

УДК 551.510.532

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ В СТРАТОСФЕРЕ
ПО ДАННЫМ ЛИДАРНЫХ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
НАД КАМЧАТКОЙ ЛЕТОМ 2011 ГОДА.

Берсенёва Н.Ю.

*Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга
г. Петропавловск-Камчатский*

Научный руководитель к.ф.-м.н. Пережогин А.С.

Обработаны лидарные данные станции ИКИР ДВО РАН за летние месяцы 2011 года методом линейной интерполяции с шагом 150 метров по высоте. Показано распределение температур, рассчитанных по алгоритму восстановления без наличия аэрозольного рассеяния. Представлены графики температурных профилей лидарных данных, модели nrlmsise-00 и данных спутника AURA.

Ключевые слова: температурный профиль, лидар,, модель nrlmsis-00, спутник AURA.

ВВЕДЕНИЕ.

Исследование температурной динамики в тропосфере и стратосфере проводятся различными методами, начиная от запуска зондов до дистанционного зондирования атмосферы. В настоящей работе приведены распределения температур, полученных при обработке данных лидарных наблюдений, проводимых на станции ИКИР ДВО РАН, по алгоритму восстановления без наличия аэрозольного рассеяния за летние месяцы 2011 года в программе LidarProcessing [1], а также проведено сравнение с моделью атмосферы nrlmsise-00 [6] и данными спутника AURA [5].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.

При исследованиях используются лидарные наблюдения, модель атмосферы и спутниковые данные AURA.

В основе получения средних температурных данных стратосферы была использована эмпирическая модель атмосферы NRLMSIS-00, разработанная Майком Пиконе, Аланом Хедин на основе модели MSISE90 [5].

Исходный код данной модели доступен на сайте в сети Интернет <http://www.brodo.de/english/pub/nrlmsise/>.

Входными параметрами модели была точка с координатами 53⁰ с.ш., 158⁰ в.д., на которой находится лидарная станция ИКИР ДВО РАН, время суток и день в году. Данные спутника находятся в открытом доступе на сайте <ftp://acdisc.gsfc.nasa.gov>. Были использованы данные геопотенциальной высоты и температуры, которые обрабатывались с помощью программ обработки файлов формата hdf5.

В январе 2006 года установлена и запущена в эксплуатацию ИКИР ДВО РАН первая на Камчатке релейевская лидарная станция. Она позволяет зондировать атмосферу на высотах 20-90 км. В состав станции входят лазер Brilliant-B с частотой импульсов 10 Гц, длиной волны 532 нм и энергией импульса 0.4 Дж. Приемная система этой станции состоит из телескопа с диаметром зеркала 60 см с регистрацией сигналов по двум каналам: ФЭУ Hamamatsu H8259-01 и счетчики фотонов Hamamatsu M8784.

Лазерное зондирование основывается на принципе световой локации, который, по аналогии с радаром, называется лидар. Зондирование проводится в темное время суток, чтобы исключить влияние небесных светил. Работа ведется только при хорошей, безоблачной погоде. Лазер посылает вверх световые импульсы. Распространяясь по атмосферной трассе зондирования, лазерный импульс испытывает поглощение и рассеивание на молекулах и аэрозолях атмосферы. Часть излучения, рассеянного атмосферой назад, в направлении лидарной системы, может быть собрана и сфокусирована с помощью приемной антенны на фотодетектор, который преобразует ее в электрический сигнал, пропорциональный падающему световому потоку. При этом расстояние до любого рассеивающего объема на трассе зондирования однозначно определяется по значению временного интервала с момента посылки лазерного импульса. А интенсивность принятого сигнала в каждый конкретный момент времени зависит как от свойств

конкретного рассеивающего объема атмосферы, так и от характеристик всей атмосферной трассы зондирования на двойном пути от лидара до рассеивающего объема и обратно [3].

Восстановление температурных профилей осуществляется по формуле:

$$T(H) = \frac{P^2(H)}{N(H)H^2} \left[\frac{N(H_m)H_m^2}{P^2(H_m)} T(H_m) + \frac{1}{R} \int_{H_m}^H \frac{N(h)h^2 g(h)}{P^2(H)} dh \right], \quad (1)$$

где H , H_m - текущая и максимальная высота, с которой принимается достаточно надежный сигнал; $N(H)$ - лидарный сигнал; $P(H)$ - прозрачность молекулярной атмосферы от уровня расположения лидара до высот H ; R - удельная газовая постоянная; g - ускорение свободного падения [4].

Важным вопросом при восстановлении температурных профилей из лидарных сигналов рэлеевского рассеяния является достижение необходимых точностей. Точность восстановления профиля зависит как от самого сигнала, так и от диапазона высот обработки сигнала и априорной информации. Восстановление температурных профилей проводилось в программе LidarProcessing [1]. Программа позволяет по лидарному эхо-сигналу $N(H)$ строить профили отношения обратного рассеяния $R(H)$ и температурные профили $T(H)$. В качестве априорных данных для расчета в программе используется модель nrlmsise-00.

Для повышения точности восстановлении температурных профилей по лидарному сигналу была проведена линейная интерполяция по высоте на примере 02.06.2011 года. Шаг первичных измерений по высоте составляет 1500 метров. Уменьшая интервал, увеличиваем количество стробов:

Шаг по высоте, м	Количество стробов
1500	100000
500	299500
250	598750
150	1000000
100	1496500

Полученные температурные профили представлены на рис. 1. По графикам мы видим, что с уменьшением шага лидарный температурный профиль приближается к модельному, но становится более ломаным.

Приближение значений к модельным необходимо, так как в формуле (1) важной составляющей является величина $P(H)$ - прозрачность молекулярной атмосферы от уровня расположения лидара до высоты H_m , с которой принимается достаточно надежный сигнал. Она определяется по априорным данным. В программе обработки лидарного сигнала LidarProcessing за них принимается модель nrlmsise-00. То есть лидарный температурный профиль должен отображать отклонение от модельных данных. Высота H_m принята равной 75 км.

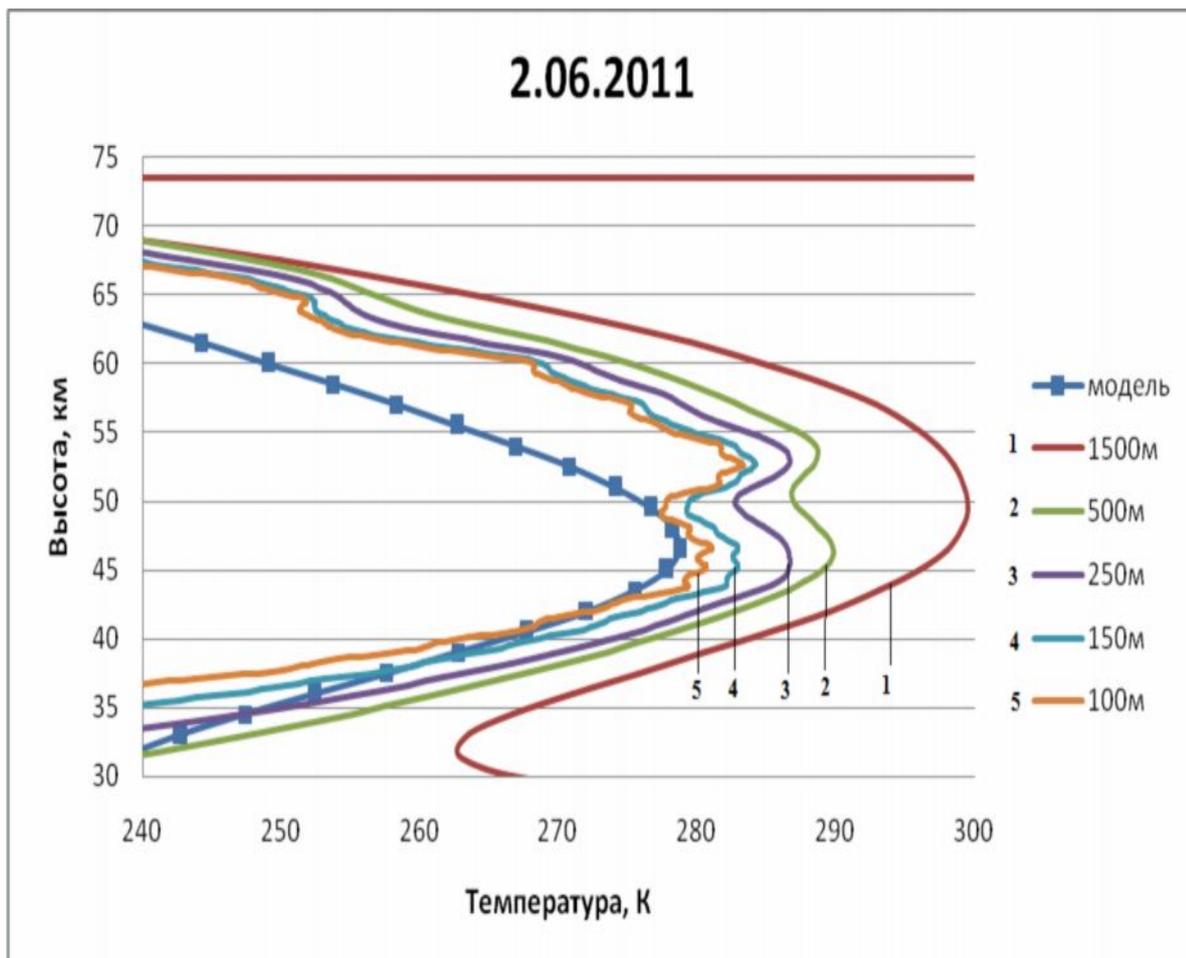


Рис. 1. Линейная интерполяция температурного профиля по высоте

В дальнейшей работе ко всем температурным профилям применялся шаг 150 м, как наиболее оптимальный.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Диаграммы сравнения температурных профилей лидарных измерений, модели nrlmsise-00 и спутника AURA представлены на рис. 2.

Координаты лидарной станции и точки регистрации спутника AURA не совпадают. Данным фактом можно пренебречь, так как температура в стратосфере рассматривается над регионом. Наблюдается разница между профилями лидарных измерений и данными спутника ($\approx 20\text{K}$) в течение двух дней из восьми (16 июня и 11 июля 2011).

В остальные дни профили схожи. На температурных профилях со спутника AURA хорошо прослеживается резкое повышение температуры на высоте 65 км. В температурных профилях по лидарным данным оно так же присутствует. Все это указывает на то, что лидарные наблюдения подтверждаются наблюдениями со спутника. Это подтверждает возможность использования лидарных сигналов для восстановления температурных профилей в стратосферном слое атмосферы.

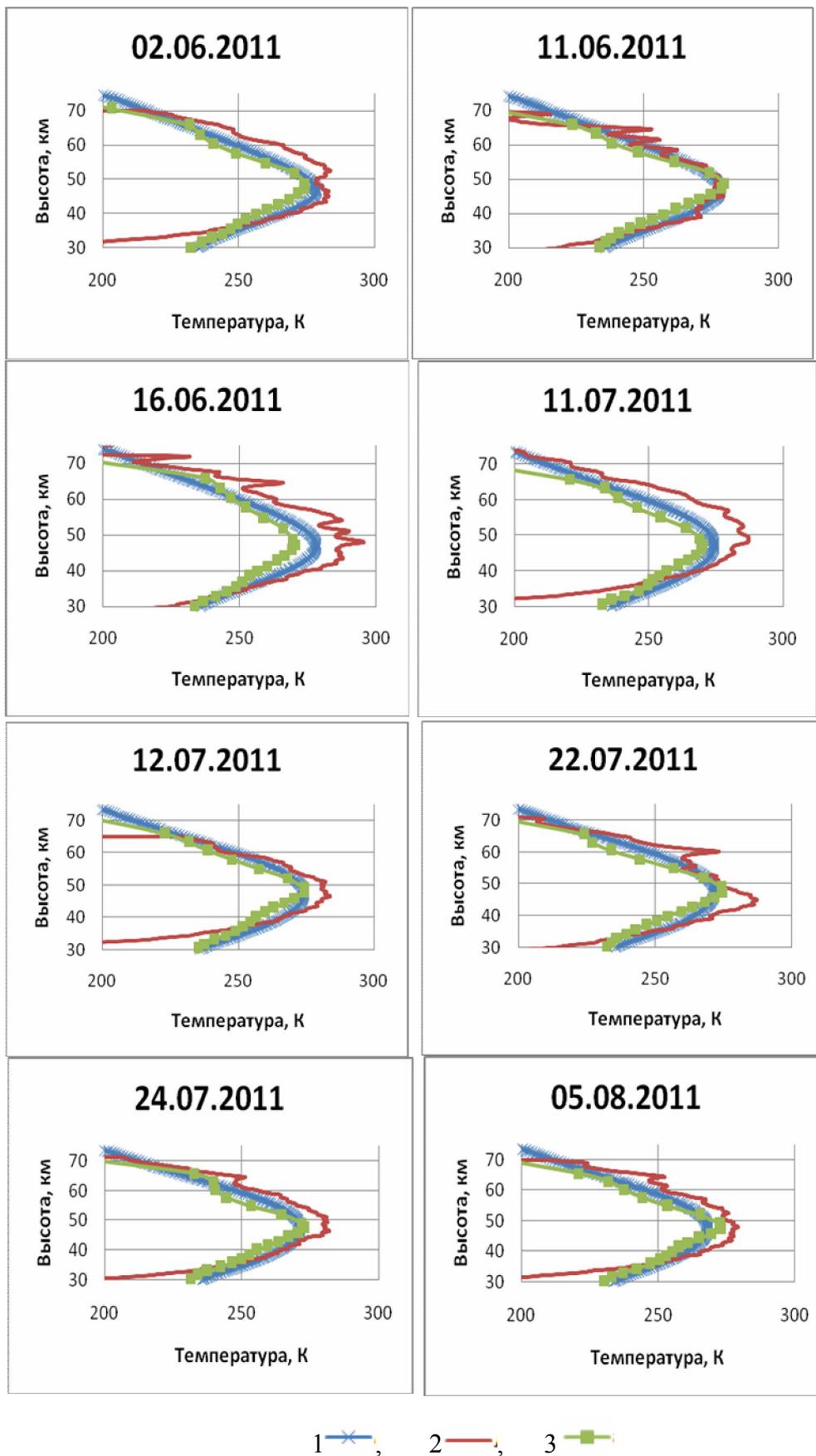


Рис. 2. Диаграммы сравнения. 1- модель, 2- AURA, 3- по лидарным данным

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Представленная динамика температурных профилей по данным лидарного зондирования на высотах 30-70 км за летние месяцы 2011 года показывает, что лидарные наблюдения и спутниковые данные согласуются.

Графики сравнения температурных профилей лидарных измерений, модели nrlmsise-00 и спутника AURA указывают на то, что модельные температурные данные согласуются со спутниковыми и лидарными данными. Максимальная разница между профилями лидарных измерений и данными спутника около 20°K , наблюдается в течение двух дней из восьми (16 июня, 11 июля 2011). В остальные дни профили схожи.

На температурных профилях со спутника AURA хорошо прослеживается резкое повышение температур на высоте 65 км. В температурных профилях по лидарным данным за тот же день присутствует такое же превышение температуры на той же высоте, что указывает на хорошее согласование результатов наблюдений с помощью лидарных и спутниковых данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буздуга Д. С., Никитин С. А., Пережогин А. С. Программный комплекс автоматизации лидарных измерений «LiSA» (Lidar sounding of atmosphere) // М.: ВНИИЦ, 2007. № гос. рег. 50200701666.
2. Бычков В.В., Маричев В.Н., Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Шумейко А.В. Динамика лидарных отражений в мезосфере Камчатки в период зимнего аномального поглощения радиоволн в ионосфере // Оптика атмосферы и океана. 2008, № 12, с. 1083-1087.
3. Зуев В. В. Лидарный контроль стратосферы. Новосибирск: Наука, 2004. 297 с.
4. Зуев В. В., Марчиев В. Н., Бондаренко С. Л. Исследования точностных характеристик восстановления профилей температуры по лидарным сигналам молекулярного рассеяния // Оптика атмосферы и океана. 1996, №12, с. 1615-1619.
5. <http://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/atmos/nrlmsise00.html>
6. <http://www.brodo.de/english/pub/nrlmsise/>.

THE DYNAMICS OF TEMPERATURE IN THE STRATOSPHERE
BY LIDAR DATA AND SATELLITE OBSERVATIONS
OVER KAMCHATKA IN SUMMER 2011.

Berseneva Natalia

Kamchatka State University named after Vitus Bering

Lidar data processed by the station IKIR FEB RAS during the summer months of 2011 by linear interpolation with step 150 meters in height. Shows the temperature distribution reconstruction algorithm without aerosol scattering. Graphs of the temperature profiles of lidar data, models nrlmsise-00 satellite data AURA.

Key words: temperature profile, lidar, model nrlmsis-00 satellite AURA.