

А.М. Алленов, В.Б. Бурдюг, В.Н. Иванов, Н.П. Иванова, В.В. Овчинников

## ФЛУКТУАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОГО НЕБА В ДИАПАЗОНЕ 3–5 и 8–13 мкм

Институт экспериментальной метеорологии НПО «Тайфун» Росгидромета, г. Обнинск

Поступила в редакцию 15.06.98 г.

Принята к печати 5.02.99 г.

Исследована пространственная структура флуктуаций энергетической яркости кучевых и слоисто-кучевых облаков в диапазоне 3–5 и 8–13 мкм одновременно. Приводятся данные о взаимных корреляционных связях для обоих спектральных диапазонов.

Пространственно-временная структура излучения облачности чрезвычайно изменчива и многообразна: ее исследование можно проводить только при помощи быстродействующей сканирующей высокочувствительной аппаратуры с высоким пространственным разрешением и автоматизированных средств регистрации и обработки данных.

В сообщении приводятся предварительные результаты исследований тонкой (до единиц минут) пространственной структуры излучения кучевой (*Cu*) и слоисто-кучевой (*Sc*) облачности по их изображениям. Размер кадров изображений по азимутальному углу  $\alpha$  составлял в среднем  $60^\circ$ , по зенитному углу  $\theta$  – от  $10$  до  $20^\circ$ , смещение реализаций по  $\theta$  от  $1$  до  $8^\circ$ , количество реализаций (строк в кадре изображения) – от  $3$  до  $21$ . Реализация квантовалась с шагом  $7$ – $10$  мин дуги. Наименьшее количество квантов (элементов)  $N$  в реализации всегда превышало  $300$ . Средние и дисперсии флуктуаций определялись по  $5$ – $7$  значениям. Зависимость средних значений по зенитному углу в диапазоне  $3$ – $5$  мкм для интервала зенитных углов от  $50$  до  $80^\circ$  можно аппроксимировать линейной функцией.

Величина среднего значения при  $\theta = 60^\circ$  для *Cu* ( $4$ – $6$  баллов) составляет  $\approx 4 \cdot 10^{-5}$  Вт·см $^{-2}$ ·ср $^{-1}$  и практически не отличается от излучения модели абсолютно черного тела. В области  $8$ – $13$  мкм оно составляет  $\approx 3 \cdot 10^{-3}$  Вт·см $^{-2}$ ·ср $^{-1}$ .

Дисперсии флуктуаций  $\sigma^2$  весьма сильно изменяются в зависимости от  $\theta$  и для обеих спектральных областей имеют сходный вид. Однако дисперсии для *Cu* в диапазоне  $3$ – $5$  мкм спадают несколько медленнее, чем дисперсии для  $8$ – $13$  мкм. Обнаружено, что дисперсии флуктуаций в диапазоне  $3$ – $5$  мкм для *Cu* при  $4$ – $6$  баллах и углах  $\theta \approx 75^\circ$  могут достигать  $\approx 10^{-10}$  (Вт·см $^{-2}$ ·ср $^{-1}$ ) $^2$  и более, что обусловлено, видимо, вкладом отраженного солнечного излучения. Характерно, что подобное поведение дисперсий флуктуаций обнаружено и для слоисто-кучевых и мощно-кучевых облаков.

Пространственные спектры мощности флуктуаций яркости облаков в диапазоне  $3$ – $5$  мкм можно аппроксимировать, как и в [1, 2], выражением

$$G(\omega) = \sigma^2(\omega) 1/\omega^{S(\theta)},$$

где  $S(\theta)$  – функция, значения которой изменяются от  $1,67$  до  $2,3$  для углов  $\theta \approx 75$  и  $40^\circ$  соответственно;  $\sigma^2(\omega)$  – дисперсия флуктуаций яркости на пространственной частоте  $\omega$ .

Распределения дисперсий флуктуаций по пространственным частотам для различных форм и количества облачности для области  $3$ – $5$  и  $8$ – $13$  мкм несколько различаются между собой по наклонам и величинам. В отдельных случаях различие по величинам  $\sigma^2(\omega)$  составляет более порядка.

Корреляционные пространственные связи между флуктуациями яркости для областей  $3$ – $5$  и  $8$ – $13$  мкм весьма сильно изменяются для различных азимутальных углов и колеблются для одних и тех же реализаций, полученных одновременно, от  $0,36$  до  $0,96$ . С увеличением угла между направлениями на Солнце и на средний угол по длине реализации (назовем его  $\psi$ ) коэффициент взаимной корреляции увеличивается, и наоборот. Объяснить этот факт можно влиянием отраженного солнечного излучения от облаков.

В таблице приводится зависимость от  $\psi$  коэффициентов взаимной корреляции для кучевых и слоисто-кучевых облаков ( $4$ – $6$  баллов) для диапазона  $3$ – $5$  и  $8$ – $13$  мкм.

Тип облака	Коэффициенты взаимной корреляции					
	$\psi^\circ$					
	30	50	70	90	120	> 120
<i>Cu</i>	0,39	0,61	0,74	0,83	0,89	0,94
<i>Sc</i>	0,36	0,56	0,68	0,74	0,81	0,86

Зависимости радиусов корреляции для *Cu* и *Sc* облаков для указанного диапазона имеют сходный вид, их зависимости от  $\theta$  аналогичны [2].

1. Алленов М.И. Методы и аппаратура спектрорадиометрии природных сред. М.: Гидрометеоздат, 1992. 262 с.
2. Алленов А.М., Соловьев В.А. Корреляционные (пространственные) связи между флуктуациями яркости, создаваемыми облачными неоднородностями в диапазоне  $8$ – $13$  мкм // Труды ИЭМ. Вып. 25(160). М.: Гидрометеоздат, 1995. С. 3–14.

*A.M. Allenov, V.B. Burdyug, V.N. Ivanov, N.P. Ivanova, V.V. Ovchinnikov. Fluctuations of Cloudy Sky Radiation within the Range of 3–5 and 8–13  $\mu$ m.*

The spatial structure of energy brightness fluctuations of cumulus and stratocumulus clouds within the range of  $3$ – $5$  and  $8$ – $13$   $\mu$ m is studied. The data are given on mutual correlation relations for both spectral ranges.