



ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХЧАСТОТНОГО ДОЖДЕВОГО РАДИОЛОКАТОРА И МИКРОВОЛНОВОГО РАДИОМЕТРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЦИКЛОНОВ НАД ОКЕАНОМ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

*В. Караев (1), Л. Митник (2), М. Рябкова (1),
М. Панфилова (1), Е. Мешков (1), А. Яблоков (1)*

1) Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

2) Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН

Аннотация

Основной задачей двухчастотного дождевого радиолокатора (Dual-frequency Precipitation Radar – DPR), установленного на спутнике GPM (Global Precipitation Measurement), является измерение осадков в полосе обзора шириной 245 км (в Ku-диапазоне) и 120 км (в Ka-диапазоне) с пространственным разрешением 5 км. В работе обсуждается применение данных DPR для решения актуальной задачи - изучения взаимодействия атмосферы и океана.

Проведено исследование проявления циклона на изображении дождевого радиолокатора и в полях яркостных температур микроволнового радиометра GMI (GPM Microwave Imager). Выполнена обработка радиолокационных данных и восстановлено пространственное распределение дисперсии наклонов крупномасштабного волнения в полосе обзора DPR.

Использованный при обработке подход позволил свести к минимуму зависимости сечения обратного рассеяния от угла падения и сформировать однородное радиолокационное изображение морской поверхности.

Исследование подтвердило, что наблюдается высокая корреляция дисперсии наклонов крупномасштабного волнения и скорости приводного ветра.

1. Введение

Дождевой радиолокатор работает в сканирующем режиме при малых углах падения (± 17 градусов) и формирует полосу обзора в Ku-диапазоне и в Ka-диапазоне. Длительность скана - 0,6 с. Один из измеряемых параметров - сечение обратного рассеяния подстилающей поверхности

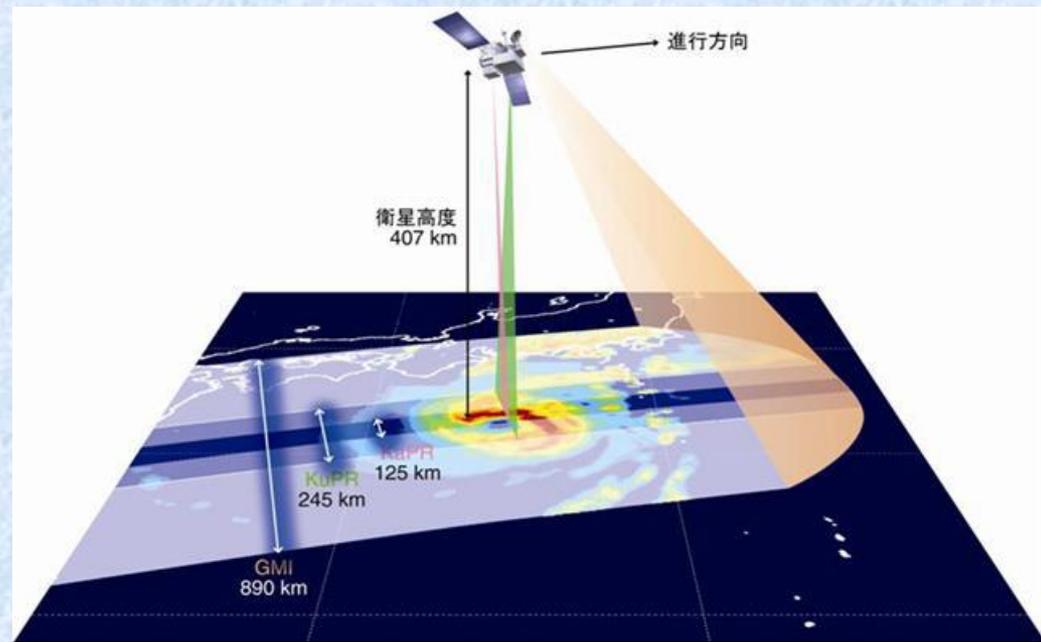


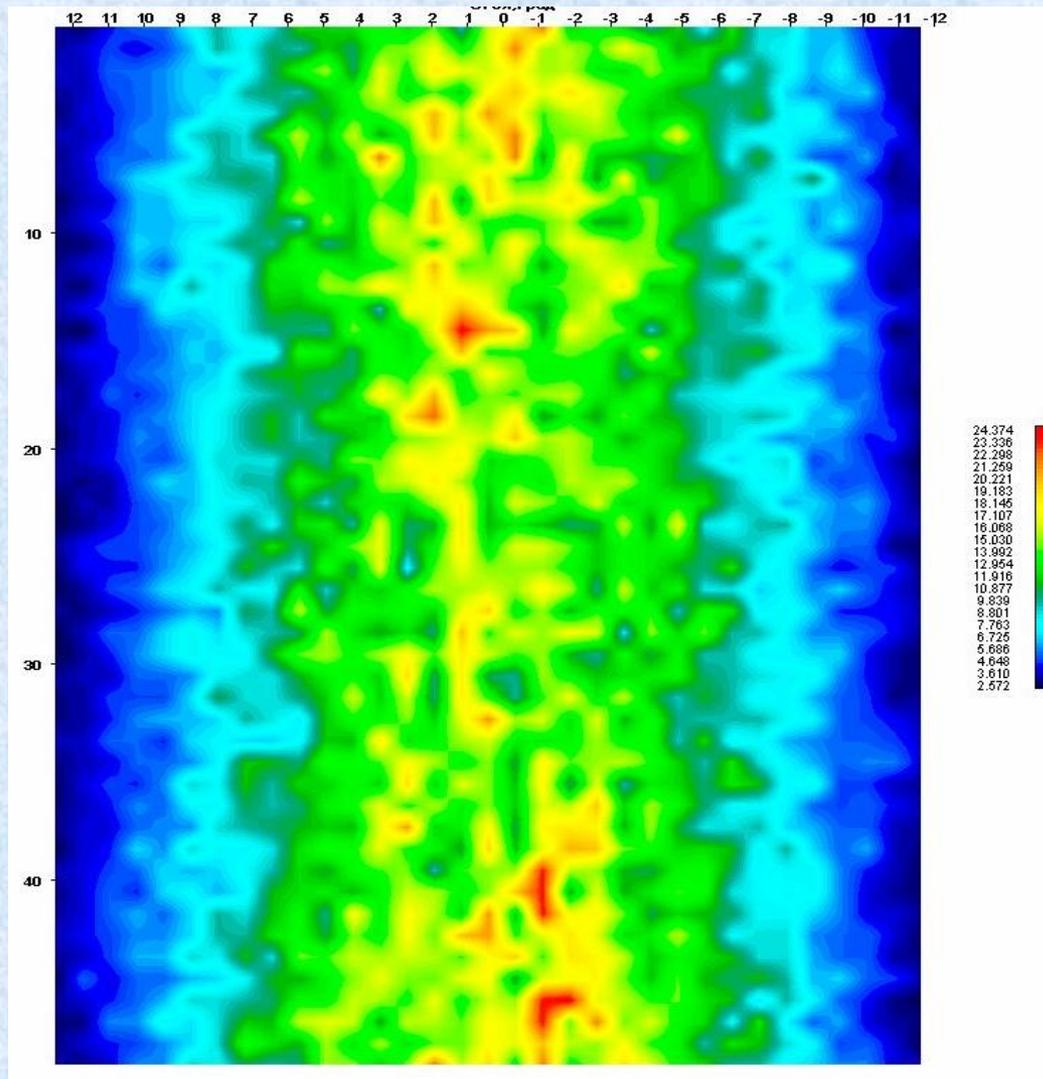
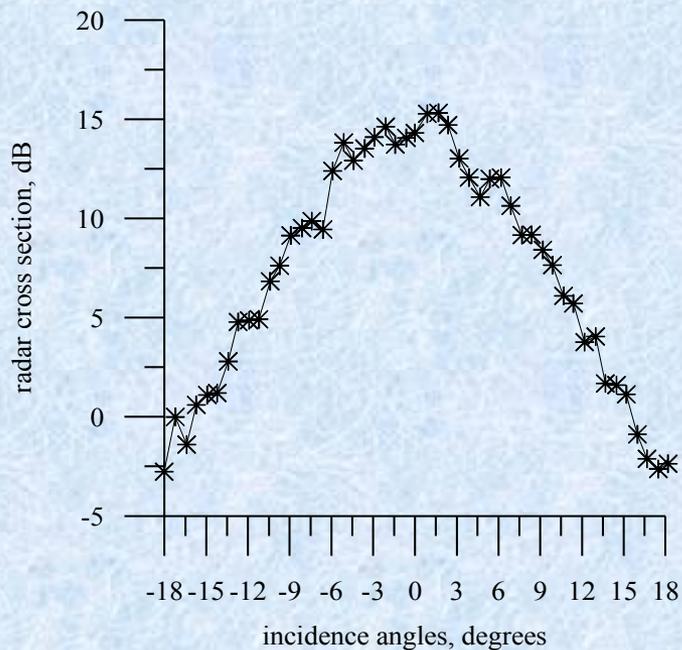
Схема работы двухчастотного дождевого радиолокатора (DPR)

Отраженный РЛ сигнал содержит информацию о дисперсии наклонов крупномасштабного волнения, которая может быть восстановлена.

Main Characteristics	KuPR	KaPR
Radar Type	Active Phased Array Radar	
Antenna	Slotted Waveguide Antenna	
Frequency	Ku-band 13.6GHz	Ka-band 35.55GHz
Peak Transmit Power	> 1000W	> 140W
Range Resolution	250 m	250 m / 500 m
Pulse Width	1.67 microseconds	1.67 microseconds / 3.34 microseconds
Horizontal Resolution	5.2 km(at nadir)	
Beam Width	0.71 degrees \pm 0.02 degrees (at nadir)	

1. Введение

Исходное радиолокационное изображение морской поверхности, формируемое дождевым радиолокатором, и зависимость сечения обратного рассеяния от угла падения.

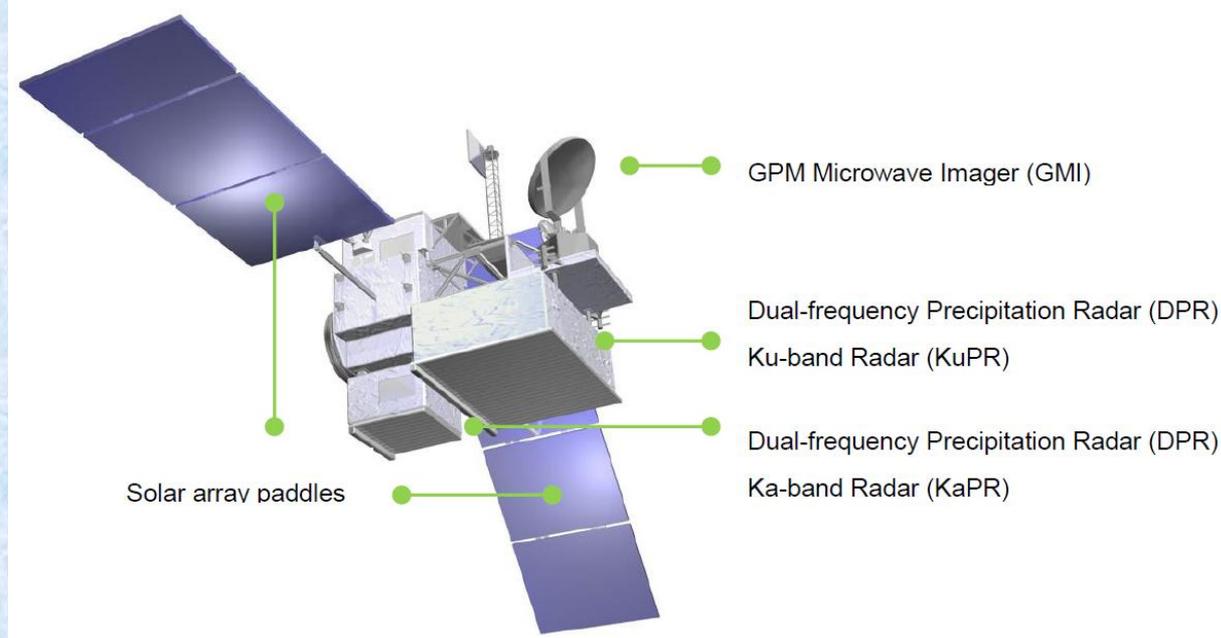


Радиолокационное изображение морской поверхности

Зависимость сечения обратного рассеяния от угла падения (разрез поперек полосы обзора).

1. Введение

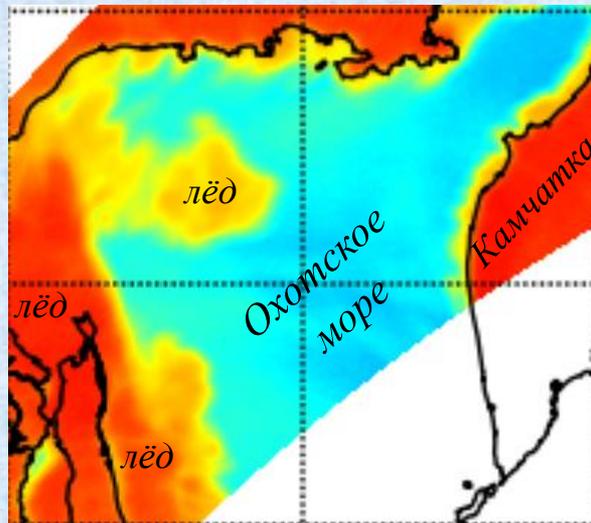
На спутнике GPM установлен также многочастотный МВ радиометр, сканирующий по конусу при угле падения $52,8^\circ$.



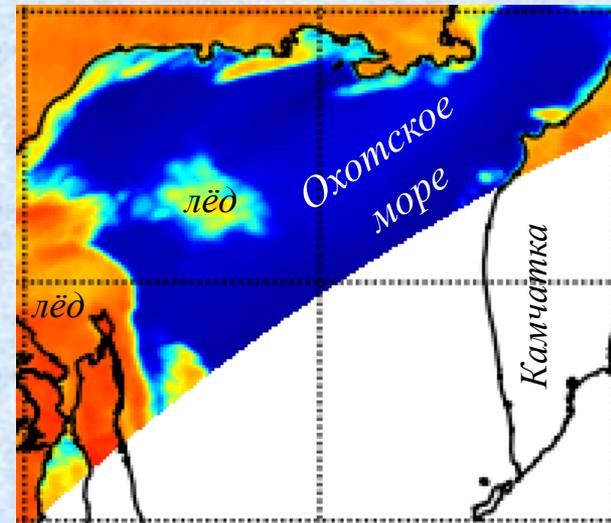
Main Characteristics	GMI
Frequency	10.65GHz(V/H), 18.7GHz(V/H), 23.8GHz, (V) 36.5GHz(V/H), 89.0GHz(V/H), 165.5GHz(V/H), 183.31±3GHz(V), 183.31±8GHz(V)
Horizontal Resolution	6 to 26 km
Swath Width	904 km
Scan Interval	1.875 sec
Design life	3 years and 2 months
Data Rate	< 25 kbps
Weight	< 153 kg
Power Consumption	< 141 W
Dimensions (diameter of antenna)	1.2 m

1. Введение

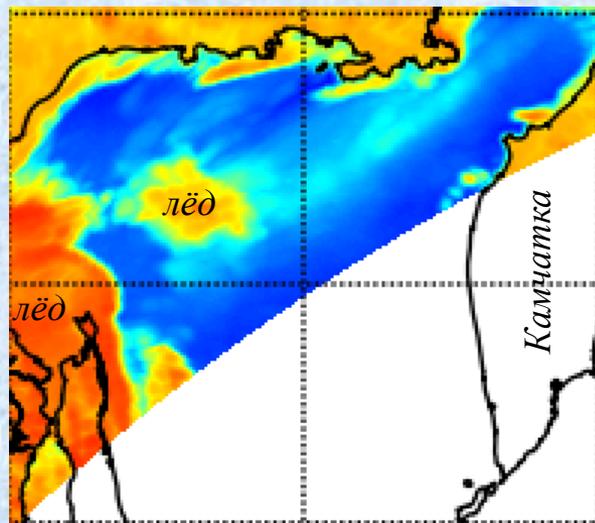
Микроволновые изображения открытых участков Охотского моря, ледяного покрова и суши по измерениям радиометра GMI 13 января 2017 г. в 14:59 Гр. и видимое изображение, полученное спектрорадиометром MODIS со спутника Terra в 0:50 Гр.



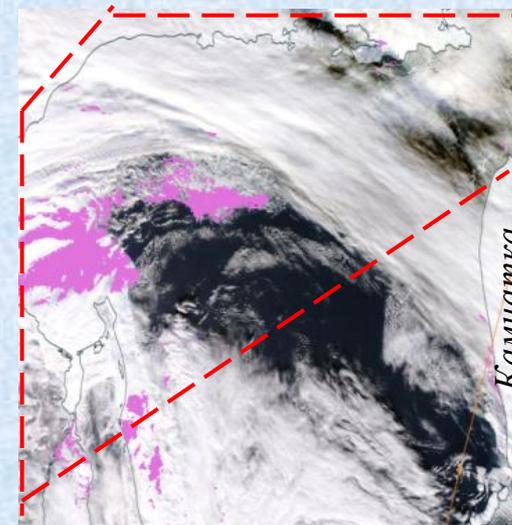
10,65 ГГц, V-пол.



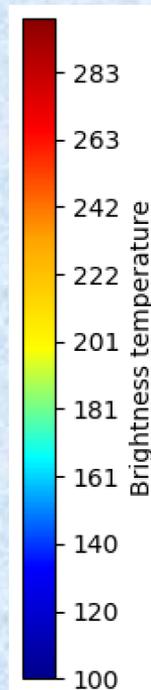
18,7 ГГц, H-пол.



36,64 ГГц, H-пол.

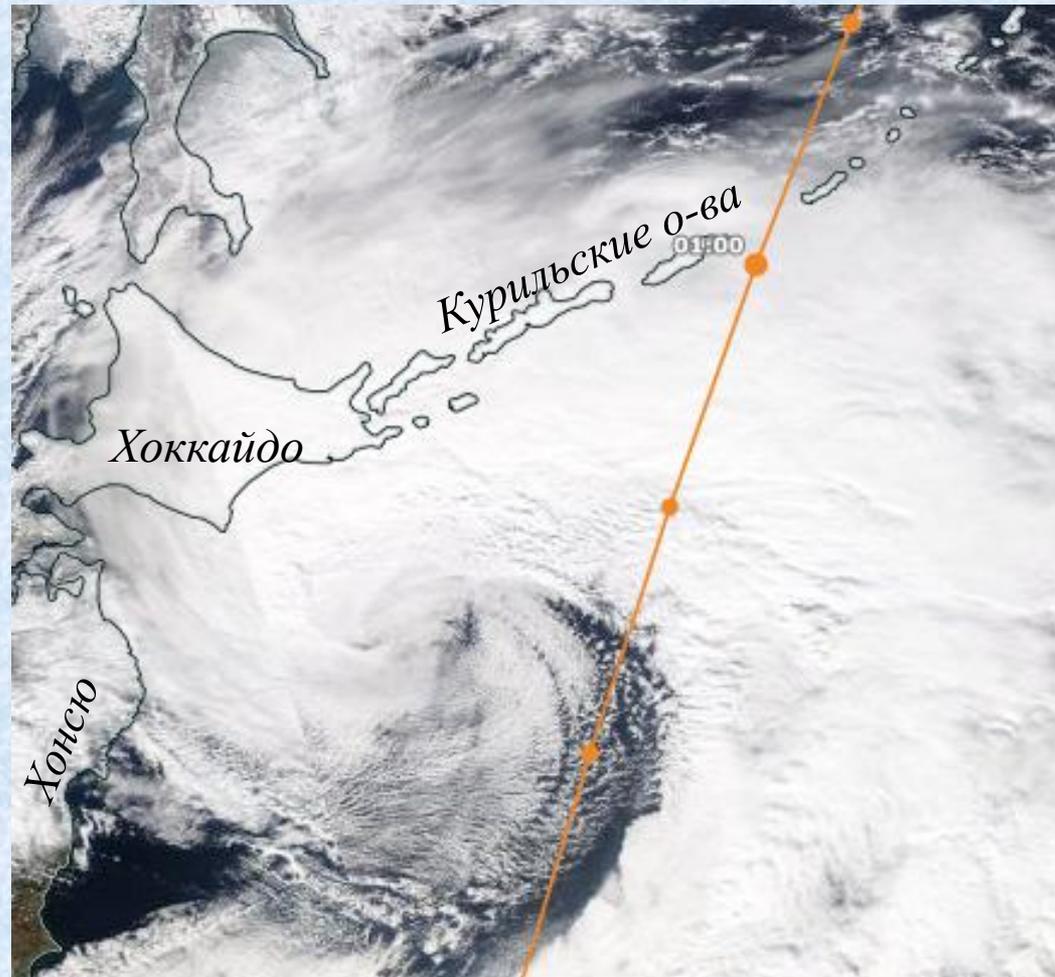


Видимое изображение MODIS



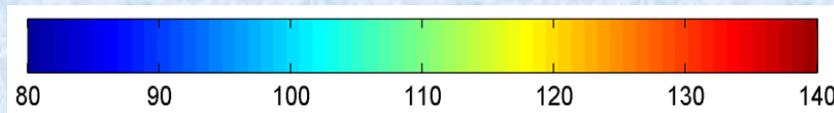
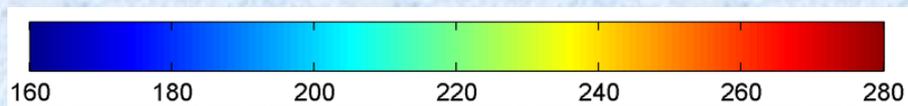
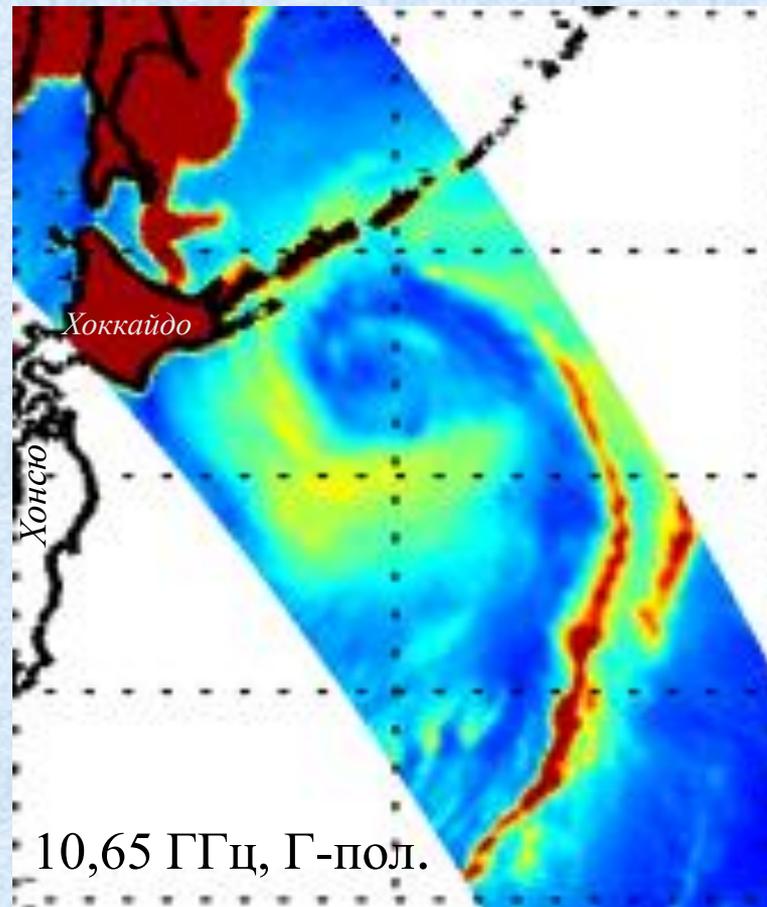
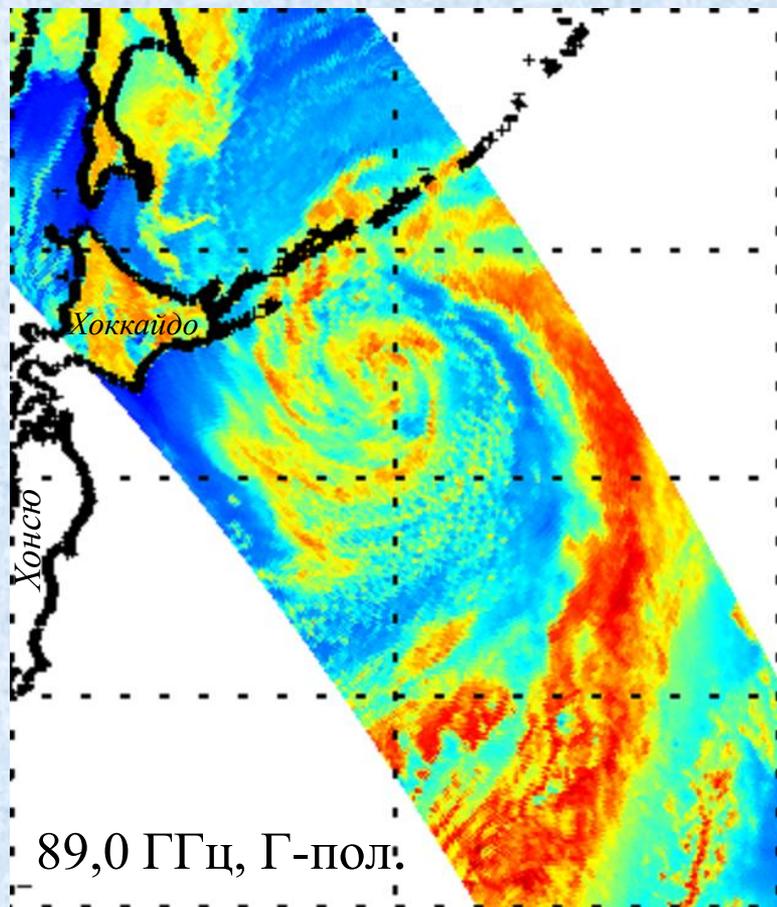
2. Циклон в Тихом океане 31 января 2015 г.

По данным дождевого радиолокатора по разработанному алгоритму восстанавливается дисперсия наклонов крупномасштабного волнения, что позволяет исследовать трансформацию волнения в циклонах. Рассмотрим это на примере циклона в Тихом океане восточнее Японских о-вов.



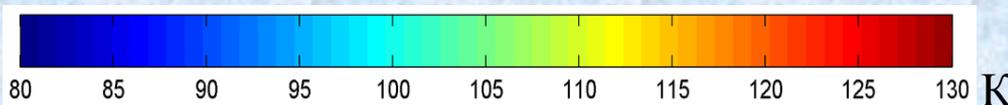
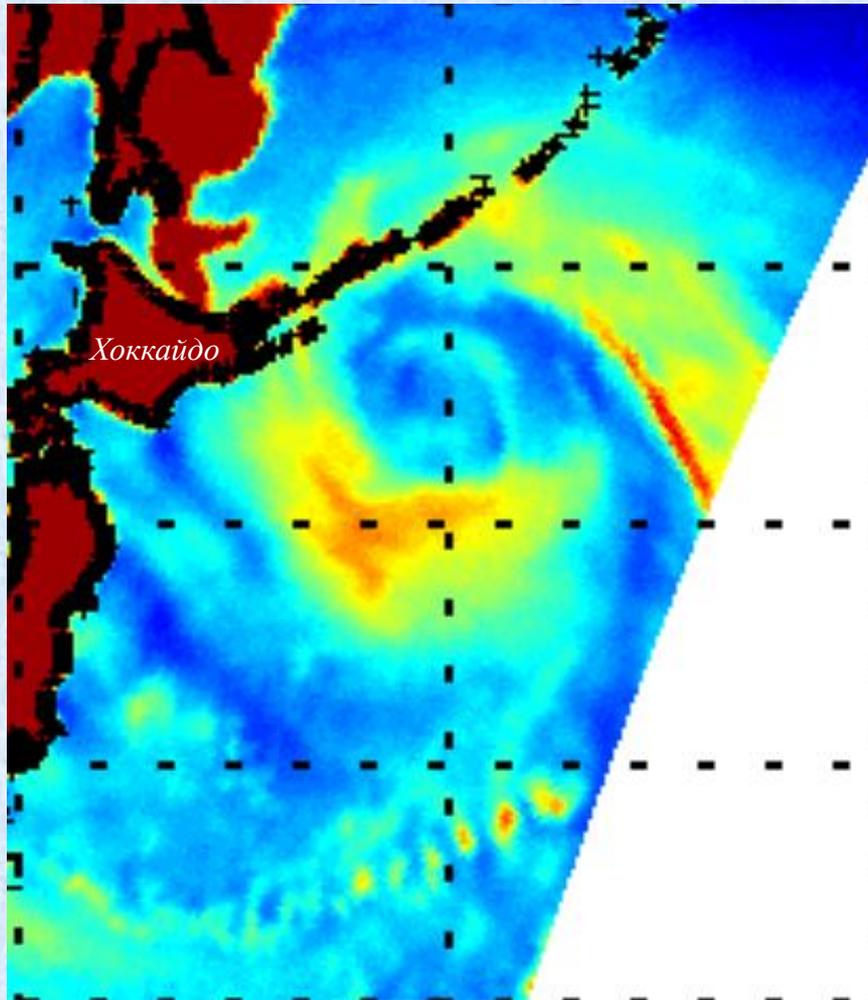
Видимое изображение MODIS со спутника Terra, полученное 31 января 2015 г. в 01:00 Гр. Желтая линия отмечает центр полосы обзора MODIS

2. Циклон в Тихом океане по измерениям ГМИ в 3:31 Гр. 31 января 2015 г.

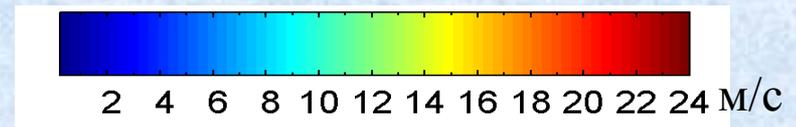
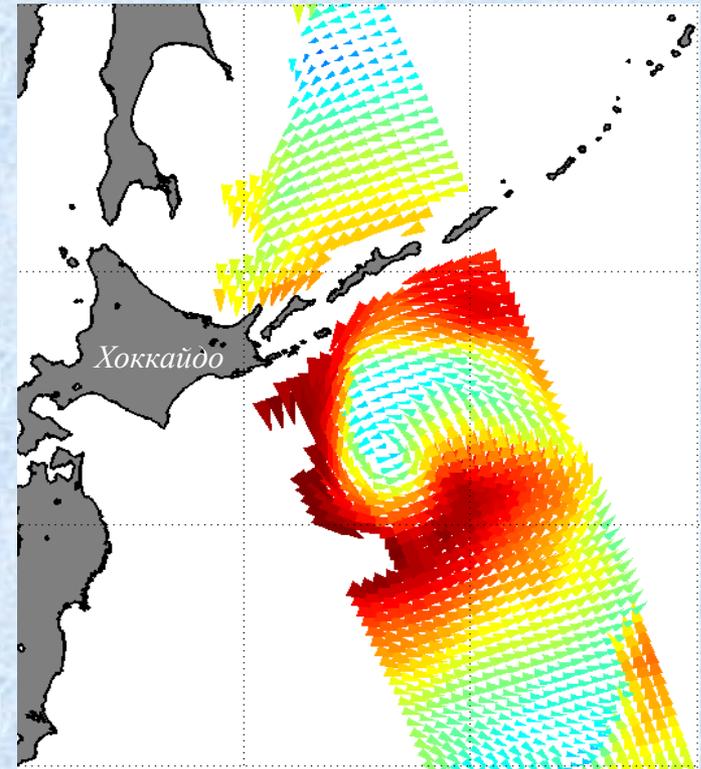


Яркостная температура в Кельвинах

2. Циклон в Тихом океане 31 января 2015 г.

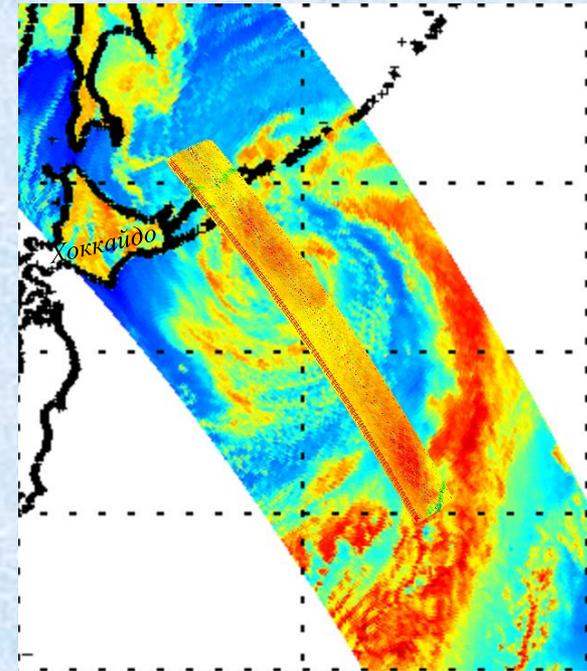
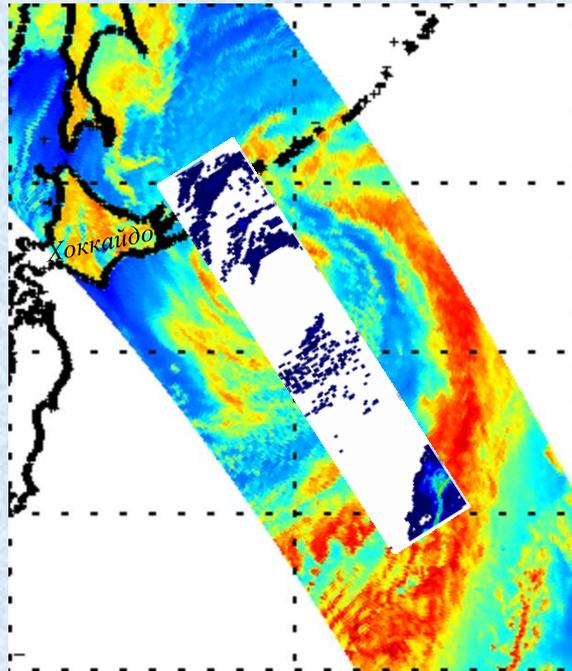
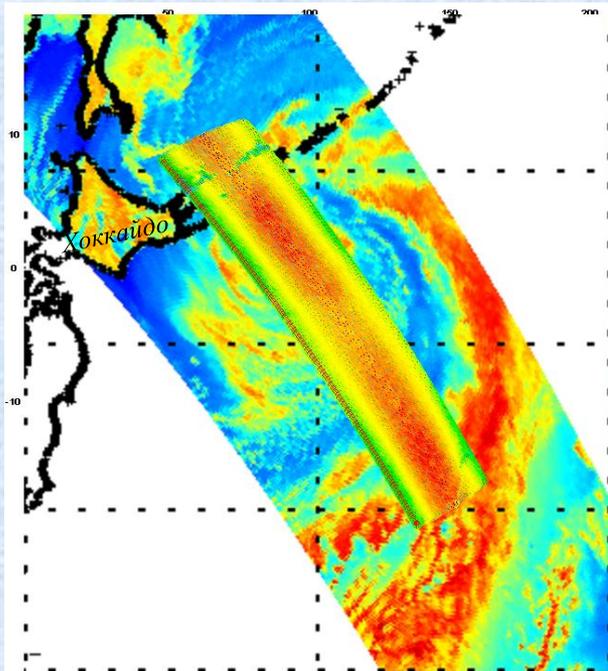


Яркостная температура по измерениям AMSR2 со спутника GCOM-W1 на частоте 10,65 ГГц на Г-пол.



Приводный ветер по данным скаттерометра ASCAT со спутника MetOp в 10:31 Гр.

2. Циклон в Тихом океане 31 января 2015 г.



РЛ изображение в
Ku-диапазоне, дБ

30.000
28.571
27.143
25.714
24.286
22.857
21.429
20.000
18.571
17.143
15.714
14.286
12.857
11.429
10.000
8.571
7.143
5.714
4.286
2.857
1.429
0.000

Поле осадков в
циклоне, мм/час

РЛ изображение в
Ka-диапазоне, дБ

40.267
38.365
36.462
34.560
32.658
30.755
28.853
26.950
25.048
23.146
21.243
19.341
17.438
15.536
13.634
11.731
9.829
7.927
6.024
4.122
2.219
0.317

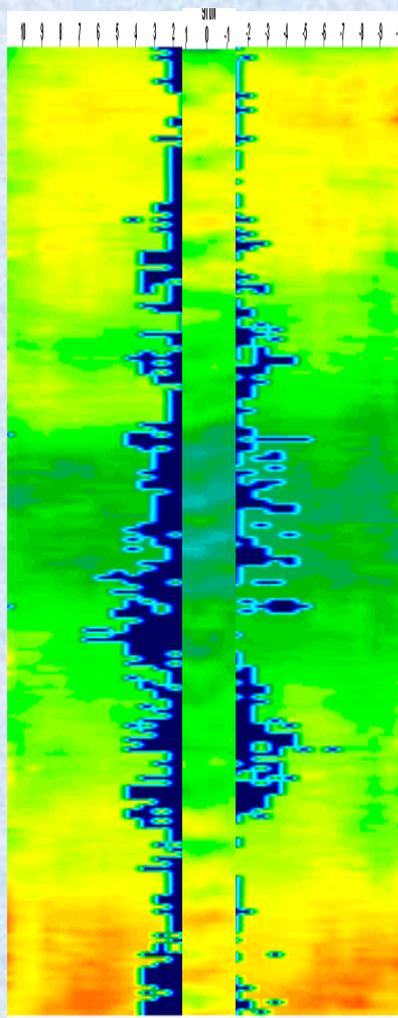
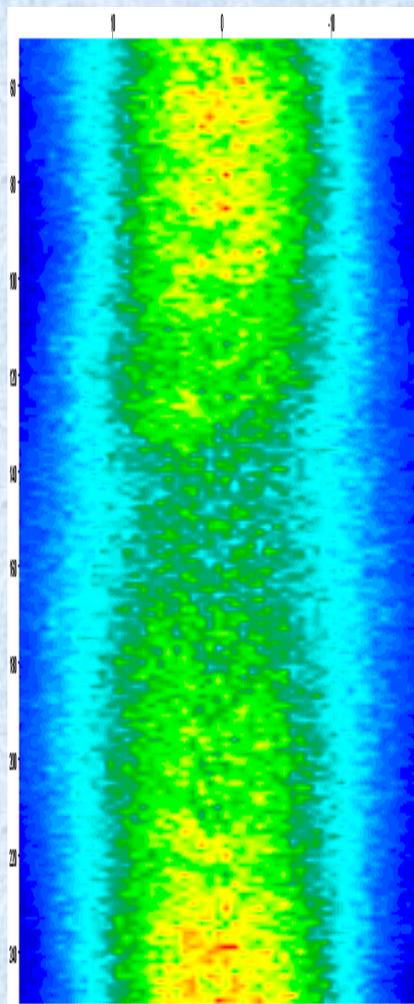
3. Обработка

RCS – Radar Cross Section

Исходное
изображение (не дБ)

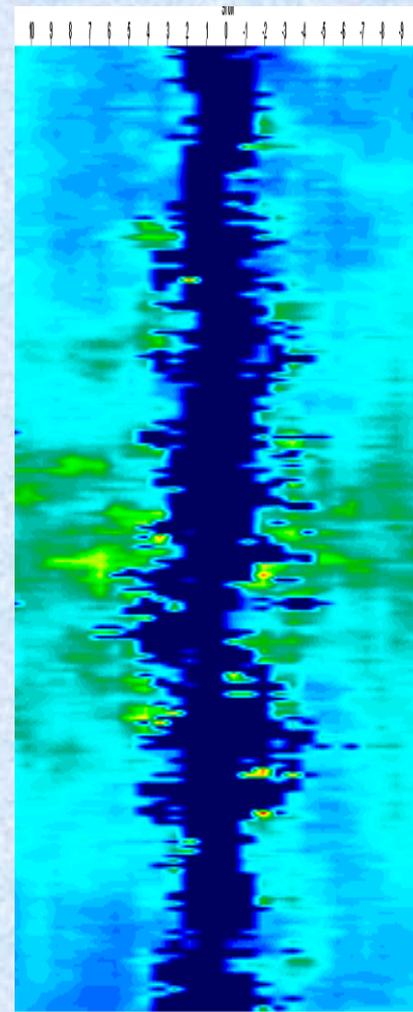
убран угловой
тренд

дисперсия
наклонов K_u



RCS

18.000
17.143
16.286
15.429
14.571
13.714
12.857
12.000
11.143
10.286
9.429
8.571
7.714
6.857
6.000
5.143
4.286
3.429
2.571
1.714
0.857
0.000

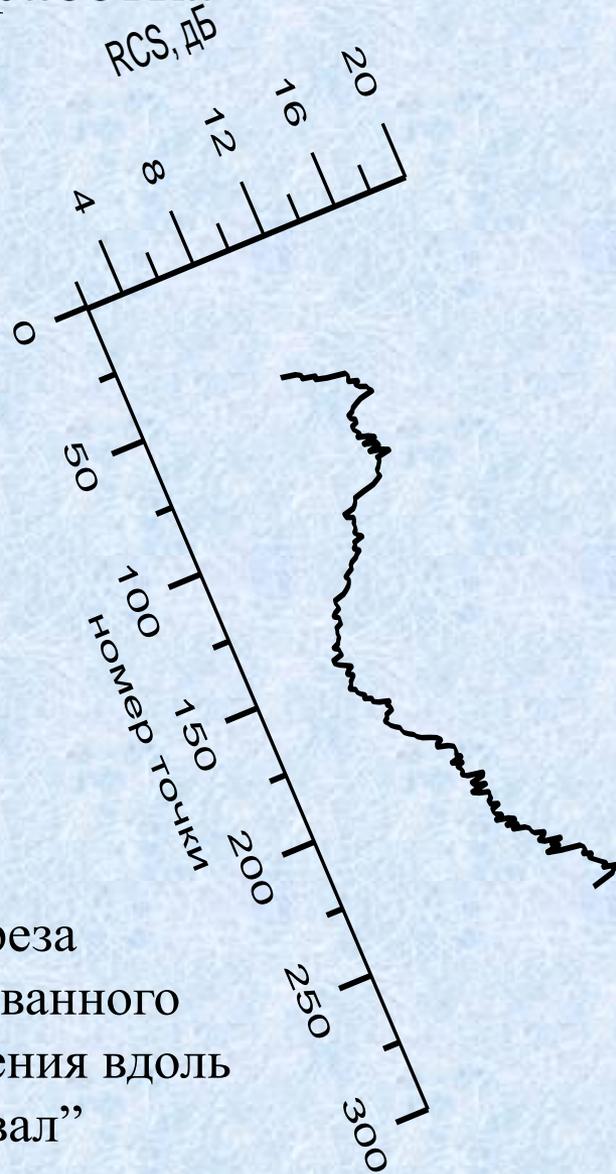


Дисперсия
наклонов

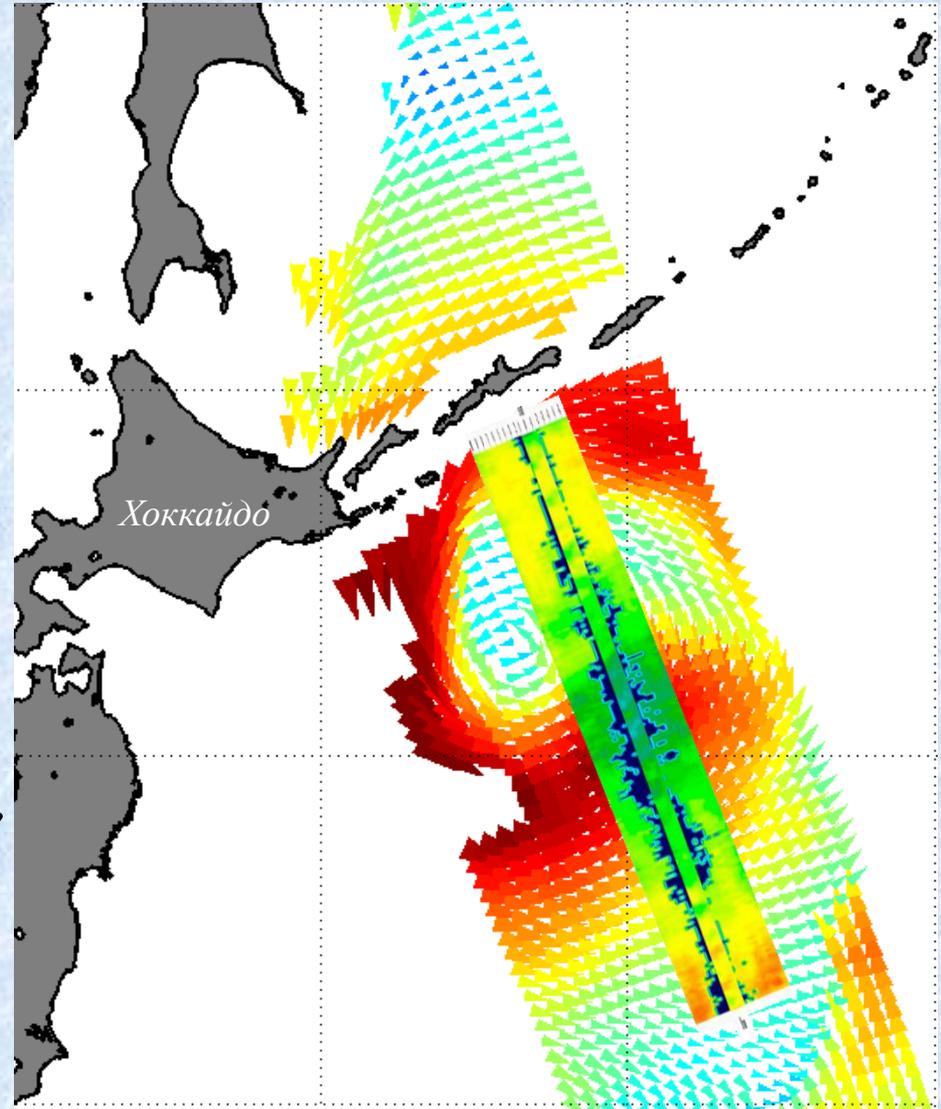
0.0900
0.0857
0.0814
0.0771
0.0729
0.0686
0.0643
0.0600
0.0557
0.0514
0.0471
0.0429
0.0386
0.0343
0.0300
0.0257
0.0214
0.0171
0.0129
0.0086
0.0043
0.0000



3. Обработка

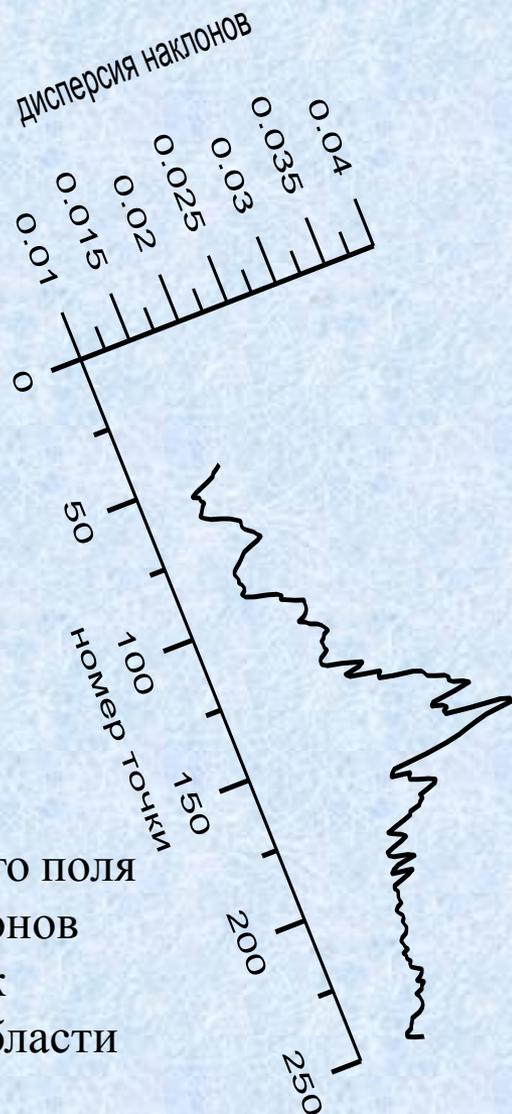


Пример разреза скорректированного РЛ изображения вдоль трека. “Провал” соответствует центральной зоне циклона.

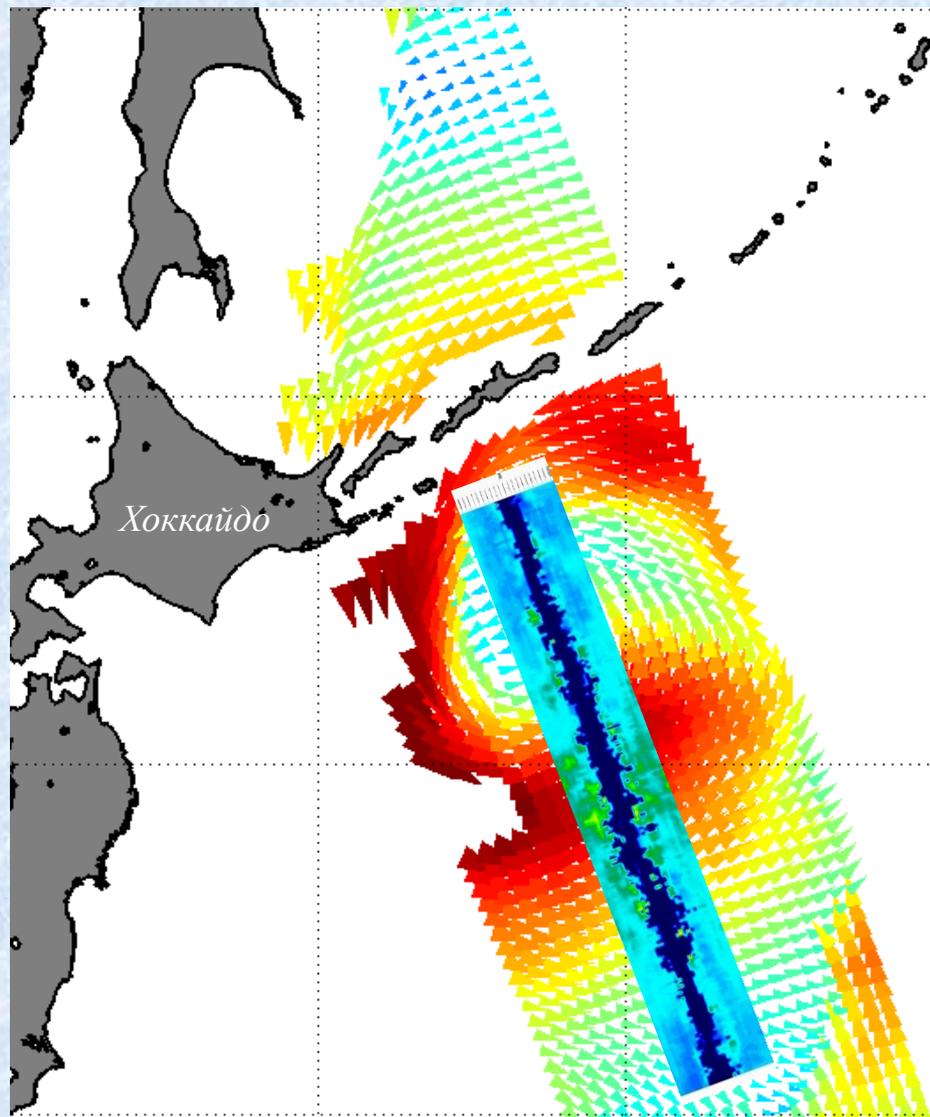


Приводный ветер по данным скаттерометра ASCAT 13/01/2015 в 10:31 Гр.

3. Обработка



Пример разреза
восстановленного поля
дисперсии наклонов
вдоль трека. Пик
соответствует области
сильных ветров.



Поле ветра по данным скаттерометра
ASCAT в 10:31 Гр.

4. Заключение

- На примере циклона в Тихом океане восточнее Японских о-вов показаны возможности оценки его количественных характеристик при совместном использовании данных двухчастотного дождевого радиолокатора DPR и многочастотного радиометра GMI на спутнике GPM.
- Преимуществом дождевого радиолокатора является прямое измерение интенсивности осадков, что позволяет исключить из обработки области сильного дождя.
- При обработке данных DPR использовались алгоритмы, позволяющие исключить угловой тренд в сечении обратного рассеяния и сформировать однородное изображение в полосе обзора. Было восстановлено пространственное распределение наклонов крупномасштабного волнения и выполнены оценки изменчивости дисперсии наклонов в циклоне.
- По измерениям GMI были восстановлены скорость приводного ветра, паросодержание атмосферы и водозапас облаков и осадков.
- В качестве дополнительной информации использовались поля приводного ветра, восстановленные из измерений скаттерометра ASCAT.
- Проведенный анализ показал, что спутник GPM является перспективным инструментом для изучения процессов взаимодействия атмосферы и океана.