

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСЯЧНЫХ СУММ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ТИАНЕТИ (ГРУЗИЯ) В 1956-2015 ГГ.

<sup>1</sup>А.Г. Амиранашвили, <sup>1</sup>Т.Г. Блиадзе <sup>2</sup>Л.Г.Картвелишвили

<sup>1</sup>*Институт геофизики им. Михаила Нодиа, ТГУ*

<sup>2</sup>*Агентство по окружающей среде Грузии  
avtandilamiranashvili@gmail.com*

### Введение

В Грузии, как и во многих других странах, исследованиям атмосферных осадков уделялось и уделяется особое внимание. Так, изучение климатологии осадков, их статистической структуры и распределения на территории Грузии проводилось в работах [1-5]. Анализ статистической структуры весенне-летних осадков для 18 населенных пунктов Восточной Грузии был проведен в [6]. Изучение долговременных изменений и ожидаемой изменчивости атмосферных осадков в будущем в связи с изменением климата, в частности, проведены в работах [7-13]. Информация о влиянии проливных дождей на опасность ливневых паводков в Грузии представлена в [14, 15].

Так, в работе [11] был проведен статистический анализ данных о месячных и сезонных значениях температуры воздуха и осадков в Тбилиси с 1844 по 2018 годы. Изучены тренды температуры воздуха и осадков за три периода года (год, холодное и теплое полугодия) для наблюдений за 175 лет. Проведено сравнение среднемесячных и сезонных значений температуры воздуха и осадков за два тридцатилетних периода времени (1844-1873 и 1989-2018 годы). В частности, было установлено, что в последний период времени по сравнению с первым в Тбилиси в октябре и ноябре наблюдается рост осадков, а в июле и сентябре - уменьшение.

В последнее время с учетом полученной новой информации об атмосферных осадках начато детальное исследование их режима в различных пунктах Грузии с целью уточнения и определения тенденций к опустыниванию, либо – к избыточному увлажнению. Климат Грузии весьма неоднороден [5,7,8]. Поэтому, даже в пределах одного и того же региона долговременные вариации отдельных климатических элементов могут быть различны.

Например, в работе [12] представлены результаты статистического анализа данных по месячным осадкам для пяти пунктов Кахетии - Телави, Сагареджо, Кварели, Гурджаани, Дедоплисцаро и Лагодехи. Период исследования с 1956 по 2015 гг. В частности, было установлено, что в течение указанного периода времени в разные месяцы года в Кахетии в разных точках изменчивость осадков довольно неоднородна. Так, в 1986-2015 гг. по сравнению с 1956-1985 гг. режим осадков в Кварели не изменился; в Телави во второй период времени по сравнению с первым месячное количество осадков уменьшилось в июне и июле и увеличилось в октябре; в Сагареджо - уменьшение осадков с июня по август и увеличение в октябре; в Гурджаани и Дедоплисцаро - уменьшение количества осадков в июне; в Лагодехи увеличение в октябре и ноябре.

Выбор этих пунктов не был случайным, так как в Кахетинском регионе Грузии в шестидесятые – восьмидесятые годы прошлого столетия проводились производственные работы по борьбе с градом [16,17], которые были возобновлены 28 мая 2015 года и продолжаются по сей день [18,19]. В перспективе планируется расширение работ по модификации погоды в Грузии и, в частности, возобновление работ по регулированию атмосферных осадков [19], которые ранее осуществлялись в различных регионах Восточной Грузии.

В этой работе, которая представляет продолжение предыдущих исследований, представлены результаты исследований изменчивости месячной суммы атмосферных осадков в Тианети в 1956-2015 гг., где в семидесятые – восьмидесятые годы прошлого столетия проводились работы по вызыванию осадков [16,17].

## Район исследования, используемые данные, методика обработки данных

Район исследования – город Тианети, Грузия (широта - 42.12° с.ш., долгота - 44.97° в.д., высота – 1099 м над уровнем моря). В работе используются данные агентства по окружающей среде Грузии о месячной сумме осадков в указанном городе в 1956-2015 гг.

Используются стандартные статистические методы обработки данных наблюдений [20]. Ниже будут использоваться следующие обозначения и сокращения: **Сред.** - среднее значение; **Мин.** – минимальное значение; **Макс.** – максимальное значение; **Вар. размах** – вариационный размах: **Макс. - Мин.**; **Ст. откл.** – стандартное отклонение; **Ст. ошибка** – стандартная ошибка; **Коэфф. вар.** - коэффициент вариации:  $100 \cdot \text{Ст. откл.} / \text{Сред.}$ , %; **Дов. инт., 95%(+/-)** – 95% доверительный интервал среднего; **P** – месячная сумма осадков, мм;  $\Delta P$  – разность между средним количеством осадков в 1986-2015 и 1956-1985 гг.;  $\alpha(t)$  – уровень значимости критерия Стьюдента, сравнение средних значений осадков за два указанных периода времени производилось с использованием критерия Стьюдента с уровнем значимости не хуже 0.15;  $R^2$  - коэффициент детерминации;  $\alpha(R^2)$  - уровень значимости коэффициента детерминации. Недостающие данные наблюдений были восстановлены с использованием стандартных методов [20].

## Результаты

Результаты работы представлены на рис. 1-4 и в таб. 1-3.

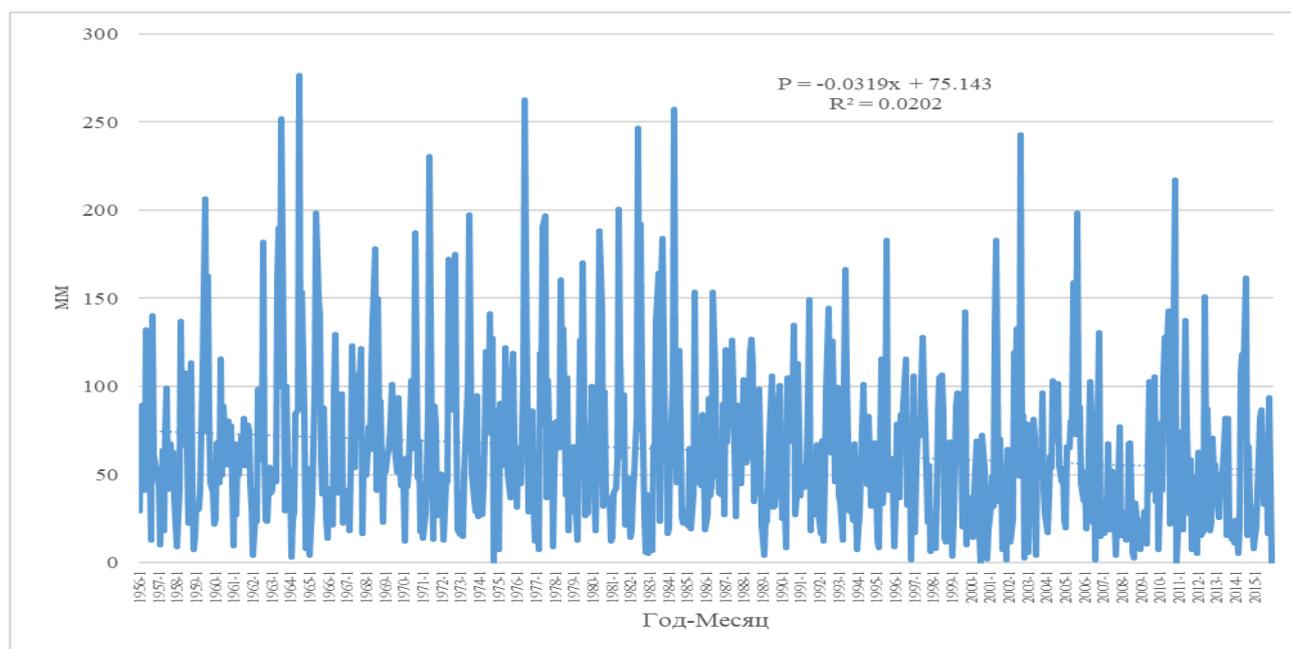


Рис. 1. Месячная сумма осадков в Тианети в 1956-2015 гг.,  $\alpha(R^2) = 0.001$

На рис. 1 для наглядности в графическом виде представлены данные о месячной сумме осадков в Тианети в период с 1956 по 2015 гг. Как следует из этого рисунка наблюдается общая тенденция уменьшения осадков в этом пункте в указанный шестидесятилетний промежуток времени.

Статистические характеристики месячной суммы осадков в Тианети в холодное и теплое полугодия представлены в таб. 1-2, а среднемесячной суммы осадков в три периода года - в таб. 3. В этих же таблицах представлены данные о значениях  $\Delta P$  и их уровнях значимости по критерию

Стьюдента. На рис. 2 представлена информация о средних месячных, полугодовых и годовых значениях Р в 1956-1985 и 1986-2015 гг.

Таблица 1

Статистические характеристики месячной суммы осадков в Тианети в холодное полугодие с 1956 по 2015 гг.

Параметр/месяц	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
Сред.	57.2	43.6	33.0	30.5	39.2	49.1
Мин.	0.5	0.0	0.4	3.2	5.0	8.5
Макс.	217.4	113.0	106.0	121.0	93.4	137.0
Вар. размах	216.9	113.0	105.6	117.8	88.4	128.5
Ст. откл.	36.4	27.7	26.4	21.3	24.5	26.8
Ст. ошибка	4.7	3.6	3.4	2.8	3.2	3.5
Коэфф. вар., %	64	63	80	70	63	55
Дов. инт., 95%(+/-)	9.3	7.1	6.7	5.4	6.3	6.8
$\Delta P$	6.6	-0.8	3.9	-0.2	-3.3	-12.4
$\alpha(t)$	0.49	0.91	0.57	0.97	0.60	<b>0.07</b>
$\Delta P/\text{Сред.}, \%$	11.5	1.8	11.7	0.8	8.5	25.3

Таблица 2

Статистические характеристики месячной суммы осадков в Тианети в теплое полугодие с 1956 по 2015 гг.

Параметр/месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Сред.	84.8	114.8	104.1	71.8	73.8	61.7
Мин.	10.5	18.7	3.8	0.4	1.6	4.0
Макс.	257.6	262.7	276.8	252.3	243.1	184.1
Вар. размах	247.1	244.0	273.0	251.9	241.5	180.1
Ст. откл.	40.2	52.5	51.4	50.6	49.5	41.9
Ст. ошибка	5.2	6.8	6.7	6.6	6.4	5.5
Коэфф. вар., %	47	46	49	71	67	68
Дов. инт., 95%(+/-)	10.3	13.4	13.1	12.9	12.6	10.7
$\Delta P$	-11.0	-39.6	-30.4	-27.6	-17.6	-25.1
$\alpha(t)$	0.29	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.15</b>	<b>0.02</b>
$\Delta P/\text{Сред.}, \%$	12.9	34.5	29.2	38.5	23.9	40.7

Таблица 3

Статистические характеристики среднемесячной суммы осадков в Тианети в три периода года с 1956 по 2015 гг.

Параметр/период	Год	Холодный период	Теплый период
Сред.	63.6	42.1	85.2
Мин.	25.0	16.7	32.9
Макс.	98.4	85.5	140.3
Вар. размах	73.4	68.7	107.4
Ст. откл.	14.3	13.0	24.0
Ст. ошибка	1.9	1.7	3.1
Коэфф. вар., %	22	31	28
Дов. инт., 95%(+/-)	3.6	3.3	6.1
$\Delta P$	-13.1	-1.1	-25.2
$\alpha(t)$	<b>&lt;0.001</b>	0.76	<b>&lt;0.001</b>
$\Delta P/\text{Сред.}, \%$	20.7	2.5	29.6

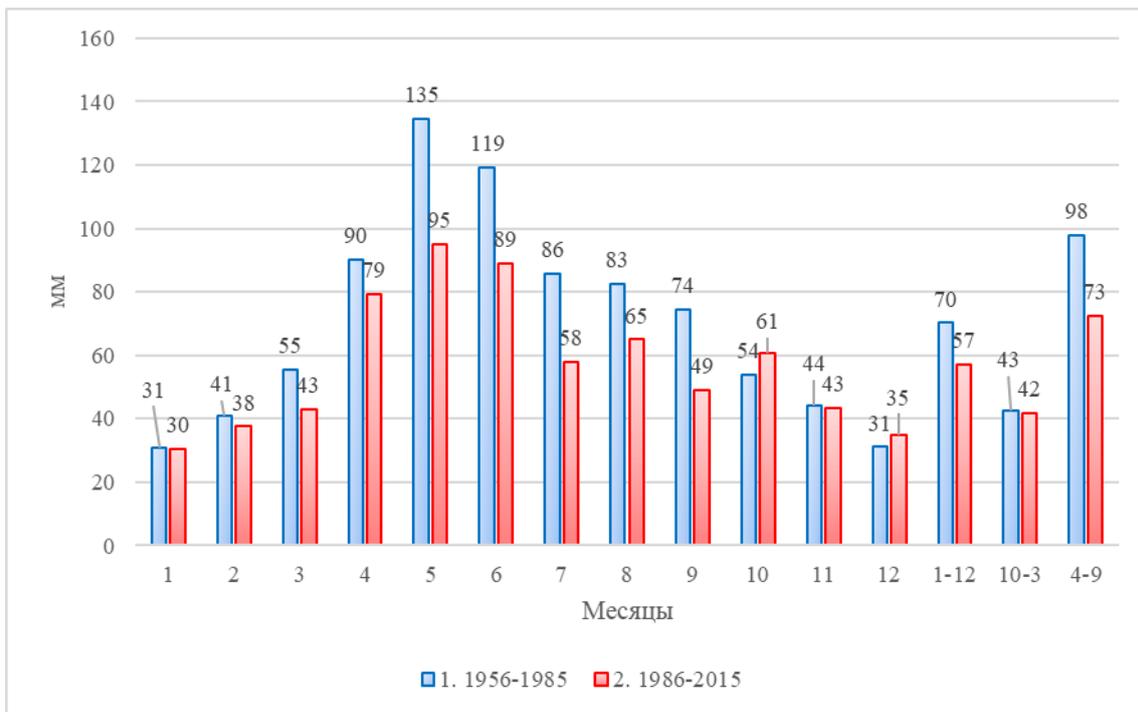


Рис. 2. Среднемесячная сумма осадков в Тианети в 1956-1985 и 1986-2015 гг.

Как следует из таб. 1-2 минимальное месячное количество осадков варьирует от 0 мм (ноябрь) до 18.7 мм (май), максимальное значение  $P$  изменяется от 93.4 мм (февраль) до 276.8 мм (июнь), среднее - от 30.5 мм (январь) до 114.8 мм (май).

Среднемесячная сумма осадков в холодный период года меняется от 16.7 мм до 85.5 мм при среднем значении 42.1 мм, в теплое полугодие - от 32.9 мм до 140.3 мм при среднем значении 85.2 мм, и в целом за год - от 25.0 мм до 98.4 мм при среднем значении 63.6 мм (таб. 3).

Наибольший вариационный размах значений  $P$  наблюдаются в июне (273.0 мм), наименьший - 88.4 мм, в феврале (таб. 1-2). Наибольшие значения коэффициента вариации значений  $P$  наблюдаются в декабре (80%), наименьшие - 46 %, в мае (таб. 1-2).

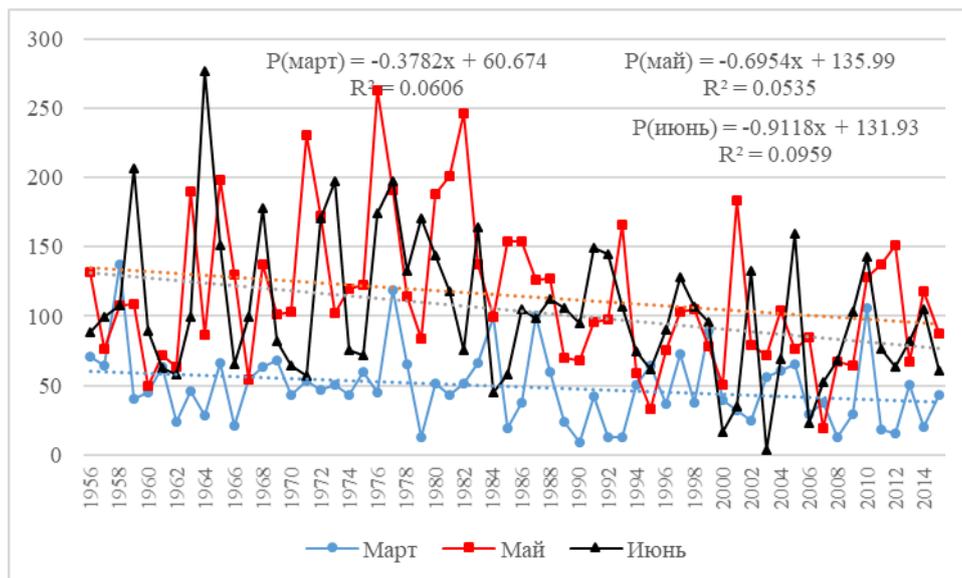


Рис. 3. Тренд месячной суммы осадков в Тианети в марте, мае и июне с 1956 по 2015 гг. Март -  $\alpha(R^2) = 0.05$ , май -  $\alpha(R^2) = 0.05$ , июнь -  $\alpha(R^2) = 0.02$ .

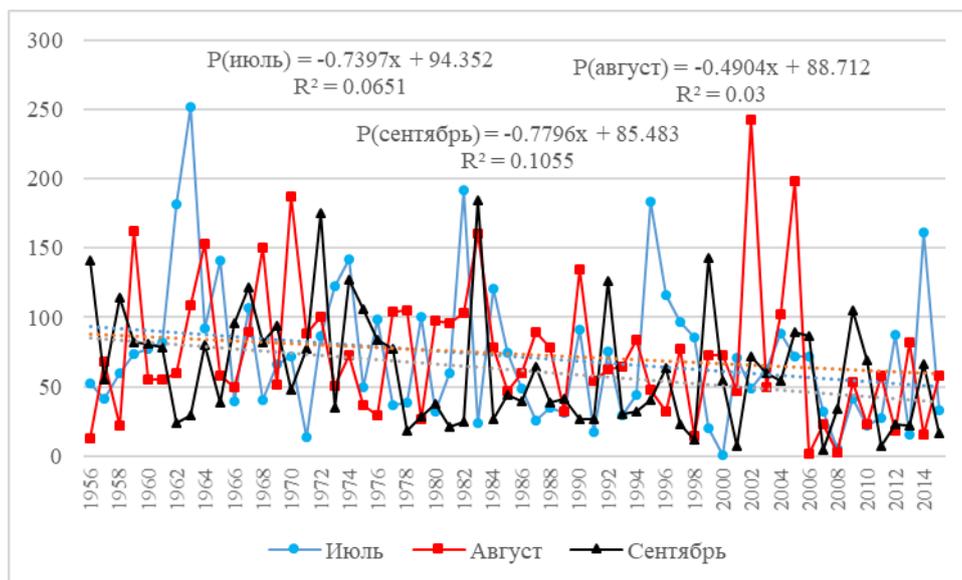


Рис. 4. Тренд месячной суммы осадков в Тианети в июле, августе и сентябре с 1956 по 2015 гг. Июль -  $\alpha(R^2) = 0.05$ , август -  $\alpha(R^2) = 0.2$ , сентябрь -  $\alpha(R^2) = 0.01$ .

В исследуемый период времени в отдельные месяцы (март, с мая по сентябрь) наблюдается лишь тенденция к уменьшению количества осадков (таб. 1-2). При этом наибольший эффект убывания осадков отмечается в сентябре ( $\Delta P/\text{Сред.} = 40.7\%$ ), наименьший – в августе ( $\Delta P/\text{Сред.} = 23.9\%$ ).

В холодное полугодие с 1956 по 2015 гг. режим осадков не меняется. В целом за год эффект убывания осадков составляет 20.7%, в теплое полугодие - 29.6% (таб. 3).

Наконец, на рис. 2-4 для наглядности представлены графики линейных трендов месячной суммы осадков в Тианети в марте и с мая по сентябрь в период с 1956 по 2015 гг.

## Заключение

В заключение еще раз обратим внимание на неоднородность изменчивости режима осадков для отдельных пунктов Грузии. Так, расстояние от Тианети до пяти пунктов Кахетии следующее: Телави – 59 км, Кварели – 96 км, Гурджаани – 97 км, Дедоплискар – 135 км, Лагодехи – 150 км. Если в Кахетии в отдельные месяцы наряду с неизменностью и убыванием осадков за исследуемый период времени отмечался и их рост [12], то в Тианети наряду с неизменностью режима осадков в течение шести месяцев наблюдается лишь их уменьшение.

В дальнейшем предусмотрено проведение аналогичных исследований и для других пунктов Грузии, результаты которых, в частности, будут использованы для планирования работ по искусственному регулированию осадков [19].

## Литература

1. Khvichia M.S. Genезis osadkov i ikh rejim na territorii Gruzii. Tr. ZakNIGMI, N, 44 (50), 1971, 189 p., (in Russian).
2. Alibegova D., Elizbarashvili E. Statisticheskaja struktura atmospernikh osadkov v gornikh raionakh. Leningrad, 1980, 136 p., (in Russian).
3. Javakhishvili S. Atmosperuli naleqebi saqartvelos teritoriaze. TSU, 1981, 181 p., (in Georgian).
4. Tavartqiladze K. Saqartveloshi naleqebis ganacilebis statistikuri struktura. Hidrometeorologiis institutis Sromebi, "Mecniereba", N 105, 2002, 117 p., (in Georgian).
5. Elizbarashvili E.E. Climate of Georgia. Monograph, ISBN 978-9941-0-9584-9, Tbilisi, 2017, 360 p., (in Georgian).

6. Khvedelidze Z., Amiranashvili A., Dolidze J., Chitaladze D., Pavlenishvili N. Statistical Structure of Diurnal Precipitation Distribution on the Territory of Eastern Georgia. Proc. of I. Javakhishvili Tbilisi State University, Physics, N 357, ISSN 1512-1461, Tbilisi University Press, Tbilisi, 2004, pp. 79-87.
7. Budagashvili T., Karchava J., Gunia G., Intskirveli L., Kuchava T., Gurgenzidze M., Amiranashvili A., Chikhladze T. 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, 1999, 137 p.
8. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and Their Variability. Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
9. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
10. Amiranashvili A.G. Special Features of Changeability of Daily Sum of Precipitation in Tbilisi in 1957-2006. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp.81-91.
11. Amiranashvili A. Changeability of Air Temperature and Atmospheric Precipitations in Tbilisi for 175 Years. Int. Sc. Conf. „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 86-90.
12. Bliadze T., Gvasalia G., Kirkitadze D., Mekoshkishvili N. Changeability of the Atmospheric Precipitations Regime in Kakheti in 1956-2015. Int. Sc. Conf. „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 74-77.
13. Miqautadze D., Kvabziridze M. Assessing the Repeatability of Extreme Rainfalls in the Background of Revealed Climate Change of Kutaisi. Int. Sc. Conf. „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 101-104.
14. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia, Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
15. Amiranashvili A.G. Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection and Fight With Their Negative Consequences. Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters. NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics, vol. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp.155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.springer.com>; <http://www.iospress.nl>
16. Amiranashvili A., Bakgsoliani B., Begalishvili N., Beritashvili B., Rekhviashvili R., Tsintsadze T., Chitanava R. On the Necessity of Resumption of Atmospheric Processes Modification Activities in Georgia. Trans. of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, ISSN 1512-0902, 2013, vol. 119, pp.144-152, (in Russian).
17. Amiranashvili A.G. History of Active Effects on Atmospheric Processes in Georgia. In the book: Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., pp. 234-254, (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
18. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp. 92-106.
19. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. Weather Modification in Georgia: Past, Present, Prospects for Development. Int. Sc. Conf. „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 216-222.
20. Kobisheva N., Narovlianski G. Climatological Processing of the Meteorological Information, Gidrometeoizdat, Leningrad, 1978, 294 p., (in Russian).

## თიანეთში ატმოსფერული ნალექების თვიური ჯამების სტატისტიკური მახასიათებლები 1956-2015 წწ.

ა. ამირანაშვილი, თ. ბლიაძე, ლ. ქართველიშვილი

### რეზიუმე

წარმოდგენილია სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ატმოსფერული ნალექების თვიური ჯამების ცვალებადობის შესახებ თიანეთში (საქართველოში) 1956 წლიდან 2015 წლამდე. კერძოდ, აღმოჩნდა, რომ აღნიშნულ პერიოდში იანვარში, თებერვალში, აპრილში და ოქტომბრიდან დეკემბრამდე, ნალექების რეჟიმი უცვლელი რჩება. მარტში და მაისიდან სექტემბრამდე შეინიშნება ნალექების თვიური ჯამების უარყოფითი წრფივი ტრენდები.

## Статистические характеристики месячных сумм атмосферных осадков в Тианети (Грузия) в 1956-2015 гг.

А.Г. Амиранашвили, Т.Г. Блиадзе, Л.Г. Картвелишвили

### Реферат

Представлены результаты статистического анализа изменчивости месячных сумм атмосферных осадков в Тианети (Грузия) в период с 1956 по 2015 гг. В частности, получено, что в указанный период времени в январе, феврале, апреле и с октября по декабрь наблюдается неизменностью режима осадков. В марте и с мая по сентябрь отмечаются отрицательные линейные тренды месячных сумм осадков.

## Statistical Characteristics of Monthly Sums of Atmospheric Precipitations in Tianeti (Georgia) in 1956-2015

A. Amiranashvili, T. Bliadze, L. Kartvelishvili

### Abstract

The results of a statistical analysis of the variability of monthly sums of atmospheric precipitation in Tianeti (Georgia) from 1956 to 2015 are presented. In particular, it was found that during the indicated period of time in January, February, April, and from October to December, the precipitation regime remains unchanged. In March and from May to September, negative linear trends of monthly sum of precipitation are observed.