

УДК – 551.5  
ББК – Д247

**МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ  
КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДЯНОГО  
ПАРА В АТМОСФЕРЕ  
ТАДЖИКИСТАНА**

**Шодиев Шохмурод Шодибойевич** - магистрант кафедры общей физики и твердого тела ГОУ “ХГУ им. ак. Б. Гафурова”, г. Худжанд, e-mail: [ibragimshodiev333@gmail.com](mailto:ibragimshodiev333@gmail.com)  
**Абдуллаев Сабур Фузайлович** - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики атмосферы Института физики и техники имени С. У. Умарова НАНТ, г. Душанбе, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Маслов Владимир Анатольевич** - кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физики атмосферы Института физики и техники имени С. У. Умарова НАНТ, г. Душанбе, e-mail: [vamaslov@inbox.ru](mailto:vamaslov@inbox.ru)

**Рахматов Мухамади Нуридинович** - преподаватель кафедры общей физики и твердого тела ГОУ “ХГУ им. ак. Б. Гафурова”, г. Худжанд, e-mail: [muhamadi.rahmatov@yandex.ru](mailto:muhamadi.rahmatov@yandex.ru)

**МОНИТОРИНГИ ТАҒЙИРЁБИИ  
КОНСЕНТРАТСИЯИ БУҒИ ОБ  
ДАР АТМОСФЕРАИ  
ТОЧИКИСТОН**

**Шодиев Шохмурод Шодибойевич** - магистранти кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахти МДТ “Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров”, ш. Хуҷанд, e-mail: [ibragimshodiev333@gmail.com](mailto:ibragimshodiev333@gmail.com)

**Абдуллаев Сабур Фузайлович** - доктори илмҳои физика-математика, профессор, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С. У. Умарови АМИТ, ш. Душанбе, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Маслов Владимир Анатольевич** - ходими пешбари илмии лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С. У. Умарови АМИТ, ш. Душанбе, e-mail: [vamaslov@inbox.ru](mailto:vamaslov@inbox.ru)

**Раҳматов Муҳаммадӣ Нуридинович** - омӯзгори кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахти МДТ “Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров”, ш. Хуҷанд, e-mail: [muhamadi.rahmatov@yandex.ru](mailto:muhamadi.rahmatov@yandex.ru)

**MONITORING CHANGE IN  
WATER VAPOR  
CONCENTRATION IN THE  
ATMOSPHERE OF TAJIKISTAN**

**Shodiev Shohmurod Shodiboyevich** - Undergraduate, Department of General Physicae and Solid, KSU ac. B. Gafurov, Khujand, e-mail: [ibragimshodiev333@gmail.com](mailto:ibragimshodiev333@gmail.com)

**Abdullaev Sabur Fuzaylovich** - the Doctor of Physics and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Atmospheric Physics, Institute of Physics and Technics named after S. U. Umarov, NAST, Dushanbe, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Maslov Vladimir Anatolyevich** - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Atmospheric Physics, Institute of Physics and Technics named after S. U. Umarov, NAST, Dushanbe, e-mail: [vamaslov@inbox.ru](mailto:vamaslov@inbox.ru)

**Rahmatov Muhamadi Nuridinovich** - teacher at the Department of General Physics and Solid, KSU ac. B. Gafurov, Khujand, e-mail: [muhamadi.rahmatov@yandex.ru](mailto:muhamadi.rahmatov@yandex.ru)

**Ключевые слова:** парниковый газ, водяной пар, точка росы, относительная влажность.

Проведен мониторинг содержания водяного пара, климатологических и метеорологических параметров атмосферы Таджикистана в 6 избранных местах на протяжении одного месяца. Приведен анализ существующих моделей свойств парниковых газов в атмосфере.

**Вожаҳои калидӣ:** газҳои парникӣ, буғи об, нуқтаи шабнам, намиш нисбӣ.

Мониторинги консентратсияи буғи об, параметрҳои климатологӣ ва метеорологӣ дар атмосфераи 6 минтақаи гуногуноқлими мунтахаби Тоҷикистон дар давоми 1 моҳ гузаронида шудааст. Таҳлили моделҳои мавҷуддаи ҳосиятҳои газҳои парникӣ оварда шудааст.

**Key words:** greenhouse gas, water vapour (pair), dew point, relative moisture.

Organized monitoring the contents water pair, climatic and meteorological parameters of atmosphere Tajikistan in 6 elected places on length of one month. The brought analysis existing models characteristic hotbed gas in atmosphere.

Парниковые газы, составляющие очень малую долю состава воздуха нашей атмосферы, оказывают значительное влияние на сохранение в атмосфере излучаемого Землей инфракрасного излучения, ответственного за рост средней температуры планеты [1-4]. Возрастание температуры нашей планеты исследовано впервые в 1827 году Джозефом Фурье [5]. Повышение средней температуры Земли, вызванное наряду с парниковым эффектом и другими факторами, например, поглощение тепловой энергии солнечного излучения взвешенными частицами – аэрозолями и пылью и т. п. приведут к увеличению объемного количества воды таянием льдов и термическим расширением объема, очень опасное для стран с большими береговыми границами. Повышение температуры окружающей среды может способствовать или создавать условие для различных органических реакций пробуждения различных бактерий и вирусов, которые не были возбуждены при низких температурах. Для предотвращения таких вредоносных последствий повышения температуры надо глубоко изучить причины [6,7].

Повышение температуры воздуха, вызванная парниковым эффектом, в первую очередь зависит от количества составляющих парниковых газов, имеющих разные вклады в парниковом эффекте в зависимости от типа атомной связи. Вклад парниковых газов в парниковом эффекте зависит от концентраций этих газов, т.е. парниковый эффект прямо пропорционален концентрации парниковых газов [7]. Мониторинг концентраций парниковых газов в атмосфере играет важную роль в решении проблемы, связанной с парниковым эффектом.

Для мониторинга парниковых газов использованы ресурсы сайта *windy.com*, который очень удобен для нахождения числовых значений метеорологических параметров и концентрации парниковых газов. Карта сайта охватывает всю поверхность Земли, в любую точку которой можно провести исследование путем введения координаты ширины и долготы в места поиска. Путем регистрации на сайте можно получить больше возможностей этого сайта, например, получение ежедневного уведомления погоды выбранной точки по зарегистрированной электронной почте.

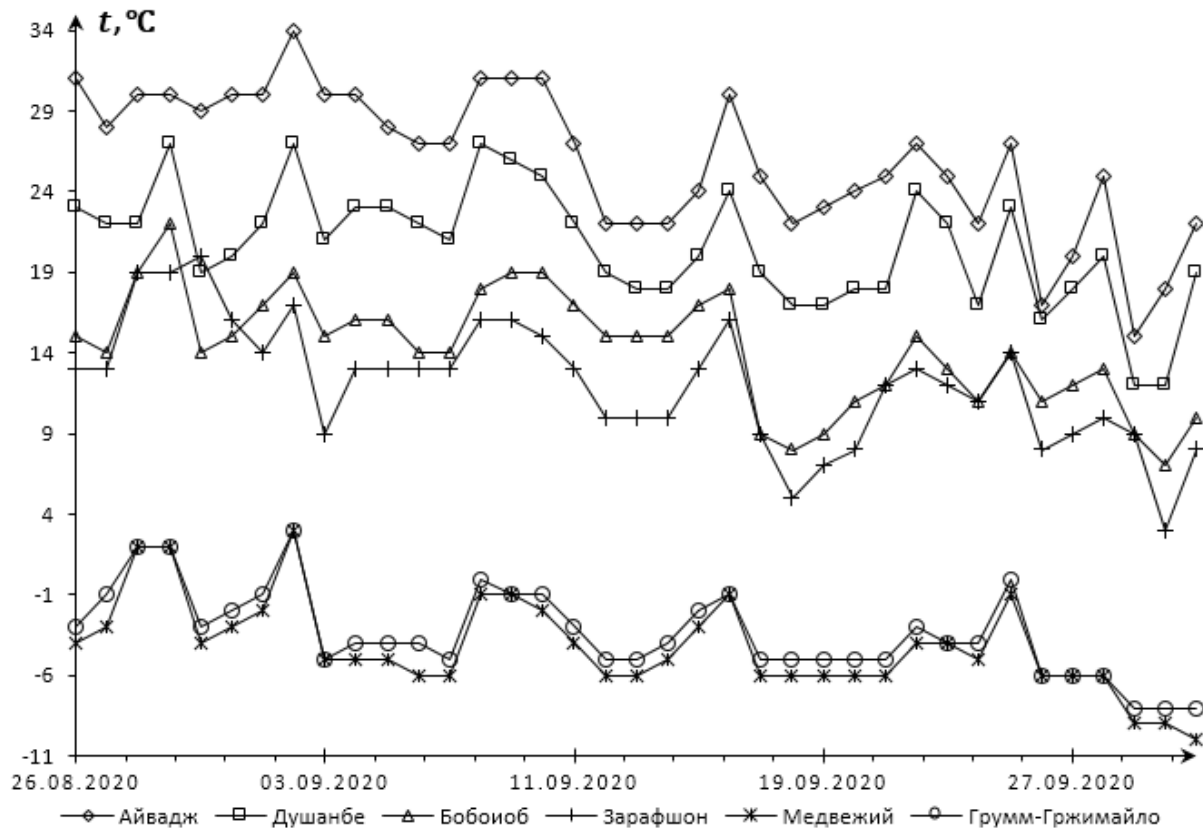
**Водяной пар.** Водяной пар – это основной и самый старейший парниковый газ, стоящий на втором месте по вкладу в парниковый эффект после углекислого газа. Поглощенность инфракрасного излучения парниковыми газами зависит от несимметричности расположения атомов в молекуле парниковых газов. Молекула воды относится к парниковым газам и из-за смещения центра тяжести молекул от состояния равновесия, т.е. из-за несимметричности расположения атомов [8].

Парниковый эффект – эффект повышения температуры, кроме его зависимости от доли вклада парникового газа в парниковый эффект, зависит и от концентрации молекул, так как во сколько раз число молекул больше, во столько же раз поглощенная энергия молекулами будет больше.

Концентрация водяного пара в воздухе зависит от ряда метеорологических величин (давления, температуры, влажности), а также от точки росы. Напомним, что точкой росы называется температура, при которой ненасыщенный пар становится насыщенным, или другими словами, при температуре точки росы количество испаривших паров воды будет равно количеству конденсированных. Зависимость от точки росы концентрации водяных паров, выраженная в миллиграммах на килограмм имеет следующий вид [7-8]:

$$C_B = \exp(0.102 + 0.0614 \cdot t_p)$$

где  $t_p$  – температура точка росы, выраженная в °С. Например, при температуре точки росы, равной 5°С, концентрация водяного пара в атмосфере равна  $C_B = \exp(0.102 + 0.0614 \cdot 5) \approx 1,5$  мг/кг. То есть при температуре точки росы, равной 5°С в одном килограмме воздуха содержится 1.5 мг водяного пара. Используя закон Авогадро можно вычислить число молекул водяного пара в килограмме воздуха:



$$N = \frac{m}{M} N_A = \frac{1,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^{25} \text{ молекул.}$$

Рисунок 1. Изменение температуры воздуха осенью 2020 года

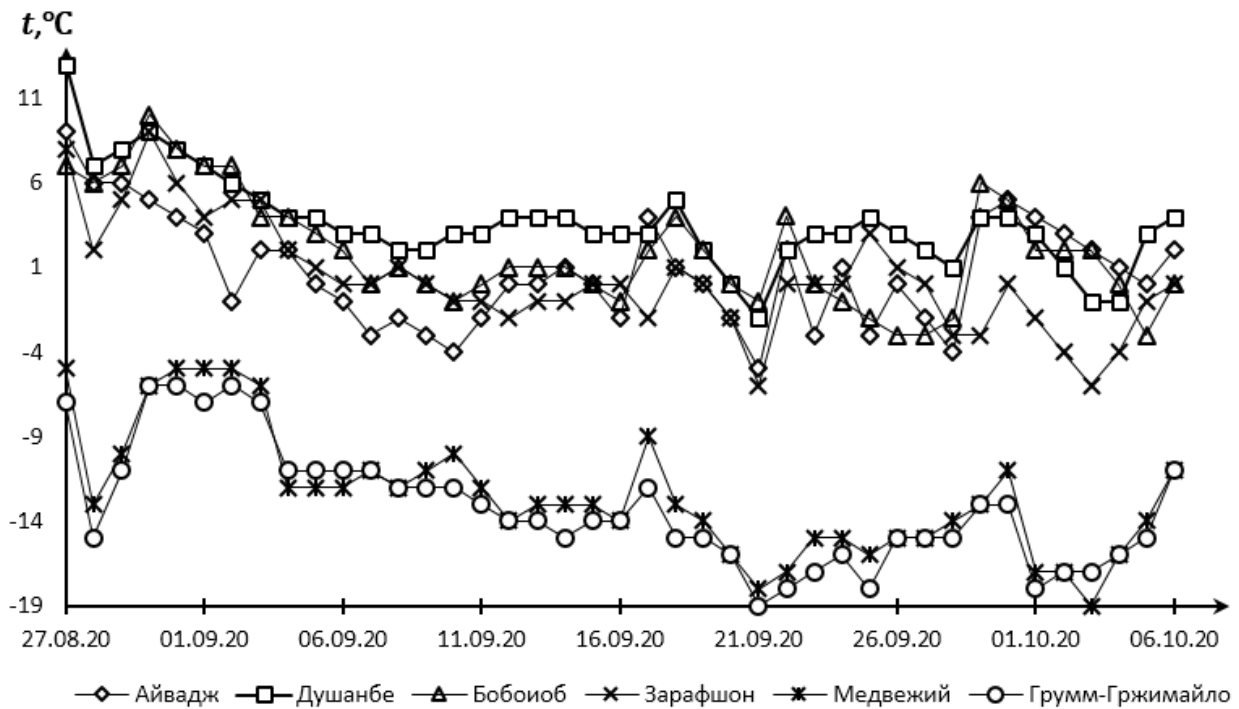


Рисунок 2. Изменения температуры точки росы осенью 2020 года

Из вышесказанного следует, что при повышении температуры точки росы концентрация водяного пара возрастает, а при понижении температуры точки росы – понижается. И так как концентрация водяного пара зависит также от температуры и влажности воздуха, то их изменение тоже должно совпадать. Другими словами, возрастание и убывание температуры и влажности воздуха сопровождается возрастанием и убыванием концентрации водяного пара.

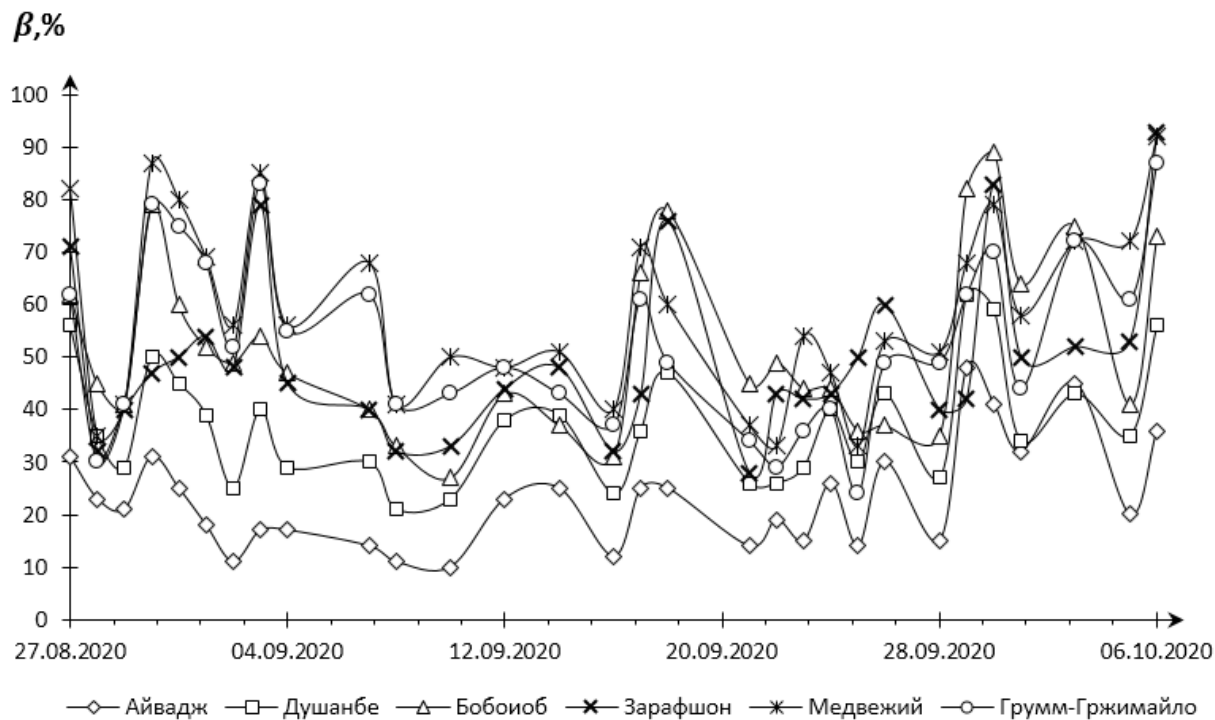


Рисунок 3. Изменение относительной влажности  $\beta$  в 2020 году

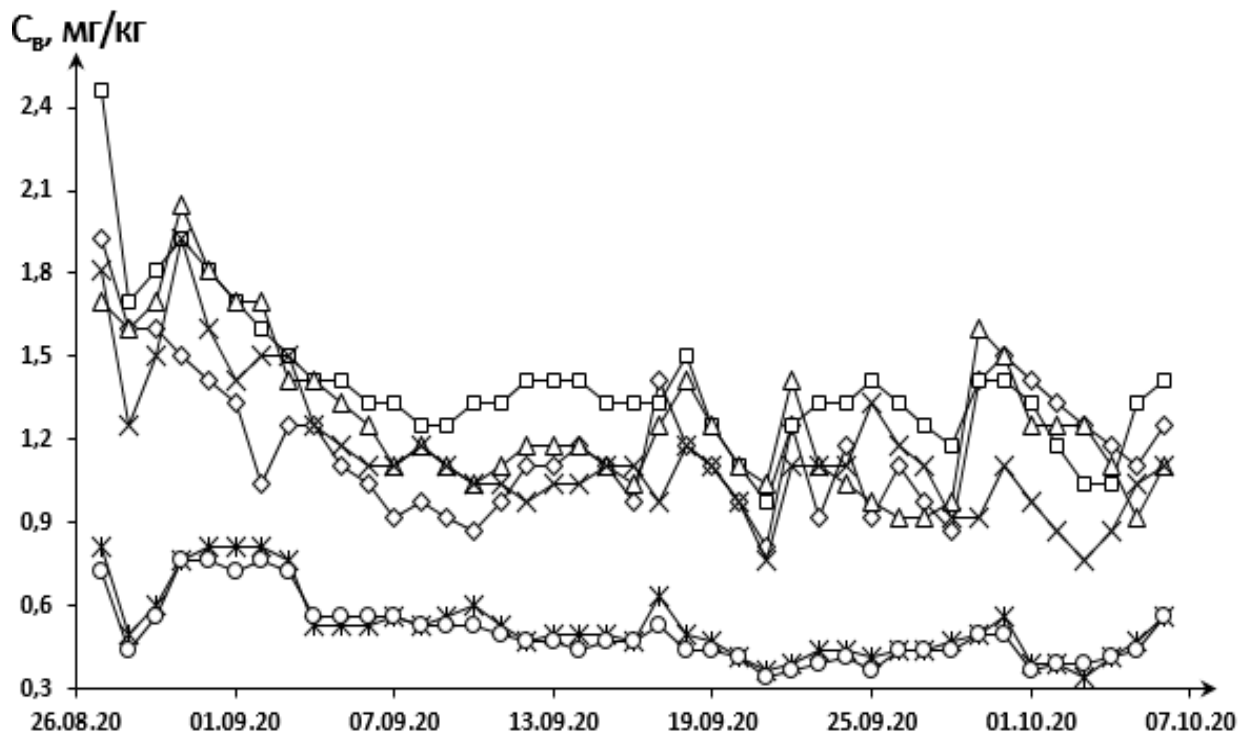


Рисунок 4. Изменение концентрации водяного пара

Для оценки указанного эффекта приведем результаты мониторинга водяного пара и других метеорологических величин с августа по октябрь 2020 года. На графике, приведенном на рис. 1 и 2,

оси ординат соответствуют температурам воздуха и точки росы, измеренным в °С, а ось абсциссы – дням проведения измерения. Температура, неравномерно и резко изменяясь, медленно понижается со временем.

Из графиков на рис. 1, 2 и 3 видно, что чем выше относительная влажность, тем ближе точка росы к средней температуре воздуха. Так как количество водяного пара тесно связано с точкой росы, то концентрация молекул водяного пара тем выше, чем выше относительная влажность воздуха. Это и наблюдается на графике (рис. 4). На этом графике проявляется та же закономерность: пики и впадины графика изменения концентрации водяного пара всегда соответствует пикам и впадинам графика изменения относительной влажности и точки росы.

Чем выше относительная влажность, тем ближе точка росы к температуре воздуха, поэтому при заданной относительной влажности повышение температуры окружающей среды ведет к повышению точки росы. Парниковые газы (углекислый газ, пыль и др.), вызывая парниковый эффект, т.е. повышение температуры воздуха, способствуют и увеличению содержания водяного пара в атмосфере.

Вертикальный профиль средней температуры воздуха в точках наблюдения имеет нелинейный характер (рис. 5). Это может быть связано с орографическими особенностями распределения температуры по высоте.

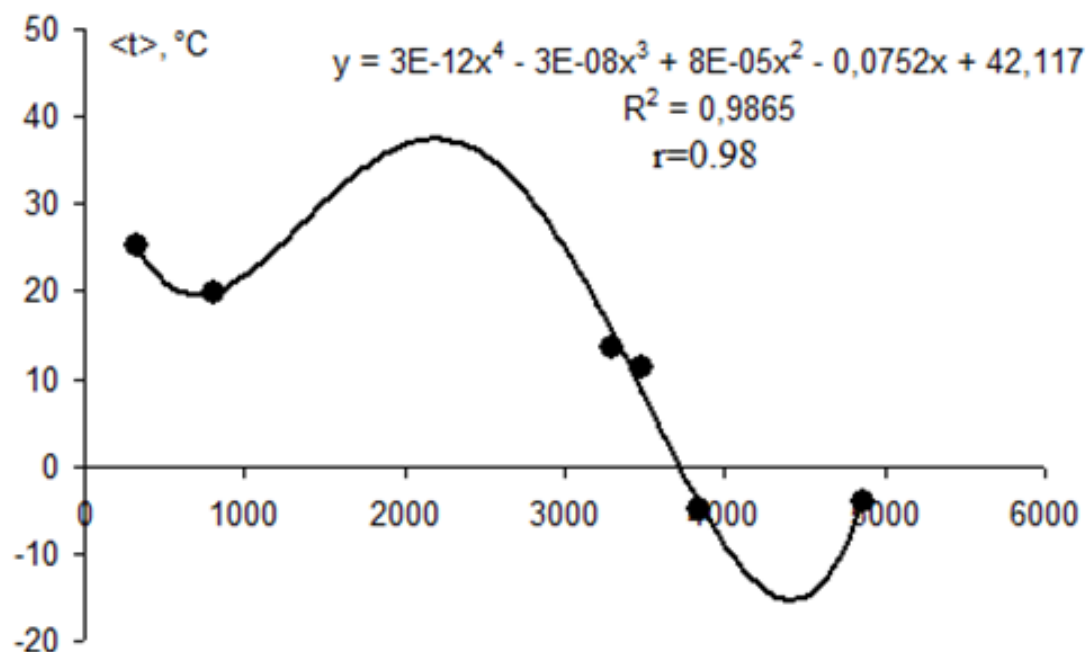


Рисунок 5. Вариация вертикального профиля средней температуры воздуха

Проведенный анализ показал, что спутниковые данные позволяют получить данные, характеризующие особенности вариации метеорологических параметров атмосферы в горных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов-Данилян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. - М.: «Прогресс-Традиция», 2000, 416с.
2. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений 3-е изд., - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 656 с.
3. Биненко В.И., Решетников А.И. Парниковые газы в атмосфере // Регион. экол. - 2010. - N 3(29). - С.24-38.
4. Zhrebker D. S. Podgorski V. A. Kholodov The Molecular Composition of Humic Substances Isolated From Yedoma Permafrost and Alas Cores in the Eastern Siberian Arctic as Measured by Ultrahigh Resolution Mass Spectrometry // Biogeochemistry of Natural Organic Matter 2018, V.124, Issue 8.



<https://doi.org/10.1029/2018JG004743>

5. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Давыдов Д.К., и др. Посты для мониторинга парниковых и окисляющих атмосферу газов // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 1. с. 53-61.
6. Golitsyn G.S. Shukurov A.Kh., Abdullaev S.F., Nazarov B.I On the surface are cooling due too dust atmospheric turbidity //in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. St.Petersburg. Hydrometeoizdat 1993. p. 67-78.
7. Shukurov A.Kh., Nazarov B.I., Abdullaev S.F., Pirogov S.V. On optical depth ratios of dust aerosol in visible and infrared spectra regions //in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. 1993. p.83-88.
8. B.I.Nazarov., S.F.Abdullaev., «Ozon. Aerosol und Klima. Moderne Physikalische Analyseverfahren in Geosciences in High Asia» Bayreuth 1999.ISSN 0931-6442. p.199-202.

#### REFERENCES

1. Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S. Ecological call and firm razvitie. - М.: "Progress-Tradition", 2000, 416с.
2. Zelidovich YA.B., Rayzer YU.P. Physics of the shock waves and высокотемпературных гидродинамических phenomenas 3-e izd., - М.: FIZMATLIT, 2008. - 656 p.
3. Binenko V.I., Reshetnikov A.I. The Hotbed gases in atmosphere // Region. ekol. - 2010. - N 3(29 - P.24-38.
4. Zhrebker D. C. Podgorski V. A. Kholodov The Molecular Composition of Humic Substances Isolated From Yedoma Permafrost and Alas Cores in the Eastern Siberian Arctic as Measured by Ultrahigh Resolution Mass Spectrometry // Biogeochemistry of Natural Organic Matter 2018, V.124, Issue 8. <https://doi.org/10.1029/2018JG004743>
5. The Archin M.YU., Belan B.D., Davydov D.K., and others Posts for monitoring hotbed and oxidizing atmosphere gas // Optics of atmosphere and ocean. 2007. Т. 20. 1. P. 53-61.
6. Golitsyn G.S. Shukurov A.Kh., Abdullaev S.F., Nazarov B.I On the surface are cooling due too dust atmospheric turbidity //in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. St.Petersburg. Hydrometeoizdat 1993. P. 67-78.
7. Shukurov A.Kh., Nazarov B.I., Abdullaev S.F., Pirogov S.V. On optical depth ratios of dust aerosol in visible and infrared spectra regions //in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. 1993. r.83-88.
8. B.I.Nazarov., S.F.Abdullaev., "Ozon. Aerosol und Klima. Moderne Physikalische Analyseverfahren in Geosciences in High Asia" Bayreuth 1999.ISSN 0931-6442. p.199-202.