

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.18>**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГРАДОВЫЕ ОБЛАКА**

Научная статья

Кушев С.А.^{1,*}, Шаповалов В.А.², Лиев К.Б.³¹ ORCID : 0000-0002-3380-4959;² ORCID : 0000-0002-9701-6820;³ ORCID : 0000-0002-6940-9977;^{1, 2, 3} Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (stasuk6[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассказывается о возможности применения комбинированного метода активных воздействий на градовые облака на территории Центрального Кавказа, состоящий из симбиоза ракетной и наземно-генераторной технологий. Рассматривается конвективная ячейка, которая зародилась 1 августа 2020 года на территории Кабардино-Балкарской Республики, на него было проведено воздействие силами Северо-Кавказской военизированной службы. Ячейка образовалась над плато Канжал, достигнув 4 стадии развития и вышла на Кабардинскую равнину, где обрушилась ливнем с градом на сельскохозяйственные угодья. Облако существовало 4 ч 35 минут, за это время количество израсходованных противоградовых изделия составило 24 (шт.).

Ключевые слова: град, активное воздействие, ущерб, градовые ячейки, градоопасность.

ON THE POSSIBILITY OF USING A COMBINED METHOD OF ACTIVE IMPACTS ON HAIL CLOUDS

Research article

Kushchev S.A.^{1,*}, Shapovalov V.A.², Liev K.B.³¹ ORCID : 0000-0002-3380-4959;² ORCID : 0000-0002-9701-6820;³ ORCID : 0000-0002-6940-9977;^{1, 2, 3} High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

* Corresponding author (stasuk6[at]mail.ru)

Abstract

The article describes the possibility of using a combined method of active impacts on hail clouds on the territory of the Central Caucasus, consisting of a symbiosis of rocket and ground-generator technologies. The convective cell, which originated on 1 August 2020 on the territory of the Kabardino-Balkar Republic, is examined; it was impacted by the North Caucasus paramilitary service. The cell formed over the Kanzhal plateau, reaching the 4th stage of development and went to the Kabardino-Balkarian plain, where it rained down with hail on agricultural land. The cloud existed for 4 h 35 min, during this time the number of spent hail products totalled 24 units.

Keywords: hail, active impact, damage, hail cells, hail danger.

Введение

Выпадение града стихийное бедствие, каждый год наносящее колоссальный ущерб сельскому хозяйству и имуществу. От градобитий особенно страдают сады и виноградники, а также значительно повреждаются зерновые, овощные и бахчевые культуры, ежегодный ущерб от него в Российской Федерации составляет несколько млрд. рублей. Не так редко размеры градин достигают размеров 5-10 см. Можно привести пример, только одно градобитие 19 августа 2015 года нанесло ущерб экономике Северного Кавказа около 6 млрд рублей. Многолетний опыт показывает, что выпадение града может причинить значительный ущерб и значительные убытки застрахованному имуществу, особенно если градовая дорожка перемещается по густонаселенным районам. В городах, повреждения от града автотранспортных средств может включать значительную долю от общего числа застрахованных убытков.

Методы и принципы исследования

В настоящее время противоградовые работы осуществляются в рамках выполнения государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.11.2010 года № 1950-р, подпрограмма «Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды».

Скажем несколько слов о распространенных методах борьбы с градобитиями. Защита больших площадей осуществляется методами активного воздействия на градовые облака путем их засева льдообразующими реагентами (AgI , CO_2) с помощью противоградовых ракет, артиллерийских снарядов, авиационных и наземных генераторов льдообразующего аэрозоля.

Эти научно-обоснованные методы противоградовой защиты (ПГЗ) начали развиваться с 1956 г. С тех пор апробировано много различных подходов, различающихся между собой концептуальными моделями градовых облаков, способами их распознавания, физическими принципами воздействия, способами и техническими средствами реализации активного воздействия.

Наиболее распространенными являются следующие технологии ПГЗ, предусматривающие модификацию процесса градообразования за счет засева градовых облаков кристаллизующими реагентами:

- *авиационный* применяется в США, Канаде, Аргентине, Австрии, Германии, Греции, а ранее в Кении и ЮАР;
- *артиллерийский* – в Китае, в Монголии, а ранее в России, Азербайджане, Армении, Узбекистане и Таджикистане;
- *ракетный* – в России, Украине, Молдавии, Узбекистане, Таджикистане, Аргентине, Болгарии, Китае, Сербии, Словении, Македонии, Хорватии, Черногории, в Грузии, Азербайджане, Армении, Венгрии и Бразилии;
- *наземно-генераторный* – в Бразилии, Франции, Италии, Испании, Швейцарии, Венгрии, США, Канаде, Хорватии и др.

В некоторых странах используется комбинация этих технологий:

- *авиационный совместно с наземными генераторами* – в Аргентине, США и Германии;
- *ракетно-артиллерийский* – в Китае, а ранее в России, Узбекистане, Таджикистане, Азербайджане, Армении и Грузии [1].

Эти технологии имели и имеют различные модификации, в разной степени реализуемые в организационно-техническом плане. Поэтому противоградовые работы, осуществляемые в разных странах, серьезно отличаются друг от друга:

- по научным концепциям засева;
- технологии засева и реализуемости концепций засева;
- способам обнаружения объекта воздействия и локализации объема засева;
- техническим средствам обнаружения засева градовых облаков;
- расходу реагента;
- методам оценки эффективности;
- финансовым затратам на реализацию засева.

В Российской технологии активных воздействий на градовые процессы заложены следующие физические принципы:

- полная кристаллизация переохлажденной части облака, которая предотвращает рост града;
- увеличение концентрации зародышей града с целью замедления роста града, за счёт нехватки жидко-капельной влаги;
- динамическое воздействие с целью подавления восходящего потока;
- ускорение осадкообразования в зоне формирования условий зарождения града [1].

В некоторых странах с годами меняются площади защиты и способы засева, а в настоящее время в РФ ракетный засев полностью вытеснил артиллерийский.

Анализ существующих методов показал, что они имеют, как ряд преимуществ, так и недостатков относительно друг друга, а комбинированный метод воздействия позволит минимизировать недостатки и повысить эффективность воздействия.

В данной статье нами предлагается использование комбинированного метода активных воздействий на градовые процессы, а в частности использование наземных генераторов, как предзащиту для существующей защищаемой территории ракетным методом воздействия. Суть метода в том, чтобы установить наземные генераторы в горной и предгорной части на подступах к защищаемой территории, в местах зарождения градовых облаков. Все известные зоны зарождения градовых облаков построены по многолетним данным радиолокационных наблюдений показаны на рисунке 1. При наличии градового прогноза полученного по данным аэрологического радиозондирования атмосферы или же по данным полученным с глобальной модели атмосферы, либо появления первого радиоэха в зонах формирования градовых облаков необходимо осуществить включение сети наземных генераторов. Что, в свою очередь, приведет к насыщению атмосферы йодистым серебром и создаст необходимую концентрацию ядер конденсации. Также стоит описать особенности технологии наземных генераторов. Наземно-генераторная технология ПГЗ основана на засеве кристаллизующими частицами приземной атмосферы с помощью ацетоновых или пиротехнических генераторов аэрозоля *AgI*. Эти генераторы расставляются на защищаемой территории (в нашем случае на подходе к защищаемой территории) и ее наветренном фланге и дистанционно включаются за 4 часа до ожидаемого по прогнозу начала развития градовых облаков [1]. Аэрозоль йодистого серебра заносится в градовые облака конвективными потоками, их эффективность в горной и предгорной части резко возрастёт за счёт высоты подстилающей поверхности. Еще одним плюсом данного метода можно считать то, что активное воздействие будет проходить на безлюдной территории, где практически не ведется хозяйственная деятельность и в случае выпадения града ущерб будет минимальным.

Основные результаты

Важным моментом в изучении особенностей развития конвективных облаков являются исследования синоптических факторов, приводящих к развитию града в облаке. К таким факторам можно отнести направление и скорость ведущего потока, температуру и влажность воздуха, а также общую энергию неустойчивости атмосферы, которая проявляется в величине скорости восходящих потоков. Повторяемость направлений и скорости ведущего потока в дни с градом на территории Центрального Кавказа по многолетним данным показали, что в 73% случаев ведущий поток имеет западное и юго-западное направление, и рассматриваемый случай градового процесса относится в эту категорию [2], [3].

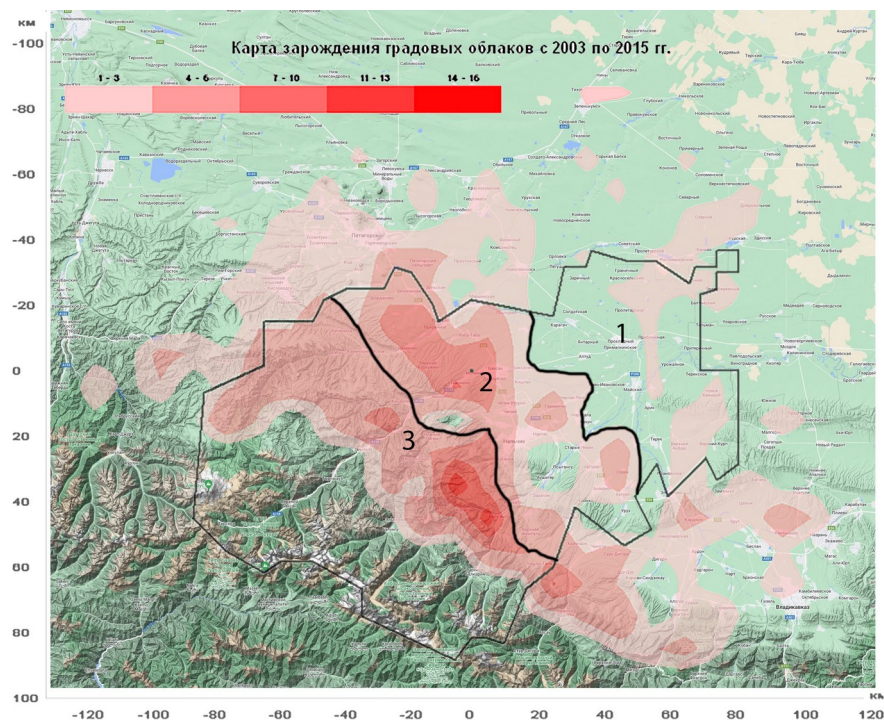


Рисунок 1 - Карта зарождения градовых облаков
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.18.1>

ФГБУ «ВГИ» были проведены многолетние исследования мест зарождения градовых облаков и построена карта распределения появления первого радиоэха над территорией центральной части Северного Кавказа [4], [6], [7], [8]. Выявлены 3 зоны зарождения конвективных ячеек (равнинная, предгорная, горная) (рис. 1).

Для описания всех достоинств комбинированного метода, рассмотрим градовый процесс в центральной части Северного Кавказа. Конвективная ячейка, зародилась 1 августа 2020 года на территории Кабардино-Балкарской Республики, на него было проведено воздействие силами Северо-Кавказской военизированной службы. Ячейка образовалась над плато Канжал, достигнув 4 стадии развития и вышла на Кабардинскую равнину, где обрушилось ливнем с градом на сельскохозяйственные угодья (рис. 2). Облако существовало 4 ч 35 минут, за этот период оно прошло 144 км со средней скоростью 32 км/ч.

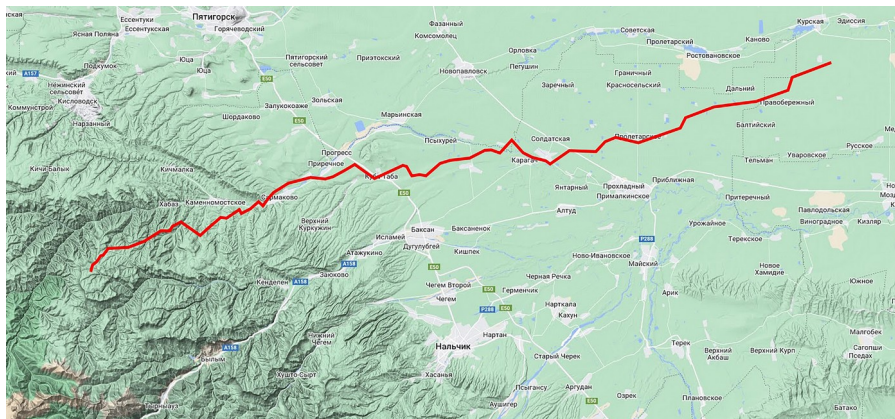


Рисунок 2 - Траектория движения градовой ячейки 01.08.2020
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.18.2>

Из рисунка можно подчеркнуть то, что первые 30 км облако преодолело за 1 час и его траектория была вне населенных пунктов, при раннем воздействии наземными генераторами есть вероятность того, что облако уже бы реализовало свой градовый потенциал. Еще через час конвективная ячейка достигла селения Куба-Таба и его радиолокационные характеристики начали расти (рис. 3), а именно объем града в облаке (серая линия), отражаемость (синяя линия), площадь града (оранжевая линия). В 16:04 объем града в облаке достиг 448 км^3 , в это же время было принято решение о начале воздействия для предотвращения ущерба. На рисунке 3 количество израсходованных противоградовых изделия (ПГИ) обозначено желтыми столбцами, расход составил 24 ПГИ.



Рисунок 3 - Радиолокационные характеристики градового облака
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.18.3>

Данный градовый процесс причинил незначительный ущерб, но его возможно было бы избежать, проведя предзасев облака наземными генераторами непосредственно в месте его зарождения на плато Канжал.

Плато Канжал относится к Скалистому Хребту и является одной из благоприятных зон для формирования градовых облаков в центральной части Северного Кавказа [9], [10]. Именно здесь расположены основные максимумы повторяемости регистрации первого радиоэха градовых ячеек. Экспозиция склонов Скалистого хребта наиболее благоприятна для термической конвекции при прогреве подстилающей поверхности в летний период. Кроме того, одним из дополнительных факторов для интенсификации начальной конвекции над этими районами является эффект натекания воздушной массы при северном и северо-западном вторжении. На рисунке 4 отмечено место регистрации первого радиоэха в 13:23.

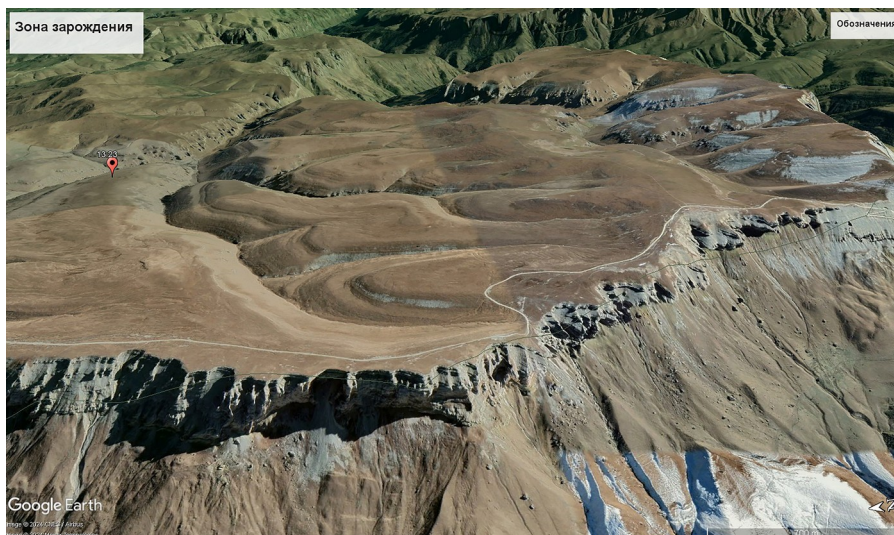


Рисунок 4 - Зона регистрации первого радиозха 01.08.2020 в 13:23
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.18.4>

Заключение

Для уменьшения ущерба от градовых процессов и в целях наиболее эффективной борьбы с градом, необходимо использование комбинированного метода воздействия. В горной местности производить засев с помощью наземных генераторов, а в равнинной части воздействовать уже существующими ракетными пунктами. Северные склоны Скалистого хребта идеально подходят для установки наземных аэрозольных генераторов, здесь имеются все необходимые для этого условия:

- при достаточном прогреве образуются мощные восходящие потоки, вследствие чего здесь образуется большое количество градовых облаков;
- отсутствие хозяйственной деятельности на данной территории;
- высота подстилающей поверхности от 1800-2800 м. над уровнем моря, что способствует более быстрому попаданию реагента в облако.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Абшаев А.М. Руководство по организации и проведению противоградовых работ / А.М. Абшаев, М.Т. Абшаев, М.В. Баркова и др. — Нальчик: Печатный двор, 2014. — 508 с.
2. Пат. 2017620749 Российская Федерация, МПК2017620085. Радиолокационные характеристики градовых облаков / Березинский И.Н.; — № 2017620085; заявл. 2017-01-30; опубл. 2017-01-30. — 1 с.
3. Лиев К.Б. Особенности перемещения градовых ячеек в Центральной части Северного Кавказа / К.Б. Лиев, С.А. Куцев // Безопасность Жизнедеятельности издательство. — 2021. — 11. — с. 49-52.
4. Лиев К.Б. Формирование опасных конвективных облаков на территории Кабардино-Балкарской Республики / К.Б. Лиев, С.А. Куцев // Материалы VI Кавказского Международного экологического форума «Комплексное изучение экосистем горных территорий» 20-21 октября 2023 г.; — Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2023. — с. 221-225.
5. Лиев К.Б. Град в центральной части Северного Кавказа. / К.Б. Лиев, С.А. Куцев // Труды ГГО. — 2023. — 609. — С. 156-164.
6. Куцев С.А. Анализ градовых облаков, зародившихся на территории центрального Кавказа в 2022 году / С.А. Куцев // Дневник науки. — 2022. — 12. — DOI: 10.51691/2541-8327_2022_12_25.
7. Куцев С.А. Анализ градобития 4 июня 2020 года / С.А. Куцев, К.Б. Лиев // Материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. — Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2021. — Т. II. — с. 288-293.
8. Куцев С.А. Градоопасность сезона 2020 года на территории Кабардино-Балкарской Республики / С.А. Куцев, К.Б. Лиев // Перспектива–2021. — Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2021. — с. 285-287.

9. Инюхин В.С. Радиолокационные исследования распределения зон формирования первого радиозэха градовых облаков / В.С. Инюхин, В.С. Макитов, С.А. Куцев и др. // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. — 2016. — 52. — с. 691-698.

10. Лиев К.Б. Градовые процессы различных типов в центральной части северного Кавказа / К.Б. Лиев, С.А. Куцев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2023. — 4. — с. 103-109. — DOI: 10.18522/1026-2237-2023-4-103-109.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abshaev A.M. Rukovodstvo po organizatsii i provedeniju protivogradovykh rabot [Guidelines for organizing and conducting anti-hail operations] / A.M. Abshaev, M.T. Abshaev, M.V. Barekova et al. — Nal'chik: Pechatnyj dvor, 2014. — 508 p. [in Russian]

2. Pat. 2017620749 Russian Federation, MPK2017620085. Radiolokatsionnye harakteristiki gradovykh oblakov [Radar Characteristics Of Hail Clouds] / Berezinskij I.N.; — № 2017620085; appl. 2017-01-30; publ. 2017-01-30. — 1 p. [in Russian]

3. Liev K.B. Osobennosti peremescheniya gradovykh jacheek v Tsentral'noj chasti Severnogo Kavkaza [Features of hail cell movement in the Central part of the North Caucasus] / K.B. Liev, S.A. Kushev // Life Safety Publishing House. — 2021. — 11. — p. 49-52. [in Russian]

4. Liev K.B. Formirovanie opasnykh konvektivnykh oblakov na territorii Kabardino-Balkarskoj Respubliki [Formation of dangerous convective clouds on the territory of the Kabardino-Balkar Republic] / K.B. Liev, S.A. Kushev // Proceedings of the VI Caucasus International Environmental Forum "Integrated Study of Mountain Ecosystems" 20-21 October 2023; — Groznyj: A.A. Kadyrov Chechen State University, 2023. — p. 221-225. [in Russian]

5. Liev K.B. Grad v central'noj chasti Severnogo Kavkaza [Hail in the central part of the North Caucasus]. / K.B. Liev, S.A. Kushhev // Proceedings of the MGO. — 2023. — 609. — P. 156-164. [in Russian]

6. Kushev S.A. Analiz gradovykh oblakov, zarodivshihsja na territorii tsentral'nogo Kavkaza v 2022 godu [An analysis of hail clouds originating in the central Caucasus in 2022] / S.A. Kushev // Diary of science. — 2022. — 12. — DOI: 10.51691/2541-8327_2022_12_25. [in Russian]

7. Kushev S.A.. Analiz gradobitija 4 ijunya 2020 goda [An analysis of the hailstorm on 4 June 2020] / S.A. Kushev, K.B. Liev // Materials Of International Scientific Conference Of Students, Assistants And Young Scientists. — Nal'chik: Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, 2021. — Vol. II. — p. 288-293. [in Russian]

8. Kushev S.A. Gradoopasnost' sezona 2020 goda na territorii Kabardino-Balkarskoj Respubliki [Hail hazard of the 2020 season on the territory of the Kabardino-Balkar Republic] / S.A. Kushev, K.B. Liev // Perspective-2021. — Nal'chik: Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, 2021. — p. 285-287. [in Russian]

9. Injuhin V.S. Radiolokatsionnye issledovanija raspredelenija zon formirovaniya pervogo radioeha gradovykh oblakov [Radar studies of the distribution of zones of formation of the first radio echo of hail clouds] / V.S. Injuhin, V.S. Makitov, S.A. Kushev et al. // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of Atmosphere and Ocean. — 2016. — 52. — p. 691-698. [in Russian]

10. Liev K.B. Gradovye protsessy razlichnykh tipov v tsentral'noj chasti severnogo Kavkaza [Hail processes of different types in the central part of the northern Caucasus] / K.B. Liev, S.A. Kushev // Proceedings of universities and higher educational institutions. North Caucasian region. Series: Natural Sciences. — 2023. — 4. — p. 103-109. — DOI: 10.18522/1026-2237-2023-4-103-109. [in Russian]