

СОВРЕМЕННЫЕ РАКЕТЫ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРАДОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Чихладзе В.А.

*Институт геофизики им. Михаила Нодиа, ТГУ
vicachikh@gmail.com*

Введение

Град испокон веков считался одним из самых страшных природных бедствий. Для борьбы с этим явлением было предложено несколько концепций активного воздействия. Одним из них является метод, который основан на замене процесса естественного градообразования на внесение в облако кристаллизующих элементов, в основном соединений йода [1]. Существует несколько методов внесения реагента в облака, однако самым приемлемым из них является ракетный метод. Несмотря на относительную дороговизну, он обеспечивает достаточную точность и оперативность, внесение необходимого количества кристаллизующих веществ непосредственно в зону градообразования [1-6]. Принцип работы любой противоградовой ракеты заключается в следующем: ракета на определённом участке своей траектории начинает выделять активный реагент, который при взаимодействии с влажным воздухом облачной среды превращается в льдообразующие ядра, представляющие собой искусственные центры кристаллизации для находящейся в облаках переохлажденной воды. Считается, что эффективность противоградовой ракеты зависит от количества льдообразующих ядер, выделяемой ею на грамм реагента, на одну ракету, в единицу времени или пройденного пути. Большим преимуществом ракетного метода считается возможность работы в любое время суток и при любой погоде, возможность обработать большую территорию в течении считанных минут и внести необходимое количество реагента туда, куда необходимо, путем изменения количества ракет и их траекторий [1-9, 13-16].

Противоградовые работы, осуществляемые в разных странах, серьезно отличаются друг от друга по научным концепциям засева [1,6]. В частности, ракетный метод активного воздействия, который подразумевает внесение кристаллизующего реагента в зону повышенного (выросшего) радиоэха для создания добавочного количества зародышей града, был в свое время разработан в Институте геофизики АН Грузии совместно с Центральной Аэрологической обсерваторией [17]. В последние годы на постсоветском пространстве, в том числе и в Грузии, используется метод борьбы с градом, основанный на концепции ускорения осадкообразования в областях будущего градообразования развивающихся и зрелых градовых облаков путем их массированного засева кристаллизующими реагентами [1].

Ниже представлено краткое описание противоградовой ракетной техники наземного базирования, выпускаемой в наше время в различных странах мира, а также пусковых установок для них. Даны их технические характеристики, приведены траектории полета некоторых ракет и др.

Результаты

Результаты описания современных ракет наземного базирования для воздействия на градовые процессы, их характеристик и пусковых установок для них представлены на рис. 1-25 и в таблицах 1-10.

Современные противогородовые ракеты различаются по своей конструкции и внешнему виду [12]. Они – одна или двухступенчатые или двухрежимные. Ряд из них характеризуются динамическим методом запуска. При запуске специальный вышибной заряд придает ракете импульс, с помощью которого ракета покидает пусковую установку с определенной начальной скоростью (20 – 110 м/сек), что позволяет преодолевать сопротивление приземного ветра и повышает точность ракеты. С этой целью применяют также стабилизаторы и специальные сопла, придающие ракете способность вращаться вокруг собственной оси с большой скоростью. Воспламенение шашки активного дыма (ШАД) производится с помощью электронных или пиротехнических замедлителей – огнепроводов.

К большому сожалению, очень трудно найти в описаниях изделий разных производителей идентичные данные о технических параметрах ракет или пусковых установок для них. Поэтому мы решили представить только те данные, которые приводятся в общедоступной информации от производителя, в переводе на русский язык, с сохранением оригинальной стилистики.

В настоящее время ракеты для воздействия на гидрометеорологические процессы условно можно разделить на авиационные и наземные, а также на противогородовые, для вызывания осадков и противолавинные. В данной статье основное внимание будет уделено противогородовым ракетам наземного базирования, а также средствам их запуска. Хотя противогородовые ракеты применяются во многих странах, их основными производителями являются Россия, некоторые балканские страны и Китай. Главным разработчиком и производителем противогородовых ракет является Российская федерация. Здесь было разработано и создано несколько типов ракет как классической конструкции, так и с перспективной системой с использованием так называемого ЛТТ – льдообразующего твердого топлива. Основным и единственным серийным производителем противогородовых ракет является Чебоксарское НПО имени Чапаева (входит в "Технодинамику" госкорпорации "Ростех"), производственные мощности которого позволяют выпускать более 100000 (по некоторым данным до 120000) ракет в год. Основным типом является хорошо зарекомендовавшая себя ракета семейства «Алазани» – «Алазань-6» [18, 19].



Рис. 1. Противогородовая ракета «Алазань-6».

«Алазань-6» (рис. 1) предназначена для активного воздействия на гродоопасные облака, находящиеся на расстоянии от 3...4 до 9...10 км от пункта воздействия. Для производства ракет используются только экологически чистые компоненты. Запуск ракет производится из пусковых установок (рис. 2).

«Алазань-6» – ракета с шашкой активного дыма (ШАД), содержащий состав с 8% AgI (АД1). ШАД при горении пиротехнического состава обеспечивает выделение аэрозоля по траектории полета. На частицах аэрозоля, при попадании их в облачную среду с температурой ниже -6 °С, образуются ядра кристаллизации, на которых в дальнейшем образуются искусственные зародыши градин. Ракета снабжена системой обеспечения безопасности, которая предназначена для дробления ракеты после сгорания ШАД на безопасные осколки, не представляющие опасности для населения при падении на землю (таблица 1).

Таблица 1. Основные параметры ракеты «Алазань-6».

Характеристики	Значения
Калибр, мм	82,5
Максимальный диаметр (по выступающим элементам конструкции), мм	90
Длина, мм	1402 max
Масса, кг	8,6±0,2
Масса льдообразующего состава (состав активного дыма), кг	0,66±0,06
Число льдообразующих ядер, генерируемых головной частью, шт. не менее:	6,6x10 ¹⁵ 2,0x10 ¹⁵
- при температуре -10 ⁰ С	
- при температуре -6 ⁰ С	
Суммарная масса эластичного ВВ, кг	0,19
Максимальная высота траектории (при угле возвышения ПУ 85 ⁰), м	9300
Наибольшая горизонтальная дальность (при угле возвышения ПУ 55 ⁰), м	12000
Температура эксплуатации, ⁰ С	0...+45
Время от момента запуска изделия до начала работы головной части (до появления дыма), с	13,0±2,5
Время от момента запуска ракет до ее самоликвидации, с	41±5
Гарантийный ток срабатывания электрокапсюльных втулок ЭКВ-2Ал-1 и ЭКВ-2Ал-2, Ом	2,0±0,5
Сопrotивление электроцепи электрокапсюльных втулок ЭКВ-2Ал-1 и ЭКВ-2Ал-2, Ом	от 0,5 до 0,9
Система обеспечения безопасности	Самоликвидация ракеты при помощи ленточного заряда ВВ
Вероятность безопасного применения для населения при доверительной вероятности g=0,9	не менее 0,999999

Пусковая установка «ТКБ-040»

Пусковая установка «ТКБ-040» обеспечивает запуск 12 ракет «Алазань» в течение 1 минуты. При запуске нескольких ракет по различным азимутам достигается площадной засев выбранной части облака, а при установке различных вертикальных углов – и объемный засев, что существенно повышает эффективность воздействия (рис. 2, таблица 2).

Таблица 2. Технические характеристики пусковой установки «ТКБ-040».

Характеристики	Значение
Калибр направляющих, мм	82,5
Количество направляющих, шт.	12
Расположение направляющих	всестороннее
Масса с пультом управления и кабелями, кг	670
Напряжение питания, В	24 ± 10%
Углы наведения, градус:	
Азимутальные	0 ± 360
Вертикальные	0 ± 85

Другая серийно выпускаемая Объединением противогодовая ракета – «Алазань-9» (рис. 3) предназначенная для активного воздействия на градоопасные облака, находящиеся на расстоянии от 3...4 до 9...10 км от пункта воздействия.



Рис. 2. Автоматизированная ракетная установка «Элия» (на переднем плане) и ракетная установка с ручным приводом «ТКБ-040-К» (на заднем плане).

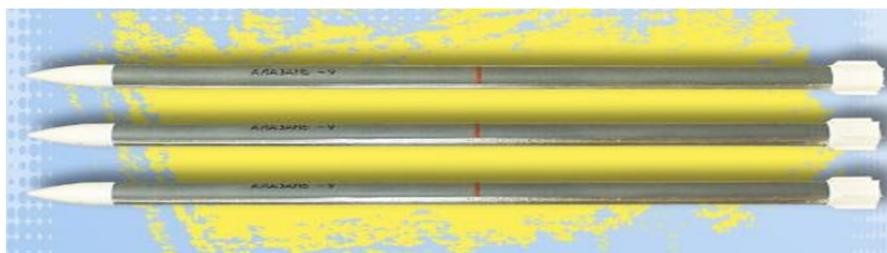


Рис. 3. Противогодовая ракета – «Алазань-9»

Новое поколение экологически чистых противогодовых изделий (ПГИ) «Алазань-9» (таблица 3, рис. 4) отличается от серийно выпускаемых «Алазань-6» улучшенными технико-экономическими показателями:

- 1) повышенное качество, быстродействие реагента увеличивается в 2,5-3 раза;
- 2) экологически чистое топливо двигателя;
- 3) возможность защиты больших площадей (от 10 тыс. до 1 млн. га);
- 4) гарантия по эффективности защиты не менее 70%;
- 5) сниженную на 40 %, по сравнению с изделием «Алазань-6», себестоимость изделий при сохранении тактико-технических характеристик.

Запуск ракет производится из пусковых установок (рис. 5).

Исполнение

«Алазань-9» – ракета с шашкой активного дыма (ШАД), которая при горении пиротехнического состава обеспечивает выделение аэрозоля по траектории полета. На частицах аэрозоля, при попадании их в облачную среду с температурой ниже -3°C , образуются ядра кристаллизации. Ракета снабжена системой обеспечения безопасности, которая предназначена для дробления ракеты на безопасные осколки, не представляющие при падении на землю опасности для населения, после сгорания ШАД. Ниже на рисунке 4 показана ракета «Алазань-9» в разрезе:

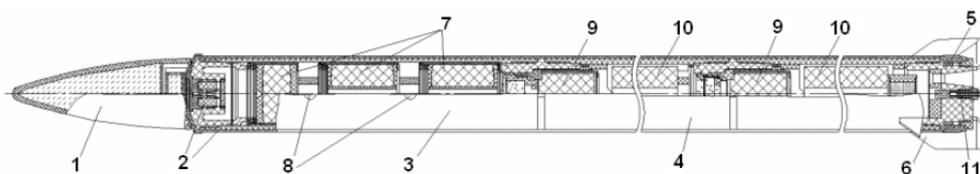


Рис. 4. Ракета «Алазань-9» в разрезе.

Состав малогабаритной противорадовой ракеты «Алазань-9» (рис. 4): 1 – обтекатель; 2 – система обеспечения безопасности; 3 – балласт; 4 – двигатель; 5 сопловой блок; 6 – крылья стабилизатора; 7 – шашка активного дыма; 8 – отверстия для выпуска газа (аэрозолей); 9 – пиротехнический состав; 10 – баллистический порошок; 11 – электровоспламенитель.

Таблица 3. Основные параметры ракеты «Алазань-9».

Характеристики	Значения
Калибр, мм	60
Максимальный диаметр (по выступающим элементам конструкции), мм	130 max
Длина, мм	1387...1400
Масса, кг	5,1±0,2
Масса льдообразующего состава (состав активного дыма), кг	0,55±0,6
Число льдообразующих ядер, генерируемых головной частью, шт. не менее:	
- при температуре -10 ⁰ С	6,6x10 ¹⁵
- при температуре -6 ⁰ С	1,3x10 ¹⁵
Суммарная масса эластичного ВВ, кг	0,08
Максимальная высота траектории (при угле возвышения ПУ 85 ⁰), м	8100
Наибольшая горизонтальная дальность (при угле возвышения ПУ 55 ⁰), м	11000
Эффективный радиус действия при угле возвышения ПУ 55 ⁰ , м	10000
Температура эксплуатации, ⁰ С	0...+45
Время от момента запуска изделия до начала работы головной части (до появления дыма), сек	12,0±2,0
Время от момента запуска ракет до ее самоликвидации, сек	47±5,0
Гарантийный ток срабатывания электровоспламенителя, А	2,0±0,05
Сопrotивление электроцепи, Ом	7,5±1,0
Система обеспечения безопасности	Самоликвидация ракеты при помощи ленточного заряда ВВ
Вероятность безопасного применения для населения при доверительной вероятности g=0,9	не менее 0,999999



Рис. 5. Автоматическая пусковая установка «Элия-2» для противорадовых ракет.

Снимок автоматической пусковой установки «Элия-2» для противогорадовых ракет, предназначенной для запуска нескольких типов противогорадовых ракет, в том числе и «Алазань-9», приведен на рис. 5.

Некоторое время назад появилась информация [21 – 24], что Чебоксарское производственное объединение им. Чапаева холдинга «Технодинамика» запустит производство новых противогорадовых ракет «Алазань-8М» и «Алазань-6ЧМ».

В частности, «Алазань-8М» (рис. 6) улучшит эффективность и все технические характеристики востребованной модели «Алазань-6». При этом она отличается меньшим калибром (60 мм), благодаря чему удалось примерно на 20% сократить материалоемкость изделия, что обеспечило снижение его стоимости.

Новые ракеты будут надежнее и эффективнее, при этом на 10% снижается их себестоимость. Все противогорадовые ракеты холдинга «Технодинамика» снабжены системой обеспечения безопасности, которая отвечает за самоликвидацию ракеты – дробление на осколки, не представляющие при падении на землю опасности для населения. Стоит отметить и экологическую безопасность разработки. Максимальные концентрации вредных веществ, которые могут образоваться в воздухе, воде и почве, даже при одновременном расходе годовой нормы ракет, в $10^2 - 10^6$ раз ниже предельно допустимых концентраций этих веществ. Противогорадовые ракеты снабжены системой самоликвидации: имеющие бумажный корпус, они дробятся на осколки, не представляющие опасности при падении на землю. К сожалению, более подробной информации о упомянутых выше перспективных ракетах пока нет. Она очевидно появится после проведения межведомственных испытаний и начала серийного производства новых ракет.



Рис. 6. Противогорадовая ракета "Алазань-8М"

Одновременно с противогорадовыми ракетами «Алазань-8М» была представлена пусковая установка «Эльбрус-А» для противогорадовых ракет [25].

Цифровая система управления пусковой установкой повышает точность наведения, обеспечивает простоту управления устройствами и позволяет оперативно выявлять и фиксировать в электронном журнале причины любых неполадок. Среди других преимуществ – возможность голосовой настройки углов наведения, а также наличие световой индикации. Наиболее распространенными сегодня являются пусковые установки «ТКБ-040», «Элия-МР». Один из ключевых недостатков данных устройств – сложность управления, которая снижает эффективность воздействия на метеорологические условия и оперативность запуска.

Пусковая установка «Эльбрус-А» обеспечивает последовательный запуск до 16 противогорадовых ракет. При этом ракеты могут направляться с различными углами возвышения по азимуту от +5 до -5 градусов от основного, что обеспечивает увеличение площади воздействия. Установка имеет возможность голосового сопровождения параметров наведения по заданным

азимутам и углам возвышения. Имеется возможность запуска ракет различного калибра. К сожалению, более подробной информации на данном этапе не имеется.

В Интернете появилась интересная информация о **ДОГОВОР № [26]**

1.1. на создание научно-технической продукции между Акционерным обществом «Чебоксарское производственное объединение имени В.И. Чапаева» и неназванной организацией на выполнение работы по теме «**Разработка малогабаритной бикалиберной ПГР с ЛТТ, разделяемыми блоками и сгорающими элементами снаряжения**». При этом в Приложение №1 к договору в техническом задании указано о Наименование ОКР: «Разработка и организация серийного производства на базовой конструктивной основе ПГР «Алазань-6» (стартовый двигатель калибра 82 мм и маршевый двигатель с ЛТТ калибра 60 мм);

Цель работы: создание ракеты с потребительскими характеристиками, не хуже штатной ракеты «Алазань-6» (ТУ 7275-394-29473854-96) с себестоимостью не менее чем на 20% ниже ее и эффективным радиусом действия от 2-х до 12-ти км.

Наименование образца: бикалиберная противорадовая ракета нового поколения;

Область применения изделия: активные воздействия на облака с целью защиты сельхозкультур от градобитий, вызывания и перераспределения осадков.

ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБРАЗЦУ

Состав образца

Ракета должна содержать:

- Стартовый двигатель на баллиститном твердом топливе и систему самоликвидации;
- Маршевый двигатель калибра 60 мм с пиротехническим ЛТТ;
- Узел расстыковки стартового и маршевого двигателя.
- Требования по назначению:
- Калибр ракеты – 60 мм и 82 мм;
- Длина ракеты – 1400 мм, не более;
- Масса ракеты – 7 кг, не более;
- Ракета должна обеспечить засев облака льдообразующим аэрозолем по траектории полета на дальности от 2-х до 12-ти км от места пуска, обеспечивать по возможности равномерный расход льдообразующего аэрозоля по траектории;
- Льдообразующая эффективность ракеты (проверяется по методике ИЭМ – СТП 18-46-95) должна быть при времени проявления не менее 80% кристаллов в течение первых 2 минут от момента внесения аэрозоля в камеру тумана, при температуре:
 - - минус 10°C – не менее $1,0 \times 10^{16}$;
 - - минус 6°C – не менее $2,0 \times 10^{15}$;
 - - минус 3°C – не менее $0,66 \times 10^{15}$ – факультативно.
- Интервал преимущественного расположения траекторий ракеты по высоте – от 3,0 до 6,0 км.

Не будем цитировать этот договор далее, но если параметры будущей ракеты будут не хуже вышеуказанных, то это будет значительным шагом вперед в деле повышения эффективности противорадовой технологии.

Противорадовые ракеты «RAG-96» и «RAG-96S» электромеханического завода в Плоешти (Румыния)

Электромеханический завод в Плоешти (Румыния) производит противорадовые ракеты «RAG-96» и «RAG-96S» – укороченные (рис. 7, таблица 4).



Рис. 7. Противогодовая ракета «RAG-96» в разрезе

Противогодовая двухдвигательная ракета предназначена для введения в облака некоторых активных веществ, особенно с целью искусственного использования кристаллизующих ядер; при сжигании специального пиротехнического состава, содержащего йодсодержащие соединения (AgI, KI), образуются аэрозоли, которые выбрасываются через отверстия в корпусе шашки активного дыма

Таблица 4. Характеристик противогодовых ракет «RAG-96» и «RAG-96S».

Характеристики	Тип ПГИ, значения	
	«RAG-96»	«RAG-96S»
Калибр, мм	82,5	82,5
Длина, мм	1400	1125
Общая масса	8,8 кг	6,6 кг
Полезная нагрузка	660 г	
Количество образовавшихся активных ядер	3×10^{15}	
Максимальная высота траектории	9300 м	5200 м
Максимальная дальность	12000 м	7000 м
Время самоуничтожения	Примерно 45 сек	

Двухдвигательный режим, помогает ракете после набора высоты выдержать необходимую паузу, чтобы ракета успела наклониться и принять почти горизонтальное направление (положение), после чего включается двигатель и ракета продолжает полет по инерции по наклонной, почти горизонтальной траектории. Фотография пусковой установки для этих ракет приведена на рис. 8.



Рис. 8. Пусковая установка противогодовых ракет «ILRAG»; «LARMA1»

Противогодовые ракеты, используемые в Молдове

Ниже на снимке (рис. 9) представлена противогодовая троика, используемая в Молдове.



Рис. 9. Слева направо: три ракеты, комплексно используемые в Молдавии для противорабовых работ: «Алазань-6» (дальняя), «Лоза-3» (ближняя) и «Лоза-2» (средняя).

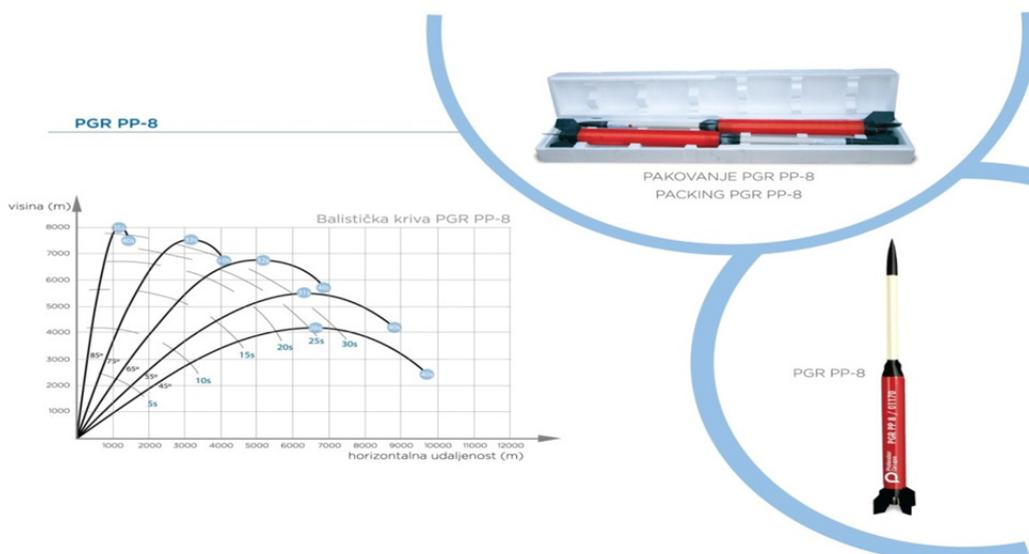


Рис. 10. Универсальная установка для запуска ракет калибра 82,5 мм («Алазань-6» – левая часть) и 60 мм в контейнерах («Лоза-2», «Лоза-7» – правая часть) – модернизированная установка типа «ТКБ-040».

На рис. 10 представлена фотография пусковых установок для используемых в Молдове противорабовых ракет.

Противорабовые ракеты фирмы «Poliester Grupa», Сербия

Традиции производства знаменитой Югославской противорабовой ракеты TG-10 продолжает в Сербии фирма «Полиэстер група» [30, 31].



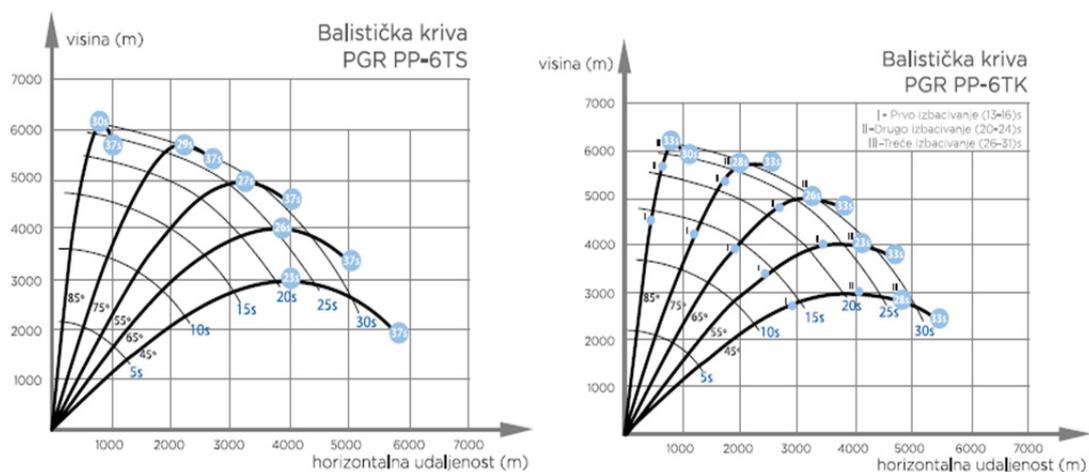


Рис. 11. Внешний вид и траектории полета бикалиберных противораковых ракет фирмы «Полиэстер группа»

Таблица 5. Технические характеристики ракет фирмы «Poliester Grupa» («Полиэстер Група»).

Характеристики	Тип ПГИ, значения				
	«PP 8»	«PP 6T»	«PP 6KS»	«PP 6TS»	«PP 6TK»
Длина, мм	1170±10	950±10	970±10	1005±10	1045±10
Диаметр, мм	72-0,8				
Масса, кг	5±0,2	5,5±0,2	5,6±0,2	5,9±0,2	5,9±0,2
Радиус действия, км	8000	5500		6000	
Вес реагента, г	400±10			480-10	
Активность реагента	1x10 ¹³ активных ядер/г				
Время начала выпуска реагента, сек	9±1	10			
Время работы генератора	31±4	27±2	26÷31	27±2	26÷31
Время самоликвидации мотора	7±1	37+3	33+3	37+3	33±3
Активирование	Электрическим путем				
Сопротивление омическое	(0,9÷2,5)ом				
Ток активации	4,5 А				
Напряжение активации	9 В				
Габариты упаковки	1260x230x190				
Вес упаковки, кг	11±0,5	12±0,5		13±0,5	
Количество в упаковке	2				
Температура	-5÷50°C				
Температура хранения	-15÷50°C				
Время хранения (гарантия)	5 лет				

На рис. 11 и в таблице 5 представлены внешний вид ракет (в том числе и в упаковке), баллистические кривые (траектории), а также характеристики различных видов их продукции.

В некоторых странах продолжается выпуск модернизированных вариантов противораковых ракет типа «МТТ-09М». Они различаются по длине, весу, конструкции складывающихся стабилизаторов, активности реагента и т.д. Однако все они одного диаметра и построены по одной схеме и помещены в транспортно-пусковой стеклопластиковый контейнер наружным диаметром в 60 мм.

В Сербии, в частности, производятся противораковые ракеты «Трайал» (рис. 11, таблица 6) [10, 32].



Рис. 12. Противогодавые ракеты «Трайал D-6В» и «Трайал D-8»

Таблица 6. Технические характеристики ПГИ фирмы «Trayal» (Сербия).

Характеристики	Тип ПГИ, значения	
	«Трайал D-6В»	«Трайал D-8»
Длина пускового контейнера	1047 + 2 мм	1422 мм
Диаметр пускового контейнера	60+ 0,2 мм	60+ 0,2 мм
Вес ракеты с пусковым контейнером	4700 + 150 г	6500 + 200 г
Длина ракеты	840 +2 мм	1201 + 2 мм
Диаметр ракеты	55-0,2 мм	55-0,2 мм
Масса ракеты	3550 + 100 г	5100 + 150 г
Время работы двигателя (+ 20° С)	4 + 1 с	3,5 + 3 с
Общий импульс пропеллента (+20 ⁰ С)	1850+150нс	3840+150 нс
Максимальная высота при угле 85°	6000 м	7750 м
Максимальная дальность при угле 45 ⁰	7600 м	10000 м
Активность реагента	1 × 10 ¹³ частиц / г	1 × 10 ¹³ частиц / г
Начало горения реагента (+ 15°С)	6 + 1 с	8 + 2 с
Время самоуничтожения ракеты	43 + 3 с	43 + 3 с
Сопротивление электрического зажигания	1,2 + 0,2 Ом	1,2 + 0,2 Ом
Ток для активации	0,68 А	0,68 А
Срок годности	5 лет	5 лет
Транспортная упаковка	Картонная коробка 1090x235x95 мм	Картонная коробка 1450x235x95 мм
Количество ракет в упаковке	3	3
Вес транспортной упаковки	17 + 1 кг	23 + 1 кг

Описание:

Комплект противогодавой ракеты состоит из самой ракеты и пускового контейнера. Разместив ракету на пусковой установке, которая подключена к стреляющему устройству, можно активировать ее. Устройство обжига электрическим импульсом запускает электрическую головку, которая активирует топливо. Выйдя из пускового контейнера, стабилизаторы ракеты открываются и ракета приобретает устойчивый полет. После окончания отложенного горения импульс пламени передается на реагент. Во время полета через облако в течение следующих 36-39 секунд продукты горения выходят через отверстия в корпусе ракеты и образуют облачную массу с большим количеством центров кристаллизации. После сжигания реагента начинается процесс самоуничтожения ракеты.

Самоуничтожение разбивает сопло и стабилизаторы в сборе на куски по массе менее 40 г, обтекатель и отсек ШАД на ничтожные по массе части и корпус ракеты по частям менее 450 г. Все три взрыва происходят в момент 43 ± 3 секунды после запуска ракеты.

Характеристики:

- Безопасность и надежность применения и хранения;
- Высокая точность и надежность;
- Эффективность и разумная цена по сравнению с качеством ракет.

Ракетные двигатели изготовлены на основе твердого ракетного топлива, что позволяет быстро и легко конструировать сами ракеты. Защитная упаковка, в которую помещается ракета, одновременно является пусковым контейнером, из которого производится стрельба, что упрощает оперативную работу с ними с точки зрения реализации. Они запускаются из специальных пусковых установок, установленных на месте для запуска. Характеристики ракеты, которые относятся к началу выброса реагента и активности реагента, являются переменными и могут быть изменены в соответствии с требованиями клиентов.

Эксплуатация:

Стрельба ракет производится из соответствующих пусковых установок. Пусковые установки для запуска ракет подобного типа бывают как простейшего типа, так и автоматические (рис. 13).



Рис. 13. Простейшая пусковая установка для противорадиовых ракет «KRUSIK'S ANTI-HAIL SYSTEM (KPGS)» (слева) и Сербская автоматическая пусковая установка для запуска противорадиовых ракет (справа)

На рис. 14 для примера представлена траектория полета противорадиовой ракеты «Трайал D-6B» при высоте точки запуска 250 метров над уровнем моря. Обычно, при закупке партии ракет, поставляются траектории полета при высоте точки запуска от 0 метров над уровнем моря до максимально возможной, естественно, с разумным шагом по высоте. Для чего это нужно – с ростом высоты точки запуска растут высота и дальность полета, иногда значительно. Траектории даны для всех возможных вертикальных углов запуска от 45° до 85° . На всех кривых указаны теоретические ежесекундные позиции ракеты в полете. Время начала самоликвидации – 43-я секунда. При соответствующем увеличении эту точку легко найти. Что касается последующих значений, то это полет ракеты в точку излёта, т.е. в том гипотетическом случае, когда самоуничтожения ракеты не произошло и ракета продолжает движение до падения на поверхность.

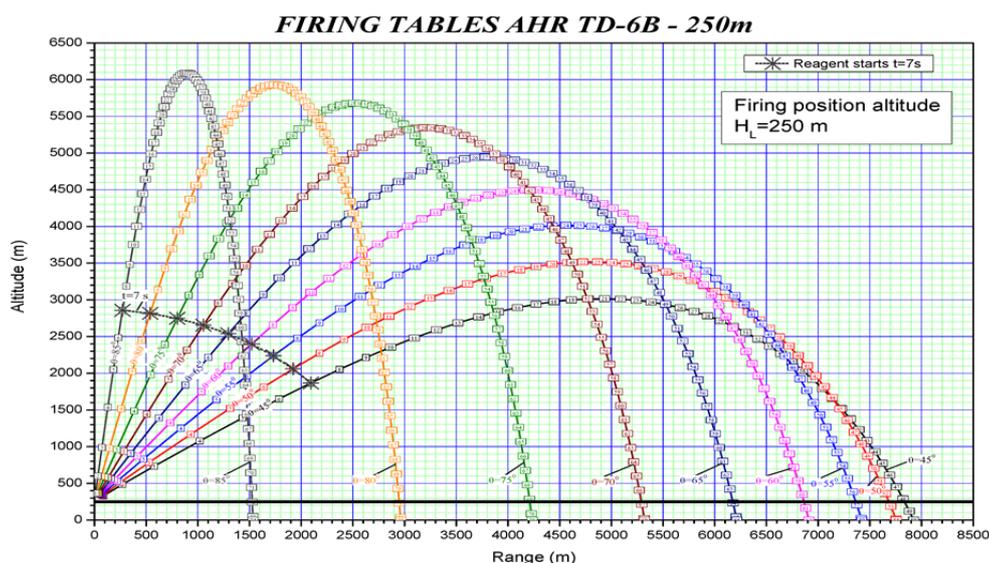


Рис. 14. Траектории полета противораковой ракеты «Трайал D-6B».
Высота запуска – 250 м над уровнем моря.

Ниже приводится информация о пусковой установке и ракете «EDePro-A8» (таблица 7), также производства Сербии (Белград)

Характеристики пусковой установки «EDePro – A8»

Калибр контейнеров – 60 мм; калибр ракет – 55 мм; число направляющих (контейнеров) – 6 шт; вес пусковой установки – 65 кг; вертикальный угол поворота – $45^{\circ} \div 85^{\circ}$; горизонтальный угол поворота – $0^{\circ} \div 360^{\circ}$;

Таблица 7. Параметры ракеты «EDePro – A8».

Характеристики	Значения
Высота подъема ракеты (при угле подъема 85°)	7750 м
Время выпуска реагента	35* sec
Время самоликвидации	43* sec
Температурный диапазон эксплуатации ракеты	$-30 \div +60^{\circ} \text{C}$
Электрическое сопротивление цепи запуска	1.2 Ω
Потребляемый ток при активации	0.68 A
Напряжение сети	24 V *
Диаметр ракеты	55 мм
Длина ракеты	1201 мм
Центр тяжести ракеты (от носа ракеты)	544 мм
Диаметр контейнера	60 мм
Длина контейнера	1422 мм
Масса контейнера	1,4 кг
Начало выпуска реагента	8* sec
Конец выпуска реагента	43* sec
Масса реагента	400 г
Активность реагента	$2,5 \times 10^{13}$ частиц/г
Время работы двигателя	3,5 сек
Тотальный импульс двигателя	3500 Нсек
Вес горючего	1800 г

Несколько разных типов противогорадовых изделий производится болгарской фирмой «Стройпроект». В частности, завод в городе Стара Загора выпускает три типа противогорадовых ракет: «Loza-2M», «Loza-3M» и «Loza-7» (таблица 8, рис. 15, 16) [12, 35 – 39].

Таблица 8. Параметры ракет «Loza-2M», «Loza-3M» и «Loza-7».

Характеристики	Тип ПГИ, значения		
	«Loza-2M»	«Loza-3M»	«Loza-7»
Диаметр ракеты	55-0,1 мм	55-0,1 мм	55-0,1 мм
Длина ракеты	920±0,1	1296±0,1 мм	1069±0,3
Масса ракеты	3,5±0,1 кг	5,360±0,1 кг	4,000±0,1 кг
Количество активного вещества	400±10 г	510±10 г	790±20 г
Время работы стартового двигателя	4,0±1,0 сек	4,0±1,0 сек	4,0±1,0 сек
Начало выпуска реагента	7±1 сек	6 – 7 сек	6±1 сек
Начальная скорость ракеты	70 м/сек	75 м/сек	70 м/сек
Внешний диаметр контейнера	60±0,1 мм	60±0,1 мм	60±0,1 мм
Длина контейнера	1037 мм	1412 мм	1253 мм
Масса ракеты с контейнером	4,7±0,1 кг	6,7±0,1 кг	5,3±0,15 кг
Время самоликвидации соплового блока	36-42 сек	44-50 сек	38-42 сек
Время самоликвидации верха	36-42 сек	44-50 сек	38-42 сек
Время самоликвидации соплового комплекта	36-42 сек	44-50 сек	38-42 сек
Время самоликвидации промежуточных 1	36-42 сек	44-50 сек	38-42 сек
Время выхода реагента	30 – 33 сек	44-50 сек	28 – 33 сек
Выход частиц с 1-го грамма реагента (при -10° С)	2,14·10 ¹³	37 – 40 сек	
Выход частиц с 1-го изделия (при -10° С)	1,16·10 ¹⁶		

Противогорадовая ракета ближнего радиуса действия «Loza-2M» хорошо зарекомендовала себя во многих странах мира. Положительные стороны – более эффективный реагент для обработки градовых облаков, более компактная форма и более низкая цена. Надо отметить, что качество реагента в болгарских ракетах всегда отменного качества, а активность всегда выше, чем у конкурентов.

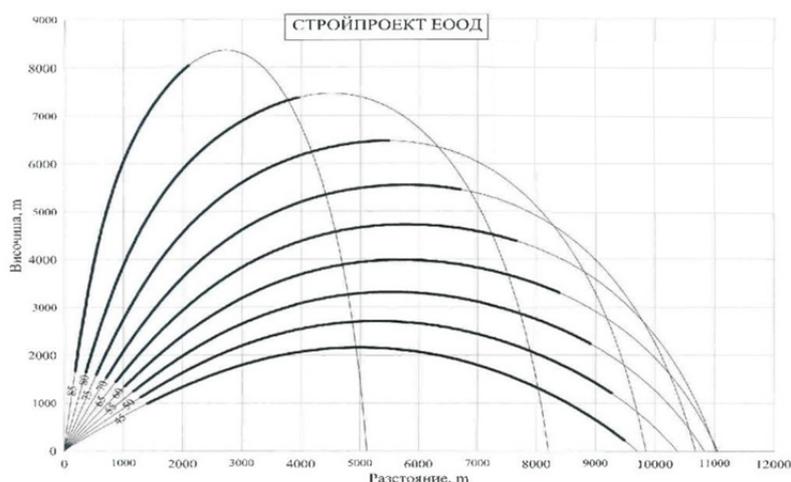


Рис. 15. Траектории полете противогорадовой ракеты «Loza-7». Высота запуска – 0 м над уровнем моря.

Что касается противогорадовой ракеты «Loza-7», то она представляет собой инновационную ракету с двумя двигателями, один из которых является стартовым, а второй – носителем реа-

гента, т.е. является маршевым двигателем, снаряженным льдообразующим твердым топливом (ЛТТ) и выпускает их на всем пути. Надо отметить, что создание более благоприятных условий при сгорании ЛТТ (более высокая температура и давление) резко повышает выход льдообразующих частиц – центров кристаллизации. На рисунке 15 даны для примера траектории полета противорадовой ракеты «Лоза-7». Пуск ракеты производится с высоты 0 м над уровнем моря, начало выхода реагента – 6 секунда, конец выхода реагента и самоликвидация – 42 секунда. Жирные участки на кривых соответствуют времени выхода реагента.



Рис. 16. Простая пусковая установка для запуска ракет типа «Лоза-3».

Надо отметить, что для расширения сферы своей деятельности, фирма «Стройпроект» построила завод по выпуску противорадовых ракет в Аргентине, в провинции Мендоса.

Относительно новое явление на рынке противорадовых ракет – появление ракеты «**ARI 2 Hail Missile**» израильского производства. Высокий уровень производства ракет в Израиле общеизвестен, поэтому не будем заострять внимание на этом. Отметим только, что параметры ракеты схожи с параметрами наследников «МТТ-09М», хотя реагент имеет большую активность [40] (таблица 9). Крайне скудная информация, отсутствие визуала, некоторые несоответствия «информации о продукте» не позволяют сделать более обоснованные и точные выводы об этой ракете.

Таблица 9. Параметры ракеты «ARI 2 Hail Missile»

Характеристики	Значения
Калибр ракеты	55 мм
Размах стабилизатора	113 мм
Длина ракеты	920 мм
Вес ракеты	3,5 кг
Количество реагента	0,5 кг
Количество ядер с 1 г реагента при -10°C	$4,0 \times 10^{13}$
Количество ядер на изделие	$1,3 \times 10^{16}$
Максимальная длина полета	9 км
Максимальная высота полета	7 км
Время работы двигателя	5 сек
Рабочая температура	-5 ÷ 50°C

Противораговые системы Китая

И наконец, перейдем к противораговым системам Китая [41, 42]. Серия WR оперативной системы для пуска ракет для увеличения выпадения осадков и противораговых ракет является

рабочим инструментом, разработанным для обеспечения изменения погоды. Она разработана в ОАО «Shanxi Zhongtian Rocket Technologies Co», Ltd (Китай). Система представляет собой комбинацию современной технологии твердотопливных ракет и технологию катализаторов для высокоэффективного изменения погоды. В состав оперативной системы входят ракета, пусковая установка, контрольное устройство пусковой установки и другое вспомогательное оборудование. Имеются различные типы пусковых установок – для установки на земле, монтаже на автомобиле и корабле (монтаж или простая установка не уточняется). Все типы ракет совместимы с любой установкой, чтобы соответствовать требованиям пользователя (таблица 10, рис. 17-23).

Таблица 10. Основные параметры противораковых ракет и ракет для вызывания осадков серии «WR-98».

Характеристики	Модель ПГИ, значения		
	«WR-98»	«WR-98Z»	«WR-1D»
Калибр, мм	82	82	57
Длина, мм	1450	1580	1060
Масса, кг	8,3	9,0	4,3
Максимальная высота пуска, км	8,5	9,0	6,0
Температурный диапазон эксплуатации	-30~45°C	-30~45°C	-30~45°C
Температурный диапазон хранения	-15~40°C	-15~40°C	-15~40°C
Влажность при хранении	≤70% RH	≤70% RH	≤70% RH
Посадочная скорость, м/с	≤8	≤8	≤8
Процент успеха, %	99	99	99
Продолжительность хранения	3 года	3 года	3 года
Масса реагента, г	725	630 (15 элементов)	220
Время рассеивания, с	≤35	30	≤25
Активность реагента	1,8×10 ¹⁵ / g (AgI), при -10°C		
Тип пусковой установки	стационарный, автомобильный или морской		



Рис. 17. Пусковые установки разных типов [43].



Рис. 18. Мобильная пусковая установка групп «WR-98», «WR-1D» [43]



Рис. 19. Ракета «WR-98» для увеличения осадков и против града [43].



Рис. 20. Мобильная пусковая система «WR-9821» [43].



Рис. 21. Морской вариант «WR-98».



Рис. 22. Ракеты «WR-98» для вызывания осадков и борьбы с градом.



Рис. 23. Ракеты серии «WR-1D» для увеличения количества осадков и подавления града [44].

В начале 2015 г. была создана 26-ствольная автоматическая пусковая установка СД-26 производства научно-технического центра «Дельта» (Грузия) и было налажено их производство. Электропитание установки автономное и осуществляется с помощью аккумулятора, подзаряжаемого солнечной батареей (рис. 24). В краткий срок были построены более 80 площадок (пунктов воздействия) для этих установок.



Рис. 24. Современная стационарная автоматическая пусковая установка «СД-26» с дистанционным управлением для противораковых ракет «SK-6», «Trayal D 6B», «Loza-2» производства научно-технического центра «Дельта» (Грузия) [45,46]

Управление этой установкой осуществляется дистанционно посредством специальной компьютерной программы. С помощью этой программы можно сообщать пусковой установке желаемый азимут и угол возвышения, после чего осуществляется открытие защитной крышки установки и запуск желаемого количества ракет в заданном направлении. Точность перемещения стволов установки «СД-26» по вертикали и азимуту около 1 градуса. После пуска ракет защитная крышка закрывается. Указанная установка намного эффективнее, оперативнее и безопаснее, чем заграничные аналоги, не говоря о применяемой ранее пусковой установке «ТКБ-040».



Рис. 25. Временный вариант мобильной автоматической пусковой установки с дистанционным управлением производства научно-технического центра «Дельта» для противораковых ракет.

В экспериментальных целях временно были использованы две мобильные пусковые установки, смонтированные на бронетранспортерах «Дидгори» (рис. 25). С учетом приобретенного опыта в будущем планируется применение соответствующих транспортных средств для мобильного варианта этих установок. Кроме этого, постоянно ведутся работы по усовершенствованию установки «СД-26» и ее программного обеспечения.

Заклучение

Противоградовые ракеты наземного базирования, как основа ракетной технологии борьбы с градом, пока не собираются сдавать свои позиции, развиваются и совершенствуются. Их развитие идет по пути повышения эффективности изделий, сокращения габаритов и массы при одновременном увеличении выхода числа льдообразующих ядер кристаллизации. Исчезли с поля зрения некоторые перспективные образцы, что очевидно связано с тем, что они предлагались военными предприятиями, для которых они не являются приоритетной продукцией. Появилось несколько новых производителей с новыми образцами изделий. Производство пусковых установок от простых конструкций с ручным наведением постепенно переходит к механизированным и далее, к автоматизированным с дистанционным управлением [13, 24]. Соответственно будет уменьшаться число установок, требующих постоянного присутствия человека для зарядки, наведения и стрельбы, тем более в неблагоприятных погодных условиях и возрастет число механизированных и автоматизированных, естественно, с увеличением числа направляющих, с готовыми к стрельбе ракетами.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Abshaev A.M., Abshaev M.T., Barekova M.V., Malkarova A.M. Rukovodstvo po organizacii i provedeniu protivogradovih rabot. ISBN 978-5-905770-54-8, Nalchik, Pechatni dvor, 2014, 500 s, (in Russian).
2. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 65, Tb., 2015, pp. 77 – 100, (in Russian).
3. Amiranashvili A.G. History of Active Effects on Atmospheric Processes in Georgia. In the book: Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., pp. 234-254, (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
4. ამირანაშვილი ა., კვესელავა ნ., ღლონტი ნ., ჩიხლაძე ვ., ცინცაძე თ. ბუნებრივ მოვლენებზე აქტიური ზემოქმედების ჩატარების ისტორია საქართველოში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, შრომები, ISSN 1512-1976, ტ. 7, თბილისი-თელავი, საქართველო, 26-28 სექტემბერი, 2020, გვ. 147-152.
5. 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, Tbilisi, 2015, vol.18B, pp. 92-106.
6. Amiranashvili A., Burnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Ghlonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Chargazia Kh., Chikhladze V. Renewal Works of Anti-Hail Service in Kakheti. Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol.66, Tb., 2016, pp.14–27, (in Russian)
7. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. Weather Modification in Georgia: Past, Present, Prospects for Development. International Scientific Conference “Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation”. Proceedings, ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 216-222.
8. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Chikhladze V. Anti-Hail Rockets of the Surface-to Air Type. Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 64, Tb., 2013, pp. 151 – 159, (in Russian).

9. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Means of Action on Atmospheric Processes in Kakheti. Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 65, Tb., 2015, pp. 113 – 120, (in Russian).
10. Amiranashvili A.G., Chikhladze V. A., Dzodzuashvili U. V., Jincharadze G. A., Pipia M. G., Sauri I. P., Telia Sh. O. On the Use of Anti-Hail Rockets "Trayal D 6- B" in the Work of Anti Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.19B, Tbilisi, 2016, pp. 73-78.
11. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Sauri I., Telia Sh. About the Use of Anti-Hail Rockets "Loza2" in the Work of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 22(1), 2019, pp. 30 – 37.
12. საური ი., შავლაყაძე შ., ჩიხლაძე ვ. თანამედროვე სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტები. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, შრომები, ISSN 1512-1976, ტ. 7, თბილისი-თელავი, საქართველო, 26-28 სექტემბერი, 2020, გვ. 157-161.
13. კერესელიძე რ., საური ი., შავლაყაძე შ., ჩალაბაშვილი უ., ჩიხლაძე ვ. სეტყვასთან ბრძოლის ავტომატიზირებული სისტემები. სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, შრომები, ISSN 1512-1976, ტ. 7, თბილისი-თელავი, საქართველო, 26-28 სექტემბერი, 2020, გვ. 162-166.
14. თელია შ., კვესელავა ნ., საური ი., ჩიხლაძე ვ., მოძუაშვილი უ., წერეთელი ა. სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტიანობა კახეთში 2015-2019 წწ. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ბუნებრივი კატასტროფები საქართველოში: მონიტორინგი, პრევენცია, შედეგების შერბილება“, შრომები, ISSN 1512-1976, თბილისი, საქართველო, 12–14 დეკემბერი, 2019 წ., გვ. 206-208.
15. 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., ISSN 1512-1976, v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 153-156
16. ამირანაშვილი ა., კვესელავა ნ., ქვილითაია ნ., საური ი., შავლაყაძე შ., ჩიხლაძე ვ. კახეთში 2016-2020 წწ. სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების ზოგიერთი შედეგები. მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXXII, 2020 Pp. 123-128.
17. Карцивадзе А.И., Салуквадзе Т.Г., Лапинская В.А. Некоторые вопросы методики воздействия на градовые процессы с использованием противорадовой системы “Алазани”. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР. Т. 26 , ”Мецниереба”.1975. С. 13-27.
18. <http://www.chapaew.ru/Production.aspx?id=1f34dc30-43b7-42cd-9065-2bfa7945470&parent=sediments>
19. http://ru.attech.ru/www/?page_id=656
20. <http://www.chapaew.ru/Production.aspx?id=d572263f-bb91-46ff-9b98-5cf42d598dcf&parent=sediments>
21. <https://rostec.ru/news/tekhnodinamika-zavershaet-ispytaniya-protivogradovyykh-raket-alazan-8m/>
22. <https://tass.ru/ekonomika/10944089>
23. <https://news.rambler.ru/tech/46025506-rosteh-razrabotal-raketu-dlya-zaschity-ot-grada/>
24. <https://actualitati.md/moldavskie-inzhenery-uspeshno-ispytali-protivogradovye-sistemy-s-distancionnym-upravleniem>
25. <https://rostec.ru/news/tekhnodinamika-prezentovala-puskovuyu-ustanovku-protivogradovyykh-raket-elbrus-a/>
26. <https://synapsenet.ru/okpd2/20.51.14.120/raketi-dozhdevie>
27. <http://www.elmecph.ro/produse.html>
28. Edward Gheorghiosu , Sorin Bordoş1 , Vasile Enache and Dănuţ Ion. Conformity assessment of anti-hail rocket RAG96.00 with security requirements MATEC Web of Conferences 305, 00020 (2020) <https://doi.org/10.1051/matecconf/202030500020> SESAM 2019

29. <https://investigatii.md/ro/investigatii/bani-publici/monopolul-pentru-protectia-antigrindina-trecut-dintr-un-buzunar-in-altul4>
30. http://www.poliester.rs/Fabrike%20-%20Poliester%20Priboj_files/katalog_protivgradonosnih_raketa_30_10_PRINT.pdf
31. http://www.poliester.rs/grupa-proizvodi-protivgradne_rakete-raketa_pgr_pp_8.html
32. <https://trayal.rs/en/products/explosives/smoke-pyrotechnic/anti-hail-rockets/>
33. http://www.edepro.com/files/AHR_A8.pdf
34. <https://www.krusik.rs/en/anti-hail-system-kpgs/>
35. <https://www.cloud-seeding.info/>
36. <https://www.cloud-seeding.info/product.php?lang=1>
37. <https://www.youtube.com/watch?v=jThSs0FRZ24>
38. loza-7, parameter.pdf
39. <https://www.skyscrapercity.com/threads/made-in-bulgaria-%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BE-%D0%B2-%D0%91%D1%8A%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%8F.615829/page-37>
40. <https://www.liquidgas.co.il/ari-2-anti-hail-missiles>
41. <https://missilery.info/gallery/wr-98-rakety-dlya-povysheniya-dozhdya-i-protivogradovye-rakety-kitay>
42. <https://missilery.info/gallery/sovremennye-meteorologicheskie-ustanovki-kitaya>
43. http://ensunvalorcasc.w1.xacnnic.com/products_show.aspx?classid=93
44. <http://www.castcc.com/en/show.php?id=77>
45. Amiranashvili A., Berekchian I., Dvalishvili K., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Tatishvili G., Telia Sh., Chikhladze V. Characteristics of Ground Means Action on Hail Process in Kakheti. Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 66, Tb., 2016, pp. 39 – 52, (in Russian).
46. https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&text=противоградовые%20ракеты&p=2&pos=84&rpt=simage&img_url=https%3A%2F%2Fcdn2.img.sputnik-georgia.com%2Fimages%2F23538%2F94%2F235389485.jpg

СОВРЕМЕННЫЕ РАКЕТЫ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРАДОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Чихладзе В.А.

Реферат

Представлены данные о серийно выпускаемых в настоящее время противоградовых ракетах и некоторых пусковых установках для них. Даны имеющиеся в открытой печати их характеристики (внешний вид, разрез, траектории полета и др.).

Ключевые слова: противоградовые ракеты, пусковая установка.

სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედებისთვის თანამედროვე რაკეტები

ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

წარმოგიდგენილია მონაცემები ამჟამად მასობრივი წარმოებაში მყოფი სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტებისა და მათთვის რამდენიმე გამშვები დანადგრების შესახებ. მოცემულია ღია პრესაში არსებული მათი მახასიათებლები (გარეგნობა, კვეთა, ფრენის ტრაექტორიები და სხვა).

MODERN ROCKETS FOR IMPACT ON HAIL PROCESSES

Chikhladze V.

Abstract

Data on currently mass-produced anti-hail rockets and some launchers for them are presented. Their characteristics, available in the open press, are given (appearance, section, flight trajectories, etc.).