

## Основные результаты исследований изменчивости числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941-1990 гг

Т.В. Хуродзе

Исследованиям градовых процессов в Грузии всегда уделялось и уделяется особое внимание. Новым импульсом в развитии этих работ, и особенно изучения динамики градовых процессов в Грузии, как одного из важных составляющих климата, послужили широкомасштабные исследования современного изменения климата этой страны, начатые в 1996 году и продолжающиеся по сей день [1-8].

Ниже представлены основные результаты исследований динамики градовых процессов в Грузии, выполненных Институтом геофизики АН Грузии совместно с Институтом вычислительной математики АН Грузии за последние пять лет.

На основании созданной компьютерной базы данных о числе дней с градом в Грузии проведено исследование статистической структуры числа дней с градом в теплый период года (ЧДГ) для 123 метеорологических станций, 15 климатических районов, территории Грузии в целом, а также ее Западной и Восточной частей для периода с 1941 по 1990 гг. Краткая характеристика и перечень климатических районов Грузии представлены в работе [7], опубликованной в настоящем сборнике. В тексте используются обозначения:  $\bar{Y}_i$  - среднее на метеостанцию число дней с градом для  $i$ -го климатического района;  $R$  - линейный коэффициент корреляции;  $N$  - количество случаев града в теплое полугодие.

Получены следующие основные результаты.

1. Определены основные статистические характеристики ЧДГ (среднее, параметры рассеяния, коэффициенты асимметрии и эксцесса, вертикальное распределение среднего ЧДГ, функции распределения ЧДГ, корреляционные связи между метеостанциями по ЧДГ).

1.1 Из 123 случаев функций распределения ЧДГ биномиальное встречается 34 раза; обратное рациональное второго порядка – 27 раз; экспоненциальное – 19 раз; полиномиальное шестой степени – 11 раз; полиномиальное четвертой степени – 6 раз. Пуассона и полиномиальное пятой степени – по 5 раз; полиномиальное седьмой и восьмой степени – по 3 раза; линейное, полиномиальное второй и третьей степени, обратное рациональное первого порядка и тригонометрическое – по 2 раза.

1.2 Корреляционные связи между метеостанциями по ЧДГ низкие. В 85,3 % случаев линейная корреляционная связь между метеостанциями по ЧДГ отсутствует. В 1,76 % случаев эта связь отрицательна, в 12,9 % случаев – положительна (для  $R$  от 0,25 до 0,95).

1.3 Для случая анализа с 15 климатическими районами связь среднего на метеостанцию числа дней с градом в этих районах с высотой (диапазон высот 50 – 2702 м) достаточно удовлетворительно аппроксимируется полиномом третьей степени, а для случая 14 климатических районов (без района N 12, диапазон высот 50 – 1668 м) – линейным уравнением регрессии.

1.4 Во всех климатических районах, кроме районов No 6, 14 и 15, повторяемость ЧДГ имеет 1-образное распределение с максимумом при ЧДГ = 0. Для некоторых районов (например No 1, 4, 5, 10) эти распределения вполне удовлетворительно описываются простым экспоненциальным распределением, в

других случаях (районы No 2, 3, 7, 13) – экспоненциальным с показателем экспоненты в виде полинома второй степени. Для районов No 8, 9 и 12 распределения ЧДГ имеют вид полиномов, соответственно четвертой, седьмой и шестой степени. Для климатического района No 11 распределение ЧДГ обратное рациональное второго порядка.

1.5 Функции распределения ЧДГ для территории Грузии и ее Западной части имеют степенной вид, для Восточной Грузии - показательный вид.

1.6 Значения коэффициентов линейной корреляции между климатическими районами по среднему на метеостанцию ЧДГ в этих районах в 51,4 % случаев значимы. При этом наличие корреляции не обязательно обусловлено близостью районов друг к другу. В ряде случаев отмечается отсутствие корреляции между соседними климатическими районами по ЧДГ.

1.7 Проведена оценка средней площади выпадения града в день с градобитием, составляющая 25 кв. км. На основании этого проведен анализ репрезентативности данных метеостанций по числу дней с градом для характеристики градобитий в различных климатических районах Грузии, ее Западной и Восточной частях и территории Грузии в целом.

2. Исследована устойчивость временных рядов наблюдений за ЧДГ в Грузии для отдельных метеорологических станций, климатических районов, Грузии в целом, а также Западной и Восточной ее частей. Исследована временная устойчивость основных статистических параметров вариации числа дней с градом в теплое полугодие (стандартное отклонение, коэффициент вариации). Уточнены доверительные интервалы среднего числа дней с градом для метеостанций Грузии с учетом автокорреляции в рядах наблюдений.

2.1 На большинстве метеорологических станций (91 из 123) в рядах наблюдений за ЧДГ отмечаются признаки неслучайности, а также автокоррелированности (33 станции). Случайные неавтокоррелированные ряды наблюдений имеются лишь для 32 станций.

2.2 Аналогичная ситуация и для климатических районов, на территориях большинства которых (13 из 15) в рядах наблюдений за средним на метеостанцию ЧДГ также отмечаются признаки неслучайности, а также автокоррелированности (6 районов). То же самое для среднего на метеостанцию ряда ЧДГ в Восточной и Западной Грузии, а также ее территории в целом. Случайные неавтокоррелированные ряды наблюдений имеются лишь для 2 климатических районов.

2.3 Стандартное отклонение и коэффициент вариации являются степенными функциями от среднего ЧДГ и эти функции не зависят от времени и местоположения станций.

2.4 В 96 случаях из 123, средние ЧДГ за 50-летний период наблюдений (1941-1990), весь имеющийся период (50 лет и более) и за период до 1965 г (данные справочника [9]) попадают в 99% доверительный интервал для среднего ЧДГ за 50-летний период. В 27 случаях (в том числе 13 станций с автокоррелированным рядом наблюдений) данные о среднем ЧДГ, приведенные в справочнике [9], выходят за пределы 99% доверительного интервала для средних за 50-летний период. В основном данные этого справочника (25 метеостанций из 27) превышают верхний уровень указанного доверительного интервала.

3. Исследована изменчивость и тренды ЧДГ в Грузии (включая отдельные метеорологические станции, климатические районы, территорию Грузии в целом, ее Западную и Восточную части, а также вертикальное распределение). Путем сопоставления данных метеостанций о числе дней с градом с данными о градоопасности территории Кахетии, полученной на основании радиолокационных наблюдений, оценена репрезентативность последних для всей территории Грузии.

3.1 Из 123 метеостанций Грузии уменьшение среднего числа градобитий в период времени с 1941 по 1965 гг по сравнению с периодом с 1966 по 1990 гг отмечается на 66 станциях, увеличение – на 14 станциях, неизменность – на 43 станциях.

3.2 Если судить по количеству метеостанций с превалярованием того или иного направления изменения ЧДГ, тенденция к уменьшению среднего количества ЧДГ в период с 1966-1990 гг по сравнению с 1941-1965 гг наблюдается в 8 климатических районах ( № 3, 5, 6, 8, 9, 11, 14, 15 ), неизменность – на 5 ( № 1, 2, 4, 10, 12 ). В двух районах ( № 7 и 13 ) число станций с уменьшением и неизменным ЧДГ одинаковое.

3.3 Анализ данных среднего на метеостанцию числа дней с градом в климатических районах Грузии показал, что в 13 из 15 районах наблюдается уменьшение среднего на метеостанцию ЧДГ во второй период времени по сравнению с первым, и только в двух климатических районах ( № 1 и 8 ) – неизменность ЧДГ.

3.4 Характер изменчивости во времени среднего на метеостанцию числа дней с градом в 13 из 15 климатических районах Грузии имеет самый разнообразный вид – от линейного до полинома пятой степени. Для 5 климатических районов ( № 3, 5, 6, 14 и 15 ) из ряда наблюдений за  $Y_i$  удалось выделить линию тренда. Для остальных 8 районов ( № 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12 и 13 ) изменчивость  $Y_i$  описывается в виде обычных линий регрессии . В районе № 1 чисто случайный ряд изменчивости  $Y_1$ . В районе № 8 линия регрессии  $Y_8$  имеет вид полинома второй степени без заметных видимых отличий в среднем на метеостанцию ЧДГ в периоды времени с 1941-1965 и 1966-1990 гг.

3.5 В 1966-1990 гг по сравнению с 1941-1965 гг как на всей территории Грузии, так и в ее Западной и Восточной частях происходит существенное уменьшение среднего на метеостанцию числа дней с градом. Функции распределения ЧДГ в три периода времени ( 1941-1990, 1941-1965 и 1966-1990 гг.) в Грузии и ее Западной части имеют  $U$ -образный вид с максимумом при ЧДГ = 0 и эмпирическую зависимость от  $N$  в виде степенного закона . В Восточной Грузии в периоды 1941-1990гг и 1966-1990 гг эта функция распределения имеет также  $U$ -образный вид с максимумом при ЧДГ = 0 и аппроксимируется показательной функцией . Однако для периода 1941-1965 гг функция распределения для ЧДГ в Восточной Грузии имеет максимум при ЧДГ = 1. В этом случае эмпирическое распределение описывается экспоненциальной функцией с показателем экспоненты в виде полинома второй степени.

3.6 Линии тренда среднего на метеостанцию ЧДГ в Грузии, а также ее Восточной и Западной части, имеют вид полинома второй степени с хорошо выраженным монотонным уменьшением во времени, особенно в последние тридцать лет исследуемого периода. Линия же тренда отношения среднего на метеостанцию ЧДГ в Восточной и Западной Грузии имеет вид полинома второй степени с тенденцией роста в последний двадцатилетний промежуток времени исследуемого периода. То есть, в этот промежуток времени в Восточной Грузии по сравнению с Западной отмечается некоторый рост градобитий.

3.7 Для территории Грузии в целом в 1966-1990 гг по сравнению с 1941-1965 гг происходит уменьшение осредненного по 9 диапазонам высот среднего на метеостанцию ЧДГ для всех указанных высот. При этом степень изменчивости ЧДГ зависит от высоты местности. Меньше всего ЧДГ уменьшается на высотах до 100 м, больше всего – в диапазоне высот от 200 до 300 м. Выше 500 м вариации этого уменьшения незначительные.

3.8 Характер изменчивости ЧДГ на разных высотах в Западной и Восточной Грузии разный. Так в Восточной Грузии по отношению к Западной среднее на метеостанцию ЧДГ в диапазоне высот 300-700 м уменьшилось (298 и 186 % соответственно), в диапазоне высот 700-1200 м увеличилось (149 и 175 %

соответственно), в диапазонах высот 1200-2200 и 300-2200 практически не изменилось ( 73-76 и 119 % соответственно). Слабый положительный тренд отношения ЧДГ в Восточной и Западной Грузии в последний двадцатилетний промежуток исследуемого периода и должен быть обусловлен ростом ЧДГ в Восточной Грузии по сравнению с Западной лишь в диапазоне высот 700-1200 м .

3.9 Сравнение данных метеостанций о ЧДГ с данными о вероятности выпадения града в Кახეთი, полученными на основании радиолокационных исследований облаков, показали высокую репрезентативность последних для картирования всей территории Грузии по уровню градоопасности.

## ლიტერატურა

1. ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., ბლიაძე თ., ნოდია ა., ჩხილაძე ე., ბახსოლიანი მ., ხუროძე თ. – კახეთში სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვალებადობის თავისებურებანი, საქ. მეცნ. აკად. ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი № 21, USSN 1512-1224, თბილისი, 2003, 58-79.
2. ამირანაშვილი ა., დორეული რ., ჭუმბურიძე ზ. – ელჭექისა და სატყვის ურთიერთკავშირი, მეცნიერება და ტექნიკა, № 4-6, 1999, 104-108.
3. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Doreuli R., Khurodze T., Kolesnikov Yu.-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, 2000, 1085-1087.
4. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Nodia A.G. Khurodze T.V., Toronjdzze A.F., Bibilashvili T.N.- Spatial-temporary characteristics of number of days with a hails in the warm period of year in Georgia, Proc. 14<sup>th</sup>International Conference on Clouds and Precipitation . Bologna , Italy ,18-23 July2004, 2\_2\_215,1-2.
5. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Chumburidze Z.A. – On the role of artificial iceforming reagents and radioactive intermixtures in the variation of convective clouds thunderstorm and hail activity, Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. on Clouds and Pricipitation, Zurich, Switzerland, August 19-23, vol. 1, 1996, 267-270.
6. ამირანაშვილი ა.გ., ბახსოლიანი მ.გ., ბეგალიშვილი ნ.ა., ბერაძე ნ.ი., ბერიტაშვილი ბ.შ., რეხვაიშვილი რ.გ., ცინცაძე თ.ნ., რუხაძე ნ.პ. – О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии, Тр. Института гидрометеорологии , ISSN 1512-0902, том 108, 2002, 249-260.
7. ამირანაშვილი ა.გ., ნოდია ა.გ., ტორონჯაძე ა.ფ., ხუროძე თ.ვ. - Некоторые статистические характеристики числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941-1990 гг, Труды Института геофизики АН Грузии, том 58, 2003 .
8. ამირანაშვილი ა.გ., ნოდია ა.გ., ტორონჯაძე ა.ფ., ხუროძე თ.ვ. - Изменчивость числа дней с градом в Грузии в 1941-1990 гг, Труды Института геофизики АН Грузии, том 58, 2003 .
9. Справочник по климату СССР – Облачность и атмосферные явления, Грузинская ССР, Л., Гидрометеоздат, 1970, 1-315.

1941-1990 წწ-ში საქართველოში წლის თბილ პერიოდში  
სეტყვიანი დღეების რიცხვის ცვალებადობის ძირითადი  
შედეგები

თ. ხუროძე

რეზიუმე

1941-1990 წწ. საქართველოში წლის თბილ პერიოდში წარმოდგენილია სეტყვიანი დღეების რიცხვის ცვალებადობის გამოკვლევის ძირითადი შედეგები, რომლებიც ჩატარებულ მიღებულია ხუთი წლის განმავლობაში საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტისა და საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამოთვლითი მათემატიკის ინსტიტუტის მიერ.

**The basic results of studies of the changeability of the  
number of days with the hail into the warm half-year in Georgia  
in 1941-1990**

**T. Khurodze**

**Abstract**

The basic results of studies of the changeability of the number of days with the hail into the warm half-year in Georgia in 1941-1990, which were carried out by the Institute of Geophysics of GAS and by the Institute of Computational Mathematics of GAS for the last five years are represented.