

**ФИЗИКА МАТЕМАТИКА ИЛИМДЕРИ**  
**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**PHYSICO-MATHEMATICAL SCIENCES**

*Крымская Д.Н., Каримов К.А.*

**АЭРОЗОЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНА АТМОСФЕРЫ НАД КЫРГЫЗСТАНОМ  
ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

*Крымская Д.Н., Каримов К.А.*

**КЫРГЫЗСТАНДЫН УСТҮНДӨГҮ АТМОСФЕРАНЫН АЭРОЗОЛДУК  
ОПТИКАЛЫК КАЛЫНДЫГЫ СПУТНИКТИК ЧЕНӨӨ МААЛЫМАТЫ БОЮНЧА**

*D.N. Krymskaya, K.A. Karimov*

**AEROSOL OPTICAL DEPTH OF ATMOSPHERE ABOVE KYRGYZSTAN  
ACCORDING TO SATELLITE MEASUREMENT**

УДК: 510.53(575.2)

*Представлены результаты исследований аэрозольной оптической толщины атмосферы над Бишкеком и Иссык-Кулем по данным спутника MODIS (TERRA). За этот же период проанализированы сезонные вариации среднемесячных значений температуры по данным МС «Бишкек» и «Тянь-Шань».*

**Ключевые слова:** атмосфера, аэрозоль, оптическая толщина, температурный режим.

*MODIS (TERRA) жандоочунун маалыматтар менен Бишкектин жана Иссык-Көлдүн үстүндө оптикалык калыңдын изилдөөнүн натыйжалары көрсөткөн. Ушул убакыттын ичинде МС «Бишкек» жана «Тянь-Шань» маалыматтар менен температуранын орто айдык маанилеринин мезгилдик вариациялар талдаган.*

**Негизги сөздөр:** атмосфера, аэрозоль, оптикалык калың, температуралык режим.

*The results of research of the atmospheric aerosol optical depth above Bishkek and Issyk-Kul according to data of MODIS (TERRA) satellite are presented. For the same period season variations of monthly averaged meanings of temperature according to data of MS «Bishkek» and «Tjan-Shan» are analysed.*

**Keywords:** atmosphere, aerosol, optical depth, temperature regime.

Аэрозольная компонента является основным и постоянным элементом, присутствующим в нижней атмосфере Земли, который отвечает не только за прохождение оптической части спектра через толщину атмосферы, но и служит поглотителем тепловой части энергии, падающей от Солнца на Землю.

Одной из величин, характеризующих ослабление оптического излучения в среде за счёт поглощения и рассеяния, является оптическая толщина среды [1]. Если среда оптически однородна, то оптическая толщина слоя с геометрической толщиной  $l$  определяется соотношением

$$\tau = \epsilon l,$$

где  $\epsilon$  - объемный показатель ослабления среды.

В неоднородной среде

$$\tau = \int_0^l \epsilon(z) dz$$

где  $z$  - нормаль к слою.

В слое, в котором происходит только поглощение и нет испускания излучения, интенсивность пучка света  $I(l)$ , прошедшего путь  $l$ , определяется законом Ламберта-Бугера

$$I(l) = I_0 e^{-\tau},$$

где  $I_0$  - интенсивность пучка, входящего в слой. Таким образом, слой единичной оптической толщины ослабляет излучение в  $e$  раз.

Слой вещества, для которого  $\tau < 1$ , называют оптически тонким. Так как показатель ослабления зависит от длины волны, то один и тот же слой вещества может быть оптически толстым для одного вида излучения и оптически тонким для другого.

В таблице 1 приведены значения оптической толщины для некоторых сред (для длины волны  $\lambda = 550$  нм).

Таблица 1

Среда	Оптическая толщина
Безоблачная атмосфера	~0,3
Облака над сушей	~30
Облака над океаном	~20
Солнечная фотосфера	>1
Солнечная хромосфера	~1
Солнечная корона	~10 <sup>-6</sup>

На спутнике, измеряющем оптическую толщину атмосферы, установлен спектрометр, работающий на длине волны 550 нм. Тем самым, измерения аэрозольной оптической толщины атмосферы со спутника MODIS (TERRA) проводились радиометром на длине волны 550 нм [2]. Пространственное разрешение радиометра на этой длине волны

составило 10x10, это ориентировочно 110кмx80км. Области высот, охватываемые спектрорадиометром, охватывают высоты от тропопаузы 9-12км до приземной атмосферы. Координаты зондирования оптической толщины атмосферы для Бишкека составляют 42,50° с.ш. и 74,50° в.д. и для Иссык-Куля 42,50° с.ш. и 77,50° в.д. Параллельно с данными по оптической толщине атмосферы мы привлекли данные о сезонных вариациях температуры в приземной атмосфере,

измеренные на МС «Бишкек» и МС «Чолпон-Ата», а также данные по температуре в верхней тропосфере для метеостанции «Тянь-Шань», высота которой 3700м.

Соответственно на рисунке 1 приведены данные об аэрозольной оптической толщине атмосферы и температура приземной атмосферы по данным МС «Бишкек» и МС «Чолпон-Ата».

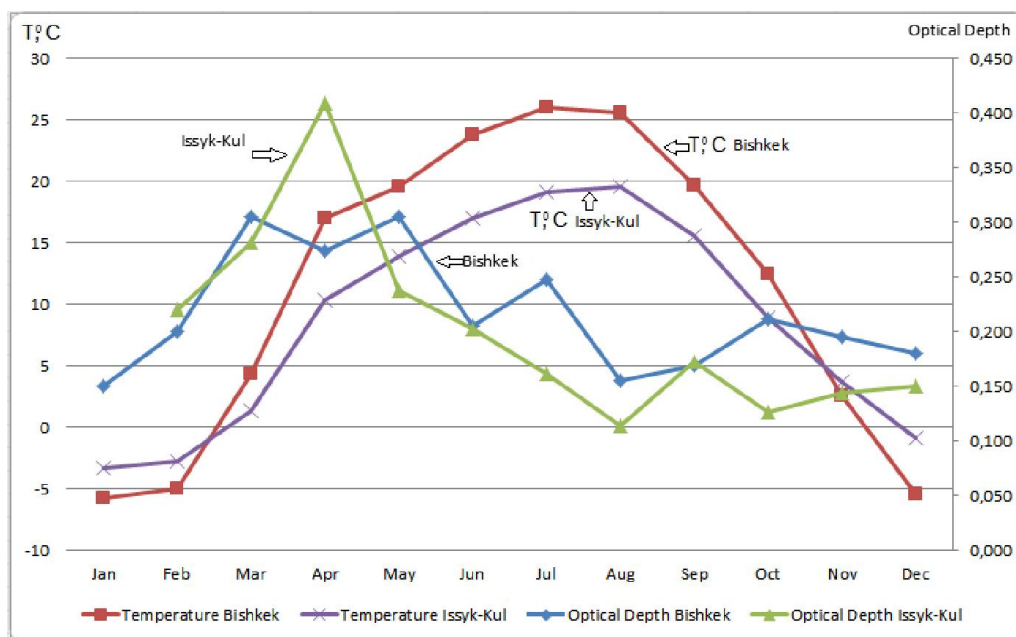


Рис. 1. Аэрозольная оптическая толщина атмосферы над Бишкеком и Иссык-Кулем и температура приземной атмосферы по МС «Бишкек» и МС «Чолпон-Ата».

На рисунке 2 представлены данные об аэрозольной оптической толщине атмосферы над Бишкеком и Иссык-Кулем и температура по данным метеостанции «Тянь-Шань».

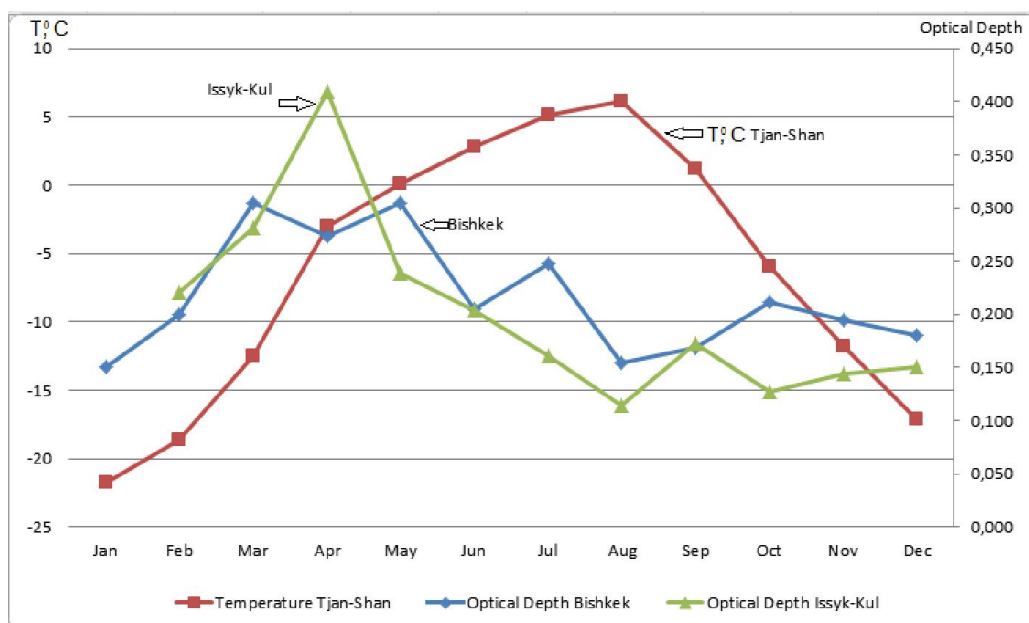


Рис. 2. Аэрозольная оптическая толщина атмосферы над Бишкеком и Иссык-Кулем и температура приземной атмосферы по данным МС «Тянь-Шань».

Уровень или степень загрязнения атмосферы принято разделять по следующей классификации:

- Если аэрозольная оптическая толщина атмосферы меньше 0,1 ед., то атмосфера считается чистой.

- Если аэрозольная оптическая толщина атмосферы меньше 0,2 ед., то степень загрязнения считается умеренной.

- Соответственно при оптической толщине атмосферы меньше 0,3 ед., степень загрязнения считается средней.

- При оптической толщине атмосферы более 0,3 ед., атмосфера считается за пределами загрязненной.

Как видно из рисунков, только в весенний период с марта по май месяц как по пункту Бишкек, так и по Иссык-Кулю отмечен за пределами высокий уровень загрязнения - более 0,25-0,3 ед.

Второй уровень загрязнения отмечен в осенний период с сентября по ноябрь и носит умеренный уровень загрязнения – от 0,15 до 0,25 ед.

Как видно из рисунков, изменения аэрозольной оптической толщины атмосферы никак не повлияли на сезонные изменения приземной температуры. Это указывает о малом вкладе аэрозольной оптической толщины атмосферы в вычисления среднемесячного температурного режима как приземной атмосферы, так и в верхней тропосфере (МС «Тянь-Шань»).

Что касается весеннего за пределами высокого уровня загрязнения – более 0,25-0,3 ед., то, по мнению большинства специалистов, это связано с тем, что в весенний период земля отогревается, и все мелкие аэрозольные частицы с земли ветрами поднимаются в верхнюю атмосферу Земли и соответственно приводят к подобному среднему и за пределами повышению степени загрязнения атмосферы. Что касается чрезмерно повышенного загрязнения атмосферы в весенний период на Иссык-Куле (степень загрязнения атмосферы достигала более 0,4 ед.), то это, по-видимому, связано с закрытым водоемом и большими восходящими потоками над бассейном озера Иссык-Куль.

Что касается повышенного уровня аэрозольного загрязнения в летний период (июль), то, по нашему мнению, он вероятно, связан с пылевыми бурями, которые переносятся с Афганистана, которые при определенной ситуации, доходят и до Кыргызстана.

Относительно повышенного уровня аэрозольного загрязнения в осенний период (сентябрь-октябрь месяцы), то оно находится на уровне умеренного загрязнения. Что касается того, откуда оно может идти, то тут общепризнанным считается, что мелкодисперсная пыль идет из пустыни Такла-Макан за счет антициклональной деятельности, где направление ветра происходит от Западной Сибири и Монголии на Кыргызстан. Такие случаи встречаются довольно редко, а если происходят, то преимущественно в осенний период. Интенсивность степени загрязнения зависит от близости расположения центров действия антициклонов от Центрально-Азиатского региона, а также от технической деятельности в данном регионе (пустыня Такла-Макан). Известно, что в периоды проведения подземных ядерных испытаний в 1990-2000 годы вынос мелкодисперсной пыли в осенний период достигал за пределами уровня.

#### **Заключение.**

1. Как видно из работы, корреляционная связь между аэрозольной оптической толщиной атмосферы и сезонными вариациями температуры отсутствует.

2. Как нами было показано ранее [3], поглощение увеличивается по мере возрастания оптической толщины аэрозоля и уменьшения альbedo однократного рассеяния. Кратковременное вторжение аэрозолей на Центральноазиатский регион (2-3 суток, как правило, в летний период) приводит к кратковременному понижению температуры на 2,7-3<sup>0</sup>С. Но это кратковременное изменение температуры никак не сказывается на среднемесячном изменении температуры в нижней и верхней тропосфере.

#### **Литература:**

1. Зуев В.Е., Кабанов М.В. Оптика атмосферного аэрозоля - Ленинград: Гидрометеоздат, 1987, 254 с.
2. Шабунин А.Г., Шабунин Г.Д. Современный режим поверхностной температуры озера Иссык-Куль по данным MODIS/TERRA. // Труды 2-го Международного симпозиума по наблюдению Земли для засушливых и полувлажных зон «Центральная Азия: взгляд из космоса», 2014, с.217
3. Каримов К.А., Чен Б.Б. Вклад солнечного излучения, аэрозоля и космических лучей в региональные изменения климата // «Физика»-Бишкек, 2013, № 2, с. 33-43.

**Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Макаров В.П.**