

МЕЗОМАСШТАБНАЯ ОРГАНИЗОВАННАЯ КОНВЕКЦИЯ ПРИ ХОЛОДНЫХ ВТОРЖЕНИЯХ НАД БЕРИНГОВЫМ И ОХОТСКИМ МОРЯМИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МУЛЬТИСЕНСОРНОГО АНАЛИЗА

Пичугин М. К.

Лаборатория средств и методов
спутниковой океанологии

Тихоокеанский Океанологический Институт
им. В. И. Ильичева



VII Всероссийская открытая конференция
ИКИ 16 – 20.11.2009



СОДЕРЖАНИЕ

- ВВЕДЕНИЕ
- ДАННЫЕ СПУТНИКОВЫХ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
- СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ
- ПРИМЕРЫ МЕЗОМАСШТАБНОЙ ОРГАНИЗОВАННОЙ КОНВЕКЦИИ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ



ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы заключается в исследовании структуры и характеристик мезомасштабной организованной конвекции в атмосфере при Холодных Вторжениях (ХВ) над Беринговым и Охотским морями по данным спутниковых и контактных измерений. В работе детально рассмотрены два холодных вторжения:

над Беринговым морем (2-10 января 2009 г.) и над Охотским морем (7-11 февраля 2009 г.).



ВВЕДЕНИЕ

Мезомасштабная организованная конвекция в атмосфере:

- ❖ Обусловлена **неустойчивой** стратификацией атмосферы;
- ❖ характеризуется формированием и развитием в пограничном слое атмосферы **конвективных облачных гряд и ячеек**;
- ❖ Часто наблюдается над акваториями средних и высоких широт при **холодных вторжениях**, преимущественно в зимний период;
- ❖ Сопровождается **интенсивным тепло- и влагообменом** между океаном и атмосферой.



Мезомасштабная организованная конвекция наблюдается во всей толще Пограничного Слоя Атмосферы (ПСА) над морем и проявляется в организованных вариациях вертикальных профилей:

- ❖ Температуры воздуха;
- ❖ Влажности;
- ❖ Скорости ветра;

а также интегрального содержания водяного пара и водозапаса облаков;

На спутниковых видимых и ИК изображениях это явление регистрируется в виде облачных гряд и ячеек.

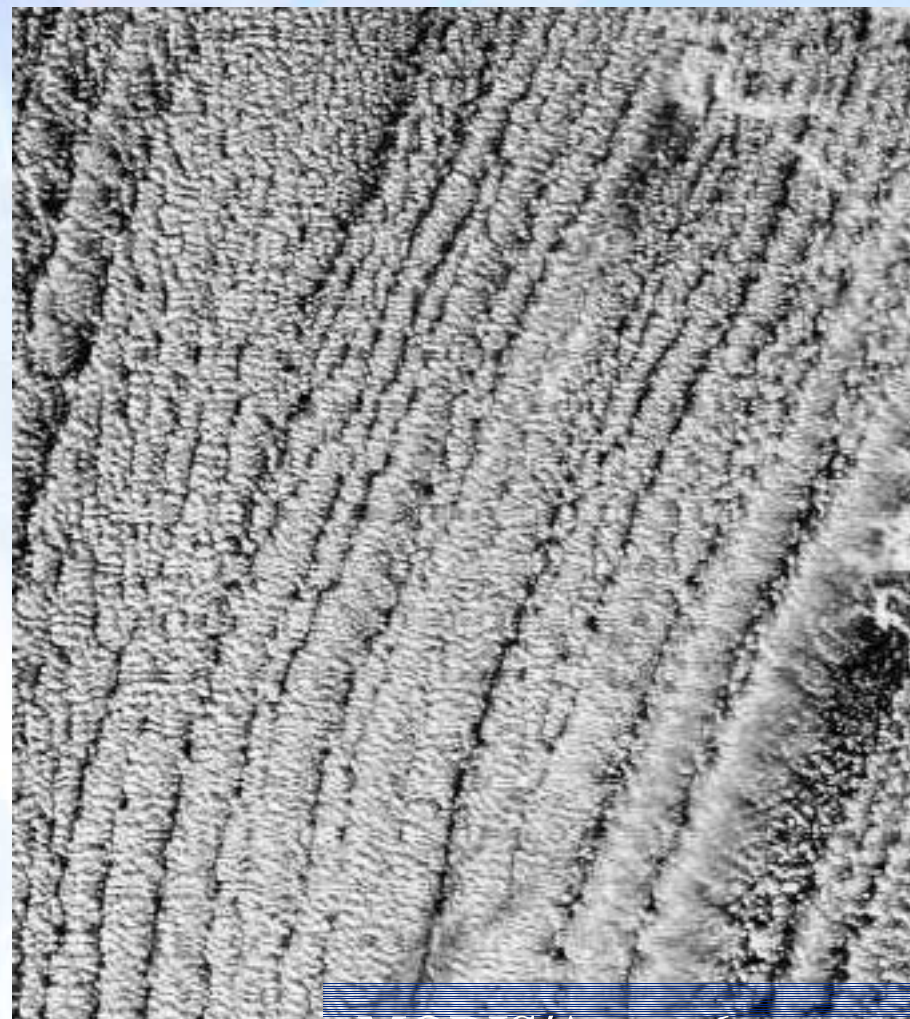


Конвективные облачные ряды



MODIS/Aqua, 4 января

2007, 23:55 UTC



MODIS/Aqua, 6 января

2007, 23:40 UTC

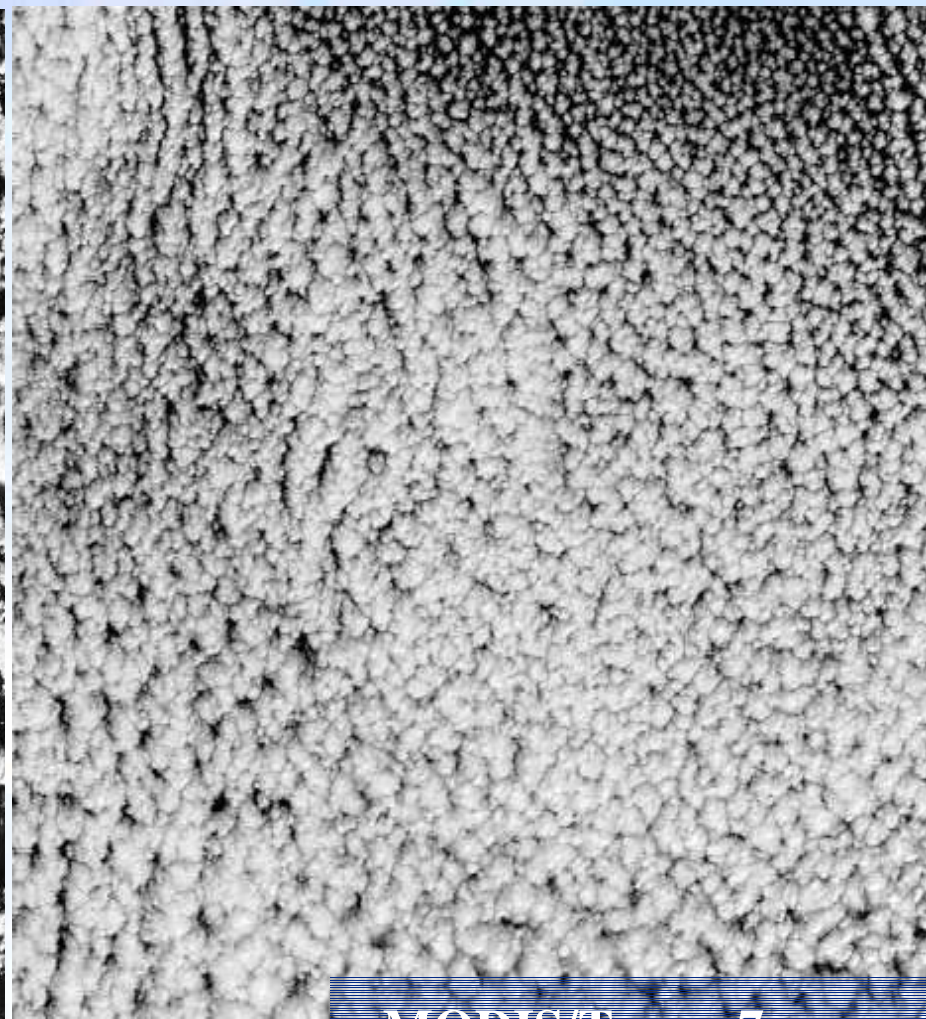


Конвективные облачные ячейки



MODIS/Terra, 1 января

2007, 23:10 UTC



MODIS/Terra, 7 марта

2004, 22:15 UTC



ДААННЫЕ

- Пассивные микроволновые измерения. AMSR/AMSR-E (спутники ADEOS-II/Aqua). **Содержание в толще атмосферы водяного пара и капельной влаги.**
- Измерения скаттерометра QuikSCAT. **Поля приводного ветра**
- Измерения спектрорадиометра MODIS (Terra, Aqua). **Спутниковые изображения** в видимом и ИК диапазонах длин волн.
- Измерения РСА ASAR (Envisat), PALSAR (ALOS). **Поля ветра с высоким разрешением**



Микроволновые радиометры AMSR, AMSR-E

AMSR - 8-частотный радиометр полной мощности с двумя поляризационными каналами (кроме каналов в полосе 50 ГГц). Сканирование – коническое. Калибровка на каждом скане по горячей нагрузке (≈ 300 К) и космическому реликтовому излучению (≈ 3 К).

только AMSR

Center frequency (GHz)	6.925	10.65	18.7	23.8	36.5	50.3	52.8	89.0 A	89.0 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, 1450								
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).

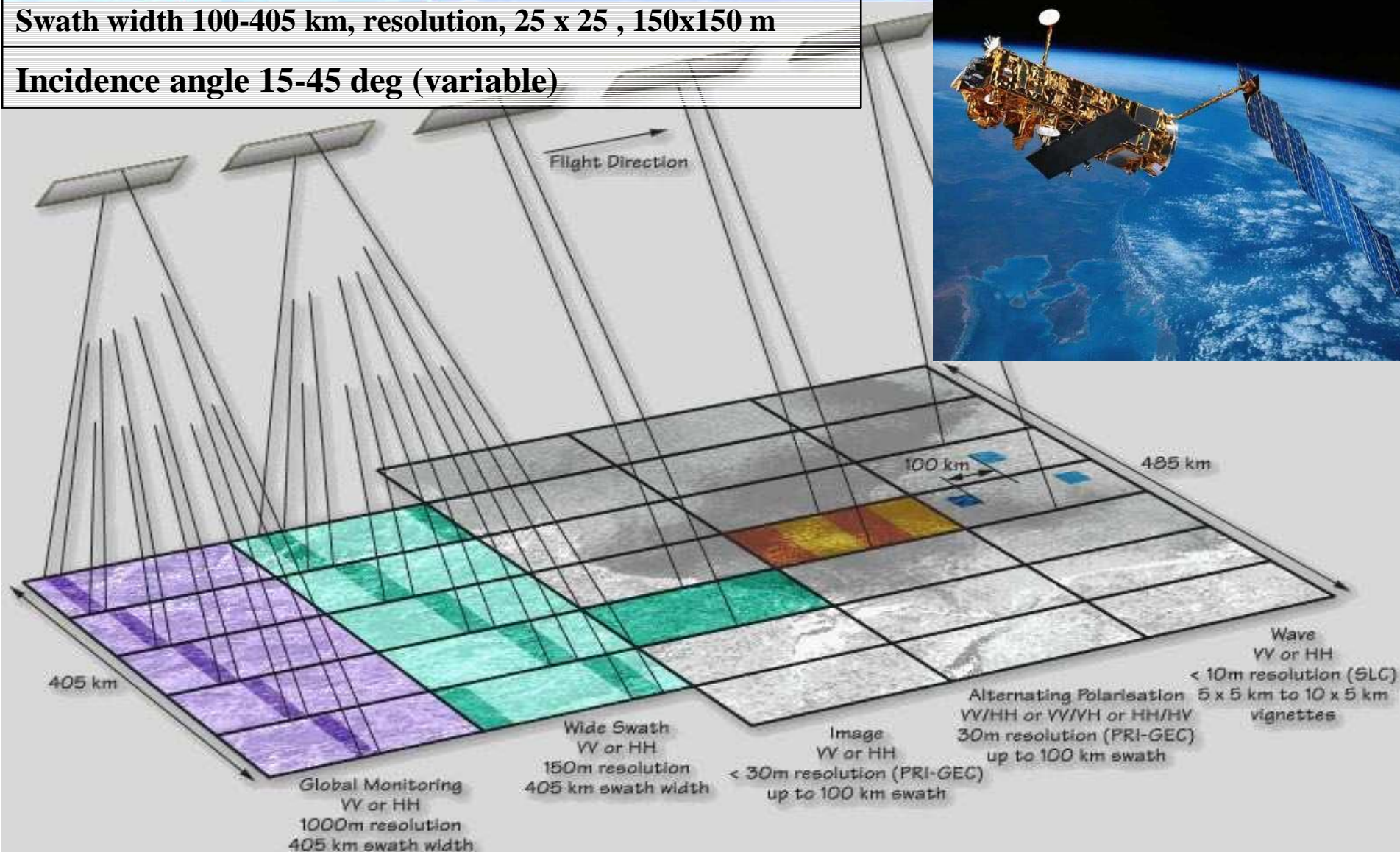


ASAR (Envisat)

Frequency 5.3 GHz , wavelength 5.6 cm, polarization VV, HH

Swath width 100-405 km, resolution, 25 x 25 , 150x150 m

Incidence angle 15-45 deg (variable)

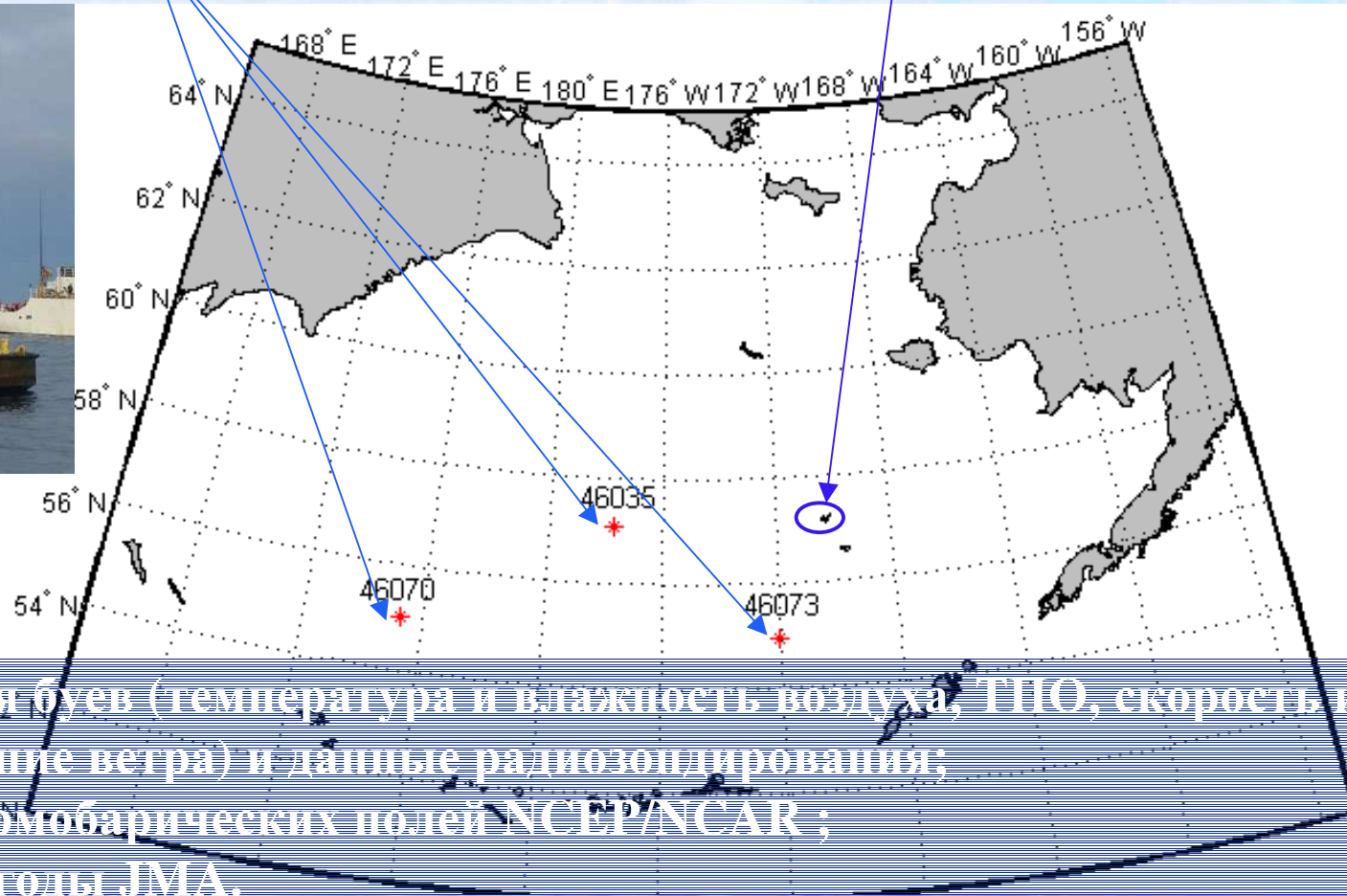




ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Океанические
буи (NDBC)

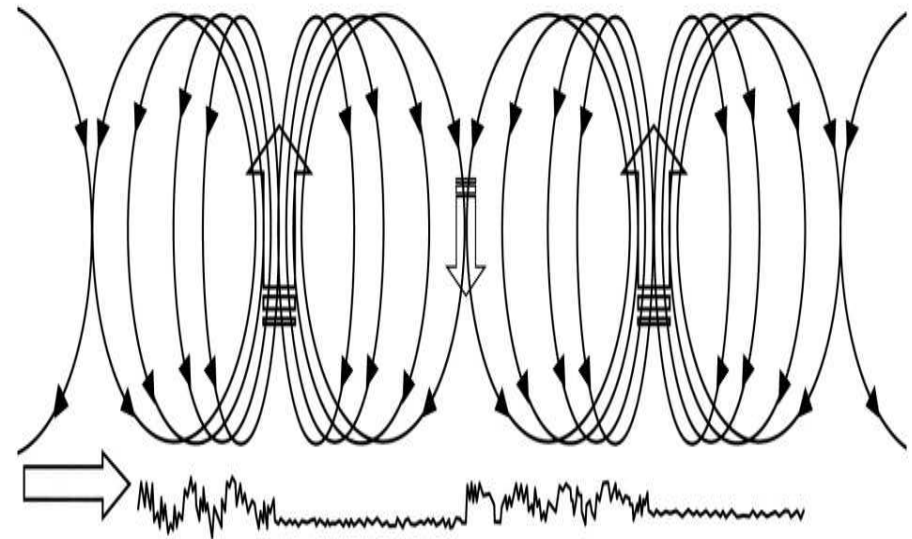
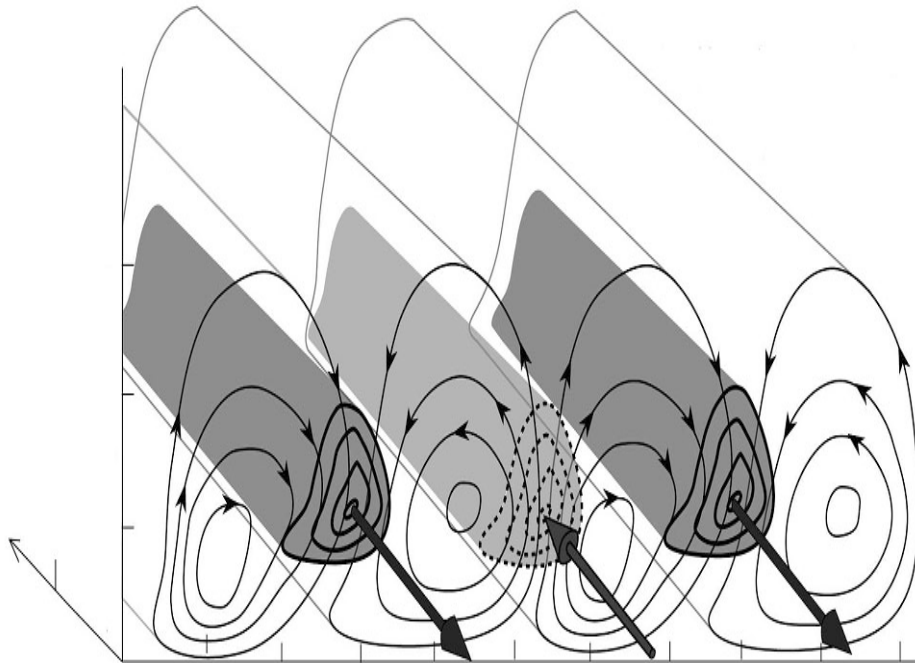
Станция радиозондирования
(о. Прибылова)



- измерения буев (температура и влажность воздуха, ТПО, скорость и направление ветра) и данные радиозондирования;
- карты термобарических полей NCEP/NCAR ;
- карты погоды JMA.



ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРЫ ОБЛАЧНЫХ ГРЯД И ЯЧЕЕК



Конвективные облачные гряды и открытые и закрытые ячейки

H 600 – 1500 м

1000 – 2400 м

$\Lambda(D)$ 300 м – 18 км

1 – 100 (20-30) км

$\Lambda(D) / H$ 4 – 9

9 – 16



ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА

Вертикальная структура мезомасштабных конвективных гроз и ячеек исследовалась по данным:

- Видимых изображений с разрешением **250x250 м**. MODIS (Terra/Aqua);
- радиозондирования атмосферы.

Определялись:

Горизонтальные размеры облачности, мощность пограничного слоя, вертикальные профили температуры и влажности атмосферы и скорости ветра.

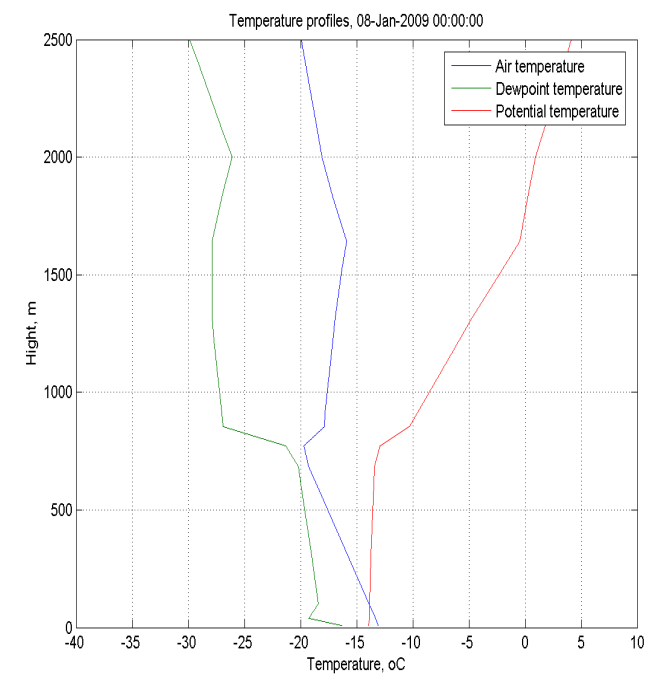
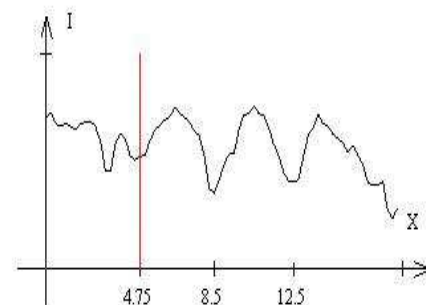
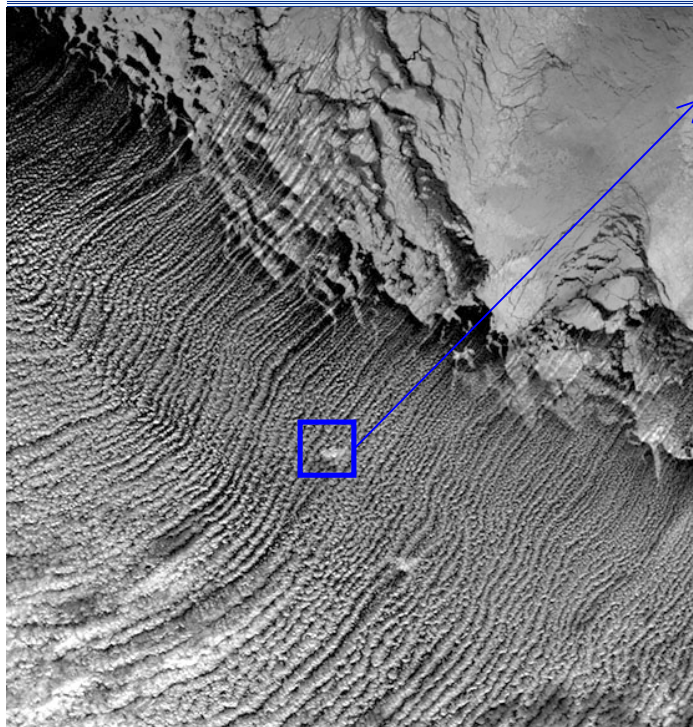
ОГРАНИЧЕНИЯ

- Размеры ячеек и длина волны гроз **от 2 км**;
- разница во времени между контактными и спутниковыми измерениями **не превышает 40 мин**;
- топографические эффекты отсутствуют



ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА

Из 405 изображений MODIS для анализа отобрано 94 случая



ПСА выделялся по градиентам влажности и температуры воздуха.



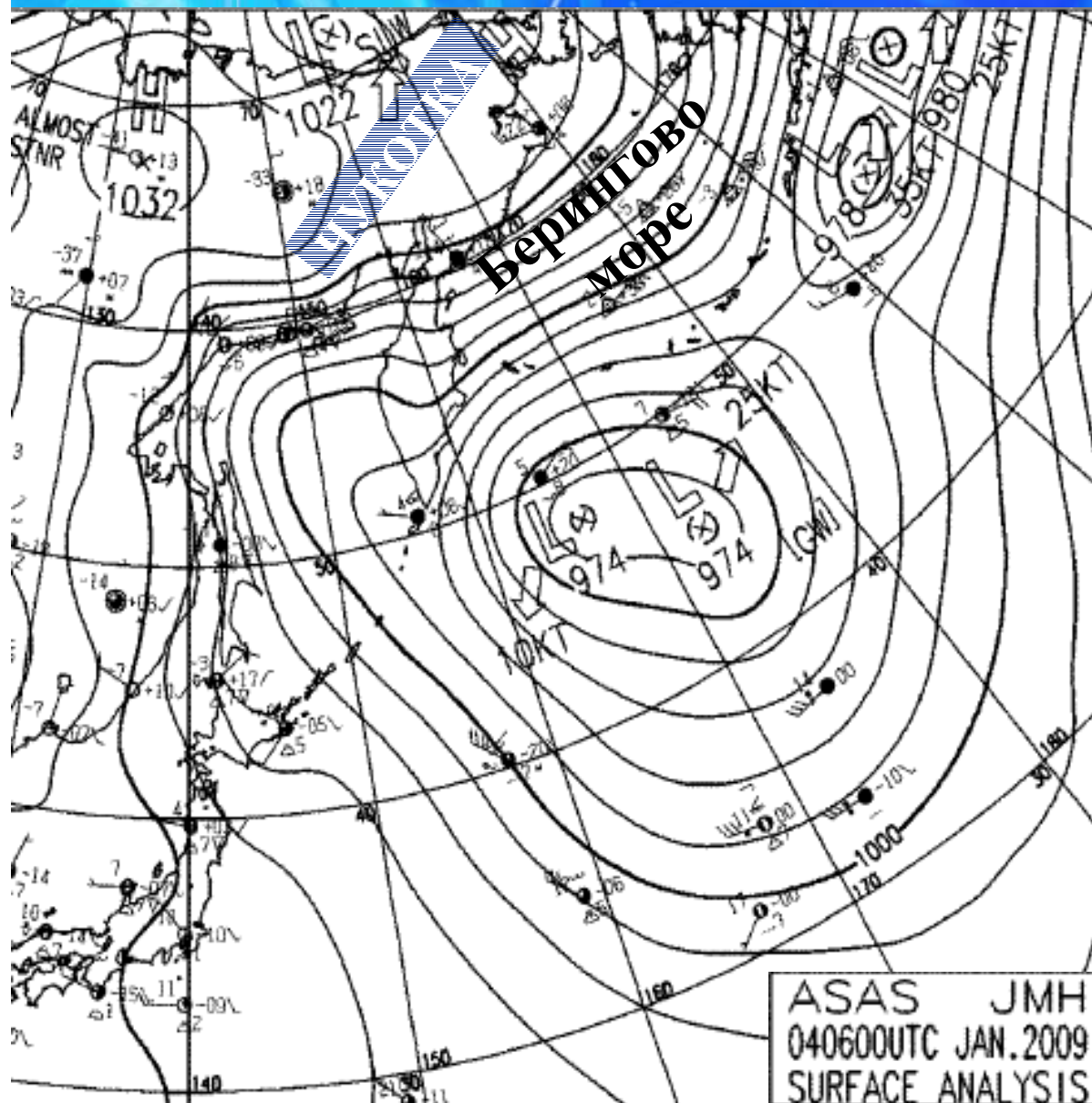
ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА

Анализ 94 случаев показал:

- При организованной конвекции **пограничный слой отчетливо выражен** в профилях температуры и влажности. Толщина пограничного слоя менялась **от 300 до 2450 м.**
- В 80% случаев над ПСА наблюдалась **инверсия температуры**. Температура воздуха в слое инверсии возрастала на величину **от 0,2 до 12,2°C**, а толщина слоя менялась **от 300-600 до 1200 м.**
- Вертикальный **градиент температуры** воздуха в ПСА примерно постоянен и в среднем составляет **(7,7 - 8,2)°C/км.**



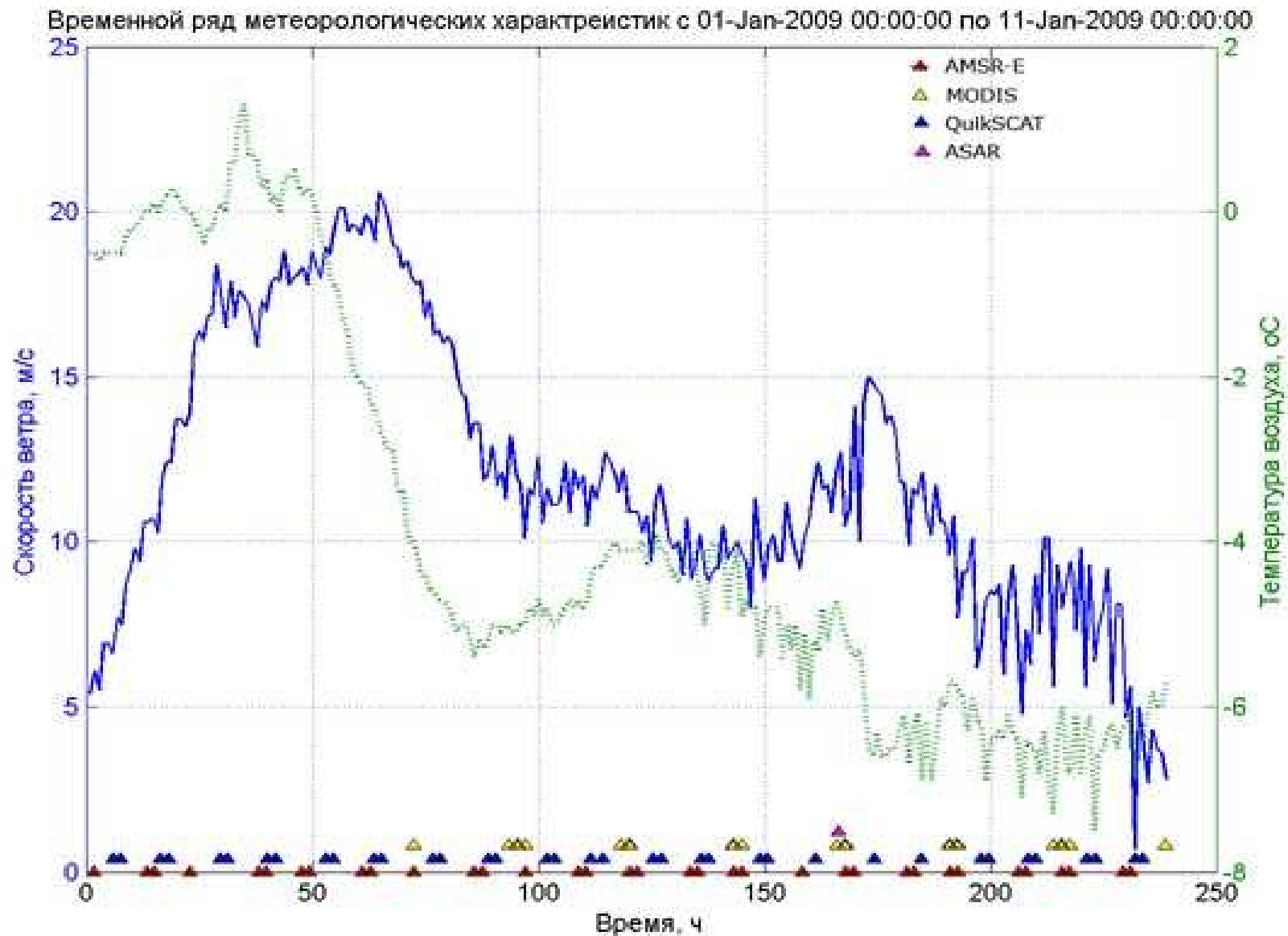
ХОЛОДНОЕ ВТОРЖЕНИЕ С 1.01.2009 – 10.01.2009



Адвекция арктической воздушной массы определялась сместившейся алеутской депрессией с центром южнее центральной части алеутской гряды (974 мбар) и гребнем азиатского антициклона, распространившимся в северо-восточном направлении над частью Якутии и Чукотским автономным округом .



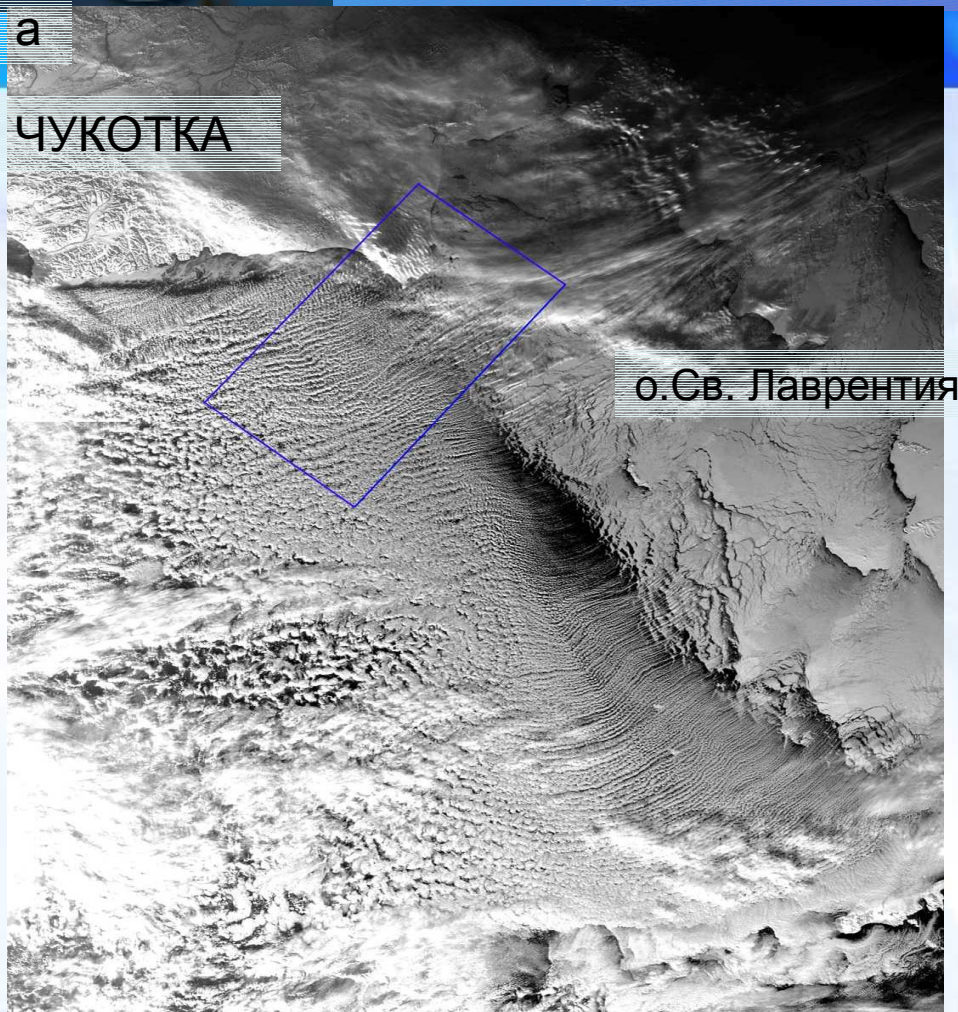
скорость ветра и температура воздуха. Буй №46035





а

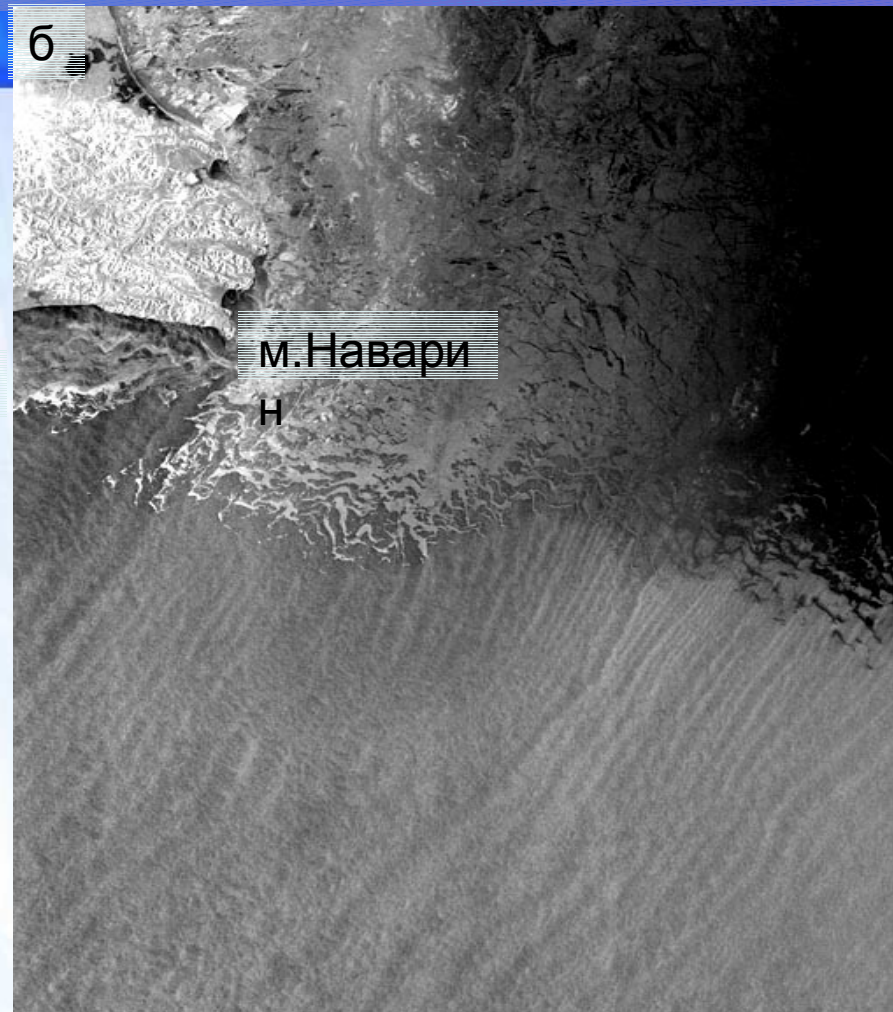
ЧУКОТКА



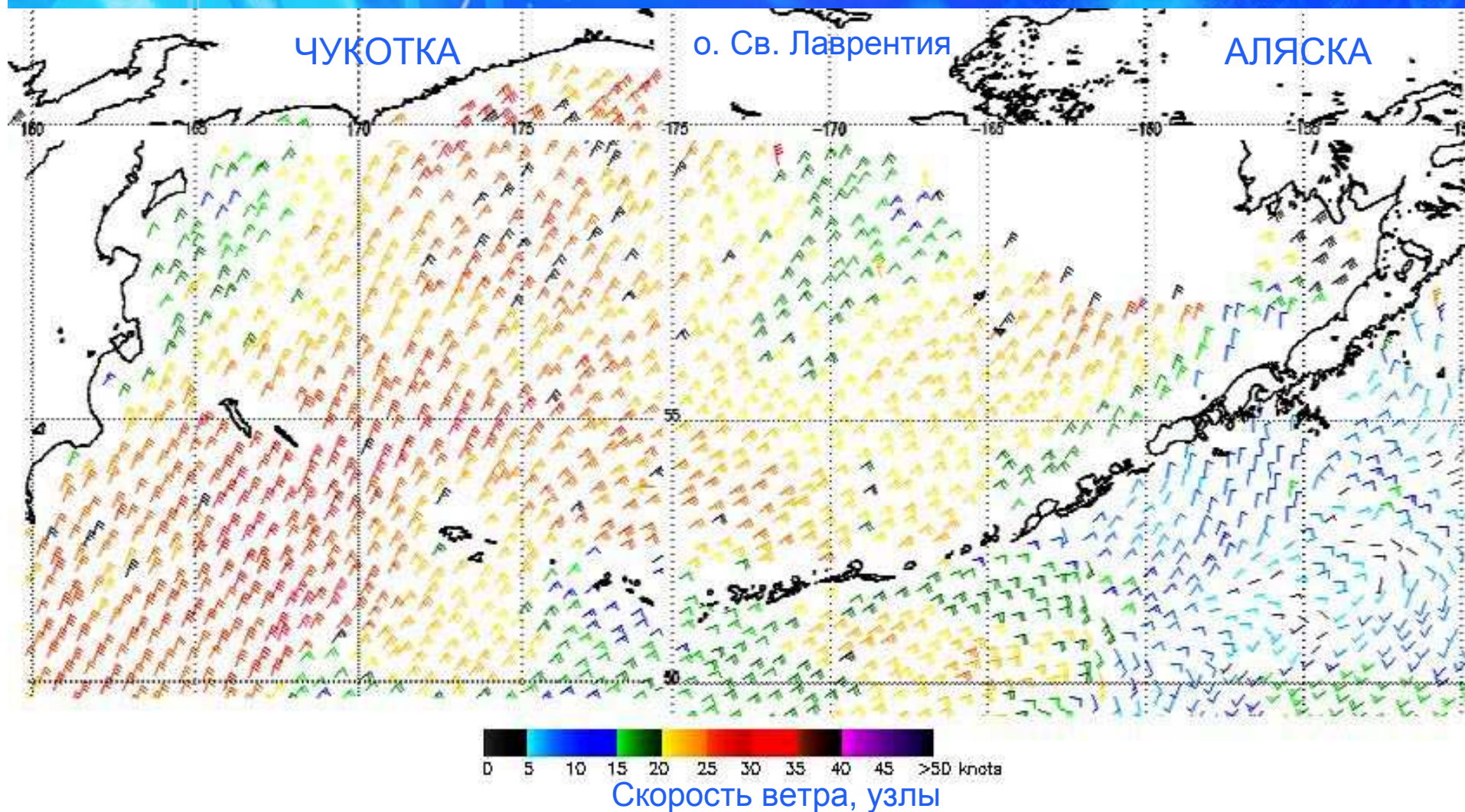
о.Св. Лаврентия

б

м.Навари
Н



Грядовая и ячейковая конвекции на спутниковых изображениях,
полученных: а) – спектрорадиометром MODIS со спутника Aqua в 00:10
Гр. 8 января и б) – PCA ASAR со спутника Envisat в 22:26 Гр. 7



Поле приводного ветра, восстановленное по данным скаттерометра **QuikSCAT** в 17:20 Гр. 7 января 2009 г.



Геофизическая модельная функция

Геофизическая модельная функция определяет взаимосвязь УЭПР с вектором ветра и параметрами радиолокатора.

$$\sigma_0 = f(w, \chi, \theta, \rho, f), \text{ где}$$

σ_0 – УЭПР, w – скорость приводного ветра, χ – относительное направление ветра, θ , ρ , f – технические и геометрические характеристики радара, угол падения, поляризация (вертикальная или горизонтальная) и частота сигнала радара, соответственно.



Поле ветра при организованной конвекции

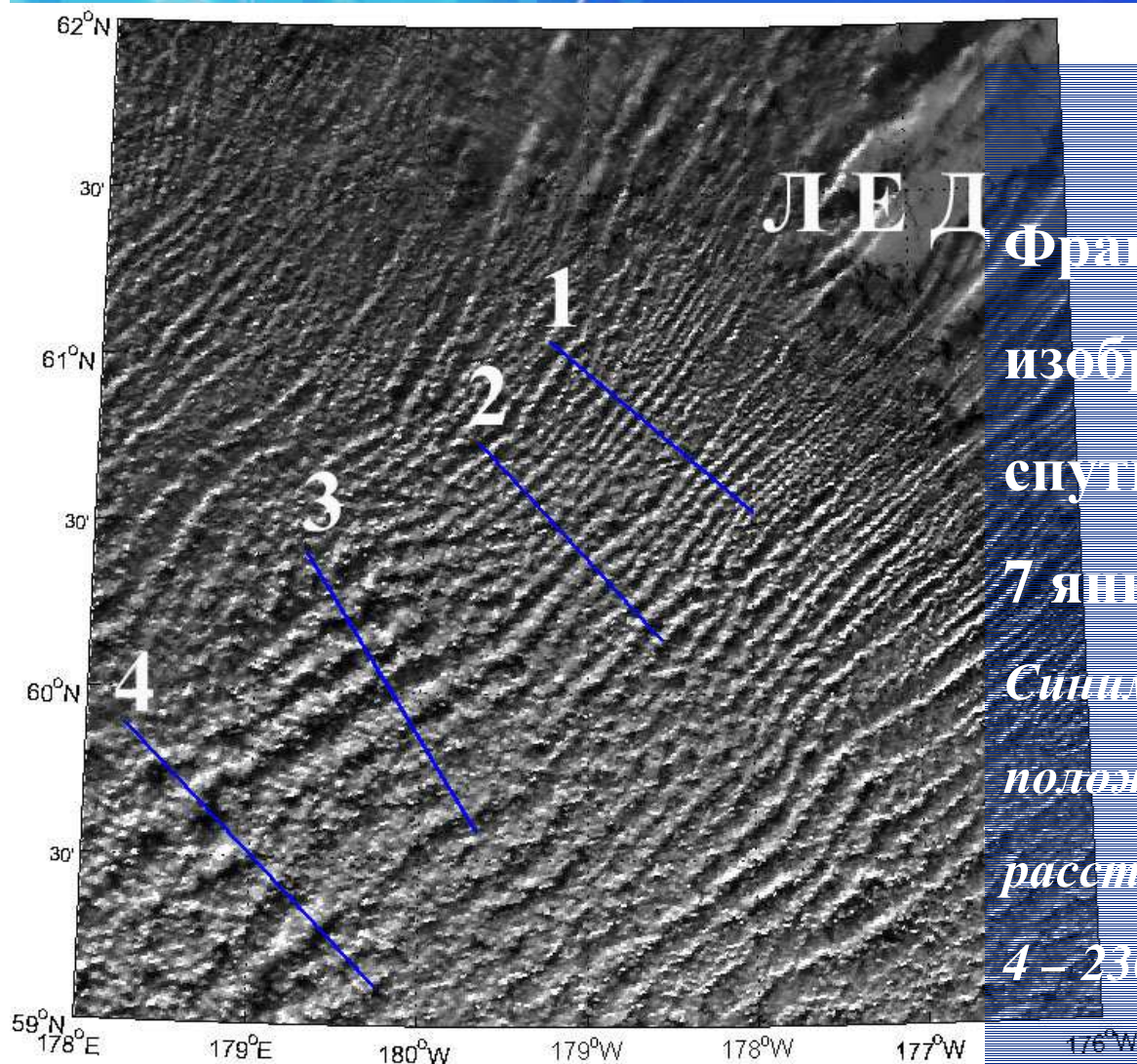
Поле ветра (м/с), восстановленное
по данным РСА ASAR в 22:26 Гр.
7 января 2009 по модели CMOD4.
Разрешение 1x1 км.

*Вариации скорости приводного
ветра в направлении
перпендикулярном грядам
достигают 4 – 6 м/с.*





Структура облачности и поля ветра при грядовой конвекции

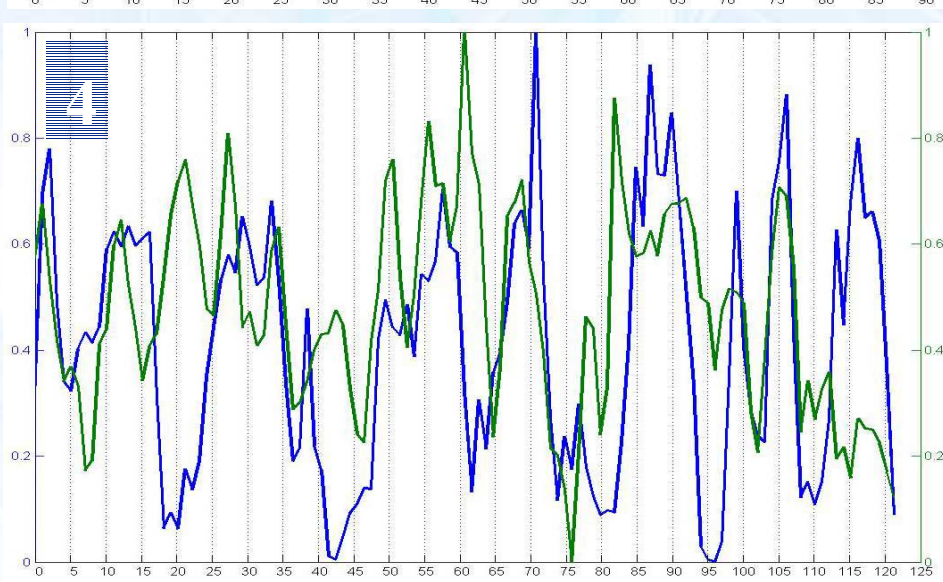
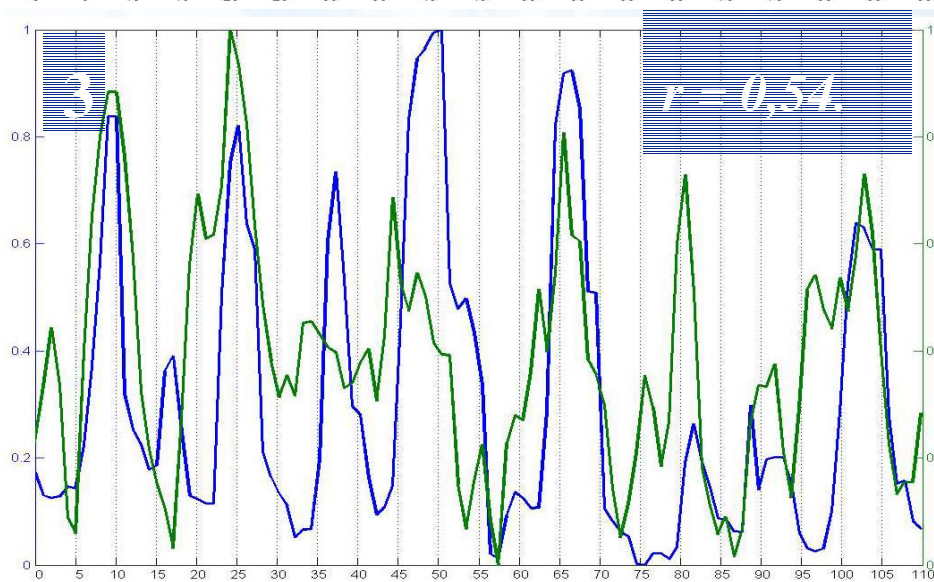
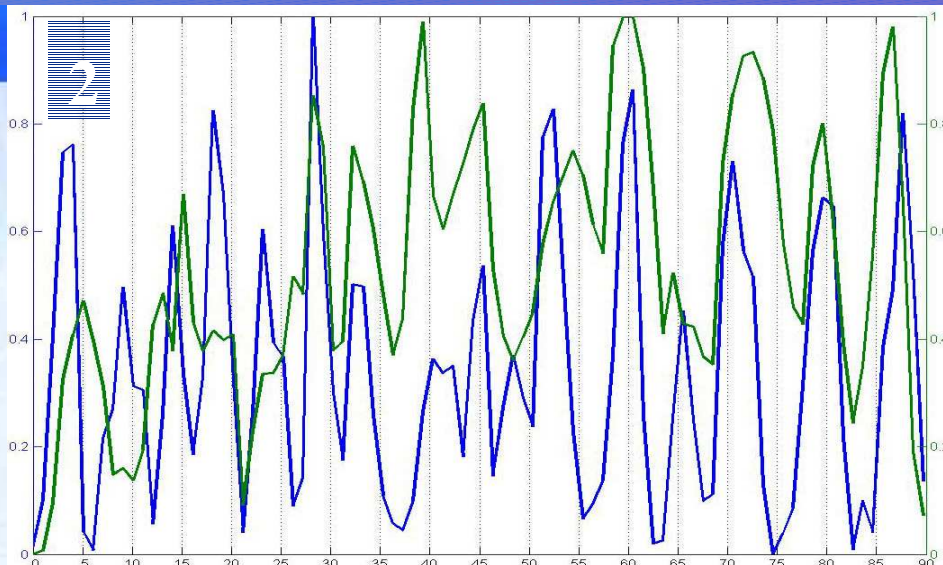
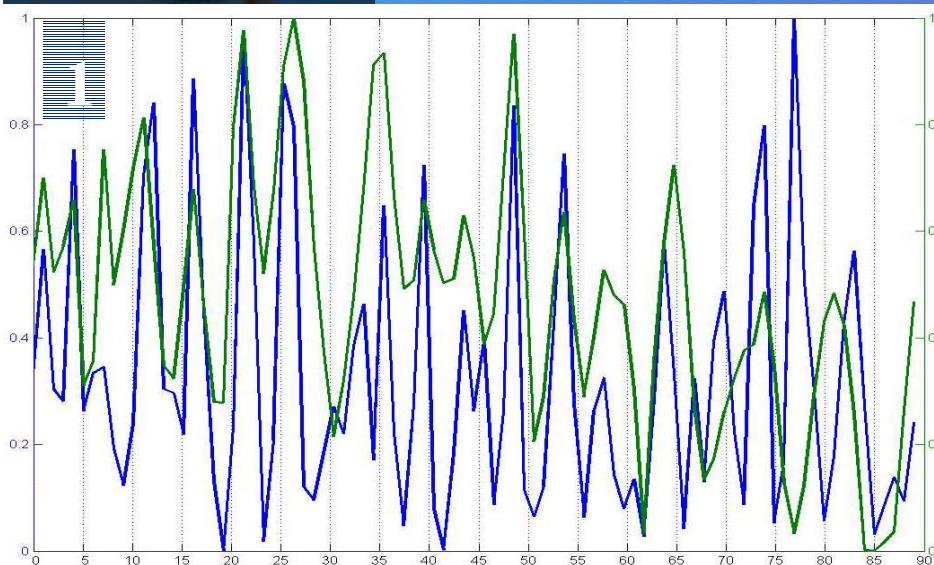


Фрагмент видимого
изображения. MODIS,
спутник Terra, 22:10 Гр.
7 января 2009 г.

*Синими линиями показано
положение сечений на
расстояниях: 1 - 35, 2 - 85, 3 - 160 и
4 - 230 км от кромки льда*



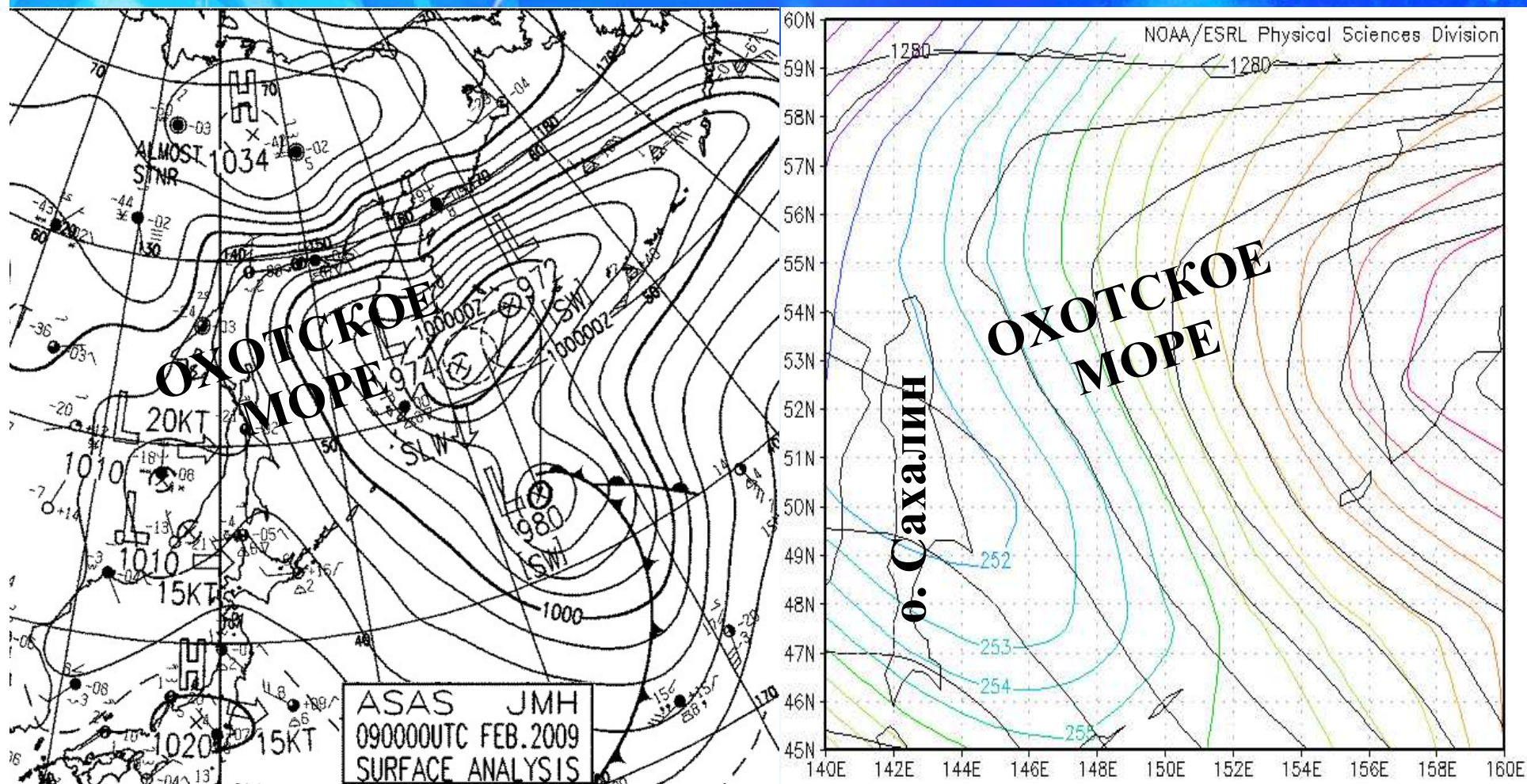
Профили яркости и скорости ветра



410 точек сопряженных данных PCA ASAR и MODIS



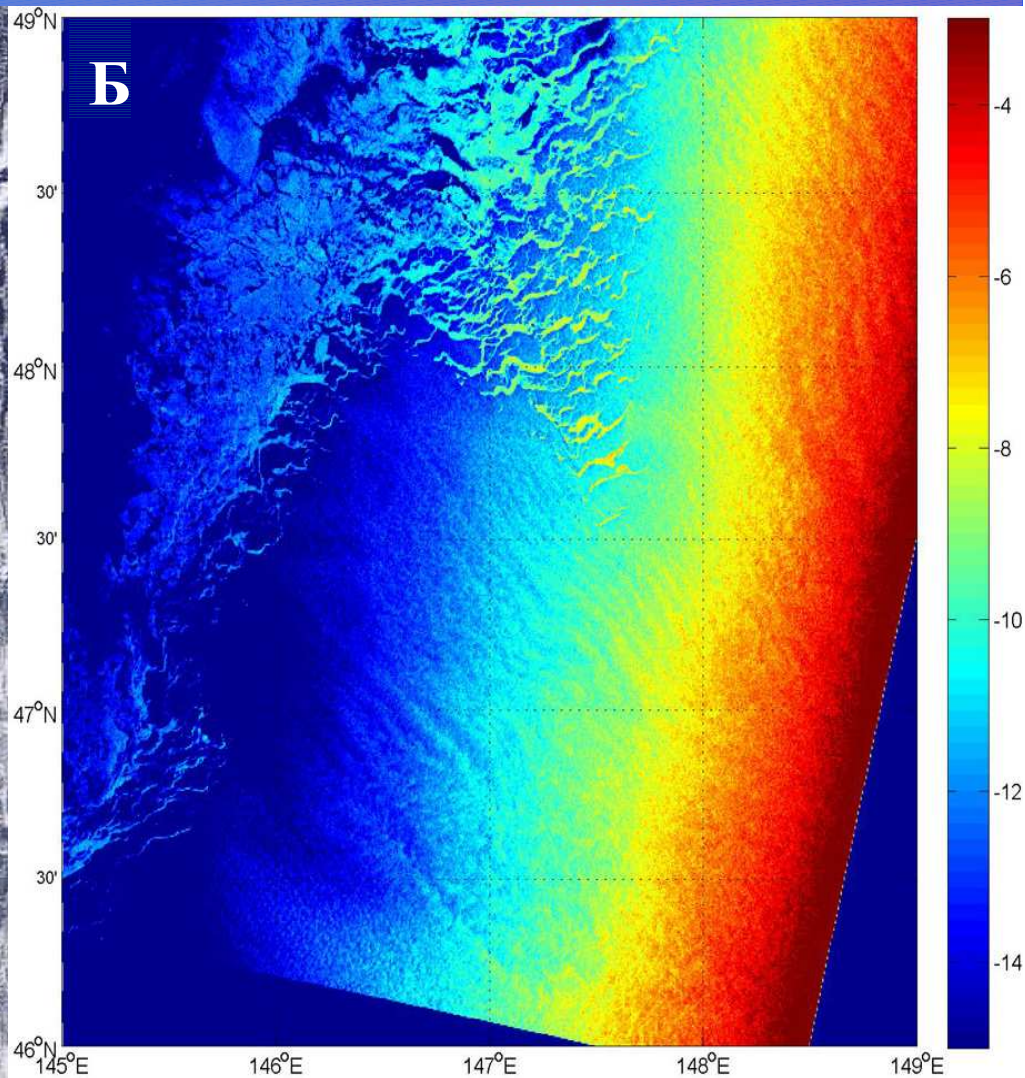
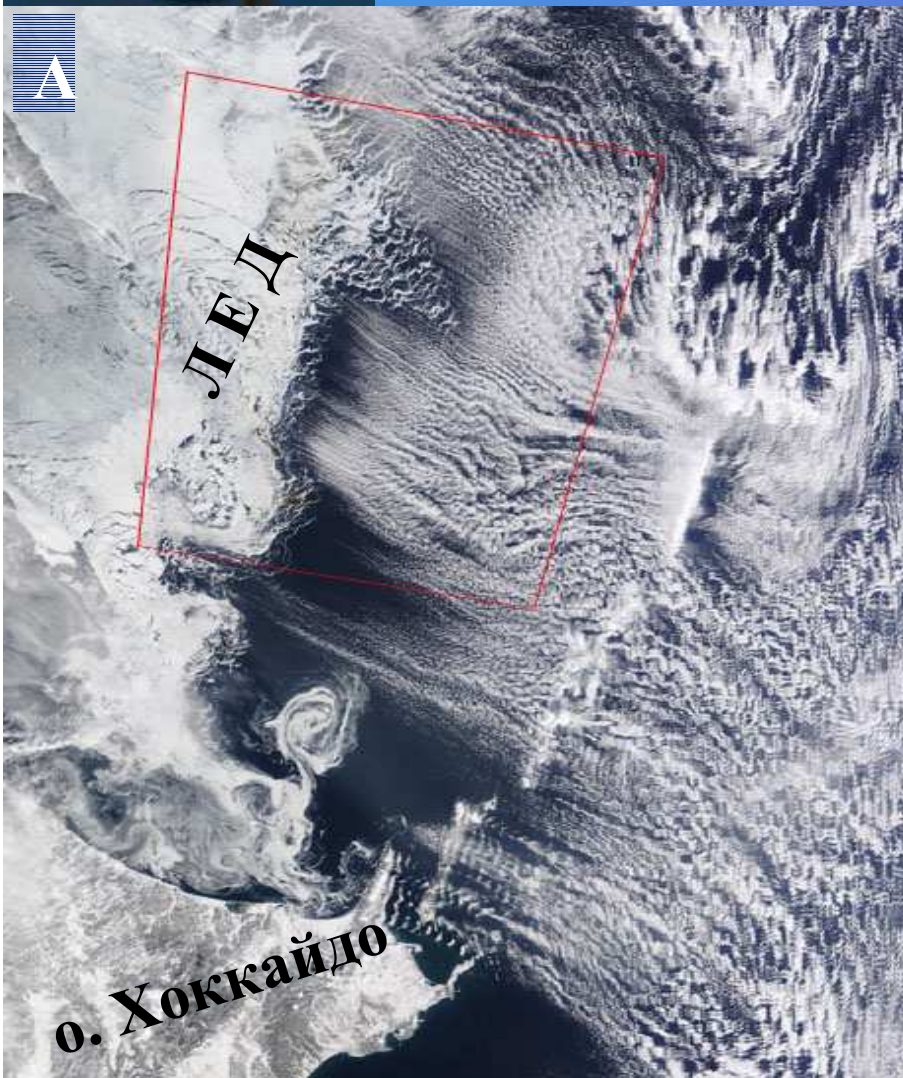
ХОЛОДНОЕ ВТОРЖЕНИЕ 7 – 11 ФЕВРАЛЯ 2009



А) - Карта приземного анализа и Б) – температура (К) и геопотенциальная высота (м) на изобарической поверхности 850 мбар по данным реанализа NCEP/NCAR в 0:00 Гр. 9 февраля 2009 г.



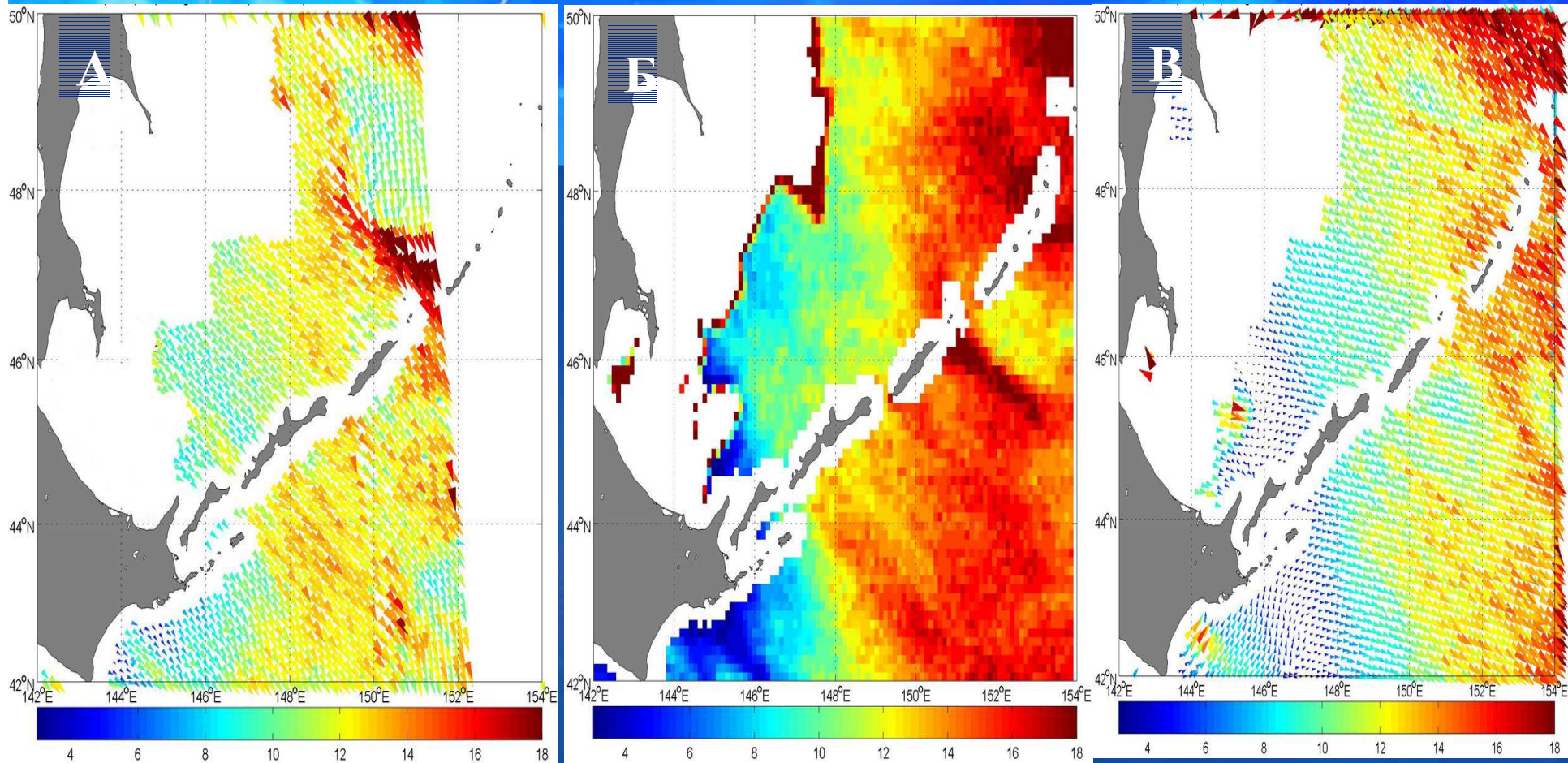
Охотское море, 9 февраля 2009 г.



• Холодное вторжение в А) - поле облачности в 1:35 Гр. на видимом изображении MODIS, спутник Terra и Б) – поле УЭИР (дБ) в 0:59 Гр. по данным PALSAR, спутник ALOS



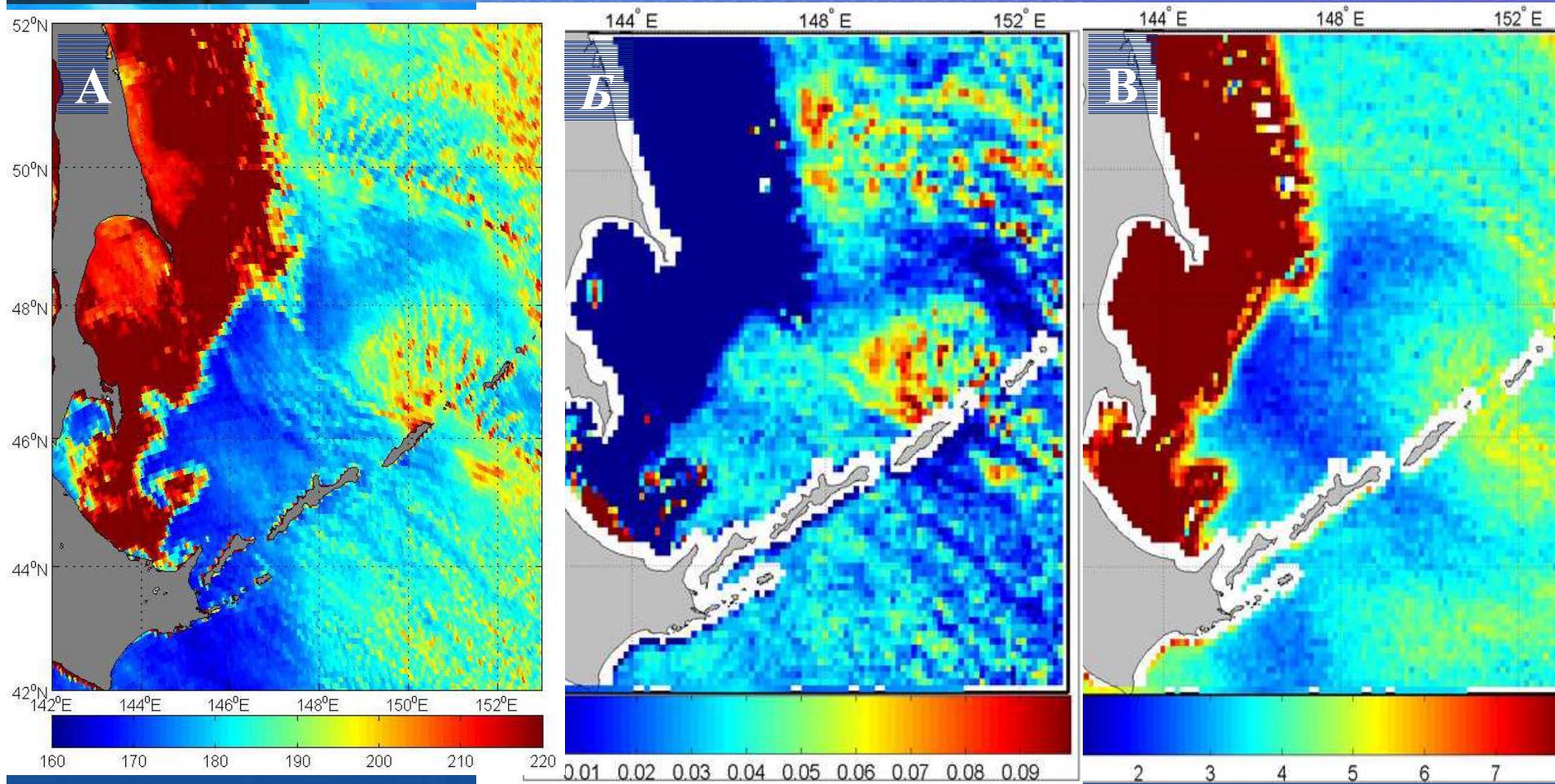
Охотское море, 9 февраля 2009 г



Поля приводного ветра, А) и В) - по данным скаттерометра QuikSCAT, в 20:10 Гр. 8 февраля и 8:25 Гр. 9 февраля 2009 г. соответственно и Б) – по измерениям AMSR-E в 3:20 Гр. 9 февраля 2009 г. Цветовая шкала в м/с.



Охотское море, 9 февраля 2009 г.



- Поля А) – яркостной температуры (К) на частоте 89ГГц с горизонтальной поляризацией; Б) – капельной влаги в облаках (кг/м²) и В) – паросодержания в атмосфере по данным AMSR-E, в 3:20 Гр. 9 фев. 2009 г.



ВЫВОДЫ

- Организованная конвекция характеризует интенсивное взаимодействие океана и атмосферы и проявляется в полях облачности, яркостных температур, паросодержания атмосферы, удельной эффективной площади рассеяния и других регистрируемы из космоса характеристиках системы океан-атмосфера.
- Корреляция полей облачности и приводного ветра при грядовой конвекции, найденная при анализе близких по времени измерений спектрорадиометра MODIS и PCA ASAR составляет 0,54.



ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- При организованной конвекции **пограничный слой отчетливо выражен** в профилях температуры и влажности. Толщина погранслоя менялась **от 300 до 2450 м.**
- В 80% случаев над ПСА наблюдалась **инверсия температуры.** Температура воздуха в слое инверсии возрастала на величину **от 0,2 до 12,2°C**, а толщина слоя менялась **от 300-600 до 1200 м.**
- Вертикальный **градиент температуры** воздуха в ПСА примерно постоянен и в среднем составляет **(7.7 - 8.2)°C/км.**



СПАСИБО!