

УДК 551.510
МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ОБЛАКОВ НА ПРИЗЕМНУЮ
УЛЬТРАФИОЛЕТОВУЮ РАДИАЦИЮ

АЛИЕВА Е.Н.

На основе составной модели облачности предлагается условие баланса ультрафиолетовой радиации на поверхности Земли и условие наличия общего прироста УФ радиации. На основе предложенной несоставной модели кучевых облаков находится условие баланса УФ радиации на поверхность Земли и условие наличия общего прироста УФ радиации.

Состояние проблемы

Известно, что уменьшение общего количества озона в атмосфере приводит к усилению достигающей Земли ультрафиолетовой радиации. Однако ультрафиолетовая радиация на поверхности Земли может увеличиваться также из-за облаков. Согласно [1], указанный эффект известен с 1964-го года.

Так по результатам, полученным в 1964-м году на швейцарских Альпах Беннером [2] на длине волны 340 нм, было зарегистрировано усиление УФ радиации на 26%. Маккорлик и Суерке [3] сообщили об усилении УФ радиации на длинах волн 400 нм и 350 нм на 27% в местечке Таунсвилль (Австралия). В работе [1] приводится довольно обширное множество подобных фактов.

Экспериментальные исследования, проведенные в [1] с помощью солнечно-центрированной камеры неба, показали, что на длинах волн 310-280 нм происходит усиление УФ радиации. На рис. 1 приведена экспериментально снятая зависимость коэффициента усиления от количества облаков в поле зрения фотометра [1].

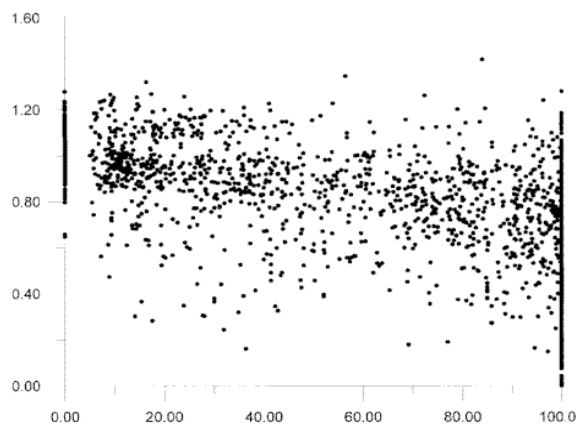


Рис. 1. Зависимость коэффициента усиления УФ радиации от количества облаков в поле зрения фотометра [1]; 1997

В результате анализа было установлено, что максимальное усиление возникает в тех случаях, когда диск Солнца не закрытый, а облака находятся под углом 35° от Солнца (рис. 2).



а



б

Рис. 2 [1]. Изображение, полученное CCD фотометром: а – 22 октября 1997; взаимное расположение облаков и Солнца при зенитном угле 39,7° дало уменьшение 20%; б – 20 октября 1997; взаимное расположение облаков и Солнца при зенитном угле 38,7° дало уменьшение 30%

В результате анализа было выдвинуто предположение, что механизм усиления УФ радиации, возможно, имеет место во внутренней части облака, наиболее близкой к диску Солнца. Физически усиление происходит в результате отражений от облачной поверхности и зависит от величины краев кучевых облаков.

При этом в работе [1] выдвинута гипотеза, что в механизме усиления УФ излучения могут участвовать также дымка и перистые облака, находящиеся в поле зрения фотометра близко к Солнцу.

Таким образом, в результате экспериментального исследования эффекта усиления УФ радиации в Турумба (1997, Австралия) было установлено, что

при нахождении облаков в поле зрения фотометра в позиции 35° от Солнца, размещенного в центре, происходит максимальное усиление УФ радиации на поверхности Земли.

Вместе с тем, очевидно, что изложенные выше краевые эффекты облаков, усиливающие УФ радиацию на земной поверхности, совершенно не исключают, а наоборот, предусматривают уменьшение УФ радиации на поверхности Земли в том случае, если диск Солнца плотно закрыт облаками. Этим и выравнивается баланс УФ радиации Солнца на поверхности Земли. Когда в одном из примыкающих участков поверхности отмечается повышенная УФ радиация, то в другом участке отмечается ослабленная радиация.

Как отмечено в работе [4], были проведены экспериментальные наземные и спутниковые измерения ослабления УФ радиации из-за влияния облаков при плотном покрытии солнечного диска. При этом коэффициент ослабления УФ радиации определяется в качестве масштабирующего коэффициента F , позволяющего вычислить уменьшенную величину УФ индекса на поверхности Земли:

$$I_{обл} = I_{чист}F,$$

где $I_{обл}$ – значение УФ индекса при облачной погоде; $I_{чист}$ – значение УФ индекса при чистом небе.

Отметим, что согласно рекомендациям Всемирной Организации Здравоохранения [5], УФ индекс определяется как величина измеренной глобальной солнечной радиации в ($\text{мВт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{нм}^{-1}$), умноженная на коэффициент эритемального воздействия на кожу, интегрированный в пределах 250-400нм, и деленная на $25 \text{ мВт} \cdot \text{м}^{-2}$.

На рис. 3 показана корреляционная зависимость результатов наземных и спутниковых измерений коэффициента ослабления [4].

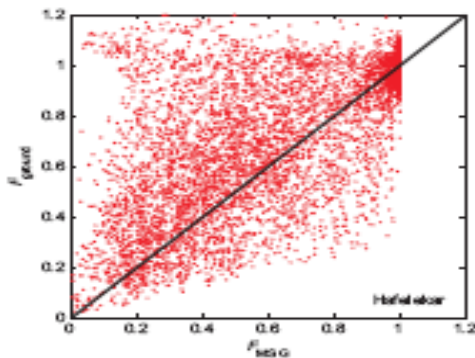


Рис. 3. Сравнение результатов спутниковых измерений (F_{msg}) и наземных измерений F_{ground} коэффициента ослабления в ноябре 2007 в Австрийской сети мониторинга УФ радиации [4]

Основное содержание

Рассмотренные выше результаты исследований влияния облаков на величину УФ радиации на поверхности Земли позволяют строить составные математические модели расчета УФ радиации в отдельных участках при наличии в небе разного типа облаков.

Геометрическая интерпретация одного примера комбинированных моделей, где неявным образом учитывается эффект отражения с краев, показана на рис. 4.

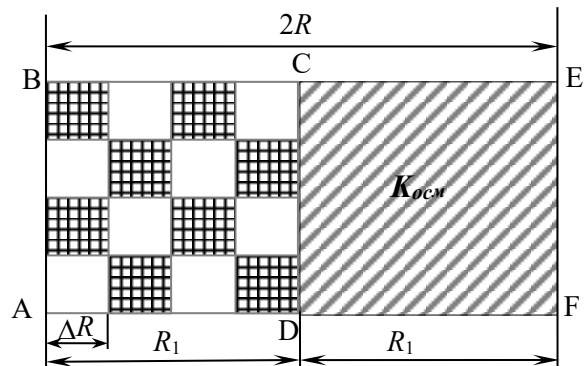


Рис. 4. Геометрическая интерпретация составной модели облаков

Заштрихованная область на рис. 4 отображает участок на поверхности Земли, где диск Солнца плотно покрыт облаками, а мозаично-штрихованная область отображает участок, где диск частично покрыт облаками. Суммарная оценка УФ радиации I_{Σ} на двух рассматриваемых участках в одномерном случае может быть вычислена как

$$I_{\Sigma} = I_0 \cdot \frac{K_{ус} \cdot R_1/2}{\Delta R} + I_0 \cdot \frac{K_{осл} \cdot R_1/2}{\Delta R} + I_0 \cdot \frac{K_{осл} \cdot R_1}{\Delta R}, \quad (1)$$

где I_0 – УФ радиация на поверхности Земли при безоблачном небе; $K_{ус}$ – коэффициент усиления УФ радиации за счет краевых эффектов облаков; $K_{осл}$ – коэффициент ослабления радиации при плотном закрытии диска Солнца облаками.

Вычислим условие отсутствия разбаланса УФ радиации на двух прилегающих участках, т.е. случай, когда

$$I_{\Sigma} = \frac{I_0 \cdot 2R_1}{\Delta R}. \quad (2)$$

С учетом (1) и (2) имеем

$$\frac{I_0 \cdot K_{ус} \cdot R_1}{2\Delta R} + \frac{I_0 \cdot K_{осл} \cdot R_1}{2\Delta R} + \frac{I_0 \cdot K_{осл} \cdot R_1}{\Delta R} = \frac{I_0 \cdot 2R_1}{\Delta R}. \quad (3)$$

Из выражения (3) получаем

$$\frac{K_{ус}}{2} + \frac{3K_{осл}}{2} = 2 \quad (4)$$

Очевидно, что условие наличия результирующего усиления УФ радиации будет иметь следующий вид:

$$K_{ус} > 4 - 3K_{осл}.$$

Теперь рассмотрим несоставную модель облаков, в которой эффект отражения с краев учитывается явным образом.

Графическая интерпретация модели представлена на рис. 5.

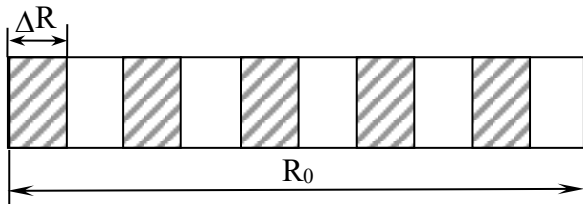


Рис. 5. Геометрическая интерпретация несоставной модели облаков

Суммарная оценка УФ радиации I_{Σ} в одномерном случае может быть вычислена как

$$I_{o\Sigma} = \frac{R_0 I_0 K_{опр}}{2\Delta R} + \frac{R_0 I_0 K_{осл}}{2\Delta R} + \frac{R_0 I_0}{2\Delta R} \quad (5)$$

Из выражения (5) легко получить условие баланса (т.е. отсутствие суммарного усиления или ослабления):

$$K_{опр} + K_{осл} = 1, \quad (6)$$

при этом условие наличия результирующего усиления имеет вид $K_{опр} > 1 - K_{осл}$.

Таким образом, учет краевых эффектов отражения солнечной радиации с облаков позволяет получить условия баланса ультрафиолетового излучения на подстилающей поверхности Земли.

Следует отметить, что подобно изложенному выше, можно рассмотреть большое количество одномерных и двумерных составных и несоставных моделей, учитывая при этом некоторую упрощенность предложенного в данной статье подхода к оценке влияния облаков на ультрафиолетовую радиацию на поверхность Земли.

Выводы

1. На основе анализа результатов исследований разных авторов в данной области определено, что наличие облачности может привести как к увеличению, так и уменьшению УФ радиации на поверхности Земли.

2. На основе предложенной составной модели облачности найдено условие баланса ультрафиолетовой радиации на поверхности Земли и условие наличия общего прироста УФ радиации.

3. На основе предложенной несоставной модели кучевых облаков найдено условие баланса УФ радиации на поверхность Земли и условие наличия общего прироста УФ радиации.

Литература:

1. *Sabburg J., Wong J.* Measurement of cloud angle for enhanced UVB AT the earth's surface/ www.photobiology.com/UVR98/index.htm.
2. *Bener P.* Investigation on the influence of Clouds on the Ultraviolet Sky radiation/ Davos-Platz, Switzerland, 1964, Contract AF 61(052)-618, Tech.Note 3.
3. *McCormick P.G., Suehrcke H.* Cloud-reflected radiation/ Nature, 1990, vol.345, p.773.
4. *Schallhart B., Blumthaler M., Schreder J., Verdebout J.* A method to generate near real time UV-Index maps in Avstria/ Atmos. Chem.Phys., 2008, No 8, P. 7483-7491, www.atmos-chem-phys.net/8/7483/2008
5. *World Health Organization: Global Solar UV Index: A fractical Guide*, WHO, ISB N 924 1590076, Geneva, 2002.

Поступила в редколлегию 20.09.2019

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Омаров М.А. **Алиева Егана Новрузовна**, д.ф.т., Азербайджанский Государственный университет нефти и промышленности. Адрес: Азербайджан, Баку, пр. Азадлыг, 20, e-mail: yegane.aliyeva.1969@mail.ru **Aliyeva Egana Novruzovna**, Doctor of Philosophy, Azerbaijan State University of Oil and Industry. Address: Azerbaijan, Baku, Azadlig ave., 20, e-mail: yegane.aliyeva.1969@mail.ru