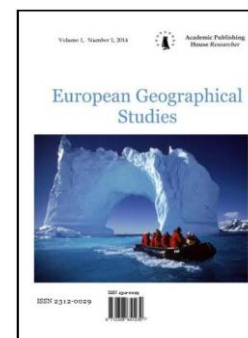


Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
European Geographical Studies
Has been issued since 2014.
ISSN: 2312-0029
Vol. 2, No. 2, pp. 55-69, 2014

DOI: 10.13187/egs.2014.2.55
www.ejournal9.com



UDC 551.59

Hailstorms in the Territory of Georgia

- ¹ Elizbar Sh. Elizbarashvili
² Avtandil G. Amiranashvili
³ Otar Sh. Varazanashvili
⁴ Nino S. Tsereteli
⁵ Mariam E. Elizbarashvili
⁶ Shalva E. Elizbarashvili
⁷ Mixail G. Pipia

¹ I. Gogebashvili Telavi State University, Georgia

Kartuli Universiteti St. 1, Telavi, 2200

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Georgia

D.Agmahenebeli ave. 150a, Tbilisi, 0112

Doctor (Geography), Professor

E-mail: eelizbar@hotmail.com

² M.Nodia Institute of Geophysics, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

M.Aleksidze str. 1, Tbilisi 0171

Doctor (Physical and Math Science), Senior Scientist

E-mail: avto_amiranashvili@hotmail.com

³ M.Nodia Institute of Geophysics, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

M.Aleksidze str. 1, Tbilisi 0171

Doctor (Physical and Math Science), Senior Scientist

E-mail: otarivar@yahoo.com

⁴ M.Nodia Institute of Geophysics, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

M.Aleksidze str. 1, Tbilisi 0171

Doctor (Physical and Math Science), Senior Scientist

E-mail: nino ts@ig.acnet.ge

⁵ Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

I.Chavchavadze ave. 1, Tbilisi, 0128

Doctor (Geography), Associate Professor

E-mail: mariam.elizbarashvili@tsu.ge

⁶ Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Georgia

D.Agmahenebeli ave. 150a, Tbilisi, 0112

Doctor (Geography), Senior Scientists

E-mail: info@ball.com

⁷ I. Gogebashvili Telavi State University, Georgia

Kartuli Universiteti St. 1, Telavi, 2200

PhD Student

E-mail: mishapipia@yahoo.com

Abstract

The material of observations of 50 meteorological stations, covering the period from 1961 – 2012, was used to study the number of days of hailstorm, periods of their fall, their intensity, duration and areas of hailstorms. Intensity was classified and a geoinformational map of regularity of hailstorms was developed. Obtained results will be used upon the resumption of fight against hailstorms.

Keywords: Hailstorms; intensity; duration; possibility; global warming.

Введение

Град является опасным явлением погоды, который наносит огромный ущерб экономике, в особенности сельскому хозяйству, уничтожая нередко полностью или значительно повреждая посевы, растения, сады, виноградники, истребляя домашний скот, разрушая здания и различные сооружения. В редких случаях град может быть причиной гибели людей. Выпадение града составляет проблему для многих стран мира – Италии, Франции, США, России, Молдавии, Австралии, Венгрии, Польши, Китая, Аргентины, стран Закавказья и Средней Азии и т.д.

Проблеме града в условиях Грузии посвящена многочисленная литература, охватывающая широкий спектр исследований, начиная от климатологии града [6, 10, 11, 19, 20], кончая механизмом его образования [7 и др.], и методами и результатами воздействия на градовые процессы [12, 14]. Именно Грузия была одной из первых стран Мира, где еще в 1960-е годы была организована специализированная служба борьбы с градом, которая защищала территорию площадью около 200 тыс. га.

Противоградовые работы были прерваны после распада СССР, однако в последние годы, в результате катастрофических градобитий, принесших существенный материальный ущерб, Правительством Грузии был поставлен вопрос о возобновлении работ борьбы с градом. Решение этой проблемы было поручено Институтам Гидрометеорологии и Геофизики [4]. Это поставило в повестку дня необходимость исследования пространственной структуры числа дней с градом, его периодичности, интенсивности, продолжительности, изменчивости и ареалов градобитий на основе современных материалов, что и было целью настоящей статьи.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала были использованы данные наблюдений 50 метеорологических станций Грузии за период 1961–2012 годы. На основе этих данных был составлен каталог градобитий для территории Грузии. Используются методы статистического, регрессионного и геоинформационного анализа.

Обсуждение результатов

Число дней с градом. Одним из важных показателей градобития является число дней с градом. Распределение числа дней с градом на территории Грузии в значительной степени зависит от физико-географических условий, главным образом от орографии и близости моря. Большое влияние оказывают возвышенности и горы, в предгорных и горных районах, перед препятствиями, усиливается турбулентность в приземном слое воздуха и увеличивается конвективная облачность. Это сказывается на характере распределения числа дней с градом (таблица 1).

Таблица 1.

Число дней с градом и период выпадения (месяцы)

Район	Пункт	Высота над у.м. (м)	Среднее число дней за год	Наибольшее число дней	Период выпадения (месяцы)
I. Черноморское побережье и Колхидская низменность	Батуми	5	1.5	6	В течение года
	Поти	1	2	9	В течение года
	Кутаиси	114	0.5	3	В течение года

II.Кахетия	Телави	568	2.8	7	III-XI
	Сагареджо	802	2.6	5	III-X
III.Южно-Грузинское нагорье	Ахалкалаки	1716	7	16	III-XI
	Бакуриани	1665	9.5	23	III-XI
	Цхрацкаро	2466	8	11	IV-XI
IV.Центральная часть Большого Кавказа	Гудаури	2194	9	21	II-XI
	Крестовый пер.	2395	6	13	IV-X
	Мамисонс Кий пер.	2854	8	20	V-X

Из таблицы 1 следует, что наименьшее число дней с градом наблюдается на Черноморском побережье и в Колхидской низменности. Здесь среднее число дней с градом за год не превышает 2, а наибольшее число дней с градом достигает 9 (Поти). Град может выпасть в течение года в любом месяце. В отличие от Восточной Грузии здесь наблюдаются зимние и поздние осенние градобития, возникающие в циклонах, ложбинах циклонов, в передней части гребней и в малоградиентных полях давления.

В Восточной Грузии число дней с градом увеличивается и в Кахетии составляет 2–3, на Южно-Грузинском нагорье – 7–10, а в центральной части Большого Кавказа – более 6. Наибольшее же число дней с градом на Южно-Грузинском нагорье и в центральной части Большого Кавказа превышает 20 в течение года. Здесь градовые процессы отмечаются в теплый период года, и наиболее активны весной и в первой половине лета, когда создаются благоприятные условия для развития конвективных облаков. В сезонном ходе числа дней с градом максимум приходится в основном в мае и июне, в Центральной части Большого Кавказа вторичный максимум выпадения града отмечается в сентябре.

Существенное влияние на распределение числа дней с градом оказывает высота местности. Увеличение высоты места на 200 м на Среднерусской возвышенности приводит к возрастанию числа дней с градом в 2 раза [17], а в горах Северного Кавказа повышение высоты места от 500–700 м до 2500 м вызывает увеличение числа дней с градом в 2–3 раза. При дальнейшем увеличении высоты число дней с градом не меняется, а начиная с высоты 3000 м убывает [18].

Из таблицы 1 следует, что в горах Грузии число дней с градом с высотой также увеличивается. Эффект увеличения числа градобитий усиливается в результате развития восходящих потоков перед препятствиями, усиления турбулентности в приземном слое воздуха и, как следствие, увеличения конвективной облачности. Однако, характер изменения числа дней с градом с высотой зависит от конкретного района, его климатических особенностей, экспозиции склона и других факторов.

На рис 1 представлен пример изменения числа дней с градом с высотой местности для центральной части южного склона Большого Кавказа.

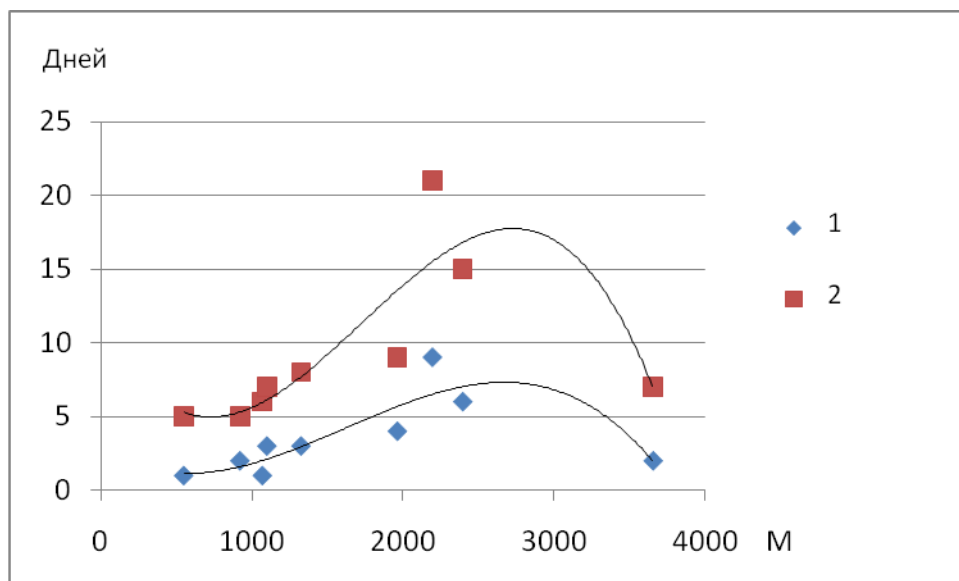


Рис. 1. Изменение годового числа дней с градом с высотой в центральной части южного склона Большого Кавказа: 1- среднее число дней ($y=-0.9x^3-0.6x^2-0.006x+2.756$; $R^2=0.776$); 2-наибольшее число дней ($y=-0.9x^3-0.5x^2-0.018x+11.17$; $R^2=0.759$). x - высота; y - число дней. R^2 - корреляционное отношение

Из рис. 1 следует, что увеличение числа градобитий продолжается до высоты 2500–2800 м, а далее уменьшается, что хорошо согласуется с исследованиями Г.К.Сулаквелидзе для северного Кавказа [18]. Изменение числа дней с градом с высотой удовлетворительно описывается полиномом 3-й степени.

Для детального представления о пространственной структуре числа дней с градом приводим геоинформационную карту среднего числа дней с градом на территории Грузии (рис. 2).

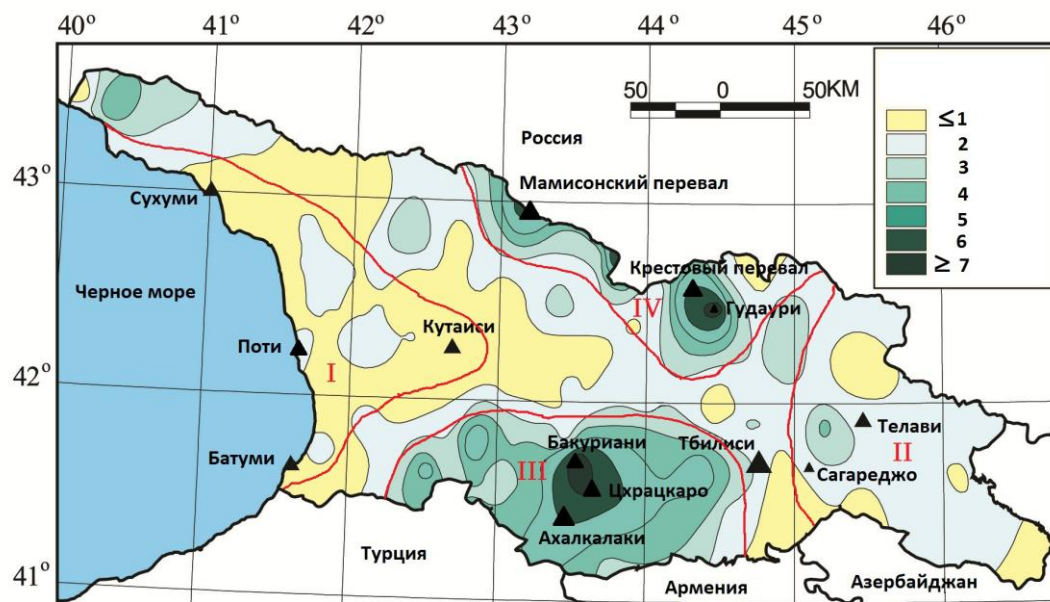


Рис. 2. Среднее число дней с градом (год) и районы в соответствии с таблицей 1

Рис. 2 подтверждает, что градовые процессы наиболее активны на Южно-Грузинском нагорье и в центральной части Большого Кавказа, а наименее активны на черноморском побережье и в Колхидской низменности.

Исследование многолетних рядов числа дней с градом показало, что распределение числа дней с градом во всех районах Грузии вполне удовлетворительно описывается функцией Пуассона:

$$P(X) = \frac{e^{-m} \times m^x}{x!}$$

где p - вероятность, m - среднее значение числа дней с градом, x - произвольное значение числа дней с градом.

Это означает, что по формуле Пуассона можно рассчитать вероятность произвольного числа дней с градом без обращения к исходному материалу наблюдения, зная лишь среднее число дней с градом. Для расчетов следует использовать готовые таблицы [15].

Интенсивность градобитий. Интенсивность градобитий в значительной степени зависит от размеров градин и продолжительности градобития. Диаметр градин колеблется в широких пределах, от нескольких миллиметров, до нескольких сантиметров. Согласно В.М. Гигинеишвили [11] максимальный диаметр града, выпавшего в Восточной Грузии составляет 4–5 см. В Самсарском районе Восточной Грузии И.Г. Бартишвили [7] отмечает выпадение градин диаметром 3 см, а по Г.С. Воронову [9] в Алазанской долине той же Восточной Грузии преимущественно выпадают градины диаметром 1.4–1.8 см. Г.К. Сулаквелидзе приводит факт выпадения града на Северном Кавказе диаметром 8 см [18]. Чем больше размеры градин, тем сильнее эффект воздействия, например, градины диаметром более 5 см оказывают очень сильный – катастрофический эффект. С уменьшением размеров градин эффект воздействия уменьшается и градины диаметром менее 5 мм оказывают слабый эффект.

Стандартные наблюдения над размерами градин Гидрометслужба Грузии не проводила, поэтому интенсивность градобитий оценивалась по величине поврежденной площади, вместе с тем, в классификации интенсивности градобития учитывались и размеры градин (таблица 2).

Таблица 2.

Интенсивность градобития и возможное повреждение и ущерб

Интенсивность в баллах	Диаметр Градин мм	Поврежденная площадь на 100% кв.км	Эффект	Возможное повреждение и ущерб
1	≤5	< 1	слабый	Частично повреждены посевы и листья деревьев.
2	6-10	1 - 5	умеренный	Заметно повреждены сады, виноградники, зерновые культуры и посевы.
3	11-20	6 - 10	средний	Повреждены парники, окна зданий и транспортных средств, порваны палатки, частично повреждены крыши зданий, повреждены сады, виноградники и посевы зерновых культур.
4	21-50	11 - 50	сильный	Полностью уничтожены посевы, пробиты крыши домов, стекла окон, побиты домашние птицы и мелкий скот.

				Повреждены стены кирпичных зданий, разбиты стекла транспортных средств. Существует риск повреждения корпусов легких самолетов.
5	> 50	> 50	очень сильный	Полностью уничтожены урожаи сельскохозяйственных культур, посевы и пастбища. Разрушены деревянные здания, серьезно повреждены кирпичные здания, корпуса самолетов и автомобилей, разрушены крыши некоторых зданий. Имеются жертвы домашнего скота, риск гибели людей.

На рис. 3 представлена гистограмма повторяемости различных интенсивностей градобитий в различных физико-географических условиях Грузии.

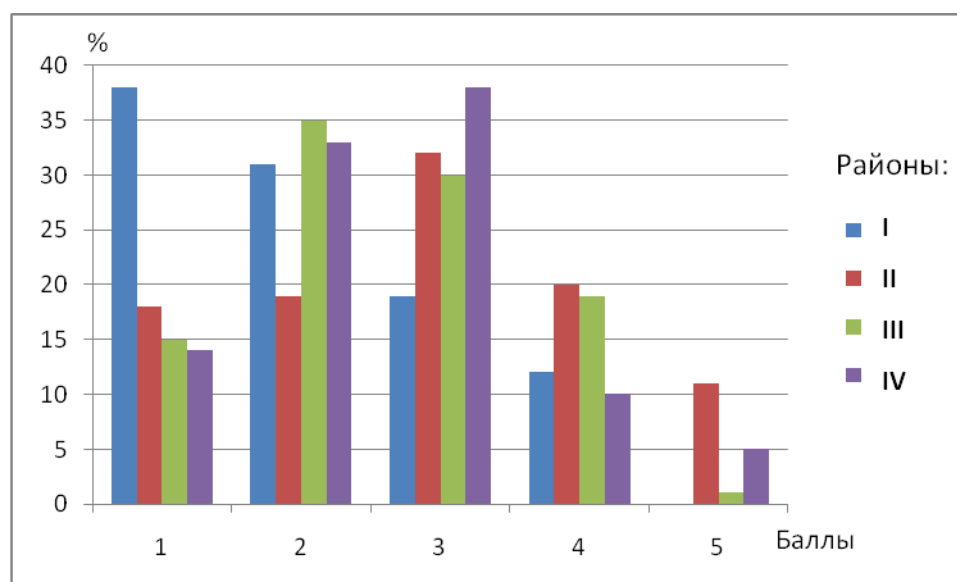


Рис. 3. Повторяемость различных интенсивностей градобитий по районам:
 I - Черноморское побережье и Колхидская низменность; II - Кахетия;
 III - Южно-Грузинское нагорье; IV - Центральная часть Большого Кавказа

Из рис. 3 следует, что функции распределения вероятностей различных интенсивностей градобитий в различных географических условиях различны. На Черноморском побережье и в Колхидской низменности модальное значение интенсивности градобития приходится на первую градацию. На Южно-Грузинском нагорье мода интенсивности смещается на вторую, а в Кахетии и на Большом Кавказе – на третью

градации. Катастрофические же градобития, когда их интенсивность составляет 5 баллов в Кахетии отмечается в 11%, а в Центральной части Большого Кавказа в 5 % случаях. Таким образом в Кахети и на Большом Кавказе преобладают более интенсивные градобития, чем на Южно-Грузинском нагорье.

Ареалы градобитий. Наиболее часто град возникает при прохождении холодных фронтов [11, 13, 17, 18 и др.], однако местные орографические условия, в результате сильного перегрева подстилающей поверхности, а также неустойчивость стратификации воздушной массы, могут усилить процесс конвекции. Вместе с этим, аэросиноптические условия возникновения градовых ситуаций существенно зависят от географического положения региона и орографических особенностей. Например, по данным Л.Дж. Баттан [8] аэросиноптические условия выпадения крупного града над Великими равнинами создаются, когда у поверхности земли на севере движется теплый влажный воздух, на который с гор натекает западный поток относительно сухого холодного воздуха. Наиболее интенсивные градобития в Польше в 38 % случаях наблюдаются при прохождении холодного фронта [23]. Согласно Н.И. Глушковой [13] вероятность выпадения града при прохождении холодного фронта составляет на Северном Кавказе – 21 %, а в Армении – 11 %. Вместе с тем, вероятность градобитий при внутримассовых процессах составляет в Польше – 33 %, в Армении – 10 %, а в Северном Кавказе – 2 %. По данным В.М. Гигинеишвили [11] вероятность выпадения града на территории Грузии при прохождении холодного фронта составляет 44 %, при волновом возмущении на юге – 24 %, а при внутримассовых конвективных процессах составляет 17 %. В первых двух случаях градовый процесс обычно охватывает большие площади, а в третьем случае, связанном с конвективными процессами, площадь выпадения града сравнительно небольшая.

Выпавший град образует на поверхности земли градовую дорожку. Градовые дорожки исследовались многими авторами [11, 17, 18 и др.]. Согласно В.М. Гигинеишвили [11] в Восточной Грузии средняя длина градовых дорожек колеблется в пределах 20–30 км, а средняя ширина колеблется в пределах 5–7 км, таким образом площадь занятая градобитием составляет в среднем 100–200 кв.км. Максимальная длина градовых дорожек также по данным В.М. Гигинеишвили составляет 100 км, а максимальная ширина равна 10 км. На Северном Кавказе максимальная длина градовой дорожки оценена величиной примерно в 400 км [18].

Согласно проведенному нами анализу град наиболее часто повреждает территорию площадью от 1 до 5, а также менее 1 кв.км (соответственно в 37 и 34 %). Территории площадью более 5 кв.км повреждаются на 100 % в менее 30 % случаях (рис. 4). В 26 % случаях полностью повреждаются территории площадью от 5 до 50 кв.км. Однако редко градобитие повреждает более значительные территории, например территория площадью более 50 кв.км на 100 % повреждается в 3 % случаях градобития.

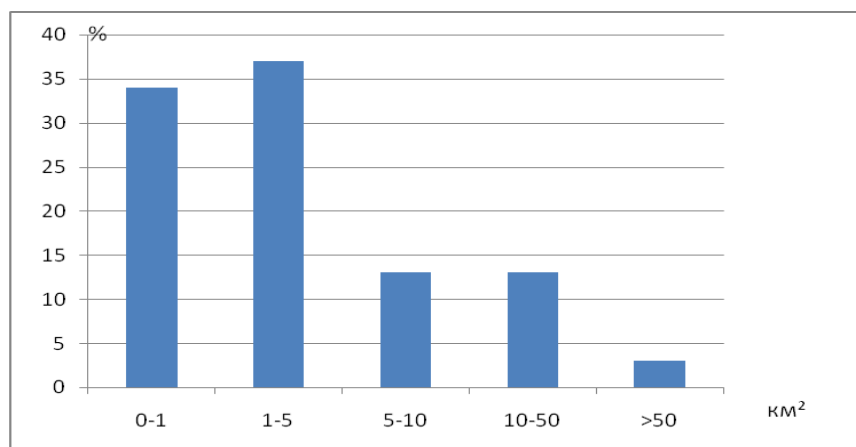


Рис. 4. Повторяемость различных ареалов градобитий поврежденных на 100 %

О градобитии, как о чрезвычайно опасном явлении для Грузии, имеются записи древних летописцев, а с середины XIX века газеты систематически публиковали сообщения

о последствиях градобития. Например, газета «Иверия» в июле 1877 года сообщала о выпадении града с голубинное яйцо, уничтожившей посевы и виноградники в Гурджаанском районе. В 1969 году интенсивное градобитие в Хулойском районе (Западная Грузия) на 100 % уничтожило 307 га плантаций табака, полевых культур (740 га), кукурузы (198 га), плодовых культур (109 га), картофеля (19 га), бахчевых культур (15 га), виноградников (9 га). Аналогичные случаи об опустошительных последствиях градобития имелись и в других районах Земного Шара. Например, 19–20 июля 1965 года в районе Тихорецка на Северном Кавказе выпал град размером со спичечную коробку. Были повреждены крыши и стены домов, сельскохозяйственные посевы, побито много домашней птицы [10].

Из таблицы 3, где представлены сведения о поврежденных на 100 % территории и соответствующий ущерб при некоторых градобитиях в Грузии, следует, что наиболее часто на значительных территориях градобитие отмечается в Кахети, в основном на Алазанской долине и на Цив-Гомборском хребте. При этом оно причиняет довольно значительный ущерб, который исчисляется в несколько десятков миллионов долларов США. Поэтому первая противорадовая служба еще в 1960-е годы была развернута именно на этой территории. Здесь же намечается возобновление в настоящее время противорадовых работ.

Таблица 3.

Поврежденные на 100% территории и соответствующий ущерб при некоторых градобитиях

Год	месяц	Число	Площадь кв.км.	Ущерб млн долларов США	Район (центр наибольшей интенсивности)
1978	май	28	129	21.552	Кахети (Сигнахи)
1982	май	20	34	7.370	Кахети (Гурджаани, Дедопдисцкаро)
1982	июль	5	72	9.360	Южно-Грузинское нагорье (Ахалкалаки)
1986	май	21	30	5.840	Кахети (Руиспири, Гурджаани)
1987	май	9	121	26.0	Кахети (Удабно, Нукриани)
1987	май	12	42	9.130	Кахети (Напареули)
1987	июнь	4	18	3.810	Кахети (Гавази)
2012	июль	19	35	30.150	Кахети (Телави)

Продолжительность градобитий. Надежных данных о продолжительности града не имеются. По данным Г.К. Сулаквелидзе [18] средняя продолжительность града не превышает 80 мин, а максимальная продолжительность градобития на Северном Кавказе в 1966 году составила 360 мин. По данным других авторов средняя продолжительность града колеблется в пределах 5–10 мин. Г.К Сулаквелидзе в своей же монографии приводит данные согласно которым наибольшая продолжительность града на европейской территории СНГ составила 20–30 мин, в Австралии – 50 мин, в США – 90 мин и т.д.

На рис. 5 представлена гистограмма повторяемости различных продолжительностей градобитий на территории Грузии. Из рис. 5 следует, что в около 60 % случаях продолжительность града составляет менее 5 мин, в 80 % случаях составляет менее 10 мин. Повторяемость продолжительности града более полчаса составляет всего 3 %, а повторяемость градобития продолжительностью более часа составляет менее 1 %. Исходя из этих данных средняя продолжительность градобития составляет 9–10 мин.

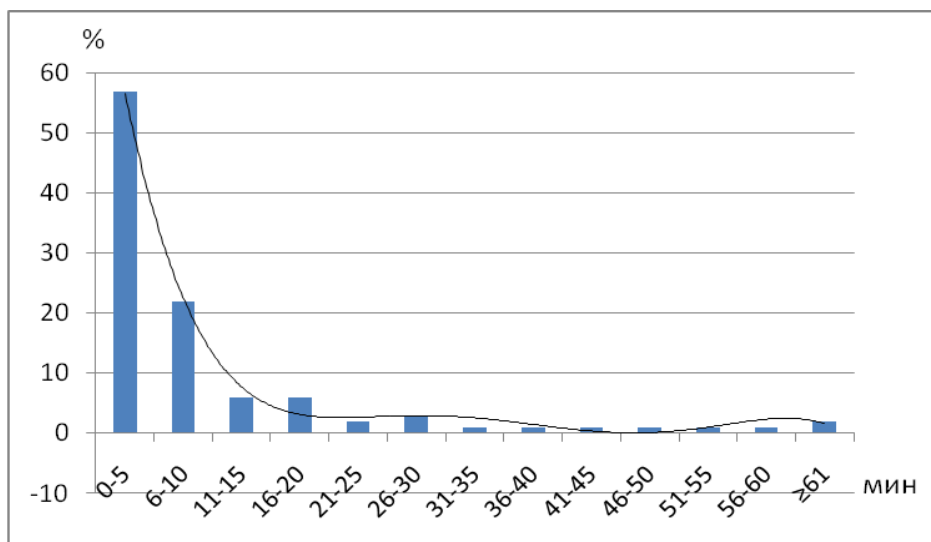


Рис. 5. Повторяемость различных продолжительностей градобитий и соответствующее уравнение регрессии: ($y = -0.005x^5 + 0.212x^4 - 3.325x^3 + 24.84x^2 - 88.39x + 123.3$; $R^2 = 0.994$) x - продолжительность; y - повторяемость. R^2 - корреляционное отношение

Представленная на рис. 5 гистограмма хорошо описывается полиномом 5-й степени. По этому полиному можно рассчитать вероятность любой продолжительности градобития.

Согласно составленному нами каталогу наиболее продолжительные градобития отмечены 21 мая 1982 года в Кахети (Сигнаги, Анага, Гурджаани, Тибаани), когда выпадение града длилось 240 мин, а также 8 июня 1986 года на Южно-Грузинском нагорье (Цалка), когда градобитие продолжалось 210 мин. В первом случае ущерб составил более 13 млн, а во втором случае – около 3 млн долларов США.

Выпадение града возможно в любое время суток, однако наиболее часто град выпадает во второй половине дня, преимущественно в полуденные или вечерние часы. В около 80 % случаях град выпадает за период с 12 по 21 час. Наибольшая вероятность выпадения града соответствует периоду с 15 до 18 час (37 %). С 12 до 15 час град выпадает в 26 % случаях. В ночное время суток, с 24 до 6 час утра, вероятность выпадения града составляет всего 5 %.

Количество и интенсивность выпавших осадков. Во время градобития, одновременно с градом на земле выпадают жидкие осадки, более того градобития нередко сопровождаются интенсивными ливнями и шквалами. Сумма выпавших при этом осадков по нашим подсчетам колеблется в широком диапазоне от нескольких мм до 10 см и более. В среднем она в 3–4 раза превосходит средней суточной суммы осадков, выпадающих в день с осадками за теплый период года. В частности средняя суточная сумма осадков за теплый период года на территории Грузии колеблется в пределах 3–6 мм, в то время, как в день выпадения града среднее количество выпавших осадков составляет 14–20 мм.

Как было показано, средняя продолжительность градобития составляет 9–10 мин, следовательно среднюю интенсивность выпадения осадков при градобитии можно оценить величиной равной 1.4–2 мм/мин, что в 2 раза превышает оценкам Г.К.Сулаквелидзе [18] для Северного Кавказа, хотя по его же данным в отдельных случаях интенсивность осадков может достичь величины 4 мм/мин.

Из рис. 6 следует, что наиболее часто выпавшее при градобитии количество осадков в условиях Кахети составляет 11–30 мм. Повторяемость выпадения такого количества осадков составляет 36 %. В 31 % случаях количество выпавших осадков колеблется в пределах 6–10 мм, в 26 % сумма осадков не превышает 5 мм. В 5 % случаях количество осадков составляет 30–50 мм, а в менее 2 % случаях, количество выпавших осадков при градобитиях может превысить 100 мм. Такие случаи отмечались в Тбилиси (11.05.1940; 14.08.1957; 29.05.1972), в Тетри Цкаро (13.06.1973), в Сухуми (17.05.1972) и т.д.

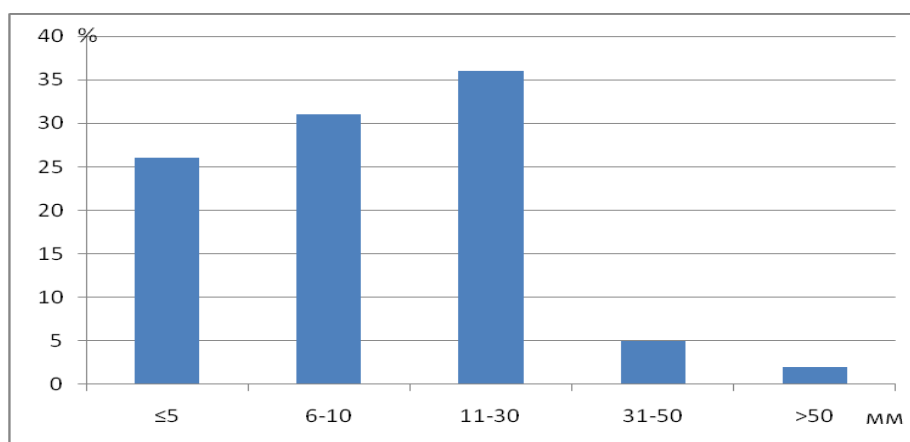


Рис. 6. Повторяемость различного количества атмосферных осадков при градобитиях на территории Кахети

Многолетняя изменчивость градобитий. Современное антропогенное изменение климата может повлиять на микрофизические и электрические свойства облаков, обуславливающих интенсивность грозовых и градовых процессов. Эффект воздействия при этом в значительной степени зависит от физико-географических условий и создавшихся экологических ситуаций. Существенные исследования в этом направлении ведутся в Высокогорном Геофизическом Институте Роскомгидромета [1, 2, 16 и др.].

Для условий Грузии в работах [5, 21] представлены результаты исследования изменчивости числа дней с градом в теплое полугодие (апрель-сентябрь) за период с 1941 по 1990 гг. по данным 122 метеорологических станций (81 станция для Западной Грузии и 41 станция для Восточной Грузии). Было установлено, что уменьшение среднего числа градобитий в указанные периоды времени для всей территории Грузии отмечается на 65 станциях (в Восточной и Западной Грузии соответственно на 21 и 47 станциях), увеличение – на 14 станциях (в Восточной и Западной Грузии соответственно на 6 и 4 станциях), неизменность – на 43 станциях (в Восточной и Западной Грузии соответственно на 14 и 30 станциях).

На рис. 7 представлены тренды среднего на метеорологическую станцию числа дней с градом в теплое года за период 1941–1990 годы по данным [5]. В целом на обеих указанных территориях Грузии наблюдались отрицательные тренды. При этом в Восточной Грузии убывание числа дней происходило более интенсивно, чем в Западной, соответствующие коэффициенты детерминации равны 0.53 и 0.50. Возможно это связано с особенностями изменения климата в этих районах Грузии, или с активными воздействиями на градовые процессы, проводимыми в Восточной Грузии. Более подробно этот вопрос рассмотрен в работах [3, 22], согласно которым на защищаемых территориях, по сравнению с контрольными, уменьшение числа дней с градом происходило с меньшими темпами. Возможно это происходило в результате роста антропогенного загрязнения атмосферы на защищаемой территории (контрольные территории расположены в экологически более чистой местности). Нужно отметить, что рост антропогенного загрязнения атмосферы оказывал существенное влияние на динамику градовых процессов и эффективность работы противоградовой службы в Кахетии. В частности, в 1967–1984 гг. в Кахетии отмечались некоторое увеличение ожидаемого и фактического количества случаев града; количества градоопасных облаков, подвергнутых воздействию; доли градовых облаков из подвергнутых воздействию; доли защищаемой территории, поврежденной градом на 100 %. В то же время отмечалось уменьшение площадей, пораженных градом на 100 % одним градобитием [3].

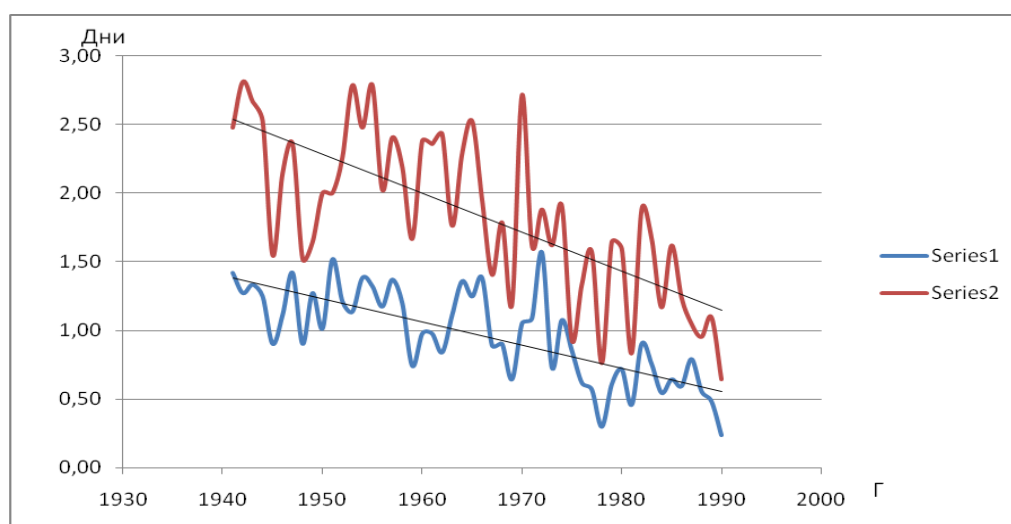


Рис. 7. Изменение среднего на метеорологическую станцию числа дней с градом за теплый период года 1941–1990 годов и соответствующие уравнения регрессии: 1 – Западная Грузия ($y = -0.016x + 34.11$; $R^2 = 0.54$); 2 – Восточная Грузия ($y = -0.028x + 57.88$; $R^2 = 0.51$) x - годы; Y - число дней; R^2 - корреляционное отношение

Детальное исследование влияния глобального потепления на климатологию града и методы оценки физической эффективности противогорадовой защиты, учитывающий тренд градоопасности региона, выполнено для Северного Кавказа [16]. К сожалению, из-за отсутствия надежных данных наблюдений за последние годы, а также отсутствия соответствующей противогорадовой службы, эта проблема для условий Грузии к настоящему времени не может быть рассмотрена. На территории за последние два десятилетия функционирует всего 18 метеостанций. Тем не менее некоторое представление об этом дает таблица 4, где представлены данные для метеостанции Телави, которая функционирует и в настоящее время, где проводились производственные работы по борьбе с градом. В таблице 4 представлены данные об изменчивости среднего числа дней с градом в теплое полугодие в Телави в годы без воздействия (1941–1960, 1990–2012) и с воздействием (1970–1989) на градовые процессы. Как следует из этой таблицы, в годы с воздействием происходило уменьшение числа дней с градом. В периоды без воздействия среднее число дней с градом в Телави незначительно отличаются друг от друга.

Таблица 4.

Статистические характеристики числа дней с градом в годы без воздействия (1941–1960 и 1990–2012) и с воздействием (1970–1989) на градовые облака

Годы	1941–1960	1970–1989	1990–2012
Среднее	2.45	1.3	2.2
Среднее квадратическое отклонение	1.70	1.38	0.90

Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать следующие основные выводы:

- наименьшее число дней с градом наблюдается на черноморском побережье и в Колхидской низменности (менее 2). Число дней с градом в Кахетии составляет 2–3, на Южно-Грузинском нагорье – 3–10, а в центральной части Большого Кавказа – более 6. Наибольшее число дней с градом на Южно-Грузинском нагорье и в центральной части Большого Кавказа превышает 20 в течение года. Здесь градовые процессы активны весной и в первой половине лета, когда создаются благоприятные условия для развития конвективных облаков;

- несмотря на то, что в Кахетии число дней с градом сравнительно меньше, чем на Южно-Грузинском нагорье и в Центральном Кавказе, в Кахетии град более интенсивен, катастрофические градобития, когда их интенсивность составляет 5 баллов в Кахетии отмечается в 11%, а в Центральной части Большого Кавказа в 5 % случаях;

- градобитие наиболее часто повреждает территорию площадью от 1 до 5, а также менее 1 кв.км (соответственно в 37 и 34 %). Территории площадью более 5 кв.км повреждаются на 100 % в менее 30 % случаях. Наиболее часто на значительных территориях градобитие отмечается в Кахети, в основном в Алазанской долине и на Цив-Гомборском хребте;

- в около 60 % случаях продолжительность града составляет менее 5 мин, в 80 % случаях составляет менее 10 мин. Повторяемость продолжительности града более пол часа составляет всего 3 %, а повторяемость градобития продолжительностью более часа составляет менее 1 %. Средняя продолжительность градобития составляет 9–10 мин;

- наиболее часто при градобитиях выпавшее количество осадков составляет 11–30 мм (36 %).

- средняя интенсивность выпадения осадков при градобитии составляет 1.4–2 мм/мин.

В заключении отметим, что работа выполнена при финансовой поддержке национального научного фонда Шота Руставели.

Примечания:

1. Абшаев М.Т., Малкарова А.М. Оценка эффективности предотвращения града. СПб., Гидрометеоздат, 2006. 280 с.

2. Абшаев М.Т., Малкарова А.М., Борисова Н.А. О тенденции изменения режима осадков и частоты опасных явлений погоды на Северном Кавказе. Труды ВГИ, 2005, вып.94, с.27-34.

3. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Блиадзе Т.Г., Нодия А.Г., Чихладзе В.А., Бахсолиани М.Г., Хуродзе Т.В. Особенности многолетней изменчивости градобитий в Кахетии. Труды института географии АН Грузии, т. 21, 2003, с. 58-79. (на грузинском языке).

4. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Читанава Р.Б. О необходимости возобновления работ по искусственному регулированию атмосферных процессов в Грузии. Международная конференция «Актуальные проблемы гидрометеорологии и экологии». Тбилиси 28-30 мая 2013 г. 2013. с. 150-158.

5. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Торонджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. Изменчивость числа дней с градом в Грузии в 1941-1990 гг. Труды Института Геофизики АН Грузии, т. 58, 2004. с. 127-132.

6. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Торонджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. Некоторые статистические характеристики числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941–1990 гг. Труды института Геофизики АН Грузии, т.58, 2004. с. 133-141.

7. Бартишвили И.Т., Надибаидзе Г.А., Бегалишвили Н.А., Гудушаури Ш.Л. К физическим основам метода ЗакНИГМИ борьбы с градом. Труды ЗакНИГМИ, вып.67(73), 1978. с. 73-82.

8. Батган Л.Дж. Радиолокационная метеорология. Ленинград, Гидрометеоздат, 1962. 157 с.

9. Воронов Г.С. Некоторые данные исследования града в Алазанской долине. Труды ЦАО, вып. 65, 1965. с. 37-45.

10. Гагуа В.П. Град. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Ленинград, Гидрометеоздат, 1971. с. 121-133.

11. Гигинеишвили В.М. Градобития в Восточной Грузии. Ленинград, Гидрометеоздат, 1960. 123 с.

12. Гигинеишвили В.М., Ломинадзе В.П. Некоторые вопросы организации градовой службы в Алазанской долине. Труды ЗакНИГМИ, вып.16(22), 1964. с.93-97.

13. Глушкова Н.И., Беленцова В.А. Аэросиноптические условия наблюдаемые при развитии градово-грозовых процессов на Северном Кавказе. Труды ВГИ, вып.2, 1968. с. 5-10.

14. Карцивадзе А.И., Салуквадзе Т.Г., Лапинкас В.А. Некоторые вопросы методики воздействия на градовые процессы с использованием противоградовой системы «Алазани». Труды института Геофизики АН Грузии, т.26. 1975. с.13-27.

15. Кобышева Н.В. Косвенные расчеты климатических характеристик. Ленинград, Гидрометеоздат, 1971. 190 с.

16. Малкарова А.М. Оценка физической эффективности противогодовой защиты с учетом тенденции изменения климатологии града. *Метеорология и гидрология*. 2011. №6. с. 55-64.
17. Пастух В.П., Сохрина Р.Ф. Град на территории СССР. *Труды ГГО*, вып. 74, 1967. с. 3-21.
18. Сулаквелидзе Г.К. Ливневые осадки и град. Ленинград, Гидрометеиздат, 1967. 412 с.
19. Сухишвили Э.В. Град. Климат и климатические ресурсы Грузии. Ленинград, Гидрометеиздат, 1971. С. 313-318.
20. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Стихийные метеорологические явления на территории Грузии. Тбилиси, 2012. 104 с.
21. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Nodia A.G., Khurodze T.V., Toronjadze A.F., Bibilashvili T.N. Spatial-Temporary Characteristics of Number of Days with a Hails in the Warm Period of Year in Georgia. Proc. 14th International Conference on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-uly 2004, pp. 2_2_215.1-2_2_215.2.
22. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T., Kartvelishvili L., Chumburidze Z., Mkurnalidze I., Chikhradze N. Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions o Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. *Bull. of the Georgian Acad. of Sciences*, 172, N3, 2005. pp. 484-486.
23. Kozminski Cz. Wstepne Badania nad motodyka statystycznych opracowan opadow Gradu w Polsce. *Leszyty naukow wyzcej szkoły Rolniczy w czczecinie*. №11, 1963, p.11-18.

References:

1. Abshaev M.T., Malkarova A.M. Otsenka effektivnosti predotvrashcheniya grada. SPb., *Gidrometeoizdat*, 2006. 280 s.
2. Abshaev M.T., Malkarova A.M., Borisova N.A. O tendentsii izmeneniya rezhima osadkov i chastoty opasnykh yavlenii pogody na Severnom Kavkaze. *Trudy VGI*, 2005, vyp.94, s.27-34.
3. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Bliadze T.G., Nodiya A.G., Chikhladze V.A., Bakhsoliani M.G., Khurodze T.V. Osobennosti mnogoletnei izmenchivosti gradobitii v Kakhetii. *Trudy instituta geografii AN Gruzii*, t. 21, 2003, s. 58-79. (na gruzinskom yazyke).
4. Amiranashvili A.G., Bakhsoliani M.G., Begalishvili N.A., Beritashvili B.Sh., Rekhviashvili R.G., Tsintsadze T.N., Chitanava R.B. O neobkhodimosti vozobnovleniya rabot po iskustvennomu regulirovaniyu atmosferykh protsessov v Gruzii. *Mezhdunarodnaya konferentsiya «Aktual'nye problemy gidrometeorologii i ekologii»*. Tbilisi 28-30 maya 2013 g. 2013. s.150-158.
5. Amiranashvili A.G., Nodiya A.G., Torondzhadze A.F., Khurodze T.V. Izmenchivost' chisla dnei s gradom v Gruzii v 1941-1990 gg. *Trudy Instituta Geofiziki AN Gruzii*, t. 58, 2004. s. 127-132.
6. Amiranashvili A.G., Nodiya A.G., Torondzhadze A.F., Khurodze T.V. Nekotorye statisticheskie kharakteristiki chisla dnei s gradom v teploe polugodie v Gruzii v 1941-1990 gg. *Trudy instituta Geofiziki AN Gruzii*, t.58, 2004. s.133-141.
7. Bartishvili I.T., Nadibaidze G.A., Begalishvili N.A., Gudushauri Sh.L. K fizicheskim osnovam metoda ZakNIGMI bor'by s gradom. *Trudy ZakNIGMI*, vyp.67(73), 1978. s.73-82.
8. Battan L.Dzh. Radiolokatsionnaya meteorologiya. Ленинград, *Gidrometeoizdat*, 1962. 157 s.
9. Voronov G.S. Nekotorye dannye issledovaniya grada v Alazanskoi doline. *Trudy TsAO*, vyp.65, 1965. s. 37-45.
10. Gagua V.P. Grad. Opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya na Kavkaze. Ленинград, *Gidrometeoizdat*, 1971. s. 121-133.
11. Gigineishvili V.M. Gradobitiya v Vostochnoi Gruzii. Ленинград, *Gidrometeoizdat*, 1960. 123 s.
12. Gigineishvili V.M., Lominadze V.P. Nekotorye voprosy organizatsii gradovoi sluzhby v Alazanskoi doline. *Trudy ZakNIGMI*, vyp.16(22), 1964. s.93-97.
13. Glushkova N.I., Belentsova V.A. Aerosinopticheskie usloviya nablyudaemye pri razviti gradovo-grozovykh protsessov na Severnom Kavkaze. *Trudy VGI*, vyp.2, 1968. s. 5-10.
14. Kartsivadze A.I., Salukvadze T.G., Lapinskas V.A. Nekotorye voprosy metodiki vozdeistviya na gradovye protsessy s ispol'zovaniem protivogradovoi sistemy «Alazani». *Trudy instituta Geofiziki AN Gruzii*, t.26. 1975. s.13-27.

15. Kobysheva N.V. Kosvennye raschety klimaticheskikh kharakteristik. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1971. 190 s.
16. Malkarova A.M. Otsenka fizicheskoi effektivnosti protivogradovoi zashchity s uchedom tendentsii izmeneniya klimatologii grada. Meteorologiya i gidrologiya. 2011. №6. s.55-64.
17. Pastukh V.P., Sokhrina R.F. Grad na territorii SSSR. Trudy GGO, vyp.74, 1967. s. 3-21.
18. Sulakvelidze G.K. Livnevye osadki i grad. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1967. 412 s.
19. Sukhishvili E.V. Grad. Klimat i klimaticheskie resursy Gruzii. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1971. S. 313-318.
20. Elizbarashvili E.Sh., Elizbarashvili M.E. Stikhiinye meteorologicheskie yavleniya na territorii Gruzii. Tbilisi, 2012. 104 s.
21. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Nodia A.G., Khurodze T.V., Toronjadze A.F., Bibilashvili T.N. Spatial-Temporary Characteristics of Number of Days with a Hails in the Warm Period of Year in Georgia. Proc. 14th International Conference on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-uly 2004, pp. 2_2_215. 1-2_2_215.2.
22. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T., Kartvelishvili L., Chumburidze Z., Mkurnalidze I., Chikhradze N. Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions o Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. Bull. of the Georgian Acad. of Sciences, 172, N3, 2005. pp. 484-486.
23. Kozminski Cz. Wstepne Badania nad motodyka statystycznych opracowan opadow Gradu w Polsce. Leszyty naukow wyzcej szkoły Rolniczy w czczecinie. №11, 1963, p.11-18.

УДК 551.59

Градобитие на территории Грузии

- ¹Элизбар Шалвович Элизбарашвили
- ²Автандил Георгиевич Амиранашвили
- ³Отар Шалвович Варазанашвили
- ⁴Нина Семеновна Церетели
- ⁵Мария Элизбаровна Элизбарашвили
- ⁶Шалва Элизбарович Элизбарашвили
- ⁷Михаил Георгиевич Пипия

¹ Телавский государственный университет им. Я.Гогебашвили, Грузия
Ул. Картули Университети 1, Телави, 2200

Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Грузия
пр.Д.Агмашенебели 150 а, Тбилиси, 0112
Доктор географических наук, профессор
E-mail: eelizbar@hotmail.com

² Институт геофизики им. М.З.Нодиа Тбилисского государственного университета
им. Иванэ Джавахишвили, Грузия

Ул.М.Алексидзе 1, Тбилиси, 0171
Кандидат физико-математических наук
E-mail: avto_amiranashvili@hotmail.com

³ Институт геофизики им. М.З.Нодиа Тбилисского государственного университета
им. Иванэ Джавахишвили, Грузия

Ул.М.Алексидзе 1, Тбилиси, 0171
Кандидат физико-математических наук
E-mail: otarivar@yahoo.com

⁴ Институт геофизики им. М.З.Нодиа Тбилисского государственного университета им. Иванэ
Джавахишвили, Грузия

Ул.М.Алексидзе 1, Тбилиси, 0171
Кандидат физико-математических наук
E-mail: ninots@ig.acnet.ge

⁵ Тбилисский государственный университет им. Ив.Джавахишвили, Грузия

пр. И.Чавчавадзе 1, Тбилиси, 0128

Доктор географических наук, ассоциированный профессор

E-mail: mariam.elizbarashvili@tsu.ge

⁶ Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Грузия

пр. Д.Агмашенебели 150 а, Тбилиси, 0112

Доктор географических наук

E-mail: info@ball.com

⁷ Телавский Государственный университет им. Я.Гогешашвили, Грузия

Ул. Картули Университети 1, Телави, 2200

Докторант

E-mail: misharipia@yahoo.com

Аннотация. По материалам наблюдений 50 метеорологических станций Грузии за период 1961–2012 годы исследованы число дней с градом, периоды его выпадения, интенсивность, продолжительность, количество, изменчивость и ареалы градобитий. Разработаны классификация интенсивности и геоинформационная карта числа градобития. Полученные результаты будут использованы при возобновлении работ борьбы с градом.

Ключевые слова: Градобитие; интенсивность; продолжительность; вероятность; глобальное потепление.