

გლობალური დათბობის გავლენა საქართველოში ატმოსფერულ ნალექთა ველზე

კ.თავართქილაძე*, ნ.ბეგალიშვილი**, თ.ცინცაძე**, ნ.ნ.ბეგალიშვილი**, ნ.ცინცაძე**

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

როგორც ცნობილია, მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერულ ნალექთა სივრცით-დროითი განაწილებები ძირითადად განსაზღვრავენ კლიმატის ფორმირების თავისებურებებს და მის ცვალებადობას გარკვეული ტერიტორიის ფარგლებში. [1]-ში მოცემულია კვლევის შედეგები, რომლებიც ასახავენ გლობალური დათბობის გავლენას საქართველოში ჰაერის ტემპერატურის მიწისპირა ველზე. წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია ატმოსფერულ ნალექთა ველზე გლობალური დათბობის გავლენის ანალოგიური კვლევის შედეგები. ისევე, როგორც [1]-ში, განხილულია 28 მეტეოპუნქტის 1936-2009 წლების მონაცემები ნალექთა ჯამებზე თვეების მიხედვით. დაკვირვების რიგებში გამოტოვებული ელემენტების განსაზღვრული სიზუსტით აღდგენა და რიგების დაყვანა ერთი და იგივე პერიოდამდე შესრულებულია მრავალგანზომილებიან სივრცეში შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ ორთოგონალურ ვექტორებათ დაშლის მეთოდით [1]. ცხრ.1-ში მოცემულია დაკვირვების პუნქტების ჩამონათვალი, ფაქტიურ და აღსადგენ თვეების რაოდენობა (შემთხვევათა რიცხვი). როგორც ვხედავთ, ფაქტიურ შემთხვევათა რიცხვი შეადგენს 21723, აქედან აღსადგენი იყო 3141 ელემენტი, რაც საერთო რაოდენობის 14.5%-ის ტოლია. ცხრ.2-ში მოცემულია თვეების მიხედვით ნალექთა ჯამების აღდგენის საშუალო, მაქსიმალური და მინიმალური სიზუსტეები პროცენტებში. მინიმალური სიზუსტე შეადგენს 30-50%-ს და ახასიათებს აპრილი-სექტემბრის პერიოდის თვეების მონაცემთა აღდგენას. საშუალო სიზუსტეები იცვლება დიაპაზონში 60-85%, ხოლო მაქსიმალური – ინტერვალში 85-95%. როგორც მაგალითი, ნახ.1-ზე მოცემულია 1993-2009 წლების ქუთაისის იანვრისა და ივლისის მონაცემების აღდგენის შემთხვევები სამტრედიის მონაცემების გამოყენებით. იანვრის თვის აღდგენის სიზუსტე შეადგენს 94.7%, ხოლო ივლისის- 69.8%.

მთლიანად საქართველოს ტერიტორიაზე 1936-2009 წლებში ნორმირებული ნალექების ცვლილება თვეების მიხედვით წარმოდგენილია ნახ.2-ზე. ნორმირება ჩატარებულია აღნიშნული პერიოდის შესაბამისი თვის ნორმის მიმართ. როგორც ვხედავთ, მაქსიმალური უარყოფითი გადახრებით ხასიათდება იანვარი, თებერვალი, მაისი, სექტემბერი, ოქტომბერში-გადახრა დაახლოებით შეადგენს ნორმის 20%/წელი, მარტში კი გადახრა ტოლია-ნორმის 15%/წელი. მაქსიმალური დადებითი გადახრები დაიკვირვება აპრილში და ნოემბერში-ისინი ნორმის 10%/წელი-ზე მეტია.

გენერალური სიმრავლე, რომელიც შეიცავს 28 პუნქტის 74 წლის (1936-2009წწ) ნალექების წლიურ ჯამებს ანუ 2072 შემთხვევათა რიცხვს, დაყოფილი იქნა სამ ქვეჯგუფად: მცირე ნალექების შემცველ ჯგუფად ანუ ნალექების წლიურ ჯამებს, რომლებიც 700 მმ-ის ტოლია ან მასზე ნაკლები (684 შემთხვევა); საშუალო ნალექების შემცველ ჯგუფად ანუ როცა წლიური ჯამები მეტია 700 მმ-ზე და ნაკლებია ან ტოლი 1200 მმ-ის (736 შემთხვევა); უხვი ნალექების შემცველ ჯგუფად, როცა წლიური ჯამები მეტია 1200 მმ-ზე (652 შემთხვევა). თითოეული ქვეჯგუფის მონაცემების გამოყენებით სტატისტიკური ანალიზი ჩატარდა სამ დროით ინტერვალში, რომლებიც მოიცავენ: 1936-1960 წწ (35 წელი); 1961-1985 წწ (35 წელი); 1986-2009 წწ (34 წელი). მიღებული ცხრა დაჯგუფებისათვის გამოთვლილ იქნა ნალექების საშუალო მრავალწლიური ჯამები და მათი პროცენტული რაოდენობა წინა პერიოდთან შედარებით. გამოთვლის შედეგები შესულია ცხრ.3-ში. როგორც ვხედავთ, წლიურ ნალექთა ჯამები პრაქტიკულად არ იცვლებიან განხილული დროითი პერიოდების და ნალექთა ჯამების ინტერვალების მიხედვით. განსაკუთრებით ეს დასკვნა ეხება გლობალური დათბობის პერიოდს, როცა აღინიშნა ნალექთა უმნიშვნელო ცვლილება 99-101% ფარგლებში.

უფრო დაწვრილებითი კვლევის შედეგად 1936-2009 წლებში სამი გამოყოფილი პერიოდის მიხედვით მცირე, საშუალო და უხვი ნალექების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე მოცემულია ნახ.3-ზე. როგორც ვხედავთ, გამოყოფილ გრადაციებში უმეტეს შემთხვევაში ფიქსირდება ყველა სახის ნალექების შემცირება გლობალური დათბობის შემცველ დროით ინტერვალში, წინა ორი პერიოდის მონაცემებთან შედარებით. რეჟიმის თვალსაზრისით სამივე პერიოდისათვის საერთო კანონზომიერებას წარმოადგენს მცირე ნალექების ზრდა, საშუალო და უხვი ნალექების შემცირება. აღსანიშნავია უხვი ნალექების განაწილებაში მაქსიმუმის არსებობა 1500-1800 მმ ნალექთა რაოდენობისათვის.

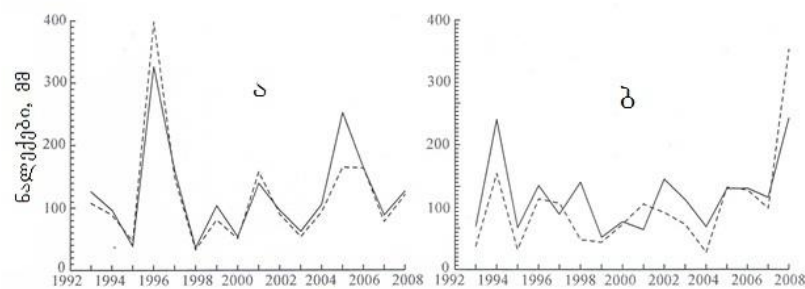
ცხრილი 1 ფაქტიური და აღსადგენი თვეების რაოდენობა

#	დაკვირვების პუნქტი დასახელება	შემთხვევათა რიცხვი (თვეები)		აღსადგენის რაოდენობა %-ში
		ფაქტიური	აღსადგენი	

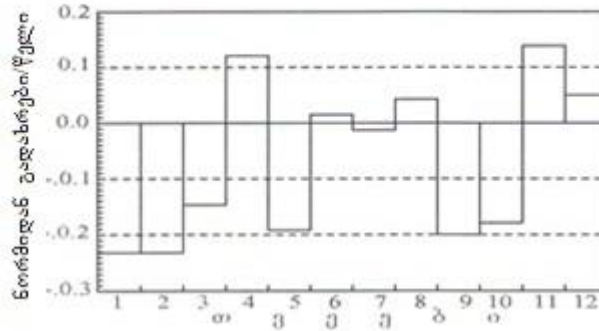
1	აბასთუმანი	696	195	27.6
2	ამბროლაური	864	24	2.8
3	ახალციხე	888	0	0
4	ბათუმი	885	3	0.3
5	ბახმარო	817	71	8.7
6	ბოლნისი	836	52	6.2
7	გორი	888	0	0
8	გუდაური	660	228	34.5
9	გურჯაანი	660	228	34.5
10	დმანისი	660	228	34.5
11	დუშეთი	852	36	4.2
12	ზუგდიდი	888	0	0
13	თბილისი	888	0	0
14	თელავი	888	0	0
15	ლაგოდეხი	660	228	34.5
16	მარნეული	348	540	155.2
17	მესტია	660	228	34.5
18	რადიონოვკა	192	696	362.5
19	საგარეჯო	804	84	10.4
20	სამტრედია	852	36	4.2
21	ფასანაური	888	0	0
22	ფოთი	888	0	0
23	ქუთაისი	888	0	0
24	ყაზბეგი მ/მთ	852	36	4.2
25	ყვარელი	804	84	10.4
26	წალკა	852	36	4.2
27	ჟვრის გადასასვლელი	852	36	4.2
28	ქობულეთი	816	72	8.8
სულ		21723	3141	14.5

ცხრილი 2 ბუნებრივ, ორთოგონალურ მდგენელებად შემთხვევითი ფუნქციის დაშლის მეთოდით ნალექების თვიური ჯამების აღდგენის საშუალო, მაქსიმალური მინიმალური სიზუსტეები %-ში

თვეები	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
საშუალო	83.9	83.2	80.5	73.8	68.0	59.6	68.7	66.1	76.0	80.9	81.6	80.9
მაქსიმუმი	94.6	90.8	92.5	94.0	88.0	82.2	85.1	84.9	92.5	93.2	96.4	94.2
მინიმუმი	58.7	68.7	60.0	40.4	42.3	31.1	52.3	40.7	44.5	54.8	67.1	54.7



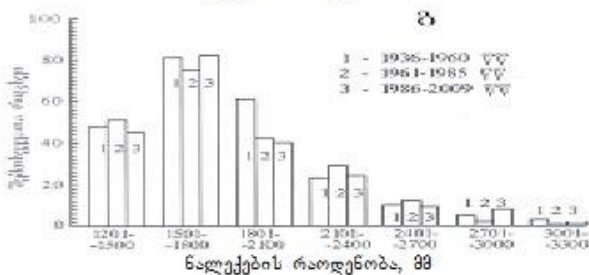
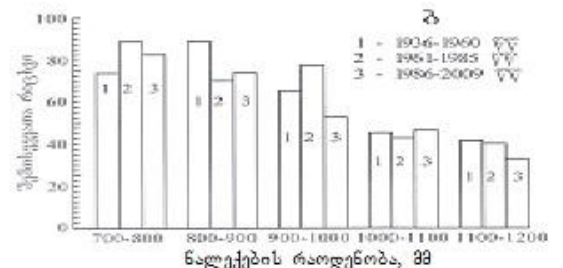
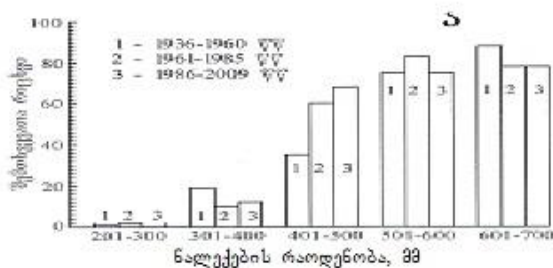
ნახ.1 ქუთაისის 1993-2009 წლებში იანვრის (ა) და ივლისის (ბ) ფაქტიური (უწყვეტი) და აღდგენილი სამტრედიის მონაცემებით (წყვეტილი ხაზი) ნალექების ჯამები



ნახ.2 საქართველოს ტერიტორიაზე ნორმირებული ნალექების ცვლილება თვეების მიხედვით 1936-2009 წლებში

ცხრილი 3 საქართველოს ტერიტორიაზე მცირე, საშუალო და უხვი ნალექების განაწილება 1936-2009 წლების სამი პერიოდისთვის

პერიოდი		1936-1960 წწ	1961-1985 წწ	1986-2009 წწ
Nნალექების რაოდენობა	მცირე ნალექები ანუ $q \leq 700$ მმ	560.3	549.0	548.9
	საშუალო ნალექები ანუ $700 < q \leq 1200$ მმ	916.9	908.7	903.2
	უხვი ნალექები ანუ $q > 1200$ მმ	1712.2	1692.1	1705.8
ცვლილება (%)	Mმცირე ნალექები	100	98.0	100
	საშუალო ნალექები	100	99.1	99.4
	უხვი ნალექები	100	98.8	100.8



ნახ.3 მცირე (ა), საშუალო (ბ) და უხვი (გ) ნალექების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე 1936-2009 წლების სამი პერიოდისათვის.

საქართველოში ნალექთა ჯამების ნორმირებულ მნიშვნელობათა ცვლილება 1936-2009 წლებში: წლის, თბილი (აპრილი-ოქტომბერი) და ცივი (ნოემბერი-მარტი) პერიოდებისათვის წარმოდგენილია ნახ.4-ზე. ყველა ნახაზე გატარებულია ტენდენციის ამსახველი წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდები, ასევე არაწრფივი აპროქსიმაცია, წარმოდგენილი მე-6-ე რიგის პოლინომით. უფრო მაღალი რიგის პოლინომით აპროქსიმაციის

შემთხვევაში საშუალო კვადრატული გადახრა ნორმის მიმართ აღარ მცირდება, რაც ზღუდავს მე-6-ზე მეტი რიგის პოლინომის გამოყენებას. ნახაზებზე მოცემული წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდების განტოლებებია:

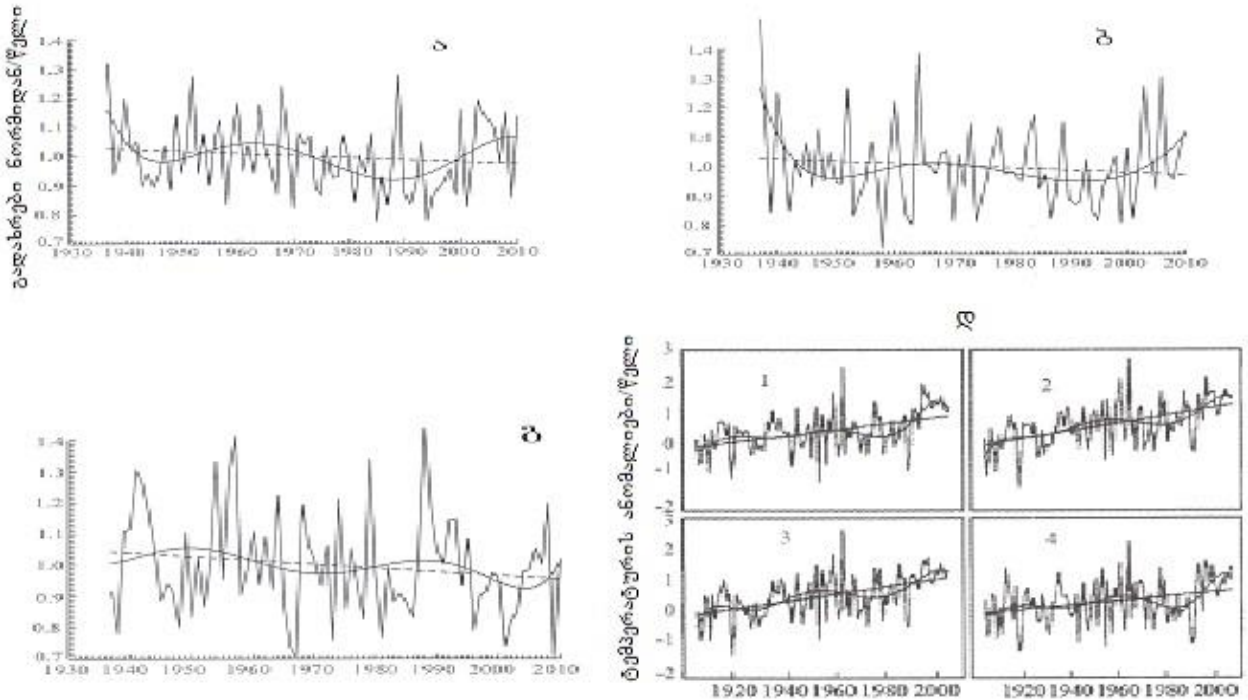
$$NN_{\text{წელი}} = 1.0277 - 0.00074n,$$

$$NN_{\text{თბილი}} = 1.0280 - 0.00076n,$$

$$N_{\text{ცივი}} = 1.0450 - 0.00124n,$$

სადაც N ნალექთა ჯამების ნორმირებული მნიშვნელობაა, ხოლო n – გადათვლის შედეგად მიღებული წლების რაოდენობა.

ნახაზებიდან გამომდინარეობს, რომ ყველა დროითი ინტერვალის მიხედვით, ე.ი. წლის, თბილ და ცივ პერიოდებში საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექთა ჯამების შემცირება მაქსიმალურია ცივ პერიოდში-იგი შეადგენს ნორმის 0.07/74წელი, თბილი პერიოდისათვის შემცირება აღწევს ნორმის 0.04/74წელი, ხოლო წლის შემთხვევაში შემცირება ტოლია ნორმის 0.05/74წელი. 100-წლიან დროით ინტერვალზე დაყვანით ნალექთა ჯამების შემცირება ნორმის მიმართ შეადგენს: წლის შემთხვევაში-0.068(დაახლოებით 7%); თბილ სეზონში-0.054 (5%-ზე მეტია); ცივ პერიოდში-0.095 (დაახლოებით 10%).



ნახ.4 საქართველოში დაკვირვების 28 პუნქტის მონაცემების მიხედვით ნალექების წლიური ჯამების ნორმირებულ მნიშვნელობათა ცვლილება 1936-2009 წლებში ტეხილი ხაზი –ფაქტიური მონაცემები; წყვეტილი ხაზი-წრფივი აპროქსიმაცია; მრუდი-აპროქსიმაცია მე-6-ე რიგის პოლინომით: (ა) წლის განმავლობაში; (ბ) თბილ სეზონში; (გ) ცივ პერიოდში; (დ)-ჰაერის ტემპერატურის გადახრები ნორმიდან საქართველოს ოთხი რეგიონისათვის: 1-კავკასიონის მაღალმთიანი ზონა; 2-აღმოსავლეთ საქართველო; 3-დასავლეთ საქართველო; 4-სამხრეთ საქართველო.

აღსანიშნავია, რომ არაწრფივი ტრენდების მიხედვით გლობალური დათბობის პერიოდში (1990-2009 წწ) აღინიშნა ნალექთა ჯამების მატება სხვადასხვა სიჩქარით წლის, თბილი და ცივი პერიოდებისათვის. შესადარებლათ, ნახ.4 (დ)-ზე წარმოდგენილია მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურების ანომალიები (გადახრები ნორმიდან) იგივე 28 მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით საქართველოს 4 რეგიონისათვის [1]. როგორც ვხედავთ, ამ ნახაზებზეც, არაწრფივი ტრენდის მიხედვით, აღინიშნება ტემპერატურის ანომალიების ციკლური ხასიათის რყევა, რომელიც 2010 წლისთვის იწყებს შემცირებას. ამრიგად, არაწრფივი აპროქსიმაციით მიღებული ტემპერატურის ანომალიების შემცირება და ნალექთა ჯამების ზრდა შესაბამისობაშია ერთმანეთთან და მიანიშნებს გლობალური დათბობის დამთავრებაზე. რამდენად შეესაბამება ეს შედეგი ბუნებრივ პროცესს გვიჩვენებს უახლოესი 10 წლის დაკვირვების მონაცემები (2010-2020 წწ).

ლიტერატურა –REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. K.Tavartkiladze, N. Begalishvili, T. Tsintsadze, A.Kikava. Influence of Global Warming of the Near-Surface Air Temperature Field in Georgia. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol.6, no.3, 2012, p.55-60.

ბლობალური დათბობის გავლენა საქართველოში ატმოსფერულ ნალექთა ველზე./ კ.თავართქილაძე, ნ.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე, ნ.ნ.ბეგალიშვილი, ნ.ცინცაძე./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2015.-ტ.121.-გვ.38-42.-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე 1936-2009 წლებში მოქმედი 28 მეტეოსადგურის მონაცემები ნალექთა ჯამებზე წლების და თვეების მიხედვით. დაკვირვების რიგებში გამოტოვებული ელემენტების აღდგენა და რიგების დაყვანა ერთი და იგივე პერიოდამდე შესრულებულია მრავალგანზომილებიან სივრცეში შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ ორთოგონალურ ვექტორებად დაშლის მეთოდით.

წარმოდგენილია 1936-2009 წლებში ნალექთა ნორმირებული ჯამების ბუნებრივი ცვალებადობა, მისი წრფივი და არაწრფივი ტრენდები წლის შემთხვევაში, ასევე ცივი და თბილი სეზონებისათვის. დადგენილია, რომ აღნიშნულ პერიოდში საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექთა ჯამების შემცირება წრფივი ტრენდების მიხედვით შეადგენს: წლის შემთხვევაში-ნორმის 6.8%/100წ; თბილ სეზონში- ნორმის 5.4%/100წ; ცივ პერიოდში-ნორმის 9.5%/100წ. აღსანიშნავია, რომ არაწრფივი ტრენდების მიხედვით გლობალური დათბობის პერიოდში (1990-2009წწ) აღინიშნება ნალექთა ჯამების მატება.

Impact of Global Warming on the Precipitation Field in Georgia. /K.Tavartkiladze, N. Begalishvili, T. Tsintsadze, N.N. Begalishvili, N. Tsintsadze./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2015. - vol.121. -pp.38-42.- Georg., Summ. Georg., Eng., Russ.

Observational data on monthly and annual sums of precipitation for 28 meteorological stations operating at the territory of Georgia in 1936-2009 are discussed. Reconstruction of gaps in observation series and their reduction to the same period is performed by dividing the random function in multi-dimensional space at natural orthogonal vectors.

Natural variability of precipitation normalized sums in 1936-2009, its linear and non-linear trends in annual respect as well as for cold and warm seasons of the year are demonstrated. It is revealed that during the examined period the reduction of precipitation sums according to linear trends equals to: for the annual sums –6.8% from the norm/100yr; in the warm season – 5.4% from the norm /100yr and in the cold season – 9.5% from the norm /100yr. It should be noted that according to non-linear trends during the period of apparent manifestation of global warming (1990-2009) the growth of precipitation is being revealed.

Влияние глобального потепления на поле атмосферных осадков в Грузии./Таварткиладзе К.А., Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Бегалишвили Н.Н., Цинцадзе Н.Т./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2015.- т.121 -с.38-42 -Груз., Рез. Груз., Анг., Рус.

Рассмотрены данные 28 метеостанций на территории Грузии об атмосферных осадках по годам и месяцам в период 1936-2009 годов. Восстановление пропущенных элементов в рядах наблюдений и их приведение к одному и тому же периоду выполнено разложением случайной функции в многомерном пространстве на естественные ортогональные вектора.

Представлены естественная изменчивость нормированных рядов сумм осадков в 1936-2009 годах, их линейные и нелинейные тренды для годового периода, а также для теплого и холодного сезонов. Согласно линейных трендов, выявлено уменьшение сумм осадков в указанный интервал времени: для годового периода-6.8% от нормы/100лет; для теплого сезона- 5.4% от нормы/100лет; для холодного сезона- 9.5% от нормы/100лет. Необходимо отметить, что согласно нелинейным трендам, отмечено увеличение сумм осадков в период глобального потепления (1990-2009гг).