

М. Р. Ватиашвили

Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Росгидромет. ГУ «Ставропольская Военизированная служба по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы».

УДК: РД 52.37.731

РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДА АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГРАДОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Целью представленной работы является разработка усовершенствованного метода активного воздействия на градовые процессы.[2–9,12] Он отличается от действующей инструкции [1] тем, что в нем учтены те недостатки, которые ранее при воздействии не применялись и приводили к отрицательным результатам – пропуску града с ущербом сельскохозяйственных культур.

Первым недостатком действующей инструкции является то, что в критерии засева ОВ 2-й категории [8,12], характеризующийся параметрами $35 < Z_m < 55$ dBZ и $\Delta H_{35} > 2,5$ км, не учитывалось превышение высоты максимальной радиолокационной отражаемости (Z_m) над уровнем изотермы 0°C (H_0), однозначно характеризующий их фазовую структуру ($\Delta H_{Z_m} = Z_m - H_0$) [8,12,13]. В неравенстве ΔH_{35} – превышение над уровнем нулевой изотермы (H_0) высоты верхней границы радиоэха с $Z=35$ dBZ. Если в ОВ 2-й категории Z_m расположена в теплой части ($\Delta H_{Z_m} < 0$), то они являются дождевыми, а в переохлажденной части ($\Delta H_{Z_m} \geq 0$) – потенциально градоопасными и подлежат немедленному воздействию так, как вероятность их перехода в ОВ 3–4-й категории достаточно высокая. С учетом ΔH_{Z_m} уточненный критерий засева ОВ 2-й категории имеет вид $35 < Z_m < 55$ dBZ, $\Delta H_{35} > 2,5$ км и $\Delta H_{Z_m} \geq 0$. Параметр ΔH_{Z_m} дополнительно уточнялся в зависимости от высоты расположения изотермы 0°C . Воздействию подвергались объекты 2-й категории, имеющие при $H_0 < 2,5$ км значения $\Delta H_{Z_m} > 0$ км, при $H_0 = 2,5 \div 3,5$ км значения $\Delta H_{Z_m} > 1$ км, при $H_0 > 3,5$ км значения $\Delta H_{Z_m} > 2$ км.

В 2006-2007г.г. уточненный критерий засева ОВ 2-й категории на ЗТ Ставропольской ВС, прошел экспериментальную проверку [8]. Результаты представлены в табл.1, из которой следует, что, статистические характеристики радиолокационных параметров (Z_m и ΔH_{35}) ОВ 2-й категории, развивающиеся в естественных условиях и подвергшиеся воздействию, существенно отличаются друг от друга так, как на уровне значимости $\alpha=0,05$ табличные значения (D_T и Z_T) меньше экспериментальных значений (D_3 и Z_3). Воздействию подвергались 258 ОВ 2-й категории, удовлетворяющие новым критериям засева [8, 12] и не подвергались воздействию 869 ОВ 2-й категории, соответствующие старым критериям засева [1]. Если учесть, что при обработке одного ОВ 2-й категории в Ставропольской ВС в среднем расходовалось 8 противорадовых изделий (ПГИ) типа «Алазань», каждая стоимостью по 8 тыс. руб., то в этом случае в 2006 г. было сэкономлено 21,7 млн. руб., а в 2007 - 33,9 млн. руб. Экономическая эффективность ПГЗ соответственно была увеличена еще на 6 и 9,4 %, по сравнению со средней экономической эффективностью ПГЗ, достигающей в Ставропольском крае 360,1 млн. руб [8].

Вторым недостатком действующей инструкции является, то, что при воздействии на ОВ 1-4-ой категории не учитывались: а) продолжительности воздействия (Δt_6) и процесса градообразования (Δt_2) в пространственно-фиксированном объеме градового очага, которое изменяется от 4 до 24 мин., составляя в среднем 10-12 мин. [7,8]; б) время проявления эффекта воздействия (Δt_3) [4]. Согласно уравнения, приведенного в [1] Δt_6 связана в неявном виде с кратностью засева. Она в ОВ 1-й категории при однократном засеве может достичь 9 мин, ОВ 2-й категории при двукратном засеве – 15 мин, ОВ 3-й категории при трехкратном засеве – 34 мин, ОВ 4-й категории при четырехкратном засеве – 43 мин [7,8,12]. Перечисленные значения Δt_6 существенно превышают Δt_2 и Δt_3 . Значения Δt_3 для различных технологий засева, в ОВ 1-й категории изменяется от 3 до 5 мин, ОВ 2-й категории - от 6 до 9 мин, ОВ 3-й категории - от 13 до 19 мин и ОВ 4-й категории - от 20 до 25 мин. [4]. Такие расхождения между значениями Δt_6 , Δt_2 и Δt_3 , приводят к несвоевременному и недостаточному засеву объемов ЗФУЗРГ ОВ 1-4-й, категории, а, следовательно, выпадению града на ЗТ с ущербом сельскохозяйственных культур. С целью устранения выше указанных недостатков, нами разработана методика оценки оптимальных норм расхода ПГИ типа «Алазань» ($N = 0,3 \Delta V_{45}$) и интенсивности стрельбы ($v = 0,04 \Delta V_{45} \Delta t$) в объемах ЗФУЗРГ [2,3,7,12], в зависимости от объема радиоэха V_{45} с $Z=45$ dBZ и времени воздействия. Она отличается от существующей инструкции тем, что засев проводится не через обзор, а в каждом цикле радиолокационного обзора, не однократно, а двукратно в ОВ 2-й категории, трехкратно и более в ОВ 3-4-ой категории. Из табл.2 следует, что с увеличением значений параметров $N / \Delta V_{45}$ и $N / \Delta V_{45} \Delta t$ увеличивается вероятность появления случаев с положительным эффектом воздействия (ПЭВ), а следовательно, уменьшается ущерб сельскохозяйственных культур от града.

Таблица 1. Статистические характеристики радиолокационных параметров ОВ 2-й категории, развивающихся в естественных условиях (Без АВ) и подвергшихся воздействию (АВ) на ЗТ Ставропольского края за период май-сентябрь 2006-2007 гг. [5].

Параметр	Повторяемость, %(n)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_m dBZ	<36	36-40	41-45	46-50	51-55	>55	Всего %n		D_T/D_3
Без АВ АВ	<u>0,6 (5)</u>	<u>13,4 (117)</u>	<u>20 (173)</u>	<u>33 (290)</u>	<u>26 (222)</u>	<u>7 (62)</u>	<u>100 (869)</u>		<u>0,09</u>
	2 (6)	4 (11)	21 (55)	30 (77)	33 (84)	10 (25)	100 (258)		0,2
ΔH_{35} , км	<3,0	3,1-3,5	3,6-4,0	4,1-4,5	4,6-5,0	>5,0	Всего % n		D_T/D_3

Без АВ АВ	<u>45</u> (397) 12 (31)	<u>24</u> (205) 16 (40)	<u>13</u> (113) 15 (38)	<u>8</u> (66) 17 (45)	<u>4</u> (36) 10 (25)	<u>6</u> (52) 30 (79)	<u>100</u> (869) 100 (258)	<u>0,09</u> 0,41
Параметр	Статистические характеристики							
Z _{max} , dBZ	Z _{мин.}	Z _{макс}	Z _{ср.}	σ	V	Z _m /Z ₀		
10	11	12	13	14	15	16		
Без АВ АВ	<u>34</u> 34	<u>62</u> 61	<u>47,6</u> 48,8	<u>5,6</u> 5,4	<u>0,12</u> 0,11	<u>1,96</u> 29,0		
ΔH ₃₅ , км	ΔH _{мин}	ΔH _{макс}	ΔH _{ср.}	σ	V	Z _m /Z ₀		
Без АВ АВ	<u>0</u> 0,4	<u>8,8</u> 8,3	<u>3,4</u> 4,5	<u>0,95</u> 1,35	<u>0,3</u> 0,3	<u>1,96</u> 25,5		

Примечание:* -; Z_{мин.} и ΔH_{35мин.}, Z_{макс} и ΔH_{35 макс.}, Z_{ср} и ΔH_{35ср} -соответственно экстрмальные и средние значения радиолокационных параметров;); σ и V- их среднеквадратические отклонения и коэффициенты вариации; %(n),- повторяемости (число случаев); D_T/D_Э и Z_m/Z₀ – теоретические и экспериментальные значения критерий Колмогорова-Смирнова и критерий серии Вальда-Вольфовица.

Третьим недостатком действующей инструкции является то, что в ней не рассматривается возможность прерывания града предварительным засевом (ППЗ) ООС на ЗТ со стороны вторжения [6]. Повторяемость ОВ 3 - 4 – ой категории, вторгшихся на ЗТ со стороны прилегающих территорий достигает 31%. Однако их вклад в общий ущерб существенный. Физический смысл ППЗ ООС со стороны вторжения ОВ 3 - 4 – ой категории состоит в следующем [6].. В неустойчивой атмосфере отдельные импульсы нисходящего потока, создаваемые в ООС искусственно вызванными осадками, могут значительно усилиться, приводя к ослаблению скоростей восходящих потоков, питающих ОВ 3 - 4 – ой категории по пути предполагаемой траектории их перемещения в сторону ЗТ. Экспериментальная проверка методики ППЗ ООС со стороны вторжения на ЗТ ОВ 3 – 4 –ой категории, проводимая в

Таблица 2 Вероятность (%) появления опытов с ПЭВ и ОЭВ в ОВ 3-4-ой категории при различных значениях радиолокационных параметров, параметров воздействия, комплексных параметров и их статистические характеристики за период май-сентябрь 2004-2007 гг. (в скобках– число случаев).

Параметр	Вероятность в % (n) появления опытов с ПЭВ и ОЭВ				Оценка	Статистические характеристики				Оценка
	<0,4	0,4-0,6	>0,6	Всего		D _T /D _Э	Мин	Мак	Ср	
N _v /ΔV ₄₅ , изд.км ⁻³	<0,4	0,4-0,6	>0,6	Всего	D _T /D _Э	Мин	Мак	Ср	σ	Z _T Z _Э
ПЭВ ОЭВ	<u>85,3</u> (180) 14,7 (31)	<u>82,1</u> (46) 17,9 (10)	<u>80,6</u> (50) 19,4 (12)	<u>84,0</u> (276) 16,0 (53)	<u>0,19</u> 0,23	<u>0,01</u> 0,03	<u>10,0</u> 3,6	<u>0,190</u> ,14	<u>0,400</u> ,19	<u>1,96</u> -5,6
Всего	100 (211)	100 (56)	100 (62)	100 (329)	-	-	-	-	-	-
v =N/V ₄₅ Δt, изд/км ³ МИН	<0,02	0,02- 0,04	>0,04	Всего	D _T /D _Э	Мин	Мак	Ср	σ	Z _T Z _Э
ПЭВ ОЭВ	<u>63,3</u> (62) 36,7 (36)	<u>84,2</u> 48) 15,8 (9)	<u>95,4</u> (166) 4,6 (8)	<u>84,0</u> (276) 16,0 (53)	<u>0,19</u> 0,46	<u>0,003</u> 0,001	<u>1,250</u> ,30	<u>0,030</u> ,01	<u>0,050</u> ,01	<u>1,96</u> -12,3
Всего	100 (98)	100 (57)	100 (174)	100 (329)	-	-	-	-	-	-

Ставропольской ВС, показала возможность прерывания предварительным засевом интенсивных градовых процессов на подступах ЗТ.

Разработан усовершенствованный метод активных воздействий на градовые процессы. Экспериментальная проверка показала возможность прерывания града на ЗТ из ОВ 3 – 4 категории и уменьшения ущерба от града за счет: уточненного критерия засева; увеличения интенсивности стрельбы в зоне формирования осадков ОВ 1– 4 категории; предварительного засева облачной атмосферы на ЗТ со стороны вторжения ОВ 3 – 4 категории. Средняя годовая физическая и экономическая эффективности соответственно составили 93,5% и 360,1 млн. рублей, а рентабельность - 1:12.

ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Абшаев М.Т. Активные воздействия на градовые процессы. - // Руководящий документ. РД.52.37.596-98.М: 1998. – 32 с.
2. Ватьян М.Р., Березкин В.В. К вопросу нормирования реагента при воздействии на градовые процессы. – Труды ГГО, 1983, вып.469, с. 49 – 57.

3. Ватиашвили М.Р., Березкин В.В., Бахсолиани М.Г. Исследование норм расхода реагента в градовых облаках различной интенсивности. // Всесоюзная конференция по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. (Киев, 17 – 21 ноября, 1987 г.) с. 177 – 181.
4. Березкин В.В., Ватиашвили М.Р., Макитов В.С., Федченко Л.М. Оценка времени достижения эффекта воздействия на градовые процессы. – Труды ВГИ. 1991. вып. 80, с. 149 – 156.
5. Ватиашвили М.Р. Исследование градовых ячеек, развивающихся в естественных условиях и при проведении противогорадовой защиты. // Вестник Ставропольского государственного университета. СГУ 1999, вып. 20, с.150-158.
6. Ватиашвили М.Р. Прерывание града предварительным засеваем облаков и облачных систем со стороны вторжения ОВ 3-4-й категории. // Циклы природы и общества. Материалы XVI Международной научной конференции 27-28 ноября 2008 года. – Ставрополь, 2008, с. 281-290.
7. Ватиашвили М.Р. Совершенствование методики расчета оптимальных норм расхода противогорадовых ракет и интенсивности стрельбы при воздействии на градовые облака. // Циклы природы и общества. Материалы XVI Международной научной конференции 27-28 ноября 2008 года. – Ставрополь, 2008, с. 290-300.
8. Ватиашвили М.Р. Уточненный критерий засева объектов воздействия 2-й категории. // Циклы природы и общества. Материалы XVI Международной научной конференции 27-28 ноября 2008 года. – Ставрополь, 2008, с. 300-307.
9. Облака и облачная атмосфера. Справочник. / Под ред. И.П. Мазина и А.Х. Хргиана. – Л., Гидрометеиздат, 1989. 647 с.
10. Радиолокационные исследования процесса градообразования в кучево-дождевых облаках. / Абшаев М.Т., Макитов В.С. и др. – Труды ВГИ, 1978, вып. 39, с. 3 – 31.
11. Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике: Современный подход / перевод с английского языка Демиденко Е.З. – М.: Финансы и кредит, 1982. – 198 с. 10. Способ активных воздействий на градовые процессы. Патент РФ №2321871, заявка № 2006 121792, А 01 G 15/10/ 2007
12. Способ активных воздействий на градовые процессы. Патент РФ №2321871, заявка № 2006 121792, А 01 G 15/10/ 2007
13. Сулаквелидзе Г.К. Ливневые осадки и град. – Л.: Гидрометеиздат, 1967, - 421 с. 5.

უკ52.37.731

სეტყვის პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების გაუმჯობესებული მეთოდის თაობაზე./მ. პ. ვატიაშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული -2011.-ტ.117.-გვ. 102-104.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

შემუშავებულია სეტყვის პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების გაუმჯობესებული მეთოდი. შემოთავაზებული მეთოდის შესამოწმებლად სტავროპოლის მხარეში დაცული ტერიტორიის დამოუკიდებელ მასალაზე 2006–7 წლებში ჩატარებული ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ შესაძლებელია:

- ა) ზემოქმედების მეორე კატეგორიის განთესვადი ობიექტების რიცხოზობის შემცირება განთესვის დაზუსტებული კრიტერიუმის საფუძველზე;
- ბ) ზემოქმედების მესამე და მეოთხე კატეგორიის ობიექტებიდან სეტყვის აღკვეთა ნალექების ფორმირების ზონაში სროლის ინტენსივობის გადიდებით;
- გ) ზემოქმედების მესამე და მეოთხე კატეგორიის ობიექტებიდან სეტყვის აღკვეთა უღრუბლო და ღრუბლიან ატმოსფეროში რეაგენტების წინასწარი განთესვით ტერიტორიაზე მათი შემოჭრის მხრიდან.

სეტყვის პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების გაუმჯობესებული მეთოდი დანერგულია სტავროპოლის მხარის გასამხედროებულ სამსახურში. ამ მეთოდიკით სეტყვასაწინააღმდეგო დაცვის საშუალო წლიური ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტურობა შესაბამისად 93,5% და 668 მილიონ მანეთს შეადგენს, ხოლო რენტაბელობაა 1:12 ბიზნესობიექტი - 13.

UDC PD 52.37.731

DEVELOPMENT OF AN IMPROVED METHOD OF ACTIVE AGENTS TO HAIL PROCESSES./M.R. Vatiashvili/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2011. - т.117. – pp. 102-104. -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ

The method of active influence on hail processes was developed and improved. Experimental verification of the proposed method was carried out on the protected territory of the Stavropol Territory. Validation results showed the possibility of reducing the damage from the hail by: refine seed, increasing the intensity of fire in the area of sediment formation of OE 1 - 4 categories, pre-seeding of the cloudy atmosphere on the part of the invasion in protected area of OE 3 - 4 categories. Average annual physical and economic efficiency, respectively, were 93.5% and 360.1 million rubles, and profitability is 1:12. OE – 13 Objects of Exposure

УДК: РД 52.37.731

РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДА АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГРАДОВЫЕ ПРОЦЕССЫ./М. Р. Ватиашвили/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии.-2011.-т.117.-с.102-104.-Груз.;Рез.Груз.,Анг., Рус.

Разработан усовершенствованный метод активных воздействий на градовые процессы. Экспериментальная проверка предложенного метода, проводилась на защищаемой территории Ставропольского края. Результаты проверки, показали возможность уменьшения ущерба от града за счет: уточненного критерия засева; увеличения интенсивности стрельбы в зоне формирования осадков ОВ 1– 4 категории; предварительного засева облачной атмосферы на ЗТ со стороны вторжения ОВ 3 – 4 категории. Средняя годовая физическая и экономическая эффективности соответственно составили 93,5% и 360,1 млн. рублей, а рентабельность - 1:12. Библ. 13.