

Т.Б. Журавлева

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СРЕДНИХ ЛУЧИСТЫХ ПОТОКОВ К ВАРИАЦИЯМ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАКОВ ПО РАЗМЕРАМ

Исследуется влияние степенной и экспоненциальной функции распределения облаков по размерам на формирование среднего радиационного режима в условиях разорванной облачности. Приведены оценки средних лучистых потоков в моделях со случайными горизонтальными размерами облаков и некоторым постоянным (эффективным) диаметром, значение которого для статистически однородных моделей определяется из условия равенства вероятностей закрытости направления визирования. Показано, что при переходе к статистически неоднородным моделям наличие небольшого количества крупных (до нескольких километров) облаков ведет к существенной трансформации среднего радиационного режима.

В настоящее время методы исследования радиационных свойств облачных полей наиболее разработаны в моделях со случайной геометрией (разорванная облачность). Для построения моделей разорванной облачности, адекватно описывающих статистические свойства реальных облачных и радиационных полей, целесообразно наиболее полно использовать имеющийся экспериментальный материал. Несмотря на сложности натурных измерений, разнообразие типов, геометрических форм и размеров облаков, их пространственной и временной изменчивости, в настоящее время собран достаточно большой объем информации, касающийся физических параметров облаков различных типов и стохастической структуры облачного поля. В частности, достаточно подробно исследованы вопросы формы и распределения облаков по размерам, вероятности закрытости узких направлений визирования облаками и т.д. [1–6].

Одной из важнейших характеристик облачных полей является функция распределения горизонтальных размеров облаков $f(D)$ (D – диаметр облака), вид которой зависит от района наблюдения, времени года, типа облаков и т.д. Так, в [5] обсуждаются данные, касающиеся горизонтальных размеров кучевых облаков, которые были получены при обработке фотографий, сделанных с самолета в районе полуострова Флорида. Показано, что для рассматриваемых полей облачности плотность вероятности горизонтальных размеров убывает экспоненциально с ростом D .

На основании данных, радиометрических измерений, выполненных с помощью приборов, установленных на спутнике LANDSAT, в [6] описаны структурные характеристики слоисто-кучевой облачности. Рассмотрены 12 типов полей слоисто-кучевой облачности, состоящих из мелких облачных ячеек либо представляющих собой вытянутые гряды и пластины. Распределение горизонтальных размеров облаков в большинстве случаев наиболее удачно описывается степенной функцией диаметра.

Использование различных функций распределения горизонтальных размеров облаков $f(D)$ при построении моделей разорванной облачности и исследование влияния вида функции $f(D)$ на средний радиационный режим облачности является целью данной работы.

1. Модель и метод решения. Оптическая модель разорванной облачности задается в слое Λ : $0 \leq z \leq H$ в виде случайных скалярных полей коэффициента ослабления $\sigma \kappa(\mathbf{r})$, вероятности выживания кванта $\lambda \kappa(\mathbf{r})$ и индикатрисы рассеяния $g(\boldsymbol{\omega}, \boldsymbol{\omega}') \kappa(\mathbf{r})$, $\boldsymbol{\omega}$ – единичный вектор. Здесь $\kappa(\mathbf{r})$ – индикаторная функция случайного множества точек в Λ , в котором присутствует облачное вещество. Математическая модель поля $\kappa(\mathbf{r})$ строится на основе пуассоновского потока точек в пространстве [7, 8] и определяет реализацию облачного поля как совокупность случайно распределенных в пространстве облаков заданной конфигурации, центры которых находятся в одной плоскости. Входными параметрами модели, кроме σ , λ и $g(\boldsymbol{\omega}, \boldsymbol{\omega}')$, являются форма, толщина H , плотность вероятности горизонтальных размеров облаков $f(D)$ и балл облачности N .

Информация о совместном распределении диаметров и высот облаков в известной автору литературе ограничена, поэтому при моделировании поля облачности используем соотношение [6]

$$H/D = v(D/D_{\max})^\beta,$$

где в качестве v и β приняты осредненные значения $v = 0,955$; $\beta = 0,031$. В первом приближении можно полагать $H \sim D$.

Если облака имеют одинаковую форму и их проекции на горизонтальную плоскость есть круги диаметра D , то балл облачности N и двумерный параметр Пуассона μ (среднее число центров облаков на единицу площади), используемый при моделировании поля облачности, связаны соотношением [9]

$$\mu = -\frac{4 \ln(1-N)}{\pi \bar{D}^2}, \quad (1)$$

где

$$\bar{D}^2 = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D^2 f(D) dD.$$

Облака будем аппроксимировать прямыми круговыми цилиндрами одинаковой толщины. На верхнюю границу слоя падает единичный поток солнечной радиации, ξ_{\odot} и $\varphi_{\odot} = 0$ — зенитный и азимутальный углы Солнца.

При расчете статистических характеристик солнечной радиации использован разработанный ранее алгоритм метода Монте-Карло (см., например, [7, 8]). Сущность его заключается в численном моделировании на ЭВМ выборочных случайных реализаций облачного поля, решении методом Монте-Карло уравнения переноса в построенной реализации и последующей статистической обработки.

Модель 1А. В соответствии с [6] функция распределения горизонтальных размеров облаков $f(D)$ представляется в виде

$$f_{\text{ст}}(D) = \begin{cases} a_1 D^{-\alpha_1}, & D \leq D_0, \\ a_2 D^{-\alpha_2}, & D \geq D_0, \end{cases} \quad (2)$$

$D_{\min} \leq D \leq D_{\max}$, $D_{\min} = 0,03$ км, $D_{\max} = 5$ км, $D_0 \approx 0,5-0,7$ км. Параметры α_i , $i = 1, 2$, изменяются в пределах $1,55 \leq \alpha_1 \leq 1,86$; $2,44 \leq \alpha_2 \leq 2,9$ в зависимости от рассматриваемого в [6] типа облачного поля. В дальнейших расчетах будем полагать $D_0 = 0,7$ км, $a_1 = 1,55$, $a_2 = 2,9$, что соответствует полю слоисто-кучевых облачности, состоящему из мелких кучевых облаков, крупных облачных образований и облаков промежуточных размеров. Коэффициенты a_i , $i = 1, 2$, определяемые из условий нормировки и непрерывности функции $f_{\text{ст}}(D)$ в точке $D = D_0$, равны $a_1 = 0,092$, $a_2 = 0,057$. При указанных значениях a_i , $i = 1, 2$, среднее значение диаметра $\bar{D}_{\text{ст}} = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D f(D) dD = 0,19$ км, $\bar{D}_{\text{ст}}^2 = 0,112$ км².

Модель 1Б. Рассмотрим модель облачности с экспоненциальной плотностью вероятности распределения диаметров облаков

$$f_{\text{exp}}(D) = a e^{-bD}. \quad (3)$$

Коэффициенты a и b в формуле (3) определим из условий нормировки функции $f_{\text{exp}}(D)$ и равенства $\bar{D}_{\text{ст}}^2 = \bar{D}_{\text{exp}}^2$, что согласно (1) обеспечивает одинаковые значения параметра Пуассона μ для одного и того же балла облачности N : $a = 5,16$, $b = 4,5$ км⁻¹. Для указанных значений a и b и вариаций диаметра в пределах $0,03$ км $\leq D \leq 5$ км, $D_{\text{exp}} = 0,25$ км.

При реализации алгоритма расчета статистических характеристик солнечной радиации облачное поле $\kappa(\mathbf{r})$ моделируется в некоторой достаточно большой (но ограниченной) области G . Ее горизонтальные размеры существенно зависят от величины максимального диаметра: чем больше D_{\max} , тем больше горизонтальная протяженность области G и, следовательно, больше трудоемкость построения облачной реализации. Облачные поля, определяемые формулами (2), (3), состоят преимущественно из облаков небольших размеров: вероятность появления облаков $P(D \leq 0,25$ км) равна $\sim 0,8$, тогда как $P(D \geq 2,5$ км) $\sim 0,004$. Поэтому в дальнейших расчетах целесообразно полагать $D_{\max} = 2,5$ км, при этом коэффициенты в формулах (2) и (3) изменяются незначительно. Заметим, что и при таком ограничении D_{\max} процедура построения облачной реализации достаточно сложна: область G необходимо представить в виде объединения непересекающихся подобластей меньшей площади, в каждой из которых с одной и той же плотностью $\mu = -4 \ln(1-N) / (\pi \bar{D}^2)$ моделируется число облачных центров, их горизонтальные координаты и диаметры.

Очевидно, что в случае, когда диаметр облака является случайным, трудоемкость алгоритма увеличивается ввиду необходимости усреднения результатов и по этой случайной величине. Поэтому возникает вопрос: нельзя ли подобрать такое постоянное значение диаметра D при котором средние лучистые потоки в модели 1 со случайными горизонтальными размерами и в модели с постоянным диаметром облаков (будем называть ее в дальнейшем модель 2) были бы достаточно близки при прочих равных оптико-геометрических параметрах и условиях освещенности? В случае положительного ответа для расчета средних потоков целесообразно использовать более простую модель облачного поля, состоящего из облаков постоянного диаметра.

Как известно (см., например, [3]) величина среднего потока нерассеянного излучения \bar{S} в значительной степени определяется вероятностью закрытости направления визирования N_θ , $\theta = \xi_\odot$. Согласно [2] в модели 1

$$N_\theta^{(1)} = 1 - \exp[-\mu(\pi\bar{D}^2 + \bar{D}H \operatorname{tg} \theta)], \quad (4)$$

а в модели 2

$$N_\theta^{(2)} = 1 - \exp[-\mu_1(\pi D^2 + DH \operatorname{tg} \theta)], \quad (4')$$

где $\mu_1 = -4 \ln(1-N)/(\pi D^2)$.

Выберем значение диаметра D в модели 2 таким, чтобы $N_\theta^{(1)} = N_\theta^{(2)}$ (в дальнейшем будем называть его эффективным):

$$D^{\text{эф}} = \sqrt{\bar{D}^2 / D}. \quad (5)$$

Согласно (6) $D_{\text{ст}}^{\text{эф}} = 0,6$ км, $D_{\text{exp}}^{\text{эф}} = 0,45$ км.

В случае равенства вероятностей закрытости направления визирования $N_\theta^{(1)} = N_\theta^{(2)}$ можно ожидать, что при больших оптических толщинах средние потоки нерассеянного и, возможно, рассеянного излучения будут достаточно хорошо совпадать. Для проверки этого предположения обратимся к результатам расчетов.

2. Результаты расчетов. В пределах слоя Λ будем пренебрегать молекулярным и аэрозольным рассеянием, альbedo подстилающей поверхности равно 0. Индикатриса рассеяния соответствует облаку С1 [10] и длине волны 0,69 мкм.

Обозначим S , \bar{Q}_s , \bar{A} – средние потоки прямой, рассеянной пропущенной и отраженной радиации в модели 2; \bar{S}_l , $Q_{s,l}$, A_l – соответствующие потоки в модели 1, $l = \text{ст}$ или $l = \text{exp}$ в зависимости от вида функции $f(D)$.

Оптико-геометрические параметры облачности изменяются в следующих пределах: $0,1 \leq N \leq 0,7$, $0 \leq \xi_\odot \leq 60^\circ$, $10 \text{ км}^{-1} \leq \sigma \leq 60 \text{ км}^{-1}$, $H = 0,5$ км. Относительная погрешность расчетов Δ не превышает 5%. Сначала мы обсудим влияние вида функции $f(D)$ (модели 1 А и 1 Б) на значения средних потоков солнечной радиации, а потом сравним результаты расчетов в моделях 1 и 2.

Начнем с более подробного анализа формулы (4). В соответствии с (1)

$$1 - N_\theta = \exp\left(\ln(1 - N) \left(1 + \frac{4\bar{D}H \operatorname{tg} \theta}{\pi\bar{D}^2}\right)\right).$$

Поскольку в первом приближении можно считать, что $\bar{S} \approx 1 - N_\theta$ (см., например, [3]), то

$$g_s = \frac{\bar{S}_{\text{exp}}}{\bar{S}_{\text{ст}}} \approx \exp(\ln(1 - N) \operatorname{tg} \theta \gamma), \quad (6)$$

где $\gamma = 4H(\bar{D}_{\text{exp}} - \bar{D}_{\text{ст}}) / (\pi\bar{D}^2) > 0$.

Показатель экспоненты в формуле (6) отрицателен, стало быть можно ожидать, что $\bar{S}_{\text{exp}} \leq \bar{S}_{\text{ст}}$. С ростом балла облачности $|\ln(1 - N)|$ возрастает, поэтому возможно, что разница между $\bar{S}_{\text{ст}}$ и \bar{S}_{exp} будет увеличиваться. При одном и том же балле облачности N при увеличении зенитного угла Солнца ξ_\odot , как следует из (7), возможно уменьшение g_s , поскольку $\operatorname{tg} \theta$ – возрастающая функция,

Высказанные предположения подтверждают результаты расчетов средних потоков, приведенные на рис. 1. С увеличением N от 0,1 до 0,7 при $\xi_\odot = 30^\circ$ (рис. 1, а) g_s уменьшается от 1 до $\sim 0,7$, а $\bar{Q}_{s,\text{exp}} / \bar{Q}_{s,\text{ст}}$ возрастает при этом в 1,1 раза. При изменении зенитного угла Солнца от 0 до 60° при $N = 0,5$ (рис. 1, б) g_s уменьшается от 1 до $\sim 0,6$, а $\bar{Q}_{s,\text{exp}} / \bar{Q}_{s,\text{ст}} \approx 1,1$ во всем рассматриваемом диапазоне углов. Среднее значение альbedo слабо зависит от типа распределения горизонтальных размеров облаков при вариациях $0,1 \leq N \leq 0,7$ и $0 \leq \xi_\odot \leq 60^\circ$.

Для среднего значения балла облачности ($N \approx 0,5$) и больших зенитных углов Солнца ($\xi_\odot = 60^\circ$) изменение коэффициента ослабления в интервале $10 \text{ км}^{-1} \leq \sigma \leq 60 \text{ км}^{-1}$ не приводит к

существенным изменениям величины g_s ($g_s = 0,6$), $\bar{Q}_{s,\text{exp}} / \bar{Q}_{s,\text{cr}}$ уменьшается от 1,1 до 1, а $A_{\text{exp}} / \bar{A}_{\text{cr}} \approx 1,1$.

При сравнении средних потоков в моделях 1 и 2 в качестве критерия близости выберем

$$\delta F = \frac{\bar{F}_l - \bar{F}}{\bar{F}_l} \times 100\%,$$

где $F = S, Q_s, A$.

Рассмотрим зависимость $\delta S, \delta Q_s, \delta A$ от балла облачности в модели 1 A с $f(D) = f_{\text{cr}}(D)$ и модели 2 с $D = D^{\text{эф}}$ определенного по формуле (5) (рис. 2).

Значения $|\delta S_{\text{cr}}|$ при малых баллах облачности $N \approx 0,3$ находятся в пределах погрешности расчета, а в области средних баллов $N \approx 0,5$ составляют $\sim 10\%$, причем $\bar{S} < \bar{S}_{\text{cr}}$. Последнее неравенство, возможно, связано с тем, что объем облачного вещества в модели 2 в среднем больше, чем в модели 1 A : $(D^{\text{эф}})^2 / \bar{D}^2 \approx 3$, и, стало быть, для доли рассеянной энергии справедливо соотношение $1 - \bar{S} > 1 - \bar{S}_{\text{cr}}$. С дальнейшим увеличением балла облачности до 0,7 заметную роль начинает играть радиационное взаимодействие облаков. Наличие большого числа мелких облаков в модели 1 A приводит, вероятно, при этом к увеличению доли рассеянного солнечного излучения по сравнению с моделью 2, и поэтому становится справедливым соотношение $\bar{S}_{\text{cr}} < \bar{S}$. При $N \leq 0,7$ $|\delta Q_{s,\text{cr}}| \leq \Delta$, а $|\delta A_{\text{cr}}|$ уменьшается от $\sim 20\%$ при $N = 0,1$ до 6–7% при $N \approx 0,5$.

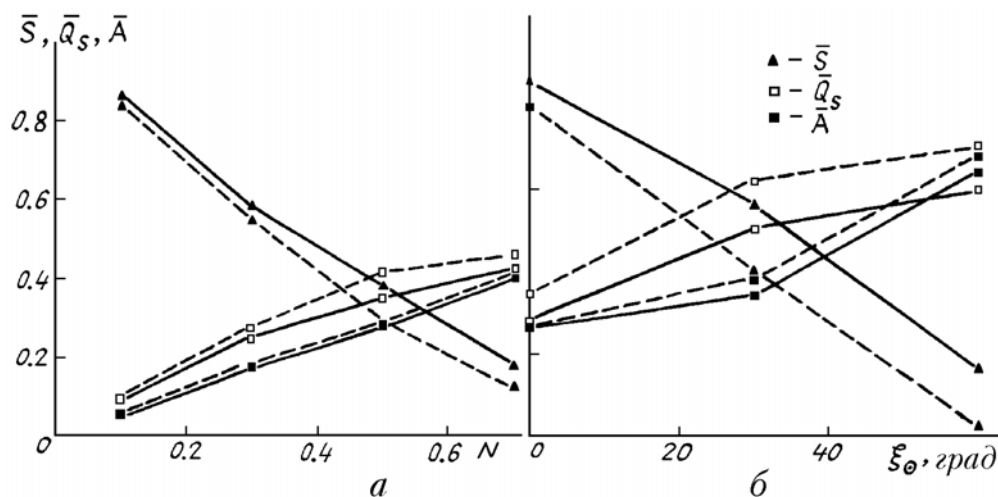


Рис. 1. Влияние вида функции распределения $f(D)$ на средние лучистые потоки \bar{S} , \bar{Q}_s и \bar{A} при различных баллах облачности ($\xi_{\odot} = 30^\circ$) (а) и зенитных углах Солнца ($N = 0,5$) (б) для $H = 0,5$ км, $\sigma = 30$ км $^{-1}$. Сплошные кривые — $f(D) = f_{\text{cr}}(D)$, штриховые — $f(D) = f_{\text{exp}}(D)$

При заданном балле облачности с увеличением зенитного угла Солнца изменяются условия освещенности облаков и за счет освещения боковых сторон доля рассеянного излучения возрастает. Величина $(\bar{S}_{\text{cr}} - \bar{S})$ изменяется мало при $0 \leq \xi_{\odot} \leq 60^\circ$, но за счет уменьшения при этом \bar{S}_{cr} значение $|\delta S_{\text{cr}}|$ увеличивается до 15% (рис. 3). В указанном диапазоне углов δA_{cr} и $\delta Q_{s,\text{cr}}$ отрицательны и изменяются следующим образом (для параметров облачности, соответствующих подписи к рис. 3): $|\delta A_{\text{cr}}|$ возрастает от 5 до 10%, $|\delta Q_{s,\text{cr}}|$ уменьшается от 8 до 4%.

Как известно [11], производные средних лучистых потоков по коэффициенту ослабления в зависимости от параметров задачи на 2–3 порядка меньше производных по N и D . Поэтому можно ожидать, что средний радиационный режим кучевой облачности в обеих моделях изменится не столь существенно при вариациях σ , 10 км $^{-1} \leq \sigma \leq 60$ км $^{-1}$. Расчеты показали, что при $N = 0,5$ и $\xi_{\odot} = 60^\circ$ значение δS_{cr} остается неизменным ($\delta S_{\text{cr}} \sim 15\%$), величина $|\delta Q_{s,\text{cr}}| < \Delta$, а δA_{cr} отрицательна и $|\delta A_{\text{cr}}|$ уменьшается от 12 до 4%.

Средние лучистые потоки в модели с экспоненциальным распределением горизонтальных размеров облаков и модели 2 с $D^{\text{эф}} = 0,45$ км отличаются незначительно: $|\delta S_{\text{exp}}|$, $|\delta Q_{s,\text{exp}}|$ и $|\delta A_{\text{exp}}|$ не превышает Δ в рассматриваемом диапазоне изменения параметров облачности. Соотношение содер-

жания облачного вещества в указанных моделях, равное $((D^{\text{Ф}})^2 / \bar{D}^2)$, в среднем составляет 1,8. Это меньше, чем в случае, когда $f(D) = f_{\text{ст}}(D)$, и, возможно, является одной из причин лучшего совпадения средних лучистых потоков.

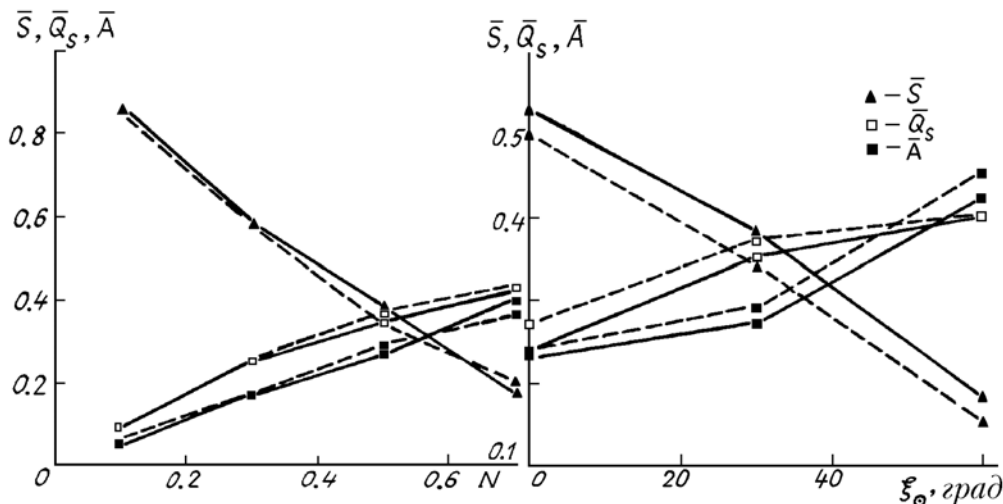


Рис. 2. Зависимость средних лучистых потоков \bar{S} , \bar{Q}_s и \bar{A} от балла облачности для $\sigma = 30 \text{ км}^{-1}$, $\xi_{\odot} = 30^\circ$, $H = 0,5$ км. Здесь и далее сплошные кривые — $f(D) = f_{\text{ст}}(D)$, штриховые — $D^{\text{Ф}} = 0,6$ км

Рис. 3. Средние лучистые потоки \bar{S} , \bar{Q}_s и \bar{A} в зависимости от зенитного угла Солнца ξ_{\odot} для $\sigma = 30 \text{ км}^{-1}$, $N = 0,5$, $H = 0,5$ км

3. Описанные выше результаты получены для статистически однородных моделей облачного поля.

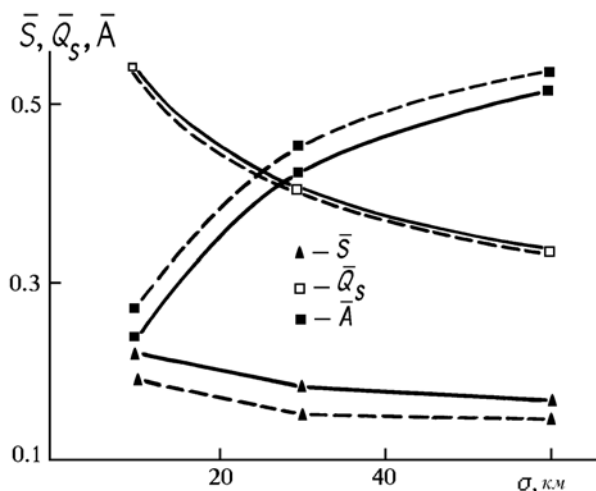


Рис. 4. Влияние коэффициента ослабления σ на средние потоки солнечной радиации при $N = 0,5$, $H = 0,5$ км, $\xi_{\odot} = 60^\circ$

Рассмотрим статистически неоднородную модель облачности, в которой горизонтальные размеры облаков описываются функциями (2), (3), а высота облака равна диаметру основания (модель 3). Облачное поле, таким образом, состоит из цилиндров, вертикальные и горизонтальные размеры которых меняются от десятков метров ($D_{\text{min}} = 0,03$ км) до нескольких километров ($D_{\text{max}} = 2,5$ км). Вероятность закрытости направления визирования N_{θ} является функцией уровня наблюдения z .

Цель приводимых ниже расчетов заключается в попытке подобрать для статистически неоднородной модели облачности со случайными горизонтальными размерами аналог статистически однородной модели с некоторым постоянным диаметром D так, чтобы их средние радиационные режимы отличались незначительно.

Рассмотрим модель облачного поля, состоящего из цилиндров постоянного диаметра D и толщиной $H = D$. Выберем значение D из условия равенства параметров Пуассона при одном и том же балле облачности N : $D = \sqrt{D^2}$.

Значения средних потоков приведены в таблице. ($\sigma = 30 \text{ км}^{-1}$, $N = 0,5$, $\xi_{\odot} = 0^\circ$)

	$f_{\text{cr}}(D)$	$f_{\text{exp}}(D)$	$D = \sqrt{\overline{D^2}} = 0,33 \text{ км}$
\bar{S}	0,526	0,505	0,501
\bar{Q}_s	0,185	0,239	0,318
\bar{A}	0,289	0,256	0,181
$\overline{D^3}$	0,1226	0,075	0,037

В рассматриваемом случае $\xi_{\odot} = 0^{\circ}$ балл облачности N равен вероятности закрытости направления визирования N_{θ} , поэтому значение \bar{S} практически не зависит от типа распределения горизонтальных размеров облаков. В значительной степени существенные отличия средних рассеянных потоков связаны с различным содержанием облачного вещества в слое Λ . Так, для $f(D) = f_{\text{cr}}(D)$ отношение $\overline{D^3} / D^3 \approx 3$, причем в основном за счет наличия даже небольшого количества облаков большого диаметра. Именно такие облака, характеризующиеся большой оптической толщиной, определяют соотношение между пропущенной и отраженной радиацией: в модели 3 со степенным распределением диаметров облаков $\bar{Q}_s / \bar{A} \approx 0,6$, а в модели 2 это отношение составляет $\approx 1,7$. При указанных параметрах облачности среднее альbedo в модели 3 выше, чем в модели 2, примерно на 30%, а $|\delta Q_{s,\text{cr}}|$ достигает 60%.

В модели $f(D) = f_{\text{exp}}(D)$ отношение $\overline{D^3} / D^3 \approx 2$, и отличия $|\delta Q_{s,\text{exp}}|$ и $|\delta A_{\text{exp}}|$ составляет около 30%.

Анализ результатов показывает, что в рассмотренном диапазоне изменения параметров облачности при использовании статистически однородной модели, состоящей из облаков постоянного диаметра, ошибка в определении доли пропущенной радиации $\bar{S}_{\text{cr}} + \bar{Q}_{s,\text{cr}}$ не превосходит Δ , тогда как $|\delta S_{\text{cr}}|$ может достигать для $\xi_{\odot} > 30^{\circ} \sim 15\%$. При оценке среднего альbedo необходимо учитывать, что при малых баллах облачности $N \lesssim 0,3$ и $\tau \approx 15$ и небольших оптических толщинах $\tau \approx 5$ даже для средних значений N $|\delta A_{\text{cr}}|$ может составлять 10–20%. Ошибка в определении \bar{A}_{cr} уменьшается для $N \sim 0,5$ с возрастанием τ : для $\tau = 15$ при $\xi_{\odot} < 30^{\circ}$ $|\delta A_{\text{cr}}| \leq \Delta$, а при $\xi_{\odot} \geq 30^{\circ}$ $|\delta A_{\text{cr}}|$ сравнима с относительной погрешностью расчетов и составляет 6–7%.

Сравнение средних радиационных режимов в статистически неоднородной модели облачности со случайными горизонтальными размерами и статистически однородной модели с $D = \text{const}$ показывает, что средние рассеянные потоки солнечного излучения существенно отличаются. Даже незначительная доля облаков большого диаметра (и, следовательно, большой оптической толщины) приводит к расхождениям в значениях \bar{A} и Q_s , которые могут достигать 60%.

Автор благодарит Г.А. Титова за постановку задачи и участие в обсуждении результатов и Е.В. Трусову за помощь в проведении расчетов.

1. Стохастическая структура полей облачности и радиации /Под ред. Мулламаа Ю.-А.Р. Тарту, 1972. 281 с.
2. Теплообмен в атмосфере /Под ред. Е.М. Фейгельсон, Л.Р. Цванг. М., Наука, 1972. 146 с.
3. Облачность и радиация. Тарту, 1975. 251 с.
4. Изменчивость облачности и полей радиации. Тарту, 1978. 142 с.
5. Plank V. G. //J. Appl. Meteor. 1969. V. 8. № 1. P. 46–67.
6. Welch R.M., Kuo K.S., Wielcki B.A., Sengupta S.K. and Parker L. //J. Appl. Meteor. 1988. V. 27. P. 341–361.
7. Титов Г. А. //Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1979. Т. 15. № 6. С. 633–638.
8. Авасте О. А., Вайникко Г. М. и др. //Методы Монте-Карло в вычислительной математике и математической физике. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1974. С. 232–239.
9. Глазов Г. Н., Титов Г. А. //Изв. вузов. Физика. 1975. № 9. С. 151–154.
10. Дейрменджан Д. Рассеяние электромагнитного излучения сферическими полидисперсными частицами. М.: Мир, 1971. 290 с.
11. Титов Г. А. //Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1987. Т. 23. № 8. С. 851–858.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
3 декабря 1991 г.

T. B. Zhuravleva. Sensitivity of Mean Radiation Fluxes to Variations of the Cloud Size-Distribution Function.

In this paper the influence of power and exponential functions of cloud size-distribution functions on formation of mean radiation regime in the case of broken clouds is analyzed. Estimations of mean radiation fluxes for models with random horizontal sizes of clouds and diameter in the case of statistically homogeneous model is determined from the condition of equality of the probabilities of viewing directions occultation. It is shown that in the case of models of randomly inhomogeneous cloud fields, the presence of a small quantity of large with the diameters up to several kilometers) clouds, can result in essential transformations of the mean radiation regime.