

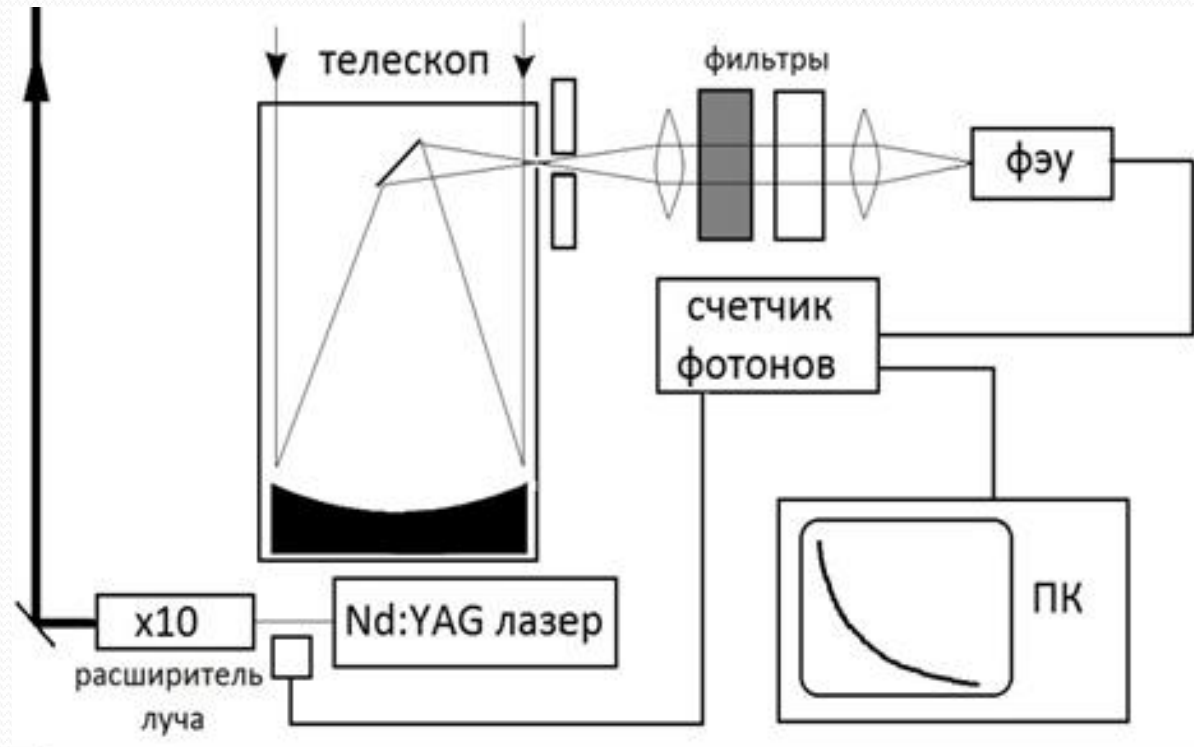
# ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЯКУТИИ

С.В. Николашкин, С.В.Титов

Институт космофизических исследований и аэронавтики им.  
Ю.Г.Шафера СО РАН, г.Якутск, Россия

# Общие сведения о лидаре

Лидар (Light Identification Detection and Ranging — световое обнаружение и определение дальности) — технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах.



## Общие сведения о лидаре

**Лазер: Модель LQ129B.**

<b>Частота следования, Гц</b>	<b>20</b>
<b>Длина волны излучения, нм</b>	<b>532,1064</b>
<b>Выходная энергия, мДж</b>	<b>195,330</b>
<b>Длительность импульсов, нсек</b>	<b>10-13</b>
<b>Диаметр луча, мм</b>	<b>6</b>
<b>Расходимость, мрад</b>	<b>~1</b>
<b>Размер излучателя, мм</b>	<b>490*180*90</b>
<b>Размер блока питания, мм</b>	<b>770*340*670</b>

**Телескоп: Отражающий телескоп системы Ньютона:**

<b>Диаметр зеркала</b>	<b>0,6 м</b>
<b>Фокусное расстояние</b>	<b>2 м</b>
<b>Поле зрения</b>	<b>0,2 мрад</b>
<b>Система телескопа</b>	<b>Ньютона</b>

**Параметры эксперимента**

<b>Диапазон высот зондирования, км</b>	<b>60</b>
<b>Пространственное разрешение по сигналу, км</b>	<b>от 0,1 и выше</b>
<b>Время единичной серии измерений, мин</b>	<b>от 10 до 120</b>

**Система счета фотонов: Модель H8259-01**

<b>Пиковая длина волны, нм</b>	<b>430</b>
<b>Минимальная длина волны, нм</b>	<b>185</b>
<b>Максимальная длина волны, нм</b>	<b>850</b>
<b>Тип выхода</b>	<b>счет фотонов</b>
<b>Тип катода</b>	<b>мультищелочной</b>

## Челябинский (Чебаркульский) метеорит



Падение метеорита «Челябинск» — явление, произошедшее утром 15 февраля 2013 года, примерно в 9:20 по местному времени (UTC+6). Метеорное тело взорвалось в окрестностях Челябинска на высоте 15—25 км. По расчетам НАСА, метеороид, диаметром около 17 метров и массой порядка 10 тыс. тонн, вошёл в атмосферу Земли на скорости около 18 км/с. Судя по продолжительности атмосферного полёта, вход произошёл под очень острым углом. Спустя примерно 32,5 сек после входа в атмосферу небесное тело разрушилось. Разрушение представляло собой серию событий, сопровождавшихся распространением ударных волн. Общее количество высвободившейся энергии по оценкам НАСА составило около 500 килотонн в тротиловом эквиваленте, по оценкам РАН — 100–200 килотонн.

В ходе лидарного зондирования атмосферы под Якутском 20 февраля 2013 г. (N 61.66, S 129.37) был обнаружен аэрозольный слой на высоте 39-40 км с коэффициентом аэрозольного рассеяния  $\sim 1,5$

# Профили коэффициента R аэрозольного рассеяния 20.02.13 по лидарным измерениям в Якутске

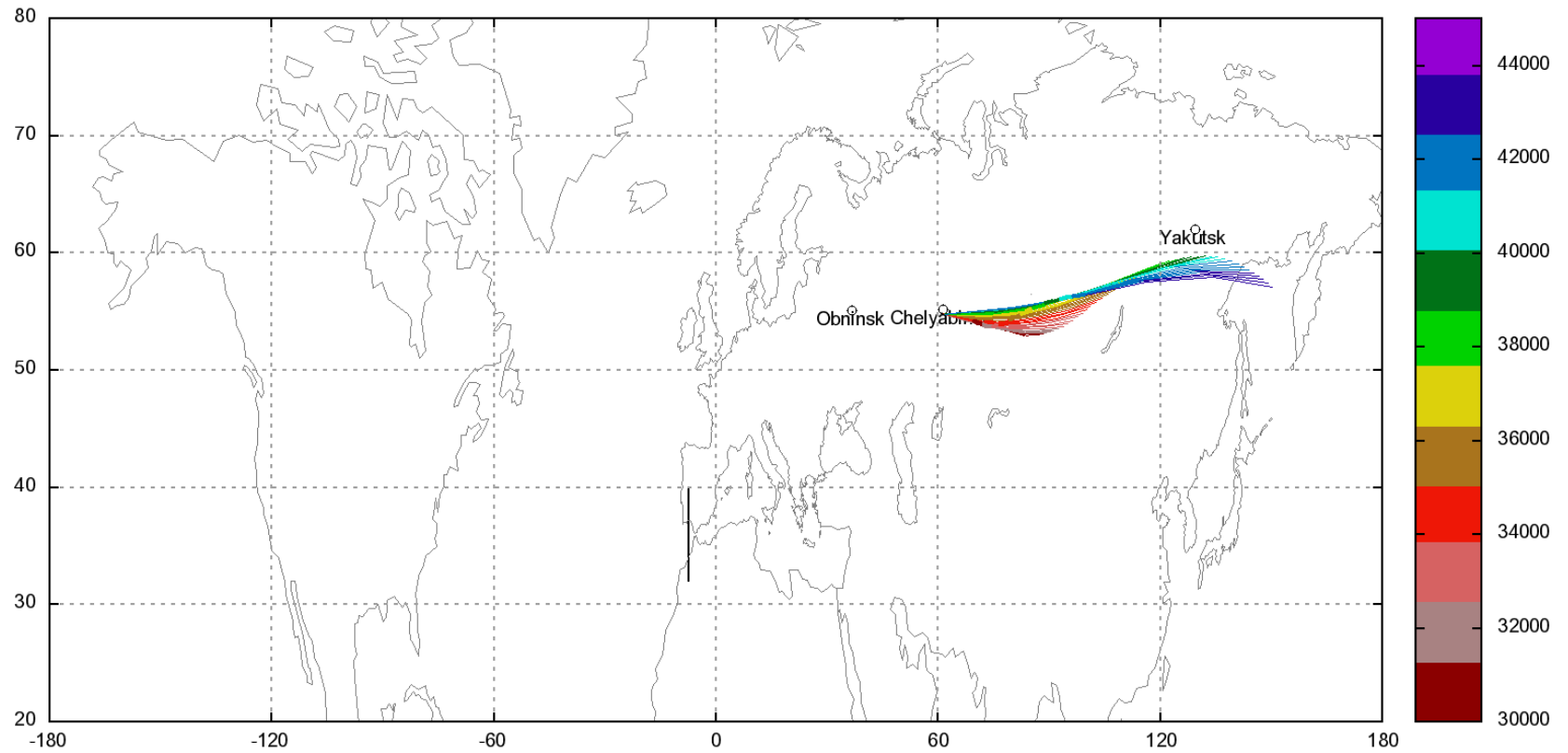


## Основные параметры наблюдавшегося аэрозольного слоя

Время LT	R	Высота, км
23:41	1,53	39,55
23:51	1,69	39,55
00:01	1,63	39,39
00:11	1,56	39,30
00:21	1,36	39,25

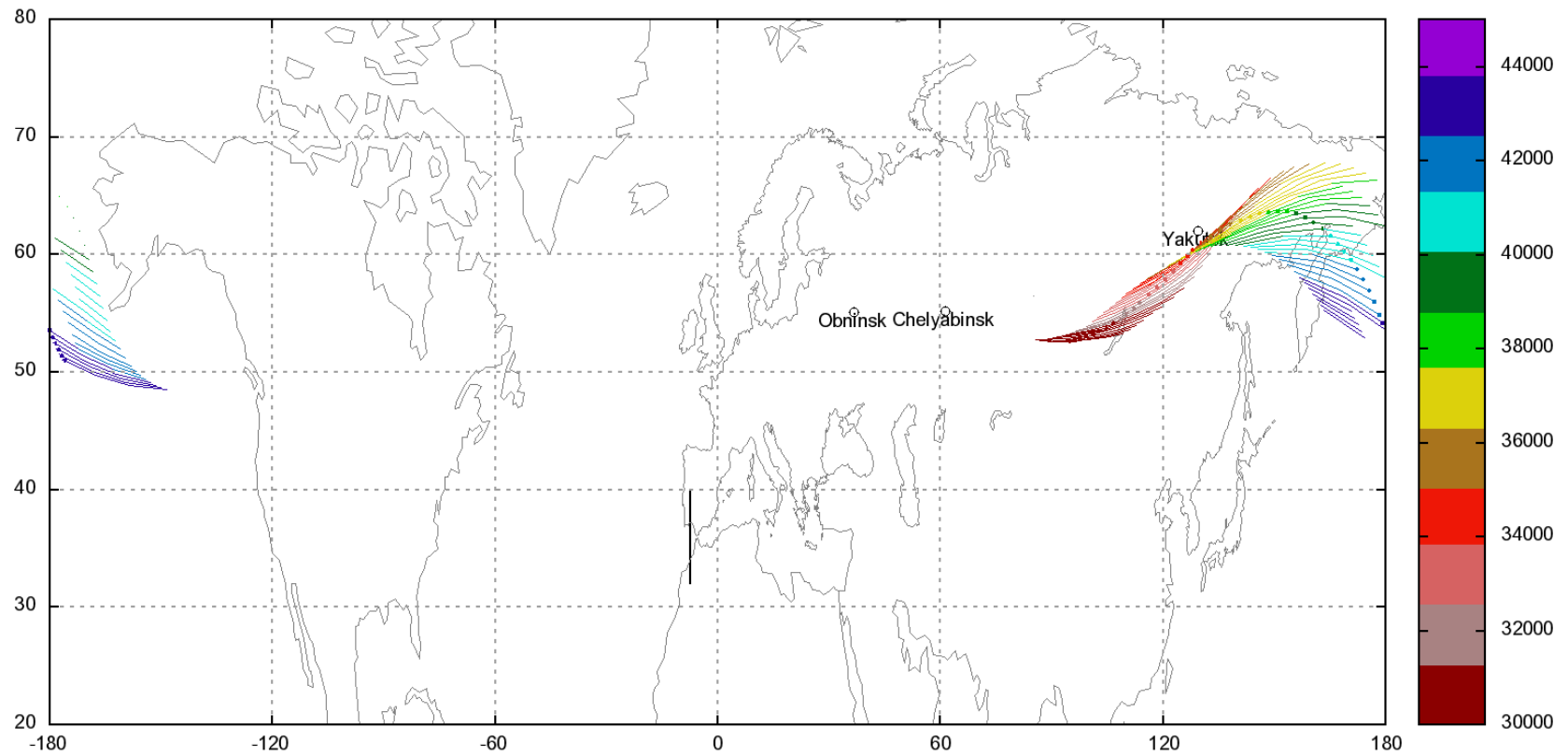
# Карты траекторий воздушных масс

2013-02-15



# Карты траекторий воздушных масс

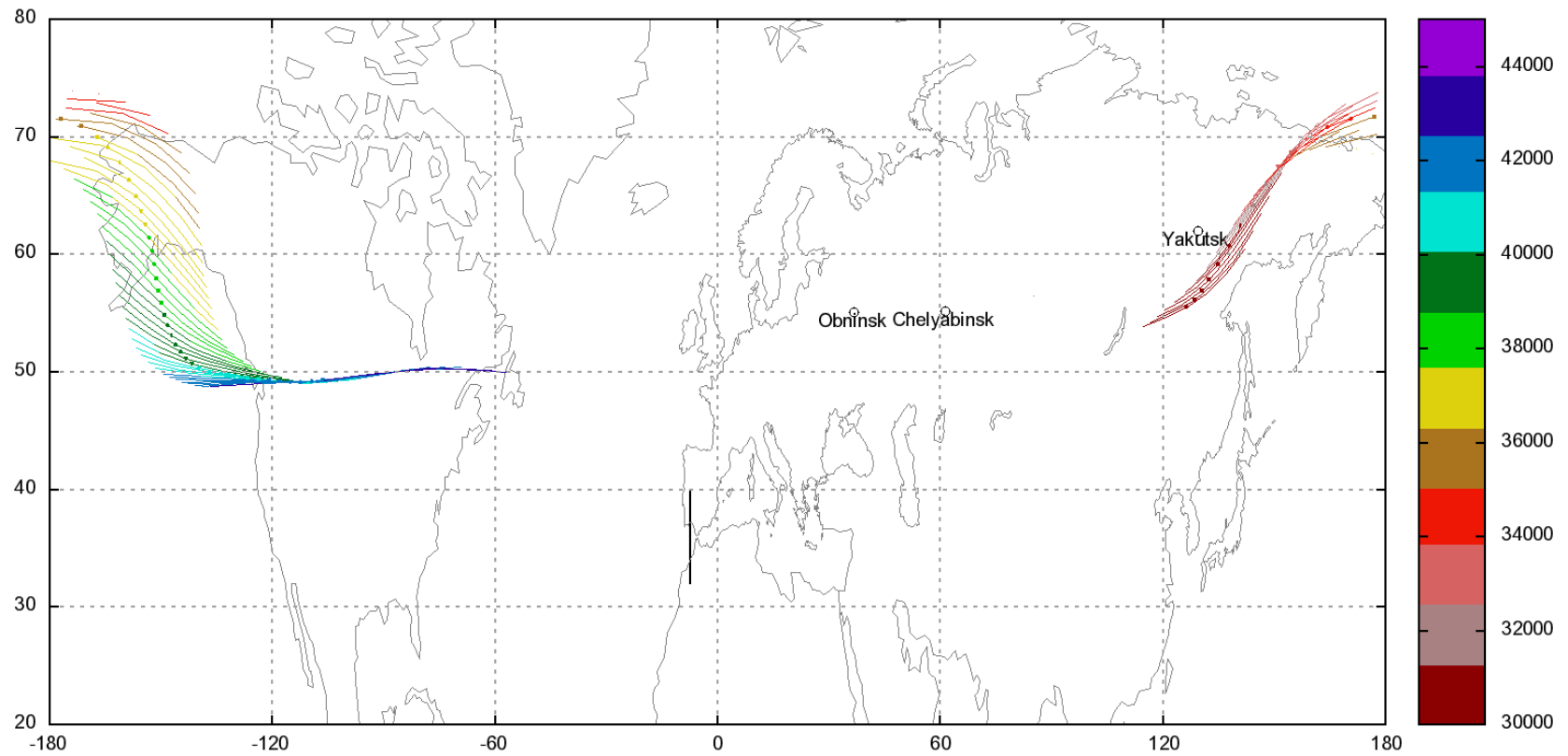
2013-02-16





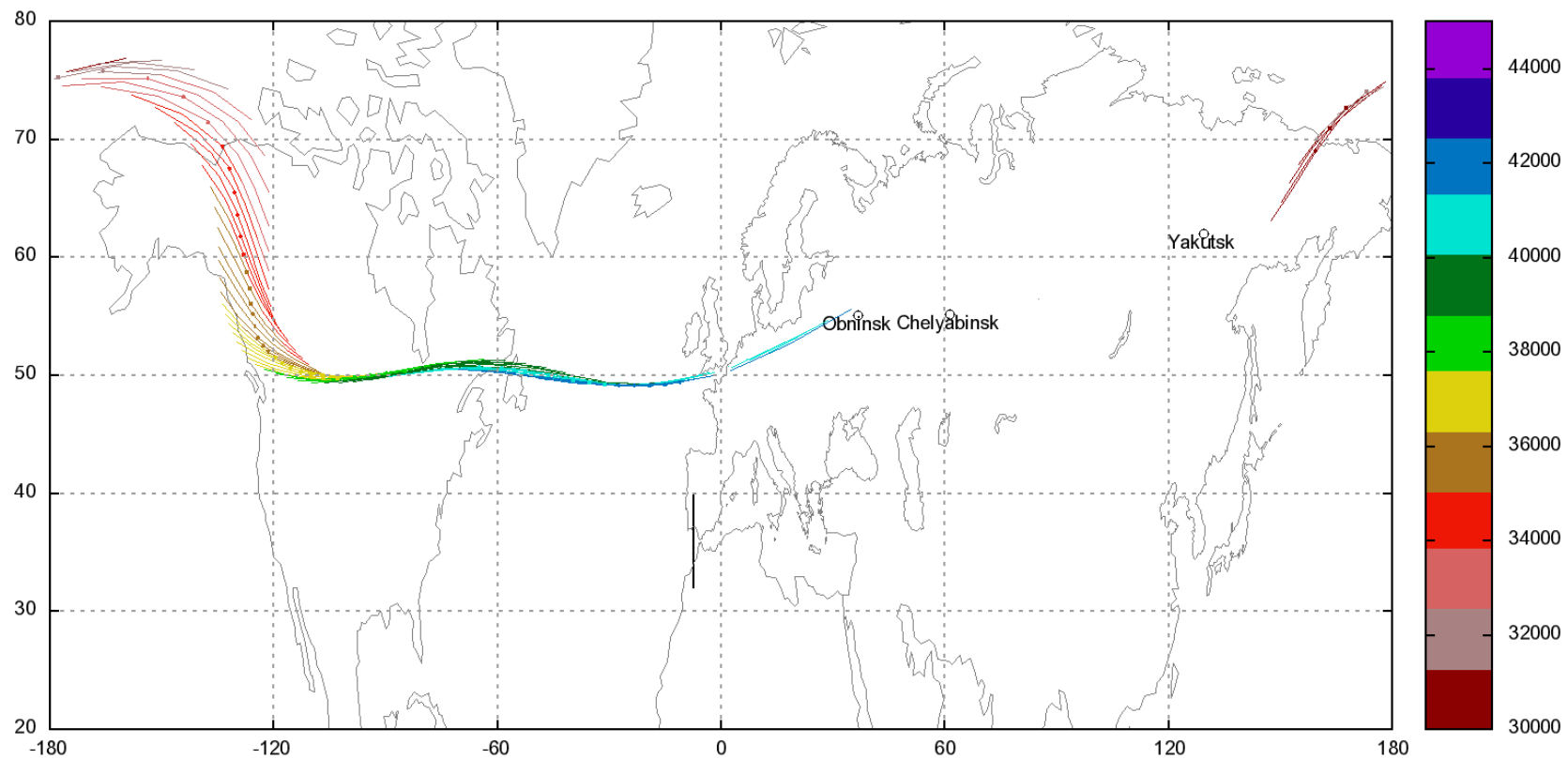
# Карты траекторий воздушных масс

2013-02-17



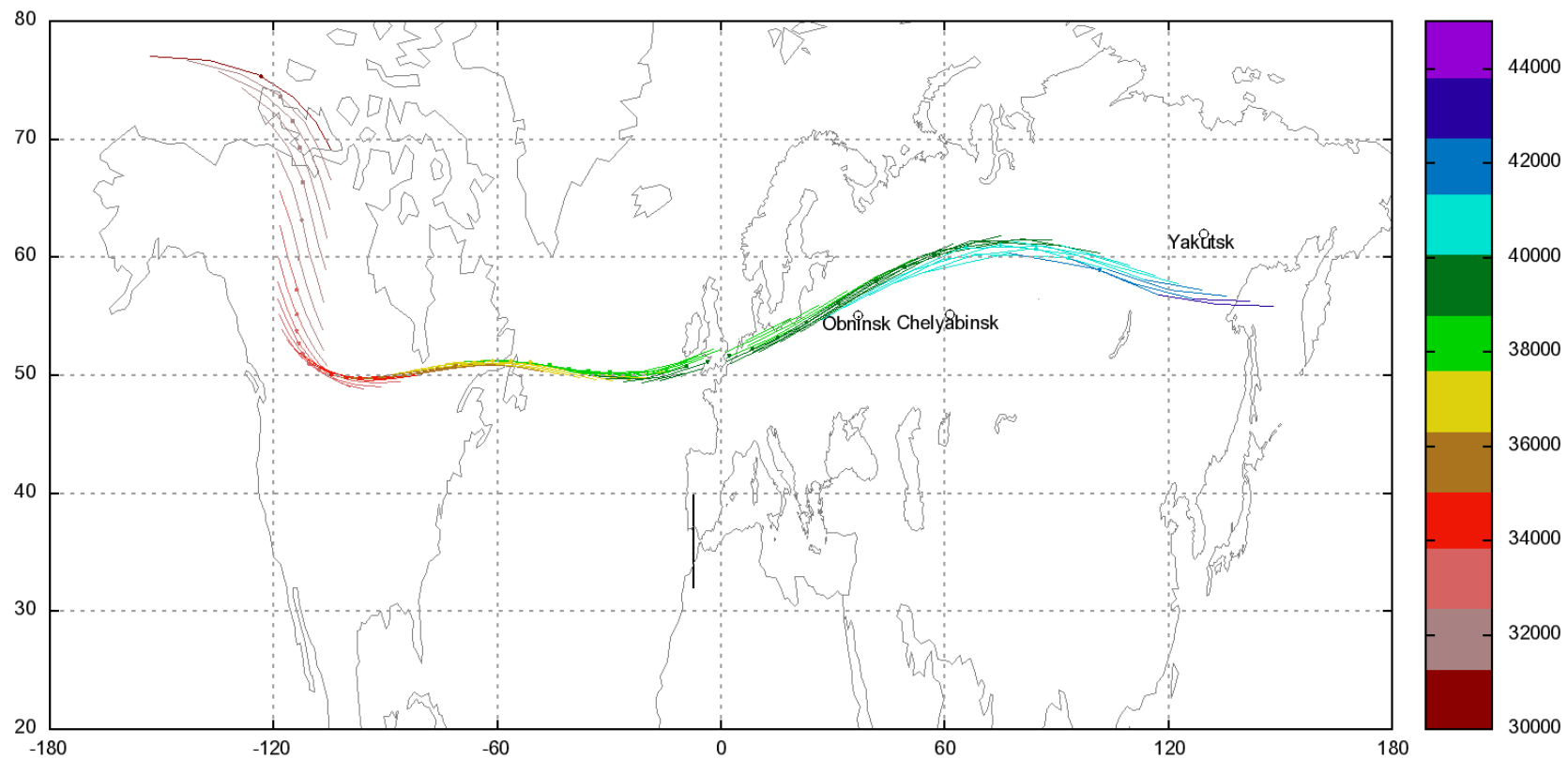
# Карты траекторий воздушных масс

2013-02-18



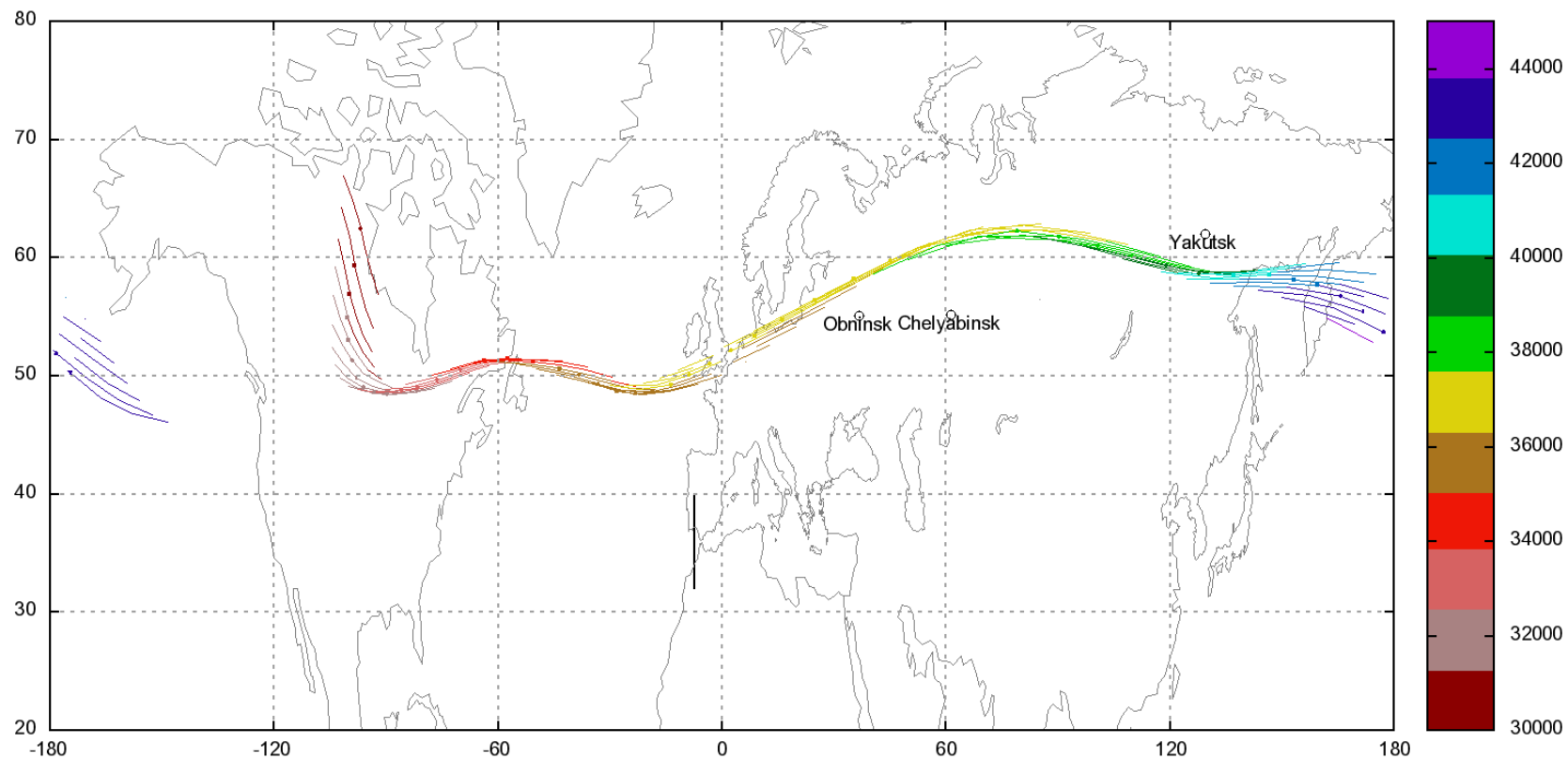
# Карты траекторий воздушных масс

2013-02-19



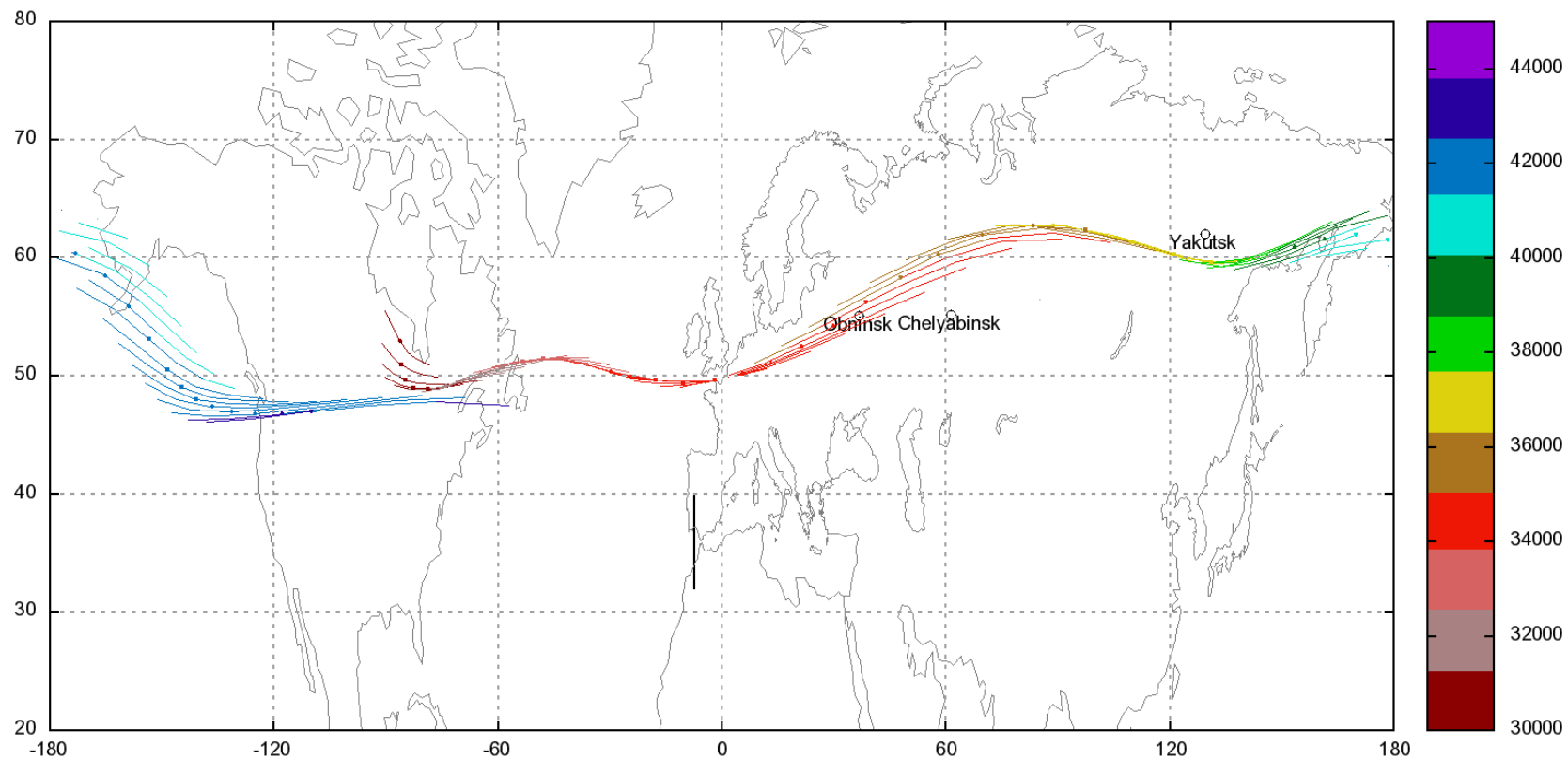
# Карты траекторий воздушных масс

2013-02-20



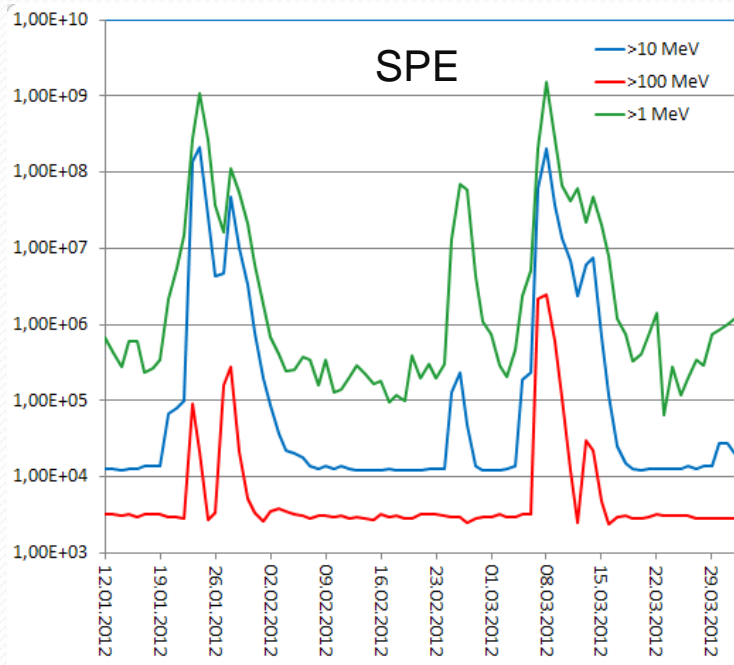
# Карты траекторий воздушных масс

2013-02-21

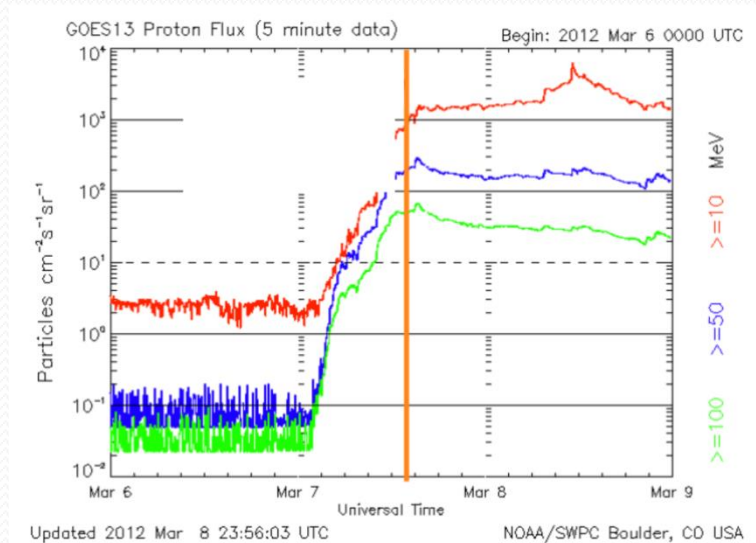
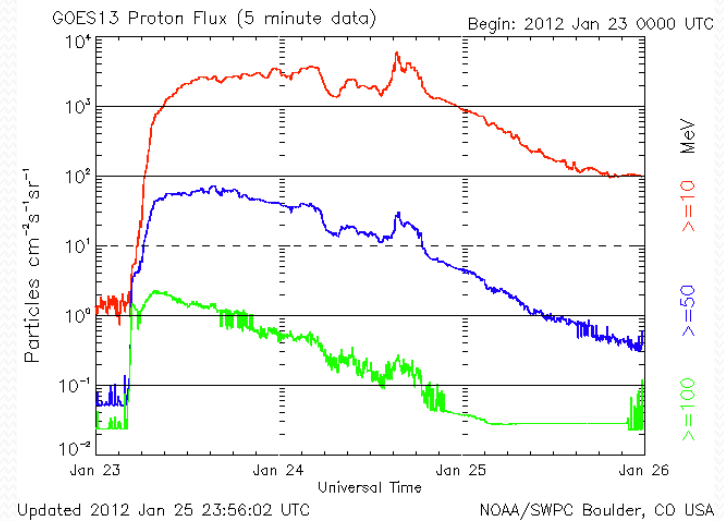


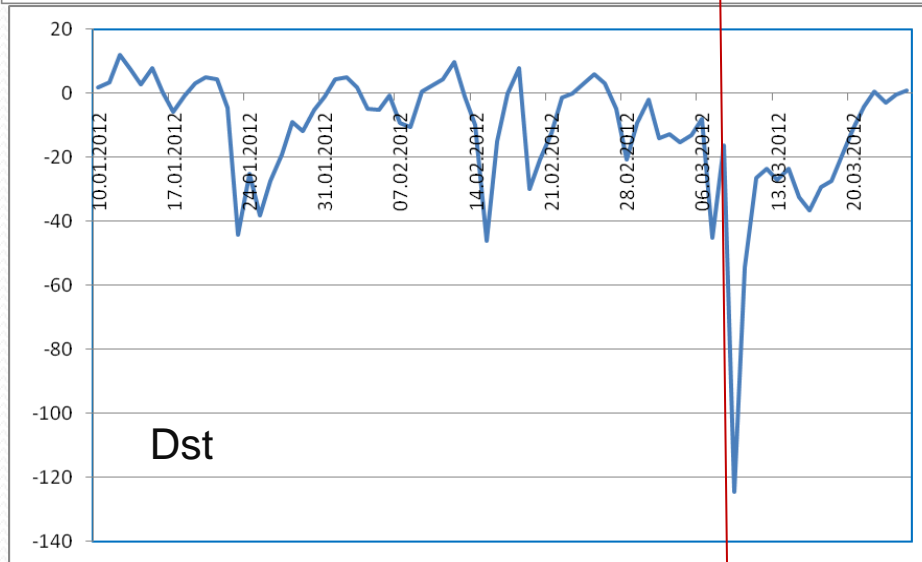
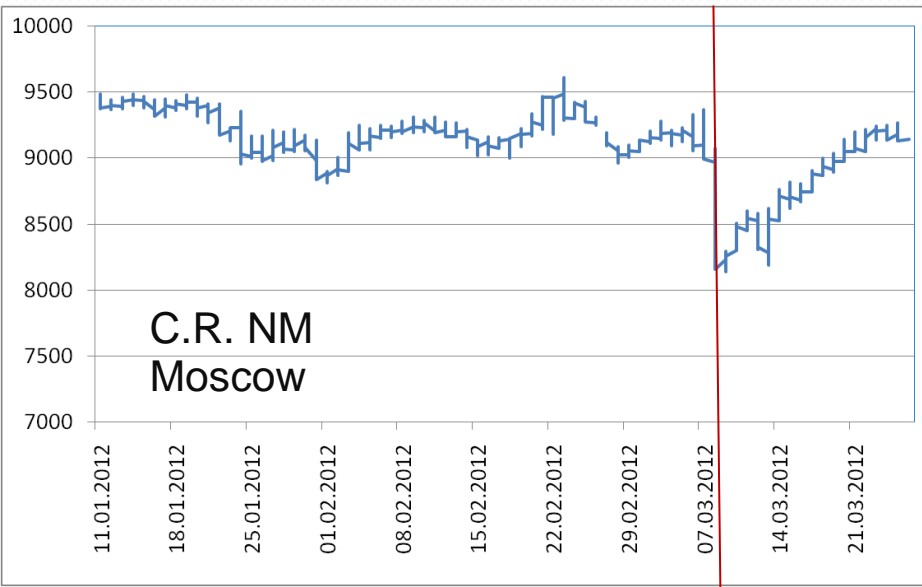
## Оценка погрешностей измерений и расчетов

Оценка влияния погрешностей данных на результаты моделирования изоэнтропийных траекторий воздушных масс, показала, что на высотах 30-40 км случайный разброс траекторий через 5 дней составил около 300 км, а через 10 дней 300-800 км. Ближайшие расстояния от точки наблюдения до траекторий имеют тот же порядок, следовательно, могут служить критерием того, что траектории достигли точки наблюдения. Высотное разрешение лидара 0,075 км. погрешность измерений  $R$  на высоте 40 км составляет 0,1.



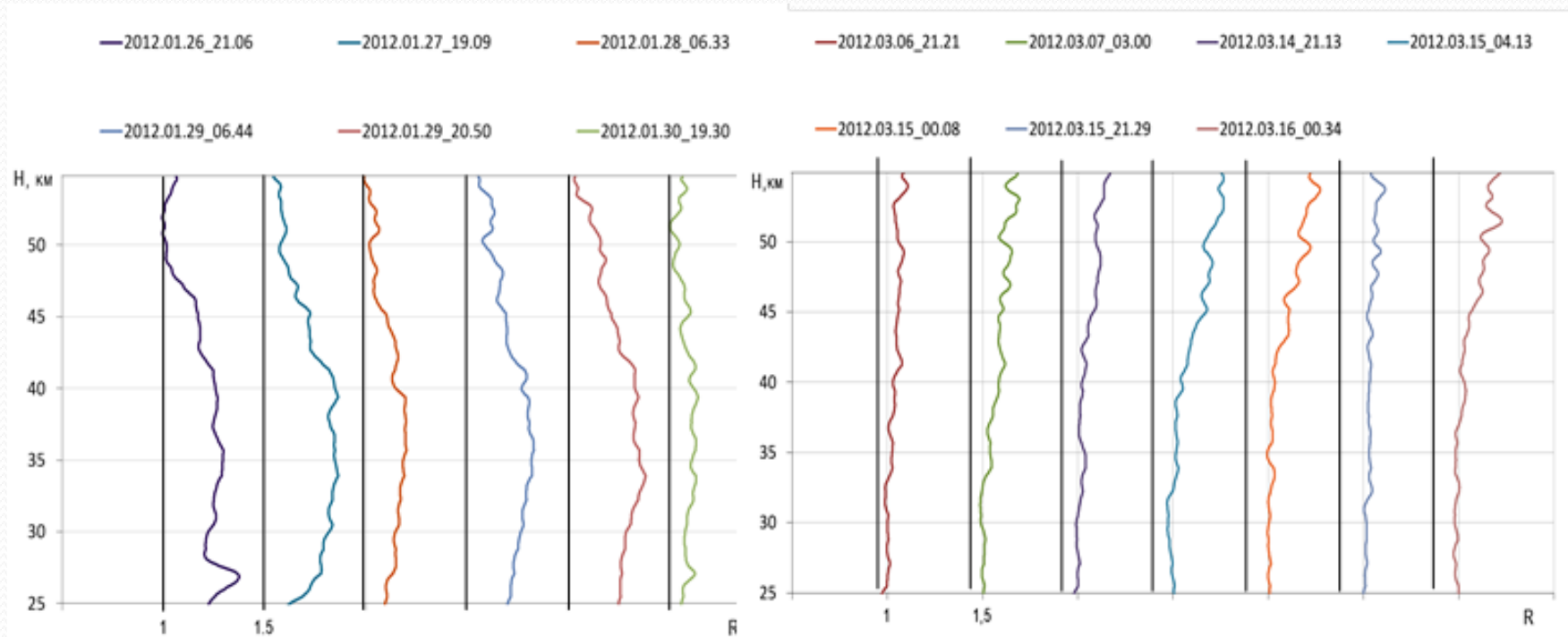
1. Плотность частиц  $>10$  MeV в обоих SPE  $\sim 2 \cdot 10^8$   $\text{p/cm}^2 \cdot \text{daysr}$ .
2. Плотность частиц  $>100$  MeV во втором случае больше чем в первом SPE и составила  $2.8 \cdot 10^5$ ,  $2.5 \cdot 10^6$ , соответственно.
3. SPE 7 марта вызвало сильную геомагнитную бурю ( $Dst \sim 120$  nT) и 15% Форбуш-понижение.



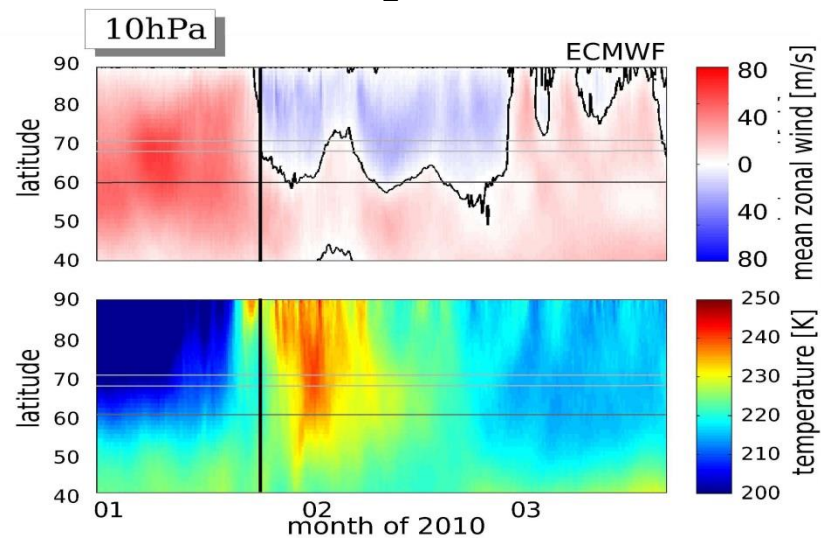
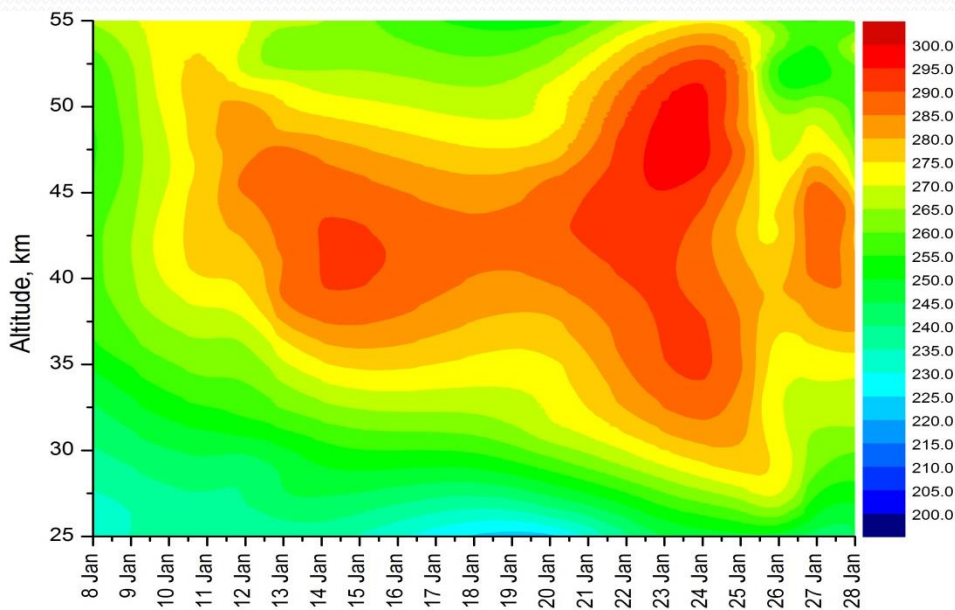
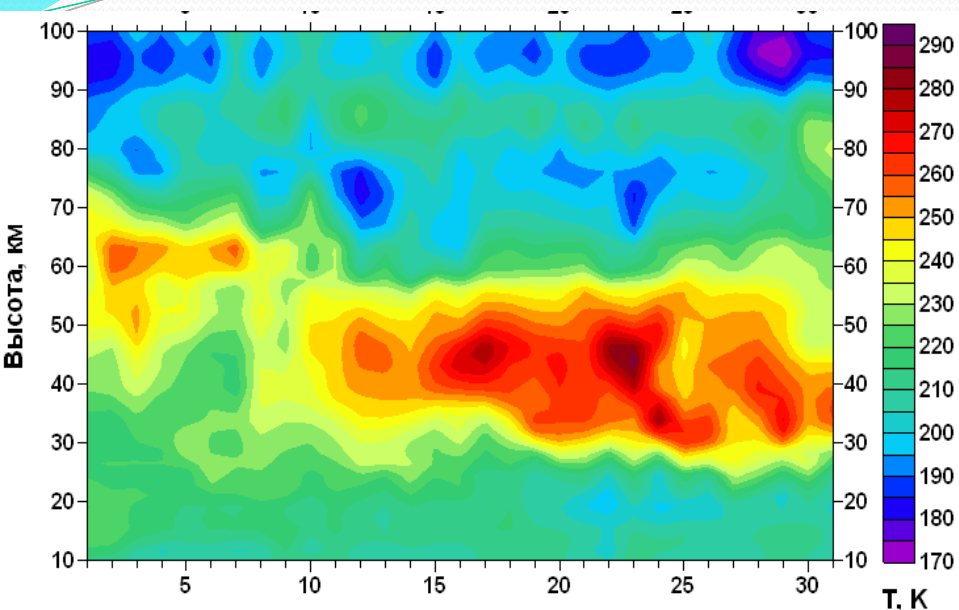




# Аэрозольное наполнение на уровне стратосферы после солнечных протонных событий 23-24 января и на уровне мезосферы после солнечных протонных событий 7-8 марта

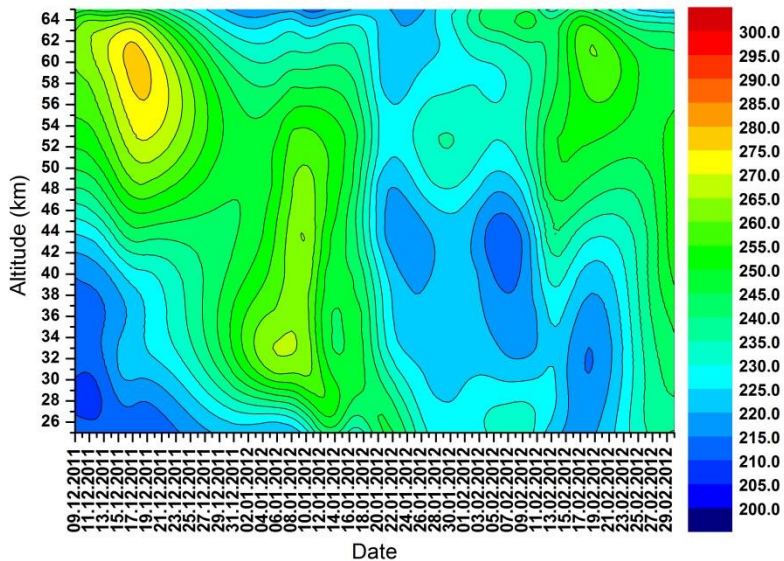
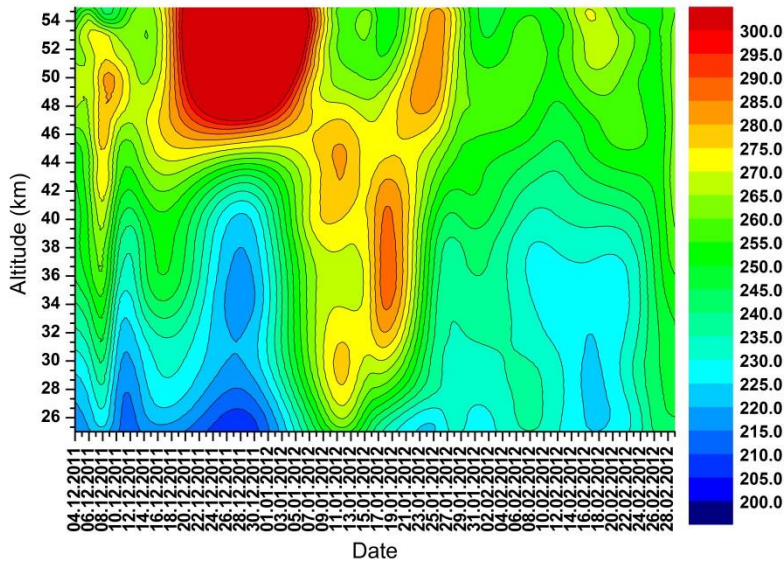


# Температура средней атмосферы за период наблюдений зимой 2009-2010



Зимнее стратосферное потепление, наблюдавшееся в январе 2010 г. имело класс "major", т.е. во время потепления наблюдалось обращение направления среднего зонального стратосферного ветра на восточное. Максимум потепления над Якутском приходится на 23 января на высоте 42-43 км. При этом величина разогрева доходит до 60 К. К развитию потепления привело смещение циркумполярного вихря с образованием планетарной волны с волновым числом 1. Сжатие данной волны с областью повышенного давления, расположенного над Северной Америкой привело к выделению тепла в атмосферу.

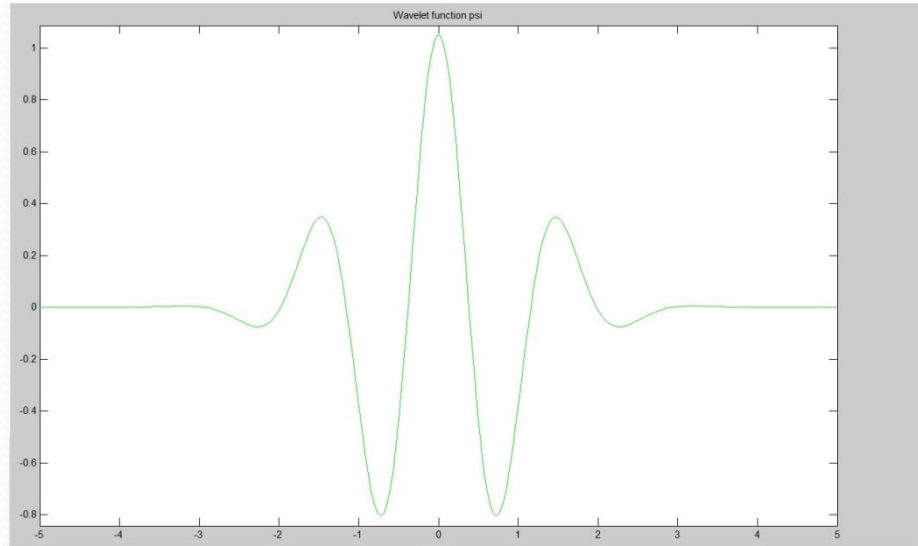
# Температура средней атмосферы за период наблюдений зимой 2011-2012



Максимальное значение ВСП составило около 300 К и 280 К по данным лидара и спутника “Aura” соответственно. Из рисунков можно проследить постепенное понижение очага ВСП с вертикальным градиентом порядка 1 км в сутки. Понижение высоты очага ВСП объясняется образованием критического уровня и его опусканием. Особенностью этого ВСП является наличие сдвоения стратоспаузы 10 января 2012 года. Которое, по видимому, может быть вызвано взаимодействием внутренних гравитационных волн с планетарной волной в результате которого образовалось два критических уровня на высотах 44 км и 30 км. В дальнейшем очаг ВСП диссипировался на нижней стратоспаузе.

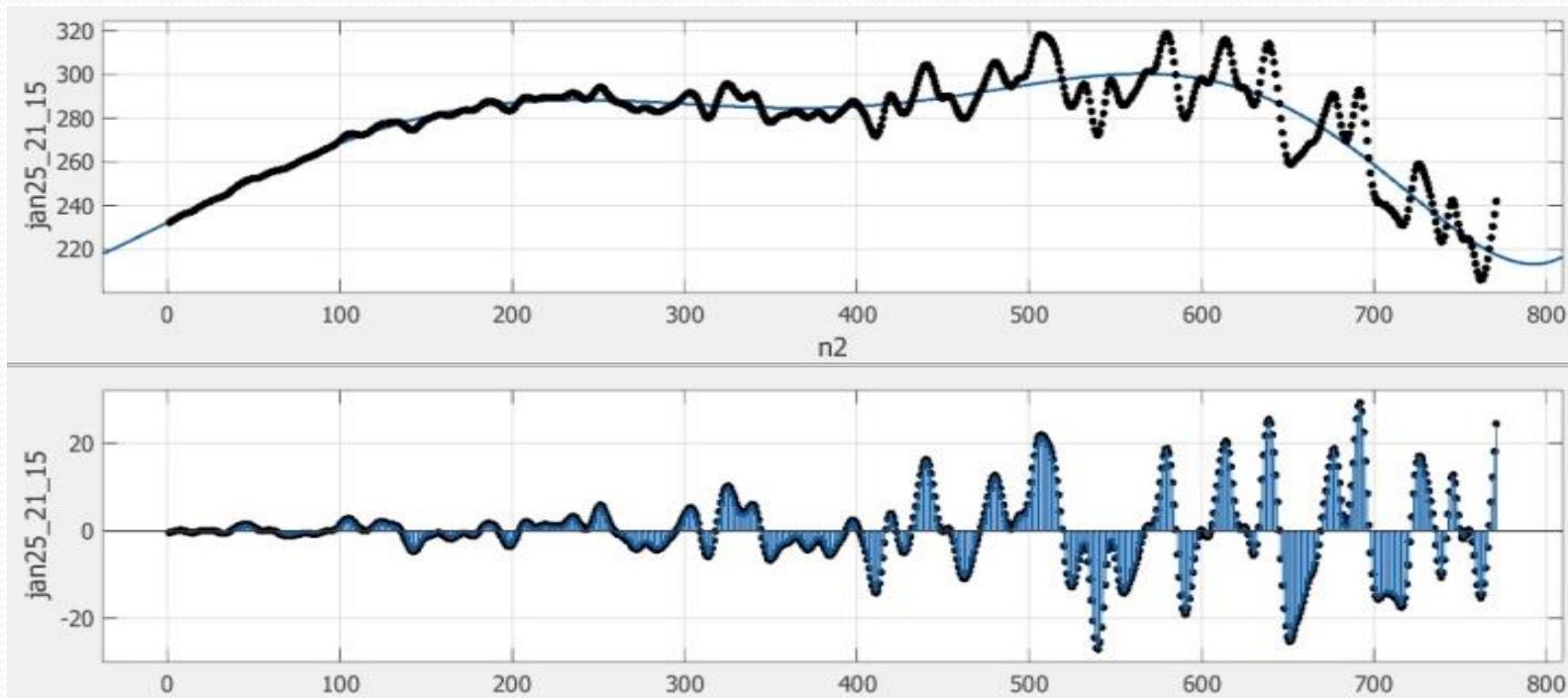
# Вейвлет преобразование

Одним из принципиальных отличий вейвлет-преобразования от Фурье-анализа является огромное множество функций, которые можно использовать в качестве базисных вейвлетов. Выбор конкретной функции зависит от того, что конкретно исследователь хочет выделить в анализируемых данных, и от специфики самих данных. В нашем анализе мы использовали вейвлет-Гаусса. Он имеет оптимальную для нас временную и частотную локализации.



Вейвлеты представляют собой особые функции в виде коротких волн (всплесков) с нулевым интегральным значением и с локализацией по оси независимой переменной ( $t$  или  $x$ ), способных к сдвигу по этой оси и масштабированию (растяжению/сжатию). 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.

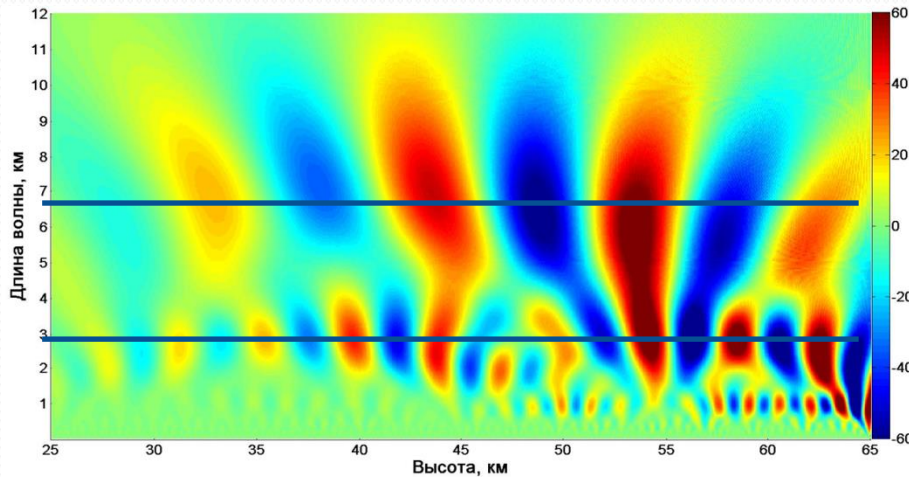
## Пример сглаживания температурных данных



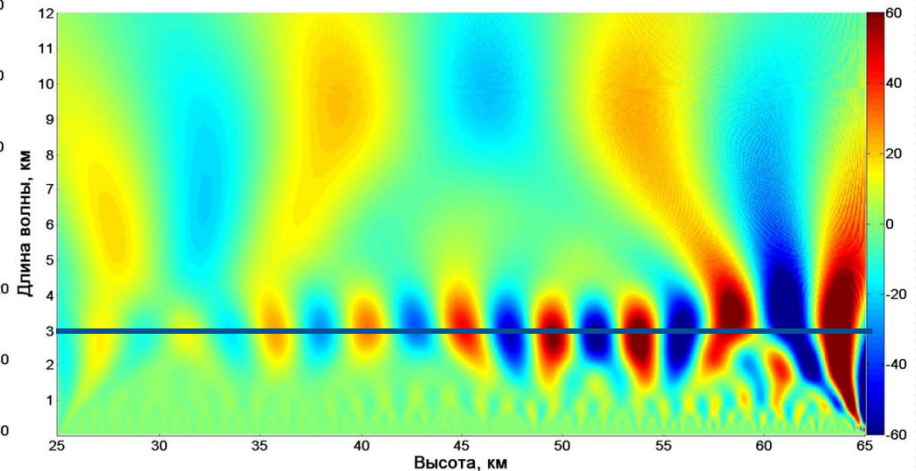
Для проведения спектрально-временного анализа температурные профили, полученные лидаром, сначала сглаживаются скользящим окном 2 км, затем полиномом восьмого порядка для получения вариаций температуры  $\Delta T$ .

# 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



Спасибо за внимание