

- ❖ **XXII Международная конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса"**

**Вариации температуры и плотности средней атмосферы по данным лидарных измерений  
в г. Обнинск**

*Коршунов В.А.*

*НПО «Тайфун», г. Обнинск*

**11 -15 ноября 2024 г., Москва, ИКИ РАН**

# **Предмет доклада**

**Рассматриваются результаты лидарных наблюдений температуры и плотности средней атмосферы с 2012 по 2023 гг. над г. Обнинск (55,1 с.ш., 36,6 в.д.). в диапазоне высот от 30 до 70 км с помощью двухволнового лидара АК-3**

# Содержание доклада

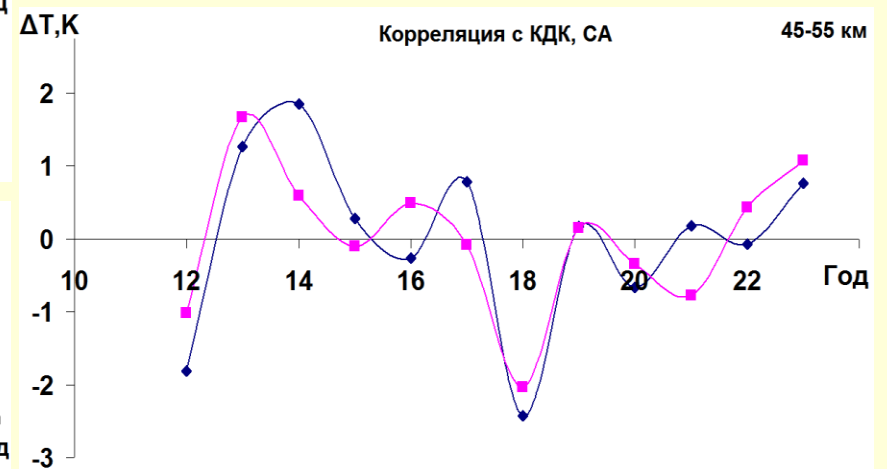
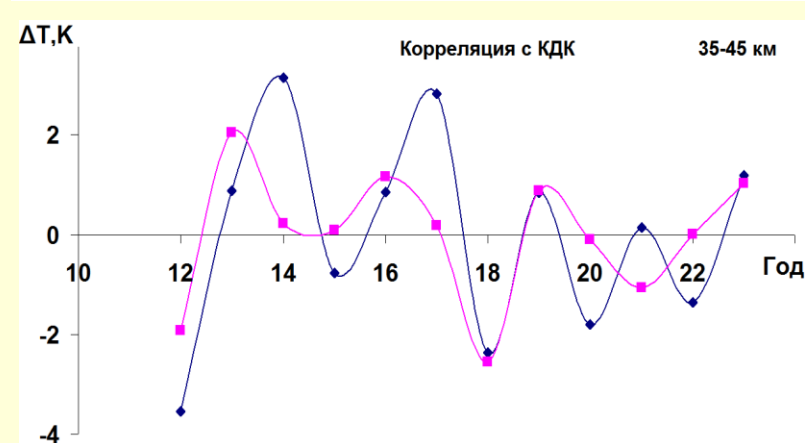
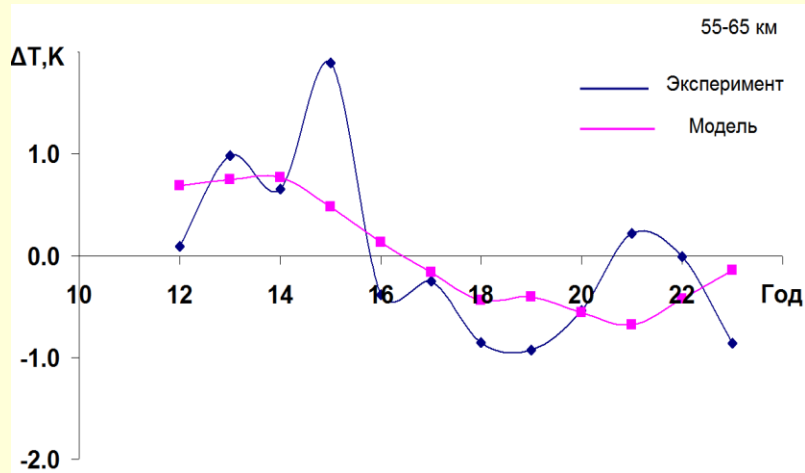
**Анализ среднегодовых вариаций температуры и плотности средней атмосферы с использованием метода множественной линейной регрессии рассеяния.**

**Вариации плотности потенциальной энергии гравитационных волн на двух уровнях средней атмосферы**

# Набор предикторов

- 1) Мульти-параметрический индекс Эль Ниньо/Южного колебания (ЭНЮК)
- 2) Фаза квазидвухлетнего колебания (КДК) среднезонального ветра на экваторе на уровне 30 мбар,
- 3) Среднемесячные значения потока солнечной энергии на длине волны 10.7 см, как мера солнечной активности (СА)
- 4) Линейный тренд

# Вариации среднегодовой температуры



## Тренды температуры

**Во всех слоях присутствует отрицательный температурный тренд, хотя и незначимый. В частности, в слое 55-65 км он составляет  $(-1,2 \pm 0,77)$  К/декаду и вносит около 30% в СКО**

**Сравнения:**

**спутниковые измерения по скорости охлаждения верхней стратосферы  $-(0,5 \div 1,0)$  К/декаду**

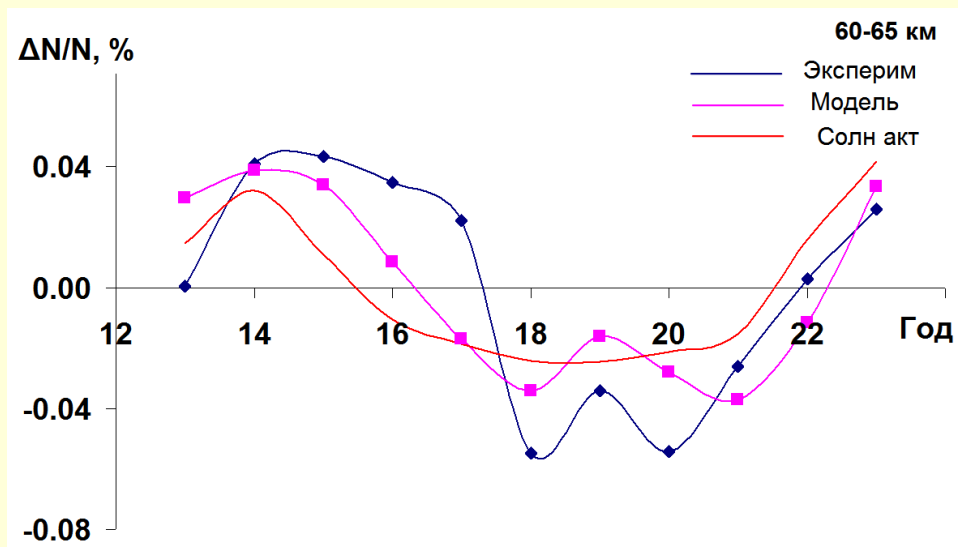
*Dube K., Tegtmeier S., Bourassa A. et al. Upper stratospheric temperature trends: new results from OSIRIS // EGU sphere [preprint]. 2024. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-1252>, 2024.*

**лидарные измерения в Haute Provence (44.7° с.ш.) с 1998 по 2002 гг  $(-0,75 \pm 1,08)$  К/декаду**

*Steiner A.K., Ladstadter F., Randel W.J. et al. Observed Temperature Changes in the Troposphere and Stratosphere from 1979 to 2018 // Journal of Climate, 2020. V.33. P. 8165 – 8194*

**Причина: выхолаживание верхнего слоя атмосферы как следствие увеличения содержания парниковых газов**

## Вариации и тренды плотности атмосферы



Корреляция с солнечной активностью в слоях 55-65 и 60-65 км  
Линейный тренд в верхней стратосфере отрицателен. Так в слое 60-65 км он составляет  $-(5,0 \pm 6,9) \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>/декаду. При уменьшении высоты знак тренда меняется на обратный на уровне 40-45 км. В диапазоне 30-40 км он составляет  $(1,90 \pm 1,92) \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>/декаду.

Вариации плотности происходят в соответствии с барометрическим законом. Тренды плотности связаны с выхолаживанием верхней стратосферы и ее оседанием.

# Вариации среднегодовой плотности потенциальной энергии внутренних гравитационных волн



Получен незначимый отрицательный тренд. В слое 32-45 км он составил  $(-4,7 \pm 3,0)$  Дж/кг воздуха/декаду, или в относительных единицах  $(-48 \pm 29)\%$ / декаду.



# Заключение

- ❖ По данным 12-летних лидарных измерений температуры средней атмосферы в диапазоне 30-70 км рассмотрены вариации и тренды температуры и плотности средней атмосферы, а также плотности потенциальной энергии гравитационных волн
- ❖ Проведено моделирование вариаций методом множественной линейной регрессии. В отдельных высотных слоях выявлены значимые корреляции температуры и плотности с квазидвухлетними колебаниями и уровнем солнечной активности
- ❖ Полученные линейные тренды, хотя и незначимые, подтверждают известные тенденции в долговременных изменениях средней атмосферы – выхолаживание верхней стратосферы и ее оседание
- ❖ Для надежного выявления трендов на фоне вариаций, обусловленных изменением уровня солнечной активности, необходимо продолжение измерений на протяжении двух и более солнечных циклов

**Спасибо  
за внимание !**