



Девятнадцатая международная конференция  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

(Физические основы, методы и технологии мониторинга  
окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)»

15 - 19 ноября 2021 г. Москва



# ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЭВОЛЮЦИЕЙ СТРУЙНОГО ТЕЧЕНИЯ В ЗИМНЕЙ СТРАТОСФЕРЕ И НИЖНЕЙ МЕЗОСФЕРЕ

Ясюкевич А.С.<sup>1</sup>, Хабитуев Д.С.<sup>1</sup>

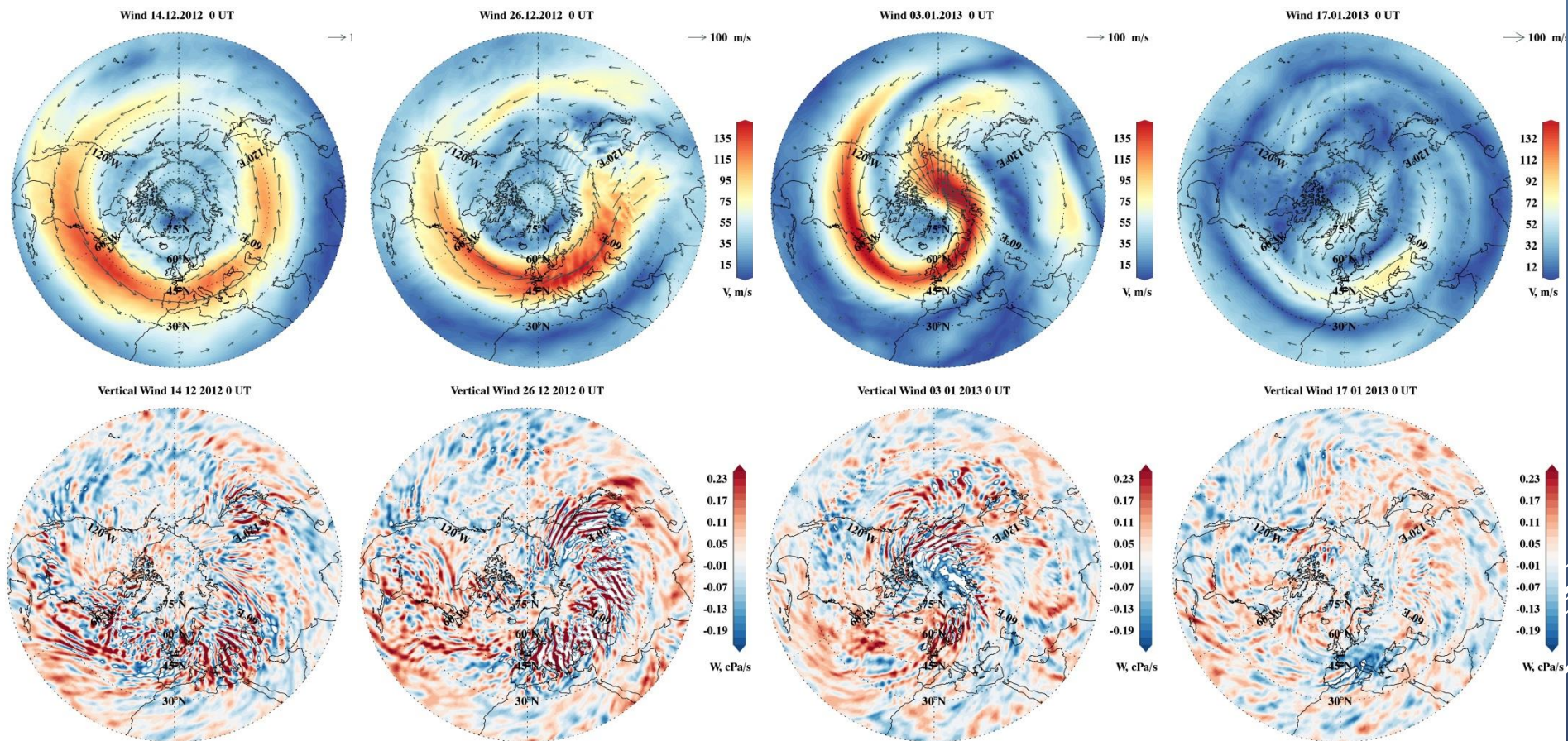
(1) Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[annpol@iszf.irk.ru](mailto:annpol@iszf.irk.ru)

# ВВЕДЕНИЕ

- ▶ Циркумполярный вихрь представляет собой крупномасштабную ячейку циклонической циркуляции, которая формируется в холодной воздушной массе над полярной областью и охватывает верхнюю стратосферу и нижнюю мезосферу. Вихрь сопровождается развитием струйного течения – узкого, четко ограниченного потока атмосферного газа с почти горизонтальной осью, высокими скоростями и большими вертикальными и горизонтальными сдвигами ветра.
- ▶ Результаты теоретических расчетов показали, что до **10-15%** от полной энергии струйного течения может уходить на генерацию волновых возмущений [**Shpynev et al, ASR, 2019**].
- ▶ Конфигурация струйного течения изменяется в течение зимы, в результате чего генерация возмущений в стратосфере также происходит не равномерно: выделяются локализованные области, соответствующие более эффективной генерации.
- ▶ В настоящем исследовании мы анализируем характеристики мелкомасштабных возмущений, возникающих в периоды развития и трансформации струйного течения в стратосфере и нижней мезосфере средних и высоких широт в зимние периоды, включая периоды развития среднезимних ВСП.

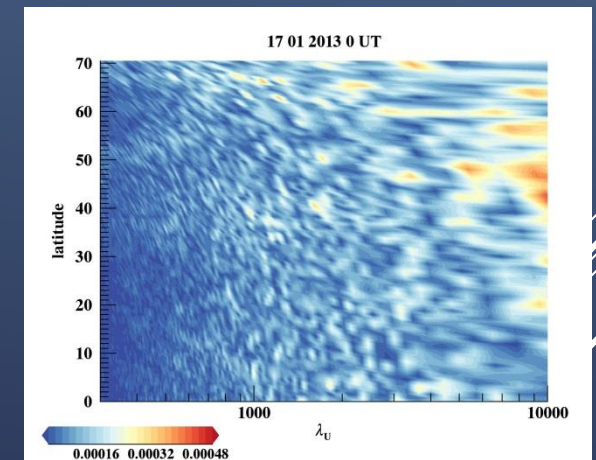
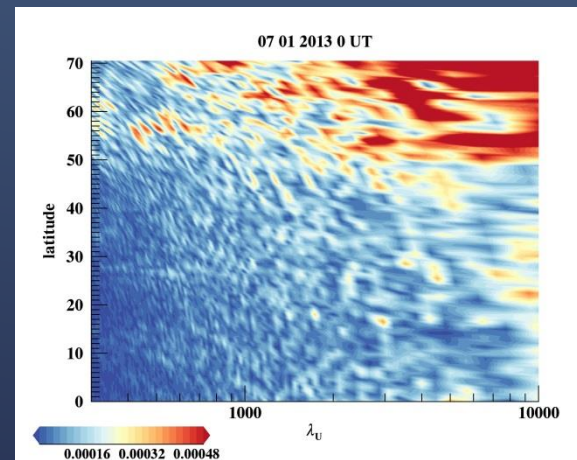
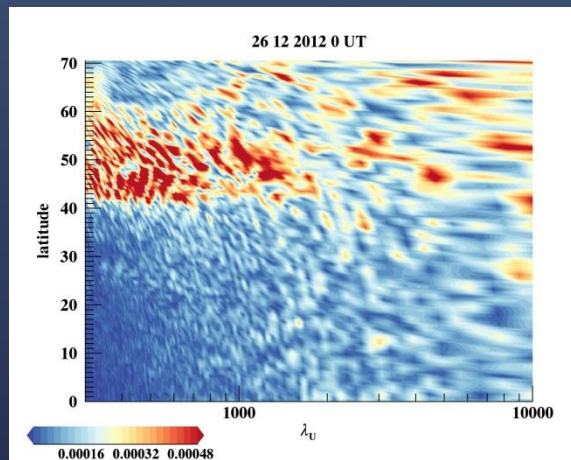
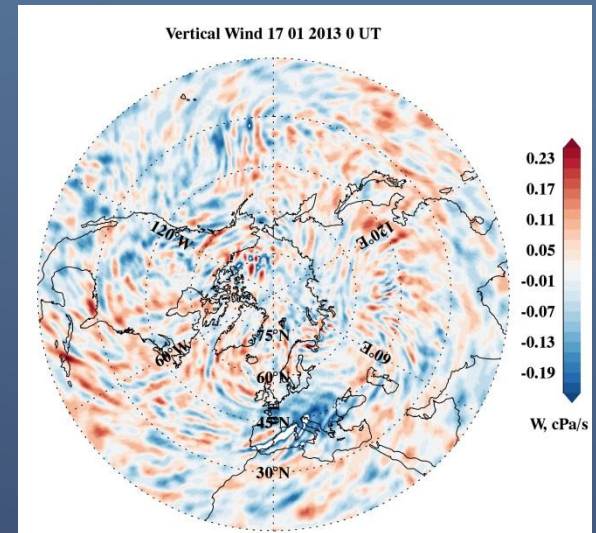
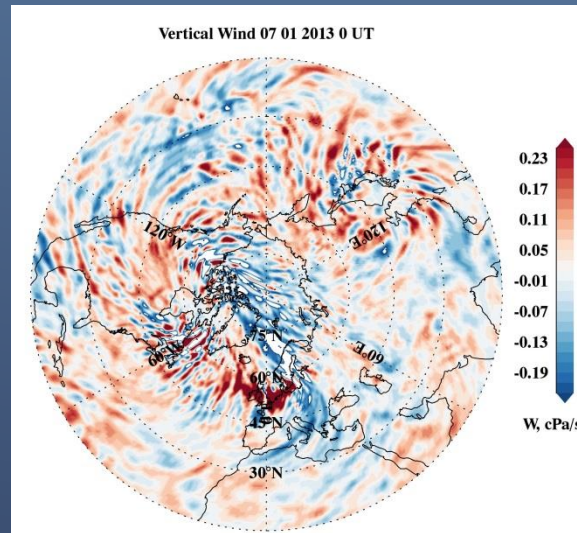
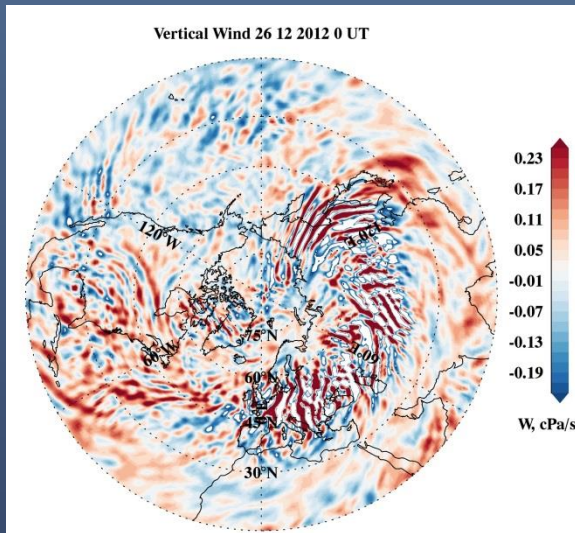
# ЦИРКУМПОЛЯРНЫЙ ВИХРЬ И МЕЛКОМАСШТАБНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ



Для всех анализируемых периодов в распределениях вертикальной скорости атмосферного газа наблюдаются хорошо выраженные среднемасштабные волновые возмущения.

При этом наибольшая интенсивность волновых возмущений регистрируется в областях, которые совпадают с областями высоких значений скорости горизонтального ветра в СТ.

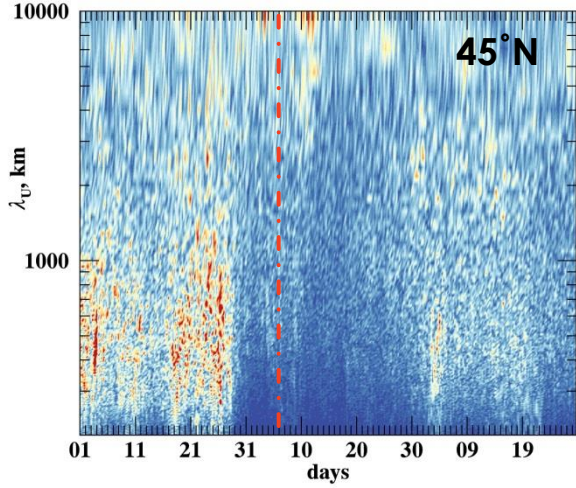
# СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАБЛЮДАЕМЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ



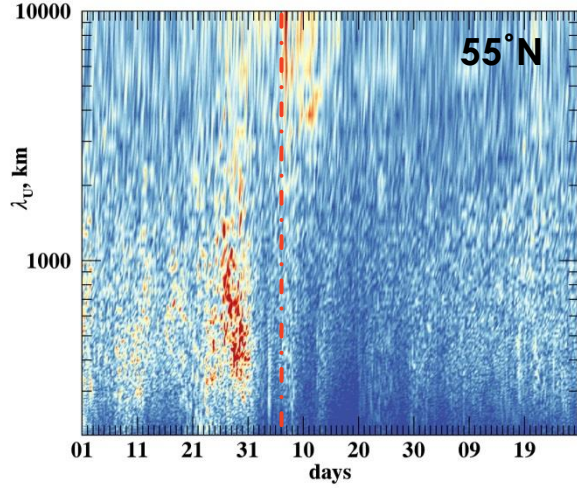
- Широтные вариации интенсивности вариаций определяются положением СТ.
- В верхней стратосфере и нижней мезосфере в высоких широтах основными являются возмущения с длинами волн 700–1500 км.
- При развитии ВСП регистрируется возникновение интенсивных крупномасштабных возмущений на высоких широтах.

# 1 гПа

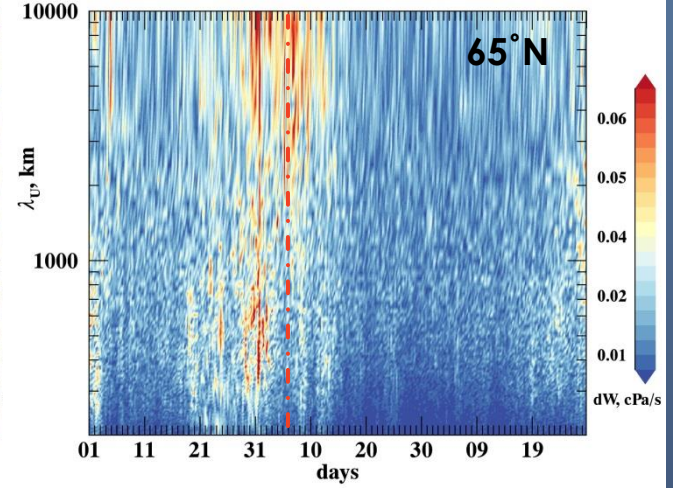
December 2012 - February 2013



December 2012 - February 2013

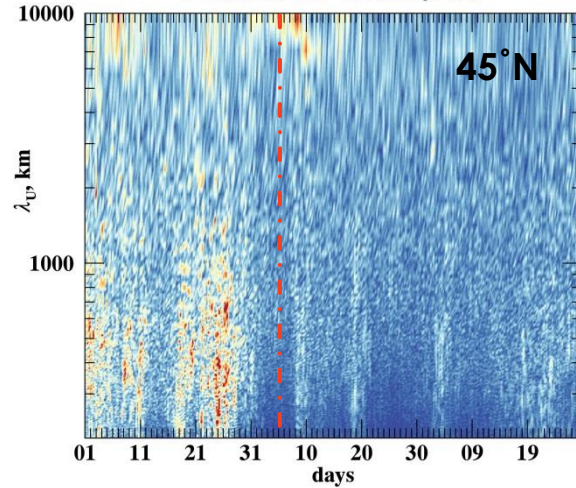


December 2012 - February 2013

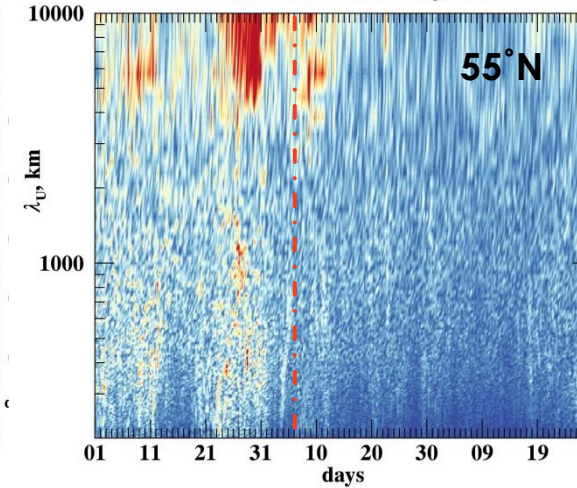


# 10 гПа

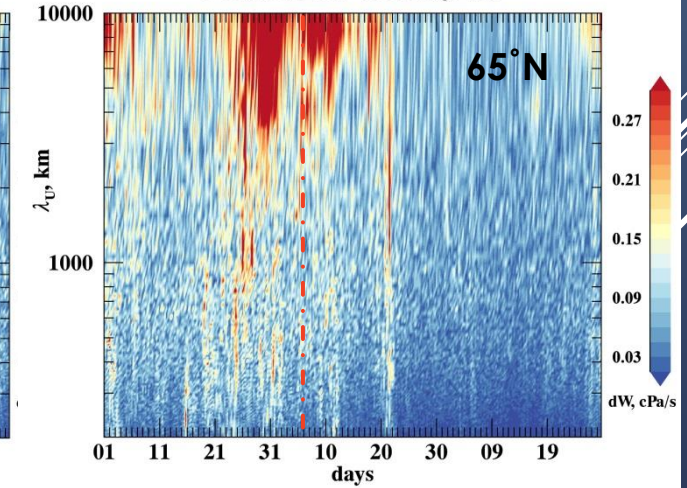
December 2012 - February 2013



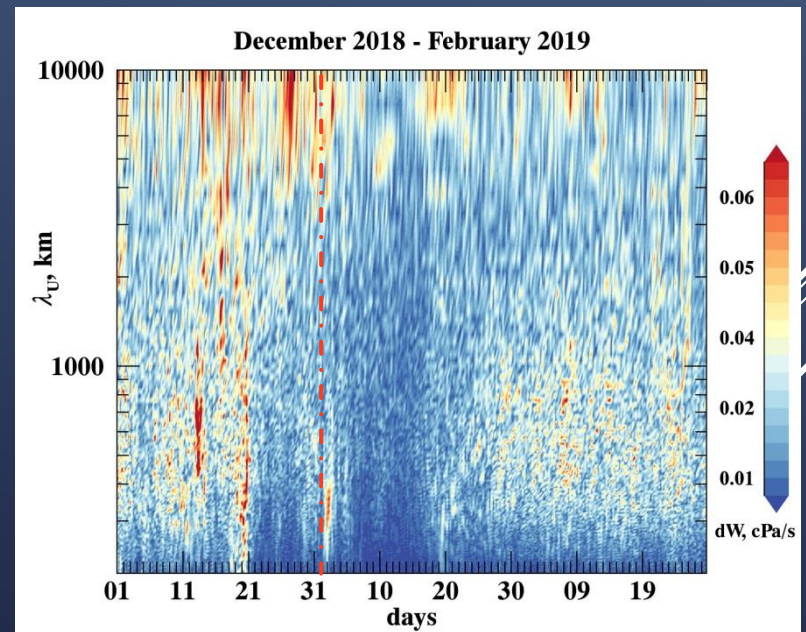
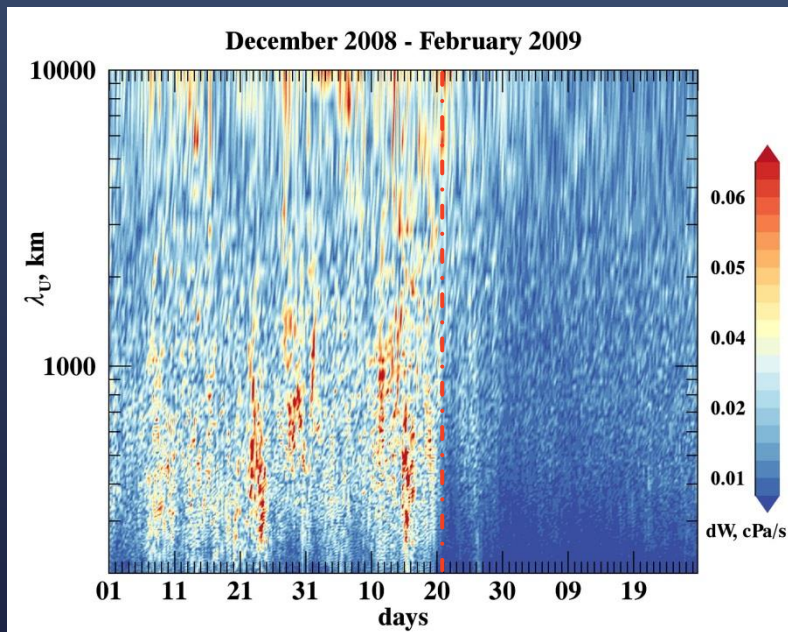
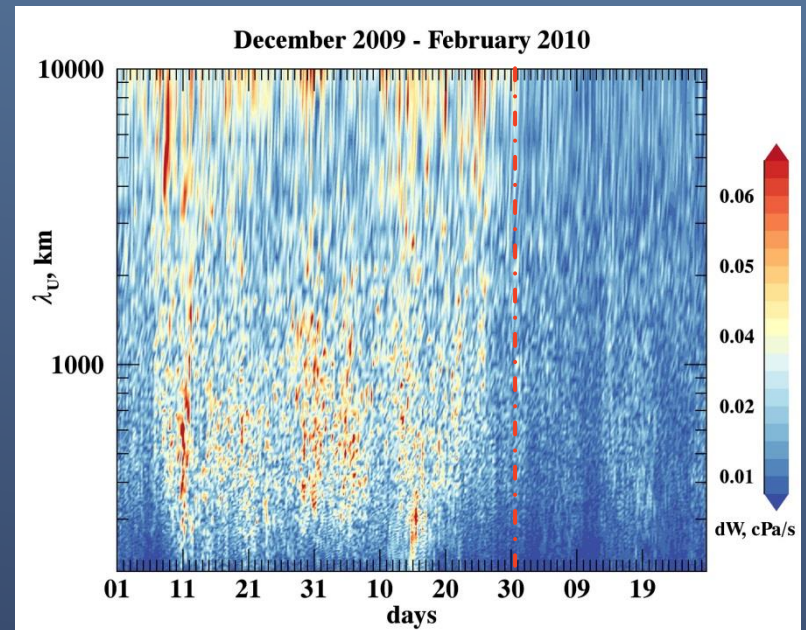
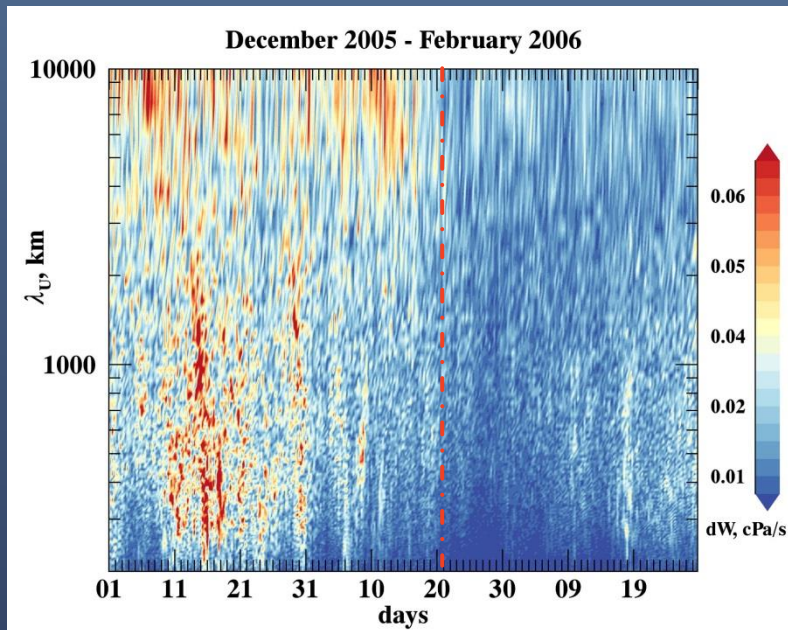
December 2012 - February 2013



December 2012 - February 2013



# Динамические спектры возмущений в стратосфере в зимние периоды



# ИНДЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ ВОЗМУЩЕННОСТИ

Основываясь на распределениях полей вертикальной скорости газа, мы предлагаем индекс для оценки уровня мелкомасштабной волновой возмущенности в стратосфере. Расчет индекса проводился на заданной широте ( $lat$ ) на уровне давления ( $P$ ) рассчитывалось по следующей методике:

- Для выделения крупномасштабных вариаций с масштабами планетарных волн  $W_{TID}$ , проводилось сглаживание зональных распределений вертикальной скорости газа  $W$  скользящим окном  $60^\circ$  по долготе.
- Вклад крупномасштабных вариаций исключался из распределений вертикальной скорости для выделения вклада возмущений с масштабами ВГВ:

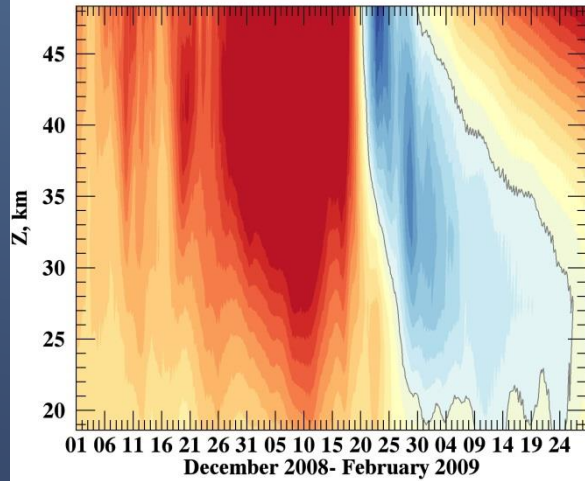
$$W_{IGW}(lon) = W(lon) - W_{TID}(lon)$$

- Далее рассчитывалось стандартное отклонение полученных значений  $W_{IGW}(lon)$  по всей долготе  $StdW_{IGW}$ .
- Стандартное отклонение нормировалось на среднезональное значение  $\langle W_{IGW} \rangle$ .

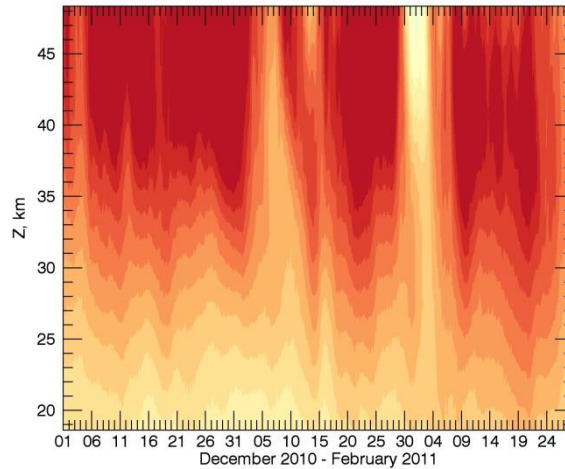
В итоге для каждой широты и момента времени был получен индекс  $StdW(lat, P)$  отражающий относительный уровень возмущенности в стратосфере с периодами ВГВ на указанном уровне давления.

# ИНДЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ ВОЗМУЩЕННОСТИ

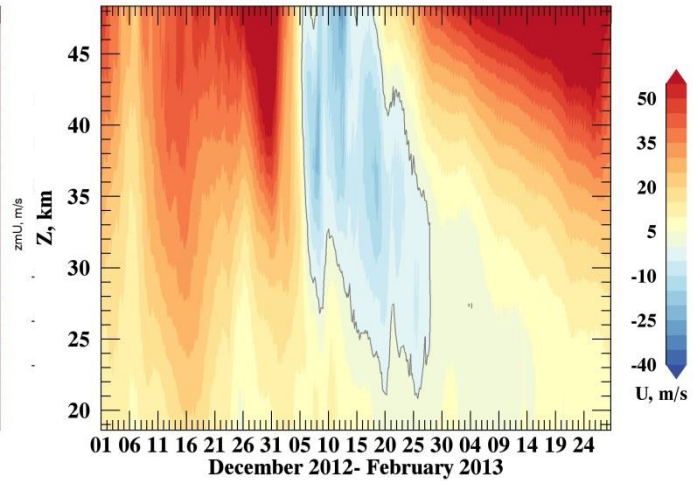
60N Zonal Mean Zonal Wind



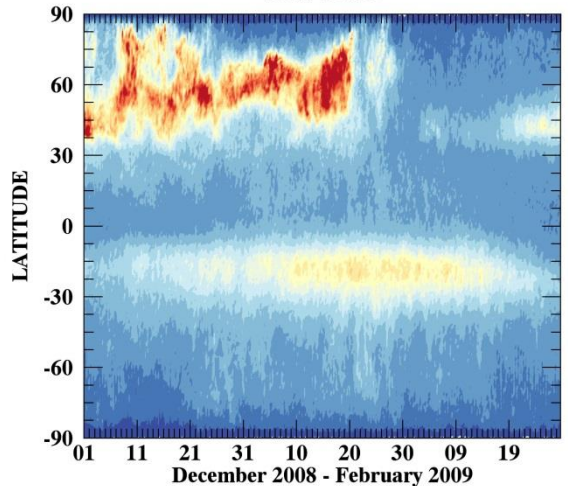
60N Zonal Mean Zonal Wind



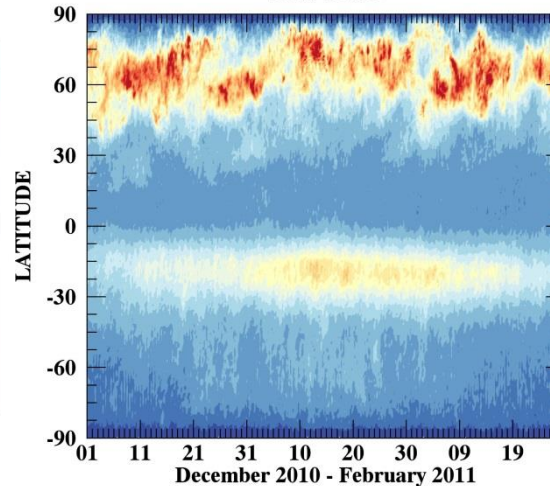
60N Zonal Mean Zonal Wind



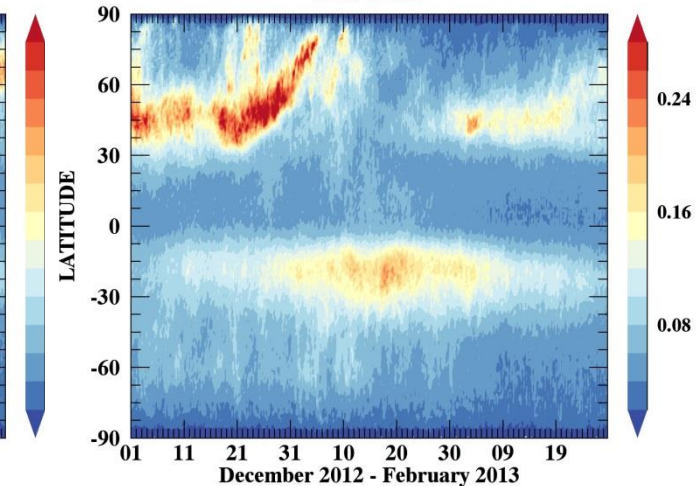
stdW 1 hPa



stdW 1 hPa



stdW 1 hPa



Повышение уровня стратосферной возмущенности наблюдается в ограниченном широтном диапазоне (60-70° широты)

После пика ВСП возмущенность существенно уменьшается



- ▶ Проанализированы параметры мелкомасштабных волновых возмущений, возникающих в периоды развития зимнего ЦПВ.
- ▶ Наибольшая интенсивность возмущений регистрируется в областях, соответствующих высоким горизонтальным скоростям струйного течения (от 100 м/с и выше). В Северном полушарии это широты ~ 40-60° с.ш.
- ▶ В спокойные зимние периоды, когда в страто-мезосфере сформировалось устойчивое струйное течение, горизонтальная длина наиболее интенсивных возмущений варьируется в пределах 300-1000 км, вертикальная длина волны – 5-10 км. Оценка типичных периодов наблюдаемых возмущений соответствует периодам внутренних гравитационных волн (ВГВ).
- ▶ В периоды, предшествующие развитию внезапных стратосферных потеплений (ВСП), струйное течение существенно трансформируется, либо расщепляется. В эти же периоды в пространственных спектрах вариаций регистрируется возникновение интенсивных крупномасштабных планетарных возмущений на высоких широтах, происходит смещение максимума в направлении более длинноволновой области: горизонтальная длина волны наиболее интенсивных возмущений составляет до 10000 км и более.
- ▶ В периоды после максимумов ВСП и на фазе восстановления стратосферной циркуляции наблюдается существенное ослабление генерации волновых возмущений, связанное с разрушением струйного течения. Для отдельных событий такое ослабление наблюдалось до месяца после максимума ВСП (например, после ВСП 2010 г.).
- ▶ Предложен индекс для оценки возмущенности в стратосфере / нижней мезосфере, связанной с мелкомасштабными вариациями.



Девятнадцатая международная конференция  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

(Физические основы, методы и технологии мониторинга  
окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)»

15 - 19 ноября 2021 г. Москва



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!