

УДК 551.576

А. И. БРОТГАНДЕЛЬ, Г. К. СУЛАКВЕЛИДЗЕ

## О РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ГРАДОВЫХ ОБЛАКОВ

За последнее десятилетие в связи с расширением работ по воздействию на градовые процессы были предложены методы дистанционного определения градоопасности облаков. Эти методы основаны на оценке величин радиолокационных характеристик облака.

В основу выяснения градоносности облака положены два принципа. Один из них [2] заключается в измерении величины радиолокационной отражаемости от наиболее интенсивной части облака на двух длинах волн. Частоты излучения радиолокаторов берутся с таким расчетом, чтобы параметр рассеяния  $\rho = \frac{\pi D}{\lambda}$  в одном случае был меньше 0,13 (где  $D$ —диаметр града, а  $\lambda$ —длина волны) и рассеяние подчинялось закону Рэллея, а во втором— $\rho \geq 0,13$  и рассеяние происходило бы по уравнениям Ми. Обычно для решения этой задачи использовались радиолокаторы с длиной волны  $\lambda_1 = 3,2$  и  $\lambda_2 = 10,0$  см. Как показано в работе [6], отношение радиолокационных отражаемостей  $\eta_{3,2}/\eta_{10,0}$  дает возможность оценить размер частиц, когда их диаметр больше 0,7 см.

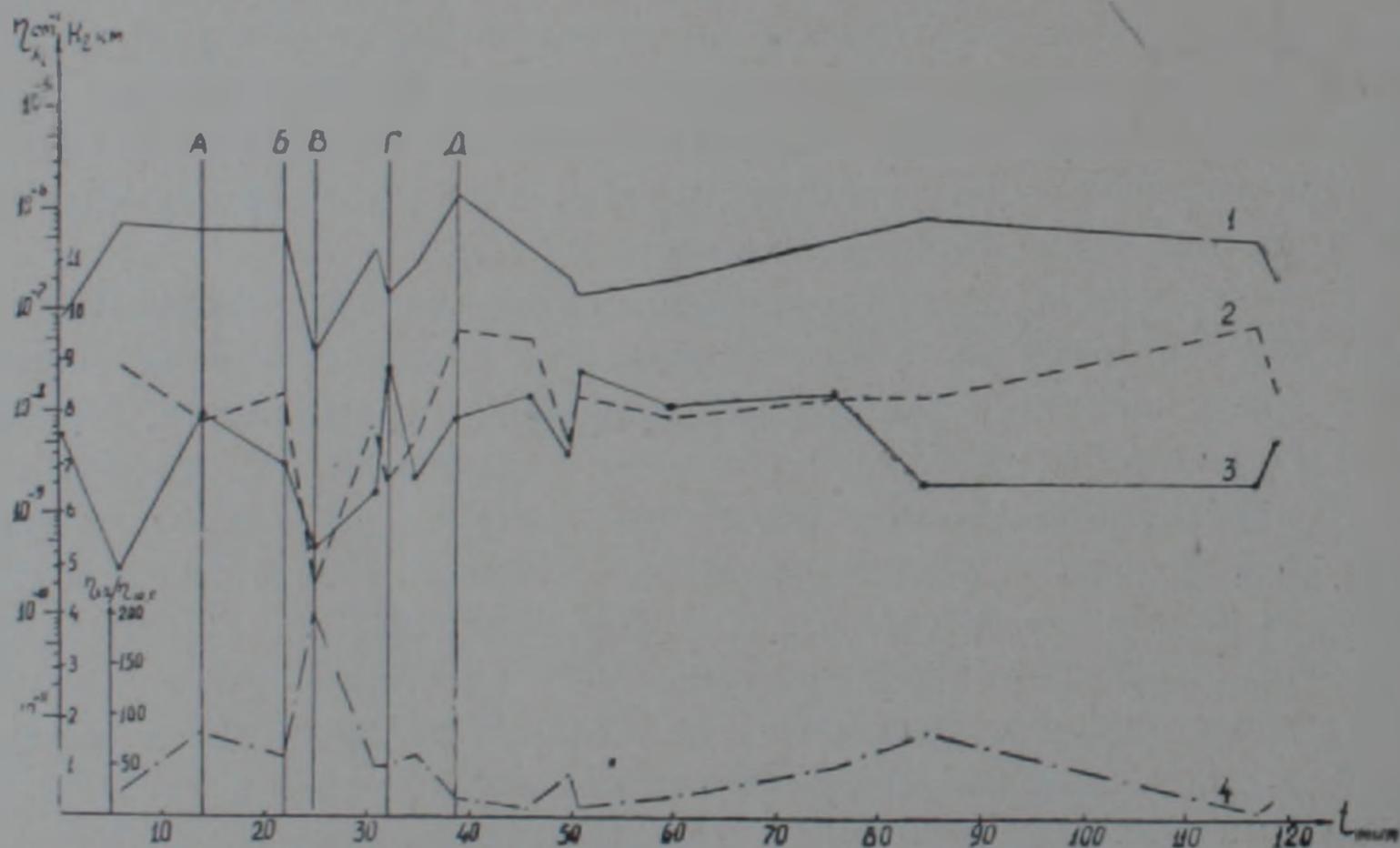
Второй принцип оценки градоносности облака, предложенный, примерно, в то же время [2, 3, 8], основывается на сопоставлении радиолокационных характеристик (радиолокационной отражаемости, верхней границы радиоэхо, протяженности зоны повышенной отражаемости и др.) со стратификацией атмосферы (температурой на верхней границе радиоэхо и на уровне максимальной отражаемости, отношением холодной части радиоэхо к теплой и т. д.). Все остальные способы радиолокационной индикации града, применяемые в настоящее время и значительно упростившие и повысившие надежность обнаружения и измерения градовых частиц, являются техническим воплощением и различными вариантами этих двух принципов, впервые примененных Н. Ш. Бибилашвили, И. И. Гайворонским, А. И. Карцивадзе, В. В. Костаревым, В. Ф. Лапчевой, Г. К. Сулаквелидзе и др. или их совокупностью.

Одновременно с решением этой задачи радиолокационные методы исследования конвективных облаков использовались для выяснения процессов, протекающих в облаке. Измерялись размеры и конфигурация радиоэхо, его трансформация во времени, перемещения в пространстве, дискретные значения скорости восходящих потоков с помощью шаров-пилотов и «ДОС»-ов, поле скоростей с помощью локатора, работающего на доплер-эффекте, распределение величин отражаемости в облаке и др. [1, 5]. В связи с этим циклом исследований определенный интерес приобретает сопоставление высоты верхней границы радиоэхо от градовых

облаков с величинами максимальной радиолокационной отражаемости  $\eta_{3,2}$  и  $\eta_{10,0}$ , полученных в Армянской противогодовой экспедиции.

Из наблюдений за период с 1970 по 1973 г.г. проанализировано более 50 случаев развития облака до стадии градового, выпадания града и его рассеивания. С интервалом от одной до десяти минут были проведены наблюдения за высотой радиоэхо и величиной максимальной радиолокационной отражаемости для излучения длиной волны 3,2 и 10,0 см. Данные этих наблюдений нанесены на графики и проанализированы. На эти же графики нанесено время выпадания града из облака по радиолокационным данным, проверенным по наземным наблюдениям. Согласно полученным материалам, время существования градового облака в Араратской равнине колеблется от 25—40 мин до 3—4 ч и в среднем составляет около двух часов. Время выпадания града из облака изменяется по данным гидрометстанций от одной минуты до 70—80 мин и в среднем продолжается от 5 до 15 мин, что подтверждается радиолокационными наблюдениями.

Для характеристики процесса выпадания града, рассмотрим график радиолокационных параметров градового облака за 18 мая 1973 года (фиг. 1). По вертикальной оси на графике отложена вы-



Фиг. 1. Изменение во времени радиолокационных характеристик градового облака 18 мая 1973 г. 1 —  $\eta_{3,2}$ ; 2 —  $\eta_{10,0}$ ; 3 —  $H$ ; 4 —  $\eta_{3,2}/\eta_{10,0}$ .

та облака в км, и отношение радиолокационных отражаемостей для двух длин волн  $\eta_{3,2}/\eta_{10,0}$  и величины отражаемости (последние в логарифмическом масштабе). По горизонтальной оси отложено время. Значения радиолокационной отражаемости зависят от концентрации градовых частиц, а отношение отражаемостей является функцией их размера.

В интервале времени А—Б (8 мин) резко возрастает диаметр частиц (кривая 4) и начинается выпадание осадков, уменьшается высота облака (кривая 3). В интервале Б—В (3 мин) продолжается выпадание осад-

ков, высота опускается на 3 км (с 8 до 5 км), уменьшается диаметр облачных частиц в зоне максимального отражения (кривая 4), уменьшается также их концентрация (кривые 1 и 2). В интервале В-Г (7 мин) происходит рост облака, вершина его достигает высоты 9 км и до середины интервала происходит рост концентрации облачных частиц и их размера. С середины интервала концентрация частиц уменьшается, а размеры остаются постоянными (уменьшаются величины  $\eta_{3,2}$  и  $\eta_{10,0}$  при постоянной величине их отношения). Уменьшение концентрации связано, по-видимому, с увеличением объема облака с его ростом за счет увеличения высоты. Возможно, быстрый рост облака (на 4 км за 7 мин) объясняется спонтанной кристаллизацией крупнокапельной фракции в зоне повышенной влажности и выделения скрытой теплоты замерзания. Этот график подтверждает представления Э. Кесслера [9] и Г. Сулаквелидзе и др. [7] о «взрывном» росте вершины облака при спонтанной кристаллизации в зоне повышенной влажности. На участке Г—Д (7 мин) происходит быстрый рост отражаемости на обеих длинах волн при увеличивающемся среднем диаметре частиц (кривая 4), высота облака несколько понижается до середины интервала, а затем увеличивается. В точке, соответствующей моменту «Д», начинается выпадение града (крупы), уменьшается отражаемость на обеих длинах волн, размер частиц в начале выпадения увеличивается ( $\eta_{3,2}/\eta_{10,0}$ —уменьшается), а затем резко уменьшается (градины выпали из облака). В дальнейшем картина повторяется.

Характерным для этого и всех остальных графиков является «взрывной» рост вершины облака и уменьшение концентрации крупных частиц за счет увеличения объема облака перед выпадением града. «Предградовое» состояние—промежуток времени между началом роста градовых частиц в облаке и началом их выпадения занимает, согласно этим данным, 10—15 мин, что несколько больше времени, приводимого Г. Сулаквелидзе (5—10 мин) и хорошо согласуется с данными американских исследователей, приведенных на Международном симпозиуме в Торонто, и результатами А. И. Карцивадзе [4].

Управление гидрометслужбы  
Армянской ССР

Поступила 24 IX, 1973.

Ա. Ի. ԲԻՈՏՒԱՆԻԷԼ, Գ. Կ. ՍՈՒԿԱՎԵԼԻԶԵ

ԿԱՐԿՈՒՏԱՅԻՆ ԱՄՊԵՐԻ ԹԱԻՆՈՂՈԿԱՅԻՈՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

1970—1973 թթ. ռադիոլոկացիոն եղանակով ուսումնասիրվել են ամպրոպային ամպերը նախակարկուտային շրջանում, կարկուտի և ամպի տրոհման ժամանակ: Ստացված տվյալներով կառուցվել և վերլուծվել են ավելի քան 50 ամպերի պարամետրերի փոփոխության գրաֆիկները: Դիսումները կատարվել

են Հայկական հակակարկուտային արշավախմբում զույգաժ ռադիոլուկատորի միջոցով 3,2 սմ և 10,0 սմ երկարության ալիքների վրա: Մեկից տաս րոպե ընդմիջումներով նշված ալիքների վրա գրանցվել են ռադիոարձագանքի բարձրության, ռադիոլուկացիոն անդրադարձելիության մաքսիմալ արժեքի և անդրադարձելիությունների հարաբերության փոփոխումները: Հայտնաբերվել է ամպի գագաթի «պայթման» աճը, որը հատուկ է նախակարկուտային վիճակին: Վերոհիշյալ պարամետրերի բնորոշ արժեքների հատուկ զուգորդումը հանդիսանում է ամպում կարկուտի առաջացման շափանիշը:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бибилашвили Н. Ш. Некоторые вопросы методики и результаты исследования характера воздушных потоков в конвективных облаках и в их окружении. Тр. ВГИ, вып. 21, 1972.
2. Гайворонский И. И., Карцивадзе А. И., Костарев В. В. и др. Некоторые характеристики радиолокационных отражений от ливневых осадков и града. Тр. Всесоюзного совещания по активным воздействиям на градовые процессы. Тбилиси 1964.
3. Дореули Р. И., Карцивадзе А. И., Лапинская В. А., Салуквадзе Т. Г., Боровиков А. М., Костарев В. В. Радиолокационный способ определения градоопасности облаков. Докл. на VII межведомственной конференции по физике облаков и активным воздействиям на погоду. М., 1967.
4. Карцивадзе А. И. Воздействие на градовые процессы. Докл. на Международном симпозиуме в Торонто, 1968.
5. Степаненко В. Д. Радиолокация в метеорологии. Л., 1973.
6. Сулаквелидзе Г. К. Ливневые осадки и град. Л., 1967.
7. Сулаквелидзе Г. К., Глушкова Н. И., Федченко Л. М. Прогноз града, гроз и ливневых осадков, Л., 1970.
8. Сулаквелидзе Г. К., Бибилашвили Н. Ш., Лапчева В. Ф. Образование осадков и воздействие на градовые процессы. Л., 1966.
9. Kessler E. On the distribution and continuity of Water substance in atmospheric circulation. Published by the American Met. Soc. Boston, 1959.