

ЭМПИРИЧЕСКАЯ РАДИОЛОКАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СУПЕРЯЧЕЙКОВОГО КОНВЕКТИВНОГО ОБЛАКА

¹Салуквадзе Т.Г., ¹Хелая Э.И., ¹Балавадзе А.Ш., ²Киладзе Р. И.

1. Институт геофизики им. М. Нодиа, Тбилиси 0193, ул. Алексидзе 1. E-mail admin@ig.acnet.ge

2. Университет им.И. Чавчавадзе, Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе 32. E-mail uni@iuliანი.edu.ge

Конвективные облака, кроме уровня стадии их развития, различаются еще и внутренней радиолокационной структурой и динамикой развития.

По мнению авторов [1,2] исчерпывающая классификация кучево-дождевых облаков по их мезоструктурным особенностям, электрической активности, условий формирования, по виду выпавших из них осадков и т.д., пока не представляется возможным из-за отсутствия материала их фундаментального экспериментального изучения.

В настоящее время широко используется классификация кучево-дождевых облаков по их радиолокационной структуре и динамике развития [3,4]. Такая классификация вышеназванных облаков рассмотрена и в [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Во всем мире все исследователи кучево-дождевых облаков по их радиолокационной структуре и динамике развития делят их на три класса: одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые облака. При такой классификации ячейкой считается определенная часть радиозха облака, которая характеризуется локальным максимумом радиолокационной отражаемости. Радиозха одноячейкового конвективного облака имеет один локальный максимум радиолокационной отражаемости. В многоячейковых облаках одновременно может присутствовать несколько ячеек (от двух до 5 – 6) на расстоянии 2 – 8 км друг от друга. Они визуально объединены в одно радиозха, но при его детализации в нем четко различается ячейковая структура. Суперячейковое облако состоит из одной ячейки с большим значением поперечных и вертикальных размеров и присутствием одновременно как восходящих, так и нисходящих потоков.

Различную радиолокационную структуру и динамику развития кучево-дождевых облаков обуславливают: синоптическая ситуация, термодинамическое состояние атмосферы, направление и структура ветра на различных высотах и другие условия, при которых зарождаются и развиваются эти облака.

Стратификация температуры и влажности, а также значение энергии конвективной неустойчивости атмосферы влияют на мощность конвективного движения, а ячейковое строение облаков и особенности динамики их развития зависят, в основном, от структуры ветра, рельефа, характерного микроклимата данного региона и других факторов.

Первые фундаментальные исследования в этом направлении провели [5,6] в Канаде. Позже аналогичные исследования были выполнены в России (на Северном Кавказе) [7, 8, 10], в Южной Африке [11], в США [12].

В настоящей работе представлены результаты анализа данных радиолокационных наблюдений за 277 суперячейковыми облаками Кахетинского региона (Грузия).

На рис. 1 и 2 показаны аналоговые и дискретные изображения радиозха на индикаторах кругового обзора (рис.1) и “дальность-высота” (рис. 2) станции МРЛ-5.

В рассматриваемом регионе в теплое время года (с апреля по октябрь) суперячейковые облака развиваются, когда в атмосфере наблюдается сильная неустойчивость и значительный сдвиг ветра на высотах, совпадающих с высотами зарождения таких облаков, а также с высоким влагосодержанием.

Структура ветра в свободной атмосфере около развивающегося облака определяет расположения в облаке зон восходящих потоков и выпадения из них атмосферных осадков. Несовпадение зон восходящих потоков и выпадения осадков, которое наблюдается в суперячейковых облаках (в отличие от одноячейковых облаков, где эти зоны в пространстве совпадают друг с другом, но

разделены во времени) обуславливает большую продолжительность жизни таких облаков, а также многократность процесса выпадения осадков.

Развитию суперячейковых облаков в нашем регионе предшествует прохождение холодного атмосферного фронта и образование нескольких одноячейковых облаков, которые с развитием суперячейковых облаков, быстро разрушаются. По данным наших наблюдений в нашем регионе в радиусе нескольких километров (10 – 30) вокруг суперячейкового облака почти исключается существование других сильных конвективных ячеек.

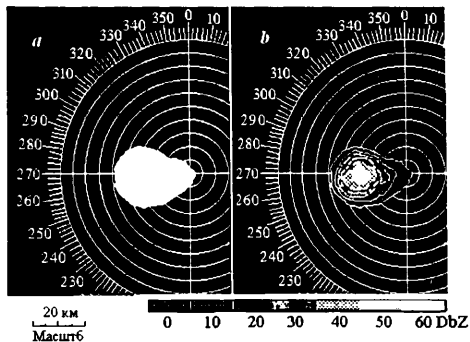


Рис. 1.

Аналоговое (а) и дискретное (b) изображения радиозоха суперячейкового кучево-дождевого облака на индикаторе кругового обзора радиолокатора МРЛ-5($\lambda=3,2\text{см}$.)

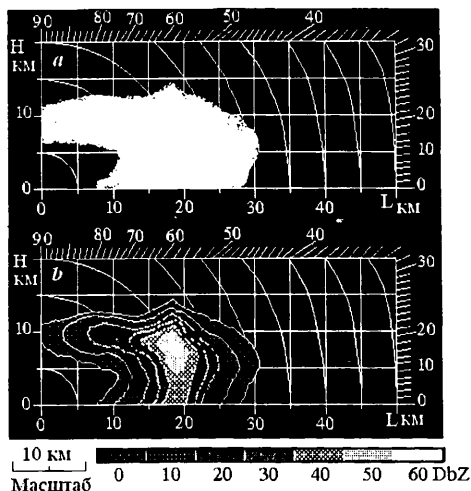


Рис. 2.

Аналоговое (а) и дискретное (b) изображения радиозоха суперячейкового кучево-дождевого облака на индикаторе “Дальность-высота” радиолокатора МРЛ-5 ($\lambda=3,2\text{см}$.)

Таблица Общая характеристика суперячейкового конвективного облака

№	Наименование синоптических, аэрологических и друг. условий развития суперячейковых облаков и радиолокационные характеристики их радио эха	Описание ситуаций процесса развития облака и значения радиолокационных характеристик его ради эха		
		Модальное значение параметра	Диапазон изменения значений параметра	
1	Условие развития облака	Холодный атмосферный фронт, фронт окклюзии, наложение этих процессов на внутримассовые процессы.		
2	Конвективная неустойчивость	Умеренная и сильная		
3	Динамика развития конвективных ячеек	Развитие – 15 - 20 мин., квазистационарное состояние 15 - 45 мин., диссипация 18 – 50 мин.		
4	Закономерности зарождения и развития конвективных ячеек	Зарождение - на склонах горных хребтов и гор, диссипация - случайна во времени, в низменных местах региона.		
5	Влагосодержание атмосферы	Высокое		
6	Процесс выпадения осадков.	Многоразовый.		
7	Продолжительность выпадения осадков в мин.	18 – 90		
8	Интенсивность и вид осадков	Сильный ливневой дождь, град сильной интенсивности.		
9	Скорость миграции облака в км/час	66	27 - 78	
10	Скорость господствующего ветра км/час	58	40 - 80	
11	Сдвиг ветра сек ⁻¹	$8,8 \cdot 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-2}$	
12	Угол между направлением ветра и направлением миграции облака в угловых градусах	38	20 - 80	
13	Время жизни облака в мин.	56	44 - 119	
14	Максимальная высота радиоэха H_m .	10,8	7,8 – 16,5	
15	Высота появления первого радиоэха км.	4,9	4,1 – 9,8	
16	Время от появления первого радиоэха в минутах:			
	- до максимального развития;	15	11 – 30	
	- до выпадения осадков;	20	13 – 30	
	- до первой грозы.	25	15 - 32	
17	Температура в свободной атмосфере на уровне H_m С ⁰ .	-51,3	-64,1 ± -31,3	
18	Высота расположения максимальной радиолокационной отражаемости в облаке H_m км.	6,7	3,9 – 10,3	
19	Температура в свободной атмосфере на уровне $H_{0,1}$ С ⁰ .	-11,8	-52,1 ± -2,8	
20	Вертикальная толщина зоны повышенной радиолокационной отражаемости $H_{0,1}$ км.	4,7	2,0 – 8,5	
21	Температура в свободной атмосфере на уровне верхней границы $H_{0,1}$ С ⁰ .	-36,0	-6,2 ± -8,6	
22	Отношение толщины облака выше уровня нулевой изотермы к толщине ниже этого уровня h/h_0 .	2,4	1,5 – 4,6	
23	Максимальная радиолокационная отражаемость η_m см ⁻¹	$1,06 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-11} - 6,0 \cdot 10^{-6}$	
24	Максимальный размер поперечного сечения радиоэха D_m км.	14,0	8,0 – 33,0	
25	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости $D_{0,1}$ км.	10,0	5,0 – 14,0	
26	Максимальный размер поперечного сечения радиоэха S_m км ² .	59,0	18,0 – 470,0	
27	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости $S_{0,1}$ км ² .	31,0	26,0 – 98,0	
28	Градиент логарифма Максимальной радиолокационной отражаемости :	- в вертикальной плоскости	0.39	0.09 – 1.00
		- в горизонтальной плоскости	1.40	1.31 – 2.19

В суперячейковых облаках, за время их существования, скорости восходящих потоков периодически могут меняться и долгое время иметь большие значения, из-за чего продолжительность жизни таких облаков исчисляется десятками минут.

Существование вышеуказанных условий способствует в таких облаках зарождению града и их росту до особо крупных размеров, следовательно, сильному и катастрофическому градобитию на поверхности земли. К счастью, количество таких облаков в нашем регионе не велико. Суперячейковые облака имеют квазистационарное состояние, которое в наших условиях может продолжаться более одного часа.

Выше приводится сводная таблица, в которой отображены синоптические, аэрологические и другие условия, которые способствуют в нашем регионе зарождению и развитию суперячейковых облаков, а также средние и экстремальные значения радиолокационных, аэрологических и других характеризующих параметров таких облаков и их радиозоха.

Максимальная высота радиозоха может достигать 16,5 км. При перемещении суперячейковое облако отклоняется вправо от господствующего ветра, а угол между господствующим ветром и направлением перемещения облака меняется в пределах 20–80 угловых градусов.

Большая продолжительность жизни суперячейковых облаков обуславливается еще и созданием дополнительной влажности в восходящих потоках на земле выпавшими осадками.

Классификация конвективных облаков по их развитию и радиолокационной структуре имеет большое значение при проведении искусственных воздействий на градовые процессы. При внесении аэрозоля активного реагента в облако, необходимо учитывать динамические процессы, протекающие в облаках, и их радиолокационную структуру.

Предложенная нами эмпирическая радиолокационная модель суперячейкового конвективного облака успешно может быть применена для повышения эффективности практических методов активных воздействии на облака, а также для создания и усовершенствования различных численных моделей облаков.

Литература

1. Боровиков А.М., Гайворонский И.И., Зак Е.Г., Костарев В.В., Мазин И.П., Минервин В.Е., Хргиан А.Х., Шмeтер С.М. Физика облаков. Ленинград, "Гидрометеониздат", 1961. 459 с.
2. Мазин И.П., Шмeтер С.М. Облака, строение и физика образования. Ленинград, "Гидрометеониздат", 1983. 279 с.
3. Browning K.A. et.al. Synthesis and implications for hail growth and hail suppression. Nat. Hail Research Exper.Tech. Report 1976, № 76/1. 52 p.
4. Hail Report № three; the dynamics of hailstorm and related uncertainties of hail suppression. Geneva, 1981. 22 p.
5. Chisholm A.J., Renick J.H. Supercell and Mulricell Alberta Hailstorms. Proc. Inter Cloud Physics Conf. London, 1972. p. 67-68.
6. Marwitz J.D. Supercell storms; Multicell storms; Severely Sheared Storms. J. Appl. Met. 1972, vol. 11, № 1. p. 166-201.
7. Абшаев М.Т. Комплексные радиолокационные исследования структуры и динамики развития градовых облаков. В книге "Пятое Всесоюзное совещание по радиометеорологии". Москва, "Гидрометеониздат", 1981. с. 94-100.
8. Библашвили Н.Ш., Бурцев И.И., Серегин Ю.А. Руководство по организации и проведению противорадовых работ. Государственный Комитет по гидрометеорологии и контролю природной среды. Ленинград, "Гидрометеониздат", 1981. 168 с.
9. Stephan P. Nelson and Nancy C. Knight. The hybrid multicellular - supercellular storms: an efficient hail producer. Proc. 9th Inter. Cloud. Phys. Conf. Tallin USSR, 1984. p. 435-437.
10. Абшаев М.Т. Структура и динамика развития грозовоградовых процессов Северного Кавказа. В книге "Радиометеорология. Труды VI Всесоюзного совещания". Ленинград, "Гидрометеониздат", 1984. с. 109-115.
11. Heid G. The probability of hail in relation to radar echo heights in South African Highveld. J. Appl. Met., 1978, vol. 17, № 6. p. 755-763.
12. Lopez P.E., Blanchard D.O., Rosenfeld D., Hiscox W.L., Casey M.L. Population characteristics development processes and structure of radar echoes in South Florida. Mon. Wea. Rev., 1984, vol. 112, № 1. p. 56-75.

სუპერუჯრედიანი კონვექციური ღრუბლის ემპირიული რადიოლო- კაციური მოდელი.

სალუქვაძე თ., ხელაია ე., ბალავაძე ა., კილაძე რ.

რეზიუმე

სტატიაში განალიზებულია საქართველოს მთიანი რეგიონის სუპერუჯრედიან კონ-
ვექციურ ღრუბლებზე მრავალწლიანი რადიოლოკაციური დაკვირვებების მონაცემები.
შედგენილია ასეთი ღრუბლების ემპირიული რადიოლოკაციური მოდელი ვრცელი
ცხრილის სახით, რომელშიც შეტანილია ასეთი ღრუბლების ჩვენს რეგიონში განვითარე-
ბისათვის საჭირო აეროლოგიური, სინოპტიკური და სხვა პირობების აღწერა, აგრეთვე ამ
ღრუბლების რადიოეკოს პარამეტრების მოდალური და ექსტრემალური მნიშვნელობები.

ЭМПИРИЧЕСКАЯ РАДИОЛОКАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СУПЕРЧЕЙКОВОГО КОНВЕКТИВНОГО ОБЛАКА

Салуквадзе Т.Г., Хелая Э. И., Балавадзе А. Ш., Киладзе Р. И.

Реферат

В статье проанализированы данные радиолокационных наблюдений за суперчейкового
конвективными облаками горного региона Грузии. Результатом анализа является эмпирическая
радиолокационная модель таких облаков в виде обширной таблицы данных о синоптических,
аэрологических и других условиях развития суперчейковых облаков в указанном регионе, а также
модальные и экстремальные значения радиолокационных параметров их радиоза.

THE EMPIRICAL RADAR MODEL OF SUPERCELL CONVECTION CLOUDS

Salukvadze T., Khelaia E., Balavadze A., Kiladze R. I.

Abstract

In the article, the dates of radar observations by supercell convection clouds of mountainous region of
Georgia are analyzed. Result of analysis is the empirical radar model of such clouds as the vast data table
about synoptic, aerological and other conditions of progressing of supercell clouds in the indicated region,
and modal and extreme significance is of radar parameters their radar echo.