



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008121898/12, 30.05.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.05.2008

(45) Опубликовано: 10.10.2009 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2090056 C1, 20.09.1997. RU 2075921 C1,
27.03.1997. RU 2130164 C1, 10.05.1999. CN
1034801 A, 16.08.1989. RU 2083999 C1,
10.07.1997. SU 875657 A1, 15.08.1988.

Адрес для переписки:

360030, КБР, г.Нальчик, пр-кт Ленина, 2,
ООО НПЦ "Антиград-А"

(72) Автор(ы):

Абшаев Али Магометович (RU),
Абшаев Магомет Тахирович (RU),
Малкарова Аминат Магометовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ООО Научно-Производственный Центр
"Антиград-А" (ООО НПЦ "Антиград-А")
(RU)

(54) АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ ЗАЩИТЫ ОТ ГРАДОБИТИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области активных воздействий на облака с целью предотвращения града с помощью ракетных и авиационных средств воздействия. Автоматизированный способ защиты от града и оценки его эффективности заключается в том, что степень градоопасности облаков определяют по критериальным значениям

совокупности трехмерных, двумерных и одномерных радиолокационных параметров облаков, а реагент вносят в область будущего градообразования и в его наветренный фланг и обеспечивают начальную концентрацию ледяных частиц не менее 10^{11} м^{-3} . Изобретение обеспечивает уточнение места внесения и дозировку реагента. 4 з.п. ф-лы, 4 ил., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008121898/12, 30.05.2008**

(24) Effective date for property rights:
30.05.2008

(45) Date of publication: **10.10.2009 Bull. 28**

Mail address:
**360030, KBR, g.Nal'chik, pr-kt Lenina, 2, OOO
NPTs "Antigrad-A"**

(72) Inventor(s):

**Abshaev Ali Magometovich (RU),
Abshaev Magomet Takhirovich (RU),
Malkarova Aminat Magometovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**OOO Nauchno-Proizvodstvennyj Tsentr
"Antigrad-A" (OOO NPTs "Antigrad-A") (RU)**

(54) AUTOMATED METHOD OF PROTECTION FROM HAIL HITTING

(57) Abstract:

FIELD: ecology.

SUBSTANCE: invention relates to field of active influence on clouds for the purpose of hail prevention by rocket and aviation means of influence. Automated method of against-hail protection and its effectiveness assessment consists in the following: degree cloud hail-dander is determined by criteria values of totality of three-dimensional, two-

dimensional and one-dimensional radiolocation parametres of clouds, and reagent is introduced into area of future hail formation and in its windward flank, and initial concentration of icy particles not less than 10^{11} m^{-3} is ensured.

EFFECT: invention ensures more precise definition of place of introduction and dosage of reagent.

5 cl, 4 dwg, 1 tbl

Изобретение относится к области активных воздействий на облака с целью защиты сельскохозяйственных культур от градобитий с использованием наземных и авиационных средств засева облаков льдообразующими реагентами.

Известно несколько способов активного воздействия на градовые облака, основанных на внесении в них кристаллизующих реагентов с помощью артиллерийских снарядов, ракет и пиропатронов, отличающихся между собой местом, температурным уровнем, дозировкой и размерами областей внесения реагента (засева кристаллизующими частицами).

Первые способы воздействия на градовые облака предусматривали внесение реагента в зону зарождения и роста града [1, 2].

В способе [1] местом внесения реагента является зона роста града 1 (см. фиг.1), выделяемая радиолокатором, как передняя по направлению перемещения часть области повышенной радиолокационной отражаемости, в которой в зрелых градовых облаках происходит рост града. Практика показала, что такой способ не обеспечивает прерывания выпадающего града и может приводить даже к усилению интенсивности градобития за счет создания смешанной (капельно-кристаллической) среды питания градин, приводящей к ускорению роста града. Поэтому применение способа было прекращено.

Второй способ [2] предусматривал внесение кристаллизующего реагента в зону зарождения и роста града 2 (см. фиг.1), расположенную перед областью повышенной радиолокационной отражаемости, в зоне восходящих потоков в слое между уровнями изотерм от -6 до -25°C . Предусматривалось создание концентрации льдообразующих частиц порядка 10^6 на м^3 , что должно было привести к повышению концентрации зародышей града в 1000 раз (по сравнению с природной) и обеспечить уменьшение размера растущего града примерно в 10 раз за счет конкуренции за облачную влагу, а образующиеся при этом мелкие градины при падении в теплый слой атмосферы успеют растаять, превращаясь в дождь. Однако и этот способ не обеспечивал прерывания града из зрелых градовых облаков, так как искусственные ледяные частицы, образовавшиеся на микроскопических частицах кристаллизующего реагента размером порядка $0,1$ $\mu\text{м}$, не могут эффективно конкурировать с зародышами, имеющими размер $5-10$ мм .

Более совершенным является известный способ прерывания града из суперячейковых облаков [3], предусматривающий воздействие на них кристаллизующим реагентом в слое $-8^{\circ}-12^{\circ}\text{C}$ путем предварительного выделения области формирования градовых зародышей 3 (см. фиг.1) как площадь прямоугольника, ограниченного шириной передфронтальной части навеса радиоэха и изолиниями радиолокационной отражаемости 35 и 15 dBZ и внесения реагента впереди по направлению перемещения области локализации града, ограниченной изолинией радиолокационной отражаемости $Z=45$ dBZ (см. позицию 5 на фиг.2). Этот способ не учитывал направление навеса радиоэха, в котором происходит зарождение и рост града, который формируется над областью мощного восходящего потока и, как правило, отклоняется в северном полушарии вправо от направления перемещения облака, а в южном - влево на угол до $45-90$ градусов. При больших углах отклонения направления навеса радиоэха, как показала практика, воздействие было мало успешным.

Наиболее близким по технической сущности является способ активных воздействий на градовые облака [4] путем внесения кристаллизующего реагента в область будущего градообразования 3 (см. фиг.1), ограниченную снизу пороговым уровнем

температуры кристаллизующего действия реагента, а по бокам - изоконтурными пороговых уровней радиолокационной отражаемости 35 и 15 dBZ, полученными в каждом предыдущем и последующем циклах измерения, осуществляемых с периодичностью 3-5 мин, часть которой отсекается изоконтуром радиолокационной отражаемости 35 dBZ, полученным в последующем цикле измерения и расширенную во фронтальной части области будущего градообразования на 2,5 км в направлении навеса радиоэха, чтобы засеять кристаллизующими частицами фидерные облака 4 (см. фиг.1), которые своими восходящими потоками подпитывают влагой основное градовое облако [4] (ПРОТОТИП).

Недостатком этого способа, как и предыдущего [3], является неточное выделение площади и направления навеса радиоэха, в котором расположены области будущего градообразования и области зарождения и роста града (см. фиг.1). За навес радиоэха принимается не только область радиоэха, нависающего над мощной струей восходящего потока, но и область наклона радиоэха на подветренную сторону облака под действием сильного ветра в среднем и верхнем слоях облакообразования (на высотах выше 5 км). Это приводит к значительному завышению площади навеса радиоэха, к завышенному расходу средств воздействия, внесению части реагента на подветренную сторону облака, в то время как градообразующая активность сосредоточена на наветренном фланге. Это снижает эффективность воздействия, затягивает время воздействия и приводит к пропуску градобитий на защищаемой территории. Во-вторых, этот способ, также как и все предыдущие, предусматривает создание в области засева концентрации кристаллизующих частиц порядка 10^5 - 10^6 . Теоретические и экспериментальные исследования [6] показали, что в случаях мощных градовых облаков такой дозировки недостаточно, так как высокая турбулентность приводит к быстрому уменьшению концентрации частиц за время их действия (в первую минуту примерно в 100 раз, в последующие 2 мин в 10 раз). В итоге этой дозировки становится недостаточно для микрофизической перестройки облака и предотвращения образования града.

Кроме того, используемые в рассмотренных способах критерии распознавания градовых, градоопасных и потенциально-градоопасных облаков [5] приводят к завышению числа засеваемых облаков, неточному определению начала и прекращения воздействия и, следовательно, к излишнему расходу средств воздействия. Таким образом, ни один из известных способов не обеспечивает четкого распознавания объектов воздействия, не содержит универсального способа выделения места внесения реагента в градовых облаках разных типов (одноячейковых, упорядоченных и неупорядоченных многоячейковых, гибридных, суперячейковых), имеющих различное пространственное строение, левостороннее и правостороннее развитие, различное расположение областей зарождения и роста града.

Техническим результатом от использования заявленного способа является повышение эффективности защиты от градобитий и сокращение расхода средств воздействия (противоградовых ракет, снарядов и пиропатронов, снаряженных кристаллизующими реагентами).

Технический результат достигается тем, что в известном способе активных воздействий на градовые облака, включающем радиолокационное зондирование облаков, последующее определение типа градовых облаков, определение градоопасности облаков, выделение в облаках областей будущего градообразования и внесение в эти области реагента с помощью применяемых средств воздействия, для повышения точности распознавания категорий градоопасности облаков и их

конвективных ячеек известные критерии, основанные на измерении одномерных параметров облаков, дополнены новыми критериями, основанными на измерении двумерных и трехмерных параметров, более адекватно характеризующих степень градоопасности облаков, а для повышения эффективности воздействия на облака различной градоопасности уточнено место внесения и дозировка реагента (средств воздействия).

Наиболее часто на практике применяется одноволновый способ распознавания категорий градоопасности облаков по критериальным значениям (см. таблицу) максимальной радиолокационной отражаемости на длине волны 10 см ($Z_{\max}$ в dBZ) и превышение высоты максимума радиоэха ($\Delta H_{Z_{\max}}$ в км) или верхней границы области повышенного радиоэха (ΔH_{35} и ΔH_{45} в км) над уровнем изотермы 0°C [5].

Однако эти параметры, измеряемые в точке максимума радиолокационной отражаемости и в точке максимальной высоты верхней границы области повышенного радиоэха, зачастую неадекватно отображают степень градоопасности облаков, которые, как известно, имеют трехмерную структуру, поэтому число градоопасных облаков значительно завышается (в 2-3 раза) и ведет к излишнему расходу средств воздействия. Поэтому предлагается дополнить применяемые критерии распознавания категорий градоопасности облаков новыми критериями, основанными на измерении двумерных и трехмерных параметров облаков, которые стало возможным измерять с развитием автоматизированных систем обработки радиолокационной информации, обеспечивающих качественно новые возможности повышения точности распознавания. Экспериментальные исследования показали, что наиболее информативными являются такие параметры, как:

а) приведенная (интегрированная по высоте) водность Δq ($\text{кг}/\text{м}^2$) переохлажденного слоя облака выше изотермы 0°C , где происходит зарождение и рост града;

б) отношение интегральной водности объемов облака выше и ниже изотермы 0°C ($\uparrow \Delta M_{Z_i} / \downarrow \Delta M_{Z_i}$), ограниченных изолинией отражаемости Z_i , характеризующее отношение водосодержания слоев роста и таяния града.

Измерение этих параметров осуществляется путем обзора трехмерного пространства с периодичностью 3 мин, аналого-цифрового преобразования, осреднения и ввода радиолокационных сигналов в компьютер по 360 дискретным значениям азимута и 400 ячейкам дальности протяженностью 0,5 км, расчета суммарного содержания воды в единице объема в каплях дождя q_R и градинах q_H

($\text{г}/\text{м}^3$) в n -й ячейке облачного объема по формуле:

$$q_n = \begin{cases} q_{Rn} & \text{при } Z_{10n} < 40 \\ (1 - k) \cdot q_{Rn} + k \cdot q_{Hn} & \text{при } 41 < Z_{10n} \leq 75 \\ q_{Hn} & \text{при } Z_{10n} > 75 \end{cases} \quad (1)$$

где Z_{10n} - радиолокационная отражаемость на длине волны $\lambda=10$ см в n -й ячейке площади радиолокационного обзора; и q_{Rn} и q_{Hn} - содержание воды в $\text{г}/\text{м}^3$ в виде дождя и града соответственно в n -й ячейке площади обзора; k - параметр, зависящий от соотношения дождевой и градовой воды, для которого эмпирически получено выражение: $k=0,0285Z_{10n}-1,14$.

Суммирование по формуле (2) значения q_n по всей толще облачного слоя выше изотерм 0°C , позволяет получить вертикально интегрированное содержание воды в

слое зарождения и роста града $\uparrow\Delta q$, которую обычно называют приведенной (к основанию) водностью:

$$\uparrow\Delta q_{mi} = \sum_{i=1}^m \uparrow q_{mi} \cdot \Delta H_i, \quad (2)$$

где $\uparrow q_{mi}$ - водность единичного объема облака в m -й ячейке площади горизонтального сечения облака на i -й высоте; ΔH_i - вертикальная протяженность i -го слоя облака, равная 0,5 км.

Расчет соотношения интегрального водосодержания переохлажденной ($\uparrow\Delta M_{Z_i}$) и теплой ($\downarrow\Delta M_{Z_i}$) частей облака осуществляется путем интегрирования приведенной водности Δq по всей площади горизонтального сечения облака указанных слоев по формуле:

$$\frac{\uparrow\Delta M_{Z_i}}{\downarrow\Delta M_{Z_i}} = \frac{\sum_{m=1}^{\infty} \uparrow\Delta q_m(Z_i) \cdot \uparrow S_m(Z_i)}{\sum_{m=1}^{\infty} \downarrow\Delta q_m(Z_i) \cdot \downarrow S_m(Z_i)}, \quad (3)$$

где $\uparrow\Delta q_m(Z_i)$ и $\downarrow\Delta q_m(Z_i)$ - значения приведенной водности переохлажденной и теплой частей облака в m -й ячейке площади облака, внутри изоконтур с отражаемостью $Z_i=25$ или 35 dBZ; $S_m(Z_i)$ - площадь m -й ячейки площади облака внутри изоконтур с заданным значением Z_i .

Отличительным признаком является то, что расчет $\uparrow\Delta M_{Z_i}/\downarrow\Delta M_{Z_i}$ осуществляется только по той части облака, где отношение приведенной водности переохлажденного и теплого слоев облака $\uparrow\Delta q_{25}/\downarrow\Delta q_{25} > 1$. Это дополнительное условие обеспечивает выделение области навеса радиоэха, диагноз наличия условий для зарождения и роста града и оценку возможности перерастания более низкой категории градоопасности в более высокую, отсекая облака не имеющие навеса радиоэха и, следовательно, не имеющие мощных восходящих потоков, индикатором которых является наличие навеса радиоэха.

Расчеты значений $\uparrow\Delta q$ и $\uparrow\Delta M_{Z_i}/\downarrow\Delta M_{Z_i}$, а также распознавание категорий градоопасности облаков автоматизированы и позволяют оперативно отобразить на дисплее карту категорий градоопасности всех облаков в радиусе радиолокационного обзора, таблицу параметров любого выбранного облака с указанием его категории градоопасности и обеспечивают удобство оперативного применения предлагаемого способа.

Комплекс критериев распознавания категорий градоопасности облаков представлены в таблице. Этот комплекс критериев включает в себя и ряд известных критериев (действующих в настоящее время на практике противоградовой защиты [5]), но скорректированных с учетом опыта многолетнего использования.

Предлагаемый комплекс критериев распознавания категорий градоопасности облаков - объектов воздействия (ОВ)				
Категория ОВ	Критерии градоопасности облаков			
I - потенциально-градоопасные	$0 < \Delta H_{Z_{max}} < 4$ км	$15 < Z_{max} < 40$ dBZ	$\Delta q_{max} > 1$ кг/м ²	$\frac{\uparrow\Delta M_{25}}{\downarrow\Delta M_{25}} > 4$
II - градоопасные	$\Delta H_{35} > 2,5$ км	$Z_{max} \geq 40$ dBZ	$\Delta q_{max} > 2$ кг/м ²	$\frac{\uparrow\Delta M_{25}}{\downarrow\Delta M_{25}} > 3$

III - градовые	$\Delta H_{45} \geq 3$ км	$Z_{\max} \geq 55$ dBZ	$\Delta q_{\max} > 4$ кг/м ²	$\frac{\uparrow \Delta M_{35}}{\downarrow \Delta M_{35}} > 2$
IV - сверхмощные градовые	$\Delta H_{45} > 4$ км	$Z_{\max} > 65$ dBZ	$\Delta q_{\max} > 8$ кг/м ²	$\frac{\uparrow \Delta M_{35}}{\downarrow \Delta M_{35}} > 1$

После распознавания категорий градоопасности облаков по предлагаемому автоматизированному способу защиты от градобитий осуществляется выделение областей будущего градообразования для внесения реагента.

В градовых и сверхмощных градовых облаках с параметрами, соответствующими критериям III и IV категории градоопасности, область будущего градообразования выделяют в слое от 1,0 до 5 км над уровнем изотермы 0°C как фронтальную часть нависающего радиоэха и окружающие ее фидерные облака. Реагент вводится по всей площади горизонтального сечения области будущего градообразования (см. фиг.2, с), ограниченной:

- с тыльной стороны изолинией отражаемости $Z=35$ dBZ;
- с фронтальной стороны изолинией $Z=0$ dBZ, расширенной по направлению навеса радиоэха на 3-4 км;
- с наветренной стороны изолинией $Z=0$ dBZ, расширенной на 3-4 км навстречу вектору ведущего потока, поведенному по тыловой границе навеса радиоэха;
- с подветренной стороны линией, проходящей параллельно навесу радиоэха по касательной к изолинии $Z=55$ dBZ, отсекающей область «ложного» навеса радиоэха, которая расположена на подветренном фланге, где начинается расширение радиоэха с $Z=0-45$ dBZ.

Важнейшим фактором, определяющим успех в предотвращении града, является точное выделение навеса радиоэха и его направления. Направление навеса радиоэха известным способом [3-5] определяют по двухуровневому сечению, как линию, соединяющую центры изолинии $Z=45$ dBZ на высоте максимального сдвига этой изолинии относительно такой же изолинии в зоне осадков (на высоте около 1,5-2 км над уровнем расположения радиолокатора).

В отличие от этого в предлагаемом способе вместо этих визуально определяемых точек используются координаты точек центров масс переохлажденной и теплой частей облака, более адекватно рассчитываемых вычислителем системы автоматизации технологических процессов «АСУ-МРЛ». Следует также отметить, что навес радиоэха на разных высотах может выступать относительно зоны осадков в разной степени. Чтобы исключить операцию поиска высоты максимального выступа навеса радиоэха и повысить оперативность выделения всей области навеса радиоэха, предусмотрено автоматическое построение карты двухуровневого сечения облаков (см. рис.2 и 3), на которой в цветовой палитре отображается:

- карта изолиний приведенной влажности Δq переохлажденного слоя облака от 1 до 5 км над уровнем изотермы 0°C, где обычно располагается навес радиоэха;
- а также контуры $Z=45$ и 55 dBZ в слое осадков (другим цветом).

В облака IV категории градоопасности реагент вводится четырехкратно с интервалом 3-4 мин, а в облака III категории градоопасности - трехкратно.

В градоопасных облаках (или их конвективных ячейках) с параметрами соответствующими критериям II категории градоопасности область будущего градообразования выделяют как область нависающего радиоэха, расположенную во фронтальной части облака в слое от 1,0 до 5 км над уровнем изотермы 0°C,

ограниченная с тыльной стороны изолинией $Z=35$ dBZ, с фронтальной изолинией $Z=0$ dBZ, а с наветренной и подветренной сторон шириной навеса радиоэха. Реагент вносят по всей площади этой области с охватом наветренного фланга (см. фиг.3) двукратно с интервалом 6 мин в 1 км слой облака с температурой от -3 до -9°C . В случае более высокого расположения навеса радиоэха реагент вносится в 1 км слой над уровнем нижней границы навеса радиоэха.

В потенциально-градоопасных облаках (или их новых конвективных ячейках), имеющих параметры, соответствующие критериям I категории градоопасности, область будущего градообразования выделяется как область первого радиоэха, зародившегося в слое от 0 до 5 км над уровнем изотермы 0°C , и ограниченная изолинией $Z=0$ dBZ. Реагент при этом вносится однократно в 1 км слой облака, расположенный над уровнем нижней границы нависающего радиоэха, по всей площади радиоэха с $Z \geq 10$ dBZ (см. фиг.4).

Наиболее эффективным по данным теоретического моделирования и многолетнего опыта противоградовой защиты в разных регионах является внесение реагента в 1 км слой облака между изотермами -3 и -9°C , где расположен первый максимум роста, размножения и агрегации кристаллов, максимум естественного размножения кристаллов, а также порог кристаллизующего действия применяемых реагентов. Но в случаях высокого расположения навеса радиоэха (или первого радиоэха новых конвективных ячеек) реагент следует вносить в 1 км слой непосредственно на уровне нижней границы навеса радиоэха, чтобы исключить потери времени на подъем реагента восходящим потоком до этого уровня.

Место внесения реагента в облаках различной категории градоопасности иллюстрируется на фиг.1-4.

На фиг.1 на фоне вертикального сечения градового облака в изолиниях отражаемости Z показано место внесения реагента по способам [1-3], позициями обозначенными соответственно 1, 2 и 3.

На фиг.2, а показано двухуровневое сечение градового облака IV категории градоопасности, на фоне которого показаны вектор ведущего потока $\vec{V}_{ВП}$, вектор перемещения облака $\vec{V}_{Облака}$ и азимут навеса радиоэха $A_{Навеса}^0$. Двухуровневое сечение на фиг.2, а и 2, б представляет собой карту максимального отражения в слое 1-5 км над уровнем изотермы 0°C , на фоне которого отображены контуры изолинии отражаемости $Z=45$ и 55 dBZ (Z_{45} и Z_{55}), выделяющие область ливневых и градовых осадков в приземном слое. На фиг.2, с двухуровневое сечение построено на основе карты приведенной водности слоя 1-5 км над уровнем изотермы 0°C , на фоне которого отображены те же контуры изолиний Z_{45} и Z_{55} . Оба варианта обеспечивают выделение всего навеса радиоэха на какой бы высоте не находился максимальный выступ навеса относительно зоны интенсивных осадков.

На фиг.2, а показано место внесения реагента 4 по способу [3], на фиг.2, б - место внесения реагента 5 по прототипу [4] и действующей инструкции [5], а на фиг.2, с место внесения реагента 6 по предлагаемому способу. Таким образом, на фиг.1 и 2 демонстрируется поэтапное уточнение места внесения реагента по мере накопления научных данных и опыта практических работ по защите от града, способствовавшее постепенному повышению эффективности защиты от градобитий.

На фиг.3 показана картина, отображаемая на дисплее компьютера автоматизированной радиолокационной системы управления противоградовыми операциями «АСУ-МРЛ». В центре фигуры изображено двухуровневое сечение 7 облака II категории градоопасности в виде карты изолиний приведенной водности

слоя 1-5 км над уровнем изотермы 0°C и контура изолинии Z_{45} . На фоне двухуровневого сечения показаны вектор ведущего потока $\vec{V}_{\text{вп}}$, вектор перемещения облака $\vec{V}_{\text{облака}}$ и азимут навеса радиоэха $A_{\text{навеса}}^0$, а также выделено (жирным

5 многоугольником) место засева, внутри которого показаны траектории противораковых ракет в виде трапеций, ограничивающих область засева тремя противораковыми ракетами. Круги означают радиус действия применяемых ракет, номера в центре кругов указывают на номера ракетных пунктов, а заштрихованные сектора - это запретные сектора, в которые запрещается запуск ракет.

10 На левой стороне фиг.3 показана таблица 8 значений автоматически измеряемых параметров облака и результат определения категории градоопасности облака по комплексу одномерных, двумерных и трехмерных критериев, приведенных в таблице.

На правой стороне фиг.3 в изолиниях Z показано вертикальное сечение облака 9 в 15 направлении навеса радиоэха, на фоне которого приведены линии высот изотермы 0°C , а также высоты изотермы -6°C , на которую вносится реагент (место внесения выделено жирной линией). Под вертикальным сечением облака показана панель управления стрельбой противораковыми ракетами 10, на которой можно ввести упреждение на перемещение облака за время выполнения команды, а кнопками 1-7 20 выбрать вариант интенсивности засева облака (дозировку реагента), убывающую от 1 до 7, показана также площадь засева, КПД засева, а также автоматически вычисленные команды на пуск ракет, включающие номер команды, номер ракетного пункта, азимут пуска и количество ракет в команде (шт.), угол возвышения и тип 25 ракет. В данном случае на ракетный пункт №21 выдаются три команды на пуск ракет при угле возвышения 55 градусов в азимуты 275 , 305 и 335 градусов. По каждой команде запускаются три ракеты, одна из которых запускается в указанный азимут, а две ракеты слева и справа от нее на угол ± 10 градусов относительно первой (т.е. веером). Эти команды при нажатии кнопки «Старт» (на фиг.3 не показана) 30 автоматически передаются на ракетный пункт по радиомодему и вводятся в систему управления ракетной установки «Элия-2», обеспечивающей автоатическое наведение ракетной установки по азимуту и углу места, контроль точности наведения и пуск ракет.

35 На фиг.4 слева показана таблица параметров облака I категории градоопасности (позиция 11), из которого еще не выпадают осадки. В центре фиг.4 показана карта приведенной водности слоя облака от 1 до 5 км выше изотермы 0°C , на фоне которой выделено место внесения реагента (внутри прямоугольника) и две тройки ракет. Справа представлено вертикальное сечение облака в азимуте 36 градусов и жирной 40 линией показана высота внесения реагента на уровне изотермы -6°C .

Расстояние между линейными и точечными источниками кристаллизующих частиц рассчитывается с учетом эффективности применяемого изделия таким образом, чтобы начальная концентрация кристаллизующих частиц в точках и линиях засева была не 45 менее 10^{11} частиц в 1 м^{-3} , а через 3 мин после внесения не менее 10^7 - 10^8 м^{-3} . По данным теоретических и экспериментальных исследований [6] такая концентрация необходима для стимулирования интенсивной агрегации кристаллов, которые за счет последующего обзёрнения облачными каплями превращаются в частицы осадков (снежную крупу) в течение 4-6 мин после засева (на 14-18 мин раньше, чем при 50 естественном ходе процесса). В этом случае преждевременное выпадение осадков приводит к уменьшению водности облака и подавлению слабых восходящих потоков в области будущего градообразования и может обеспечить прерывание процесса градообразования. При меньшей начальной концентрации кристаллов их агрегация не

эффективна, а индивидуальный рост искусственных кристаллов за счет сублимации водяного пара настолько медленный, что частицы осадков на них сформируются за время (порядка 20-24 мин), превышающее время градообразования, и воздействие

5 Предложенный способ реализуется с помощью автоматизированной радиолокационной системы «АСУ-МРЛ», которая обеспечивает автоматический обзор атмосферы с цикличностью 3-4 мин, получение и обработку трехмерных полей радиолокационных сигналов, распознавание градовых, градоопасных и
10 потенциально-градоопасных облаков по критериям, представленным в таблице, выделение областей будущего градообразования, выбор ракетных пунктов, могущих оптимально внести реагент в эти области, расчет команд на пуск ракет, их передачу на ракетные пункты и контроль исполнения.

15 Выделение областей внесения реагента осуществляется по автоматически получаемым в каждом цикле радиолокационного обзора двухуровневым сечениям, описанным выше, на которых отображаются, как показано на фиг.2, с, вектор ведущего потока, вектор перемещения центра масс облака выше уровня изотермы -6°C , рассчитанное за период между последним и предыдущим циклами обзора и
20 направления навеса радиоэха в виде линии, соединяющей центры масс облака ниже и выше изотермы 0°C , и выделяют области навеса радиоэха с $0 < Z < 35 \text{ dBZ}$, $0 < \Delta N_{Z_{\max}}$

$< 5 \text{ км}$ и $\Delta q > 1 \text{ кг/м}^2$, в которые вносят реагент в облака I и II категории градоопасности, а в зрелых градовых и сверхмощных градовых облаках III и IV
25 категории градоопасности эту область расширяют по направлению навеса радиоэха и наветренного фланга на 3-4 км, как показано на фиг.2, с, а с подветренной стороны ограничивают линией, проходящей параллельно навесу радиоэха по касательной к изолинии $Z=55 \text{ dBZ}$.

Апробация этого автоматизированного способа защиты от градобитий в
30 «Военизированных службах активного воздействия на метеорологические и другие геофизические процессы» в 2007 г. показала удобство применения и высокую эффективность способа, более быстрое достижение эффекта по сравнению с применяемым способом и сокращение расхода противоградовых ракет на облака IV
35 категории градоопасности в 1,4-2 раза. Потери от града на площади 2,3 млн га сокращены на 96,8%, в то время как в предыдущие годы потери были сокращены на 81-87%.

Источники информации

1. А.С. СССР №213445, кл. A01G 15/00, 1966.
- 40 2. А.С. СССР №249831, кл. A01G 15/00, 1968.
3. А.С. СССР №875657, кл. A01G 15/00, 1980 г.
4. Патент РФ, №2090056, кл. A01G 15/00, 1988 г. Прототип.
5. Абшаев М.Т. РД 52.37.596-88. Инструкция. Активные воздействия на градовые процессы. - Гидрометеиздат, С-П.: 1999. - 32 с.
- 45 6. Абшаев М.Т., Абшаев А.М., Садыхов Э.А. О дисперсии искусственного аэрозоля в мощных конвективных облаках. Журнал «Метеорология и гидрология», №9, 2003 г. - С.28-35.

50 **Формула изобретения**

1. Автоматизированный способ защиты от градобитий, включающий циклическое радиолокационное зондирование облаков с периодичностью 3-4 мин, получение трехмерных полей радиолокационной отражаемости Z , определение градоопасности

облаков по 4 категориям и внесения кристаллизующего (льдообразующего) реагента в области будущего градообразования с помощью ракетных и авиационных средств воздействия, отличающийся тем, что распознавание категорий градоопасности облаков осуществляют по критериальным значениям совокупности трехмерных, 5 двумерных и одномерных параметров облаков, а реагент вносят не только в область будущего градообразования, но и в его наветренный фланг, обеспечивая начальную концентрацию ледяных частиц не менее 10^{11} м^{-3} .

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что определение категорий градоопасности 10 облаков осуществляют по комплексу параметров, включающих

максимальное значение приведенной водности Δq_{max} кг/м^2 , интегрированной по всей толще облачного слоя выше изотермы 0°C ;

соотношение интегрального водосодержания объемов переохлажденной и теплой

15 частей облака $\frac{\uparrow \Delta M_{z1}}{\downarrow \Delta M_{z1}}$, измеряемых в областях, где $\frac{\uparrow \Delta q_{z1}}{\downarrow \Delta q_{z1}} > 1$;

максимальное значение радиолокационной отражаемости облака Z_{max} ;

высоты максимального радиоэха $\Delta H_{Z_{\text{max}}}$ и повышенного радиоэха ΔH_{Z_i} над

20 уровнем изотермы 0°C ,

и вносят реагент в облака, удовлетворяющие следующим условиям:

в сверхмощные градовые облака IV категории градоопасности при

25 $\Delta q_{\text{max}} > 8 \text{ кг/м}^2$, $\frac{\uparrow \Delta M_{35}}{\downarrow \Delta M_{35}} > 1$,

$Z_{\text{max}} > 65 \text{ dBZ}$, $\Delta H_{45} > 4 \text{ км}$;

в градовые облака, соответствующие III категории градоопасности при

30 $\Delta q_{\text{max}} > 4 \text{ кг/м}^2$, $\frac{\uparrow \Delta M_{35}}{\downarrow \Delta M_{35}} > 2$,

$Z_{\text{max}} > 55 \text{ dBZ}$, $\Delta H_{45} \geq 3 \text{ км}$;

в градоопасные облака II категории градоопасности при

35 $\Delta q_{\text{max}} > 2 \text{ кг/м}^2$, $\frac{\uparrow \Delta M_{25}}{\downarrow \Delta M_{25}} > 3$,

$Z_{\text{max}} \geq 40 \text{ dBZ}$, $\Delta H_{35} > 2,5 \text{ км}$.

в потенциально-градоопасные облака I категории градоопасности при:

40 $\Delta q_{\text{max}} > 1 \text{ кг/м}^2$, $\frac{\uparrow \Delta M_{25}}{\downarrow \Delta M_{25}} > 4$,

$Z_{\text{max}} > 40 \text{ dBZ}$, $0 < \Delta H_{Z_{\text{max}}} < 4 \text{ км}$.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что

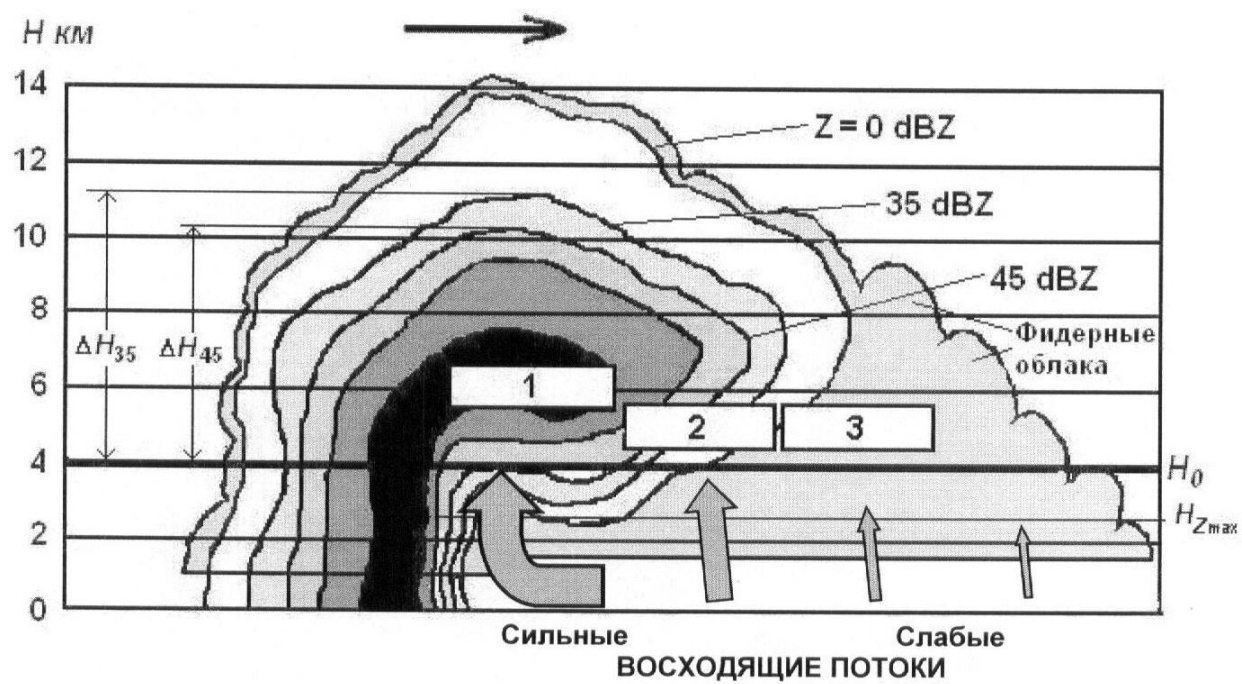
45 в облаках III и IV категории градоопасности область будущего градообразования выделяют в слое от 1,0 до 5 км над уровнем изотермы 0°C , как фронтальная часть навеса радиоэха и окружающие ее фидерные облака, а реагент вводят по всей площади горизонтального сечения этой области, ограниченной с тыльной стороны изолинией $Z=35 \text{ dBZ}$; с фронтальной стороны изолинией $Z=0 \text{ dBZ}$, расширенной по 50 направлению навеса радиоэха на 3-4 км; с наветренной стороны изолинией $Z=0 \text{ dBZ}$, расширенной на 3-4 км навстречу вектору ведущего потока, а с подветренной стороны линией, проходящей параллельно навесу радиоэха по касательной к изолинии $Z=55 \text{ dBZ}$;

в облаках II категории градоопасности область будущего градообразования выделяют также в слое от 1,0 до 5 км над уровнем изотермы 0°C , как фронтальная часть навеса радиоэха, и реагент вводят по площади ее горизонтального сечения, ограниченной с тыльной стороны изолинией $Z=35\text{ dBZ}$, с фронтальной изолинией $Z=0$ dBZ, а с наветренной и подветренной сторон шириной навеса радиоэха;

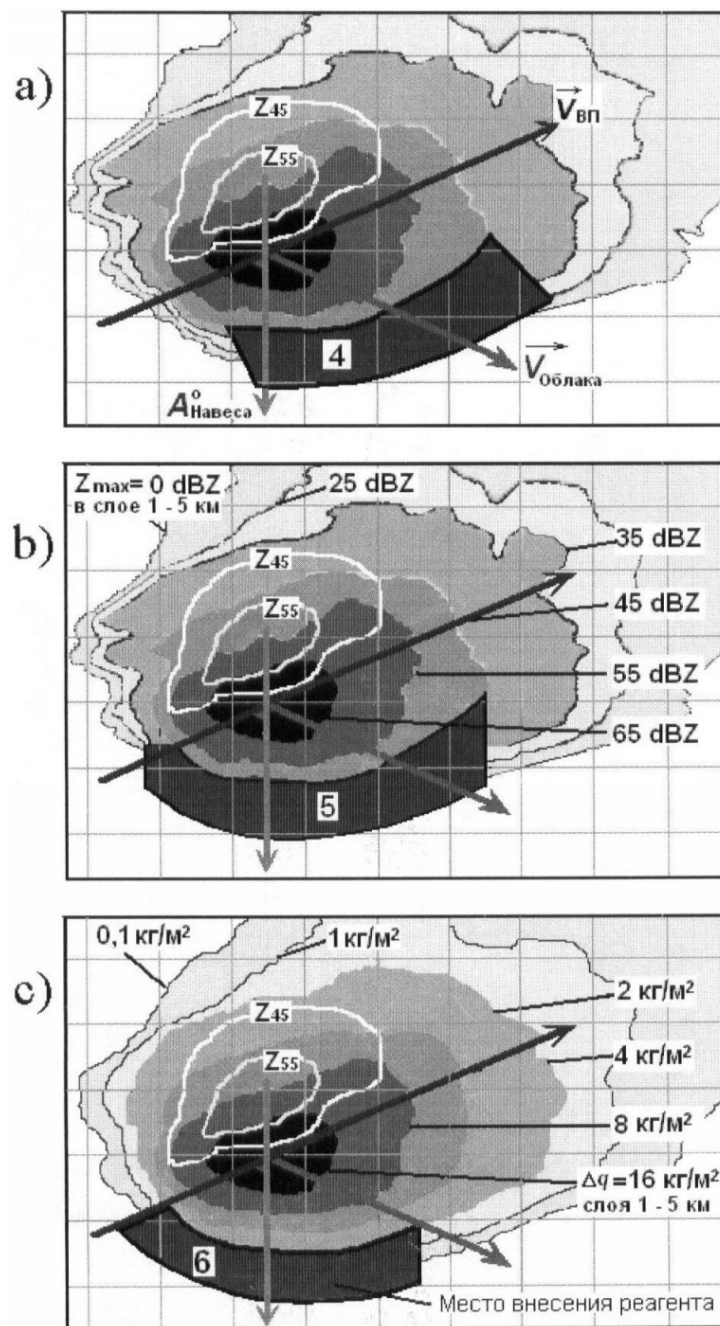
в облаках (или их новых конвективных ячейках) / категории градоопасности, область будущего градообразования выделяют, как область первого радиоэха, расположенную в слое от 1 до 5 км над уровнем изотермы 0°C , и ограниченную изолинией $Z=10\text{ dBZ}$ и реагент вводит по всей площади ее горизонтального сечения.

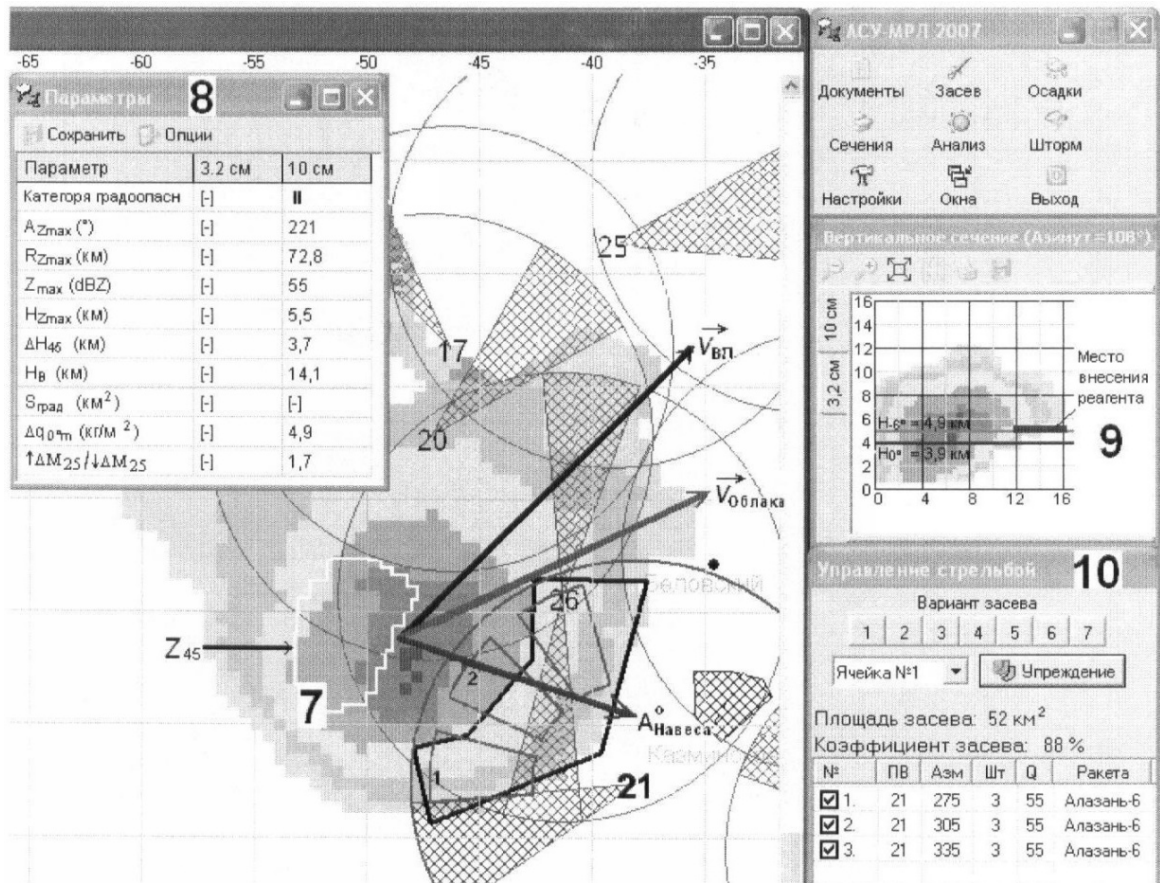
4. Способ по п.2, отличающийся тем, что двухуровневое сечение облаков для выделение навеса радиоэха формируют в изолиниях приведенной водности Δq облачного слоя от 1 до 5 км над уровнем изотермы 0°C , на фоне которой отображают контуры $Z=45$ и 55 dBZ в слое осадков, а направление навеса радиоэха определяют по линии, соединяющей центр масс переохлажденной и теплой частей облака.

5. Способ по п.2, отличающийся тем, что реагент вносят в 1 км слой между изотермами -3 и -9°C , но в случае высокого расположения навеса радиоэха или первого радиоэха новых конвективных ячеек реагент вносят в 1 км слой, расположенный над уровнем их нижней границы, причем в облака IV категории градоопасности реагент вносят четырехкратно с периодичностью 3-4 мин, в облака III категории - трехкратно, в облака II категории - двукратно, а в облака I категории - однократно.

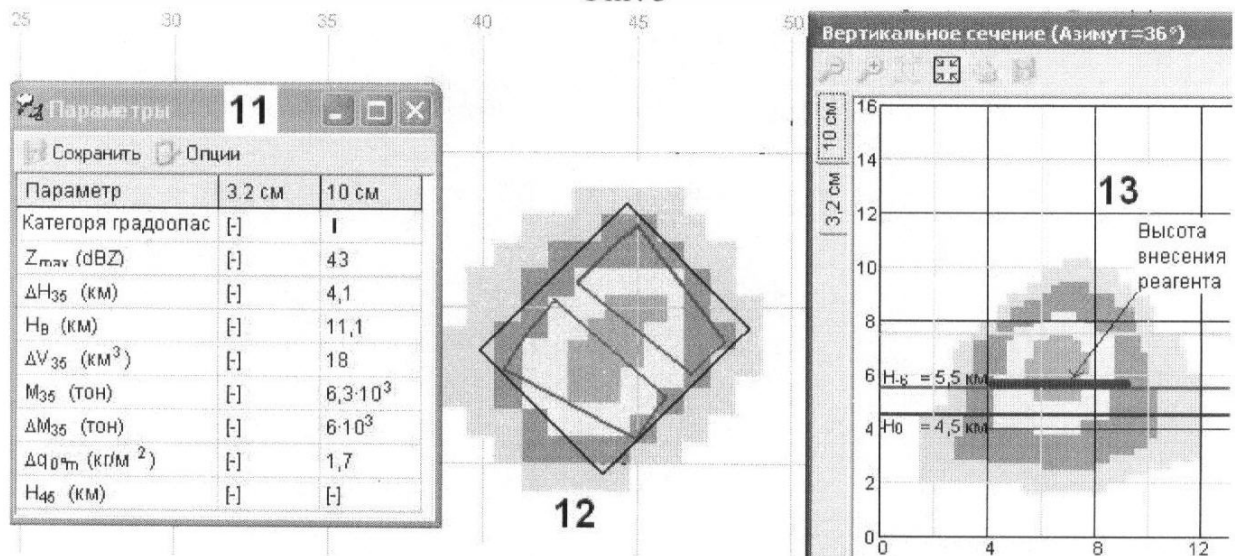


Фиг. 1





Фиг. 3



Фиг. 4