

ИСКУССТВЕННЫЕ АЭРОЗОЛЬНЫЕ РАДИООТРАЖАТЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ И ОБЛАКАХ

¹Балавадзе А.Ш., ²Цицкишвили М.С.

¹Министерство образования и науки Грузии

²Академия экологических наук Грузии, *eco_marat@rambler.ru*

Под руководством проф. Сутугина А.Г. в 70-ых годах прошлого века были разработаны средства и методы создания аэрозольной радиометки из углеродографитового волокнистого материала ВПР-19С, представляющего собой электропроводящие нити с удельным сопротивлением 4.5 ом на кв.мм/м и диаметром 6-8 мкм. Для создания радиолокационных меток в атмосфере, в качестве средства доставки в заданную точку атмосферы использовались противораковые ракеты - изделие «Алазань-М» с переоборудованной головной частью. Выбор последней обуславливался как благоприятными тактико-техническими характеристиками, так и необходимостью унификации средств воздействия, в частности идентичности средств воздействия и средств доставки. Были отработаны методы диспергирования и различные варианты укладки радиотражающего материала – «углена», позволяющие получать практически неседиментирующие радиометки заданных размеров и конфигураций, с величинами радиотраженного сигнала до 40 – 60 Дб при дальностях до 20 км. Среднее время жизни при различных атмосферных условиях составляло 50 –70 минут. При устойчивой безоблачной антициклональной погоде искусственные радиолокационные метки прослеживались свыше 140 минут, с незначительным осаждением нижней кромки искусственного аэрозольного радиотражающего образования.

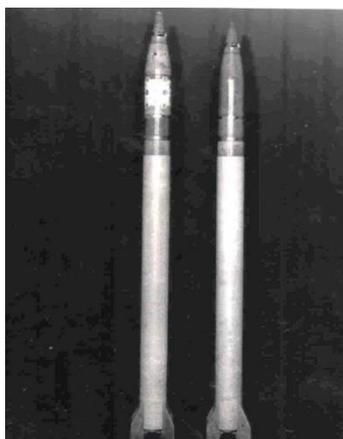


Рис. 1

Ракета «Метка». Слева – ракета с модульной головной частью, справа – с моноблочной головной частью.

Принципы устройства изделия «Метка» на базе противоракового изделия «Алазань-М» для трех различных модификаций головной части приведены в ранних публикациях [1-6] и отчетах [7,8]. Варьировался тип укладки (соосная вдоль оси ракетного устройства, укладка

жгутом и «модульный вариант»), количество и длина волокон, тип диспергирования и сила диспергирующего заряда, а также тип радиоотражающего материала и его количество.

На рис. 1 представлен внешний вид ракеты «Метка» с модульной и моноблочной головной частью.

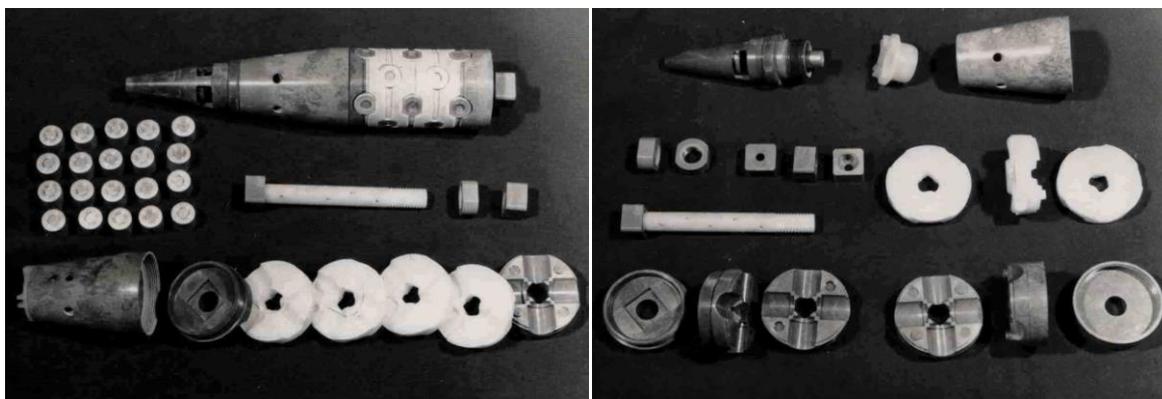


Рис. 2

Фотоснимок модульной головной части ракеты «Метка» в собранном и разобранном виде.

Детали и узлы модульной головной части слева направо: дистанционная трубка; транспортировочная пробка; конус обтекатель; гайка (два вида); гайка накидная (три вида); блок промежуточный (три вида); блок передний (три вида); блок задний (три вида).

На рис. 2 представлен фотоснимок модульной головной части ракеты «Метка» в собранном и разобранном видах.

Моноблочная конструкция головной части изделия «Метка» предназначена для создания метки в заданной точке пространства. Для создания в атмосфере нескольких отдельных разнесенных в пространстве меток предназначена модульная конструкция головной части. Несколько меток, созданных одновременно на разных высотах, могут воссоздать наглядную картину воздушных движений в атмосфере.

Из основных 10 испытанных модификаций, наилучшими радиолокационными свойствами обладали модульные модификации. Большая масса диспергируемого вещества вызывала повышение скорости разрушения искусственного аэрозольного образования и ухудшение радиоотражающих свойств.

Методика определения радиолокационной отражательной способности, подразумевала ряд допущений, правомерных для указанных экспериментов (отсутствие асимметричности в форме и непревышение размера частицы в «пи»-размерности валичины длины волны) и делала возможным переход от объемной отражательной способности к эффективной площади обратного рассеяния электромагнитных волн единицей объема метеоцели для конкретных условий эксперимента и фиксированных параметров метеолокатора. Для конкретной технологии получения аэрозольного радиоотражающего диспергационного облака (дипольные отражатели длиной 16 мм, т.е. полуволновые диполи для РЛС МРЛ-2), возможен простой пересчет объемной отражательной способности Z с размерностью $\text{мм}^6/\text{м}^3$ в эффективную площадь обратного рассеяния S с размерностью см^{-1} .

Исследования динамики воздушных потоков в зоне кучево-дождевых облаков путем создания в исследуемой зоне радиолокационных меток и слежения за их пространственным перемещением по отраженным от них радиолокационных сигналов с одновременной регистрацией пространственной структуры радиоэха исследуемой зоны проводились на Руиспирском полигоне Института геофизики А Грузии в 1981-1984 гг. Радиолокационные метки в заданных точках исследуемой зоны создавали с помощью ракет «Алазань-2М», головные части которых содержали по 120 г углеродно-графитового материала ВПР-19С каждая, и пиротехнической системы выброса. Радиолокационные измерения проводили метеорологическими РЛС МРЛ-2 и МРЛ-5. На фоне чистой атмосферы уровень сигнала, отраженного от метки на дальности 10 км, составлял около 20 Дб, что позволяло уверенно ее

наблюдать и сопровождать. Радиолокационные метки, созданные на фоне и внутри кучево-дождевых облаков, ослабляли сигнал от облака в среднем на 30 Дб. Величина ослабления слабо зависела от длины волны излучения (3.2 и 10.6 см). На экранах индикатора кругового обзора и индикаторах дальность-высота РЛС, при соответствующих уровнях аттенюации, наблюдали яркую отметку от самой метки на фоне радиоэха облака и радиотень метки в виде темной полосы шириной, соответствующей геометрической тени метки. Начало этой полосы совпадало с точкой местонахождения метки внутри облака. Даже в случае предельно «плотных» облаков, когда сигнал метки сливался с радиоэхо облака, ее местоположение и величину размытия точно определяли, соответственно, по началу полосы радиотени и ее ширине. Время уверенной индикации метки в таких облаках составляло 20-40 минут. Скорость седиментации центра массы метки совпадала с расчетной и составляла 0.14 м/с, что существенно уменьшало погрешность измерения скоростей воздушных потоков. Проведенные испытания показали эффективность способа при исследовании облаков с высоким уровнем радиоэха.

В указанных исследованиях активное участие принимали: Карцивадзе А.И., Цицкишвили М.С., Салуквадзе Т.Г., Балавадзе А.Ш., Дореули Р.И., Саркисова Л.С., Мухранели И.А., Мачарашвили Г.М. и др. (Институт геофизики АН ГССР); Суругин А.Т., Иорданский М.А. (НИФХИ); Бессонов В.А., Зубарев В.В. (п/я А-7924); Несмеянов П.А., Гришин Ю.П. (п/я А-1928); Гусев А.Г., Казанцев А.М. (п/я А-1317).

Практически разработанные методологии, модификации изделия «Метка», позволяли не только отслеживать движения воздушных масс, или визуализировать выброс высокотоксичного аэрозоля при техногенных катастрофах, но и, определив основные диффузионные параметры, дать прогноз параметров рассеяния, что существенно повышает безопасность населения при техногенных катастрофах.

Метод практически был опробован на самых тяжелых авариях с выбросом высокотоксичных аэрозолей, являясь эффективным средством предотвращения ущерба здоровью населения и материальным ценностям, при крупных техногенных авариях с выбросом высокотоксичных аэрозолей для обеспечения безопасного дистанционного отслеживания высокотоксичного аэрозольного выброса при крупных техногенных катастрофах [9].

К сожалению, после прекращения работ по борьбе с градом в Грузии [10], указанные исследования также были прерваны. Однако подобные натурные эксперименты успешно проводились в других организациях. В частности, в Высокогорном геофизическом институте опыты с использованием пассивных радиолокационных отражателей (ПРО) для исследования направления и скорости воздушных потоков в облаках и их окрестностях показали, что в области максимума отражаемости метеорадиоэха, в навесе и впереди навеса радиоэха нет заточка воздуха в облако. ПРО, внесенные в указанные части облака, перемещаются по направлению ведущего потока от центра облака к навесу радиоэха, одновременно опускаясь вниз с гравитационной скоростью. Такая же картина наблюдается при внесении ПРО в вершинную часть облака. В зависимости от места внесения отражателей, мощности и стадии развития облака скорости перемещения ПРО меняются в широких пределах – от нескольких метров в секунду до 17-30 м/с. Собственная гравитационная скорость падения ПРО «Углен» составляет 0.6-0.7 м/с, ПРО «Фольга»- 0.7-0.8 м/с [11]. Примечательно, что результаты этих опытов явились основой для предложения по корректированию методики активных воздействий на грозо-градовые облака [12].

В заключение отметим, что в связи с восстановлением Противоградовой службы в Кахетии [13-17], а также наличием значительного более современных средств воздействия [18-20] и радиолокационного наблюдения [21,22], возобновление указанных выше исследований динамики воздушных потоков в конвективных облаках различного типа принесет несомненную пользу для дальнейшего совершенствования методов активного воздействия на атмосферные процессы.

Литература

1. Бессонов В.А., Гришин Ю.П., Зубаев В.В., Иорданский М.А., Несмеянов П.И., Петрянов И.В., Карцивадзе А.И., Салуквадзе Т.Г., Сутугин А.Г., Цицкишвили М.С. Аэрозольная метка для исследования динамических процессов в чистой атмосфере и в радиоотражающих облаках. Материалы докладов IV Всесоюзн. конф. по аэрозолям, Ереван, 1982, с.79-82.
2. Балавадзе А.Ш., Цицкишвили М.С., Карцивадзе А.И., Сутугин А., Симонов А., Салуквадзе Т.Г., Иорданский М., Мачарашвили Г. Экспериментальное исследование атмосферной диффузии методом создания искусственных радиоотражателей. Данные объединенной научно-практической конференции. Тбилиси, 1983.
3. Петрянов-Соколов И.В., Сутугин А.Г., Иорданский М.А., Симонов А.Я., Цицкишвили М.С., Карцивадзе А.И., Гришин Ю.П., Несмеянов П.А. Метод исследования турбулентного переноса и конвективных потоков в атмосфере, Тез. докл. Всесоюзн. конф. по трансформации и дальнему переносу газовых и аэрозольных примесей в атмосфере и созданию моделей загрязненности, Вильнюс, Литва, 12-14 ноября 1986, с. 133-134.
4. Бессонов В. А., Гришин Ю.П., Иорданский М.А., Карцивадзе А.И., Несмеянов П.А., Петрянов И.В., Сутугин А.Г., Цицкишвили М.С. Изделие «Метка» для изучения структуры и динамики воздушных потоков в околооблачном пространстве. «Метеорология и гидрология», №1, 1987, с.118–120.
5. Цицкишвили М. С., Бахсолиани М.Г., Гришин Ю.П., Иорданский М.А., Салуквадзе Т.Г., Сутугин А.Г. Исследовательский комплекс «Метка» для отслеживания динамики воздушных масс в особых условиях рельефа. Сборник докладов международной конференции по активным воздействиям на опасные метеорологические процессы. ВГИ ГУГМС, Нальчик, 1989, с. 56-61.
6. Бахсолиани М.Г., Бессонов В.А., Гришин Ю.П., Иорданский М.А., Карцивадзе А.И., Несмеянов П.А., Салуквадзе Т.Г., Симонов А.Я., Сутугин А.Г., Цицкишвили М.С. - Разработка и внедрение в практику противогололедных работ изделий "Метка". В кн. "Активные воздействия на градовые процессы и перспективы усовершенствования льдообразующих реагентов для практики активных воздействий" Труды Всесоюзного семинара в Москве. М., Гидрометеиздат, 1991, с.136-142.
7. Отчет о НИР «Создание аэрозольной радиометки для уточнения динамических и микрофизических характеристик градово-грозовых облаков», ДСП, Институт геофизики АН ГССР, Тбилиси, 1983.
8. Отчет о НИР «Разработать метод исследования кинематики воздушных потоков по радиолокационным характеристикам аэрозольной радиометки для уточнения динамических характеристик конвективных облаков», ДСП, Институт геофизики АН ГССР, Тбилиси, 1986.
9. Цицкишвили М.С., Минашкин В.М., Гришин Ю.П., Иорданский М.А. Радиовизуализация аэрозольного облака изделия «Метка». Международная конференция «Аэрозоль и оптика атмосферы» (к столетию Г.В. Розенберга), Тезисы докладов, 21-24 октября, Москва, 2014, с.109.
10. 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, Межд. научно-техн. конф. «Проблемы гидрометеорологии и экологии», посвящ. 60-летию со дня основания института и 100-летию со дня рожд. его первого директора В.П. Ломинадзе, Тбилиси, 28-30 мая 2013. Тр. Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 144 - 152.
11. Богомолов О.С., Калов Х.М., Пашкевич М.Ю. Исследование распространения пассивных радиолокационных отражателей в облаке и околооблачном пространстве. Тр. ВГИ, вып. 76, 1989, с. 82–87.
12. Калов Х. М., Калов Р. Х. Активное воздействие на метеорологические процессы (на грозо-градовые облака). Papers of the Int. Conf. Dedicated to the 90th Anniversary of Academician G. Svanidze, September 27-29, Tbilisi, 2011, Trans. of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, vol. 117, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 2011, с. 100-102.

13. ამირანაშვილი ა.გ., ღვინჯიანი უ.ვ., ლომთაძე დ. დ., საური ი.პ., ჩხილაძე ვ.ა. Некоторые характеристики градовых процессов в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 65, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2015, с.77-100.
14. ამირანაშვილი ა., გლოტი ნ., ღვინჯიანი უ., ლომთაძე დ., ჩხილაძე ვ. О возобновлении противоградовых работ в Грузии. Международная конференция “Актуальные проблемы геофизики”. Материалы научной конференции, посвященной 80 – летию со дня основания Института геофизики. Тбилиси, 2014, с. 208-212.
15. ამირანაშვილი ა.გ., გლოტი ნ.ა., ღვინჯიანი უ.ვ., ლომთაძე დ.დ., ჩხილაძე ვ.ა. О восстановлении службы борьбы с градом в Кахетинском регионе Грузии. 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. 132-139.
16. 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, 2015, pp. 92-106.
17. ამირანაშვილი ა.გ., ბურნაძე ა.ს., დვალისხვილი კ.ს., გელოვანი გ.ტ., გლოტი ნ.ა., ღვინჯიანი უ.ვ., კაიშაური მ.ნ., კვესელა ნ.ს., ლომთაძე დ. დ., ოსეპაშვილი ა.რ., საური ი.პ., თელია შ.ო., ჟარგაია ხ.ზ., ჩხილაძე ვ.ა. Возобновление работ по борьбе с градом в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с.14-27.
18. ამირანაშვილი ა.გ., ღვინჯიანი უ.ვ., ჩხილაძე ვ.ა. Противоградовые ракеты типа земля-воздух. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, том. 64, Тбилиси, 2013, с. 151-159.
19. ამირანაშვილი ა.გ., ღვინჯიანი უ.ვ., ლომთაძე დ. დ., საური ი.პ., ჩხილაძე ვ.ა. Средства воздействия на атмосферные процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 65, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2015, с.113 -120.
20. ამირანაშვილი ა.გ., ბარეკჩიანი ი.ი., დვალისხვილი კ.ს., ღვინჯიანი უ.ვ., ლომთაძე დ. დ., ოსეპაშვილი ა.რ., საური ი.პ., ტატიშვილი გ.ზ., თელია შ.ო., ჩხილაძე ვ.ა. Характеристики наземных средств воздействия на градовые процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 39-52.
21. ამირანაშვილი ა.გ., ღვინჯიანი უ.ვ., ლომთაძე დ. დ., საური ი.პ., ჩხილაძე ვ.ა. Метеорологические радары и радиолокационное обеспечение активных воздействий на атмосферные процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 65, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2015, с.101-112.
22. აბაიძე ო.ა., ავლოხაშვილი ხ.ვ., ამირანაშვილი ა.გ., ღვინჯიანი უ.ვ., კირია დ.კ., ლომთაძე დ. დ., ოსეპაშვილი ა.რ., საური ი.პ., თელია შ.ო., ხეიანი ა.ა., ცხედიანი გ.ნ., ჩხილაძე ვ.ა. Радиолокационное обеспечение противоградовой службы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 28-38.

**ხელოვნური აეროზოლური რადიომრეკლავები ატმოსფეროში და ღრუბლებში
დინამიკური პროცესების გამოსაკვლევად**

ბალავაძე ა., ციციშვილი მ.

რეზიუმე

მოყვანილია საქართველოში წინა საუკუნის ოთხმოციან წლებში ატმოსფეროში და ღრუბლებში დინამიკური პროცესების გამოსაკვლევად ჩატარებული ხელოვნური აეროზოლური რადიომრეკლავების გამოყენების შესახებ ნაშრომების მიმოხილვა.

აღინიშნება, რომ კახეთში სეტყვასაწინააღმდეგო სამსახურის აღდგენასთან და აგრეთვე თანამედროვე რადიოლოკაციური დაკვირვების და ზემოქმედების საშუალებების არსებობასთან დაკავშირებით, ზემოთ ხსენებულ კონვექტიურ ღრუბლებში ჰაერის ნაკადების დინამიკის კვლევების განახლება უდავო სარგებელს მოუტანს ატმოსფერულ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების მეთოდების შემდგომ სრულყოფას.

ARTIFICIAL AEROSOL RADIO-REFLECTORS FOR INVESTIGATING THE DYNAMIC PROCESSES IN THE ATMOSPHERE AND CLOUDS

Balavadze A., Tsitskishvili M.

Abstract

The survey of works on the application of artificial aerosol radio-reflectors for investigating the dynamic processes in the atmosphere and the clouds, which were carried out in Georgia in the 80-s of the past century, is carried out. It is noted that in connection with the restoration of anti-hail service in Kakheti, and also the presence of the contemporary means of action and radar surveillance, the renewal of the above-indicated research of the dynamics of air flow in the convective clouds will bring undoubted benefit for further improvement of the methods of active action on the atmospheric processes.

ИСКУССТВЕННЫЕ АЭРОЗОЛЬНЫЕ РАДИООТРАЖАТЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ И ОБЛАКАХ

Балавадзе А.Ш., Цицкишвили М.С.

Реферат

Проведен обзор работ по применению искусственных аэрозольных радиоотражателей для исследования динамических процессов в атмосфере и облаках, которые были проведены в Грузии в восьмидесятых годах прошлого столетия. Отмечается, что в связи с восстановлением противорадовой службы в Кахетии, а также наличием современных средств воздействия и радиолокационного наблюдений, возобновление указанных выше исследований динамики воздушных потоков в конвективных облаках принесет несомненную пользу для дальнейшего совершенствования методов активного воздействия на атмосферные процессы.