

УДК 551.521.681.7

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КУЧЕВОЙ ОБЛАЧНОСТИ ПРИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБМЕНЕ МЕЖДУ МАТЕРИНСКИМИ И ДОЧЕРНИМИ ОБЛАКАМИ

© 2019 г. Алленов М. И., Иванов В. Н., Новиков Н. Н., Федоров В. О., Якименко И. В.

Запатентованными способами и измерительными средствами представлена динамика энергетического обмена между материнскими и дочерними облаками. Изолиниями энергетической яркости в диапазоне спектра 8-13 мкм показаны предвестники рождения дочерних облаков в виде течений – струй от материнских облаков. Оценены временные интервалы рождения и распада облаков. Показана морфология энергообмена и масштабные изменения собственного излучения облачности.

Ключевые слова: *эволюция, излучение, изолинии, температура, пространство, время, полусфера неба, материнские и дочерние облака, обмен энергией.*

Эволюция развития и распада пространственно-временной структуры форм кучевой (Cu) облачности освещалась во многих научных статьях и монографиях [1-4]. Эти результаты представлялись для обсуждения на многих Международных, Всесоюзных конференциях и симпозиумах. В научной литературе описывались часто повторяющиеся сценарии временного морфологического изменения кучевой облачности с масштабной перестройкой ее пространственной структуры. Эти сведения приводились на основе Международной визуальной классификации облачности, создававшейся специалистами многих стран на протяжении прошедших двух веков. Дополнения к классификации приводятся и в наше время. Некоторые эпизодические (кратковременные) экспериментальные результаты исследований представлялись в видимой и коротковолновой до 3 мкм областях спектра. Имеются весьма скромные сведения об экспериментальных исследованиях собственного излучения облачности от 5 до 16 мкм. Они освещены в наших монографиях и обзорных статьях [5-8].

Результаты многолетних исследований пространственно-временных структур собственного излучения различных форм облачности, в том числе, и о кучевой (Cu) облачности представлены нами в авторитетных отечественных и зарубежных изданиях, их больше 100 наименований [5-8]. Эти результаты получены быстродействующей, высокоразрешающей (до единиц минут дуги) высокочувствительной аппаратурой, защищенной патентами на изобретения России [9-12]. Запатентованы также различные методологические аспекты исследований природных сред и способы измерений характеристик облачности.

На основе экспериментальных результатов разработана радиационная метеорологическая классификация форм облачности для измерений в дневное и ночное время. Она используется в Росгидромете и во многих научных и научно-технических предприятиях России.

В предлагаемой статье, по нашему мнению, впервые представлены конкретные варианты процесса радиационного энергетического обмена между материнскими и дочерними кучевыми облаками. Показаны изолинии собственного излучения полусферического поля неба, пространственные и временные масштабы неоднородностей собственного излучения в окне прозрачности атмосферы в диапазоне 8-13 мкм. На рисунке 1 представлено изображение кучевого (Cu) облака в интервале зенитных углов θ от (30 до 60°); по азимуту α от (190 до 260°). Справа показана шкала в цвете с значениями энергетической яркости B в $[Wm\ cm^2sr^{-1}] \cdot 10^3$ и радиационной температуры T в градусах Кельвина.

На рисунке 2 представлено это же кучевое (Cu) облако с изолиниями энергетической яркости. По краям (контура) облака, окрашенные в желтый цвет изображены предвестники дочерних облаков. Слева и внизу рисунка 1 показаны уже родившиеся дочерние облака. На рисунках 3-6 представлена динамика рождения и распада кучевых облаков. Меньшее по размерам (внизу рисунков 3-6) почти полностью распавшееся материнское облако. Изображения облаков на рисунках 3-6 зарегистрированы через 30 сек.

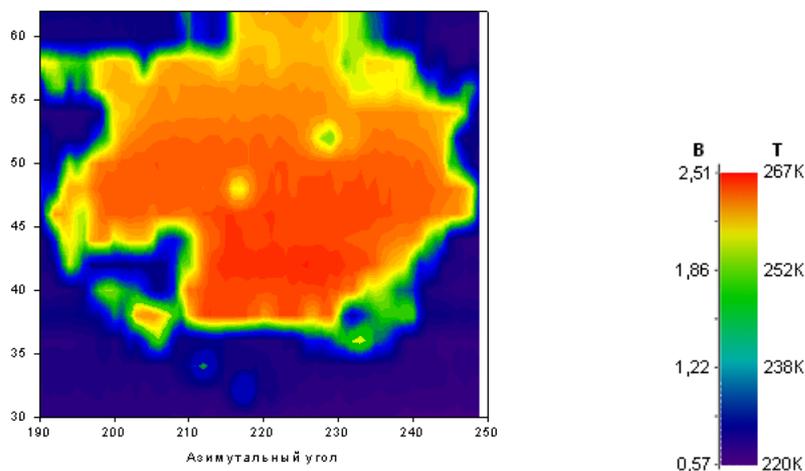


Рисунок 1 - Изображение кучевого (Cu) облака в диапазоне 8-13 мкм

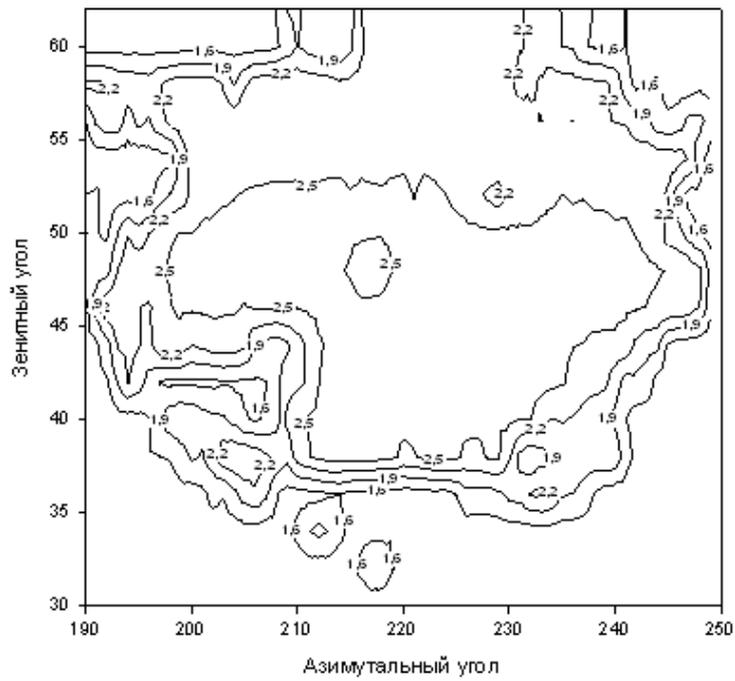


Рисунок 2 - Изолинии энергетической яркости кучевого (Cu) облака
 $B [W m^{-2} sr^{-1}] \cdot 10^{-3}$

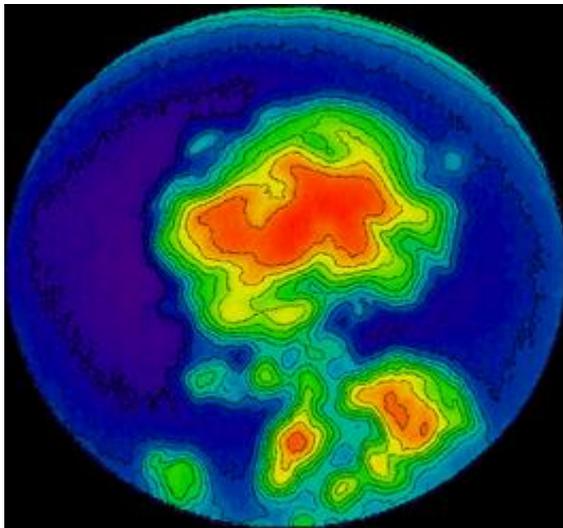


Рисунок 3

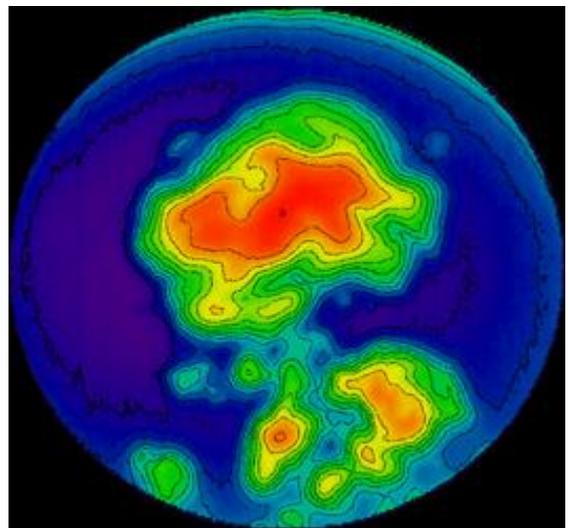


Рисунок 4

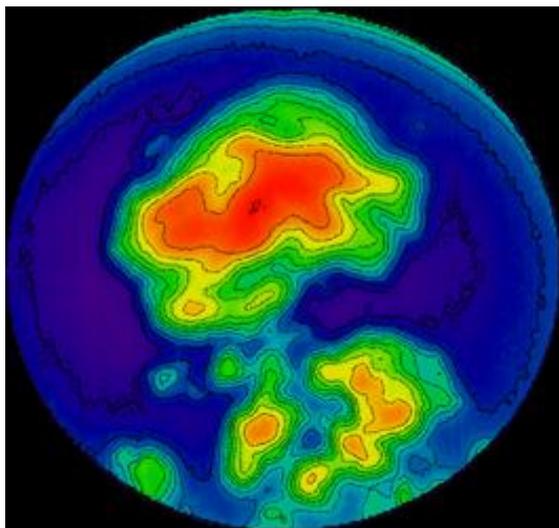


Рисунок 5

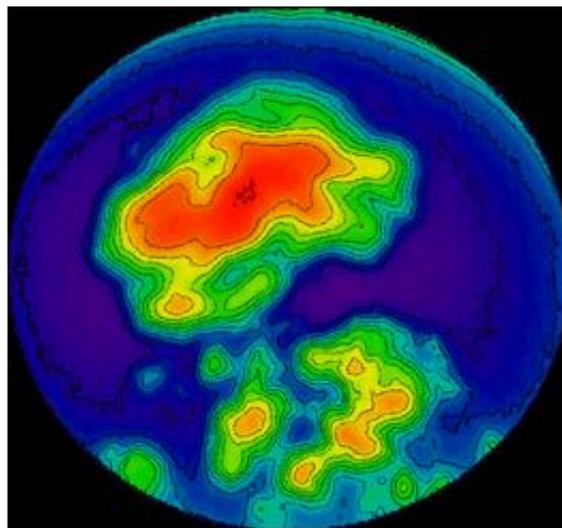


Рисунок 6

Выводы

1. Кучевые облака (Cu) (информация приведена в [9]).
Кучевые плоские (Cu hum) мало развитые по высоте (до 1 км), вертикальная протяженность меньше горизонтальной.
Кучевые средние (Cu med), облака с вертикальными размерами 1-2 км [9].
Здесь представлены средние кучевые облака, зарегистрированные после 14 часов, когда материнские облака, достигшие значительной плотности, начинают распадаться.
2. По изолиниям собственного излучения в диапазоне 8-13 мкм они достигли максимальных значений до $2,5 \text{ [Вт см}^2 \text{ ср}^1] \cdot 10^3$ (красноватый цвет). Радиационная температура T (265-270) К.
3. Вытянутые желтые выступы в нижней части верхнего и нижнего материнских облаков являются предвестниками рождения дочерних облаков (см. рисунки 3 и 4).
4. Нижнее материнское облако (справа) разделилось на меньшие по размерам фрагменты, названные специалистами дочерними облаками.
5. Важно отметить, что во второй половине дня процесс распада материнских облаков ускоряется и пространственная структура поля кучевых облаков измельчается. Спектр мощности флуктуаций собственного излучения уширяется до пространственных неоднородностей (единиц минут дуги). Этот процесс осложняет обнаружение летательных аппаратов в атмосфере, то есть снижается помехоустойчивость оптико-электронных систем сопровождения, навигации и других задач практического назначения. Эти проблемы подробно освещены в монографиях [4-9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Plank V. G. The Size Distribution of Cumulus Clouds in Representative Florida Populations. J. Appl. Meteorol. 1969. Vol. 8, N. 1. P.46-47.
2. Облака и облачная атмосфера. Справочник. Под ред. И. П. Мазина, А. Х. Хргиана. – М.: Гидрометеиздат, 1989. – 648 с. - Стр. 43-158.
3. Стохастическая структура полей облачности и радиации. Ю.-А. Р. Мулламаа, М. А. Сулев, В. К. Пылдмаа, Х. А. Охврийль, Х. Ю. Нийлиск, М. И. Алленов, Л. Г. Чубаков, А. Е. Кууск. Под ред. Ю.-А. Р. Мулламаа. Тарту: ИФА АН ЭССР, 1972. – 281 с. - Стр. 44-158.
4. Алленов М. И. Структура оптического излучения природных объектов. - М.: Гидрометеиздат, 1988. – 164 с.
5. Алленов М. И. Параметризация природных сред для их распознавания. - Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2011. – 180 с.
6. Алленов М. И., Бирюков В. Г., Иванов В. Н. Распознавание природных сред, веществ и их загрязнений. - С.-Пб: Гидрометеиздат, 2004. – 268 с.
7. Алленов М. И. Методы и аппаратура спектрорадиометрии природных сред. - М.: Гидрометеиздат, 1992. – 262 с.
8. Алленов А. М., Алленов М. И., Иванов В. Н., Соловьев В. А. Стохастическая структура излучения облачности. - С.-Пб: Гидрометеиздат, 2000. - 175 с.
9. Алленов М. И., Иванов В. Н., Третьяков Н. Д. Параметризация структур излучения и эволюции облачности. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2013. - 168 с.
10. Патент № 2331853 (РФ), G01J 3/06. Устройство распознавания форм облачности. М. И. Алленов, В. Н. Иванов, Н. Д. Третьяков. Заявлен 13.04.2006 № 20061121/28. Опубликовано 20.08.2008. Бюл. № 23.
11. Патент № 2414728 (РФ). Способ определения направления и скорости движения нижней границы облачности. М. И. Алленов, А. В. Артюхов, В. Н. Иванов, Н. Д. Третьяков. Заявлен № 2009119462/28. Опубликовано 20.03.2012. Бюл. № 8.
12. Патент № 2497159 (РФ). Способ определения высоты нижней границы облачности. М. И. Алленов, В. Н. Иванов, Н. Д. Третьяков, В. О. Федоров. Заявлен №2011130881/28 от 22.07.2011. Опубликовано 27.01.2013. Бюл. № 3.

PREDICTION OF THE VARIABILITY OF THE CUMULUS CLOUD'S OWN RADIATION IN THE ENERGY EXCHANGE BETWEEN PARENT AND CHILD CLOUDS

Allenov M. I., Ivanov V. N., Novikov N. N., Fedorov V. O., Yakimenko I. V.

The dynamics of energy exchange between the parent and pre-black clouds is presented using patented methods and measuring tools. Isolines of energy brightness in the range of the spectrum of 8-13 microns show the harbingers of the birth of child clouds in the form of streams-jets from the parent clouds. The time intervals of cloud birth and decay are estimated. The morphology of energy exchange and large-scale changes in the cloud's own radiation are shown.

Key words: evolution, radiation, isolines, temperature, space, time, sky hemisphere, parent and child clouds, energy exchange.

Кафедра «Электромеханические системы»
Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет
«МЭИ» в г. Смоленске
Поступила в редакцию 11.11.2019