

ИЗМЕНЕНИЯ ПРОФИЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ГОРОДЕ ДУШАНБЕ ПРИ ПЫЛЕВОЙ БУРЕ И ПЫЛЕВОЙ МГЛЕ

С.Ф. Абдуллозода¹, В.А. Маслов¹, М.А. Абдуджамилзода², Н.А. Абдурасулова²

¹Физико-технический институт им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана

²Политехнический Институт Таджикского технического Университета имени академика

М.С. Осими в городе Худжанд

В статье приведены результаты измерения вертикального профиля температуры в тропосфере и нижней стратосфере при пылевых вторжениях в г. Душанбе по данным спутникового радиозондирования GDAS1. Рассмотрена характер вертикального распределения температуры воздуха, которые имеют важные значения в контексте продукции воздушной метрологии и в плане обеспечения безопасности полетов авиации. Выявлена зависимость характера вертикального профиля температуры воздуха от размера пылевых аэрозольных частиц оценена точка инверсии знака изменения температуры по высоте.

Ключевые слова: вертикальный профиль, температура воздуха, пылевая буря, пылевая мгла.

ТАҒИЙРЁБИИ ПРОФИЛИ ҲАРОРАТИ ҲАВО ДАР ДУШАНБЕ ҲАНГОМИ ТУФОНИ ЧАНҒИ ВА ГУБОР

С.Ф. Абдуллозода, В.А. Маслов, М.А. Абдуҷамилзода, Н.А. Абдурасулова

Дар мақола натиҷаҳои ченкунии профили амудии ҳарорати ҳаво дар тропосфера ва стратосфераи поёнӣ ҳангоми воридоти чанғи дар шаҳри Душанбе тибқи маълумоти маҳвораи радиосанҷиши GDAS1, оварда шудааст. Табиати тақсимои амудии ҳарорати ҳаво, ки ҷӣ аз ҷиҳати маҳсули ченкуниҳои метрологӣ ва ҷӣ аз ҷиҳати таъмини бехатарии парвози ҳавопаймоҳо аҳамияти калон дорад, таҳқиқ кард шудааст. Вобастагии табиати профили амудии ҳаво аз андозаи зарраҳои аэрозоли чанғи ошкор карда шуда, нуктаи табдили аломати тағйирёбии температура вобаста аз баландии сутуни ҳаво баҳо дода шудааст.

Калидвожаҳо: профили амудӣ, ҳарорати ҳаво, тӯфони чанғи ва губор, тумани чанғи.

TEMPERATURE PROFILE CHANGES IN DUSHANBE CITY DURING DUST STORM AND DUST HAZE

S.F. Abdullozoda, V.A. Maslov, M.A. Abdujamilzoda, N.A. Abdurasulova

The article presents the results of measuring the vertical temperature profile in the troposphere and lower stratosphere during dust invasions in Dushanbe using GDAS1 satellite radiosonde data. The article examines the vertical distribution of air temperature, which is important for air metrology and aviation safety. The article identifies the dependence of the vertical temperature profile on the size of dust aerosol particles and estimates the inversion point of temperature change with altitude.

Keywords: vertical profile, air temperature, dust storm, dust haze.

Центральная Азия расположена в глобальном пылевом поясе, где в атмосфере постоянно перемещаются огромные массы пыли. Ежегодно с апреля по ноябрь воздушные массы, несущие пыль, поднятую в воздух, в основном, в пустынях пылевого пояса, вторгаются на территорию Таджикистана через южные и западные границы страны. В последние годы количество пылевых бурь достигают до 30 эпизодов в год. Пылевые вторжения (пылевые бури и пылевая мгла) наносят значительный ущерб окружающей среде и экономике страны [1]. В период пылевых вторжений горизонтальная дальность видимости иногда уменьшается до 50 м, что создает проблемы для взлета и посадки воздушного транспорта. ПВ создают не только проблемы для взлета и посадки современных самолетов из-за уменьшения видимости, но и из-за изменения уровня и зоны воздействия звукового удара СПС НП при существенных вариациях метеорологических параметров [2,3].

Вертикальным профилям метеорологических параметров в приземном слое воздуха посвящены много работ [4-6]. В последние годы для изучения профилей метеорологических параметров проводятся также измерения с помощью лидара [7-8], в том числе, в азиатском регионе [9-12].

В конце августа и в сентябре 2021 г. в г. Душанбе наблюдались пылевая мгла (26-29 августа, 2021) с относительно мелкими частицами аэрозоля и более прозрачной атмосферой, а затем пылевая буря (9-11.09.2021) с сильными порывами ветра и резким снижением дальности видимости. На рис.1

представлена динамика изменения аэрозольной оптической толщина вертикального столба воздуха (АОТ) в конце августа и в период сентября, измеренная солнечным фотометром CIMEL-318B (Франция) станции AERONET г. Душанбе на полигоне атмосферного мониторинга лаборатории физики атмосферы ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ.

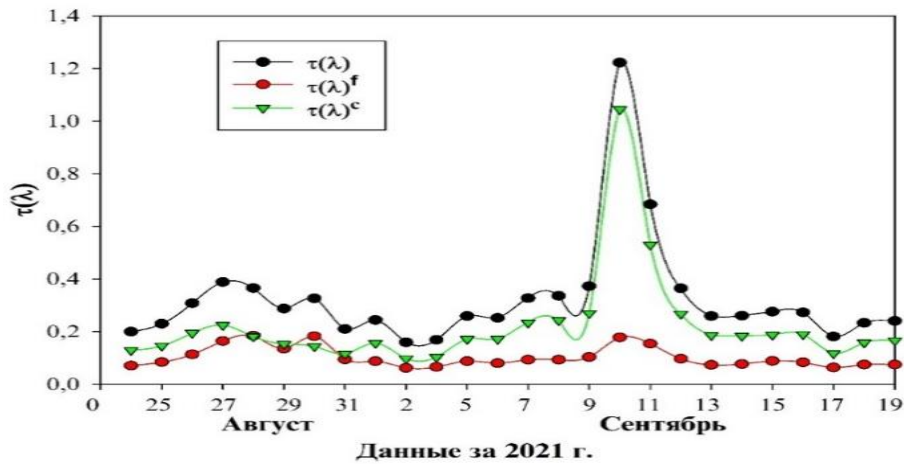


Рисунок 1 – Средние значения вариации общей АОТ - $\tau(\lambda)$, АОТ субмикронной - $\tau(\lambda)^c$, и крупнодисперсной фракции - $\tau(\lambda)^f$, аэрозоля в атмосфере г. Душанбе

Для сравнения выбраны дни с наиболее высокой прозрачностью атмосферы (3.09.2021, АОТ=0.168) и (17.09.2022, АОТ=0.1811) в конце августа и в сентябре, когда в атмосфере висела пылевая дымка, которая практически не исчезает в летне-осенний период.

Разности температур при ПБ и ПМ, вычисленные относительно дней с более прозрачной атмосферой, приведены на рис.2, они позволяют оценить температурный эффект ПЭ. До высот 3,3 км разность температур ниже нуля, затем снижение до уровня минимумов $-6,3^{\circ}\text{C}$ и $-7,5^{\circ}\text{C}$ до высоты 5.07 км. Уровень разность температур для ПМ ($-1,6 \div -2,7$) и ПБ ($-3,2 \div -4,6$) отличается. При ПМ солнечное излучение нагревает поверхность Земли, тепловое излучение Земли в свою очередь нагревает пылевые частицы, и тепло путем радиационного переноса уходит в более высокие слои воздуха. При ПБ часть солнечного излучения рассеивается слоем пыли, другая часть поглощается в нем. Более высокий температурный эффект ПБ связан, скорее всего, с наличием более крупных частиц пыли, более эффективно рассеивающих солнечный свет в слое пыли, причем отраженный от запыленного слоя свет и тепловое излучение нагретых частиц передаются в верхние слои атмосферы. Начиная с середины тропосферы (5км) происходит рост разности температуры.

Как в случае ПБ, так и при ПМ в стратосфере на уровне высоте 16,7км обнаружена максимум разности температуры $6,4^{\circ}\text{C}$. Разность температур между днем ПБ и днем до ПБ в верхней тропосфере имеет максимум ($0,8^{\circ}\text{C}$), а в нижней стратосфере имеется минимум на высоте 14,25км ($-3,4^{\circ}\text{C}$). Разность температур между днем ПБ и днем после ПБ имеет максимум разности в нижней стратосфере на уровне высоте 16,7км ($+6,4^{\circ}\text{C}$). Начиная с уровня 16 км, разность температур остается положительной, но разности температур в день до и после пылевых событий имеют противоположные знаки.

На рис.3 приведен вертикальный профиль разности температуры воздуха в сентябре 2021г. (а), июле 2022г. (б), мае 2023г. (в) и апреле 2023г. (г). Ход разности температур во всех сезонах до уровня средней тропосферы разность температуры почти не изменяется, так как в этом слое имеется пыль. Начиная с верхней части запыленного слоя, разности температуры уменьшаются в сентябре 2021г. (рис.3а), растут в стратосфере до уровней 16 км и вновь уменьшаются в спад; в июле 2023года разности температуры растут в верхней части тропосферы и затем уменьшаются в нижней стратосфере с возрастают до высоты 20 км (рис.3б); в мае 2023г. (рис.3в) и апреле 2023г. (рис.3г) обнаружена подобная картина.

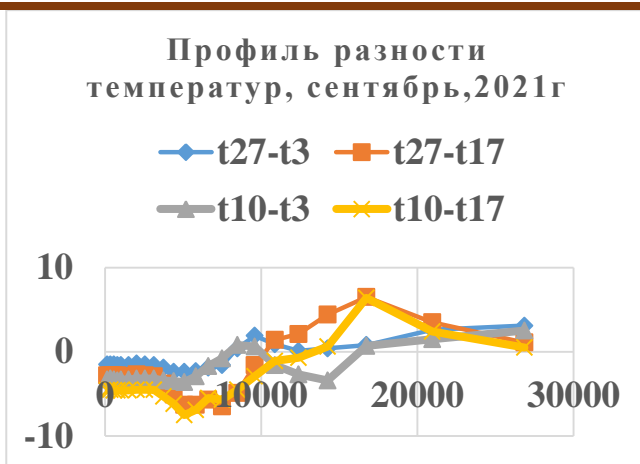


Рисунок 2 – Вертикальный профиль разности температуры воздуха в сентябре 2021г.

Возможно, причиной для обнаруженного отличия хода разности температур в осенний и весенне-летний периоды является отличие метеорологической обстановки в различные сезоны года. В сентябре температура воздуха непосредственно над запыленным слоем более существенно, чем при пылевых эффектах весной и летом, понижается, зато в стратосфере температура повышается. Такое поведение напоминает внезапное потепление стратосферы, наблюдающееся в северных районах, при котором происходит вертикальный конвективный перенос.

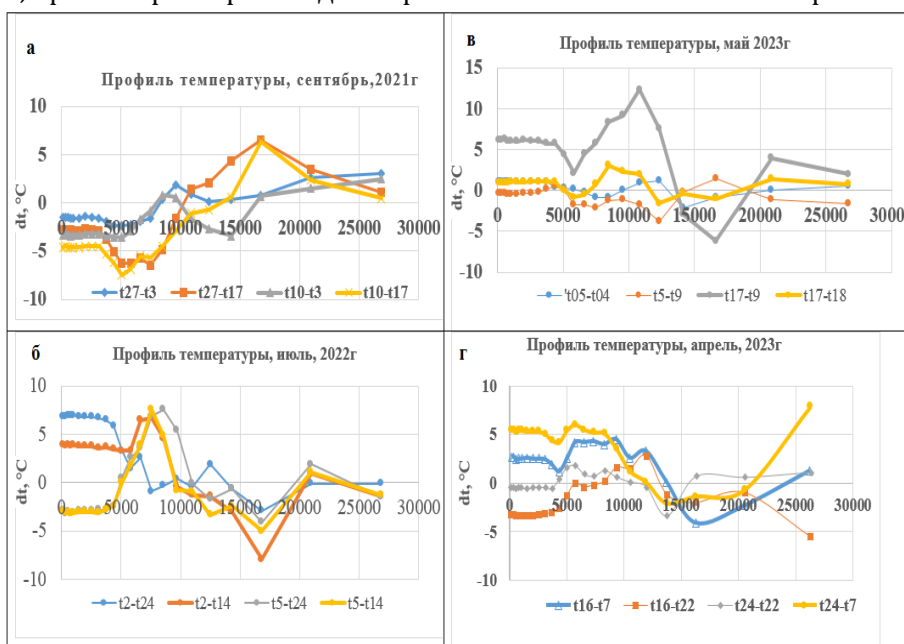


Рисунок 3 – Вертикальный профиль разности температуры воздуха в сентябре 2021г. (а), июле 2022г. (б), мае 2023 г. (в) и апреле 2023г. (г).

Благодарность:

Авторы выражают благодарность сотрудникам Центрального аэрогидродинамического института имени проф. Н.Е. Жуковского в помощь по обсуждению полученных результатов.

Рецензент: Алимов О. – к.ф.-м.н., руководитель ионосферной группы Института астрофизики ИАЭНП.

Литература

1. Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля// - под ред. Г.С.Голицына. Обнинск. НПО «Тайфун» 1992. 132с.
2. Чернышев С.Л. Звуковой удар // - Москва:- Наука, -2011, -351с.
3. Chernyshev S.L. A review of Russian computer modeling and validation in aerospace applications // <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2021.100766>.

4. Вязанкин А.С. и др. Анализ вертикального распределения температуры в пограничном слое атмосферы в пригороде и мегаполисе // Метеорол. и гидрол. -2003. -№ 7. - С. 5-12.
5. Raju A., ParekhA.,ChowdaryJ.S.Impact of satellite-retrieved atmospheric temperature profiles assimilation on Asian summer monsoon 2010 simulation //Theoret.Appl.Climatol. 2013. - V.116. - P.317–326.DOI:10.1007/s00704-013-0956-3
6. Zhang K., Zhang E.,Fu D.,Silcock Y., Wang, Y. KuleshovAn investigation of atmospheric temperature profiles in the Australian region using collocated GPS radio occultation and radiosonde data // -AtmosMeasur Tech. - 2011.- V.4(10). – Pp.2087–2092. -DOI:10.5194/amt-4-2087-2011
7. Зуев, В.В.,Романовский О.А.Возможности лидарного зондирования метеопараметров атмосферы в видимом диапазоне// Журнал прикладной спектроскопии. -1986. -Т.45. -№ 6. -С. 998 - 1003.
8. Матвиенко Г.Г.,БалинЮ.С., БобровниковС.М. и др. «Сибирская лидарная станция: аппаратура и результаты» (под редакцией Матвиенко Г.Г.) //- Томск. Изд-во ИОА СО РАН. - 2016. -440 с.
9. Hofer J., AlthausenD.,AbdullaevS.F., et al. Long-term profiling of mineral dust and pollution aerosol with multiwavelength polarization Raman lidar at the Central Asian site of Dushanbe, Tajikistan: case studies// - Atmos. Chem. Phys. 2017. V.17. P.14559-14577, <https://doi.org/10.5194/acp-17-14559-145772017> .
10. Ansmann A., MamouriR.E, HoferJ., BaarsH.,Althausen D. and AbdullaevS.F.Dust mass, CCN, and INP profiling with polarization lidar: Updated POLIPHON conversion factors from global AERONET analysis// -Atmos. Meas. Tech.- 2019. -V.12. - P.4849–4865, <https://doi.org/10.5194/amt-12-4849-2019>
11. Hofer J.,AnsmannA., AlthausenD.,Engelmann R., HararsK, AbdullaevS.F. and Makhmudov A N. Long-term profiling of aerosol light extinction, particle mass, cloud condensation nuclei, and ice-nucleating particle concentration over Dushanbe, Tajikistan, in Central Asia//Atmos. Chem. Phys.- 2020.- V.20. -P.4695–4711, <https://doi.org/10.5194/acp-20-4695-2020>.
12. Адсорбционные свойства сушеных клубней топинамбура / М. М. Анакулов, М. Т. Розикова, М. М. Сафаров, М. Д. Пирмадов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2(50). – С. 13-15. – EDN ARTYUZ.

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-AUTHORS BACKGROUND

TJ	RU	EN
Абдуллозода Сабур Фузайл	Абдуллозода Сабур Фузайл	Abdullozoda Sabur Fuzayl
д.и.ф.-м., профессор	д.ф.-м.н., профессор	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Институти физикӣ-техникии ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический Институт имени С.У. Умарова НАНТ	PhTI named after S.U.Umarov
E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com ORCID: 0000-0003-3468-6939		
TJ	RU	EN
Маслов Владимир Анатолевич	Маслов Владимир Анатолевич	Maslov Vladimir Anatolevich
Ходими пешбари илмӣ	Ведущий научный сотрудник	Leader Scientist
Институти физикӣ-техникии ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический Институт имени С.У. Умарова НАНТ	PhTI named after S.U.Umarov
E-mail: vamaslov@inbox.ru		
Абдучамизода Мафтунa Абдучамил	Абдуджамизода Мафтунa Абдуджамил	Abdujamilzoda Maftuna Abdujamil
Донишкдаи политехникии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	Политехнический Институт Таджикского технического Университета им. академика М.С. Осими	Polytechnical Institute of TTU named after academician M.S. Osimi
Докторанти PhD	Докторант PhD	PhD student
E-mail: maftuna_02.96@mail.ru		
TJ	RU	EN
Абдурасулова Наргис Анваровна	Абдурасулова Наргис Анваровна	Aburasulova Nargis Anvarovna
Ходими калони илмӣ	Старший научный сотрудник	Senior Scientist
Институти физикӣ-техникии ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический Институт имени С.У. Умарова НАНТ	PhTI named after S.U.Umarov
E-mail: nargisjon@inbox.ru		