

# ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ЯКУТИИ

С.В. Николашкин, С.В.Титов, Институт космофизических исследований и  
аэрономии им. Ю.Г.Шафера СО РАН, г.Якутск, Россия

# Основные характеристики



Figure 3. Telescope with a signal node

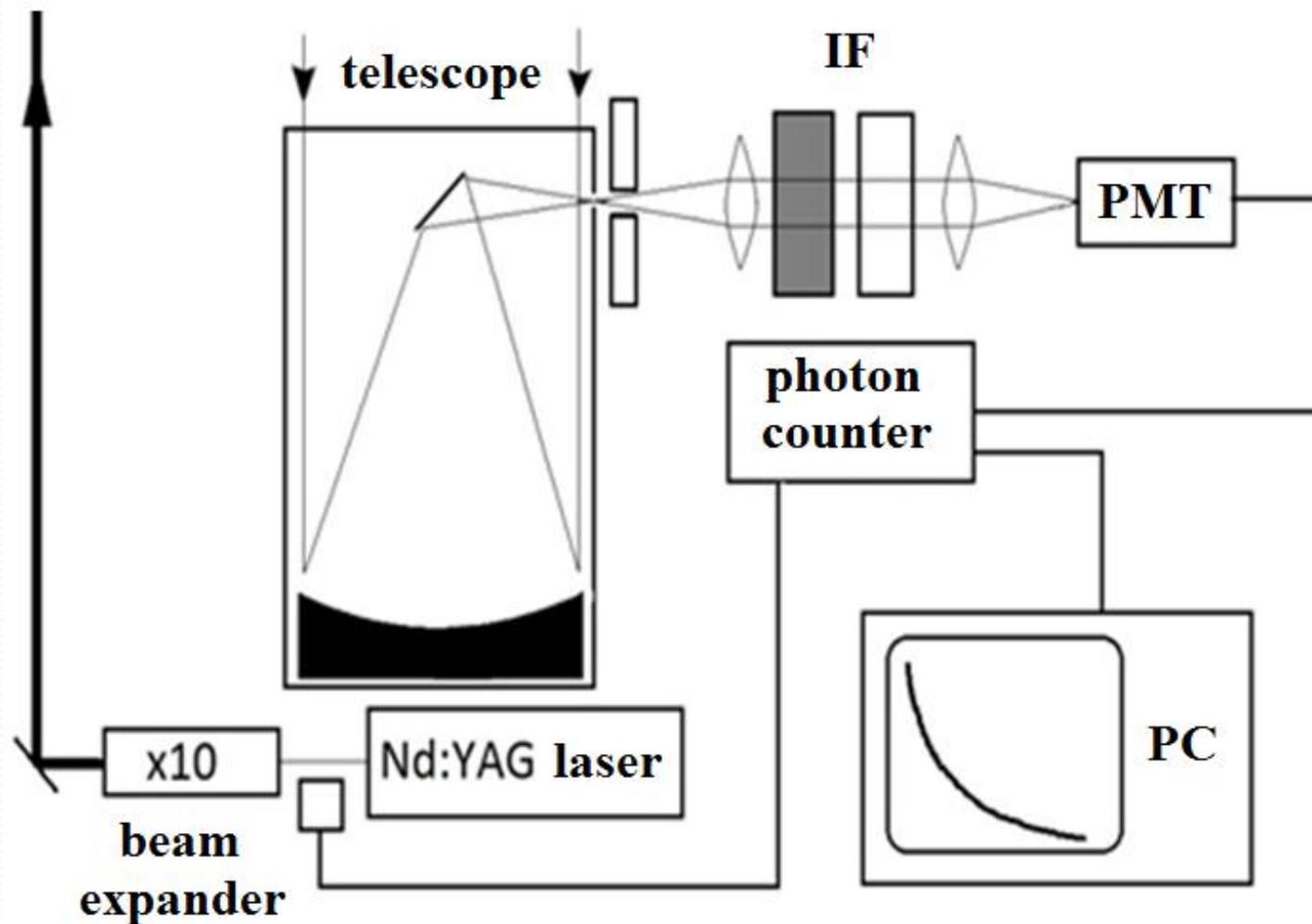


Figure 4. Laser with power supply

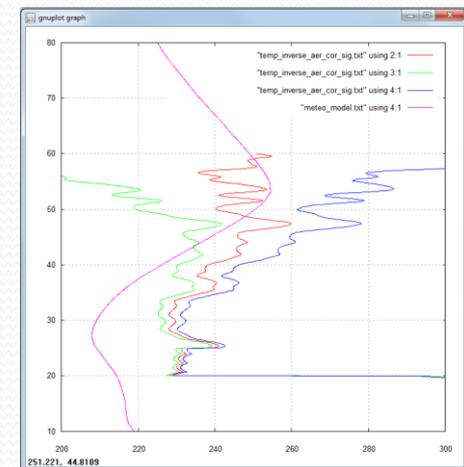
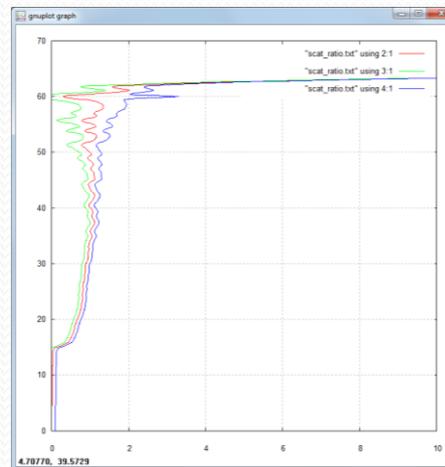
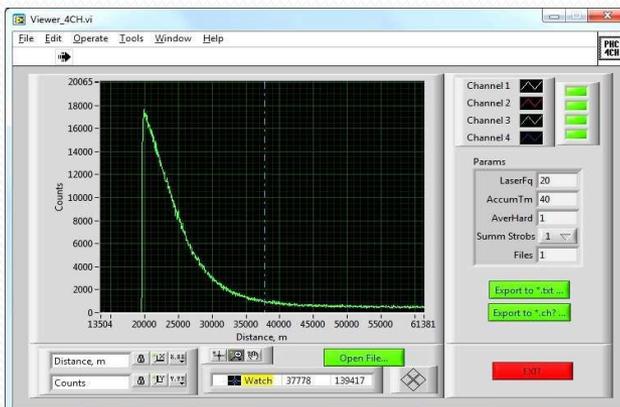
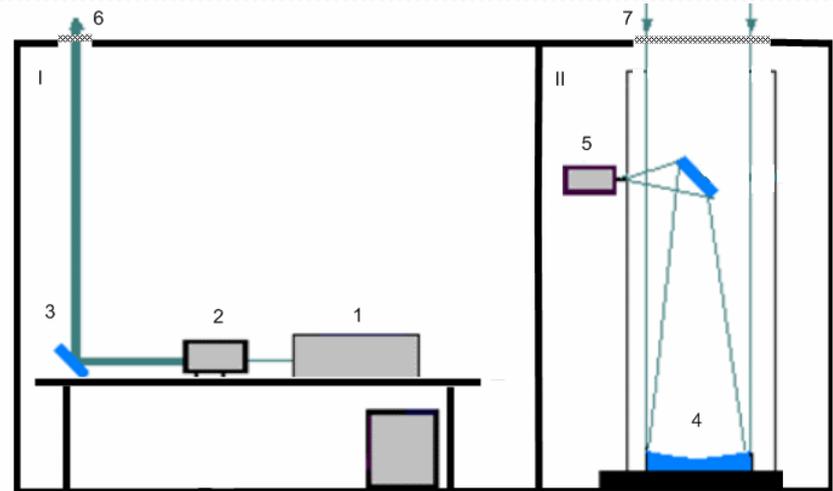
Table. The main characteristics of the lidar

Laser Type	Nd: YAG	Maximum sounding height, km	60
Pulse repetition frequency, Hz	20	Beam divergence, mrad	40
Wavelength, nm	532	Telescope	Newton System
Output energy, mJ	300	Diameter of a mirror, m	0.6
Pulse Duration, ns	10-12	Focal length, m	2
Beam diameter: before / after the beam expander, mm	6/60	Field of view, mrad	0.2
Spatial resolution, m	75	PMT	Hamamatsu N8259-01

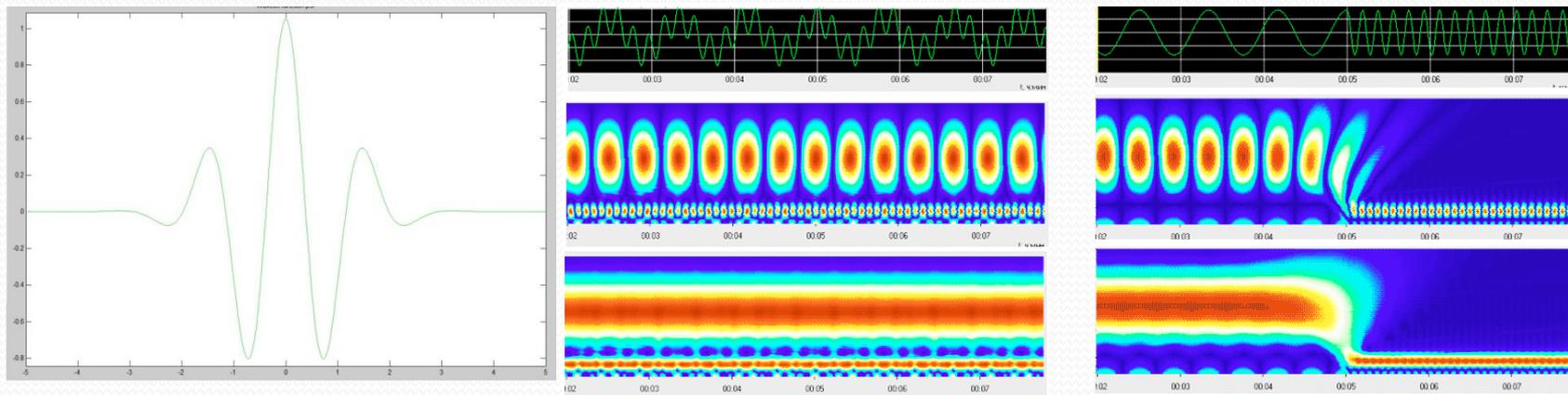
# Принципиальная схема



# Лидарная станция на оптическом полигоне «Маймага»

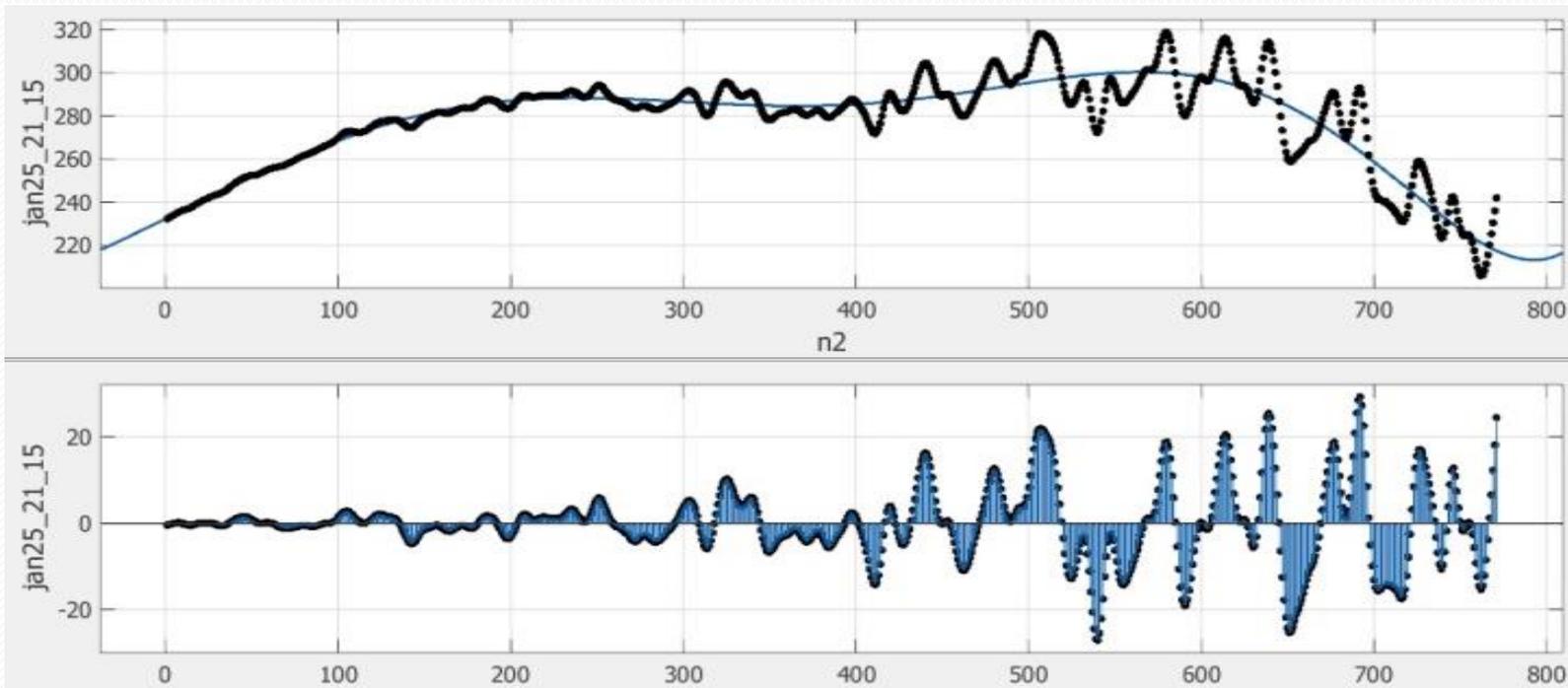


# Вейвлет анализ (Wavelet analysis) вариаций температурного профиля



Вейвлеты представляют собой особые функции в виде коротких волн (всплесков) с нулевым интегральным значением и с локализацией по оси независимой переменной, способных к сдвигу по этой оси и масштабированию. Результаты вейвлет-преобразования дают возможность проанализировать свойства сигнала, как во временном, так и в частотном пространствах одновременно, и, таким образом, выделить на разных стадиях исследуемого процесса его составляющие, имеющие различный временной масштаб, которые можно предположительно связать с теми или иными физическими механизмами.

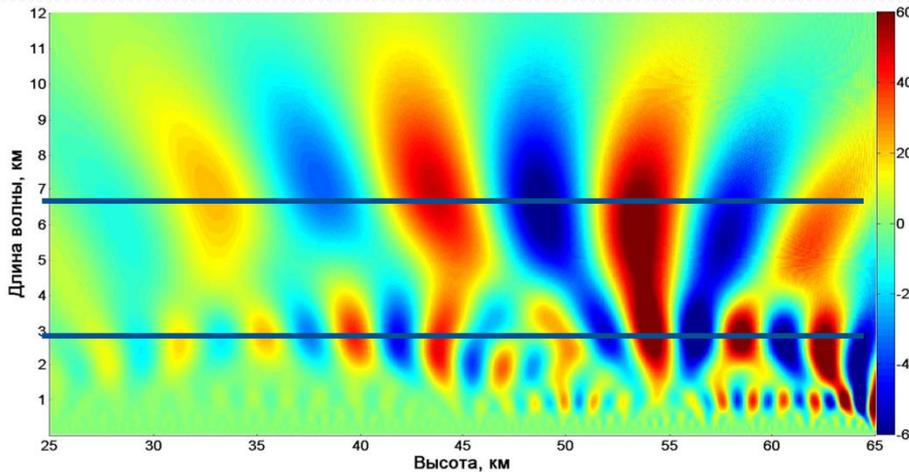
## Пример сглаживания температурных данных



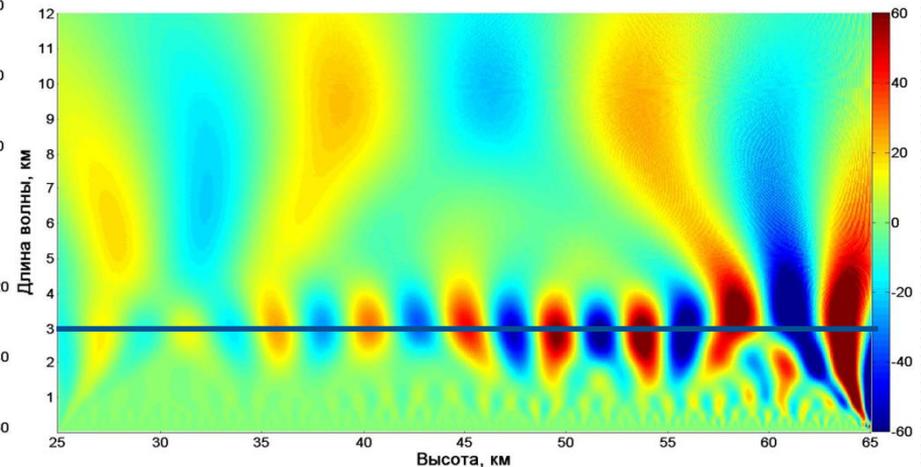
Для проведения спектрально-временного анализа температурные профили, полученные лидаром, сначала сглаживаются скользящим окном 2 км, затем полиномом восьмого порядка для получения вариаций температуры  $\Delta T$ .

# Основные выводы

1. Из рисунков можно выделить две основные квазимонохроматические волнообразные структуры (КВС) с длинами волн 2-4 км и 5-7 км. Амплитуды этих КВС, как и ожидалось, увеличиваются с повышением высоты из-за уменьшения плотности атмосферы.
2. КВС с длиной волны 2-4 км наблюдаются во всех 200 сеансах зондирования, их ясно видно, начиная с высот порядка 35 км, но бывают случаи, когда они наблюдаются на высотах порядка 50 км, возможно это связано с прохождением планетарных волн.
3. Основное изменение длины волны квазимонохроматических волнообразных структур происходит на высоте стратопавзы. По-видимому, это связано с изменением градиента температуры в стратопавзе, что в свою очередь влияет на прохождение КВС.



24.01.2015 21:35



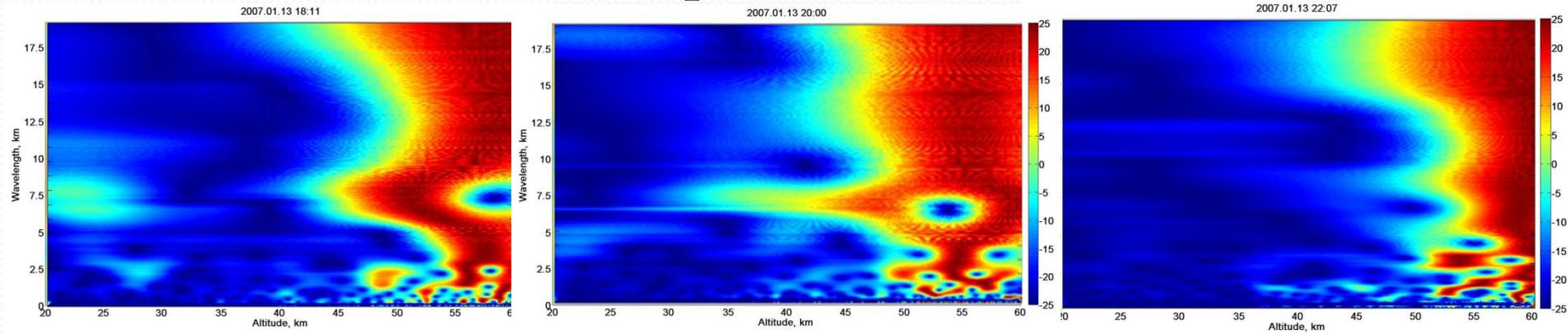
16.10.2014 22:36

# Подборка результатов наблюдений параметров ВГВ в средних, тропических и экваториальных широтах [F. Chane-Ming, F. Molinaro, J. Leveau, P. Keckhut, A. Hauchecorne, 2000]

**Table 2.** A selection of results of gravity wave parameters in mid-latitude, tropical and equatorial regions

References	Locations	Instruments	Experimental data	Height (km)	Dominant $\lambda_v$ (km)	Observed $c_z$ (m/s)
Michell <i>et al.</i> (1994)	UK Aberystwyth (52°N, 4°W)	Lidar Radar MST	September 25, December 13–14 1990, January 21–22 1991	2–50	5–8	–0.2 to –0.4 34–48 km height
Wilson <i>et al.</i> (1991)	France Biscarosse (44°N, 1°W) O.H.P. (44°N, 6°E)	Lidar	1986–1989	30–75	5–10	–0.3 at 40 km height
Carswell <i>et al.</i> (1991)	Canada Toronto (44°N, 80°W)	Lidar	September–October 1989–1990	30–50	3 10	1–0.7
Gardner and Voelz (1987)	USA Illinois (40°N, 88°W)	Lidar	December 1980–May 1986	85–105	2–17	–0.3 to –1.8
Gardner <i>et al.</i> (1989)	USA Illinois (40°N, 88°W)	Lidar	January 1984–November 1986	35–50	2–4 7–10	–0.01 to –0.85
Kwon <i>et al.</i> (1990)	USA Colorado Mid-latitudes	Radar Lidar	November 1986	81–89 84–92	8–9 12	–0.19 –1.8
Meriwether <i>et al.</i> (1994)	USA Ohio Mid-latitudes	Lidar	July 1989–March 1990	40–90	5–15	–0.1 to –0.7
Qian and Gardner (1995)	USA Illinois (40°N, 88°W)	Lidar Ca Na	December 21–22 1992	85–100	7.6	–0.4 at 88.5–92.5 km height ?
Kitamura and Hirota (1989)	Japan (40°N, 140°E)	Rawinsondes	1986	15–20	3–5	?
Namboothiri <i>et al.</i> (1996)	Japan Shigaraki (35°N, 136°E) Hiachioji (36°N, 139°E)	Radar MU Lidar Na	December 15–16 1993	80–95	16	–0.45
Nakamura <i>et al.</i> (1993)	Japan (35°N, 136°E)	Radar MU	1986–1991	70–75	4–15	±0.1 to ±0.4
Gavrilov <i>et al.</i> (1997)	Japan Shigaraki (35°N, 136°E)	Radar MU	1987–1988	70–80	8–12	?
Shibata <i>et al.</i> (1986)	Japan Fukuoka (33°N, 130°E)	Lidar	March 1985–April 1986	30–60	10	–0.33 to 0
Chane-Ming <i>et al.</i> (this study)	Reunion island (21°S, 55°E)	Lidar	May–November 1994	45–60 30–60	≤3 3–4 6–11	–0.35 to –0.05 at 30–60 km height
Beatty <i>et al.</i> (1992)	Porto Rico Arecibo (18°N, 67°W)	Lidar	January, March, April 1989	25–55 80–105	2.8–17 1.1–12.8	–2.7 to –0.06
Fritts <i>et al.</i> (1997)	Brasil Alcantara (2°S, 45°W)	Rockets Radar	August 1994	27–60 <30 >30	1–3 5–10	?]

# Сопоставление параметров ВГВ в зимний период 2006-2007 г. по данным лидара и камеры всего неба

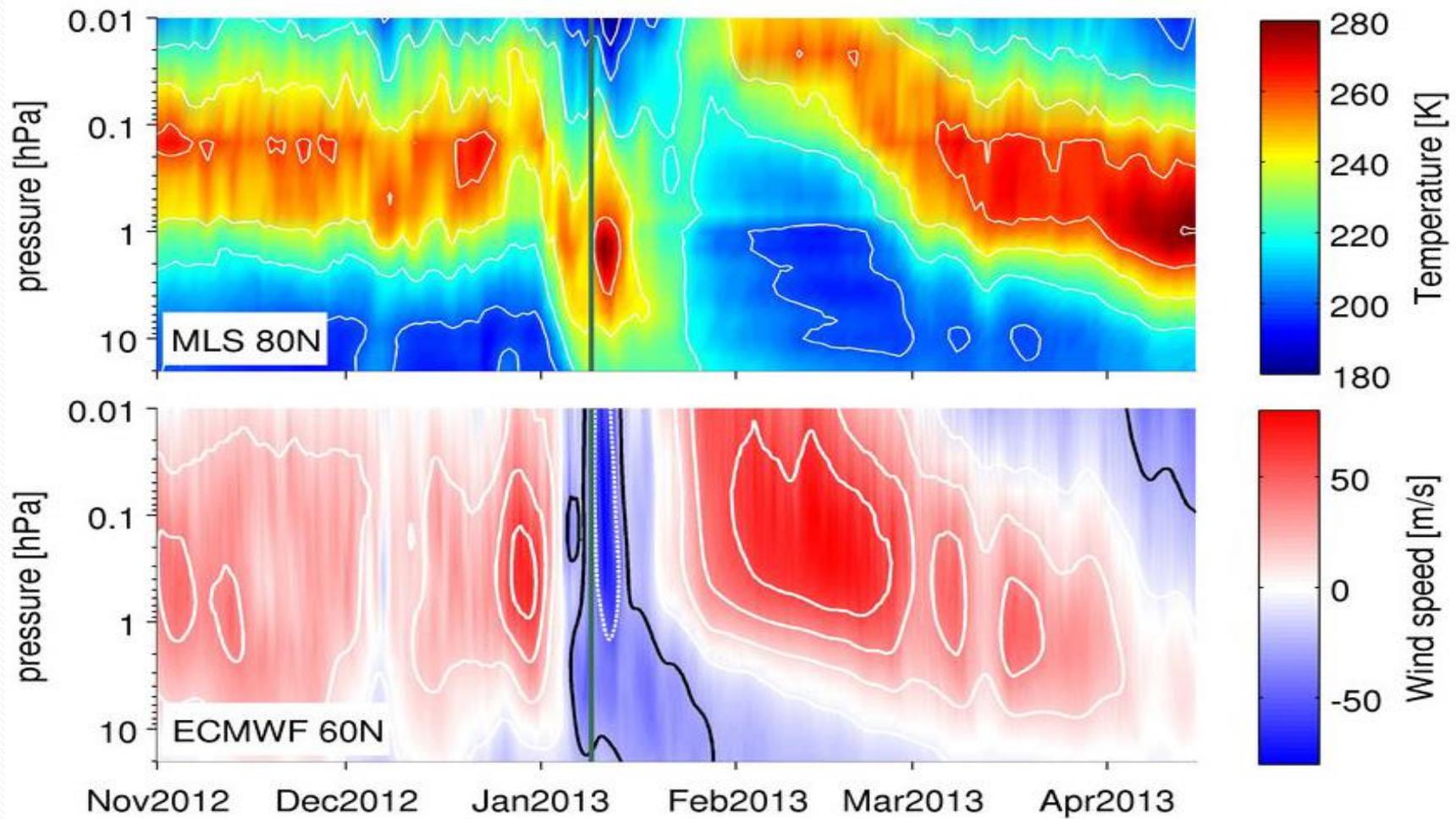


Модуль комплексного вейвлет преобразования вариаций температурного профиля в 18:11 LT, 20:00 LT, 22:07.

Emission	Height, км	Time, LT	Propagation	Wavelength, км	Velocity, м/с	Period, min
ОН	87	23:47-00:12	300	~25	~50	8

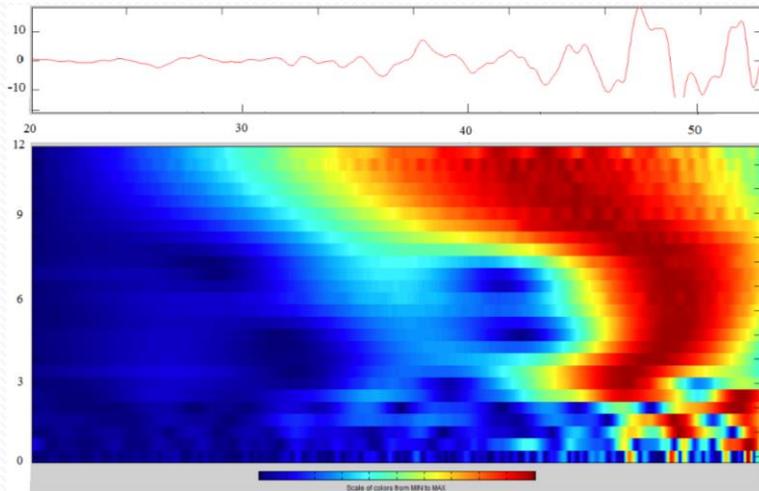
По лидарным данным обнаружено прохождение ВГВ с длиной волны примерно 7,5 км с вертикальной скоростью около 7-10 км/ч, сначала на высоте около 22 км и через 2 часа на высоте 38 км. На камере всего неба наблюдалось прохождение ВГВ через излучающий слой ОН в мезосфере на высоте ~78 км, с длиной волны ~25 км, горизонтальной скоростью ~50 м/с, периодом ~8 мин и азимутальным направлением ~300 градусов, толщина слоя ОН по данным спутника TIMED составила ~7 км.

# Зимний период 2012-2013.

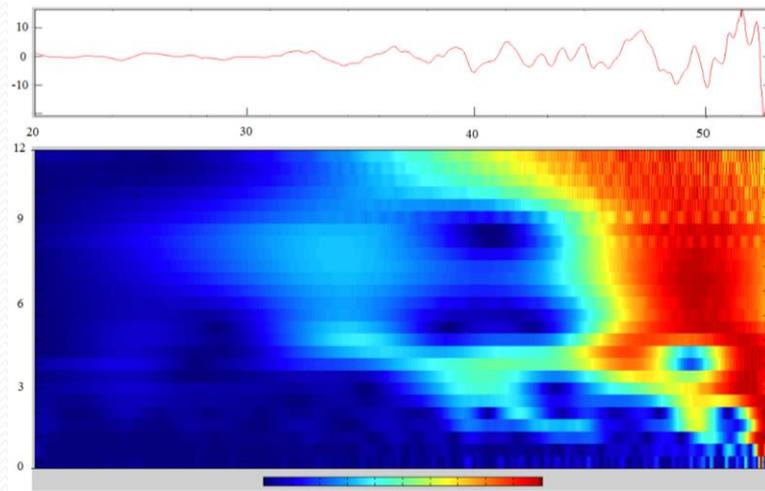


Высотно-временной ход температуры и среднего зонального ветра

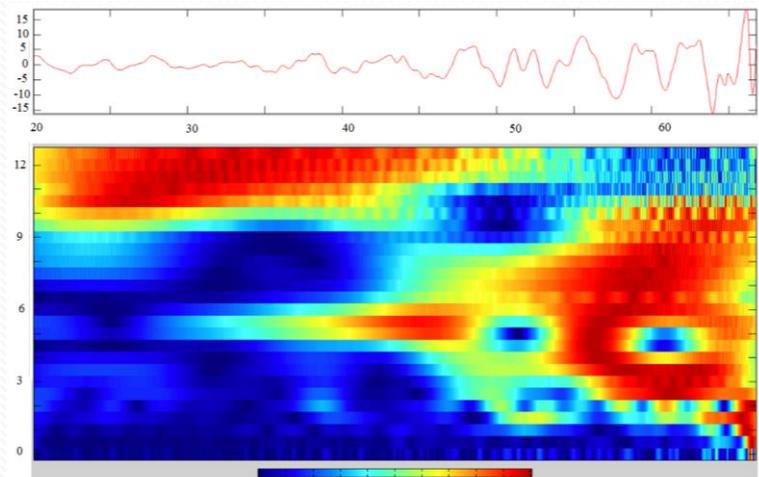
# Сопоставление параметров ВГВ до и вовремя ВСП 6 января 2013 года



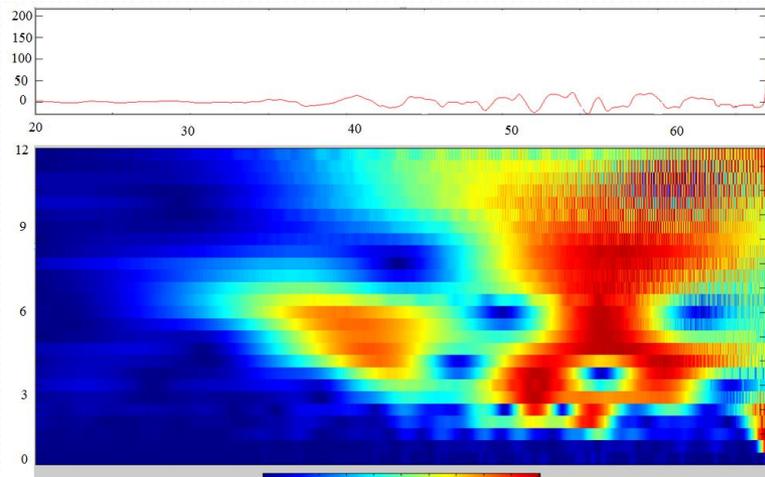
10 ноября 2012 21:28 LT



10 декабря 2012 18:28 LT



5 января 2013 21:28 LT



15 января 2012 00:45 LT



Спасибо за внимание

