

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(Росгидромет)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВЫСОКОГОРНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

ДОКЛАДЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОТКРЫТОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ПО ФИЗИКЕ ОБЛАКОВ И АКТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ
НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

08-10 сентября 2021 г.

Научные редакторы:

доктор географических наук, профессор Федченко Л.М.
кандидат физико-математических наук Бареева М.В.
кандидат физико-математических наук, доцент Созаева Л.Т.

Нальчик – 2021



Издательская типография «Принт Центр»

УДК 551.509+551.324+504.3.054

Доклады Всероссийской открытой конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Нальчик, 08-10 сентября 2021 г. / Под ред. Л.М. Федченко, М.В. Барековой, Л.Т. Созаевой. – Нальчик: Издательство «Принт Центр», 2021. – 500 с.

Сборник содержит доклады, представленные на Всероссийскую открытую конференцию по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы (08-10 сентября 2021 г.). На конференцию представлено 112 докладов, затрагивающих различные аспекты научных исследований в данной области, включая численное моделирование, натурные и лабораторные исследования, грозовое электричество, разработку и совершенствование техники и технологии активных воздействий, климатологические аспекты опасных конвективных явлений погоды и др.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов, занимающихся исследованиями в области физики облаков и активных воздействий на гидрометеорологические процессы.

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-907150-93-5

© Издательство «Принт Центр», 2021
© ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», 2021
© Коллектив авторов, 2021

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОТИВОГРАДОВЫХ РАБОТ В КАХЕТИИ (ГРУЗИЯ) И НА СЕВЕРНОМ КAVКАЗЕ (РОССИЯ) В 2016-2020 Г.Г.

Амиранашвили А.Г.¹, Лиев К.Б.², Квеселава Н.С.³, Чихладзе В.А.¹

¹Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Тбилиси, Грузия, avtandilamiranashvili@gmail.com

²ФБГУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик, Россия, buffy_li@mail.ru

³Управление по воздействию на природные явления, Государственный военный научно-технический центр «Дельта», Тбилиси, Грузия, avtandilamiranashvili@gmail.com

Представлены результаты сравнительного анализа результатов противоградовых работ в Кахетии (Грузия) и на Северном Кавказе (Россия, ФБГУ «Северо-Кавказская ВС», <http://www.vssk.ru/protgrad.html>) в 2016-2020 гг., которые проводились по сходной методике. В указанный период времени площадь защищаемой территории (тыс. га) в среднем составляла: в Кахетии – 800 (в том числе с/х назначения – 560), на Северном Кавказе – 873 (в том числе с/х назначения – 759).

Получено, в частности, что в Кахетии и на Северном Кавказе средние значения некоторых основных характеристик противоградовых работ, соответственно, следующие: число дней с воздействием – 46 и 34; общее количество обработанных облаков – 203 и 151; общее количество обработанных облаков на площади 100 тыс. га – 25 и 18; общий расход противоградовых изделий (ПГИ) – 3137 и 1516; расход ПГИ на одно облако – 16 и 10; расход ПГИ на площади 100 тыс. га – 392 и 180; ущерб от града на 100%, тыс. га – 3.25 и 1.92; эффективность противоградовых работ, % – 88 и 95.

В целом, в обоих исследуемых регионах борьба с градом проводилась достаточно успешно. В то же время отмечается, что на Северном Кавказе при меньшем расходе ПГИ эффективность противоградовых работ несколько выше, чем в Кахетии. Анализируются возможные причины этого различия.

История развития и становления противоградовых работ на Северном Кавказе и в Грузии, как и в других республиках Советского Союза и государствах постсоветского пространства, охватывает практически 65-летний период времени. С 1956 г. были начаты исследования градовых процессов в Эльбрусской экспедиции (г. Нальчик), в Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО, г. Долгопрудный), Главной геофизической обсерватории (ГГО, г. Ленинград), Среднеазиатском гидрометеорологическом институте (САНИГМИ г. Ташкент), Закавказском гидрометеорологическом институте (ЗАКНИГМИ, г. Тбилиси). Эти работы параллельно велись и в Институте геофизики АН Грузинской ССР (г. Тбилиси).

В период с 1956 по 1962 г. на основе этих исследований были разработаны первые представления о механизме образования града, и заложены основы артиллерийского и ракетного методов воздействия на градовые процессы. В 1963–1966 гг. была проведена опытная защита от градобитий на Северном Кавказе, в Молдавии, Армении и Грузии. С 1967 г. эти работы приобрели производственный характер [1, 2].

До 1990 г. в системе Госкомгидромета СССР была создана и функционировала стройная система ПГЗ, которая включала 10 территориальных ВС и ОВЧ, имевших в своем составе 96 противоградовых отрядов и 844 артиллерийских и ракетных пункта, которые в наиболее градоопасных районах страны осуществляли защиту на площади 10491 га [1, 2].

Из-за политических и экономических перемен в 1989 г. была приостановлена защита в Грузии, в 1990 г. – в Азербайджане, в 1991 г. в Армении и в 1992 г. – в Таджикистане, сокращены площади защиты в России и Молдавии. С 1990 г. прекращено применение артиллерийского комплекса. В 1996 г. не было защиты в ряде субъектов Северного Кавказа и Молдавии. Но в 1997 г. восстановлена защита в России и Молдавии, в 2006 г. – в Армении (с применением акустических генераторов), в 2007 г. – в Таджикистане и с 2015 г. защита восстанавливается в Грузии (Кахетинский регион) [2-4].

В последние годы, как и ранее, параллельно с производственными работами по защите от града на Северном Кавказе и в Грузии проводится научный анализ результатов защиты сельскохозяйственных культур от градобитий [5-8] и данных радиолокационных наблюдений за градоопасными и градовыми облаками [9-13]. Проводится детализация степени градовой активности в отдельных административных единицах (муниципалитетах) территорий с активными воздействиями на градовые процессы [9, 13, 14].

Ниже представлены данные сравнительного анализа результатов противоградовых работ в Кахетии (Грузия) и на Северном Кавказе (Россия, ФБГУ «Северо-Кавказская ВС», <http://www.vssk.ru/protgrad.html>) в 2016-2020 гг., которые проводились по сходной методике [1].

Противоградовая служба ФГБУ «Северо-Кавказская ВС» проводит противоградовую защиту сельскохозяйственных культур многолетних насаждений в Кабардино-Балкарской Республике, Карачаево-Черкесской Республике и Республике Северная Осетия-Алания. Для этого имеется 5 автоматизированных радиолокационных станций МРЛ-5 и 63 ракетных огневых пункта воздействия, где применяется 161 ракетная пусковая установка [<http://www.vssk.ru/protograd.html>].

Противоградовая служба в Кахетии охватывает 8 муниципальных образований. Используется одна автоматизированная радиолокационная станция «METEOR 735 CDP 10 - Doppler Weather Radar» с дистанционным управлением из Противоградового Центра, расположенного в Тбилиси, и около 80 ракетных огневых пунктов воздействия с таким же количеством пусковых установок, также дистанционно управляемых из Тбилиси [3, 4].

В указанный период времени площадь защищаемой территории (тыс. га) в среднем составляла: в Кахетии – 800 (в том числе с/х назначения – 560), на Северном Кавказе – 873 (в том числе с/х назначения – 759).

Анализ данных проводился с использованием стандартных методов математической статистики для случайных временных рядов наблюдений. Обозначения и сокращения статистических параметров – общеприняты. Сравнение двух средних значений проводилось с использованием критерия Стьюдента t с уровнем значимости α .

Данные этого анализа представлены на рис. 1 и в табл. 1-2.

На рис. 1 представлены данные о повторяемости градовых облаков различной категории в Кахетии и на Северном Кавказе.

Как следует из этого рисунка, на Северном Кавказе, по сравнению с Кахетией, наблюдается незначительное количество градовых облаков первой категории (повторяемость – 0,2% и 5,2% соответственно, $\alpha \leq 0,02$). Повторяемость градовых облаков второй и третьей категории на Северном Кавказе выше, чем в Кахетии (соответственно: 47,4% и 41,8%, $\alpha \leq 0,03$; 50,0% и 44,5%, $\alpha \leq 0,15$). Повторяемость градовых облаков четвертой категории в Кахетии выше, чем на Северном Кавказе (8,5% и 2,4% соответственно, $\alpha \leq 0,001$).

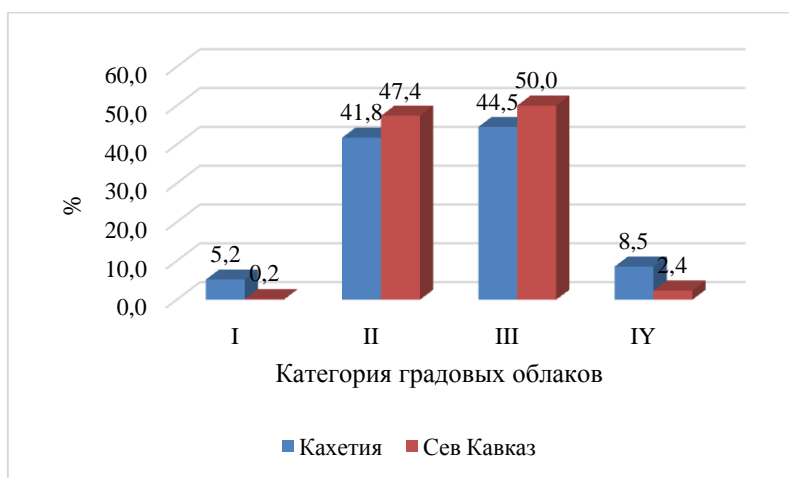


Рис. 1. Повторяемость градовых облаков различной категории в Кахетии (2016-2020 г.г.) на Северном Кавказе (2001-2013 г.г., [5]).

В табл. 1 представлены данные за отдельные годы о некоторых основных характеристиках градовых процессов и активного воздействия на них в Кахетии и на Северном Кавказе, в период с 2016 по 2020 г.г. В табл. 2 представлены статистические характеристики градовых процессов активного воздействия на них в исследуемых регионах в указанный период времени.

Диапазон изменчивости основных характеристик противоградовых работ в Кахетии и на Северном Кавказе соответственно следующей (табл. 1 и 2): число дней с воздействием – 35÷56 30÷43; общее количество обработанных облаков – 168÷274 и 114÷198; общее количество обработанных облаков на площади 100 тыс. га – 21,0÷34,3 и 12,4÷29,1; общий расход противоградовых изделий (ПГИ) – 1262÷4426 и 1170÷2038; расход ПГИ на одно облако – 7,5÷25,4 и 8,9÷11,0; расход ПГИ на площади 100 тыс. га – 158÷553 и 127÷299; ущерб от града на 100%, тыс. га – 2,039÷4,039 и 0÷3,21; эффективность противоградовых работ, % – 85,6÷92,7 и 91,5÷100,0.

Таблица 1

**Некоторые характеристики градовых процессов и активного воздействия на них
в Кахетии и на Северном Кавказе в 2016-2020 гг.**

Параметр	Число дней с воздействием	Количество обработанных облаков	Количество обработанных облаков на 100000 га	Расход ПГИ, всего	Расход ПГИ на 1 облако	Расход ПГИ на 100000 га	Ущерб на 100%, тыс. га	Эффект., %
Год/Регион	Кахетия							
2016	35	168	21.0	1262	7.5	158	4.039	85.6
2017	56	274	34.3	3790	13.8	474	3.508	87.5
2018	40	200	25.0	3227	16.1	403	2.039	92.7
2019	53	174	21.8	4426	25.4	553	2.690	90.4
2020	46	200	25.0	2979	14.9	372	3.997	85.7
Год/Регион	Северный Кавказ							
2016	30	163	17.7	1800	11.0	196	1.64	96.2
2017	22	156	16.9	1384	8.9	150	3.21	92.5
2018	31	114	12.4	1187	10.4	129	2.41	94.4
2019	25	122	13.2	1170	9.6	127	0	100
2020	30	198	29.1	2038	10.3	299	2.36	91.5

Из табл. 2, представленной ниже, следует, что в Кахетии значения коэффициента вариации для исследуемых параметров противоградовых работ меняются от 3,5% (эффективность противоградовых работ) до 41,4% (расход ПГИ на одно облако); на Северном Кавказе – от 3,5% (эффективность противоградовых работ) до 62,9% (ущерб от града на 100%). Интересно отметить, что вариации эффективности противоградовых работ в обоих исследуемых регионах в указанный период времени одинаковые. В то же время, вариации ущерба от града на 100% на Северном Кавказе существенно выше, чем в Кахетии (62,9% и 26,7% соответственно). По сравнению с Кахетией на Северном Кавказе наблюдается очень низкая вариация расход ПГИ на одно облако (41,4% и 8,3% соответственно).

Средние значения указанных характеристик градовых процессов и активного воздействия на них в Кахетии и на Северном Кавказе и разность между ними соответственно следующие (табл. 2): число дней с воздействием – 46 ± 11 и 34 ± 7 , разность: 12, $\alpha \leq 0,05$; общее количество обработанных облаков – 203 ± 54 и 151 ± 44 , разность: 52, $\alpha \leq 0,08$; общее количество обработанных облаков на площади 100 тыс. га – $25,4 \pm 6,8$ и $17,9 \pm 8,6$, разность: 7,5, $\alpha \leq 0,07$; общий расход противоградовых изделий (ПГИ) – 3137 ± 1529 и 1516 ± 498 , разность: 1621, $\alpha \leq 0,05$; расход ПГИ на одно облако – $15,6 \pm 8,3$ и $10,0 \pm 1,1$, разность: 5,6, $\alpha \leq 0,15$; расход ПГИ на площади 100 тыс. га – 392 ± 191 и 180 ± 93 , разность: 212, $\alpha \leq 0,03$; ущерб от града на 100%, тыс. га – $3,255 \pm 1,12$ и $1,924 \pm 1,56$, разность: 1,331, $\alpha \leq 0,08$; эффективность противоградовых работ, % – $88,4 \pm 4,0$ и $94,9 \pm 4,3$, разность: – 6,5, $\alpha \leq 0,015$.

Таблица 2

**Статистические характеристики градовых процессов и активного воздействия на них
в Кахетии и на Северном Кавказе в 2016-2020 гг.**

Параметр	Число дней с воздействием	Количество обработанных облаков	Количество обработанных облаков на 100000 га	Расход ПГИ, всего	Расход ПГИ на 1 облако	Расход ПГИ на 100000 га	Ущерб на 100%, тыс. га	Эффект., %
Регион	Кахетия							
Сред.	46	203	25.4	3137	15.6	392	3.255	88.4
Мин.	35	168	21.0	1262	7.5	158	2.039	85.6
Макс.	56	274	34.3	4426	25.4	553	4.039	92.7
Ст. откл.	8.7	42	5.3	1187	6.4	148	0.9	3.1

Кoeff. Вар., %	19.0	20.8	20.8	37.8	41.4	37.8	26.7	3.5
Ст. ош.	4.4	21	2.6	594	3.2	74	0.43	1.6
99% Нижн.	35	149	18.6	1608	7.3	201	2.135	84.4
99% Верхн.	57	257	32.2	4666	23.9	583	4.375	92.4
Регион	Северный Кавказ							
Сред.	34	151	17.9	1516	10.0	180	1.924	94.9
Мин.	30	114	12.4	1170	8.9	127	0	91.5
Макс.	43	198	29.1	2038	11.0	299	3.210	100
Ст. откл.	5.2	34	6.7	387	0.8	72	1.2	3.4
Кoeff. Вар., %	15.4	22.5	37.3	25.5	8.3	40.0	62.9	3.5
Ст. ош.	2.6	17	3.3	193	0.4	36	0.61	1.7
99% Нижн.	27	107	9.3	1018	8.9	87	0.364	90.6
99% Верхн.	41	195	26.5	2014	11.1	273	3.484	99.2

Разность между средними значениями характеристик градовых процессов в исследуемых регионах указывает на более высокую градовую активность в Кахетии, по сравнению с Северным Кавказом (табл. 2).

В целом, в обоих указанных регионах борьба с градом проводилась достаточно успешно. В то же время следует отметить, что на Северном Кавказе при меньшем расходе ПГИ на одно облако эффективность противоградовых работ несколько выше, чем в Кахетии. Эти различия, в частности, могут быть обусловлены следующими причинами: меньшее число градовых облаков четверной категории на Северном Кавказе по сравнению с Кахетией; использование в Кахетии противоградовых изделий с меньшей эффективной площадью засева облаков льдообразующим реагентом, чем на Северном Кавказе [1, 15]; более высокая долевая уязвимость от градобитий виноградников в Кахети по сравнению с зерновыми культурами на Северном Кавказе.

Список литературы

1. Абшаев А.М., Абшаев М.Т., Барекова М.В., Малкарова А.М. Руководство по организации проведению противоградовых работ. Печатный двор, Нальчик, ISBN 978-5-905770-54-8, 2014, 508 с.
2. Абшаев М.Т, Малкарова А.М., Тасенко С.В., Шумаков И.А. Этапы развития противоградовых работ // Доклады Всероссийской конференции по физике облаков активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 23-27 октября 2017 г., часть 1, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, ISBN 978-5-00109-256-8, 2017, С. 7-27.
3. Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили Ю.В., Глonti Н.Я., Кайшаури М.Н., Саури И.П., Чаргазия Х.З., Чихладзе В.А. Обновленная Служба Борьбы с Градом в Кахети перспективы развития работы по модификации погоды в Грузии//Доклады Всероссийской конференции по физике облаков активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 23-27 октября 2017 г., часть 1, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, ISBN 978-5-00109-256-8, 2017, с. 135-162.
4. 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". Proceedings, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, ISBN 978-9941-13-899-7, 2019, pp. 216-222.
5. Бейтуганов М.Н., Чочаев Х.Х. Анализ проведения противоградовой защиты сельскохозяйственных культур с 2001 по 2013 годы в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах //Доклады Всероссийской открытой конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, посвященной 80-летию Эльбрусской высокогорной комплексной экспедиции АН СССР, 7-9 октября 2014 г., часть 2, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, 2015, с. 118-128.
6. Лиев К.Б., Кушев С.А. Анализ активного воздействия на градовый процесс 24 июня 2020 года. // Дневник науки, № 7 (43), eISSN: 2541-8327 2020, 6 с., eLIBRARY ID: 43804266.
7. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kveselava N., Sauri I. Some Results of Anti-Hail Works in Kakheti into 2016-2019//Int. Sc. Conf. „Modern Problems of Ecology“, Proc., v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, ISSN 1512-1976, 2020, pp. 153-156.
8. Амиранашвили А., Квеселав Н., Квилитая Н., Саури И., Шавлакадзе Ш., Чихладзе В. Некоторые результаты противоградовых работ в Кахети в 2016-2020 гг.//Труды Института геофизики им Михаила Нодиа, т. LXXII, ISSN 1512-1135, 2020, с. 123-128 (на грузинском яз.).
9. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kveselava N., Kvilaitaia N., Sauri I., Shavlakadze Sh. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti (Georgia) According to Radar Observations into 2016-2019. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 23(2), ISSN: 1512-1127, 2020, pp. 50 – 56.

10. Инюхин В.С., Кушев С.А., Лиев К.Б., Макитов В.С. Радиолокационные исследования распределения районов формирования первого радиозага градовых облаков // Доклады Всероссийской конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 23-27 октября 2017 г., часть 1, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, ISBN 978-5-00109-256-8, 2017, с. 311-319.
11. Инюхин В.С., Кушев С.А., Лиев К.Б., Макитов В.С. Радиолокационные исследования распределения зон формирования первого радиозага градовых облаков // Известия РАН. Физика Атмосферы и Океана, том 52, № 6, 2016, с. 1–8.
12. Инюхин В.С., Кушев С.А., Лиев К.Б. Распределение мест зарождения града в центральной части Северного Кавказа // Доклады Всероссийской открытой конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, посвященной 80-летию Эльбрусской высокогорной комплексной экспедиции АН СССР, 7-9 октября 2014 г., часть 2, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, 2015, с. 261-270.
13. Инюхин В.С., Кушев С.А., Лиев К.Б. Распределение мест выпадения града в центральной части Северного Кавказа // Доклады Всероссийской открытой конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, посвященной 80-летию Эльбрусской высокогорной комплексной экспедиции АН СССР, 7-9 октября 2014 г., часть 2, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, 2015, с. 271-277.
14. Инюхин В.С., Лиев К.Б., Кушев С.А., Макитов В.С. Районирование территории Кабардино-Балкарской республики по степени градовой активности // Доклады Всероссийской конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 23-27 октября 2017 г., часть 2, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, ISBN 978-5-00109-257-5, 2017, с. 127-133.
15. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Sauri I., Telia Sh. About the Use of Anti-Hail Rockets «Loza-2» in the Work of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 22(1), ISSN: 1512-1127, 2019, pp. 30 – 37.