



Холодные вторжения над Беринговым морем: анализ по данным спутниковых микроволновых и оптических измерений, радиозондирования атмосферы

Пичугин М. К., Митник Л. М.

*Лаборатория средств и методов
спутниковой океанологии*

***Тихоокеанский океанологический
институт им. В. И. Ильичева***

Москва, ИКИ 10.11.2008г.



Обзор

- Введение
- Холодные Вторжения (ХВ)
- Данные спутниковых и контактных измерений
- ХВ над Беринговым морем
- Анализ ХВ над Беринговым морем
- Выводы



Введение

Холодное вторжение (ХВ) представляет собой быстрое распространение арктической воздушной массы в более низкие широты. Сопровождается:

- Выносом холодного сухого воздуха
- Значительным понижением температуры в большом районе
- Сильным ветром
- Интенсивным взаимодействием океана и атмосферы.



Холодные вторжения

ХВ регулярно наблюдаются над **азиатскими окраинными морями**, заливом Аляска, Лабрадорским и Норвежским морями и др.

Время существования ХВ - **от нескольких часов до нескольких суток.**

ХВ сопровождаются развитием мезомасштабных конвективных облачных **гряд и ячеек.**

Области, над которыми развиваются ХВ, характеризуются **низкими значениями полного содержания водяного пара в атмосфере.**



Данные

Спутниковые измерения:

- Пассивные **спутниковые измерения** в микроволновом диапазоне длин волн AMSR/AMSR-E (Adeos-II/Aqua), SSM/I (DMSP F13 – F15). Паросодержание атмосферы.
- Измерения скатерометра SeaWinds (QuikSCAT). Поля приводного ветра
- Измерения спектрорадиометра MODIS (Terra, Aqua) Спутниковые изображения в видимом диапазоне.

Основные характеристики радиометров **AMSR** и **AMSR-E**

AMSR - 8-частотный радиометр полной мощности с двумя поляризационными каналами (кроме каналов в полосе 50 ГГц).
Сканирование – коническое.

только AMSR

Center frequency (GHz)	6.925	10.65	18.7	23.8	36.5	50.3	52.8	89.0	89.0
								A	B
Band width (MHz)	350	100	200	400	1000	200	400	300	
Polarization	Vertical and Horizontal					Vertical		V H	
3dB width (degree)	1.8	1.2	0.65	0.75	0.35	0.25	0.25	0.15	0.15
IFOV (km x km)	40x70	27x46	14x25	17x29	8x14	6x10	6x10	3x6	
Sampl. interval (kmxkm)	10x10							5x5	
Temp. sensitivity (K)	0.34	0.7	0.7	0.6	0.7	1.8	1.6	1.2	
Incidence angle, deg.	55.0							54.5	
Dynamic range (K)	2.7 - 340								
Swath width (km)	Approximately 1600								
Scanning cycle (sec)	1.5								



QuikSCAT

Scatterometer **SeaWinds**

Radar: 13.4 GHz

Antenna:

rotating dish $D = 1$ m that produces two spot beams, sweeping in a circular pattern.

Measurements:

1800-km swath during each orbit provides ≈ 90 % coverage of Earth's oceans every day.

Wind-speed: 3 - 20 m/s, accuracy 2 m/s;

Wind direction: accuracy 20 degrees.

Wind vector resolution 25 km (12.5 nm).



Дополнительные данные:

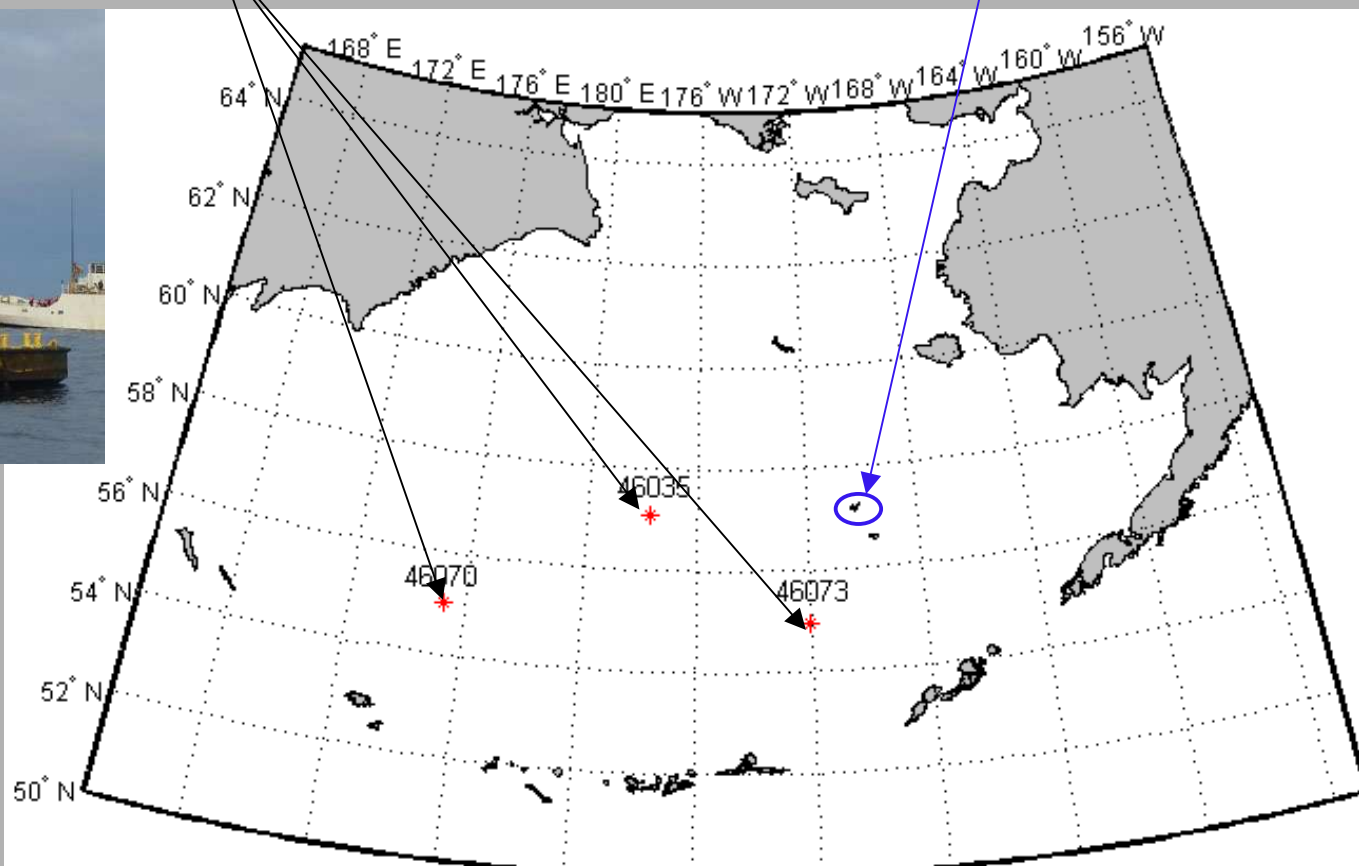
1. измерения **буев** и данные **радиозондирования**;
2. Карты реанализа **NCER/NCAR** термобарических полей
(www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml);
3. Карты поверхностных потоков тепла **J-OFURO2**
(<http://dtsv.scc.u-tokai.ac.jp/j-ofuro2>), рассчитанные на основе спутниковых измерений и реанализа.



Контактные измерения:

Океанические
буи (NDBC)

Станция радозондирования
(о. Прибылова)





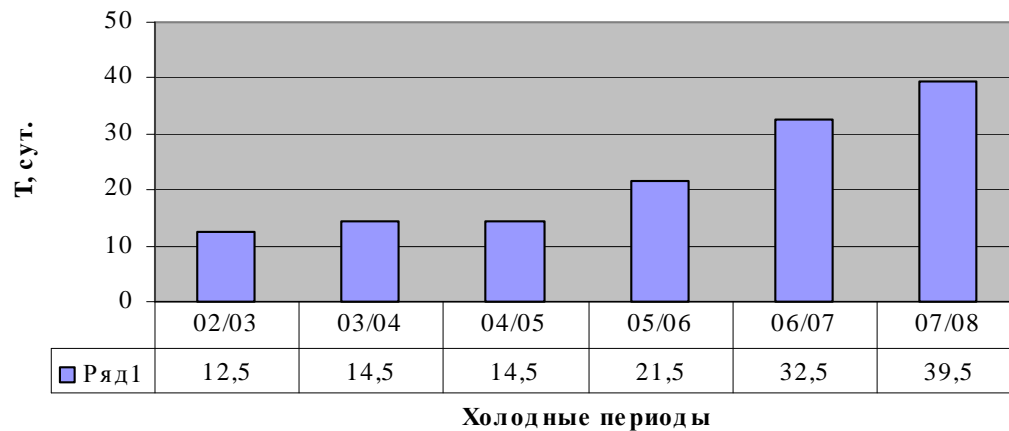
Холодные вторжения над Беринговым морем

Исследуемый период: 2002 – 2008 гг.

Выявлено 48 ХВ, которые

- а) наблюдались при ветрах северных румбов (р/з, скаттерометр)
- б) охватывали значительную часть моря (скаттерометр)
- в) характеризовались наличием конвективных облачных гряд и ячеек (MODIS, AMSR/AMSR-E)

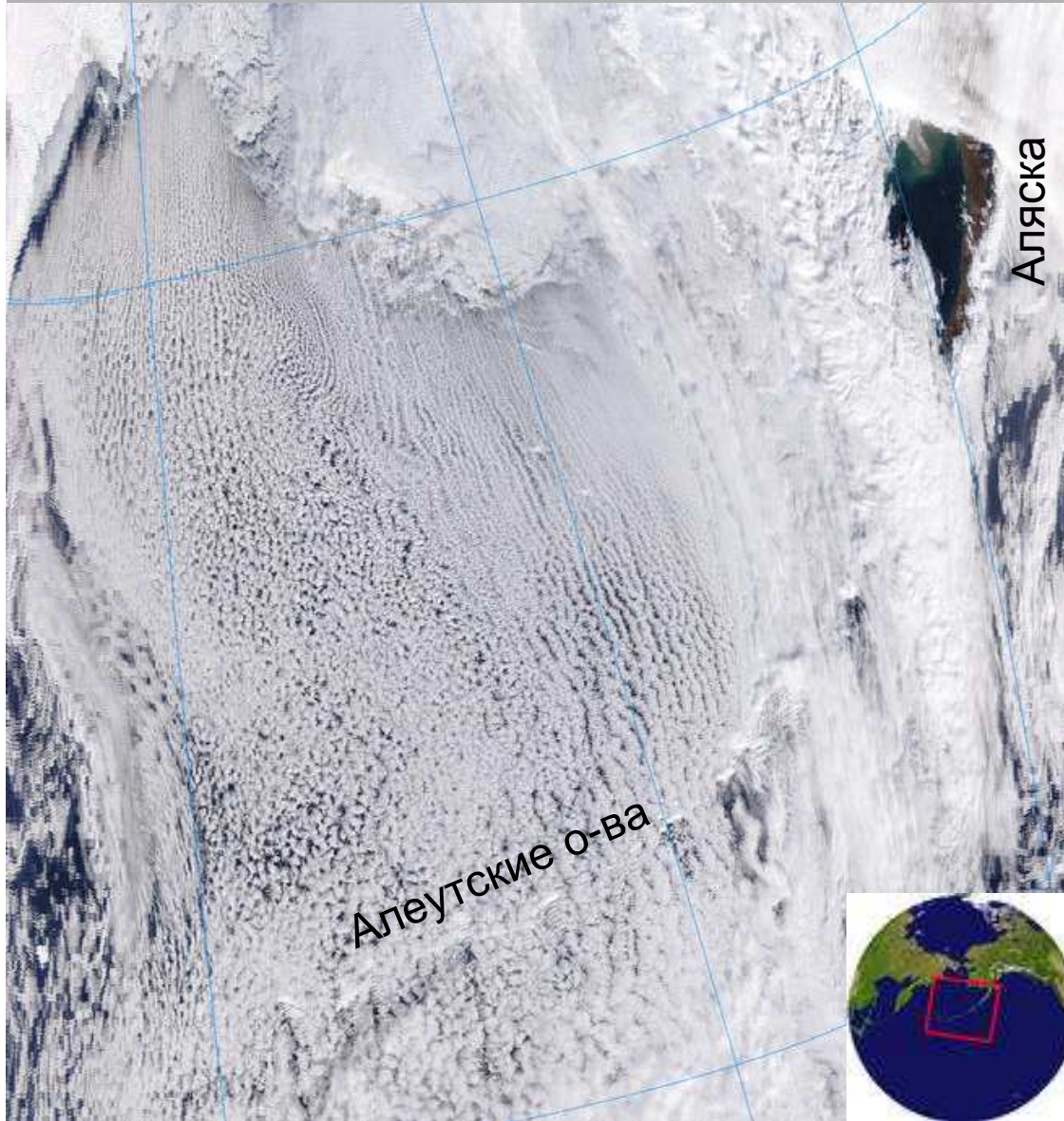
Временной ход ХВ



Месяц	Кол-во	Средняя продолжительность, сутки
Ноябрь	7	2
Декабрь	11	3
Январь	12	2,5
Февраль	7	4,5
Март	12	2,5

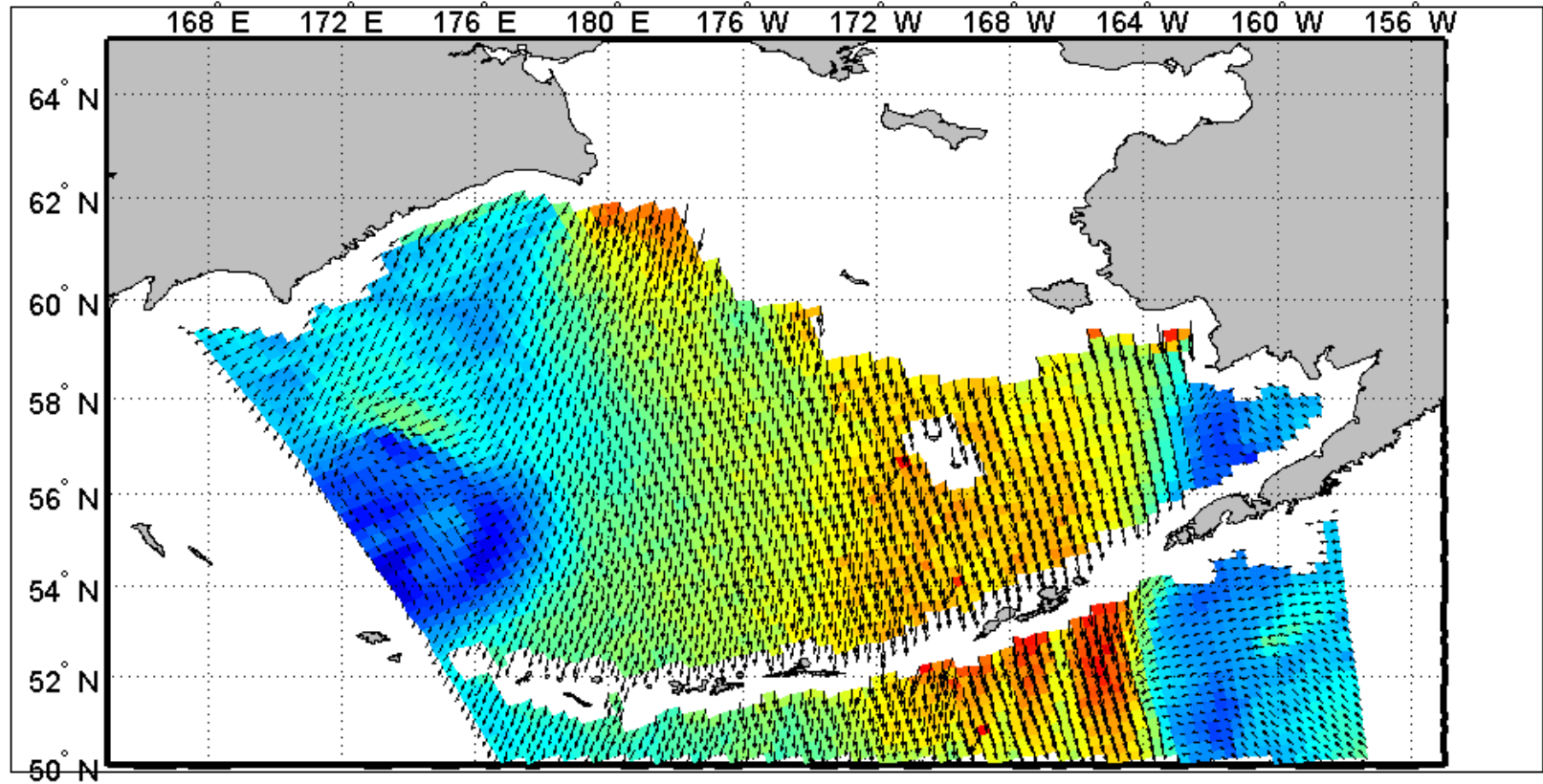


Анализ ХВ над Беринговым морем 01.02.2003 – 07.02.2003



Спутниковое изображение в видимом диапазоне, MODIS (Terra).
04 февраля 2003
22:40 Гр.

Sea surface wind speed using SeaWinds(QuickScat) from 04-Feb-2003 16:31:57 to 04-Feb-2003 16:37:03



Скорость ветра, м/с



Поле приводного ветра по данным SeaWinds (QuikSCAT).
04 февраля 2003 16:31 – 16:37 Гр.



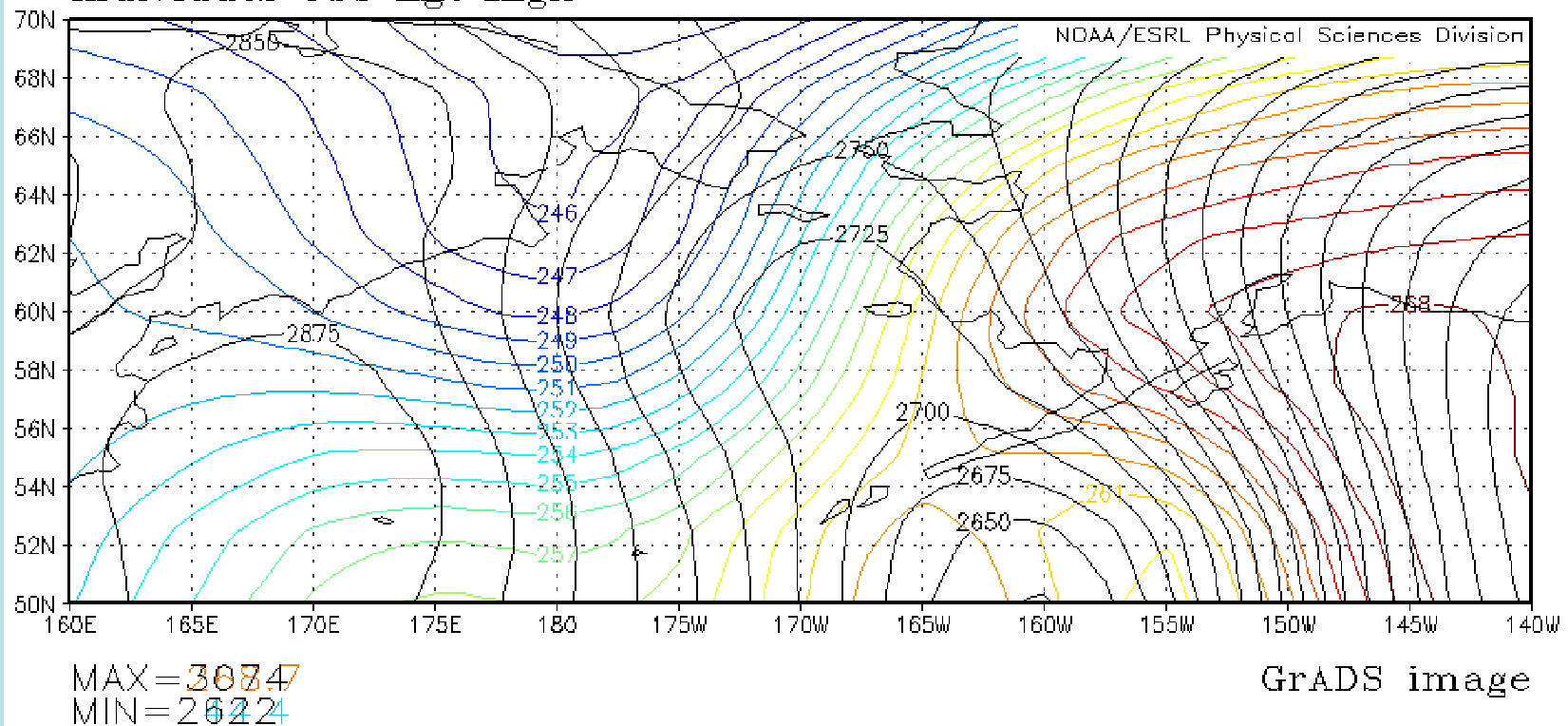
lon: plotted from 160 to 220

lat: plotted from 50 to 70

lev: 700.00

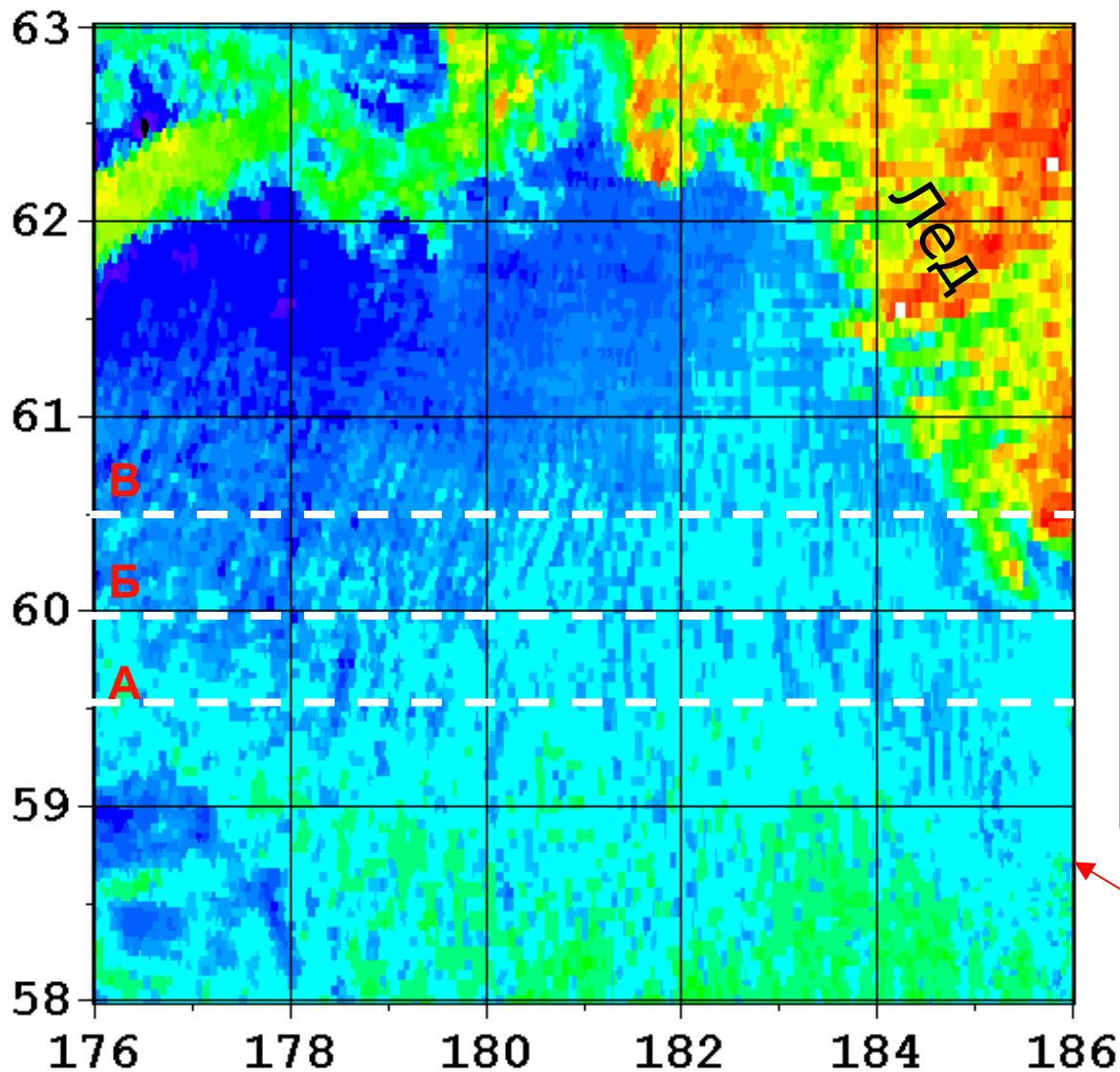
t: Feb 4 2003 18 Z

Individual Obs hgt $dagK$



Карта абсолютной топографии изобарической поверхности 700 мбар из реанализа NCEP/NCAR. 04 фев. 2003 г. 18:00 Гр.

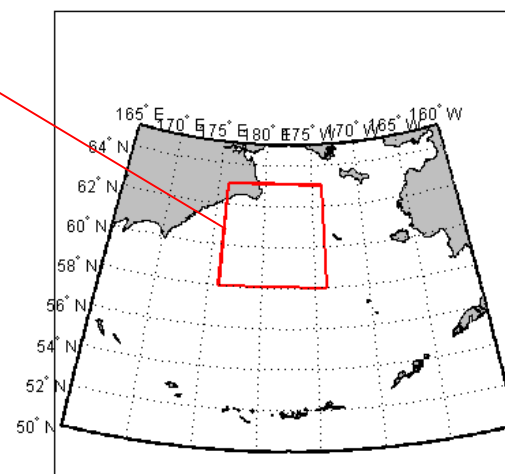
Черн. линии – изогипсы; цв. линии – изотермы.

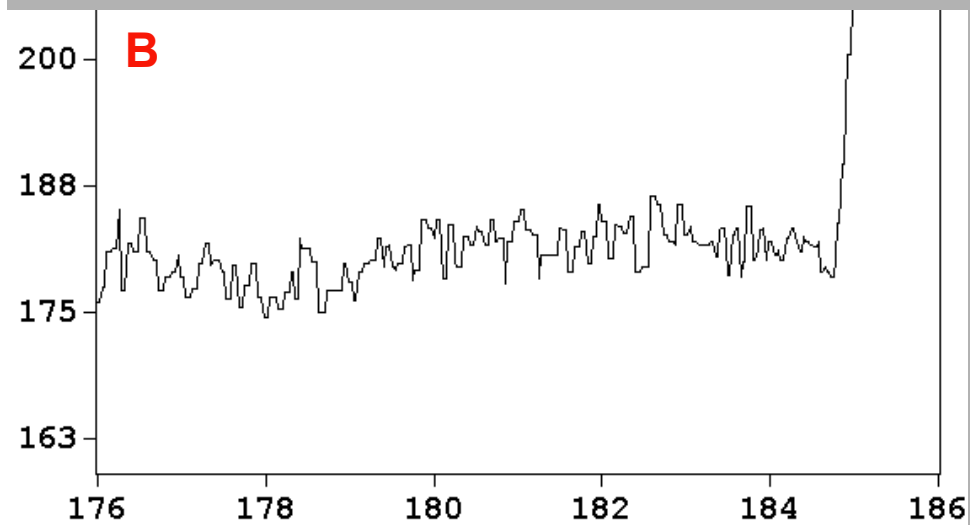
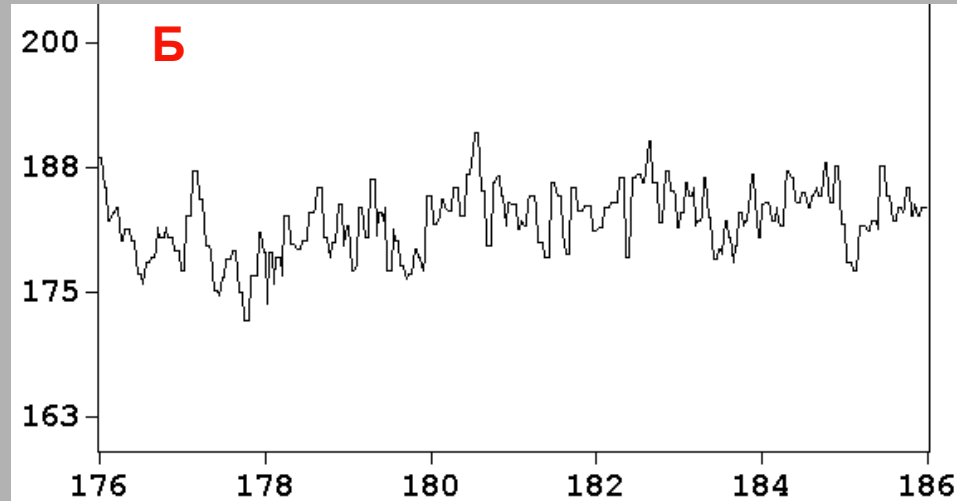
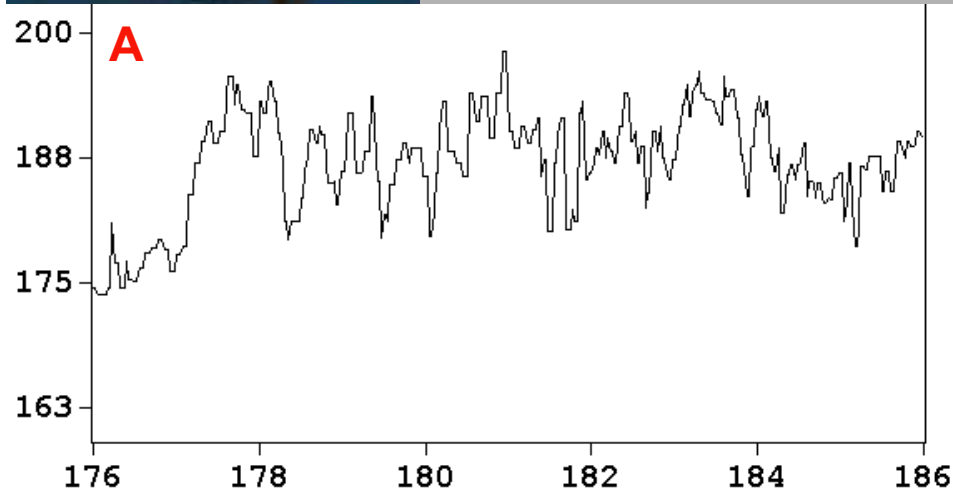


Тя (89Г) (К) 4 фев 2003



Холодное вторжение в поле яркостной температуры на частоте 89 ГГц, горизонтальная поляризация, по измерениям радиометра AMSR-E. 4 февраля 2003 г. 15:30 Гр.



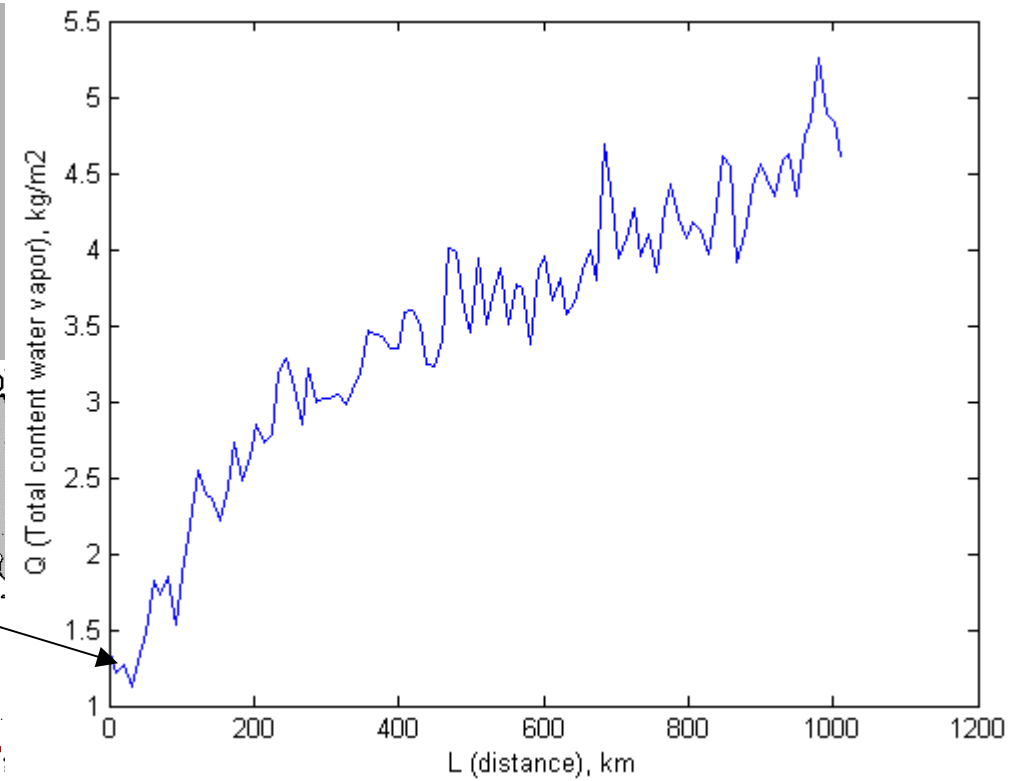
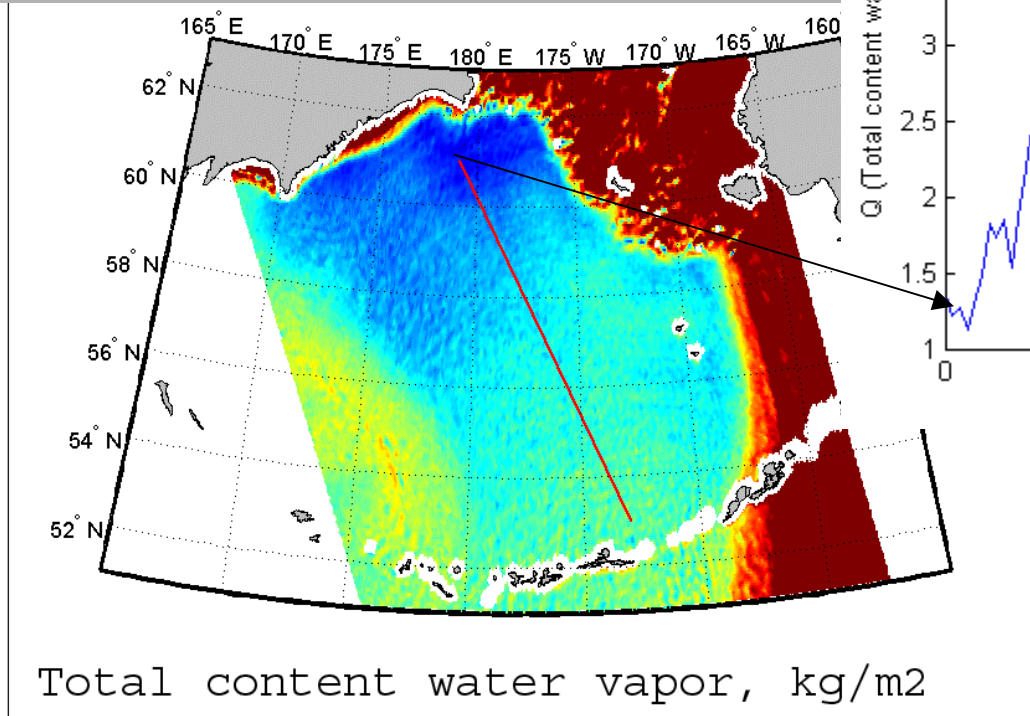


Поперечный разрез Тя (89Г) на широтах:

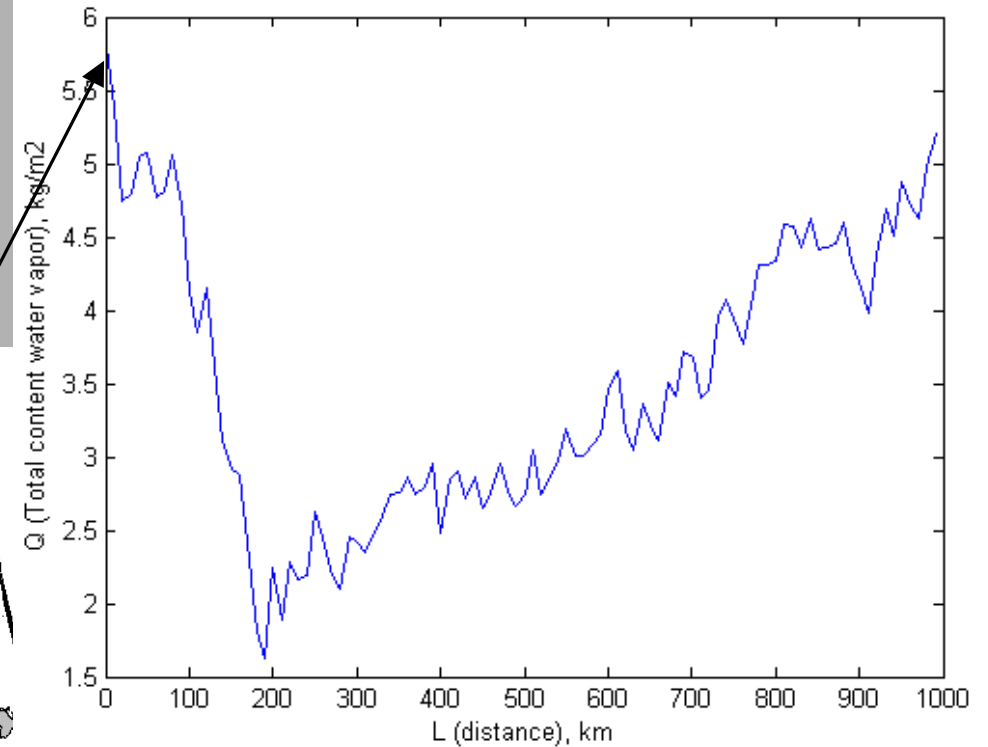
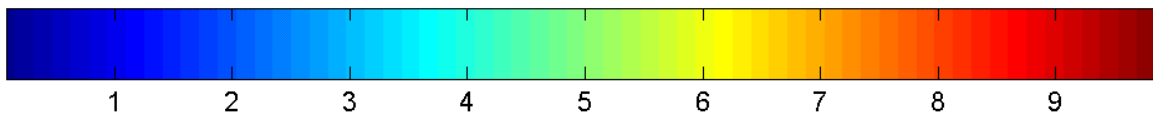
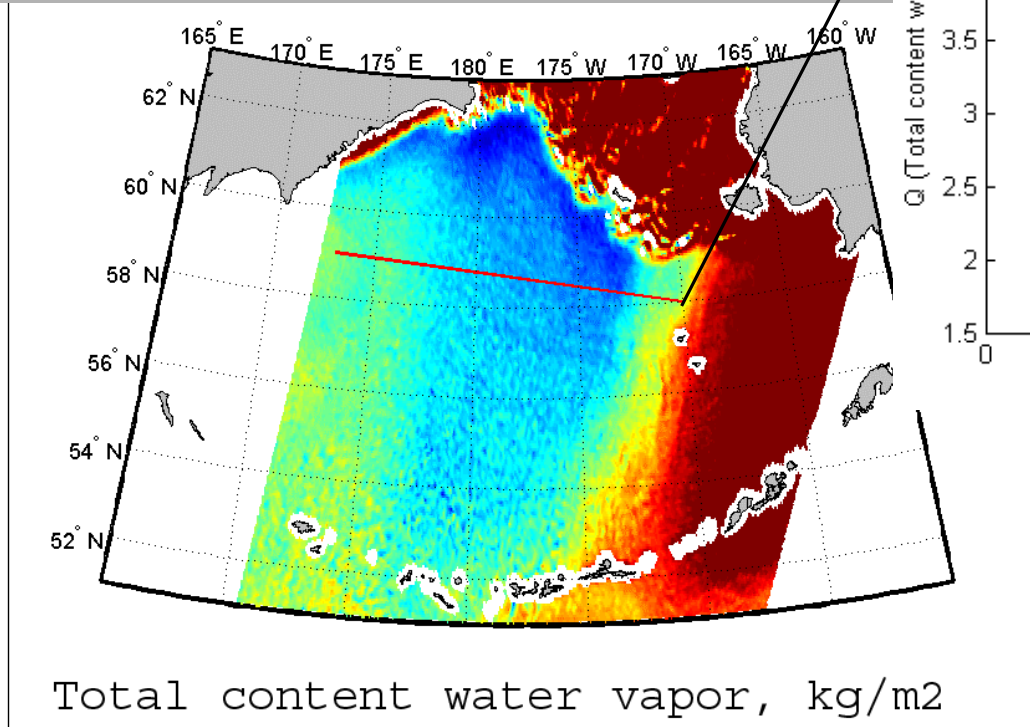
А) 59.5 с.ш.

Б) 60.0 с.ш.

В) 60.5 с.ш.



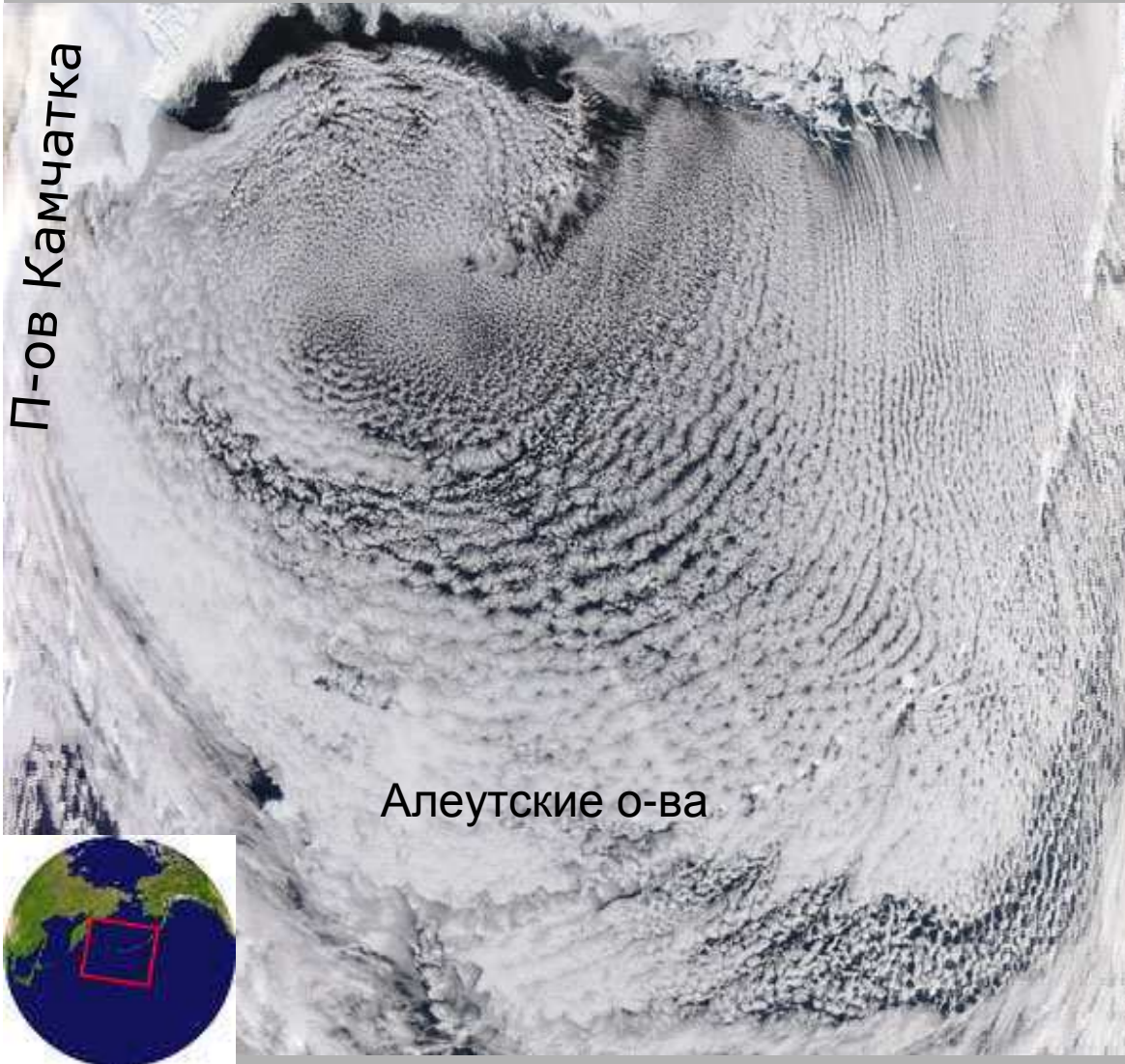
Паросодержание атмосферы, кг/м²,
восстановленное по данным микроволнового
радиометра AMSR-E. 05 февраля 2003 00:34 Гр.



Паросодержание атмосферы, кг/м²,
восстановленное по данным микроволнового
радиометра AMSR-E. 03 февраля 2003 13:57 Гр.



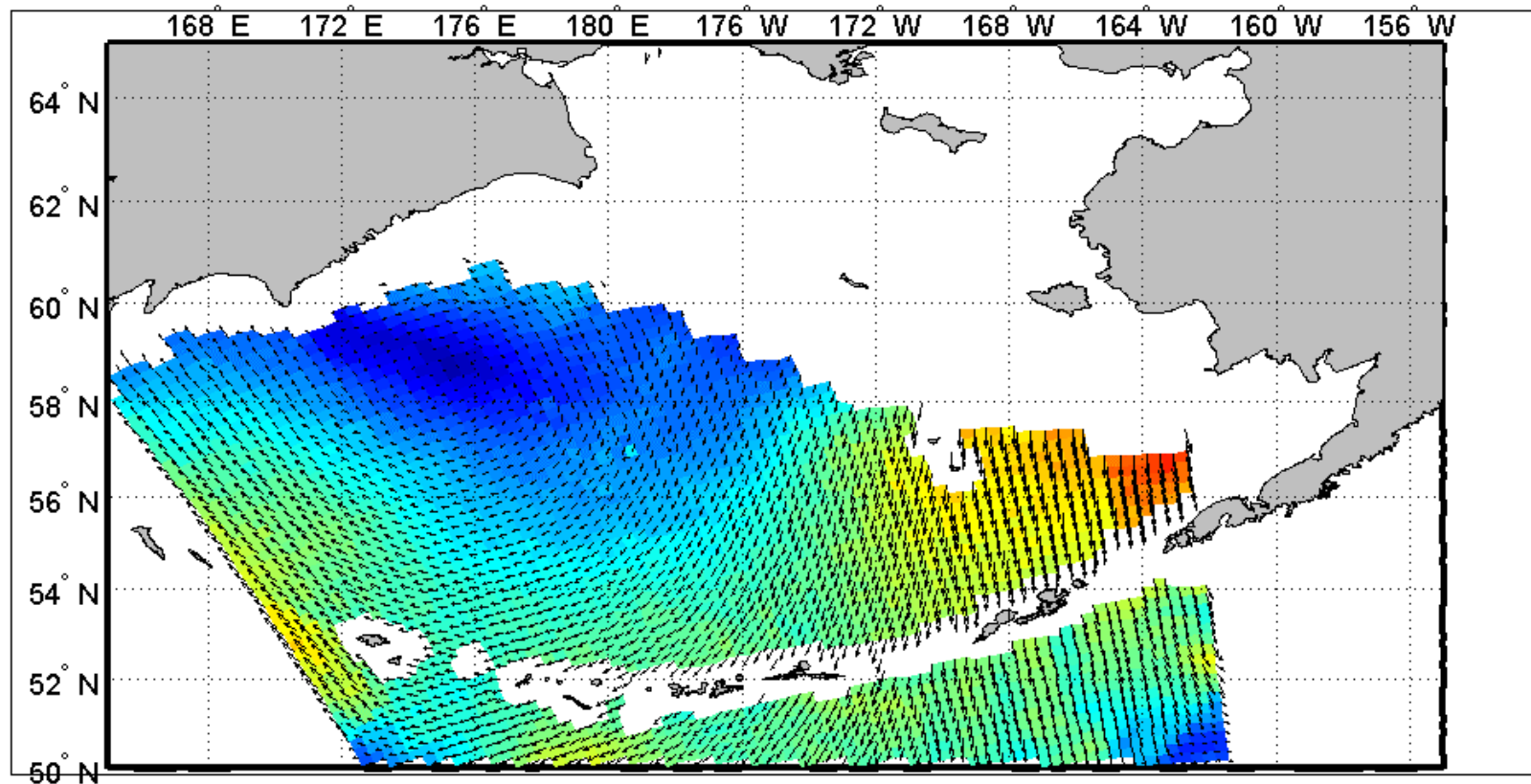
Анализ ХВ над Беринговым морем 19.01.2006 – 22.01.2006



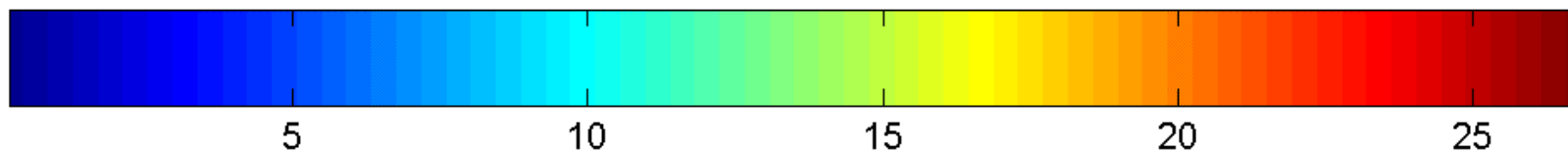
Спутниковое изображение в видимом диапазоне, MODIS (Terra).

21 января 2006
23:15 Гр.

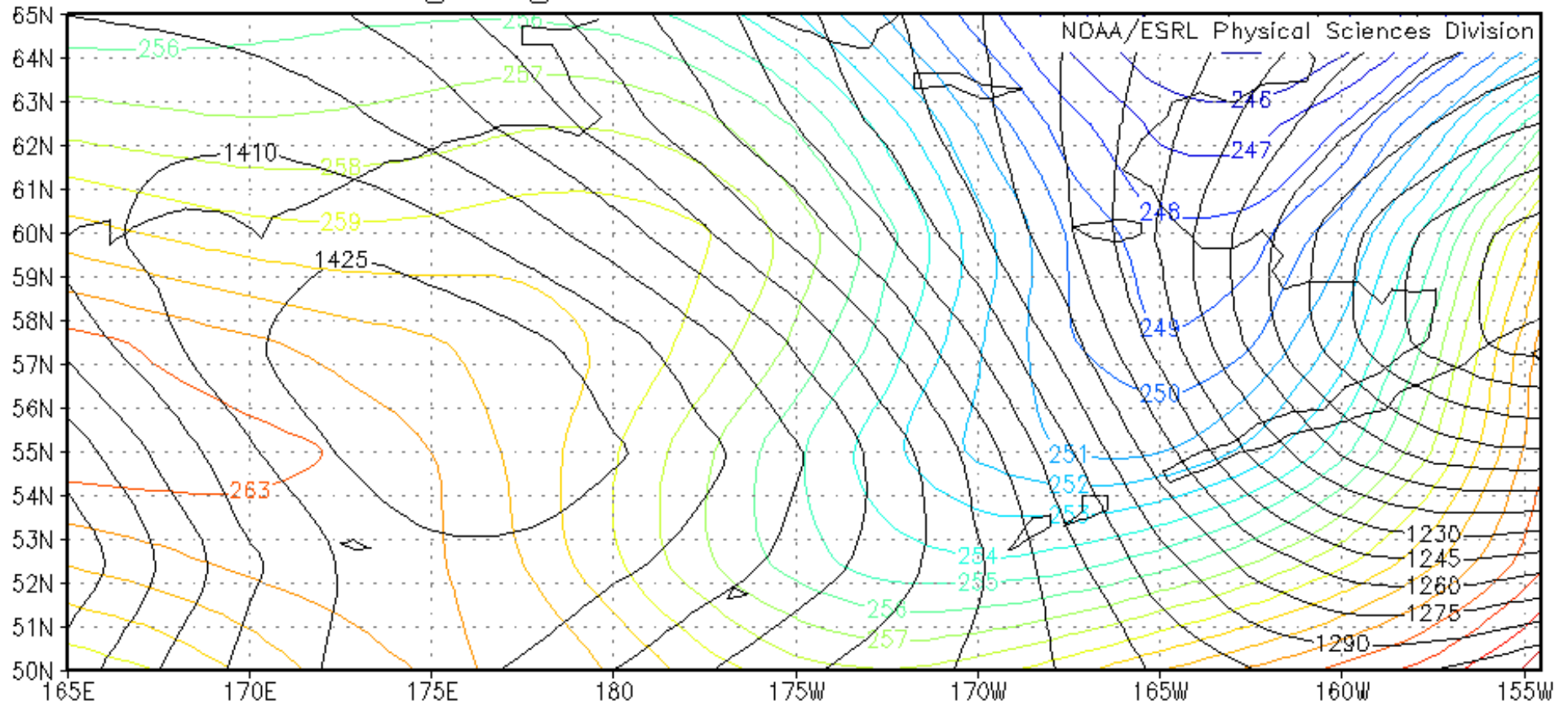
Sea surface wind speed using SeaWinds(QuickScat) from 21-Jan-2006 16:53:55 to 21-Jan-2006 17:02:22



Скорость ветра, м/с

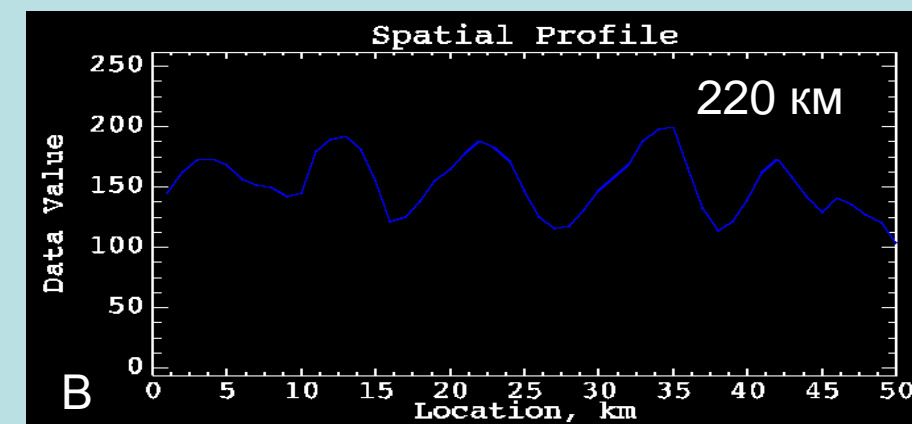
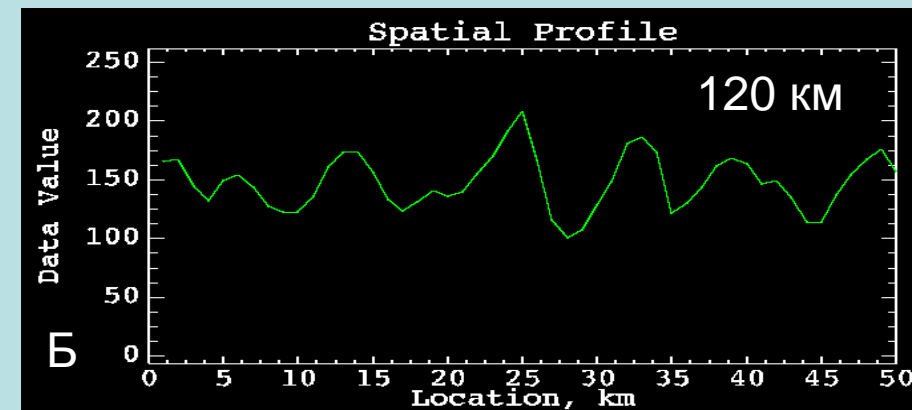
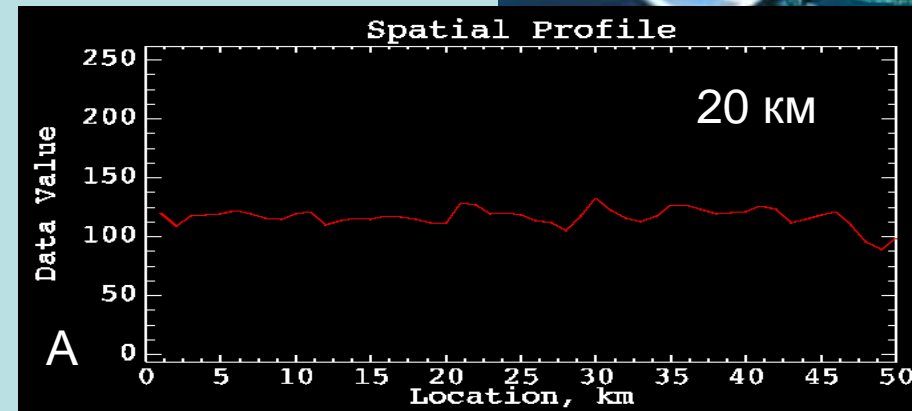
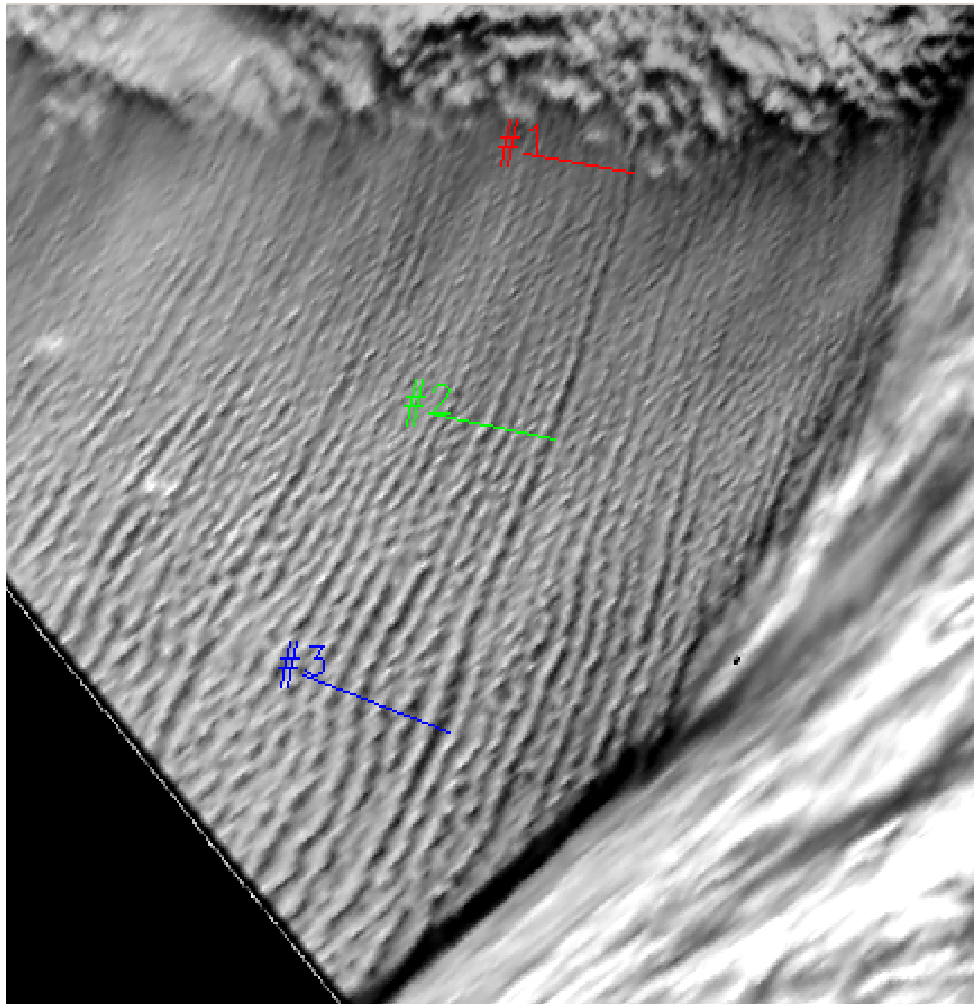


Поле приводного ветра по данным SeaWinds (QuikSCAT).
21 января 2006 16:53 – 17:02 Гр.



Карта абсолютной топографии изобарической поверхности 850 мб из реанализа NCEP/NCAR. 22 января 2006 г. 00:00 Гр.

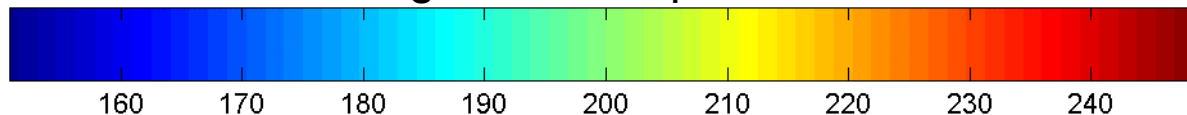
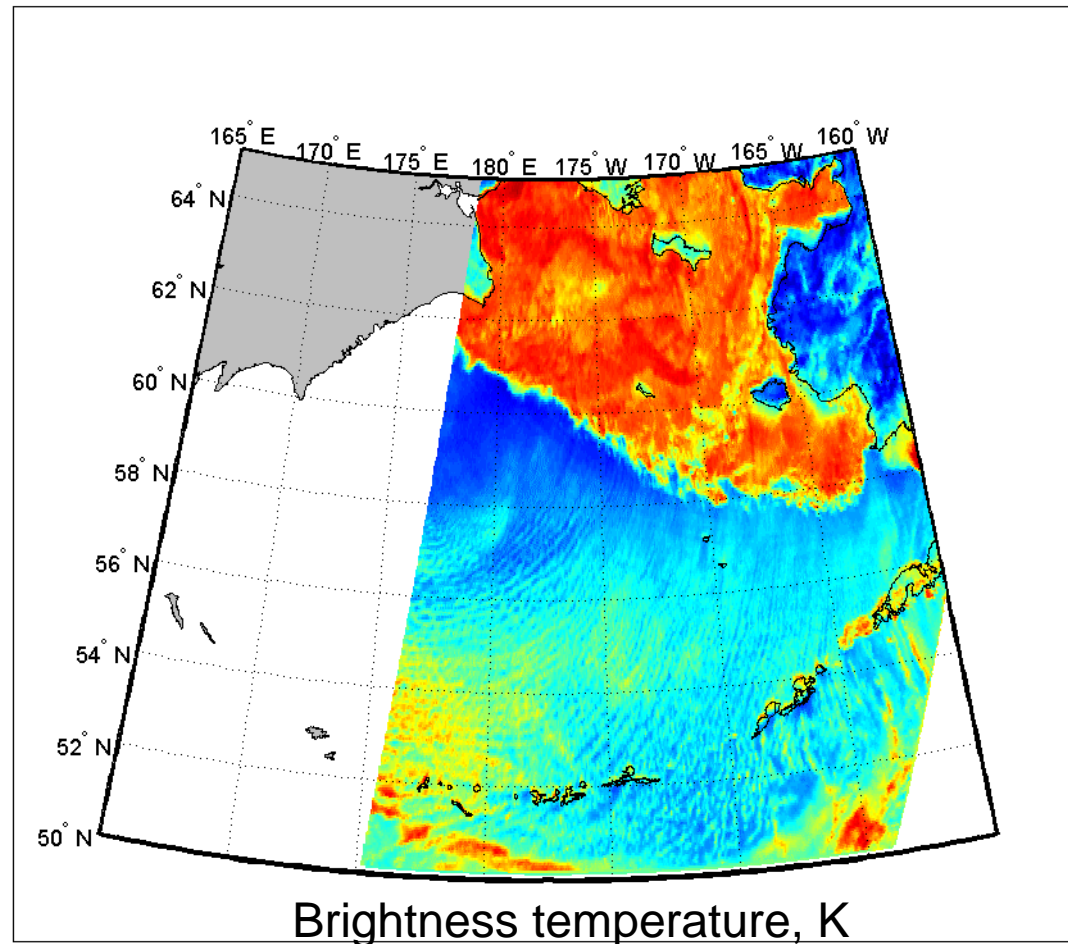
Черн. линии – изогипсы; цв. линии – изотермы.



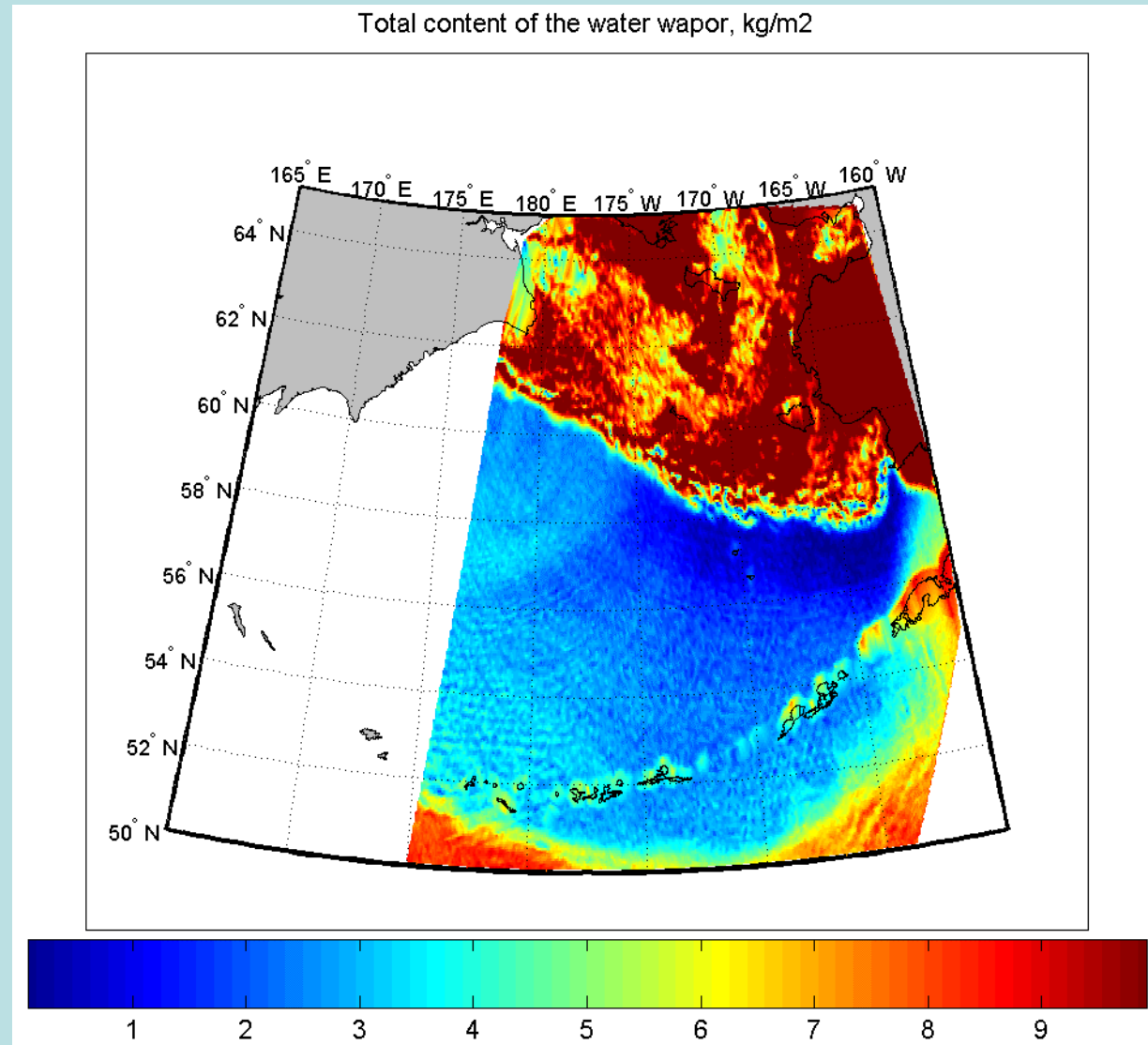
Спутниковое изображение в видимом диапазоне MODIS (Aqua), 20 января 2006 г. 22:40. (Вдоль цветных линий построено 3 поперечных разреза, удаленных от кромки льда на А – 20 км; Б – 120 км; В – 220 км).



Brightness temperature for 89 GHz, K



Холодное вторжение
в поле яркостной
температуры на
частоте 89 ГГц,
горизонтальная
поляризация, по
измерениям
радиометра AMSR-E.
21 января 2006 г.
13:38



Паросодержание атмосферы, кг/м²,
восстановленное по данным микроволнового
радиометра AMSR-E. 21 января 2006 13:38 Гр.



Балк-параметризация

Количественными характеристиками термодинамического взаимодействия океана и атмосферы являются вертикальные **турбулентные потоки импульса, тепла и влаги (τ , H , LE)**.

Аэродинамический метод лежит в основе полуэмпирических соотношений (или балк-формул):

$$H = f(T_w, T_a, V);$$

$$LE = f(E, e, V);$$

$$\tau = f(V),$$

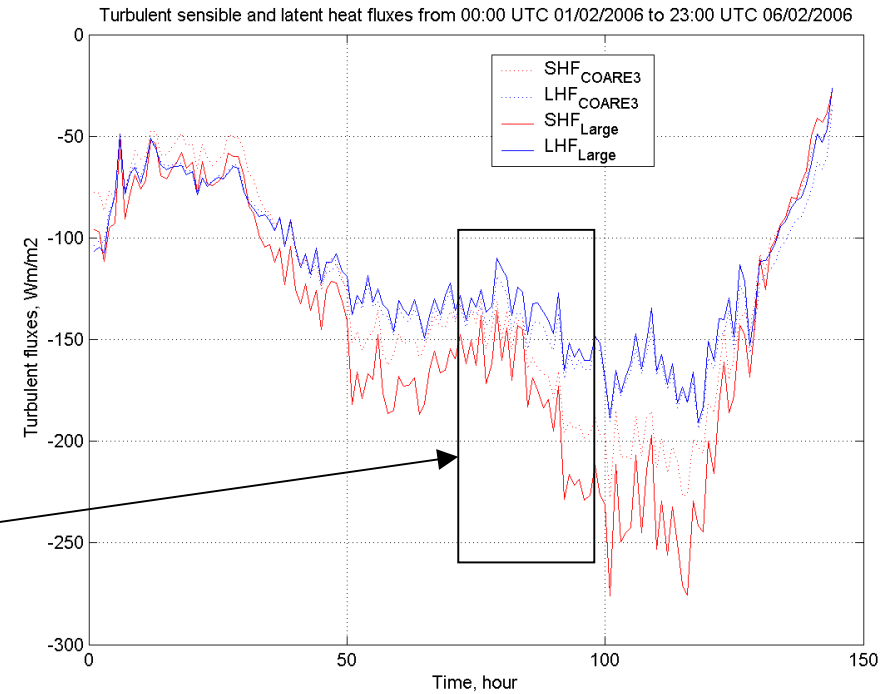
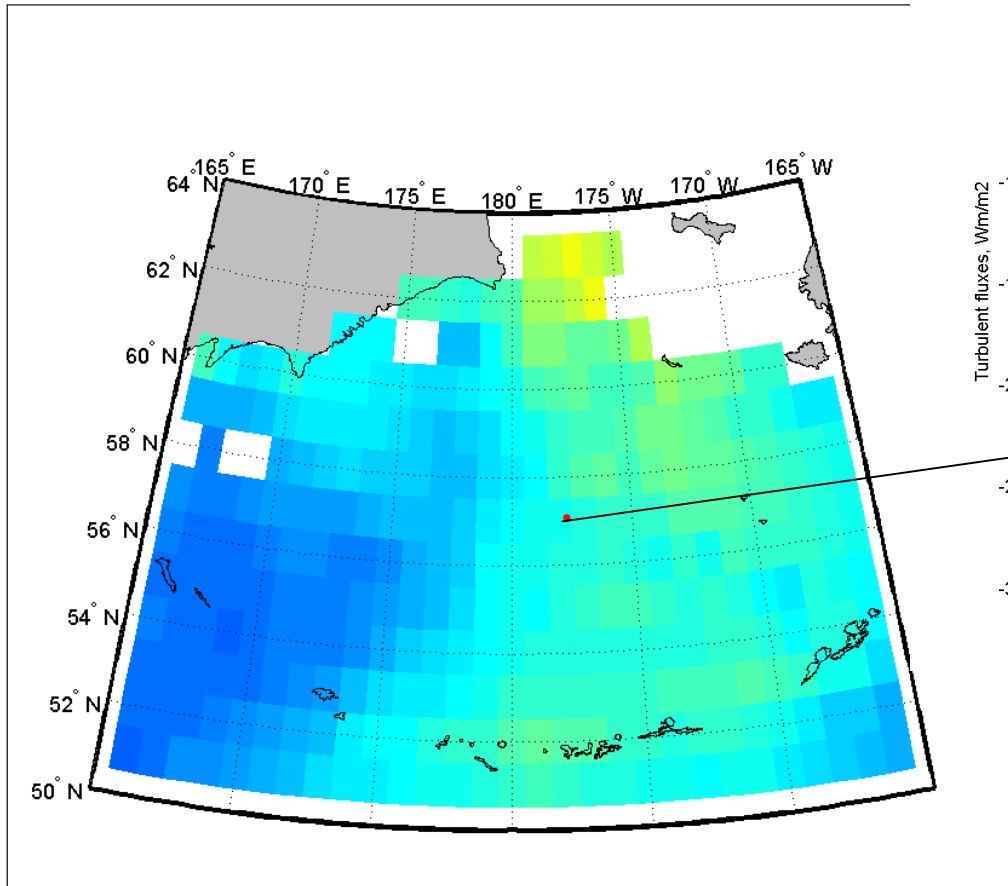
где T_w – температура поверхности воды,
 T_a – температуры воздуха у морской поверхности,
 E – насыщающая упругость водяного пара,
 e – упругость водяного пара в приводном слое атмосферы,
 V – скорость приводного ветра (в м/с).



Массив данных J-OFURO2

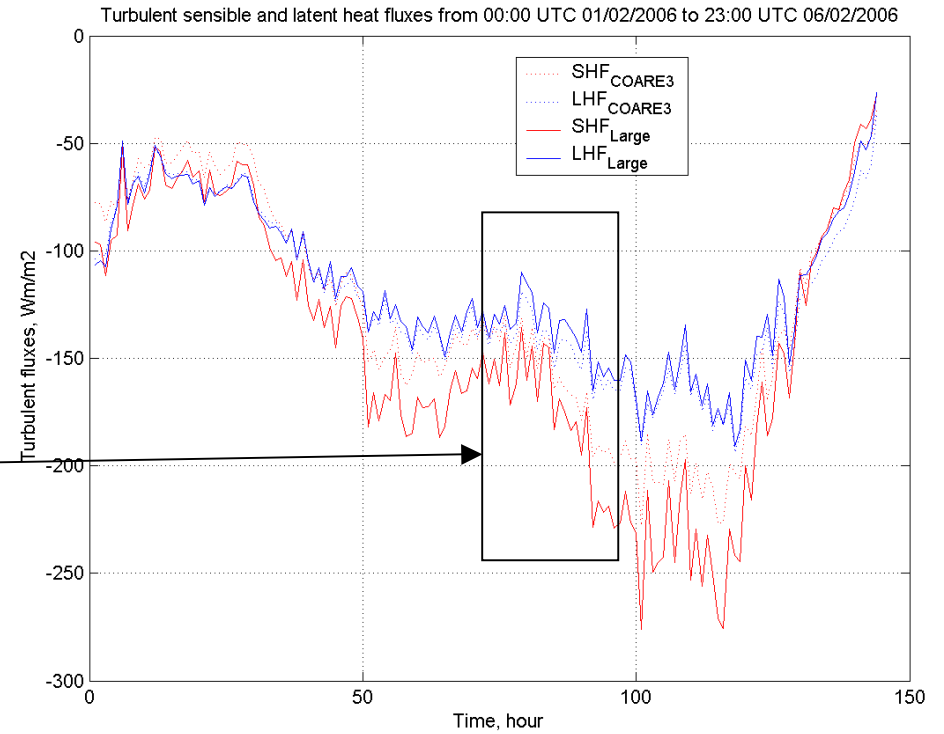
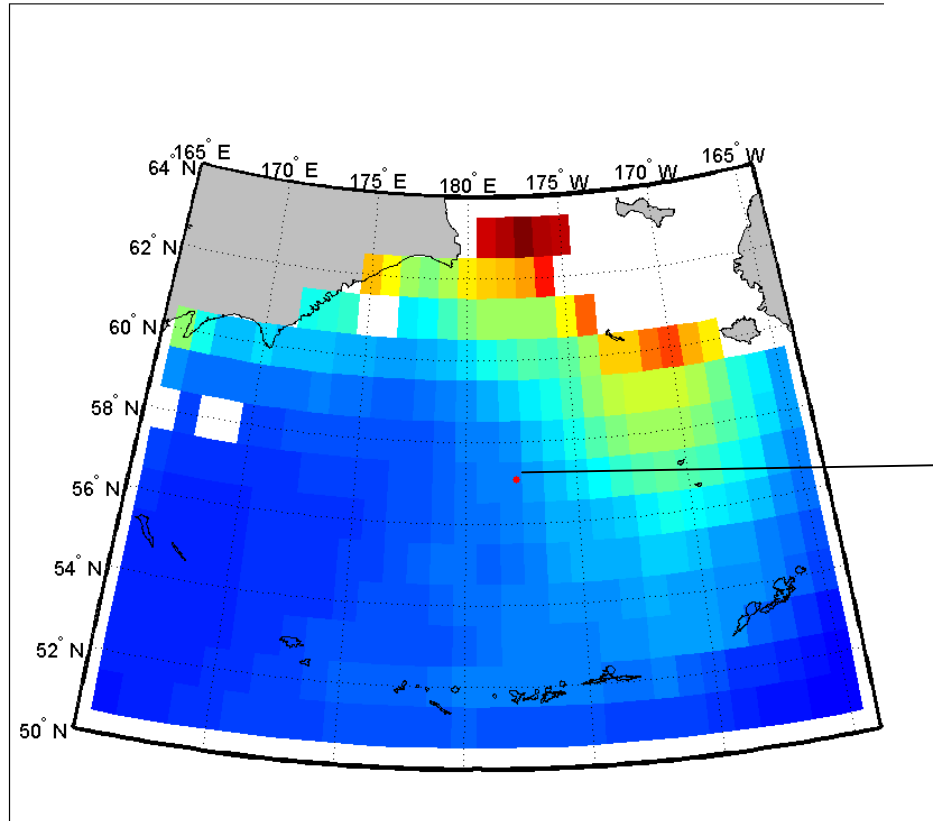
Хар-ки	Источник
T_a , °C	Реанализ NRA1
T_w , °C	IR SST (NOAA/AVHRR), Microwave SST (Aqua/AMSR-E) MGDSST JMA and <i>in-situ</i> data.
e , г/кг	SSM/I, Schlüssel et al., 1995
V , м/с	SSM/I, ERS1/2, QuikSCAT, AMSR-E and TMI

Алгоритм оценки турбулентных поток тепла -
COARE3, Fairall et al., 2003.



Временной ряд турбулентных потоков тепла по данным океанического буя (вт/м²).

Daily latent heat fluxes (W/m²) from J-OFURO2 dataset. 04-Feb-2003



Daily Sensible heat fluxes (W/m²) from J-OFURO2 dataset. 04-Feb-2003

Анализ отобранных 48 случаев ХВ показал:

- Скорость ветров северных румбов над морем составляет **10 – 25 м/с**.
- Толщина конвективного слоя атмосферы вниз по потоку возрастает **от 500 до 2000 м**.
- Расстояние между облачными грядами (длина волны Λ) возрастает **от 0,3 до 12-15 км** с увеличением расстояния от кромки льда.
- Конвективные облачные гряды трансформируются в ячейки, размеры которых варьируют **от 1-2 до 50-60 км**.
- Полная масса водяного пара варьирует в диапазоне **1 – 8 кг/м²**.
- Турбулентный поток тепла из океана в атмосферу составлял примерно **500 - 600 Вт/м²**.





Заключение:

- Сопряженные по пространству и времени спутниковые и контактные измерения предоставляют возможность:
 - Количественно исследовать эволюцию ХВ;
 - Оценить потоки тепла и влаги;
 - Исследовать структуру и хар-ки конвективных облачных гряд и ячеек.
- Сравнительный анализ полей по данным J-OFURO2 и расчетных потоков явного тепла выявил существенные отличия, что может быть объяснено погрешностями в оценке температуры приводного воздуха.
- Необходимо совершенствовать алгоритмы оценки характеристик атмосферы у морской поверхности на основе спутниковых измерений.