



УДК 551.51

РАЗВИТИЕ КРИТЕРИАЛЬНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ СТЕПЕНИ ОБЛАЧНОСТИ И МУТНОСТИ АТМОСФЕРЫ НА БАЗЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СОЛНЕЧНЫХ РАДИАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

С. Н. Абдуллаева¹¹Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности. г.Баку

Проанализирована возможность дальнейшего развития критериального метода определения общей степени облачности и мутности атмосферы. Показано, что такие понятия как облачность, мутность и степень ослабления солнечной радиации являются взаимосвязанными показателями. Это требует введения универсального совместного показателя облачности, мутности и ослабления радиации, который обладая явно выраженным экстремальным характером, мог бы служить ориентиром при оценке состояния атмосферы. Предложен новый показатель состояния атмосферы γ , который прямо пропорционален показателю мутности Линке и индексу безоблачности неба, однако растет с увеличением облачности. При этом найдено условие, при выполнении которого рост T_L приводит к появлению максимума γ , а при невыполнении к минимуму, т.е. γ также является показателем мутности в интервале T_L от единицы до точки экстремума. Вышеуказанное свойство предложенного показателя γ подчеркивает его многофункциональный характер.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МУТНОСТЬ, ОБЛАЧНОСТЬ, РАДИАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ, СОЛНЕЧНЫЙ ФОТОМЕТР, СПЕКТР

DOI: 10.54252/2304-7380_2021_29_3

1. ВВЕДЕНИЕ

Хорошо известно, что облака ослабляют солнечную радиацию, достигающую поверхность Земли, однако спектральный эффект облаков на указанную оптическую радиацию изучен недостаточно полно. Многие модели солнечной оптической радиации не учитывают воздействие облаков [1-3]. Среди моделей, учитывающих влияние облаков, только модель Сичеля и др. [4] отображает спектральное воздействие облаков на солнечную оптическую радиацию. Вместе с тем, стоит отметить, что в области энергетических измерений оптической радиации Солнца главенствуют методы пиргелиометрических и пиранометрических измерений. Пиранометр осуществляет измерения полусферической широкополосной оптической радиации Солнца и естественно, что на результаты таких измерений влияют облака [4]. Общая концепция использования пиранометра для определения типов облаков иллюстрирована на рис. 1.

При прохождении облаков через прямую, соединяющую измеритель и Солнце резко возрастает доля диффузной радиации в суммарной солнечной радиации.

Одним из основных широкополосных и интегральных показателей оптической толщины безоблачной атмосферы является коэффициент мутности Линке, определяемый [5] из следующего выражения:

$$I_n = I_0 \exp(-\delta m_a) = I_0 \exp(-\delta_{сда} T_L \cdot m_a) \quad (1)$$

где:

I_0 – интегральная внеатмосферная солнечная радиация (1367 Вт/м²);

m_a – воздушная масса атмосферы;

I_n – ослабленная нормальная радиация, попадающая на поверхность Земли;

δ_{CDA} – оптическая толщина атмосферы, свободной от аэрозоля и водяных паров;

T_L – коэффициент мутности Линке, формально определяющий количество “чистых” атмосфер, включенных последовательно.

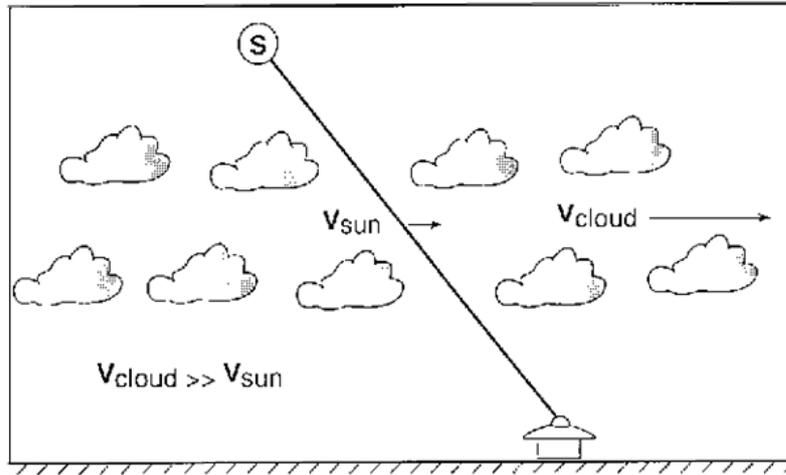


Рис. 1. Графическое отображения принципа измерения и определения типа облаков по признаку ослабления двигающимися облаками радиации поступающей на вход измерителя

2. СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ

Следует отметить, что для исследования влияния облачности на радиационные показатели были использованы различные методологии. Так, например, в работах [6,7] исследовалась связь между показателями облачности и коротковолновыми и длинноволновыми радиационными потоками. В работах [8,9] была рассмотрена связь облачности с коротковолновой солнечной радиацией.

В работе [10] рассматривалось влияние облачности на значение глобальной, прямой и диффузной радиации на поверхности Земли.

В условиях безоблачной погоды и при полной облачности коротковолновая радиация значительно уменьшается. Диффузная радиация превращается в основную компоненту. При этом направленная вниз инфракрасная радиация, эмитируемая облаками значительно увеличивается. В условиях частичной облачности все компоненты глобальной радиации обладают значительной изменчивостью (рис. 2а, б, с).

Для количественного определения степени облачности неба в работе [11] был предложен индекс облачности, определяемый как

$$k'_i = \frac{k_i}{1.031 \cdot \exp\left(\frac{-T_L}{0.94 + \frac{9.4}{m}}\right) + 0.1} \quad (2)$$

где T_L – показатель мутности Линке;

m – относительная оптическая воздушная масса определенная в [11];

k_i – индекс безоблачности неба, определяемый в виде отношения горизонтальной радиации достигающей поверхности Земли к горизонтальной радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы. Этот индекс показывает степень ослабления радиации, при прохождении через атмосферу.

Согласно [10] среднемесячный показатель T_L равен 2.7, что было вычислено в соответствии с количественными показателями базы данных SODA.

Согласно работе [10], если $k'_i > 0.7$ небо безоблачное; при $k'_i < 0.4$ небо полностью покрыто облаками. При $0.4 \leq k'_i \leq 0.7$ небо частично покрыто облаками.

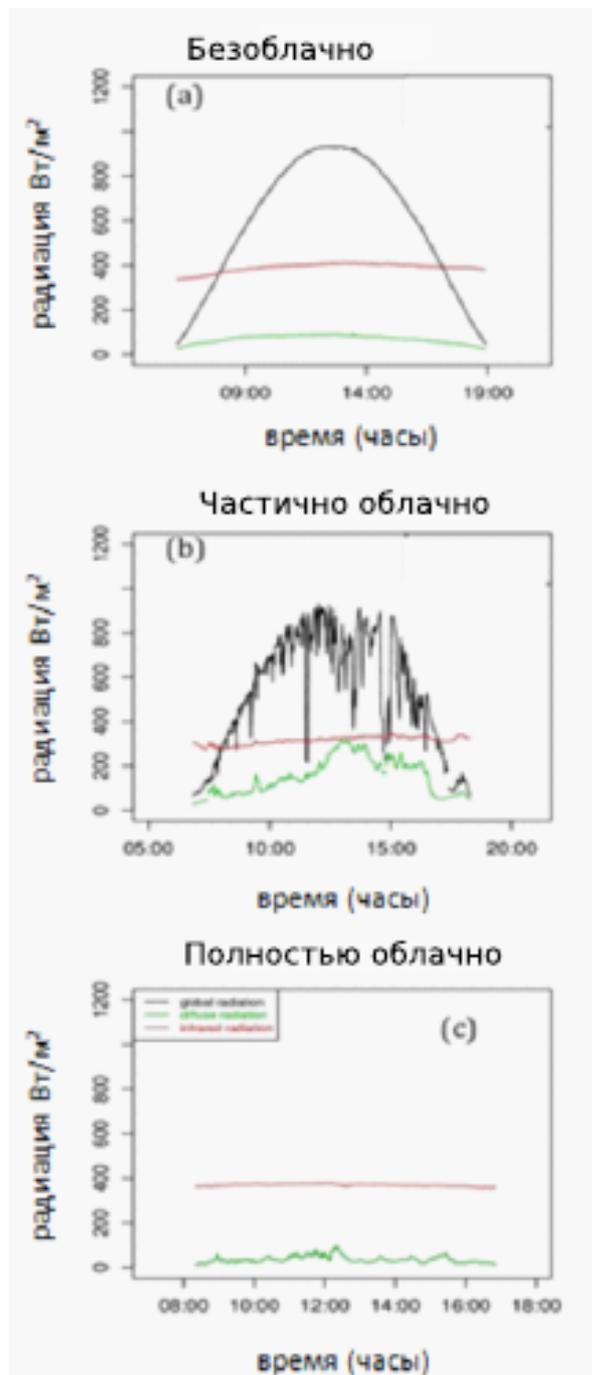


Рис. 2. Изменение глобальной, диффузной радиации в случае безоблачной (а), частично облачной (б) и полностью облачной (с) погоды. Цифрами указаны: 1 – глобальная радиация; 2 – диффузная радиация; 3 – инфракрасная радиация [10].

3. ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МЕТОД

Как следует из вышеизложенного, такие понятия как облачность, мутность и степень ослабления солнечной радиации являются взаимосвязанными показателями. Это указывает на целесообразность введения универсального совместного показателя облачности, мутности и ослабления радиации, который обладая явно выраженным экстремальным характером, мог бы служить ориентиром при оценке состояния атмосферы.

Как нам представляется, такой совместный показатель состояния атмосферы γ может быть сформирован на базе выражения (2) в виде

$$\gamma = \frac{T_L \cdot k_i}{k_i'} \quad (3)$$

Исследуем экстремальный характер показателя γ .

С учетом (2) и (3)

$$\gamma = T_L \left[a_1 \cdot \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) + a_3 \right] \quad (4)$$

где

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= 1.031 \\ a_2 &= 0.9 + \frac{9.4}{m} \\ a_3 &= 0.1 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Используя метод анализа производных, получаем

$$\frac{d\gamma}{dT_L} = \left[a_1 \cdot \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) + a_3 \right] - T_L \left[\frac{a_1}{a_2} \cdot \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) \right] \quad (6)$$

При условии

$$\frac{d\gamma}{dT_L} = 0 \quad (7)$$

из (6) получим

$$a_1 \cdot \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) \left(1 - \frac{T_L}{a_2}\right) + a_3 = 0 \quad (8)$$

Таким образом, решение трансцендентного уравнения (8) позволяет определить значение T_L при котором $\gamma \rightarrow \text{extr}$. Для определения типа экстремума вычислим вторую производную γ по T_L . Имеем

$$\begin{aligned} \frac{d^2\gamma}{dT_L^2} &= -\frac{a_1}{a_2} \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) - \frac{a_1}{a_2} \exp\left(\frac{T_L}{a_2}\right) + T_L \cdot \frac{a_1}{a_2^2} \cdot \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) = \\ &= -\frac{2a_1}{a_2} \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) + \frac{T_L \cdot a_1}{a_2^2} \exp\left(-\frac{T_L}{a_2}\right) \end{aligned} \quad (9)$$

Из выражения (9) очевидно, что при

$$T_L < 2a_2 \quad (10)$$

показатель γ достигает максимума, в противном случае минимума.

С учетом (5) из (10) получим

$$T_L < 2 \left(0.9 + \frac{9.4}{m} \right) \quad (11)$$

Таким образом, критерий (11) определяет порядок использования предложенного универсального показателя γ . При выполнении условия (11) следует ожидать максимума показателя (3) в зависимости от значения коэффициента Линке.

Графическая интерпретация условия (11) показана на рис. 2. Слева от указанной кривой на пространстве (m, T_L) нововведенный показатель имеет минимум, а справа максимум.

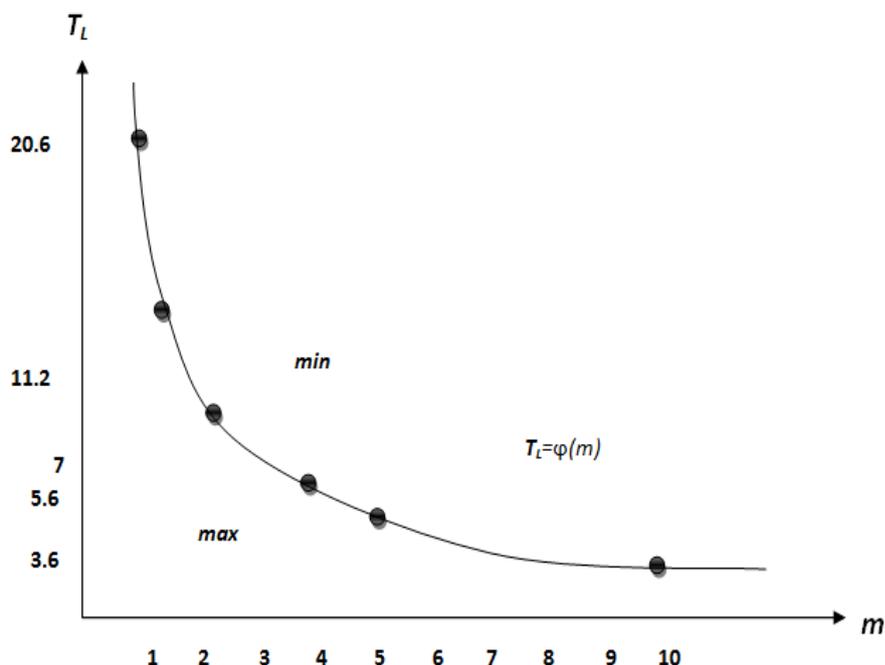


Рис. 2. Графическая интерпретация условия (11)

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из формулы (3) предложенный совместный показатель γ прямо пропорционален T_L и величине k_t , однако растет с увеличением облачности. С учетом вышеуказанного, можно считать, что (3) в основном является показателем мутности и облачности неба, но вместе с тем растет с уменьшением ослабления луча в атмосфере. При выполнении условия (11) рост T_L приводит к появлению максимума совместного показателя γ , следовательно, в этом случае γ является показателем не мутности атмосферы. Однако, в случае невыполнения условия (11) рост T_L приводит к минимуму совместного показателя γ , т.е. γ является показателем мутности в интервале T_L от единицы до точки экстремума. Вышеуказанное свойство предложенного показателя γ подчеркивает его универсальный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Leckner B.* The spectral distribution of solar radiation at the Earth's surface: Elements of a model// *Sol. Energy.* 1978. Vol. 20. Pp. 143-150.
2. *Sherry J. E., Justus C. G.* A simple hourly clear-sky. *Sol. Energy.* 1983. Vol. 30. Pp. 425-431.
3. *Gueymard C.* SMARTS2: a simple model of Atmospheric radiative transfer of Sunshine, version 2.7// Florida Solar Energy center, Cape Canaveral. 1995.
4. *Duchon C. E., O'Malley M. S.* Estimating cloud type from pyranometer observations// *Journal of Applied Meteorology.* Vol. 38. Pp. 132-140.
5. *Molineaux B., Ineichen P., Delaunay J. J.* Direct luminous efficacy and atmospheric turbidity-improving model performance//*Solar Energy.* 1995. Vol. 55. No. 2. Pp. 125-137.
6. *Atwater M. A., Ball J. T.* A surface solar radiation model for cloudy atmospheres// *Mon. Weather Rev.* 1981. Vol. 109. Pp. 878-888.
7. *Paltridge G. W.* Infrared emissivity, shortwave albedo and the microphysics of stratiform water clouds// *J. Geophys. Res.* 1974. Vol. 79. Pp. 4053-4058.
8. *Kasten F., Gzeplak G.* Solar and terrestrial radiation dependent on the amount and type of cloud// *Sol. Energy.* 1980. Vol. 24. Pp. 177-189.
9. *Duchon C. E., O'Malley M. S.* Estimating cloud type from pyranometer observations// *Journal of Applied Meteorology.* Vol. 38. Pp. 132-140.
10. *Sanchez G., Serrano A., Cancillo M. L.* Effect of cloudiness on solar global, solar diffuse and terrestrial downward radiation at Badajoz (Southwestern Spain)// *radiation and Atmospheric Components.*
11. *Perez R., Ineichen P., Seals R., Zelenka R.* making full use of the clearness index for parameterizing hourly insolation conditions// *Sol. Energy.* 1990. Vol. 45. Pp. 111-114.
12. *Katen F.* A new table and approximate formula for relative optical air mass// *Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol. Ser.* 1966. Vol. 14. Pp. 206-223.

DEVELOPMENT OF CRITERIAL METHOD FOR DETERMINATION OF GENERAL LEVEL OF CLOUDINESS AND TURBIDITY OF ATMOSPHERE ON THE BASIS OF RESULTS OF SOLAR RADIATION MEASUREMENTS

S.N. Abdullayeva

The possibility of further development of criterial method for determination of cloudiness level and turbidity of atmosphere is analyzed. It is shown that such notions as cloudiness, turbidity and level of attenuation of solar radiation are interrelated parameters which necessitate introduction of universal joint parameter of cloudiness, turbidity and attenuation of radiation, which possessing the extremum feature could be used as major parameter for evaluation of atmospheric condition. The new parameter of cloudiness γ is suggested which directly depends on Linke turbidity index and cloudiness index, but increases by decrease of cloudiness index. The condition is found upon meeting of which increase of T_L leads to maximum of γ but if not leads to minimum. Thus the suggested parameter γ also characterize turbidity in interval beginning from one till extreme value of T_L . Such a property of suggested parameter stress out its multifunctional character.

KEYWORDS: TURBIDITY, CLOUDINESS, RADIATION MEASUREMENTS, SUN PHOTOMETER, SPECTRUM.