

Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И.  
 Институт геофизики, Грузия

УДК 551.501

**ЭМПИРИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ  
 ТЕПЛОГО СЕЗОНА ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ**

Вопросом классификации конвективных облаков по их радиолокационной структуре и динамике развития занимались многие исследователи в мире [1-5]. Однако, из-за региональности условий развития конкретных классов облаков, большое значение имеет изучение различных условий возникновения и диссипации, а также радиолокационных характеристик их радиоэхо для определенного региона.

Большинство исследователей соглашаются, что конвективные облака по их радиолокационной структуре и динамике развития делятся на три основных класса: одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые облака.

В настоящей работе предпринята попытка, изучить синоптические, метеорологические и другие условия, которые способствуют возникновению, развитию и диссипации всех трех классов облаков Кахетинского региона Грузии и определить радиолокационные характеристики радиоэхо таких облаков. В работе проанализированы результаты многолетних радиолокационных наблюдений общей сложностью за 1534 конвективными облаками теплого сезона года. Из них на одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые облака приходится 352, 872 и 310 конвективных облаков соответственно.

В таблицах 1, 2 и 3 представлены общие характеристики всех вышеназванных трех классов облаков.

Одноячейковые облака в Восточной Грузии образуются в условиях слабо выраженного западного барического градиента или без градиентного поля давления, при умеренной конвективной неустойчивости. Мульти- и суперячейковые облака развиваются при прохождении основных и вторичных холодных фронтов и наложении этих процессов на внутримассовые процессы. Все три класса облаков зарождаются на вершинах гор (обычно Кахетинского и Цив-Гомборского хребтов) или на их склонах после их прогрева солнцем. Развиваются быстро, в среднем одноячейковые облака за - 5-20 мин, а мульти- и суперячейковые – за 10 – 20мин. В отличие от одноячейковых облаков, мульти- и суперячейковые облака имеют квазистационарное состояние. Этим и обуславливается одноразовость (у одноячейковых) и многократность (у мульти- и суперячейковых) процесса выпадения осадков. К основным причинам этого

Табл. 1. Общая характеристика одноячейкового конвективного облака

№	Наименование синоптических, аэрологических и других условий развития одноячейковых облаков и радиолокационные параметры их радиоэхо	Описание ситуаций процесса развития облака и значения радиолокационных параметров их радиоэхо	
		Значения параметров	
		Модальные	Экстремальные
1	2	3	4
1	Условия развития облака	Слабовыраженное поле давления с западным градиентом, внутримассовые процессы	
2	Конвективная неустойчивость в атмосфере	Умеренная	
3	Динамика развития конвективных ячеек	Развитие 4 - 20 мин., диссипация 10 -15 мин.	
4	Закономерности зарождения и развития конвективных ячеек	На вершинах невысоких гор или на их склонах	
5	Влагосодержание в атмосфере	Низкое и среднее	
6	Процесс выпадения осадков	Одноразовый	
7	Продолжительность выпадения осадков мин.	21	5 - 50
8	Интенсивность и вид осадков	Без осадков, слабый или сильный дождь и град	
9	Скорость миграции облака км/час	12	3 - 16
10	Скорость господствующего ветра км/час	16	10 - 22
11	Сдвиг ветра сек <sup>-1</sup>	1,0·10 <sup>-4,3</sup>	10·5,4 ÷ 10 <sup>-4,0</sup>
12	Угол между направлением ветра и направлением миграции облака в угловых градусах	5,1	0 - 11
13	Время жизни облака мин.	38	30 - 70
14	Максимальная высота радиоэхо км.	8,8	5,0 - 11,2

Табл. 1. (продолжение)

1	2	3	4
15	Высота появления первого радиозоо км.	3,2	2,0 + 5,0
16	Время от появления первого радиозоо в мин.: - до максимального развития - до выпадения осадков - до первой грозы	15 14 17	13 + 21 12 + 20 14 + 26
17	Температура на уровне $H_m$ °C	- 24,3	- 48,1 + - 7,4
18	Высота расположения максимальной радиолокационной в облаке $H_{\eta m}$ км	4,7	2,3 + 7,7
19	Температура на уровне $H_{\eta m}$ в свободной атмосфере °C	- 4,1	- 19,4 + 12,0
20	Вертикальная толщина зоны повышенной радиолокационной отражаемости $H_{\Delta\eta}$ км	2,2	1,1 + 4,8
21	Температура в свободной атмосфере на уровне верхней границы $H_{\Delta\eta}$ °C	- 9,9	- 26,4 + 3,0
22	Отношение толщины облака выше уровня нулевой изотермы к толщине ниже этого уровня $h_-/h_+$	1,3	0,5 + 3,2
23	Максимальная радиолокационная отражаемость $\eta_m$ см <sup>-1</sup>	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-11} + 1,8 \cdot 10^{-8}$
24	Максимальный размер поперечного сечения радиозоо км	8,3	6 + 18
25	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км	4,1	5,0 + 14,0
26	Максимальный размер площади поперечного сечения радиозоо км <sup>2</sup>	17,0	10,0 + 93,8
27	Максимальный размер площади поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км <sup>2</sup>	10,2	5,4 + 42,4
28	Градиент максимальной радиолокационной отражаемости: - в вертикальной плоскости - в горизонтальной плоскости	0,57 2,90	0,38 + 2,48 1,28 + 3,41

Табл. 2. Общая характеристика мутьячейкового конвективного облака

№	Наименование синоптических, аэрологических и других условий развития мутьячейковых облаков и радиолокационные параметры их радиозоо	Описание ситуаций процесса развития облака и значения радиолокационных параметров их радиозоо	
		Значения параметров	
		Модальные	Экстремальные
1	2	3	4
1	Условия развития облака	Прохождение основных и вторичных холодных фронтов, волна с юга	
2	Конвективная неустойчивость в атмосфере	Сильная и умеренная	
3	Динамика развития конвективных ячеек	Развитие 10-12 мин. квазистационарное состояние 10-35 мин, рассеяние 10-35 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 в атмосфере	Умеренное и сильное	
6	Процесс выпадения осадков	Многоразовый	
7	Продолжительность выпадения осадков мин.	1	12 - 68
8	Интенсивность и вид осадков	Без осадков, сильный ливневой дождь, град сильной интенсивности	
9	Скорость миграции облака км/час	18	9 - 64
10	Скорость господствующего ветра км/час	50	28 - 110
11	Сдвиг ветра сек <sup>-1</sup>	$8 \cdot 10^{-3}$	$10^{-4,2} - 10^{-2}$
12	Угол между направлением ветра и направлением миграции облака в угловых градусах	17	0 - 50
13	Время жизни облака мин.	57	8 - 108
14	Максимальная высота радиозоо км.	10,3	5,7 - 13,5

Табл. 2. (продолжение)

1	2	3	4
15	Высота появления первого радиозоо км.	4.4	2.7 + 8.8
16	Время от появления первого радиозоо в мин.: - до максимального развития - до выпадения осадков - до первой грозы	18 23 25	10 + 31 8 + 28 18 + 36
17	Температура на уровне $H_m$ °C	-35	-59 + -21.4
18	Высота расположения максимальной радиолокационной в облаке $H_{\eta_m}$ км	5.2	3.0 + 8.2
19	Температура на уровне $H_{\eta_m}$ в свободной атмосфере °C	-7.4	-34.0 + -6.8
20	Вертикальная толщина зоны повышенной радиолокационной отражаемости $H_{\Delta\eta}$ км	3.1	1.0 + 5.6
21	Температура в свободной атмосфере на уровне верхней границы $H_{\Delta\eta}$ °C	-21.0	-46.8 + -2.4
22	Отношение толщины облака выше уровня нулевой изотермы к толщине ниже этого уровня $h_-/h_+$	1.9	0.6 + 3.8
23	Максимальная радиолокационная отражаемость $\eta_{mcm}^{-1}$	$1.2 \cdot 10^{-8}$	$4.9 \cdot 10^{-11} + 2.24 \cdot 10^{-7}$
24	Максимальный размер поперечного сечения радиозоо км	16	8 + 29
25	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км	7	4 + 10
26	Максимальный размер площади поперечного сечения радиозоо км <sup>2</sup>	56	16 + 400
27	Максимальный размер площади поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км <sup>2</sup>	19	6 + 93
28	Градиент максимальной радиолокационной отражаемости: - в вертикальной плоскости - в горизонтальной плоскости	0.54 1.53	0.20 + 1.4 1.29 + 2.24

Табл. 3. Общая характеристика суперячейкового конвективного облака

№	Наименование синоптических, аэрологических и других условий развития суперячейковых облаков и радиолокационные параметры их радиозоо	Описание ситуаций процесса развития облака и значения радиолокационных параметров их радиозоо	
		Значения параметров	
		Модальные	Экстремальные
1	2	3	4
1	Условия развития облака	Холодный атмосферный фронт, фронт окклюзии, наложение этих процессов на внутримассовые процессы	
2	Конвективная неустойчивость в атмосфере	Умеренная и сильная	
3	Динамика развития конвективных ячеек	Развитие 15-20мин, квазистационарное состояние 15-45мин, виссипация 18-50мин	
4	Закономерности зарождения и развития конвективных ячеек	Зарождение на склонах на склонах горных хребтов и гор, диссипация случайная во времени, в низменных местах региона	
5	Влагосодержание в атмосфере	Высокое	
6	Процесс выпадения осадков	Многоразовое	
7	Продолжительность выпадения осадков мин.	39	18 + 90
8	Интенсивность и вид осадков	Сильный ливень, град сильной интенсивности	
9	Скорость миграции облака км/час	66	25 + 78
10	Скорость господствующего ветра км/час	58	10 + 100
11	Сдвиг ветра сек <sup>-1</sup>	$8,8 \cdot 10^{-3}$	$10^{-4} \div 10^{-2}$
12	Угол между направлением ветра и направлением миграции облака в угловых градусах	38	20 + 80
13	Время жизни облака мин.	56	44 + 119
14	Максимальная высота радиозоо км.	10,8	7,8 + 16,5

Табл. 2. (продолжение)

1	2	3	4
15	Высота появления первого радиозоха км.	4.9	4.1 ÷ 9.8
16	Время от появления первого радиозоха в мин.: - до максимального развития - до выпадения осадков - до первой грозы	15 20 25	11 ÷ 30 13 ÷ 30 15 ÷ 32
17	Температура на уровне $H_m$ °C	- 51.3	-64.1 ÷ -31.3
18	Высота расположения максимальной радиолокационной в облаке $H_{\eta m}$ км	6.7	3.9 ÷ 10.3
19	Температура на уровне $H_{\eta m}$ в свободной атмосфере °C	- 11.8	- 52.1 ÷ - 2.8
20	Вертикальная толщина зоны повышенной радиолокационной отражаемости $H_{\Delta \eta}$ км	4.7	2.0 ÷ 8.5
21	Температура в свободной атмосфере на уровне верхней границы $H_{\Delta \eta}$ °C	- 36	-52.4 ÷ - 8.6
22	Отношение толщины облака выше уровня нулевой изотермы к толщине ниже этого уровня $h_- / h_+$	2.4	1.5 ÷ 4.6
23	Максимальная радиолокационная отражаемость $\eta_{mcm}^{-1}$	$1.06 \cdot 10^{-7}$	$2.5 \cdot 10^{-11} \div 6.0 \cdot 10^{-6}$
24	максимальный размер поперечного сечения радиозоха км	14	8 ÷ 33
25	Максимальный размер поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км	10	5 ÷ 14
26	максимальный размер площади поперечного сечения радиозоха км <sup>2</sup>	59	18 ÷ 470
27	Максимальный размер площади поперечного сечения зоны повышенной радиолокационной отражаемости км <sup>2</sup>	311	26 ÷ 98
28	Градиент максимальной радиолокационной отражаемости: - в вертикальной плоскости - в горизонтальной плоскости	0.39 1.4	0.09 ÷ 1.0 1.31 ÷ 2.19

следует отнести также и невозможность одновременного существования в одноячейковых облаках как восходящего, так и нисходящего потоков.

С мульти- и суперячейковыми облаками чаще всего связаны сильные ливневые жидкие и твердые осадки.

Первое радиозохо одноячейковых облаков появляется в среднем на высоте 2,8 км над уровнем моря, а мульти- и суперячейковых облаков – в среднем на 4,5 км

Средние значения максимальной радиолокационной отражаемости для одноячейковых облаков равняются  $1,6 \cdot 10^{-9} \text{ см}^{-1}$ , а для мульти- и суперячейковых облаков  $1,2 \cdot 10^{-8}$  и  $1,06 \cdot 10^{-7}$  соответственно.

Таким образом, принимать во внимание в практических работах по искусственному воздействию на конвективные облака, выявленные нами радиолокационные характеристики одноячейкового конвективного облака и синоптические, метеорологические и другие условия, способствующие его возникновению и развитию, может значительно повысить эффективность таких мероприятий.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Chisholm A.J., Renick J.H. - Supercell and Multicell Alberta Hailstorms. Proc. Inter Cloud Physics Conf. London, 1972. p.p. 67-68.
2. Marwitz J.D. Supercell storms; - Multicell storms; Severely Sheared Storms. J. Appl. Met. 1972, vol. 11, № 1. p.p. 166-201.
3. Stephan P. Nelson and Nansy C. Knight. - The hybrid multicellular - supercellular storms: an efficient hail producer. Proc. 9th Inter. Cloud. Phys. Conf. Tallin USSR, 1984. p.p. 435-437.
4. Абшаев М.Т. - Структура и динамика развития грозово-градовых процессов Северного Кавказа. В книге "Радиометеорология. Труды VI Всесоюзного совещания". Ленинград, Гидрометеиздат, 1984. с. 109-115.
5. 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.p. 56-75.

უკ 551.501

სხვადასხვა კონვექციური ღრუბლის თბილი სეზონის რადიოლოკაციური მოდელი./სალუკვაძე თ., ხელაია ე./ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 141-149.- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

განალიზებულია ადმოსავლეთ საქართველოს კახეთის რეგიონში რიგი წლების უანმავლობაში კონვექციური ღრუბლებზე ჩატარებული რადიოლოკაციური დაკვირვების მონაცემები. განხილულია მათი შესაბამისი აეროლოგიური და სინოპტიკური სიტუაციები. ამონაცემების საფუძველზე შემოთავაზებულია ერთუჯრედიანი, მრავალუჯრედიანი და სუპერ უჯრედიანი ღრუბლების ემპირიული რადიოლოკაციური მოდელები

UDC 551.501

**EMPIRICAL RADAR MODELS OF DIFFERENT CONVECTIVE CLOUDS OF A WARM SEASON OF EAST GEORGIA.**/Salukvadze T., Khelaia E./Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - т.115. – p. 141-149. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The data of several years of radar observations by convective clouds in Kakheti region of Georgia are analyzed. With usage of appropriate data of aerological and synoptic observations, the empirical radar models of single-cell, multi-cell, and super-cell clouds are composed.

УДК 551.501

**ЭМПИРИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ ТЕПЛОГО СЕЗОНА ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ** / Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 141-149. – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Проанализированы данные многолетних радиолокационных наблюдений за конвективными облаками в Кахетинском регионе Грузии. С использованием соответствующих данных аэрологических и синоптических наблюдений, составлена эмпирическая радиолокационная модель одноячейковых, мультиячейковых и суперячейковых облаков.