოვლი და მყინვარები, წყალდიდობა მარტ-ივნისის თვეებს მოიცავს. ვინაიდან თითოეული მდინარის აუზში ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების ცვალებადობა სხვადასხვა ხასიათს ატარებს როგორც დროში, ისე სივრცეში, ამიტომ წყალდიდობები და მათი მაქსიმუმებიც არ არის იდენტური და ხასიათდებიან გარკვეული ინდივიდუალურობით. წყალდიდობებს მართალია ხშირად მოაქვს დიდი ზარალი, მაგრამ აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ საქართველოს მდინარეებზე აშენებულია მრავალი წყალსაცავი, რომელთა ბაზაზე მუშაობენ ელექტროსადგურები, სარწყავი არხებისა და წყალმომარაგების სისტემები. წყალსაცავების ყოველწლიური შევსება და ექსპლუატაცია კი გათვლილია სწორედ მდინარეთა წყალდიდობის ჩამონადენზე. ამრიგად წყალდიდობებს მოაქვთ როგორც ზიანი, ასევე დიდი სარგებელიც, რადგან მათი წყლის რესურსების ხარჯზე ხდება ელექტროენერჯის გამომუშავება, მოსავლიანობის გაზრდა და მოსახლეობისა და საწარმო-სამეურნეო ობიექტების წყალმომარაგება.

წყალდიდობების წყლის რეგულირებისა და მათი კატასტროფული შედეგების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა მისი ჩამონადენისა და მაქსიმალური პიკების სწორედ გაანგარიშება და პროგნოზირება. წყალდიდობები მდინარეებზე ყოველ წელს აღინიშ-

ნება, მაგრამ ისინი ყოველთვის არ არიან დამანგრეველები. ისინი კატასტროფულია თუ თოვლის ინტენსიურ დნობას თანხვედბა თავსხმა წვიმები, როცა მდინარის კალაპოტი ვერ იტევს წყალ-შემკრები აუზის ზედაპირიდან წამოსულ წყალს, გადმოდის ნაპირებიდან და ტბორავს მიმდებარე ტერიტორიას. მაგალითად მდ. მტკვარზე ქ.თბილისთან არსებული დაკვირვების 75 წლის მანძილზე მხოლოდ 30-ჯერ გაიარა ისეთმა წყალდიდობამ, რომელიც აჭარბებდა მისი მაქსიმალური ხარჯის საშუალო მნიშვნელობას. მათ დიდი ზარალი მოჰქონდათ და ხშირად ადამიანთა მსხვერპლიც. აქ ყველაზე იშვიათი წყალდიდობა იყო 1968 წლის აპრილში, როცა მდ.მტკვრის თითქმის მთელ სიგრძეზე ხერთვისიდან თბილისამდე მდინარემ დაანგრია ნაპირსამაგრი ნაგებობები, ხიდები და არხები, შეწყდა სარკინიგზო და საავტომობილო მიმოსვლა. ქ.თბილისში მტკვრის წყლის საშუალო ხარჯი 203 მ<sup>3</sup>/წმ, მაშინ კი გაიარა 2450 მ<sup>3</sup>/წმ, რამაც 36%-ით, ე.ი. 650 მ<sup>3</sup>/წმ გადააჭარბა მტკვრის კალაპოტის გამტარუნარიანობას – 1800 მ<sup>3</sup>/წმ, რომელიც ადრე იყო მიღებული წყალსამეურნეო გაანგარიშებებში.

ეს მაგალითი მიუთითებს იმაზე, რომ ადრეული წლების დაკვირვებებით მიღებული მახასიათებლები დროთა განმავლობაში უნდა განახლდეს შემდგომი წლების დაკვირვებების გათვალისწინებით. სწორედ ამიტომ ჩვენს მიერ დაზუსტებულ იქნა საქართველოს ყველა შესწავლილი ჰიდროკვეთისათვის წყალდიდობების ჩამონადენისა და მათი მაქსიმალური ხარჯების ნორმები, ექსტრემალური მნიშვნელობები და სხვა სტატისტიკური მახასიათებლები – (ცხრილი). ამ მონაცემებს აქვთ დიდი პრაქტიკული დანიშნულება საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებებისათვის, განსაკუთრებით ესაა, როცა მხოლოდ რამდენიმე კვეთზე ხდება წყლის დონეების გაზომვა. ხშირად გარემოსა და მოსახლეობას დიდ საშიშროებას უქმნიან მცირე ზომის შეუსწავლელი მდინარეები, ამიტომ აუცილებელია მათი წყალდიდობის ჩამონადენის დადგენაც. ამისათვის გამოვიკვლიეთ კავშირები შესწავლილ მდინარეთა წყალდიდობების ჩამონადენისა სხვადასხვა განზომილებებით (წყლის ხარჯი, მოდული, ფენა და მოცულობა), პირველ რიგში ტრადიციულად მდინარეთა აუზების საშუალო სიმაღლეებთან, მაგრამ წერტილთა დიდი გაფანტულობის გამო შეუძლებელი გახდა გარკვეული კანონზომიერებების დადგენა. ამიტომ გამოვიკვლიეთ წყალდიდობის ჩამონადენის (Q მ<sup>3</sup>/წმ) კავშირები მდინარეთა აუზების ფართობებთან (Fკმ<sup>2</sup>) ცალკეული რეგიონებისათვის. მათი მჭიდრო კავშირების წრფივი აპროქსიმაციით მიღებულ იქნა მარტივი გამოსახულებები შეუსწავლელ მდინარეთა ჩამონადენის განსაზღვრისათვის:

$$Q = a F, \quad (1)$$

ცხრილი  
მდინარეთა წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების სტატისტიკური მახასიათებლები

№	მდინარე-უბეჭე	აუზის ფართობი კმ <sup>2</sup>	საშუალო წლიური ხარჯი მ <sup>3</sup> /წმ	წყალდიდობის მაქსიმალური წყლის ხარჯები, მ <sup>3</sup> /წმ				ცვალებად. კოეფიციენტი		შეფარება ტუდ/ცწლ.
				ნორმა	უდიდ.	უმცირ.	ნორმის საშ.კვადრ. გადახრა	კარნაცია	ასიმეტრია	
1	ენგურ-ბაიში	2780	118	534	1440	250	206	0.39	1.39	12.2
2	როინი-ალპანა	2830	103	467	825	276	118	0.24	1.02	8.01
3	ქვირილა-ჭესტაფონი	2490	60.7	395	1030	140	171	0.43	1.29	17.8
4	ხანისწყალი-ბაღდათი	655	15.9	89.6	209	27.1	42.8	0.48	1.02	13.8
5	მტკვარი-თბილისი	21100	203	1152	2450	448	387	0.34	0.60	12.1
6	დიდი ლიახვი-კეხვი	924	27.0	136	330	42.2	52.2	0.38	1.15	12.2
7	ქსანი-კორინთა	461	9.39	64.3	262	16.9	45.6	0.71	1.89	27.9
8	თეთრი არაგვი-ფასანაური	335	12.1	61.1	173	24.8	30.5	0.50	1.93	14.3
9	შვი არაგვი-შესართავი	235	7.76	47.1	156	21.6	24.6	0.52	2.43	20.1
10	ფშავის არაგვი-მღაღოსკარი	736	19.5	118	338	50.1	57.7	0.49	1.80	17.3
11	არაგვი-ქინჯალი	1900	45.1	243	660	67.2	125	0.52	1.29	14.6
12	ალაზანი-ბირკიანი	282	13.9	75.4	365	30.0	54.7	0.72	3.69	26.3
13	ალაზანი-შაქვიანი	2190	43.4	318	1160	94.3	167	0.52	2.55	26.7

სადაც  $a$  – პარამეტრია, რომლის მნიშვნელობა დასავლეთ საქართველოს მდინარეებზე არის: ბზიფისა და კოდორის აუზებში 0,105; ენგურის აუზში 0,085; ხობის, ტეხურისა და ცხენისწყლის აუზებში 0,064; ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა აუზებისათვის (ლიახვი, ქსანი, არაგვი) 0,046. ამრიგად, შედარებით ერთნაირ ბუნებრივ პირობებში, მდინარეთა წყლიანობაზე ყველაზე სრულ ინფორმაციას იძლევა აუზის ფართობი, რომლის განსაზღვრა მეტად ადვილია არსებული ფიზიკური რუკების საშუალებით.

შეუსწავლელ მდინარეთა წყალდიდობის ჩამონადენის განსაზღვრისათვის შეგადგინეთ აგრეთვე კავშირები შესწავლილ ანალოგ მდინარეთა წყალდიდობებისა და მათ საშუალო წლიურ ხარჯებს ( $Q_0$  მ<sup>3</sup>/წმ) შორის, რომლებიც აპროქსიმირდა ასევე მარტივი გამოსახულებით:

$$Q = b Q_0, \quad (2)$$

სადაც  $b$  – პარამეტრის მნიშვნელობები ცალკეული რეგიონის მდინარეთათვის არის: ბზიფისა და კოდორის აუზებში 1,97; ენგურის აუზში 1,95; ხობის, ტეხურისა და ცხენისწყლის აუზებში 1,73; რიონის აუზში 1,70; აღმოსავლეთ საქართველოში (ლიახვის, ქსნისა და არაგვის აუზებში) 2,0.  $Q_0$  – ის მნიშვნელობა შეუსწავლელ მდინარეთათვის შეიძლება განისაზღვროს ჩამონადენის რუკით [3]. აღსანიშნავია, რომ (1) და (2) ფორმულების ერთდროული გამოყენებით შეიძლება შემოწმდეს წყალდიდობის ჩამონადენის გაანგარიშების სისწორე.

წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების ცვალებადობის მაჩვენებლები: ვარიაციისა ( $C_v$ ) და ასიმეტრიის ( $C_s$ ) კოეფიციენტები, როგორც ცხრილიდან ირკვევა, უფრო მაღალია აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში, რაც ამ ტერიტორიების დატენიანების სხვადასხვაობითაა გამოწვეული. წყალდიდობის მრავალწლიური ცვლილების დინამიკის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ დასავლეთ საქართველოში კავკასიონის სამხრეთი კალთების მდინარეებზე (ბზიფი, კოდორი, ენგური, რიონი, ყვირილა) აღინიშნება მაქსიმალური ხარჯების ზრდის ტენდენცია, ხოლო სამხრეთ-დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე (სუფსა, აჭარისწყალი, ქსანი, ალაზანი) პირიქით, ისინი მცირდება. აქ გამონაკლისს წარმოადგენს მდ.თეთრი არაგვი, რომლის ტრენდი მოცემულია ნახაზზე. სამეურნეო დანიშნულების ჰიდროკვეთებისათვის შედგენილია მაქსიმალური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდები, რომლებითაც განისაზღვრება სხვადასხვა (1000, 100, 20, 10, 5) წლიანი განმეორებადობის წყლის ხარჯები.

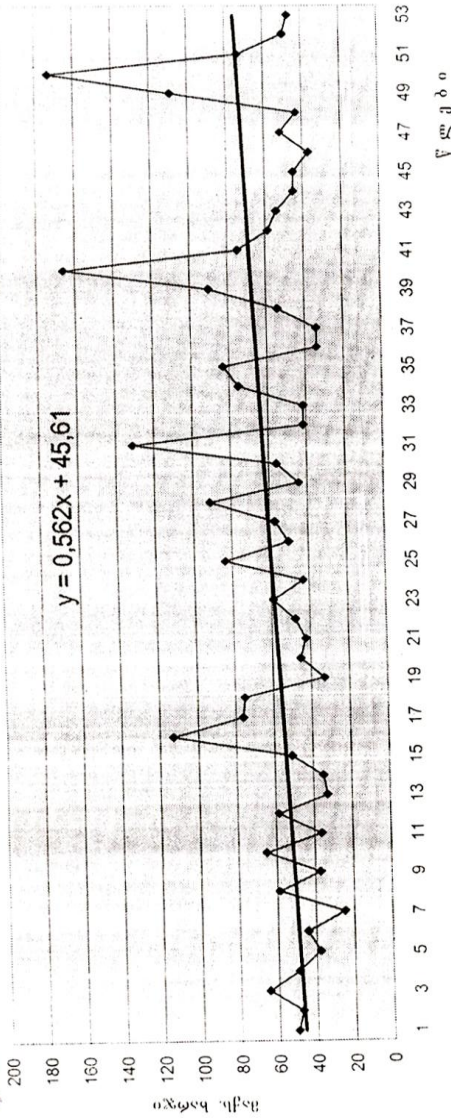
კლიმატის გლობალური დათბობის მოქმედების შესაფასებლად სამეცნიერო ლიტერატურაში გამოიყენება ე.წ. “წყალმოვარდნების აქტივობის კოეფიციენტები”, რომლებიც წარმოადგენენ მდინარეთა მაქსიმალური და საშუალო წლიური ხარჯების შეფარდებას. ჩვენს

მიერ 1990 წლამდე არსებული მონაცემებით გამოთვლილი ეს შეფარდებები რამდენადმე აჭარბებს ადრე [4] 1975 წლამდე არსებული მონაცემებით გამოთვლილ შეფარდებებს. მაგ. მდ.ჩხერზე ყაზბეგთან ის იყო 18,8, რომელიც შემდგომ დიდი მაქსიმუმების გამო 174-მდე გაიზარდა. მდ.ვერეზე თბილისთან ადრე შეფარდება იყო 61,2, შემდეგ ის 107-მდე გაიზარდა. განსაკუთრებით დიდია ეს შეფარდება მდ.შულავერზე შაუმიანთან, სადაც ის 254-ს შეადგენს. მცირე მდინარეებზე ამ კოეფიციენტების დიდი მნიშვნელობა აიხსნება თავსხმა წვიმებით გამოწვეული უეცარი წყალმოვარდნებით.

წყალდიდობებიდან გამოირჩეოდა 2005 წელი, როცა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ზამთარში დაგროვილ დიდი თოვლის დნობას გაზაფხულზე დაემთხვა მრავალჯერადი ინტენსიური ხასიათის წვიმები და შედეგად წაილეკა გზები, ხიდები, საცხოვრებელი სახლები, ნათესები, პირუტყვი, ფრინველი და ადამიანებიც. მატერიალურმა ზარალმა 500 მილიონს გადააჭარბა. ასეთი დიდი ზარალის მიზეზი მაშინ, გარდა ბუნებრივი სტიქიისა იყო ის, რომ წინა წლებში ინტენსიურად იჩეხებოდა ტყე, რომელიც აკავებს წყლის ზედაპირულ ჩამონადენს და ამცირებს მის მაქსიმალურ პიკებს. გარდა ამისა, წლების განმავლობაში მდინარეთა კალაპოტები გადაქცეული იყო ნაგავსაყრელად, რაც იწვევს წყლის მასის შეკავებას და გარემოს დატბორვას.

წყალდიდობამ რომ უმტკივნეულოდ ჩაიაროს, ყოველ წელს წყალდიდობის დამთავრების შემდეგ უნდა გაიწმინდოს მდინარეთა კალაპოტები და უნდა მოხდეს ფერდობების გარდიგარდმო დატერასება. ტყის საფარი კი უნდა განახლდეს და გაფართოვდეს. გარდა ამისა, წყალდიდობის საშიშროებას მნიშვნელოვნად ამცირებს წყალსაცავები, რომლებიც წყლის დიდი მასის აკუმულირებით აგრეთვე აუმჯობესებენ წყლის რესურსების რაციონალურ გამოყენებას ერთდროულად: ელექტროენერჯის მისაღებად, წყალმომარაგებისა და მელიორაციისათვის. წყალსაცავი არის აგრეთვე ბაზა ქვეყანაში სპორტულ-გამაჯანსაღებელი და ტურისტულ-რეკრეაციული ზონების გაზრდისათვის. წყალსაცავების საშუალებით მთის პირობებში დაიძლევა ენერგეტიკული პრობლემები, შენელებს ტყეების გაჩეხვის პროცესი, გაუმჯობესდება მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური პირობები და მათი ადგილზე დამაგრების არგუმენტი გახდება. ამიტომ მთის მდინარეთა ხეობების ხელსაყრელ პირობებში მეტად სასარგებლო იქნება მცირე წყალსაცავების აგება და როგორც აკადემიკოსი გ.სვანიძე აღნიშნავდა: “ის იქნება წყალდიდობებისაგან დაცვის ყველაზე საიმედო და ეფექტური საშუალება” [3].

23/60



ნახ. 1 მაქსიმალური ხარჯების ტრენდი მდეთორ არაგზე ფასანაურთან (1937-90 წ.წ.)

წყალსაცავის აშენებასთან ერთად აუცილებელია ზუსტი ჰიდროლოგიური გაანგარიშების საფუძველზე შედგეს მისი ავარიული დაცლის სადისპეჩერო გრაფიკები ისე, რომ წყალდიდობის დროს მისი დაცლა მოხდეს პიკის დადგომამდე თანდათანობით და არა ერთდროულად, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მის ქვევით წყალმომარდნის გაძლიერება, როგორც ეს იყო 1987წ. ვარციხის წყალსაცავის დაცლით გამოწვეული კატასტროფა, როცა კოლხეთის დაბლობზე 3-4 მ. წყლის ფენით დაიტბორა მიმდებარე სოფლები, იყო დიდი ზარალი და მსხვერპლი. წყალსაცავის დროული დაცლით და მოდინებული წყლის დიდი მასის შეკავებით კი ეს არ მოხდებოდა. ამიტომ მცირე წყალსაცავების ქსელი პერსპექტივაში უნდა გაიზარდოს. მართალია მათი აშენება დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული, მაგრამ მთის მცირე მდინარის ერთჯერადმა აღიდებამ შეიძლება უფრო დიდი დანაკარგი გამოიწვიოს, ვიდრე წყალსაცავის აშენებაზე ერთხელ დახარჯული სახსრებია, რომელიც შემდეგ მრავალჯერადად, წლების განმავლობაში, მისი სწორი ექსპლუატაციის პირობებში დაიცავს გარემოს და მოსახლეობას წყლის სტიქიისაგან. წყალსაცავის წყლის რესურსი კი მრავალმხრივ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ქვეყნის ეკონომიკის გასაუმჯობესებლად.

სადღეისოდ ვინაიდან ახალი წყალსაცავების აშენება საქართველოში ჯერ-ჯერობით ვეღარ ხერხდება და ვერც ტყე გაშენდება მოკლე დროში, ამიტომ წყალდიდობებისაგან თავდაცვის მიზნით აუცილებელია ტარდებოლეს შემდეგი ღონისძიებები: რეგულარულად იწმინდებოდეს და ღრმავლებოდეს მდინარეთა კალაპოტები, ამოღებული ქვა-ღორღით კი დაშენდეს ნაპირსამაგრი ნაგებობები, გაყვანილ იქნეს მთისძირა წყალგადამტეხი არხები, უნდა დადგინდეს წყალდიდობების დატბორვის საზღვრები, სადაც აიკრძალება სამოსახლო და სხვა ნაგებობების მშენებლობა და სამეურნეო საქმიანობა.

მოსალოდნელი საშიშროებისაგან თავდაცვის მიზნით ყველაზე მნიშვნელოვანი არის წყალდიდობების გრძელვადიანი და წყალმომარდნების მოკლევადიანი საპროგნოზო მეთოდის შემუშავება, რომლებიც აუცილებელია აგრეთვე წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენებისა და წყალსაცავების ეფექტური და უსაფრთხო ექსპლუატაციისათვის პროგნოზების შემუშავებით მართალია სტიქია ვერ აღიკვეთება, მაგრამ შეიძლება მისი ნეგატიური ზეგავლენის შერბილება. პროგნოზების წინსწრება (2-3 თვე წყალდიდობებისა და 1-2 დღე წყალმომარდნებისა) საშუალებას იძლევა მოსალოდნელი მაღალი პიკების შემთხვევაში დროულად ჩატარდეს ყველა პრევენციული ღონისძიება, რათა დაცულ იქნეს ყველა ობიექტი და არ მოხდეს გაუთვალისწინებელი ზარალი და მსხვერპლი. მდინარეთა წყლის მაღალი პიკების პროგნოზი, თუნდაც საორიენტაციოდ კონსულტაციის სახით სასწრაფოდ უნდა გადაეცეს შესაბამის ორგანი-



ზაციებს, რათა დროულად მოხდეს მოსახლეობის გაფრთხილება და საჭიროების შემთხვევაში ოპერატიულად ჩატარდეს მათი ევაკუაცია და მატერიალური ფასეულობების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. ამასთან ერთად უნდა მოხდეს წყალსაცავების თანდათანობითი დაცლა წყლის დიდი ნაკადის მისაღებად.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სადღეისოდ გლობალური დათბობის ფონზე კავკასიონის მყინვარულ რეგიონებში ზაფხულობით თოვლმა მასიურად დაიწყო დნობა და წვიმის საზღვარმაც (4000მ.) მაღლა აიწია. იქ სადაც ადრე მხოლოდ თოვლი მოდიოდა ახლა წვიმს და ამიტომ მყინვარები შეთხელებულია. ასეთი მიზეზით 2002წ. მდ.კარმადონის ხეობაში მყინვარი “კოლკა” უცბად მოწყდა და იქ მყოფი მრავალი ტურისტი ადგილზე დამარხა. ასეთი მოულოდნელობებისაგან დაზღვევის მიზნით აუცილებელია ჰიდრომეტრიულ ქსელთან ერთად შეიქმნას რადიოლოკაციური და დისტანციური ზონდირების ქსელი. უნდა რეგულარულად დამუშავდეს აგრეთვე თანამგზავრებისა და აეროფოტოგადაღების სურათებიც. მათი სათანადო მეცნიერული ანალიზით შესაძლებელი იქნება ანომალური პროცესების პროგნოზების შემუშავება. მხედველობაშია მისაღები ის ფაქტი, რომ ახალი სახის ინფორმაციის საფუძველზე სათანადო ჰიდროლოგიური საპროგნოზო მეთოდის შესამუშავებლად გარკვეულ ტერიტორიაზე მთის პირობებში საჭირო იქნება მონაცემების დაგროვება მინიმუმ სამი წლის განმავლობაში – მოკლევადიანი და გაცილებით მეტი წლისა – გრძელვადიანი პროგნოზებისათვის. მანამდე კი უნდა იმოქმედოს ისეთმა საპროგნოზო მეთოდიკებმა [1, 2], რომლებიც ყურდნობიან სადღეისოდ არსებულ სტანდარტულ ჰიდრომეტრიული დაკვირვებების მონაცემებს.

### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. ც.ბასილაშვილი 2001. საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობების მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირება, თბილისი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ.106. გვ.98-107.
2. Ts.Basilashvili 2006. Method of mountainous rivers water flows forecasts, Tbilisi, Annals of Agrarian Science, vol.4. № 1, p.75-80.
3. გ.სვანიძე, ვ.ცომაია, რ.მესხია 2001. საქართველოს წყლის რესურსების მოწვევადობა და ადაპტაციის ღონისძიებები, თბილისი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ.106.
4. Г.Г.Сванидзе, Г.Н.Хмаладзе 1983. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Ленинград, Гидрометеиздат. стр.194-210.

უაკ 556.16.06

**საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობების მახასიათებლები და კატასტროფების თავიდან აცილების საკითხები**/ბასილაშვილი ც./ჰმბი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ.308-316.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

საქართველოს მთავარ მდინარეთათვის გაანგარიშებულია სტატისტიკური მახასიათებლები წყალდიდობის პიკებისა, რომლებიც ფორმირდებიან მკის-იერად წვიმისა და თოვლის წყლების მაღალი ტალღების თანხვედრის დროს მას-ივნისში. ისინი წარმოადგენენ საწყის მონაცემებს წყალსამეურნეო ობიექტების დაპროექტებისა და დაგეგმარებისათვის. მოცემულია ღონისძიებათა კომპლექსი არსებული და მოსალოდნელი ეკოლოგიური დარღვევების თავიდან აცილების მიზნით.

UDC 556.16.06

**CHARACTERISTICS OF THE FLOODS ON THE RIVERS OF GEORGIA AND WAYS OF THEIR PREVENTION./Basilashvili Ts./.**Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 308-316. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Statistical characteristics of the peak of floods for the most important rivers of Georgia have been calculated. May and June are the months to see the peak, as high waves of waters of rain and melted snow combine. In their turn, the characteristics are initial and essential data for designing and projecting water economy facilities. A set of measures for avoiding and preventing probable environmental disasters have been worked out.

УДК 556.16.06

**ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКА ПОЛОВОДЬЯ РЕК ГРУЗИИ И ВОПРОСЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАТАСТРОФ./Басилашвили Ц.З./.**Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. – 2008. – т.115. – с. 308-316. – Груз.; Рез. Груз., Анг.,Рус.

Для основных рек Грузии рассчитаны статистические характеристики пиков половодья, которые формируются мгновенно при наклаывании высоких волн дождевых и талых вод в мае-июне. Они представляют исходными данными для проектирования и планирования водохозяйственных объектов. Дан комплекс мероприятий для предотвращения существующих и ожидаемых экологических неполадок.

УДК 631.416.143

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЁННОСТИ ПОЧВЫ

<sup>1</sup>Сурмава А. А., <sup>2</sup>Тугуши Н. К., <sup>3</sup>Шавлиашвили Л. У.,  
<sup>3</sup>Инцкирвели Л. Н. Мдивани С.

<sup>1</sup>Институт Геофизики. М. Ноди, Грузия.

<sup>2</sup>Институт почвоведения, агрохимии и мелиорации. Грузия.

<sup>3</sup>Институт Гидрометеорологи Грузии, Грузия.

Засолённые почвы расположены в некоторых засушливых районах Восточной Грузии. Общая площадь таких земель составляет значительную территорию - около 250 тыс. га [1,2]. Засолённые почвы практически непригодны для сельскохозяйственного производства. Они характеризуются весьма низкой урожайностью. Такие почвы в большом количестве содержат токсичные вещества, которые под действием агромелиоративных и метеорологических процессов растворяются, превращаются в другие соли, фильтруются в глубь почвы или-же поднимаются на поверхность земли и накапливаются в определённых частях почвы. Процессы аккумуляции и переноса солей в почве зависят от многих факторов, в том числе от климатических условий территории и агрофизических и агрохимических свойств почвы [3,4].

В естественных природных условиях Грузии, в районах с влажным климатом, засолённых почв нет. Засолённые почвы встречаются только в Восточной Грузии, на территориях которой в результате капиллярного подъёма соляного раствора и испарения водяного пара, соль осаждается в верхней части почвы в виде кристаллических отложений. Если агрофизические свойства почвы таковы, что процесс инфильтрации преобладает над процессом капиллярного подъёма, соль должна переноситься в глубь почвы, и засоленность почвы на поверхности должна уменьшаться. Последнее предположение используется на практике для разработки методов рекультивации засолённых почв [4,5]. В настоящее время рекультивированы около 84 тыс. га. Урожайность этих земель низкая. Поэтому разработка новых методов улучшения качества почвы имеет важное практическое значение.

Одним из таких методов является уменьшение солёности солонцовых почв путем механического внесения активного сорбента и последующего и периодического орошения почвы [5]. Схема процесса уменьшения солёности следующая. В верхний 30-40 см слой почвы вносят активный сорбент, который способствует распаду NaCl на ионы. При орошении ионы натрия связываются с молекулами воды и переносятся вместе с водой в глубинные части почвы. В результате уменьшается солёность в верхней части почвы. При этом важно, чтобы геофизические свойства почвы обеспечивали бы преобладание

процесса инфильтрации над капиллярным подъёмом воды и растворенной соли.

Целью настоящей статьи является разработка математической модели вышеописанного процесса. Рассматривается активный слой почвы с толщиной 2 м. Поверхность почвы горизонтальна и физико-химические свойства почвы однородны по горизонтальным направлениям. Тогда можно рассмотреть одномерную задачу и процесс растворения соли и её инфильтрацию описать с помощью следующей системы уравнений [6, 7, 8 ]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial t} + \alpha(z,t) &= \frac{\partial}{\partial z} \left[ D(w+q) \frac{\partial w}{\partial z} \right], \\ \frac{\partial q}{\partial t} + \beta(z,t) &= \frac{\partial}{\partial z} \left[ D(w+q) \frac{\partial q}{\partial z} \right] - C(q - q_{sat}), \\ \frac{\partial Q}{\partial t} &= C(q - q_{sat}), \\ \sigma &= I - M + Q \end{aligned} \quad (1)$$

где  $t$  - время;  $z$  - вертикальная координата, направленная с поверхности земли в глубь почвы;  $w$  - объёмное содержание воды в почве;  $Q$  - объёмное содержание в почве нерастворённой фракции соли;  $q$  - объёмное содержание в почве растворённой фракции соли;  $D$  - коэффициент диффузии воды и растворённой фракции соли;  $M$  - объёмное содержание нерастворяющейся части почвы;  $C$  - скорость растворения соли;  $\alpha$  и  $\beta$  описывают инфильтрацию воды и растворённой фракции соли в почве. Их можно представить следующим образом:

$$\alpha(z,t) = \begin{cases} K_{\max} \frac{\partial w}{\partial z}, & \text{когда } K_{\max} \geq 10^{-5} \text{ cm/c} \\ \frac{w}{w+q} \frac{\partial K(w)}{\partial z}, & \text{когда } K_{\max} \leq 10^{-5} \text{ cm/c} \end{cases},$$

$$\beta(z,t) = \begin{cases} K_{\max} \frac{\partial q}{\partial z}, & \text{когда } K_{\max} \geq 10^{-5} \text{ cm/c} \\ \frac{q}{w+q} \frac{\partial K(q)}{\partial z}, & \text{когда } K_{\max} \leq 10^{-5} \text{ cm/c} \end{cases},$$

где  $K$  - коэффициент фильтрации. Значения коэффициентов фильтрации и диффузии определяются с помощью выражений [7]:

$$K(x) = K_{\max} R(x), \quad D(x) = D_{\max} R(x), \quad R = \left( \frac{x - x_0}{\sigma - x_0} \right)^{3.5} \frac{v_w}{v_x}.$$

Здесь  $x$  обозначает  $w$  или  $q$ ;  $K_{\max}$  и  $D_{\max}$  являются максимальными значениями коэффициентов фильтрации и диффузии, соответственно;  $\sigma$  -

пористость почвы;  $x_0$  - объемное содержание связанной воды в почве;  $\nu_x$  - молекулярная вязкость воды и растворенной соли.

Скорость растворения соли в воде в первом приближении можно записать следующим образом:

$$C = \frac{AQ}{Tq_{sat}},$$

где  $T=const$  - время, за которое достигается насыщенное состояние;  $A$  - постоянный коэффициент.

Для решения системы (1) используются следующие начальные и граничные условия:

$$w(0, z) = w_0, \quad q(0, z) = 0, \quad Q(0, z) = Q_0(z), \quad \text{когда } t = 0,$$

$$w(t, 0) = \begin{cases} w_0 + (\sigma - w_0) \sin \frac{2\pi t}{48 \text{ ч}}, & \text{когда } \begin{cases} 0 \leq t \leq 2 \times 24 \text{ ч.} \\ 30 \times 24 \text{ ч.} \leq t \leq 32 \times 24 \text{ ч.} \\ 60 \times 24 \leq t \leq 62 \times 24 \text{ ч.} \end{cases} \\ w_0, & \text{для остальных } t \end{cases},$$

$$\frac{\partial q(t, 0)}{\partial z} = \gamma q(t, 0) / q_{sat}, \quad \text{когда } z = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial z} = \frac{\partial q}{\partial z} = 0, \quad \text{когда } z = H.$$

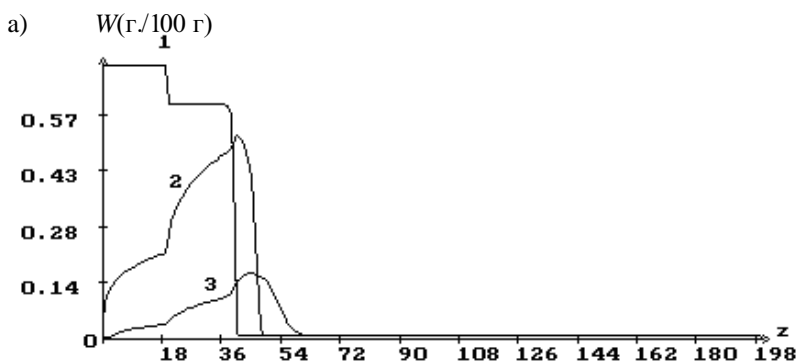
система уравнений (1) с условиями (2) решается численно с помощью неявной монотонной схемы [8] на равномерной сетке. Используются следующие значения параметров [4,5]:  $H = 2$  м;  $T = 1$  час;  $q_{sat} = 0.35w$ ;  $\gamma = 5 \times 10^{-8}$  м/ $A = 0.005$ ;  $\nu_w = \nu_x$ ;  $w_0 = 0.07$ ;

Численное моделирование изучаемого процесса осуществлялось в течение 90 суток. Согласно формуле (2) в течение 1-2, 31-32 и 61-62 суток почва орошалась. При этом за первые четыре часа содержание воды на поверхности почвы достигало максимального значения (пористости почвы) и оставалось постоянным в течение 40 часов, после чего в течение четырёх часов постепенно уменьшалось до минимального значения (объемного содержания связанной воды). Результаты численного моделирования иллюстрируются на рис.1- 4.

Таблица 1 Значения гидрофизических параметров почвы

глубина	пористость	остаток су-	коэффициент	коэффициент
---------	------------	-------------	-------------	-------------

(см)	почвы	хой соли, $Q$ (г/100г)	фильтрации, $K_{max}$ (см/с)	диффузии, $D$ (см <sup>2</sup> /с)
0-20	0.7	0.45	$5 \times 10^{-3}$	$10^{-7}$
20-40	0.6	1.04	$1 \times 10^{-4}$	$10^{-7}$
40-60	0.5	1,32	$10^{-6}$	$10^{-7}$
60-80	0.5	1.20	$10^{-6}$	$10^{-7}$
80-100	0.5	1.20	$10^{-6}$	$10^{-7}$
100-200	0.5	1,20	$10^{-6}$	$10^{-7}$



б)  $W$  (г/100 г)

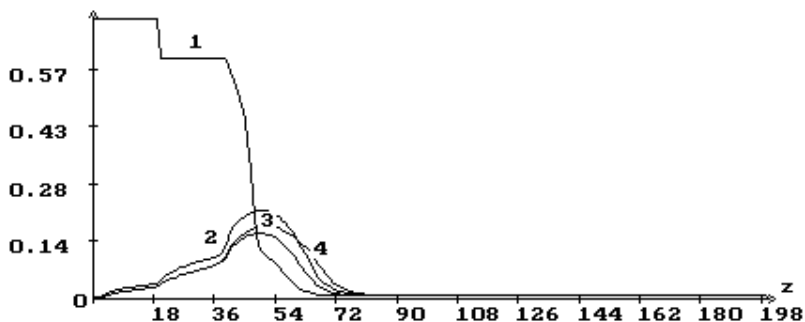


Рис. 1. Объёмное содержание воды в почве (г/100 г):

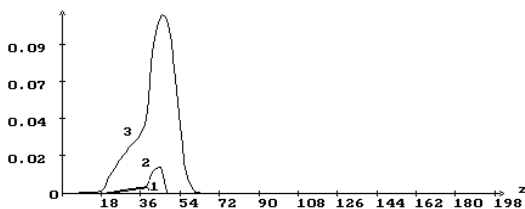
а)  $t = 1, 2$  и 15 суток – эюры 1, 2 и 3, соответственно;

б)  $t = 32, 60, 75$  и 90 –эюры 1, 2, 3 и 4, соответственно.

На рис. 1 показаны эюры объёмного содержания воды для различных моментов времени. Из рис. 1а видно, что к концу первых суток верхний 40 см

слой почвы полностью насыщен водой. Вода в нижний слой почвы ещё не проникла. К концу вторых суток на поверхности почвы содержание воды значительно уменьшено и оно начинает постепенно проникать в нижний 40-60 см слой почвы. К 15 суткам поверхность почвы полностью осушена и водность почвы растёт с глубиной. Максимальное водосодержание находится на уровне около 45 см. Ниже этого уровня водность резко падает. Так продолжается до тридцати первых суток. Начиная с 31сутки, из-за повторного орошения, описанный выше процесс повторяется с периодичностью, равной тридцати суткам (Рис. 1б). Из этих рисунков можно заметить, что интенсивность инфильтрации существенно зависит от максимального значения коэффициента фильтрации. Поскольку значения  $K_{\max}$ , ниже уровня 40 см, на один и два порядка меньше, чем значения  $K_{\max}$  в верхних слоях, то проникновение воды в слой 40-60 см происходит значительно медленнее, чем в слои 0-20 см и 20-40 см. В целом получено, что за 90 суток в результате трёхразового орошения, водосодержание почвы существенно меняется лишь до глубины 80 см. Глубже отмечается только незначительное увеличение объёмного содержания воды.

а)  $q$  (г/100 г)



б)  $q$  (г/100 г)

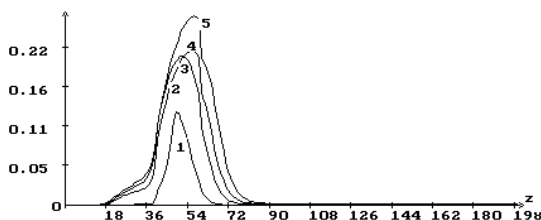


Рис. 2. Объёмное содержание растворённой соли в почве (г/100 г):

а)  $t = 1, 2$  и 15 суток – эпюры 1, 2 и 3, соответственно;

б)  $t = 32, 60, 62, 75$  и 90 суток – эпюры 1, 2, 3, 4 и 5, соответственно.

На рис. 2 показаны распределения в почве растворённой фракции соли для различных моментов времени. Из рис. 2а видно, что изменение водности

почвы вызывает соответствующее влияние на содержание в почве растворённой фракции соли. В начальный момент времени концентрация растворённой соли в почве равна нулю. С орошением земли и проникновением воды в почву начинается растворение соли. В течение первых суток растворено лишь малое количество соли. Растворение соли сопровождается её инфильтрацией в почву. Поэтому, при  $t = 1$  суткам концентрация растворённой соли максимальна на глубине 40 см. В последующие моменты времени значительно растёт объёмное содержание растворённой соли, положение её максимума постепенно и медленно перемещается в глубину почвы. К моменту времени  $t = 90$  суткам максимальное содержание растворённой соли равно 0.3 г на 100 г почвы и оно находится на глубине 60 см.

На рис 3а, 3б показаны эпюры нерастворённой фракции соли. Из рисунка видно, что растворение происходит в тех частях почвы, куда поступила инфильтрированная вода. Уменьшение объёмного содержания нерастворённой фракции соли различно на разных уровнях почвы. Оно большое в слое 20-50 см. В целом, за период 90 суток, в верхнем 70 см слое почвы получено уменьшение объёмного содержания нерастворённой фракции соли.

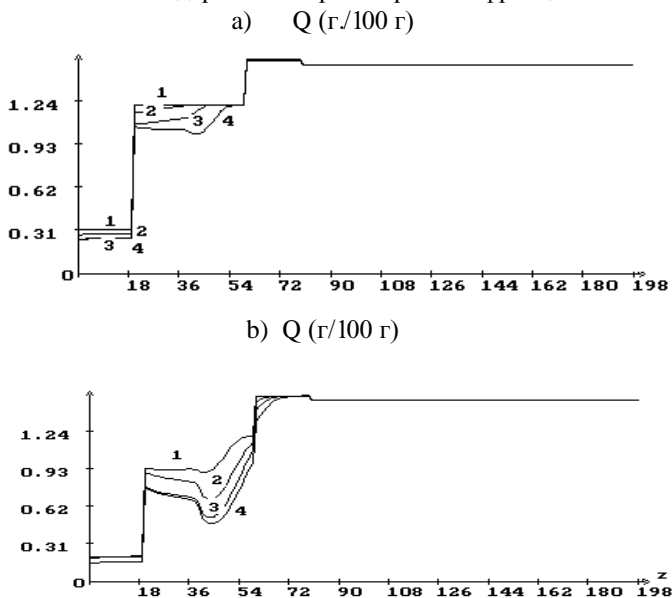


Рис. 3. Объёмное содержание нерастворённой соли в почве (г./100 г):

а)  $t = 1, 2$  и 15 суток – эпюры 1, 2 и 3, соответственно;

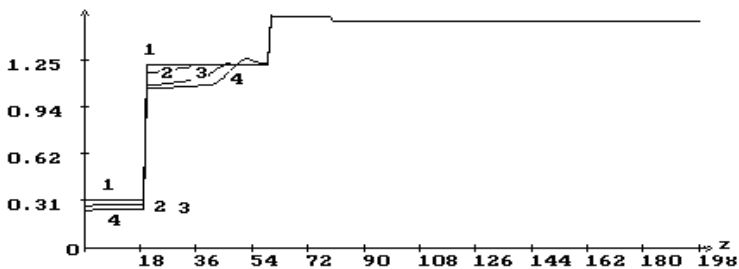
б)  $t = 32, 60, 75$  и 90 суток – эпюры 1, 2, 3 и 4, соответственно.

На рис. 4 показаны эпюры суммарного содержания (растворённого и нерастворённого фракций) соли в почве для различных моментов времени. Из

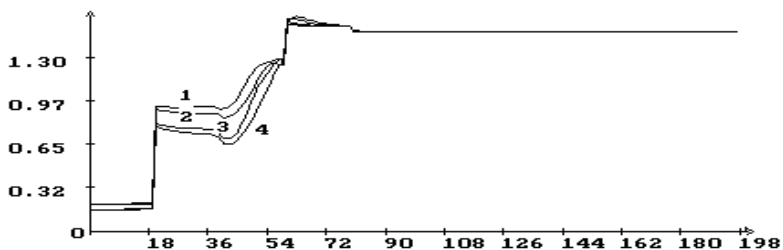


рисунков видно, что за 90 суток в верхнем 60 см слое почвы получено уменьшение суммарного содержания соли. Темп изменения объёмного содержания соли различен. В начале процесса он несколько медленный, постепенно растёт до наступления квазипериодического состояния.

а)  $Q+q$  (г/100 г)



б)  $Q+q$  (г/100 г)



в)  $Q+q$  (г/100 г)

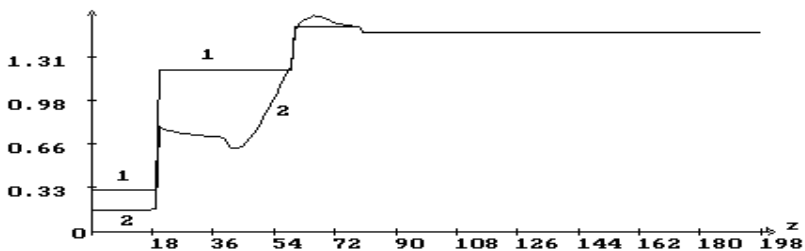


Рис. 4. Объёмное содержание суммарной соли в почве (г/100 г):

- а)  $t = 0, 1, 2$  и 15 суток – эпюры 1, 2, 3 и 4, соответственно;
- б)  $t = 32, 60, 75$  и 90 суток – эпюры 1, 2, 3 и 4, соответственно.
- в)  $t = 0$  и 90 суток – эпюры 1 и 2, соответственно

Неоднородно также и изменение объёмного содержания соли в зависимости от глубины почвы. В слое 0-20см объёмное содержание соли

уменьшено на 0.3 (г/100 г). Максимальное уменьшение объёмного содержания соли 0.5-0.7 (г/100 г) получено в слое 20-40 см. Ниже 60 см суммарное содержание соли в почве растёт. В слое 60-80 см объёмное содержание соли увеличено на 0.07-0.25 (г/100 г), а в слое ниже 80 см -2 м на 0.05-0.07 (г/100 г).

Если сравнить результаты моделирования с данными экспериментальных измерений процесса рассоления [2,4], можно заметить, что они качественно весьма близки. В количественном отношении это сказать трудно, поскольку реальный процесс намного сложнее, чем предложенная модель. Кроме этого, протекание во времени процесса инфильтрации воды и растворённой фракции соли в почву, изменение во времени содержания соли в почве показывают, что математическая модель в первом приближении правильно описывает реальный геофизический и геохимический процессы. Поэтому, математическая модель требует дальнейшего совершенствования путём уточнения геофизических и геохимических факторов: уточнения значений коэффициентов фильтрации и диффузии, определения скорости растворения соли и её кристаллизаций, учёта влияния теплофизических свойств почв и растительности и др.

#### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Сабашвили М. - Почвы Грузии. Тбилиси: Мецниереба. 1967. 372 с. (на груз. яз.).
2. Маргвелашвили Г., Тугуши Н. Агромелиоративные методы повышения урожайности засоленных и солонцовых почв аридных регионов Грузии. Периодический научный журнал «Интеллект». 2007, с. 28-31. (на груз. яз.).
3. Джорбенадзе Л. - Минерализация грунтовых вод Алазанской долины и токсичные соли на примере опорного пункта Цнори. Сборник трудов Института почвоведения, агрохимии и мелиорации им. М. Сабашвили. 2000, с. 261-267. (на груз. яз.).
4. Джорбенадзе Л. - Влияние полива на физико-химические свойства засоленных почв. Сборник трудов Института почвоведения, агрохимии и мелиорации им. М. Сабашвили. 2000, с. 295-302. (на груз. яз.).
5. Тугуши Н., Джорбенадзе Л. - Роль комплексной мелиорации в деле улучшения солонцовых почв. Материалы 7-го съезда почвоведов и агрохимиков Украины. Харьков, 2006, с. 207-210.
6. Чайдс Э. Физические основы гидрологии почв. Л.: Гидрометеиздат. 1973. 427 с.
7. Чудновский А. Ф. – Теплофизика почв. М.: Наука. 1976. 355 с.
8. Сурмава А. А. Математическое моделирование переноса растворенного вещества в почве. Труды ЗабНИГМИ. вып. 86(93), 1988. с. 3-9.

9. Марчук Г. И. - Численные методы в прогнозе погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1967, 356 с.

УДК 631.416.143

**ნიადაგის მარილიანობის ცვალებადობის მათემატიკური კვლევა.** /სურმავა ა., ტუღუში ნ., შავლიაშვილი ლ., ინჭკირველი ლ., მდივანი ს./კმი-ს შრომათა კრებული -200.-ტ.115.-გვ. 317-325.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნიადაგში წყლისა და გახსნილი მარილის ინფილტრაციის განტოლებების რიცხვითი ინტეგრირების საშუალებით მოდელირდება ბიცობიანი ნიადაგის ზედა ფენის მარილიანობის შემცირების პრაქტიკაში გამოყენებული ერთ-ერთი მეთოდი. ნაჩვენებია, რომ მეთოდი ნიადაგის ფილტრაციის და დიფუზიის კოეფიციენტების გარკვეული მნიშვნელობებისა და 90 დღელამის განმავლობაში სამჯერადი მორწყვის შემთხვევებში იწვევს ნიადაგის ზედა 70 სმ ფენის მარილიანობის შემცირებას.

UDC 631.416.143

**STUDY THE CHANGE SOILS SALINITIES BY MATHEMATIC METHODS.** /Surmava A., Tugushi N., Shavliashvili L., Intskirveli L., Mdivani S./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 317-325.- Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

By numerical integration of the water and dissolved nitrite infiltration equations in the soil used on practice the method of reduction of salinity in the top layer of the solonetz ground numerically is modeled. The numerical investigation shows that the modeled method, at the certain values of coefficients of the infiltration and diffusion and at a thrice irrigation of the ground for 90 day, can decrease the salinity in the upper 70 cm layer of soil. The dissolved salt from the upper layer gradually is washed away and carried in the deep layer, leading an insignificant increase of the salinity of the ground below 70 cm.

УДК 631.416.143

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЁНОСТИ ПОЧВЫ.** /Сурмава А.А., Тугуши Н.К., Шавлиашвили Л.У., Инцкирвели Л.Н., Мдивани С./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 317-325. – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Путем численного интегрирования уравнения инфильтрации воды и растворённой соли в почве численно моделируется используемый на практике метод уменьшения солёности в верхнем слое солонцевой почвы. Показано, что метод при определённых значениях коэффициентов инфильтрации и диффузии и трёхразового орошения за 90 суток, может уменьшить солёность в верхнем 70 см слое почвы. Растворённая соль из верхнего слоя постепенно вымывается и переносится в глубинные слои, приводя к незначительному увеличению солёности почвы ниже 70 см.

*Салуквадзе Т.Г. , Салуквадзе М. Т., Хелаия Э.И.  
Институт геофизики им. М. Нодия, Тбилиси*

УДК. 550.42;54.064

## **ЗАВИСИМОСТЬ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПОСТОЯННОМ ЗНАЧЕНИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА**

Основная часть минералов (приблизительно 80 %), находящихся в атмосферных осадках, попадают в них после начала их выпадения. Отсюда следует, что как общая минерализация, так и химический состав атмосферных осадков во многом зависит от местных условий: метеорологических, климатических, терригенных, антропогенных и других. Зная результаты влияния этих факторов на минерализацию атмосферных осадков, представится возможность оценить направлению их изменения.

Влияние на общую минерализацию ( $\Sigma_n$ ) атмосферных осадков различных метеорологических условий, предшествующих или сопутствующих их выпадению, изучали разные исследователи [1,2,3,4,5]. Было найдено, что увеличение температуры ( $t$ ) приземного слоя воздуха атмосферы влечет за собой увеличение общей минерализации осадков, а при больших значениях относительной влажности ( $f$ ) осадки менее минерализованы. Эти факты объяснялись тем, что с увеличением температуры воздуха связана интенсификация конвективных движений в атмосфере, вследствие чего увеличивается вероятность попадания в атмосферу, и оттуда в дождевые капли, терригенных аэрозолей. А увеличение относительной влажности является одной из причин уменьшения кинетической устойчивости аэрозолей[3] и увеличения количества осадков [6], что приводит к уменьшению числа таких ионов, которые вносят основной вклад в минерализацию осадков. Такими ионами являются  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^-$ , наличие которых в атмосферных осадках Кахетинского региона Грузии вызвано присутствием гипса в большом количестве в почвах этого региона[7].

Изучение влияния температуры или относительной влажности на минерализацию осадков в отдельности, как отмечалось выше, проводили не один исследователь. Однако каков результат влияния этих двух факторов одновременно на минерализацию осадков не совсем ясно, тем более что между  $t$  и  $f$  имеется тесная корреляционная связь.

Для решения этой задачи воспользовались базой данных, которая объединяет информацию о суммарной минерализации атмосферных осадков, пробы которых (487 проб) были собраны в Кахетинском регионе Грузии и метеорологических условий, предшествующих и сопровождающих выпадению осадков.

Для удобства анализа результатов общий диапазон изменения относительной влажности (30 – 100 %) разделили приблизительно на три равные интервала (30 – 55 %; 55 – 75 % и 75 – 100 %), с тем расчетом, чтоб в каждый интервал попадали приблизительно одинаковое число проб осадков (больше чем 100 проб). Для каждого интервала строили тренд  $\Sigma_i - t$  зависимости, считая, что в этих интервалах относительная влажность не меняется и равняется среднему арифметическому граничных значений интервалов.

Результаты наших исследований графически представлены на рисунке ниже. На графике вместе с тремя кривыми для диапазонов относительной влажности:  $30 < f_1 \leq 55 \%$ ;  $55 < f_2 \leq 75 \%$  и  $75 < f_3 \leq 100 \%$  нанесена кривая для всего диапазона изменения относительной влажности ( $30 < f_4 \leq 100 \%$ ).

Как видно из графика минерализация атмосферных осадков менее всего чувствительна к относительной влажности при температуре около  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Выше температуры  $26 \text{ }^\circ\text{C}$  ее рост вызывает уменьшение минерализации при относительной влажности  $\leq 75 \%$ , а при  $f > 75 \%$  такое уменьшение происходит при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Это происходит из-за того, что продолжительные и обильные осадки очищают нижние слои атмосферы, при этом значения относительной влажности приземного слоя воздуха высокие и потому увеличение температуры не может вызывать рост значения минерализации.

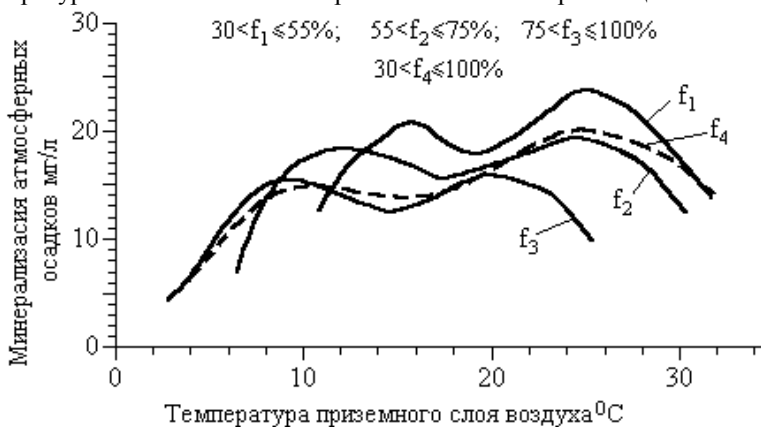


Рис. График зависимости общей минерализации от температуры приземного слоя воздуха при постоянном значении относительной влажности.

Все три кривые имеют по две максимума, которые с уменьшением значений относительной влажности смещаются вправо в сторону увеличения температуры.

Экстремальные значения минерализации соответствуют: абсолютный минимум - температуре  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности 75 – 100 %, абсолютный максимум - температуре  $24,3 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности 30 – 55 %.

Полученные нами результаты могут быть использованы при оценке влияния температуры и относительной влажности приземного слоя воздуха на общую минерализацию атмосферных осадков Кахетинского региона Грузии.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. А.Х. Гиренко - 1959, Некоторые закономерности в химии вод атмосферы. Гидрохимические материалы. Ленинград. “Гидрометеиздат”, т. 28. с. 57-63.
2. О.П. Петренчук. 1979. Экспериментальные исследования атмосферного аэрозоля. Ленинград, “Гидрометеиздат”, 473 с.
3. Г.Д. Супаташвили 1973. Некоторые закономерности формирования химического состава атмосферных осадков в Грузинской ССР. Москва. Труды института Океанологии, т. 63. с. 93-98.
4. R.C. Dalal. 1978. The effect of some meteorological parameters on the chemical composition of precipitation at the University Field Station, Trinidad, West Indies. J. Appl. Meteorol., vol. 17. No. 1. pp. 972-979.
5. Л.Ш. Абесалашвили, Т.Г. Салуквадзе, Г.Д. Супаташвили. 1990, Ленинград. Влияние метеорологических условий на химический состав атмосферных осадков Восточной Грузии. “Гидрометеиздат”, Метеорология и гидрология, т. 12. с. 75-80.
6. ზ. ხვედელიძე. 1998. თბილისი, სინოპტიკური მეტეოროლოგია. “თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“, 190 გვ.
7. მ.ნ. საბაშვილი 1965, თბილისი, საქართველოს სსრ ნიადაგები. გამომც. „მეცნიერება“, 375 გვ.

УДК 550.42;54.064

**ატმოსფერული ნალექების საერთო მინერალიზაციის მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურისაგან დამოკიდებულება მუდმივი ფალობითი ტენიანობის დროს/სალუქვაძე თ., სალუქვაძე მ., ხელაია ე./ჰმი-ს შრომათა კრებული - 2008.-ტ.115.-გვ. 326-329.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

შესწავლილია ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციაზე მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურის გავლენა ფარდობითი სინოტივის მუდმივი მნიშვნელობების დროს. სტატისტიკურად უზრუნველყოფილი ექსპერიმენტალური მასალის ანალიზის საფუძველზე ნაპოვნია, რომ ფარდობითი სინოტივის სამი დიაპაზონისათვის (30-55; 55-75; 75-100) მინერალიზაციის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკს გააჩნია ორ-ორი მაქსიმუმი, რომლებიც ფარდობითი სინოტივის კლებასთან ერთად ინაცვლებენ ტემპერატურის მაღალი მნიშვნელობებისაკენ.

UDC 550.42;54.064

**DEPENDENCE OF A COMMON MINERALIZATION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION FROM SURFACE TEMPERATURE OF AIR AT CONSTANT VALUE OF A RELATIVE HUMIDITY. /Salukvadze T.G., Salukvadze M.T., Khelaia E.I./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 326-329. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

The temperature effect of a ground stratum of air on communal salinity of precipitation at constant value of relative humidity is studied. On analysis statistically

provided material is retrieved, that graphs of salinity against temperature for three ranges of relative humidity (30-55; 55-75 and 75-100 %) have till two maxim's, which one are dislodged in the side of large values of temperature in conditions of an abatement of relative humidity.

УДК 550.42;54.064

**ЗАВИСИМОСТЬ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА ПРИ ПОСТОЯННОМ ЗНАЧЕНИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ./Салуквадзе Т.Г., Салуквадзе М.Т., Хелая Э.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 326-329. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

Исследовано влияние температуры приземного слоя воздуха на общую минерализацию атмосферных осадков при постоянном значении относительной влажности. На анализе статистически обеспеченного материала найдено, что графики зависимости минерализации от температуры для трех диапазонов относительной влажности (30-55; 55-75 и 75-100 %) имеют по два максимума, которые смещаются в сторону больших значений температуры в условиях уменьшения относительной влажности.

**LINEAR TRANSIENT DYNAMICS OF PERTURBATIONS IN  
NONGEOSTROPHIC FLOWS WITH A CONSTANT VERTICAL SHEAR**

1. Introduction

Stationary zonal flows with vertical shear and stratification are frequently found in the atmosphere and ocean. It is now well established that perturbations in these flows (e.g. coherent structures) gain the mean flow energy due to the linear mechanism. In other words, they emerge from the analysis of governing dynamical equations linearized about the mean shear flow ([1],[19],[5],[11],[12],[15]). However, the operators occurring in such linearized dynamical equations are nonnormal, due to the shear of the mean velocity field, and corresponding eigenfunctions are nonorthogonal and strongly interfere ([38]), thereby very much complicating the comprehension of perturbation dynamics. For this reason classical canonical spectral (modal) method of hydrodynamics, i.e., spectral expansion of perturbed quantities in time, usually does not (actually it is unable to) predict and characterize finite-time/transient phenomena (existing even in the simplest shear flows).

Among finite-time phenomenon that occur due to the nonnormality of governing operators one can distinguish strong linear transient growth of perturbations in smooth (without inflection point) shear flows ([39],[11],[16],[22],[40],[5]) including the case of stratified shear flows ([13],[1]) and linear coupling of different perturbation modes. The mode coupling, yet not fully appreciated by the meteorological community has originally been revealed and thoroughly described in the simplest nonrotating shear flow in [6] and in zonal nongeostrophic flows with horizontal shear in [27]. In these papers the linear conversion of vortical perturbations into wave ones is investigated. Traditionally, coupling among different perturbation modes is associated with nonlinear effects, whereas as shown here and above two papers it persists even in the linear theory provided there is a shear of mean velocity field. These two basic linear phenomena originating from the velocity shear, or nonnormality should be taken into consideration for the proper determination of turbulent spectra and the structure of coherent motions.

In the present paper we investigate the linear dynamics of perturbations in unbounded zonal inviscid flows with a constant vertical shear of velocity, when a fluid is incompressible and density is stably stratified along the vertical and meridional (or spanwise) directions. Such a flow can be considered as a model of boundary layer or of a thermal wind. We will show below that in such a flow the meridional stratification of the density arises naturally in the presence of Coriolis force and vertical shear. One can look on this in another way, in a rotating fluid the vertical shear of zonal mean velocity is maintained by the meridional gradient of



density (temperature). In the case of the latter interpretation we arrive at the definition of a thermal wind.

Perturbations to this type of flow can be divided into two main classes: symmetric that are independent of the streamwise coordinate and nonsymmetric with streamwise dependence. The theory of symmetric perturbations is quite well developed by now. Necessary and sufficient conditions for symmetric stability are formulated in fundamental papers ([44],[45],[36],[18]). Linear theory of the symmetric instability is presented in papers ([3],[41],[9],[43]). In these papers it is shown, in particular, that flows with a constant vertical shear are symmetrically unstable if Richardson number  $Ri < 1$ . Subsequent evolution of the symmetric instability leads to the emergence of billows in the plane perpendicular to the flow. Active development of symmetric instability theory is connected with the problems of generation of the Gadlay cells in the atmosphere, frontal cloud bands, band structure of the Jupiter's atmosphere ([29],[30],[21],[44],[45],[42]). There are a number of important results obtained in the theory of nonlinear symmetric instability ([25],[26],[8],[32],[33],[28]). However, symmetric perturbations do not display the above mentioned transient phenomena. All these phenomena arise only in the case of nonsymmetric perturbations. So, in this paper we restrict our attention to nonsymmetric perturbations only, however in the case where the condition for symmetric instability,  $Ri < 1$ , is met. We show that these perturbations can be classified into two fundamental types/modes – wave and vortex – according to the value of potential vorticity (PV). Wave perturbations are oscillatory and have zero PV, whereas vortex perturbations are aperiodic and have nonzero PV. Such a classification is analogous to that accepted in the adjustment theory ([35], [4], [20], [46],[2]). In the considered case, these two modes appear to be linearly coupled for a certain range of characteristic parameters of the problem. Specifically, initially imposed vortex mode perturbations evolving in the flow gain the mean flow energy and generate wave mode perturbations. This linear coupling is due to the Coriolis force and shear, or nonnormality. Here we describe in detail this mode coupling phenomenon. In the analysis we employ a so-called nonmodal approach we trace the linear dynamics of spatial Fourier harmonics of perturbations in time.

The paper is organized as follows: mathematical formalism is presented in Sec. II. The dynamics of non-symmetric wave and vortical perturbations are studied numerically in Sec. III. Conclusions are given in Sec. IV.

## 2. Mathematical formalism

The dynamics of a rotating stratified incompressible fluid on an  $f$ -plane in the Boussinesq approximation is governed by the following set of equations:

$$\frac{d\mathbf{V}}{dt} + f[\mathbf{n}, \mathbf{V}] = -\nabla P + \sigma\mathbf{n}, \quad \frac{d\sigma}{dt} = 0, \quad \text{div}\mathbf{V} = 0, \quad (1)$$

where  $\mathbf{V}$  is the velocity with components  $u, v, w$  along the zonal ( $x$ ), meridional ( $y$ ) and vertical ( $z$ ) axes respectively,  $\sigma \equiv -g\rho'/\rho_*$  is the buoyancy,  $\rho'$  is the devia-

tion of density from the background value  $\rho_* = const$ ,  $P \equiv p'/\rho_*$ ,  $p'$  is the deviation of pressure from the hydrostatic value,  $g$  is the gravitational acceleration,  $f$  is the Coriolis parameter,  $\mathbf{n}$  is the unit vector along the vertical  $z$ -axis,  $d/dt = \partial/\partial t + (\mathbf{V}, \nabla)$  is the total derivative operator. From Equations (1) follows the conservation of potential vorticity ([20],[37]):

$$\frac{dq}{dt} = 0, \quad q \equiv (\text{curl} \mathbf{V} + f\mathbf{n}, \nabla \sigma). \quad (2)$$

There exists a class of exact analytic solutions of Equations (1) describing geostrophic zonal flows with velocity shear along the vertical and meridional directions:

$$\mathbf{V}_0 = (\bar{u}(y, z), 0, 0), \quad P = \bar{P}(y, z), \quad \sigma = \bar{\sigma}(y, z), \quad f\bar{u} = -\partial\bar{P}/\partial y, \quad \bar{\sigma} = \partial\bar{P}/\partial z. \quad (3)$$

From Equations (3) follows the equation of thermal wind  $f \partial\bar{u}/\partial z = -\partial\bar{\sigma}/\partial y$ . The vertical and meridional gradients of  $\bar{\sigma}$ , denoted respectively as  $N^2$  (Brunt-Vaisala frequency) and  $S^2$ , are assumed to be spatially constant.

Let us investigate the stability of an unbounded geostrophic zonal flow with a vertical shear of velocity given by  $A \equiv S^2/f$  (Eady flow):

$$\bar{u} = Az, \quad \bar{\sigma} = N^2 z - S^2 y. \quad (4)$$

Assuming  $\mathbf{V} = \mathbf{V}_0 + \mathbf{V}'$ ,  $\sigma = \bar{\sigma} + \sigma'$ ,  $P = \bar{P} + P'$  in Equations (1), in the linear approximation for the small deviations  $\mathbf{V}'$ ,  $\sigma'$ ,  $P'$  from (4) we obtain the system (primes are omitted):  
where

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + Az \frac{\partial}{\partial x}.$$

From Equations (5) one can easily derive the conservation law for linearized potential vorticity:

$$\frac{Dq}{Dt} = 0, \quad q = \frac{1}{f} \left( S^2 \frac{\partial \sigma}{\partial y} + f^2 \frac{\partial \sigma}{\partial z} \right) + N^2 \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) - S^2 \left( \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right), \quad (6)$$

representing the linearized form of Equation (2) and playing an important role in the subsequent analysis. Following the standard method of non-modal approach ([10],[6],[1],[27]), we introduce the spatial Fourier harmonics of perturbations with a time dependent, or "drifting" in wavenumber  $(k, l, m)$  space, vertical wavenumber  $m(t)$ :

$$(u, v, w, \sigma, P, q) = (\tilde{u}(t), \tilde{v}(t), \tilde{w}(t), \tilde{\sigma}(t), \tilde{P}(t), \tilde{q}) \exp(ikx + ily + im(t)z) \quad (7)$$

where  $k, l, m(t) \equiv m - Akt$  are the zonal, meridional and vertical wavenumbers respectively.  $\tilde{u}(t), \tilde{v}(t), \tilde{w}(t), \tilde{\sigma}(t), \tilde{P}(t)$  are the amplitudes depending only on time. Note that the amplitude  $\tilde{q}$  does not depend on time, because of the conservation of potential vorticity. In the physical variables  $(x, y, z)$ , the representation (7) describes a harmonic plane wave with a time-dependent amplitude and phase  $\theta = kx + ly + m(t)z$ . As the meridional wavenumber  $m(t)$  is time-dependent, the surface of constant phase rotates and becomes nearly parallel to the horizontal  $(x, y)$  plane in the limit  $t \rightarrow \infty$ . Substituting Equations (7) into Equations (5)-(6), making

$$At \rightarrow t, (\tilde{u}/u_0, \tilde{v}/u_0, \tilde{w}/u_0) \rightarrow (\tilde{u}, \tilde{v}, \tilde{w}), \quad \tilde{\sigma}/Au_0 \rightarrow \tilde{\sigma}, \quad -ik\tilde{P}/Au_0 \rightarrow \tilde{P}, \quad -i\tilde{q}/u_0kA^2 \rightarrow \tilde{q},$$

where  $u_0$  is a typical mean flow velocity, and introducing notations: nondimensional Coriolis parameter  $T \equiv 1/\text{Ro} = f/A$ , Richardson number  $\text{Ri} \equiv N^2/A^2$ ,  $a(t) \equiv m(t)/k$ ,  $b \equiv l/k$  ( $k \neq 0$ ), for the time-dependent amplitudes we finally get:

$$\frac{d\tilde{u}}{dt} - T\tilde{v} + \tilde{w} = \tilde{P}, \quad \frac{d\tilde{v}}{dt} + T\tilde{u} = b\tilde{P}, \quad \frac{d\tilde{w}}{dt} - \tilde{\sigma} = a(t)\tilde{P}, \quad \frac{d\tilde{\sigma}}{dt} - T\tilde{v} + \text{Ri}\tilde{w} = 0, \quad \tilde{u} + b\tilde{v} + a(t)\tilde{w} = 0, \quad (8)$$

and the conservation of potential vorticity

$$(b + Ta(t))\tilde{\sigma} + \text{Ri}(\tilde{v} - b\tilde{u}) + T(\tilde{w} - a(t)\tilde{u}) = \tilde{q} = \text{const}. \quad (9)$$

Because from here on we use only these amplitudes everywhere, tildes over them will be omitted. Note that the perturbation dynamics depends on the ratios of wavenumbers  $a(t)$  and  $b$ , since there is no characteristic length scale in the problem. As mentioned in the Introduction, we focus on Richardson numbers in the range  $\text{Ri} < 1$ , which may occur in fronts and jet streaks. If we take  $H = 10$  km for the height of the earth atmosphere and the characteristic of large scale flows velocity  $u_0 = 10\text{ms}^{-1}$ , for the shear parameter we find  $A = u_0/H = 10^{-3}\text{s}^{-1}$  and, consequently, for  $T = f/A = 0.1, \text{Ro} = 10$  ( $f = 10^{-4}\text{s}^{-1}$ ).

Using Equation (9) and after some algebra, system (8) reduces to the following second order inhomogeneous differential equation for  $h \equiv \sigma\sqrt{s^2(t)/B(t)}$ :

$$\frac{d^2h}{dt^2} + w^2(a(t), b, \text{Ri}, T)h = qF(t), \quad (10)$$

where

$$s^2(t) \equiv 1 + b^2 + a^2(t), \quad B(t) \equiv (\text{Ri}(1 + b^2) + Tba(t))^2 + T^2s^2(t).$$

The form of  $w^2$  and the coupling function  $F(t)$  as well as the equations expressing  $u, v, w, P$  through  $\sigma$  and  $d\sigma/dt$  are given in the Appendix.

The combined effect of the earth rotation (Coriolis parameter), vertical shear and stratification leads to the emergence of broad conic unstable regions (where  $w^2 < 0$ ) together with much smaller central unstable regions only for  $Ri < 1$ . These unstable regions shrink and become vanishing with increasing  $Ri$ . As we will see below, their role in the dynamics is much reduced starting from  $Ri \approx 1$ . Because of the shear the square of the frequency  $w^2$  becomes time-dependent; drifting in  $(a, b)$  plane spatial Fourier harmonic of perturbation crosses alternatively stable and unstable regions which is reflected in the evolution plots of various perturbed quantities presented below.

The non-dimensional perturbation energy density of a single plane wave may be given in terms of the Fourier amplitudes by

$$E = \frac{1}{2} (|u|^2 + |v|^2 + |w|^2) + \frac{|\sigma|^2}{2Ri}.$$

The first term in this expression represents the kinetic energy and the second one the potential energy of perturbations. The evolution equation for the energy is straightforward to derive:

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{1}{2} (uw^* + wu^*) + \frac{T}{2Ri} (v\sigma^* + \sigma v^*),$$

where the asterisk denotes the complex conjugate. The first term describes energy gain (or loss) by perturbations due to Reynolds stress, while the second term is energy gain (or loss) due to meridional heat flux [24]. Energy extraction from the mean flow by perturbations is possible solely due to shear; in the shearless limit, or in the absence of meridional stratification, the perturbation energy is a conserved quantity.

Equation (10) describes two different modes/types of perturbations:

(1) ageostrophic inertio-gravity wave mode  $h^{(w)}$ ; that is oscillatory and is determined by a general solution of the corresponding homogeneous equation and has zero potential vorticity,

(2) geostrophic vortex mode  $h^{(v)}$ ; that is aperiodic, originating from the equation inhomogeneity  $qF(t)$ , and is associated with a non-oscillatory part of a particular solution of the inhomogeneous equation. In the shearless limit this mode is independent of time and characterized by zero density and vertical velocity perturbations and non-zero potential vorticity, however, in the presence of shear and rotation it acquires non-zero density and vertical velocity perturbations as well. Therefore, vortex/aperiodic mode is uniquely determined. The amplitude of the vortex mode is proportional to  $q$  and goes to zero when  $q = 0$ . Such a separation of modes is appropriate only far from the unstable regions where the adiabatic (WKBJ) condition with respect to time,  $|w'(t)/w^2(t)| \ll 1$ , holds.

Performed here classification of perturbation modes into two types – waves and vortices – depending on the value of potential vorticity is analogous to that accepted in the classical linear theory of geostrophic adjustment ([35],[4],[20],[2],[46]).

In the following we will keep to the physical standpoint of separation of perturbation modes. Thus, the general solution of Equations (8) can be expressed as a superposition of oscillatory/wave and aperiodic/vortex components and we write:

$$\begin{aligned} u &= u^{(w)} + u^{(v)}, & v &= v^{(w)} + v^{(v)}, \\ w &= w^{(w)} + w^{(v)}, & \sigma &= \sigma^{(w)} + \sigma^{(v)}. \end{aligned}$$

In fact, the (modified) initial value problem is solved by Equation (10) (or, equivalently, by Equations (8)). The character of the subsequent dynamical evolution depends on the mode of perturbation inserted initially in Equations (8) or (10): a pure wave mode (without admixes of aperiodic vortices) or a pure aperiodic vortex mode (without admixes of waves). The primary aim of the present paper is to investigate the properties of the vortex mode, in particular, the generation of the wave mode by the vortex mode and the transient amplification of the vortex mode itself until the point of wave generation for small Richardson numbers,  $Ri \leq 1$ . For large Richardson numbers very weak coupling was found between ageostrophic inertio-gravity waves and geostrophic vortical perturbations ([23]), while for intermediate Richardson numbers this coupling is quite appreciable ([24]): inertio-gravity waves first undergo transient amplification and then generate vortical perturbations. Here we show that for small Richardson numbers the transient amplification is even stronger and the conversion of geostrophic vortical perturbations into ageostrophic inertio-gravity waves can also take place. Due to the strict conservation of PV in the present problem, wave mode can not generate vortex mode, because the former is characterized by zero PV that is conserved during the entire course of evolution.

### 3. Numerical analysis of vortex mode evolution: generation of waves by the vortex mode

In this subsection we describe the linear mechanism of the emergence of oscillations from aperiodic perturbations initially imposed onto a flow, or physically, the generation of the wave mode by the vortex mode. In order to initially (at  $t = 0$ ) impose pure vortex mode perturbations we use the approximate solution that can be derived from Equation (10):

$$h^{(v)}(t) = \frac{qF(t)}{w^2(t)}. \quad (11)$$

Corresponding values  $u^{(v)}(t), v^{(v)}(t), w^{(v)}(t), \sigma^{(v)}(t), P^{(v)}(t)$  can be readily found from  $h^{(v)}(t)$  and its time derivative using expressions provided in the appendix. It

is clear that these values are proportional to  $q$  and vanish in the limit  $q = 0$ . This solution describing the vortex mode is valid when (i) the time scale of variation of the vortical perturbations is much larger than  $2\pi/w$  and (ii) the adiabatic condition  $\left|w'(t)/w^2(t)\right| \ll 1$  holds. These two constraints are best fulfilled far outside the unstable regions. In fact, a rigorous separation of the vortex mode is possible just under these two conditions and requires asymptotic methods ([31],[34],[17]). However, we find the above approximate solution fairly satisfactory for choosing initial conditions corresponding to the pure vortex mode in our numerical calculations. Suppose we initially take  $a(0)$  and  $b$  well outside the unstable regions and, in addition,  $a(0)$  is such that the wavenumber  $a(t)$  starting from the adiabatic region, remains there never crossing the unstable (non-adiabatic) regions. In this situation, the vortex mode dynamics is rather simple and uninteresting; it gradually dies down without generating waves and experiencing transient amplification. Thus, crossing and, therefore, the existence of a non-adiabatic region is necessary for the described here non-resonant wave generation. We consider only such values of  $a(0)$  when the wavenumber  $a(t)$  starting from the adiabatic region during its drift passes through the unstable regions. Because  $a(t)$  drifts opposite the  $a$ -axis, such  $a(0)$  should be to the right of the unstable regions.

First consider the case of an initially imposed vortex mode perturbation with such  $a(0)$  that during the drift crosses the central unstable region. The subsequent evolution of the perturbed quantities  $u, v, w, \sigma, P$  and the normalized energy  $E/E(0)$  corresponding to this situation are shown in Fig.1. In the beginning, being in the adiabatic region, the imposed vortex mode extracts energy from the mean shear flow due to the non-normality and grows algebraically, but retains its aperiodic nature. Then on approaching the unstable region the dynamics becomes non-adiabatic. From this moment the transient amplification gains more strength, because it enters the unstable region and simultaneously oscillations begin to emerge, i.e., we observe the appearance of waves – at this stage the linear coupling of the vortex and wave modes is at work. Thus, it turns out that the linear dynamics of the vortex mode perturbation is followed by the wave generation. In the unstable region timescales of the vortex and wave modes are comparable and the modes are not separable/distinguishable, we have some mix of aperiodic and oscillatory modes. At later times, with moving away from the unstable regions when the adiabatic approximation is applicable again, the dynamics of the vortex and wave modes become decoupled and the modes get cleanly separated: time scale of the wave mode (equal to  $f^{-1}$ ) becomes much shorter than that of the vortex mode. One can formally divide the energy evolution into two phases: the first phase represents the transient amplification (both due to the non-normality and to the central unstable region) of the originally imposed vortex mode perturbation and simultaneous excitation (and also further amplification) of the corresponding wave mode perturbation. The second (asymptotic) phase represents newly generated wave perturba-

tions with the oscillating about a constant value energy. The contribution of the vortex mode energy to the total perturbation energy gradually falls off after transient amplification and wave generation and is zero at asymptotically large times. By contrast, the wave mode perturbation retains its energy and is not decreasing at large times. One can say that vortex mode perturbations act as a mediator between the mean flow and waves. The energy needed for the wave excitation is extracted from the mean flow with the help of the vortex mode.

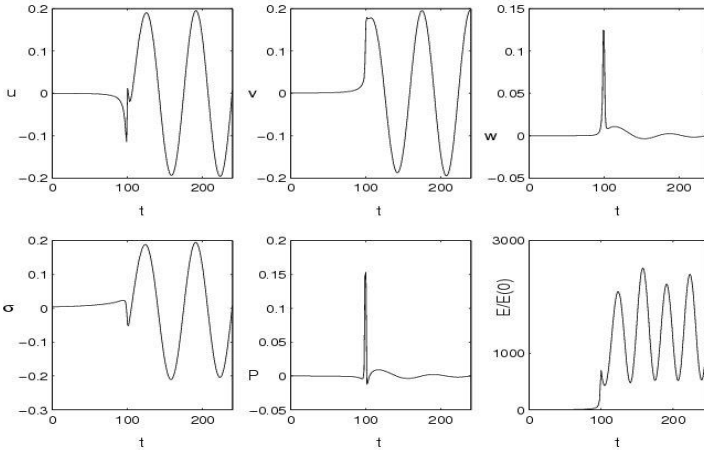


Figure 1: Evolution of the perturbed quantities  $u, v, w, \sigma, P$  and  $E/E(0)$  with initial values corresponding to the initially imposed pure vortex mode for  $a(0) = 100, b = 0.3, Ri = 0.3$  and  $Ri = 10$ . Before reaching the central unstable region, the vortex mode gains energy from the mean flow and exponentially amplifies retaining its aperiodic nature. In the central unstable region (near  $t_* = a(0)$ ) the emergence of the wave mode is observed. Note also that the initially imposed vortex mode having in the beginning small density and vertical velocity perturbations develops them in the course of evolution.

Note also that the initially imposed vortex mode, because of its geostrophic nature, having in the beginning almost zero density and vertical velocity perturbations develops them in the course of evolution. The nature of the wave generation phenomenon (also called conversion of vortices into waves) is described in detail for the simplest compressible shear flow in [6] and in [7] and in the meteorological context in [27]. As mentioned, another type of mode coupling – generation of vortex mode by the wave mode is described in [24]. Thus, the linear mode coupling is characteristic of zonal nongeostrophic shear flows.

The case of  $b = 5$  is shown in Fig. 2. The evolution picture is qualitatively similar to that in the above case, except that the wave generation takes considera-

bly more time because of the broader unstable regions and, as it is evident from Fig. 2, may be considerably larger than growth in the case presented on Fig. 1. Thus, in both cases the linear generation of wave mode perturbations by vortex mode ones is associated with the violation of the adiabatic condition. Wave generation is gradually reduced with increasing Ri. Fig. 3 provides support for this conclusion: transient amplification of vortex mode energy for fixed  $b$  and  $a(0)$  increases orders of magnitude with decreasing Ri. For Ri = 3, 10 (and also for larger values) wave generation is absent; energy curve has no plateau indicative of generated waves for asymptotically large times, instead it falls off at later time.

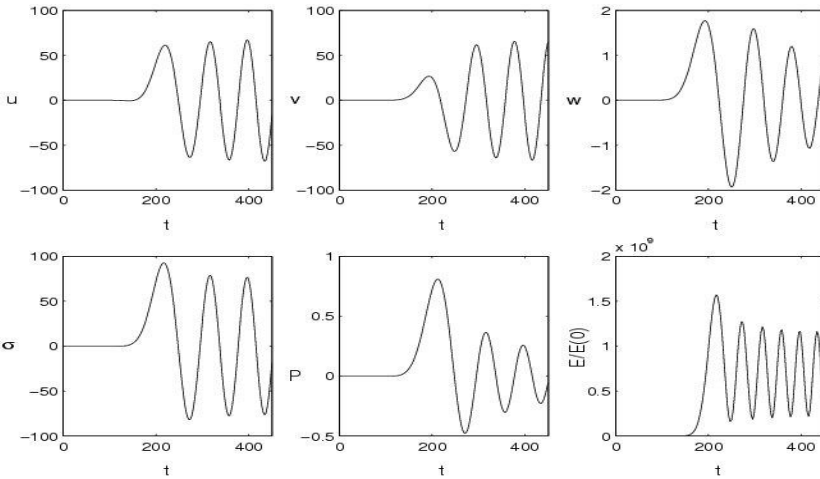


Figure 2: Same as in Fig.1, but at  $b = 5$ . In this case the wave generation occurs in the broad unstable regions. This also seen in that near  $t_* = a(0)$  there is no sign of wave emergence;

instead it starts later (at about  $t_1 = 115$ ) on approaching the broad unstable region and continues longer time until it leaves this region (at about  $t_2 = 200$ ).  $t_1$  and  $t_2$  are the turning points of  $w^2$  for a fixed  $b$ , Ri. Consequently, the exponential transient growth of the vortex mode in these unstable regions is of much longer duration.

#### 4. Conclusions

In the present paper we have investigated the linear dynamics of non-symmetric vortex mode perturbations imposed on zonal nongeostrophic flows with a constant vertical shear using the non-modal approach and numerical analysis. It has been shown that the important feature of non-symmetric perturbations is the conservation of potential vorticity. Depending on the value of the potential vorticity, the perturbations are classified as wave/oscillatory perturbations (with  $q = 0$ ) and vortex/aperiodic perturbations (with  $q \neq 0$ ).



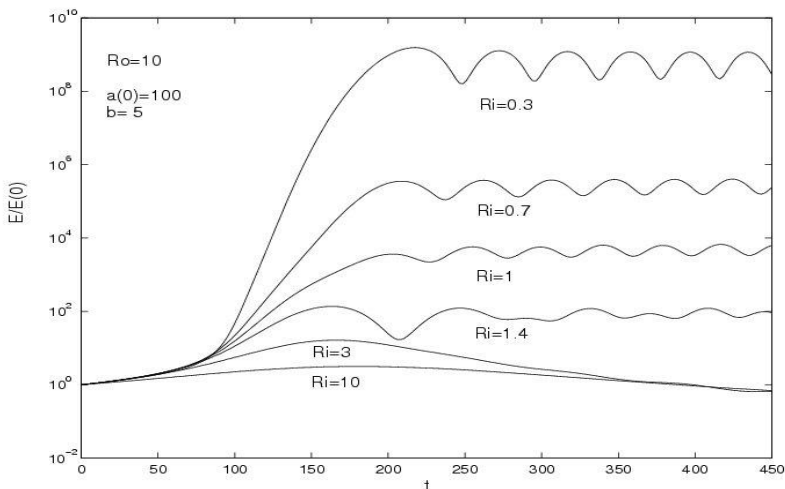


Figure 3: Evolution of perturbation energy for various  $Ri = 0.3, 0.7, 1, 1.4, 3, 10$  at fixed  $b = 5$ ,  $a(0) = 100$  and for initially imposed vortex mode. Transient growth increases with decreasing  $Ri$ . Plateau in the energy curves for  $Ri = 0.3, 0.7, 1, 1.4$  corresponds to generated waves, while decreasing at later times energy curves for  $Ri = 3, 10$  correspond to asymptotically vanishing vortex mode that no longer generates waves.

It has been demonstrated that Coriolis parameter, or the earth rotation greatly changes the dynamical picture: it leads to new broad unstable regions in contrast to the non-rotating case where only relatively small central unstable region exists for  $Ri < 1$ . Due to the unstable regions, the violation of adiabatic condition is possible that, in turn, leads to linear mode coupling phenomenon, in particular, the generation of wave motions by slowly varying vortical perturbations. It has also been shown that because of the earth rotation the energy of wave perturbations does not decay at asymptotically large times as opposed to that in the non-rotating case. However, vortex mode perturbations decay gradually after wave generation (note that they remain unchanged with time in the non-rotating case). They first extract energy from the mean flow, put this energy into wave generation and then die down. An analogous wave generation occurs in flows with horizontal velocity shear except that in that case the energy of generated waves increases linearly at large times [27].

## 5. Appendix

The time-dependent coefficients  $w^2(a(t), b, Ri, T)$  and  $F(t)$  of Equation (10) are given by

$$w^2(a(t), b, \text{Ri}, T) = \frac{a^2(t)}{s^4(t)} + \frac{2b^2}{s^2(t)} + \frac{4Tba(t)}{s^2(t)} + \frac{T^2 a^2(t)}{s^2(t)} - \frac{1}{s^2(t)} + \frac{\text{Ri}(1+b^2)}{s^2(t)} + \frac{T^2(1+b^2)}{B(t)} - \frac{3T^2(1+b^2)^2(b\text{Ri} + Ta(t))^2}{B^2(t)} + \frac{2(1+b^2)(b\text{Ri} + Ta(t))}{s^2(t)B(t)} \times [Ta(t) - (b + Ta(t))(\text{Ri}(1+b^2) + Tba(t))],$$

$$F(t) = \sqrt{\frac{s^2(t)}{B(t)}} \left( \frac{2b + Ta(t)}{s^2(t)} - \frac{2(1+b^2)(b\text{Ri} + Ta(t))(\text{Ri}(1+b^2) + Tba(t))}{s^2(t)B(t)} \right)$$

The expressions for  $u, v, w, P$  in terms of  $\sigma$  and  $d\sigma/dt$  are:

$$u = \frac{1}{G} \left[ (b\text{Ri} + Ta(t))(-q + (b + Ta(t))\sigma) + (a(t)\text{Ri} - Tb) \frac{d\sigma}{dt} \right],$$

$$v = \frac{1}{G} \left[ q\text{Ri} - \text{Ri}(b + Ta(t))\sigma + (T(1 + a^2(t)) + \text{Ri}ba(t)) \frac{d\sigma}{dt} \right],$$

$$w = \frac{1}{G} \left[ Tq - T(b + Ta(t))\sigma - (\text{Ri}(1 + b^2) + Tba(t)) \frac{d\sigma}{dt} \right],$$

$$P = - \frac{a(t)\sigma + T(1 + b^2)v + (Tba(t) - 2)w}{1 + b^2 + a^2(t)},$$

where  $G = T^2 + \text{Ri}^2 + (b\text{Ri} + Ta(t))^2$ .

### შედეგები - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Bakas NA, Ioannou PJ, Kefaliakos GE. 2001. The emergence of coherent structures in stratified shear flow. *J. Atmos. Sci.* 58: 2790–2806.
2. Bartello P. 1995. Geostrophic adjustment and inverse cascades in rotating stratified turbulence. *J. Atmos. Sci.* 52: 4410–4428.
3. Bennets PA, Hoskins BJ. 1979. Conditional symmetric instability - a possible explanation for frontal rainbands. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 105: 945–962.
4. Blumen W. 1972. Geostrophic adjustment. *Geophys. Space Phys.* 10: 485–528.
5. Butler KM, Farrel BF. 1993. Optimal perturbations and streak spacing in wall bounded shear flows. *Phys. Fluids A.* 5: 774–777.
6. Chagelishvili GD, Tevzadze AG, Bodo G, Moiseev SS. 1997. Linear mechanism of wave emergence from vortices in smooth shear flows. *Phys. Rev. Letters.* 79: 3178–3181.
7. Chagelishvili GD. 2002. New Linear Mechanisms of Acoustic Wave Generation in Smooth Shear Flows (Nonmodal Study). in: "Sound-Flow Interactions" (Lecture Notes in Physics, Springer). Eds. Auregan Y, Maurel A, Pagneux V, Pinton J-F. p.210.
8. Cho H, Shepherd T, Vladimirov V. 1993. Application of the direct Liapunov method to the problem of symmetric stability in the atmosphere. *J. Atmos. Sci.* 50: 822–836.
9. Emanuel KA. 1979. Inertial instability and mesoscale convective viscous fluids. *J. Atmos. Sci.* 36: 2425–2449.
10. Farrell BF. 1987. Developing disturbances in shear. *J. Atmos. Sci.* 44: 2191–2199.
11. Farrell BF, Ioannou PJ. 1993a. Optimal excitation of three dimensional perturbations in viscous constant shear flow. *Phys. Fluids A.* 5: 1390–1400.

12. Farrell BF, Ioannou PJ. 1993b. Perturbation growth in shear flows exhibit universality. *Phys. Fluids A*. 5: 2298–2300.
13. Farrell BF, Ioannou PJ. 1993c. Transient development of perturbations in stratified shear flow. *J. Atmos. Sci.* 50: 2201–2214.
14. Farrell BF, Ioannou PJ. 1996. Generalized stability. Part I: Autonomous operators. *J. Atmos. Sci.* 53: 2025–2041.
15. Farrell BF, Ioannou PJ. 1998. Perturbation structure and spectra in turbulent channel flow. *Theor. Comput. Fluid Dyn.* 11: 215–227.
16. Farrell BF, Ioannou PJ. 2000. Transient and asymptotic growth of two-dimensional perturbations in viscous compressible shear flow. *Phys. Fluids*. 12: 3021.
17. Fedoriuk MV. 1983. Asymptotic methods for ordinary differential equations. Nauka: Moscow.
18. Fjørtoft R. 1950. Application of integral theorems in deriving criteria of stability for laminar flows and for the baroclinic circular vortex. *Geophys. Publ.* 17: 1–52.
19. Foster RC. 1997. Structure and energetics of optimal Ekman layer perturbations. *J. Fluid Mech.* 333: 97–123.
20. Gill AE. 1982. *Atmosphere-Ocean Dynamics*. Academic Press: New York.
21. Gu W, Xu Q, Wu R. 1998. Free-dimensional instability of nonlinear viscous symmetric circulations. *J. Atmos. Sci.* 55: 3148–3158.
22. Gustavsson LH. 1991. Energy growth of three-dimensional disturbances in plane Poiseuille flow. *J. Fluid Mech.* 224: 241.
23. Heifetz E, Farrell BF. 2003. Generalized stability of nongeostrophic baroclinic shear flow. Part I: Large Richardson number regime. *Adv. Atmos. Sci.* 60: 2083–2100.
24. Heifetz E, Farrell BF. 2007. Generalized stability of nongeostrophic baroclinic shear flow. Part II: Intermediate Richardson number regime. *Adv. Atmos. Sci.* 64: 4366–4382.
25. Kalashnik MV, Svirkunov PN. 1996. On the symmetric stability of the states of cyclostrophic and geostrophic balance in the stratified media. *Dokl. Acad. Nauk Russia*. 348: 811–813.
26. Kalashnik MV, Svirkunov PN. 1998. On definition of cyclostrophic (geostrophic) states and their stability. *Rus. Meteorol.* 4: 42–52.
27. Kalashnik MV, Mamatsashvili GR, Chagelishvili GD, Lominadze JG. 2006. Linear dynamics of non-symmetric perturbations in geostrophic horizontal shear flows. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 132: 505.
28. Lu W, Shao H. 2003. Generalized subcritical symmetric instability. *Adv. Atmos. Sci.* 20: 623–630.
29. Miller T. 1984. The structure and energetics of fully nonlinear symmetric baroclinic waves. *J. Fluid Mech.* 142: 203–211
30. Miller T, Antor B. 1986. Viscous non-geostrophic baroclinic instability. *J. Atmos. Sci.* 43: 329–338.
31. Moiseev MV. 1987. *Asymptotic methods of nonlinear mechanics*. Nauka: Moscow.
32. Mu M, Shepherd T, Swenson K. 1996. On nonlinear symmetric stability and the nonlinear saturation of symmetric stability. *J. Atmos. Sci.* 53: 2918–2923.
33. Mu M, Vladimirov V, Wu Y-H. 1999. Energy-Casimir and energy-Lagrange methods in the study of nonlinear symmetric stability problems. *J. Atmos. Sci.* 56: 400–411.
34. Nayfeh AE. 1982. *Perturbation Methods*. Wiley-Interscience: New York.
35. Obukhov AM. 1949. On the question of geostrophic wind. *Izv. Acad. Nauk. S.S.S.R., Ser. Geograph.-Geophys.* 13: 281–306

36. Ooyama K. 1966. On the stability of the baroclinic circular vortex: a sufficient criterion for instability. *J. Atmos. Sci.* 23: 43–53.
37. Pedlosky J. 1987. *Geophysical fluid dynamics*. 2nd ed. Springer-Verlag.
38. Reddy SC, Henningson DS. 1993. Energy growth in viscous channel flows. *J. Fluid Mech.* 252: 209.
39. Reddy SC, Schmid PJ, Henningson DS. 1993. Pseudospectra of the Orr-Sommerfeld operator. *SIAM(Soc. Ind-Appl. Math) J. Appl. Math.* 53: 15.
40. Schmid P, Henningson D. 2000. *Stability and Transition in Shear Flows*. Springer-Verlag.
41. Stone PH. 1966. On non-geostrophic baroclinic stability. *J. Atmos. Sci.* 23: 390–400.
42. Stone PH, Hess S, Hadlock R, Ray P. 1969. Preliminary results of experiments with symmetric baroclinic instabilities. *J. Atmos. Sci.* 26: 997.
43. Weber JE. 1980. Symmetric instability of stratified geostrophic flow. *Tellus.* 32: 176–185.
44. Xu Q. 1986a. Generalized energetics for linear and nonlinear symmetric instability. *J. Atmos. Sci.* 43: 972–984.
45. Xu Q. 1986b. Conditional symmetric instability and mesoscale rainbands. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 112: 315–334.
46. Zeitlin V, Reznik GM, Ben Jelloul M. 2003. Nonlinear theory of geostrophic adjustment. Part 2. Two-layer and continuously stratified primitive equations. *J. Fluid Mech.* 491: 207–228.

**შეშფოთებათა წრფივი ტრანზიენტული დინამიკა მუდმივი მერტიკალური წანაცვლების არამდგრადობულ ნაკადებში.** /ლომინაძე ჯ., ნაგელიშვილი გ., ავსარქისოვი ვ./ ჰმის შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 330-343.- ინგლ.; რუს. ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია შეშფოთებათა წრფივი დინამიკა შემოუსახდვრელ არა-გეოსტროპულ ზონალურ ნულოვანი სიბლანტის ნაკადებში სინქარის მუდმივი ვერტიკალური წანაცვლებით როდესაც გარემო უკუმშვადია და სიმკვრივე სტრატოფიცირებულია ვერტიკალური და მერიდიანული მიმართულებებით. ამ დინამიკის განსაკუთრებული თვისებები მჭიდრო კავშირშია წრფივი შეშფოთებათა ევოლუციის აღმწერი ოპერატორების არაორთოგონალურობასთან წანაცვლებით ნაკადებში. გაანალიზებულია კორიოლისის პარამეტრისა  $f$  (დედამიწის ბრუნვა) და ნაკადის წანაცვლების  $A$  როლი შეშფოთებათა დინამიკაში (არამდგრადობაში). ეს ორი ფაქტორი იწვევს შეშფოთებათა დინამიკაში ახალი ტიპის ტრანზიენტულ არამდგრადობას მცირე  $Ri < 1$  (როდესაც სრულდება ე.წ. სიმეტრიული არამდგრადობის პირობა). კერძოდ, წრფივი თეორიის ფარგლებში, წანაცვლება და ბრუნვა იწვევს გრიგალური მოდის დროში ევოლუციას. სუფთა გრიგალური (აპერიოდული) შეშფოთებებს შეუძლიათ ამოქაჩონ ძირითადი დინების ენერჯია, გაძლიერდნენ ტრანზიენტულად და შემდგომ მოახდინონ ტალღების გენერაცია.

**LINEAR TRANSIENT DYNAMICS OF PERTURBATIONS IN NONGEOSTROPHIC FLOWS WITH A CONSTANT VERTICAL SHEAR.** / Lominadze J., Chagelishvili G., Avsarkisov V./ *Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology.* -2008. - ტ.115. – p. 330-343.- Eng.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The linear dynamics of perturbations in unbounded nongeostrophic zonal inviscid flows with a constant vertical shear of velocity, when a fluid is incompressible and density is stably stratified along the vertical and meridional directions is investigated. Specific features of this dynamics are closely related to the non-normality of the linear operators governing perturbation evolution in shear flows. The roles of Coriolis parameter  $f$  (earth rotation) and shear rate  $A$  in the perturbation dynamics (instability) are analyzed. These two factors lead to a new transiently unstable type of perturbation dynamics for  $Ri < 1$  (i.e., when the condition for so-called symmetric instability is met). In particular, in the linear theory, shear and rotation causes the vortex mode to evolve with time. Pure vortex (aperiodic) perturbations are able to gain the basic flow energy, undergo transient amplification, and then generate waves.

Keywords: geophysical flow, geostrophic adjustment, potential vorticity, non-modal approach, algebraic instability

**ЛИНЕЙНАЯ ТРАНЗИЕНТНАЯ ДИНАМИКА ВОЗМУЩЕНИЙ В НЕГЕОСТРОФИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЯХ С ПОСТОЯННЫМ ВЕРТИКАЛЬНЫМ СДВИГОМ.** / Ломинадзе Дж.Г., Чагелишвили Г.Д., Авсаркисов В.С. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. – 2008. – т.115. – с. 330-343. – Рус.; Рез. Груз., Анг., Рус.

Исследуется линейная динамика возмущений в невязком неограниченном геострофическом зональном течении с постоянным вертикальным сдвигом скорости, при условии что жидкость несжимаема и плотность устойчиво стратифицирована по вертикальному и меридиональному направлениям. Особые свойства этой динамики тесно связаны с неортогональностью линейных операторов отвечающих за эволюцию возмущений в сдвиговых течениях. Исследованы роли параметра Кориолиса  $f$  (вращение земли) и величины сдвига  $A$  в динамике возмущения (неустойчивости). Эти два фактора ведут к новому транзитентно нестабильному типу динамики возмущений при  $Ri < 1$  (когда выполняются условия так называемой симметричной неустойчивости). В частности, в линейной теории, сдвиг и вращение приводят к эволюции вихревой моды со временем. Чисто вихревые (аперiodические) возмущения способны приобретать энергию основного течения, подвергнуться транзитентному усилению, и затем сгенерировать волны

**Amiranashvili A.G<sup>1</sup>, Chelidze T. L<sup>1</sup>, Gvinianidze K. G<sup>3</sup>, Melikadze G.I<sup>2</sup>,  
Todadze M. Sh<sup>1</sup>, Trekov I. Y<sup>2</sup>, Tsereteli D.G<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Georgia

<sup>2</sup>Seismic Monitoring Center, Georgia,

<sup>3</sup>Institute of Public Health, Georgia

## **RADON DISTRIBUTION AND PREVALENCE OF LUNG CANCER IN SEVERAL AREAS OF WEST GEORGIA**

### **Introduction**

Radon distribution and its influence on human health is not well studied issue in Georgia, although some separate studies regarding some natural radioactive elements were performed. In USA, Europe and China was done important work in this field, new methodologies and approaches were worked out. According STCU project N 3992 “Assessment of radon-hazard potential, residential exposure, lung cancer and COPD in West Georgia” during 2007-2008 authors carried our field work in order to quantify the radon distribution, ascertain geological factors influencing indoor radon concentrations and find relation between radon content and health and in various geographical areas of West Georgia.

### **Method**

When undertaking the gas survey of Rn the particular attention was paid to the multiple active zones of faults and areas of elevated geo-chemical background of uranium and quicksilver. Mobile group conducted the researches by Radon measurement PPA-01M-03 device. Rn content was measured in any type of water source (boreholes, wells and springs) and in the soil aeration zone in several regions ((Samtredia, Kutaisi, Vani, Tskaltubo, Khoni and Bagdadi). All observation sites were fixed by GPS measurements.

For <sup>222</sup>Rn gas measurements in the dwellings the alpha track detectors (ATDs) were used to provide integrated (mean) radon concentration. Alpha track detectors were installed for the period of 12 months in the apartments and basements. ATDs were placed on the each level of the dwellig with additional ATDs placed in the bedrooms and in any home work space.

To reveal possible association between radon distribution and prevalence of lung cancer in West Georgia, we have performed an ecologic epidemiological study. Data on prevalence of lung cancer in various regions were collected through the primary health care net (primary health care net is represented by polyclinics and out-patients' clinics), National Cancer Center and department of statistic of National Center of Disease Control and Public Health.

The key method for fulfillment the project is Radon mapping based on application of geochemical methods. Connection of anomalies to geological and hydro-geological structures, also medical data is analyzed using GIS technology.

## Data analysis

Results of analyses on radon concentration were marked on topographic and geological maps. After that the field data were digitized and transferred into GIS-system. On the basis of these data the map of Rn content in water and soil were compiled using GIS technique (Figs.1). Areas of anomalously high Rn exhalation both in water and in soil were revealed in Tskhaltubo, Kuttaisi, Vani, Bagdadi, Chokhatauri and Ozurgeti regions. In order to understand the nature of these anomalies it is necessary to analyze all factors that influence intensity of Rn degassing and lead to high risk of its accumulation. These factors are geological structures of the region, presence of tectonic faults, presence of radioactive elements in the rocks, hydrogeological and geomorphological structures of the region, soil characteristics etc (Fig.2).

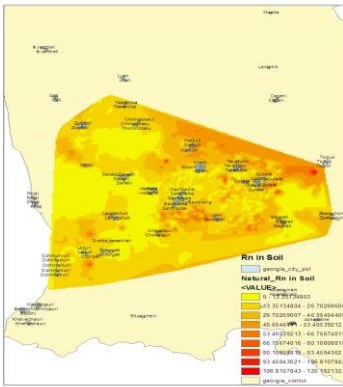


Fig. 1 Radon distribution in soil

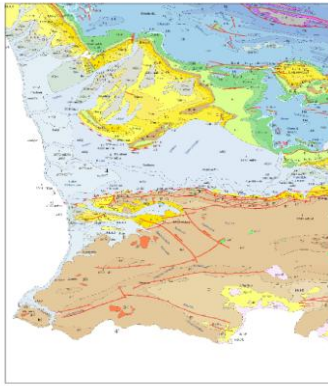


Fig. 2 Geological map

The Northern and Central parts of the tested area belongs from the geological point of view to the Kutaisi sub-zone of the Georgian plate and its Southern part – to the Adjara-Trialeti folded system. The North-East part of the first zone (villages Rioni and Gurna) is composed mostly by Jurassic volcanic rocks, which contain fissure groundwater of low mineralization (hydrocarbonate and calcium type). From the morphological point of view here we have glacial-erosion terrain that is characteristic for this mountainous area. In this area to the north of Kutaisi we found a band of elevated radon content in the soil (22-26 KBq/m<sup>3</sup>), which should be related to the presence of dikes of the crystalline rocks and systems of faults, developed on this territory. At the same time the content of radon in the water is low, which can be explained by influence of near surface groundwater circulation in this zone.

To the South on the surface there are Lower Cretaceous rocks, which contain fissure and fissure-karstic type of pressurized ground water (regions of Tskaltubo and Kutaisi); the characteristic example is the low-radioactive thermal waters of Tskaltubo resort. Here the springs have large debit (200-220 l/s). The recharge of

the aquifer takes place in the northern elevated areas; then the aquifer plunge under the Quarternary layers and its discharge takes place at the contact area of Georgian plate and Adjara-Trialeti folded system, where a lot of transversal faults are found. This is also confirmed by the existence in this zone of low-radioactive thermal waters at the resorts Sulori, Amaghleba and Vani.

In the south and south-west part of test area, i.e. in the Adjara-Trialeti folded system (regions of Vani, Chokhatauri and Ozurgeti), in the volcanic and sediment rocks of Middle Eocen we observe karstic-fissure and fissure pressurized groundwaters of low radioactivity. The terrain here is of erosion-peneplain type.

Similar to Tskaltubo region here also are observed high values of Rn content in the soil (22-58 KBq/m<sup>3</sup>); this can be explained by high gas permeability of rocks and geomorphology of the area. As to the Rn content in water, it is a bit less (16-22 Bq/l) than in Tskaltubo region and cover much less area due to the fact that here mostly the shallow groundwater's are observed; these waters are characterized by shallow circulation system and they are not discharged on the surface (situation is alike to that in the North, where groundwater is in Volcanic rocks of Jurassic age). From the studied regions highest incidence rate (per 100.000 populations) of lung cancer is in several region (Tab. 1).

Table 1 Distribution of parameters

Region	Incidence rate of lung cancer	Rn in Soil	ATDs
Thkaltubo	20,4	39.53	219.7
Bagdati	13,9	30.68	
Vani	14,7	34.78	112
Zestafoni	19,9	35.82	
Terdjola	15,5	31.46	
Samtredia	26,6	23.07	3.5
Khoni	38,5	35.81	
Zugdidi	23,2	19.54	
Abasha	32,0	15.81	
Martvili	26,9	47.72	
Senaki	25,0	13.85	
Lanchkhuti	49,0	76	
Ozurgeti	29,7	61	
Chokhatauri	57,0	90	

In regions with high Rn distribution on the whole is highest incidence rate of lung cancer (Fig. 3).

In 2007 during field work in selected sites the alpha track detectors (ATDs) were installed; in 2008 part of them were dismantled and the tracks were investigated. The obtained results confirm the above conclusions. Increased long-time accumulation of Rn was observed in Tskhaltubo and Vani regions. Relatively



less accumulation was in Samtredia region. In future the analysis of ATDs, installed in other regions will be continued.

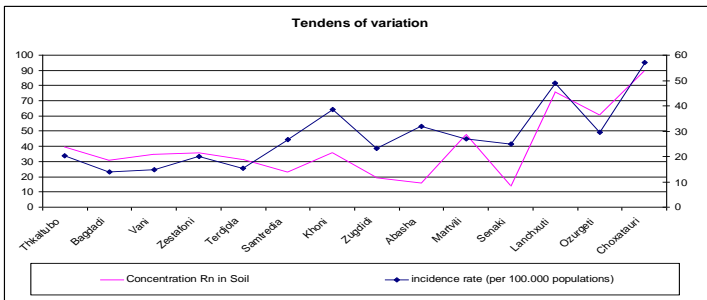


Fig. 3. Variation of parameters

### Conclusions

Peculiarities of distribution of Rn on the territory of West Georgia was studied and anomalous areas were outlined. The elevated exhalation of Rn is the result of draining of Lower Cretaceous and Middle Eocen aquifers by rising springs and boreholes. This research once again confirms correlation between Rn exhalation and prevalence of lung cancer.

### ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Amiranashvili A., Jishkariani D., Nodia A., Tatashidze Z., 1994 a, Aeroionization condition and natural air radioactivity in Tskaltubo Cave, Int. J. of Immunorehabilitation, No1, suppl., 31-31
2. Auvinen A, Makelainen I, Hakama M, Castren O, Pukkala E, Reisbacka H et al., 1998, Indoor radon exposure and risk of lung cancer: a nested case-control study in Finland, J Natl Cancer Inst 1996; 88:966-72 [Erratum: J Natl Cancer Inst 90:401-2].
3. Field R.W., 2001, A review of residential radon case-control epidemiologic studies performed in the United States. Rev Environ Health 16:151-67.
4. Gil Hoon, Jai-Kilee, 2005, Construction of an environmental radon monitoring system using CR-39 nuclear track detectors, Nuclear Engineering and Technology, V. 37, N 4, pp. 395-400
5. Health Effects of Exposure to Radon: Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR), Mellander H., Enflo A., 1991, The Alpha Track Method Used in the Swedish Radon Epidemiological Study, Proc. of 5th Inter. Symposium on the Natural Radiation Environment, pp.22-28.
6. Jonsson G., 1998, Indoor 222-Rn measurements in Sweden with the solid-state nuclear track detector technique, Health Phys., Vol. 54, No. 3, pp. 271-281.
7. Krewski D, Lubin J.H., Zielinski J.M., Alavanja M., Catalan V.S., Field R.W., Klotz J.B., Letourneau E.G., Lynch C.F., Lyon L., Sandler D.P., Schoenberg J.B., Steck D.J., Stolwijk J.A., Weinberg C., Wilcox H.B., 2006, A Combined

Analysis of North American Case-Control Studies of Residential Radon and Lung Cancer, *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 69 (7-8), pp. 533-597.

8. Kreienbrock L., Kreuzer M., Gerken M.M., Dingerkus G., Wellmann J., Keller G. et al., 2001, Case-control study on lung cancer and residential radon in Western Germany. *Am. J. Epidemiol* 153, pp. 42-52.
9. Melikadze G.I., Adamchuk U.V., Buachidze G.I., 1998, Radon correlation coefficient gravitation, displaying the seismic situation, 10 years after the Spitak earthquake Conference; materials, Yerevan.
10. Neuberger J.S., Mahnken J.D., Mayo M.S., Field R. W., 2006, Risk Factors for Lung Cancer in Iowa Women: Implications for Prevention, *Cancer Detection and Prevention*, 30, pp. 158-167.
11. REMR, 2006, Radiation-Hygienic estimation and epidemiologic analysis of population irradiation levels in the Trans Caucasus, Radiation ecology of the mountainous region, (REMR), part I, Georgian Academy of Ecological Science, Tbilisi, pp. 219-235, (in Russian)

**რადონის განაწილება და ფილტვის კიბო დასავლეთ საქართველოს ცალკეულ რაიონებში.** /ამირანაშვილი ა., ჭელიძე თ., ღვინიაძე კ., მელიქაძე გ., თოდაძე მ., ტრეკოვი ი., წერეთელი დ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115-გვ. 344-348.- ინგლ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ჩატარებულია რადონის განაწილების რადონობრივი შეფასება დასავლეთ საქართველოს ცალკეულ რაიონებში. მიღებული მონაცემები მოწმობს, რომ 100-ზე მეტი წყლის სინჯში აღინიშნება რადონის მაღალი შემცველობა. ამ უზნებთანაა დაკავშირებული ბინებში Rn დაგროვების მაღალი მაჩვენებლები. ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევა კიდევ ერთხელ ადასტურებს კორელაციურ კავშირს რადონის კონცენტრაციასა და ფილტვის კიბოს გავრცელებას შორის.

**RADON DISTRIBUTION AND PREVALENCE OF LUNG CANCER IN SEVERAL AREAS OF WEST GEORGIA.** /Amiranashvili A., Chelidze T., Gvinianidze K., Melikadze G., Todadze M., Trekov I., Tsereteli D./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 344-348. - Eng.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Quantitative assessment of radon distribution in several regions of West Georgia has been carried out. According to field data in more than 100 water samples there is high content of radon. This research once again confirms correlation between Rn exhalation and prevalence of lung cancer

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДОНА И РАК ЛЕГКИХ В ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ.** /Амиранашвили А.Г., Челидзе Т.Л., Гвинианидзе К.Г., Меликадзе Г. И., Тодадзе М.Ш., Треков И.Ю., Церетели Д.Г./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 344-348. – Англ.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Проведены количественные исследования распределения радона в отдельных районах Западной Грузии. Полученные данные свидетельствуют, что в более чем 100 пробах воды отмечается повышенное содержание радона. В тех же местах наблюдается повышенная концентрация радона в жилищах. Данное исследование еще раз подтверждает связь между концентрацией радона и распространением рака легкого.

UDC 521.15

## EARTHQUAKES EXOGENOUS INITIATIVE FACTORS

**Introduction.** The preliminary determination of geographical location of incoming earthquakes, its energy and occurring moment is the first problem up to these days. A group of scientists consider that both endogenous and exogenous factors play significant role in the initiation of earthquakes. This implies that the earthquakes "triggering mechanism" is an extremely complex phenomenon. Earthquakes initiative factors have been intensely studied for the recent years [1, 2, 3, 4].

Our aim is to study earthquakes triggering factors. Namely, we are looking for possible relationships between geophysical and astronomical phenomena.

**Method of Searching.** We have studied the connection between the earthquakes and distribution of planets (or couple of planets) for Caucasus, Turkey and Greece seismoactive regions. We have tried to determine perhaps the planets (or couple of planets) certain location on heavenly sphere can influence on the process of an origination of earthquakes.

In the presented paper searching was carried out for the regions of the Caucasus  $M \geq 4.5$ , Turkey  $M \geq 6.6$  separately and Turkey-Greece united region  $M \geq 7.0$  earthquakes (besides other catalogues we have used the catalogue of the Bolder Seismological Centre).

Calculations were made by the use of two systems of accounting with respect to the point of vernal equinox and to the eastern point of intersect of ecliptic and horizon planes. We refer this point as the "Eastern point".

Planets distribution was studied by the use of Poisson's approximation formulae:

$$P = a^k e^{-a} / k! \quad (1)$$

where P is probability, K – number of suitable phenomena, a – events total quantity multiplied by the probability of one suitable case.

Caucasus catalogue (393 earthquakes in all since 1900 to 1992 years) is divided into three part:

393 earthquakes with  $M \geq 4.5$ , 50 earthquakes with  $M \geq 5.6$  and 343 earthquakes with  $4.5 \leq M \leq 5.5$ .

For cases which probabilities were in three order less than the maximum probabilities are given as considerable and cases probabilities of which were four order less than the maximum probabilities are pointed out by (\*).

**Results.** I. First of all we study Caucasus  $M \geq 4.5$  earthquakes:

1). Task is considered with respect to the point of vernal equinox:

Table 1

Planet	Interval in degrees	Number of phenomena	Maximum Probability	Probability	Remark
Mars	145 – 155	29*	0,12	0,000026	
	145 – 160	37*	0,0988	0,0000047	
	145 – 165	45*	0,085	0,000005	
	135 – 165	58	0,0697	0,000019	
	125 – 165	72	0,0604	0,000022	
Saturn	290 – 300	26	0,12	0,000044	
	290 – 310	41	0,085	0,000079	
	270 – 300	58	0,0697	0,000019	
	70 – 100	13	0,0697	0,0000479	The prohibited zone
	270 – 310	73	0,0604	0,000013	
	65 - 105	19	0,0604	0,000013	The prohibited zone

2). Task is considered for couple of planets:

The most active are following couples of planets in condition that angular distances between them is:

Sun – Mars - ( $0^0 - 30^0$ ); ( $350^0 - 20^0$ ) or ( $10^0 - 40^0$ );

Mercury-Mars - ( $295^0 - 310^0$ ), ( $290^0 - 320^0$ ) or ( $340^0 - 10^0$ ).

Sometimes certain planets or couple of planets create their own so-called “prohibited zones“ or zones when planet or couple of planets are “in their prohibited sector” with earthquake occurrence extremely minor probability: Saturn is in the interval ( $65^0 - 105^0$ ) (case with respect to the point of a vernal equinox);

In cases of planets distribution studying concerning each other, minimum quantity of earthquakes are fixed when angular distances between them is following:

Sun - Mars - ( $160^0 - 190^0$ ) or ( $210^0 - 240^0$ );

Mercury-Mars - ( $160^0 - 190^0$ ) or ( $195^0 - 225^0$ );

A good result is gotten for “prohibited zone” in cases when Venus - Mars planets couple is in the interval ( $155^0 - 175^0$ ) but we emphasize angular distance ( $145^0 - 175^0$ ) as in this case probability is in two order less than probability for angular distance ( $155^0 - 175^0$ ).

It seems interesting the case when Venus - Mars couple planets angular distance is ( $165^0 - 175^0$ ) as in this case earthquakes do not occur in general.

II. In the cases of Caucasus earthquakes with  $M \geq 5.6$  there is not revealed any significant result.

III. We have got the following results for Caucasus  $4.5 \leq M \leq 5.5$  earthquakes:

1). A maximal quantity of earthquakes occurs when:

Mars is in  $20^0$  and  $40^0$  strips - ( $145^0 - 165^0$ ) and ( $125^0 - 165^0$ ) correspondingly

and Saturn is in  $40^{\circ}$  strip ( $260^{\circ}-300^{\circ}$ ) (task is considering with respect to the vernal equinox point).

Pluto is in interval  $-(95^{\circ}-110^{\circ})$  when calculation is carried out in the east point system.

If the planets distribution is considered concerning each other most active couple of planets is when angular distances between them are the following:

- Saturn - Node of the Moon  $-(265^{\circ}-285^{\circ})$  or  $(270^{\circ}-310^{\circ})$ ;
- Mars - Jupiter  $-(145^{\circ}-160^{\circ})$ ;
- Mars - Saturn  $-(150^{\circ}-160^{\circ})$  or  $(140^{\circ}-170^{\circ})$ ;
- Mercury-Mars  $-(295^{\circ}-310^{\circ})$ ,  $(290^{\circ}-310^{\circ})$ ,  $(295^{\circ}-335^{\circ})$  or  $(350^{\circ}-30^{\circ})$ ;
- Venus - Mars  $-(335^{\circ}-355^{\circ})$  or  $(340^{\circ}-20^{\circ})$ ;
- Uranus - apogee of the Moon  $-(150^{\circ}-170^{\circ})$ ,  $(155^{\circ}-180^{\circ})$  or  $(150^{\circ}-180^{\circ})$ ;
- Sun - Mars  $-(0^{\circ}-30^{\circ})$ ,  $(335^{\circ}-15^{\circ})$  or  $(350^{\circ}-30^{\circ})$ ;
- Jupiter - the Node of the Moon  $-(270^{\circ}-285^{\circ})$ ,  $(255^{\circ}-275^{\circ})$ ,  $(250^{\circ}-280^{\circ})$  or  $(245^{\circ}-285^{\circ})$ ;
- Neptune - apogee of the Moon  $-(185^{\circ}-210^{\circ})$ ;

2). Besides minimal quantity of earthquakes are fixed when angular distances between planets are the following:

- Mars- Jupiter  $-(65^{\circ}-80^{\circ})$ ;
- Mercury-Mars  $-(200^{\circ}-225^{\circ})$ ,  $(195^{\circ}-225^{\circ})$ ,  $(210^{\circ}-240^{\circ})$  or  $(185^{\circ}-225^{\circ})$ ;
- Venus - Mars  $-(160^{\circ}-180^{\circ})$ ,  $(335^{\circ}-5^{\circ})$  or  $(145^{\circ}-185^{\circ})$ ;
- Sun - Mars  $-(170^{\circ}-185^{\circ})$ ,  $(210^{\circ}-225^{\circ})$ ,  $(210^{\circ}-240^{\circ})$ ,  $(150^{\circ}-190^{\circ})$  or  $(200^{\circ}-240^{\circ})$ ;

3). It is interesting that earthquakes do not occur in general when angular distance between planets are following:

- Mars- Node of the Moon  $-(265^{\circ}-275^{\circ})$ ;
- Venus - Mars  $-(165^{\circ}-175^{\circ})$ ;
- Uranus - apogee of the Moon  $-(195^{\circ}-205^{\circ})$ ;

Node of the Moon everywhere is meaning expression "ascending node of the Moon".

IV. For the next step we consider the similar tasks for separate Turkey regions  $M \geq 6.6$  earthquakes:

Following results are gotten with respect to the eastern point:

Table 2

Planet	Interval in degrees	Number of phenomena	Probability	Maximum probability	Remark
The node of the Moon	140 - 150	6	0,0023	0,35	
Venus	240 - 270	9	0,0027	0,434	The prohibited zone
Uranus	170 - 180	6	0,0022	0,35	

**Following results are gotten with respect to the point of vernal equinox:**

Table 3

Planet	Interval in degree	Number of phenomena	Probability	Maximum probability	Remark
Venus	240 -270	0	0,0004	0,1606	The prohibited zone

V. Besides we have carried out tasks for Turkey-Greece united seismoactive regions 72 large earthquakes in all including 49 large earthquakes with  $M \geq 6.6$  taking place in Turkey and 23 earthquakes taking place in Greece.

We considered cases as significant one when probabilities were in three order less than the maximum probabilities.

We have got following results with respect to the point of vernal equinox:

Table 4

Planet	Interval in degrees	Number of phenomena	Probability	Maximum probability
Sun	135 - 150	8	0,0027	0,434
Venus	175 - 190	9	0,0027	0,434
Saturn	200 - 240	18	0,00094	0,140
Uranus	120 - 125	7	0,000073	0,368

And finally results with respect to the eastern point are given below:

Table 5

Planet	Interval in degrees	Number of phenomena	Probability	Maximum probability	Remark
Mercury	315 - 324	7	0,002	0,298	
Mars	280 - 340	21	0,00006	0,139	
Node of the Moon	260 - 280	11	0,0019	0,195	The prohibited zone
	140 - 145	7	0,00007	0,308	
	60 - 90	0	0.0025	0,1606	

**Conclusions.** If the certain distribution of planets or couple of planets on heavenly sphere can influence on the process of an origin of earthquakes, based on the getting results it is possible to make the following conclusions:

1. There are revealed sectors on heavenly sphere, in which planets or couple of planets being it is fixed maximum quantity of earthquakes;

2. For separate planets and planets couple there are founded certain sectors on heavenly sphere, so-called “the prohibited zones”, in which planets or couple of planets being it does not occur earthquake in general or their quantity is minimal.

**இசுமீரகாசுமீரகா - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

- Davidson , S. 2002. Solar and Lunar Triggers on Earthquakes and Volcanic Eruptions, Gravity Concepts. Sec.70, p. 21-28.
- Davidson,S.2005. High Tides Trigger Earthquakes, Gravity Concepts. Sec.30, p.43-51.
- Hiroshi Tsuruoka, Masakazu Ohtake and Haruo Sato, 1995. Statistical test of the tidal triggering of earthquakes, Geophys. J. Int., 122, p.183-194.
- Kiladze R., Kachakhidze M., Kukhianidze V., Kachakhidze N., Ramishvili G. A 2005. Search of Possible Relations Between Large Earthquakes and Astro-

conomic Phenomena-Caucasian Seismic region, Journal "Vulkanology and Seismology ", N 3, p.75-80

შპპ 521.15

**მიწისძვრის ეპიზენტრული მაინიცირებელი ფაქტორი**/კილაძე რ., კაჭახიძე ნ., რამიშვილი გ., კაჭახიძე მ., კუხიანიძე ე./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 349-353.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

პლანეტების ან პლანეტათა წყვილების ცის თაღზე განსაკუთრებული განაწილება განიხილება, როგორც მიწისძვრათა ტრიგერული ფაქტორი. გამოვლენილია სექტორები, რომლებშიც პლანეტების ან პლანეტათა წყვილების მოხვედრისას მიწისძვრათა მაქსიმალური ან მინიმალური რაოდენობა ხდება

UDC 521.15

**EARTHQUAKES EXOGENOUS INITIATIVE FACTORS**/Kachakhidze M., Ramishvili G., Kachakhidze N., Kiladze R., Kuxhianidze V./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 349-353. - Eng .; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Planets or planets couple special distribution on heavenly sphere is considered as earthquakes triggering factors.

There are revealed sectors on heavenly sphere in which planets or planets couples being occurs maximal or minimal quantity of earthquakes.

УДК 521.15

**ЭКЗОГЕННЫЕ ИНИЦИИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ЗЕМЛЕТРЕСЕНИЙ**/Качкачишвили М., Рамишвили Г., Качкачишвили Н., Киладзе Р., Кухианидзе В./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 349-353. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Особое распределение планет или пар планет на небесном своде рассматривается как триггерный фактор землетрясений.

Выявлены секторы на небесной своде при нахождении в которых планет или пар планет происходит максимальное или минимальное количество землетрясений.

*Лурсманашвили О.В.<sup>1</sup>, Пааташвили Т.В.<sup>2</sup>, Геонджян Л.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт Геофизики им. М Нодия*

<sup>2</sup> *Национальная Астрофизическая Обсерватория Грузии, Университет им. И.Чавчавадзе (Абастуманская Астрофизическая Обсерватория)*

УДК 550.340

## **О МЕТОДИКЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ВНЕШНИХ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СИНХРОНИЗИРУЮЩИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАВКАЗА.**

### **Введение**

Явлением синхронизации называют установление определенной частотно-фазовой зависимости между физически слабо связанными между собой повторяющимися процессами [3, 15]. Говоря о синхронизации землетрясений, мы имеем в виду синхронизацию каким-либо внешним фактором, проявляющегося в приуроченности землетрясений к определенному диапазону фаз этого синхронизирующего фактора.

Землетрясение принадлежит к категории релаксационных процессов. Эти процессы могут повторяться самостоятельно или под воздействием внешних сил. Основная особенность состоит в наличии двух различных по своим свойствам фаз этих процессов. Первая фаза представляет собой длительный подготовительный этап, в течение которого происходит накопление энергии и приближение к критическому состоянию. Вторая, характеризуется быстрой разрядкой накопившейся энергии. Вблизи критического состояния, системы или устройства подобного типа легко поддаются провоцированию.

Следует указать, что принципиальная возможность управления процессом накопления – разрядки с помощью малых воздействий показана в лабораторных экспериментах имитирующих динамику сейсмических процессов [4, 5, 6].

Начало процесса накопления энергии в каждом потенциальном очаге различно, различны времена накопления и, соответственно, выделившаяся энергия, или мощность землетрясения. Различной может быть и чувствительность к внешним факторам, способным спровоцировать разрядку. Эта сложная система проявляет себя, в первую очередь, в виде моментов времени переходов релаксаторов из критического состояния в режим разрядки и значений выделившейся энергии для каждого релаксатора. Эти два параметра представляют основу для поиска и исследования внешних факторов, оказывающих воздействие на приближающиеся к критическому состоянию релаксаторы, то есть провоцирующие подготовленные землетрясения.

В качестве внешних факторов исследуются разные явления, в том числе обусловленные солнечной активностью и лунно-солнечными приливами.



Результаты одних исследований свидетельствуют в пользу существенного влияния внешних факторов [1, 7, 8, 14, 16, 17, 20]. Результаты других не подтверждают этого влияния [2, 9, 18, 19, 21]. Это еще раз указывает на сложность задачи и необходимость продолжать исследование вопроса.

### Методика исследования

Предположим, что в зоне подготовки землетрясения тектоническое напряжение  $P(t)$  возрастает монотонно, и на него налагаются обусловленные внешними факторами, гармонически меняющиеся напряжения небольшой амплитуды. Суммарное напряжение  $P_c(t)$  будет представлено в виде

$$P_c(t) = P(t) + \sum_1^n a_i \sin(\omega_i t + f_i) \quad (1)$$

где  $a_i, \omega_i, f_i$ , соответственно, амплитуда, циклическая частота и начальная фаза напряжений, обусловленных  $n$  внешними факторами. Переход в режим разрядки, начало землетрясения, начнется в тот момент, когда суммарное напряжение  $P_c(t)$  окажется равным усредненному пределу прочности среды  $P_m$ , то есть выполнится условие

Будем считать, что на последней стадии подготовки землетрясения, с момента  $t = t_0$  и напряжения  $P_0$ , на протяжении интервала времени  $(t - t_0)$ , соизмеримого с периодами внешних факторов, тектоническое напряжение  $P(t)$  возрастает линейно со скоростью  $b = dP/dt$

$$P(t) = P_0 + b(t - t_0).$$

В результате формула (1) приобретает вид:

$$b(t - t_0) + \sum_1^n a_i \cos(\omega_i t + f_i) = P_m - P_0 \quad (2)$$

Для наглядного представления всех принципиальных особенностей процесса, следует рассмотреть простейший пример воздействия на релаксатор одного фактора. Этому случаю будет соответствовать уравнение, являющееся частным случаем уравнения (2)

$$P_0 + b(t - t_0) + a \cos(\omega t + f) = P_m, \quad (3)$$

Момент начала процесса интегрирования энергии,  $t_0$ , неизвестен. Для рассмотрения всех возможных вариантов событий, вместо одного уравнения (3) рассмотрим  $N$  уравнений для разных начальных моментов времени

$$b(t - (t_0 + \varepsilon n)) = P_m - P_0 - a \cos(\omega t + f), \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots, N, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  - временной интервал, задающий шаг. Значения  $\varepsilon$  и  $n$  выберем таким образом, чтобы с достаточным временным разрешением перекрыть несколько периодов колебаний.

Рисунок 1 показывает семейство прямых, соответствующее левым частям уравнений, и изменяющееся относительно критического уровня и

одинаковое для всех уравнений напряжение внешнего фактора, определяемое правой частью уравнений. Очевидно, точки пересечения прямых и кривой, соответствуют корням системы уравнений и определяют моменты начала процесса разрядки релаксатора.

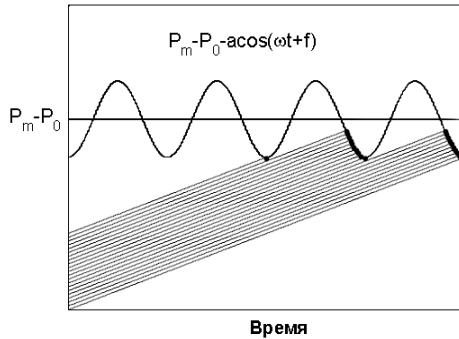


Рис. 1.

Рассмотрим расположение корней уравнений (4) относительно фазы изменения внешнего фактора на протяжении одного периода колебания  $T$ . Положим  $\tau = t/T$ ,  $\tau_0 = 0$ ,  $f = 0$ ,  $\Omega = \omega T$  и  $\varepsilon = T/N$ . Тогда (4) будет выражено относительно параметров внешнего фактора и примет вид:

$$A(\tau + n/N) = C - \cos \Omega \tau, \quad n=0,1,2,3,\dots,N \quad (5),$$

где  $A = Tb/a = b/a\omega$  - относительная скорость роста напряжения,  $C = (P_m - P_0)/a$  - константа, определяющая относительный порог начала разрядки релаксатора.

В зависимости от относительной скорости роста напряжения, то есть угла наклона прямых, определяемого параметром  $A$ , будет изменяться область расположения корней относительно фазы внешнего фактора. На рисунке 2 представлены случаи для четырех различных значений  $A$ .

Основной вывод, который можно сделать, рассматривая первый случай, рис. 2а, для которого  $A < 1$ , состоит в том, что для ряда значений  $\tau$  переход в режим разряда не происходит. Образуется своего рода «фазовая тень», которую хорошо демонстрирует распределение корней в зависимости от фазы внешнего фактора, приведенное на рис. 3а. Чем меньше значение  $A$ , медленнее возрастает напряжение, тем шире область тени, то есть уже область расположения корней вблизи момента максимума внешнего фактора. Это означает установление частотно-фазовой зависимости с внешним фактором, которое называется синхронизацией.

С увеличением  $A$ , как показано на рисунках 2б и 2в, область фазовой тени уменьшается и соответствующие распределения, представленные в виде гистограмм, принимают вид изображенный на рисунках 3б и 3в. После

некоторого значения  $A$  фазовая тень исчезает, рис. 2г, однако информация о внешнем синхронизирующем факторе сохраняется в форме распределения, как это видно из рисунка 3г

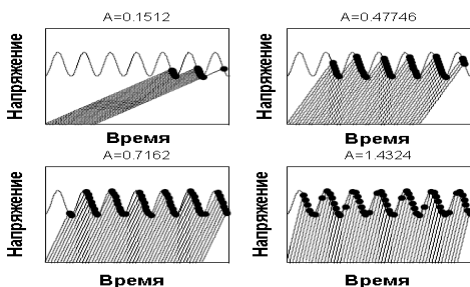


Рис. 2.

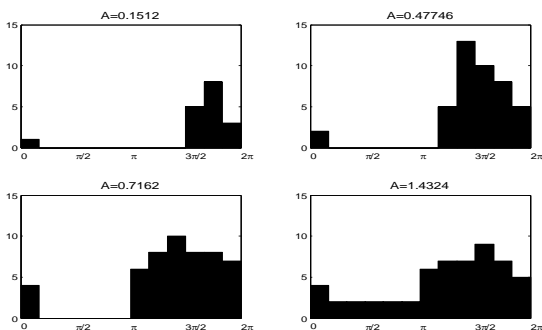


Рис.3.

Приведенные соображения содержат важный с методической точки зрения вывод. Он указывает на способ поиска факторов синхронизирующих релаксаторы. Из него следует, что, изучая распределения времен начала разрядки релаксаторов, в нашем случае распределение моментов землетрясений, можно обнаружить присутствие этого фактора и определить его характеристики.

Для множества значений  $A$  можно решить уравнение (5) и представить корни в виде диагностической диаграммы изображенной на рис. 4.

Она демонстрирует все изложенные выше свойства синхронизации релаксаторов. С увеличением  $A$  условие синхронизации ухудшается. Для больших значений разряд может произойти при любой фазе, а информация о наличии синхронизирующего фактора отображается в плотности распределения точек на диаграмме.

Синхронизация заметнее для релаксаторов (очагов готовящихся землетрясений), скорость возрастания напряжения, в которых уступает по

величине максимальной скорости изменения синхронизирующего напряжения. Такими могут оказаться долго готовящиеся, сильные землетрясения. С физической точки зрения, такие релаксаторы должны представлять собой крупномасштабные интеграторы, реагирующие даже на слабые явления планетарного масштаба. Для кавказского региона такое медленное нарастание напряжений можно ожидать для долго готовящихся землетрясений с  $M \geq 6$ .

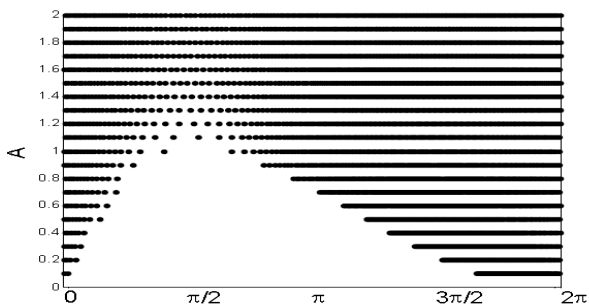


Рис.4.

Целью настоящей работы является исследование возможности обнаружения наличия приливного воздействия на процесс инициирования подготовленных землетрясений в регионе Кавказа, на основе анализа моментов времени землетрясений. Необходимые исходные данные содержатся в каталоге землетрясений Кавказа, включающем явления за 1962-1987 годы. В течение этого периода сейсмическая служба Грузии работала как единая и однородная инструментальная система.

Основная трудность исследования состоит в том, что количество землетрясений, которые имеют большие магнитуды, то есть готовятся медленно и должны проявлять большую чувствительность к воздействию синхронизирующего фактора, мало. На Кавказе произошло всего 30 землетрясений с магнитудой  $M > 6$  на протяжении двадцатого века. Их исследование показывает интересные закономерности воздействия внешних синхронизирующих факторов [10, 11, 12, 13]. Землетрясений с меньшими значениями магнитуд, разумеется, гораздо больше, но для них характерным должна быть модуляция распределений моментов времени событий и наложение нескольких синхронизирующих факторов. Землетрясение инициируемые другим фактором будут искажать распределения получаемые для одного конкретного фактора. Это в значительной мере затрудняет исследование и интерпретацию результатов.

Известно, что для выявления периодичностей во временном ряде обычно используют спектральный анализ. Конечная длина и дискретность временного ряда являются причиной того, что вычисленная оценка спектра отличается от подлинного спектра. Еще одной причиной искажения спектра

может быть неоднородность временного заполнения ряда, или неравноотстоящий набор данных формирующих исходный ряд. Моменты времени землетрясений представляют собой именно такие ряды. Спектральный анализ и интерпретация спектров таких рядов сильно затруднены. Для их анализа и интерпретации необходимо разрабатывать специальные методы.

Такую возможность предоставляют соображения, изложенные выше при рассмотрении модели синхронизации. Все исследуемые события, произошедшие в моменты времени  $t_i$  можно привести к одному интервалу, соответствующему исследуемому периоду  $T$ . Разделив значения моментов времени событий на значение периода, и отбросив целую часть, получим значения  $\tau_i$ , представленные в интервале от 0 до  $T$ . Распределение значений  $\tau_i$  называется распределением внутри искомого периода и является источником информации о синхронизирующем факторе. Пусть  $D(\tau_k)$ , где  $k = 1, 2, \dots, N$ , соответствующая этому распределению гистограмма. Изменяя значение  $T$  с достаточно мелким шагом можно получить все семейство распределений, не пропустив ни одного из значимых максимумов (существующих периодов). Исследуя форму распределений, можно выделить те из них, которые более других похожи на периодический гармонический или импульсный сигнал и более других отличаются от случайного распределения. Соответствующую вероятность отклонения от случайного распределения можно оценить с помощью критерия  $\chi^2$ .

Если в каком-либо из распределений, число событий значительно увеличится в узком фазовом интервале, то есть форма распределения окажется похожей на импульс, либо подобной синусоидальной, можно сделать заключение, что соответствующий период выделяется и превалирует в исследуемом явлении. Значения параметров импульсных или синусоидальных функций, наиболее подобных приближений к этим распределениям, можно найти, изменяя их параметры, характеризующие фазу и вычисляя ковариацию - меру линейного подобия с распределением. Наилучшее значение параметров фазы будет соответствовать наибольшему значению ковариации. Для найденной фазы и ковариации можно оценить параметр размаха (амплитуды) и, таким образом, определить параметры указанных функций наилучшим образом приближающихся к  $D(\tau_k)$ .

### **Результаты исследования и заключение**

Из упомянутого выше каталога землетрясений было отобрано два набора событий. Первый набор содержит 102 события с магнитудой  $M > 4.7$ , а второй 62 события с магнитудой  $M > 5.0$ . Эти наборы данных оптимальны с точки зрения как количества использованных для исследования явлений, так и

выбора объектов по скорости возрастания напряжения и, следовательно, реализации условий синхронизации.

При помощи описанного метода исследовались периодичности в интервале 25-30 дней. В этом интервале ожидается наиболее выраженное проявление приливных периодичностей, которые известны как лунные месяцы – это синодический, сидерический, аномалистический и драконический месяцы. Им соответствуют следующие значения периодов равные 29.53, 27.32, 27.55 и 27.21 дням.

Результаты первого набора данных ( $M > 4.7$ ) представлены на рис 5. На верхнем рисунке представлены оценки ковариации, полученные с помощью синусоидального и импульсного приближения. На среднем – оценки размаха, полученные с помощью тех же приближений. На нижнем рисунке представлена модифицированная оценка неслучайности явлений, полученная методом  $\chi^2$ . Необходимость модификации этой оценки вызвана тем обстоятельством, что для явно неслучайных периодов оценки очень близки к 1 и их восприятие затруднено. Использование величины в виде  $1/P\chi^2$  позволяет определить, в каком количестве случайных распределений один раз реализуется данное распределение. Представление в логарифмической шкале позволяет рассматривать эту величину в удобном масштабе. Например, периоду 29.53 дня соответствует величина этого параметра равная 6, что означает следующее – подобное распределение может реализоваться случайным образом только один раз в миллионе реализаций.

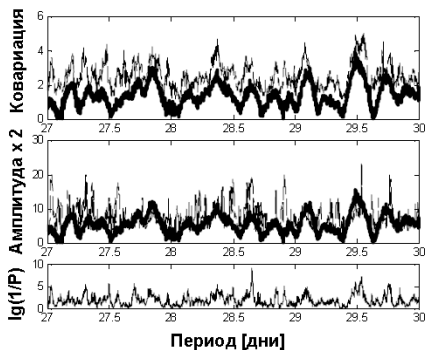


Рис. 5.

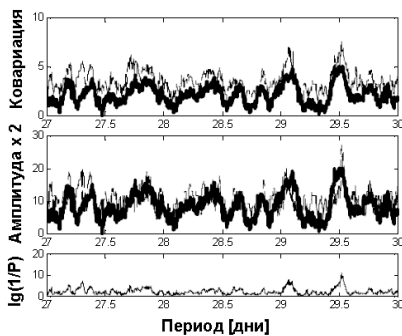


Рис. 6.

На рисунке 5, оценки ковариации отчетливо выявляют периодичность 29.5 дня, а в значениях амплитуды, оценки показывают период 29.53 дня.

Результаты второго набора данных, для землетрясений с  $M > 5$ , число которых составляет 62, представлены на рисунке 6. На рисуну четко выделяется период 29.53 дня.

Период 29.53 дня соответствует периоду повторяемости лунных фаз, которым соответствует максимальный прилив, являющийся суммой солнечной и лунной приливных волн.

Для определения фазы лунно-солнечного прилива, при которой происходит большая часть выбранных землетрясений, следует рассмотреть распределение угловых расстояний на небесной сфере между Луной и Солнцем. Это распределение представлено в полярных координатах на рис. 7. Распределение показывает, что существенный рост количества землетрясений происходит не в новолуние, как ожидалось, а в течение 2-5 дней после него. Этот сдвиг является предметом последующих исследований.

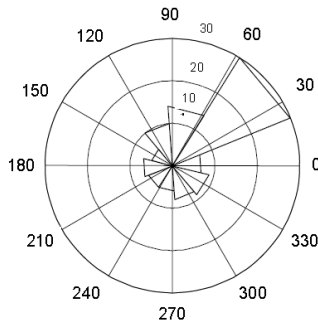


Рис. 7.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Allen M.W., 1956, The lunar triggering of earthquakes in southern California. Bull. seism. Soc. Am. Vol.26. p.147-157.
2. Beeler, N. M. and Lockner, D. A., 2003, Why earthquakes correlate weakly with the solid Earth tides: Effects of periodic stress on the rate and probability of earthquake occurrence, J. Geophys. Res., B108, 2391–2405.
3. Blechman, Synchronization of Dynamical Systems, 1971. (Sinchronizatzia Dinamicheskich Sistem. Nauka, Moscow, in Russian.)
4. Chelidze, T., Varamashvili, N., Devidze, M., Tchelidze, Z., Chikhladze, V., and Matcharashvili, T., 2002, Laboratory Study of Electromagnetic Initiation of Slip, Ann. Geophys., 45, 587–599.
5. Chelidze, T. and Lursmanashvili, O., 2003, Electromagnetic and mechanical control of slip: laboratory experiments with slider system, Nonlin. Proc. Geophys., 20, 1–8.
6. T. Chelidze, T. Matcharashvili, J. Gogiashvili, O. Lursmanashvili, and M. Devidze, 2005, Phase synchronization of slip in laboratory slider system, Nonlin. Proc. Geophys., (2005) 12: 163–170.
7. Heaton T.N., 1975, Tidal triggering of earthquakes. Geoph. J. of the Royal Astr. Soc. vol.43. p.307-326.

8. Hoffman R.B., 1961, Aftershock-energy release versus tidal effects, Hebgen Lake earthquakes, Montana. US.Geol.Survey Prpf. Paper, 424-C. p.267-270.
9. Knopoff L.,1964, Earth tides as triggering mechanism for earthquakes. Bull. Seism. Soc. Am., vol.54. p.1865-1870.
10. ლურსმანაშვილი ო.ვ., 1973, О периодичности сильных землетрясений Кавказа. "Изв. АН СССР Физ. Земли", 2.
11. ლურსმანაშვილი ო.ვ., Гахокидзе Л.Д., Николадзе И.Е., Руда Л.Г., 1987, Результаты вычисления спектра повторения землетрясений Кавказа. "Сообщения АН ГССР",1926, #1.
12. ლურსმანაშვილი ო.ვ., Гахокидзе Л.Д., Руда Л.Г., 1987, Спектр повторения сильных землетрясений мира и некоторых сейсмоактивных регионов евразийского сейсмического пояса. "Сообщения АН ГССР", 126, № 2,.
13. Lursmanashvili O., 2001, Role of exogenous factors in initiation of Caucasus earthquakes. Journal of the Georgian Geophysical Society. Issue (A), Physics of Solid Earth, v. 6.
14. Nikolaev, A. V. (Ed.), 1994, Induced Seismicity, Moscow, "Nauka", in Russian, 220.
15. Pikovsky, A., Rosenblum, M., Kurth, J., 2003, Synchronization: Universal Concept in Nonlinear Science, Cambridge University Press, Cambridge, 411.
16. Polumbo A., 1986, Lunar and solar tidal components in the occurrence of earthquakes in Italy. Geophys. J. Roy. Astron. Soc. Vol.84. #1. p.93-99.
17. Scholz, C. H., 2003, Good tidings, Nature, 425, 670–671.
18. Shlien S., 1972, Earthquake-tide correlation. Geoph.J.R.Astr.Soc. v.28.p.27-34.
19. Simpson J.F.,1967, Earth tides as a triggering mechanism for earthquakes. Earth. Planet. Sci. Lett, vol.2. p.473.
20. Sobolev, G. A. and Ponomarev, A. V., 2003, Physics of Earthquakes and Precursors, Moscow, "Nauka", in Russian, 270.
21. Vidale, J., Agnew, D., Johnston, M., Oppenheimer, D., 1998, Absence of earthquake correlation with earth tides: an indication of high preseismic fault stress rate, J. Geophys. Res., 103, 24 567–24 572.

შპს 550.540

**კავსასიის მიწისძვრების მასინქრონიზირებული კვაზიპერიოდული ვაქტორების ბამოვლენის მეთოდის შესახებ**./ლურსმანაშვილი ო., პაატაშვილი ტ., გეონჯიანი ლ.პმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 354-363.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნახვევებია გარე მასინქრონიზებული ვაქტორების აღმოჩენის შესაძლებლობა, შემოთავაზებული მიწისძვრების სინქრონიზაციის მექანიზმის საფუძველზე. წარმოდგენილია ამ გარე ვაქტორების პერიოდულობის დადგენის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება მიწისძვრების მოხდენის მომენტების განაწილებების ჰისტოგრამების ფორმების შესწავლას. გამოვლენილია მიმოქცევების ზემოქმედება კავკასიის რეგიონის მიწისძვრებზე მთვარე-მზის სინოდური თვის პერიოდით.



UDC 550.540

**ON THE METHOD FOR REVEALING THE EXTERNAL QUASI-HARMONIC FACTORS SYNCHRONIZING EARTHQUAKES IN THE CAUCASUS.** Lursmanashvili O., Paatashvili T., Geondjian L./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 354-363. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

A mechanism of earthquake synchronization by external impact is proposed. The possibility to detect this external factor by examination the shapes of histograms representing the distribution of earthquakes occurring time moments is shown. The tidal impact with Lunar-Solar synodic month period on Caucasus earthquakes is discovered.

УДК 550.540

**О МЕТОДИКЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ВНЕШНИХ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СИНХРОНИЗИРУЮЩИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАВКАЗА.** Лурсманашвили О.В., Пааташвили Т.В., Геонджян Л.А./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 354-363. – Рус ; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Исходя из предложенного механизма синхронизации землетрясений, выявлены возможности обнаружения воздействия внешних факторов по форме гистограмм, представляющих распределения моментов времени землетрясений. Предложен метод оценки периодов воздействующих факторов на основе анализа форм этих гистограмм. Выявлено приливное воздействие, соответствующее периоду лунно-солнечного синодического месяца для региона Кавказа.

*Лурсманашвили О.В.<sup>1</sup>, Пааташвили Т.В.<sup>2</sup>, Геонджян Л.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт Геофизики им. М Нодия*

<sup>2</sup> *Национальная Астрофизическая Обсерватория Грузии, Университет им. И.Чавчавадзе (Абастуманская Астрофизическая Обсерватория)*

УДК 550.340

## **ЛОЖНЫЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ В СПЕКТРЕ ПОВТОРЯЕМОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАВКАЗА, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЗРЫВАМИ.**

### **Введение**

Изучение повторяемости землетрясений интересная и важная задача. Этот подход лежит в основе оценки сейсмического режима и осуществления сейсмораионирования [2]. Однако, изучение повторяемости землетрясений помогает изучить не только сейсморежим, но и выявить воздействующие на регион периодические внешние глобальные факторы, знание которых должно учитываться при моделировании и прогнозировании сейсмичности региона.

До сегодняшнего дня не прекращаются споры о роли приливных сил в инициировании землетрясений. Получено множество противоречивых результатов. В работах [3,7] показано, что инициирующее воздействие приливных сил на землетрясения увеличивается когда его направление совпадает с направлением напряженности в очаге. Из этого следует что разные очаги могут по разному реагировать на приливное воздействие. При этом не во всех очагах в изучаемом регионе направления накопления напряжений могут совпадать, что частично объясняет противоречивость полученных ранее результатов при исследовании приливного воздействия. По этой же причине затруднено выявление суточных и полусуточных приливных периодичностей в повторяемости землетрясений, хотя значительно легче выявить длиннопериодные приливные явления модулирующие действия суточных и полусуточных приливов.

Выявление суточных и полусуточных периодичностей в сейсмичности некоторого региона может служить одним из указаний приливного воздействия на сейсмичность, хотя суточная периодичность может быть связана и со многими процессами другой природы: геомагнитные Sq вариации [4], тепловой режим, атмосферное давление, вращение земли, промышленные взрывы или пока еще неизвестные явления.

В последнее время появились работы [5,8] в которых было показано, что в слабых землетрясениях ( $M < 2.2$  ( $K < 8$ )) Средней Азии и некоторых других регионов четко выявляются суточные и полусуточные периодичности неизвестной природы, не связанные с приливным воздействием. Последую-

шее изучение этого вопроса показало, что причиной суточных периодичностей в Средней Азии оказались промышленные взрывы [6].

Таким образом, каталоги землетрясений, отягченные записями неидентифицированных и не отделенных от землетрясений промышленных взрывов, могут привести к ложным результатам и создают сложность при изучении реальных периодичностей сейсмического процесса. Это мешает выявлению внешних воздействующих факторов и должно быть учтено при использовании этих каталогов.

Нашей целью является исследование на основе каталога Кавказских землетрясений вопроса - характеризует ли сейсмичность Кавказа суточная периодичность, а при ее наличии, получение параметров и представления о природе этого явления.

#### **Используемые данные и методика.**

В каталоге кавказских землетрясений инструментальный период 1899-1993 годов, охватывает около 58000 землетрясений. Данные каталога значительно улучшились с 1962 года, когда начала работу сеть сейсмических станций. Сеть обеспечивала регистрацию близких землетрясений в широком энергетическом диапазоне ( $8 < K < 17$ ;  $2 < M < 7$ ) [1].

Для решения нашей задачи мы пользовались данными каталога за 1962-1987 годы. С целью выявления суточной периодичности мы рассматривали распределения землетрясений в течение суток как для всего Кавказа, так и для отдельных промышленных районов.

На рисунке 1 приведена карта Кавказа. На ней прямоугольниками выделено три промышленных объекта: Тырныауз – горно-обогатительный комбинат на базе вольфрамомолибденового рудника; Дашкесан - горно-обогатительный комбинат на базе железнорудного месторождения; Казрети - горно-обогатительный комбинат на базе Маднеульского месторождения полиметаллических руд. На этом же рисунке прямоугольником выделен самый сеismoактивный Кавказский регион – Джавахетское нагорье.

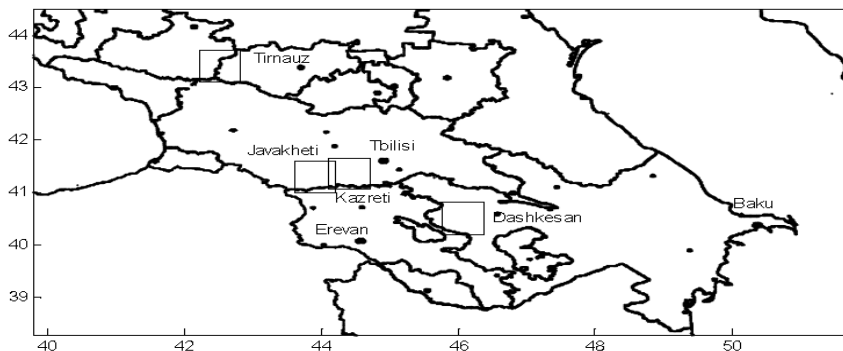


Рис. 1.

На рисунке 2 приведено распределение всех землетрясений Кавказа за 1962-1987 годы внутри суточного периода. Отчетливая суточная периодичность появляется с 1972-1974 годов. На рисунке 3 приведено такое же распределение для землетрясений с  $K \geq 9$ , для которых суточная периодичность не выявляется. Распределение землетрясений всего Кавказа внутри семидневного интервала, по дням недели, приведенная на рисунке 4, показывает приуроченность выявленного суточного периода к рабочей календарной неделе. Все это прямо свидетельствует о промышленной природе выявленного суточного периода.

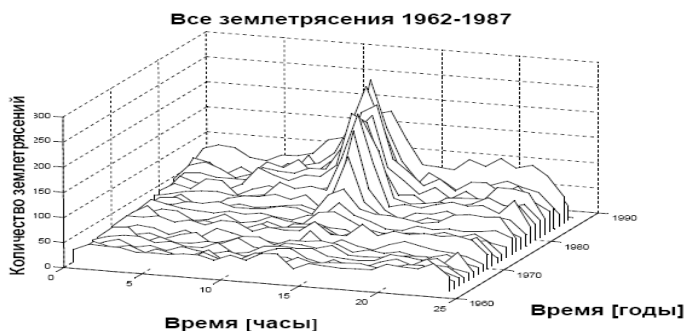


Рис. 2.



Рис. 3.

### Результаты.

Действительно распределения землетрясений внутри суточного и семидневного периода за 1962-1987 года, для каждого вышеуказанного промышленного района (рис. 5, рис. 6, рис. 7) показывает присутствие четко выявленных суточных и семидневных периодичностей. В данных проявляется

даже смена сезонного времени. Рассмотрение подобных распределений для сейсмоактивного Джавахетского нагорья (рис. 8) не выявляет ни суточных, ни семидневных периодичностей.



Рис. 4.

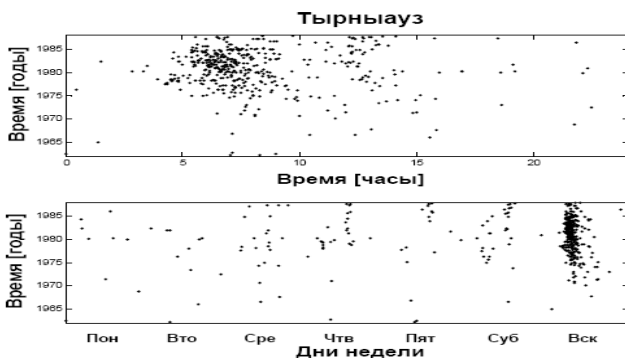


Рис. 5.

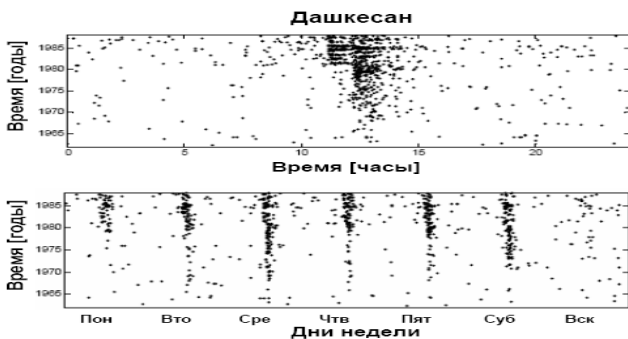


Рис. 6.

### Заключение.

В каталоге землетрясений Кавказа выявляется четкая суточная периодичность слабых землетрясений  $K < 9$ , которая исчезает для более сильных землетрясений. Суточная периодичность связана с присутствием в каталоге промышленных взрывов, регулярное проведение которых, позво-

лило выявить их присутствие, хотя не исключено присутствие в каталоге и других, невыявленных взрывов. К такому же заключению о причине наблюдаемой периодичности пришли исследователи, обнаружившие суточную периодичность слабых землетрясений в Средней Азии [6].

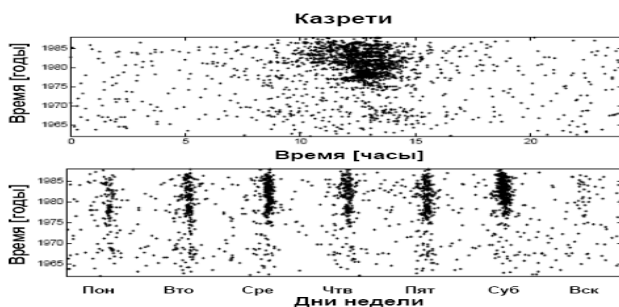


Рис. 7.

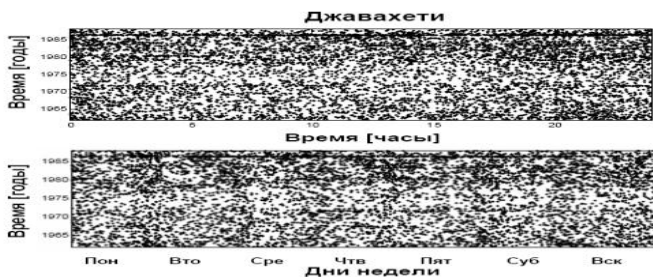


Рис. 8.

При изучении периодичностей повторения землетрясений и выявлении воздействующих на сейсмичность внешних периодических факторов необходимо учитывать присутствия в каталогах взрывов, по возможности их отфильтровывать, либо ограничиваться рассмотрением более сильных, заведомо превышающих мощность промышленных взрывов, но малочисленных землетрясений, что в свою очередь снизит статистическую достоверность полученных результатов.

#### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Э.А.Джибладзе, Н.К.Бутикашвили, Н.С.Церетели, 1995, Сейсмический режим, сейсмическая опасность и сеймотектонические движения Кавказа. Тбилиси: Институт Геофизики АН Грузии, 112 с.
2. В. И. Уломов, 1999, Сейсмогеодинамика и сейсмическое районирование северной Евразии. Вестник ОГГГН РАН, № 1(7)'99.
3. E. S. Cochran, J. E. Vidale, S. Tanaka, 2004, Earth tides can trigger shallow thrust fault earthquakes. Science, vol. 306, p. 1164-1166.
4. G. Duma, Y. Ruzhin, 2003, Diurnal changes of earthquake activity and geomagnetic Sq variations. Natural Hazards and Earth System Sciences (2003) 3: 171-177.

5. A.Ya. Sidorin, V. Zhuravlev, 2005, Diurnal periodicity of earthquakes in catalogs of various regions of the world. Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 04731.
6. A.Ya. Sidorin, 2007, Diurnal periodicity of earthquakes in central Asia: Part 5. Catalogue of the Kyrgyz digital broadband seismic network KNET. Seismic Instruments. Volume 43, Number 1, p. 43-55.
7. S. Tanaka, M. Ohtake, H. Sato, 2004, Tidal triggering of earthquake in Japan related to the regional tectonic stress. Earth Planet Space, 56, 511-515.
8. V. I. Zhuravlev, A. A. Lukk, K.M. Mirzoev, N. A. Sycheva, 2006, Diurnal periodicity of weak earthquakes in Central Asia. Izvestya Physics of the Solid Earth, Volume 42, Number 11, p.890-903.

შპს 550.340

**საწარმოო აწვითამბავით ბამოწვეული ცრუ პერიოდულობები ბავბასიის მიწისძვრების ბანმომრბალობაში.** /ლურსმანაშვილი ო., პაატაშვილი ტ. გეონჯიანი ლ/. ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 364-369.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

კავკასიის მიწისძვრების კატალოგის მონაცემების საფუძველზე ცალსახად ვლინდება სუსტი მიწისძვრების,  $K < 9$ , დღედამური პერიოდულობა, რომელიც აღარ დაიკვირვება უფრო ძლიერ მიწისძვრებში. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ გამოვლენილი პერიოდულობა დაკავშირებულია საწარმოო აფეთქებების განხორციელების რეჟიმთან. მიწისძვრების განმეორადობის შესწავლისას აუცილებელია ამ ფაქტის გათვალისწინება.

UDC 550.340

**FALSE PERIODICITIES IN EARTHQUAKES SPECTRA IN THE CAUCASUS INDUCED BY INDUSTRIAL EXPLOSIONS.** /Lursmanashvili O., Paatashvili T., Geondjian L./ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 364-369.- Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The study of possible diurnal periodicity of earthquakes on the base of Catalog of Caucasus Earthquakes, very distinctly reveals this phenomenon for events with  $K < 9$ , and the absence of diurnal period for stronger quakes. We reveal that the catalog contains the set of industrial explosions, identified as natural events. The study of possible natural diurnal periodicity for the purpose of earthquake prediction needs very careful analysis of industrial activity to avoid erroneous conclusions and artifacts.

УДК 550.340

**ЛОЖНЫЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ В СПЕКТРЕ ПОВТОРЯЕМОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ Кавказа, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЗРЫВАМИ.** / Лурсманашвили О.В., Пааташвили Т.В., Геонджян Л.А./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 364-369. – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

По данным каталога землетрясений Кавказа, выявляется четкая суточная периодичность слабых землетрясений  $K < 9$ , которая исчезает для более сильных землетрясений. Установлено, что суточная периодичность связана с присутствием в каталоге зарегистрированных в виде землетрясений промышленных взрывов. При изучении с целью прогнозирования землетрясений периодичностей их повторения, во избежание артефактов, необходимо учитывать присутствие этого фактора.

*მელიქაძე გ., ჯომშელაძე თ., კობზევი გ., კახანაძე ნ., დოგვალი ნ.*  
*Seismic Monitoring Center, Tbilisi, Georgia*

## **სეისმოჰიდროდინამიკური დაკვირვებები საქართველოს ტერიტორიაზე**

### **შესავალი**

მსოფლიოს მრავალ სეისმოაქტიურ რეგიონში მიმდინარეობს სეისმოჰიდროდინამიკური კვლევები მიწისძვრების პროგნოზირების მიზნით. დღემდე დაფიქსირებულია მრავალი ანომალია უშუალოდ მიწისძვრის დროს, მათ შორის ეპიცენტრიდან საკმაოდ მოცილებულ ტერიტორიებზე. მიხედვით ანომალიების წარმოქმნის მექანიზმის გაურკვევლობისა, მეთოდი მიჩნეულია ერთ-ერთ ინფორმაციულად პროგნოზირებისთვის. მრავალი სამეცნიერო შრომა ეძღვნება ამ საკითხს. დღეისთვის მეცნიერებაში ჩამოყალიბდა ახალი მიმართულება “სეისმოჰიდრაგლიკა”, რომელიც ცდილობს მიწისქვეშა წყლების გაგლენით ახსნას სეისმოციკლების არსებობა და ანიჭებს მათ “გამშვები ბერკეტის” როლს.

### **რეგიონული დაკვირვებები**

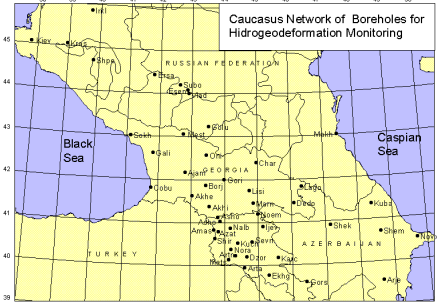
საქართველოში ჰიდროდინამიკური დაკვირვებები დაიწყო 1985 წლიდან, ე.წ. “ჰიდროგეოდეფორმაციულ ველის მონიტორინგის” ორგანიზებით. ეს მეთოდი გამოირჩევა თავისი ინფორმაციულობით. იგი საშუალებას იძლევა რეალურ დროში დავაკვირდეთ ლითოსფეროში მიმდინარე კუმშვა-გაჭიმვით დეფორმაციულ პროცესებს და შევისწავლოთ გარემოს გეოდინამიური განვითარების კანონზომიერებები, მათ შორის ძლიერი მიწისძვრების განმაპირობებელიც (1,2).

დაკვირვებისათვის შერჩეული იქნა დაურღვეველი რეგიმის მქონე დრმა ინფორმაციული სუბარტეზიული ტიპის ჭაბურღილები, რომლებიც თანაბარი დაფარვით იყვნენ განლაგებული მთელ ტერიტორიაზე. ჭაბურღილის ინფორმაციის განსაზღვრისათვის მასზე ტარდებოდა მისი ჰიდროდინამიკური პარამეტრების დამდგენი საცდელი ჩასხმები და მოკლე ვადიანი რეგიონული დაკვირვებები. თუ ამ პერიოდში წყლის დონის ვარიაციებში ფიქსირდებოდა დედამიწის მიმოქცევითი ვარიაციები, იგი ირთვებოდა სარეგიონო ქსელში, შემდეგი გრძელ ვადიანი ტესტირებისთვის (3).

1985-1992 წლების პერიოდში შერჩეული სარეგიონო ქსელი მოიცავდა 70-მდე ჭაბურღილს ცენტრალურ აზიაში, 50-ს კავკასიაში, მათ შორის 15 საქართველოში. დაკვირვებების პერიოდში ჭაბურღილები, როგორც მოცულობითი დეფორმოგრაფი, მგრძნობიარედ რეაგირებენ



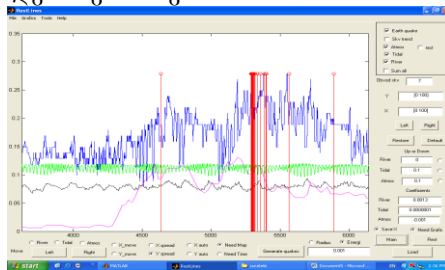
ყველა სახის დეფორმაციებზე, როგორც ეგზოგენურ, ასევე ენდოგენურზე (ნახ.1). დაკვირვებათა სიზუსტე აღწევდა  $10^{-7}$  -  $10^{-9}$  სიდიდეს



ნახ.1. ჰიდროგეოდეფორმაციულ ველზე დაკვირვების კავკასიის ქსელი

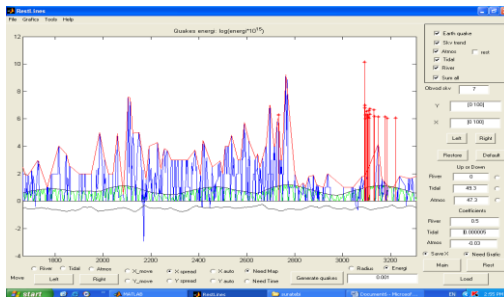
წყლის დონის ცვლილებები განპირობებულია როგორც ეგზოგენური ასევე ენდოგენური ფაქტორებით. ამდენად, ტექტონიკური კომპონენტის გამოსაყოფად საჭიროა პირველადი მასალის გაფილტვრა და არატექტონიკური მდგენელის მოცილება. ამისთვის შემუშავდა სპეციალური პროგრამა, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხდეს მულტი პარამეტრული (წყლის დონის) სიგნალის დეკომპოზიცია შემადგენელ ფაქტორებად: მიმოქცევითი ვარიაციები, ატმ. წნევა, ნალექიანობით გამოწვეული სეზონური ვარიაციები და ნარჩენი გეოლინამიური სიგნალის გამოყოფა. რაც საშუალებას იძლევა შედარდეს თვითთვეული ეგზოგენური ფაქტორი ჯამურ სიგნალს, გაითვალოს კორელაციური დამოკიდებულება შერჩეულ წყვილ პარამეტრებს შორის და მისი დარღვევები შედარდეს სეისმურობას. დადგინდა, რომ ყველა ჭაბურღილზე მეტ-ნაკლებობით მოქმედებს ეგზოგენური და ეგზოგენური ფაქტორები (4,5), თუმცა ცალკეული მათგანის რეაქციის მიხედვით, შეიძლება ერთ-ერთი ფაქტორი იყოს წამყვანი-დომინანტი. ეს განსხვავებები განპირობებულია ჭაბურღილების სიღრმით, კონსტრუქციით, მთლიანად წყალშემცველი პორიზონტის გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური თავისებურებებით, გაზური ფაქტორის სიდიდით და სხვა ასე მაგალითად: ახალციხის და აჯამეთის ჭაბურღილებზე დომინანტებად გვევლინება წყლის დონის რეაქცია პირველ რიგში მიმოქცევით ვარიაციებზე და შემდეგ, ატმოსფერულ ნალექებზე (ნახ.2). ანომალიების გამოყოფის მიზნით, პროგრამით ხდებოდა წყლის დონის ვარიაციის თეორიული სიგნალის სინთეზი, რისთვისაც ხდებოდა ყველა ეგზოგენური ფაქტორის სიდიდის ცვლილების სიდიდეების დაყვანა წყლის დონის ვარიაციების თანატოლ სიდიდეებთან სპეციალური გადაწყვანი კოეფიციენტის შერჩევით. ეს კოეფიციენტები შერჩეული იქნა სეისმურად წყნარი პე-

რიოდის განმავლობაში, როდესაც წყლის დონის ვარიაციები ძირითადად განპირობებული იყო მხოლოდ ეგზოგენური ფაქტორების გავლენით. წყლის დონის ცვლილებებში ანომალური დარღვევების დადგენის მიზნით ხდებოდა მათი შედარება წყლის დონის ვარიაციის რეალურ მნიშვნელობებთან. ამ ანალიზის შედეგად, გამოვლინდა ამ ანომალიათა მიზეზ-შედეგობრივი კავშირი გეოდინამიურ მდგენელთან, კერძოდ, სეისმურად წყნარ პერიოდში, წყლის დონის ვარიაციების რეალური მნიშვნელობები განპირობებულია ეგზოგენური ფაქტორების ვარიაციებით და იცვლება  $10^{-8}$  სიდიდის ფარგლებში, ხოლო მიწისძვრის მომზადების პროცესში ხდება ამ მახასიათებელი სურათის დარღვევა მიწისძვრამდე რამდენიმე დღით ადრე. დარღვევის ხასიათი და პერიოდი დამოკიდებულია მოსალოდნელი მიწისძვრის სიმძლავრეზე და მდებარეობაზე.



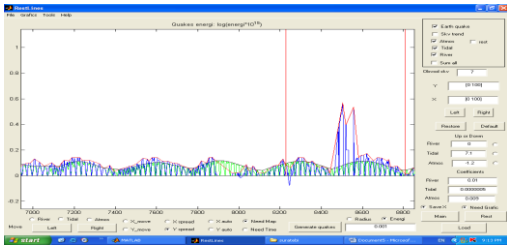
ნახ.2. პარამეტრების ცვლილებების გრაფიკი. ვერტიკალური ხაზები- მომხდარი სეისმოლოგენები.

ასე მაგალითად ერთი თვით ადრე სპიტაკის (7.12.1988) მიწისძვრამდე აღინიშნა დარღვევები წყლის დონეში თამარისის ჭაბურღილზე, რომელიც 85 კმ-ით იყო დაცილებული ეპიცენტრს (ნახ.3).



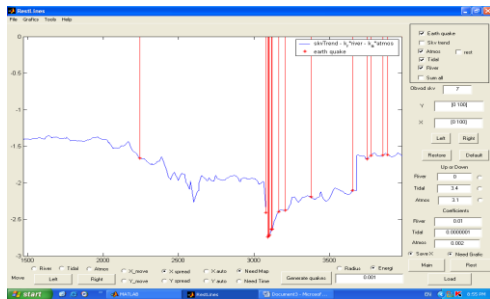
ნახ.3 პარამეტრების ცვლილებების გრაფიკი თამარისის ჭაბურღილზე

ბევრად ნაკლები იყო დარღვევათა სიდიდე ეპიცენტრიდან უფრო შორს მდებარე ბორჯომის ჭაბურღილზე



ნახ.4 პარამეტრების ცვლილებების გრაფიკი ბორჯომის ჭაბურღილზე

ტექტონიკური დაძაბულობის ფარდობითი სიდიდეების მისაღებად წყლის დონის ვარიაციების ტრენდული მნიშვნელობები აკლდებოდა თეორიულ მრუდს, რაც ახასიათებდა ამ პუნქტში- წყალშემცველ ჰორიზონტში ჭაბურღილის გარშემო მოცულობითი დეფორმაციების სიდიდეს (6) და ხდებოდა მისი კალიბრება მიმოქცევითი ვარიაციების შესაბამისი დეფორმაციული სიდიდეებით. მიღებული სხვაობის დადებითი მნიშვნელობები (წყლის დონის რეალური მნიშვნელობები მეტია ვიდრე თეორიული) ახასიათებდა შეკუმშვის – კომპრესიულ დეფორმაციას, ხოლო უარყოფითი სხვაობა გაჭიმვის დეფორმაციას. ასე მაგალითად, სპიტაქის მიწისძვრის წინ აღინიშნა გაჭიმვის დეფორმაცია თამარისის ჭაბურღილზე (ნახ.5).



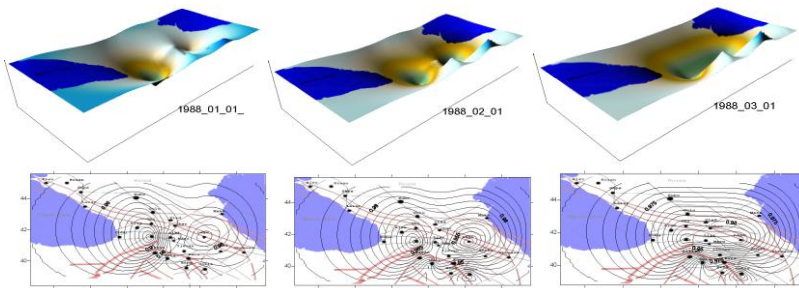
ნახ.5 დეფორმაციის ცვლილების გრაფიკი თამარისის ჭაბურღილზე

ფართობზე გეოდინამიური ველის განაწილების და მათი ცვლილებათა კანონზომიერებების დადგენი მიზნით, ჭაბურღილისათვის გადათვლილ გეოდინამიურ მდგენელებზე დაყრდნობით ხდებოდა მთელი კავკასიის ტერიტორიისთვის გეოდეფორმაციული ველის ცვლილებების მაფიქსირებელი სურათების აგება.

მომხდარი ძლიერი მიწისძვრების პერიოდში ველის ანალიზმა დაგვანახა, რომ ძლიერი მიწისძვრის მომზადების პროცესში, ხდება წყლის დონეებში კუმშვისა და გაჭიმვის მახასიათებელი ცვლილებების დაფიქსირება მთელი რეგიონის მასშტაბით, რაც ადასტურებს,

რომ ძლიერი მიწისძვრების მომზადების პროცესში მთელი კავკასია ჩართულია როგორც ერთიანი გეოლოგიური სტრუქტურა. ანომალური მნიშვნელობების ჩამოყალიბება ხდება ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში და (რამდენიმე თვე, წელიწადი) და როგორც წესი მიწისძვრის ეპიცენტრალური ზონა ემთხვევა გეოდეფორმაციულ ველში მიწისძვრის ყველაზე დიდი გრადიენტის ზონას.

მაგალითად მოგვყავს სპიტაკის კატასტროფული მიწისძვრების მომზადების პროცესში, ჰიდროგეოდეფორმაციული ველის ევოლუციის სურათები. ქვედა ნახაზზე ასახულია კავკასიის ტექტონიკური რუკა და მასზე დაძაბულობის იზოხაზები. ზედა ნახაზზე დაძაბულობის სამგანზომილებიანი რუკა, სადაც ჩაწეული ნაწილი შეესაბამისება შეკუმშვის დეფორმაციას, ხოლო ამოწეული-გაჭიმვის დეფორმაციას. (ნახ.6).



ნახ.6 კავკასიაში დეფორმაციის ველის სურათები

### დასკვნები

საქართველოში წარმოებული სეისმოჰიდროდინამიკური დაკვირვებებით ექსპერიმენტალურად დადასტურდა, რომ მიწისძვრის მომზადების პროცესში კრიტიკული დეფორმაციის ჩამოყალიბება აისახება მიწისქვეშა წყლების რეჟიმში მახასიათებელი “ფონური” სურათის დარღვევით. დარღვევის პერიოდი იცვლება მოსალოდნელი მიწისძვრის სიმძლავრიდან გამომდინარე, ხოლო მიწისძვრის კერა ემთხვევა “ჰიდროგეოდეფორმაციულ” ველში ყველაზე დიდი გრადიენტის ზონას

### მადლობა

ავტორები დიდ მადლობას უხდიან საქართველოს ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს (გრანტები №GNSF/ST07/5-140 და №GNSF/ST07/5-180) ფინანსური მხარდაჭერისთვის.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Варганын Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли. - Доклад АН СССР, 262, N 2, 1982.

2. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. О глобальном гидрогеодеформационном поле. - Советская геология, N 5, 1983.
3. Волейшо В.О. Влияние некоторых внешних природных сил на подземные воды. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара. Методика и организация наблюдений за режимом подземных вод для прогноза землетрясений М.: ВСЕГИНГЕО, 1983.
4. Matcharashvili T., Chelidze T., Melikadze G - Impact of Nonperiodic components in dynamics of water level variations in boreholes. Bulletin of the Academi of sciences of the Georgian, 163 № 2, 2001.
5. Matcharashvili T., Chelidze T, Melikadze G -Detecting differences in dynamics of water level variation during Spitak and Racha earthquakes by complexity measure Eos. Trans. AGU 82947), fall Meet. Suppl. Abstract, 78, 2001.
6. Melikadze G., Ghlonti E. - Some features of hydrogeodeformation field in Caucasus during strong earthquakes preparation period. Journal of georgian geophysical society, issue A. Physic of earth, v. 1. 5 2000.

**სეისმოჰიდროდინამიკური დაკვირვებები საქართველოს ტერიტორიაზე.** /მელიქაძე გ., ჯიმშილაძე თ., კობზევი გ., კაპანაძე ნ., დოვგალი ნ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 370-375.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

საქართველოს ტერიტორიაზე 1985 წლიდან მიმდინაე რეჟიმული ჰიდროდინამიკური დაკვირვებების დროს დაფიქსირებული იქნა მრავალი ანომალია, რომელთა ბუნების დადგენის მიზნით ჩატარებულმა ანალიზმა დაადგინა, რომ დეფორმაციული დაძაბულობის კრიტიკული მნიშვნელობები, მიწისქვეშა წყლების რეჟიმში, აღინიშნება მასხასიათებელი "ფონური" სურათის დარღვევით. დარღვევის პერიოდი დამოკიდებულია მიწისძვრის სიმძლავრეზე. ყველაზე დიდი გრადიენტის ზონა ჰიდროგეოდეფორმაციულ ველში მიუთითებს მომავალი მიწისძვრის კერას.

**SEISMOHYDRODYNAMIC OBSERVATIONS ON THE TERRITORY OF GEORGIA./Melikadze G., Jimshiladze T., Kobzev G., Kapanadze N., Dovgal N./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 370-375. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

A multitude of anomalies have been recorded during the current regime hydrodynamic observations on the territory of Georgia since 1985 for nature revelation of which undertaken analyses established that critical values of deformation stresses in groundwater regime are designated by characteristic disturbance of background stress. The period of disturbance depends on the strength of earthquake. The largest gradient zone in the hydrogeodeformative field indicates future epicenter area.

**Сейсмогидродинамические наблюдения на территории Грузии./Меликадзе Г., Джимшиладзе Т., Кобзев Г., Капанадзе Н., Довгаль Н./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 370-375. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

На территории Грузии с 1985 года во время режимных гидродинамических наблюдений было зафиксировано множество аномалий, для выявления природы которых проведенные анализы установили, что критические значения деформационных напряжений отражается в режиме подземных вод, нарушением "фонового" хода. Период нарушений изменяется в зависимости от силы землетрясения. Зона наибольшего градиента в Гидрогеодеформацион-ном (ГГД) поле указывает место будущего очага.

*H. Petrosyan*

*“National Survey for Seismic Protection” Agency, MTA  
of Republic of Armenia*

## STATISTIC ANALYSIS OF EARTHQUAKE PRECURSORS

### **Abstract.**

11 strong regional ( $M \geq 6.0$ ) and 7 local perceptible ( $3.7 \leq M \leq 5.0$ ) earthquakes, occurred from 1983 to 2002 in the territory of Armenia and adjacent countries were tested for the purpose of current seismic hazard assessment [1]. For the first time Catalog of tested earthquake anomalies-precursors, included 167 anomalies on 15 monitoring parameters was composed. Tests are distinguished by analysis results of 656 anomalies.

Based on the results of these researches, a full probability of all tested earthquake precursors is calculated; it was considered in what degree the quantity of precursors has influence on value of full probability of precursors seismic realization; determined the frequency and relative frequency of development of various values of probability of precursors seismic realization, included in Catalog. It was considered a value (statistic part) of complex of five more importance parameters, and also the part of one tested anomaly-precursor in this complex.

The same level of statistic importance of parameter complex as for strong regional earthquakes as for local perceptible earthquakes indicates that operating Multiparameter monitoring network of NSSP is capable of react both on preparedness of local perceptible and strong regional earthquakes. In other words, in whole it is universal network in meaning of uses of receiving data for current seismic hazard assessment.

### **Introduction.**

The probability of precursors seismic realization is expressed by (as) ratio  $P = m/n$ , where  $m$  - a quantity of realized anomalies, i.e. those anomalies after which seismic events has occurred;  $n$  - total quantity of similar anomalies at given station and for given parameter. The probability was determined: 1) on every method (parameter) for every type of anomaly; 2) on all types of anomalies for every method (parameter), separately for  $M \geq 6.0$  and  $3.7 \leq M \leq 5.0$  earthquakes; 3) on precursor complex for  $M \geq 6.0$  and  $3.7 \leq M \leq 5.0$  earthquakes.

In Table 1 values of average probabilities  $P_{av}$  are shown on precursor complex for  $M \geq 6.0$  and  $3.7 \leq M \leq 5.0$  events [1].

### **Methods and study results.**

Based on before given studies, full probability of all precursors of 11 strong regional ( $M \geq 6.0$ ) and 7 local perceptible ( $3.7 \leq M \leq 5.0$ ) earthquakes is calculated, using a formula of full probability [2]:

$$P \{A\} = \sum_{n=1}^N P \{B_n\} P \{A|B_n\} \quad (1),$$

where A – event (forthcoming earthquake);

$B_1, B_2, \dots, B_N$  – events (anomalies-tests) consisting a full group;

P – probability, that event A will occur.

During a calculation the formula (1), quantity of test anomalies-precursors (see Table 1) and values of seismic realization probabilities  $P=m/n$  of all tests on every earthquake are used, which are given in Catalog of test anomalies-precursors [1]. Results of calculations are given in Table 2.

Table 1

N	Earthquakes	Tests numbers	Pav.
	<i>A. Strong regional (<math>M \geq 6.0</math>):</i>		
1	Ardebil M=6.7, 1997	5	0.27
2	Baku M=6.5, 2000	16	0.57
3	Barisakho M=6.4, 1992	11	0.53
4	Bolu M=6.2, 1999	5	0.32
5	Bolvadin M=6.2, 2002	16	0.37
6	Izmit M=7.4, 1999	23	0.38
7	Narman M=6.8, 1983	4	0.69
8	Racha M=7.1, 1991	3	0.29
9	Roudbar M=7.7, 1990	6	0.52
10	Spitak M=7.0, 1988	16	0.54
11	Erzindjan M=6.9, 1992	5	0.48
	In average on regional earthquakes	10	0.45
	<i>B. Local perceptible (<math>3.7 \leq M \leq 5.0</math>):</i>		
12	Ashotsk M=4.1, 1996	8	0.57
13	Bavra M=4.2, 1994	7	0.49
14	Javakhet M=4.3, 1999	7	0.33
15	Martuni M=5.0, 1992	7	0.48
16	Noemberian M=4.4, 1997	14	0.38
17	Parakar M=3.7, 1997	4	0.46
18	Tsovagyugh M=3.8, 1993	8	0.49
	In average on local earthquakes	7.9	0.46

As shown in Table 2, Pfull for strong regional earthquakes is changed within 29,7-69,0%, and for local perceptible earthquakes –within 36,0-61,0%. It should be noticed, that in Catalog of tests electrical, electromagnetic, hydrogeodynamic, radon, geochemical, geomagnetic, ionosphere, biological precursors and atmosphere pressure are given. Group of seismic and geodesic earthquake precursors aren't considered there, as during seismic events testing of these parameters weren't considered by us, as they have special specific character of their processing. Values of full probability would be much higher, if also seismic and geodesic precursors are included in mentioned complex of parameters and methods.

Table 2.

N	Earthquakes	Pfull, %	N	Earthquakes	Pfull, %
1	A. <i>Strong regional (M≥6.0):</i> Ardebil M=6.7, 1997	29,7	12	B. <i>Local perceptible 7≤M≤5.0):</i> Ashotsk M=4.1, 1996	61,0
2	Baku M=6.5, 2000	57,0	13	Bavra M=4.2, 1994	48,0
3	Barisakho M=6.4, 1992	57,0	14	Javakhet M=4.3, 1999	36,0
4	Bolu M=6.2, 1999	34,0	15	Martuni M=5.0, 1992	49,0
5	Bolvadin M=6.2, 2002	35,0	16	Noemberian M=4.4, 1997	57,0
6	Izmit M=7.4, 1999	37,0	17	Parakar M=3.7, 1997	46,0
7	Narman M=6.8, 1983	69,0	18	Tsovagyugh M=3.8, 1993	45,0
8	Racha M=7.1, 1991	28,0		In average on local earthquakes	48,9
9	Roudbar M=7.7, 1990	59,0			
10	Spitak M=7.0, 1988	53,0		In average on all earthquakes	47,5
11	Erzindjan M=6.9, 1992	48,0			
	In average on strong earthquakes	46,1			

It is important to notice that average values of full probability on regional and local earthquakes are common in whole (46,1 and 48,9). It is indicate that operating Multiparameter monitoring network of NSSP to an equal degree is able to respond to preparedness of local perceptible and strong regional earthquakes. Otherwise, in whole it is universal network in a sense of using receiving data during current seismic hazard assessment. Such results have formerly received on values of average probability  $P_{av}$  on precursor complex for  $M \geq 6.0$  and  $3.7 \leq M \leq 5.0$  earthquakes given in Table 1.

It should be consider in what degree quantity of anomalies-tests (Table 1) influence on value of full probability of precursor seismic realization (Table 2). Its ratio has been get.

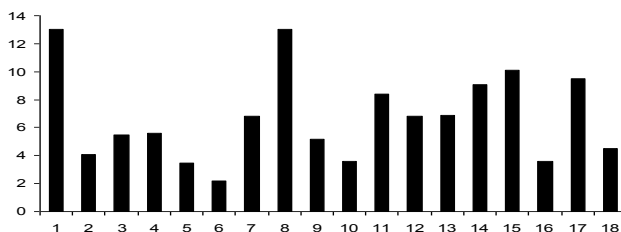


Fig.1. Diagram of ratio between the value of full probability of precursor seismic realization (Pfull) and tests numbers (in %). Numbers of earthquakes are shown on absciss axis.

Depending on numbers of tests tendency of value increase of full probability is observed (fig.1). However, this tendency concerns not all seismic events, both local and regional. In one site, this means that the more precursors, of course, the



easier to predict the forthcoming earthquake. In other site, no rational increasing of monitoring points, doesn't guarantee an identically prediction of impending earthquake.

It should be consider how often one or another values of  $P=m/n$ , given in Catalog of separate anomaly-tests (MP) are to be found and with what frequency ( $W=MP/\Sigma$ ). Data are given in Table 3 and on fig.2. As we see, anomalies with values  $P=m/n$ , equal to  $1/1$ ,  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $1/4$  and  $1/5$ , that is with high enough values of  $P$  and, consequently, with high degree of seismogenius are to be found in Catalog of test precursors. It means that during the current seismic hazard assessment, current anomalies will be dedicated more confidently by comparison with enough effective test anomalies-precursors.

Table 3

N	Basis (P=m/n)	Fre- quency (MP)	Relative frequency ( $W=MP/\Sigma$ )	N	Basis (P=m/n)	Fre- quency (MP)	Relative frequency ( $W=MP/\Sigma$ )
1	1\1	26	15,6	16	1\22	1	0,5
2	1\2	23	13,7	17	2\2	2	1,2
3	1\3	21	12,5	18	2\3	7	4,1
4	1\4	17	10,2	19	2\4	4	2,3
5	1\5	11	6,5	20	2\5	4	2,3
6	1\6	6	3,5	21	2\6	3	1,7
7	1\7	7	4,1	22	2\7	1	0,5
8	1\8	3	1,7	23	2\11	2	1,2
9	1\9	1	0,5	24	2\12	1	0,5
10	1\10	5	2,9	25	2\21	2	1,2
11	1\11	1	0,5	26	3\3	3	1,7
12	1\12	2	1,2	27	3\4	1	0,5
13	1\13	1	0,5	28	3\5	4	2,3
14	1\15	2	1,2	29	5\9	5	2,9
15	1\16	1	0,5			$\Sigma=167$	

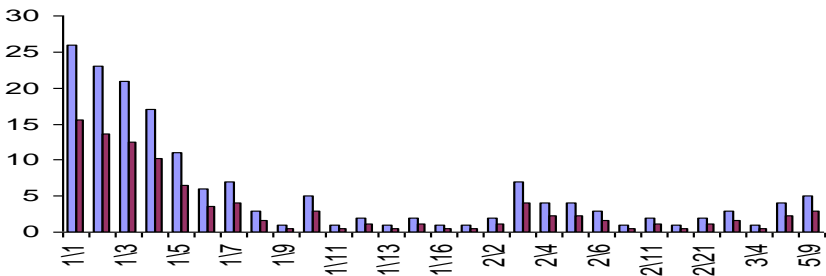


Fig.2 Diagram of frequency (light rectangle) and relative frequency (%) (dark rectangle) of basis  $P=m/n$ . Values of  $P$  are given on absciss axis.

We should estimate the full probability of seismic realization of the most important earthquake precursors. The same, to all appearances of numbers of test anomaly-precursors earthquakes given in Catalog, are hydrogeodynamic, radon, geochemical (helium concentration), electromagnetic and geomagnetic precursors. Full probability of these precursors complex by all 18 earthquakes calculated by the formula (1) is given in Table 4.

Table 4

N	Earthquakes	Pfull, %	N	Earthquakes	Pfull, %
1	<i>A. Strong regional (M≥6.0):</i> Ardebil M=6.7, 1997	27,0	12	<i>B. Local perceptible (3.7≤M≤5.0):</i> Ashotsk M=4.1, 1996	71,0
2	Baku M=6.5, 2000	64,0	13	Bavra M=4.2, 1994	49,0
3	Barisakho M=6.4, 1992	51,0	14	Javakhet M=4.3, 1999	36,0
4	Bolu M=6.2, 1999	15,0	15	Martuni M=5.0, 1992	54,0
5	Bolvadin M=6.2, 2002	38,0	16	Noemberian M=4.4, 1997	38,0
6	Izmit M=7.4, 1999	31,0	17	Parakar M=3.7, 1997	50,0
7	Narman M=6.8, 1983	65,0	18	Tsovagyugh M=3.8, 1993	48,0
8	Racha M=7.1, 1991	28,0		In average on local earthquakes	49,4
9	Roudbar M=7.7, 1990	67,0			
10	Spitak M=7.0, 1988	66,0		In average on all earthquakes	47,8
11	Erzindjan M=6.9, 1992	56,0			
	In average on strong earthquakes	46,2			

As it is shown in Table 4, Pfull for strong regional earthquakes are changed within 15,0-67,0%, and for local perceptible earthquakes - within 36,0-71,0%. These values are close to similar ones, got for all precursors complex (Table 2), which is evidence of that above enumerated five parameters, could be really considered as more important ones.

$$P \{B_n|A\} = \frac{P \{B_n\} P \{A|B_n\}}{\sum_{n=1}^N P \{B_n\} P \{A|B_n\}}, \quad n = \overline{1, N} \quad (2),$$

Using the formula of Bayess (2), we can calculate statistic value (statistical part) of the complex of five more important parameters, and also a part of one test

anomaly-precursors in the complex, by supposing of 100% earthquake prediction [2].

where A – event (forthcoming earthquake);

$B_1, B_2, \dots, B_N$  – events (anomalies-tests) consisting a full group;

P – probability, that event A will occur;

$P\{B_n | A\}$  – part of parameter (by %) by supposing of 100% earthquake prediction.

Results of calculations are given in Table 5 and on fig.3

Table 5

N	Earthquakes	$\sum B_i$	$P_A(B_{\Sigma_i})$ (%)	$P_A(B_{\Sigma_i})/B_{\Sigma_i}(\%)$
	<i>A. Strong regional (<math>M \geq 6.0</math>):</i>			
1	Ardebil M=6.7, 1997	2	15,0	7.5
2	Baku M=6.5, 2000	16	69,0	4.3
3	Barisakho M=6.4, 1992	7	59,0	9.9
4	Bolu M=6.2, 1999	5	33,0	6.6
5	Bolvadin M=6.2, 2002	11	61,0	5.5
6	Izmit M=7.4, 1999	18	52,0	2.9
7	Narman M=6.8, 1983	4	31,0	7.8
8	Racha M=7.1, 1991	3	30,0	10,0
9	Roudbar M=7.7, 1990	4	50,0	12.5
10	Spitak M=7.0, 1988	11	72,0	6.5
11	Erzindjan M=6.9, 1992	1	12,0	12,0
	<i>B. Local perceptible (<math>3.7 \leq M \leq 5.0</math>):</i>			
12	Ashotsk M=4.1, 1996	7	70,0	10,0
13	Bavra M=4.2, 1994	7	60,0	8.6
14	Javakhet M=4.3, 1999	4	33,0	8.3
15	Martuni M=5.0, 1992	5	27,0	5.4
16	Noemberian M=4.4, 1997	11	60,0	5.5
17	Parakar M=3.7, 1997	3	43,0	14.3
18	Tsovagyugh M=3.8, 1993	8	67,0	8.4

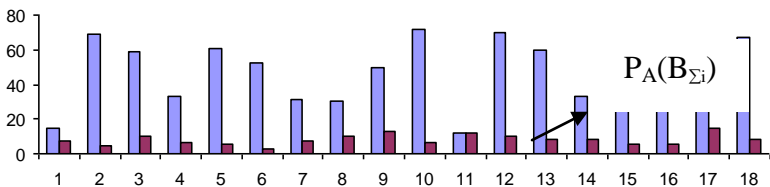


Fig.3 Part of five more important parameters complex (by %) by supposing of 100% earthquake prediction. N – numbers of earthquakes,  $P_A(B_{\Sigma_i})/B_{\Sigma_i}$  – part of a test of all parameters (by %) supposing of 100% earthquake prediction.

Such calculations are carried out for each of these five parameters in the complex (hydrodynamic, radon, geochemical – helium concentration, electromagnetic and geomagnetic precursors).

### **Conclusion**

1. Full probability of seismic realizations of precursors occurred in the territory of Armenia for strong regional earthquakes is varied within 29,7-69,0 %, and for local perceptible earthquakes - within 36,0 – 61,0%.
2. Average values of full probability on regional and local earthquakes in whole are very close (46,1 and 48,9). Consequently, operating Multiparameter monitoring network of NSSP is capable of react both on preparedness of local perceptible and strong regional earthquakes. In other words, in whole it is universal network, in meaning of uses of receiving data for current seismic hazard assessment.
3. Depending on tests quantity, tendency of value increase of full probability is observed. However, it concerns not to all seismic events, both local and regional. In one site, this means that the more precursors, of course, the easier to predict the forthcoming earthquake. In other site, no rational increasing of monitoring points, doesn't guarantee an identically prediction of impending earthquake.
4. Precursors with high enough values of seismic realization probability and consequently, with high degree of seismogenius are more often to be found in Catalog of test precursors. It means that during the current seismic hazard assessment, current anomalies will be dedicated more confidently by comparison with enough effective test anomalies-precursors.
5. Statistic importance of complex of five more significant parameters is practically equal both for strong regional earthquakes (Baku, Spitak and others.) and local perceptible earthquakes (Ashotsk, Tsovagyugh and others) (Table 5 and fig.3). This also indicates that operating Multiparameter monitoring network of NSSP is universal in meaning of uses of receiving data for current seismic hazard assessment.
6. Statistic importance of:
  - hydrogeodynamic (HGD) precursor is higher for strong regional earthquakes than for local perceptible ones;
  - hydrogeochemistry (helium concentration) is much higher for strong regional earthquakes than for local perceptible ones;
  - subsoil radon is practically equal both for strong regional earthquakes and local perceptible ones;
  - electromagnetic precursor (INP method), with the single exception, is higher during local perceptible earthquakes;
  - geomagnetic precursor is higher for strong regional earthquakes than for local perceptible ones.
7. Hydrogeodynamic precursor has maximum  $P_A(Bn)/Bn$ ; then, in descending values, helium, radon, electromagnetic and geomagnetic precursors.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Petrosyan H.M., 2004, Testing and prediction of earthquakes. Author's edition, Yerevan, 160p., (in Russian).
2. Harutyunyan E.A., 2000, Probability and applied statistics. "Gitutyun" edition of Armenian NAS, Yerevan, 298p, (in Armenian).

**მიწისძვრის წინამორბედების სტატისტიკური ანალიზი**/პეტროსიანი გ./  
ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ.376-383.- ინგლ.; რეზ. ქართ., ინგლ.,  
რუს.

წარმოდგენილია სომხეთის ტერიტორიაზე 20-მდე მიწისძვრის წინამორ-  
ბედების სტატისტიკური ანალიზი.

**STATISTIC ANALYSIS OF EARTHQUAKE PRECURSORS.**/Petrosyan H./  
Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 376-383. -  
Eng.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Results of the statistical analysis of precursors about twenty earthquakes in the territory  
of Armenia are represented.

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.**/Пе-  
тросян Г./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 376-  
383. – Англ.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Представлены результаты статистического анализа предвестников около 20  
землетрясений на территории Армении.

*თოდაძე მ., კაპანაძე ნ., მელიქაძე გ., ღლონტი ვ., ჯიმშელაძე თ.  
სეისმური მონიტორინგის ცენტრი, საქართველო*

УДК 551.491

## **მიწისძვრება წყლების ჰიდროქიმიური რეჟიმის ცვლილება მიწისძვრების მომზადების პროცესში**

### **შესავალი**

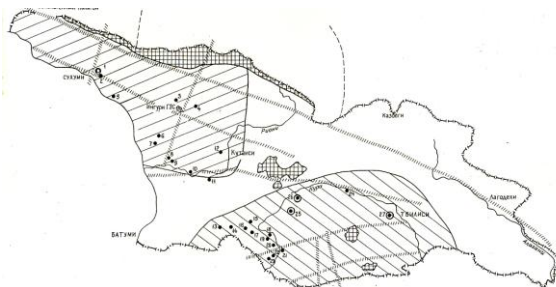
როგორც ცნობილია, კავკასიის ტერიტორია განეკუთვნება მსოფლიოს სეისმოაქტიური რეგიონების რიცხვს. ამიტომაც, სეისმური მოვლენების პროგნოზი წარმოადგენს აქტუალურ და ძალზედ მნიშვნელოვან პრობლემას. დადგენილია კორელაციური კავშირი სეისმური მოვლენის მომზადებასა და მიწისქვეშა წყლების ჰიდროდინამიკურ და ჰიდროქიმიურ რეჟიმს შორის. ნათელია ამ მოვლენის ფიზიკური არსიც, ლითოსფეროს ქანები შეიცავენ ნაპრალებს და ფორებს, რომლებიც რეაგირებენ ტექტონიკურ დაძაბულობაზე. ეს ცვლილებები აისახება მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიურ შემადგენლობასა და მის ტემპერატურაზეც, რაც გვაძლევს საშუალებას დავაფიქსიროთ დაძაბულობის ცვლილება მიწისქვეშა წყლების რეჟიმში.

### **რეჟიმული ჰიდროქიმიური დაკვირვებების მეთოდიკა**

ტაშკენტის (1961 წ.) კატასტროფული მიწისძვრის შემდგომ ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე გააქტიურდა კვლევები მიწისძვრის მექანიზმისა და წინამორბედების დადგენის მიზნით. ორგანიზაცია გაუკეთდა კომპლექსურ გეოლოგო-გეოფიზიკურ, ჰიდროქიმიურ და ჰიდროდინამიკურ დაკვირვებებს ალპური სისტემის ყველა სეისმოაქტიურ რეგიონებში, მათ შორის საქართველოში [1-3].

1979-1985 წლებში, ჰიდროქიმიური დაკვირვებები მიმდინარეობდა საქართველოს ტერიტორიის ჯავახეთის და ენგურის სეისმოაქტიურ პოლიგონებზე, სადაც შერჩეული იქნა ღრმა თვითდინებიანი მინერალური ან თერმული ჭაბურღილები, რომლებიც მდებარეობდნენ სეისმოაქტიური რღვევების მახლობლად და თითქმის თანაბრად ფარავდნენ პოლიგონების ფართობს [4-10]. დაკვირვებები წარმოებდა 14 ჭაბურღილზე ჯავახეთის პოლიგონზე და 12 ჭაბურღილზე დასავლეთ საქართველოში. ენგურის ჰიდროქიმიურ პოლიგონზე, დაკვირვებების მეთოდიკა ითვალისწინებდა წყლისა და გაზის სინჯების ანალიზს გეოლოგიის სამმართველოს ცენტრალურ ლაბორატორიაში, სადაც ხორციელდებოდა ქიმიური ანალიზი მიწისქვეშა წყლების შემდეგ პარამეტრებზე: საერთო ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები, ფერი, გემო, გამჭვირვალობა; მიკრო და მაკროკომპონენტები:  $\text{CO}_2, \text{Cl}, \text{SO}_4, \text{Na}, \text{K}, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{J}, \text{Br}, \text{Zn}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{He}, \text{Rn}$ , აგრეთვე მინერალიზაცია და pH. წყლის ანალიზი ტარდებოდა სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით.

პარალელურად ამავე პუნქტებზე იზომებოდა წყლის ხარჯი, წყლისა და ჰაერის ტემპერატურა.



ნახ. №1. ჰიდროქიმიური მონიტორინგის ქსელი

- |                         |                          |                         |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1. ბესლეთი (ჭაბ. 8);    | 2. ბესლეთი (ჭაბ. 4);     | 3. სკური (ჭაბ. 1);      |
| 4. ლუგელა (ჭაბ. 1);     | 5. კინდლი (ჭაბ. 1);      | 6. ზუგდიდი (ჭაბ. 1);    |
| 7. ციაში (ჭაბ. 1);      | 8. მენჯი (ჭაბ. 2);       | 9. მენჯი (ჭაბ. 1);      |
| 10. სამტრედია (ჭაბ. 1); | 11. ამაღლება (ჭაბ. 1);   | 12. წყალტუბო (ჭაბ. 6ტ); |
| 13. მლაშე (ჭაბ. 19);    | 14. სმადა (ჭაბ. 18);     | 15. წინუბანი (ჭაბ. 4);  |
| 16. ახალციხე (ჭაბ. 1);  | 17. მინაძე (ჭაბ. 2);     | 18. ასპინძა (ჭაბ. 8);   |
| 19. ასპინძა წყარო;      | 20. ნაქალაქევი (ჭაბ. 1); | 21. თმოგვი (ჭაბ. 75);   |
| 22. ვარძია (ჭაბ. 43);   | 23. ვარძია (ჭაბ. 22);    | 24. გორი (ჭაბ. 1);      |
| 25. ბაკურიანი (ჭაბ. 1); | 26. ბორჯომი (ჭაბ. 25ტ);  | 27. თბილისი (ჭაბ. 4ტ);  |

### კლკვის შედეგები

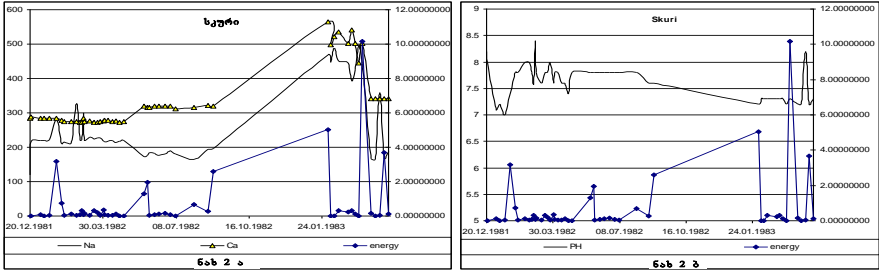
მიღებული მონაცემების შეფასების კრიტერიუმების არ არსებობის გამო, მათი ინფორმაციულობის გამოვლენის ერთადერთ საშუალებას წარმოადგენდა მხოლოდ მათი ვარიაციების რეტროსპექტიული ანალიზი სეისმურობასთან კავშირის დადგენის მიზნით.

მიწისძვრიდან ჭაბურღილამდე მოსული, რეალური დეფორმაციული სიდიდის დასადგენად გამოყენებული იქნა დობროვოლსკის [11] ფორმულა  $e=10^{1.3M-8.19}/R^3$ , სადაც  $R=\sqrt{(x^2+y^2+h^2)}$ , აქ  $x$  და  $y$  მიწისძვრის კორდინატებია, ხოლო  $h$ -მიწისძვრის სიღრმეა. ყველა ჭაბურღილისთვის გადათვლილი იქნა დაძაბულობის დეფორმაციული სიდიდეები. ყველა მნიშვნელოვანი  $M>3$  მიწისძვრისათვის, ჩატარდა ამ მიწისძვრიდან გადათვლილი და “ანომალური” გადახვევების კორელაციური ანალიზი, რომლის დროსაც დაფიქსირდა ურთიერთ კავშირი მიწისძვრების მომზადების პროცესსა და წამყვანი ჰიდროქიმიური პარამეტრების ცვლილებებს შორის.

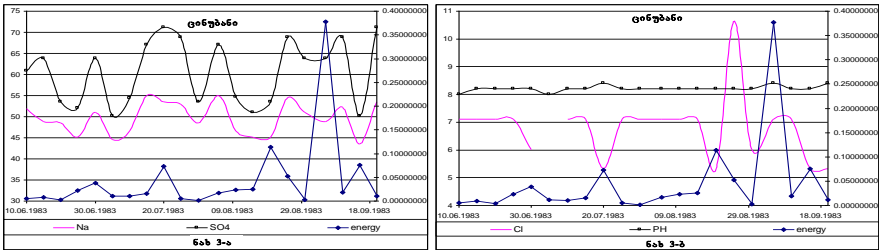
განვიხილოთ აღნიშნულ პერიოდში მომხდარი სეისმომოვლენების გავლენა ზოგიერთ ჭაბურღილზე.

რატის 20.03.1983 მიწისძვრამდე დაახლოებით ორი კვირის ადრე, სკურში აღინიშნება წამყვანი ელემენტების- ნატრიუმის, კალციუმის (ნახ.2-ა), ქლორისა და  $SO_4$ -ის და საერთო სიხისტის მნიშვნელობების

საკმაოდ სწრაფი აწევა და pH (ნახ.2-ბ) დაწევა. მათი ვარიაციები შეიმჩნევა უფრო ადრე მომხდარი მცირე მიწისძვრების პერიოდშიც.

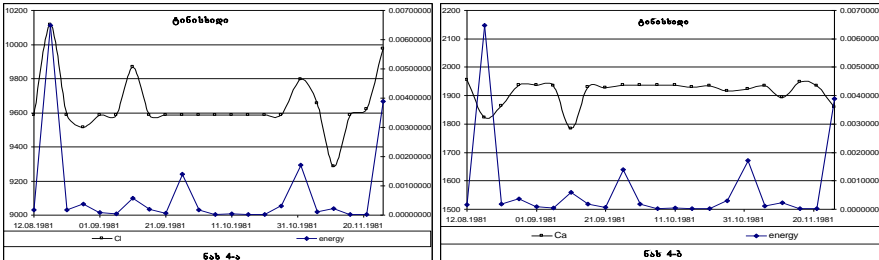


ნახ. 2-ა, 2-ბ პარამეტრების ცვლილება სკურის ჭაბურღილზე აშკარა კორელაცია შეინიშნება, ტინისხიდის ჭაბურღილში, ჰიდროქსიმიური პარამეტრების ცვლილებასა და მიწისძვრების ეპიცენტრებიდან მოსულ, გადათვლილ ენერგიებს შორის (ნახ.3-ა,ბ).



ნახ. 3-ა, 3-ბ პარამეტრების ცვლილება წინუბანის ჭაბურღილზე ზოგ შემთხვევაში აღინიშნება პარამეტრების დადებითი ექსტრემუმების თანხვედრა მომხდარ მიწისძვრებთან (pH, Na, SO<sub>4</sub>) და ზოგ შემთხვევაში კი უარყოფითის (Cl).

მსგავსი სურათი აღინიშნება ტინისხიდის ჭაბურღილზეც. აქაც ფიქსირდება ზოგიერთი (Na, HCO<sub>3</sub>, Cl) წამყვანი ჰიდროქსიმიური პარამეტრების დადებითი ექსტრემუმების თანხვედრა მომხდარ მიწისძვრებთან (ნახ. 4-ა) და ზოგიერთისთვის კი (Ca) უარყოფითის (ნახ.4-ბ).



ნახ. 4-ა, 4-ბ პარამეტრების ცვლილება ტინისხიდის ჭაბურღილზე



განსხვავებული სურათი ვლინდება, მაღალი “გაზური ფაქტორის” მქონე ჭაბურღილებში (ახალციხე, ნაქალაქევი, ასპინძა და სხვა), სადაც ჰიდროქიმიური პარამეტრების ცვლილებაზე მოქმედებს ნახშირორქანგის დეგაზაციის პროცესი და მათი ვარიაციის ბუნება სხვა კერძო შემთხვევაა.

### **დასკვნები**

მიღებული დროითი მწკრივების ანალიზი საშუალებას იძლევა დავადასტუროთ ჰიდროქიმიური პარამეტრების- წამყვანი კომპონენტების ინფორმატიულობა. ჩატარებული ანალიზით შერჩეული იქნა ინფორმატიული ჰიდროქიმიური პარამეტრები როგორც ცალკეული უბნებისათვის, ასევე რეგიონებისათვის (pH, მინერალიზაცია და სხვა)

### **მადლობა**

ავტორები დიდ მადლობას უხდიან საქართველოს ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს (გრანტები №GNSF/ST07/5-140 და №GNSF/ST07/5-180) ფინანსური მხარდაჭერისთვის.

### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Организации и проведению гидрогеологических наблюдений на специализированной региональной сети в целях прогноза сильных землетрясений, 1980, М., МинГео.
2. Методические рекомендации по организации и проведению наблюдений за режимом подземных вод для прогноза землетрясений, 1980, М., ВСЕГИНГЕО.
3. Милькис М.Р., Воронин И.В., 1983, Методические принципы постановки гидрогеологических исследований для прогноза сильных землетрясений. - Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара "Методика организации за режимом подземных вод для прогноза землетрясений", М., ВСЕГИНГЕО.
4. Меликадзе Г.И. и др., 1981-1986, Отчет "О работах по прогнозу землетрясений в сейсмогенной зоне Джавахетского нагорья и Тбилисского района", ТГФ ПО "Грузгеология".
5. Меликадзе Г.И. и др., 1981-1986, Отчет "О работах по прогнозу землетрясений в сейсмогенной зоне каскада ИнгуриГЭС и прилегающих районов, ТГФ ПО "Грузгеология".
6. Меликадзе Г.И. и др., 1983-1985, Отчет "О работах по прогнозу землетрясений в сейсмогенной зоне Джавахетского нагорья и Тбилисского района", ТГФ ПО "Грузгеология".
7. Меликадзе Г. и др., 1984-1988, «Отчет о результатах сейсмических работ по профилю Батуми-Эльбрус-Минводы-Гализга », ТГФ ПО "Грузгеология".
8. Меликадзе Г.И. и др., 1986-1988, Отчет "О работах по прогнозу землетрясений в сейсмогенных зонах Джавахетского нагорья и каскада ИнгуриГЭС", ТГФ ПО "Грузгеология".

9. Меликадзе Г. и др., 1988-1990, «Отчет о результатах гидрогеолого-геофизических наблюдений на территории Грузии с целью прогноза землетрясений», ТГФ ПО "Грузгеология".
10. Меликадзе Г., 1990, Аномалии в режиме в подземных вод и природных газов в связи с сейсмичностью недр территорий Грузии. Дисертация на соискание ученой степени канд. геол.-наук, Тбилиси.
11. Добровольский И.П., Зубков С.И., Мячкин В.И., 1979, Об оценке размеров зоны проявления предвестников землетрясений, В сб. Моделирование предвестников землетрясений, М., Наука.

შპს 551.491

**მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური რეჟიმის ცვლილება მიწისძვრების მომზადების პროცესში.** /თოდაძე მ., კაპანაძე ნ., მელიქაძე გ., ღლონტი ვ., ჯიმშელაძე თ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 384-388.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

რეჟიმული დაკვირვებების მასალის ანალიზით დადასტურდა ხეისმური მოვლენების ზეგავლენა მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიურ რეჟიმზე. ჩატარებული ანალიზით შერჩეული იქნა წამყვანი ინფორმატიული კომპონენტები, როგორც ცალკეული უბნებისათვის, ასევე რეგიონებისათვის

UDC 551.491

**VARIATION OF HYDRO-CHEMICAL REGIME OF UNDERGROUND WATER DURING PREPARATION OF SEISMIC EVENTS.** /Todadze M., Kapanadze N., Melikadze G., Ghlonti V., Jimsheladze T./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 384-388. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Result of data analyse show the influence of seismicity on the hydro-chemical regime of underground water. Authors selected main informative components for each area and for the region.

УДК 551.491

**ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВО ВРЕМЯ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.** /Тодадзе М., Капанадзе Н., Меликадзе Г., Глонти В., Джимшеладзе Т./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. -2008. – т.115. – с. 384-388. – Груз.; Рез. Груз., Анг.,Рус.

Анализ данных режимных наблюдений подтвердил влияние сейсмособытий на гидрохимический режим подземных вод. Были выбраны ведущие информативные компоненты как для отдельных участков, так и для региона.

*კლიმატის ხ. კუტალაძე ნ.*  
*ვარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო*

უაკ.551.58.583

**სამართველოს მთიანი რეგიონების კლიმატური  
მაქსიმუმების გამოთვლის შედეგები**

კლიმატის ცვლილება ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის, მისი საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო საქმიანობისათვის აუცილებელი სხვადასხვა სექტორისათვის კლიმატური რისკების პროვოცირების საფრთხის შემცველია. კლიმატური რისკების შეფასებისათვის განსაკუთრებით საგულისხმოა დაკვირვების მონაცემებზე დაყრდნობით გამოვლენილი კლიმატის ცვლილების ტენდენციები, განსაკუთრებით კი კლიმატური პარამეტრების ექსტრემალური მნიშვნელობებისათვის.

კლიმატური ინდექსების - ცხელ და ყინვიან დღეთა და თბილ დამეთა რიცხვი წელიწადში, სავგებტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა, თანმიმდევრულ ნალექიან და მშრალ დღეთა რიცხვი, ექსტრემალურად მაღალი ნალექების მნიშვნელობა და სხვა ინდექსების გაანგარიშება და მრავალწლიური დინამიკური სურათიდან მათი ცვლილების ტენდენციების შეფასება განსაკუთრებით აქტუალური გახდა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე, რადგანაც ხშირად პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობის თუნდაც მცირე ცვლილებას ექსტრემუმი გაცილებით დიდი გადახრებით პასუხობენ, ამიტომ ექსტრემალური კლიმატური ინდექსების გაანალიზება რეგიონული კლიმატური სისტემის დიაგნოზირებისა და ცვლილების პროცესის დეტექტირების ერთ-ერთი საიმედო საშუალებაა [1,3].

კლიმატური ექსტრემალური ინდექსებისათვის შეიქმნა დაწვრილებითი ნუსხა, სადაც მაქსიმალურად არის გათვალისწინებული შესაძლო ცვლილებები ექსტრემალური ტემპერატურებისა და ნალექების ინტენსივობასა და სიხშირეში [2,4].

1. FD0 - დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მინიმუმი  $<0^{\circ}\text{C}$ ;
2. SU25 - დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მაქსიმუმი  $>25^{\circ}\text{C}$ ;
3. ID0 - დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მაქსიმუმი  $<0^{\circ}\text{C}$ ;
- 4TR20 - დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მინიმუმი  $>20^{\circ}\text{C}$ ;
- 5.GSL -სავგებტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა;
- 6.TXx წლის აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურა;
- 7.TNx ზაფხულის მინიმუმი;
- 8.TXn ზამთრის მაქსიმუმი;
9. TNn წლის აბსოლუტური მინიმუმი

10. Tn10p იმ დღეთა პროცენტული რაოდენობა, როცა დღის მინიმუმი ამ დღისთვის დამახასიათებელი უცირეს მნიშვნელობებზე ნაკლებია.
11. Tx10p იმ დღეთა პროცენტული რაოდენობა, როცა დღის მაქსიმუმი ამ დღისთვის დამახასიათებელი უცირეს მნიშვნელობებზე ნაკლებია.
12. Tn90p იმ დღეთა პროცენტული რაოდენობა, როცა დღის მინიმუმი ამ დღისთვის დამახასიათებელი უდიდეს მნიშვნელობებზე მეტია.
13. Tx90p იმ დღეთა პროცენტული რაოდენობა, როცა დღის მაქსიმუმი ამ დღისთვის დამახასიათებელი უდიდეს მნიშვნელობებზე მეტია;
14. WSDI – თბილი სეზონის ხანგრძლივობა;
15. CSDI – ცივი სეზონის ხანგრძლივობა;
16. DTR დღიური ტემპერატურის დიაპაზონი;
17. RX1 ნალექის რაოდენობის 1 დღიანი მაქსიმუმი;
18. RX5 ნალექის რაოდენობის 5 დღიანი მაქსიმუმი ;
19. SDII-მარტივი დღიური ინტენსივობის ინდექსი;
20. R10 თავსხმა ნალექების ( $\geq 10$  მმ) რიცხვი წელიწადში;
21. R20 თქეში ნალექების ( $\geq 20$  მმ) რიცხვი წელიწადში;
22. R50 იმ დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა ნალექების რაოდენობა  $50 \geq 10$  მმ;
23. CDD თანმიმდევრობით მშრალ დღეთა რიგები,
24. CWD თანმიმდევრობით ნალექიან დღეთა რიცხვი.
25. R95pTOT იძალინ ნალექიანი წლები.
26. R99p ექსტრემალურად ნალექიანი დღეები.
27. PRCPTOT ნალექების წლიური ჯამი.

ექსტრემალური კლიმატური ინდექსები გამოთვლილი იქნა შემდეგი მეტეო-სადგურებისათვის: 1.ბათუმი, 2.გოდერძი, 3.ხულო, 4.ბახ-მარო, 5.ფოთი, 6.ლენტეხი, 7.სამტრედია, 8.ქუთაისი, 9.ამბროლაური, 10.საჩხერე, 11.საქარა, 12.მთასაბუეთი, 13.აბასთუმანი, 14.ახალქალაქი, 15.წალკა, 16.გორი, 17.ფასანაური, 18.თბილისი, 19.ყვარელი, 20.თელავი, 21.დედოფლისწყარო.

გამოყენებული იქნა ყოველდღიური მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურებისა და ნალექების დღიური ჯამის მონაცემები 1959-2005 წწ პერიოდისათვის. მონაცემების ელექტრული ფორმატები 1959-1992 წწ პერიოდისათვის ნაწილობრივ აღებულია CLIKOM – ის არქივიდან, ნაწილობრივ მოხდა (1977-83 წწ პერიოდის სრულად და სხვა მოკლევადიანი პერიოდის მონაცემების) მყარი ასლებიდან მათი გადაყვანა ელექტრულ ფორმატში ხელით. 1993-2005 წწ მონაცემები აღებული იქნა PERSONA MIS ცხრილების ფორმატირების შედეგად.

ტემპერატურული ინდექსები სამი ძირითადი ჯგუფის სახით არის წარმოდგენილი: ფიქსირებული ზღვრით, პროცენტული ზღვრით და წლიური ექსტრემუმიები. შედეგები მოცემულია ცხრილებში, სადაც

სვეტებში მოცემულია ინდექსების წრფივი ტრენდების დახრის კუთხეები. (გამუქებულია ნიშნადი ტრენდები, რუხი -5%, მწვანე-10%).

ცხრილი 1 ტემპერატურული ექსტრემუმების ფიქსირებული ზღვრის გადამეტების ცვლილების ტენდენცია

	su25	id0	tr0	fd-5
ბათუმი	-0.176	0.002	0.186	0
გოდერძი	0.016	0.312	0	-0.189
ხულო	0.432	0.121	0.01	0.033
ბახმარო	0	0.401	0.004	-0.017
ფოთი	0.772	-0.01	0.546	-0.016
ლენტეხი	0.209	0.229	0.036	-0.186
სამტრედია	0.394	-0.011	0.148	-0.015
ქუთაისი	0.015	0.004	0.56	-0.031
ამბროლაური	0.486	-0.041	-0.045	0.037
სანხერე	0.045	0.053	0.084	-0.106
საქარა	0.158	-0.006	0.383	-0.06
მთასაბუეთი	0.24	0.158	0	0.126
აბასთუმანი	0.362	0.019	0	0.116
ახალქალაქი	0.552	-0.046	0.003	-0.027
წალკა	0.361	-0.02	0	0.391
გორი	0.224	-0.077	0.041	0.102
ფასანაური	0.589	-0.038	0.001	0.093
თბილისი	0.155	-0.044	0.332	-0.134
ყვარელი	0.423	-0.101	0.104	-0.087
თელავი	0.513	-0.111	0.228	-0.065
დედოფლისწყარო	0.642	-0.052	0.044	-0.108

ცხელ დღეთა რიცხვი, როდესაც დღიური მაქსიმუმი  $T_{max} > 25^{\circ}C$ , მთელი საქართველოს ტერიტორიაზე იზრდება, უმრავლეს შემთხვევაში მდგრადად. ცივი დღეების რიცხვის შემცირებას, როდესაც დღიური მაქსიმუმი  $T_{max} < 0^{\circ}C$  გამოკვეთილი სახე არა აქვს, არასარწმუნოდ მცირდება აღმოსავლეთ საქართველოში, აჭარა-გურიაში მცირედ იმატებს. მინიმუმების შემთხვევა უფრო მკაფიო ხასიათს ატარებს. მთელს ტერიტორიაზე იზრდება დღეთა რიცხვი, როდესაც დღიური მინიმუმი  $T_{min} > 0^{\circ}C$ -ზე და მცირდება, როდესაც  $T_{min} < -5^{\circ}C$ , გარდა მესხეთ ჯავახეთისა.

წლის აბსოლუტური ექსტრემუმები არამდგრადად იმატებს საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, იშვიათი გამონაკლისის გარდა იზრდება ზამთრის მაქსიმუმებიცა (ბათუმი, გოდერძი, ლენტეხი) და

მინიმუმებიც (ამბროლაური, წალკა). აქვე განვიხილავთ დღიური დიაპაზონის ცვლილების ხასიათს, ამ მახასიათებლის ცვლილებას განხილული სადგურებიდან უმრავლესობაზე მდგრადი ხასიათი აქვს, აღმოსავლეთ საქართველოში იგი ყველგან იზრდება თბილისის გარდა, ამ უკანასკნელის ზრდა ღრუბლიანობის შემცირებით შეიძლება იყოს განპირობებული, კერძოდ ღრუბლიანობა უშუალო ზემოქმედებას ახდენს ჰაერის ტემპერატურის დღედამურ მსვლელობაზე, ხელს უშლის რადიაციული წაყინვებისა და ნისლების წარმოქმნას, ასუსტებს ზედაპირის გადახურებას დღისით და ა.შ. ეს განპირობებულია იმით, რომ ღრუბლის საფარი დღის განმავლობაში ამცირებს მზის სითბოსა და სინათლის მოდენას, ხოლო ღამით მკვეთრად ასუსტებს დედამიწის ზედაპირის გამოსხივებასა და გაცვივებას. დასავლეთში კი სადგურების უმრავლესობაზე ეს მახასიათებელი იკლებს, გარდა ხულოს, ფოთის, სამტრედიისა და ამბროლაურისა.

ცხრილი 2 წლიური ტემპერატურული ექსტრემუმების ცვლილების ტენდენცია

	txx	txn	tnx	tnn	dtr
ბათუმი	0.006	-0.023	0.008	-0.015	-0.013
გოდერძი	0.011	-0.02	0.056	0.029	-0.046
ხულო	-0.002	0.01	0.011	0.023	0.001
ბახმარო	-0.018	0.013	0.024	0.023	-0.027
ფოთი	0.061	0.027	0.031	0.049	0.003
ლენტეხი	0.029	-0.048	0.034	0.06	-0.04
სამტრედია	0.019	0.019	0.018	0.014	0.023
ქუთაისი	0.003	0.001	0.023	0.026	-0.017
ამბროლაური	0.024	0.023	-0.006	0.044	0.029
საჩხერე	0.016	-0.009	0.033	0.095	-0.014
საქარა	0.025	0.002	0.01	0.092	-0.015
მთასაბუეთი	-0.187	0.015	0.018	0.031	0.007
აბასთუმანი	0.016	0.003	0.02	0.001	0
ახალქალაქი	0.061	0.001	0.028	0.035	0.003
წალკა	0.023	0.035	-0.005	0.012	0.034
გორი	0.014	0.017	0.021	0.008	0.02
ფასანაური	0.056	0.006	0.021	0.009	0.02
თბილისი	0.012	0.015	0.041	0.022	-0.002
ყვარელი	0.007	0.019	0.018	0.035	0.019
თელავი	0.033	0.039	0.02	0.003	0.019
დედოფლისწყარო	0.074	0.048	0.005	0.034	0.023

ცხრილი 3 ტექნოლოგიური ექსტრემუმების პროცენტული ზღვრის გადამეტების ცვლილების ტენდენცია

	tx10p	tx90p	tn10p	tn90p	wsdi
ბათუმი	0.1	-0.087	0.029	-0.001	-0.062
გოდერძი	0.076	-0.053	-0.113	0.301	-0.053
ხულო	-0.041	-0.006	-0.023	0.043	0.037
ბახმარო	0.035	-0.033	-0.101	0.16	0.004
ფოთი	-0.091	0.207	-0.11	0.182	0.387
ლენტეხი	0.053	-0.16	-0.154	0.163	-0.065
სამტრედია	-0.051	0.122	0.008	-0.028	0.166
ქუთაისი	0.003	-0.03	-0.096	0.106	-0.013
ამბროლაური	-0.056	0.085	-0.002	-0.143	0.149
საჩხერე	0.081	-0.013	-0.041	0.011	0.077
საქარა	0.014	0.021	-0.099	0.072	-0.036
მთასაბუეთი	-0.022	0.087	0.026	0.031	0.195
აბასთუმანი	-0.053	0.031	-0.049	0.097	0.048
ახალქალაქი	-0.097	0.139	-0.082	0.131	0.297
წალკა	-0.11	0.157	0.028	-0.032	0.23
გორი	-0.072	0.064	0.061	-0.034	0.241
ფასანაური	-0.106	0.149	-0.02	0.048	0.225
თბილისი	-0.039	0.042	-0.075	0.069	0.285
ყვარელი	-0.114	0.087	-0.037	-0.043	0.136
თელავი	-0.121	0.148	-0.048	0.077	0.369
დედოფლისწყარო	-0.108	0.17	-0.04	-0.003	0.454

სეზონურად ცვლადი ინდექსების ცვლილების ხასიათი გარკვეულწილად იმეორებს ფიქსირებულ ზღურბლიანი ინდექსების ხასიათს. მაქსიმუმების ზედა ზღვრის გადამეტების შემთხვევები, (ანუ იმ დღისათვის დამახასიათებელი მაქსიმუმი მაღალია) აღმოსავლეთ საქართველოში ყველგან იმატებს, იკლებს დასავლეთ საქართველოსა და ჯავახეთში. ქვედა საზღვრის გადაკვეთის შემთხვევები იკლებს აღმოსავლეთსა და დასავლეთშიც, თუმცა არის საღურები სადაც ეს პარამეტრი მატების ტენდენციას აჟღავნებს. მინიმუმების შემთხვევაში ზედა ზღვრის გადამეტები (სეზონის შესაბამისად უფრო თბილი დამეები) შემთხვევები მდგრადად იმატებს აჭარა გურიაში და იშვიათი გამონაკლისის გარდა მტელს ტერიტორიაზეც ასეთსავე

ხასიათს ატარებს, მხოლოდ მისი სტატისტიკური საიმედოობა დაბალია. ქვედა ზღვრის გადამეტების შემთხვევებს საპირისპირო სახე აქვს, ანუ თითქმის ყველგან იკლებს. თბილი სეზონის ხანგრძლივობა აღმოსავლეთში ყველგან იზრდება დასავლეთში არის კლებისა და მატების შემთხვევებიც.

ცხრილი 4 ნალექების რაოდენობის ცვლილების ტენდენცია

	sdii	r10mm	r20mm	r95p	prcptot
ბათუმი	-0.039	0.029	0.005	-4.523	-0.687
გოდერძი	-0.057	-0.541	-0.173	-4.185	-11.692
ხულო	0.018	0.097	0.138	3.982	6.022
ბახმარო	-0.044	-0.148	-0.078	-5.829	-5.013
ფოთი	0.025	0.229	0.071	2.568	7.224
ლენტეხი	0.024	0.121	0.124	3.555	5.498
სამტრედია	-0.009	0.038	0.016	-0.75	0.917
ქუთაისი	0.003	-0.004	0.059	1.828	1.858
ამბროლაური	0.013	0.087	0.108	3.471	3.972
საჩხერე	0.011	0.062	0.082	1.995	2.245
საქარა	0.006	0.022	0.025	0.835	1.63
მთასაბუეთი	-0.016	-0.121	-0.059	-1.963	-3.37
აბასთუმანი	0.004	-0.01	0.038	1.134	0.533
ახალქალაქი	-0.002	-0.034	0	-0.568	-0.266
წალკა	-0.011	-0.012	-0.032	-1.153	-0.45
გორი	0.008	-0.033	-0.004	0.136	-0.602
ფასანაური	0.011	0.005	0.048	1.048	-0.214
თბილისი	0.01	0.022	-0.001	0.101	0.453
ყვარელი	-0.18	-0.656	-0.288	-6.456	-19.664
თელავი	0	0.013	-0.004	0.645	-0.234
დედოფლისწყარო	0.014	0.031	0.018	0.078	0.389

ნალექების ინდექსების ცვლილებას ძირითადად არამდგრადი ხასიათი აქვს, თუმცა აღმოჩნდა ისეთი სადგურებიც სადაც ნალექების თითქმის ყველა პარამეტრი მდგრადად მცირდება, ასეთებია გოდერძის გადასასვლელი და ყვარელი.

ზოგადი ტენდენცია ასეთი სახისაა: წლის განმავლობაში მოსული ნალექების რაოდენობა მცირდება აჭარა-გურიაში, ხულოს გარდა, აგრეთვე აღმოსავლეთში, თბილისისა და დედოფლისწყაროს გამოკლებით, იმატებს იმერეთსა და რაჭა-ლეჩხუმში. სადგურებზე სადაც



აღნიშნული წლიური ჯამები მცირდება, შემცირებულია დღეთა რიცხვიც 20 მმ-ზე მეტი ნალექებით და შესაბამისად დღიური ინტენსივობაც. მთელი საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექების ჯამის ცვლილების რაიმე ტენდენციაზე ლაპარაკი შეუძლებელია, გამოვლენილია მხოლოდ რამდენიმე ნიშნავალი ტრენდი: ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობის მატება ფოთსა და ლენტეხში. ამასთან ფოთში აღნიშნული ზრდა ხდება შემოდგომის, ხოლო ლენტეხში გაზაფხულის თვეებში ნალექების ჯამების ზრდის ხარჯზე. ამავე დროს, ფოთში გაზრდილია დღეთა რიცხვი 10 მმ-ზე მეტი ნალექით, ლენტეხში კი უწყვეტად ნალექიანი პერიოდის ხანგრძლივობა

ტემპერატურისა და ნალექების რეჟიმში კლიმატის ცვლილების შედეგად გამოწვეული იქნა ექსტრემუმების შემდეგი ხასიათის ცვლილებები: აჭარა-გურიის მთიანეთში მაქსიმალური ტემპერატურის უმნიშვნელო ზრდა აღინიშნება, სამაგიეროდ მინიმუმების ზრდის ტენდენცია უფრო მკაფიოა, რასაც თან სდევს დღიური დიაპაზონის შემცირება, რაც უღრუბლო დღეების გაზრდის ნიშანიც არის. წელიწადში გაზრდილია ცხელი დღეებისა და თბილი დამეების რიცხვიც. ჯავახეთში აღსანიშნავია ცხელი დღეების რიცხვის მომატება, თუმცა მინიმუმების მატებას აქ ნაკლებად გამოკვეთილი სახე აქვს. კავკასიონის სამხრეთ ფერდობების სადგურებზე ცხელი დღეების მატებას აქვს ადგილი, ამავე დროს სანხერესა და ამბროლაურში თბილი დამეების რიცხვი იკლებს, იზრდება დღიური დიაპაზონიც. ლიხის ქედზე აღებული სადგურის მონაცემებით თბილი დღეების რიცხვი აქაც გაზრდილია, სხვა რაიმე ნიშანი ტემპერატურული ექსტრემუმების მახასიათებელთა ცვლილებისა არ შეინიშნება. ზოგადად მთელი განხილული ტერიტორიის ტემპერატურული ექსტრემალური ინდექსებით დახასიათებისას არ შეინიშნება საინვესტიციო გარემოს მდგრადობის საწინააღმდეგო ნიშნები, მაგალითად როგორცაა, ზაფხულის მაქსიმუმებისა და ზამთრის მინიმუმების მნიშვნელოვანი მატება.

ნალექების მახასიათებელთა ცვლილების თვალსაზრისით, აჭარა-გურიის სადგურებზე კლებისა და მატების საპირისპირო ტენდენციები გამოვლინდა. ინტენსივობა, წვიმიან დღეთა რიცხვი, ნალექიანი პერიოდის ხანგრძლივობა მდგრადად იკლებს გოდერძის გადასასვლელზე, არამდგრადად - ბახმაროში და ყველა ეს მახასიათებელი იმატებს ხულოში, თუმცა ასევე არამდგრადად. იგივე შეიძლება ითქვას ამბროლაურს, აბსთუმანსა და მთასაბუეთზეც, აქ ნალექების ყველა პარამეტრი იმატებს წლიური ჯამების ჩათვლით. ეს ტენდენცია თუ მდგრად ხასიათს შეინარჩუნებს, არ იქნება ხელსაყრელი ისედაც უხვნალექიანი რაიონებისათვის. ამ თვალსაზრისით, ყველაზე ხელსაყრელია კლიმატური გარემო ყვარელში, სადაც მცირდება ნალექების ინტენსივობა, ნალექიან დღეთა რიცხვი და წვიმიანი

პერიოდის ხანგრძლივობა. ყვარელში ნალექების რაოდენობის ამგვარი ცვლილების გამო წყალდიდობისა და წყალმოვარდნებისა რისკი შემცირდება.

#### **ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. H. von Storch, (1995), Misuses of statistical analysis in climate research, in Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques, edited by H. von Storch and A. Navarra, pp. 11 – 26, Springer, New York.
2. T. C. Peterson, C. Folland, G. Gruza, W. Hogg, A. Mokssit, and N. Plummer (2001), Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998 – 2001, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, 143 pp., World Meteorol. Org., Geneva.
3. X. L Wang,., and V. R. Swail (2001), Changes of extreme wave heights in Northern Hemisphere oceans and related atmospheric circulation regimes, J. Clim., 14, 2204–2220.
4. 4. Workshop on indices and indicators for climate extremes, Asheville, NC, USA, 3–6 June 1997, Breakout Group C: Temperature indices for climate extremes, Clim. Change, 42, 31–43.

შპს 551.58.583

**საქართველოს მთიანეთის რეგიონების კლიმატური მასშტაბების გამოთვლის შედეგები**/ცკვიტინიძე ზ., კუტალაძე ნ./ში-ს შრომათა კრებული -2008.- ტ.115-გვ. 389-396.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

საქართველოს მეტეოროლოგიური ქსელის 21 სადგურის მონაცემებზე დაყრდნობით გაანგარიშებული იქნა ექსტრემალური კლიმატური ინდექსები, გამოვლინდა მათი მრავალწლიური ტრენდები და დადგინდა მათი საიმედოობა. რის საფუძველზეც შეფასდა კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული რისკები, გამოვლინდა ყველაზე მაღალი რისკის რაიონები.

UDC 551.58.583

#### **CLIMATIC EXTREMES CALCULATION RESULTS FOR GEORGIA'S MOUNTAINOUS REGIONS**

/Kutaladze N., Tskvitinidze Z./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 389-396. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Climatic Extremes Based on Georgian meteorological network's 21 station data were calculated, multiannual trends of their dynamics were revealed and their statistical stability were established. Rely on these results climatic risks were assessed. Mostly vulnerable areas were determined.

УДК 551.58.583

**РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКСТРЕМУМОВ ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ГРУЗИИ**/Куталадзе Н.Б., Цквитинидзе З. И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 389-396. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Климатические экстремальные индексы, основанные на данных 21станции метеорологической сети Грузии были вычислены. Многолетние линейные тренды были построены, статистическая стабильность этих трендов были установлены. На основе этих результатов, климатические риски были оценены. Самые опасные зоны на территории Грузии были выявлены.

*Семенов А.И., Шефов Н.Н.*

*Учреждение Российской академии наук Институт физики атмосферы  
им. А.М. Обухова РАН, Россия*

УДК 551.511.8

## **ОРОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ОБТЕКАНИЕМ КАВКАЗСКОГО ХРЕБТА ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

При взаимодействии воздушного нестационарного потока земной атмосферы с препятствием возникают возмущения, которые являются источником различных волновых процессов. Первоначально при исследованиях этих явлений рассматривались стоячие волны, называемые орографическими волнами, возникающие в движущемся ветровом потоке. Они возникают над горными образованиями и регистрируются в подветренных областях. Эти процессы наблюдаются преимущественно в тропосфере. Однако кроме них в тропосфере и выше генерируется широкий спектр волн, которые распространяются через среднюю атмосферу и на высотах мезопаузы и нижней термосферы разрушаются. Энергия диссипирующих волн через инфракрасное излучение молекул  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_3$  удаляется из атмосферы. Это обеспечивает сток энергии из нижней атмосферы, который в свою очередь регулируется солнечной активностью [1] и влияет на климат. Это определяет важность изучения процессов возникновения волновых процессов в нижней атмосфере.

### **МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ**

Для выявления свойств волновых возмущений в верхней атмосфере, возникающих над препятствиями рельефа, наиболее отчетливыми в этом смысле представляющие собой горные хребты, первоначально были приняты самолетные измерения в районе Уральских гор (~ 64°N). Этот горный хребет высотой около 1000 м достаточно резко выделяется над окружающей равниной, как с западной, так и с восточной стороны. Для исследований использовались характеристики собственного ночного излучения верхней атмосферы, возникающие на различных высотах. Измерения температуры гидроксильного излучения мезопаузы (~ 87 км) позволили обнаружить ее увеличение примерно на 10 К в подветренной области гор, а также относительное увеличение интенсивности эмиссии атомарного кислорода 630 нм (~ 270 км) ~ 20 %, размер области возмущения составляет ~ 200 км [2-4].

Для детального изучения свойств волновых процессов, регистрируемых в подветренной области гор, с 1985 г. специальные регулярные измерения были начаты в Институте физики атмосферы АН СССР на высокогорной

станции (43.7°N, 42.7°E, Z = 2070 м) вблизи г. Кисловодска. Для этой цели были разработаны и изготовлены два фотометра. Двухканальный сканирующий фотометр с интерференционными светофильтрами был предназначен для определения вращательной температуры полосы OH(8–3)  $\lambda$  727.3 нм в одиннадцати дискретных направлениях в плоскости, перпендикулярной средней линии Кавказского хребта (рис. 1).

Выбранные зенитные углы обеспечивали распределение регистрируемых областей излучающего слоя гидроксильной эмиссии на расстояниях через каждые 50 км относительно направления в зенит. Место измерений находилось на расстоянии 50 км к северу от горы Эльбрус (5642 м) (рис.1). Цель измерений состояла в определении пространственного распределения изменений вращательной температуры поперек подветренной области хребта в зависимости от скорости и направления ветра над горным хребтом.

Второй фотометр имел восемь оптических каналов, предназначенных для исследования пространственных свойств характеристик внутренних гравитационных волн (ВГВ) в подветренной области на высотах слоя гидроксильного излучения (~ 87 км). Варианты использовавшейся пространственной структуры областей измерения на высоте 87 км показаны на рис.1.

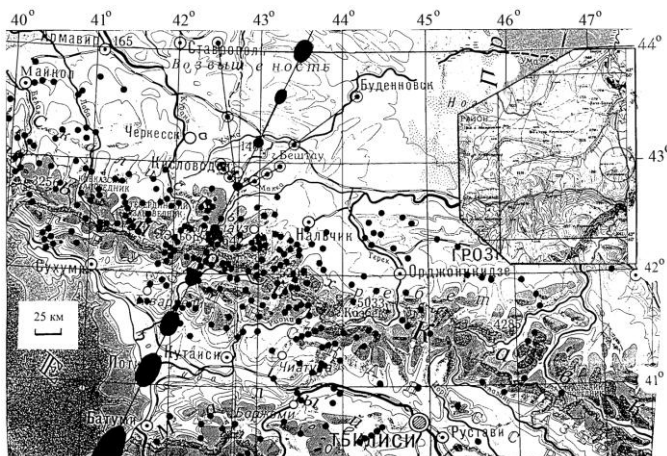


Рис.1. Пространственное распределение источников ВГВ над Кавказским хребтом (точки), полученное методом обратного лучевого трассирования на основе данных спектрального анализа временных рядов. Показаны пункт регистрации (КВНС), области излучающего слоя, визируемые двухканальным фотометром и варианты базы областей визирования восьмиканального фотометра. На врезке – район расположения КВНС (внутри круга) [5].

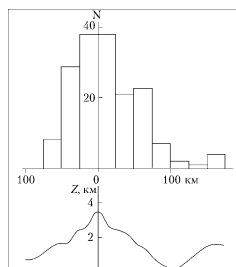


Рис.2. Сопоставление числа источников ВГВ над Кавказским хребтом и среднего профиля высоты хребта гор. Минимум соответствует Колхидской низменности [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Систематические измерения позволили получить материал, характеризующий процессы, происходящие в подветренной области мезопазы. Средние за ночь вариации температуры  $\Delta T_T$  вдоль вертикальной плоскости, перпендикулярной средней линии Кавказского хребта, выявили наличие максимума к северу от гор и уменьшение к югу и к северу от него (рис.3) [5, 6].

Сопоставление максимального значения  $\Delta T_T$  со скоростью ветра в тропосфере на различных высотах в наветренной стороне гор (ст. Сухуми) показало, что максимальный коэффициент корреляции соответствует изобарической высоте 600 мбар,  $\sim 4$  км (рис. 4).

Поскольку колебательная температура гидроксильного излучения, характеризующая распределение населенностей колебательных уровней молекул ОН, отображает процесс колебательной релаксации, зависящий от плотности атмосферы и, следовательно, от высоты излучающего слоя, были проведены специальные одновременные измерения распределений поперек

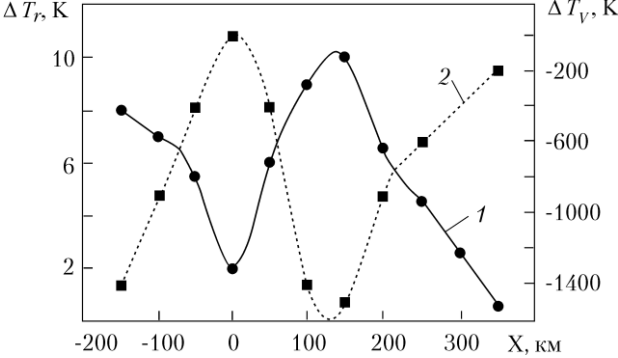


Рис.3. Средние приращения вращательной температуры  $\Delta T_T$  (кривая 1) и колебательной температуры  $\Delta T_V$  (кривая 2) гидроксильной эмиссии в зависимости от расстояния X к северу от Кавказского хребта [7,8]

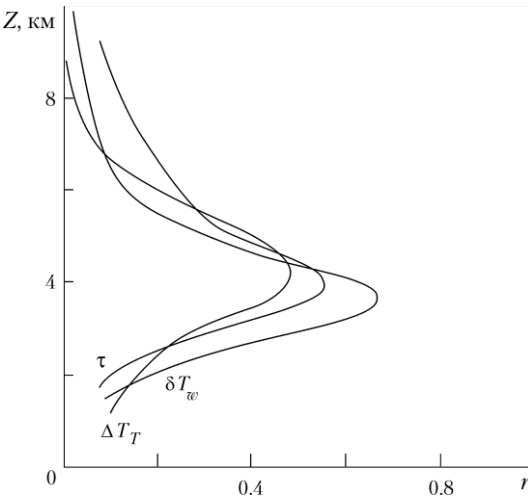


Рис.4. Высотное распределение коэффициентов корреляции амплитуды орографического возмущения  $\Delta T_T$ , амплитуд  $\delta T_w$  волн и их периодов  $\tau$  со скоростями ветра в тропосфере над Сухуми [6]

хребта приращений вращательной  $\Delta T_T$  и колебательной температур  $\Delta T_V$ . Оказалось, что они изменяются в противофазе, т.е. увеличение вращательной температуры сопровождается уменьшением колебательной (рис. 3) [7,8]. Это означало уменьшение высоты излучающего слоя примерно на 1 км. Непосредственное измерение на спутнике UARS над Кавказским регионом [9] показало, что высота излучающего слоя гидроксила была ниже, чем над другими областями (рис. 5).

Была также обнаружена нелинейная зависимость  $\Delta T_T$  от скорости ветра на высоте 4 км

$$\Delta T_T (\text{K}) = 3.3 + 1.7 \cdot \sqrt{V_{600} (\text{M/c})} . \quad (1)$$

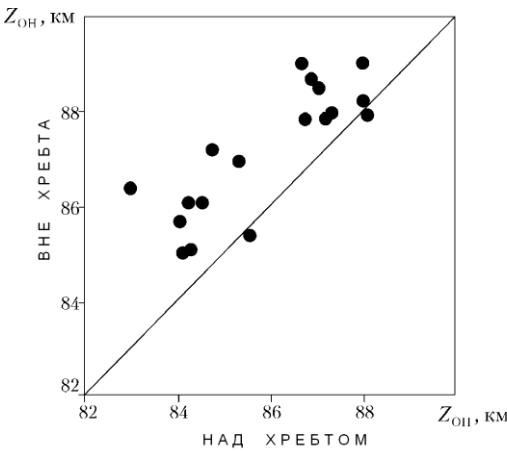


Рис. 5. Сопоставление высот слоя OH, измеренных на спутнике WINDII/UARS над Кавказским хребтом (ось абсцисс) и вне его в полосе широт 35–45°N (ось ординат) [5,9]

Расстояние  $X_M$  максимума  $\Delta T_T$  от хребта и ширина области возмущения  $\Delta X$  минимальны, когда превалирующий ветер направлен перпендикулярно к осевой линии хребта ( $A_V^* = 0$ ), и увеличиваются с ростом азимута  $A_V^*$

Для параметров ВГВ, регистрируемых в подветренной области гор, также выявляется корреляция со скоростью ветра на различных высотах тропосферы. Максимум так же как для орографического увеличения температуры в области мезопаузы, имеется для высот 4 км [6]. Результаты измерений для Кисловодска волн с периодами 6–20 мин полностью соответствуют этим корреляциям.

Измерения волн при помощи восьмиканального фотометра выявили, что пространственные расположения источников генерации ВГВ, определенные на основе метода обратного лучевого трассирования [5] тесно ассоциируются с горным хребтом Кавказа и другими неоднородностями рельефа Закавказья и практически отсутствуют в Колхидской низменности (рис. 1 и 2). Результаты

исследований ВГВ с периодами 10-20 мин в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузии (41.8°N, 42.°E) свидетельствуют об аналогичной ситуации, когда четко выделяются направления приходящих волн от районов, где находятся горные образования [10]. Количество источников, соответствующих определенным уровням высот, образуют четко выраженное распределение, выявляющее высокую степень корреляции (~ 0.85) со средним профилем высоты хребта (рис.2.) [5,6].

### ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

Изложенные результаты измерений свидетельствуют о притоке энергии на высоты вблизи 90 км над подветренной областью горного хребта, обусловленном ВГВ, генерируемыми над горами вследствие обтекания их нестационарными воздушными потоками. На этой основе была сделана теоретическая оценка пространственного распределения притока энергии [5,8,11]. Для этого были использованы результаты работы [12], согласно которой при взаимодействии потока ветра с препятствием возникают флуктуации его направления и порывов ветра, которые и обуславливают возникновение цугов волн. Примеры волновых цугов показаны на рис. 6 [5]. На рис. 7 показано распределение азимутов порывов ветра.

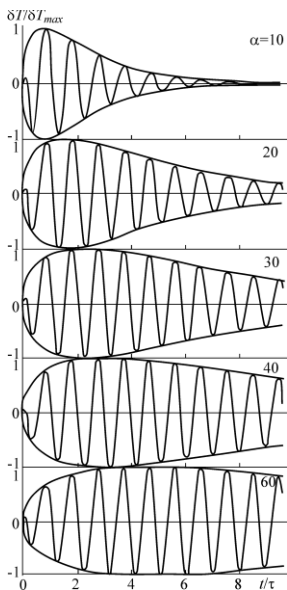


Рис.6. Примеры цугов волн для различных значений параметра  $\alpha$ , определяющего декремент затухания [5]

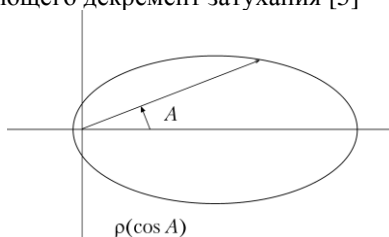


Рис.7. Функция  $p(\cos A)$  Хенни-Гринштейна распределения азимутов флуктуаций направлений локального ветра и порывов ветра,  $g = 0.5$

$$p(\cos A) = \frac{1 - g^2}{4(1 - 2g \cdot \cos A + g^2)^{3/2}} \quad (2)$$

Важно отметить, что использование нормального распределения в качестве функции  $p(\cos A)$  не позволило получить согласия с данными измерений. На основе использованной теории удалось построить пространственное

распределение притока энергии на высотах около 90 км над подветренной областью Кавказских гор для оценки области возмущения, образующейся на высотах нижней термосферы (рис. 8). Для области максимума это дает  $|F_z| \approx 3 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

### ДАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРОГРАФИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ДРУГИХ ЭМИССИЙ

Последующие результаты исследований позволили расширить сведения о свойствах орографически обусловленных возмущениях в верхней атмосфере.

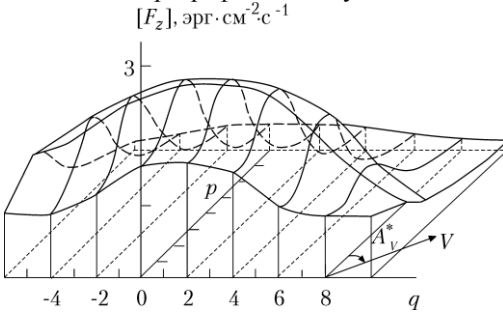


Рис. 8. Вычисленные пространственные распределения вертикального притока энергии ВГВ на высотах  $\sim 100$  км над подветренной областью Кавказских гор при скорости преобладающего ветра  $V_{600} = 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  и его азимуте  $A_v^* = 45^\circ$  [5,8,11]

Интерферометрические измерения температуры эмиссии 630 нм атомарного кислорода над Андами в Перу вблизи Арекипа ( $16.5^\circ\text{S}$ ,  $288.5^\circ\text{E}$ ) [13] в 1994 г. выявили ее увеличение над горным хребтом (высота которого  $\sim 5$  км), составившее примерно 200–500 К на расстоянии  $\sim 430$  км от хребта. Ранее оценки изменения температуры для F2 области по эмиссии 630 нм для Урала и Кавказа свидетельствовали об увеличении температуры на 100 и 200 К, соответственно [14]. Пятнистая структура интенсивности эмиссии 630 нм над Гавайскими островами ( $20.7^\circ\text{N}$ ,  $203.7^\circ\text{E}$ ) [15] также, по-видимому, отображает влияние орографических возмущений [2,3]. Высота гор на островах составляет 3055 и 4205 м.

Измерения интенсивности эмиссии 557.7 нм атомарного кислорода ( $\sim 97$  км) в районе Ашхабада ( $38.0^\circ\text{N}$ ,  $58.4^\circ\text{E}$ ) фактически проводились вблизи Копет-Дагского горного хребта (высота  $\sim 2$ – $2.5$  км). На основе карт изофот эмиссии 557.7 нм в работе [16] был проведен анализ пространственного распределения интенсивности этой эмиссии. Оказалось, что в зависимости от направления ветра в тропосфере относительно средней линии хребта менялся характер распределения.

Измерения эмиссии 630 нм в Ашхабаде также позволили выявить орографические возмущения. В этом случае использование имеющихся упомянутых выше данных различных географических мест исследований дало возможность обнаружить связь дальности расстояний максимумов  $X_M$  (км) возмущения интенсивности эмиссии 630 нм с площадью поперечного сечения  $S$  ( $\text{км}^2$ ) горного образования, представленную на рис. 9, и описываемую регрессионной зависимостью (коэффициент корреляции  $r = 0.995 \pm 0.006$ ) [17]



$$X_M = (210 \pm 9) \cdot \lg\left(\frac{S}{13 \pm 1}\right), \text{ км.} \quad (3)$$

Интересную информацию удалось извлечь из результатов спутниковых измерений на космической станции «Мир» слабых звезд (пятой звездной величины) при их заходе за горизонт [18].

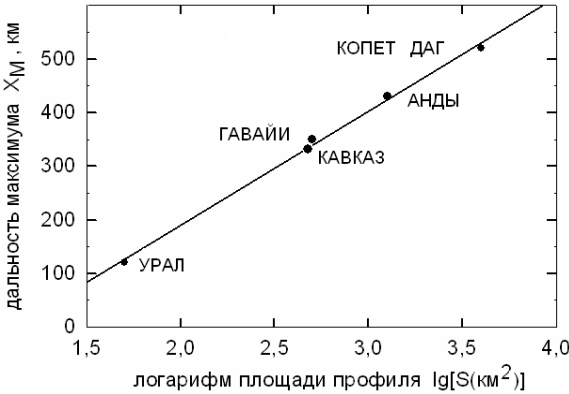


Рис. 9. Сопоставление расстояний максимумов  $X_M$  (км) возмущения интенсивности эмиссии 630 нм от горного хребта с площадью поперечного сечения  $S$  (км<sup>2</sup>) горного образования [17].

Непосредственной целью таких измерений было исследование пространственно–временной структуры плотности воздуха в стратосфере по наблюдениям мерцаний ярких звезд. Однако при регистрации слабых звезд существенный вклад в измеряемое излучение обеспечивал континуум собственного свечения атмосферы ( $\lambda$  420–530 нм). По трассе луча зрения над поверхностью Земли для каждого измерения над различными долготами на широтах 46–52°N оказалось возможным получить долготное распределение интенсивности свечения, высоты излучающего слоя и его толщины, которое приблизительно соответствует горным хребтам (рис. 10) [5]. Это свидетельствует о том, что орографические возмущения присутствуют во всей атмосфере.

Полученные результаты можно использовать для оценки глобального вклада ВГВ (с периодами 7–20 мин), генерируемых вблизи земной поверхности, в приток энергии в область мезопаузы и нижней термосферы [14]. Приблизительно можно оценить протяженность гор в северном полушарии как  $L_N \sim 6 \cdot 10^4$  км, в южном –  $L_S \sim 4,5 \cdot 10^4$  км, т. е. общепланетарная протяженность  $L_E \sim 1 \cdot 10^5$  км. Средняя ширина гор  $W_M \sim 300$  км, средняя высота  $Z_M \sim 2$  км, средняя область возмущения  $\Delta X \sim 400$  км. Отсюда приблизительная оценка средне планетарного притока энергии может составить  $1,5\text{--}2 \text{ эрг}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Представленные выводы о возмущениях в верхней атмосфере вблизи горных образований можно, очевидно, распространить и на генерацию ВГВ в областях холодных фронтов, циклонов, над которыми всегда присутствуют ветровые потоки. Перемещающаяся метеорологическая ситуация над поверх-

ностью Земли будет обуславливать переменный фоновый компонент возмущения. Это создает, таким образом, предпосылки для разработки на основе планетарных карт орографической структуры рельефа Земли и метеорологической ситуации учета возмущений в верхней атмосфере и их введения в современную модель верхней атмосферы.

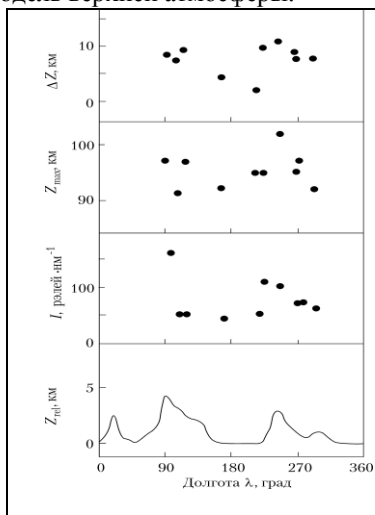


Рис.10. Долготное распределение результатов десяти измерений излучения верхней атмосферы в диапазоне спектра 420–530 нм на орбитальном корабле «Мир» на широтах 46–52°N [5], полученное на основе данных [18]

Показаны значения интенсивности  $I$ , высоты максимума излучающего слоя  $Z_{max}$ , толщины слоя  $\Delta Z$ , и средняя высота рельефа  $Z_{rel}$  земной поверхности в указанной полосе широт

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При взаимодействии порывов ветра с горными образованиями происходит генерация ВГВ, распространяющихся в мезопаузу и создающих в ней возмущения. Поток энергии, транспортируемый ВГВ в эту область атмосферу составляет  $\sim 3 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Волны генерируются в тропосфере в слое толщиной  $\sim 2 \text{ км}$  и на высотах  $\sim 4 \text{ км}$ . Амплитуда изменения температуры на высотах  $\sim 90 \text{ км}$  равна  $\sim 10 \text{ К}$ , ширина области возмущения составляет  $\sim 300 \text{ км}$ .

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Э.В. Кононович, Н.Н. Шефов, 1999, Средняя атмосфера – регулятор воздействия солнечной активности на долговременные изменения энергетического баланса нижней атмосферы // Геомагнетизм и аэронавтика. Т. 39. № 1. С. 79–83.
2. А.И. Семенов, М.В. Шагаев, Н.Н. Шефов, 1981, О воздействии орографических волн на верхнюю атмосферу // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. Т. 17. № 9. С. 982-984.
3. Н.Н. Шефов, Н.Н. Перцев, М.В. Шагаев, В.Н. Яров, 1983, Орографически обусловленные вариации эмиссий верхней атмосферы // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. Т. 19. № 9. С. 920-926.

4. G.S. Golitsyn, A.N. Gruzdev, N.F. Elansky, N.N. Pertsev, N.N. Shefov, 1986, Studies of structure of orographic lee waves // Proceeding of International Symposium on the Quighai-Xizang Plateau and mountain meteorology (China, Beijing, March 20-24, 1984). Beijing: China Science Press. P. 854-864.
5. Н.Н. Шефов, А.И. Семенов, В.Ю.Хомич, 2006, Излучение верхней атмосферы – индикатор ее структуры и динамики. М.: ГЕОС. 741 с.
6. В.А.Суходоев, В.И. Перминов, Л.М. Решетов, Н.Н. Шефов, В.Н. Яров, А.С. Смирнов, Т.С. Нестерова, 1989, Орографический эффект в верхней атмосфере // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. Т. 25. № 9. С. 926-932.
7. В.А. Суходоев, В.Н. Яров, 1998, Вариации температуры мезопаузы в подветренной области Кавказского хребта // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 38, № 4. С. 176–180.
8. N.N. Shefov, A.I. Semenov, N.N. Pertsev, V.A. Sukhodoev, 2000, The spatial distribution of the gravity wave energy influx into the mesopause over a mountain lee // Phys. Chem. Earth. Part B. V. 25. N 5-6. P. 541-545.
9. R.P. Lowe, V.I. Perminov, 1998, Analysis of mid-latitude ground-based and WINDII / UARS observations of the hydroxyl nightglow // 32nd Scientific Assembly of COSPAR (Japan, Nagoya, 1998). Nagoya, P.131.
10. Т.И. Торошелидзе, 1991, Анализ проблем аэрономии по излучению верхней атмосферы. Тбилиси: Мецниереба, 216 с.
11. Н.Н. Шефов, А.И. Семенов, Н.Н. Перцев, В.А. Суходоев, В.И. Перминов, 1999, Пространственное распределение притока энергии ВГВ в мезопаузу над подветренной областью горного хребта // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 39. № 5. С. 87-94.
12. И.П. Чунчuzов, 1988, Об орографических волнах, возбуждаемых нестационарным ветром // Изв. АН СССР. Физики атмосферы и океана. Т. 24. № 1. С. 9-19.
13. J.W. Meriwether, J.L. Mirick, M.A. Biondi, F.A. Herrero, C.G. Fesen, 1996, Evidence of orographic wave heating in the equatorial thermosphere at solar maximum // Geophys. Res. Lett. V. 23. N 16. P. 2177–2180.
14. Шефов Н.Н., 1985, Солнечная активность и приземная циркуляция квк соизмеримые источники вариации теплового режима нижней термосферы // Геомагнетизм и аэрономия. Т.25 №5 с.848-849.
15. Ф. Роч Дж. Гордон, 1977, Свечение ночного неба. М.: Мир, 152 с.
16. Г.А.Насыров, 2007, Орографически обусловленные вариации интенсивности эмиссии атомарного кислорода 557.7 нм // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 47. № 1. С. 107-110.
17. Г.А.Насыров, 2009, Орографически обусловленные вариации интенсивности эмиссии атомарного кислорода 630 нм // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 49. № 3. С.
18. А.С. Гурвич, В.В. Воробьев, С.А. Савченко, А.И. Пахомов, Г.И. Падалка, Н.Н. Шефов, А.И. Семенов, 2002, Ночное свечение верхней атмосферы в

диапазоне 420–530 нм по измерениям на орбитальной станции «Мир» в 1999 г. // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 42. № 4. С. 541–546.

UDC **551.511.8**

**OROGRAPHIC DISTURBANCES IN THE UPPER ATMOSPHERE STIPULATED BY AIR CURRENTS STREAMLINING OF GREAT CAUCASUS RANGE./**Semionov A., Shefov N. /. Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p.397-406.- Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Measurements of mesopause temperature in northern leeward area of the Caucasian ridge have allowed to obtain unique data on characteristics of orographical disturbances at heights of mesopause and of their generation processes in a ground atmosphere. The temperature at heights ~ 90 km in leeward area of mountains has a maximum ~ 10 K on distance about 150 km from a ridge. Sources of wave disturbances arise in troposphere approximately at heights of 4 km above the Caucasian ridge

УДК **551.511.8**

**ОРОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ОБТЕКАНИЕМ КАВКАЗСКОГО ХРЕБТА ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ./**Семенов А.И., Шефов Н.Н./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с.397-406. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Измерения температуры мезопаузы в северной подветренной области Кавказского хребта позволили получить уникальные сведения о характеристиках орографических возмущений на высотах мезопаузы и особенностях их генерации в приземной атмосфере. Температура на высотах ~ 90 км в подветренной области гор имеет максимум ~ 10 К на расстоянии ~ 150 км от хребта. Источники волновых возмущений возникают в тропосфере примерно на высотах 4 км над Кавказским хребтом.

ჭიაბრიშვილი Н. Г.

*Институт геофизики им. М.Нодиа, Грузия*

УДК 523.58

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВЕРДОГО АЭРОЗОЛЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ г. ТБИЛИСИ**

Результаты исследований, проведенные научными центрами (Национальный центр NCDC, США, Институт космических исследований им. Голдарда, США, Центр исследования им. Хедли Великобритании и Университет Восточной Англии) по динамике глобального потепления показывают, что за прошедшие сто лет температура на нашей планете повысилась. В целом за XX век средняя глобальная температура приземного воздуха на Земле увеличилась на  $1^{\circ}\text{C}$  [1].

В течение последних десятилетий, в больших городах мира, где сосредоточено огромное количество автотранспорта и развита промышленность, сформировался особый микроклимат, существенно отличающийся от климата окружающих областей. В больших городах, особенно зимой, температура воздуха превосходит температуру окружающих областей в среднем на  $5^{\circ}\text{C}$  [1].

В больших городах и в целом на Земле повышение температуры согласуется с гипотезой о наличии парникового эффекта, обусловленного существенным увеличением в атмосфере концентрации таких парниковых газов антропогенного происхождения: диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), монооксид углерода (CO), метан ( $\text{CH}_4$ ), оксид азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), фторхлоруглероды ( $\text{CFCl}_3$ ,  $\text{CF}_2\text{Cl}$ ) и др. [2,3].

Оказалось, что кроме парниковых газов в парниковом эффекте и формировании климата на Земле, "черный углерод" – сажа (остаточный углерод – C) по количественному содержанию (особенно в больших городах) является главным компонентом атмосферного твердого аэрозоля. Сажа образуется в результате сгорания любого органического топлива (нефтепродуктов, природного газа, каменного угля и т. д.) и после эмиссии с поверхности Земли попадает в атмосферу.

В научной литературе первые сообщения по изучению сажи принадлежат исследовательской группе Национальной лаборатории им. Лоуренса Беркли США (под руководством Т. Новакова) с 70-х годов прошлого века [4]. В 1974 г. этой группой было показано, что в приземном слое атмосферы больших городов из общего количества аэрозолей 50% приходится на углеродсодержащих частиц, а из этих 50% не менее 80% составляет сажа. Результаты экспериментальных данных, опубликованные в работе [4] в дальнейшем подтвердились в работах [5,6].

Определение количественного содержания твёрдого аэрозоля в атмосфере можно осуществлять несколькими способами [5,7]. Общее для этих способов является то, что атмосферный аэрозоль предварительно собирается на подложки - фильтры. Фильтры могут быть пористые (нуклеопорные, волокнистые-кварцевые или стеклянные) – прозрачные для света в той или иной области спектра.

Для сбора твердого аэрозоля на фильтр нами была изготовлена установка – ротометр. При его изготовлении были учтены те требования, которые необходимы для того, чтобы система работала на линейном участке измерительной системы.

В качестве фильтра применяли волокнистый аналитический аэрозольный фильтр типа АФА-ВП-20, который предназначен для весового анализа, прозрачен в видимой области спектра, гидрофобен и коэффициент захвата для частиц размером 0,5 мкм равняется 0,95.

Сбор аэрозольных проб проводились на территории экспериментальной базы термобарокамеры Института геофизики им. М. Нодия в июле-августе 2003-2004 гг. Время прососа воздуха ротометром, в зависимости от уровня почернения фильтра, менялось от 30 до 90 минут.

Массовую концентрацию атмосферного твёрдого аэрозоля определяли методом взвешивания, как  $\Delta m = m - m_0$ , где  $m_0$  и  $m$  масса фильтра, соответственно до и после сбора пробы. Для взвешивания применяли аналитические весы марки ADB-200 (цена деления оптической шкалы 0.1 мг). Общая погрешность определения массовой концентрации твердого аэрозоля не превышает 20%.

Наши предварительные измерения и их анализ показали, что при определении массовой концентрации атмосферного твердого аэрозоля,  $\Delta m$ , необходимо учесть такие метеорологические факторы, как скорость ветра, осадки и образование смога над городом. При ветреной погоде, когда скорость ветра равнялась 5-8 м/сек, в зависимости от степени почернения фильтра, приходилось в 2-3 раза увеличивать время экспозиции фильтра. При этом, по сравнению с безветренной погодой, значение концентрации атмосферного твердого аэрозоля,  $\Delta m$ , уменьшалось 2-3 раза. Такой же эффект имел место и в том случае, когда пробы аэрозоля брались до или после выпадения жидких осадков. И наоборот, образование смога над городом сопровождалось увеличением  $\Delta m$  в 1,5-2 раза.

Более или менее устойчивые значения  $\Delta m$  фиксировались в случаях отсутствия ветра, осадков и смога.

Таким образом, для установления фоновых значений  $\Delta m$  в случае рассматриваемых месяцев, анализировались результаты измерений, которые соответствовали погоде без ветра, осадков и смога. Из 65 измерений таких проб оказалось 58. Остальные 7 проб принадлежат тем дням, в течение ко-

торых над городом Тбилиси был образован смог, который хорошо наблюдался визуально.

Анализ 58 проб показывает, что временной ход массовой концентрации твердого аэрозоля меняется монотонно и сосредоточен в интервале 1,2 – 2,8 мг/куб.м., при этом их среднее значение  $\overline{\Delta m} = 1,9$  мг/куб.м.

Следует отметить, что среднее значение  $\Delta m$  для 7 проб, соответствующих смоговой ситуации в городе  $\overline{\Delta m} = 3,6$  мг/куб.м., примерно в 2 раза превышает аналогичную величину для остальных 58 проб.

На основании анализа 58 проб, можно заключить, что в течение июля-августа 2003-2004 гг. в приземном слое атмосферы города Тбилиси, для минимального, максимального и среднего значений атмосферного твердого аэрозоля  $\Delta m$  были зафиксированы следующие величины: в случае безветренной погоды, отсутствия осадков и смога:  $\Delta m_{\min} = 1,2$  мг/куб.м.,  $\Delta m_{\max} = 2,8$  мг/куб.м.,  $\overline{\Delta m} = 1,9$  мг/куб.м.

На основании использованной нами выборки в данной работе было изучено распределение плотности вероятностей массовой концентрации атмосферного твердого аэрозоля. График этого распределения представлен на рисунке.

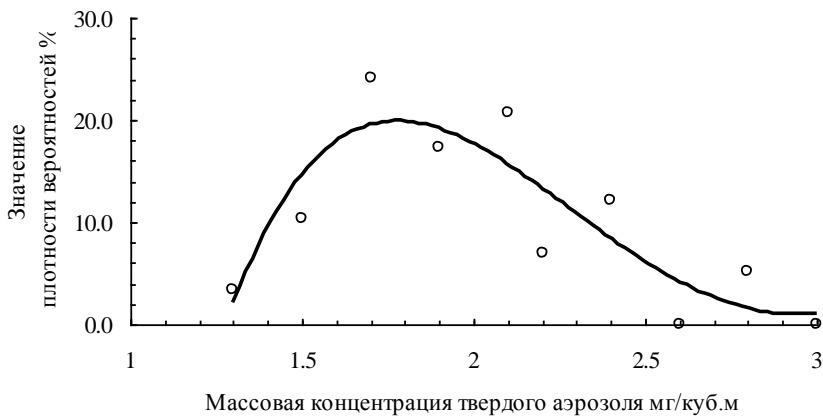


Рис. Распределение плотности вероятностей массовой концентрации твердого аэрозоля

Известно, что для нормального распределения среднее, медиана и мода по величине равны. В нашем случае близость значений этих величин (см. таблицу) указывает на то, что изображенная на рисунке кривая близка нормальному, с некоторой асимметрией. Численные значения статистических характеристик нашей выборки приведены в таблице.

Таблица. Статистические характеристики выборки.

Количество проб	Среднее значение мг/ку.м.	Медиана мг/ку.м.	Мода мг/ку.м.	Среднее квадратичное отклонение	Дисперсия	Коэффициент эксцесса	Коэффициент асимметрии
58	1,9	1,8	1,7	0,38	0,14	0,04	0,03

В заключение автор выражает искреннюю благодарность Амиранашвили А.Г. за помощь и интерес к работе.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. А.Сергеев. 2006, Глобальное потепление или Высокий градус политики. М. “Вокруг света”, Вокруг света, №7 (2790). сс. 56-70.
2. А.А. Шашков. 1985, Интегральные спектроскопические методики определения  $C_2O$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ : Порядок проведения измерений и алгоритм обработки. Вопросы инфракрасной спектроскопии атмосферы. Ленинград, Гидрометиздат. Вопросы инфракрасной спектроскопии атмосферы. вып. 496, сс. 23-41.
3. М.А. Одишария, Н.Г. Чабришвили, Т.М. Каландадзе, Д.Д. Киркитадзе. 2003, Спектры поглощения атмосферных парниковых газов ( $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $CO$ ). Тбилиси. Академия Наук Грузии, Труды института геофизики, т. LVIII, сс. 192-195.
4. T. Novakov. S.G. Chang. A.B. Harker 1974. Sulfates as Pollution Particulates Catalytic Formation on Carbon. (Soot) Particles. Science, vol. 186, pp. 259-261.
5. В.М. Копейкин. 1991. Анализ содержания сажи в аэрозоле. Москва, Контроль состояния воздушного бассейна. г. Москвы. АН СССР, ИФА, препринт №1, сс. 59-64.
6. А.С. Емиленко, В.М. Копейкин, Ван Ген Чен. 2000. Некоторые сезонные особенности уровней загрязнения аэрозолем в городе Пекине. Москва. Труды Международной аэрозольной конференции, посвященной памяти профессора Сутугина А.Г 2000. 26-30 июля, сс. 48-56.
7. G.T. Wolff, R.L. Climach 1982. Particulate carbon atmospheric life cycle. New-York-London, Plenum Press, pp. 78-81.

შპს 523.58

ქ. თბილისში ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მყარი ამროზოლის შემცველობის ბამოკვლევა/ჭიაბრიშვილი ნ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.- ტ.115-გვ. 407-411- ., რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

წარმოდგენილია ქ. თბილისში ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში არსებული მყარი ამროზოლის მასური კონცენტრაციის ( $\Delta m$  მგ/კუბ.მ) კვლევის ექსპერიმენტული მონაცემები.



შესწავლილია ატმოსფერული მყარი აეროზოლის მასური კონცენტრაციის ალბათობათა სიმკვრივის განაწილება. წარმოდგენილია გრაფიკი და გამოთვლილია განაწილების სათანადო მახასიათებლები.

UDC 523.58

**INVESTIGATION OF THE AEROSOL CONCENTRATION CONTENT IN SURFACE AIR LAYER TBILISI** ./Chiabrishvili N./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. - 2008. - т.115. – p. 407-411. - Russ. ; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Experimental data on research of weight concentration of firm aerosol ( $\Delta m$ ) in Tbilisi surface are obtained.

It is studied the distribution of the weight concentration probability density of firm aerosol. The figure of this distribution is represented and the values of the constants characterizing this this distribution are determined.

УДК 523.58

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ Г. ТБИЛИСИ**./Чиабришвили Н.Г./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 407-411. – Рус.; Рез. Груз., Анг.,Рус.

Изложены экспериментальные данные по определению массовой концентрации ( $\Delta m$  мг/куб.м) твёрдого аэрозоля в приземном слое атмосферы г. Тбилиси.

Изучено распределение плотности вероятностей массовой концентрации атмосферного твердого аэрозоля. Представлен график и определены соответствующие значения характеристики этого распределения

გაჩეჩილაძე გ. ცომაია ვ. ქიტიაშვილი ლ.  
გორგიჯანიძე ს., ბეგალიშვილი ნ.ნ.  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

უკ 555.48.215.2

**კატასტროფული წყალმოვარდნების წყლის  
მაქსიმალური ხარჯების გაანგარიშებისა და  
პრობნოზირების შესაძლებლობა ტენზომეტრის  
პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე დაკვირვების  
პუნქტების დახურვის პირობებში**

ბოლო წლებში გახშირდა საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები (ძლიერი კოკისპირული, გადაუღებელი წვიმები, წყალდიდობები, ქარიშხლები და სხვ.). ქვემოთ, ნახ.1-ზე, მაგალითისთვის მოცემულია 2008 წლის სექტემბერ-ოქტომბრის საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების გავრცელების არეები, რომელთაც ადგილი ჰქონდათ ბათუმში და ხელვაჩაურში (1), ქობულეთში (2), ფოთში (3) გარდაბანში (4), თბილისში (5), კახეთში (6).



ნახ.1. 2008 წლის სექტემბერ-ოქტომბრის კატასტროფული ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების გავრცელების სქემა საქართველოში. (რუკაზე აღნიშნული რიცხვების მნიშვნელობა იხილეთ ტექსტის მიხედვით).

დღეღამური მაქსიმალური ნალექების რაოდენობა აღემატებოდა 160-180 მმ. წყალმოვარდნებით რაიონული ცენტრისგან მოწყვეტილ

იქნა 7 სოფელი, დაინგრა 11, დაზიანდა 50, დაიტბორა 100 სახლი, 6 სოფელი, განადგურდა ყურძნის მოსავლის 70%, ასობით ჰექტარი ნათესები, დაიტბორა ქ. ფოთი, რასაც ადგილი არ ქონია 1895 წლის შემდეგ, დაიღუპა 8 ადამიანი. მთლიანად დასავლეთ საქართველოში წყლით დაიფარა 35 კმ<sup>2</sup> ტერიტორია, რომლებზედაც განლაგებული იყო ელექტროქვესადგურები, დაზიანდა ელექტროულოვადამცემი ხაზები და 39 ათას აბონენტს შეუწყდა ელექტროენერჯის მიწოდება. დაინგრა 3 ხიდი. მატერიალურმა ზარალმა შეადგინა 3-4 მლნ ლარი, მაგრამ იყო წლები როცა ეს ზარალი აღწევდა 500-550 მლნ ლარს (1987წ). ასეთი ოდენობის ზარალის მიზეზია კალაპოტისა და მდინარისპირა ტერიტორიის ათვისება მდინარის რეჟიმთან დაკავშირებული მოსალოდნელი საშიში მოვლენების სრული უზღვეველყოფით. ამიტომ საჭიროა წინასწარ დადგინდეს საშიში ჰიდროლოგიური მოვლენების მახასიათებლები. მაგრამ მათი შეფასება დღევანდელ პირობებში შეუძლებელი ხდება, რადგან დაიკეტა მრავალი დაკვირვების პუნქტი. მათი რაოდენობის გაზრდა ყველა მდინარეზე შეუძლებელია, რადგან ისინი მიეკუთვნებიან პატარა მდინარეების კატეგორიას, რომელთა წყალშემკრები აუზის ფართობი 400-500 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლებია. მათი რაოდენობა შეადგენს მდინარეთა საერთო რაოდენობის 95-96 %. აქედან დიდი ნაწილი შეუსწავლელია. მათი კატასტროფული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯის გაანგარიშება ხდება მხოლოდ ზღვრული ინტენსივობის ფორმულის გამოყენებით [5]. ეს ფორმულა ურთულეს კატეგორიას ეკუთვნის, მასში გამოყენებულია 60-75 სახის საწყისი მასალა, რომელიც დღევანდელ პირობებში არ არსებობს დაკვირვების შეწყვეტის გამო.

კვლევის შედეგად შესაძლებელი გახდა შეგვეფასებინა კატასტროფული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯები. განხილული მეთოდი ემყარება ატმოსფეროს ტენზონვის პარამეტრების გამოყენებას. ასეთ პარამეტრებს წარმოადგენენ წლიური ატმოსფერული ნალექები  $X$  და მათი შემადგენელი ნაწილები: ადვექციური (ზღვიდან შემოსული)  $X_a$  და კონვექციური (ადგილობრივი)  $X_k$  ნალექები, ჩამონადენი ( $Y$ ) და აორთქლება ( $Z$ ) [1]. მათი ურთიერთკავშირი გამოისახება შემდეგი მარტივი ფორმულით:

$$X = X_a + X_k \quad (1)$$

$$Y = 2X_a - X = X_a + X_k \quad (2)$$

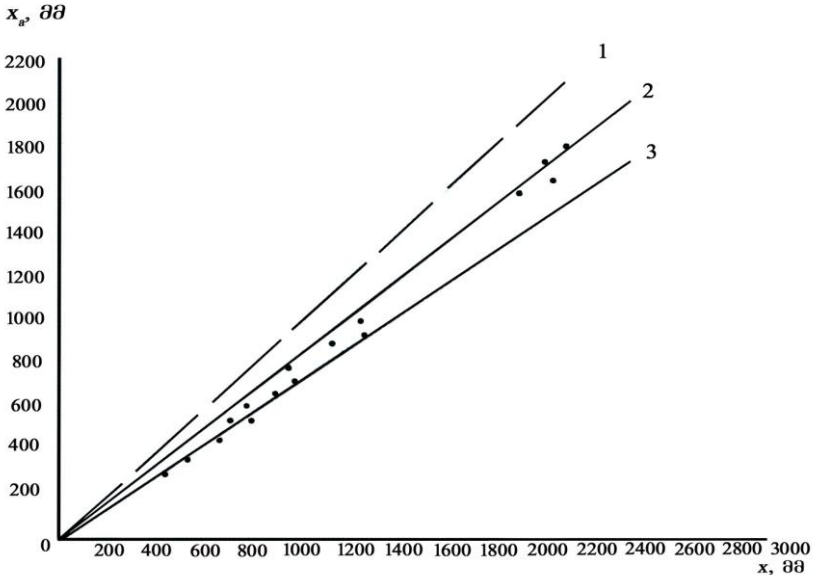
$$Z = 2(X - X_a) = 2X_k \quad (3)$$

წყლის ბალანსის ( $B$ ) თანახმად

$$B = X - Y - Z = X_a + X_k - (2X_a - X) - 2(X - X_a) = 0 \quad (4)$$

თუ წყლის ბალანსი ნულია ტოლია შედეგი მისაღებია. წინააღმდეგ შემთხვევაში გამოთვლები უნდა განმეორდეს.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულებიდან საჭიროა ვიცოდეთ  $X$  და  $X_a$ . აქედან  $X$  ცნობილია დაკვირვების საფუძველზე;  $X_a$  უცნობია, რომელიც დამოკიდებულია  $X$ -ზე (ნახ.2). წერტილების გაფანტვა გამოწვეულია ჰაერის ტემპერატურის გავლენით, მაგალითად საქართველოს დაბლობში მდებარე რაიონებისათვის, სადაც ჰაერის წლიური ტემპერატურა 12-14°C მეტია [7,8].



ნახ.2. ადექციური ნალექების ( $X_a$ ) დამოკიდებულება საერთო ნალექებთან ( $X$ ). 1 - როცა  $X_a=X$ , „365“ სიმაღლის დონეზე და მის ზემოთ (ხიონოსფერო); 2-3 -  $X_a$ -ს ცვლილების საზღვრები  $X$ -ის ცვლილების მიხედვით.

$$X_a = X(12,5 \cdot 10^{-5} \cdot X + 0,589), \quad (5)$$

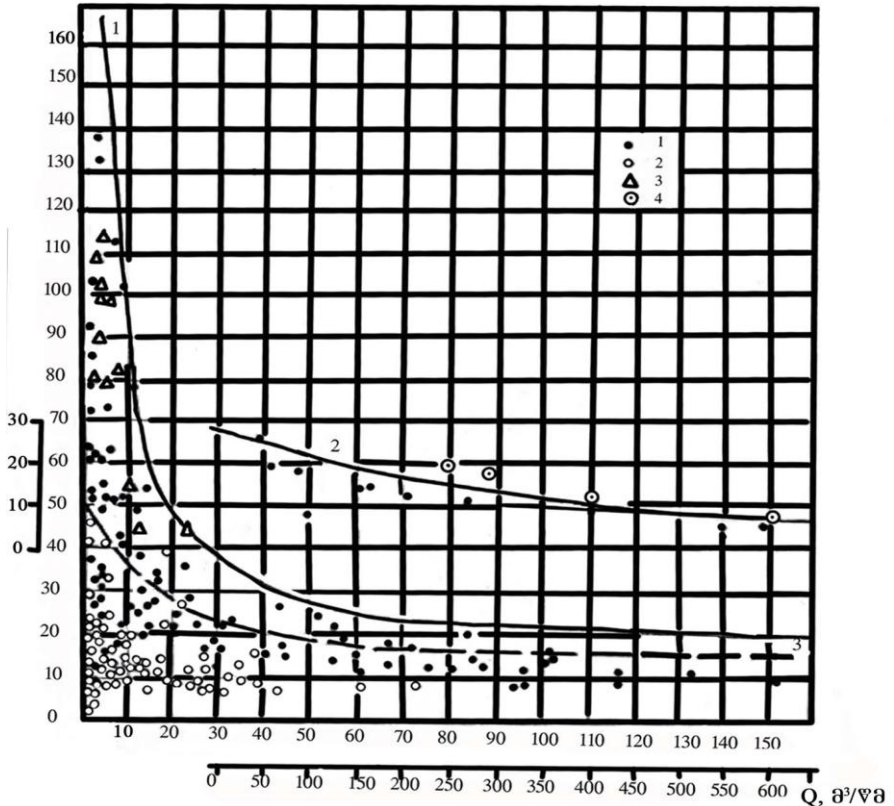
ხოლო  $X_a$ -ს საფუძველზე ფორმულა (2)-ის თანახმად გამოითვლება  $Y$ , რომლის სიდიდე გამოსახულია მმ-ში, ხოლო წყლის ხარჯებისათვის ( $Q$ ) მ<sup>3</sup>/წმ, გადაყვანის მიზნით ვსარგებლობთ ფორმულით:

$$Q = h \cdot F / 31500 = 314 \cdot 10^{-7} h F \text{ მ}^3 / \text{წმ}, \quad (6)$$

სადაც  $h$  - ჩამონადენის ფენის სიმაღლეა მმ-ში,  $F$  - წყალშემკრები აუზის ფართობია კმ<sup>2</sup>-ში; 31500 ან  $314 \cdot 10^{-7}$  გადაყვანილი კოეფიციენტი მმ-დან მ<sup>3</sup>/წმ-ში.

Q-ს საფუძველზე გამოითვლება წყალმოვარდნების აქტივობის კოეფიციენტი ( $k$ ), რომელიც წარმოადგენს კატასტროფული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯის ( $Q_{მ.ქ.}$ ) შეფარდებას საშუალო წლიური წყლის ხარჯის ნორმასთან ( $Q_0$ ) [3,11] (ნახ. 3. ა)

$K_0$



ნახ3. ბამიერკავკასიის მდინარეების წყლის მაქსიმალური ხარჯის ზღვრული მნიშვნელობის ( $K$ ) დამოკიდებულება წლიური წყლის ხარჯის ნორმასთან ( $Q$ ) [11].

1- მდინარეები, რომელთა წყალშემკრები აუზის ფართობის საშუალო სიმაღლე  $< 200$  მ და წლიური წყლის ხარჯის ნორმა  $< 50$  მ<sup>3</sup>/წმ; 2- მდინარეები, რომელთა წყალშემკრები აუზის ფართობის საშუალო სიმაღლე  $< 200$  მ და წლიური წყლის ხარჯის ნორმა  $> 50$  მ<sup>3</sup>/წმ; 3-  $Q_{1\%}$ -ანი უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯები, ან მდინარეები, რომელთა წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე  $<$

200 მ; 4– მდ. რიონის 1982 წლის 1–2 აპრილის წყლის მაქსიმალური ხარჯები ქვემო წელში.

ან მისი დიფერენცირებული ფორმულების გამოყენებით.  $k$ -ს საფუძველზე გამოითვლება უდიდესი წყლის მაქსიმალური ხარჯი:

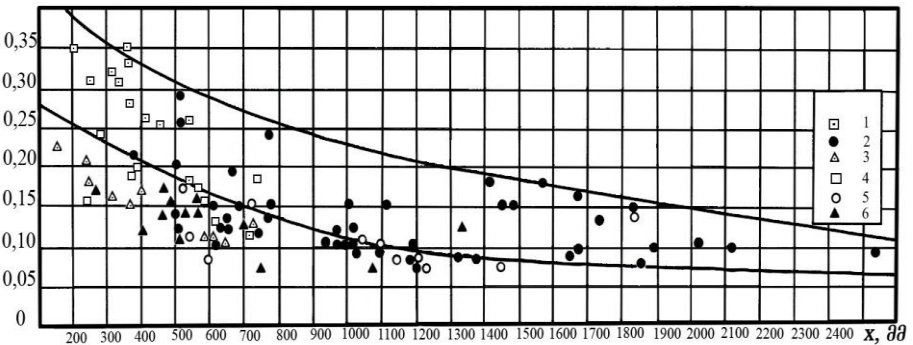
$$Q_{\text{უდ}} = k \cdot Q_0 \quad (7)$$

აქედან კი 1%-იანი უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯი ( $Q_{\text{მაქს1\%}}$ ), რომლისთვისაც გამოიყენება გადამყვანი კოეფიციენტი 0,7 [6,11], ე.ი.

$$Q_{\text{მაქს1\%}} = 0,7 \cdot Q_{\text{უდ}} \quad (8)$$

ასეთივე სქემით გამოითვლება უდიდესი და 1%-იანი უზრუნველყოფის დღეღამური მაქსიმალური ნალექი ნახ.3-ის (ბ) გამოყენებით [6].

$K_x$



ნახ.3. ბ.  $k$  კოეფიციენტის დამოკიდებულება საშუალო მრავალწლიური ნალექების ნორმებთან ( $X_0$ ).1-აზერბაიჯანი, 2-საქართველო, 3-სომხეთი; 1,2,3 – საუშუგოების მონაცემების მიხედვით, განლაგებული არიან 1500 მ ქვემოთ; 4, 5 და 6- 1500 მ ზემოთ [6].

აღწერილი სქემით ჩატარდა გამოთვლები აჭარის ზღვისპირა ზონის კოკისპირულ წვიმებთან დაკავშირებული კატასტროფული პიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების პარამეტრების დასადგენად. აღნიშნულ რაიონში ხშირია საშიში მოვლენები, რაც ხელს უშლის ნორმალურ სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო საქმიანობას, დიდ ზიანს აყენებს ზონის ეკოლოგიურ პირობებს (ნახ. 4. ა-ბ).

საშიში მოვლენების პარამეტრების დასადგენად გამოყენებული იქნა მეტეოროლოგიური სადგურების: ჩაქვის, ბათუმი-კონცხის, მახინჯაურის, ბათუმი-ქალაქის, ბათუმი-შუქურასა და ბათუმი-აეროპორტის მეტეოროლოგიური სადგურების მრავალწლიური მონაცემები ატმოსფერულ ნალექებზე  $(2681+2440+2610+2560+2532)/5$  მმ შესაბამისად,

რომლის საშუალო შეადგენს 2549 მმ, საშუალო ტემპერატურის 13,8-14,5°C-ის პირობებში [7,8]. აქედან ფორმულის (5)-ის თანახმად  $X_a=2313$  მმ, ჩამონადენი (2)  $Y=2077$  მმ, აორთქლება (3)  $Z=472$  მმ, წყლის ბალანსი (4)  $B=0$ , ბალანსის თანახმად გამოთვლები ჩატარდა სწორედ და შედეგი შეიძლება გამოყენებულ იქნას პრაქტიკაში. ამას ადასტურებს მოცემული ტერიტორიის მდ. აბანოსწყლის საგუშაგო მახინჯაურთან მრავალწლიური ჩამონადენის ნორმა, რომელიც შეადგენს 2019 მმ, ხოლო გამოთვლის ცდომილება:

$$\Delta h = [(h_{\text{გ}} - h_{\text{ბ}}) / h_{\text{ბ}}] \cdot 100 = [(2019 - 2077) / 2077] \cdot 100 = -2,9\%$$

მიღებულ ჩამონადენს (6)-ის თანახმად შეესაბამება წყლის ხარჯი:

$$Q = 2019 \cdot 3,9 / 31500 = 0,26 (0,25) \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ფრჩხილებში ნაჩვენებია ფაქტიური წყლის ხარჯის ნორმა [3], რაც თითქმის დაემთხვა გამოთვლილს. მის საფუძველზე გაანგარიშებულ იქნა უდიდესი მაქსიმალური წყლის აქტივობის კოეფიციენტი  $k$ :

$$k = 672 - 250 \cdot 0,26 = 607$$

აქედან უდიდესი წყლის მაქსიმალური ხარჯის ფორმულა (6)-ის თანახმად:

$$Q_{\text{უდ}} = 607 \cdot 0,26 = 158 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ხოლო გადაყვანი კოეფიციენტის 0,7-ის გამოყენებით 1%-იანი უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯი იქნება:

$$Q_{\text{მაქს1\%}} = 0,7 \cdot 158 = 111 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

რაც ახლოს დგას მდ. გუბა-წყლის ხიდსა და რკინა-ბეტონის მილის საპროექტო 1%-იანი უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალურ ხარჯებთან (სხვადასხვა წყაროებითაა გამოთვლილი) 82 და 138 მ<sup>3</sup>/წმ [9,10] (საშუალო შეადგენს 110 მ<sup>3</sup>/წმ). აშკარად ჩანს გამოთვლის დიდი სიზუსტე.

დამატებითი გამოთვლების შედეგები, რომელიც მოყვანილია ცხრ. 1-ში ადასტურებს მიღებული შედეგების ობიექტურობას. ანალოგიურად ჩატარდა უდიდესი და 1%-იანი უზრუნველყოფის დღევამური მაქსიმალური ნალექების გაანგარიშება; შედეგები ბათუმის მეტეოროლოგიური სადგურისათვის 1985 წლამდე მონაცემების [2] საფუძველზე ასეთია:  $X=2599$  მმ,  $k=0,12$  (ნახ. 3. ბ თანახმად),  $X_{\text{უდ.დღლაშ}}=312$  მმ,  $X_{\text{დღლაშ1\%}}=218$  მმ. კლიმატური ცნობარის [2] მიხედვით კი  $X_{\text{დღლაშ1\%}}=224$  მმ, ცდომილება შეადგენს 2,7%, რაც სრულიად

დამაკმაყოფილებელია თეორიული, პრაქტიკული, მეთოდოლოგიური და ოპერატიული მიზნებისათვის.



ნახ.4. ა. მდ.ყოროლისწყლის ჩახერგილი უბანი (მარჯვენა ნაპირზე დანგრეულია ნაპირსამაგრი რკინა-ბეტონის კონსტრუქციის კედელი წყალმოვარდნის შედეგად 1979 წ. 31.08-01.09), ბ. მდ. ბარცხანაზე ძველი ხიდის ადგილას აშენებულ იქნა ახალი (1979წ.), რომელიც დაიტბორა წყალმოვარდნის წყალგაუმტარობის გამო



ცხრილი 1. გამოთვლების შემოწმების შედეგები

რიგითი №	დასახელება	ფორმულა	საღგური, საგუშაგო	
			ქობულეთი	კოხი
1	ატმოსფერული ნალექები წლიური (X)		2320	2520
2	ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა (t)		13,4	(12,9)
3	ადეკვიური ნალექები X <sub>a</sub> , მმ	$X_a = X (12,5 \cdot 10^{-5} X + 0,589)$	2157	2278
4	ჩამონადენის ფენის სიმაღლე, h, მმ	$h = 2 X_a - X$	1895	2036
5	აორთქლება Z, მმ	$Z = 2(X - X_a)$	525	484
6	ბალანსი B, მმ	$B = X - h - Z$	0	0
7	ფაქტიური ჩამონადენი Y <sub>ფ</sub> , მმ		1920	2013
8	ცდომილება σ %	$\sigma = (Y_{ფ} - Y_{გ}) 100 / Y_{ფ}$	1,3	1,1
9	წყლის ხარჯი Q, მ <sup>3</sup> /წმ	$Q = h \cdot F / 31500$	15,1	12,4
10	წვალმოვარდნის აქტივობის კოეფიციენტი k	$K = 192 - 10 \cdot Q$	41	69
11	მყისიერი მაქსიმალური წყლის ხარჯი Q <sub>უდ</sub> , მ <sup>3</sup> /წმ	$Q_{უდ} = k \cdot Q$	619	849
12	1% უზრუნველყოფის მაქსიმალური წყლის ხარჯი Q <sub>1%</sub> , მ <sup>3</sup> /წმ	$Q_{1\%} = 0,7 \cdot Q_{უდ}$	433	594
13	მდინარის სიგრძე სათავიდან საგუშაგო კოხამდე	ს. კოხამდე (L <sub>1</sub> ), კმ		10
	საგუშაგო კოხიდან ქობულეთამდე	(L <sub>2</sub> ), კმ	33	
14	რედექციის კოეფიციენტი R	$R = L_1 / L_1$ $R = L_1 / (L_1 + L_2)$	0,77	1,0
15	შესწორებული წყლის მაქსიმალური ხარჯები მ <sup>3</sup> /წმ	$Q_{1\%} = [L_1 / (L_1 + L_2)] \cdot Q_{L_1}$	456	594
16	ლიტერატურული წყაროებიდან [6], [12] წყლის მაქსიმალური ხარჯები, მ <sup>3</sup> /წმ			577
				536
17	გამოთვლის ცდომილება, % [6], [12]-ის თანახმად			2,4
				7,8

**ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. 1974, Гидрометеоиздат, Л., 638 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6, вып.14 Грузинская ССР. Гидрометеоиздат. Л., 1990, 347 с.

3. Основные гидрологические характеристики рек. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 9. Закавказье и Дагестан. Вып 1. Западное Закавказье, Гидрометеоиздат, Л., 1964, 458с.
4. Определение расчетных гидрологических характеристик СНиП 2.01. м-83. ГК СССР по делам строительства. Москва, 193, 36 с.
5. Ростовов Г.Д. Технические указания по расчету максимального стока рек в условиях Кавказа. ЗакНИГМИ, Тбилиси, 1980, 71 с.
6. Сидорова Л.В., Цома В.Ш. Исследование водного режима реки Главашара для технико-экономического обоснования проекта использования ее воды для водоснабжения. Труды ЗакНИГМИ, вып. 87 (94), 1990, с.67-79.
7. Справочных по климату СССР. Вып 14, Гидрометеоиздат, Л.,1970, 426 с.
8. Справочник по климату СССР Вып.14,7.П, Гидрометеоиздат, Л.,1973, 376 с.
9. Технический проект путевого развития станции Батуми-товарная Закавказской ж.д. СССР Министерства транспортного строительства. ГЛАВТРАНСПРОЕКТ. Кавказской государственной проектно- изыскательский институт - КАВГИПРОТРАНС. Тбилиси, 1979,101 с.
10. Технический проект путевого развития станций Батуми -товарная Закавказской ж.д. Тбилиси, 1982, 194с.
11. Цома В.Ш. Исследование условий формирования и статистический анализ ливневых паводков рек Черноморского побережья. Труды ЗакНИГМИ, вып 86 (92), Л., 1986,с 31-46.

უაკ 555.48.215.2

**კატასტროფული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯების განმარტებისა და პროგნოზირების შესაძლებლობა ტენზომეტრის პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე დაკვირვების კონდიციების დახურვის პირობებში/გახეილაძე გ., ცომაია ვ., კითიაშვილი ღ., გორგიჯანიძე ს., ბეგალიშვილი ნ.ნ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008-ტ.115-გვ. 412-421.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს**

ნაშრომში მოცემულია ტენზომეტრის პარამეტრების გამოთვლის მეთოდი. მის საფუძველზე განხილულია უდიდესი 1%-იანი უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯების და დღეღამური ნალექების განმარტების პროგნოზირების შესაძლებლობა. შემოწმებამ აჭარის სანაპირო ზოლის მდინარეების აუზებისათვის მოგვცა დადებითი შედეგი – ცდომილება 4-5%-ზე ნაკლებია.

UDC 555.48.215.2

**A POSSIBILITY OF CALCULATION AND FORECAST OF MAXIMUM WATER DISCHARGES OF CATASTROPHIC FLOODS BASED ON THE APPLICATION OF THE MOISTURE CIRCULATION PARAMETERS UNDER CONDITION OF CLOSED-UP OBSERVATION STATIONS. / Gachechiladze G., Tsomaia V., Kitiashvili L., Gorgijanidze S., Begalishvili N.N./Transaction of the Georgian Institute of Hydrometeorology – 2008 - vol. 115 – p. 412-421. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

The work deals with a method of calculation of moisture circulation parameters and a possibility of estimating and forecasting with the maximum 1-percent security maximum water discharges and daily precipitation. The testing of the method on the Ajarian Black Sea coastal area rivers produced positive results – error less than 4 to 5 percent.

УДК 555.48.215.2

**РАСЧЁТ И ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАВОДКОВ НА ОСНОВЕ УЧЁТА ПАРАМЕТРОВ ВЛАГООБОРОТА В АТМОСФЕРЕ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТИЯ ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЙ.** Гачечиладзе Г.А., Цомая В.Ш., Кетиашвили Л.Р., Горгиджанидзе С.Н., Бегалишвили Н.Н./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 412-421. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В работе предложен метод расчета параметров влагооборота в атмосфере. На его основе рассмотрена возможность расчета и прогноза наибольших и катастрофических паводков 1%-ой обеспеченности, а также суточных максимумов осадков. Проверка метода на реках Черноморского побережья Аджарии дала положительный результат, отклонения от фактического не превышают 4-5%.

УДК 551.578.7

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРАДОМ В ГОД В ГРУЗИИ**

### **Введение**

Исследования градовых процессов в Грузии всегда были актуальны и им уделялось и уделяется повышенное внимание, ввиду того, что эта страна относится к одним из градоопасных регионов мира.

Многовековая история изучения грозобитий в Грузии связана не только с простой фиксацией этого явления природы, климатологией грозобитий, но и с созданием первой в Мире противоградовой службы Грузии. В Кахетии и в других регионах Восточной и Южной Грузии наряду с детальным изучением климатологии града в этих районах с использованием градодождемеров проводились инструментальные измерения количества твердых и жидких осадков, выпавших из градовых облаков. Дополнительно изучались и физические характеристики (плотность, размеры, структура и др.) отдельных градин. Большое внимание уделялось исследованиям радиолокационных параметров конвективных облаков с целью определения радиолокационных критериев их градоопасности, картированию территории Кахетии по распределению конвективной облачности, а также грозо- и градоопасности с использованием этих критериев [1,4-9,11,13,15].

Негативные последствия грозобитий обычно связаны с повреждением растений (в особенности сельскохозяйственных культур), зданий, транспортных средств, различных коммуникаций и даже гибелью животных и людей.

В США от града погибает в среднем от 1 до 2% посевов. В некоторых районах эта цифра достигает 6%. Ущерб составляет 1-1,5 млрд долларов США [2]. Экстремально большой ущерб от града в Северной Америке был отмечен в мае 1995 г в Техасе (около 2 млрд долларов США) [3].

14 мая 2001 года в Ставропольском крае России от града пострадало 4500 жилых домов, погибли посевы сельскохозяйственных культур на площади 1000 кв км и многолетние насаждения на площади 30 кв км, ущерб достигал 17 млн долларов США. Местами слой выпавшего града достигал 50 см [55]. 6-7 июля 2003 года на Северном Кавказе в Карачаево повреждения от града составили 21500 кв км. [14].

В период проведения противоградовых работ в Грузии ущерб от грозобитий составлял в среднем 18-20 млн. долларов США. В Кахетии доля предотвращенных от града площадей (в пересчете на 100%), в сопоставлении с

общей площадью защищаемой территории, составила: до начала противоградовых работ – около 2 %, в период проведения противоградовых работ (1967-1989 гг) - 0,48%, и за последний период без проведения работ (1990-2000) – 2,6% . В целом ежегодный мировой ущерб в сельском хозяйстве от градобитий оценивается в 6 млрд долларов США, в том числе в Грузии в последние годы от 6 до 58, а на Северном Кавказе – около 300 млн долларов США [4].

Изучение климатологии града с использованием результатов наблюдений за числом дней с градом в год (ЧДГ) не потеряло актуальность и в настоящее время, так как для исследований многолетних вариаций ЧДГ и причин этих вариаций необходимы длительные ряды наблюдений, которые имеются во многих странах. Кроме того, этот параметр универсален для всех пунктов наблюдения и результаты, полученные различными авторами, легко сопоставимы друг с другом.

В предыдущих исследованиях при изучении градобитий в Грузии использовалась база данных до 1990 г. [5,6,11,13,15 и др.]. Исследования были, в основном, привязаны к климатическим районам Грузии. В предлагаемой работе рассмотрены характеристики градовой активности для территории Грузии в целом и для ее отдельных административных регионов (12 краев) с использованием всего имеющегося материала.

## **Методика**

В работе использованы данные Гидрометеорологической службы Грузии за числом дней с градом в год на 160 метеорологических станциях Грузии в период с 1891 г. по 2006 г. Основной исследуемый параметр - среднее ЧДГ в год для всего периода наблюдений на каждой метеорологической станции. Используется также такая характеристика, как периодичность градовых явлений ( $\Pi$ ), равная обратной величине среднегодового количества градобитий, и являющейся временным интервалом, в течение которого бывает один день с градом (в нашем случае этот временной интервал кратен году).

Анализ данных производился с использованием стандартных статистических методов [10]. Статистическая обеспеченность для среднего числа дней с градом в год проверялась наличием высокой корреляционной связи между ЧДГ и стандартным отклонением [12]. Для условий Грузии минимально приемлемым периодом наблюдений оказалось 30 лет. Таким образом период наблюдений для каждой метеостанции находится в пределах от 30 до 104 лет.

В качестве иллюстрации на рис. 1 представлен график корреляционной связи между ЧДГ и стандартным отклонением.

Как следует из рис. 1 между указанными выше параметрами имеется достаточно высокая линейная корреляционная зависимость (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,894$  с достоверностью  $\alpha$  не хуже 0,001). Коэффициенты уравнения линейной регрессии представлены в нижней правой части рис. 1.

Следует отметить, что в соответствие с этим уравнением можно проводить примерную оценку стандартного отклонения ЧДГ, взятого из справочников, если там не указано его значения.



Рис. 1. Линейное корреляционное и регрессионное соотношение между средним значением ЧДГ и стандартным отклонением

## Результаты

Результаты исследования представлены на рис. 2,3 и в таблице.

Как следует из рис. 2 распределение градовой активности на территории Грузии имеет весьма неравномерный характер. Ниже приведен перечень метеостанций, на которых наблюдается периодичность градобитий в соответствии с градами, указанными на этом рисунке.

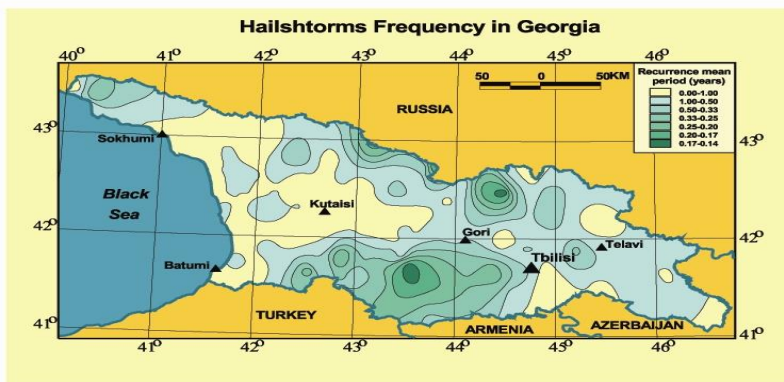


Рис. 2. Распределение среднегодовой периодичности градобитий на территории Грузии

П - (выше 1,00): Адзубга, Ажара, Алазани, Анаклия, Анасеули, Артана, Ацана, Бабушера, Бурсачили, Вани, Гагра (город), Гашперди, Дабла Цихе, Дарьял, Джава, Джгарди, Джиханджири, Джоколо, Диди Вани, Диди Чкони,

Земо Хета, Зестафони, Казбеги, Карданахи, Карсани, Каспи, Кведа Дими, Кеда, Кобулети, Кодори, Корбоули, Корбоули, Крестовый перевал, Кутаиси, Ланчхути, Лата, Лентехи, Марнеули, Мартвили, Махинджаури, Набеглави, Накадули, Напареули, Наразени, Новый Афон, Орпири, Очамчире, Очхамури, Рока, Рустави, Садахло, Сакара, Самгори, Самтредия, Сачхере, Синатле, Сиони, Скра, Супса, Сурами, Сухуми, Ткибули, Торса, Удабно, Урави, Хаиши, Харагаули, Хета, Цагери, Цаленджиха, Ципа, Цнори, Цхалтубо, Чохатаури, Чребало, Шрома, Элдари;

П - (1,00-0,50): Адигени, Амбролаури, Ахалгори, Ахмета, Ахути, Батуми, Бичвинта, Болниси, Вакиджвари, Гали, Гори, Гудаури, Гурджаани, Дедоплис Цқаро, Дурипши, Душети, Зегаани, Зугдиди, Икалто, Карданахи, Кварели, Квезани, Лагодехи, Лаилаши, Леселидзе, Местия, Мта Сабуети, Мухрани, Мухури, Омало, Они, Пасанаури, Потги, Саирме, Тбилиси, Хашури, Хони, Хуло, Цеми, Цинандали, Цхинвали, Чаква, Шираки, Шулавери;

П - (0,50-0,33): Аспиндза, Ахалцихе, Барисахо, Боржоми, Дагва, Коби, Коджори, Лебарде, Псху, Сагареджо, Сенаки, Сигнахи, Телави, Тианети, Шови;

П - (0,33-0,25): Бахмаро, Гомбори, Дманиси, Ормоци, Тетри Цқаро, Цалка, Шкмери;

П - (0,25-0,20): Карцахи, Манглиси, Ниноцминда;

П - (0,20-0,17): Абастумани, Ахалкалаки, Эрмани;

П - (0,17-0,14): Бакуриани, Гудаури, Паравани.

Таблица. Характеристики градовой активности в различных регионах Грузии

Регион (край)	Площадь км <sup>2</sup>	К-во станций	Высота мин	Высота макс	П средн макс	П средн мин	П 95% верх уров	П 95% ниж уров
Абхазия	8725	21	4	952	0,41	6,00	0,32	3,30
Самегрело-Земо Сванети	7520	18	1	1491	0,29	4,92	0,24	2,97
Гурия	2057	10	7	1926	0,46	5,09	0,34	2,92
Аджария	2900	11	2	946	0,25	5,75	0,20	1,98
Рача-Лечхуми	5073	11	474	1750	0,58	7,50	0,45	3,43
Имерети	6515	18	28	1242	0,14	0,93	0,12	0,68
Месхети	6438	11	790	2100	0,14	6,29	0,12	3,48
Мцхета-Мтианети	6782	13	550	2194	0,18	3,00	0,15	1,85
Шида Картли	4705	10	598	2240	0,22	4,67	0,19	2,68
Квемо Картли	6446	11	300	1458	0,27	15,00	0,22	6,29
Кахети	11309	22	223	1870	0,65	1,24	0,55	0,91
Тбилиси	335	4	403	766	0,41	6,00	0,32	3,30

В таблице представлены данные о диапазоне изменения средних значений периодичности градобитий, а также пределах изменения нижнего и верхнего уровня 95%-го доверительного интервала среднегодового количества града для различных регионов Грузии. В этой же таблице представлена информация о площади территории регионов, количестве метеостанций в каждом регионе и диапазоне высот расположения этих метеостанций.

Как следует из этой таблицы в соответствии со значениями верхнего уровня 95%-го доверительного интервала для П наиболее высокие значения градоопасности в отдельных местах регионов Грузии отмечаются в Аджарии, Имерети, Месхети, Мцхета-Мтианети, Шида Картли (П меньше 0,2).

Наконец отметим, что зависимость градовой активности от высоты местности в целом для территории Грузии имеет высокую положительную корреляцию (рис. 2).

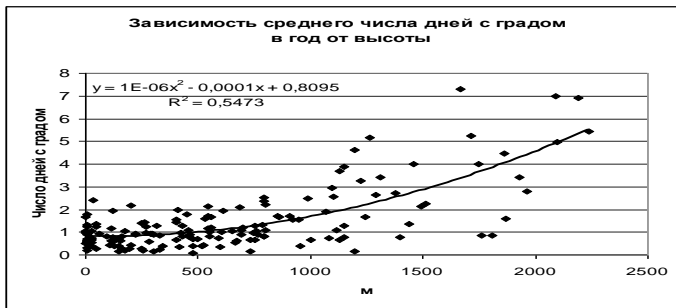


Рис. 2.

Связь эта имеет нелинейный характер и описывается полиномом второй степени (значения коэффициентов детерминации и коэффициентов уравнения регрессии представлены в верхней правой части рис.2, достоверность  $\alpha$  не хуже 0,001).

### Заклучение

На основании анализа данных 160 метеорологических станций Грузии о числе дней с градом в период с 1891 г. по 2006 г. получены значения среднего числа дней с градом в год для каждой метеостанции, построена карта распределения периодичности среднегодовой величины количества градобитий на территории Грузии, определены диапазоны изменения градовой активности для 12 административных регионов Грузии, изучена зависимость среднегодового числа дней с градом от высоты местности.

Работа выполнена при поддержке гранта GNSF/ST06/5-068.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Doreuli R., Khurodze T., Kolesnikov Yu., 2000, Some Characteristics of Hail Processes in the Kakheti Region of



- Georgia, Proc.13th Int. Conf. on Clouds and Precipitation,Reno,Nevada, USA, August 14-18, vol.2, pp. 1085-1087.
2. Changnon S.A., 1997, Climatology of hail risk in United States, CRR-40, Changnon Climatologist , Mahomet, Illinois, pp. 1-89.
  3. Hill C., 1996, Mayday!. Weatherwise, June/July 25-28.
  4. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Берадзе Н.И., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Рухадзе Н.П., 2002, О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии, Тр. Института гидрометеорологии , ISSN 1512-0902, том 108, с. 249-260.
  5. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г.,Торонджадзе А.Ф.,Хуродзе Т.В., 2003, Некоторые статистические характеристики числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941-1990 гг, Труды Института геофизики, том 58, с.133-141.
  6. Бартишвили И.Т., 1960, Географическое распределение градобитий по Восточной Грузии, Тр. ЗакНИГМИ, вып. 16(22), Л.,Гидрометеиздат, 1964, 71-79. Гигинейшвили В.М. – Градобития в Восточной Грузии, Л.:Гидрометеиздат, с.1-123.
  7. Гигинейшвили В.М., Ломинадзе В.П. – Некоторые вопросы организации градовой службы в Алазанской долине, Тр. ЗакНИГМИ, вып. 16(22), Л.,Гидрометеиздат, 1964, 93-97.
  8. Давитая Ф.Ф., Таварткиладзе К.А., 1982, Проблема борьбы с градобитием, морозами в субтропиках и некоторыми другими стихийными процессами, Тбилиси: Мецниереба, 220 с.
  9. Карцивадзе А.И., Салуквадзе Т.Г., Лапинкас В.А., 1975, Некоторые вопросы методики воздействия на градовые процессы с использованием противорадовой системы “Алазани”, Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 26 , Тб.:”Мецниереба”, с.13-27.
  10. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я., 1978, Климатологическая обработка метеорологической информации, Л.: Гидрометеиздат, 296 с.
  11. Курдиани И.Г., 1935, О грозах и градобитиях в Кахетии, Тбилиси, Груз. геогр. общ.
  12. Лободин Т.В., Разова Е.Н., 1989, Грозы и град в различных физико-географических условиях, Тр. ГГО, вып. 514, Л.: Гидрометеиздат, с. 134-139.
  13. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе, 1980, под ред. Сванидзе Г.Г. и Цуцкиридзе Я.А., Л.: Гидрометеиздат, 288 с.
  14. Пресс-Релиз Росгидромета, 2003, 8.07.
  15. Сулаквелидзе Г.К., Сулаквелидзе Я.Г., 1989, Распределение градобитий на территории Закавказья , Тр. ВГИ, вып. 76 , М.: Гидрометеиздат, с. 110-115.

შპს 551.578.7

**საქართველოში სეტყვის დღეთა წლიური რაოდენობის სტატისტიკური მახასიათებლები.** /ამირანაშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ნოდია ა., წერეთელი ნ., ხუროძე თ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 422-428.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

აგებული იქნა სეტყვის რაოდენობის საშუალო წლიური მნიშვნელობების პერიოდულობის საქართველოს ტერიტორიაზე განაწილების რუკა. საქართველოს 12 ადმინისტრაციული რეგიონისათვის განსაზღვრულ იქნა სეტყვის აქტივობის ცვლილების დიაპაზონები. შესწავლილ იქნა სეტყვიანი დღეების საშუალო წლიური რიცხვის დამოკიდებულება ადგილის სიმაღლეზე.

UDC 551.578.7

**STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE NUMBER OF DAYS WITH HAIL PER ANNUM IN GEORGIA.** /Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Khurodze T./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 422-428.- Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The map of the distribution of mean periodicity of the number of days with the hail per annum on the territory of Georgia is obtained. The ranges of a change in the hail activity for 12 administrative regions of Georgia are determined. The dependence of hail activity on the height of locality is studied.

УДК 551.578.7

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРАДОМ В ГОД В ГРУЗИИ.** /Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Хуродзе Т.В./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 422-428. – Рус.; Рез. Груз., Анг.,Рус.

Построена карта распределения периодичности среднегодовой величины количества градобитий на территории Грузии. Определены диапазоны изменения градовой активности для 12 административных регионов Грузии. Изучена зависимость среднегодового числа дней с градом от высоты местности.

*Амиранашвили А.Г.<sup>1</sup>, Амиранашвили В.А.<sup>1</sup>,  
Картвелишвили Л. Г.<sup>2</sup>, Нодия Х.А.<sup>3</sup>., Хуродзе Т.В.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Институт геофизики им. М. Нодия, Грузия

<sup>2</sup>Гидрометеорологический департамент Грузии

<sup>3</sup>Тбилисский государственный университет, Грузия

<sup>4</sup>Институт вычислительной математики им. Н. Мухелишвили, Грузия

УДК 551.58:613.1

## **ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И МАГНИТНЫХ БУРЬ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ Г. ТБИЛИСИ**

### **Введение**

Известно, что на состояние здоровья людей действует множество астро-метео-геофизических факторов. В Грузии достаточно много работ в области исследований влияния на человека этих факторов, как естественного, так и антропогенного происхождения [1-5 и др.]. Ниже представлены результаты оценки комплексного влияния на здоровье населения г. Тбилиси среднемесячных значений эквивалентно-эффективной температуры воздуха  $T$  (комбинация температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра [5,7,8]) и месячной продолжительности магнитных бурь  $D$  (час) .

### **Методика**

В работе использованы методы корреляционного и регрессионного анализа данных наблюдений [6].

В качестве показателя реакции организма человека на воздействие этих факторов использованы данные о смертности населения от сердечно-сосудистых заболеваний ( $M$  - среднемесячная декадная смертность на 1 миллион жителей). Исследуемый период – 1980- 1990 гг.

В работе использованы следующие обозначения:  $Max$  – максимум,  $Min$  – минимум,  $Interv$  – вариационный размах,  $Mean$  – среднее,  $St Dev$  – стандартное отклонение,  $Count$  – число случаев,  $R$  – коэффициент линейной корреляции,  $R (mult.)$  - коэффициент множественной линейной корреляции,  $\alpha$  - уровень значимости.

### **Результаты**

Результаты исследования представлены в таблице.

Проведен парный и множественный корреляционный и регрессионный анализ связей смертности с указанными факторами. Получено, что в различные месяцы года эффект воздействия отдельных указанных факторов и их комбинаций на здоровье людей различен. В частности получено, что в диапазоне изменчивости эффективной температуры воздуха от  $-12^{\circ}$  до  $-5,1^{\circ}$

корреляция М с Т и D отсутствует (декабрь, январь и февраль месяцы). В диапазоне изменчивости эквивалентно - эффективной температуры воздуха от  $-5^{\circ}$  до  $4,6^{\circ}$  появляется слабая отрицательная корреляционная связь между М и Т ( $R = -0,15$ ) и значимая положительная корреляция ( $R = 0,35$ ) между М и D (январь-апрель, ноябрь, декабрь). Наконец, в диапазоне изменчивости Т от  $5,2^{\circ}$  до  $21,8^{\circ}$  (апрель - ноябрь) корреляция между М и Т существенно растет ( $R = -0,52$ ), тогда как корреляция между М и D становится мало значимой ( $R = 0,14$ ).

Таблица. Статистические характеристики D, М и Т

Пара метр	I			II			III		
	D	M	T	D	M	T	D	M	T
Max	-5.1	498	16.8	4.6	402	140	21.8	358	131
Min	-12	0	90.2	-5	0	81.9	5.2	16	70.2
Interv	6.9	498	77.6	9.6	402	58.1	16.6	342	60.8
Mean	-7.3	172.2	126.4	-0.8	121.6	112.9	14.7	135.8	96.7
St Dev	2.3	131.5	17.6	2.9	96.6	15.2	4.7	90.3	13.7
Count	16	16	16	38	38	38	78	78	78
Линейная корреляция с М									
R	-0.03	-0.07		-0.15	0.37		-0.52	0.14	
$\alpha$	-	-		0.35	0.025		0.001	0.15	
<i>Коэффициенты множественной линейной регрессии <math>M = a \cdot T + b \cdot D + c</math> и вклад каждой из переменных в изменчивость М (%)</i>									
a	-			-1.011 (8.6%)			-1.532 (26.3%)		
b	-			0,0622 (22.2%)			-0,00089 (0.3%)		
c	-			104.51			119.36		
R (mult.)	-			0.42			0.52		
$\alpha$	-			0.02			0.001		
Число случаев каждого месяца									
Янв (8); Фев (5); Дек (3)			Янв (3); Фев (6); Март (11); Апр (1); Ноя (9); Дек (8)			Апр (10); Май-Окт (11); Ноя (2)			

## Заключение

Анализ регрессионных связей смертности с эквивалентно - эффективной температурой воздуха и продолжительностью магнитных бурь показал, что вклад каждой из переменных в изменчивость смертности (в пределах вариационного размаха) следующий. В диапазоне Т от  $-5^{\circ}$  до  $4,6^{\circ}$ : Т - 8,6%, D - 22,2%; в диапазоне Т от  $5,2^{\circ}$  до  $21,8^{\circ}$ : Т - 26,3%, D - незначимо.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A., 2005, Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures, Institute of Geophysics, Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci. , ISSN 1512-1135, vol. LIX, 128 p.
2. Amiranashvili V.A., Tavartkiladze K.A., Chlaidze T.I., 1997, Atmospheric Pollution in Georgia and Its Influence on Human Health. Proceedings Dedicated to the 150-the Anniversary of Tbilisi Geophysical Observatory, "Metsniereba", Tbilisi, 120-128.
3. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Гогуа Р.А., Матиашвили Т.Г., Нодия А.Г., Харчилава Д.Ф., Хунджуа А.Т., Чихладзе В.А., Таварткиладзе К.А., Габедава В.А., 2003, Оценка риска некоторых метеорофизических факторов для здоровья людей в условиях Восточной Грузии (на примере Тбилиси), Сб. докл. 3-ей Межд. конф. "Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов", Кисловодск, 21-24 апреля с. 74-76.
4. Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Твилдиани Д.Д., Члаидзе Т.И., Маглакелидзе М.А., 1986, Моделирование влияния электрического поля гроз на сердце, Третий Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Тарту, 29-31 октября 1986 г., тезисы докл., Тарту, с. 290.
5. Климат Тбилиси, 1992, под. Ред. Сванидзе Г.Г. и Папинашвили Л.К., Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 230 с.
6. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я., 1978, Климатологическая обработка метеорологической информации, Л., Гидрометеиздат, 296 с.
7. Русанов В.И., 1981, Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей, Томск, изд. Томского университета, 87 с.
8. Шелейховский Г.В., 1948, Микроклимат южных городов, М., 118 с.

УДК 551.58:613.1

**ჰაერის ეფექტური ტემპერატურის და მაგნიტური ქარიშხლების ზეგავლენა ქ. თბილისის მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე/ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., კართველიშვილი ლ., ნოდია ხ., ხუროდზე თ./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 429-432.- რუს.; რუხ. ქართ., ინგლ., რუს.**

წარმოდგენილია ჰაერის ექვივალენტურ - ეფექტური ტემპერატურის (ჰაერის ტემპერატურის, ფარდობითი ტენიანობის და ქარის სიჩქარის კომბინაცია) საშუალო თვიური მნიშვნელობების და მაგნიტური ქარიშხლების თვიური ხანგრძლივობის ქ. თბილისის მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე ზეგავლენის გამოკვლევის შედეგები

UDC 551.58:613.1

**INFLUENCE OF AIR EFFECTIVE TEMPERATURE AND GEOMAGNETIC STORMS ON THE POPULATION OF TBILISI CITY./Amiranashvili A., Amiranashvili V., Kartvelishvili L., Nodia Kh., Khurodze T./Transactions of the Georgian**

Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 429-432. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Results of investigating the influence of monthly average values of air equivalent-effective temperature (combination of temperature, air relative humidity and wind speed) and monthly duration of magnetic storms on the health of the population of Tbilisi city are represented.

УДК 551.58:613.1

**ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И МАГНИТНЫХ БУРЬ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ Г. ТБИЛИСИ./**Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А, Картвелишвили Л. Г., Нодия Х.А., Хуродзе Т.В./ Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 429-432. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Представлены результаты исследования влияния среднемесячных значений эквивалентно-эффективной температуры воздуха (комбинация температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра) и месячной продолжительности магнитных бурь на здоровье населения города Тбилиси.

**სარჩევი**

1	დავითაშვილი თ., ხვედელიძე ზ., ხანთაძე ა., თავართქილაძე კ., სამხარაძე ი. საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების ზოგიერთ თავისებურებათა გამოკვლევა მათემატიკური მოდელირებით.....	7
2	ცქვიტინიძე ზ. რეჟიმულ-კლიმატურ მონაცემთა შეგროვებისა და დამუშავების აქტუალური პრობლემები.....	19
3	ამირანაშვილი ა., მატზარაკისი ა., ქართველიშვილი ლ. ტურიზმის კლიმატური ინდექსი თბილისში.....	27
4	სააკაშვილი ნ., ტაბიძე მ., თარხან მოურავი ი., ხელაშვილი ე., ამირანაშვილი ა., კირკიტაძე დ., მელიქაძე გ., ნოდია ა., თარხნიშვილი ა., ჩიხლაძე ვ., ლომინაძე გ., წიქარიშვილი კ., ჭელიძე ლ. ქ.წყაღტუბოს საკურორტო-ტურისტული კომპლექსის კლიმატური, აეროიონიზაციური და რადიოლოგიური მახასიათებლები.....	31
5	გელაძე ვ., გელაძე გ., ბოლაშვილი ნ., მაჭავარიანი ნ. საქართველოს მტკნარი წყლის რესურსული პოტენციალი და მენეჯმენტი.....	41
6	ელიზბარაშვილი მ. კავკასიის ბუნებრივი ლანდშაფტების ჰიდროკლიმატური რესურსები.....	46
7	ჯანელიძე ზ. ივრის ზეგანის კლიმატის არიდზაციის და გაუდაბნოების მიზეზების შესახებ.....	51
8	თავართქილაძე კ., ამირანაშვილი ა. ჰაერის ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილებები ქ. თბილისში.....	57
9	მუმლაძე დ., ლომიძე ნ. საქართველოს თერმული ველის ცვლილება კლიმატის გლობალური დათბობის ფონზე.....	66
10	შვანგირაძე მ., ბერიტაშვილი ბ., კუტალაძე ნ. კლიმატის გამოვლენილი და პროგნოზირებული ცვლილება საქართველოში და მისი გავლენა ეკონომიკასა და ბუნებრივ ეკოსისტემებზე.....	76
11	ცქვიტინიძე ზ., გუნია გ. მთიანი რეგიონების კლიმატის ცვლილების ადგილობრივი ანთროპოგენური თავისებურებები.....	81
12	სალუქვაძე ე., გოგებაშვილი მ., ივანიშვილი ნ. მთის ბიოგეოცენოზების ანთროპოგენური დაბინძურების	90

	სპეციფიკურობა გლობალური დათბობის პირობებში.....	
13	მელაძე გ., თუთარაშვილი მ., მელაძე მ. კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენა აგროკლიმატური ზონების ცვლილებაზე.....	97
14	გრიგოლია გ., ალავერდაშვილი მ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ., კიკნაძე დ., ხუფენია ნ., კოკაია ნ. კლიმატის ცვლილების ფონზე მდინარის ჩამონადენის და ნალექების ერთობლივი სტატისტიკური ანალიზი.....	105
15	ბეგალიშვილი ნ.ა., ცინცაძე თ., ცომაია ვ., ახმედრაბადხანოვ ხ., კოჭლამაზაშვილი ნ., ქიტიაშვილი ლ., მამედოვი რ. კლიმატის ცვლილების ფონზე წყლის რესურსების გაანგარიშების გაუმჯობესების შესაძლებლობა ტენზომეტრების პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე.....	112
16	კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ. შავი ზღვის ცირკულაციური პროცესების მოდელირება და პროგნოზი.....	122
17	ქართველიშვილი დ., ცქვიტინიძე ზ.კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება მშენებლობაში.....	132
18	სალუკვაძე თ., ხელაია ე. სხვადასხვა კონვექციური დრუბლის თბილი სეზონის რადიოლოკაციური მოდელი.....	141
19	გოგიშვილი ნ., ცქვიტინიძე ზ. საქართველოს მთიანი რეგიონების მეტეოროლოგიური დაკვირვებების შედეგების ანალიზი ბოლო 15 წლიანი პერიოდისათვის.....	150
20	ჩოგოვაძე ი., ცქვიტინიძე ზ. ატმოსფეროს ცირკულაციურ თავისებურებათა გამოვლენა საქართველოს მთიანი რეგიონებისათვის.....	159
21	ცხაკაია ჯ., ცქვიტინიძე ზ. მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური თავისებურებები.....	168
22	მელქონიანი დ. სომხეთის ტერიტორიაზე მზის რადიაციის კლიმატური რეჟიმის შესახებ.....	177
23	ჟერლიცინა ლ., პოვოლეცკაია ნ., სენიკი ი. კავკასიის მთიან კლიმატურ კურორტებზე მზის რადიაციის გამოყენება გულით დავადებულ ავადმყოფთა მკურნალობისას კურორტოლოგიურ კლინიკებში.....	184
24	ხოლმატჟანოვი ბ., ფატხულაევა ზ., პეტროვი ი., ეგამბერდი ხ. დასავლეთ ტიან-შანის ხეობებში ფიონების განმარტობის სინოპტიკური პროცესების ტიპები.....	195
25	ჯობაჯა რ., ლომოური მ., გეონჯიანი ლ.	204



	საბუნებისმეტყველო დარგებში სამეცნიერო კადრების მომზადების საკითხის შესახებ.....	
26	ამირანაშვილი ა., ქართველიშვილი ლ. ჰაერის ეფექტური ტემპერატურეს გრძელვადიანი ვარიაციები თბილისში.....	214
27	სენიკი ი., ელანსკი ნ., დიომინი ვ. ატმოსფეროში მცირე მინარევების განაწილებაზე მთიანი რაიონების გავლენა კისლოვოდსკის ა.მ. ობუხოვის სახ. ატმოსფეროს ფიზიკის ინსტიტუტის მაღალმთიანი სამეცნიერო სადგურის დაკვირვებებით.....	220
28	გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., ტრაპაიძე ვ.პრეგვაძე გ., ცინცაძე ნ. წლის დასაწყისის გავლენა მდინარის წლიური ჩამონადენის და ნალექების ურთიერთკავშირზე და ტრენდზე.....	228
29	სოლომონიძე რ. ატმოსფეროს გამჭვირვალობა აჭარის ზღვის სანაპირო ზონაში.....	234
30	სუპატაშვილი გ., სალუქვაძე მ., აბესალაშვილი ლ., სალუქვაძე თ., ხელაია ე. საქართველოს კახეთის რეგიონის ატმოსფერულ ნალექებში სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების კონცენტრაციების დამოკიდებულება საერთო მინერალიზაციაზე.....	242
31	ვარდანიანი თ. წყლის ხარჯის შიდაწლიური სვლის ცვალებადობის შეფასება სომხეთის ზოგიერთი მდინარისათვის.....	246
32	კორძახია გ., შენგელია ლ., თვაური გ., ტატიშვილი მ., მკურნალიძე ი. საქართველოს ტერიტორიაზე ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების ადრეული შეტყობინებისათვის თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენება.....	255
33	გუნია გ.ცკვიტინიძე ზ., ხოლმაჯანოვი ბ., ფათხულაევა ზ. ატმოსფეროს დამაბინძურებელ ნივთიერებათა მაკრომასშტაბური გადატანის მეტეოროლოგიურუ ასპექტების შესახებ მთიანი რეგიონების პირობებში.....	266
34	კუტალაძე ნ., მეგრელიძე ლ., მიკუჩაძე გ., ჩოგოვაძე ი., დავითაშვილი თ. ექსტრემალური ნალექების მოკლევადიანი რიცხვითი პროგნოზი საქართველოსათვის.....	277
35	ამირანაშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ნოღია ა., წერეთელი ნ., მკურნალიძე ი. საქართველოში ელქექის აქტივობის მახასიათებლები.....	284
36	ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.	291

	2008 წლის აგვისტოში ბორჯომ-ხარაგაულის ბუნებრივ ნაკრძალში ტყის ხანძრით მიყენებული სავარაუდო ეკოლოგიური შედეგები.....	
37	ვარაზანაშვილი ო., ელიზბარაშვილი ე. საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენების სივრცობრივი სტრუქტურა საქართველოს ტერიტორიაზე.....	29*
38	ბეგალიშვილი ნ.ა., ცინცაძე თ., გზირიშვილი მ., არუთინიანი ნ., მახმუდოვ რ. საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება გვაღვის ინტენსივობის შეფასების საფუძველზე.....	308
39	ბასილაშვილი ც. საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობების მახასიათებლები და კატასტროფების თავიდან აცილების საკითხები	313
40	სურმავა ა., ტულუში ნ., შავლიაშვილი ლ., ინწკირველი ლ., მდივანი ს. ნიადაგის მარილიანობის ცვალებადობის მათემატიკური კვლევები.....	322
41	სალუქვაძე თ., სალუქვაძე მ., ხელაია ე. ატმოსფერული ნალექების საერთო მინერალიზაციის მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურისაგან დამოკიდებულება მუდმივი ფაღობითი ტენიანობის დროს.....	331
42	ლომინაძე ჯ., ჩაგელიშვილი გ., ავსარქისოვი ვ. შეშფოთებათა წრფივი ტრანზიენტული დინამიკა მუდმივი ვერტიკალური წანაცვლების არაგეოსტროპულ ნაკადებში	335
43	ამირანაშვილი ა., ჭელიძე თ., ღვინიაძე კ., მელიქაძე გ., თოღაძე მ., ტრეკოვი ი., წერეთელი დ. რადონის გავცელება და ფილტვის კიბო დასავლეთ საქართველოს ცალკეულ რაიონებში.....	349
44	კილაძე რ., კაჭახიძე ნ., რამიშვილი გ., კაჭახიძე მ., კუხიანიძე ე. მიწისძვრის ეკზოგენური მაინცირებელი ფაქტორი.....	354
45	ლურსმანაშვილი ო., პატაშვილი ტ., გეონჯიანი ლ. კავსასიის მიწისძვრების მასინქრონიზირებული კვაზიპერიოდული ფაქტორების გამოვლენის მეთოდის შესახებ.....	359
46	ლურსმანაშვილი ო., პატაშვილი ტ., გეონჯიანი ლ. საწარმოო აფეთქებებით გამოწვეული ცრუ პერიოდულობები კავსასიის მიწისძვრების განმეორებადობაში.....	369
47	მელიქაძე გ., ჯიმშელაძე თ., კობზევი გ., კაპანაძე ნ., დოვგალი ნ. სეისმოჰიდროდინამიკური დაკვირვებები საქართველოს ტერიტორიაზე.....	375
48	პეტროსიანი გ.	381

	მიწისძვრის წინამორბედების სტატისტიკური ანალიზი.....	
49	თოღაძე მ., კაპანაძე ნ., მელიქაძე გ., ღლონტი ვ., ჯიმშელაძე თ. მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური რეჟიმის ცვლილება მიწისძვრების მომზადების პროცესში.....	389
50	ცქვიტინიძე ზ., კუტაღაძე ნ. საქართველოს მთიანი რეგიონების კლიმატური ექსტრემუმების გამოთვლის შედეგები.....	394
51	სემიონოვი ა., შეფოვი ნ. ჰაერის ნაკადებით კავკასიონის გარსდენით განპირობებული ოროგრაფიული შემოფოთებები ზედა ატმოსფეროში.	402
52	ჭიაბრიშვილი ნ. ქ. თბილისში ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მყარი აეროზოლის შემცველობის გამოკვლევა.....	412
53	განჩილაძე გ., ცომაია ვ., ქიტიაშვილი ლ., გორგიჯანიძე ს., ბეგალიშვილი ნ.ნ. კატასტროფული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯების გაანგარიშებისა და პროგნოზირების შესაძლებლობა ტენზომეტრების პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე დაკვირვების პუნქტების დახურვის პირობებში.....	417
54	ამირანაშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ნოღია ა., წერეთელი ნ., ხუროძე თ. საქართველოში სეტყვის დღეთა წლიური რაოდენობის სტატისტიკური მახასიათებლები.....	427
55	ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., ქართველიშვილი ლ., ნოღია ხ., ხუროძე თ. ჰაერის ეფექტური ტემპერატურის და მაგნიტური ქარიშხლების ზეგავლენა ქ. თბილისის მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე.....	434

## CONTENTS

1	Davitashvili T., Khvedelidze Z., Khantadze A., Tavartkiladze K., Samkharadze I. INVESTIGATION OF SOME CLIMATE SINGULARITIES ON THE TERRITORY OF GEORGIA BY MATHEMATICAL MODELING.....	7
2	Tskvitinidze Z. ACTUAL PROBLEMS OF COLLECTION AND PROCESSING OF REGIME – CLIMATOLOGICAL DATA.....	19
3	Amiranashvili A., Matzarakis A., Kartvelishvili L. TOURISM CLIMATE INDEX IN TBILISI.....	27
4	Saakashvili N., Tabidze M., Tarkhan-Mouravi I., Khelashvili E., Amiranashvili A., Kirkitadze D., Melikadze G., Nodia A., Tarknishvili A., Chikhladze V., Lominadze G, Tsikarishvili K., Chelidze L. CLIMATIC, AERO - IONIZING AND RADIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE HEALTH RESORT - TOURIST COMPLEX OF TSKALTUBO CITY.....	31
5	Geladze V., Geladze G., Bolashvili N., Machavariani N. POTENTIAL OF FRESH WATER RESOURCES OF GEORGIA AND MENEGMENT.....	41
6	Elizbarashvili M. THE HYDRO-CLIMATIC RESOURCES OF THE CAUCASUS NATURAL LANDSCAPES.....	46
7	Djanelidze Z. ON THE CAUSES OF DESERTIFICATION OF IORI ELEVATED PLAIN AND CLIMATE ARIDIZATION.....	51
8	Tavartkiladze K., Amiranashvili A. EXPECTED CHANGES OF THE AIR TEMPERATURE IN TBILISI CITY.....	57
9	Mumladze D., Lomidze N. CHANGING OF THERMAL FIELD OF GEORGIA AGAINST THE BACKGROUND OF GLOBAL WARMING.....	66
10	Shvangiradz M., Beritashvili B., Kotaladz N. REVEALED AND PREDICTED CLIMATE CHANGE IN GEORGIA AND ITS IMPACT ON ECONOMY AND NATURAL ECOSYSTEMS.....	76
11	Tskvitinidze Z., Gunia G. LOCAL ANTHROPOGENOUS FEATURES OF CLIMATE CHANGE FOR GEORGIA'S MOUNTAIN REGIONS.....	81
12	Salukvadze E., Gogebashvili M., Ivanishvili N. SPECIFICITY OF REALIZATION OF ANTHROPOGENOUS POLLUTION OF MOUNTAIN BIOGEOCENOSES IN CONDITIONS OF GLOBAL WARMING.....	90
13	Meladze G., Tutarashvili M., Meladze M.	97

	INFLUENCE OF GLOBAL WARMING ON CHANGES OF AGROCLIMATIC ZONES.....	
14	Grigolia G., Alaverdashvili M., Trapaidze V., Bregvadze G., Kiknadze D., Khufenia N., Kokaia N. JOINT STATISTICAL ANALYSIS OF THE RIVER FLOW AND PRECIPITATIONS FALLEN IN BASIN ON THE BACKGROUND OF THE CLIMATIC CHANGE.....	105
15	Begalishvili N.A., Tsintsadze T., Tsomaia V., Akhmedrabadkhanov Kh., Kochlamazashvili N., Kitiashvili L., Mammedov R POSSIBILITY OF IMPROVING THE CALCULATION OF WATER RESOURCES BASED ON THE APPLICATION OF THE MOISTURE CIRCULATION PARAMETERS AGAINST THE BACKGROUND OF A CLIMATE CHANGE.....	112
16	Kordzadze A., Demetrashvili D MODELING AND FORECAST OF CIRCULATION PROCESSES OF THE BLACK SEA.....	122
17	Kartvelishvili L., Tskvitinidze Z. CONSIDERATION OF CLIMATIC PARAMETERS IN BUILDING.....	132
18	Salukvadze T., Khelaia E. EMPIRICAL RADAR MODELS OF DIFFERENT CONVECTIVE CLOUDS OF A WARM SEASON OF EAST GEORGIA.....	141
19	Gogishvili N., Tskvitinidze Z. ANALYZE OF GEORGIAN MOUNTAINOUS REGIONS METEOROLOGICAL OBSERVATIONS RESULTS FOR LAST 15 YEARS PERIOD.....	150
20	Chogovadz I., Tskvitinidze Z REVEALING OF CIRCULATING FEATURES OF GEORGIAS MOUNTAIN REGIONS.....	159
21	Tskhakaia J., Tskvitinidze Z. AGROCLIMATIC PECULIARITIES OF MOUNTAINOUS REGIONS.....	168
22	Melkonian D. О КЛИМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ	177
23	Gerlitsina L., Povolotskaia N., Senik I USE OF SOLAR RADIATION IN HEALTH RESORT REHABILITATION OF PATIENTS WITH MYOCARDIAL ISCHEMIA IN THE CAUCASUS MOUNTAIN CLIMATIC HEALTH RESORTS.....	184
24	Kholmatdzhyanov B., Fatkhulaeva Z., Petrov I., Egamberdi Kh. THE TYPES OF SYNOPTICAL PROCESSES OF CENTRAL ASIA SET CONDITIONS FOR LOCAL CIRCULATIONS IN VALLEY OF WESTERN TIEN SHAN.....	195
25	Dzobava R., Lomouri M., Geondzian L. ON THE PROBLEM OF TRAINING SCIENTIFIC PERSONNEL IN EARTH SCIENCE FIELD.....	204
26	Amiranashvili A., Kartvelishvili L.	214

	LONG-TERM VARIATIONS OF AIR EFFECTIVE TEMPERATURE IN TBILISI.....	
27	Sennik I., Elansky N., Diomin V. INFLUENCE OF MOUNTAIN REGIONS ON THE DISTRIBUTION OF SMALL ADMIXTURES IN THE ATMOSPHERE ACCORDING TO OBSERVATIONS AT THE HIGH-MOUNTAIN SCIENTIFIC STATION OF THE A. OBUKHOV INSTITUTE OF PHUSICS OF ATMOSPHERE IN KISLOVODSK .....	220
28	Grigolia G., Kereselidze D., Trapaidze V., Bregvadze G., Tsintsadze N. INFLUENCE OF THE BEGINNING OF THE YEAR ON RELATION AND TREND BETWEEN THE ANNUAL RIVER FLOW AND PRECIPITATIONS.....	228
29	Solomonidze R. TRANSPARENCY OF ATMOSPHERE IN THE COASTAL ZONE OF ACHARA	234
30	Cupatashvili G., Calukvadze M., Abesalashvili L., Salukvadze T., Khelaia E. DEPENDENCE OF CONCENTRATIONS OF DIFFERENT CHEMICAL UNITS IN ATMOSPHERIC PRECIPITATION OF KAKHETI REGION OF GEORGIA FROM THE VALUE OF A COMMON MINERALIZATION.....	242
31	Vardanian T.G. THE ASSESSMENT OF THE INTRA-ANNUAL COURSE OF VARIABILITY OF WATER RUNOFF FOR SOME RIVERS IN ARMENIA.....	246
32	Kordzakhia G., Shengelia L., Tvauri G. Tatishvili M. Mkurnalidze I. USE OF SATELLITE INFORMATION FOR EARLY WARNING OF HYDROMETEOROLOGICAL DISASTERS IN THE TERRITORY OF GEORGIA.....	255
33	Gunia G., Tskvitinidze Z., Kholmatjano B., Fatkhullaeva Z. TO METEOROLOGICAL ASPECTS OF LONG-RANGE TRANSMISSION OF AIR POLLUTANTS IN CONDITION MOUNTAIN REGIONSUDC.....	266
34	Kutaladze N., Megrelidze I., Mikuchadze G., Chogovadze I., Davitashvili T. SHORT-RANGE NUMERICAL PREDICTION OF EXTREME PRECIPITATION FOR GEORGIA.....	277
35	Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Mkurnalidze I. CHARACTERISTICS OF THUNDERSTORM ACTIVITY IN GEORGIA.....	284
36	Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. ASSUMED ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF FOREST FIRE IN THE NATURAL PRESERVE OF BORZHOMI-KHARAGAULI DURING AUGUST 2008.....	291

37	Varazanashvili O., Elizbarashvili E. SPATIAL STRUCTURE OF HAZARDOUS METEOROLOGICAL PHENOMENA OVER GEORGIAN TERRITORY.....	29*
38	Begalishvili N., Tsintsadze T., Gzirishvili M., Arutinian N., Mahmudov R ZONING OF THE GEORGIAN TERRITORY ON THE BASIS OF EVALUATION OF DROUGHT INTENSITY.....	308
39	Basilashvili Ts. HARACTERISTICS OF THE FLOODS ON THE RIVERS OF GEORGIA AND WAYS OF THEIR PREVENTION.....	313
40	Surmava A., Tugushi N., Shavliashvili L., Intskirveli L., Mdivani S. STUDY THE CHANGE SOILS SALINITIES BY MATHEMATIC METHODS.....	322
41	Salukvadze T.G., Salukvadze M.T., Khelaia E.I DEPENDENCE OF A COMMON MINERALIZATION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION FROM SURFACE TEMPERATURE OF AIR AT CONSTANT VALUE OF A RELATIVE HUMIDITY.....	331
42	Lominadze J., Chagelishvili G., Avsarkisov V. LINEAR TRANSIENT DYNAMICS OF PERTURBATIONS IN NONGEO- STROPHIC FLOWS WITH A CONSTANT VERTICAL SHEAR.....	335
43	Amiranashvili A., Chelidze T., Gvinianidze K., Melikadze G., Todadze M., Trekov I., Tsereteli D. RADON DISTRIBUTION AND PREVALENCE OF LUNG CANCER IN SEVERAL AREAS OF WEST GEORGIA.....	349
44	Kachakhidze M., Ramishvili G., Kachackidze N., Kiladze R., Kukhianidze V. EARTHQUAKES EXOGENOUS INITIATIVE FACTORS.....	354
45	Lursmanashvili O., Paatashvili T., Geondjian L. ON THE METHOD FOR REVEALING THE EXTERNAL QUASI- HARMONIC FACTORS SYNCHRONIZING EARTHQUAKES IN THE CAUCASUS.....	359
46	Lursmanashvili O., Paatashvili T., Geondjian L. FALSE PERIODICITIES IN EARTHQUAKES SPECTRA IN THE CAUCASUS INDUCED BY INDUSTRIAL EXPLOSIONS.....	369
47	Melikadze G., Jimshiladze T., Kobzev G., Kapanadze N., Dovgal N. SEISMOHYDRODYNAMIC OBSERVATIONS ON THE TERRITORY OF GEOORGIA.....	375
48	Petrosyan H. STATISTIC ANALYSIS OF EARTHQUAKE PRECURSORS.....	381
49	Todadze M., Kapanadze N., Melikadze G., Ghloni V., Jimsheladze T. VARIATION OF HYDRO-CHEMICAL REGIME OF UNDER- GROUND WATER DURING PREPARATION OF SEISMIC EVENTS.....	389

50	Kutaladze N., Tskvitinidze Z. CLIMATIC EXTREMES CALCULATION RESULTS FOR GEORGIA'S MOUNTAINOUS REGIONS.....	394
51	Semionov A., Shefov N. OROGRAPHIC DISTURBANCES IN THE UPPER ATMOSPHERE STIPULATED BY AIR CURRENTS STREAMLINING OF GREAT CAUCASUS RANGE.....	402
52	Chiabrishvili N. INVESTIGATION OF THE AEROSOL CONCENTRATION CONTENT IN SURFACE AIR LAYER TBILISI.....	412
53	Gachechiladze G., Tsomaia V., Kitiashvili L., Gorgijanidze S., Begalishvili N.N. A POSSIBILITY OF CALCULATION AND FORECAST OF MAXIMUM WATER DISCHARGES OF CATASTROPHIC FLOODS BASED ON THE APPLICATION OF THE MOISTURE CIRCULATION PARAMETERS UNDER CONDITION OF CLOSED-UP OBSERVATION STATIONS.....	417
54	Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Khurodze T. STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE NUMBER OF DAYS WITH HAIL PER ANNUM IN GEORGIA.....	427
55	Amiranashvili A., Amiranashvili V., Kartvelishvili L., Nodia Kh., Khurodze T. INFLUENCE OF AIR EFFECTIVE TEMPERATURE AND GEOMAGNETIC STORMS ON THE POPULATION OF TBILISI CITY.....	434



## СО Д Е Р Ж А Н И Е

1	Давиташвили Т., Хведелидзе З., Хантадзе А., Таварткиладзе К., Самхарадзе И. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КЛИМАТА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ГРУЗИИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	7
2	Цквитинидзе З.И. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ РЕЖИМНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	19
3	Амиранашвили А., Матзаракис А., Картвелишвили Л. КЛИМАТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС ТУРИЗМА В ТБИЛИСИ.....	27
4	Саакашвили Н. М., Табидзе М.Ш., Тархан-Моурави И.Д., Хелашвили Э.И., Амиранашвили А.Г., Киркитадзе Д.Д., Меликадзе Г. И., Нодия А.Г., Тархнишвили А.Г., Чихладзе В.А., Ломинадзе Г.Дж., Цикаришвили К.Д., Челидзе Л.Т. КЛИМАТИЧЕСКИЕ, АЭРОИОНИЗАЦИОННЫЕ И РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУРОРТНО-ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА Г. ЦХАЛТУБО.....	31
5	Геладзе В.Ш., Геладзе Г.В., Болашвили Н.Р., Мачавариани Н.Г. РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕСНЫХ ВОД ГРУЗИИ И МЕНЕДЖМЕНТ.....	41
6	Элизбарашвили М.Э. ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАВКАЗА.....	46
7	Джанелидзе З.Ч. О ПРИЧИНАХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА И ОПУСТЫВАНИЯ ИОРСКОГО ПЛОСКОГОРИЯ.....	51
8	Таварткиладзе К.А., Амиранашвили А.Г. ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В Г. ТБИЛИСИ.....	57
9	Мумладзе Д.Г., Ломидзе Н.Н. ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ПОЛЯ ГРУЗИИ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ.....	66
10	Швангирадзе М.Я., Бериташвили Б.Ш., Куталадзе Н.Б. ВЫЯВЛЕННОЕ И ПРОГНОЗИРУЕМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ГРУЗИИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ И ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.....	76
11	Цквитинидзе З. И., Гуния Г.С. МЕСТНЫЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ГОРНЫХ РЕГИОНОВ ГРУЗИИ.....	81
12	Салуквадзе Е.Д., Гогешашвили М.Э., Иванишвили Н.И. СПЕЦИФИКА РЕАЛИЗАЦИИ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ГЛО-	90

	БАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ.....	
13	Меладзе Г.Г., Тугарашвили М.У., Меладзе М.Г. ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН.....	97
14	Григолия Г.Л., Алавердашвили М. Ш., Трапаидзе В. Д., Брегвадзе Г.И., Кикнадзе Д.Г., Хуфения Н.Г., Кокаия Н.Г. СОВМЕСТНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЧНОГО СТОКА И ОСАДКОВ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМ.....	105
15	Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Цомае В.Ш., Ахмедрабадханов Х.А., Кочламазашвили Н.Г., Китиашвили Л.Р., Мамедов Р.М. ВОЗМОЖНОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ РАСЧЁТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГООБАРОТА.....	112
16	Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЧЁРНОГО МОРЯ.....	122
17	Картвелишвили Л.Г., Цквитинидзе З.И. УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	132
18	Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И ЭМПИРИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ РАЗ- ЛИЧНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ ТЕПЛОГО СЕЗОНА ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ.....	141
19	Гогошвили Н.Л., Цквитинидзе З.И. АНАЛИЗ ИТОГОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ ГРУЗИИ ЗА ПОСЛЕДНИЙ 15 ЛЕТНИЙ ПЕРИОД.....	150
20	Чоговадзе И. В., Цквитинидзе З.И. ВЫЯВЛЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ ГРУЗИИ.....	159
21	Цхакаиа Дж. Г., Цквитинидзе З. И. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ.....	168
22	Мелконян Д.О. О КЛИМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ.....	177
23	Жерлицина Л.И., Поволоцкая Н.П., Сенюк И.А ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В КУРОРТ- НОМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ИШЕ- МИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА НА ГОРНЫХ КЛИМА- ТИЧЕСКИХ КУРОРТАХ КАВКАЗА.....	184
24	Холматжанов Б.М., Фатхуллаева З.Н., Петров Ю.В., Эгамберди Х.Т. ТИПЫ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ МЕСТНЫЕ ЦИРКУЛЯЦИИ В ДО- ЛИНАХ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ.....	195
25	Джобавა Р., Ломоური М., Геонджян Л.	204

	О ВОПРОСЕ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ КАДРОВ В СФЕРЕ НАУК О ЗЕМЛЕ	
26	Амиранашвили А.Г., Картвелишвили Л.Г. ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ.....	214
27	Сеник И., Еланский Н., Дёмин В.В. ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ РАЙОНОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА КИСЛОВОДСКОЙ ВЫСОКОГОРНОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ ИФА им. А.М.ОБУХОВА РАН.....	220
28	Григолия Г.Л., Кереселидзе Д.Н., Трапаидзе В.Д., Бреговдзе Г.И., Цинцадзе Н.Т. ВЛИЯНИЕ НАЧАЛО ГОДА НА ТЕНДЕНЦИИ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ГОДОВОГО РЕЧНОГО СТОКА И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ.....	228
29	Соломонидзе Р. Г. ПРОЗРАЧНОСТЬ АТМОСФЕРЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АДЖАРИИ.....	234
30	Супаташвили Г.Д., Салуквадзе М. Т., Абесалашвили Л. Ш., Салуквадзе Т. Г., Хелая Э.И. ЗАВИСИМОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ КАХЕТИНСКОГО РЕГИОНА ГРУЗИИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ.....	242
31	Варданян Т.Г.ОЦЕНКА ВНУТРИГОДОВОГО ХОДА ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА ВОДЫ НЕКОТОРЫХ РЕК АРМЕНИИ	246
32	Кордзахия Г.И., Шенгелия Л.Д., Тваури Г., Татишвили М., Мкурналидзе И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ.....	255
33	Гуния Г.С.,Цквитинидзе З.И.,Холматжано Б.М.,Фатхуллаева З.Н. К МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ АСПЕКТАМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПЕРЕНОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ.....	266
34	Киталадзе Н.Б., Мегрелидзе Л.Д., Микучадзе Г.А., Чоговадзе И.В., Давиташвили Т.П. КРАТКОСРОЧНЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ ПРОГНОЗ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ ДЛЯ ГРУЗИИ.....	277
35	Амиранашвили А.Г., Варзанашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Мкурналидзе И.П. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ В ГРУЗИИ...	284
36	Амиранашвили А.Г., Блядзе Т.Г., Чихладзе В.А. ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА В ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ БОР-	291

	ЖОМИ-ХАРАГАУЛИ В АВГУСТЕ 2008 ГОДА.....	
37	Варазанашивили О. Ш., Элизбарашвили Э.Ш. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ.....	29*
38	Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Гзиришвили М., Арутюнян Н.Э., Махмудов Р.Н. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАСУХ.....	308
39	Басилашвили Ц.З. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКА ПОЛОВОДЬЯ РЕК ГРУЗИИ И ВОПРОСЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАТАСТРОФ.....	313
40	Сурмава А.А., Тугуши Н.К., Шавлиашвили Л.У., Инцкирвели Л.Н., Мдивани С. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЁНОСТИ ПОЧВЫ.....	322
41	Салуквадзе Т.Г., Салуквадзе М.Т., Хелая Э.И. ЗАВИСИМОСТЬ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА ПРИ ПОСТОЯННОМ ЗНАЧЕНИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ.....	331
42	Ломинадзе Дж.Г., Чагелишвили Г.Д., Авсаркисов В.С. ЛИНЕЙНАЯ ТРАНЗИЕНТНАЯ ДИНАМИКА ВОЗМУЩЕНИЙ В НЕГЕО- СТРОФИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЯХ С ПОСТОЯННЫМ ВЕРТИКАЛЬНЫМ СДВИГОМ.....	335
43	Амиранашвили А.Г., Челидзе Т.Л., Гвинианидзе К.Г., Меликадзе Г. И., Тодадзе М.Ш., Треков И.Ю., Церетели Д.Г. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДОНА И РАК ЛЕГКИХ В ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ.....	349
44	Качкачишвили М., Рамишвили Г., Качкачишвили Н., Киладзе Р., Кухианидзе В. ЭКЗОГЕННЫЕ ИНИЦИИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ЗЕМЛЕТРЕСЕНИЙ .....	354
45	Лурсманашвили О.В., Пааташвили Т.В., Геонджян Л.А. О МЕТОДИКЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ВНЕШНИХ КВАЗИГАРМОНИ- ЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СИНХРОНИЗИРУЮЩИХ ЗЕМЛЕТРЯ- СЕНИЯ КАВКАЗА.....	359
46	Лурсманашвили О.В., Пааташвили Т.В., Геонджян Л.А. ЛОЖНЫЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ В СПЕКТРЕ ПОВТОРЯЕМОСТИ ЗЕМЛЕ- ТРЯСЕНИЙ КАВКАЗА, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЗРЫ- ВАМИ.....	369
47	Меликадзе Г., Джимшиладзе Т., Кобзев Г., Капанадзе Н., Довгаль Н. СЕЙСМОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ.....	375
48	Петросян Г.	381

	СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.....	
49	Тодадзе М., Капанадзе Н., Меликадзе Г., Глонти В., Джимшеладзе Т. ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВО ВРЕМЯ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.....	389
50	Куталадзе Н.Б., Цквитинидзе З. И. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКСТРЕМУМОВ ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ГРУЗИИ.....	394
51	Семенов А.И., Шефов Н.Н. ОРОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ОБТЕКАНИЕМ КАВКАЗСКОГО ХРЕБТА ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ.....	402
52	Чиабришвили Н.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ Г. ТБИЛИСИ.....	412
53	Гаччиладзе Г.А., Цомая В.Ш., Китишвили Л.Р., Горгиджанидзе С.Н., Бегалишвили Н.Н. РАСЧЁТ И ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАВОДКОВ НА ОСНОВЕ УЧЁТА ПАРАМЕТРОВ ВЛАГООБОРОТА В АТМОСФЕРЕ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТИЯ ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЙ.....	417
54	Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Хуродзе Т.В. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРАДОМ В ГОД В ГРУЗИИ.....	427
55	Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Картвелишвили Л. Г., Нодия Х.А., Хуродзе Т.В. ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И МАГНИТНЫХ БУРЬ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ Г. ТБИЛИСИ.....	434