

ვათიашვილი მ.რ.

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

УДК: РД 52.37.713

МЕТОДИКА ИСКУССТВЕННОГО УВЕЛИЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕГКОМОТОРНЫХ САМОЛЕТОВ

Предлагается методика искусственного увеличения осадков (ИУО) из облаков и облачных системы (ООС) с применением легкомоторных самолетов типа «Ан – 2» [5 - 8]. Самолеты «Ан – 2» имеют рядом преимуществ перед тяжелыми самолетами [10]: они доступны любому сельхозпредприятию, не требуют специальных взлетных и посадочных полос и на много дешевле [6,7]. Он оснащен навесным оборудованием, снабженным насосным агрегатом с распылителями для диспергирования в ООС жидких и сыпучих частиц гигроскопического реагента (ЧГР) NaCl. В период проведения работ по ИУО для диспергирования в ООС частиц льдообразующих реагентов (ЧЛР) на борту «Ан – 2» устанавливаются: а). цилиндрическая решетчатая металлическая корзина (шаг клетки 2 x 2 см) с диаметром 70 см, высотой - 50 см, в которой забрасываются гранулы сухого льда (CO₂) и пиропатроны «ПВ – 26» и «ПВ – 50» с AgI; б) генератор искусственных ледяных кристаллов (ГИЛК) жидкого азота N₂, являющимся источником льдообразующих ядер [5].

Засев ЧЛР и ЧГР восходящих потоков осуществляется в переохлажденных и теплых частях ООС и их подоблачных слоях (СПТЧПС) [1,2,4 - 10].

В основу предложенной методики положены гипотезы динамического и микрофизического засева ООС частицами льдообразующих и гигроскопического реагента (ЧЛР и ЧГР) [1 -110]. К ЧЛР относятся йодистое серебро (AgI), сухой лед (CO₂) и жидкий азот (N₂), а ГР - поваренная соль (NaCl) [7]. Микрофизический засев способствует освоению нереализованной в естественных условиях облачной влаги [1 - 3] за счет увеличения в ЗФО ООС концентрации ЧЛР и ЧГР от 10³ до 10⁴ м⁻³, что приводит к увеличению размеров облачных частиц и частиц осадков, абсолютной влажности, а на поверхности земли – количества осадков и их интенсивности. Динамический засев за счет увеличения в ЗФО ООС концентрации ЧЛР и ЧГР от 10⁴ до 10⁶ м⁻³ способствует выделению скрытой теплоты фазовых переходов и дополнительно увеличению скорости восходящих потоков, абсолютной влажности, высоты верхней границы и мощности ООС, а на поверхности земли – количества осадков и их интенсивности. При микрофизических и динамических засевах зародыши жидких и твердых осадков с диаметром 100 – 200 мкм могут формироваться в ЗФО в течение 5–10 мин. [1,2, 7,8,9,11,12]. Укрупнение происходит за счет столкновения крупных капель с ЧЛР и ЧГР, кристаллизации, сублимации и обзрения ледяных кристаллов. Отличительной особенностью этих гипотез является более раннее образование капель и льда на ЧЛР и ЧГР и на более низких уровнях, чем это отмечается в естественных условиях.

Методика искусственного увеличения осадков, с применением «Ан – 2», предусматривает:

- измерение и расчет с помощью автоматизированных МРЛ и самолетов макро - и микроструктурных параметров ООС (Н_н, Н_в и ΔН_п – соответственно высоты нижней и верхней границы, и мощность переохлажденной части ООС; Z_м и q_м - множитель максимальной радиолокационной отражаемости по диаметру рассеивающихся частиц и абсолютная влажность в переохлажденной части ООС; K и коэффициенты турбулентной диффузии и поверхностного натяжения; d – средние размеры частиц в ООС; N – средние концентрации частиц в ООС; W и V - вертикальные скорости восходящих потоков и падающих частиц) [6,9 -13];
 - выявление с помощью этих параметров структуры различных классов ООС (мощно - кучевые (Сн – Cong); кучево-дождевые (Сб); слоисто - кучево-дождевые (Ns - As - Сб); слоисто - дождевые в сочетании с облачностью среднего яруса (Ns - As - Ac); слоисто - дождевые (Ns - As) [4,6,13];
 - оценку пригодности ООС для АВ (Сн – Cong - Z_м, = > 15 dBZ и ΔН_п > 2,5 км;
 - Сб - Z_м, = > 15 dBZ и ΔН_п > 2 км; Сб - Z_м, = > 15 dBZ и ΔН_п > 2,5 км; Ns-As-Cb - Z_м, = > 15 dBZ и ΔН_п > 1 км; Ns-As-Ac - Z_м, = > 15 dBZ и ΔН_п > 3,5 км; Ns-As - Z_м, = > 15 dBZ и ΔН_п > 2 км) [];
 - оценку условий вызывания осадков из ООС (капли и кристаллы, образованные на ЧЛР и ЧГР: остаются в ЗФО, если d_i = d_{кр}, V_i = W_{им} и n_i = N_{кр}; выпадают из ЗФО, если d_i > d_{кр}, V_i > W_{им} и n_i < N_{кр}; выносятся из ЗФО, если d_i < d_{кр}, V_i < W_{им} и n_i > N_{кр}; здесь d_{кр} (мкм) - критические размеры капель и кристаллов; N_{кр}(м⁻³) - критические концентрации капель и кристаллов, рассчитанные при заданном d_{кр}; V_i (м/с)
 - скорости падения замерзших капель, образованных на ЧЛР; W_i (м/с) - скорости восходящих потоков, наблюдаемые под ЗФО ООС различных классов).
- расчет абсолютной влажности (q_м) различных ООС с помощью уравнений:

$$q_{im} = 1.32 \cdot \Delta H_i \quad (1)'$$

$$q_{im} = 4.1 \cdot 10^{(0.0549 Z_{dmv} - 3)} \quad (2);$$

- расчет с помощью уравнения критических концентраций ЧЛР (n_{кр}) в ЗФО различных ООС, с целью выбора стратегии засева (при N = 10³ - 10⁴ м⁻³ выбирается стратегия микрофизического засева, а при N. > 10⁴ м⁻³ - стратегия динамического засева):

$$n_i = 1.91 \cdot 10^{12} \cdot \frac{q_{im}}{\rho_2 \cdot d_i^3} \quad (3);$$

- *расчет с помощью уравнения радиуса L_D (км) и времени t (мин) распространения ЧЛР в ЗФО различных ООС, включающую в себя соответствующие для этой облачности значения коэффициентов турбулентной диффузии $K(m^2/c^2)$, начальной $Q (m^3)$ и конечной $C_R (m^{-3})$ их концентрации:*

$$L_D = 2\sqrt{K \tau \ln(Q/4\pi K \tau C_R)}, \quad (4)$$

где $\pi = 3,14$;

- *расчет направления dd (град) и скорости перемещения V (км/мин или км/час) различных ООС, с целью выбора площадок засева;*
- *выбор площадей засева ЗФО различных ООС (рис.1):*

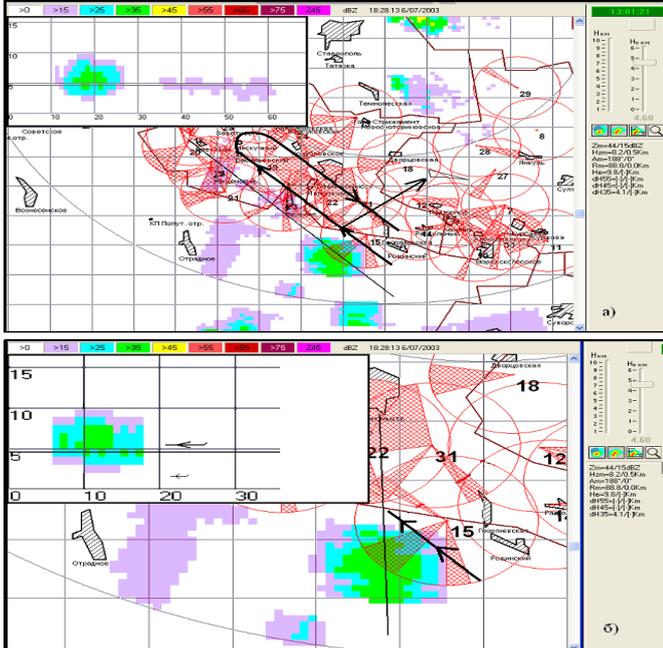


Рисунок 1 Авиационный способ засева ЗФО Cu – Cong: а) общий вид горизонтального и вертикального разрезов радиозаха Cu – Cong; б) определение зоны засева Cu – Cong. (условные обозначения: ——— - линия вертикального разреза радиозаха Cu – Cong через Z_m ; \longrightarrow - направление перемещения Cu – Cong; \rightarrow - направление перемещения «Ан – 2»).

- *расчет с помощью уравнения количества n расходуемых «ПВ – 26» и «ПВ – 50» с AgI (шт) и реагентов: CO_2 , N_2 и NaCl в кг (P) в различных ООС:*

$$n = \sum_{k=1}^n \frac{L_1}{L_2 + L_D} n_{ki} \quad (5)$$

$$P = \sum (L_2 + L_D) p_i, \quad (6)$$

здесь L_1 (км) - длина ЗФО ООС, в соответствии с которой выбирается длина трассы ее засева; L_2 (км) – длины трасс ЧЛР, создаваемые отдельными пиропатронами, генераторами жидкого азота или сухого льда; L_D (км) - радиус распространения зоны ЧЛР при их начальной $Q (m^3)$ и конечной $N (m^3)$ концентраций; p_i (кг/км) - количество жидкого азота или сухого льда диспергируемых генераторами на километр пути полета самолета; $k = 1, 2, \dots, n$ - кратность засева;

- *расчет расстояния между двумя трассами засева (галсами) по формуле:*

$$L_3 = L_D + \Delta L \quad (7)$$

где $\Delta L = V \cdot t$ – расстояние между двумя галсами, пройденное ООС с ЧЛР со скоростью V (км/мин) за время t (мин), равное времени распространения зоны кристаллизации при заданных коэффициенте турбулентной диффузии $K(m^2/c)$, начальной $Q (m^3)$ и конечной $C_R (m^{-3})$ концентрации ЧЛР.

- *диспергирование ЧЛР и ЛГР в различных классах ООС.*

Усовершенствованная методика ИУО с применением легкомоторных самолетов, прошла производственное испытание в Ставропольской ВС и успешно применяется в работах по искусственному увеличению осадков в районах Ставропольского края. Физическая и экономическая эффективности работ по ИУО соответственно равны 67 % и 95,2 млн. руб.

ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Бекряев В.И. Некоторые вопросы физики облаков и активных воздействий на них. – СПб., РГГМУ, 2007, 337 с.
2. Вапиашвили М. Р., Калов Х. М. Размеры трансформации спектра размера гидрометеоров при естественном развитии и активном воздействии на конвективные процессы. В сб.: Труды Всесоюзного семинара по активным воздействиям на градовые процессы и перспективы усовершенствования льдообразующих реагентов для практики активных воздействий. М.: Гидрометеоиздат, 1991. с. 131 - 136.
3. Вапиашвили М. Р., Априамашвили Н. Ш. К вопросу радиолокационной оценки водозагаса конвективной облачности и коэффициента реализации

- облачной влаги в районах Восточной Грузии. //Труды ВГИ. М.: Гидрометеиздат 1992. вып. 85, с 96- 103.
4. Ватиашвили М.Р. Физические основы метеорологической защиты населенных пунктов и важнейших объектов//Математическое моделирование. в научных исследованиях. часть II. Материалы Всероссийской. научной конференции. 27-30.09.2000, Ставрополь, с 88-95.
 5. Ватиашвили М. Р. и др. С.Автономный азотный генератор искусственных ледяных кристаллов. Межрегиональная научно-практическая конференция «Социально-экономические проблемы развития потребительской кооперации», Часть III, Ставрополь, 2001г.с 211 -213
 6. Ватиашвили М. Р.Искусственное регулирование атмосферных осадков из облаков и облачных систем. Материалы докладов и выступлений на 4 – й Межрегиональной научно-практической конференции профессорско – преподавательского состава потребительской кооперации «Современные социально-экономические и правовые проблемы Российской», Часть IV, Ставрополь, 2004 г.с 151 – 160.
 7. Ватиашвили М.Р., Макушав М.К. Разработка методики искусственного увеличения осадков из облаков и облачных системы (ООС) с применением легкомоторных самолетов // Циклы природы и общества. Материалы XVI Международной научной конференции 26 ноября 2009 года. – Ставрополь, 2009, с. 215 - 234.
 8. Денис А.Изменение погоды засевом облаков. М.: Мир, 1983, 272с.
 9. Мазин И.П., Шметер С.М. Облака. Строение и физика образования.–Л.:Гидрометеиздат, 1983.- 280с.
 10. Методические указания проведения работ по искусственному регулированию осадков из конвективных облаков самолетными средствами воздействия. – М.: ЦАО, 1988. – 29 с.
 11. Облака и облачная атмосфера. Справочник /Под ред. И. П. Мазина и А. Х. Хргиана. - Л., Гидрометеиздат, 1989. 647с.
 12. Роджерс Р. Р. Краткий курс физики облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.- 232с.
 13. Эжа Я. А., Ватиашвили М. Р., Кусова А. А., Ярмолицкая О. П. Оценка пригодности облаков и облачных систем для искусственного регулирования осадков и нормы расхода в них кристаллизующего реагента. Материалы XLIII научно- методической конференции преподавателей и студентов «Университетская наука региону».Ставрополь, Изд. СГУ, 1998, с. 71 –74.

უკ PD 52.37.731

ატმოსფერული ნალექების ხელოვნური ზრდის მეთოდიკა მსუბუქძრავიანი თვითმფრინავების გამოყენებით. /მ. პ. ვატიაშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2011.-ტ.117.-გვ. 109-111.-რუს.;რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია ღრუბლებსა და ღრუბელთა სისტემებიდან (ღლს) ნალექების ხელოვნური ზრდის მეთოდიკა მსუბუქძრავიანი „ან-2“ თვითმფრინავის გამოყენებით. ამ მეთოდიკას ღრუბელთა სისტემებში ყინულწარმომქმნელი და ჰიგროსკოპული რეაგენტების დინამიკური და მიკროფიზიკური განთესვის ჰიპოთეზები უდევს საფუძვლად. ეს რეაგენტები „ან-12“–დან განიფრქვევა ღრუბლებისა და ღრუბელთა სისტემების, ან მათ ქვემოთ მდებარე თბილი არეების აღმავალ ნაკადებში. მეთოდიკა ექსპერიმენტულადაა შემოწმებული სტავროპოლის მხარის ტენიან, ნახევრადმშრალ და გვალვიან რაიონებში და მას ნალექების ხელოვნური ზრდისათვის დამხმარე საშუალებად იყენებენ. სტავროპოლის მხარეში ამ მეთოდიკით განხორციელებული სამუშაოს ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტურობა შესაბამისად 67% და 95,2 მილიონი რუბლია .

UDC PD 52.37.731

METHODS OF ARTIFICIAL INCREASE OF PRECIPITATION WITH THE USE OF LIGHT AIRPLANES/M.R. Vatiashvili/Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2011. - т.117. – pp. 109-111. -Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ

The technique of artificial increase of precipitation (AIP) of cloud systems using light-engine aircraft, "An - 2."The methodology impact on the hypothesis of dynamic and microphysical cloud seeding particles and ice-hygroscopic agents. The particles are dispersed in the areas of lift, located in a warm under cloud area and warm part of the cloud systems. The method was pilot-tested in the uniformed services of the Stavropol Territory. It is used in studies of AIP conducted in selected districts of the region. Physical and economic efficiency of the work on AIP respectively 67% and 95.2 million rubles.AIP - Artificial Increase of Precipitation

УДК: 551.509.616

МЕТОДИКА ИСКУССТВЕННОГО УВЕЛИЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕГКОМОТОРНЫХ САМОЛЕТОВ./М. Р. Ватиашвили/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии.–2011.–т.117.–с.109-111.– Рус.;Рез.Груз.,Анг., Рус.

В предлагаемой работе дается методика искусственного увеличения осадков (ИУО) из облаков и облачных систем (ООС) с применением легкомоторного самолета «Ан – 2». В основу этой методики положены гипотезы динамического и микрофизического засева ООС частицами льдообразующих и гигроскопических реагентов. Они с помощью «Ан – 2» диспергируются в область восходящих потоков, расположенной в теплой подоблачной и облачной части ООС. Методика прошла экспериментальную проверку во влагообеспеченных, полусасушливых и засушливых районах Ставропольского края и применяется в качестве вспомогательной в работах по ИУО. Физическая и экономическая эффективности работ по ИУО, проводимых в Ставропольском крае по предлагаемой методике соответственно равны 67 % и 95,2 млн. руб.

