

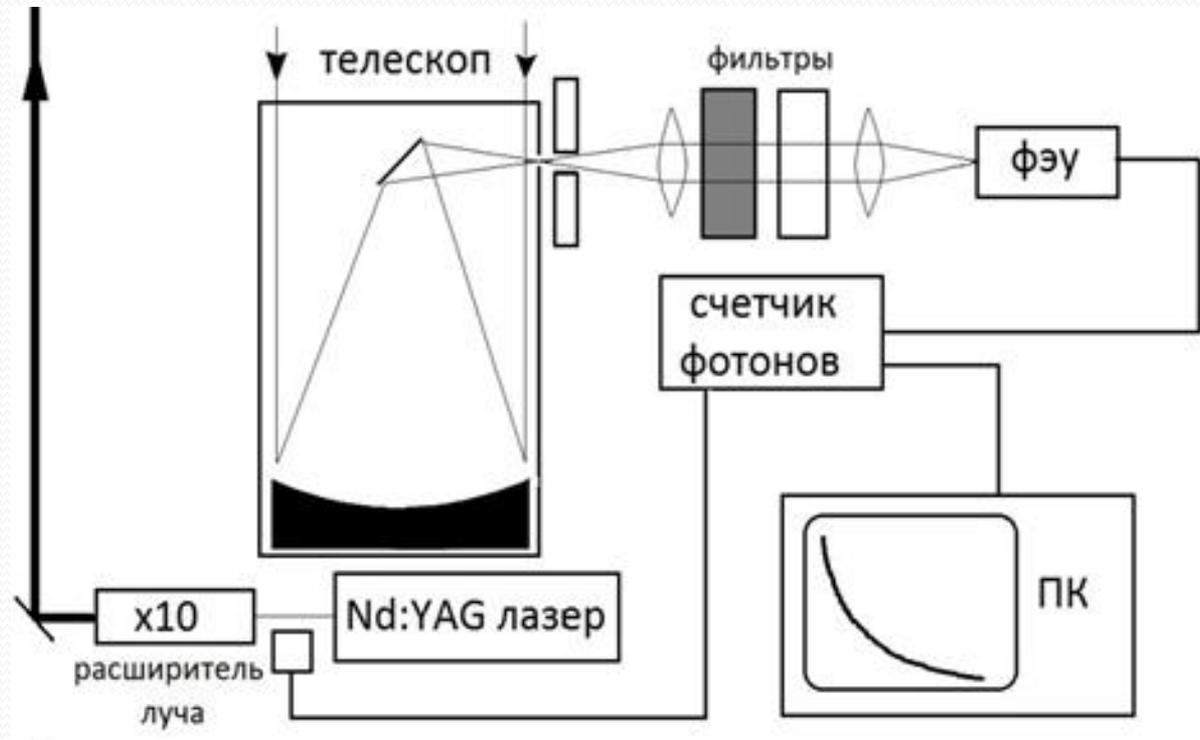
ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЯКУТИИ

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.

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

Телескоп: Отражающий телескоп системы Ньютона:

Диаметр зеркала	0,6 м
Фокусное расстояние	2 м
Поле зрения	0,2 мрад
Система телескопа	Ньютона

Параметры эксперимента

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

Система счета фотонов: Модель H8259-01

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

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

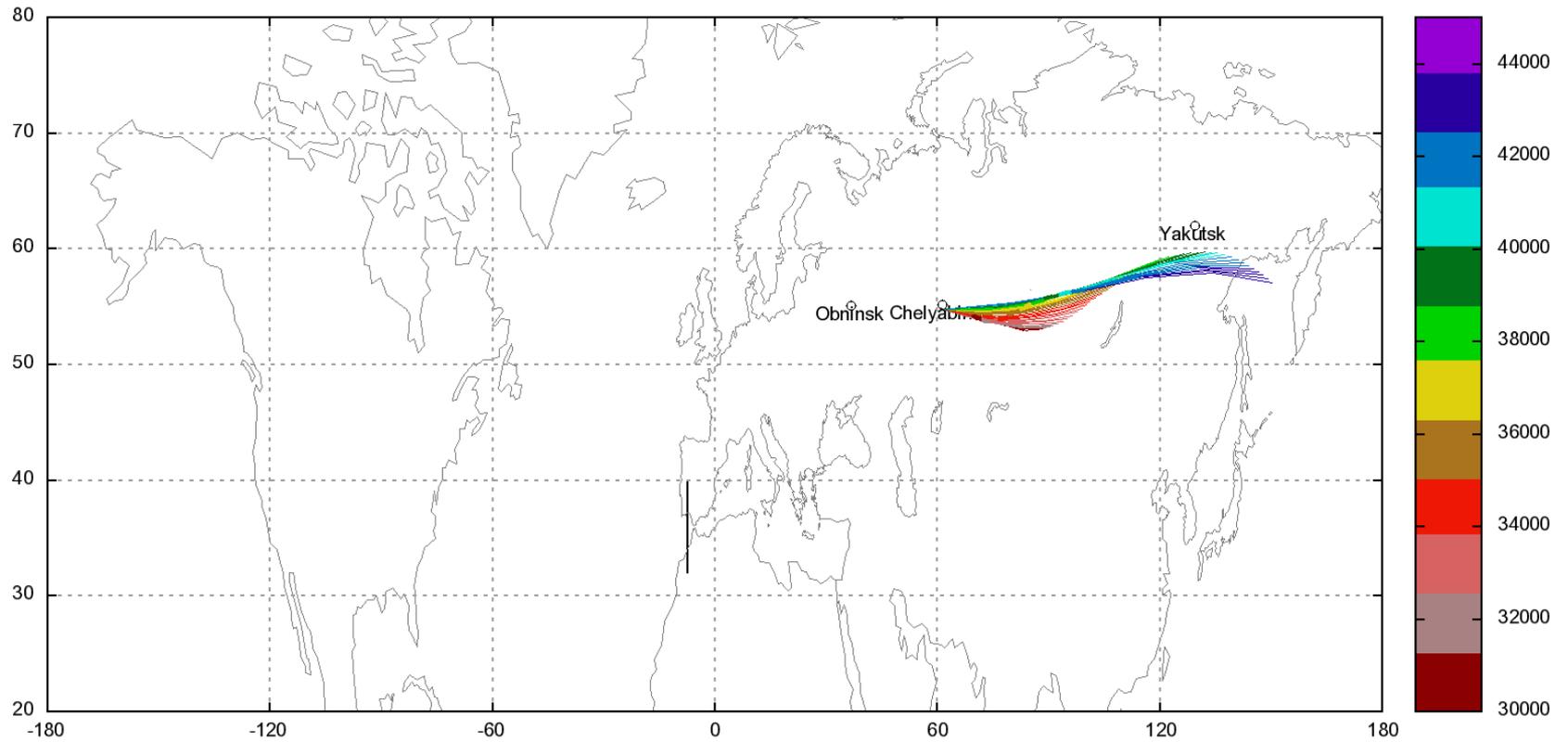


Основные параметры наблюдавшегося аэрозольного слоя

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

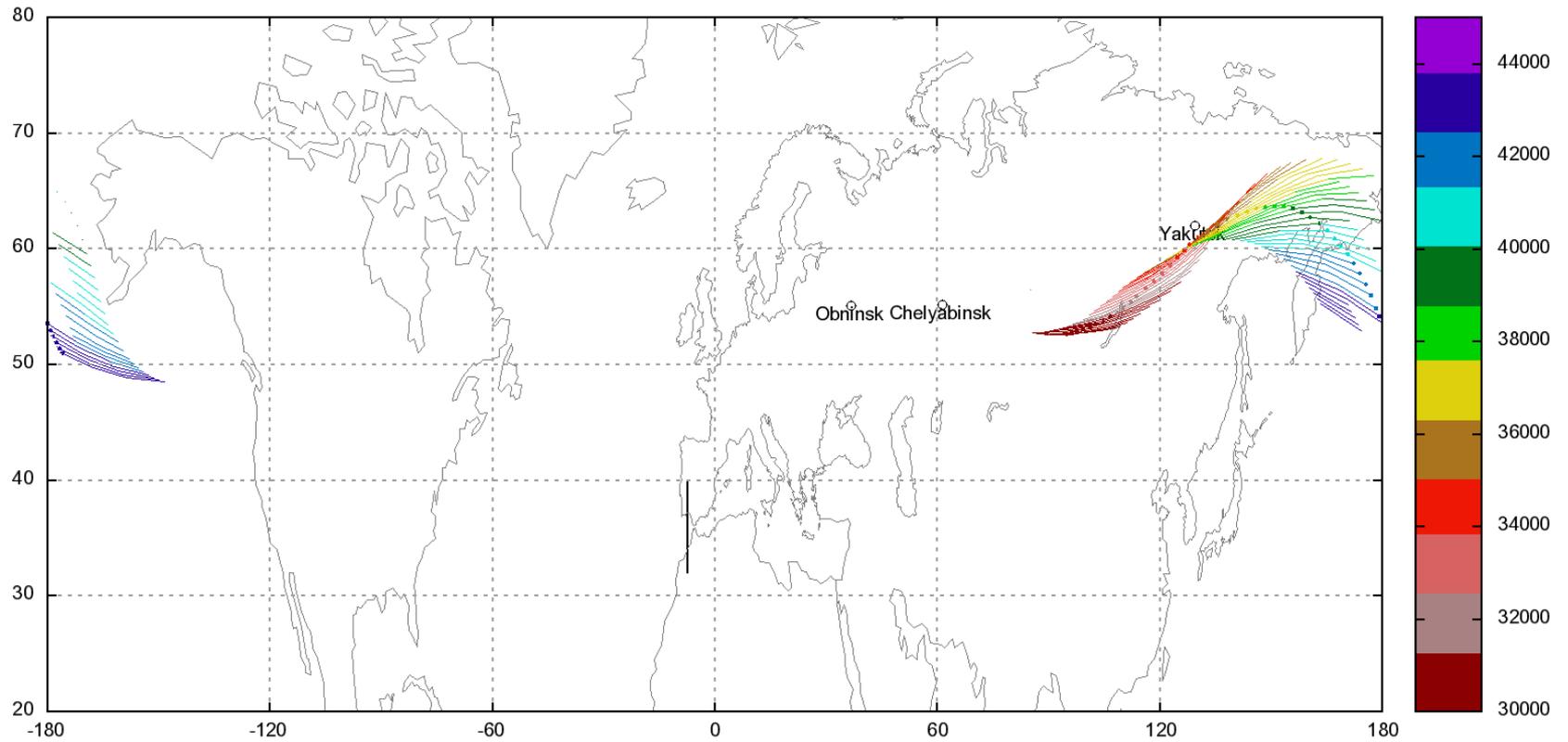
Карты траекторий воздушных масс

2013-02-15



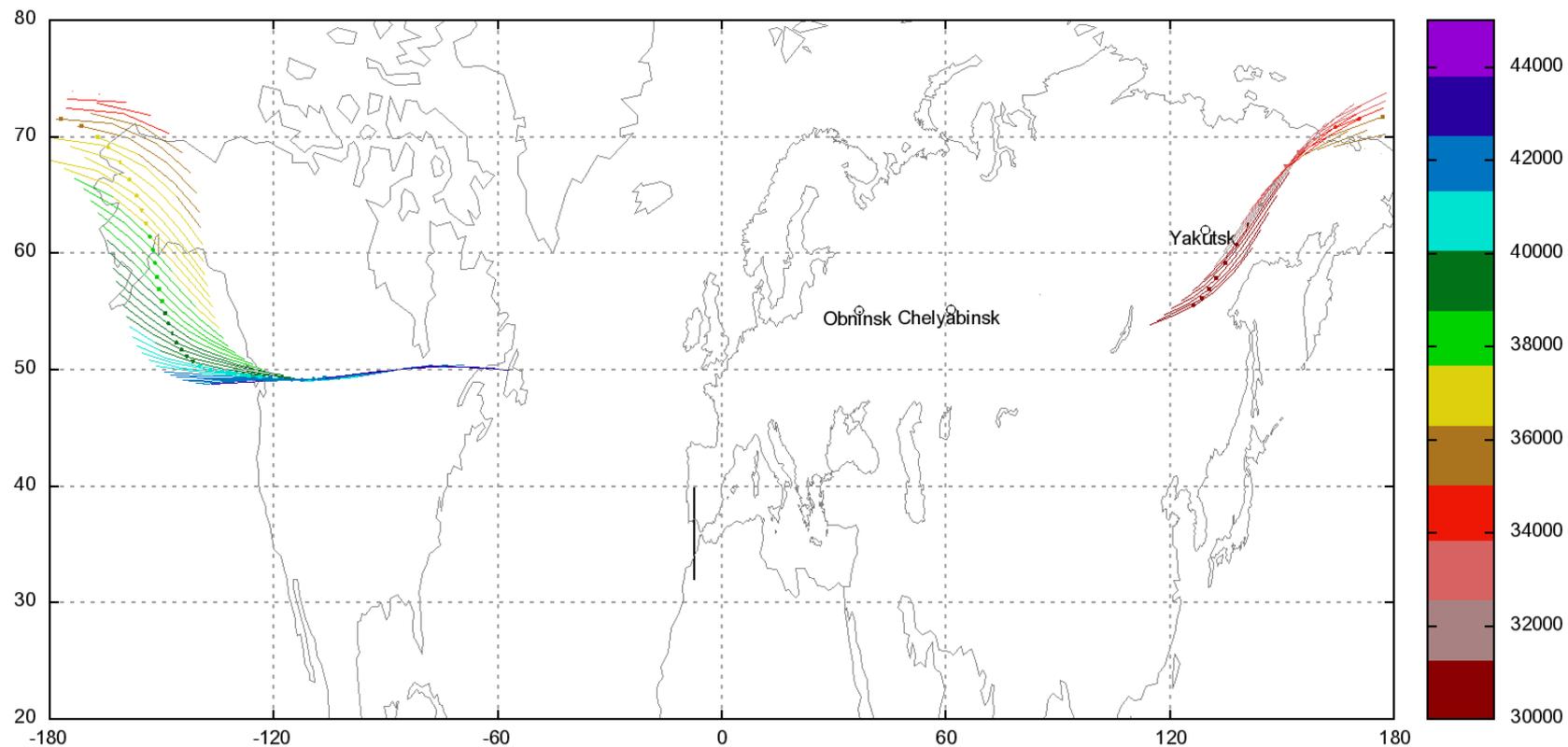
Карты траекторий воздушных масс

2013-02-16



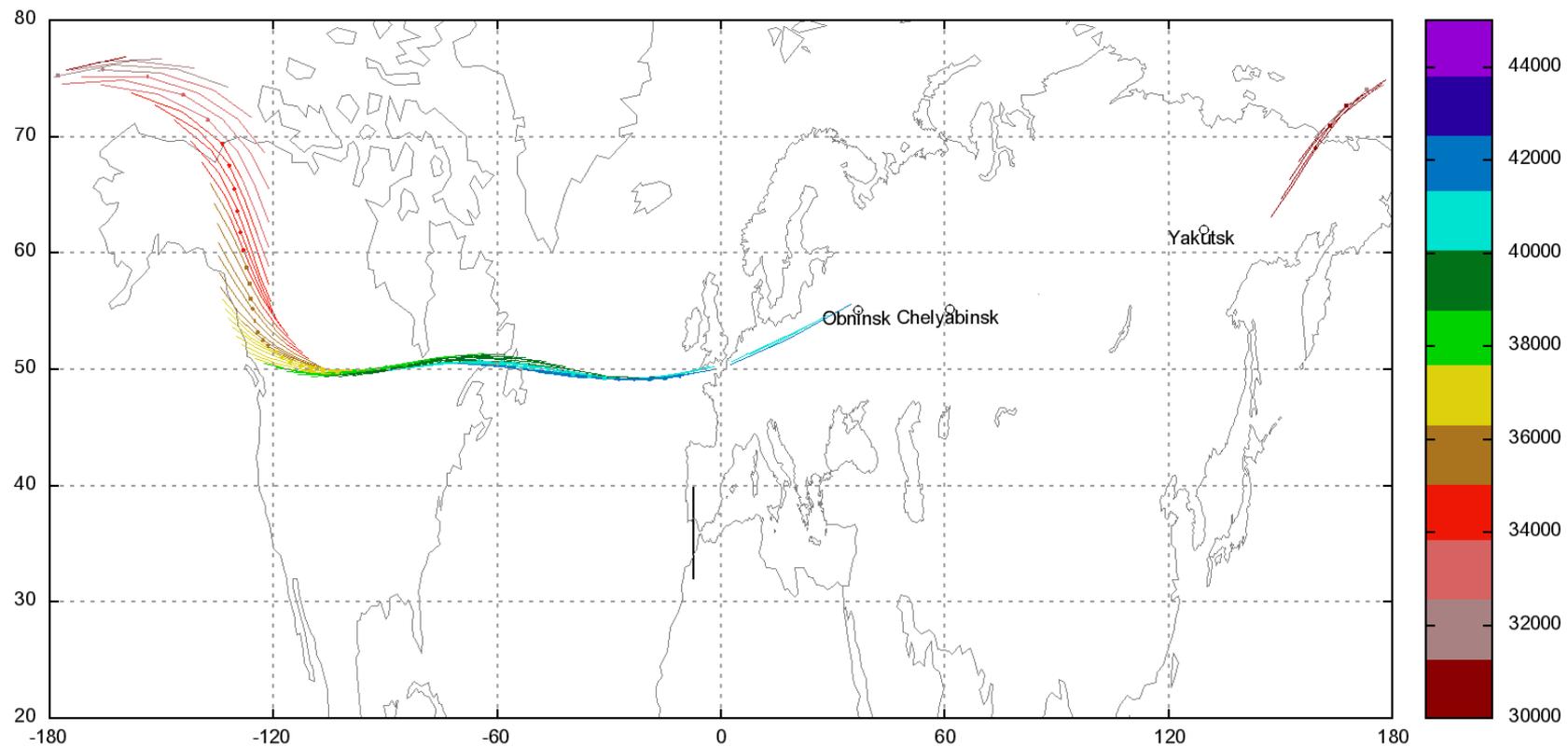
Карты траекторий воздушных масс

2013-02-17



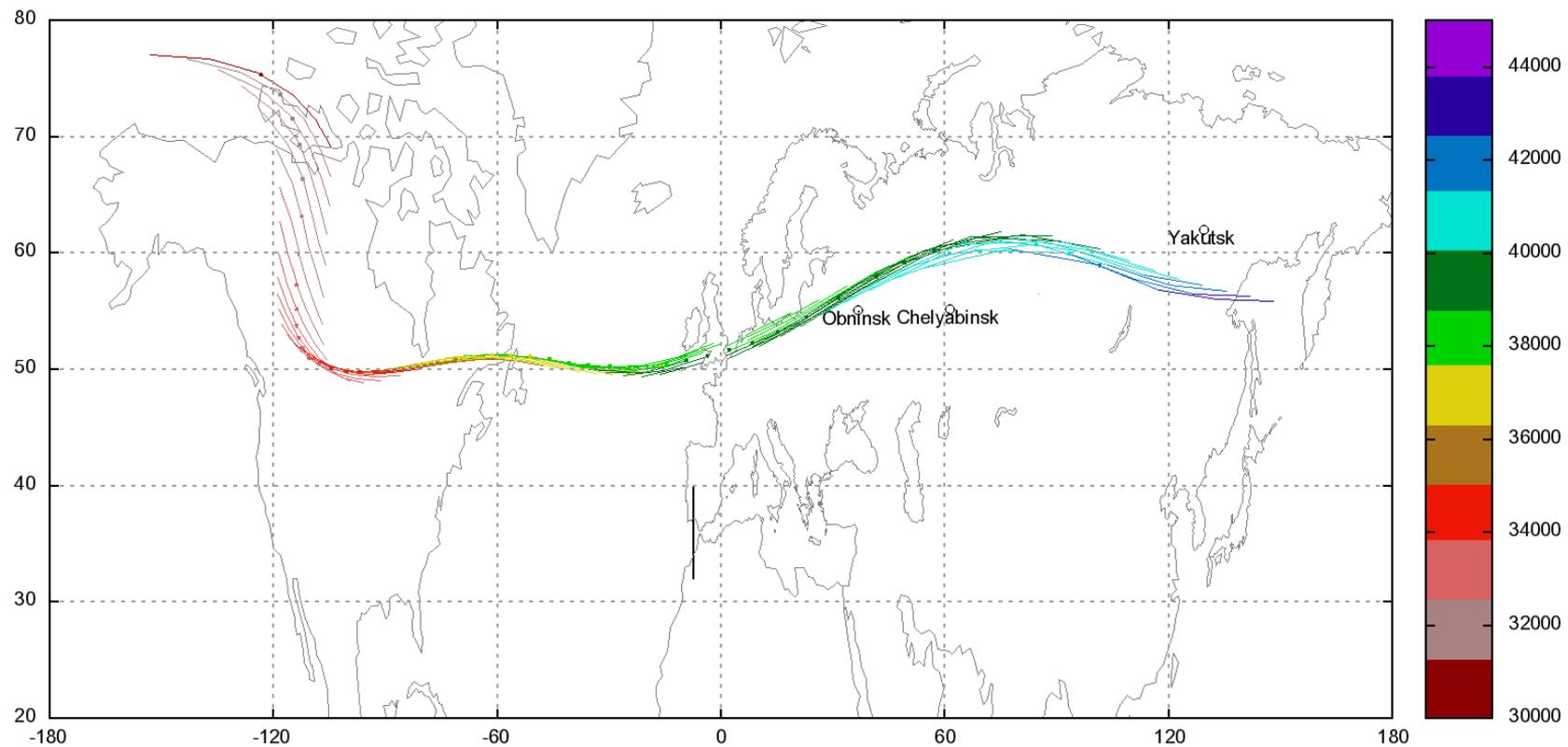
Карты траекторий воздушных масс

2013-02-18



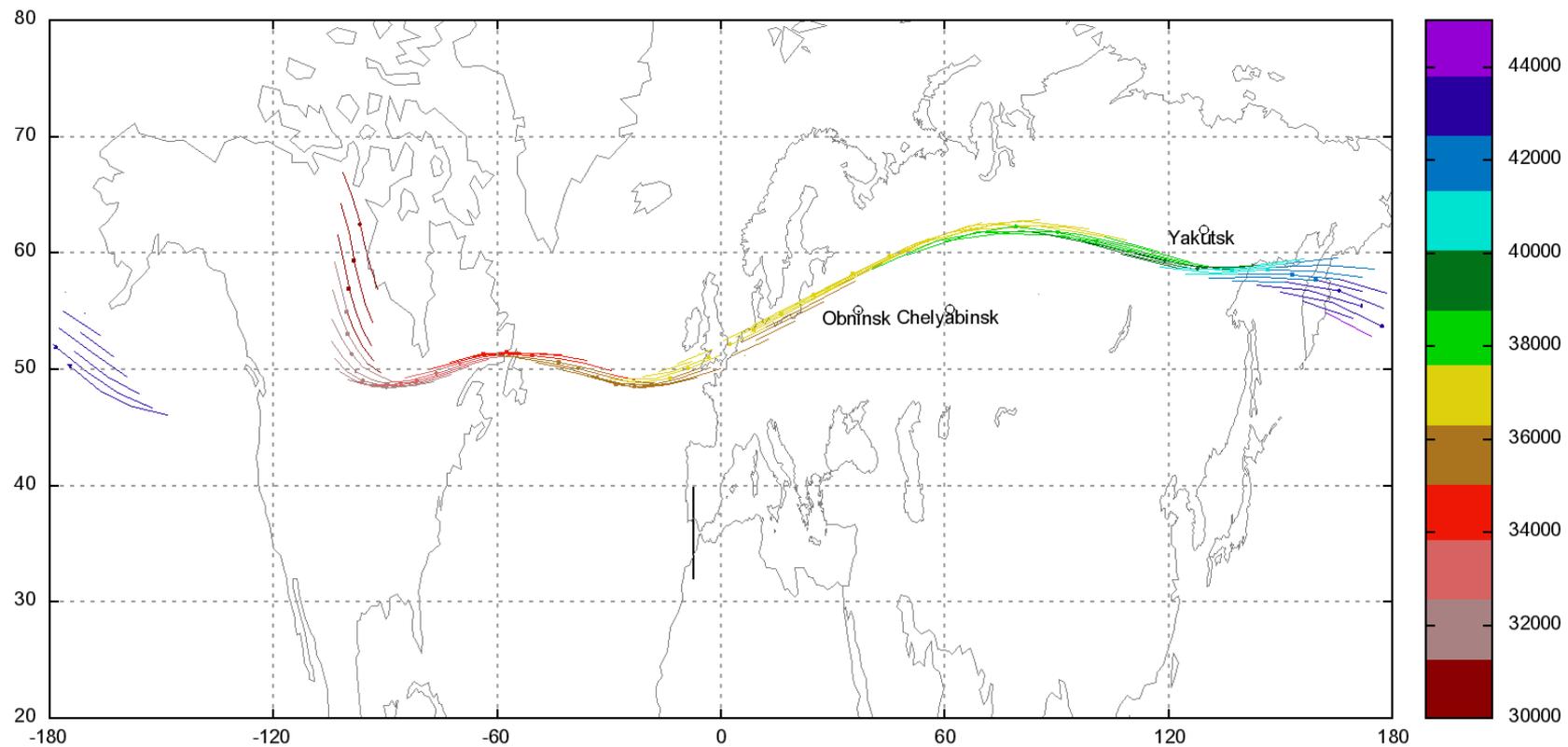
Карты траекторий воздушных масс

2013-02-19



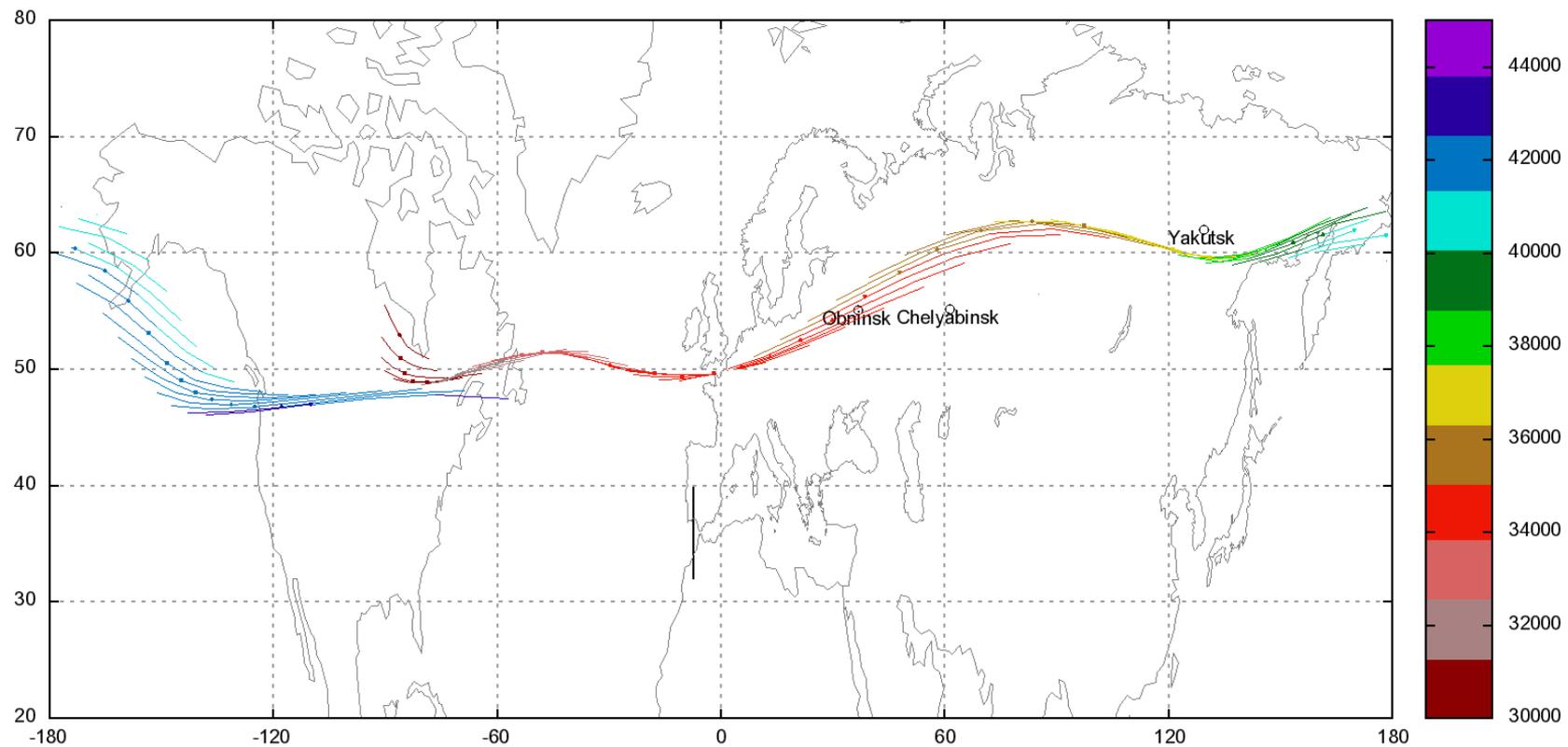
Карты траекторий воздушных масс

2013-02-20



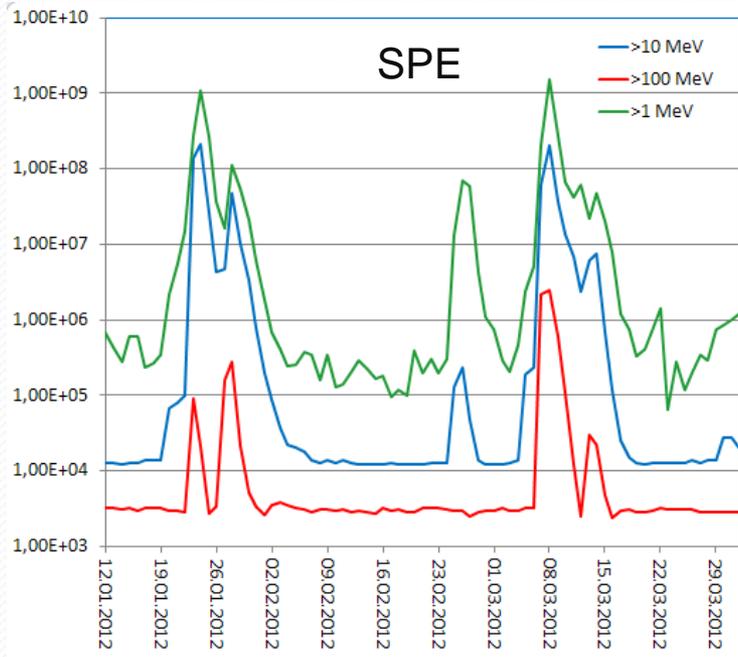
Карты траекторий воздушных масс

2013-02-21

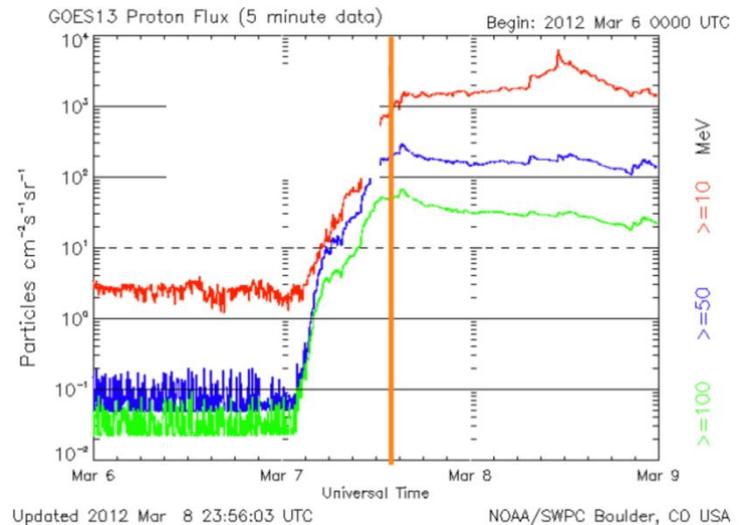
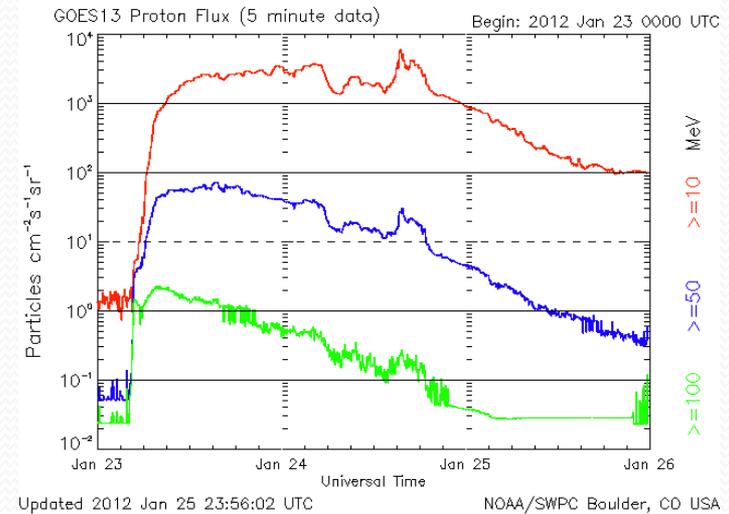


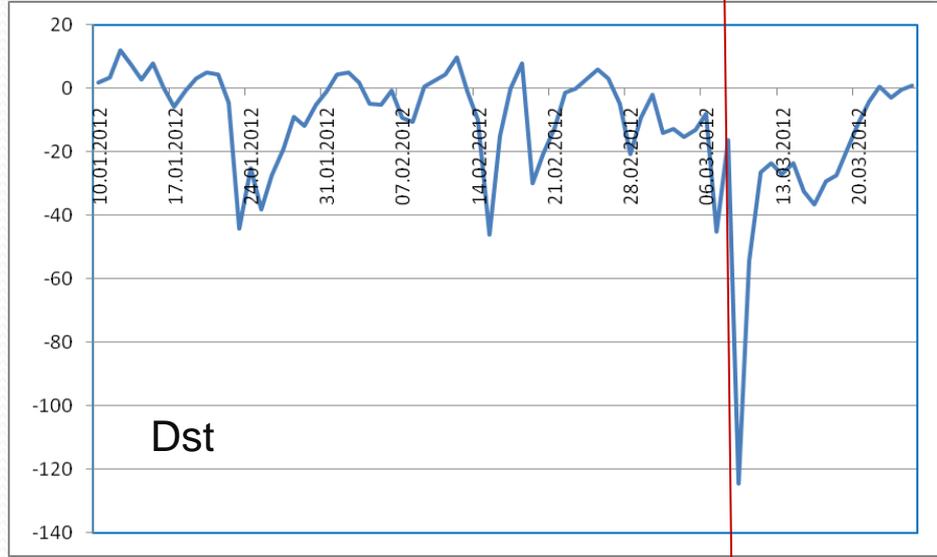
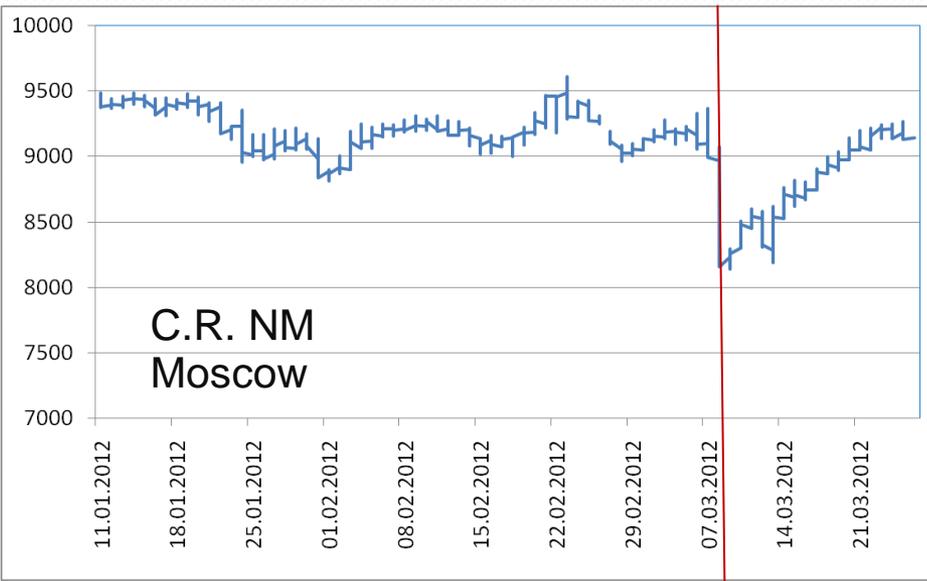
Оценка погрешностей измерений и расчетов

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.

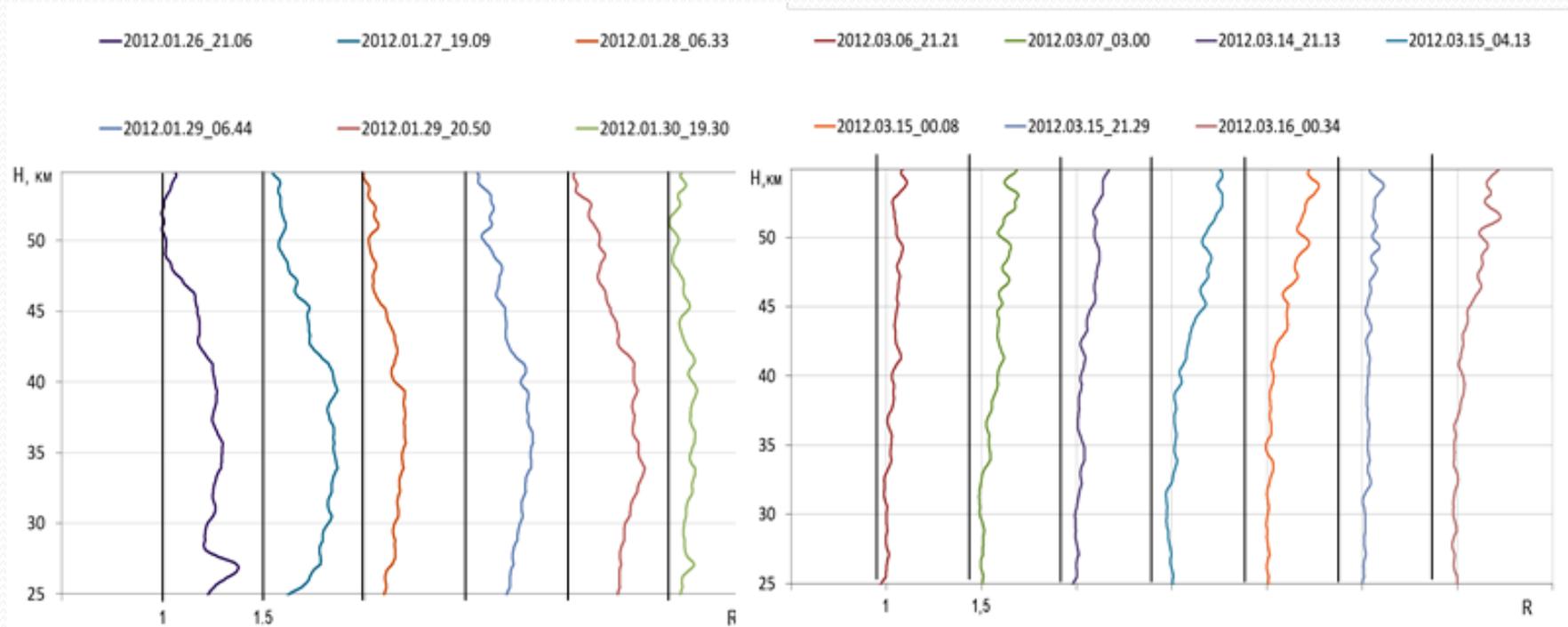


1. Плотность частиц >10 MeV в обоих SPE ~ $2 \cdot 10^8$ p/cm²·daysr.
2. Плотность частиц >100 MeV во втором случае больше чем в первом SPE и составила $2.8 \cdot 10^5$, $2.5 \cdot 10^6$, соответственно.
3. SPE 7 марта вызвало сильную геомагнитную бурю (Dst ~ 120 nT) и 15% Форбуш-понижение.

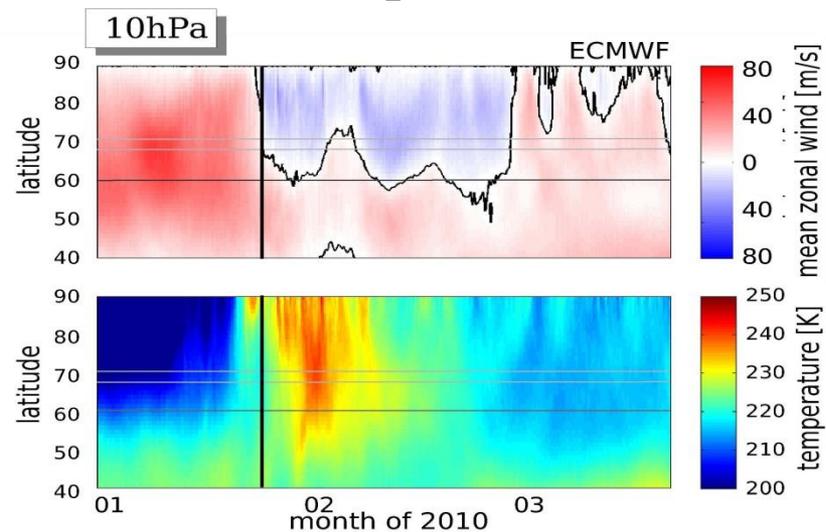
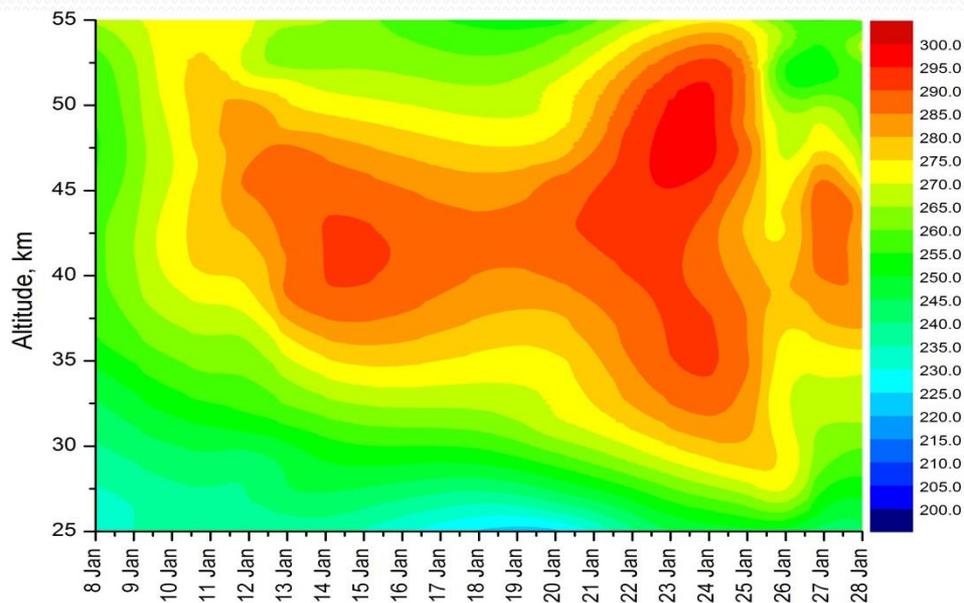
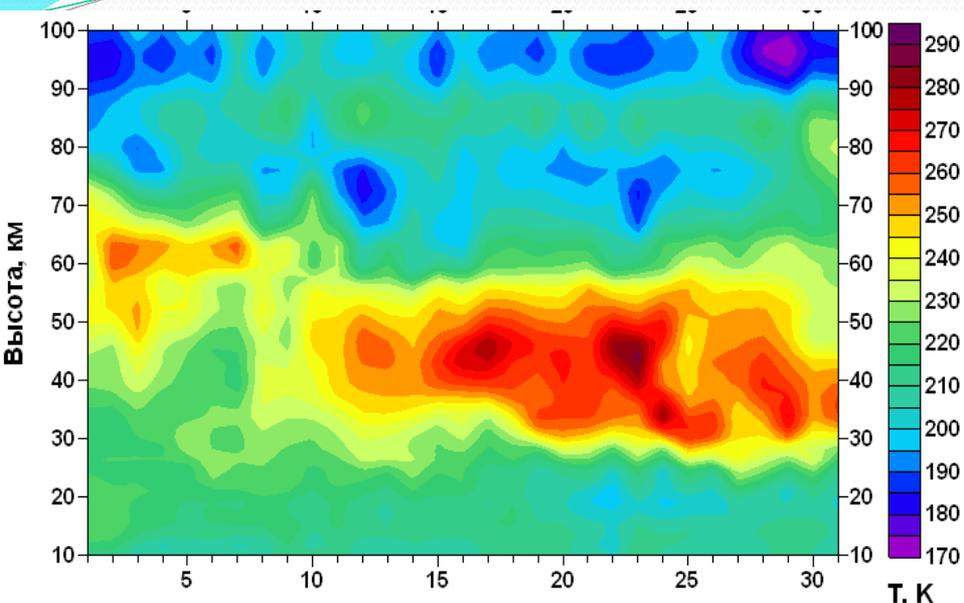




Аэрозольное наполнение на уровне стратосферы после солнечных протонных событий 23-24 января и на уровне мезосферы после солнечных протонных событий 7-8 марта

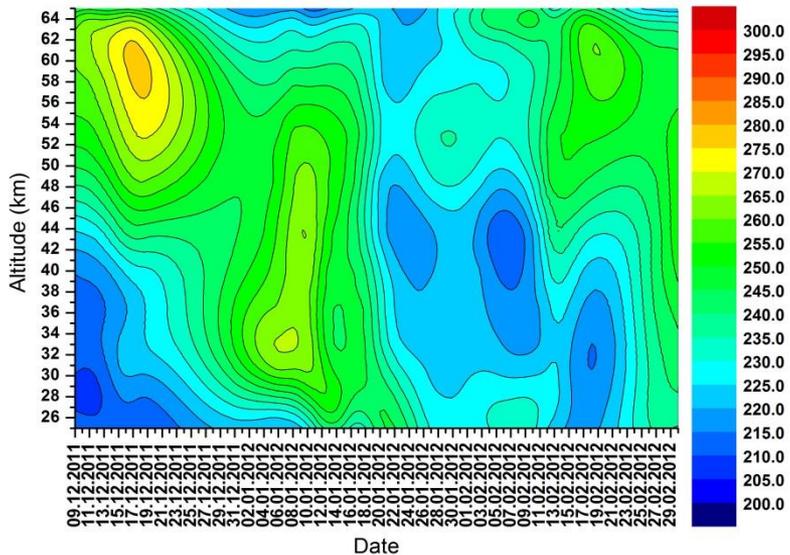
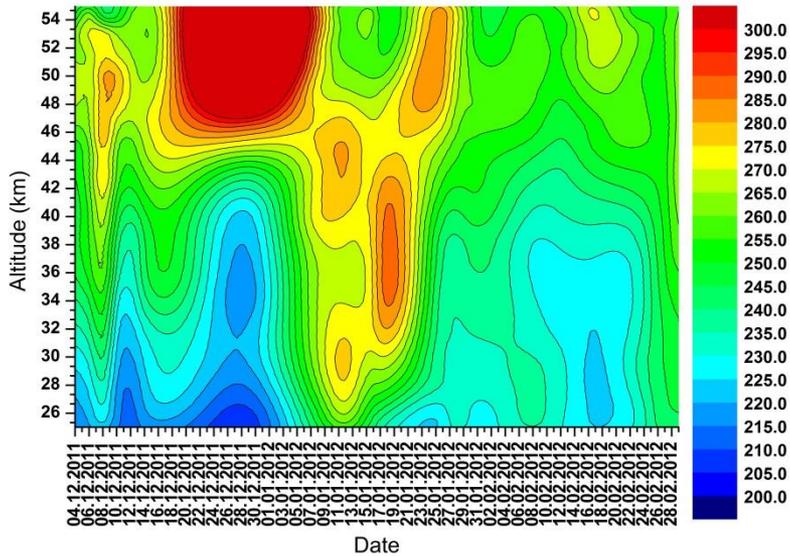


Температура средней атмосферы за период наблюдений зимой 2009-2010



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.

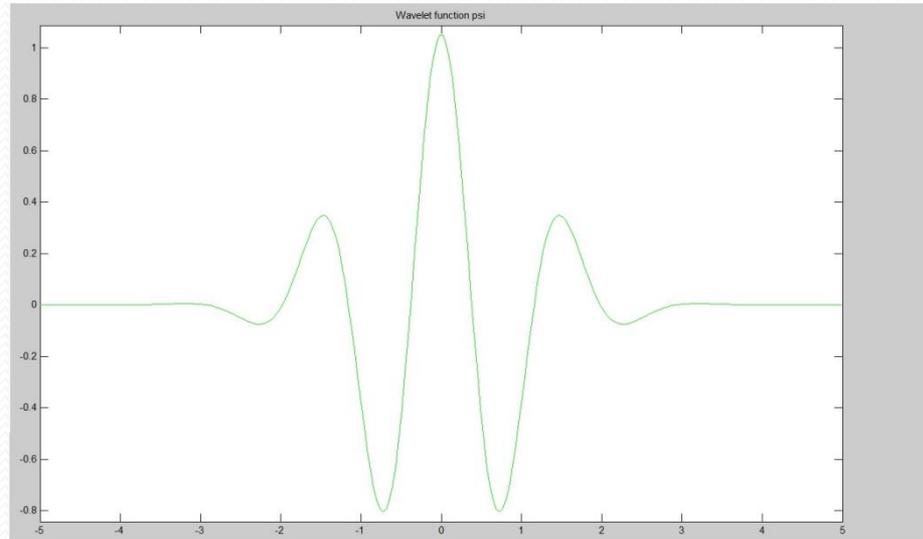
Температура средней атмосферы за период наблюдений зимой 2011-2012



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 стратопauзы 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 стратопauзе.

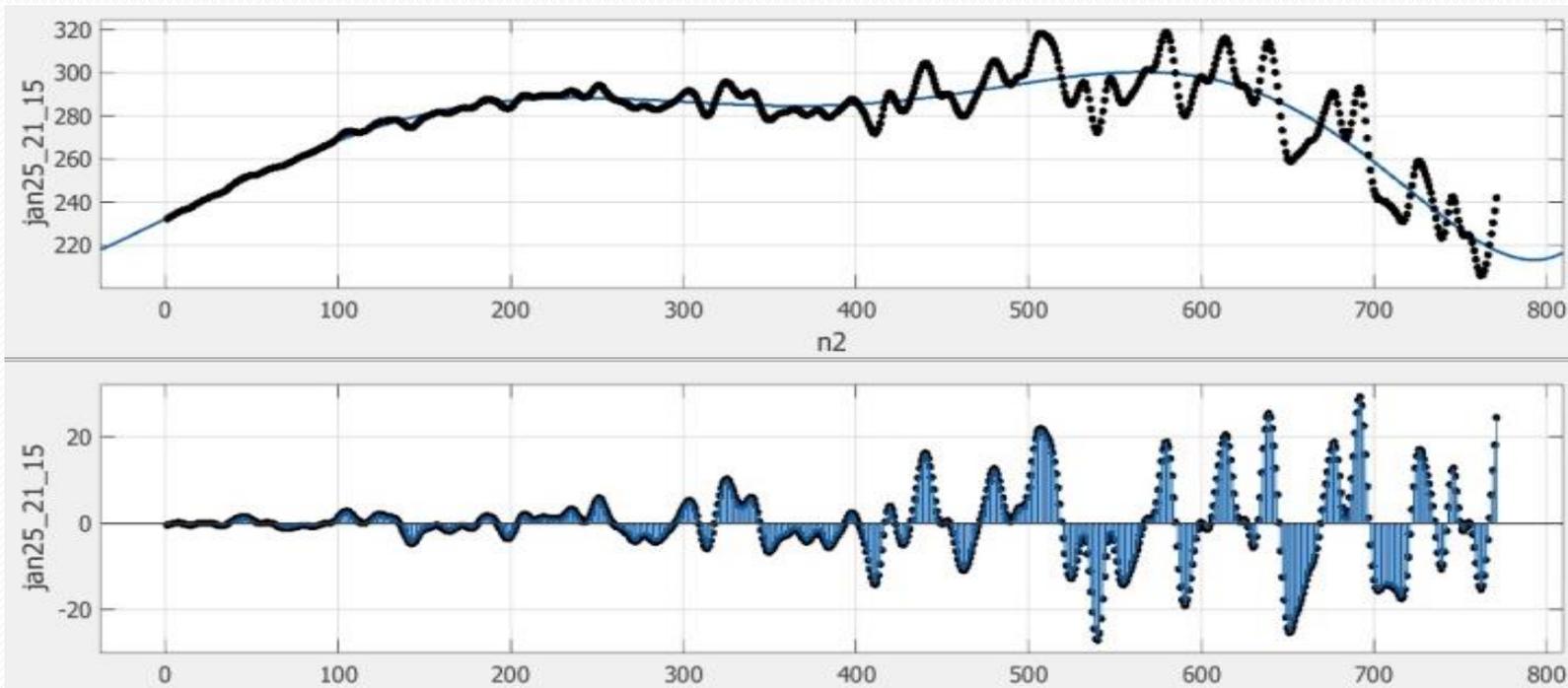
Вейвлет преобразование

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.

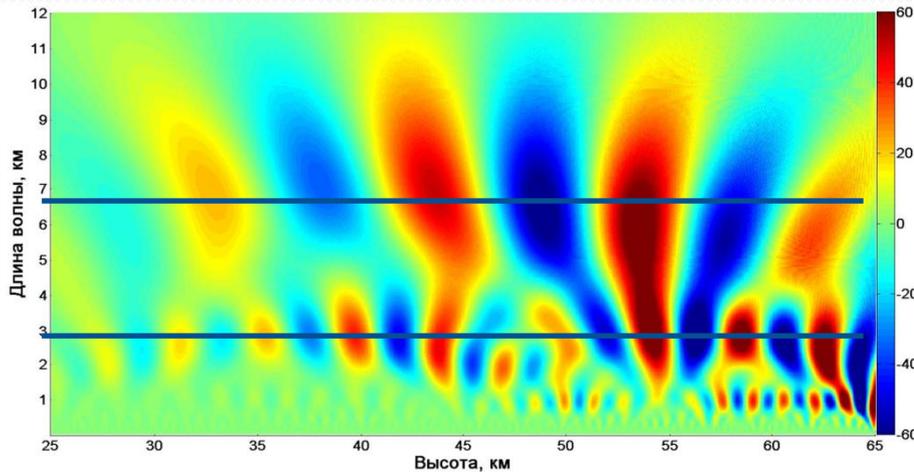
Пример сглаживания температурных данных



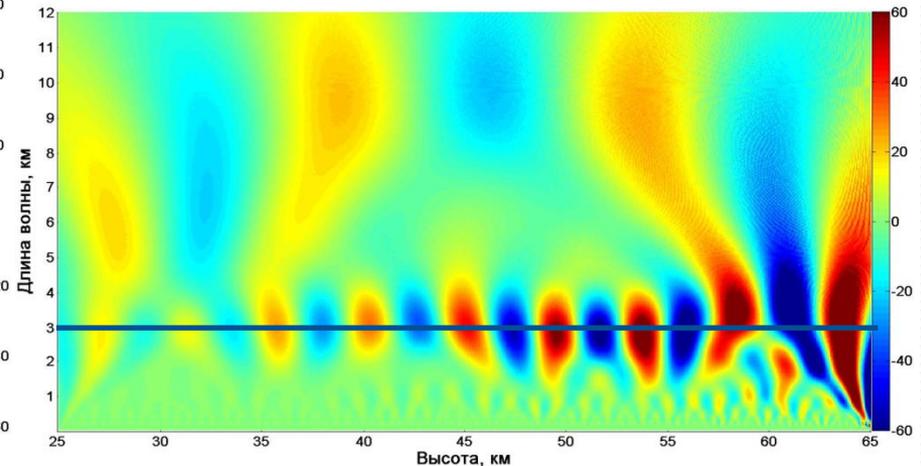
Для проведения спектрально-временного анализа температурные профили, полученные лидаром, сначала сглаживаются скользящим окном 2 км, затем полиномом восьмого порядка для получения вариаций температуры ΔT .

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