

обеспечения связи в группе. Предложено использование методов роевого интеллекта для решения этих проблем. Сформулирован обобщенный алгоритм, позволяющий организовать роевое взаимодействие в группе аппаратов и рассмотрены примеры решения практических задач на основе этого алгоритма. Результаты подтверждены компьютерным моделированием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубников Г.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях // http://www.uav.ru/articles/civil_uav_th.pdf.
2. Соколов В.Б., Теряев Е.Д. Беспилотные летательные аппараты: некоторые вопросы развития и применения (обзор по материалам публикаций в Интернете) // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2008. – № 2. – С. 12-23.
3. Амелин К.С., Антал Е.И., Васильев В.И., Гранчина Г.О. Адаптивное управление автономной группой беспилотных летательных аппаратов // Стохастическая оптимизация в информатике. – 2009. – Т. 5, № 1-1. – С. 157-166.
4. Попов В.А., Федотинов Д.В. Развитие направления миниатюрных беспилотных летательных аппаратов за рубежом // ФГУП «ГосНИИАС» (http://uav.ru/articles/mav_abroad.pdf).
5. Dorigo M., Biralattari M. Swarm intelligence // Scholarpedia. – 2007. – № 2 (9).

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н. А.А. Илюхин.

Иванов Донат Яковлевич

Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем им. академика А.В. Каляева федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет».

E-mail: donat.ivanov@gmail.com.

347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2.

Тел.: 88634315494.

Конструктор.

Ivanov Donat Yakovlevich

SFedU Acad. Kalyaev Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems.

E-mail: donat.ivanov@gmail.com.

2, Chekhov Street, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634315494.

Designer.

УДК 551.501.35 ÷ 551.508 ÷ 551.578.7

М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, М.А. Анаев, В.В. Соловьев, С.И. Шагин

МНОГОЦЕЛЕВОЙ АВИАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ОТ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА «НАРТ»

Рассматриваются возможности применения беспилотного авиационного комплекса для мониторинга природных и техногенных катастроф, контроля загрязнений атмосферы, лесных пожаров, состояния посевов, патрулирования газо- и нефтепроводов, защиты больших территорий от градобитий, ливневых паводков и увеличения осадков в засушливых регионах. Приведены состав комплекса, его краткое описание, основные технические характеристики БЛА, его бортовое оснащение системой управления, мониторинга и активного воздействия на облачные процессы, устройства запуска БЛА, схема и методика применения комплекса.

Беспилотный авиационный комплекс; бортовое оснащение; мониторинг; защита от стихийных явлений.

M.T. Abshaev, A.M. Abshaev, M.A. Anaev, V.V. Soloviev, S.I. Shagin

UNMANNED AERIAL VEHICLE “NART” BASED VERSATILE AERIAL SYSTEM FOR ALERTING AND PREVENTION FROM NATURAL DISASTERS

Opportunities of the pilotless aviation complex application for monitoring natural and technogenic accidents, the control of atmosphere pollution, forest fires, conditions of crops, patrolling gas- and oil pipelines, protection of big territories from hail, storm high waters and increase of precipitation in droughty regions are considered. The structure of the complex, its description, basic characteristics of PLA, its onboard equipment by a control system, monitoring and weather modification, devices of PLA start, the scheme and application technology are resulted.

Pilotless aviation complex; onboard equipment; monitoring; prevention of severe weather phenomena.

Неблагоприятные явления погоды (град, засуха, наводнения, паводки и сели ливневого происхождения) во многих странах приводят к чрезвычайным ситуациям, человеческим жертвам и наносят большой ущерб сельскому хозяйству, флоре, фауне, строениям, транспортным средствам, линиям электроснабжения, связи и другим коммуникациям. Ежегодные мировые потери исчисляются десятками миллиардов долларов, в том числе потери только от града превышают 7 миллиардов долларов США [1].

Глобальное потепление климата ведет к увеличению частоты и мощности стихийных явлений погоды. Поэтому мониторинг, оповещение и защита от стихийных явлений погоды должны являться составной частью программ развития экономики и безопасности населения.

Согласно регистров ВМО, более 70 стран осуществляют около 50 проектов подавления града на площади $\approx 1,2 \cdot 10^5$ км² и около 80 проектов увеличения осадков на площади $\approx 1,8 \cdot 10^5$ км² с использованием авиационных, ракетных, артиллерийских и наземных методов засева облаков льдообразующими реагентами [1]. Но потребность в защите от опасных явлений погоды значительно превосходит указанные объемы.

Российская автоматизированная ракетная технология защиты от града [3] позволяет сократить потери от града на 80–90 % и применяется в России, странах СНГ, Аргентине, Болгарии с окупаемостью от 5 до 16 раз в зависимости от градоопасности территории и ценности защищаемых культур. Российская технология искусственного увеличения осадков [4] обеспечивает увеличение количества осадков на 12–18 % и применяется в ряде регионов России, в Иране, на Кубе, Сирии и др. Однако расширение объемов защиты от града и засухи сдерживается высокой себестоимостью ракетных и пилотируемых авиационных технологий.

Интенсивное развитие экономики требует создания новых оперативных источников информации, обеспечивающих мониторинг техногенных и природных катастроф и измерения их параметров. Для этих целей все большее применение находит беспилотная авиация.

На основе многолетних исследований, проведенных Высокогорным геофизическим институтом совместно с рядом НИИ и КБ [2], а в настоящее время НПЦ «Антиград-А» и НПЦ «Антиград-Авиа» в кооперации с рядом отечественных предприятий разрабатывают многоцелевой беспилотный авиационный комплекс «Нарт», который может обеспечить: мониторинг и оповещение о стихийных явлениях погоды, контроль загрязнения атмосферы, лесных пожаров, состояния посевов, газо- и нефтепроводов, защиту больших территорий от градобитий, паводков и селей ливневого происхождения, гроз и шквалов, увеличение осадков в засушливых регионах.

В состав комплекса «Нарт» входят:

- ◆ автоматизированная радиолокационная система «АСУ-МРЛ», которая обеспечивает обнаружение и распознавание явлений погоды, оповещение и управление операциями по их предотвращению;
- ◆ беспилотный летательный аппарат (БЛА) многоцелевого применения, обеспечивающий засеивание облаков, разведку погоды и измерение параметров облаков, оснащенный бортовыми средствами управления полетом, измерения параметров атмосферы и облаков, засеивания облаков кристаллизующими и гигроскопическими реагентами;
- ◆ катапультное устройство для предстартового контроля и запуска БЛА; наземный пункт управления подготовкой к полету и полетом БЛА.

«АСУ-МРЛ» (патент РФ № 2213983) представляет собой программно-технический комплекс, состоящий из метеорологического радиолокатора (МРЛ), аппаратуры управления МРЛ и первичной обработки радиолокационных сигналов, средств вторичной обработки, визуализации, документирования и архивации радиолокационной информации. «АСУ-МРЛ» обеспечивает автоматический трехмерный обзор пространства с периодичностью 3 мин, обнаружение полей облачности и осадков, распознавание явлений погоды, построение около 30 карт метеоинформации, включая карты верхней и нижней границ облаков, горизонтальных сечений на любом уровне высоты, вертикальных сечений в любом направлении, карт интенсивности и количества осадков, размера и кинетической энергии града, приведенной водности, контуров опасных явлений погоды, а также измерение около 100 одно-, двух- и трехмерных параметров облаков [2]. Программное обеспечение «АСУ-МРЛ» позволяет оценить метеорологическую обстановку, распознать грозо- и градоопасность облаков и управлять операциями по засеиванию облаков с целью предотвращения града, ливневых паводков и увеличению осадков.

БЛА включает планер, бортовое радиоэлектронное оборудование (БРЭО), силовую установку (СУ), систему электроснабжения (СЭС), систему посадки (СП), полезную нагрузку.

Таблица 1

Основные технические характеристики БЛА «Нарт»

Основные технические характеристики	Значения характеристик
Диапазон высот полета	до 8 км
Диапазон скоростей полета	120–450 км/ч
Скорость вертикальная максимальная	18 м/с
Время полета максимальное	50 часов
Дальность полета максимальная	12000 км
Радиус действия радиолинии	до 350 км
Массовые характеристики (возможны различные варианты):	
◆ стартовая;	350–1100 кг
◆ пустого;	315–473 кг
◆ масса полезной нагрузки	до 500 кг
Объем отсека полезной нагрузки	до 1,0 м ³
Способы старта	с катапульты и по-самолетному
Способы посадки	на парашюте и по-самолетному
Размер площадки при посадке на парашюте	300 × 300 м
Длина ВПП при взлете «по-самолетному»	до 500 м

Планер БЛА имеет модульную конструкцию, состоящую из отсеков, фиксирующихся между собой с помощью фланцевых и контурных соединений.

БРЭО состоит из бортовой системы управления (БСУ) и системы обмена информацией по радиоканалам (СОИР). Система управления БЛА – инерциальная с коррекцией по информации от спутниковой навигационной системы. Полет выполняется по программе, введенной в бортовую систему управления перед полетом. Оператор (руководитель полета) с наземного пункта управления (НПУ) могут выполняться коррекция программы полета, управлять бортовым оборудованием БЛА и оборудованием из состава полезной нагрузки путем передачи командно-сигнальной информации по прямому каналу радиолинии «БЛА-НПУ». По обратному каналу радиолинии с борта БЛА на НПУ передается служебная и иная информации.

Силовая установка состоит из двух винтомоторных групп, включающих в себя двигатели внутреннего сгорания с тянущими двухлопастными воздушными винтами и топливной системы. Винтомоторные группы установлены в центральной (не складываемой) части крыла под нижней поверхностью консолей.



Рис. 1. Внешний вид БЛА

Возможны два варианта взлета-посадки: взлет со стартового катапультного устройства и посадка на парашюте (вариант 1) и взлет и посадка «по-самолетному» (вариант 2).

В варианте 1 система посадки включает в свой состав парашют и пневмогидравлические амортизирующие опоры. В варианте взлета и посадки «по-самолетному» БЛА имеет трехопорное убирающееся в полете шасси с носовым колесом.

Полезная нагрузка размещается на унифицированной платформе в центральной части фюзеляжа, симметрично относительно центра масс БЛА. Это позволяет размещать в отсеке полезные нагрузки с разными (переменными) массовыми характеристиками (с возможностью их сброса в полете) без влияния на смещение центра масс БЛА.

В зависимости от назначения БЛА полезная нагрузка может содержать: различные малогабаритные измерительные комплексы для мониторинга опасных явлений погоды, измерения параметров атмосферы, микрофизических и термодинамических характеристик облаков, аэровизуального контроля состояния посевов, мониторинга лесных пожаров, техногенных и природных катастроф, газо- нефтепроводов или бортовые средства воздействия на облачные процессы с целью предотвращения града, искусственного увеличения осадков и т.п.

Для оснащения БЛА может быть использован измерительный комплекс, разработанный Агентством «АНО АТТЕХ» для пилотируемой авиации [4], и обеспечивающий получение в реальном масштабе времени пилотажно-навигационных параметров полета (время, географические координаты, высота и маршрут полета, угол сноса, воздушная и путевая скорость), а также параметров атмосферы и облачности (температура, влажность, жидкокапельная и полная водность, прозрачность).

БЛА, предназначенный для активных воздействий, на облачные системы, может быть оснащен следующими средствами засева облаков:

- ◆ сбрасываемые ракетные контейнеры (патент РФ № 2314675);
- ◆ бортовой ракетный комплекс (патент РФ № 2130164);
- ◆ бортовые генераторы льдообразующих частиц [4];
- ◆ кассеты для отстрела пиропатронов ПВ-26 и ПВ-50 [4];
- ◆ контейнеры с грубодисперсными порошками гигроскопического реагента или гранулами сухой углекислоты [4] и т.д.

Сбрасываемый ракетный контейнер (рис. 2), содержащий 12 малоразмерных ракет массой 150 г, одновременно отстреливаемых на заданной высоте, обеспечивает засев круга радиусом 3 км. Каждая ракета (патент СССР № 1566864) содержит 80 г льдообразующего топлива и может генерировать около $3 \cdot 10^{15}$ активных льдообразующих частиц. Корпус контейнера через 5 с после запуска ракет ликвидируется на безопасные осколки. На борту БЛА может быть размещено 25 таких контейнеров, могущих обеспечить воздействие на несколько градоопасных и градовых облаков (включая сверхмощные суперячейковые). Сброс контейнеров осуществляется с уровня вершины облаков по команде НПУ из специальной платформы, размещенной в отсеке полезной нагрузки, имеющем открывающиеся створки и механизм поочередного сброса контейнеров.

Бортовой ракетный комплекс, предназначенный для широкозахватного засева градовых и градоопасных облаков, состоит из направляющих труб и ракет «Ас» калибра 56 мм, модернизированных для авиационного применения, имеющих радиус действия 12 км, массу 1,5 кг и систему самоликвидации отработавшего корпуса. Пуск ракет может осуществляться с левого и правого борта под определенным углом к горизонту и к направлению полета, чтобы обеспечить оптимальную траекторию. Это в сочетании с большим радиусом действия ракет позволяет реализовать засев облаков без влета в зоны опасной турбулентности и мощных вертикальных потоков внутри грозоградовых облаков.

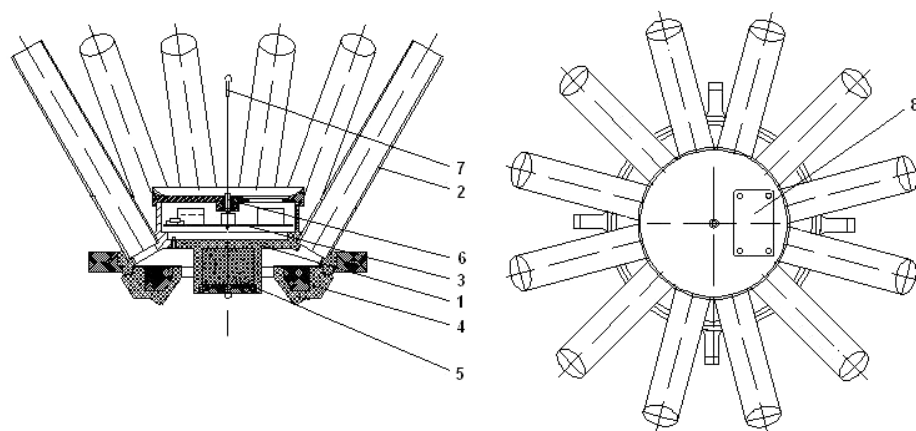


Рис. 2. Сбрасываемый ракетный контейнер [11]:

1 – корпус; 2 – труба направляющая; 3 – плата управления; 4 – пороховой аккумулятор давления; 5 – шкала ВВ; 6 – прерыватель цепи электропитания; 7 – карабин с канатом; 8 – люк для установки элемента электропитания

Бортовые генераторы льдообразующих частиц, предназначенные для засева слоистообразных и малождящих конвективных облаков с целью искусственного увеличения осадков, представляют собой ракетные двигатели ракеты «Ас» (без головной части и соплового блока). Они могут размещаться на задней части внизу крыла и поочередно поджигаться по команде с НПУ при влете БЛА в зону засева.

Кассеты АСО-2И и КСП-50 для отстрела пиропатронов ПВ-26 и ПВ-50 предназначены для воздействия на конвективные и слоистообразные облака с целью увеличения осадков и их рассеяния. В отсек полезной нагрузки могут быть встроены 4 дистанционно управляемых (с НПУ) кассет АСО-2И и 2 кассеты КП-50.

Контейнеры с грубодисперсными порошками гигроскопического реагента или гранулами сухой углекислоты также предназначены для работ по рассеянию облаков и увеличению осадков. Однако оснащение БЛА гигроскопическими реагентами, расходуемыми в больших дозах, не целесообразно из-за ограничения массы полезной нагрузки БЛА.

Катапультное устройство служит для обеспечения предстартового контроля работоспособности всех узлов и блоков БЛА, запуска БЛА с работающими двигателями с разгоном на горизонтальной консольной ферме за счет энергии расширения продуктов горения газа в толкателе цилиндрической формы. Консольная ферма имеет две колесные опоры для ручного разворота по азимуту и направляющие опоры для БЛА.

Наземный пункт управления (НПУ) используют для подготовки полетного задания для БЛА, выполнения предстартовой подготовки и пуска БЛА, контроля за полетом БЛА и работоспособности его бортовых систем с передачей информации по обратному каналу радиолинии «БЛА-НПУ», корректировки полетного задания, управления полетом и бортовыми системами с помощью разовых команд, передаваемых на борт БЛА по прямому радиоканалу, приема, обработки, документирования и архивации получаемой с борта БЛА информации.

НПУ разрабатывается на базе существующего пункта управления, входящего в составы современных беспилотных авиационных комплексов, в двух вариантах исполнения:

- ◆ стационарном, с размещением в промышленном модуле типа «Кислородск»;
- ◆ мобильном, с размещением в кузове-фургоне К4.5350 на автомобильном шасси КАМАЗ-43114 (43118).

Способы применения комплекса «Нарт»: БЛА, оснащенный, в зависимости от назначения, бортовыми средствами авиамониторинга или предотвращения опасных явлений погоды, размещается на пусковом устройстве катапультного типа, проходит предстартовый контроль функционирования всех систем с помощью автоматизированной системы контроля, в БСУ вводится полетное задание и осуществляется его пуск. Полет выполняется в соответствии с полетным заданием. При необходимости, оператором с наземного пункта управления неисполненная часть полетного задания может корректироваться передачей на борт БЛА по каналу радиолинии.

После выполнения задания БЛА выходит в район посадки, автоматически приземляется с помощью системы посадки и эвакуируется подъемно-транспортным устройством на позицию для послеполетного обслуживания и подготовки к очередному вылету (рис. 3).

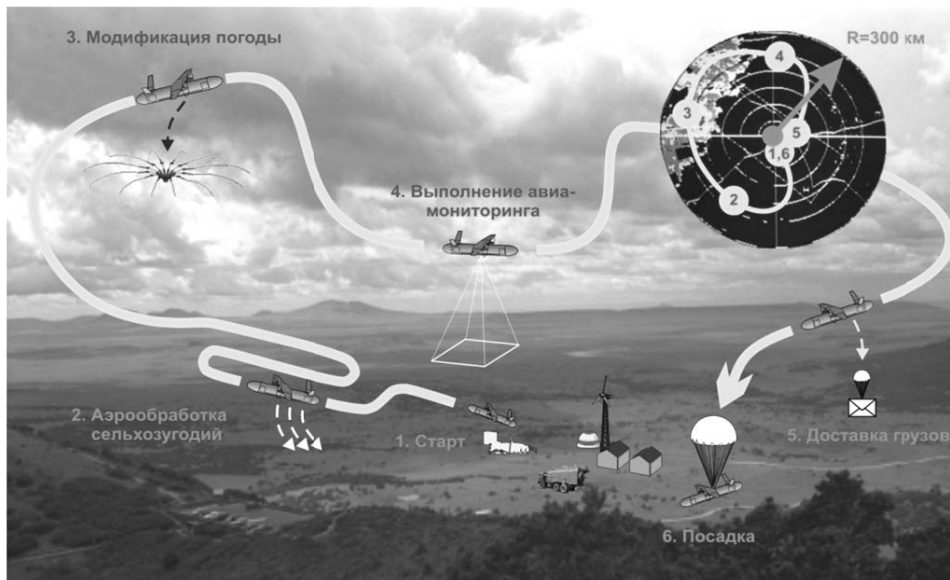


Рис. 3. Схема применения комплекса «Нарт» для различных целей

При возникновении аварийной ситуации на борту, при которой невозможно продолжение полета, бортовая система управления, согласно логике отработки отказов, выдает сигналы на выход БЛА в отчужденную зону и включение системы посадки.

В случае применения комплекса для выполнения мониторинга природных и техногенных катастроф, состояния посевов, лесных пожаров, увлажнения почвы, газо- и нефтепроводов весь полет может осуществляться по заданной перед стартом программе. В случае применения БЛА для исследования внутриоблачных процессов и активного воздействия на них программа полета и функционирование средств измерения или засева облаков могут корректироваться после подлета к цели по командам НПУ.

Применение комплекса «Нарт» для мониторинга опасных явлений погоды предусматривает оснащение БЛА видеокамерой и бортовым измерительным комплексом, с помощью которых обеспечивается:

- ◆ видеосъемка и передача на НПУ видеоизображения облаков, связанных с ОЯ, а также земной поверхности с последствиями ОЯ (повреждения от града, ливневые паводки и сели, смывы пахотного слоя, эрозия почвы);
- ◆ измерение и передача на НПУ параметров атмосферы и облаков, в том числе и опасных для полетов пилотируемой авиации.

Применение комплекса «Нарт» для предотвращения града, ливневых паводков и увеличения осадков предусматривает обеспечение постоянной готовности всего комплекса, включая БЛА, снаряженных средствами засева облаков в зависимости от решаемой задачи.

Оценка метеорологической обстановки осуществляется по данным систематического обзора трехмерного пространства с помощью автоматизированного радиолокационного комплекса «АСУ-МРЛ». При обнаружении объектов воздействия (например, градовых или градоопасных облаков) осуществляется предстартовый контроль БЛА, ввод в БСУ программы полета и запуск БЛА по команде НПУ.

Подготовка программы полета осуществляется с учетом решаемой задачи, местоположения и типа объекта воздействия, используемых средств засева. Например, для предотвращения града, согласно действующей технологии (РД 52.37.596-98), необходимо осуществлять засев областей нового роста градовых и градоопасных облаков, представляющих собой мощно-кучевые облака. Это может быть реализовано путем сброса с их вершины ракетных контейнеров или ракетного обстрела с уровня, обеспечивающего засев слоя облака с температурой -6 ± 3 °С (рис. 4). Для искусственного увеличения осадков из конвективных облаков предпочтительно применение пиропатронов ПВ-26 и ПВ-50, отстреливаемых с уровня вершины облаков, а в случае слоистообразных облаков – бортовых генераторов льдообразующих частиц или гранул CO_2 .

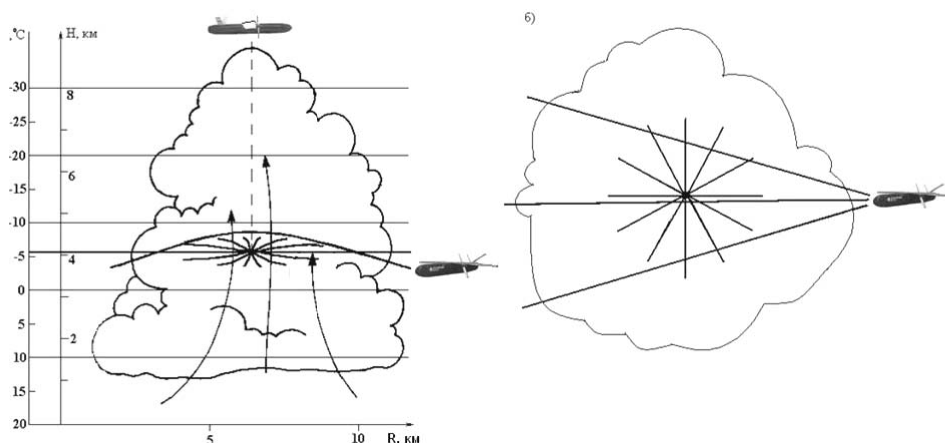


Рис. 4. Схема засева конвективного облака ракетами и сбрасываемыми контейнерами: а – на вертикальном сечении облака; б – на горизонтальном сечении

На АРМ руководителя воздействия, входящего в состав «АСУ-МРЛ», формируется карта облачности с площадками засева, на фоне которой отображается маршрут полета и текущее положение БЛА, координаты которого непрерывно

поступают по радиоканалу. По командам НПУ обеспечивается наведение БЛА по высоте и направлению полета для оптимального засева облака, в соответствии с применяемой технологией и средствами засева. При подлете БЛА в зону засева с НПУ подаются команды управления средствами засева: сброс ракетных контейнеров в требуемых точках, пуск бортовых ракет, отстрел пиропатронов, либо сброс гранул твердой углекислоты в облачную среду. После завершения засева облаков или расхода средств засева с НПУ дается команда на возврат и посадку БЛА. При наличии нескольких объектов воздействия одновременно могут применяться несколько БЛА.

С помощью предлагаемого комплекса «Нарт» может создать:

- ◆ крупномасштабную службу мониторинга и оповещения о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, лесных пожарах, состоянии газо- нефтепроводов, линий электропередач и других коммуникаций, применимую в любое время суток и года, в сложных метеорологических условиях, опасных для полетов пилотируемой авиации;
- ◆ высокоэффективную систему защиты от градобитий, обладающей преимуществами применяемой авиационной (охват больших территорий) и ракетной (высокая эффективность) технологий;
- ◆ более дешевую (относительно системы с применением пилотируемой авиации) систему искусственного увеличения осадков, рассеяния облачности.

Кроме того, можно проводить фундаментальные исследования внутриоблачных процессов в грозоградовых облаках, механизма зарождения и роста града, взаимодействия реагентов с облачной средой, трансформации микроструктуры грозоградовых облаков в результате их засева льдообразующими и кристаллизующими реагентами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абшаев М.Т., Малкарова А.М.* Оценка эффективности предотвращения града. – СПб.: Гидрометиздат. 2006. – 280 с.
2. *Абшаев М.Т., Абшаев А.М., Несмеянов П.А., Малкарова А.М., В.Н. Емельянов.* Автоматизированная технология противорадовой защиты и результаты ее применения в разных регионах мира // Экология и промышленность России. – 2007. – С. 37-48.
3. *Абшаев М.Т., Кузнецов Б.К., Михеев Н.И., Кратиров Д.В., Зорин В.А., Талалаев А.П.* Новая ракета для активных воздействий на облака // Труды Всерос. конференции по АВ на гидрометпроцессы. – СПб.: Гидрометиздат, 2008. – С. 115-126.
4. *Korneev V.P., Petrov V.V., Diadiuchenko V.N. et all.* Results of cloud seeding operations to modify weather conditions over sites. Proc 8th WMO Sci. Conf. on Weather Modification. Casablanca, Morocco. – 2003. – P. 227-230.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор Г.Г. Щукин.

Абшаев Магомет Тахирович

Высокогорный геофизический институт Росгидромета.

E-mail: abshaev@mail.ru.

360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 2.

Тел./факс: 88662471757.

Заместитель директора; д.ф.-м.н.; профессор.

Абшаев Али Магометович

E-mail: abshaev@yahoo.com.

Тел.: 88662470217.

К.ф.-м.н. Старший научный сотрудник.

Анаев Магомет Азретович

Главное управление МЧС России по Кабардино-Балкарской Республике.

E-mail: 93538@mail.ru.

360000, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 19.

Тел.: 88662743865.

Начальник отдела предупреждения ЧС.

Шагин Сергей Иванович

Начальник Главного управления МЧС России по КБР.

Соловьев Владимир Викетьевич

ООО НПЦ «Антиград-Авиа».

E-mail: sov@dubna.ru.

г. Дубна, ул. Тверская, 15/21.

Тел./факс. 4962151514.

Директор.

Abshaev Magomet Taxirovich

High Mountain Geophysical Institute of Roshydromet.

E-mail: abshaev@mail.ru.

2, Lenina Prospectus, Nalchik, 360000, Russia.

Phone/fax: +78662471757.

Vice-director; Dr. of Phis.-Math. Sc.; Professor.

Abshaev Ali Magometovich

E-mail: abshaev@yahoo.com.

Phone: +78662470217.

Cand. of Phis.-Math. Sc.; Senior Scientist.

Anaev Magomet Azretovich

Main Department in Kabardino-Balkaria of Russian Emergency Ministry.

E-mail: 93538@mail.ru.

19, Cherny'shevskogo Street, Nalchik, 360000, Russia.

Phone: +78662743865.

Chief of Warning Department.

Shagin Sergey Ivanovich

Chief of Main Department.

Solov'yov Vladimir Vikent'evich

NPC «Antigrad-Avia» Ltd.

E-mail: sov@dubna.ru.

15/21, Tverskaya Street, Dubna, Russia.

Phone/fax: +74962151514.

Director.

УДК 551. 509. 61, 551. 576. 1

**М.Ю. Пашкевич, Н.А. Березинский, И.Н. Березинский, В.О. Тапасханов,
А.Х. Аджиев, А.В. Шаповалов**

**ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО СОЗДАНИЮ ЗОН ПРОСВЕТЛЕНИЯ
В СЛОИСТООБРАЗНОЙ ОБЛАЧНОСТИ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Представлены результаты экспериментальных исследований по расширению возможностей функционирования авиационно-космических оптических систем при наличии слоистообразной облачности путем создания в облаках зон просветления методами и