

Сарычева следует связывать с фактом 11-и произошедших мощных взрывов, доставивших большое количество аэрозольно - газовых веществ в стратосферу.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке интеграционного научно-исследовательского проекта СО РАН – ДВО РАН - НАН Украины «Диагностика динамических процессов в среднеширотной и субполярной атмосфере» и гранта РФФИ 10-05-00907-а «Выявление региональных особенностей условий формирования и механизмов образования аэрозольных слоев в стратосфере и мезосфере северного полушария».

## **ДИНАМИКА ЗИМНИХ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ НАД ЯКУТСКОМ WINTER STRATOSPHERIC WARMING DYNAMICS ABOVE YAKUTSK**

**С.В. Николашкин<sup>1</sup>, С.В. Титов<sup>1</sup>, В.Н. Маричев<sup>2</sup>, В.М. Игнатьев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН,

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

The spatial and temporal characteristics and winter stratospheric temperature wave of variations measured with Lidar near Yakutsk on height interval 20-60 km have been studied. There is a relation between temperature variations with planetary, tidal and gravity during winter stratospheric warmings discussed.

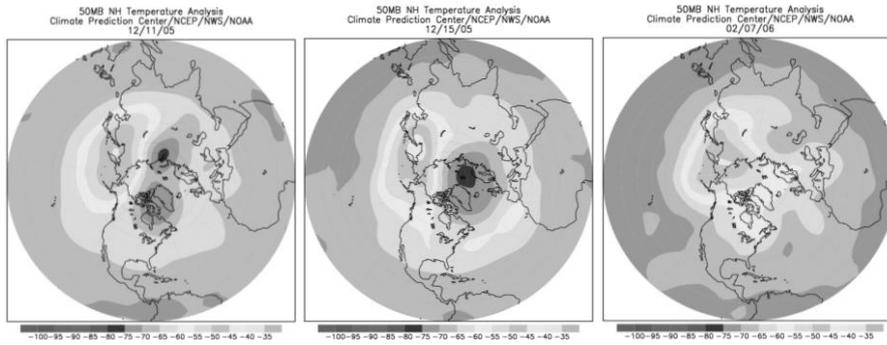
Lidar temperature data co-analysis for period 2004-2009 years with aerologic radiosounding and satellite measuring showed that winter stratospheric warming consist of some short-time localized warmings what modulated by planetary wave with wavenumber 1 or 2 and period of 90 days.

The work is partly supported by RFBR grant 09-05-98573 and Integration Project No 15 SB RAS.

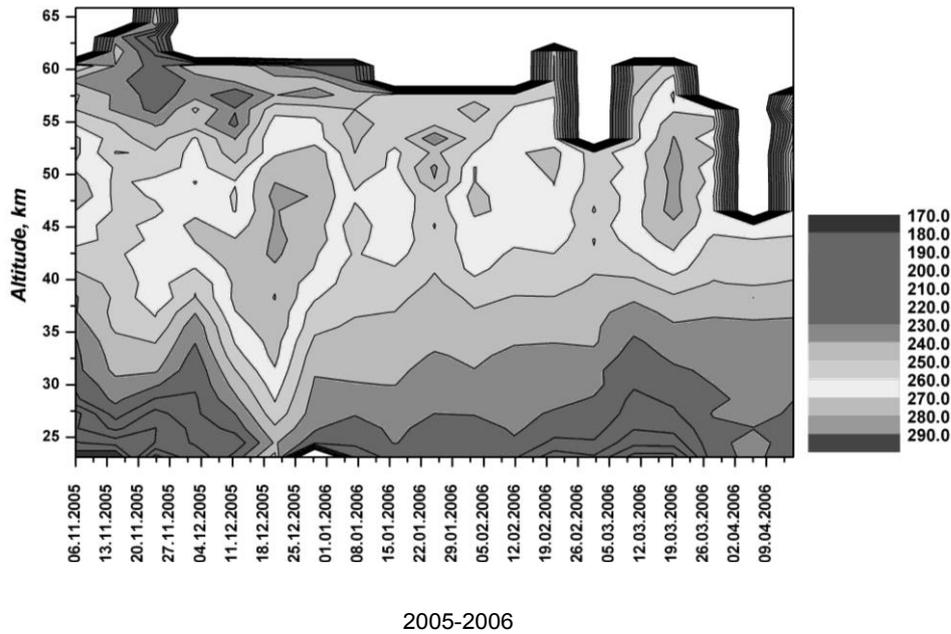
Измерения высотного температурного профиля проводились около Якутска (61,7 с.ш., 129,4 в.д.) с помощью лидара по молекулярному (рэлеевскому) обратному рассеянию зондирующего лазерного импульса ( $\lambda 532$  нм) в атмосфере. Наблюдения проводились в темное время суток по 2–3 ночи каждую неделю. За ночь получались до восьми высотных профилей, из которых получался средненочной профиль. Калибровка значений температуры производилась по данным баллонного аэрологического зондирования на метеостанции Якутска. Следует отметить, что калибровка производилась только для нижней границы лидарных температурных профилей из-за низкого потолка полета шаров (20–25 км).

В зимнее время в стратосфере ежегодно происходят внезапные потепления, которые иногда приводят к обращению зонального ветра на восточное направление. Эти явления обусловлены диссипацией всплывающей планетарной волны в средней атмосфере, который приводит к ее разогреву.

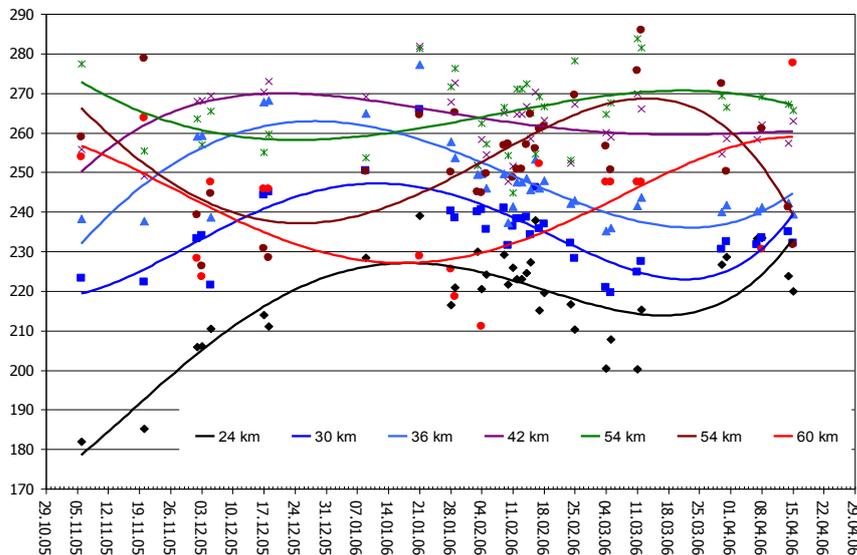
На примере 2005-2006 гг. показано развитие потепления над Якутском по данным лидарных измерений и глобальных карт температурного поля по данным NOAA. До 9 ноября 2005 года над Камчаткой располагался очаг потепления, который был связан с уменьшением планетарной волны с волновым числом  $n=1$  (т.е. одна волна помещалась на окружности Земли). В начале третьих суток с 10 по 12 ноября 2006 года на уровне 50 мБар проявилось усиление планетарной волны с волновым числом  $n=2$ . В результате этого холодный полярный циркумполярный циклонический вихрь слегка расщепился на две части, расположенные вдоль  $70^\circ$  в.д. Южная часть холодного циркумполярного вихря располагалась над полуостровом Ямал, а северная часть располагалась над морем Баффина. В центрах расщепленных частей циркумполярного вихря температура составила примерно  $-80^\circ\text{C}$ . В то же время рядом с двух волновой планетарной волной господствовала планетарная волна с  $n=1$ , которая над Камчаткой образовала, мощный очаг потепления. При этом область потепления занимала достаточно обширную территорию. Она занимала западную часть Аляски, Чукотку, восточную часть Восточной Сибири от оз.Байкал до Вьетнама, восточную часть Монголии. Очаг потепления был малоподвижным, но он вытягивался в восточном направлении, в результате которого он 06.01.06 достиг Канады и занимал всю ее западную часть. Присутствие ПВ с волновым числом  $n=1$  выдавило центр циркумполярного вихря в сторону Норвежского моря, в результате которого центр вихря оказался между о. Гренландия и Скандинавским полуостровом. Такая волновая ситуация сохранилась до середины января 2006 г.(Рис.1.)



**Рис.1.** Карты глобального распределения температуры во время стратосферного потепления зимой 2005-2006 гг. на уровне 50 мБар



**Рис.2.** Высотно-временной разрез температуры стратосферы по данным лидарного зондирования в Якутске зимой 2005-2006 гг. (по среденочным профилям)



**Рис.3.** Поведение температуры стратосферы на различных высотных уровнях по данным лидарного зондирования в Якутске зимой 2005-2006 гг.

В центре потепления на уровне 50мБар температура стратосферы составляла  $-40-45^{\circ}\text{C}$ . В течении этого периода с 29.10.05 г. по 29.04.06 г. проводились лидарные измерения температуры средней атмосферы на ее уровнях 24 км, 30 км, 36 км, 42 км, 48 км, 54 км и 60 км. Данные наблюдения были использованы для построения высотно-временных разрезов температуры ночной атмосферы. Эти разрезы показали, что стратосферные потепления не есть монотонный процесс и состоят из большого числа короткопериодических повышений температуры, которые, по-видимому, связаны с усилением турбулентности атмосферы, внутренних гравитационных волн и взаимной интерференцией преломленных и отраженных от критического уровня волн разной природы (Рис.2, 3).

Максимальный нагрев стратосферы имел место на уровнях 36, 42 и 48 км, а на уровне 60 км в это время произошло охлаждение стратосферы, с некоторым запаздыванием от фазы нагрева слоев 24, 30, 36 и 42 км.

В районе мезосферы, где имеется высокий высотный градиент температуры понижение температуры достаточно глубокое, это можно объяснить радиационным охлаждением в результате излучения в инфракрасной области, связанного с колебательной релаксацией молекул углекислого газа, воды и озона. При этом понижение температуры составляет около 20°C. Такое значительное понижение температуры в течение месяца вполне допустимо Ньютоновым охлаждением. Процесс этот не мгновенный, поэтому фаза максимального охлаждения несколько запаздывает от фаз максимального нагрева стратосферы.

Амплитуды колебаний температуры стратосферы на этих уровнях 48 и 42 км минимальны по сравнению с другими температурными кривыми: для высот 24, 30, и 36 км.

Характерной особенностью этих кривых является то, что их временной ход происходит в противофазе. Это связано с тем, что уровень 48 км находится там, где температура стратосферы падает с высотой. А уровень 42 км располагается там, где стратосфера имеет температурную инверсию, т.е. там температура с высотой растет. Если предположить, что эти температурные колебания связаны только с притоком тепловой энергии, приносимой планетарными волнами, то высотно-временной ход этих кривых был бы иной. Температуры на этих высотах варьировали бы синфазно. Однако этого мы не наблюдаем. Более вероятным объяснением может быть то, что планетарные волны при воздействии на атмосферу не только приносят тепловую энергию, но и за счет передачи импульса окружающей атмосфере они могут деформировать горизонтальные поверхности постоянной плотности, при котором возбужденная масса будет перемещаться вверх либо вниз и следовательно будет меняться их температура.

Анализ зимнего стратосферного потепления 2005-2006 гг. с привлечением данных аэрологического зондирования на станции Якутск показал, что наблюдаемые каждый год зимние стратосферные потепления обусловлены диссипацией планетарных волн, распространяющихся снизу вверх и состоят из нескольких кратковременных, локализованных потеплений, при этом оно модулируется планетарной волной с волновым числом 1 и с периодом около 90 дней.

Работа поддержана грантом РФФИ 09-05-98573 и Интеграционным проектом №15 СО РАН.

**ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ ТЕОРИИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ АВ  
АНИЗОТРОПНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ  
SEMIEMPIRICAL HYPOTHESES OF THE TURBULENCE THEORY IN THE  
ATMOSPHERIC ANISOTROPIC BOUNDARY LAYER**

**Носов В.В., Емалеев О.Н., Лукин В.П., Носов Е.В.  
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН**

With the use of semiempirical hypotheses of the turbulence theory it was shown theoretically and experimentally that an arbitrary anisotropic boundary layer can be considered to be locally weakly anisotropic. Theoretical expressions were obtained for vertical outer scale of turbulence in anisotropic boundary layer, and the coincidence was shown of the experimental values of outer scale with the theoretical ones.

Как известно, полное статистическое описание случайных гидродинамических полей дается характеристическим функционалом [1, 3, 4]. Характеристический функционал содержит информацию о бесконечной совокупности моментов полей и удовлетворяет динамическим уравнениям с функциональными производными. Приемлемых методов решения таких уравнений в настоящее время не существует. Поэтому исследования в теории турбулентности по традиции опираются на систему уравнений Рейнольдса, являющуюся результатом осреднения уравнений гидродинамики [1-6]. Однако в системе уравнений Рейнольдса число неизвестных превосходит число уравнений. Замыкание этой системы обычно производится путем задания некоторых соотношений между моментами гидродинамических полей. Указанные соотношения, найденные из экспериментов или полученные из физических соображений (например, из соображений размерности) носят название полуэмпирических гипотез теории турбулентности.