

Золотой век спутникового микроволнового зондирования

Митник Л. М.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН

*Шестая международная Школа-семинар
«Спутниковые методы и системы исследования Земли»
Таруса, 2– 6 марта 2015 г.*

Золотой век

Впервые встречается у древнегреческого Поэта Гесиода (VIII—VII вв. до н. э.) в поэме «Дела и дни». Как пишет Гесиод, было некогда такое время, когда люди жили без забот, без войн, без страданий. И это время он называет «золотым веком»:

*Жили те люди, как боги, с спокойной
И ясной душою,
Горя не зная, не зная трудов.
И печальная старость
К ним приближаться не смела....*

По преданию, древнеримский император Комод (180—192) приказал именовать свой век «золотым». Иногда в литературе используются синонимы золотого века — «век Астреи», реже — «век Кроноса» и «век Сатурна». **Астрея** — богиня справедливости у древних греков, которые считали, что в «железном веке» она покинула землю и вместе с ней мир покинула и справедливость. Так закончился золотой век, когда царила правда и всеобщее довольство. И с этого времени богиня **Астрея** находится на небе в виде звезды, сияющей в созвездии Девы.

«**Золотой век**» в иносказательном смысле: время наивысшего расцвета, подъема в какой-либо области человеческой деятельности, например, XIX век — золотой век русской литературы и т.д.

Спектральные особенности дистанционных измерений

Диапазон длин волн	Микроволновый		Инфракрасный		Видимый	
	пассивный	активный	пассивн	активн	пассивный	активный
день / ночь	+	+	+	+	-	+
облачность	+	+	-	-	-	-
пространст разре шение	<i>низкое</i>	<i>низкое и высокое</i>	<i>среднее</i>	<i>высок.</i>	<i>высокое- среднее</i>	<i>высокое</i>
Глубина проникнов.	< мм - м	< мм - м	< мм	< мм	< мм (суша) м (лед) < м – 20 м (вода)	< мм (суша) т (лед) < т – 20 м (вода)

$$\lambda [cm] = \frac{30}{\nu [GHz]}$$

$$\Delta\varphi_{0.5} = 70 \frac{\lambda}{D} \text{ (градусы)}$$

Для описания ЭМ волн используются три измерения: длины волны (λ) в мкм, см или в м, частоты (ν) в герцах (Гц) и скорости (c) в м/с.
1 ГГц = 10^9 Гц.

Немного истории (почти забыто)

- **Cosmos 243**

National Space Science Data Center Collection Search Results: There were no data collections returned.

- NSSDC/COSPAR ID: 1983-099A
- The **Cosmos 1500** tested a new sensors and methods of data collection and processing. **Cosmos 1500** had the capability of overlapping and processing images from its sensors. Data from **Cosmos 1500** were sent directly to ships or automated data receiving stations and was applied in navigation in northern oceans. The instrument complement was highlighted by an all-weather **Side-Looking Real Aperature radar (SLRAR)** operating at 9.5 GHz. other instruments included a multispectral scanner (MSL), a scanning high-frequency radiometer (SHF), and transponders for collecting data from ice and buoy transmitters.

Компрессор масляный FIAC Cosmos 243

- [Фонарь КОСМОС "АССУ 1500LEDRUB" аккумуля., обрeзинeнный ...](#)
[shop.hyperauto.ru](#) › ... › [Фонарь](#)
- [Характеристики Kosmos 1500 Ni-MH R6 \(AA\) - Никс](#)

[www.nix.ru/.../1.2V_1500mAh_Size_AA_60679.html](#)

- Купить Kosmos 1500 Ni-MH R6 (AA) цена, характеристики, фото, тесты

[Wilson W.S., Fellous J.-L., Kawamura H., Mitnik L. A History of oceanography from space /In Remote Sensing of the Environment: Vol. 6 of the Manual of Remote Sensing. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 2005. P. 1-31.](#)

Космос-243 и Космос-384

Пассивное микроволновое зондирование океана началось в СССР в начале 1960 гг. Первыми спутниками с микроволновыми радиометрами были **Космос-243** и **Космос-384**.

Космос-243, первый в мире спутник с микроволновыми радиометрами на борту, был запущен 23 сентября 1968 г. Наклонение орбиты 71.3° , апогей – 319 км, перигей - 210 км.

Характеристики радиометров на спутнике **Космос-243**

Длина волны, см	8.5	3.4	1.35	0.8
Центральная частота, ГГц	3.5	8.8	22.2	37.5
Ширина диагр. направл., град	8.6	4.0	3.6	4.0
Эффективность (%)	80	85	76	95
Чувствительность (К)	0.7	0.5	0.9	1.3
Поле зрения (апогей) (км x км)	50 x 50	22 x 22	20 x 20	22 x 22
Поле зрения (перигей) (км x км)	35 x 35	15 x 15	13 x 13	15 x 15
Угол падения, град	0			

Космос-243, Космос-384

А.Е. БАШАРИНОВ, А.С. ГУРВИЧ, С.Т. ЕГОРОВ

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ЗЕМЛИ КАК ПЛАНЕТЫ



Издательство «Наука»

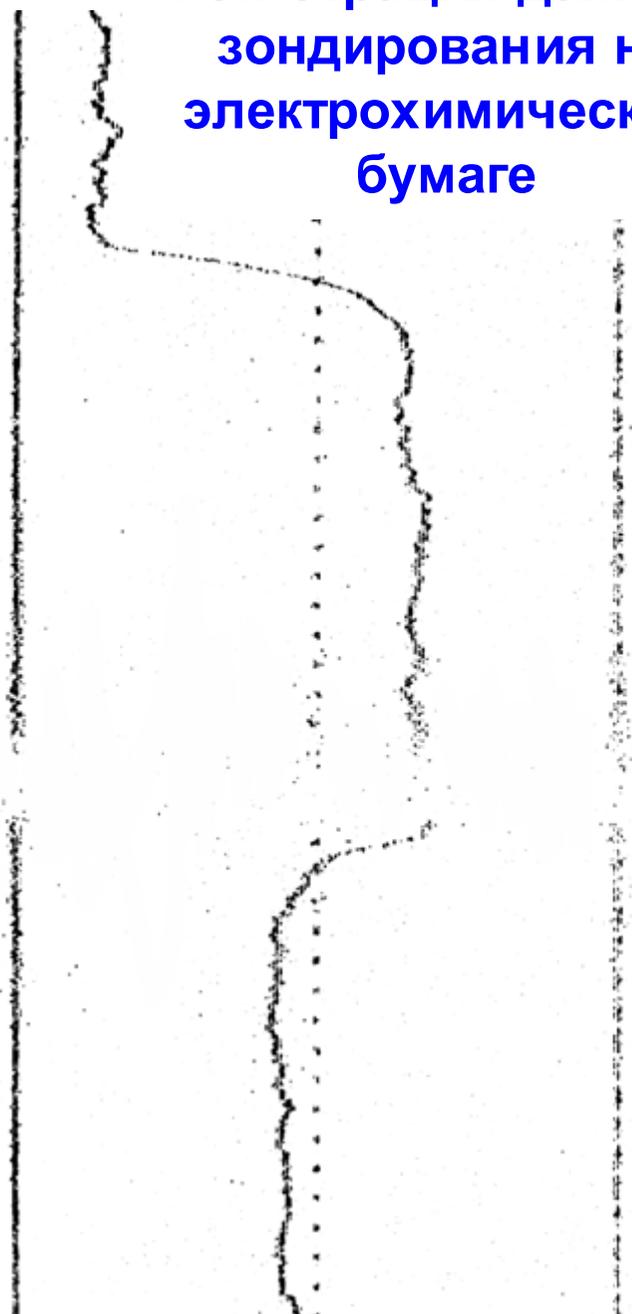
Москва, 1974

Подведены итоги экспериментов по микроволновому дистанционному зондированию Земли из космоса. Показаны возможности оценки ТПО, скорости приводного ветра, паросодержания атмосферы, водозапаса облаков, параметров ледяного покрова.

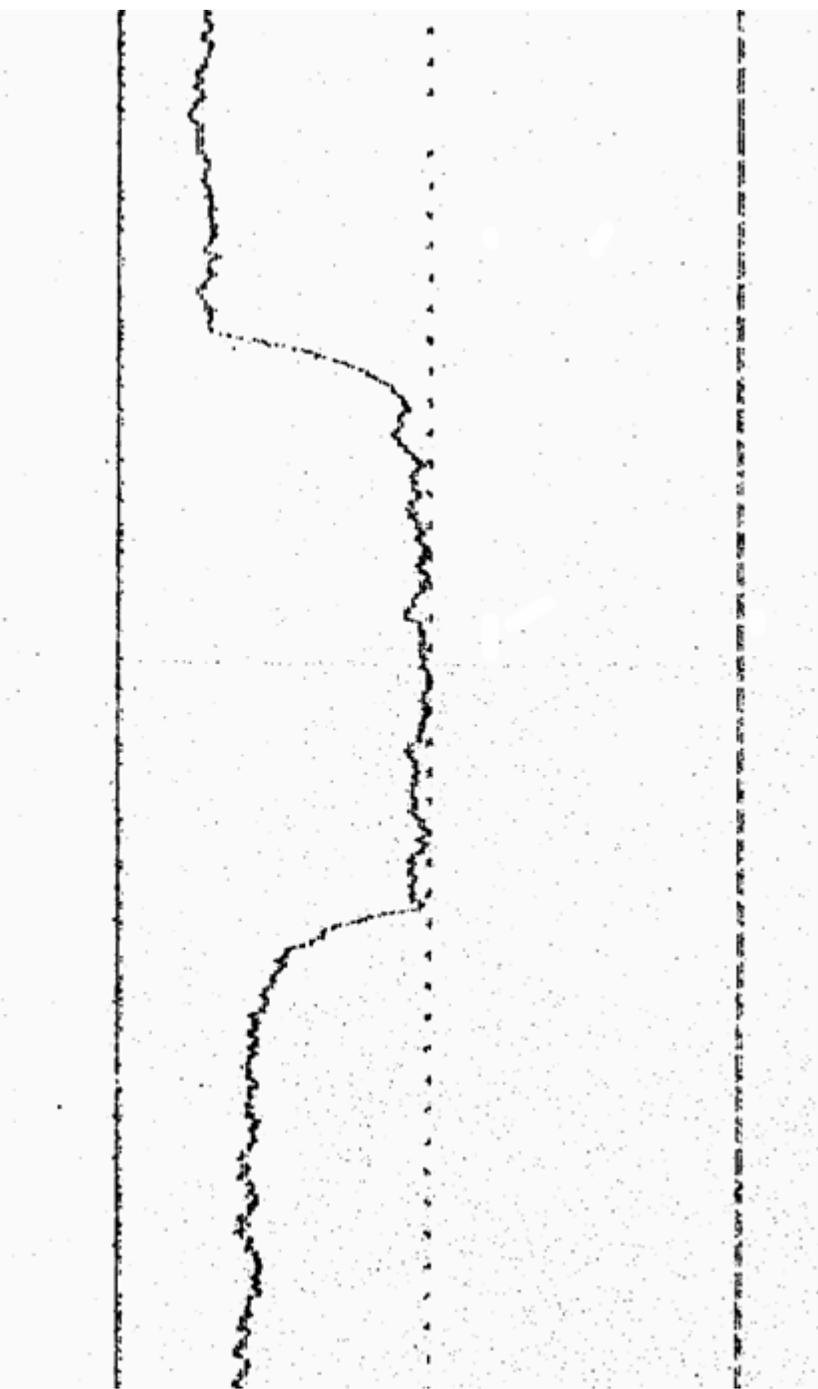
Гурвич А. С., Кутуза Б.Г. “КОСМОС-243” – первый в мире эксперимент по исследованию Земли из космоса радиофизическими методами // Исслед. Земли из космоса. 2010. 2. 14-25.

Регистрация данных зондирования на электрохимической бумаге

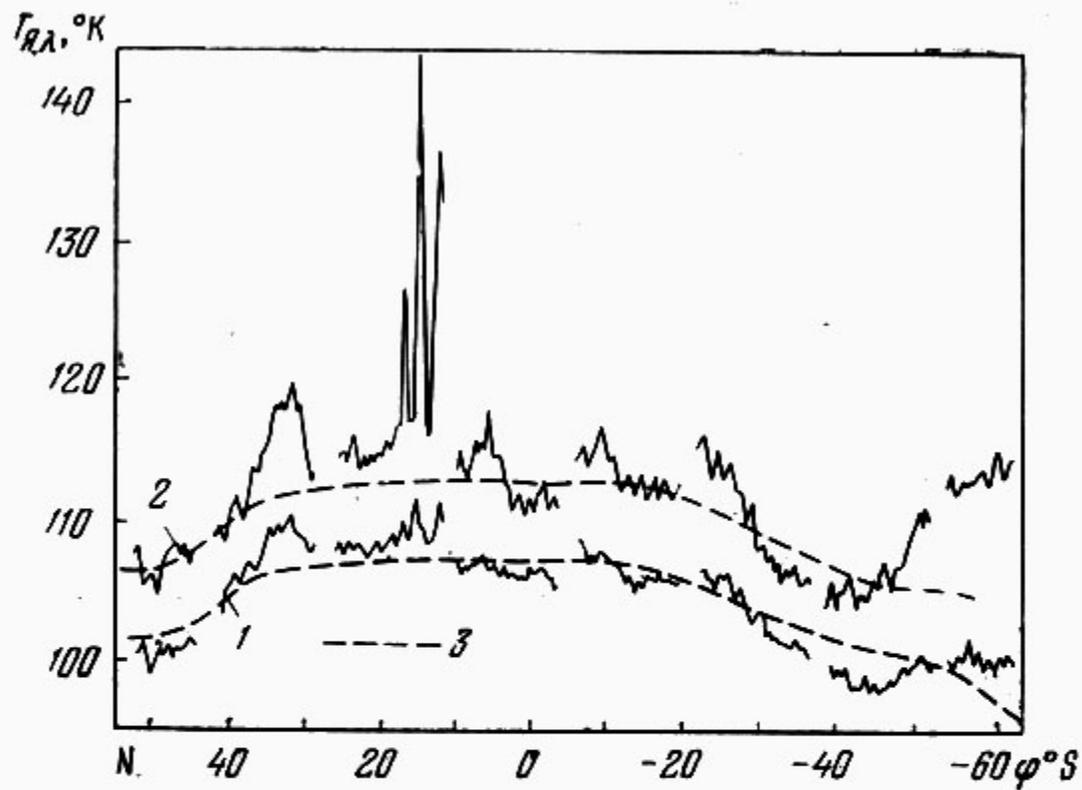
052
054
056
058
060
062
064
066
068
070
072
074
076
078
080
082
084
086
088
090
092
094
096
098
100
102
104
106
108
110
112
114
116
118
120
122
124
126
128
130
132
134
136
138
140
142
144
146
148
150



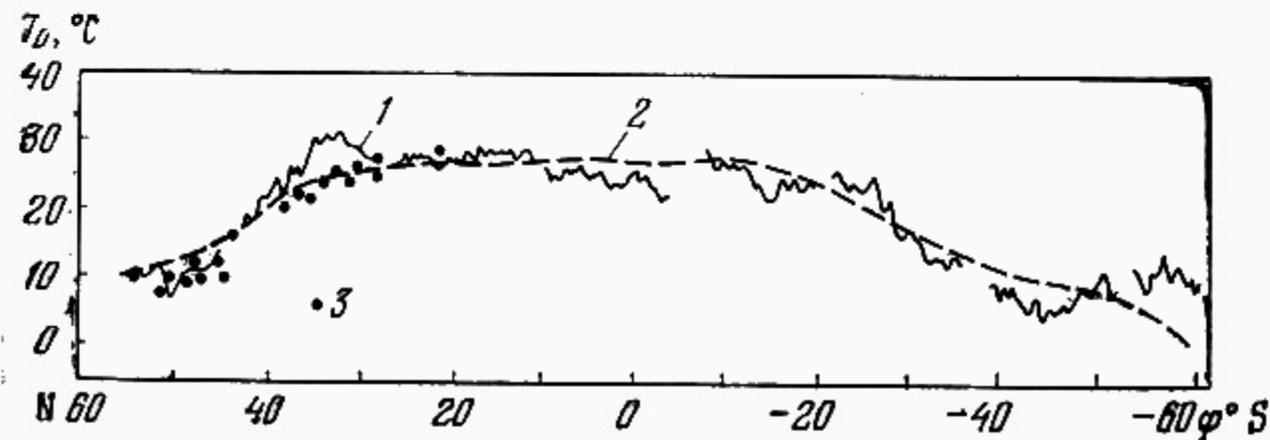
000
002
004
006
008
010
012
014
016
018
020
022
024
026
028
030
032
034
036
038
040
042
044
046
048
050
052
054
056
058
060
062
064
066
068
070
072
074
076
078
080
082
084
086
088
090
092
094
096
098
100
102
104
106
108
110
112
114
116
118
120
122
124
126
128
130
132
134
136
138
140
142
144
146
148
150



Kosmos-243 measurements

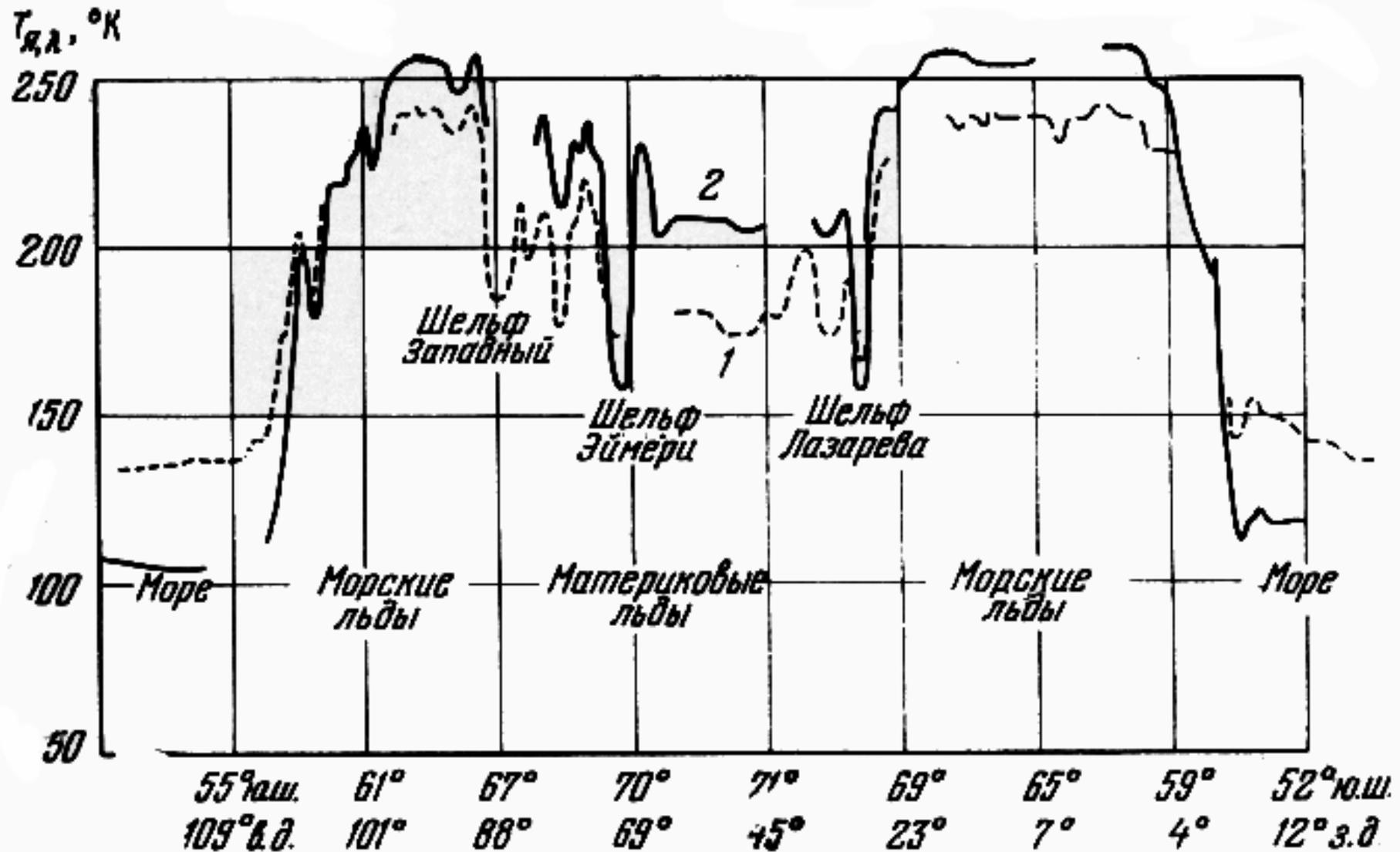


Brightness temperatures variations across the Pacific measured at 8.5 cm (1), 3.4 cm (2) and climatic distribution (3)



SST section across the Pacific retrieved from $T_b(8.5)$ and $T_b(3.4)$.

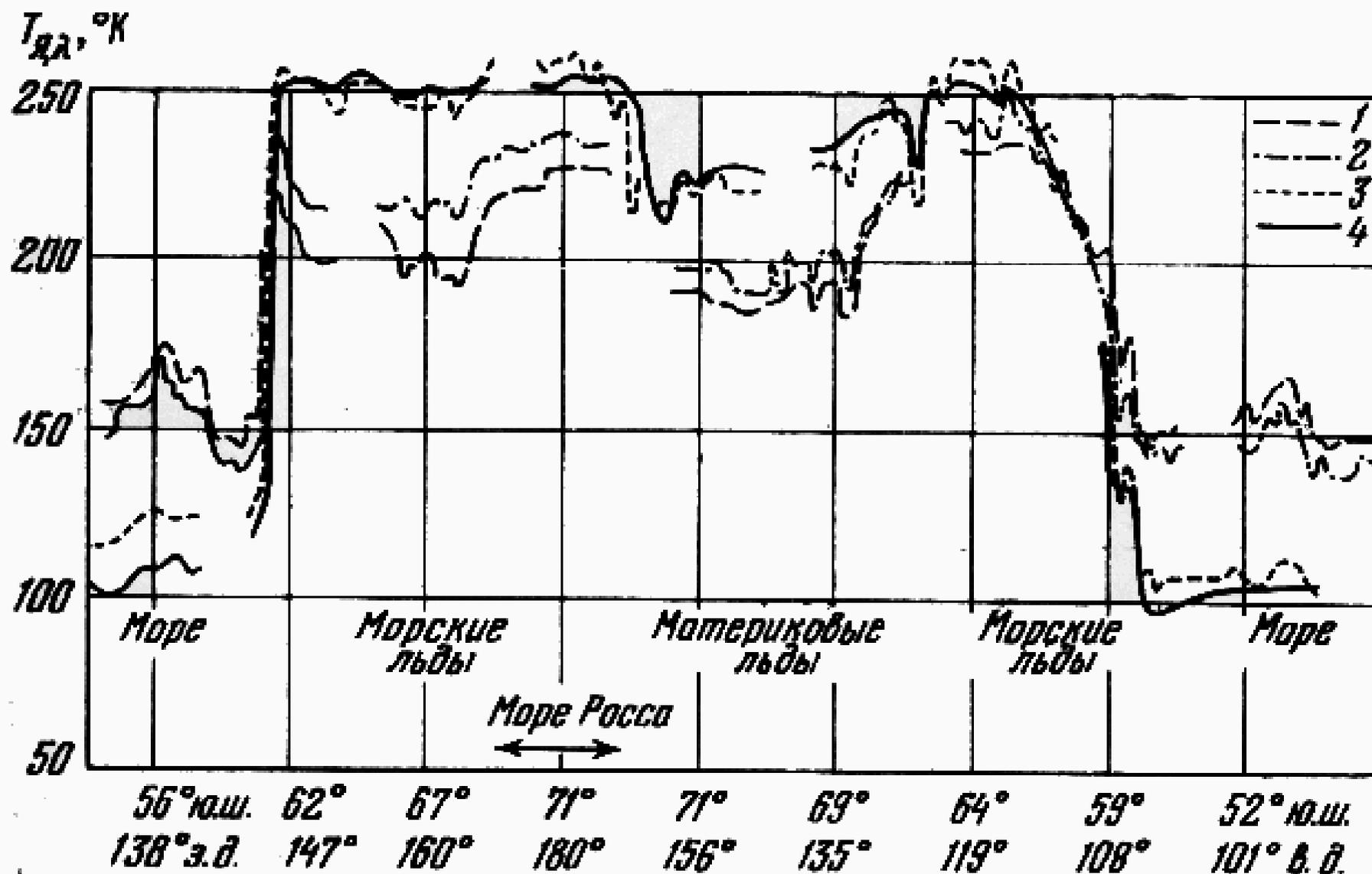
Космос-243



Вариации яркостной температуры над морскими и

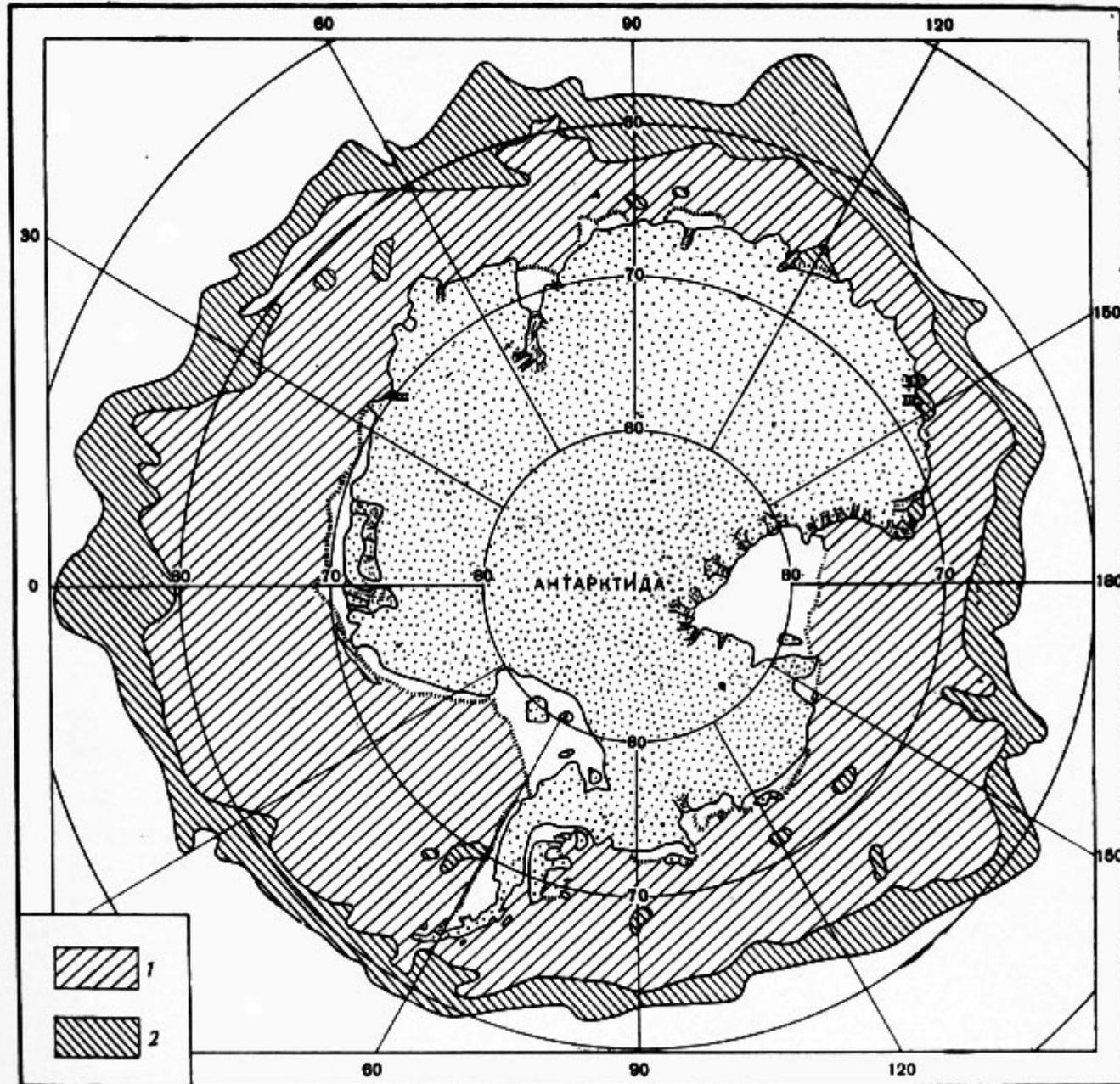
материковыми льдами Антарктики

Космос-243



Вариации яркостной температуры над морскими и материковыми льдами Антарктики

Космос -243

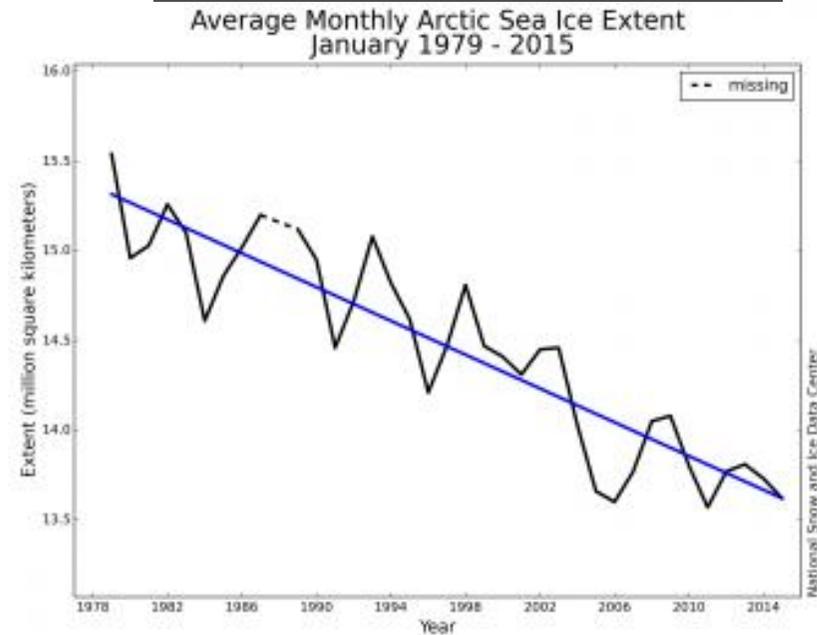
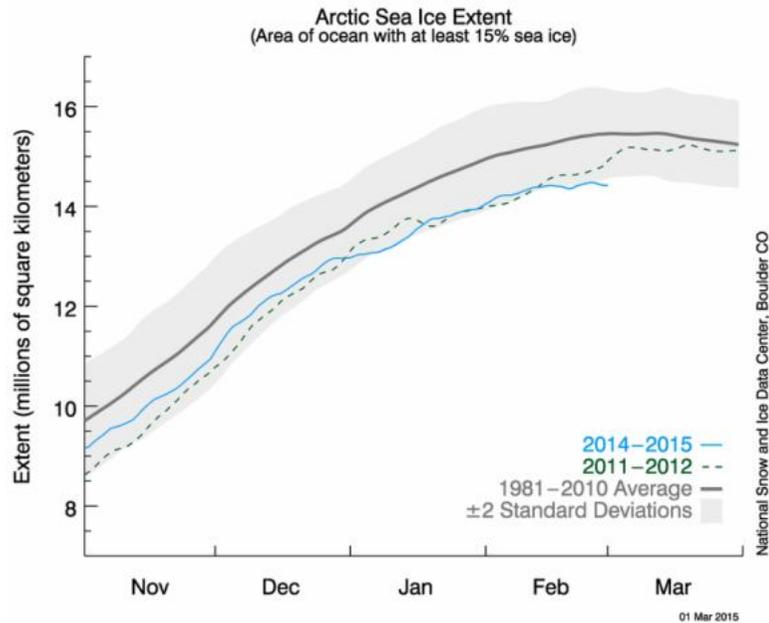
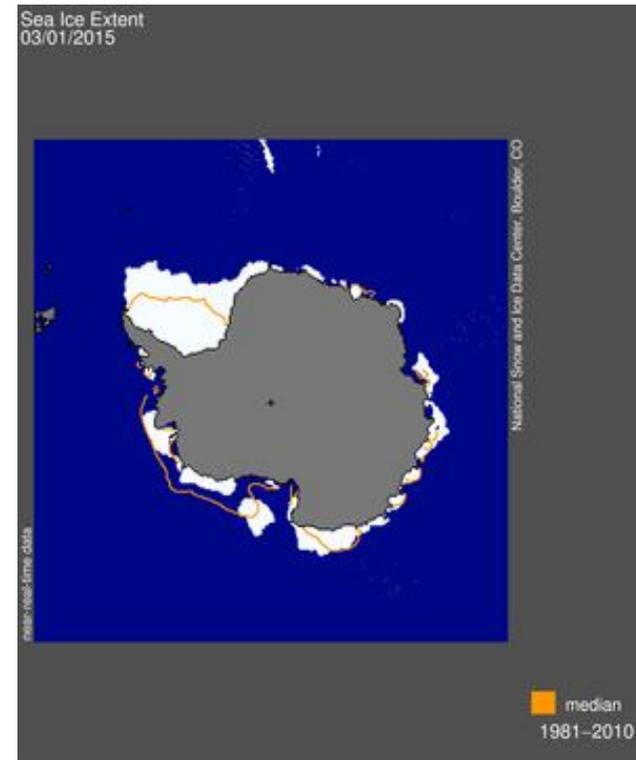
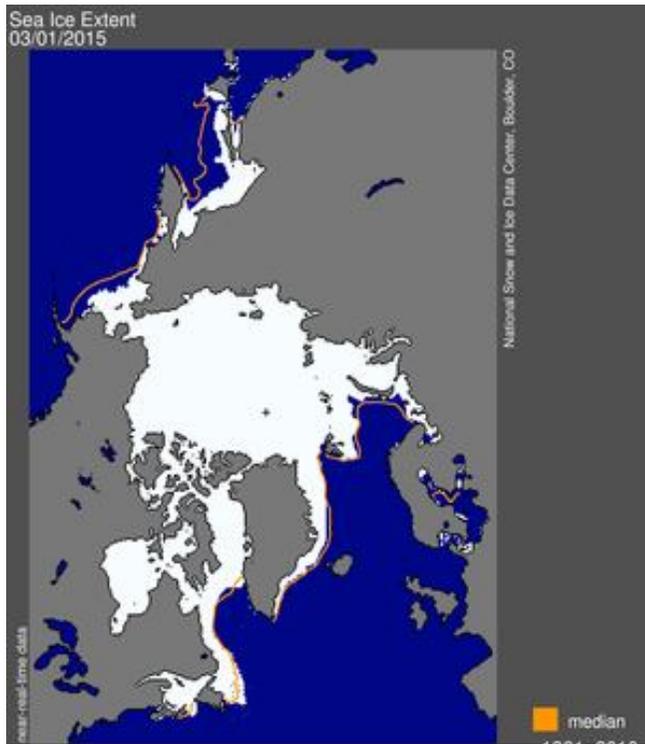


Карта
сплочённости
ледяного
покрова вокруг
Антарктиды:

1 - $C > 50\%$

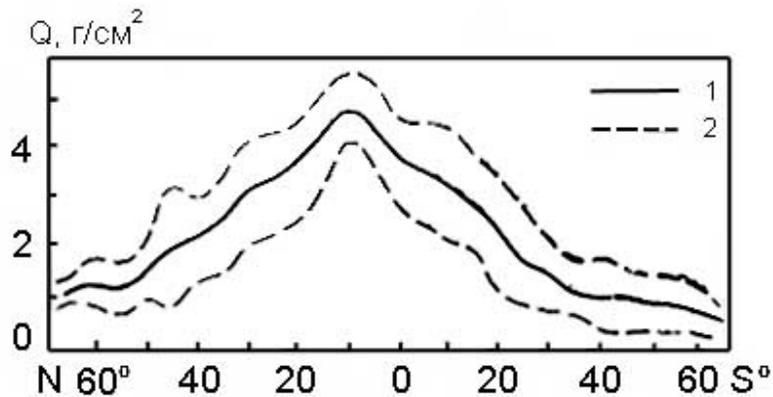
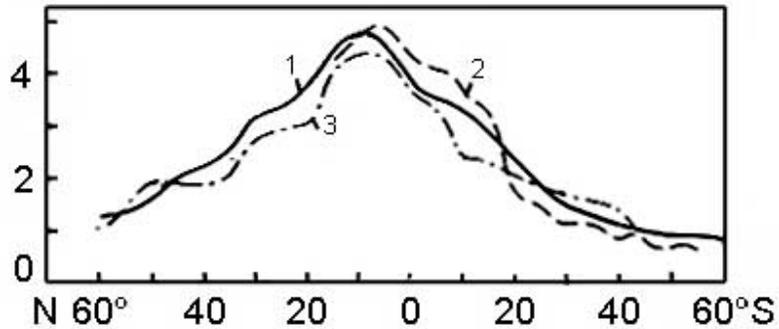
2 - $C < 50\%$

Лед, 1 марта 2015

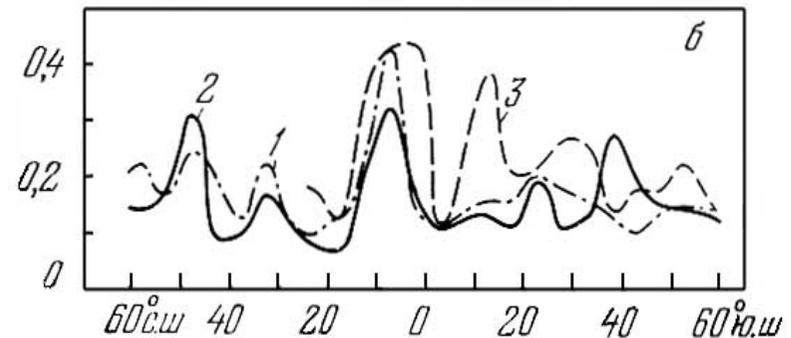
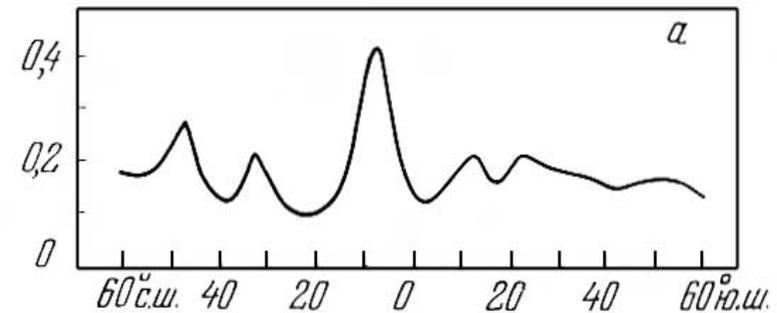


Космос-243

Паросодержание атмосферы, г/см²



Водозапас облаков, кг/м²



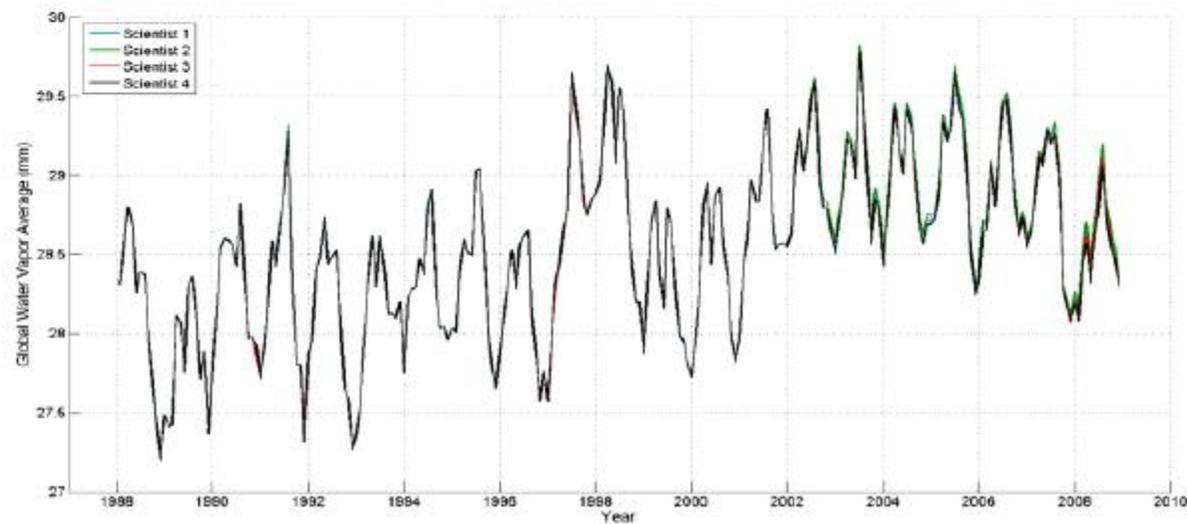
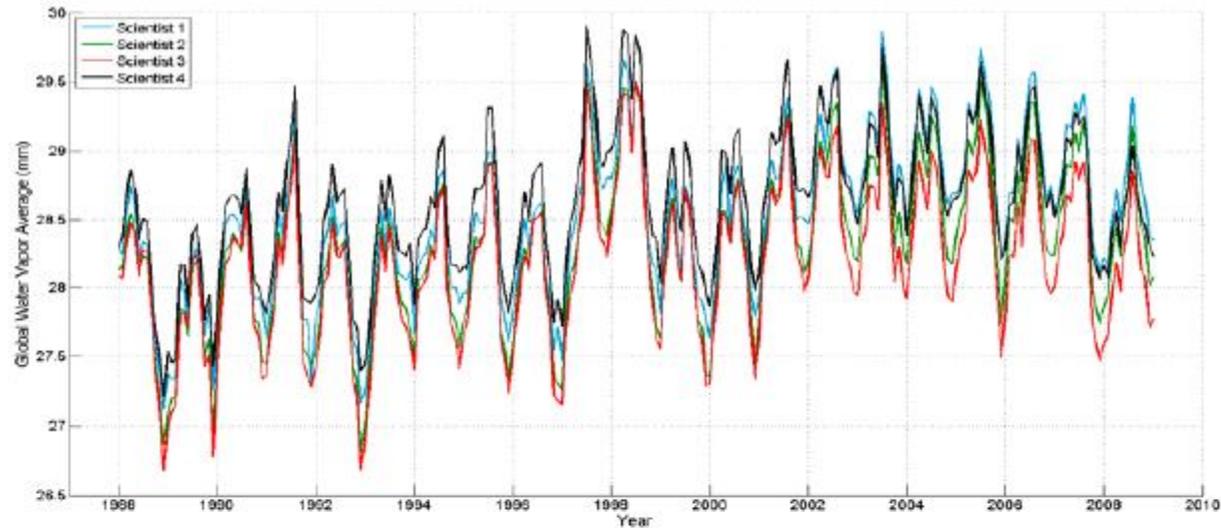
$$M_w = 1,24 \cdot 10^{19} \text{ г}$$

$$W_{\text{cp}} = 2,4 \text{ г}/\text{см}^2$$

Широтные распределения полной массы водяного пара (слева) и водозапаса облаков (справа) над отдельными океанами и над Мировым океаном в сентябре 1968 г. (Баширинов и Митник, 1970)

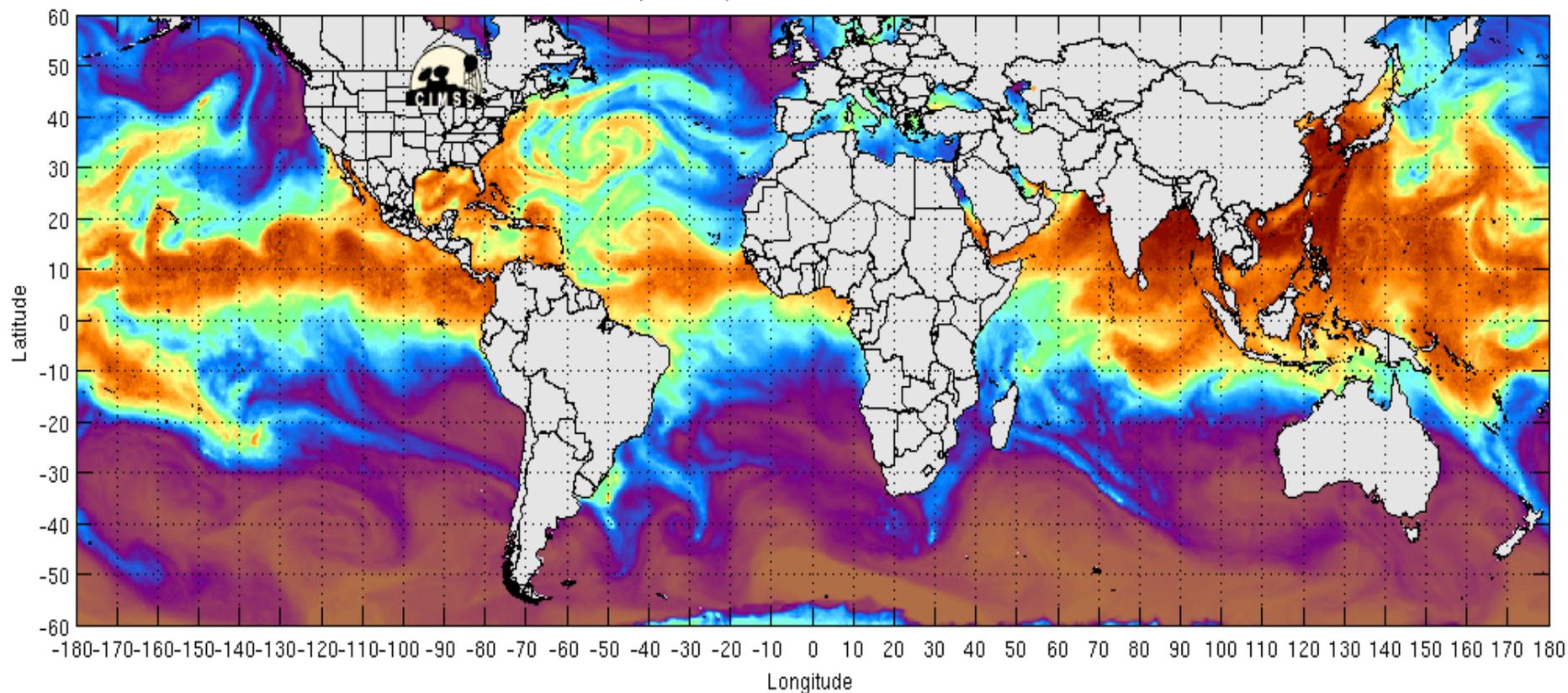
A 25-YEAR SATELLITE MICROWAVE MEAN TOTAL PRECIPITABLE WATER DATA SET FOR USE IN CLIMATE STUDY

Deborah K. Smith, Lucrezia Ricciardulli (presenter), Carl Mears, Kyle Hilburn



Паросодержание атмосферы

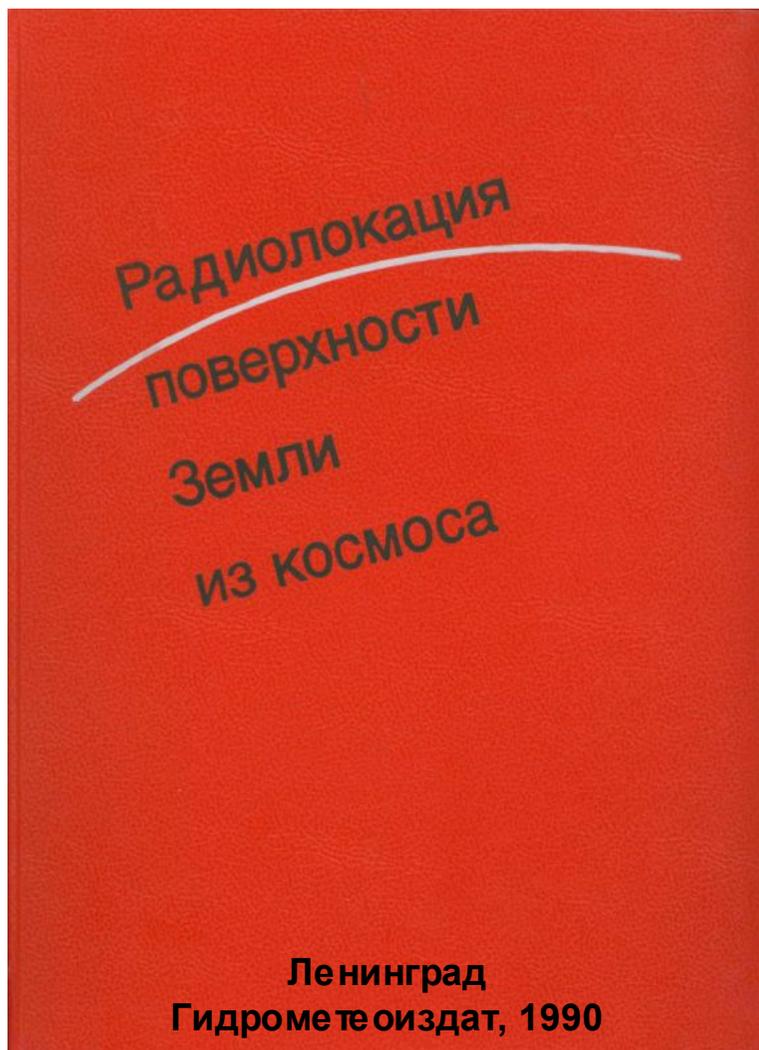
Morphed composite: 2014-08-03 00:00:00 UTC



**Morphed Integrated Microwave Imagery at CIMSS –
Total Precipitable Water (MIMIC-TPW)**

<http://tropic.ssec.wisc.edu/real-time/mimic-tpw/global/mimic-tpw.html>

Космос-1500 - первый спутник с РЛС бокового обзора (РЛС БО) на борту - был запущен в 1983 г. Аппаратура: РЛС БО (длина волны 3.15 см, ВВ-поляризация; полоса обзора 460 км, разрешение 2.1-2.8 x 0.8-3 км), РМ-0.8 (сканирующий СВЧ-радиометр, длина волны 0.8 см, Г-поляризация) и МСУ-М (многоканальное сканир. устройство видимого и ближнего ИК-диапазона.



Такой же набор сенсоров входил в состав аппаратуры на спутниках **Космос-1602** (1984 г.) и **Kosmos-1776** (1986 г.), а также на спутниках серии Океан (Калмыков, 1996).

1. Экспериментальный океанографический спутник «Космос-1500»
2. Физические основы РЛ-съемок с орбиты ИСЗ.
3. Радиолокационная система бокового обзора ИСЗ «Космос-1500»
4. Предварительная обработка данных РЛС БО
5. Характеристики морской поверхности
6. Характеристики морского льда
7. Характеристики материкового льда

Под редакцией
канд.физ-мат.наук Л. М. Митника,
канд.физ-мат.наук С.В. Викторова

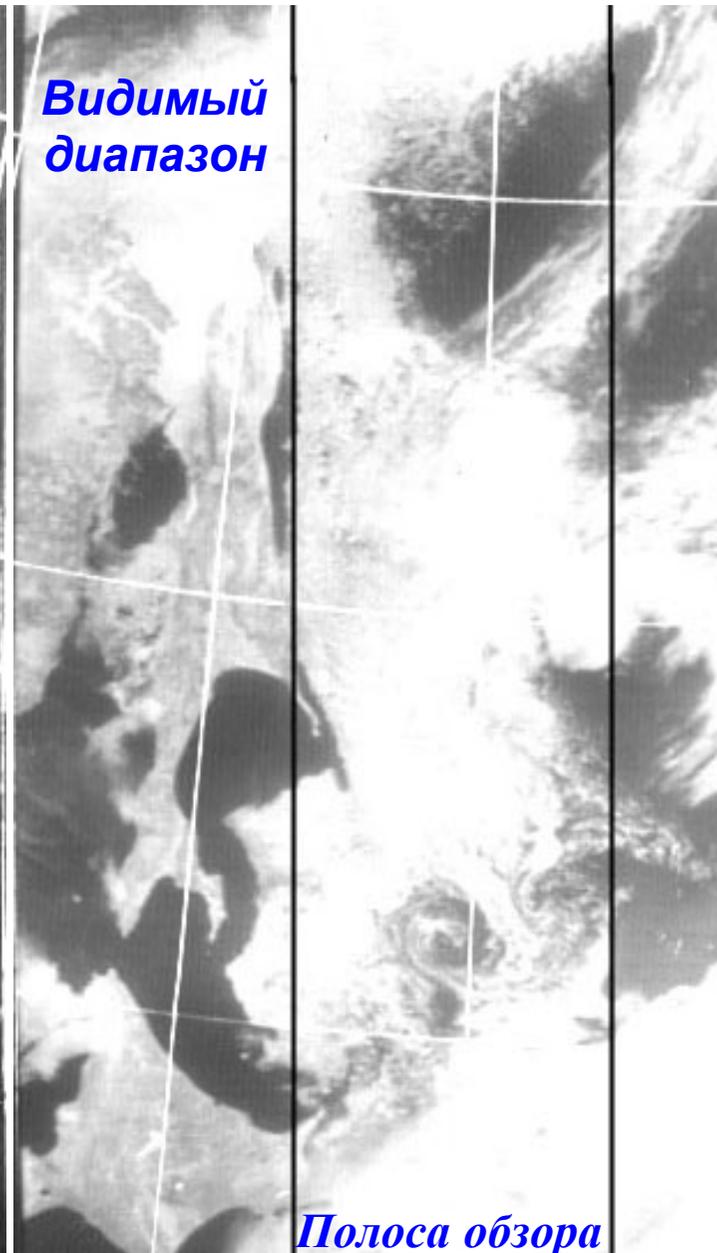
Лед на изображениях со спутника "Океан-7"



24 января 1996



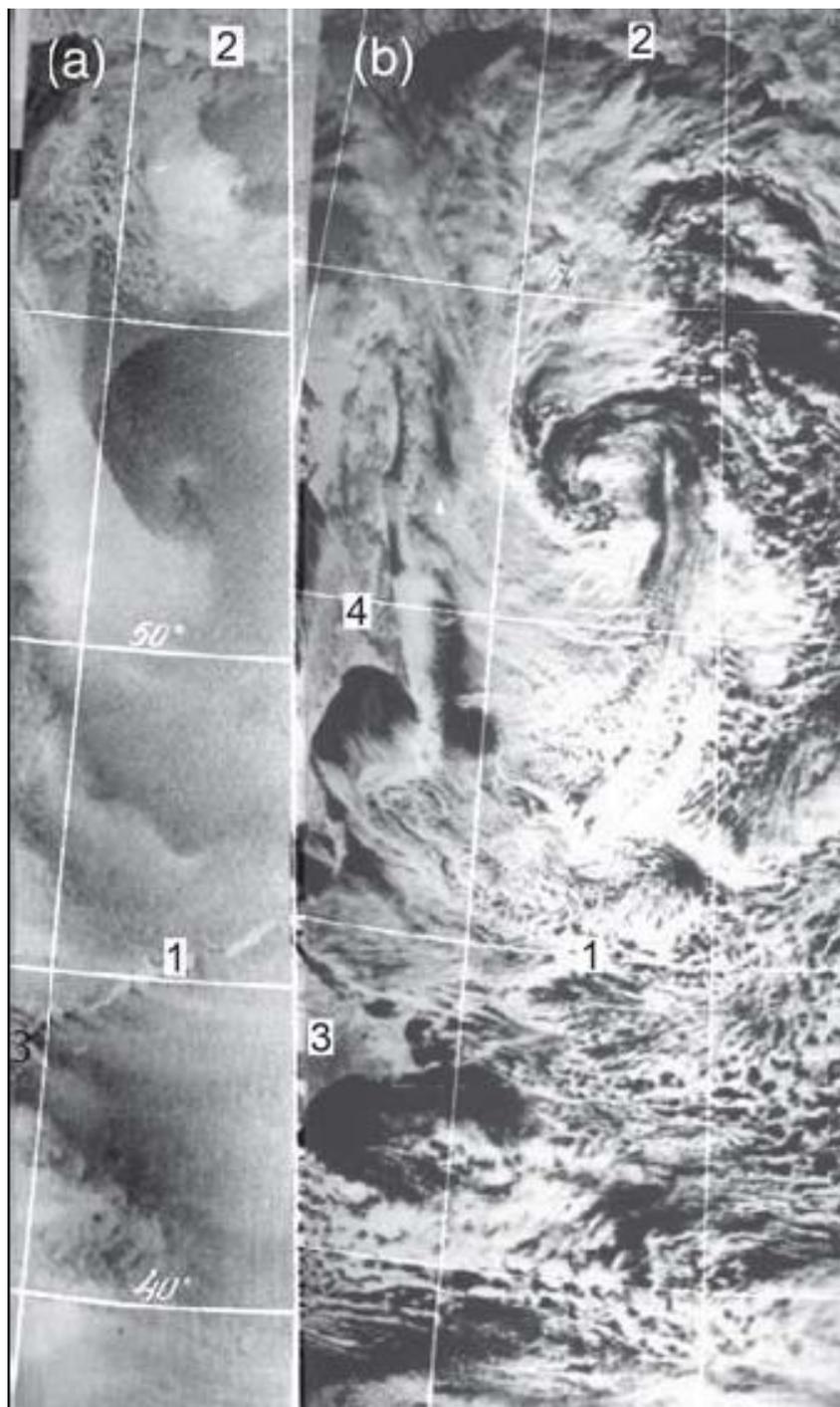
28 марта 1997



РЛС БО



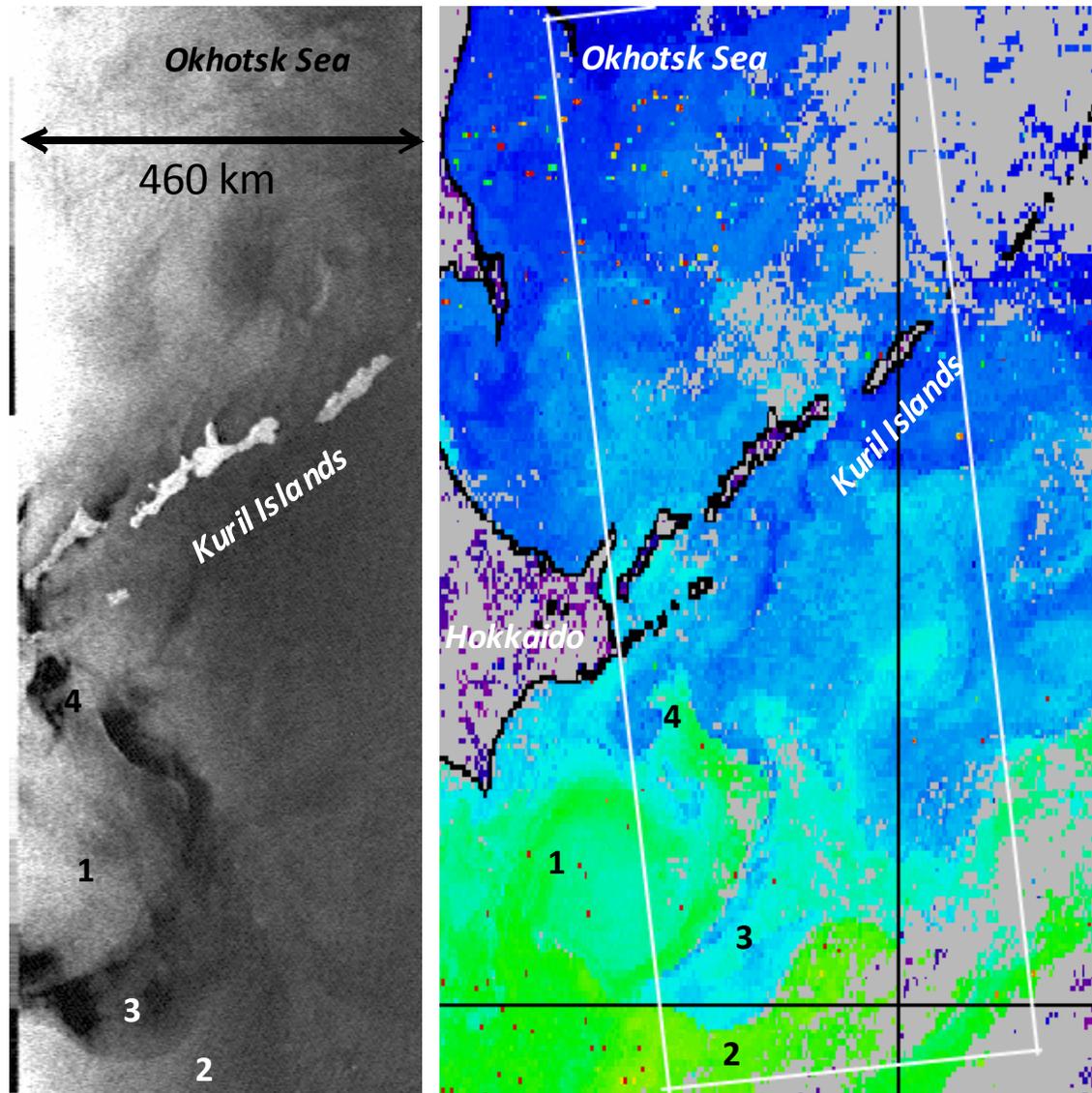
4 мая 1996



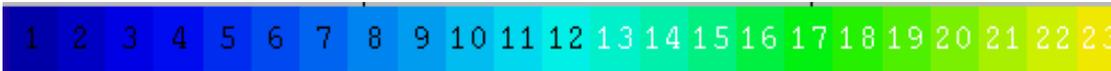
Космос-1500

Радиолокационное (a) и видимое (b) изображения окклюдированного циклона над Охотским морем, полученные 29 декабря 1984 г. Сравнение изображений показывает высокую корреляцию полей приводного ветра (a) и облачности (b). РЛ-изображения продемонстрировали высокий потенциал **РЛС БО** для всепогодного мониторинга поверхности океана.

Kuroshio-Oyashio and synoptic eddies



Resolution 1-2 km



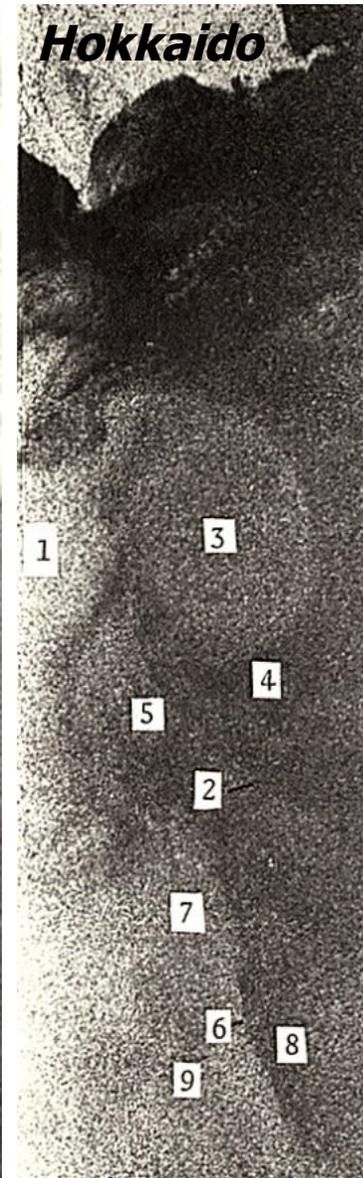
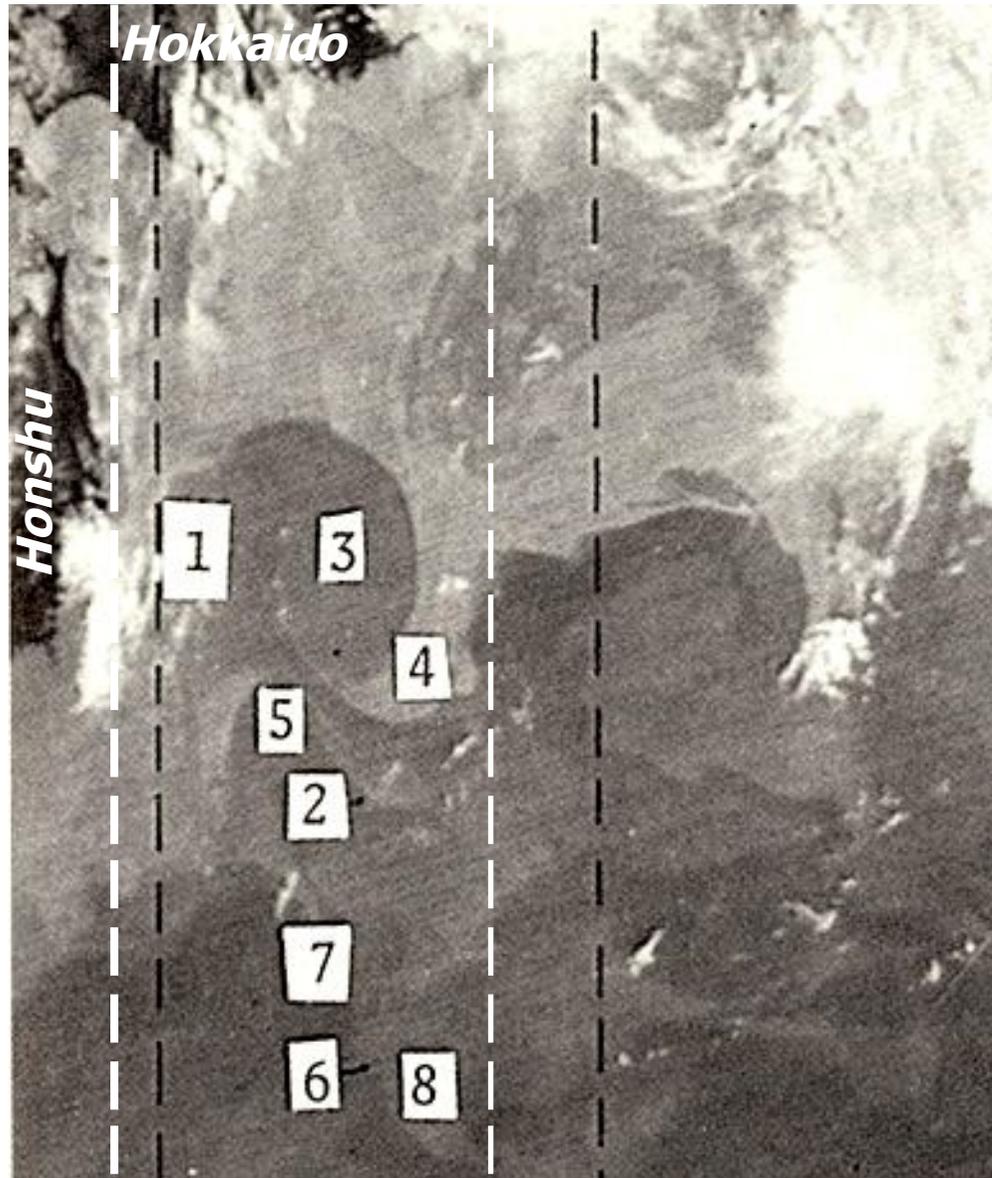
Okean-7 X-band Real Aperture Radar (RAR) and NOAA AVHRR-derived SST.
20 November 1999.

*White rectangle marks the boundaries of **RAR** image.*

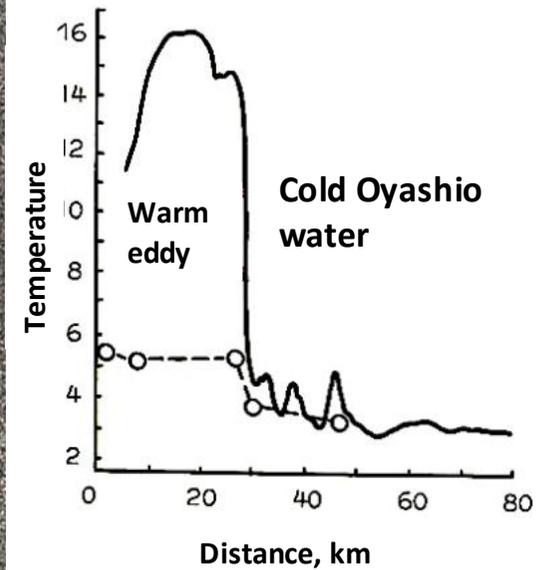
*Wind speed to the south of **Kuril Islands** was 5-6 m/s. **Anticyclonic eddy 1, warm Kuroshio waters 2** and **cold Oyashio waters 3** are revealed due to high radar contrast.*

*Fine details of SST field (such as **warm streamer 4** and others) are clearly depicted on the **RAR** image. SST contrasts reach 12°C at the eddy boundary.*

Kuroshio-Oyashio transition zone



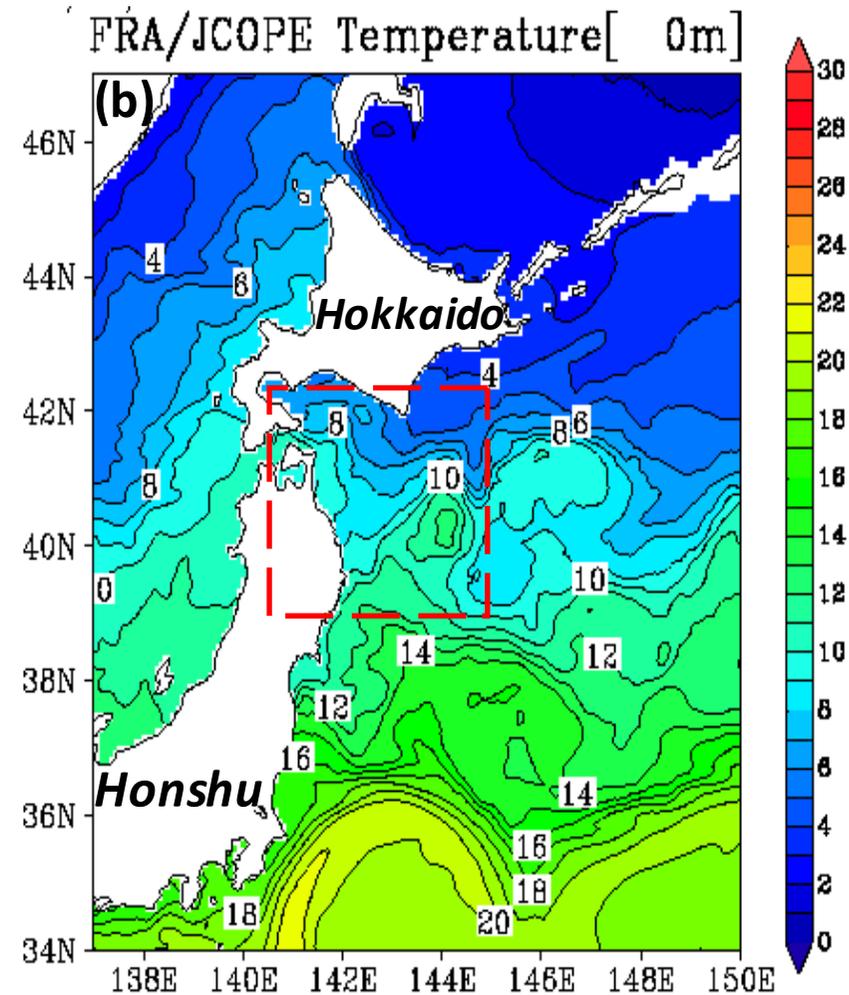
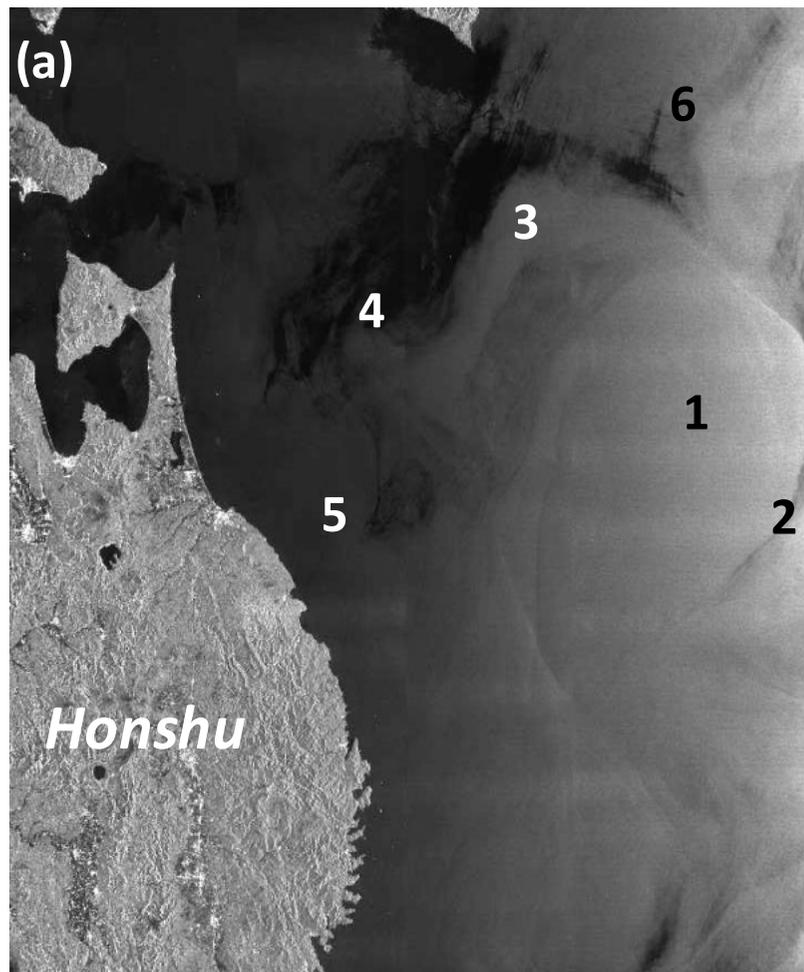
NOAA-10 AVHRR
infrared image
acquired on 30
April 1987 (left)
and
Kosmos-1500
Real Aperture
Radar image



Resolution 1-2 km

Mitnik L.M. and V.B. Lobanov (1991), Reflection of oceanic fronts on satellite radar images, *Oceanography of Asian Marginal Seas*, Kenzo Takano, Ed., Amsterdam, Elsevier, pp. 85-101.

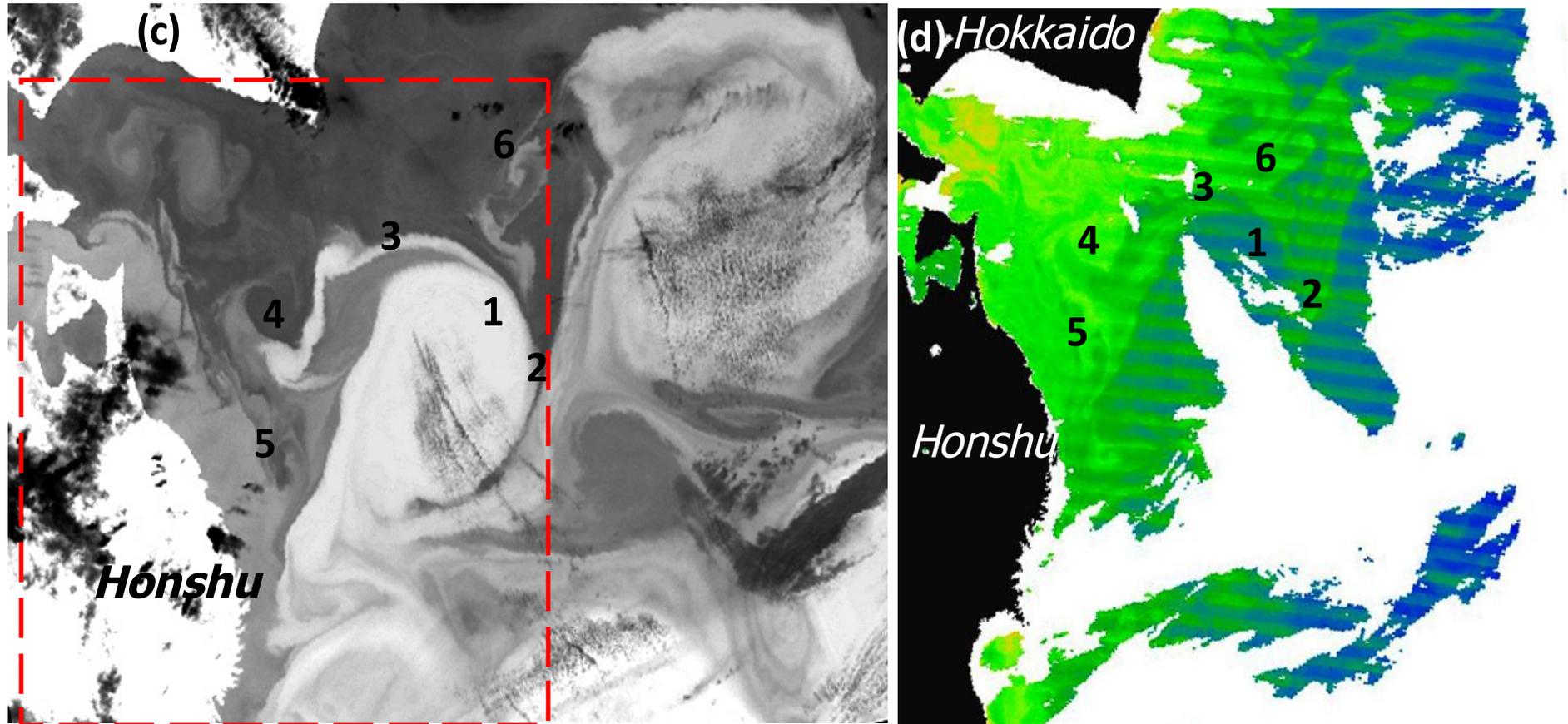
ALOS PALSAR. Anticyclonic eddy



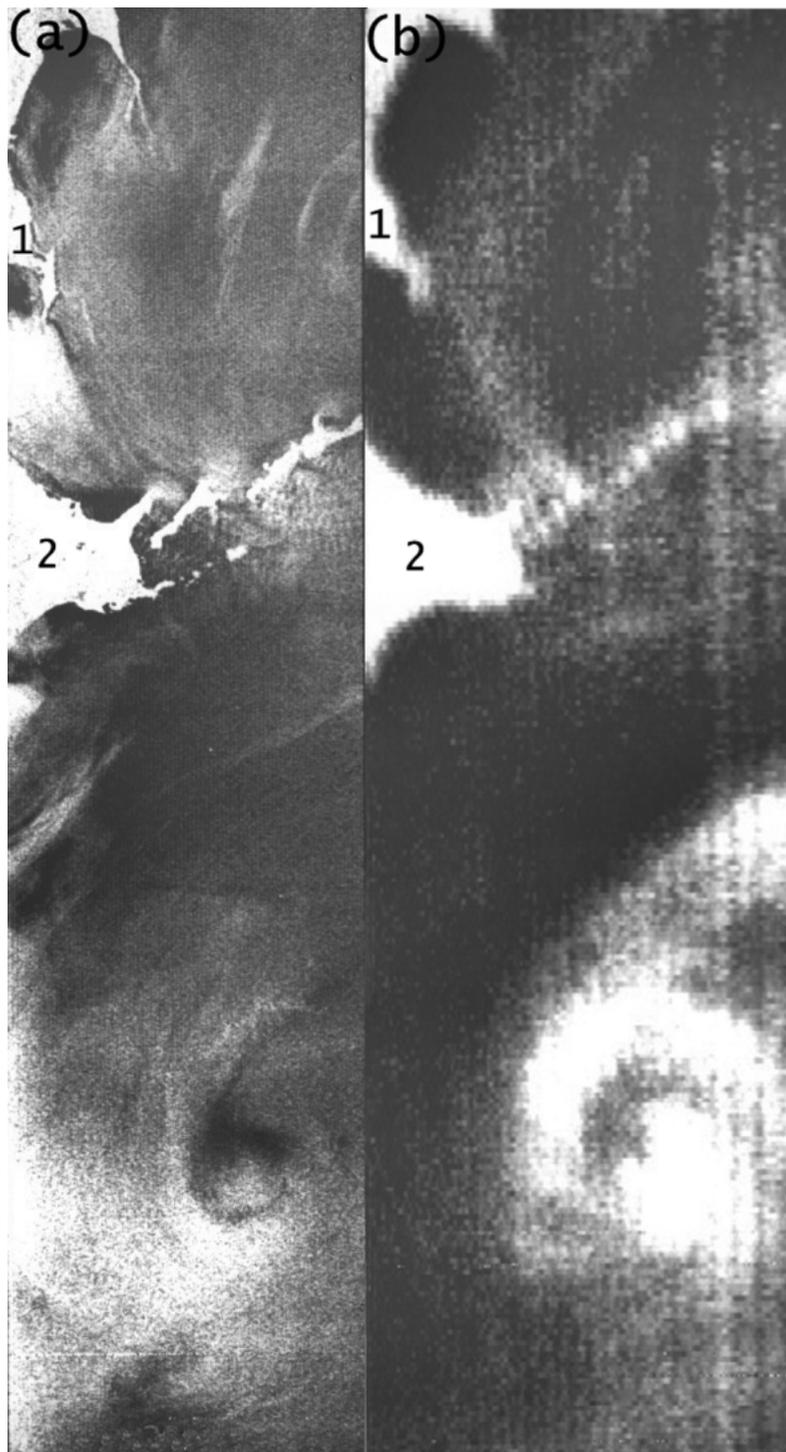
PALSAR image acquired on 18 April 2009 at 01:10 UTC; (b) sea surface temperature map for the same day submitted by Fishery Research Association. **Red** rectangle marks the boundaries of PALSAR image. **1** – warm waters, **2**- cold waters, **3** – warm streamer, **4-6** and **5** – cold small eddies, **6** – warm small eddy.

Aqua MODIS. 19 April 2009, 03:40 UTC

(c) Infrared image (31-st channel) and (d) chl-a field



1 – warm waters, 2- cold waters, 3 – warm streamer, 4 and 5 – cold small eddies, 6 – warm small eddy. Red dotted rectangle marks the boundaries of PALSAR image.



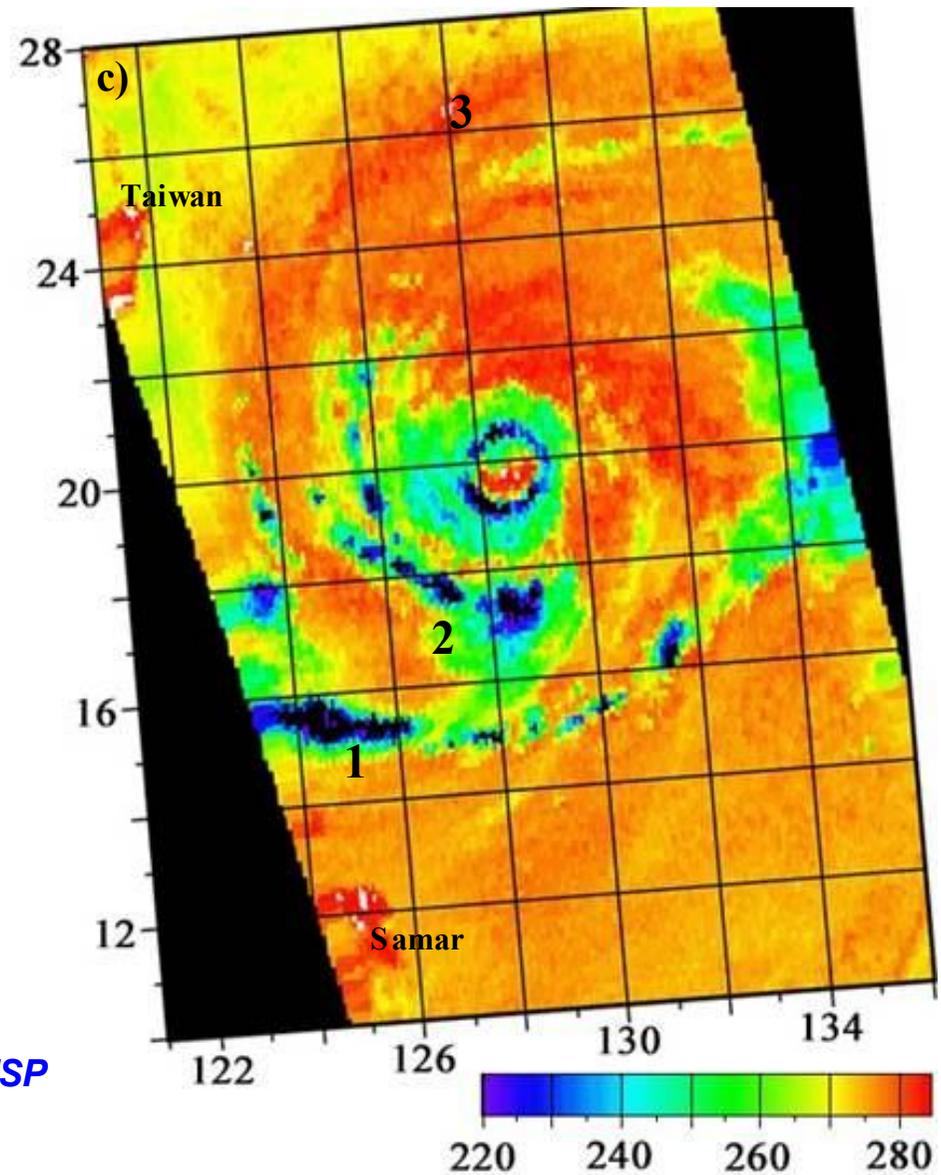
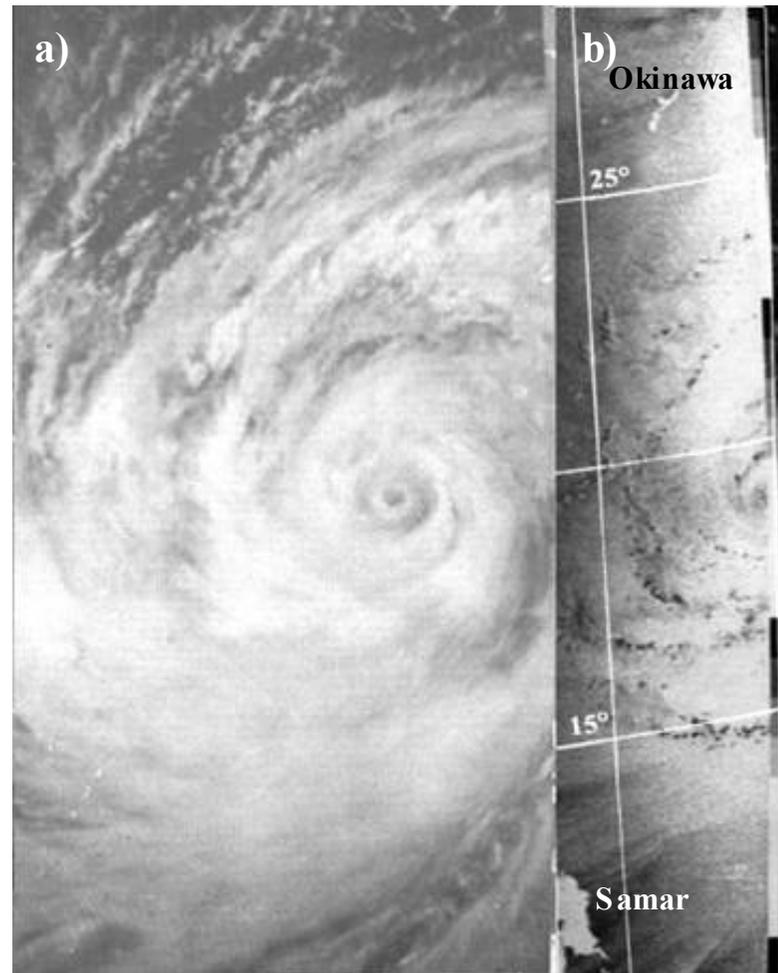
Тропический шторм Агнес. Океан, 31 июля 1988 г.

Радиолокационное (a) и микроволновое на длине волны 0.8 см (b) изображения тропического шторма. 1 – Сахалин, 2 – Хоккайдо. Вариации яркостной температуры (b) вызваны осадками, водозапасом облаков и скоростью приводного ветра.

Уникальная особенность спутников **Космос-1500** и серии **Океан** – получение перекрывающихся изображений тремя различными датчиками, что улучшает интерпретацию измерений и снижает погрешность оцениваемых параметров. Такой же подход был реализован на спутниках **TRMM** и **ADEOS-II**.

Митник Л.М., Десятова Г.И., Митник М.Л. Поля приводного ветра и облачности в тропическом шторме Агнес по данным спутникового радиофизического зондирования *Исслед. Земли из космоса*. 1990. №6.

Тайфун Нерб, 29 июля 1996 г.

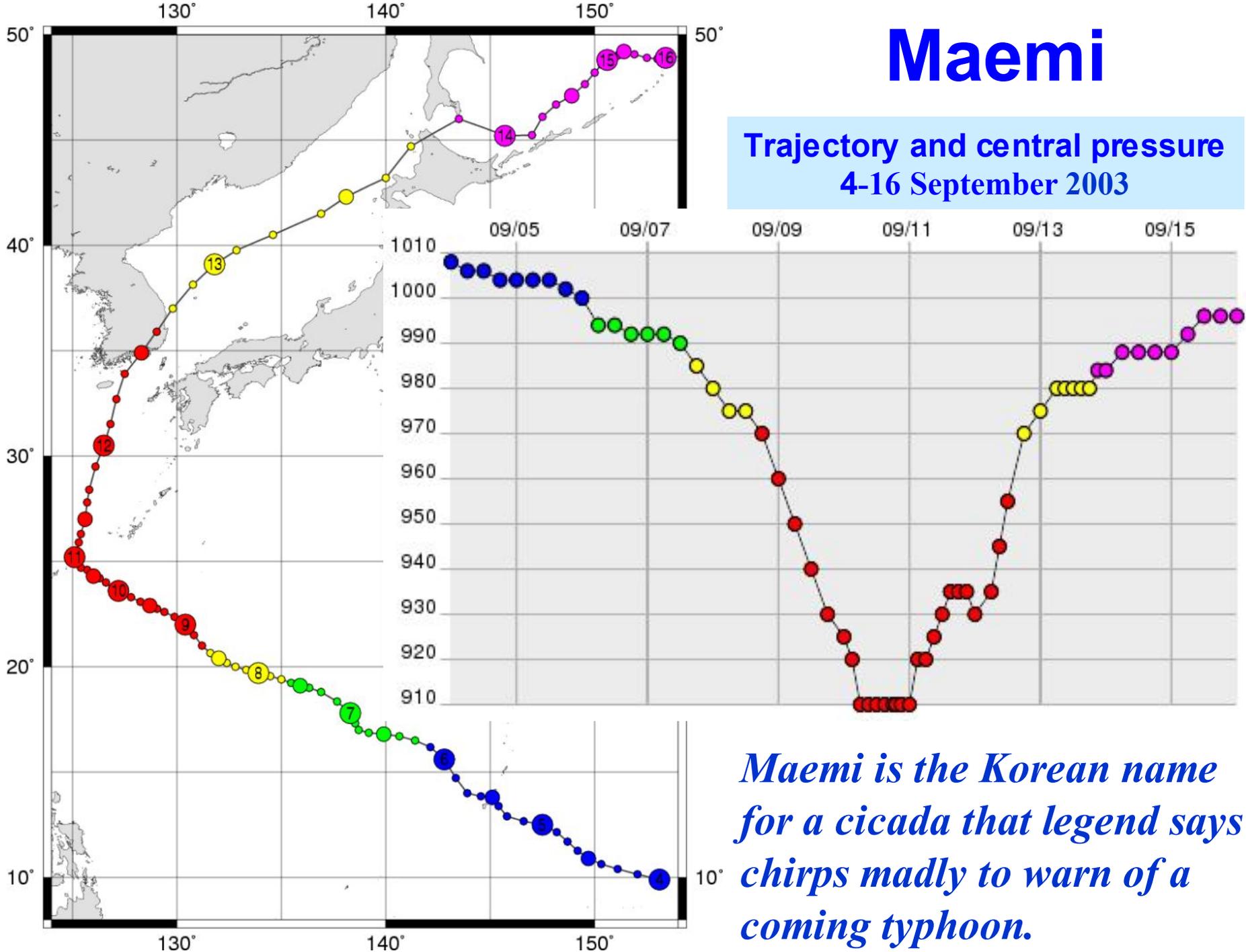


Okean-7 visible (a) and radar (b) images and DMSP brightness temperature at frequency 85 GHz (c)

Satellite and ground observations of evolution of Typhoon Herb (1996) near Taiwan.
Remote Sensing of Environ. 2001. V. 75. N 3. P.397-411

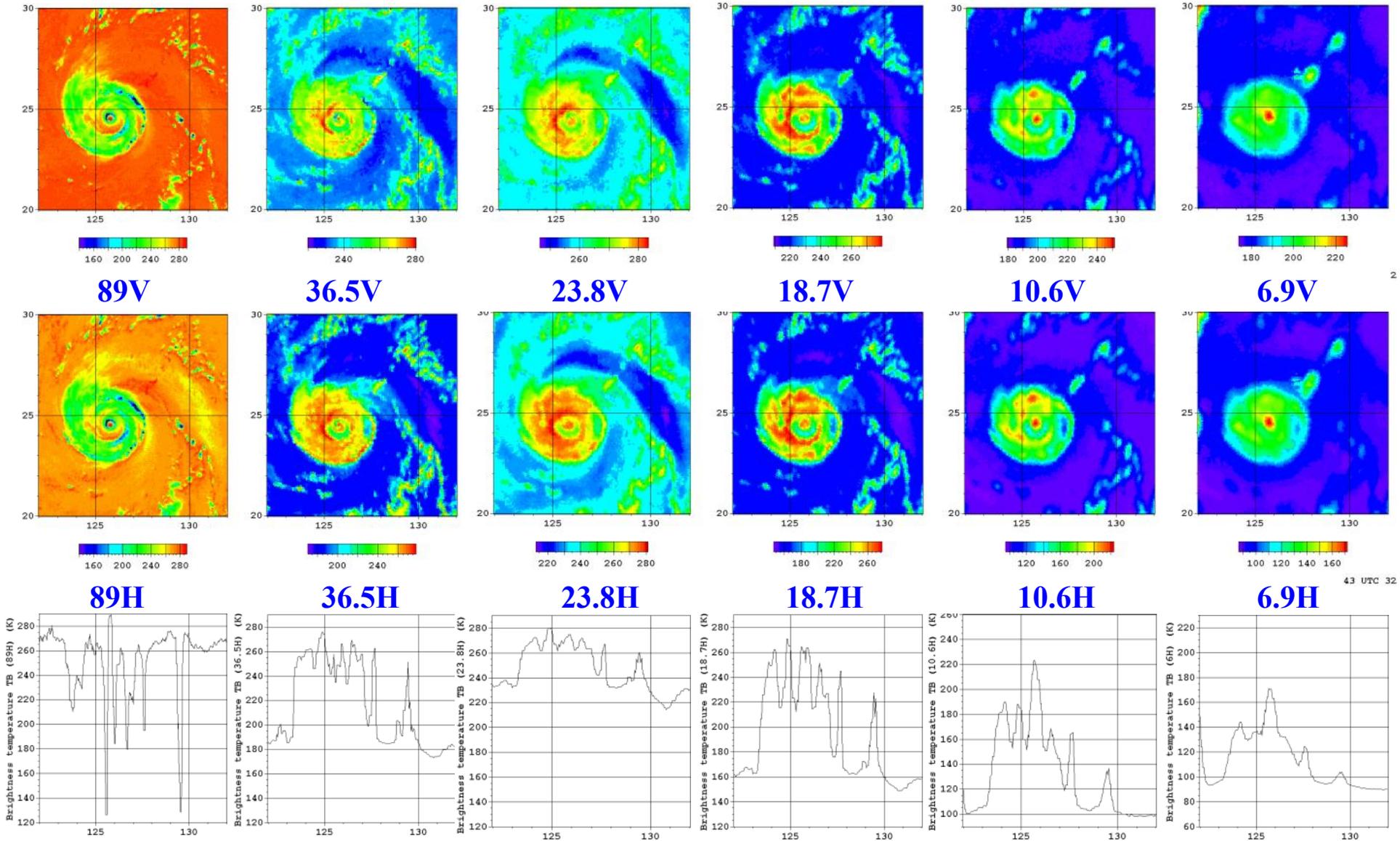
Maemi

Trajectory and central pressure
4-16 September 2003

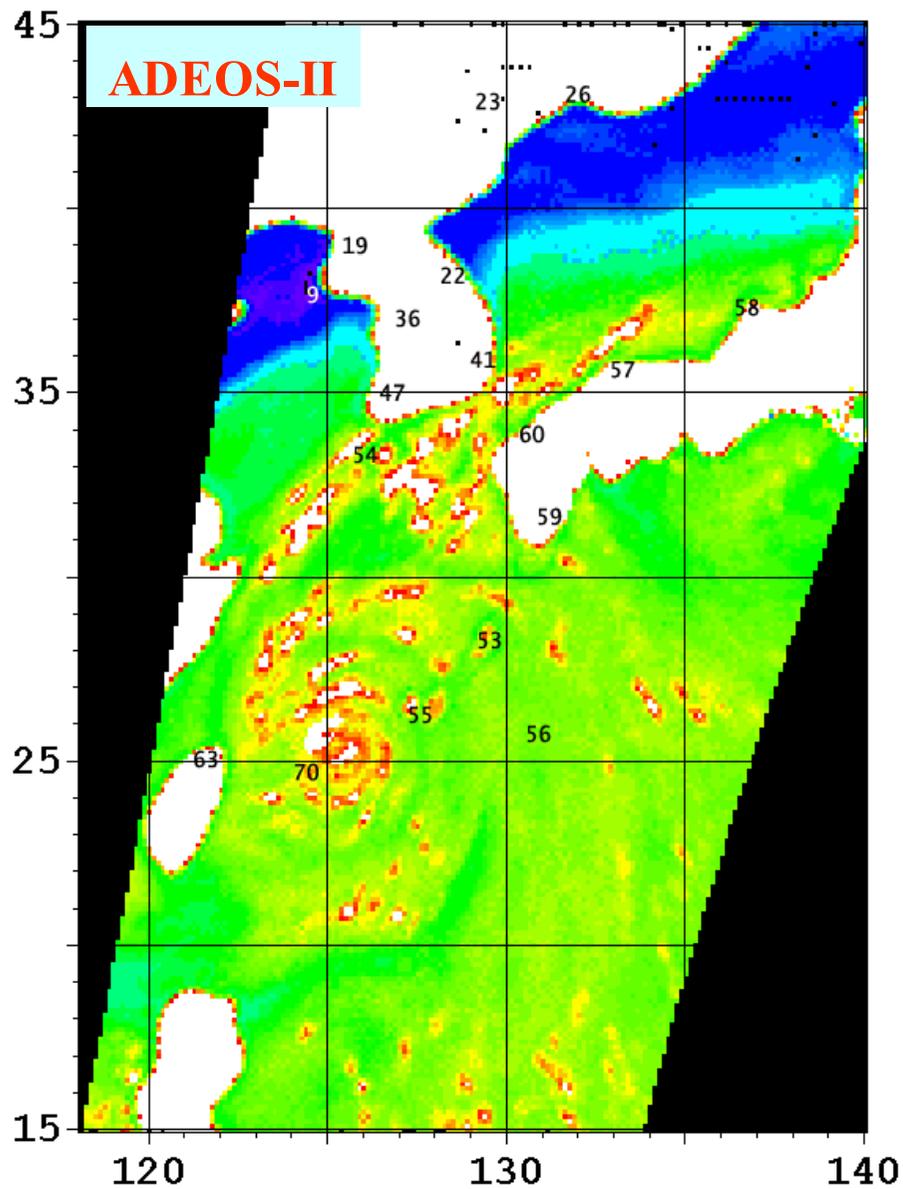


Maemi is the Korean name for a cicada that legend says chirps madly to warn of a coming typhoon.

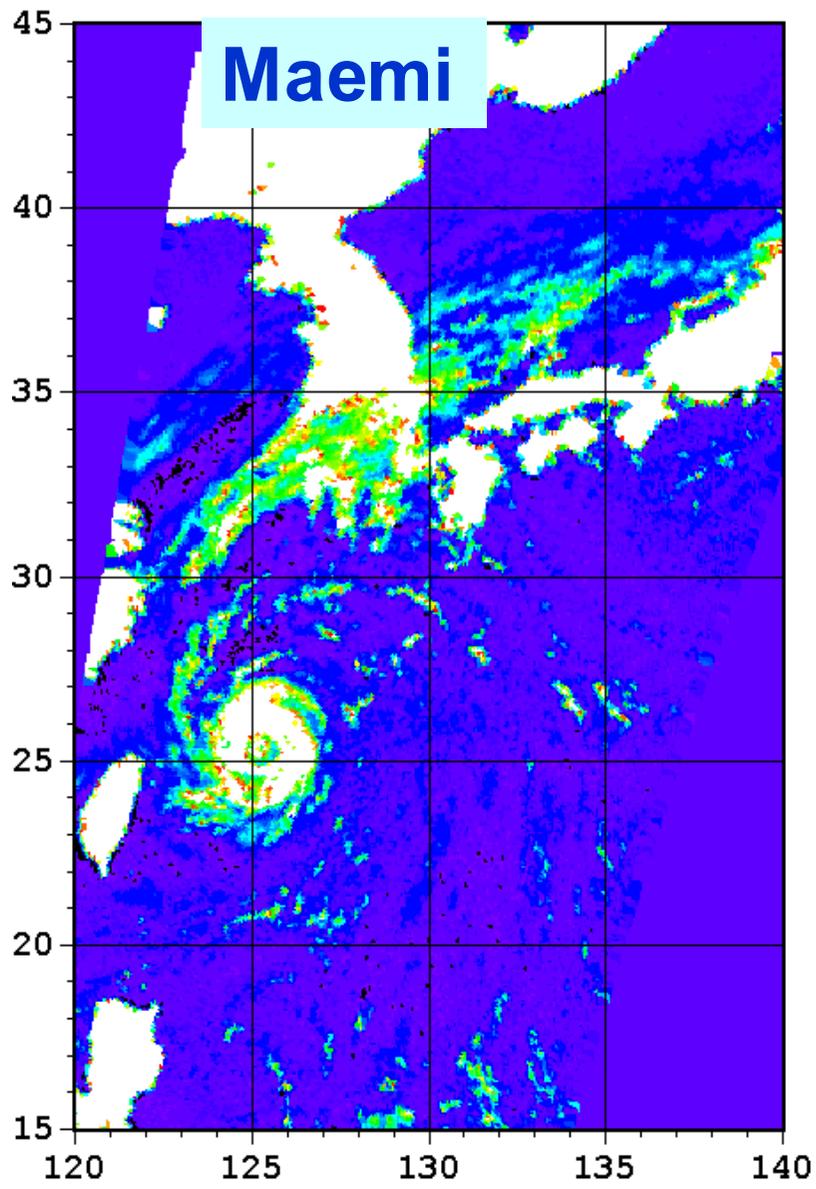
Typhoon Maemi



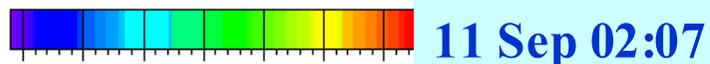
AMSR brightness temperatures of typhoon Maemi taken on 10 Sep 2003 at 13:43 UTC



ADEOS-II

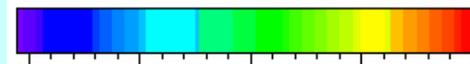


Maemi



10 30 50 70 **11 Sep 02:07 UTC**

Water vapor kg/m2



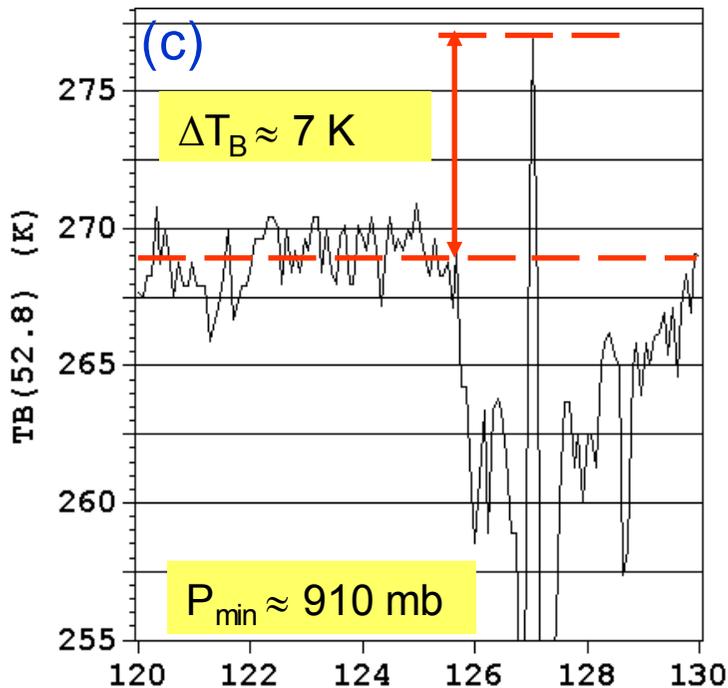
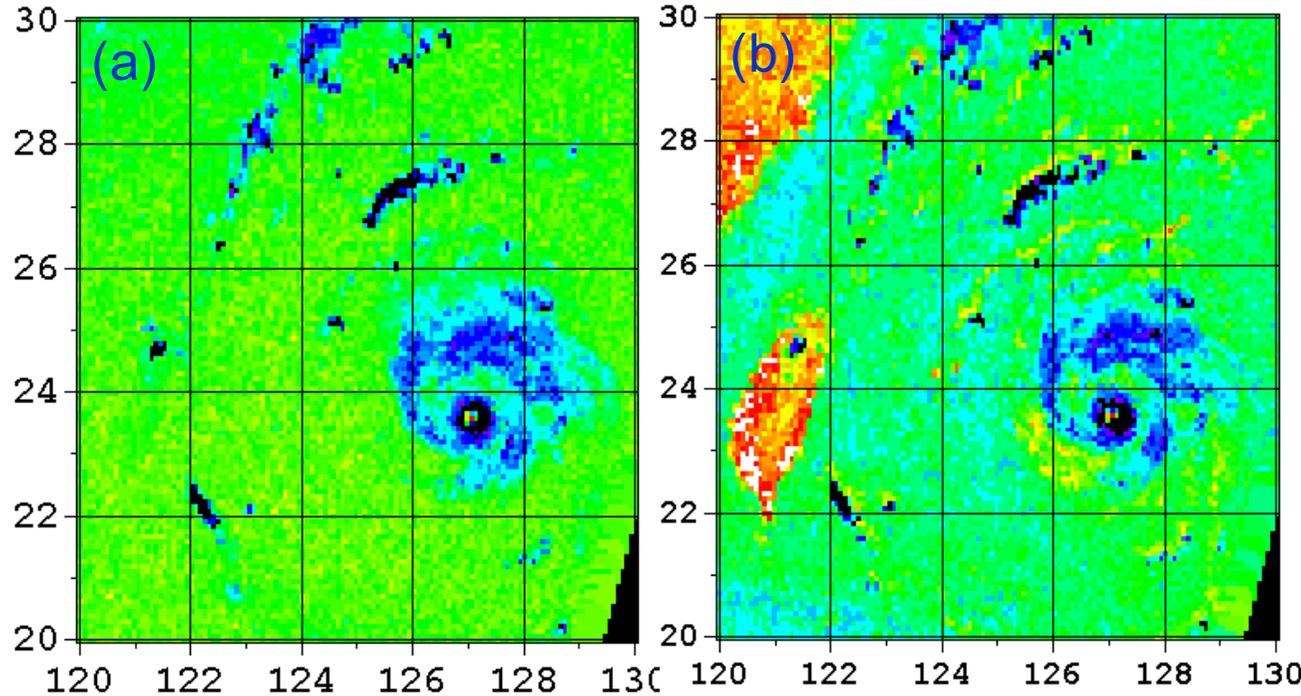
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 **11 Sep 03 07D**

Clouds (kg/m2) 11 Sep 03 07D

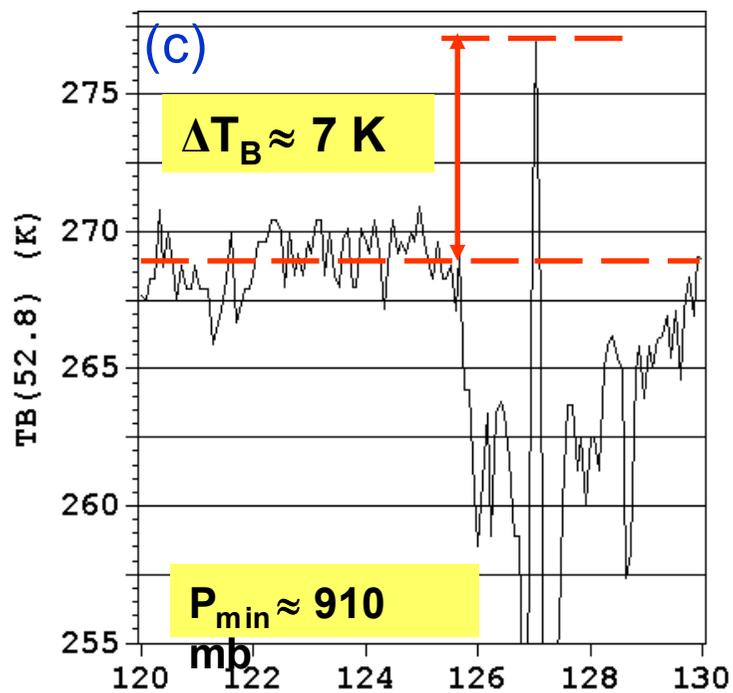
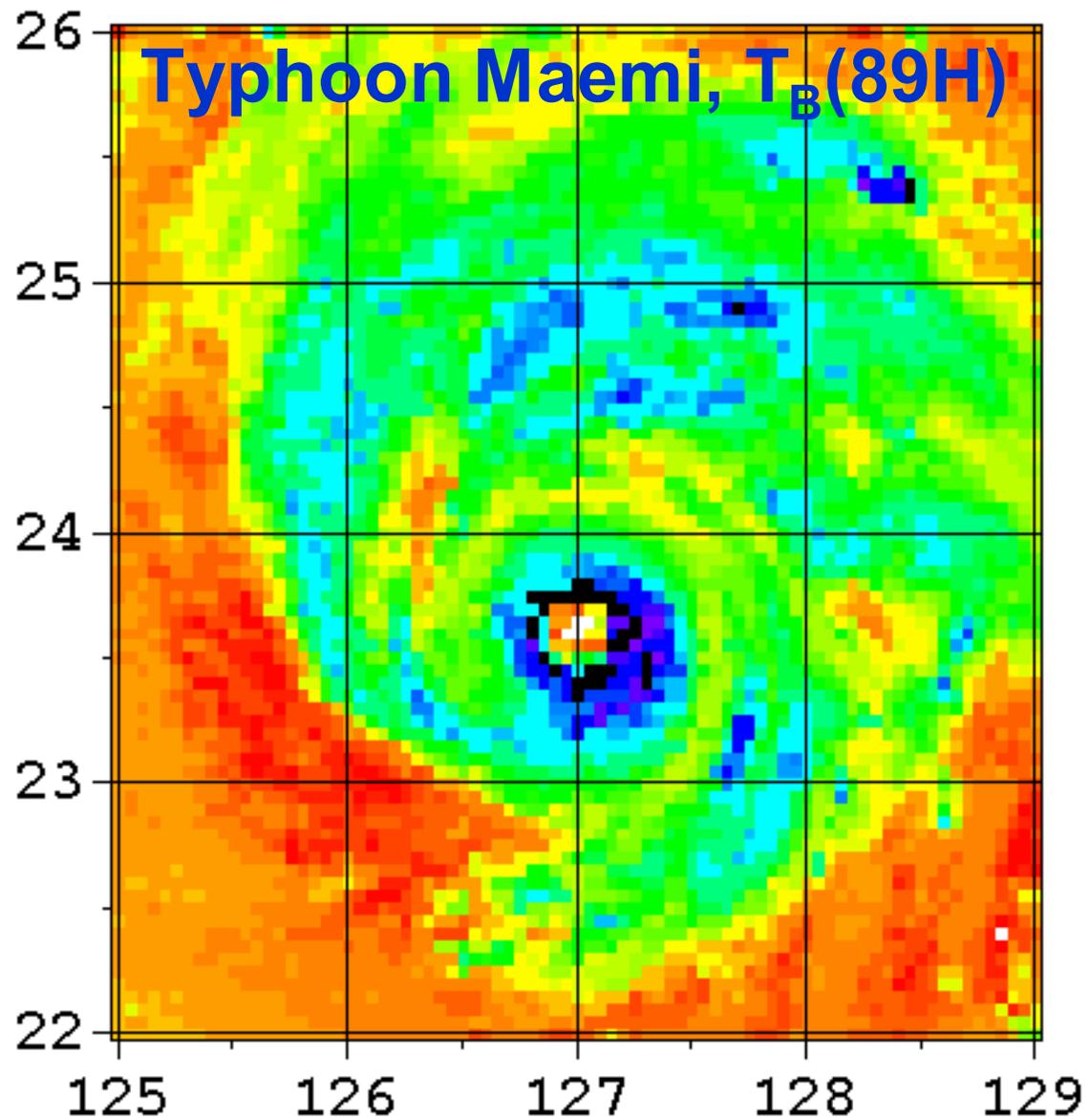
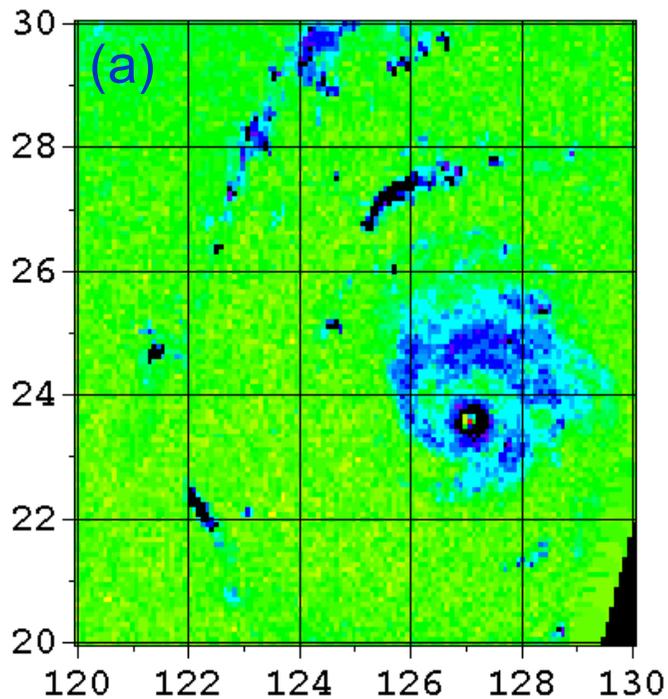
Typhoon Maemi

10 Sep 2003

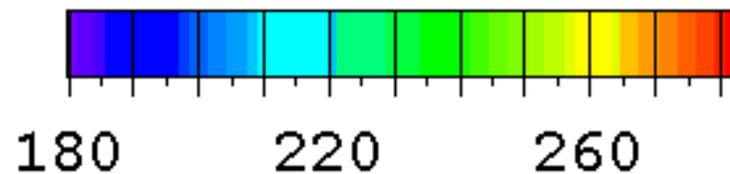
02:33 UTC



ADEOS-II AMSR brightness temperatures over typhoon Maemi at 52.8 GHz (a) and at 50.3 GHz (b) and section through typhoon's center (c)

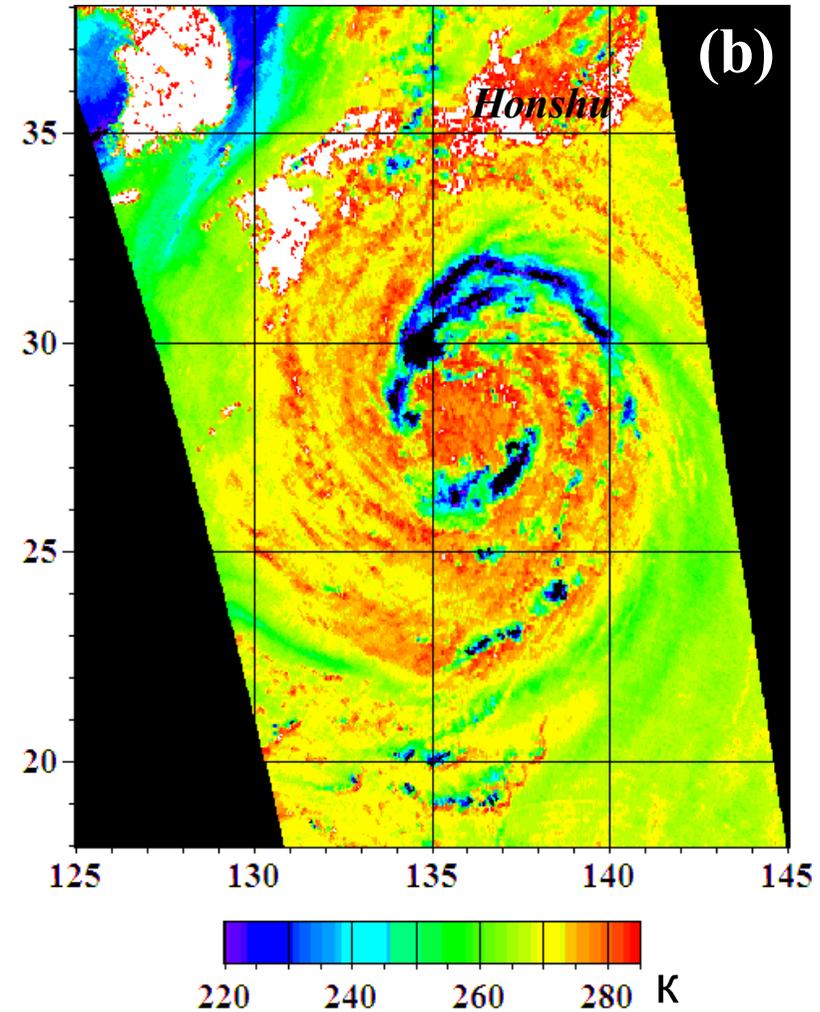
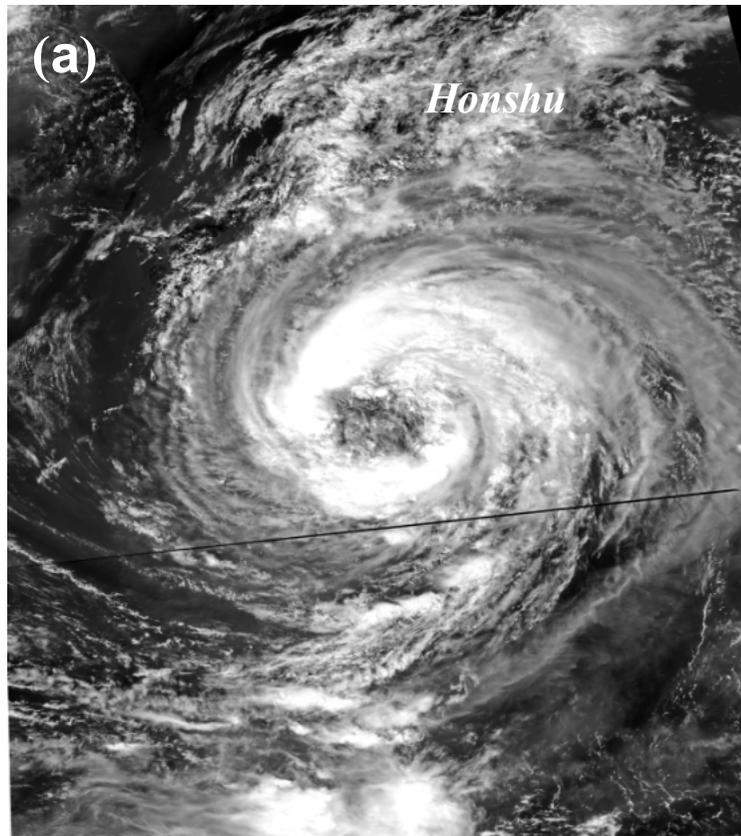


10 Sep 2003 02:33 UTC



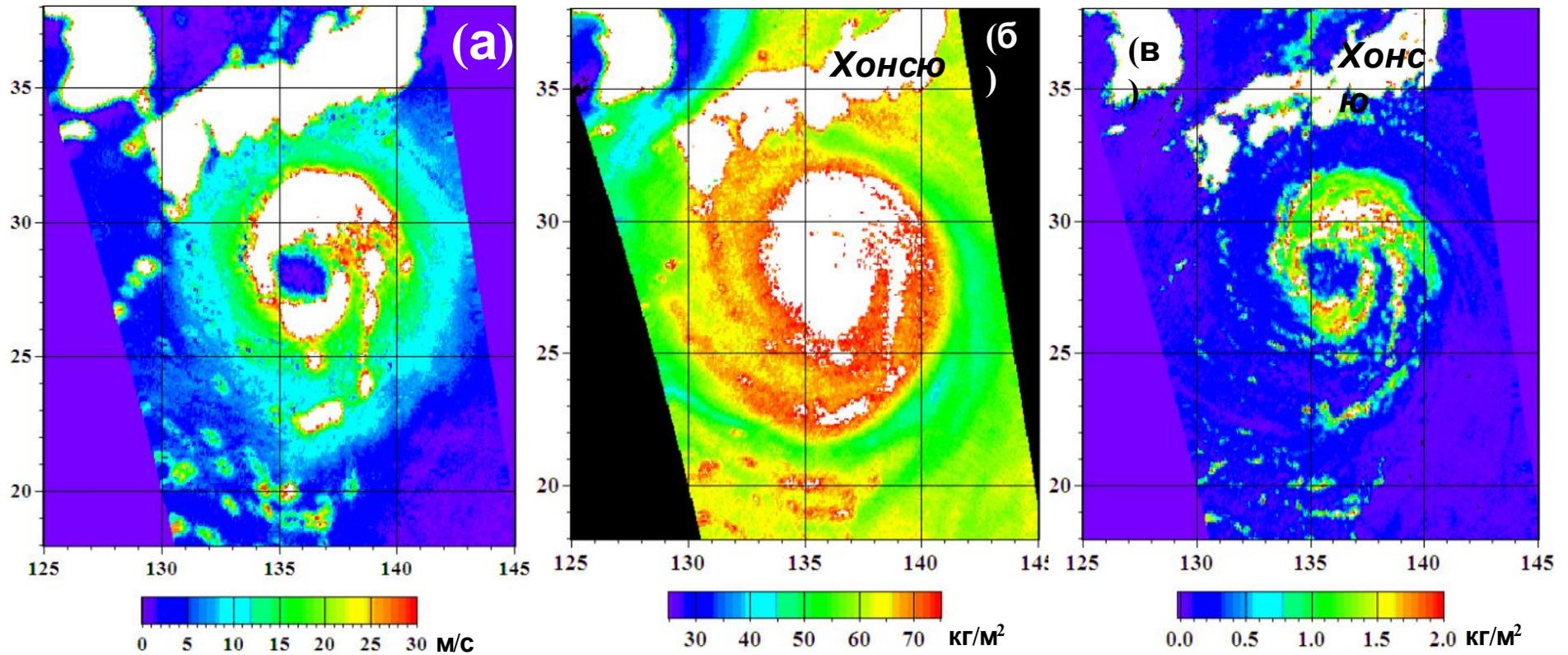
Typhoon Talas, 1 September 2011

Aqua AMSR-E

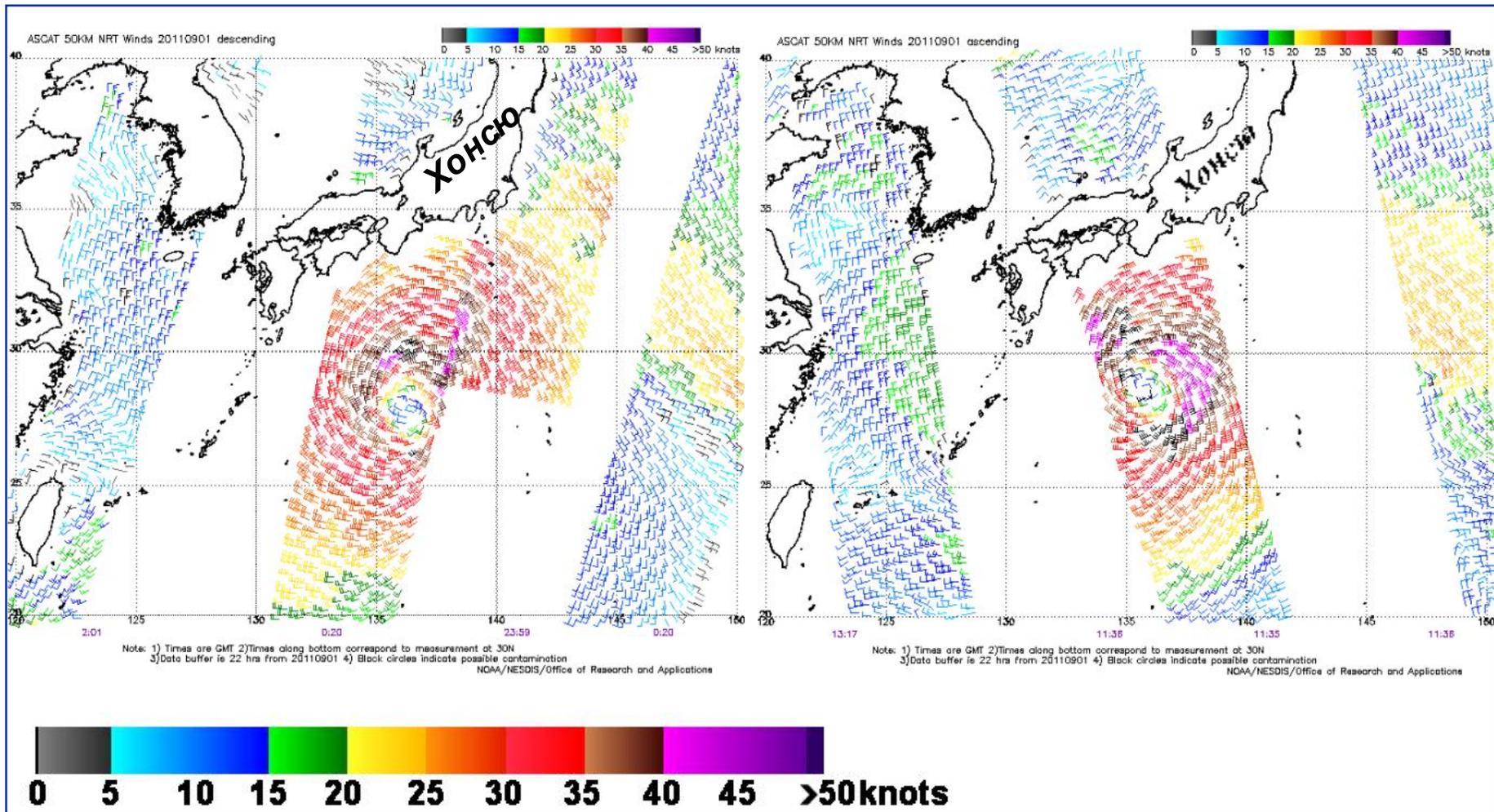


Aqua MODIS visible image (a), and brightness temperature at frequency of 89 GHz with H-polarization (b) at 04:40 UTC

Typhoon Talas, 1 September 2011, 04:40 UTC

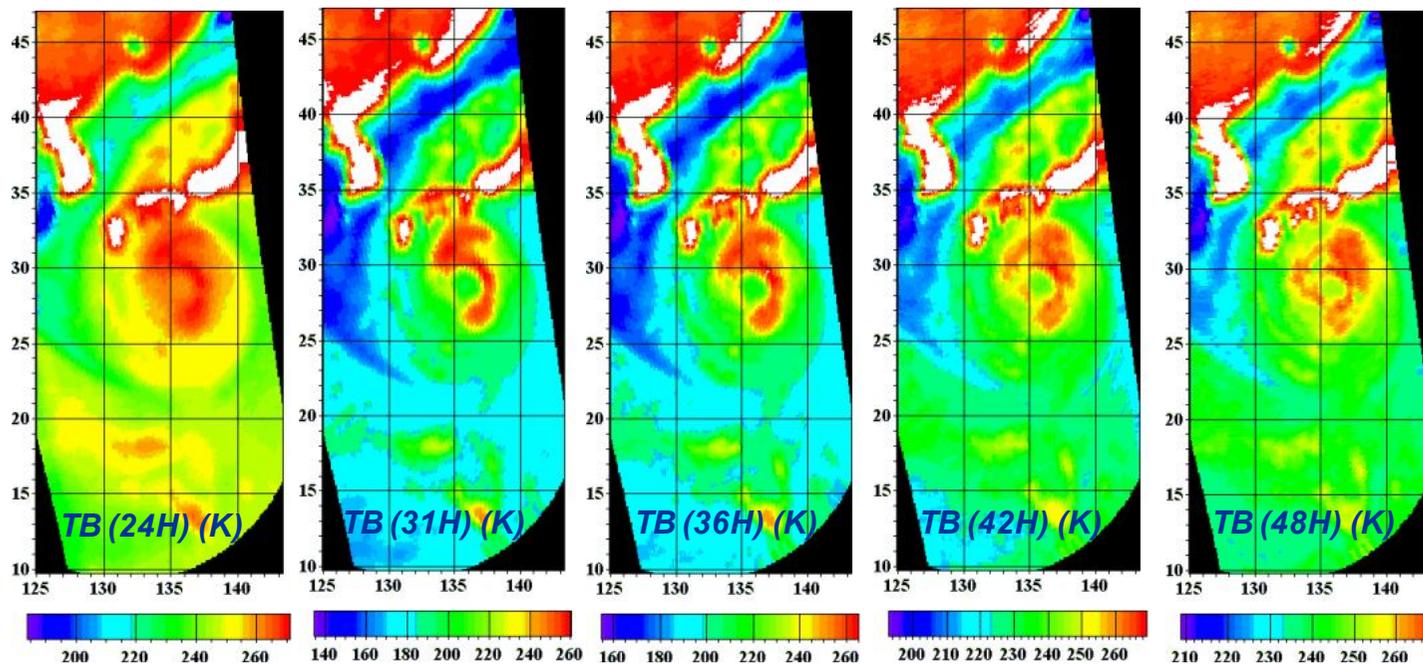


Wind speed (a), atmospheric water vapor (b) and total cloud liquid water content (c) retrieved from **AMSR-E** data

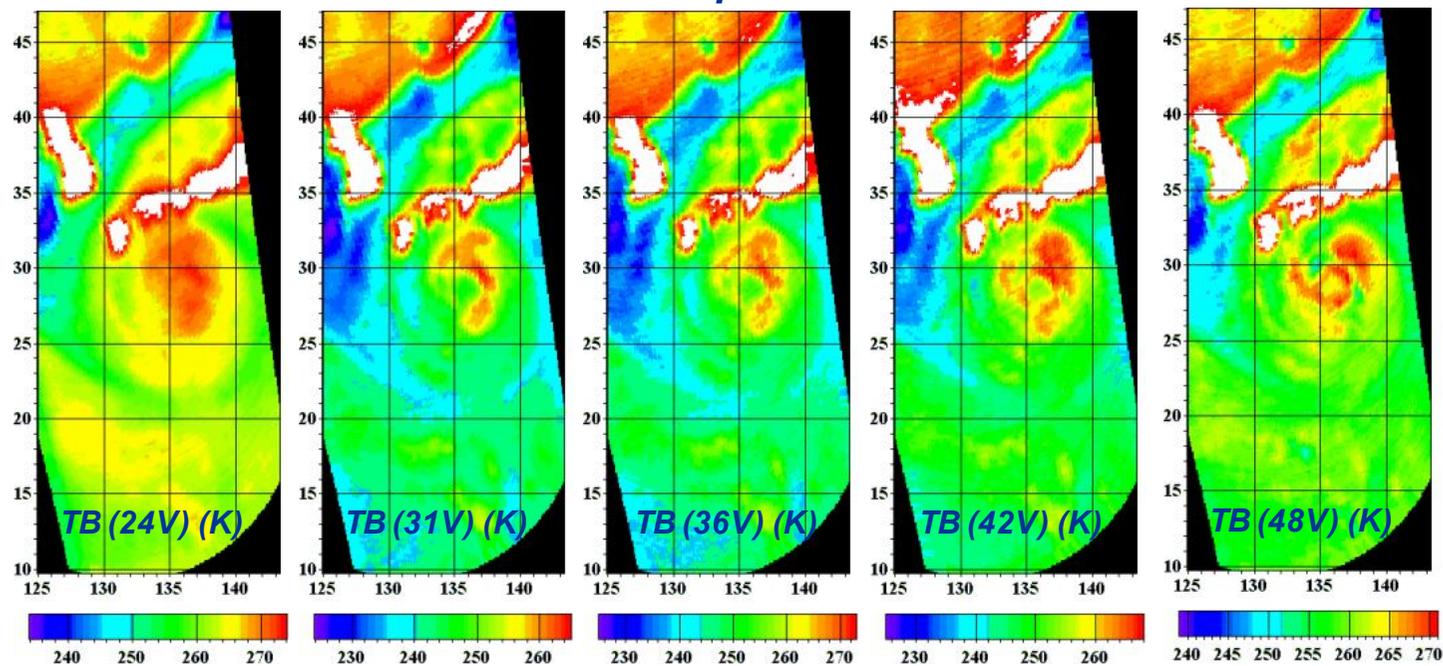


MetOp ASCAT-derived wind field on 1 September 2011 at descending (00:20 UTC) and ascending (11:35 UTC) orbits

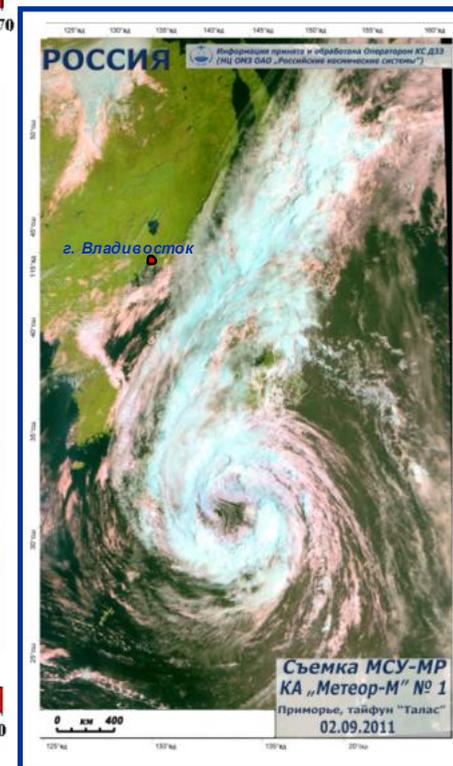
*Meteor-M №1
MTVZA-GYa
brightness
temperatures
acquired on
1 September 2011
at 13:18 UTC.*



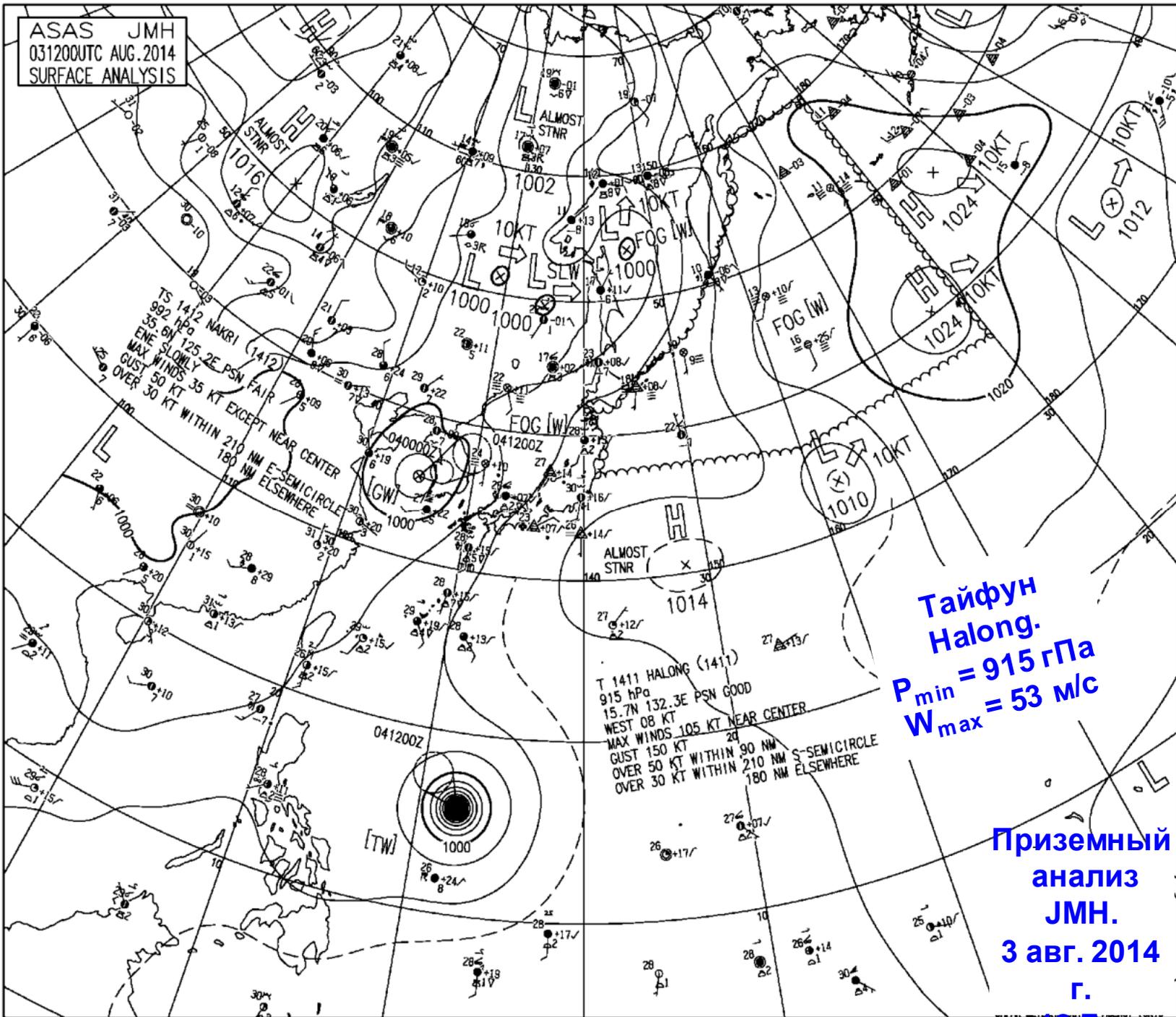
Horizontal polarization



Vertical polarization



ASAS JMH
031200UTC AUG.2014
SURFACE ANALYSIS



**Тайфун
Halong.
P_{min} = 915 гПа
W_{max} = 53 м/с**

**Приземный
анализ
JMH.
3 авг. 2014
г.
12 Гб.**

Тайфун Halong, **Метеор-М № 2**, 3.08.2014, 02:38

Гр.

*Горизонтальная
поляризация*

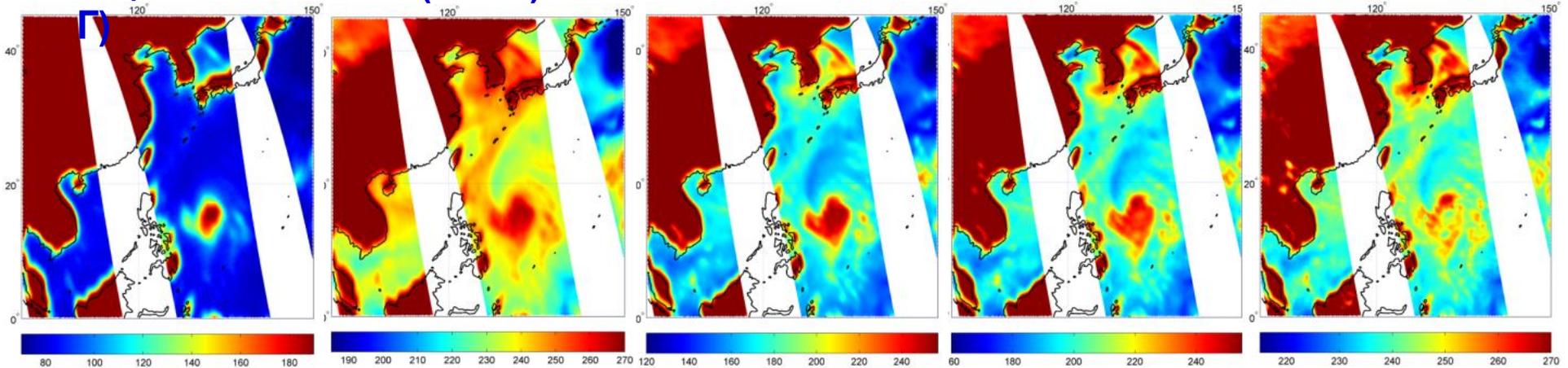
Тя(10.65

Тя(23.8Г)

Тя(31.5Г)

Тя(42.0Г)

Тя(48.0Г)



*Вертикальная
поляризация*

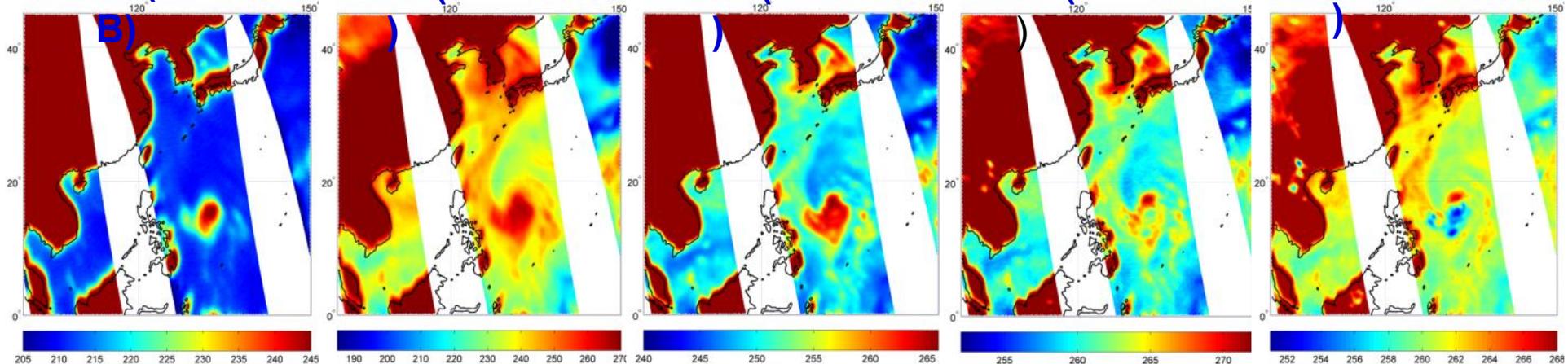
Тя(10.65

Тя(23.8В

Тя(31.5В

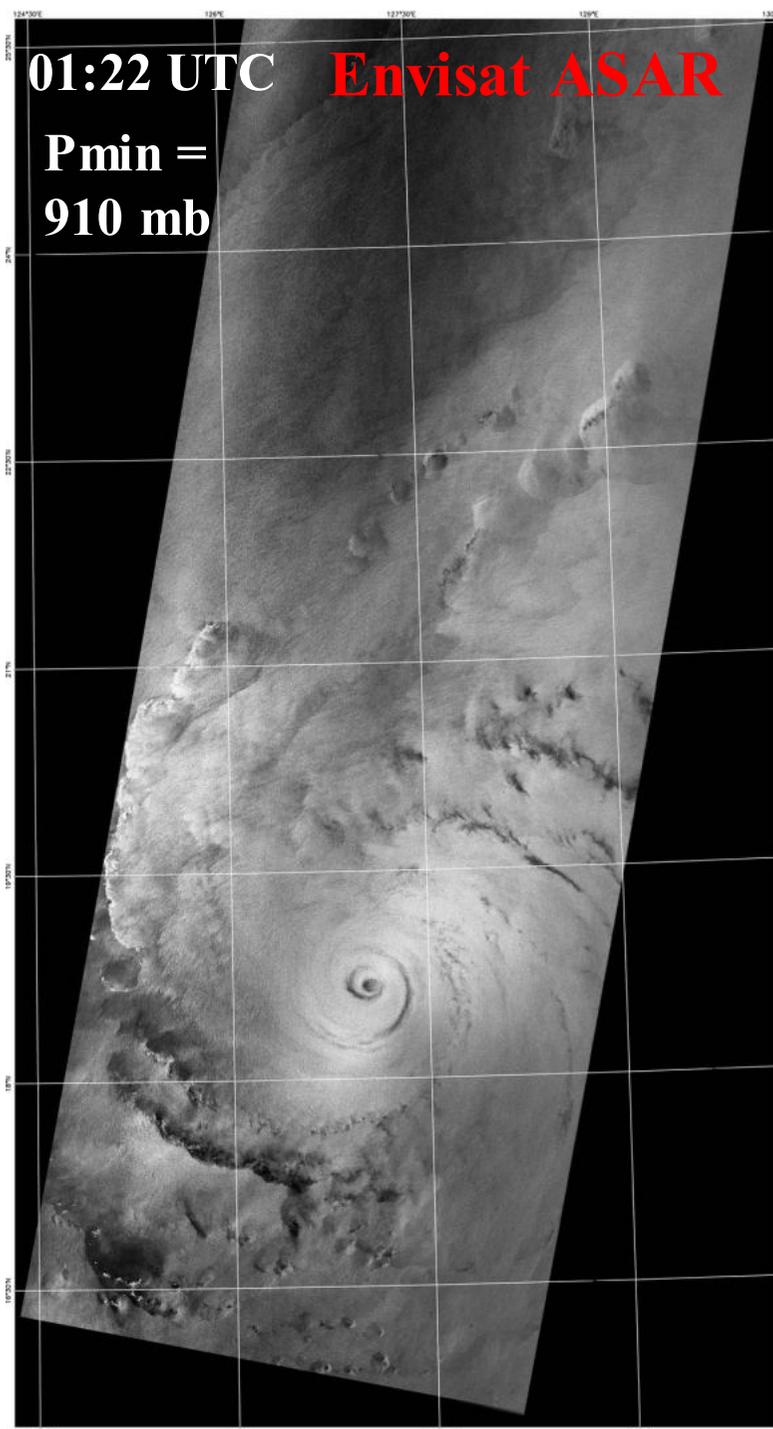
Тя(42.0В

Тя(48.0В



01:22 UTC **Envisat ASAR**

P min =
910 mb



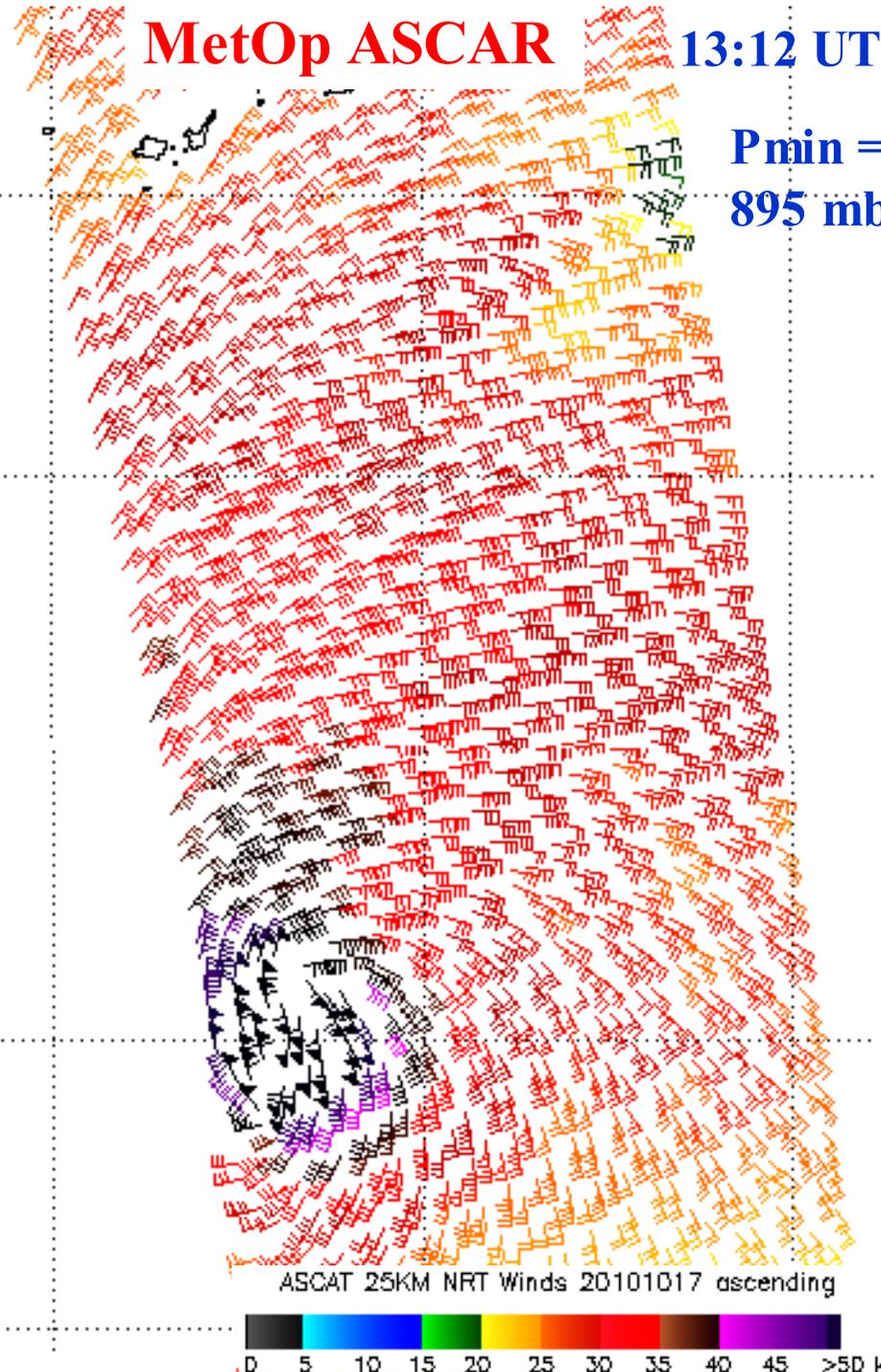
Taiwan

Luzon

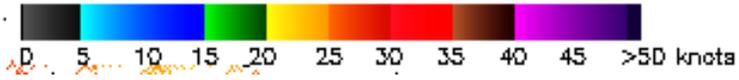
MetOp ASCAR

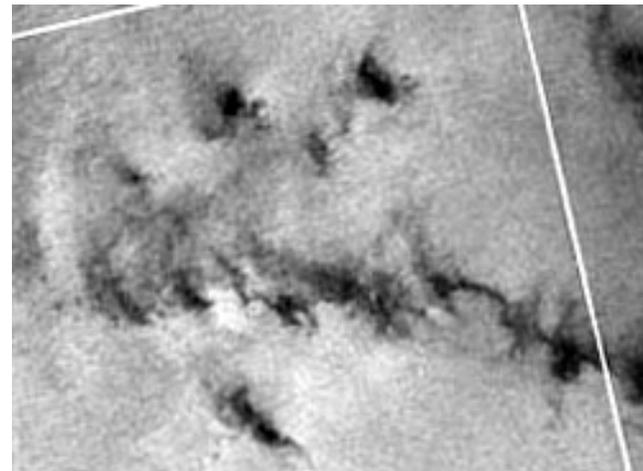
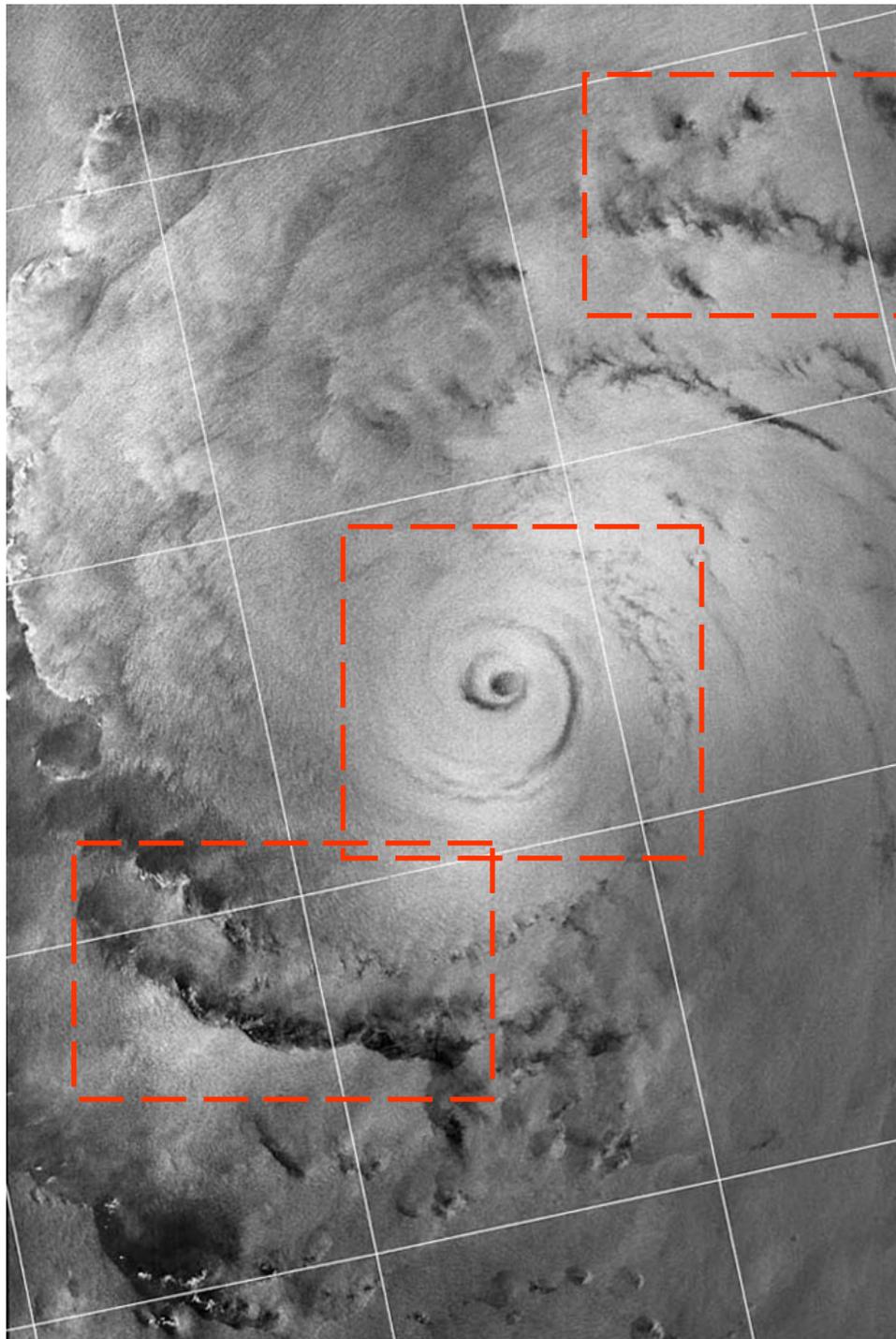
13:12 UTC

P min =
895 mb

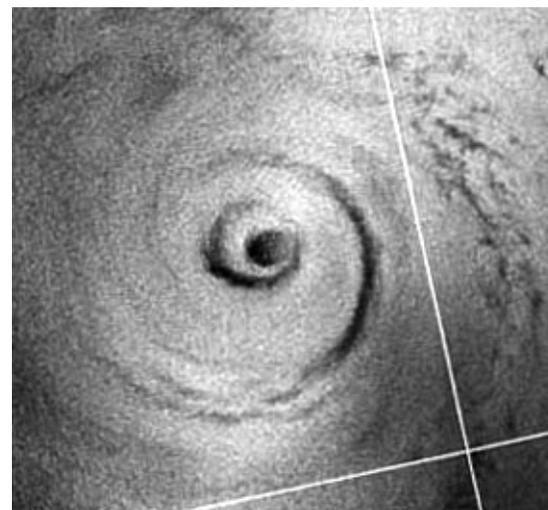


ASCAT 25KM NRT Winds 20101017 ascending

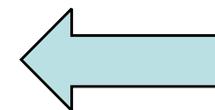




Rain cells

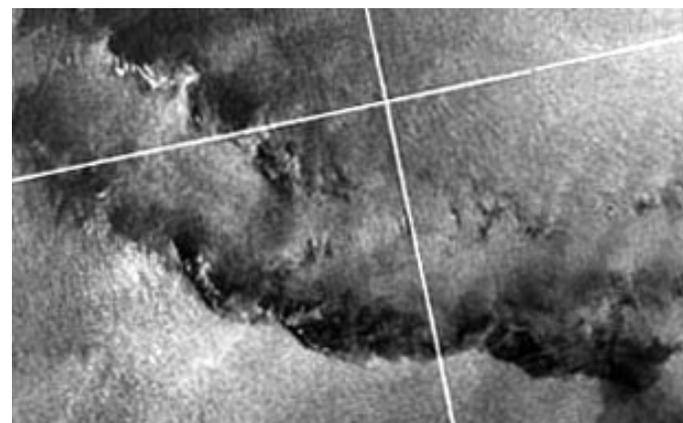


Sensing direction

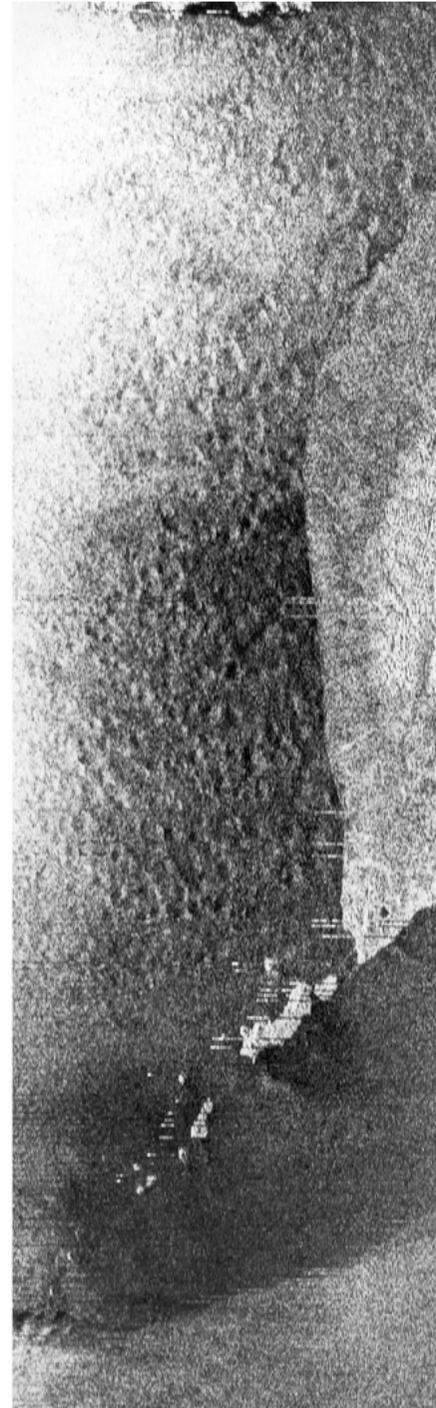
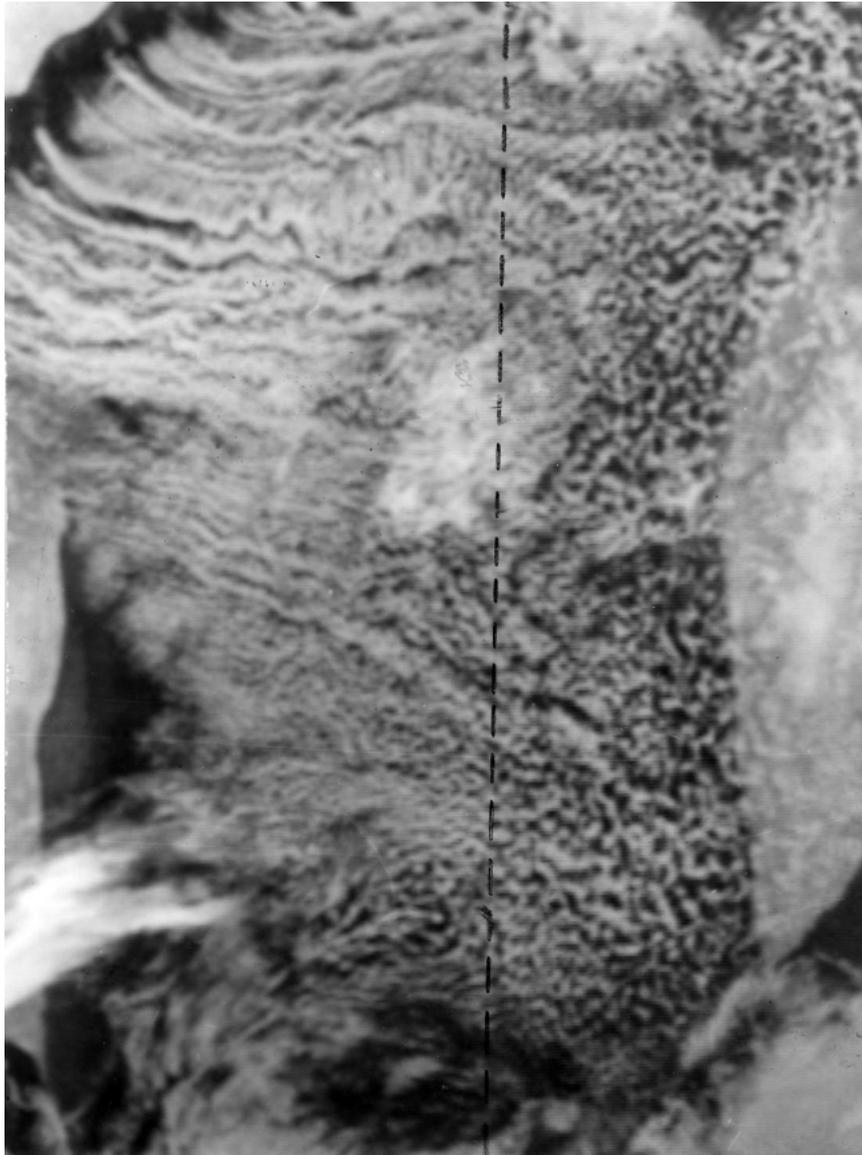


Eye and eye wall

$P_{\min} = 910$ mb

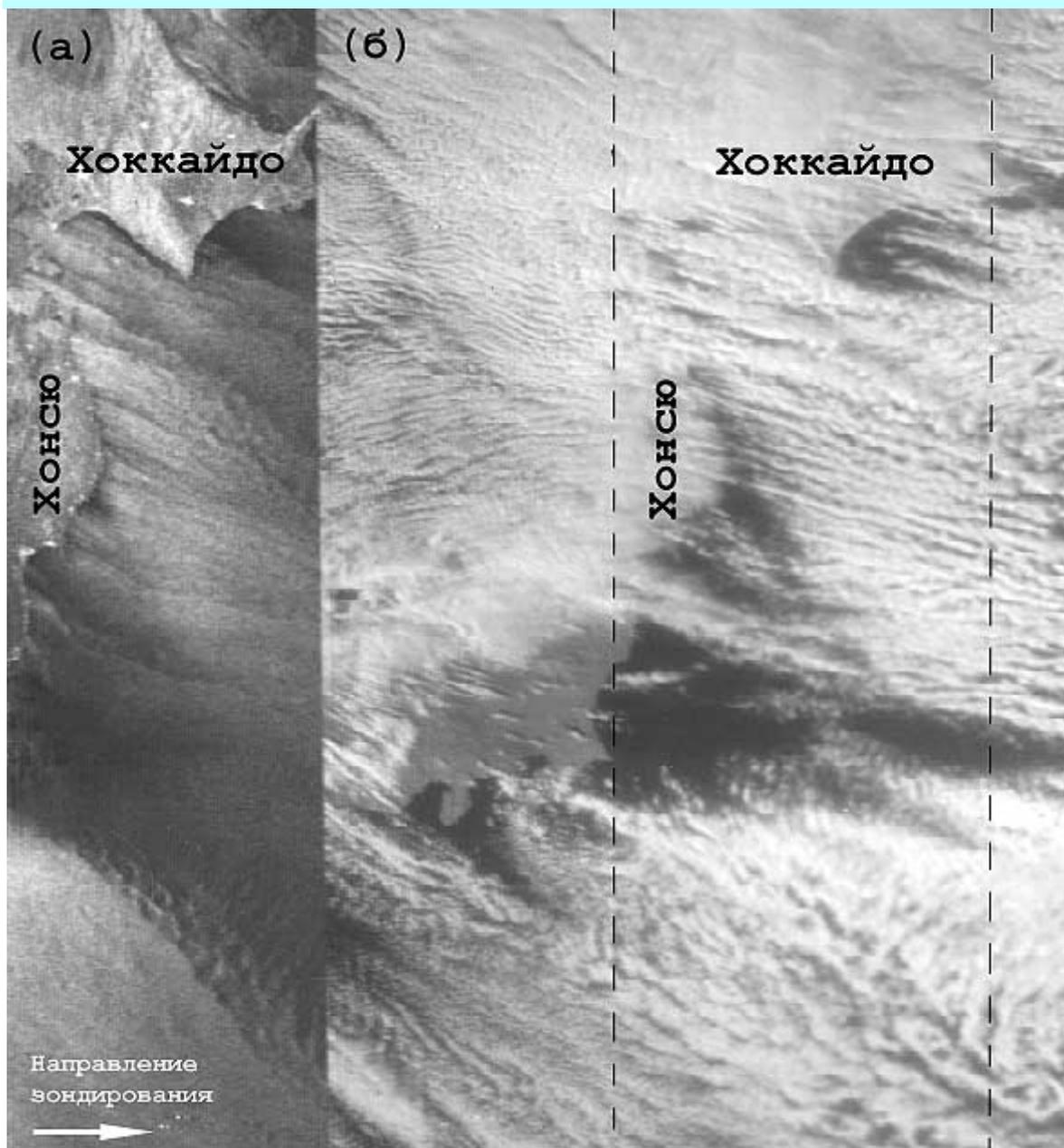


Rain bands, squalls

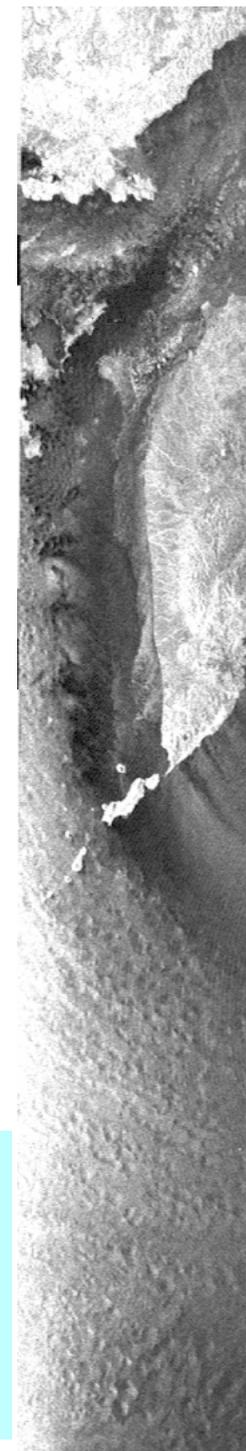


**Мезомас-
штабная
конвекция
над
Охотским
морем:
(а) видимое
изображение,
(б) радиоло-
кационное
изображение**

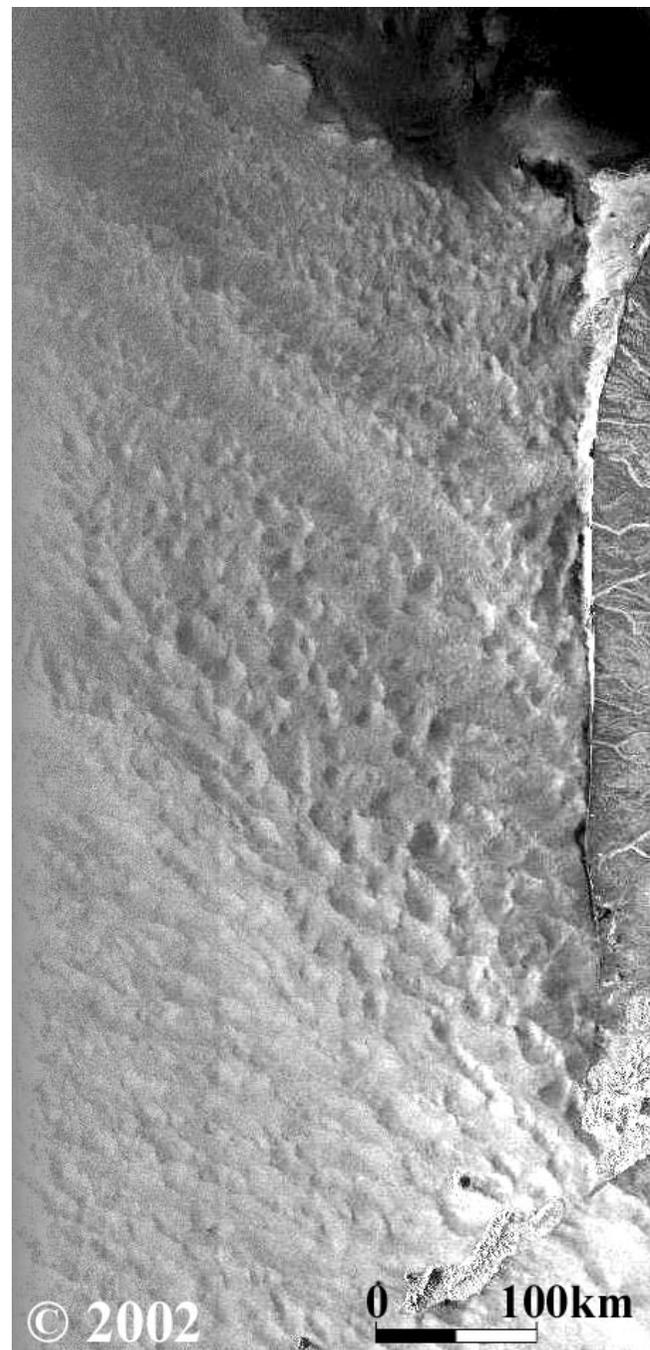
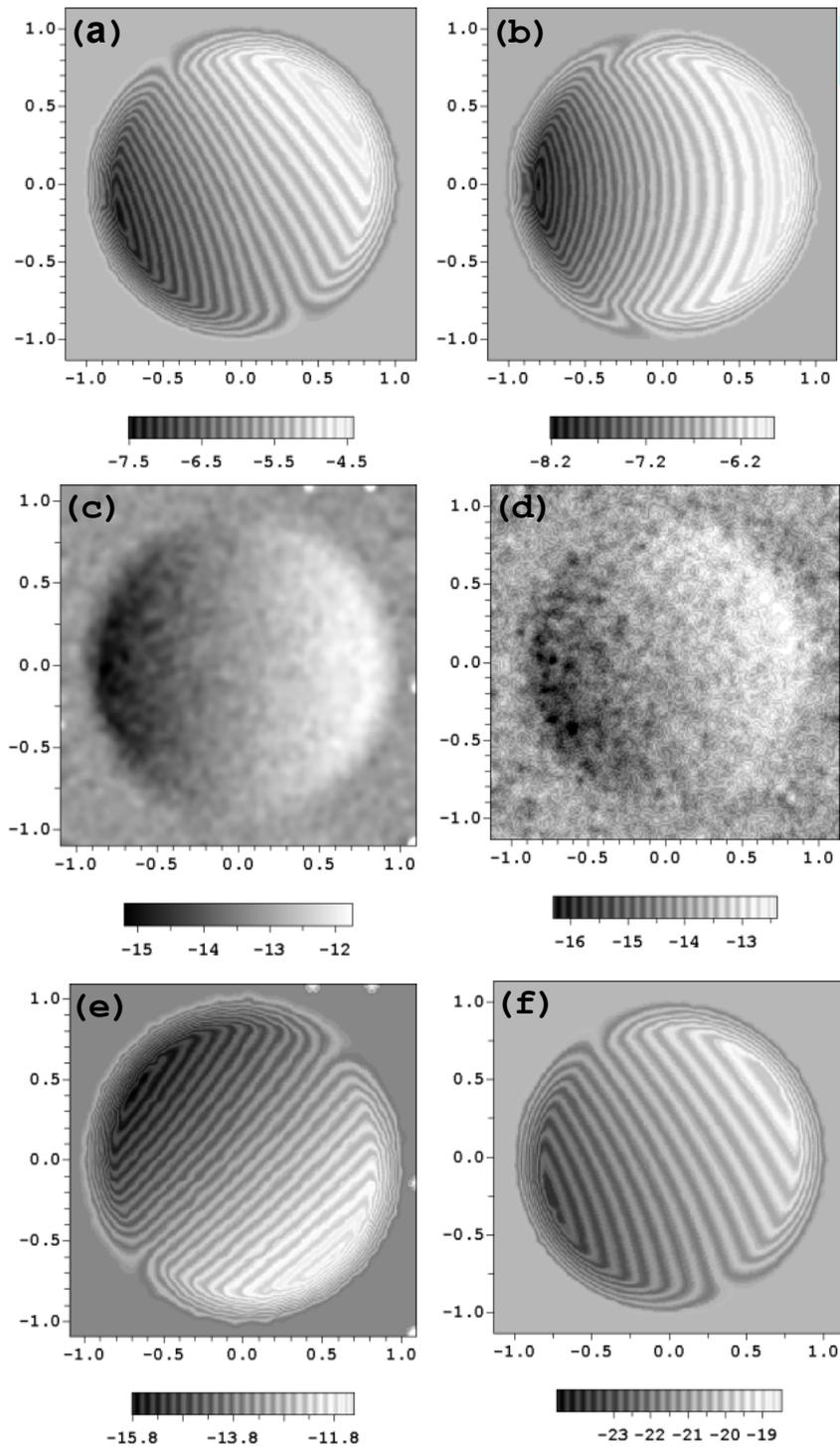
Радиолокационное (а) и видимое (б) изображения Тихого океана со спутника "Океан-7" за 31.01.96 в 06:10 Гр.



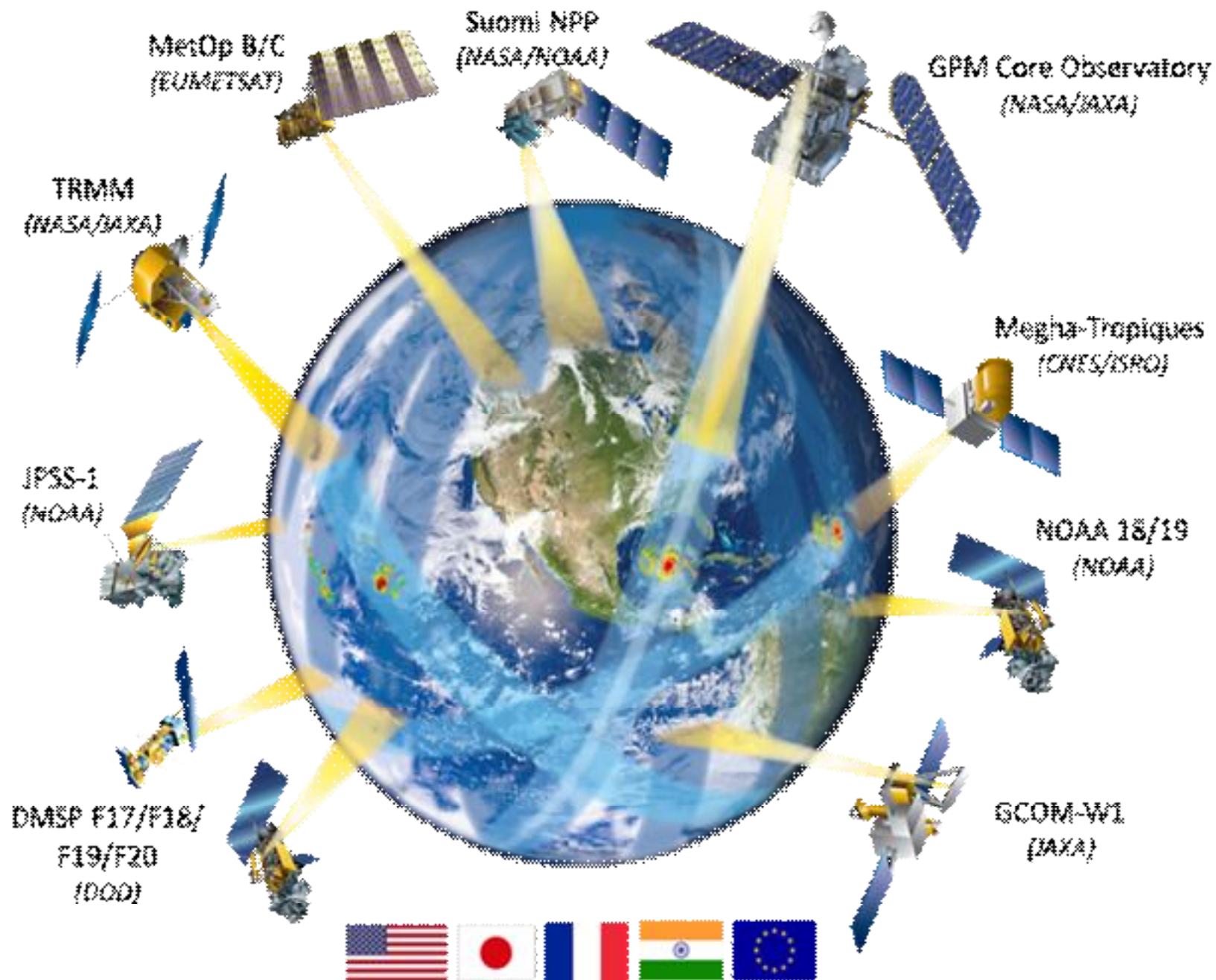
РЛ-изображение со спутника "Океан-7" за 27.01.2000 в 11:57 Гр.



Мезомасштабные конвективные ячейки



GPM Constellation Status



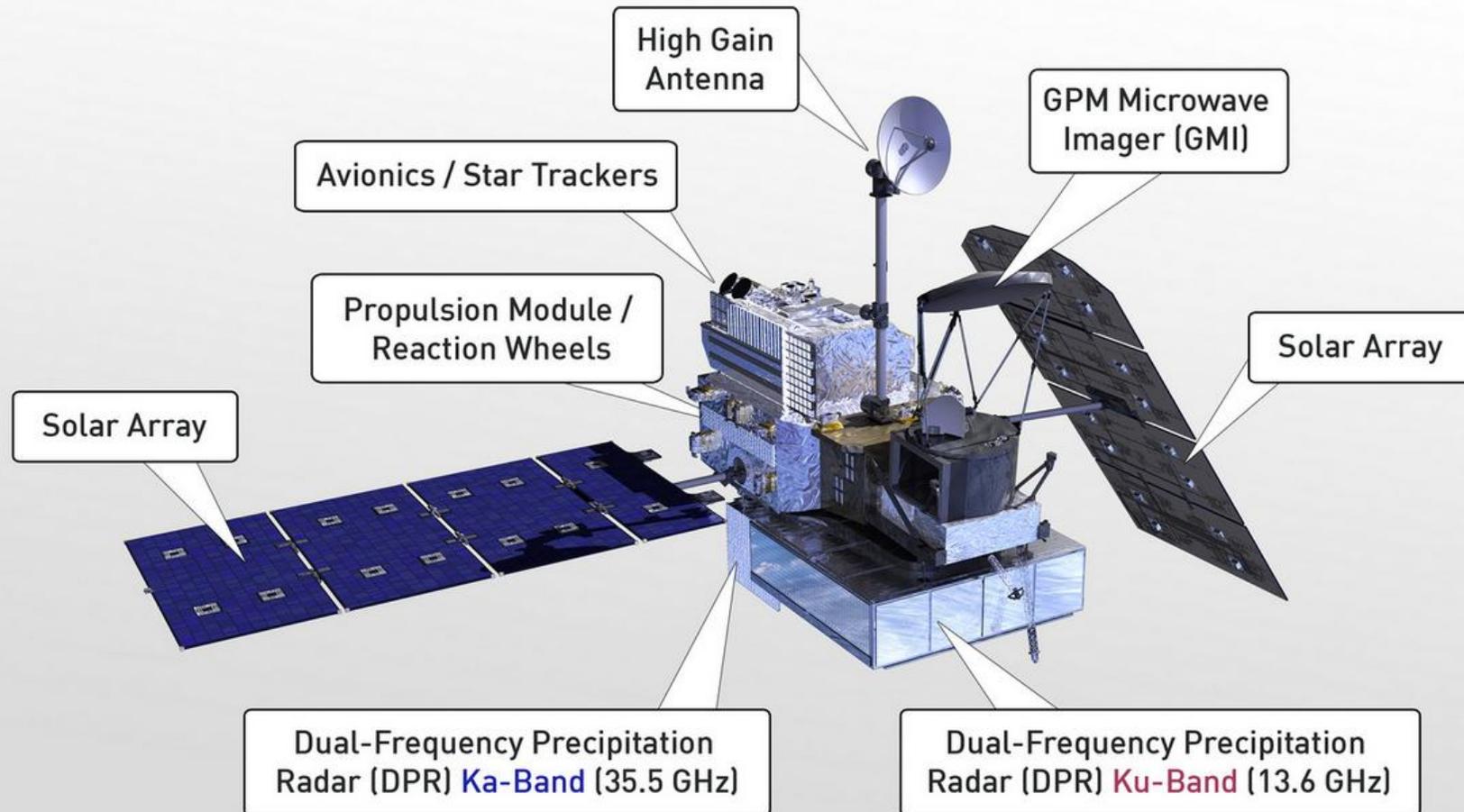
Global Precipitation Measurements (GPM)

Launch Date: Oct. 28, 2011, Orbit: Polar

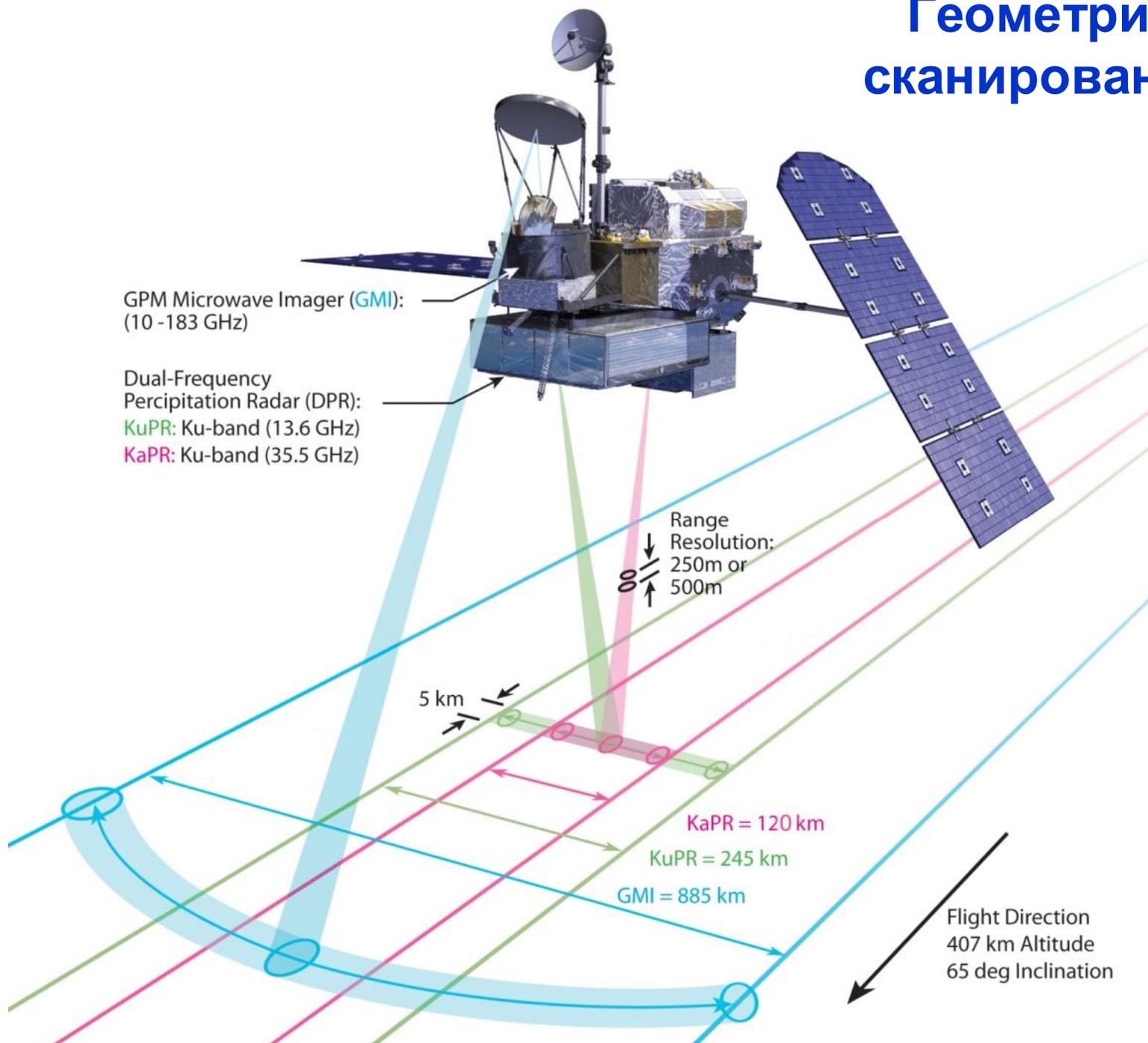
Website: <http://npp.gsfc.nasa.gov/>

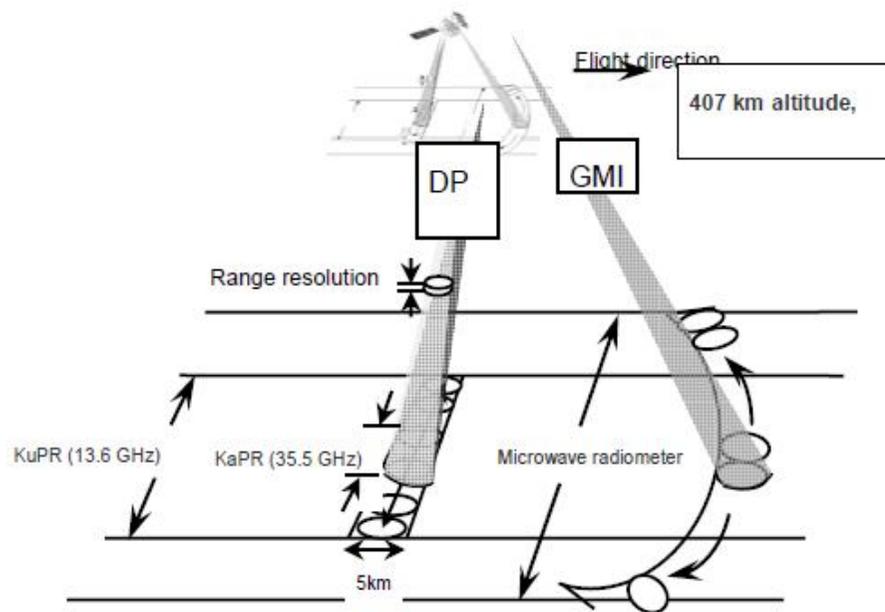


Global Precipitation Measurement Mission Core Observatory

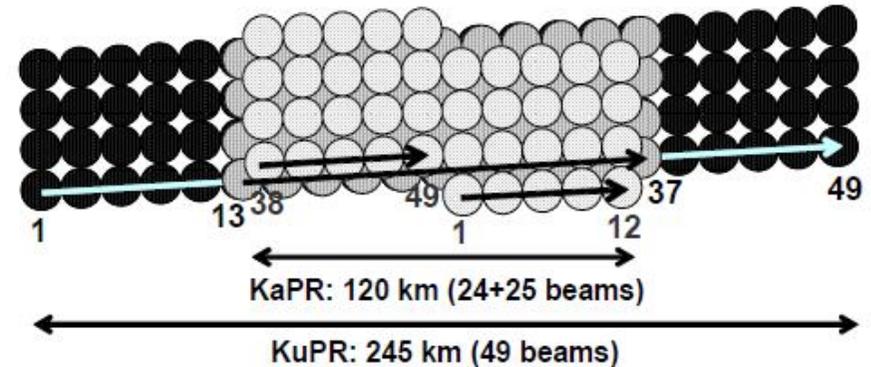


Геометрия сканирования





- KuPR footprint : $\Delta z = 250$ m
- KaPR footprint (Matched with KuPR) : $\Delta z = 250$ m
- KaPR footprint (Interlaced) : $\Delta z = 500$ m



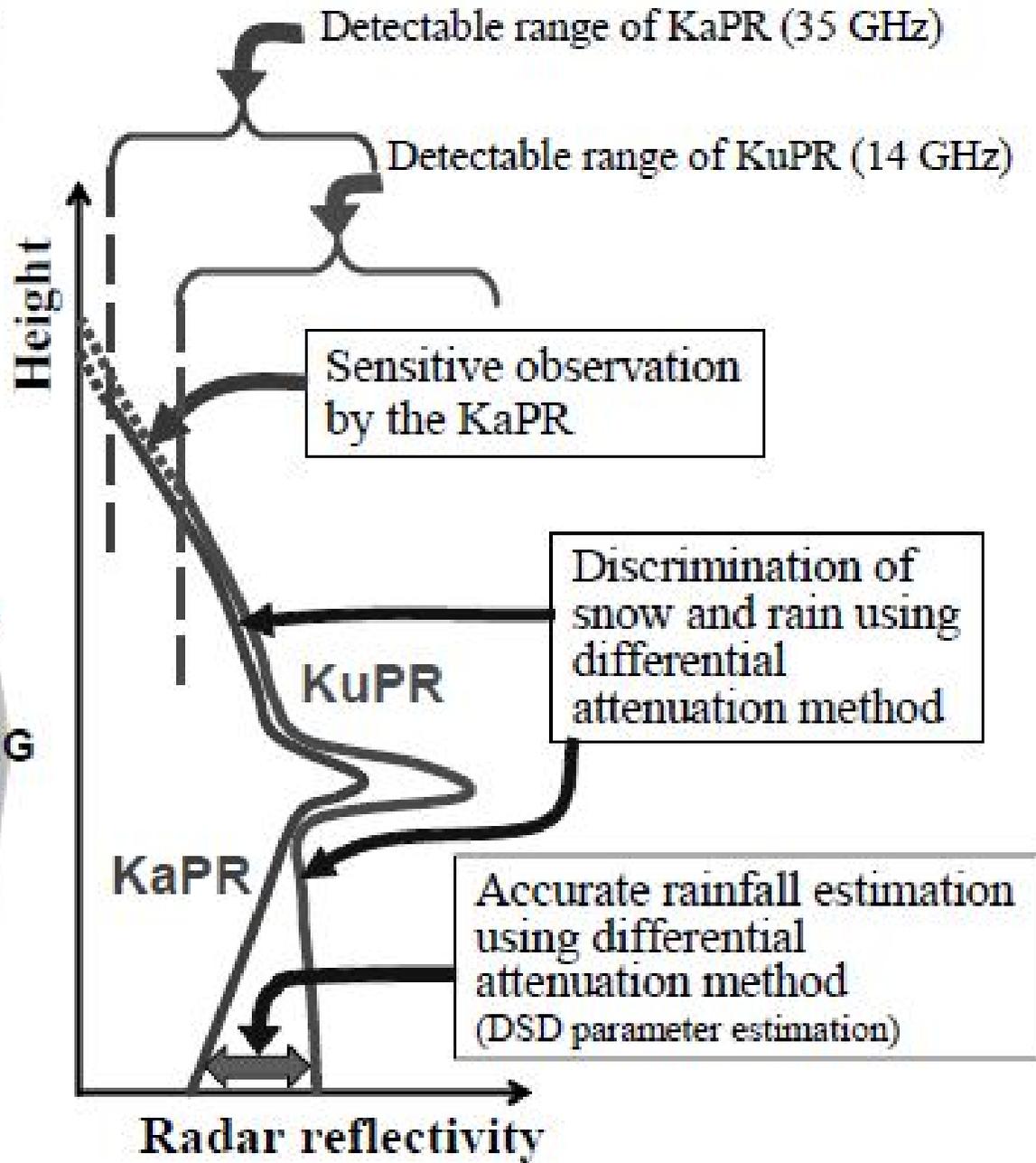
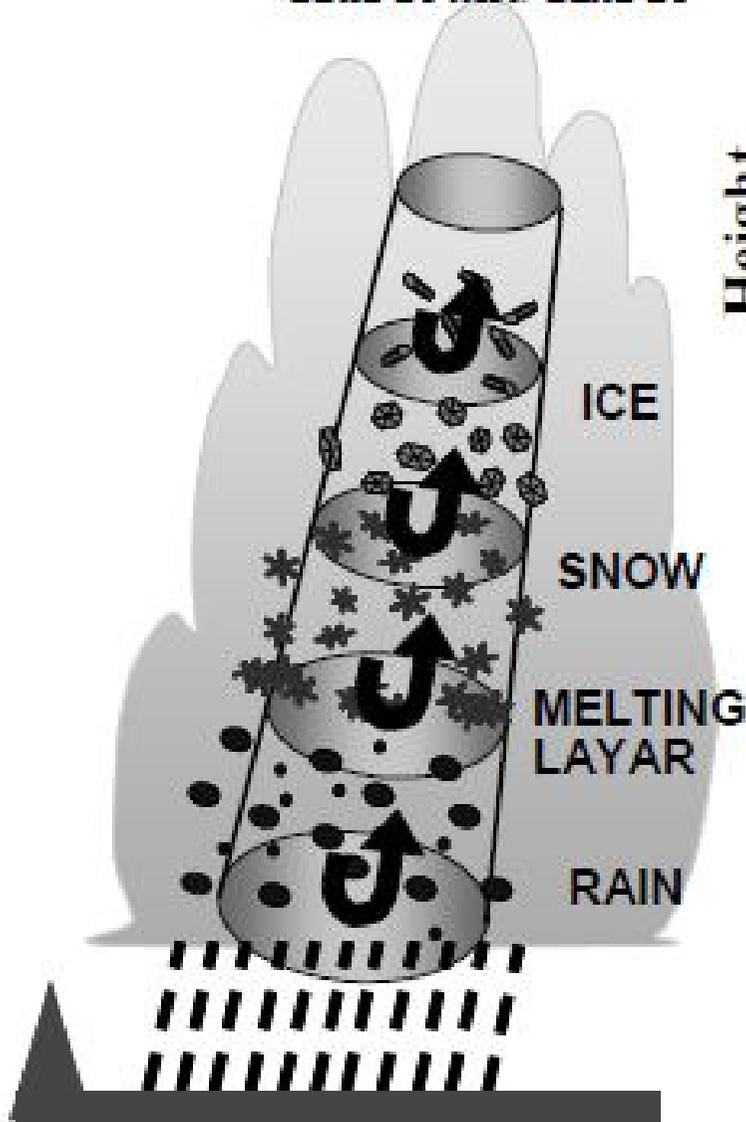
This initial data from the GPM Core Observatory will be validated and then released for free by September online at: <http://pps.gsfc.nasa.gov>

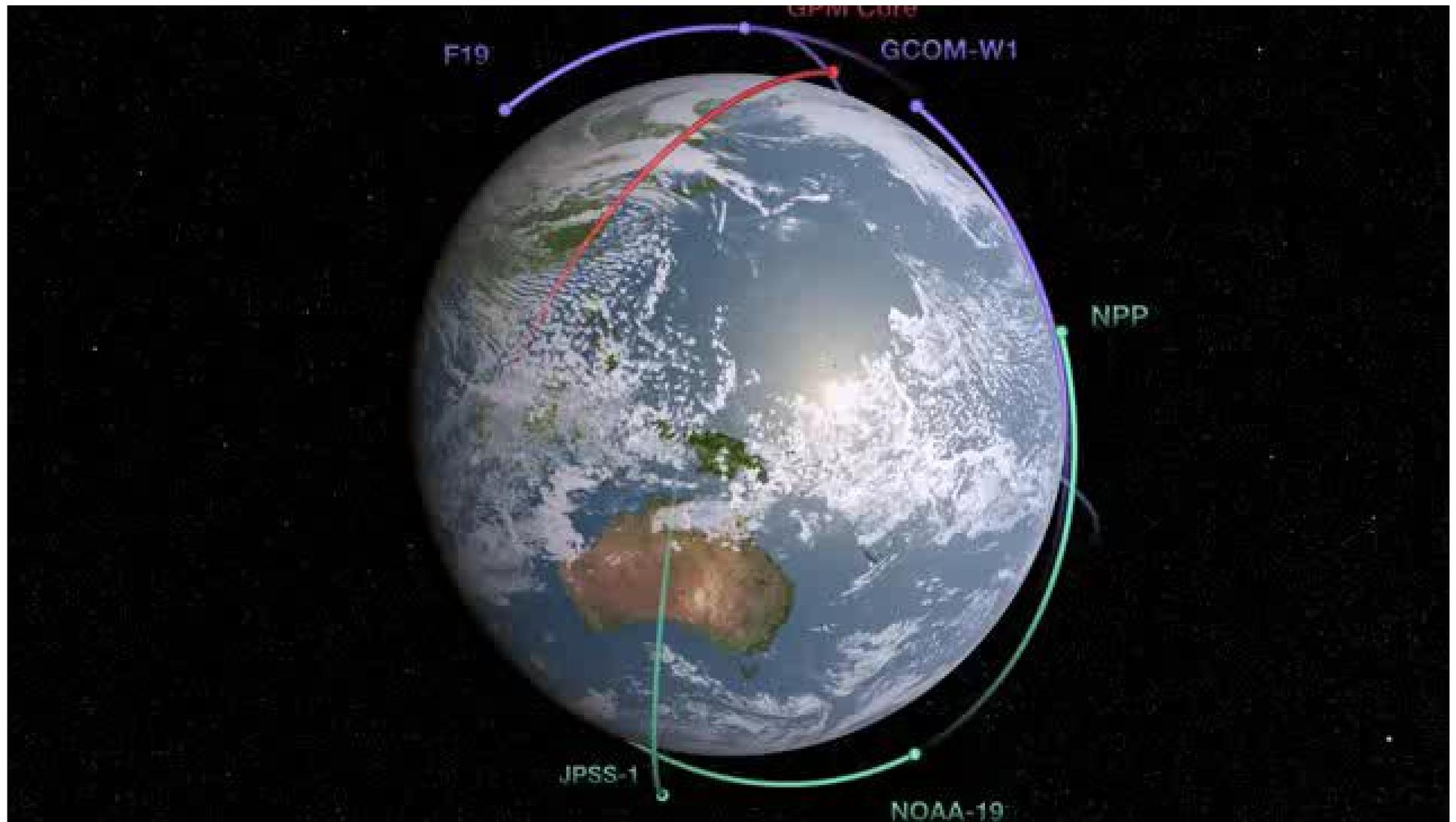
For more information and the GPM mission, visit:

<http://www.nasa.gov/gpm> and

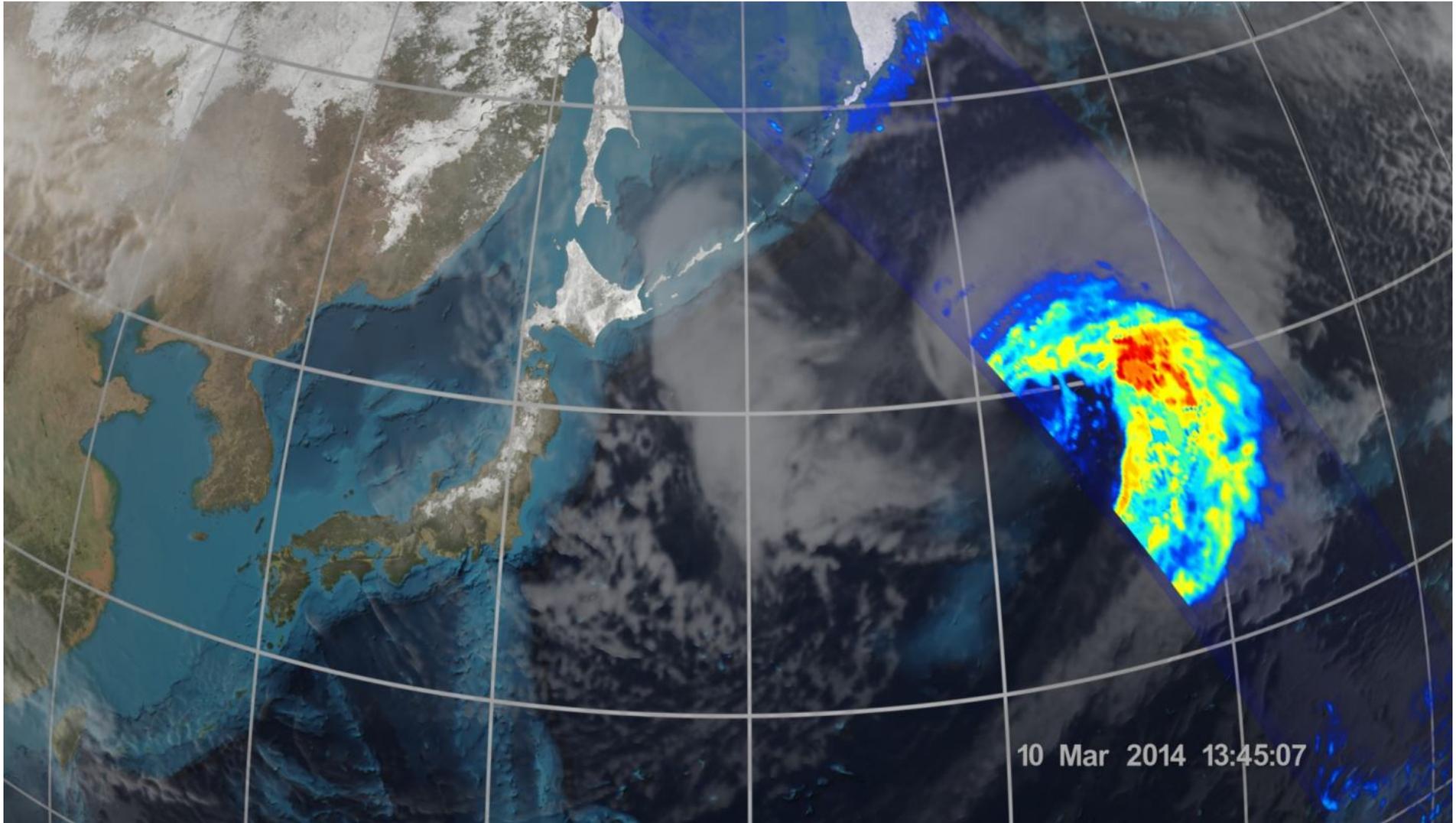
http://www.jaxa.jp/projects/sat/gpm/index_e.html

**Matched beam of
KuPR and KaPR**

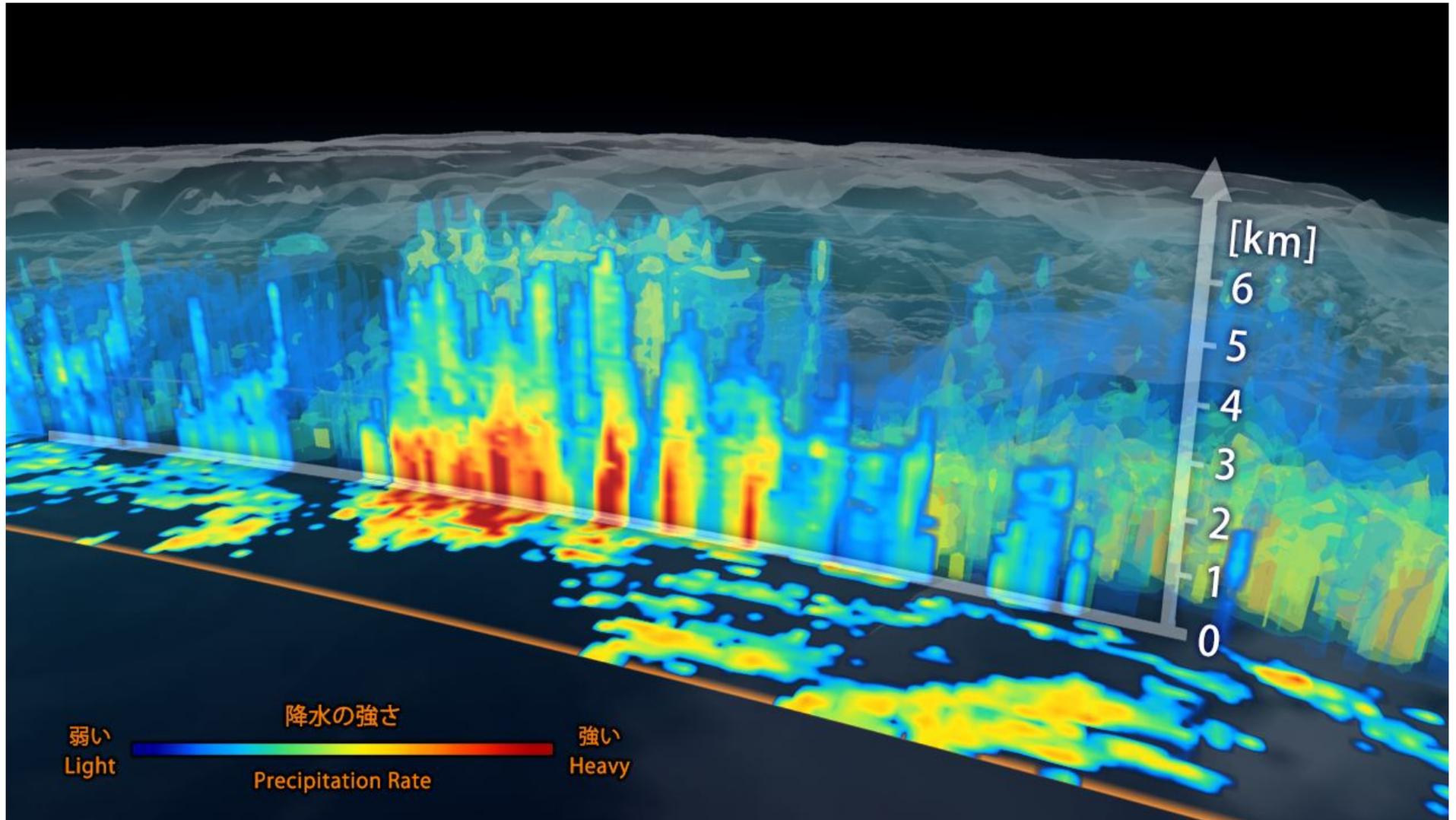




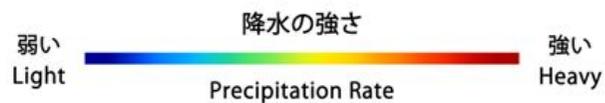
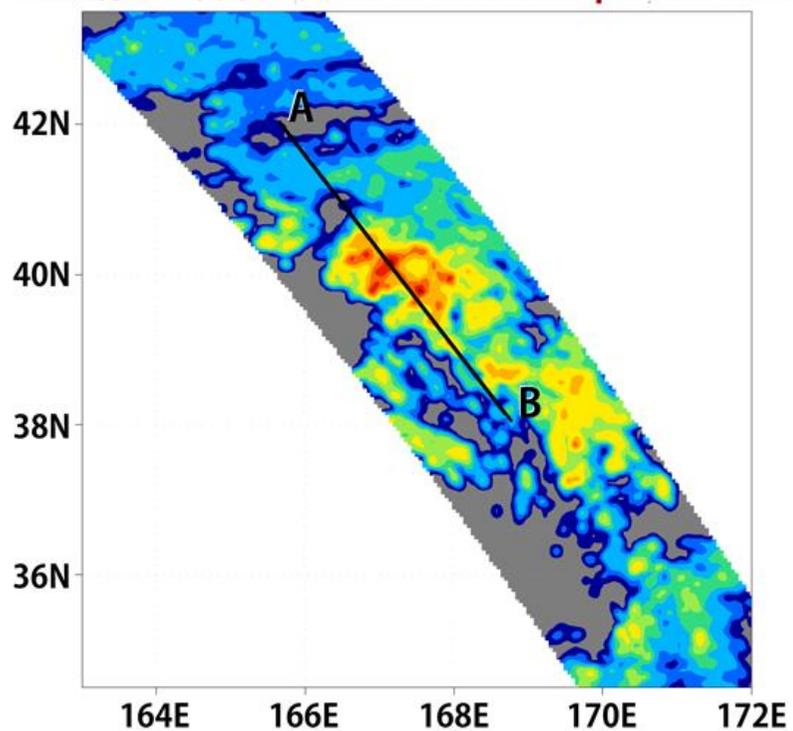
Extratropical cyclone over the Pacific Ocean



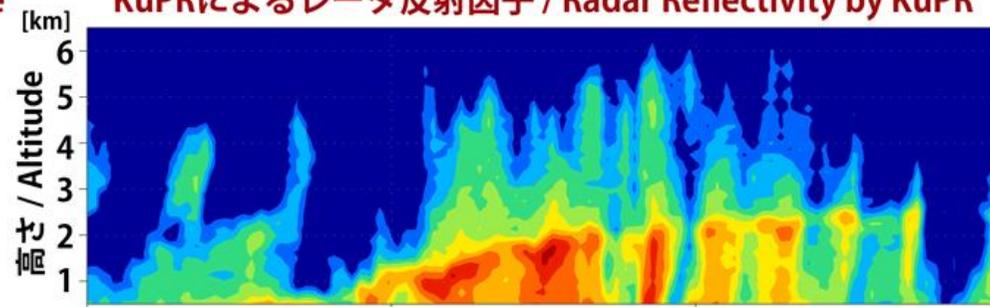
GPM Microwave Imager



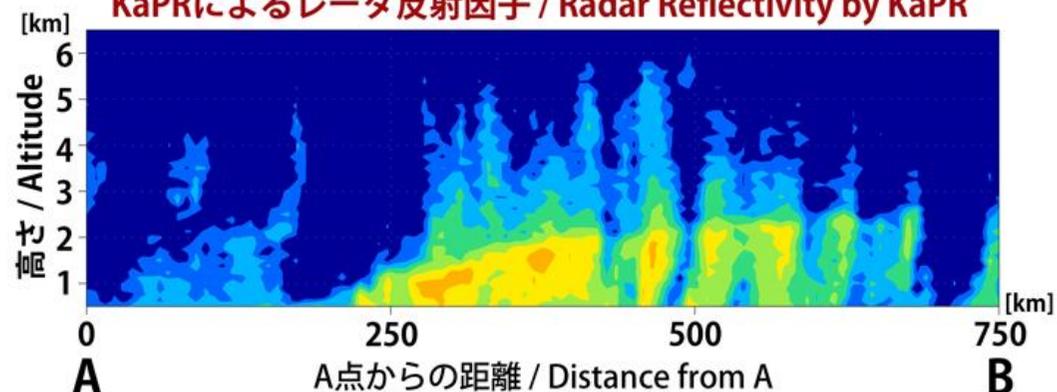
地表付近の降水の強さ / Surface Precipitation Rate

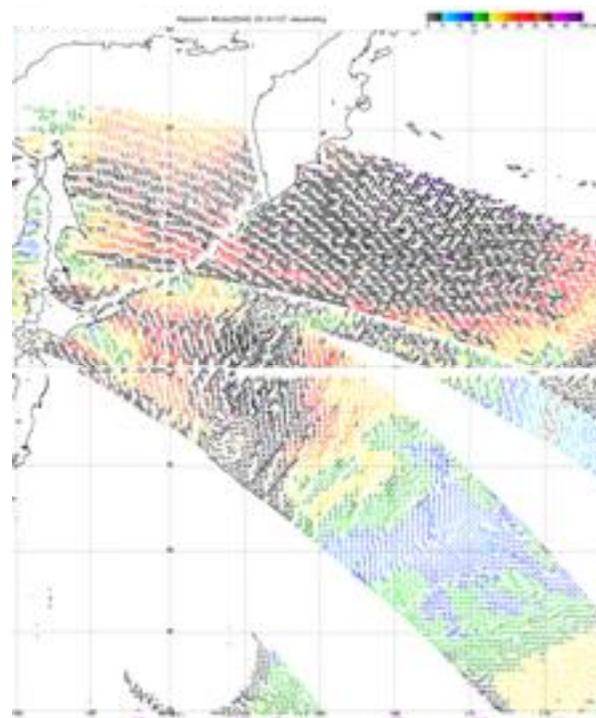
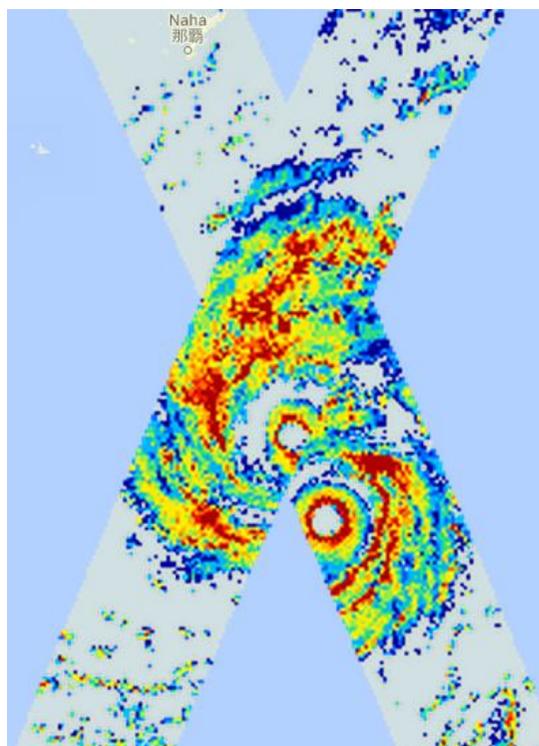
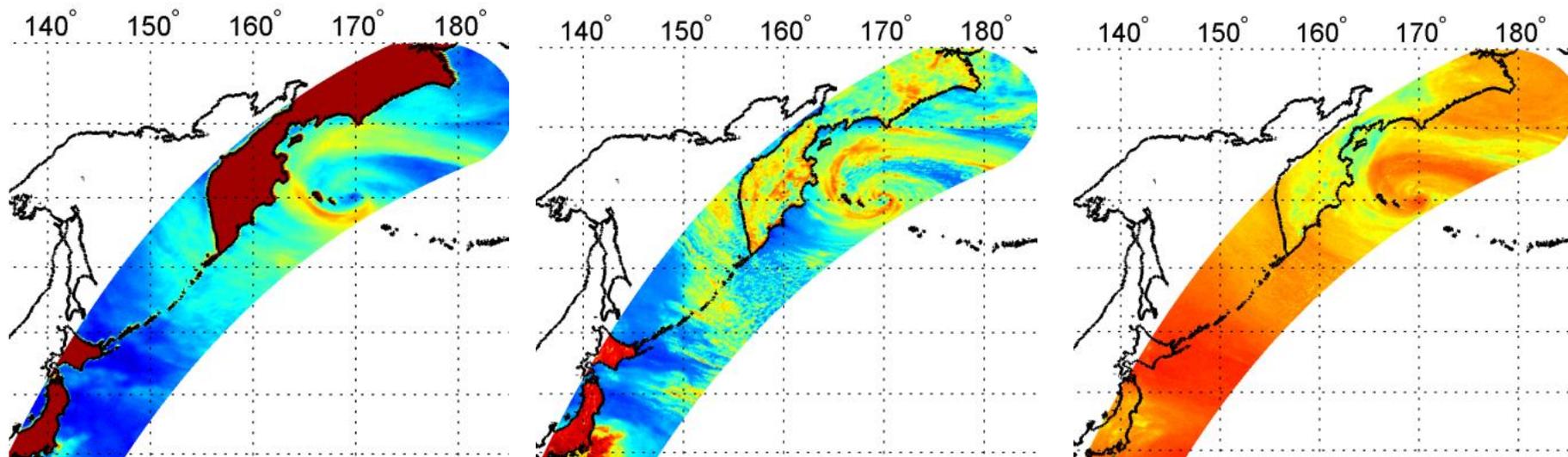


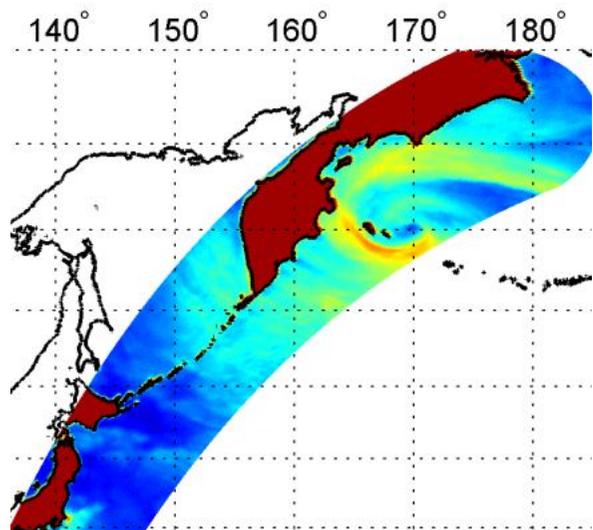
KuPRによるレーダ反射因子 / Radar Reflectivity by KuPR



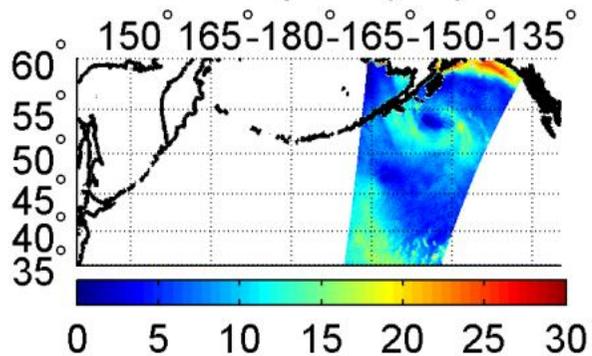
KaPRによるレーダ反射因子 / Radar Reflectivity by KaPR



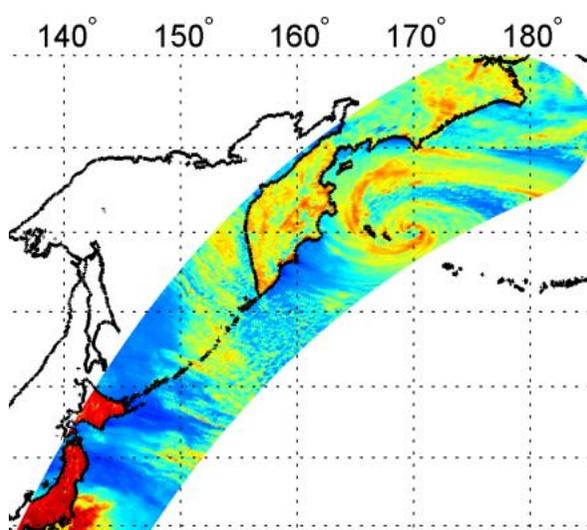
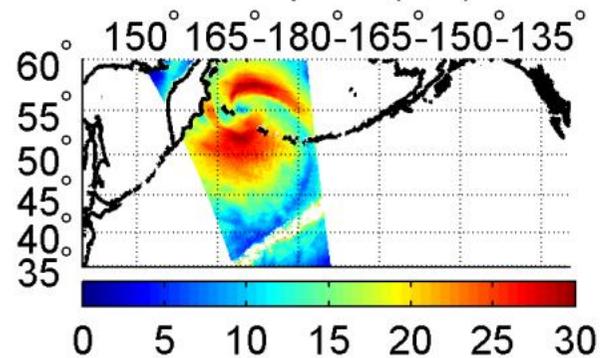




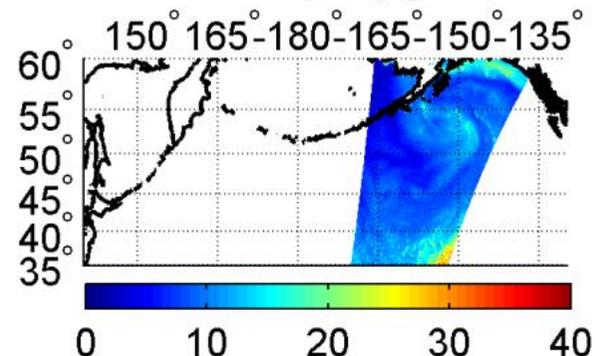
Wind speed (m/s)



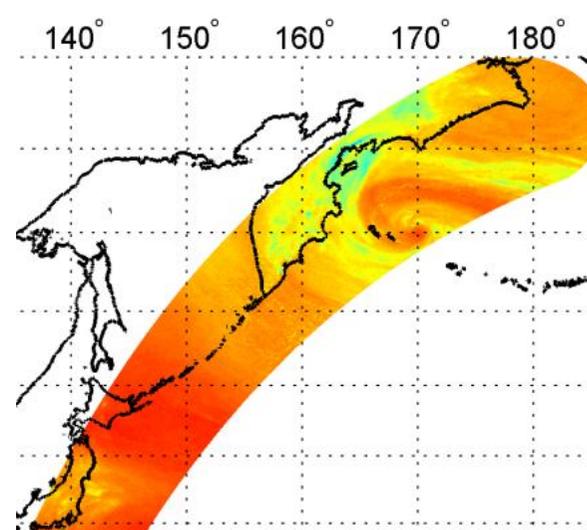
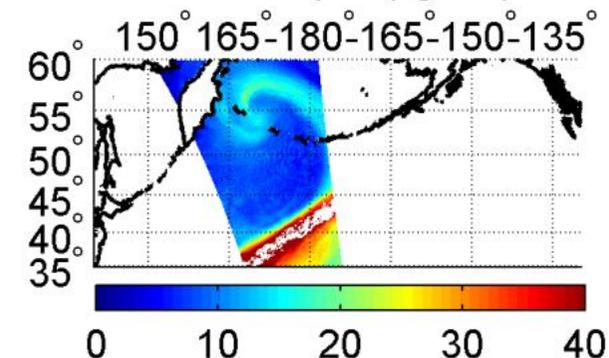
Wind speed (m/s)



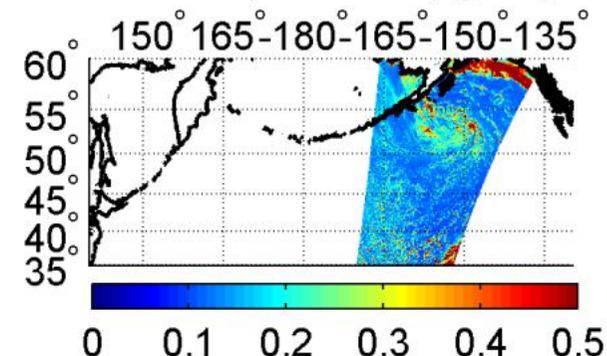
Water vapor (kg/m²)



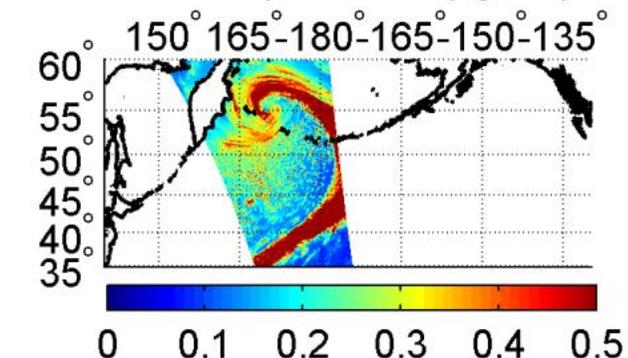
Water vapor (kg/m²)



Cloud liquid water (kg/m²)



Cloud liquid water (kg/m²)



Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi NPP)

NASA, NOAA

Primary Mission: to collect short-term weather and long-term climate data across Earth's land, ocean and atmosphere.

Precipitation Instrument: **Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS)**

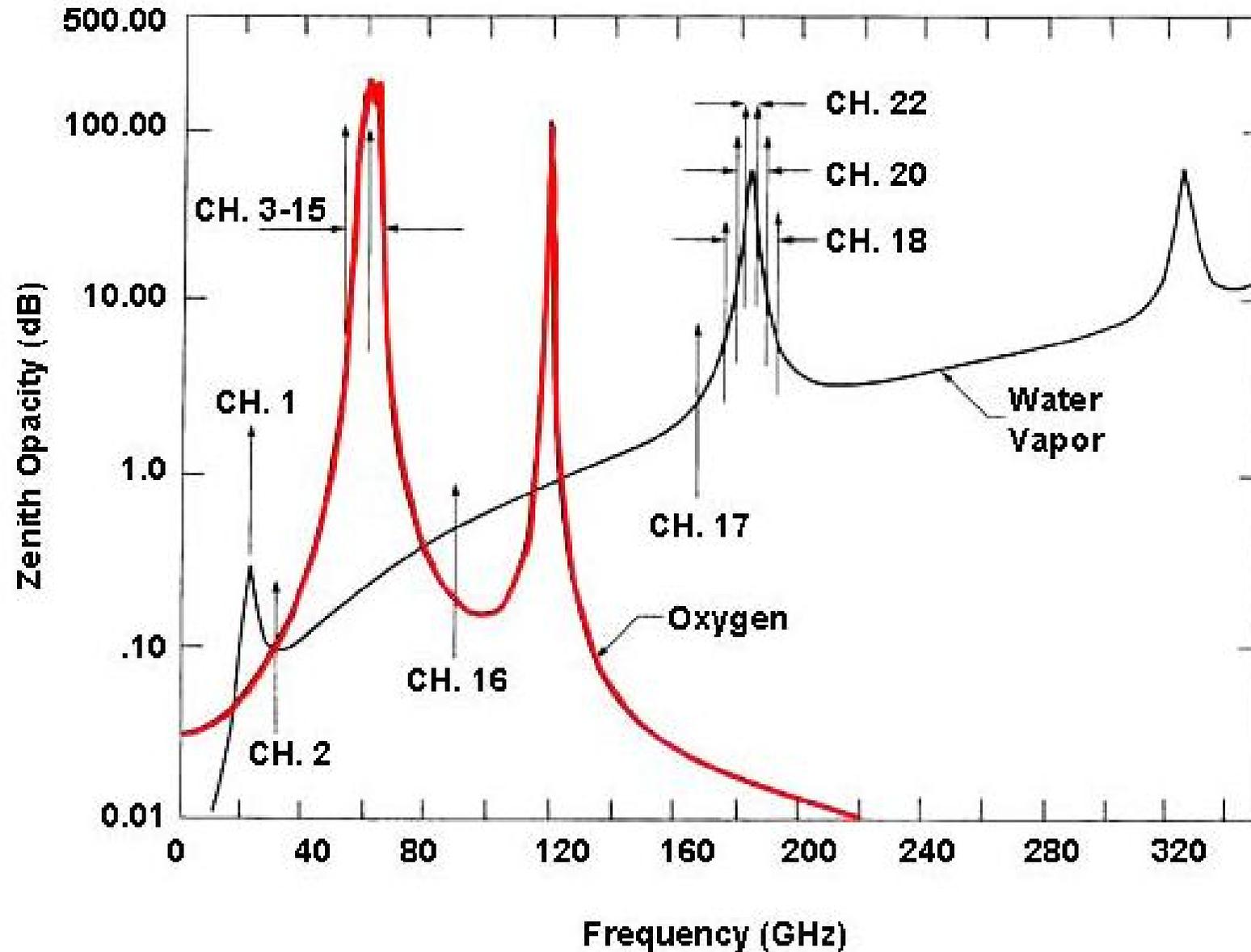
Launch Date: Oct. 28, 2011, **Orbit:** Polar **Website:** <http://npp.gsfc.nasa.gov/>



Verner Edward "Vern" Suomi (1915 – 30 July 1995) was an American educator, inventor, and scientist. He is considered the father of satellite meteorology. He invented the Spin Scan Radiometer, which for many years was the instrument on the GOES weather satellites that generated the time sequences of cloud images seen on television weather shows. The Suomi NPP polar orbiting satellite, launched in 2011, was named in his honor.

ATMS channels and frequencies

(Advanced Technology Microwave Sounder)

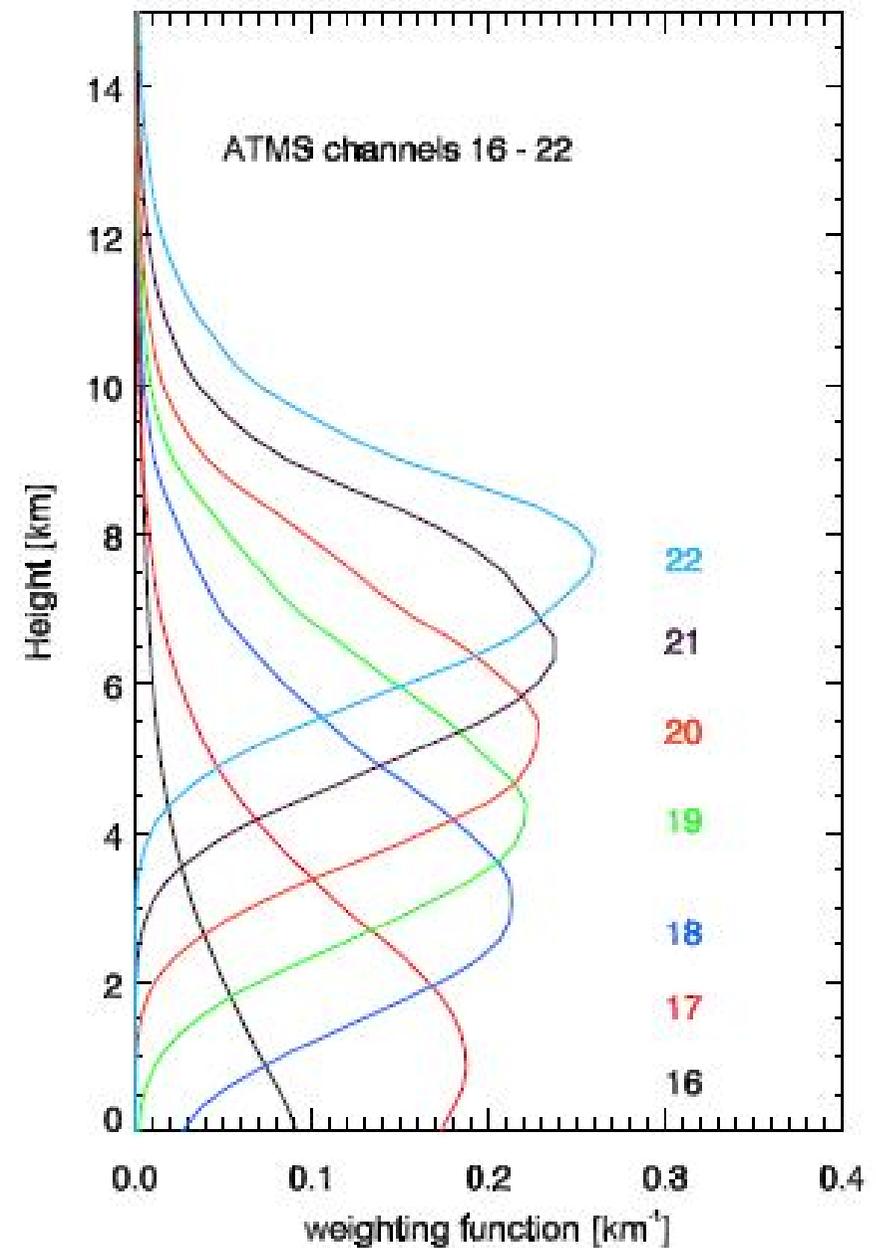
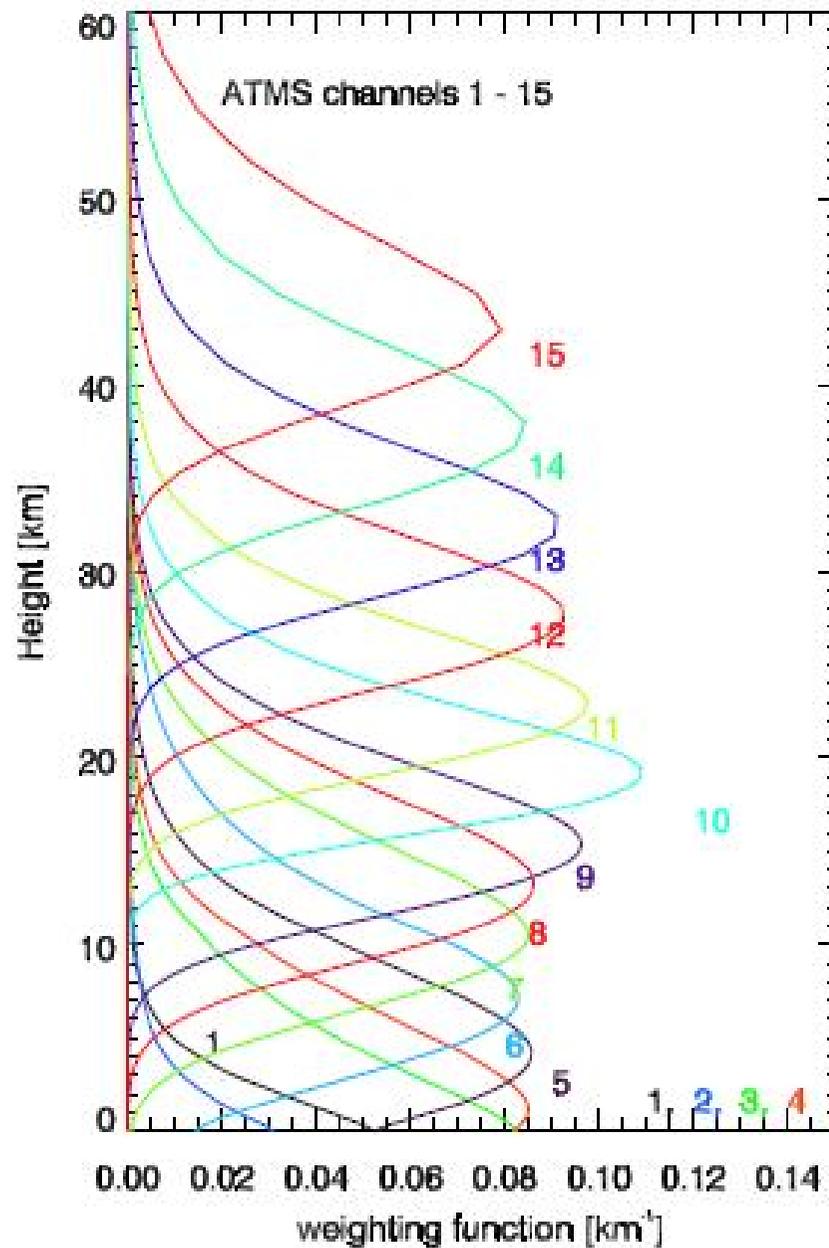


ATMS

frequency channels

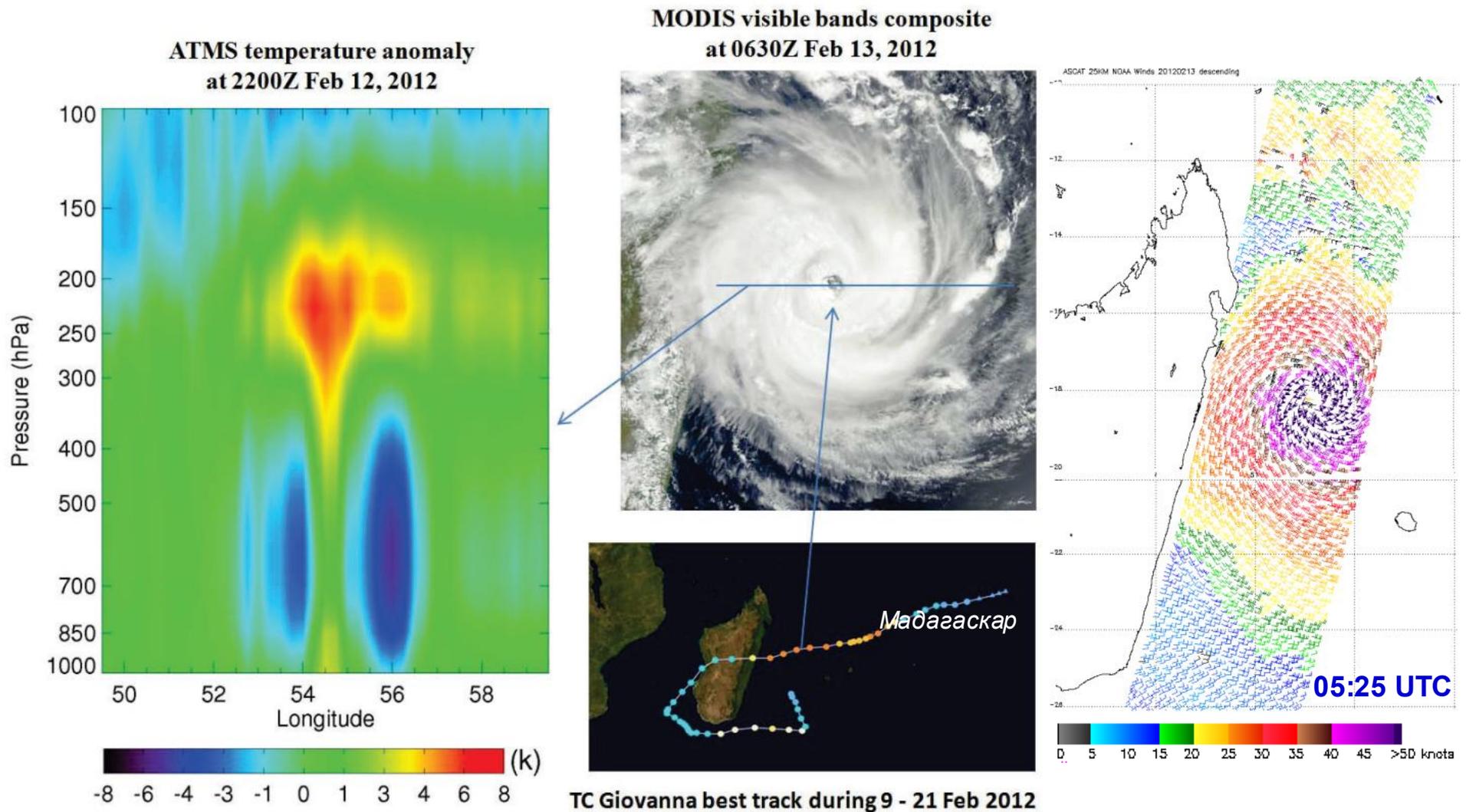
CH	Center Frequency (GHz)	Characterization At Nadir
1	23.80	window-water vapor 100 mm
2	31.40	window-water vapor 500 mm
3	50.30	window-surface emissivity
4*	51.76	window-surface emissivity
5	52.80	surface air
6	53.596+/- 0.115	4 km ~ 700 mb
7	54.40	9 km ~ 400 mb
8	54.94	11 km ~ 250 mb
9	55.50	13 km ~ 180 mb
10	57.290344	17 km ~ 90 mb
11	57.290344+/-0.217	19 km ~ 50 mb
12	57.290344+/-0.322+/-0.048	25 km ~ 25 mb
13	57.290344+/-0.3222+/-0.022	29 km ~ 10 mb
14	57.290344+/-0.3222+/-0.010	32 km ~ 6 mb
15	57.290344+/-0.3222+/-0.0045	37 km ~ 3 mb
16	87-91(88.20)	window H ₂ O 150 mm (actual)
17 *	164-167 (165.5)	H ₂ O 18 mm (actual)
18	183.31+/-7.0	H ₂ O 18 mm
19 *	183.31+/-4.5	H ₂ O 4.5 mm
20	183.31+/-3.0	H ₂ O 2.5 mm
21*	183.31+/-1.8	H ₂ O 1.2 mm
22	183.31+/-1.0	H ₂ O 0.5 mm

Key Parameter	Spec Value	Projection
Cal Accuracy (K)	< 0.75	< 0.41
Nonlinearity (K)	< 0.10	< 0.088
Beam Efficiency (%)	> 95	> 95
Freq. Stability (MHz)	< 0.50	0.45
PointingKnowl. (deg)	< 0.05	0.044
Mass (kg)	< 85	75.4
Power (W)	< 110	91.0
Data rate (kbps)	< 30	28.9
Reliability	> 0.86	0.88



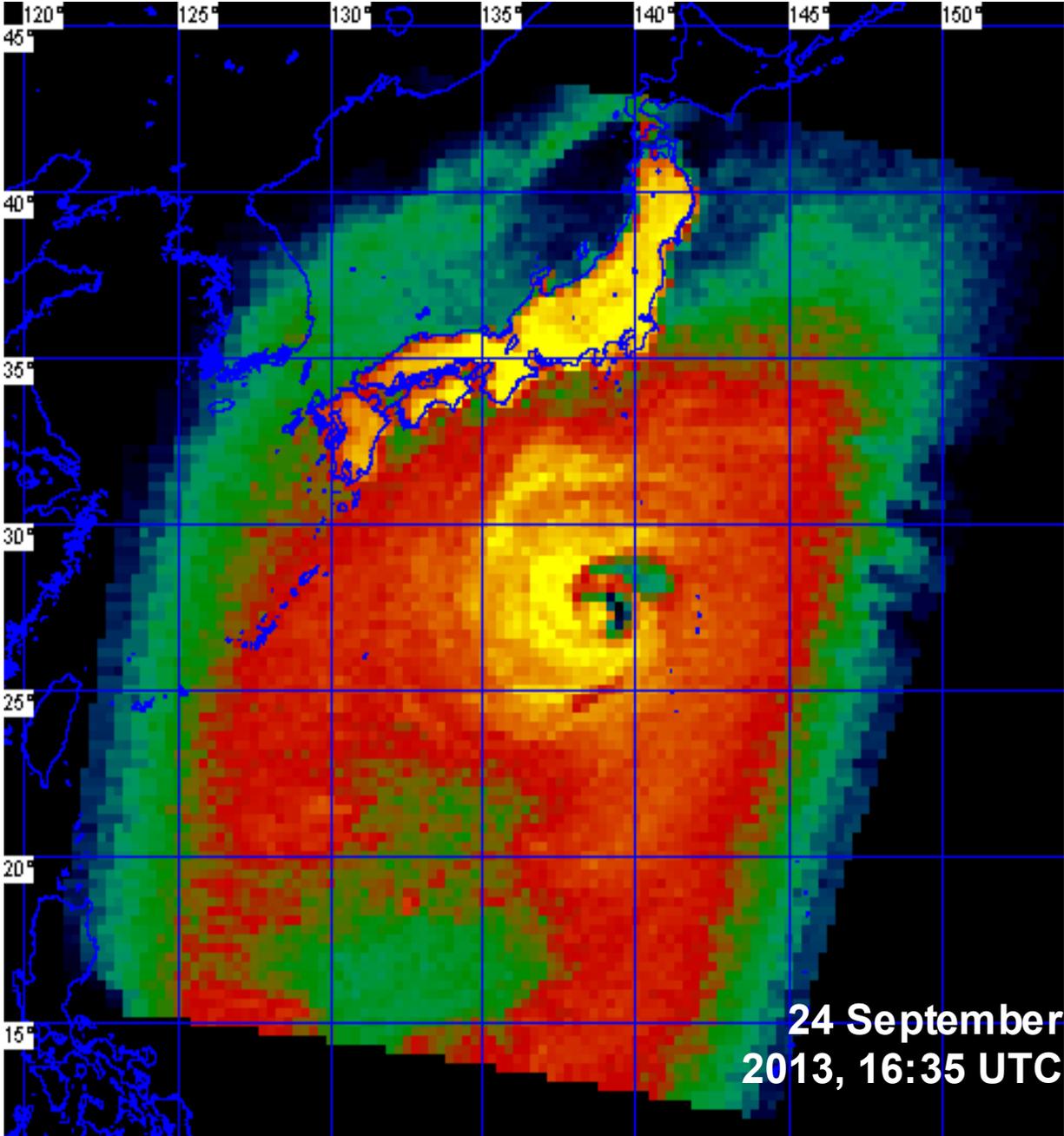
Weighting functions of 1-15 (left) and 16-22 (right) channels

Tropical cyclone Giovanna

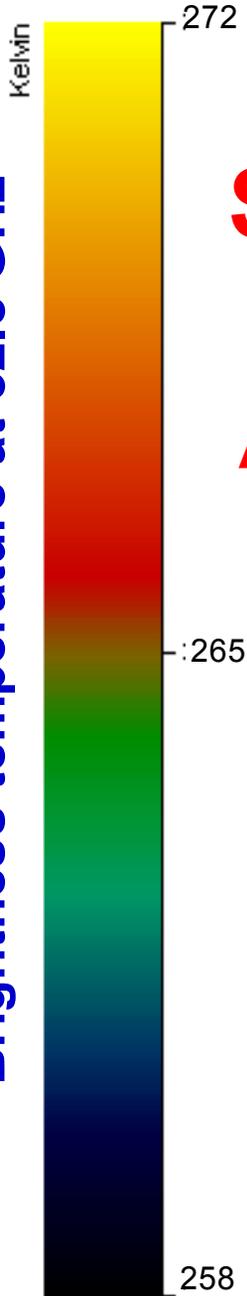


Vertical cross section of ATMS retrieved temperature anomalies along 18.0° S at 22:00 UTC 12 Feb, Terra MODIS visible image at 06:30 UTC and MetOP-A ASCAT Sea surface wind at 05:25 UTC 13 Feb, 2012

Typhoon Pabuk

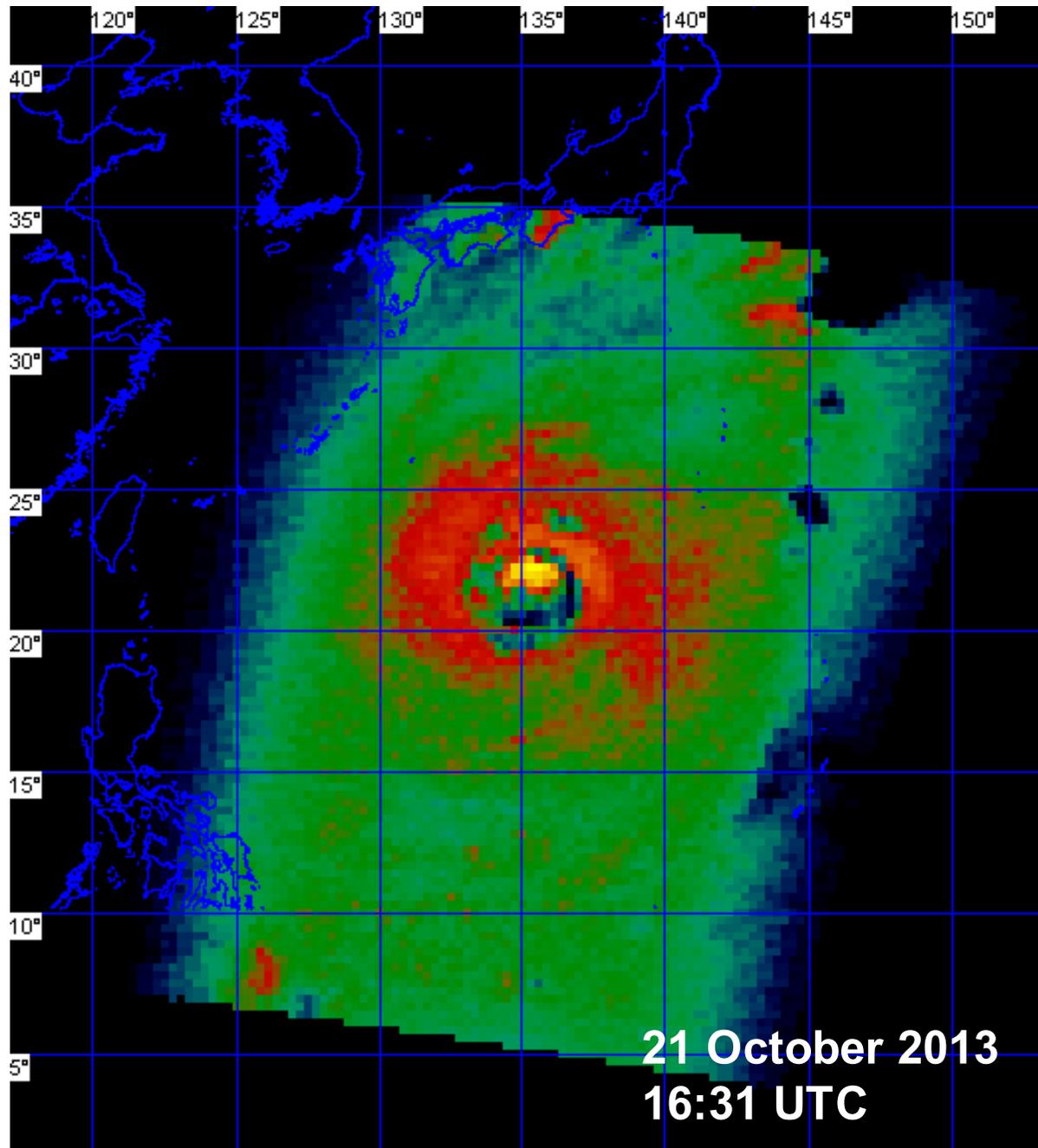


Brightness temperature at 52.8 GHz

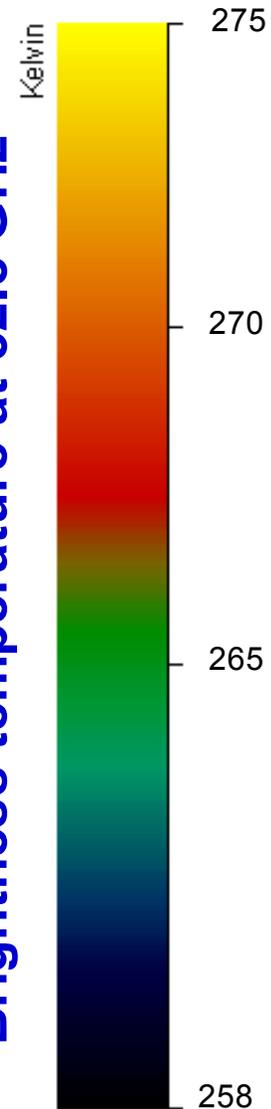


**Suomi
NPP
ATMS**

Typhoon Francisco



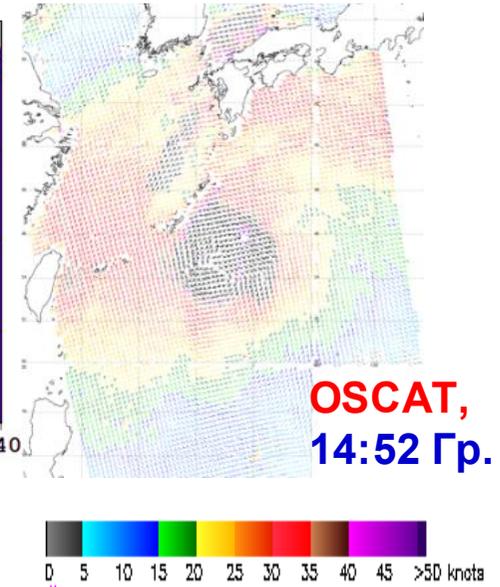
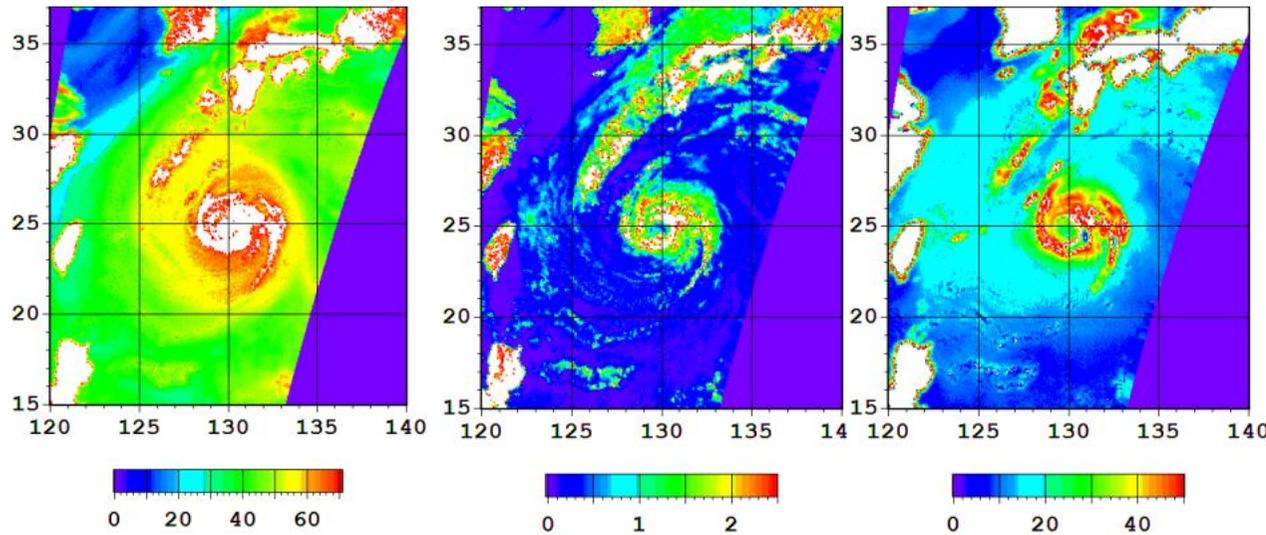
Brightness temperature at 52.8 GHz



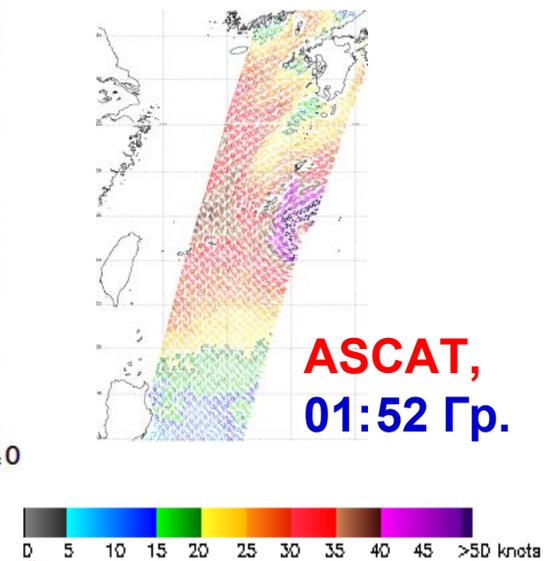
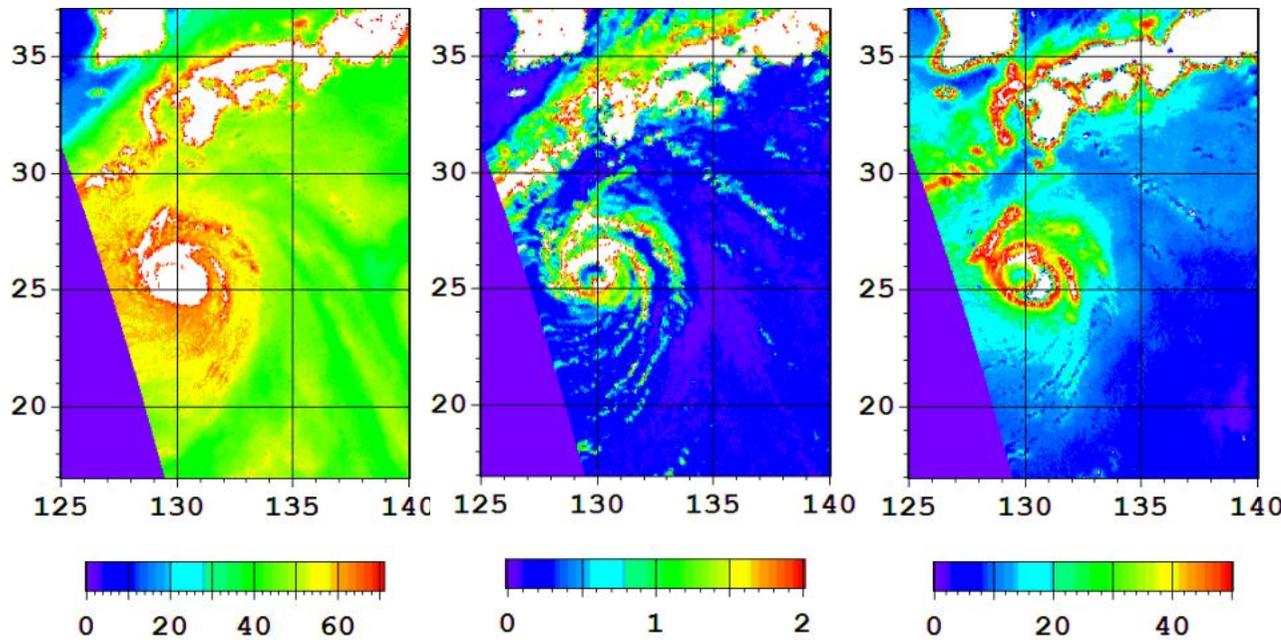
**Suomi
NPP
ATMS**

Тайфун Francisco

23 октября, 17:15 Гр.

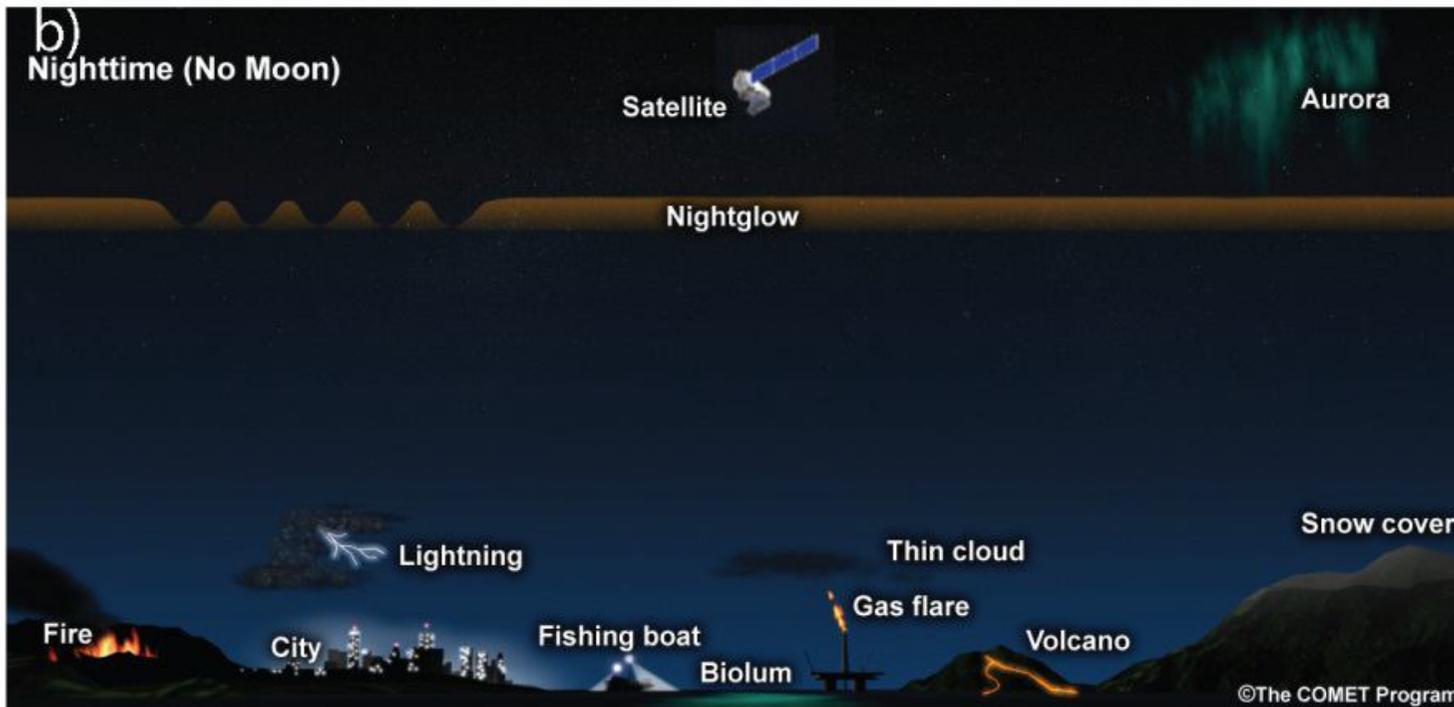
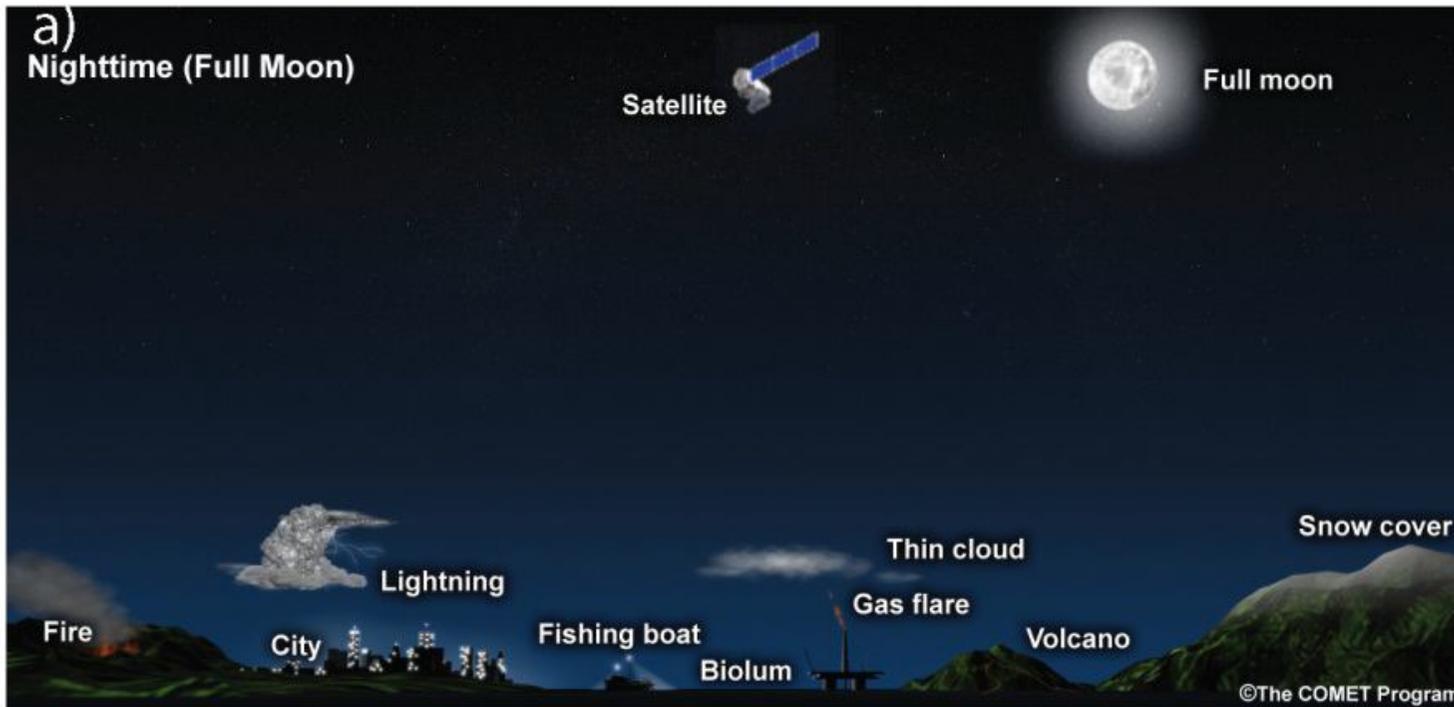


24 октября, 04:15 Гр.

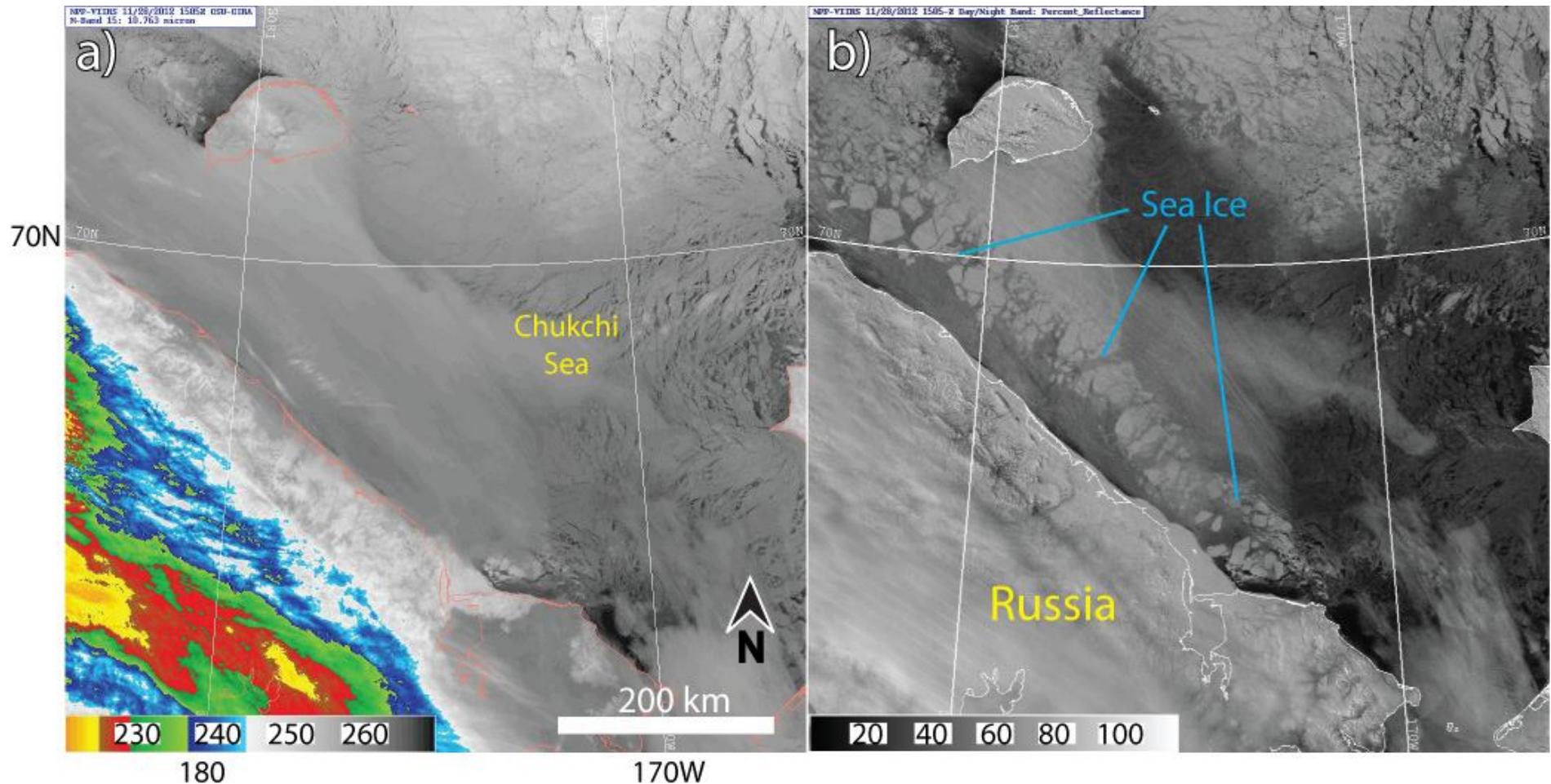


VIIRS (Visible/Infrared Imager and Radiometer Suite)

VIIRS – мультиспектральный (22 полосы) опто-механический радиометр, использующий телескоп диаметром 20 см, который вращается поперек направлению полета для получения широкой полосы обзора. Наблюдаемая сцена регистрируется на трёх фокальных плоскостях, разделяющих энергию, принимаемую в диапазоне 0.4 - 12.5 мкм на три поддиапазона VNIR (видимы-ближний ИК), **SWIR/MWIR** (коротковолновый ИК/средний ИК) и TIR (тепловой ИК). The **VNIR** – 9 спектральных каналов, **SWIR/MWIR** – 8 каналов и **TIR** – 4 канала. Интегральная полоса DNB (полоса день – ночь) обеспечивает очень широкий динамический диапазон на всех орбитах **VIIR**.



Conceptual diagram of various nocturnal environment parameters observable under conditions of (a) lunar illumination, and (b) on moon-free nights.



Comparison between (a) **VIIRS/M15** thermal infrared imagery (kelvins) and (b) **VIIRS/DNB** lunar reflectance (%) imagery of sea ice in the Chukchi Sea on 28 Nov 2012, 1505 UTC. The DNB lunar reflectance offers the unique ability to peer through semi-transparent clouds that are opaque at thermal infrared wavelengths, revealing the sea ice structures residing below them.

MetOp A and MetOp B

EUMETSAT

Primary Mission: monitor the global atmosphere, oceans and continents, with a variety of instruments, including those that observe weather that contribute data to operational weather forecasting systems.

Precipitation Instrument:

Microwave Humidity Sounder (MHS),

Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A)

MetOp A -- Oct 19, 2006; MetOp B -- Sept 17, 2012; MetOp C-- future

Orbit: Polar

Website: <http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Metop/index.html>

NOAA 18 and NOAA 19

(NOAA)

Primary Mission: for U.S. weather monitoring and forecasting.

Precipitation Instrument:

Microwave Humidity Sounder (MHS)

Launch Date:

NOAA 18 -- May 20, 2005;

NOAA 19 -- Feb. 6, 2009

Orbit: Polar

Website: <http://www.ospo.noaa.gov/Operations/POES/index.html>

Joint Polar Satellite System-1 (JPSS-1)

NOAA

Primary Mission: next U.S. weather monitoring and forecasting program that succeeds the NOAA series of satellites, NOAA 18 and NOAA 19.

Precipitation Instrument:

Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS)

Launch Readiness Date: 2017

Orbit: Polar

Website: <http://www.jpss.noaa.gov/>

**Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) F17, F18, F19, and F20
(NOAA)**

Primary Mission: monitor cloud cover and weather for the U.S. DOD.

Precipitation Instrument: Special Sensor Microwave Imager/Sounder (SSMIS)

F17 -- Nov. 4, 2006; F18 -- Oct. 18, 2009; F19 -- April 3, 2014; F20 -- future.

Orbit: Polar

Website: <http://www.ospo.noaa.gov/Operations/DMSP/index.html>



Global Change Observation Mission - Water 1 (GCOM-1W) (JAXA)

Primary Mission: study global water circulation. It measures precipitation, water vapor, cloud water, sea surface wind speed, SST, soil moisture, snow depth.

Precipitation Instrument: **Advanced Microwave Scanning Radiometer-2 (AMSR-2)**

Launch Date: May 18, 2012. Part of A-Train

Website:

http://www.jaxa.jp/countdown/f21/overview/shizuku_e.html

Каналы **AMSR2**

Частота, ГГц	Ширина полосы, МГц	Ширина луча, град (разрешение, км)	Интервал выборки, км
6.925/7.3	350	1.8 (35 x 62)	10
10.65	100	1.2 (24 x 42)	
18.7	200	0.65 (14 x 22)	
23.6	400	0.75 (15 x 26)	
36.5	1000	0.35 (7 x 12)	5
89.0	3000	0.15 (3 x 5)	

Антенна	Парабола, D = 2.0 м
Полоса обзора	1450 км
Угол падения	55°
АЦП	12 бит
Динамич. диапазон	2.7-340 К

Megha-Tropiques

CNES of France, Indian Space Research Organization (ISRO)

Primary Mission: observe water vapor, clouds and precipitation and radiative fluxes. These observations are to improve the understanding of tropical climate processes, including tropical cyclones and monsoons.

Precipitation Instruments:

Multi-Frequency Microwave Scanning Radiometer (MADRAS) and the multi-channel microwave humidity sounder (SAPHIR);

MADRAS ceased operation on January 26, 2013

Launch Date: Oct. 12, 2011

Orbit: Circular, non-sun synchronous orbit,
at a 20-deg inclination off the equator

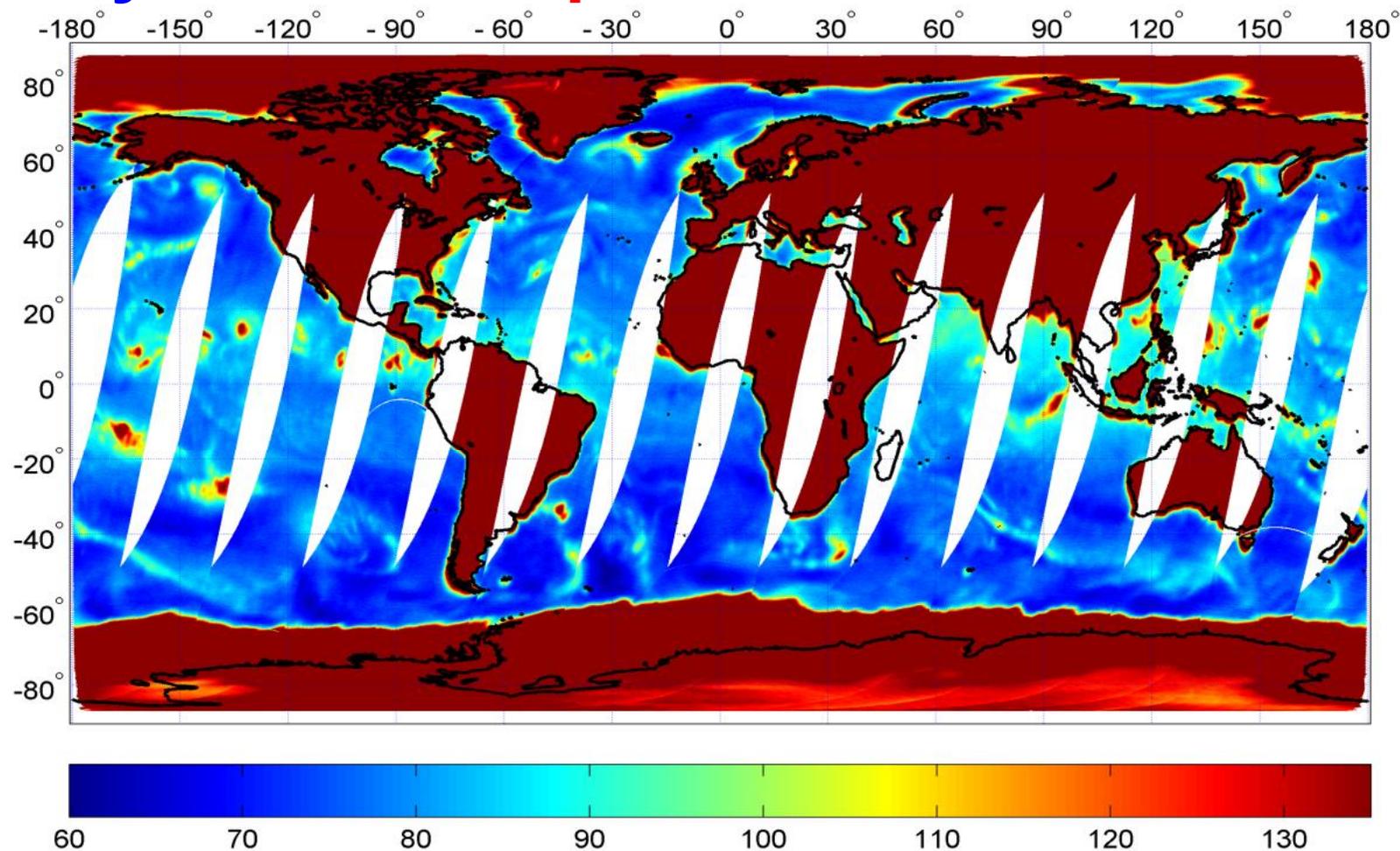
Website: <http://meghatropiques.ipsl.polytechnique.fr/mission-description.html> and <http://www.isro.org/satellites/megha-tropiques.aspx>

Сравнительные характеристики микроволновых радиометров

Частота/ разрешение	6-7 ГГц	10 ГГц	19 ГГц	23 ГГц	31-37 ГГц	50-60 ГГц	89-91 ГГц	150-167 ГГц	183-190 ГГц
GMI		10.65 Г, В- пол 26 км	18.7 Г, В- пол 15 км	23.8 В- пол 12 км	36.5 Г, В- пол 11 км		89.0 Г, В- пол 6 км	165.6 Г, В- пол 6 км	183.31 В- пол 6 км
AMSR2	6.9/7.3 Г, В- пол 62 / 58 км	10.65 Г, В- пол 42 км	18.7 Г, В- пол 26 км	23.8 Г, В- пол 22 км	36.5 Г, В – пол 12 км		89.0 Г, В- пол 5 км		
SSMIS			19.35 Г, В- пол 59 км	22.235 В- пол 59 км	37.0 Г, В – пол 36 км	50.3-63.28 Г, В –пол 22 км	91.65 Г, В- пол 14 км	150 Г- пол 14 км	183.31 Г- пол 14 км
МТВ3А-ГЯ		10.6 Г, В- пол	18.7 Г, В- пол	23.8 Г, В- пол	31,5 36,7 Г, В- пол		91.65 В- пол		183.31 В- пол
MADRAS			18.7 Г, В – пол 40 км	23.8 В- пол 40 км	36.5 Г, В- пол 40 км		89.0 Г, В- пол 10 км	157 Г, В- пол 6 км	
MHS							89.0 В- пол 17 км	157 В- пол 17 км	183.31 Г- пол 190.311 В- пол 17 км
ATMS				23.8 74 км	31.4 74 км	50.3-57.29 32 км	87-91 16 км	165.5 Г- пол 16 км	183.31 Г- пол 16 км

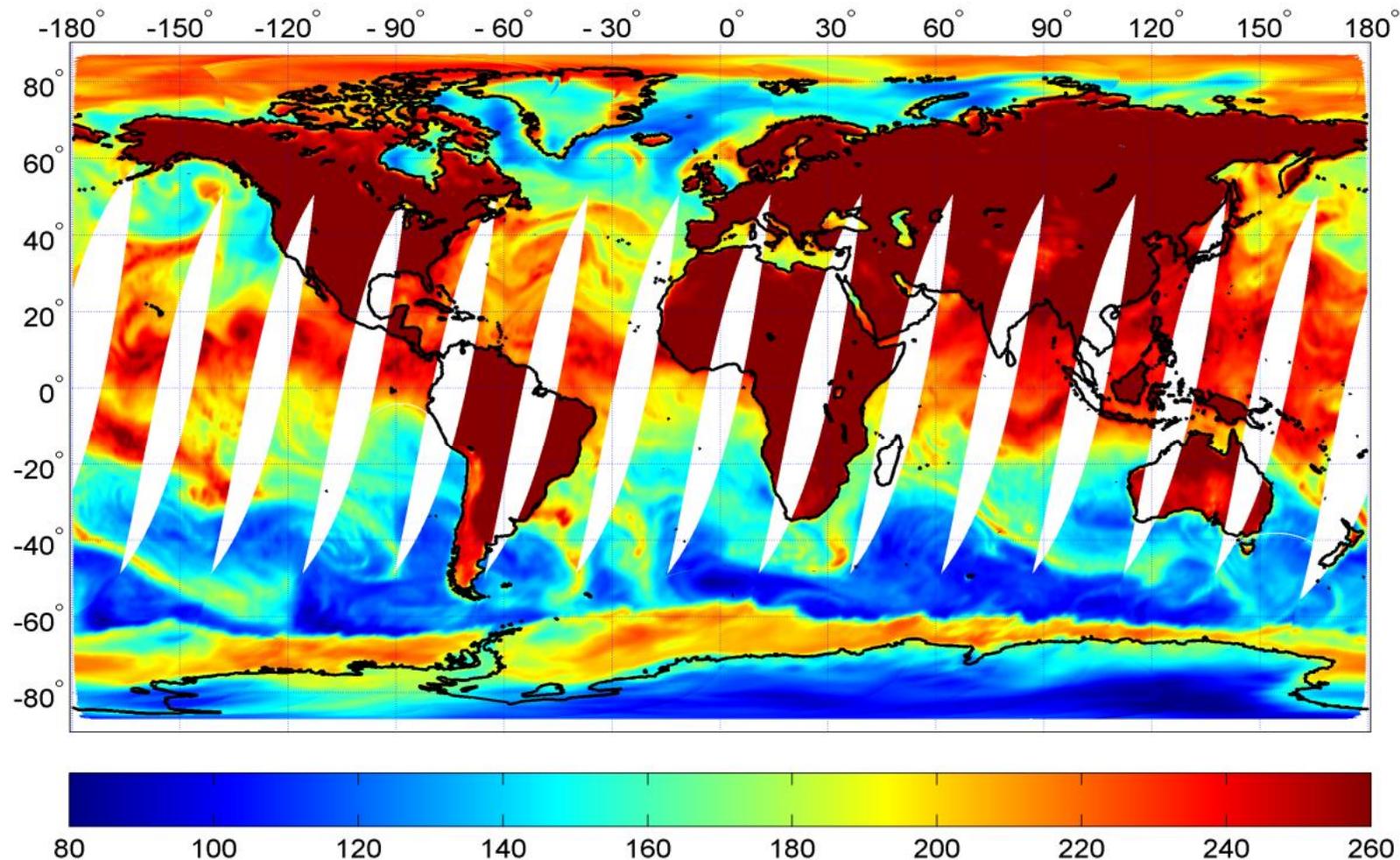
Яркостная температура на частоте 10,6 ГГц на горизонтальной поляризации.

Спутник **Метеор-М № 2**. 31 июля 2014



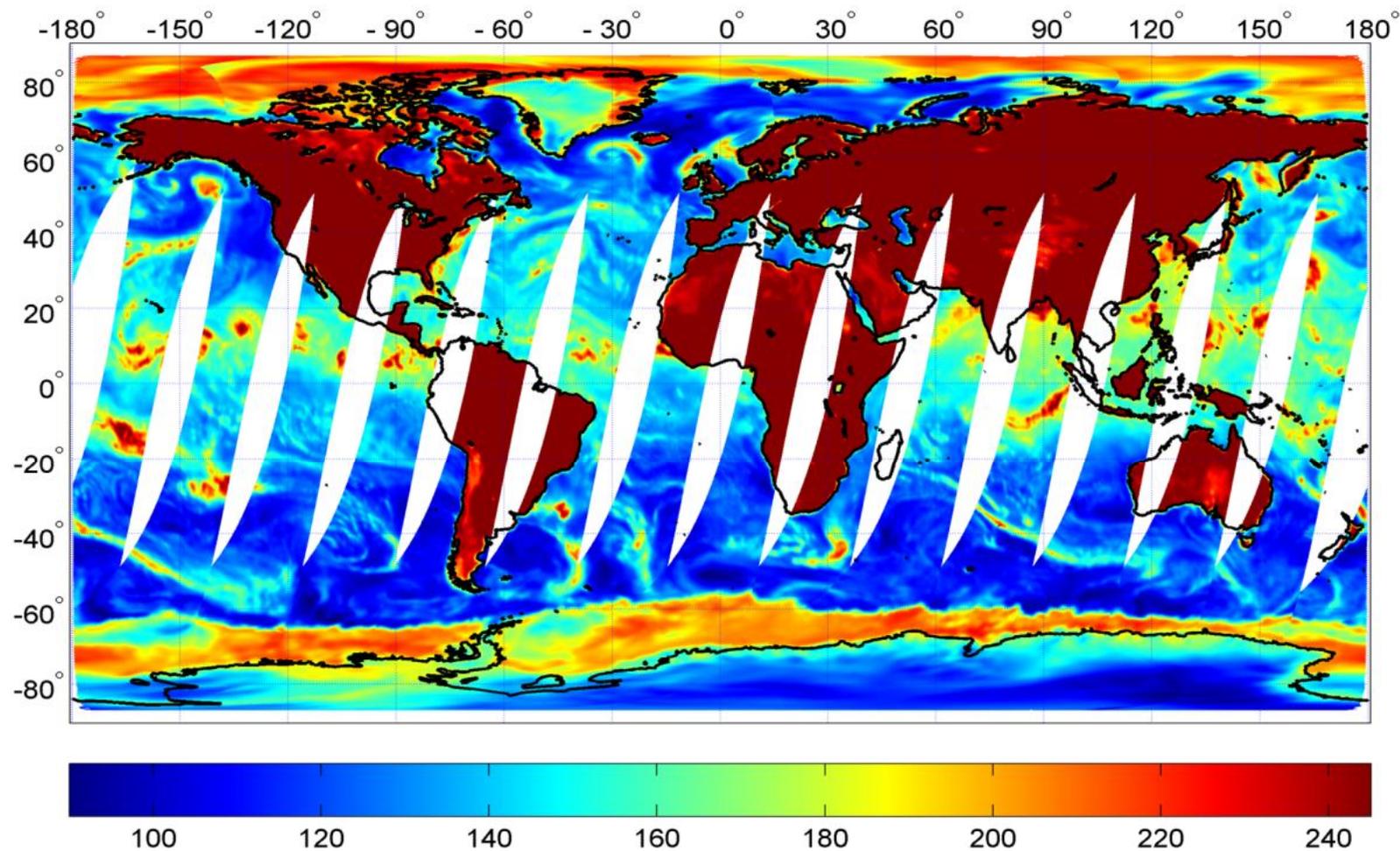
Яркостная температура на частоте 23,6 ГГц на горизонтальной поляризации.

Спутник **Метеор-М № 2**. 31 июля 2014



Яркостная температура на частоте 31,5 ГГц на горизонтальной поляризации.

Спутник **Метеор-М № 2**. 31 июля 2014 г.



Тайфуны Накри и Нalong. Метеор-М № 2. МТВЗА-ГЯ

3.08.2014, восходящие витки

Горизонтальная
поляризация

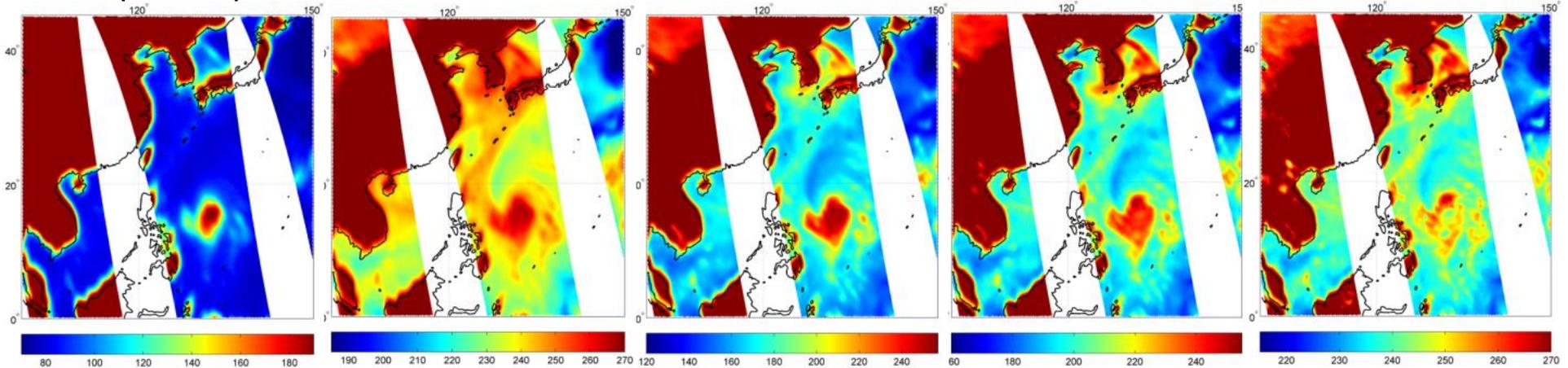
Тя(10.65Г)

Тя(23.8Г)

Тя(31.5Г)

Тя(42.0Г)

Тя(48.0Г)



Вертикальная поляризация

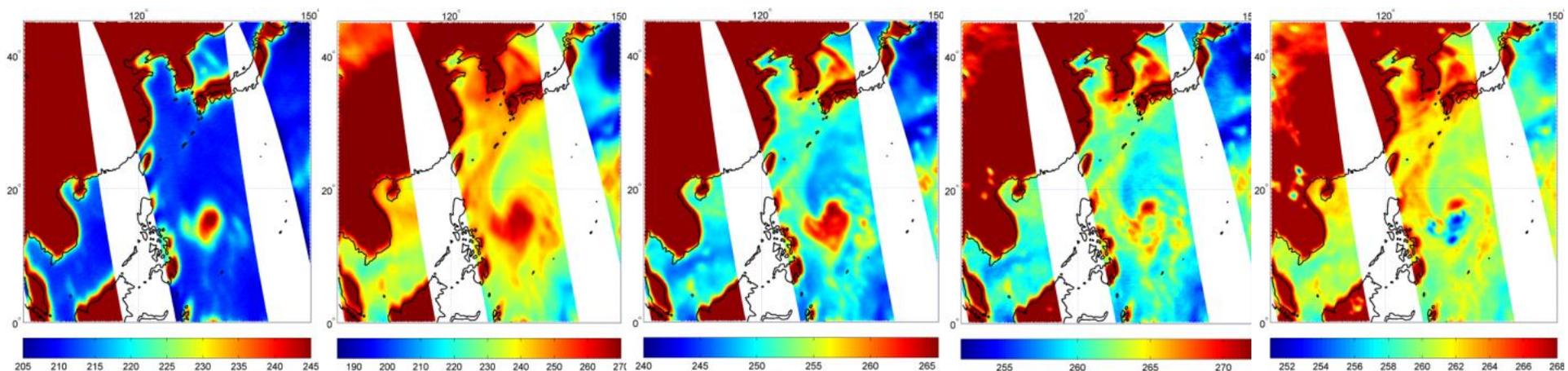
Тя(10.65В)

Тя(23.8В)

Тя(31.5В)

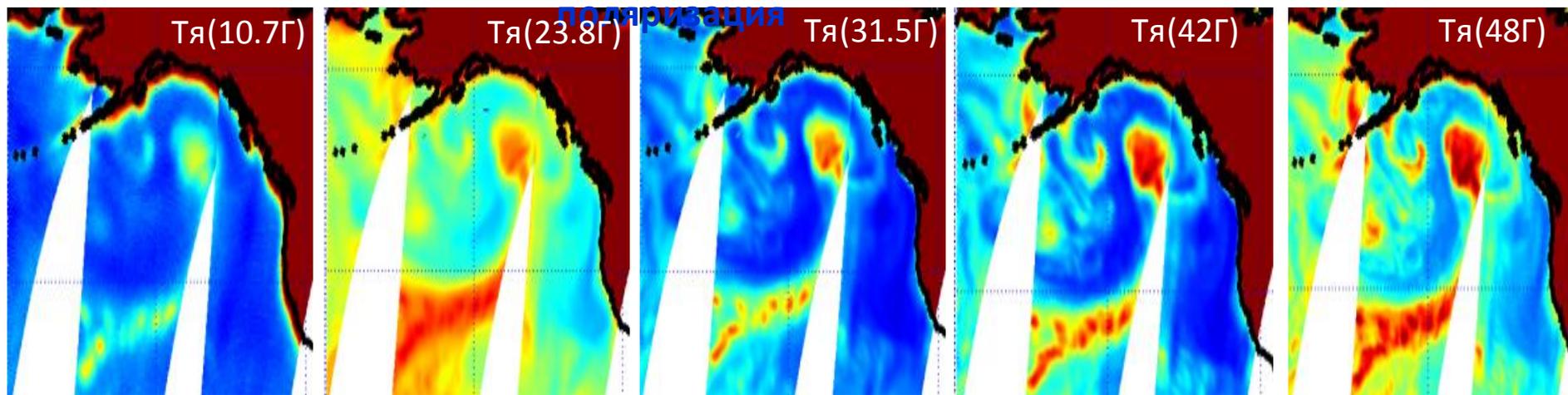
Тя(42.0В)

Тя(48.0В)

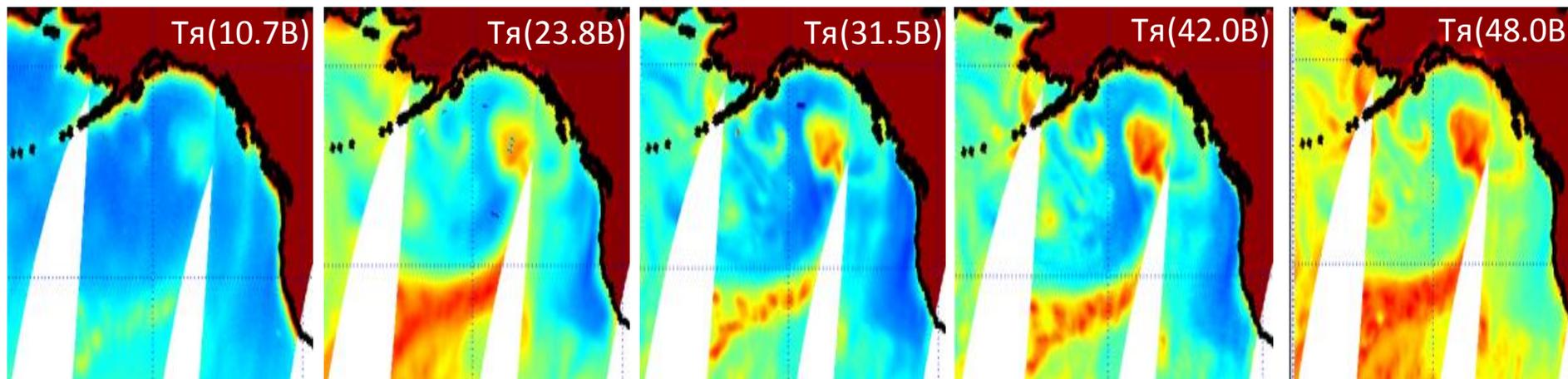


Циклон. Залив Аляска, 3.08.2014. МТВЗА-ГЯ

Горизонтальная

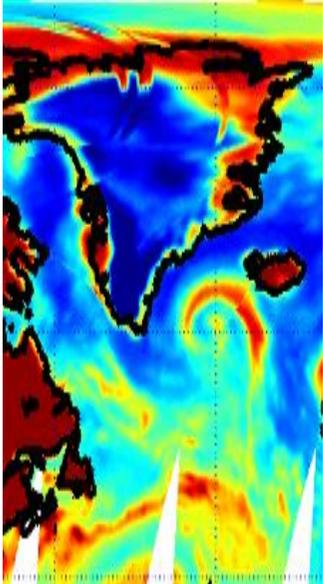
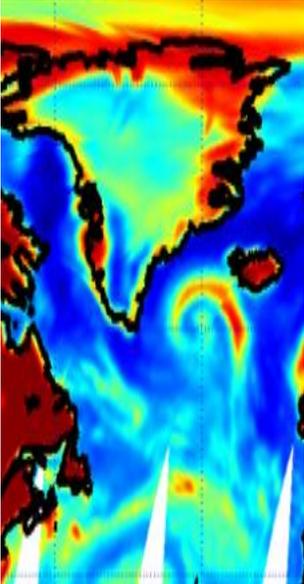
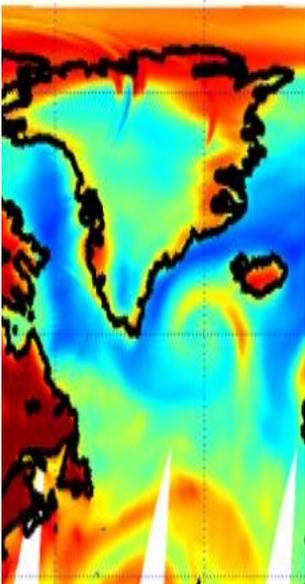


Вертикальная поляризация

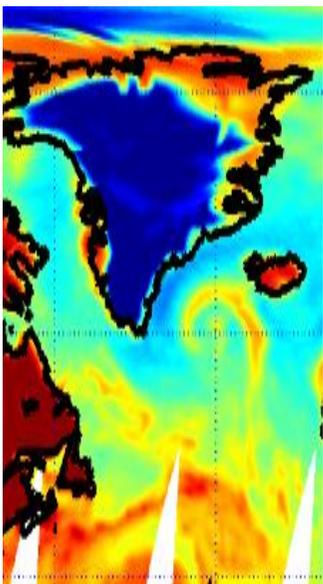
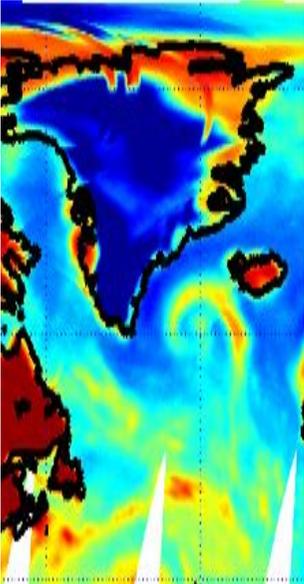
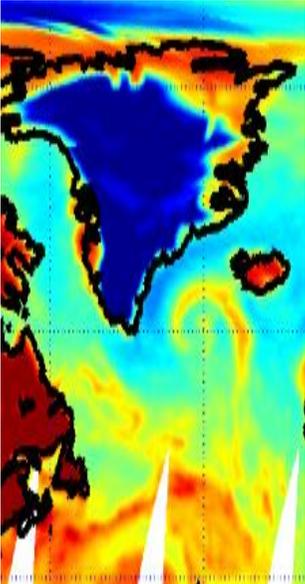
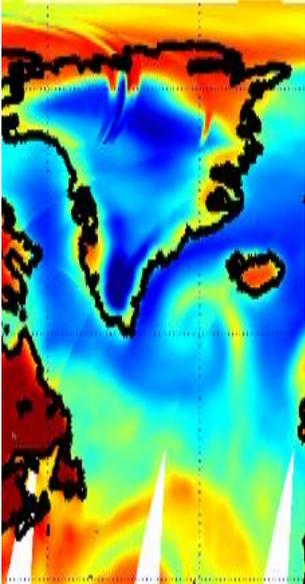
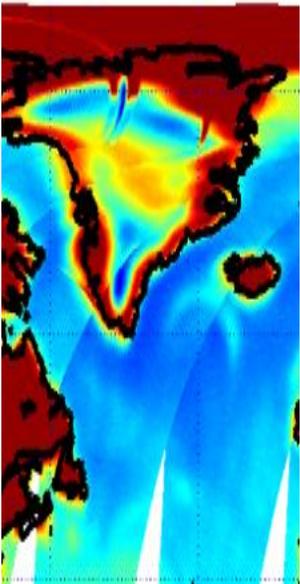


Циклон в Норвежском море, 3.08.2014

Горизонтальная
поляризация

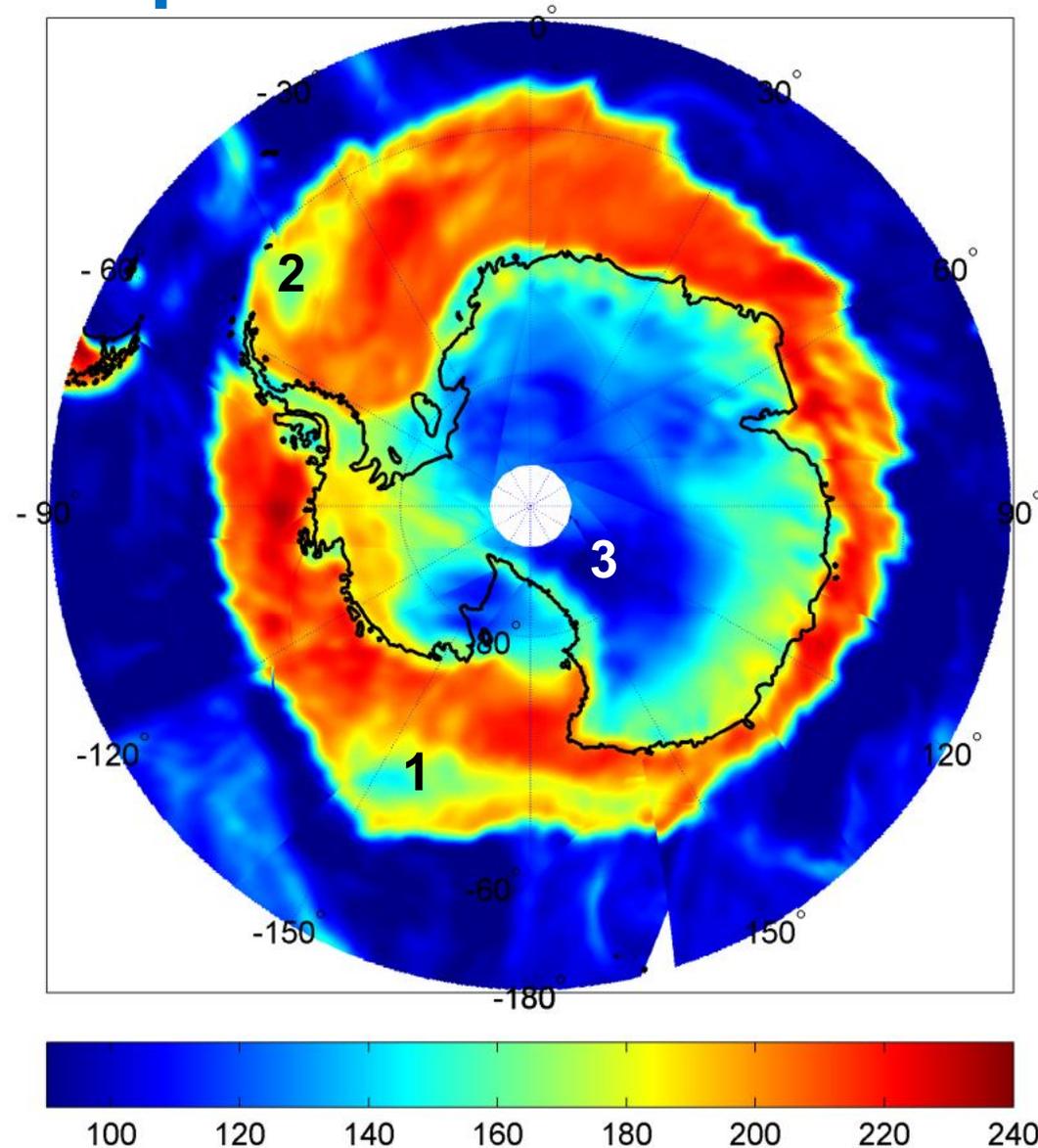


Вертикальная поляризация



Антарктическое плато

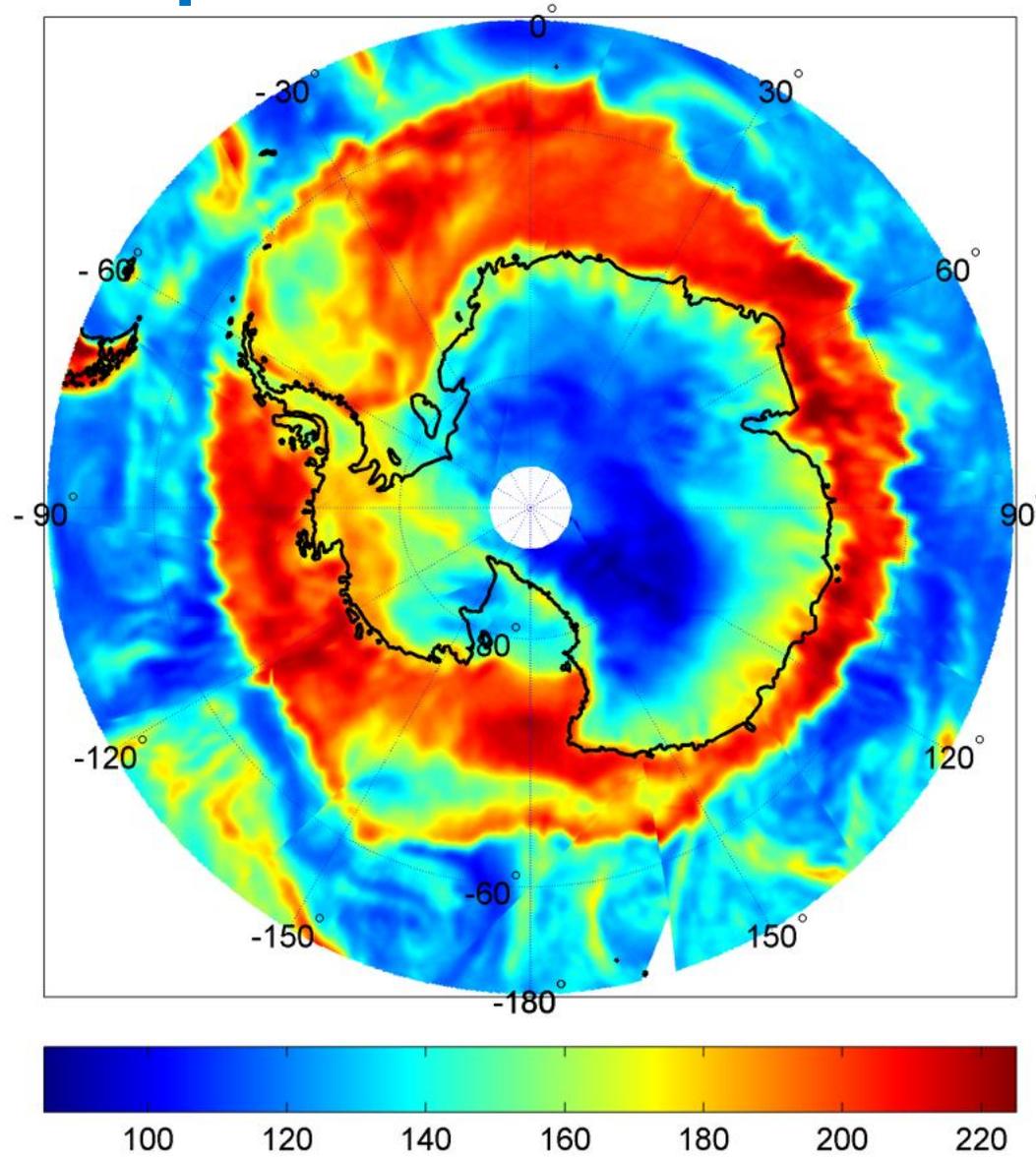
Контраст морских льдов на фоне свободного от льда океана зависит от частоты и поляризации излучения.



Моря Росса 1 и Уэдделла 2 выделяются по низким значениям Тя. Ещё ниже значения Тя в области Антарктического плато 3.

Антарктическое плато

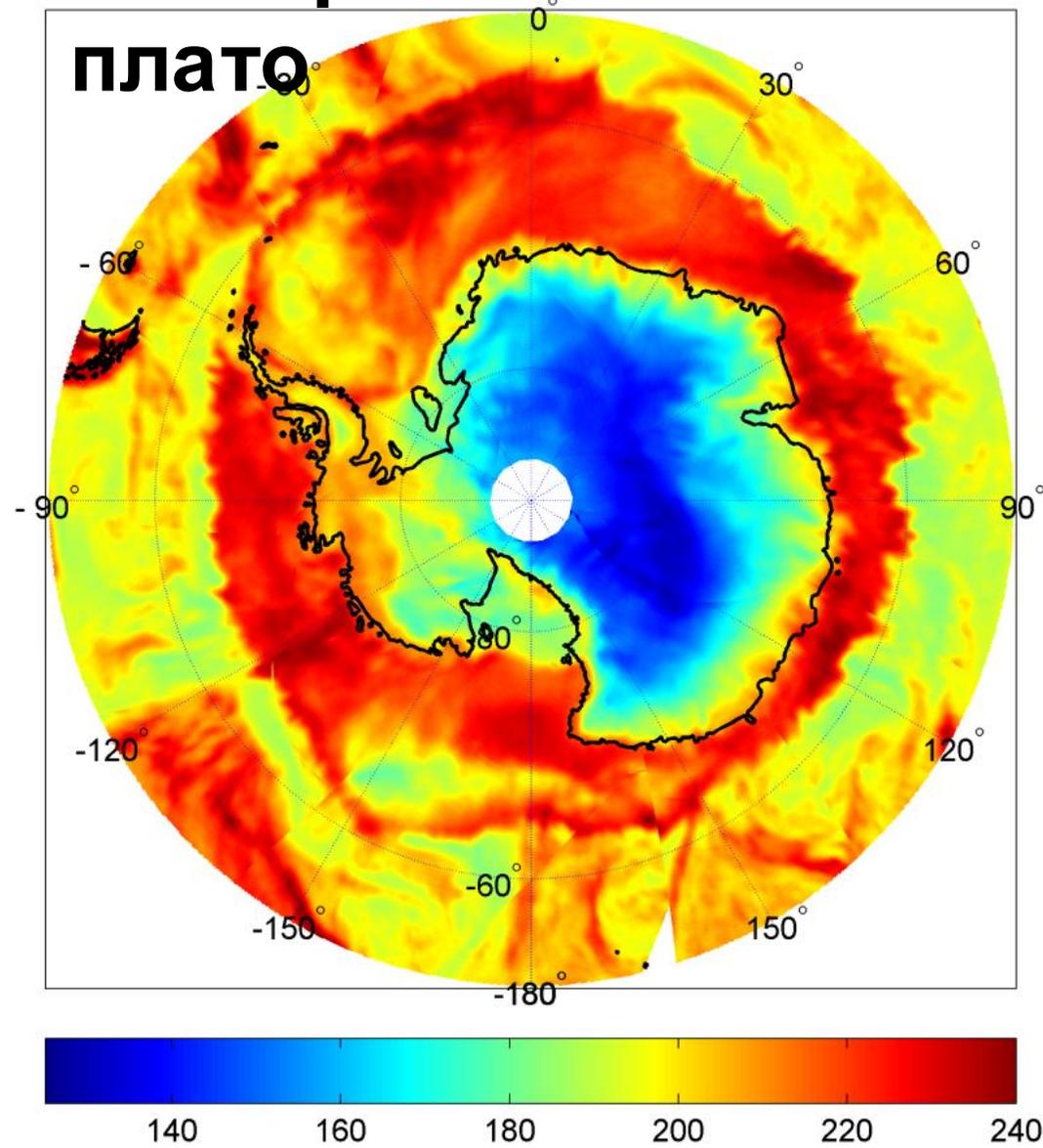
Тя(36Н)



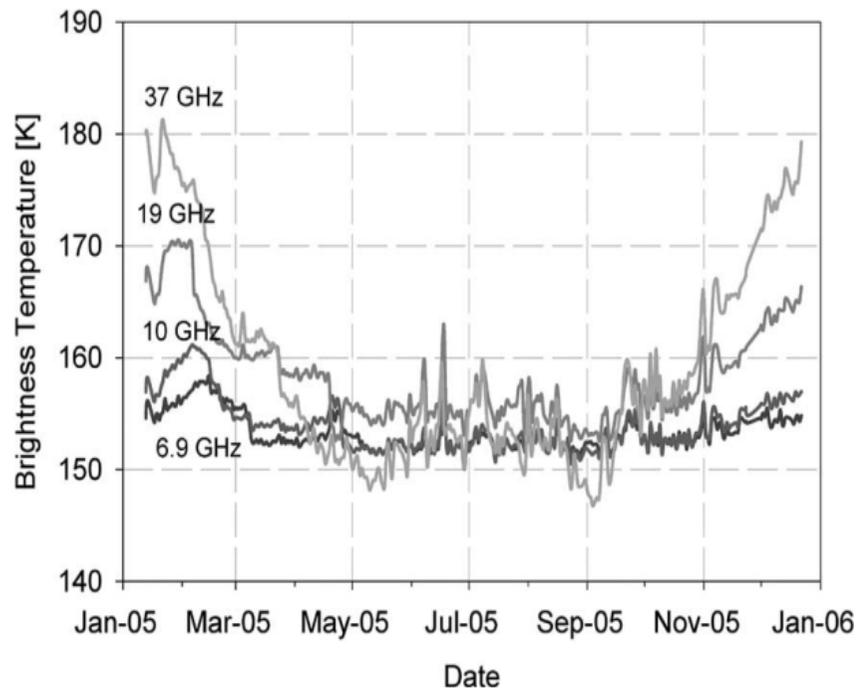
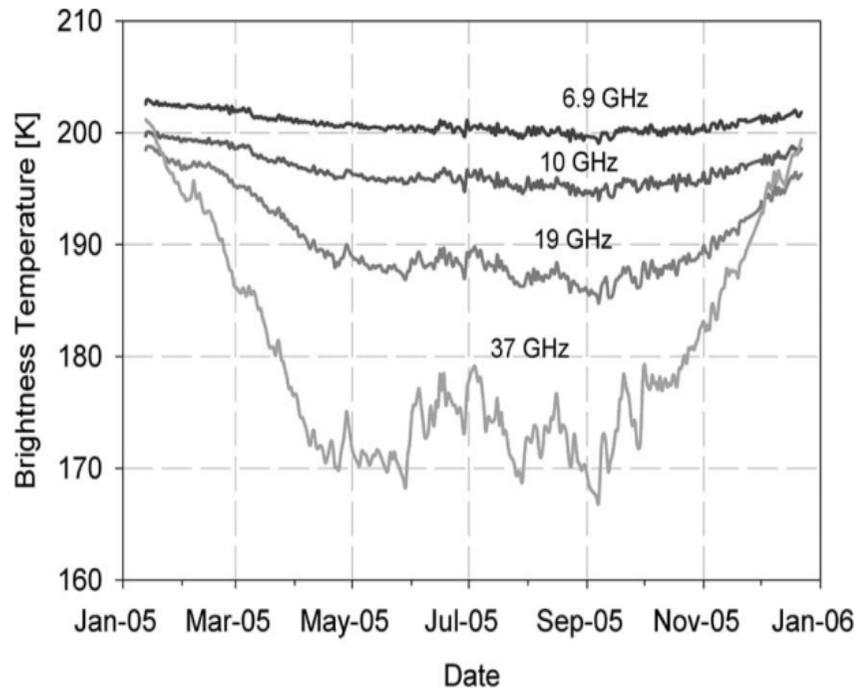
Антарктическое

плато

Тя(48Н)

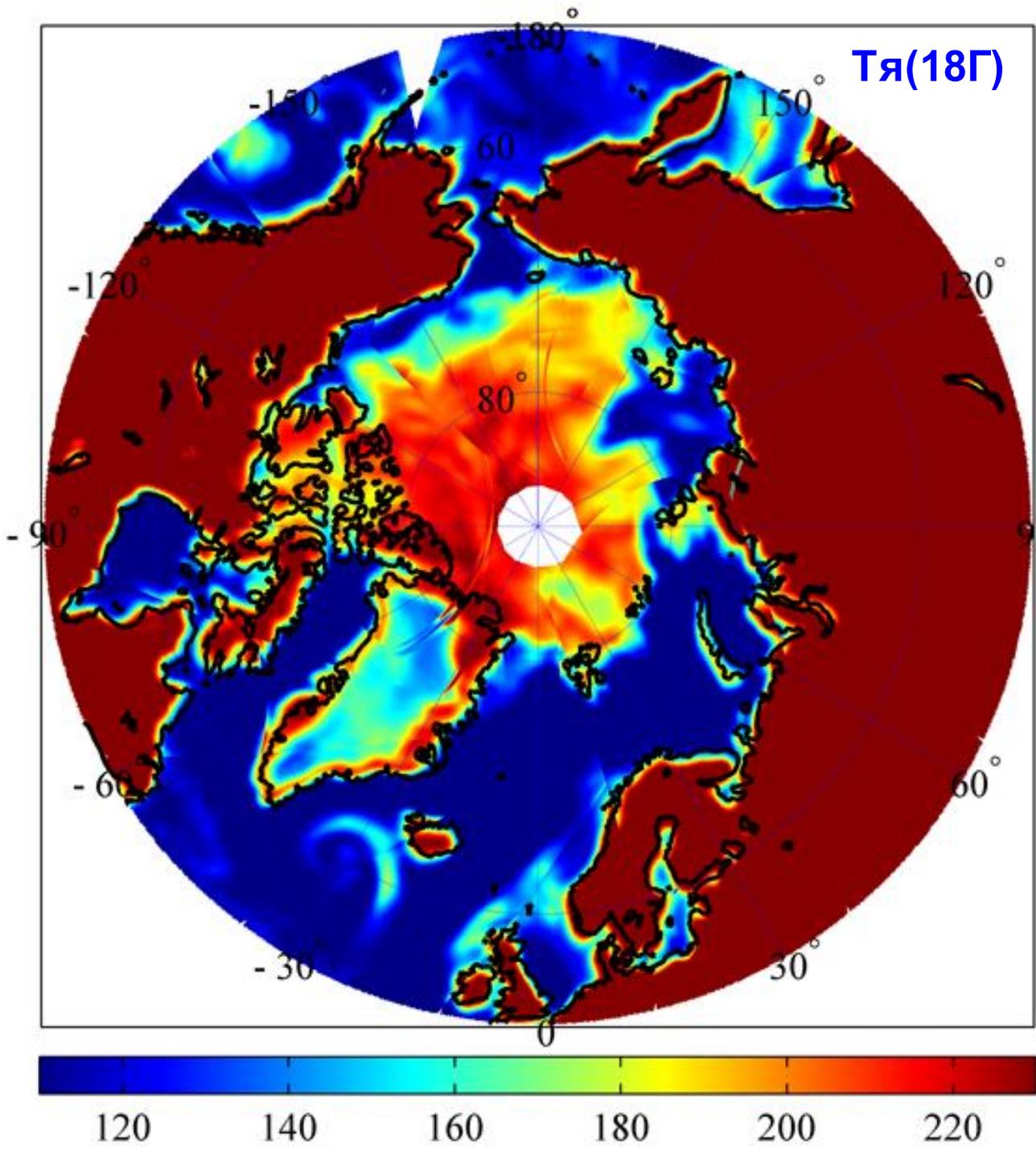


Антарктическое плато

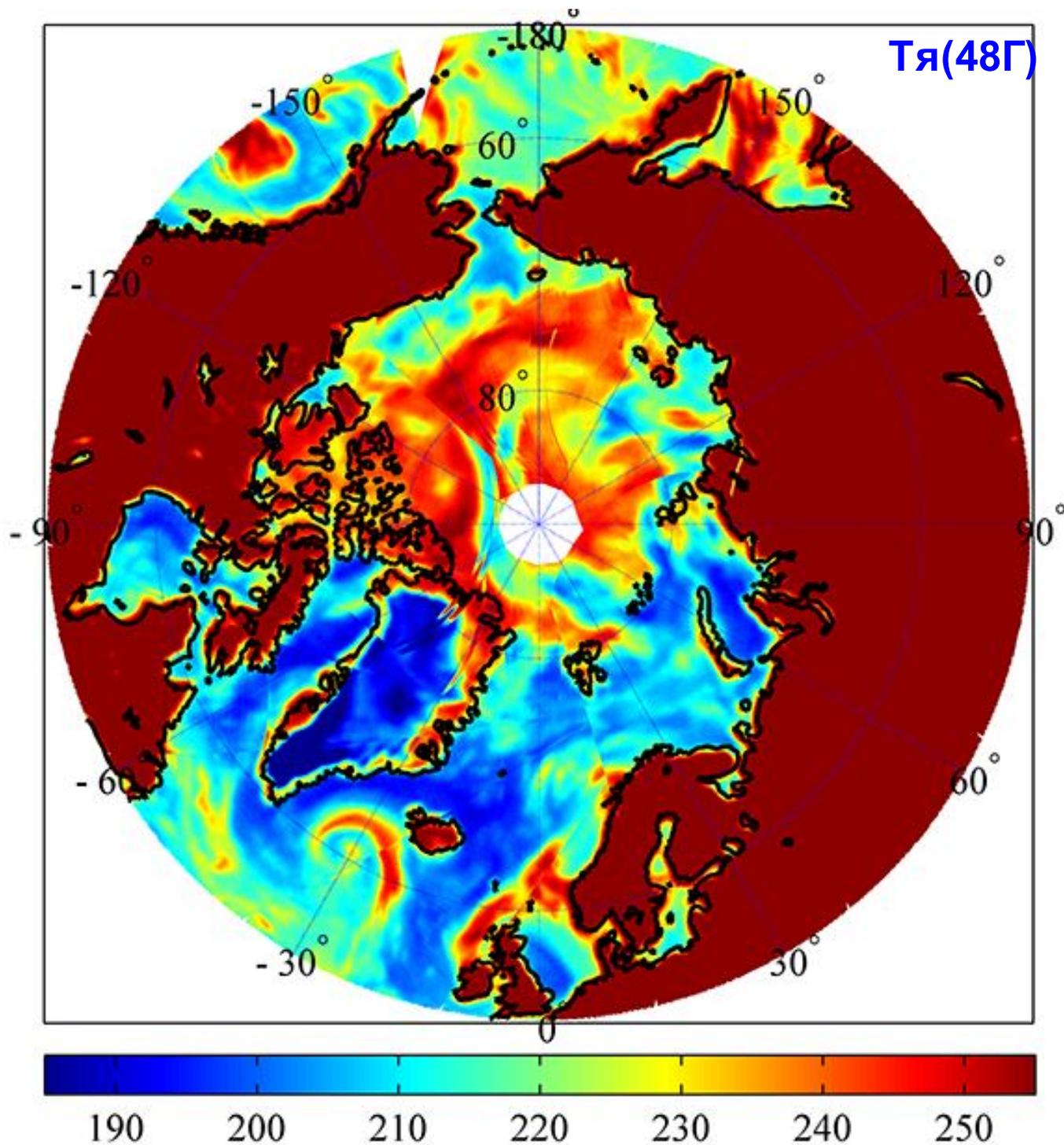


Яркостные температуры
на частотах 6.9, 10, 19 и
37 ГГц на вертикальной
и горизонтальной
поляризациях по
данным радиометра
AMSR-E со спутника
Aqua на протяжении года

Macelloni et al., 2007



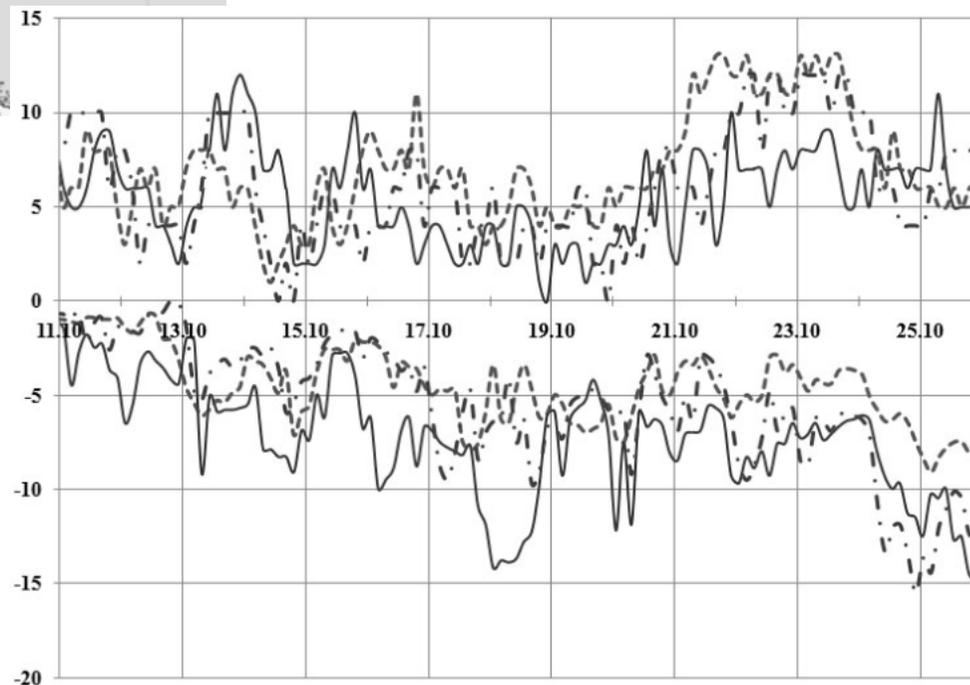
**Арктика,
31 июля
2014.
Северный
морской
путь**



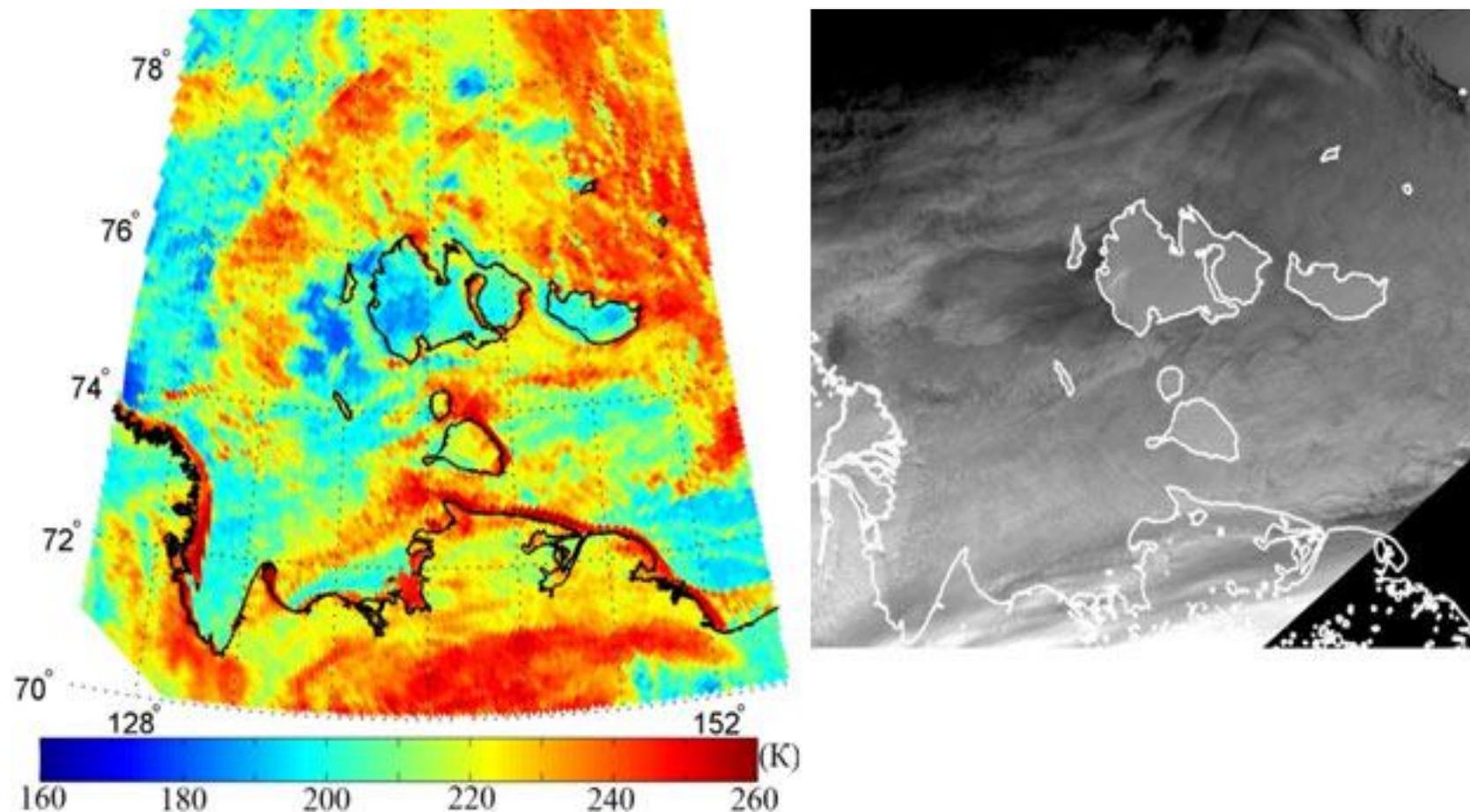
**Арктика,
31 июля
2014.
Северный
морской
путь**



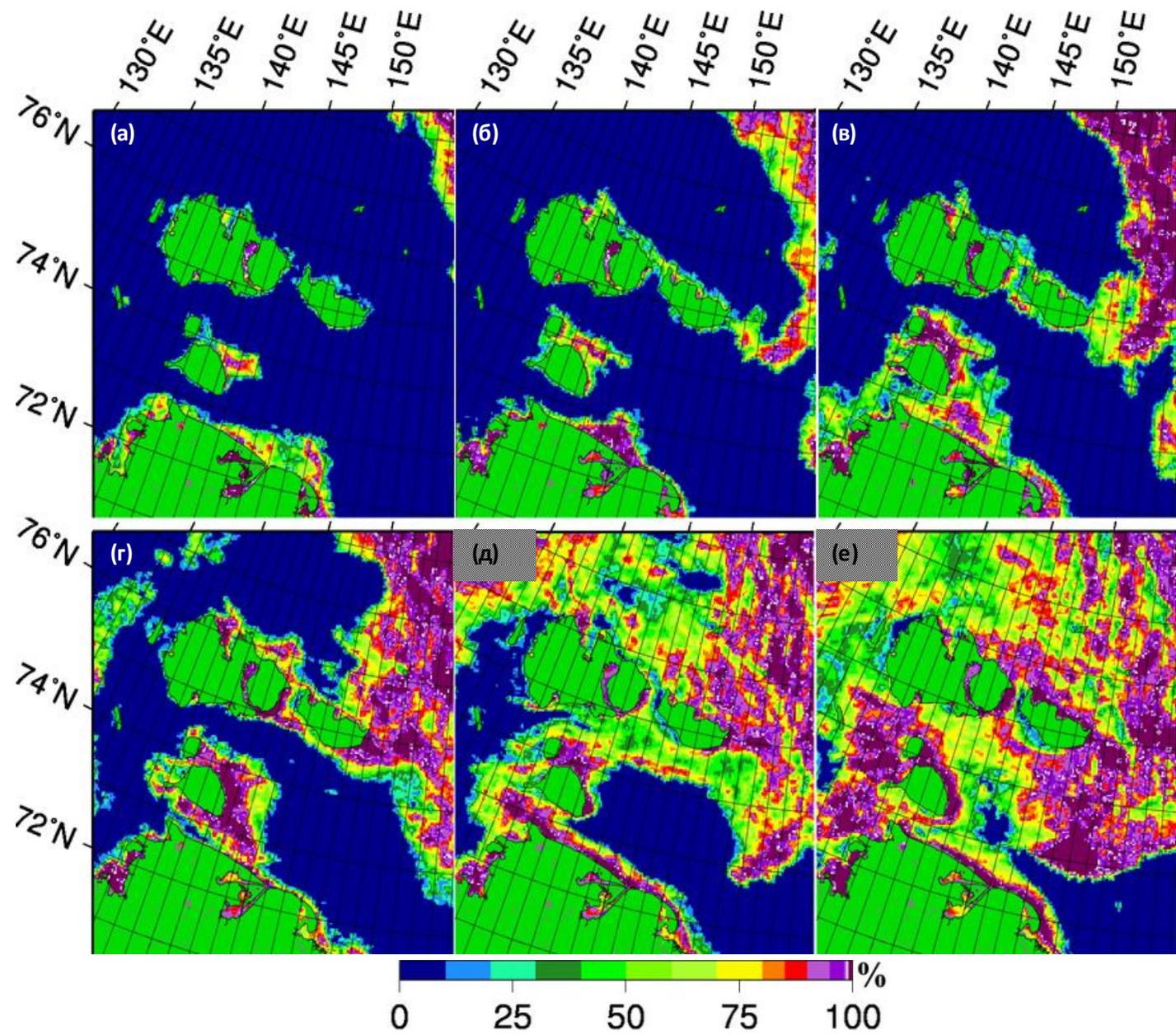
Ледяной покров 14-24 октября 2014 г.



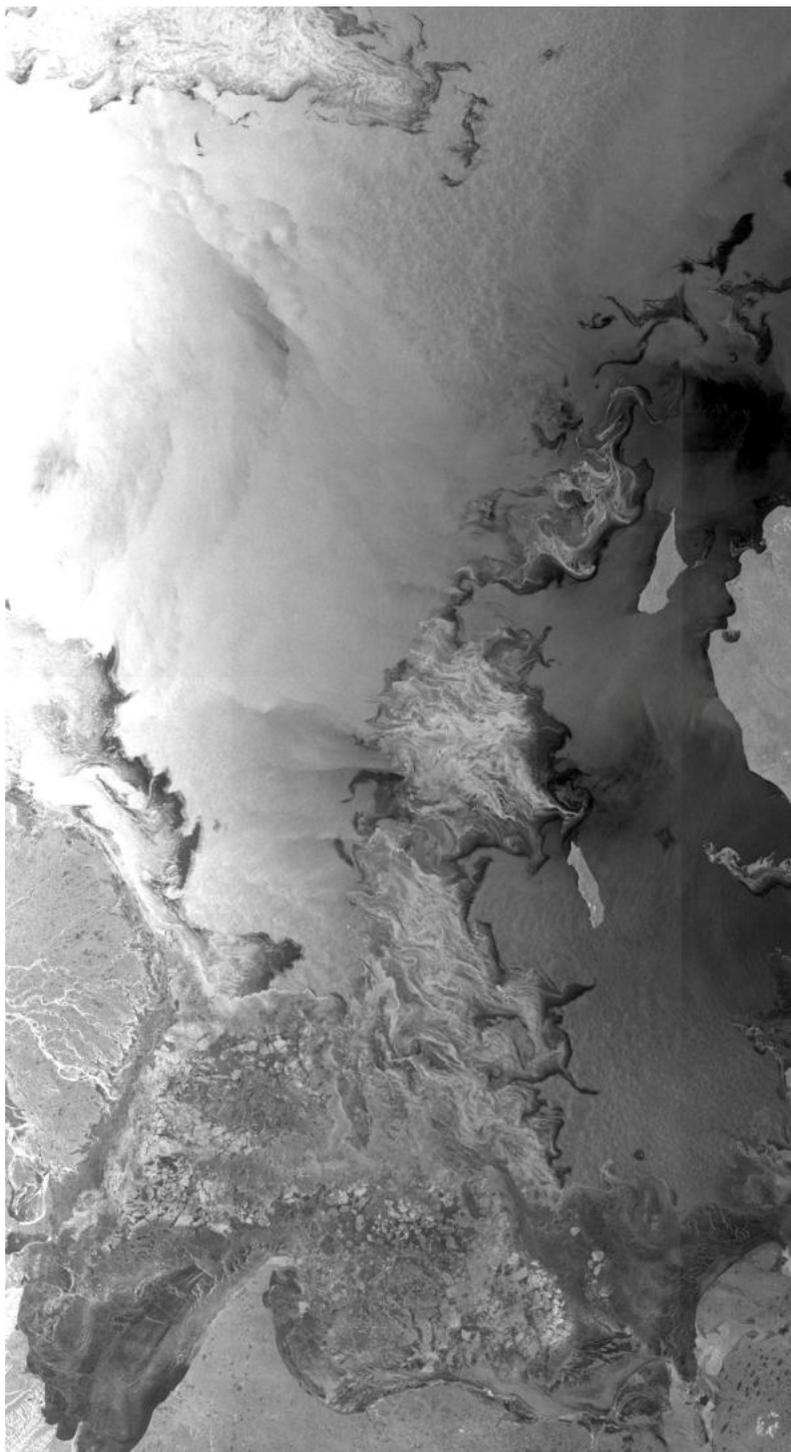
Ледяной покров 14-24 октября 2014 г.



Море Лаптевых и Восточно-Сибирское море 23.10.2014: (а) яркостная температура на частоте 89,0 ГГц на гор. поляризации по измерениям радиометра **AMSR2** со спутника **GCOM-W1** в 00:44 Гр. и (б) изображение в полосе **DNP** радиометра **VIIRS** со спутника **Suomi-NPP** в 01:24 Гр.

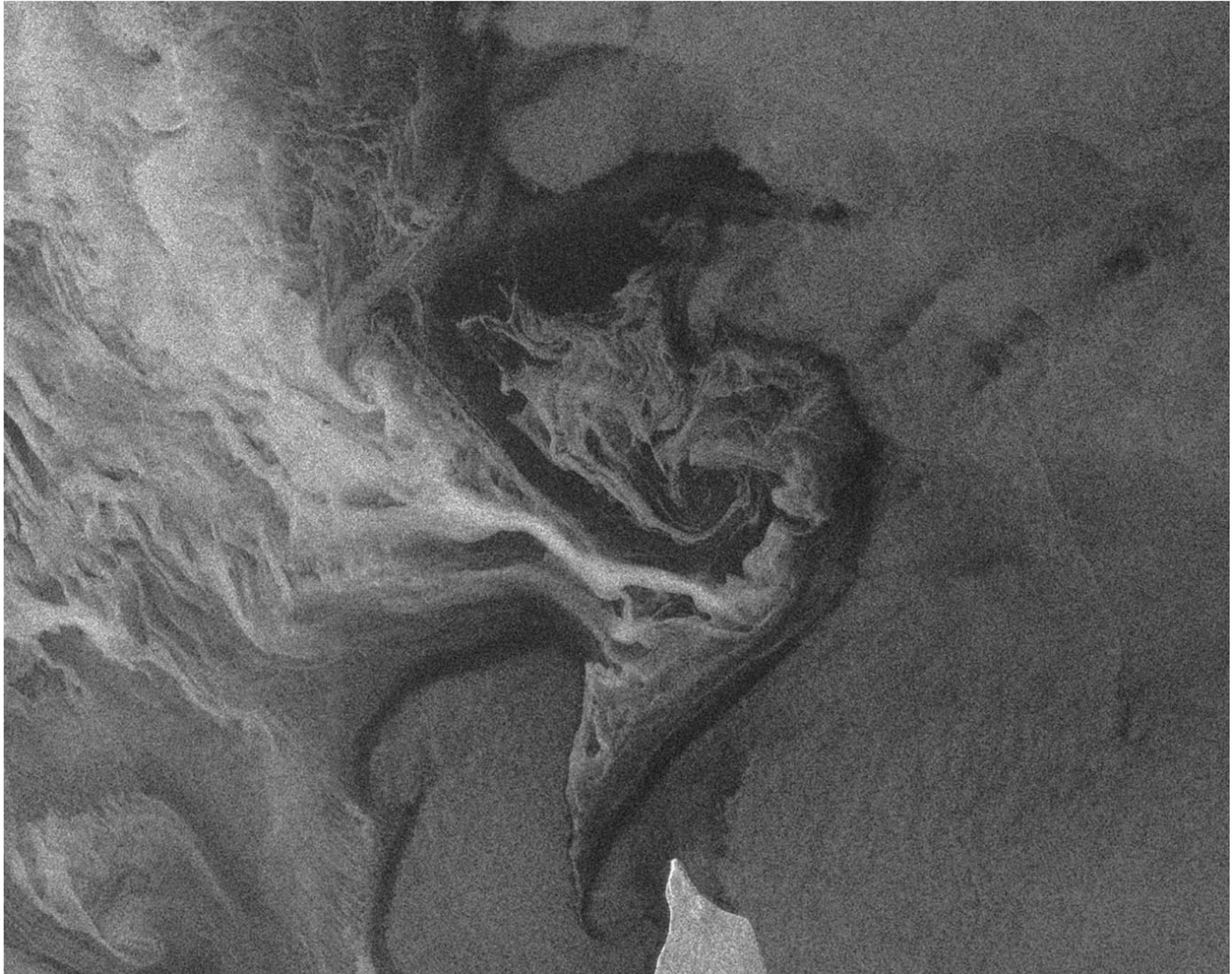


Карты сплоченности льда 14 (а), 16 (б), 18 (в), 20 (г), 22 (д) и 24 октября (е) 2014 г. построенные по алгоритму ASI по данным радиометра **AMSR2**

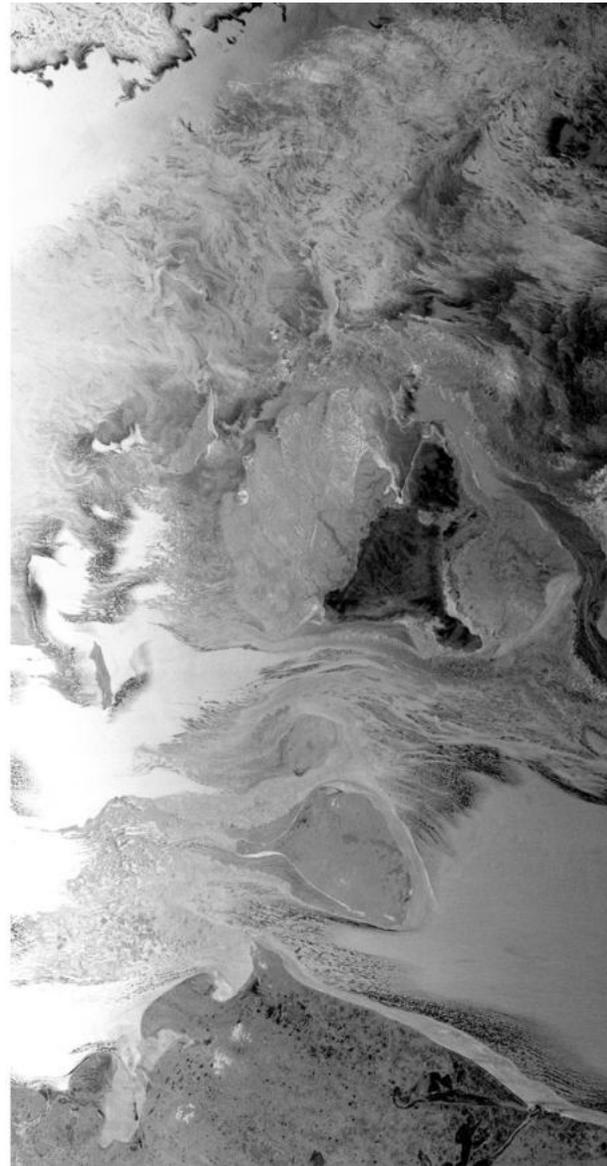
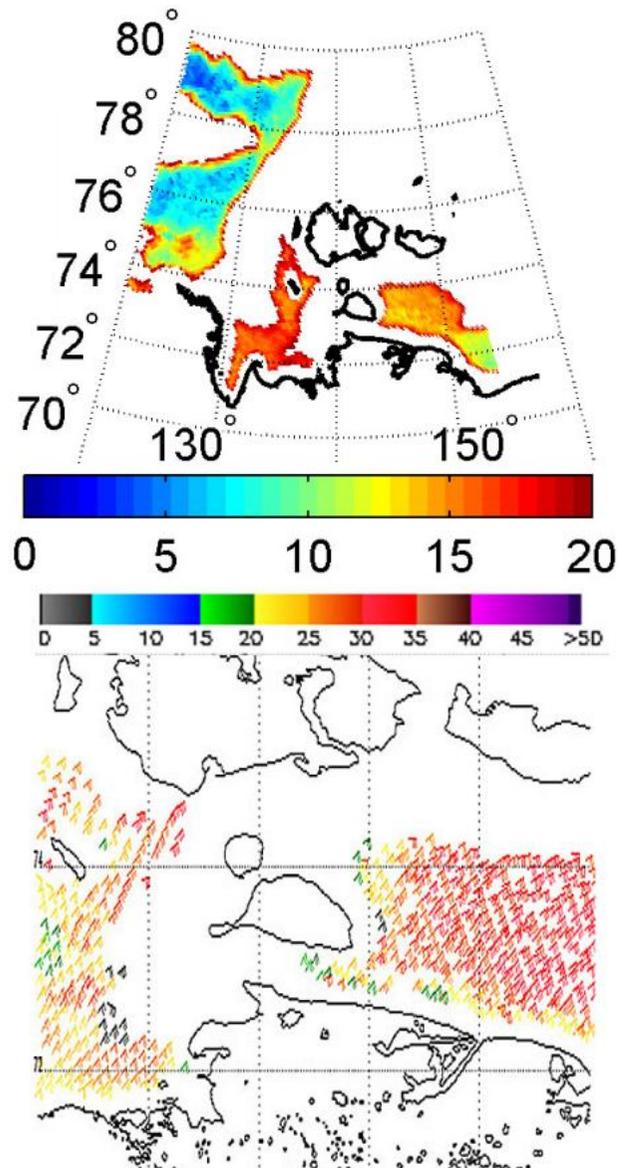


**Изображение *РСА*
SAR-C на
ГГ-поляризации
со спутника
Sentinel-1A
19 октябрия
07:40 Гр.**





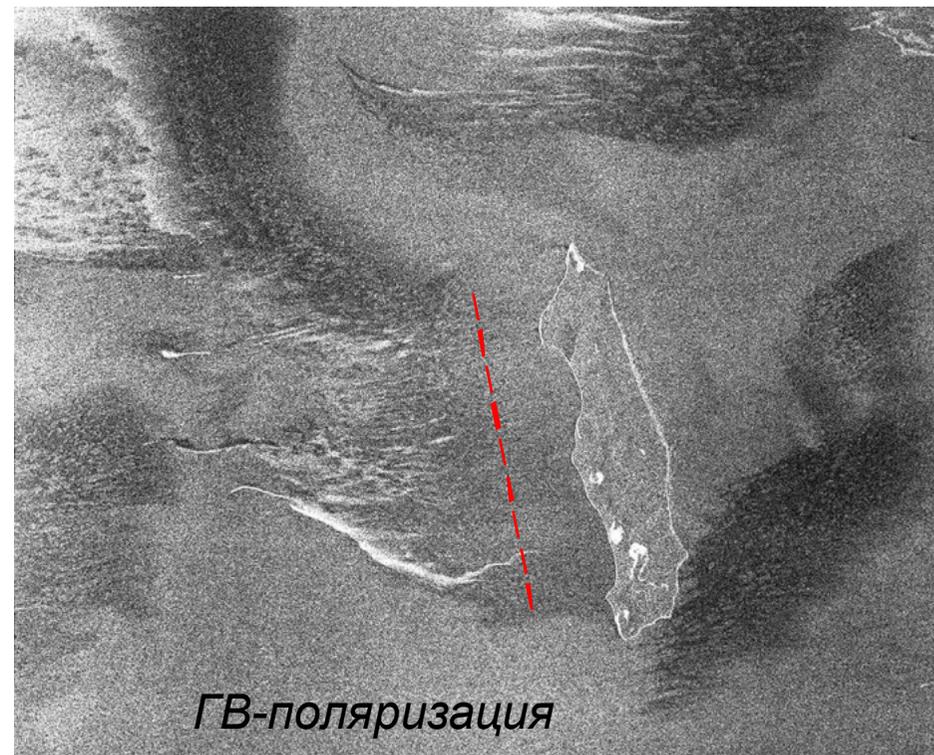
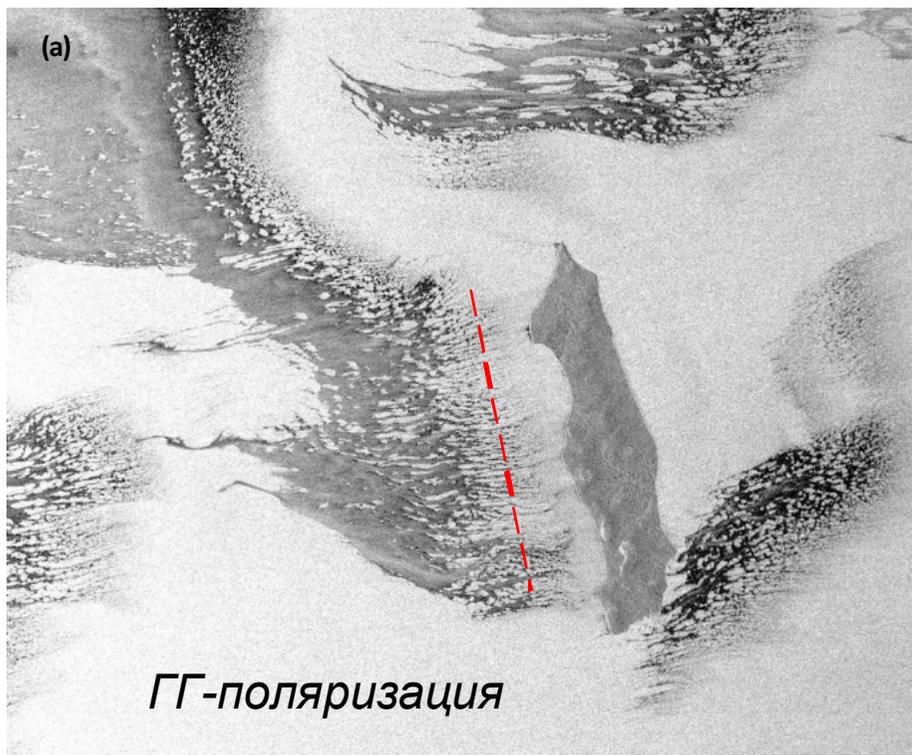
Sentinel-1 obtained on 19 October 2014 at 08:10 UTC



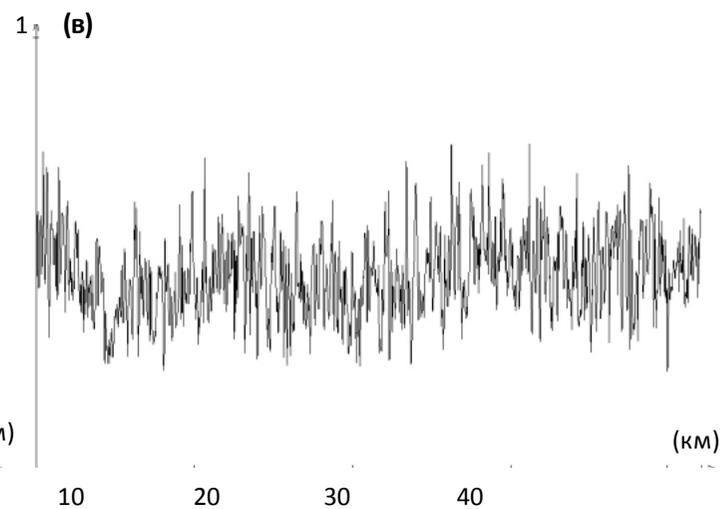
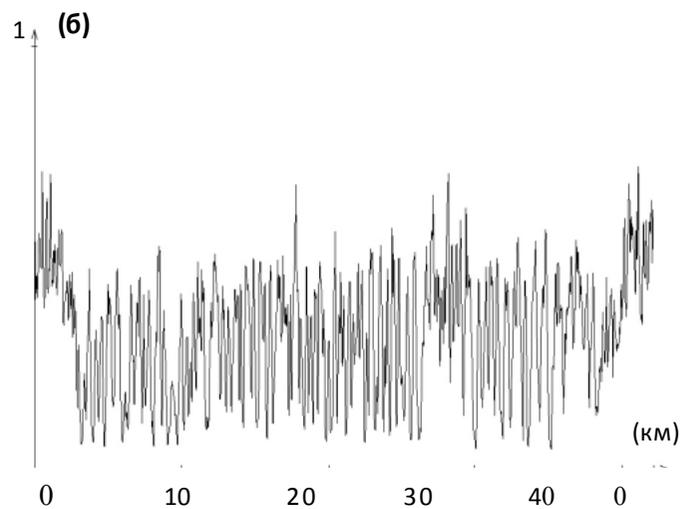
Спутниковое зондирование СМП в районе Новосибирских о-вов 23.10.2014: приводный ветер по данным радиометра **AMSR2** за 02:23 Гр. в м/с (а) и скаттерометра **MetOp-A** за 4:19 Гр. в узлах (б) и изображение **PCA SAR-C** на ГГ-пол. со спутника **Sentinel-1A** за 07:40 Гр. (в).



Изображение
РСА SAR-C
на ГГ-пол. со
спутника
Sentinel-1A
19 октября в
08:10 Гр.

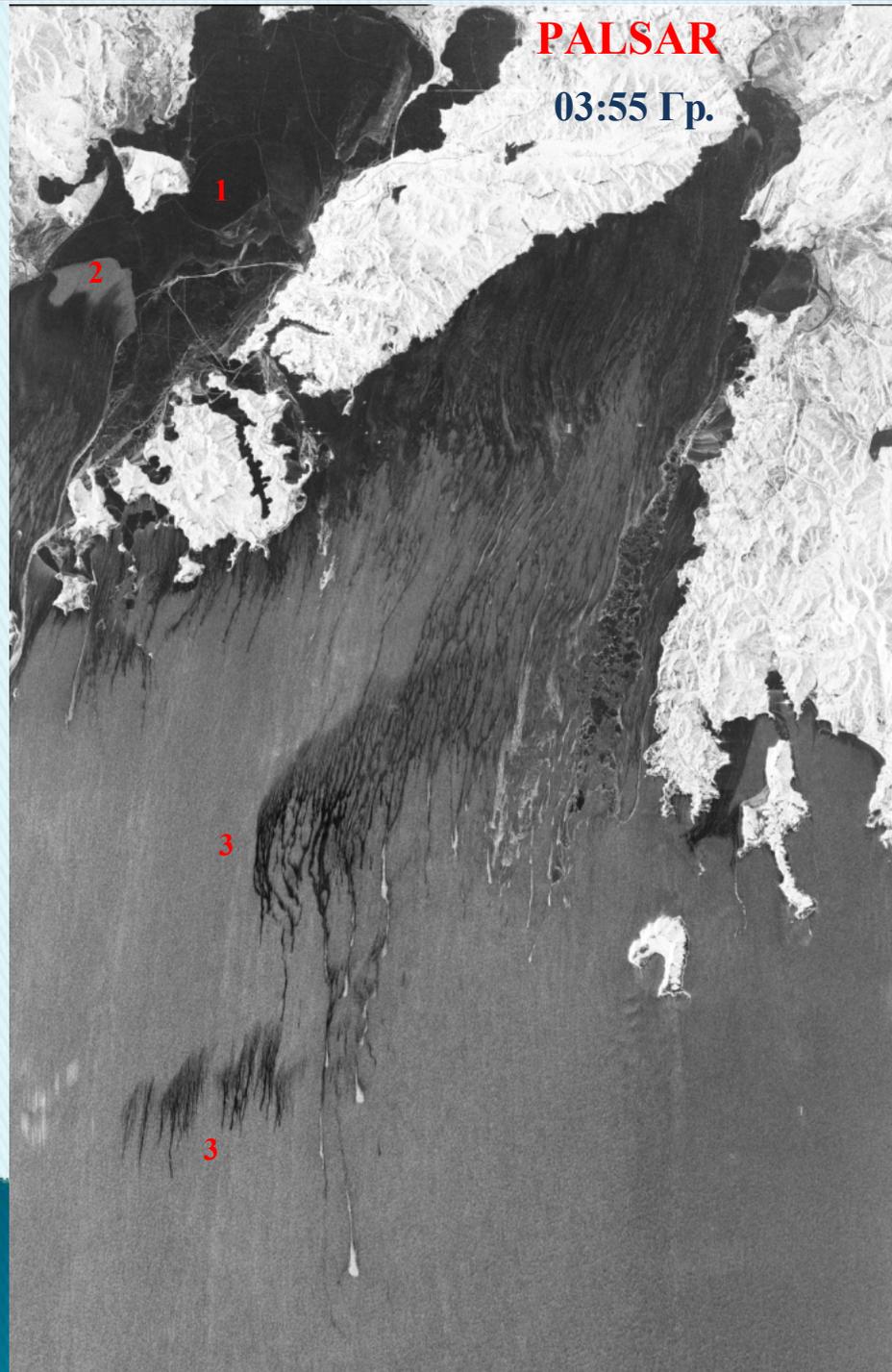


градации серого



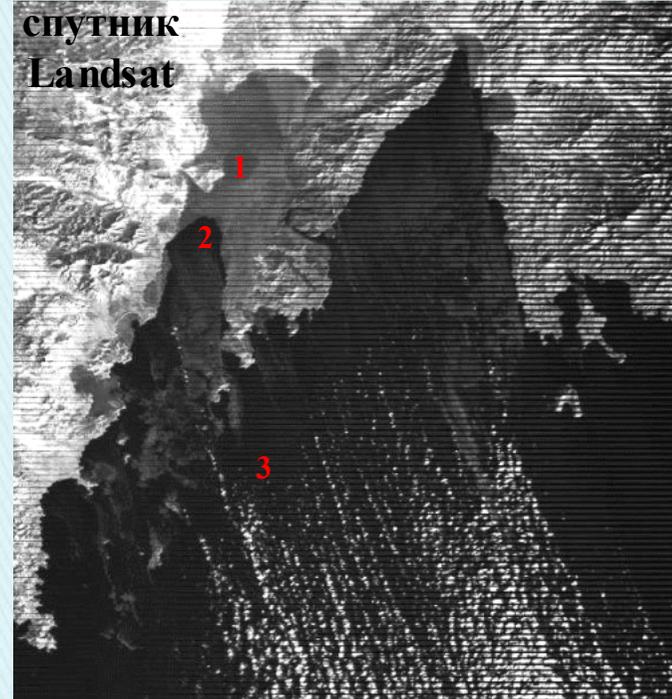
Sentinel-1A 23 октября 2013

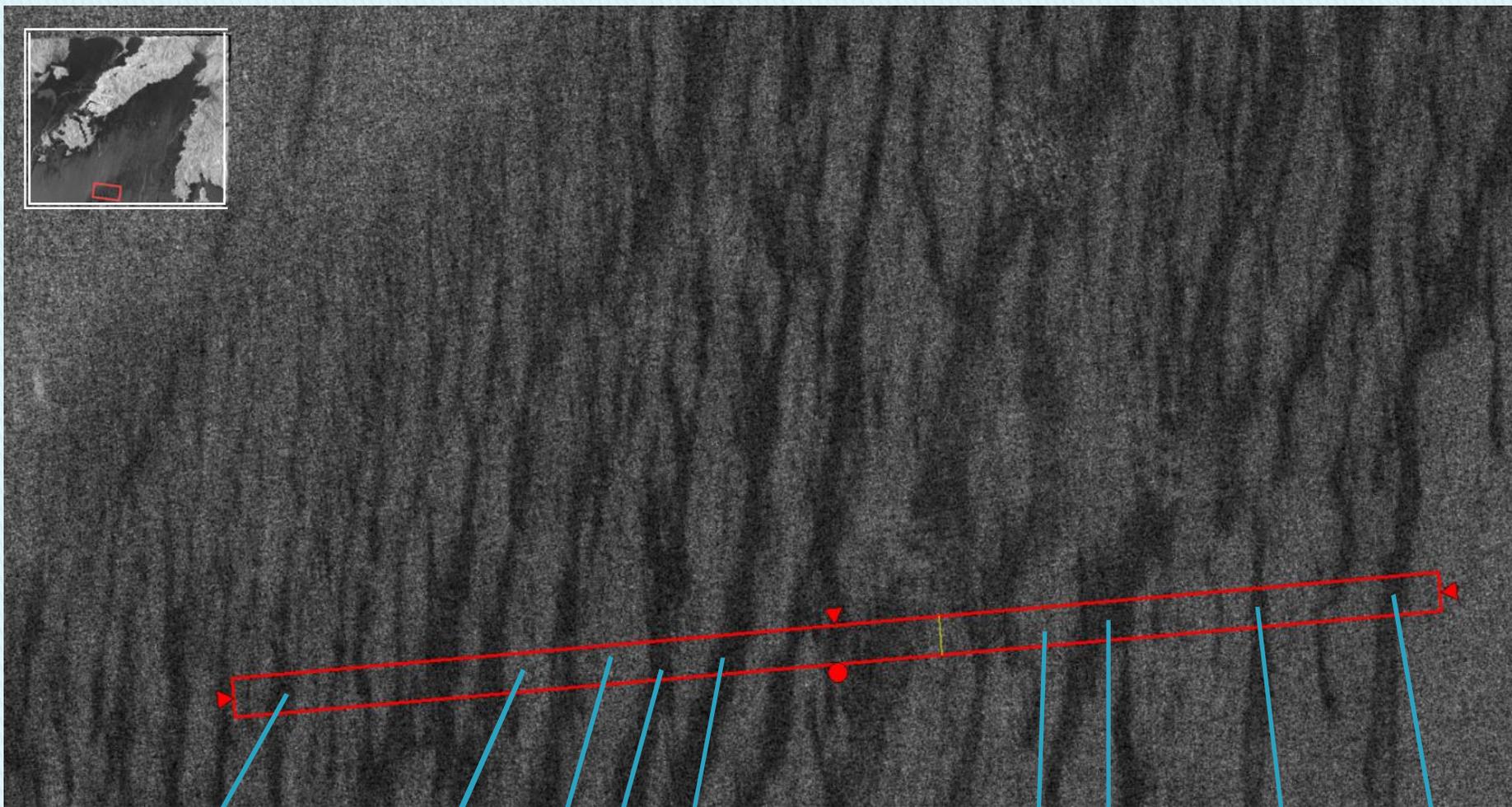




24 января
2011 г.

- 1 – гладкий лед
- 2 – открытая вода
- 3 – ледяное сало

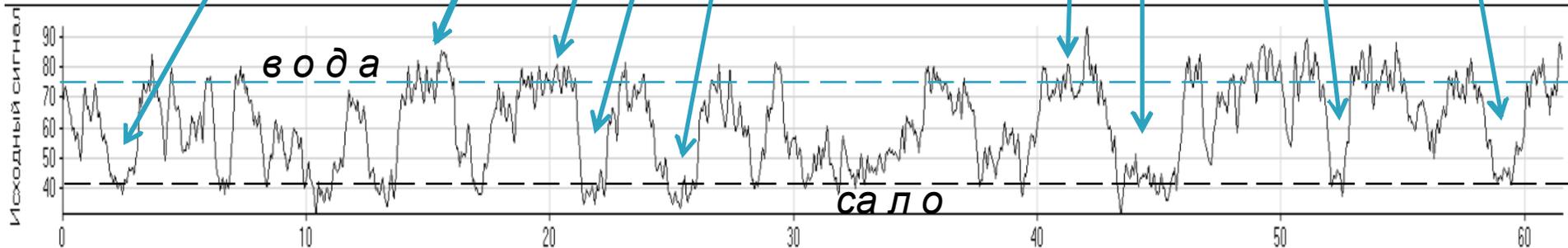




0 км #0

1232

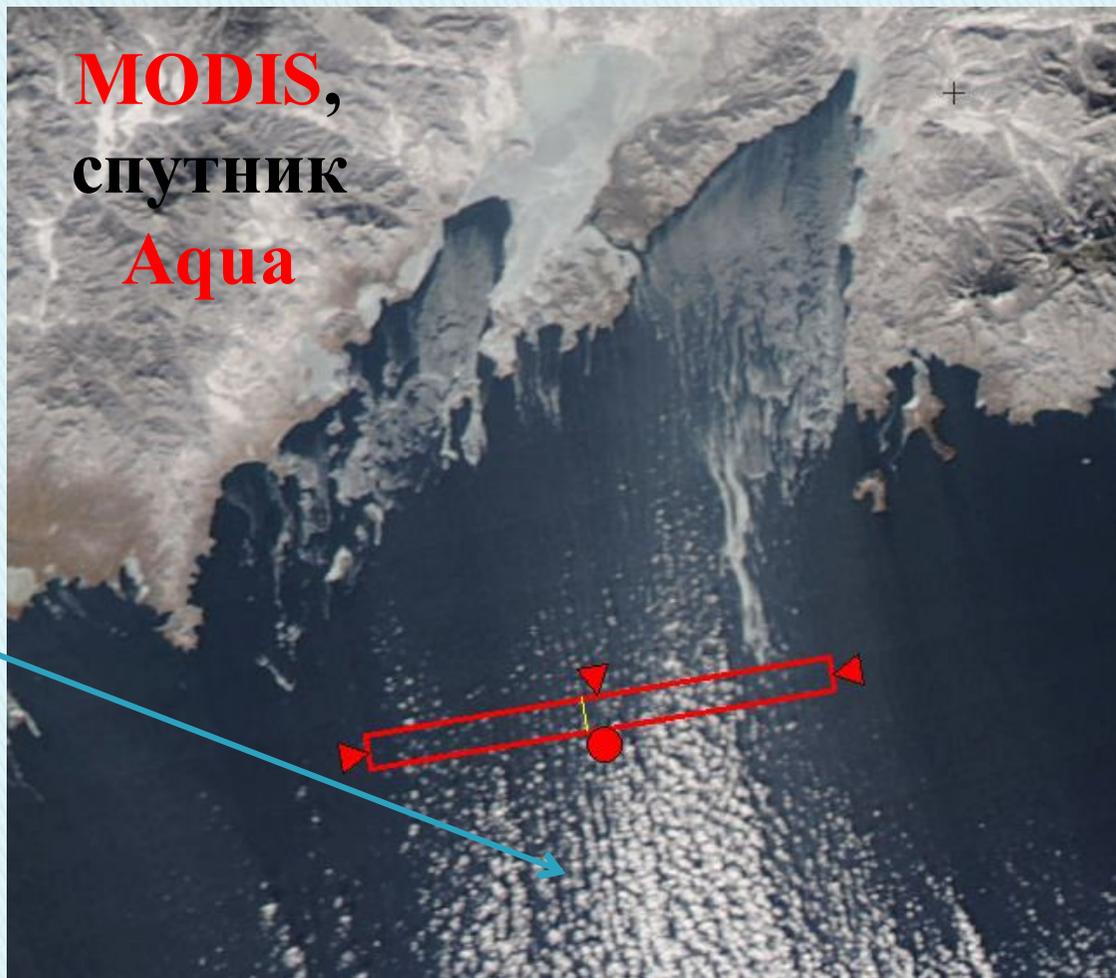
62 км #1231



24 января
2011 г.

MODIS,
спутник
Аква

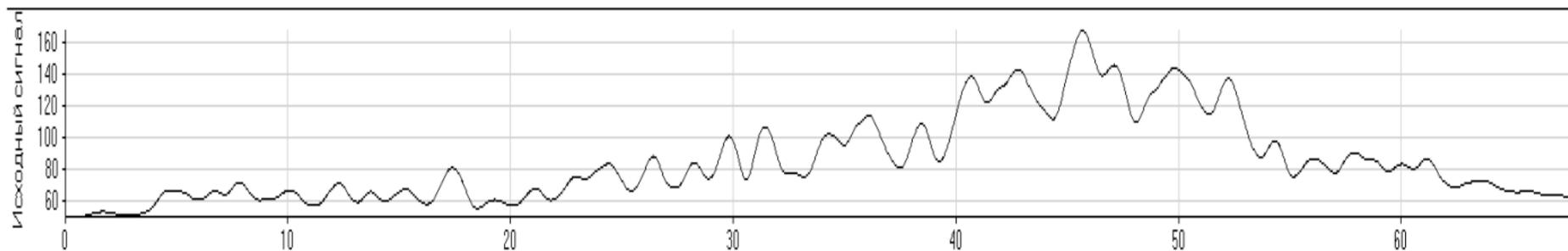
Валиковая конвекция в
пограничном слое



0 км #0

272

68 км #271



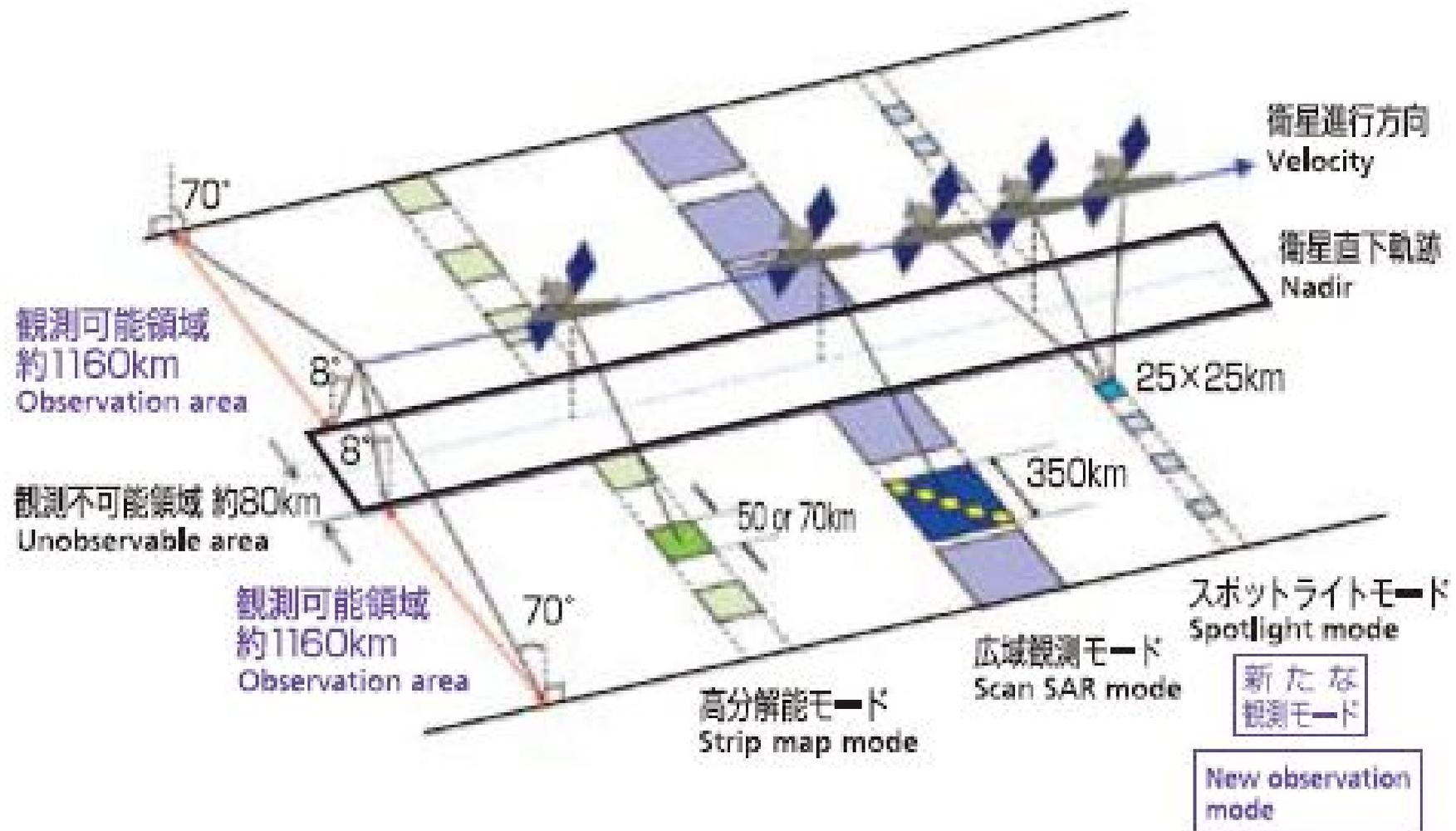


*Ледяной покров в проливах Санникова и Этерикан на изображениях РСА на ГГ-поляризации (а) и ГВ- поляризации (б), полученных со спутника **Sentinel-1A** 23 октября 2013*

SAR観測モードと観測可能範囲

SAR observation mode and range

ALOS-2



「ALOS-2」概観図
Overview image of "ALOS-2"

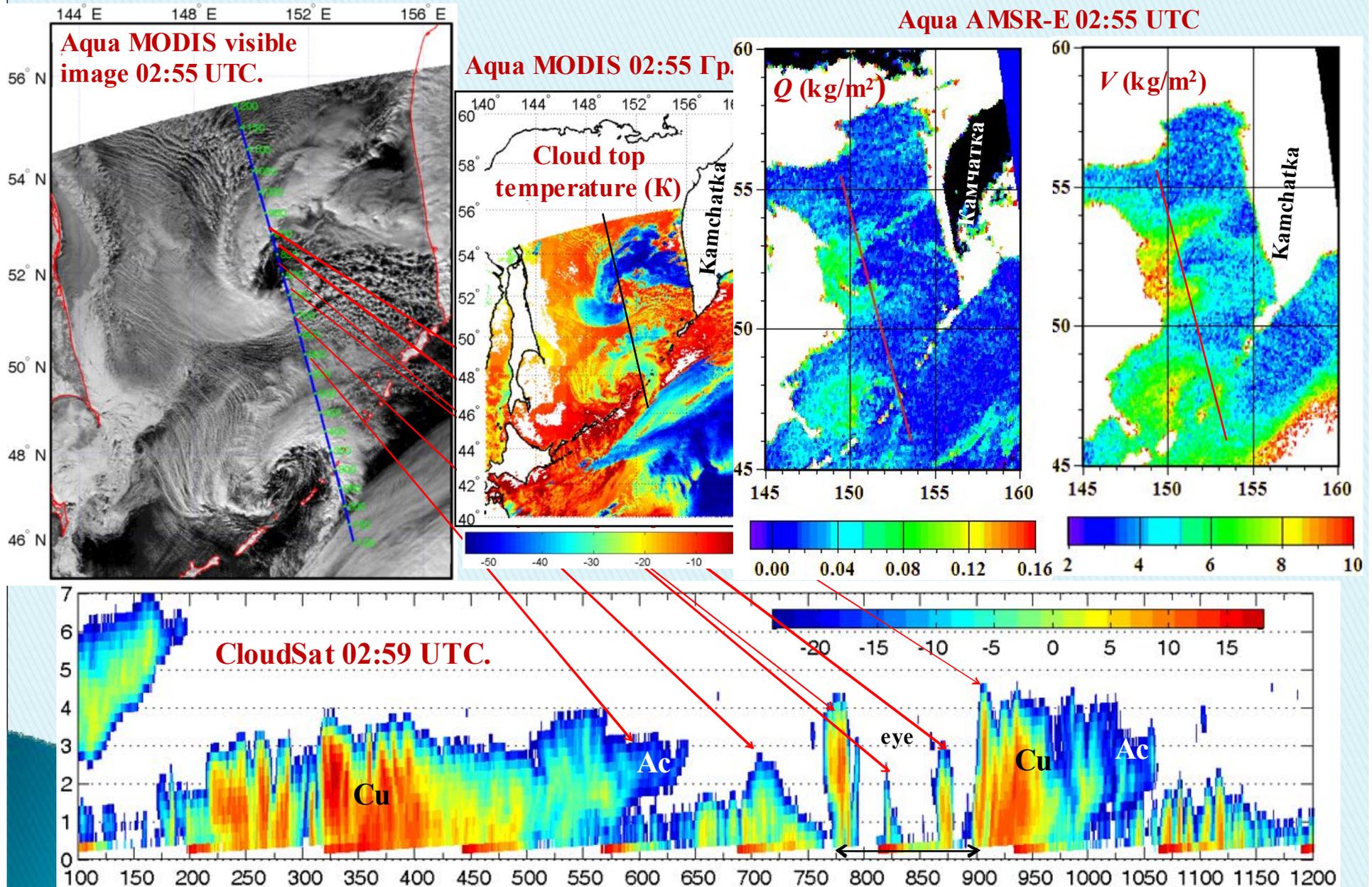


Observation mode

観測モード

スポットライト Spotlight	分解能: 1~3m Resolution	観測幅: 25km Swath
高分解能 Strip map	分解能: 3m~10m Resolution	観測幅: 50km~70km Swath
広域観測 Scan SAR	分解能: 100m Resolution	観測幅: 350km Swath
設計寿命 Design life	5年(7年目標) 5 years (Target: 7 years)	
質量 Mass	約2トン Approx. 2t	

Height of clouds: Southern MC - ~2.5-3 km, sometimes up to 4 km; Northern MC – up to 4-4.5 km.



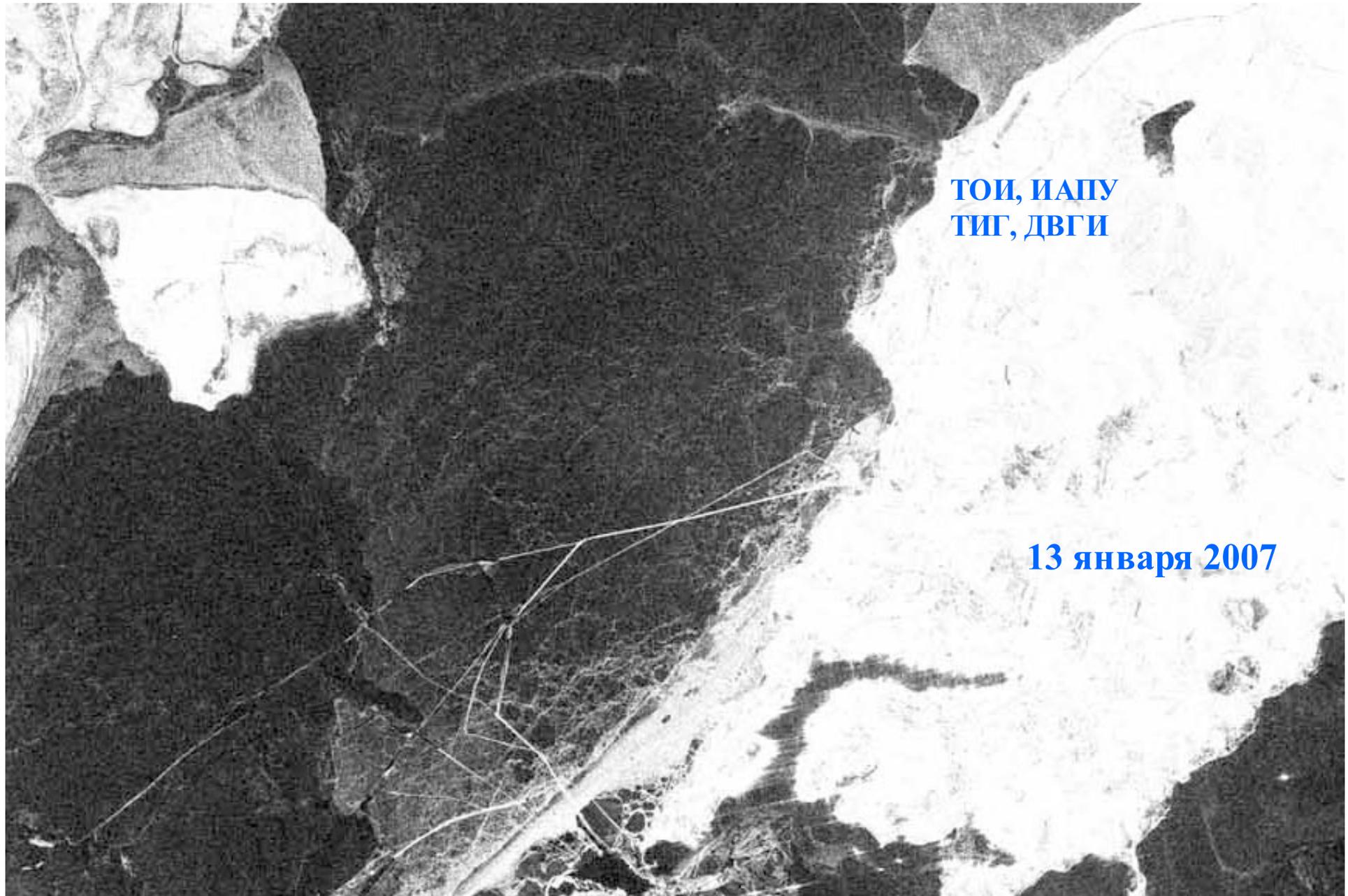
Амурский залив. Подспутниковый эксперимент.
Сотрудники лаборатории раздвигают ледяные поля перед
зондированием **PALSAR**



Трещина во льду создана. На горизонте Коврижка

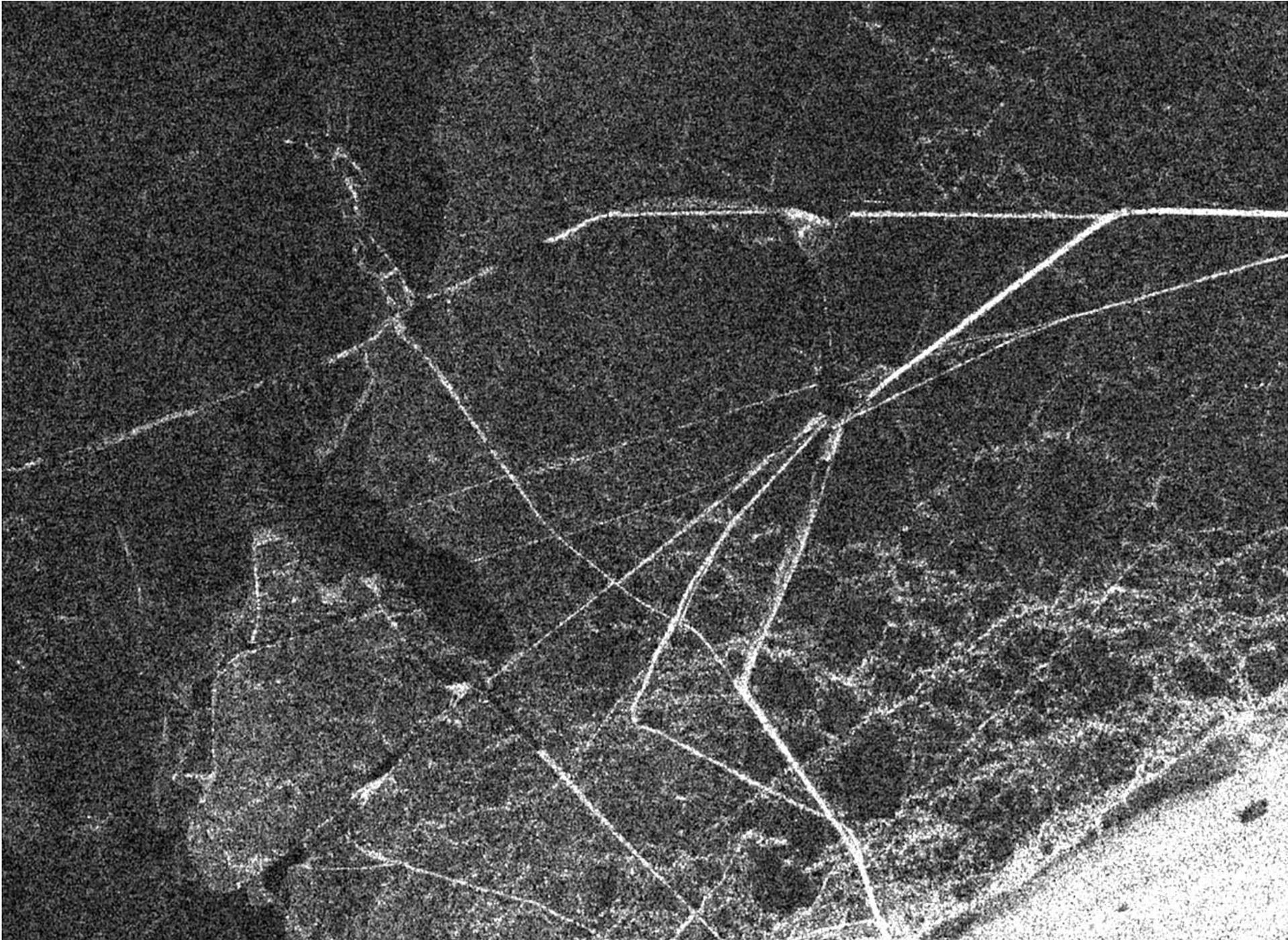


ALOS PALSAR. Лед в Амурском заливе



ТОИ, ИАПУ
ТИГ, ДВГИ

13 января 2007



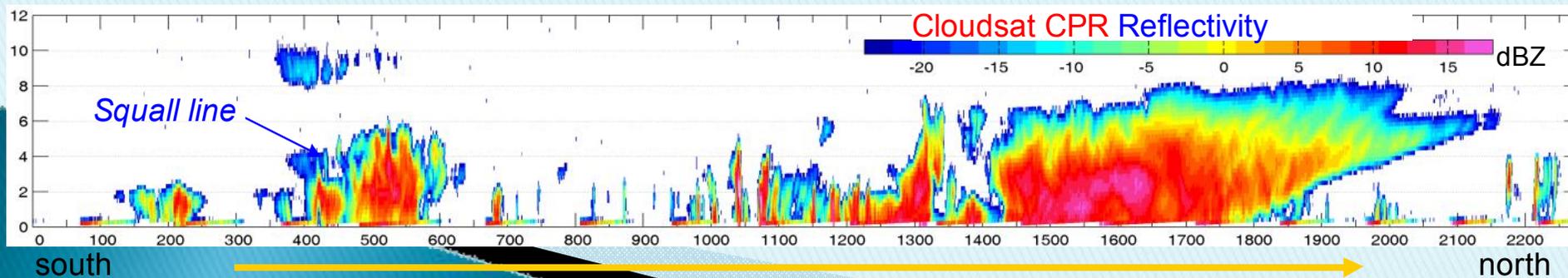
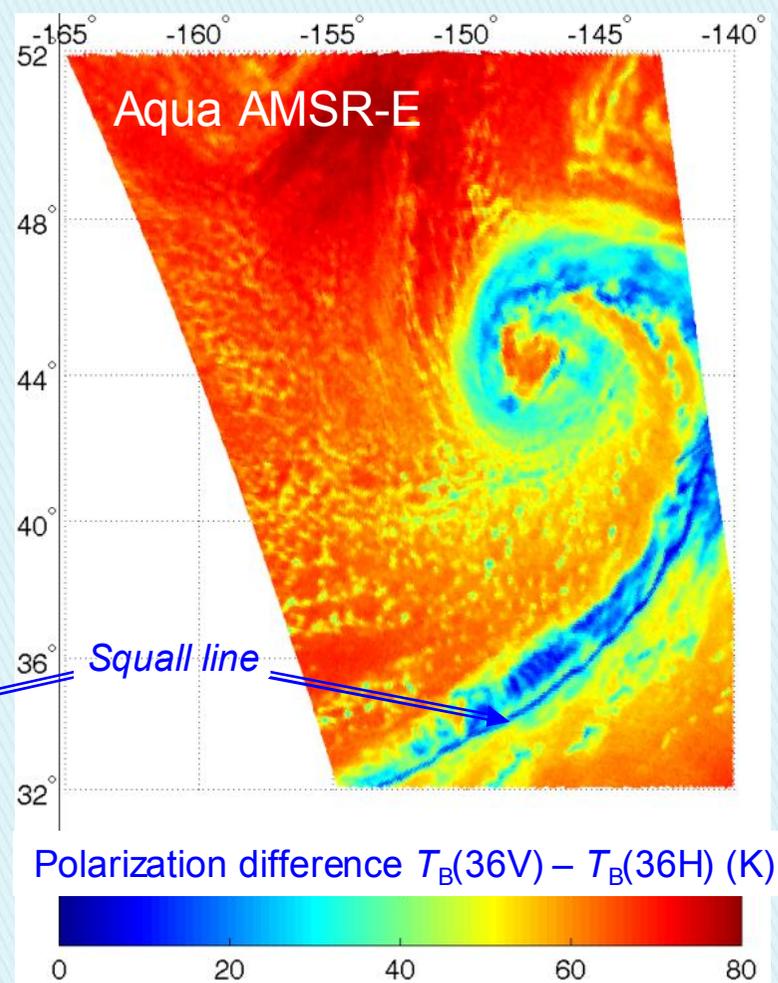
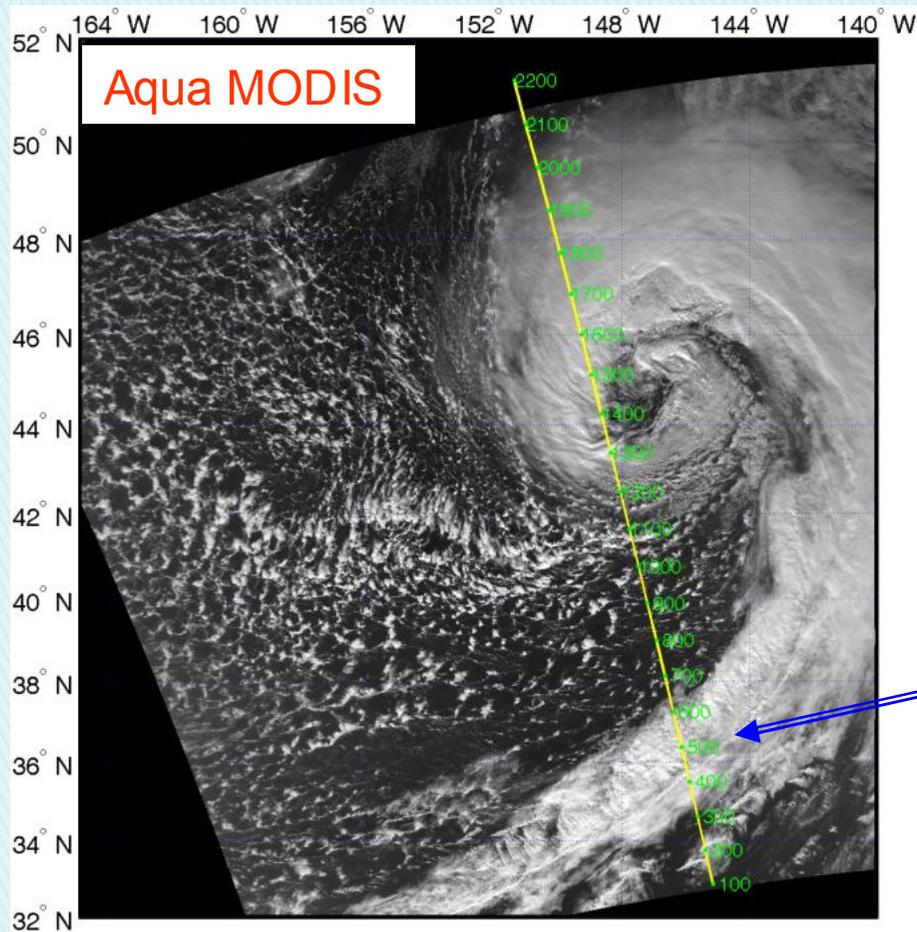
Цветы

доброжелательным и внимательным исследователям

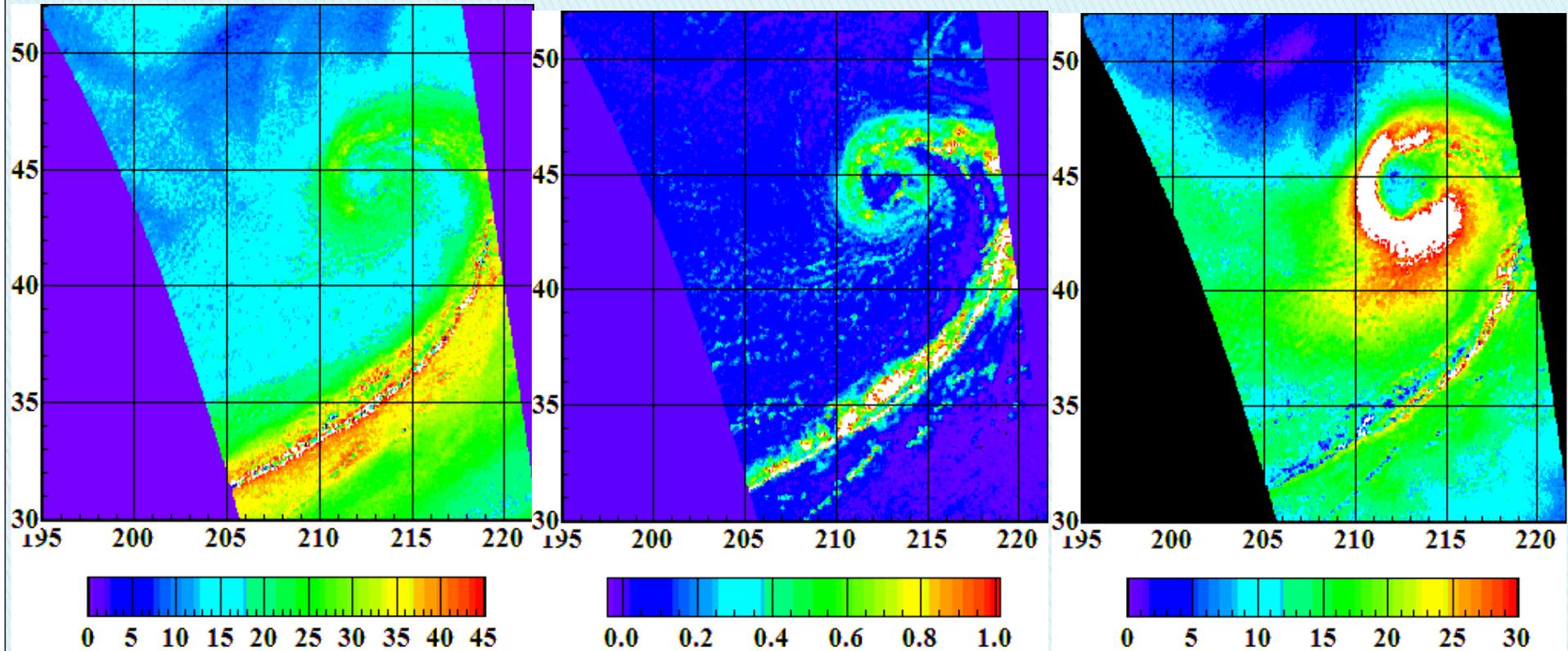
Залив Петра Великого



Extratropical cyclone. 12 February 2010



Extratropical cyclone. 12 February 2010



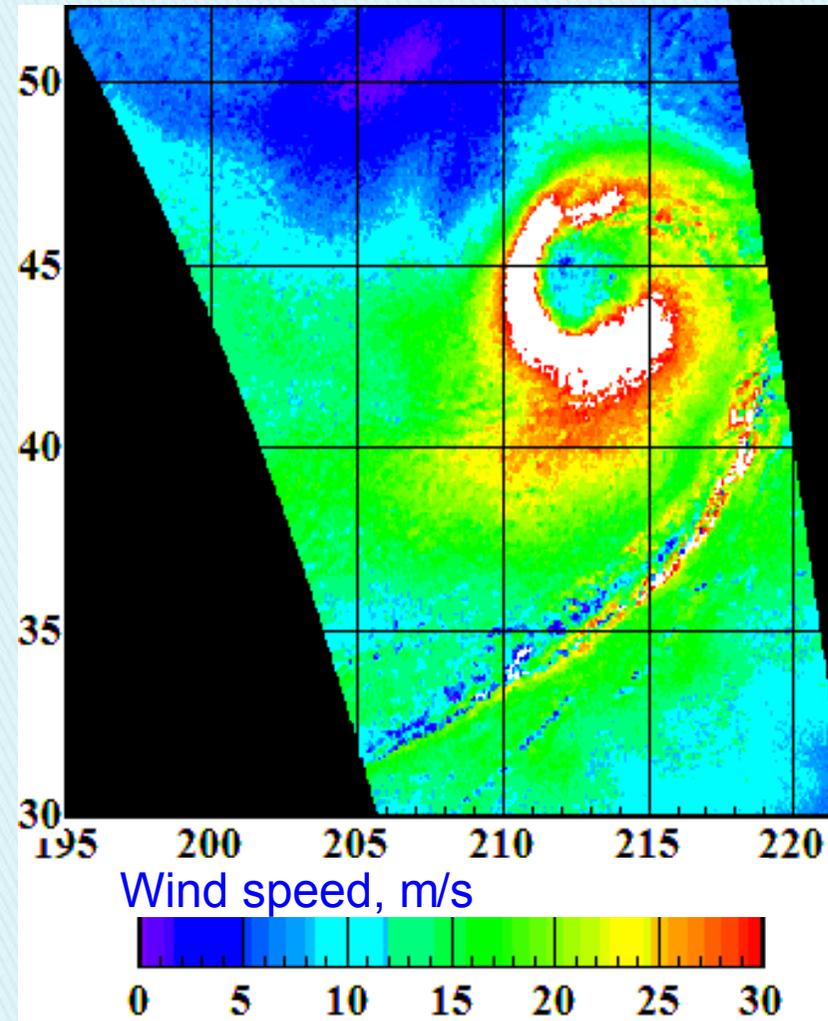
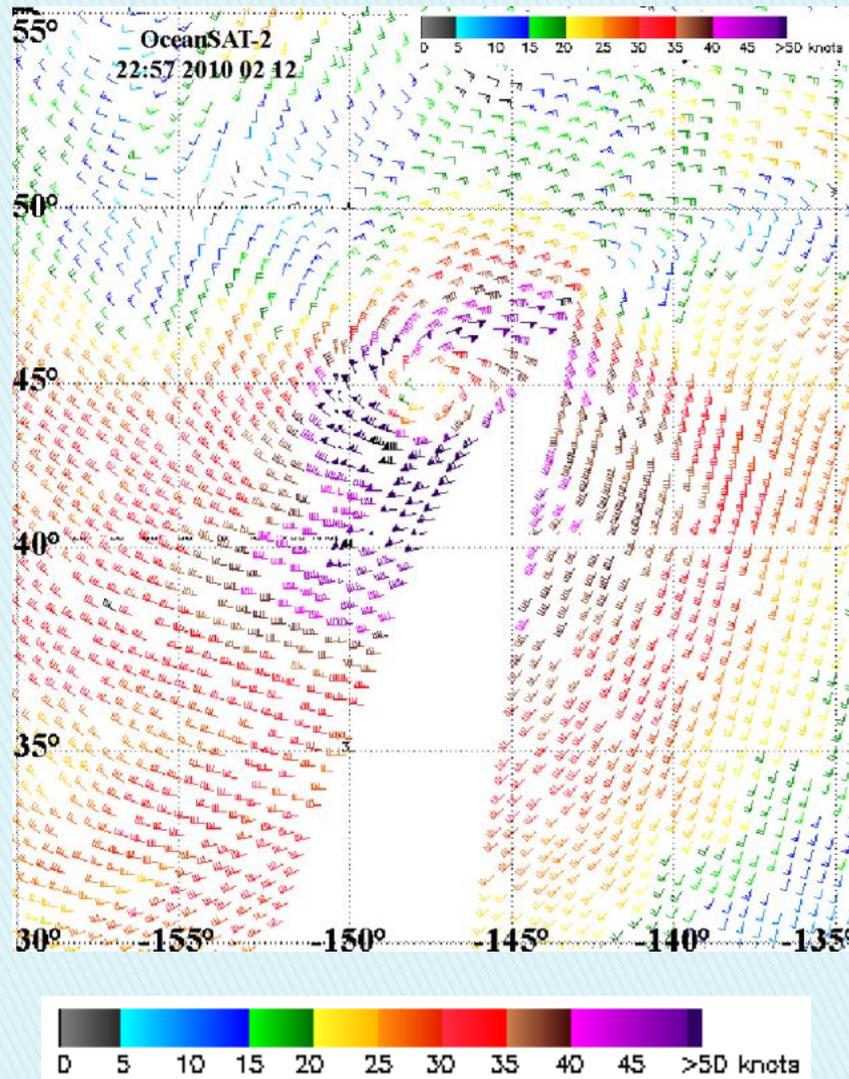
Water vapor (kg/m^2)

Cloud liquid water (kg/m^2)

Wind speed (m/s)

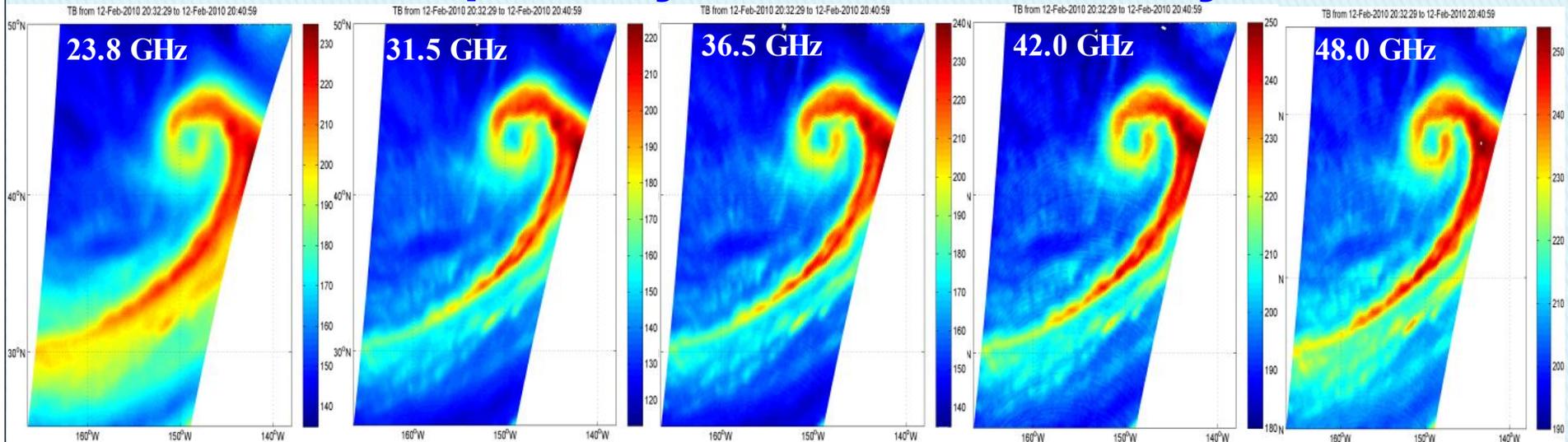
Total atmospheric water vapor content (a), total cloud liquid water content (b), and surface wind speed (c) derived from **Aqua AMSR-E** at 23:05 UTC

Extratropical cyclone. 12 February 2010

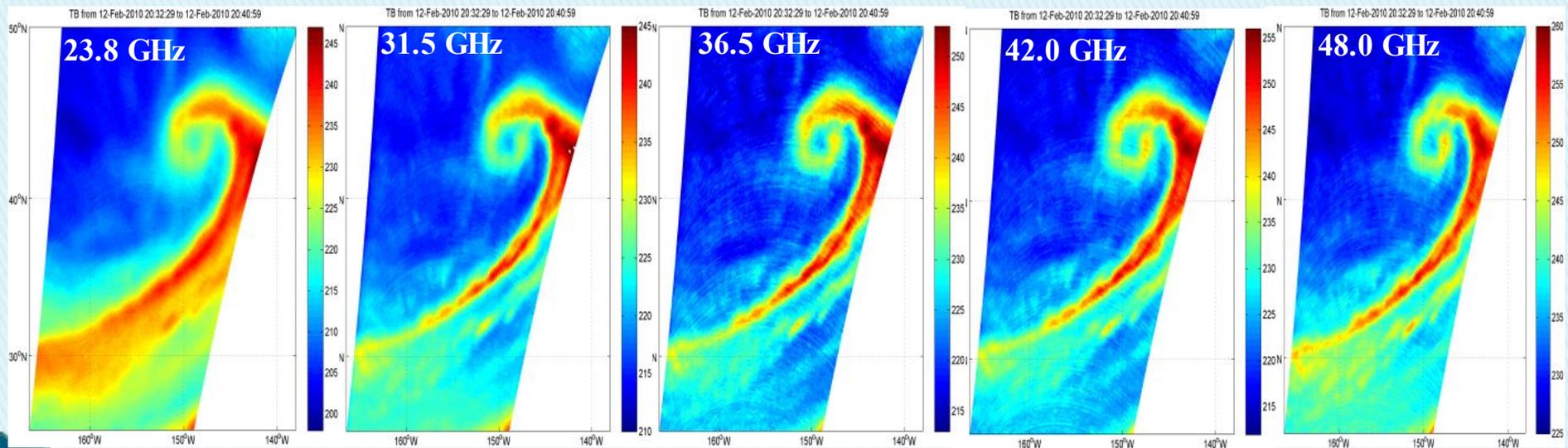


Sea surface wind speed: (a) OceanSAT-2 OSCAT at 22:57 UTC and (b) from Aqua AMSR-E at 23:05 UTC

Extratropical cyclone. 12 February 2010



Horizontal polarization



Vertical polarization

Meteor M No.1 MTVZA-GYa measurements at 20:34 UTC

Fanapi. 18 September 2010. 17:30 UTC

