

**Микроволновое зондирование Земли  
радиометром МТВЗА-ГЯ  
со спутников серии Метеор-М:  
результаты за 15 лет (2009-2024)**

*Л.М. Митник*

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток

Двадцать вторая международная конференция  
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»  
ИКИ РАН. 11 – 15 ноября 2024

**Метеор-М №1** запуск 17 сентября 2009 года.  
Солнечно-синхронная орбита высотой 830 км

Последующие запуски:

**Метеор-М №2** — 8 июля 2014 года,

Метеор-М №2-1 — 28 ноября 2017 года (аварийный),

**Метеор-М №2-2** — 5 июля 2019 года,

**Метеор-М № 2-3** — 27 июня 2023 года

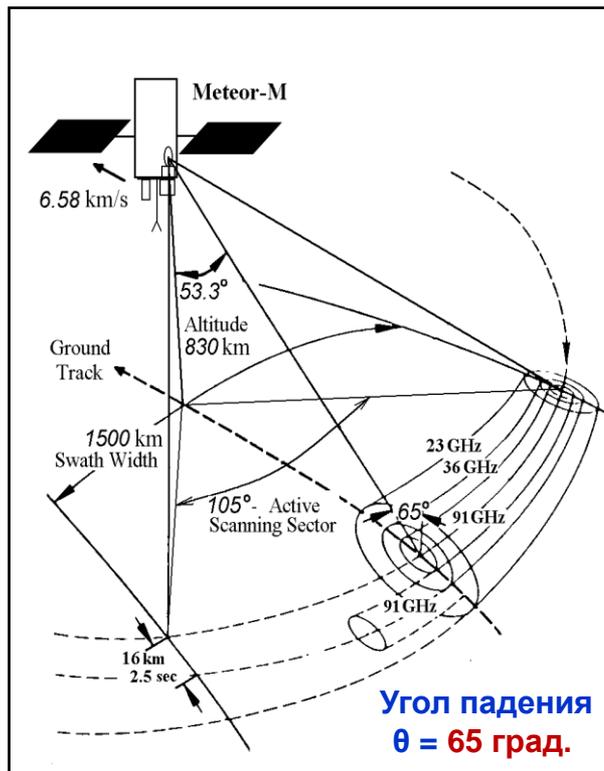
(данные поступают в ограниченном объёме) и

**Метеор-М № 2-4** — 29 февраля 2024 года.

Измерения продолжаются.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ, КАЛИБРОВКА, ВРЕМЕННАЯ И  
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЯРКОСТНЫХ  
ТЕМПЕРАТУР, СТАБИЛЬНОСТЬ, ПОМЕХИ, АЛГОРИТМЫ,  
ВАЛИДАЦИЯ, ПРИЛОЖЕНИЯ**

# Метеорологические спутники **Метеор-М № 2** и **Метеор-М № 2-2** были запущены с космодрома “Восточный” 04.07.2014 и 05.07.2019.



Частота, ГГц / поляризация	Поле зрения, км × км	Размер пикселя км×км
6.9/В,Г	133 x 297	32 x 32
10.6/В,Г	89 x 198	32 x 32
18.7/В,Г	52 x 116	32 x 32
23.8/В,Г	42 x 94	32 x 32
31.5/В,Г	35 x 76	32 x 32
36.5/В,Г	30 x 67	32 x 32
42.0/В,Г	26 x 60	32 x 32
48.0/В,Г	24 x 43	32 x 32
91.65/В,Г	14 x 30	16 x 16
52.8/ В	O1	
53.3/В	O2	
53.8/В	O3	
54.64/В	O4	
55.63/В	O5	
$\nu_0 \pm 0.1/\Gamma$	O6	$\nu_0 = 57,290344 \pm 0,322$ ГГц
$\nu_0 \pm 0.05/\Gamma$	O7	
$\nu_0 \pm 0.025/\Gamma$	O8	
$\nu_0 \pm 0.01/\Gamma$	O9	
$\nu_0 \pm 0.005/\Gamma$	O10	
183.31±.0/В	H1	Водяной пар
183.31±3.0/В	H2	
183.31±1.4/В	H3	

**МТВЗА-ГЯ** - Микроволновый Температурно-Влажностный Зондировщик Атмосферы

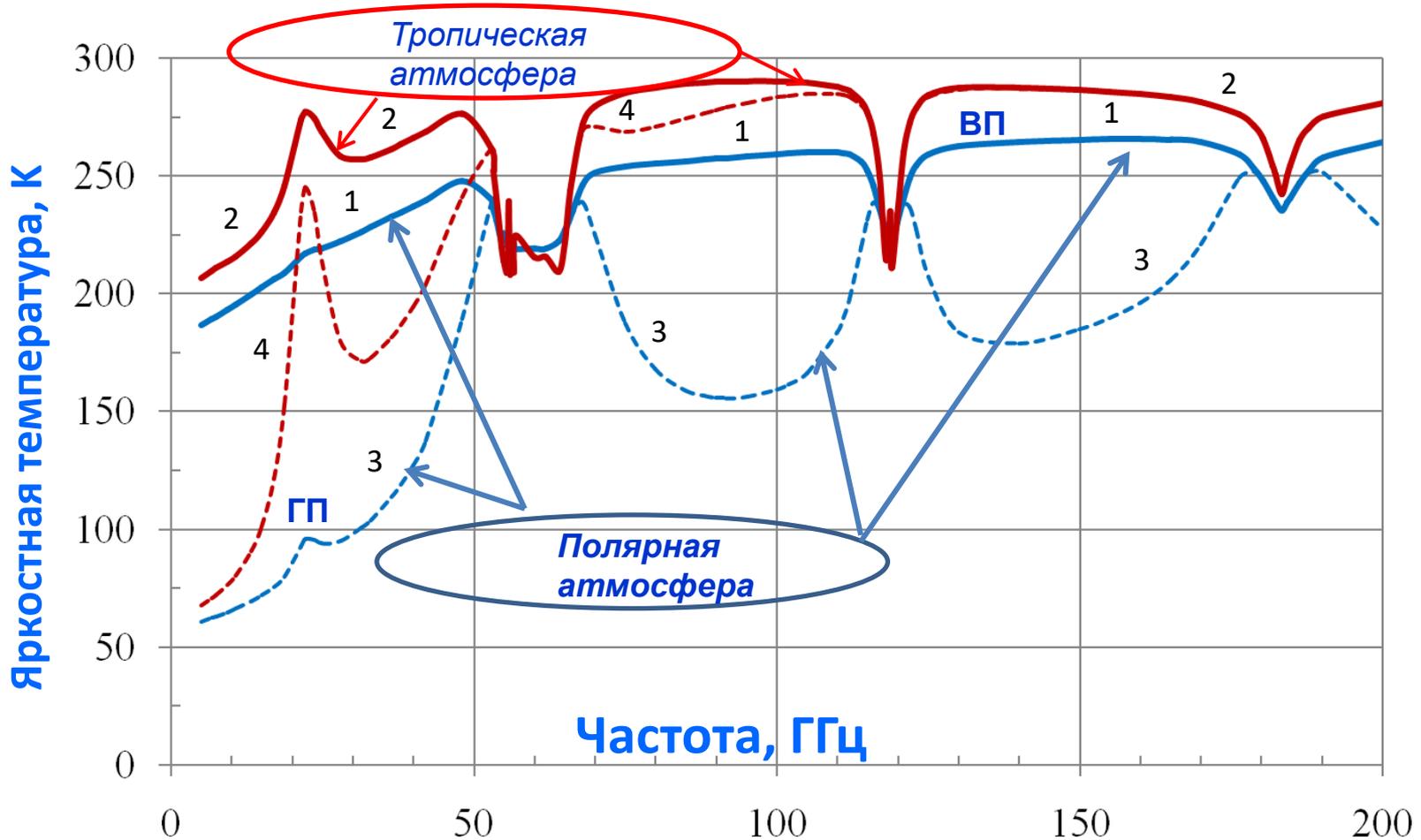
Ширина полосы обзора **2500** км на восходящих витках и 1500 км на нисходящих из-за затенения солнечными панелями.

Чувствительность каналов радиометра в космосе  $\approx 0,3-0,5$  К/пиксель.

Яркостная температура системы безоблачная атмосфера – океан на вертикальной (сплошные линии 1, 2) и горизонтальной (пунктирные линии 3, 4) поляризациях при  $\theta = 65^\circ$ , по судовым радиозондам:

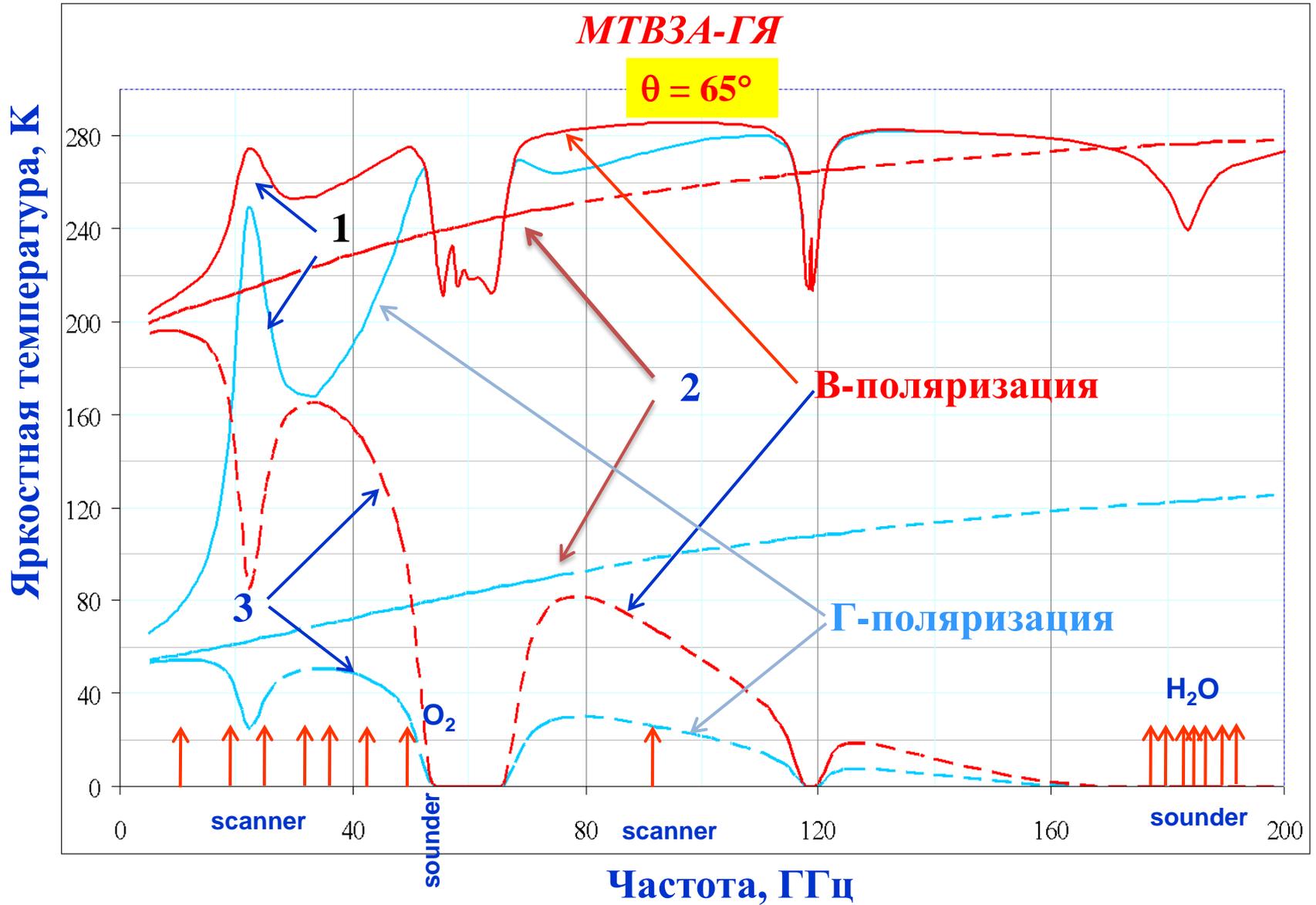
1 и 3 – сухая полярная атмосфера:  $V = 3,7 \text{ кг/м}^2$ , ТПО =  $3,7^\circ \text{ С}$ ,  $W = 2 \text{ м/с}$

2 и 4 – **влажная тропич. атмосфера**:  $V = 51,0 \text{ кг/м}^2$ , ТПО =  $30,8^\circ \text{ С}$ ,  $W = 2 \text{ м/с}$

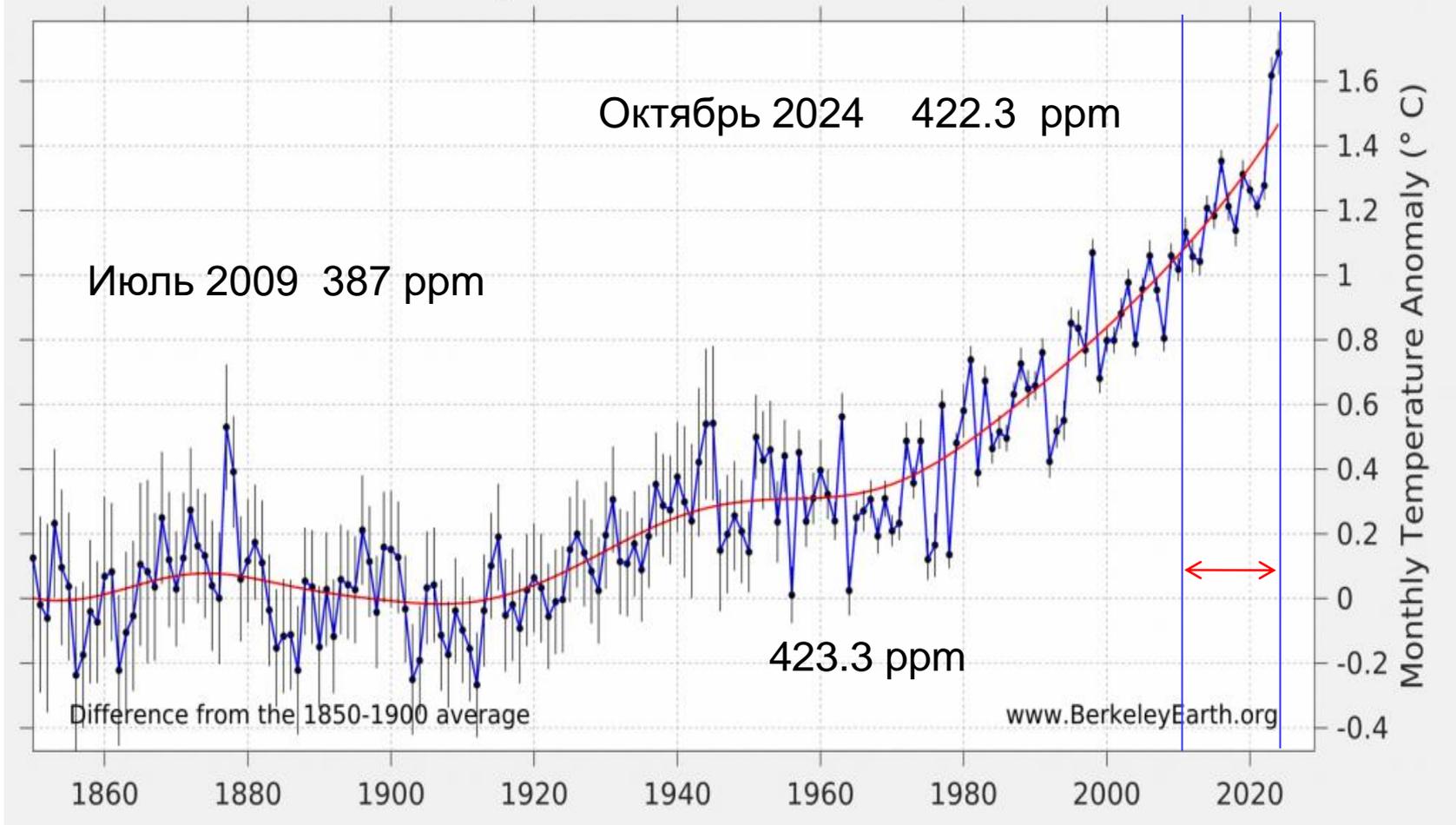


При калибровке используются расчетные Тя над тестовыми областями

Спектры яркостной температуры системы океан-атмосфера (*кривые 1*) и океана на нижней  $T_{\text{Яокеан}} = \kappa T_s$  (*кривые 2*) и верхней  $T_{\text{Яокеан}} = \kappa T_s [\exp(-\tau \sec \theta)]$  (*кривые 3*) границах атмосферы. ТПО = 28°C,  $W = 5 \text{ м/с}$ ,  $V = 55 \text{ кг/м}^2$ ,  $Q = 0.0 \text{ кг/м}^2$

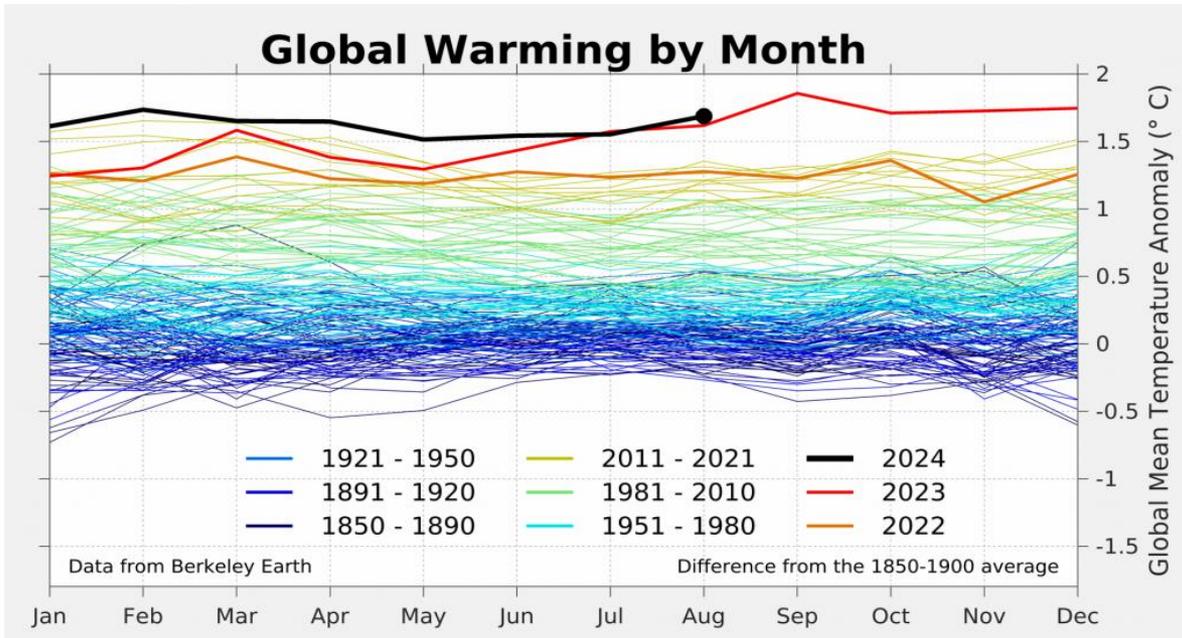


## Berkeley Earth - Global - August

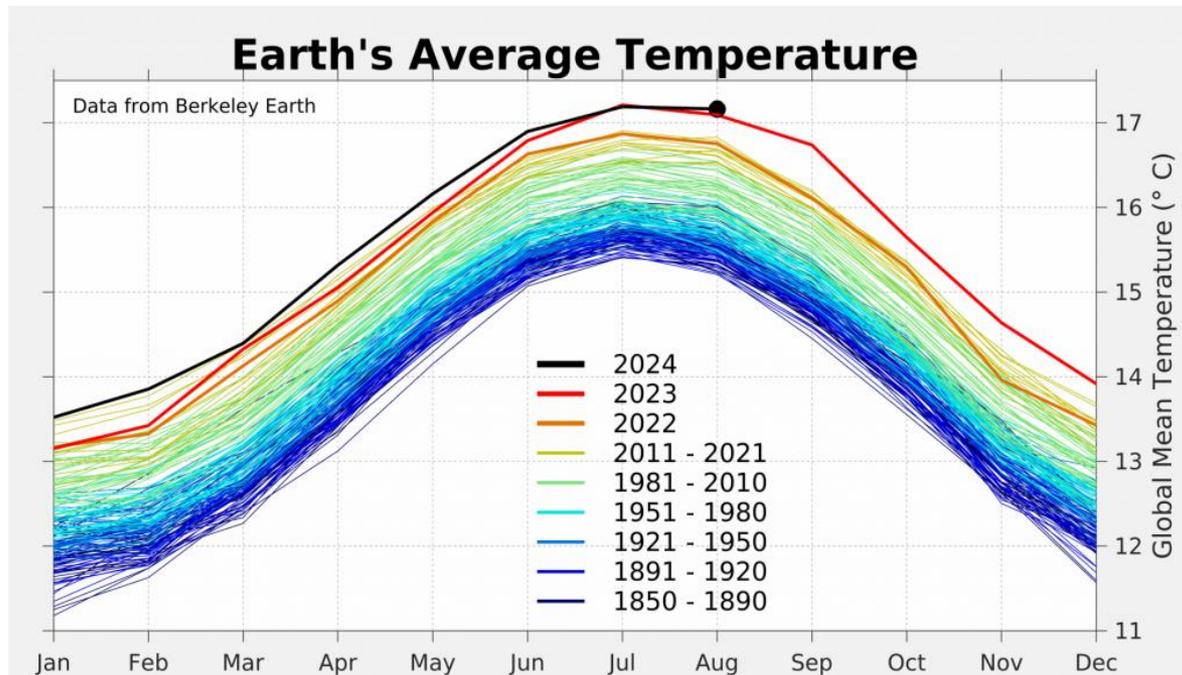


**Август 2024 года - пятнадцатый месяц подряд, в котором был установлен или превышен месячный рекорд глобальной температуры, причем многие месяцы установили новые рекорды с большим отрывом. Август 2024 года стал 14-ым месяцем подряд, когда температура была, по крайней мере, на  $1,5^{\circ}$  C выше, чем соответствующая среднемесячная температура 1850-1900 годов.**

# Временная изменчивость

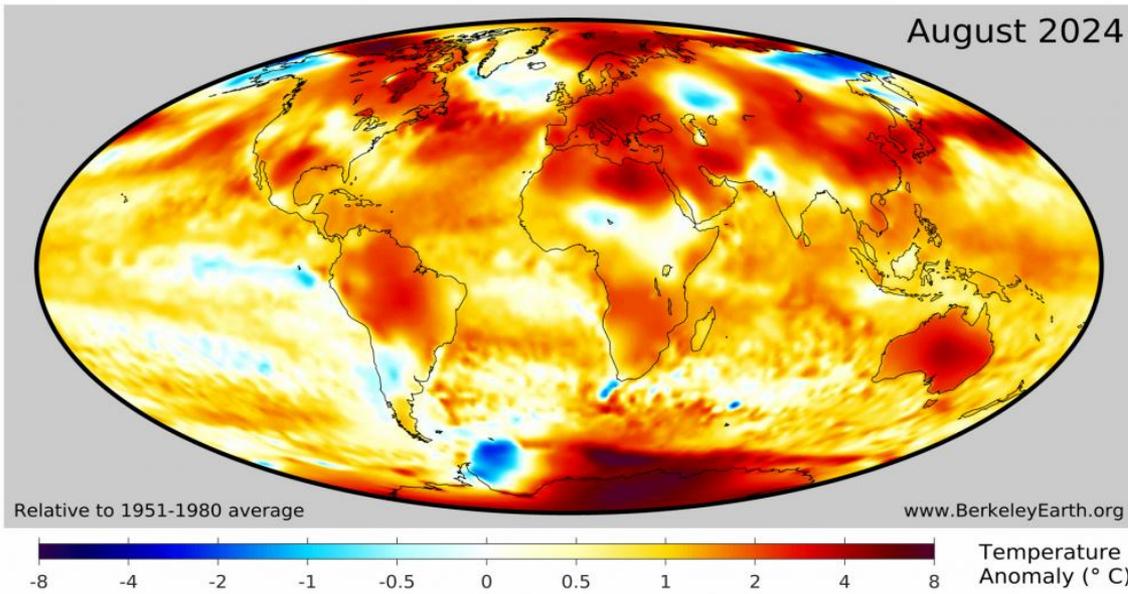


Поскольку средняя глобальная температура Земли имеет сезонный цикл, пик которого приходится на лето в Северном полушарии, *июль и август этого года являются одними из самых теплых месяцев за всю историю прямых измерений.*

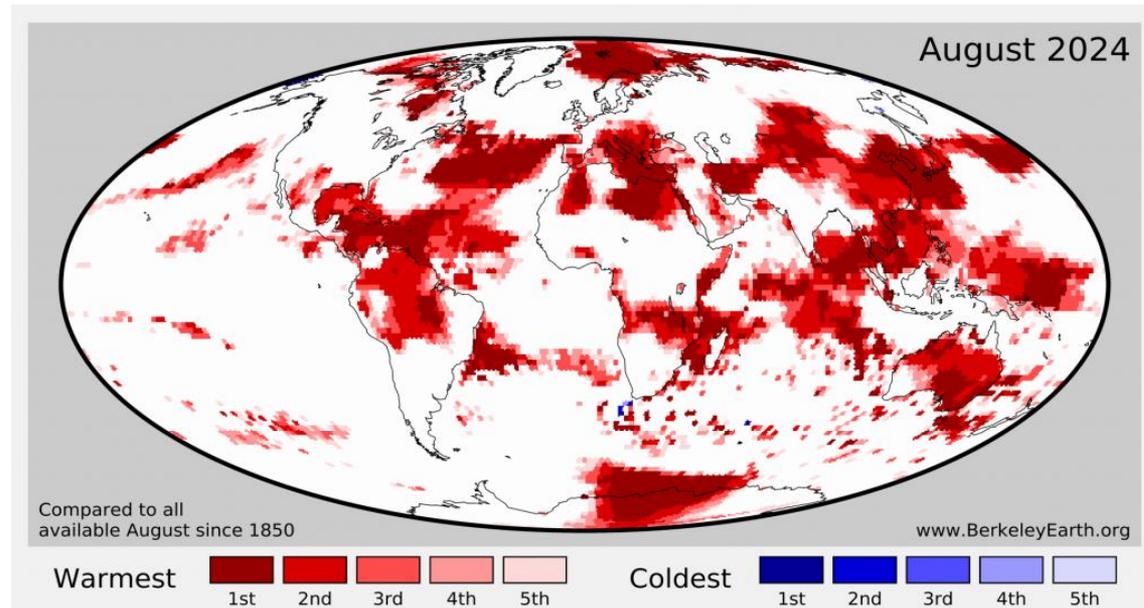


Средняя глобальная температурная аномалия в августе 2024 года была значительно теплее, чем в июле 2024 года, но все же прохладнее, чем с января по апрель.

# Пространственная изменчивость



В августе 2024 года сохранилась тенденция потепления, но с рядом важных исключений. Особенно теплые условия наблюдались в некоторых районах Азии, Северной Африки, Южной Европы Австралии, Антарктиды, Северной Атлантики и Индийского океана.



Эль-Ниньо продолжавшееся около года, завершилось в июне 2024 года. Официальное объявление о завершении Эль-Ниньо было сделано NOAA в начале июня 2024 года. В августе условия в экваториальной части Тихого океана нейтральны и имеют тенденцию к похолоданию..

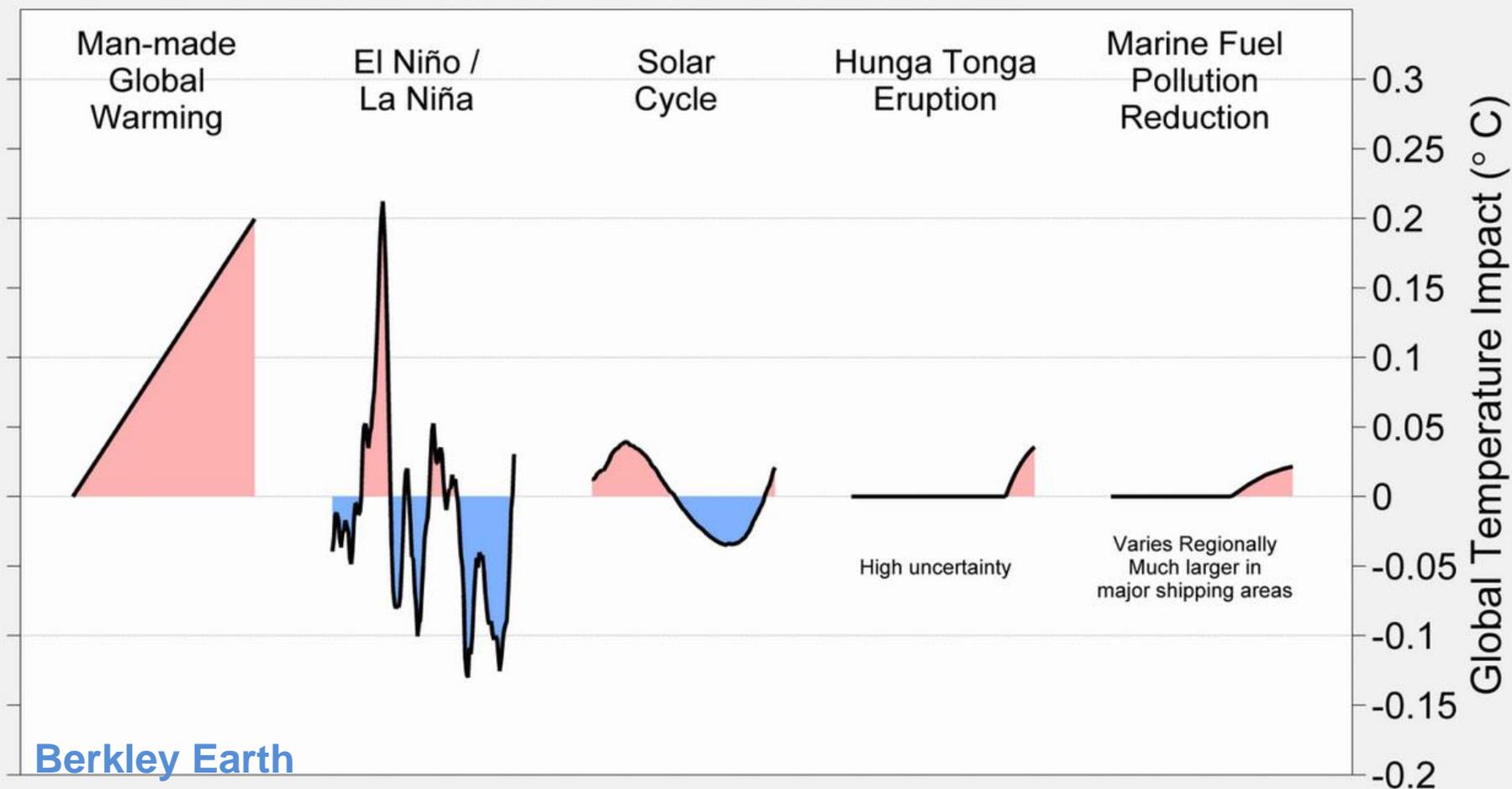
30.11 - 12.12 2023, Дубай, ОАЭ. 11.11-22.11 2024, Баку, Азербайджан

**Конференции ООН по изменению климата COP28 и COP29.**

28-я и 29 конференции участников *Рамочной конвенции ООН по изменению климата.*

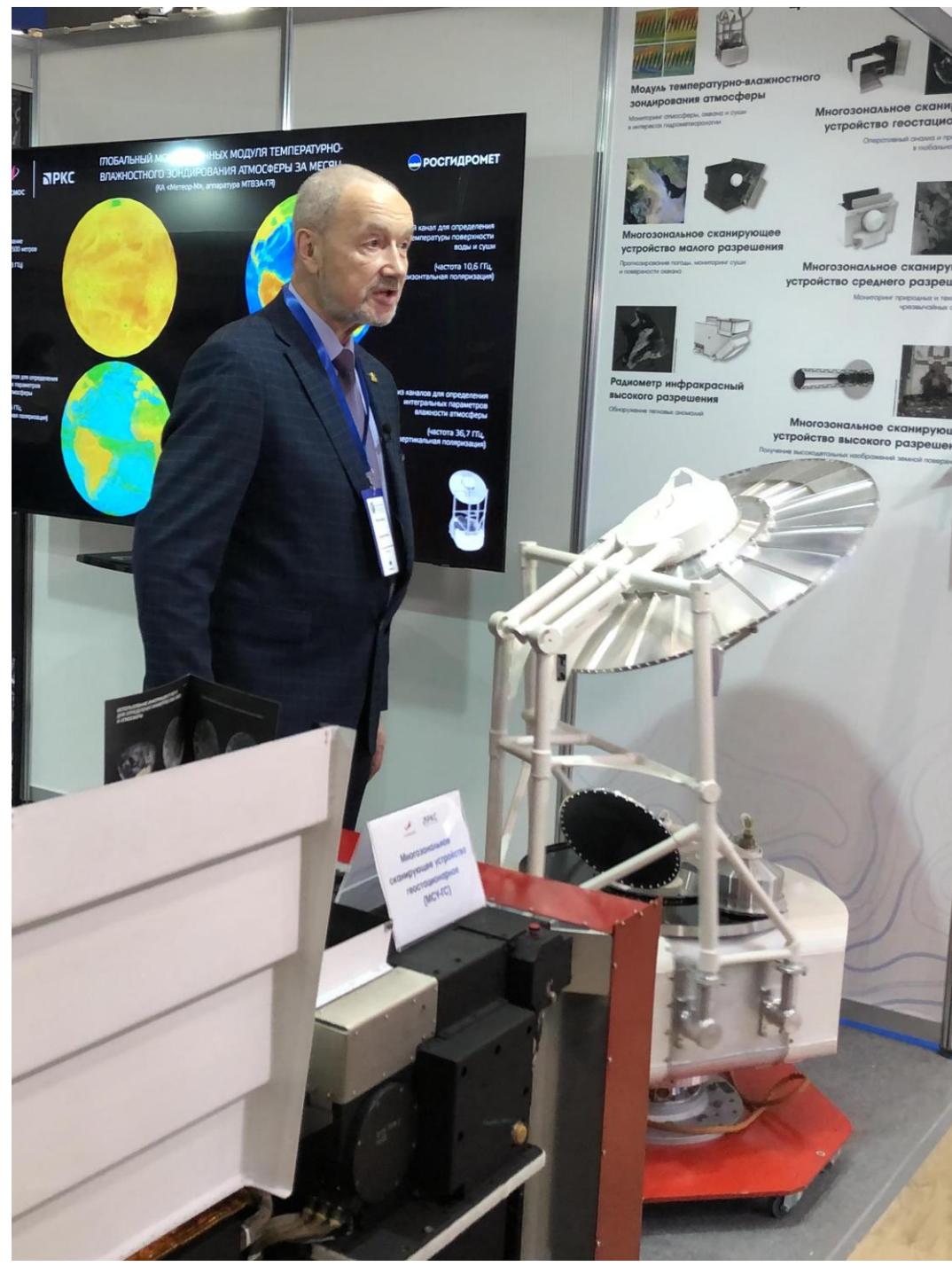
**Соглашение по сокращению потребления ископаемого топлива.**

Factors Contributing to Global Temperature Change - Last 10 Years

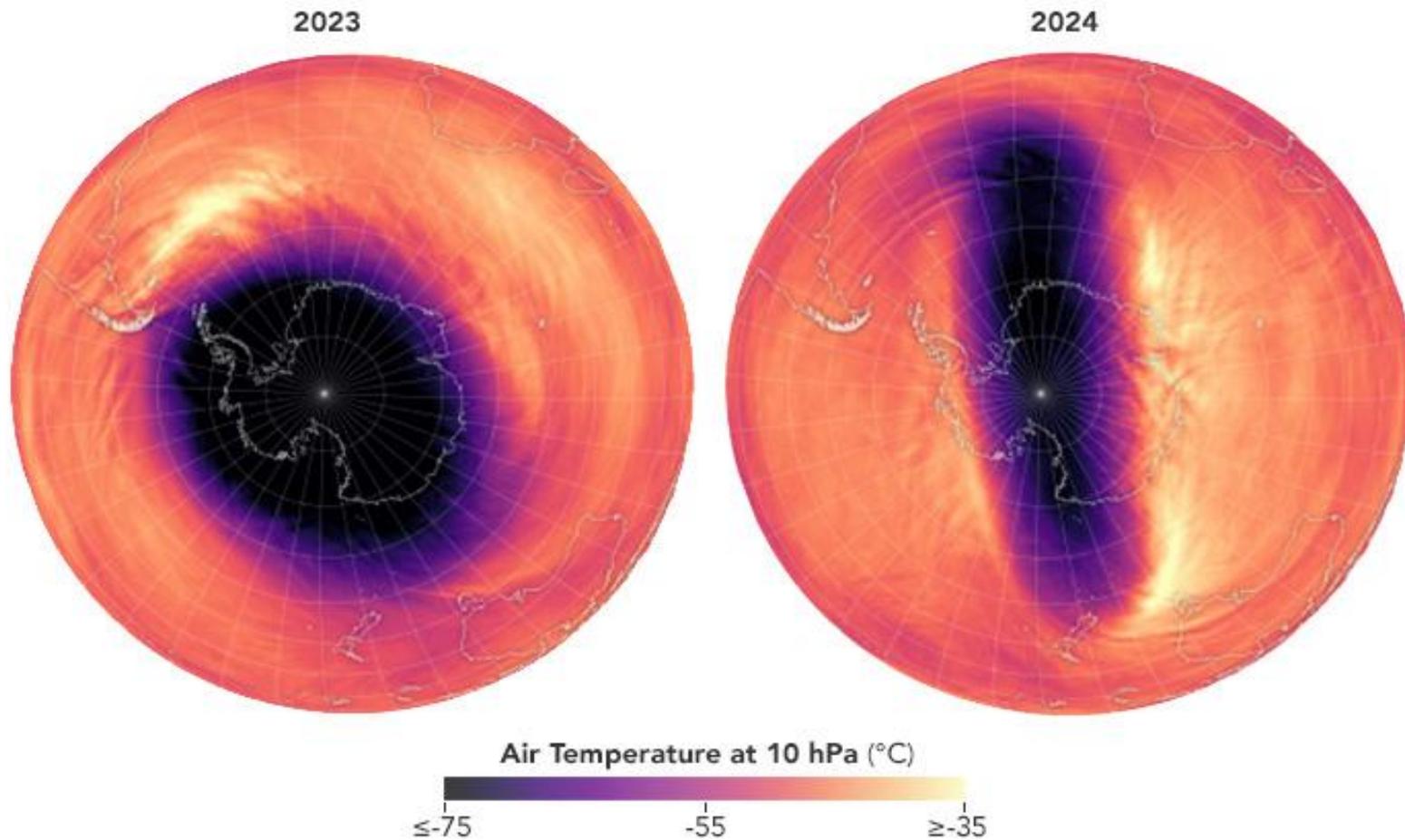


Игорь Александрович Барсуков на выставке в Санкт-Петербурге 29 октября 2024 года.

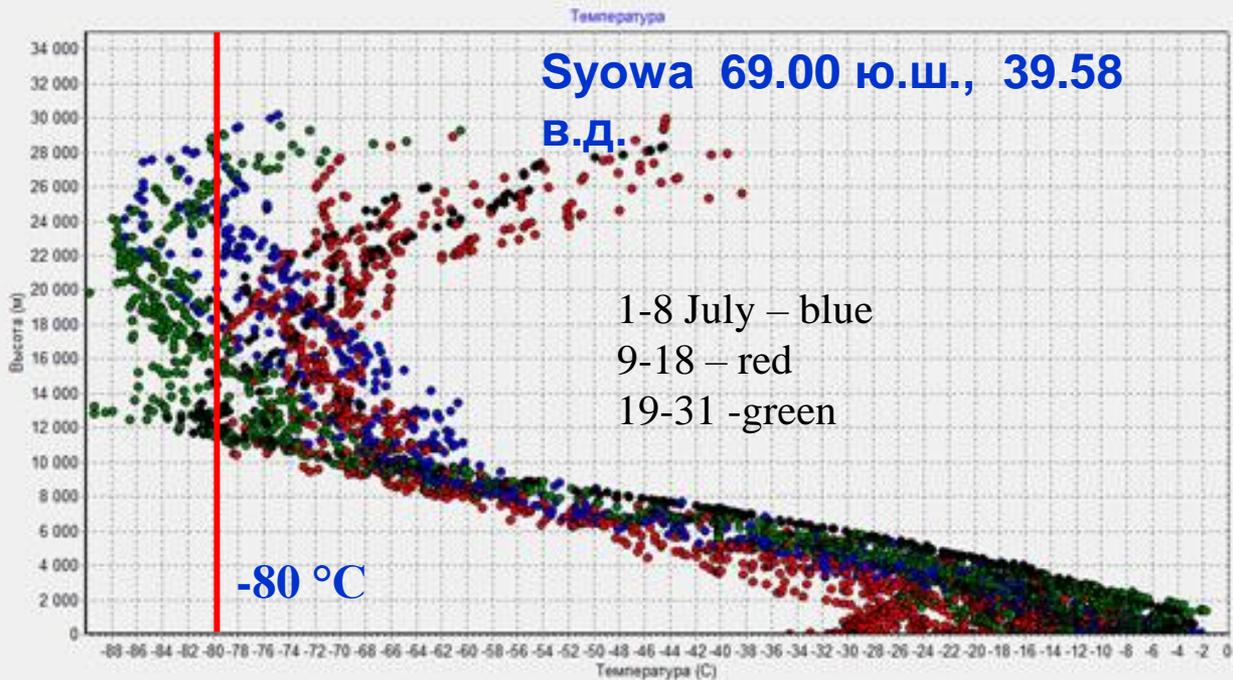
Радиометр **МТВЗА-ГЯ** для спутника **Метеор-М №2-4** и примеры экспериментальных данных



- В июле-августе 2024 обнаружен резкий рост температуры стратосферы (NASA). В июле обычно температура стратосферы над Антарктидой около  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако 7 июля температура на высоте  $\approx 30\text{ км}$  (10 гПа) возросла на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . К 22 июля она понизилась, а 5 августа поднялась на  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Внезапное стратосферное потепление (ВСП) представляет собой явление, при котором температура полярной стратосферы за несколько дней возрастает на десятков градусов (вплоть до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- ВСП называется “главным”, если на уровне 10 гПа (30–32 км) средний зональный поток в полярных широтах (к северу или к югу от  $60^{\circ}$  или ниже) меняет направление на противоположное, и “малым», если направление потока не меняется.
- В Южном полушарии потепления происходят редко. Главными ВСП были потепления в сентябре 2002 и сентябре 2019 г. При потеплении над Антарктидой полярный вихрь удлинился и ослабел. Рекордное потепление в стратосфере в июле 2024 года повлияло на полярный вихрь, глобальные погодные условия и уровень озона во всем Южном полушарии.



**Температуры средней стратосферы на высоте  $\approx 30$  км (давление 10 гПа) за 5 августа 2023 года (слева) и 5 августа 2024 года (справа). В 2024 г. полярный вихрь удлинён и температура вблизи от полюса выше. Поля температуры построено по модели NASA GEOS forward processing (GEOS-FP). Модель ассимилирует спутниковые, самолетные и наземные наблюдения.**

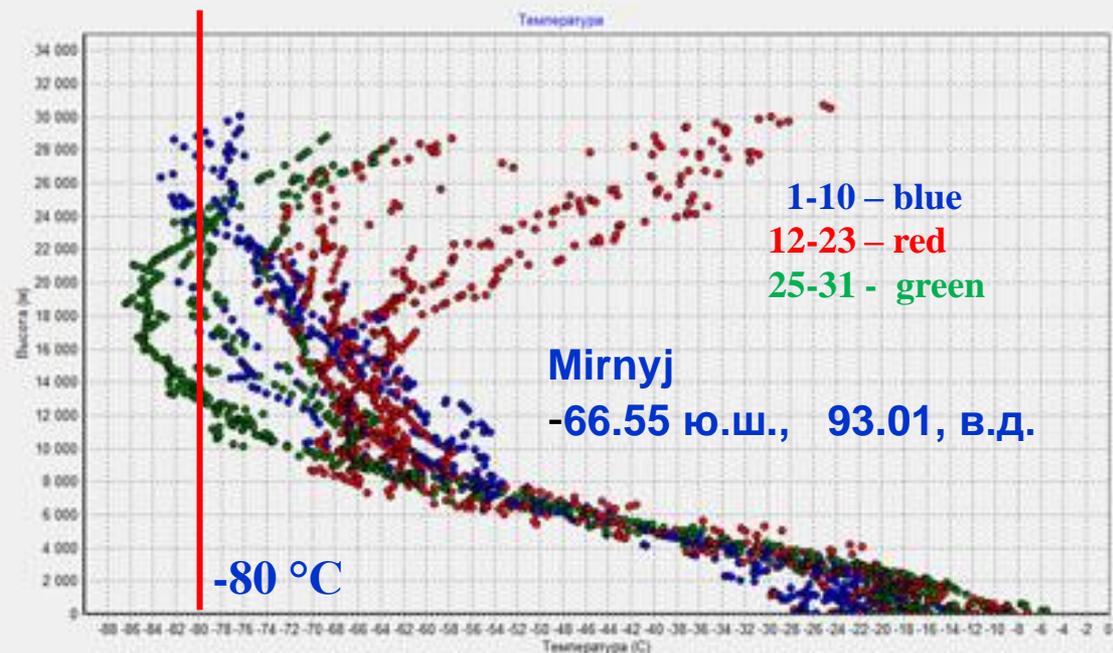


**Потепление**  
стратосферы над  
Антарктидой в июле  
**2024 года** по  
данным радиозондов,  
выпущенных на  
станциях **Syowa** и  
**Мирный**

### Станции радиозондирования атмосферы на побережье Антарктиды

89532	-69.00	39.58	21	Syowa
89571	-68.57	77.97	22	Davis
89592	-66.55	93.01	40	Mirnyj
89664	-77.85	166.66	10	McMurdo
89611	-66.28	110.52	42	Casey
89009	-90.00	0.00	2835	Am-Scott
89564	-67.60	62.88	16	Mawson

На станции **Syowa** в конце июля  
видна вторая волна потепления.  
**Mirnyj** и **Davis** - вторая волна  
наступает позже.



**Изменчивость температуры тропосферы, стратосферы и поверхности Антарктиды была прослежена по микроволновым радиометрическим измерениям со спутника **Метеор-М №2-4**.**

*(Спутник был выведен на солнечно-синхронную орбиту высотой 830 км 29 февраля 2024 года).*

**Временные ряды ежедневных изображений Южной полярной области на частотах усовершенствованного радиометра **МТВЗА-ГЯ** (40 каналов в диапазоне частот от 6,9 до 190 ГГц) визуализируют изменчивость:**

- температуры различных слоев тропосферы и стратосферы,**
- содержания в атмосфере водяного пар, воды и ледяных частиц в циклонах и атмосферных реках и**
- ледяного покрова вокруг континента.**

При обработке, анализе и интерпретация спутниковых данных используется модель переноса излучения в системе атмосфера- поверхность. Яркостные температуры рассчитываются по следующему выражению

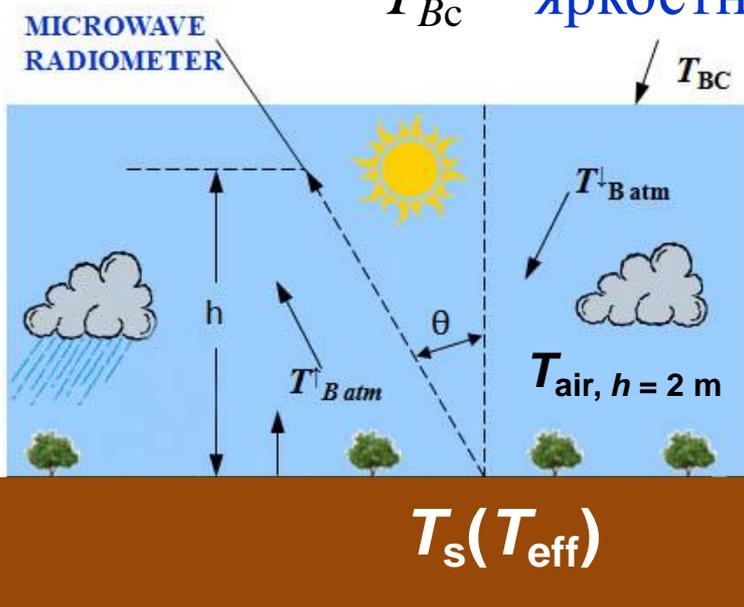
$$T_B^{V,H}(\nu, \theta) = T_{Bsurface}^{V,H}(\nu, \theta)e^{-\tau(\nu, \theta)} + T_{Batm}^{\uparrow}(\nu, \theta) + T_{Batm}^{\downarrow}(\nu, \theta)[1 - \kappa^{V,H}(\nu, \theta)]e^{-\tau(\nu, \theta)} + T_C[1 - \kappa^{V,H}(\nu, \theta)]e^{-2\tau(\nu, \theta)}$$

$T_{Bsurface}^{V,H}(\nu, \theta) = \kappa^{V,H}(\nu, \theta)T_S$  - яркостная температура поверхности

$T_{Batm}^{\uparrow}(\nu, \theta)$  - восходящая яркостная температура атмосферы

$T_{Batm}^{\downarrow}(\nu, \theta)$  - нисходящая яркостная температура атмосферы

$T_{BC}$  - яркостная температура реликтового излучения



Коэффициент излучения поверхности  $\kappa(\nu, \theta)$  – функция частоты  $\nu$ , поляризации (V, H), угла падения  $\theta$ , диэлектрической проницаемости, шероховатости поверхности и др.

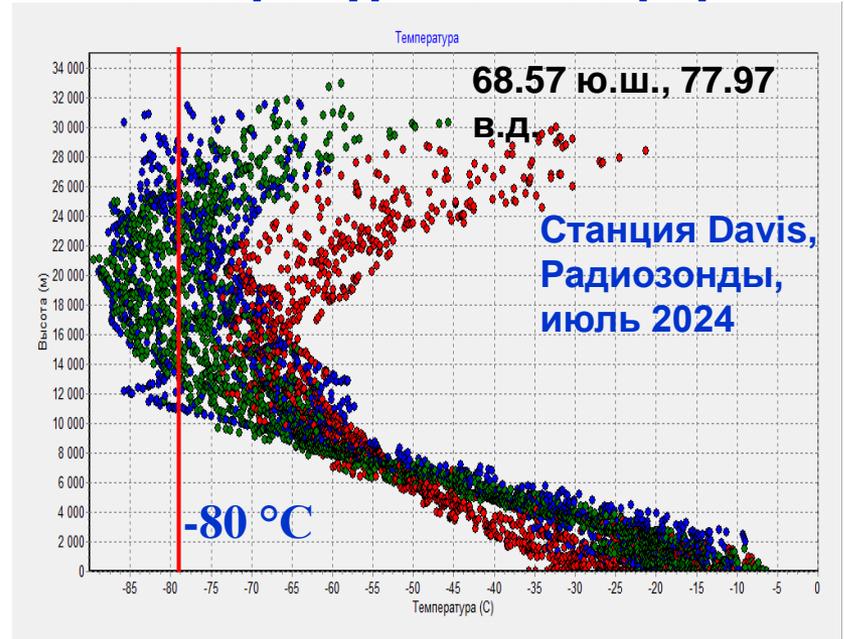
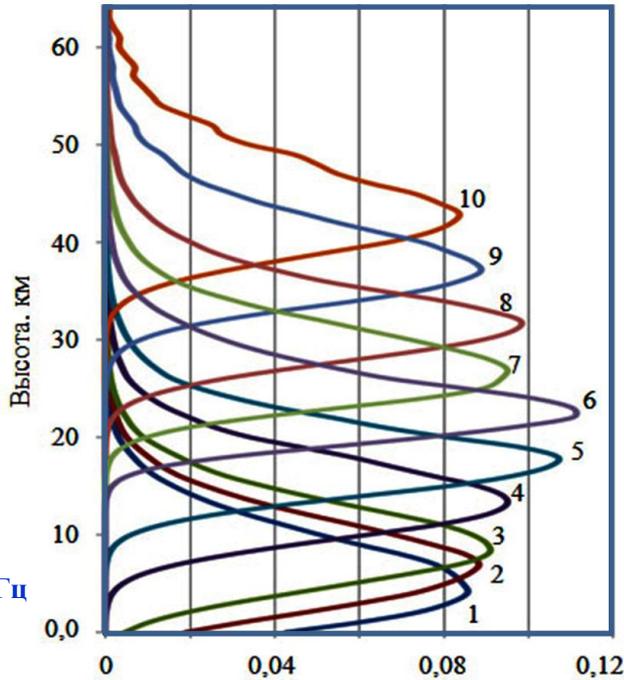
Диэлектрическая проницаемость зависит от частоты, температуры, минерального состава, размеров частиц, влажности и др.

(океан, лед, земные покровы, растительность)

# Восстановление распределения температуры атмосферы

- 52.80/V (O1)
- 53.30/V (O2)
- 53.80/V (O3)
- 54.64/V (O4)
- 55.63/V (O5)
- $\nu_0 \pm 0.1/H$  (O6)
- $\nu_0 \pm 0.05/H$  (O7)
- $\nu_0 \pm 0.025/H$  (O8)
- $\nu_0 \pm 0.01/H$  (O9)
- $\nu_0 \pm 0.005/H$  (O10)

$$\nu_0 = 57,290344 \pm 0,322 \text{ ГГц}$$



Вертикальные профили температуры атмосферы. 1-12 июля – синие точки, 13-20 июля – красные и 21-31 июля - зеленые точки

## Яркостная температура уходящего излучения атмосферы

$$T_{\text{Batm}}^{\uparrow}(\nu, \theta) = \int T(h) K(\nu, h, \theta) dh$$

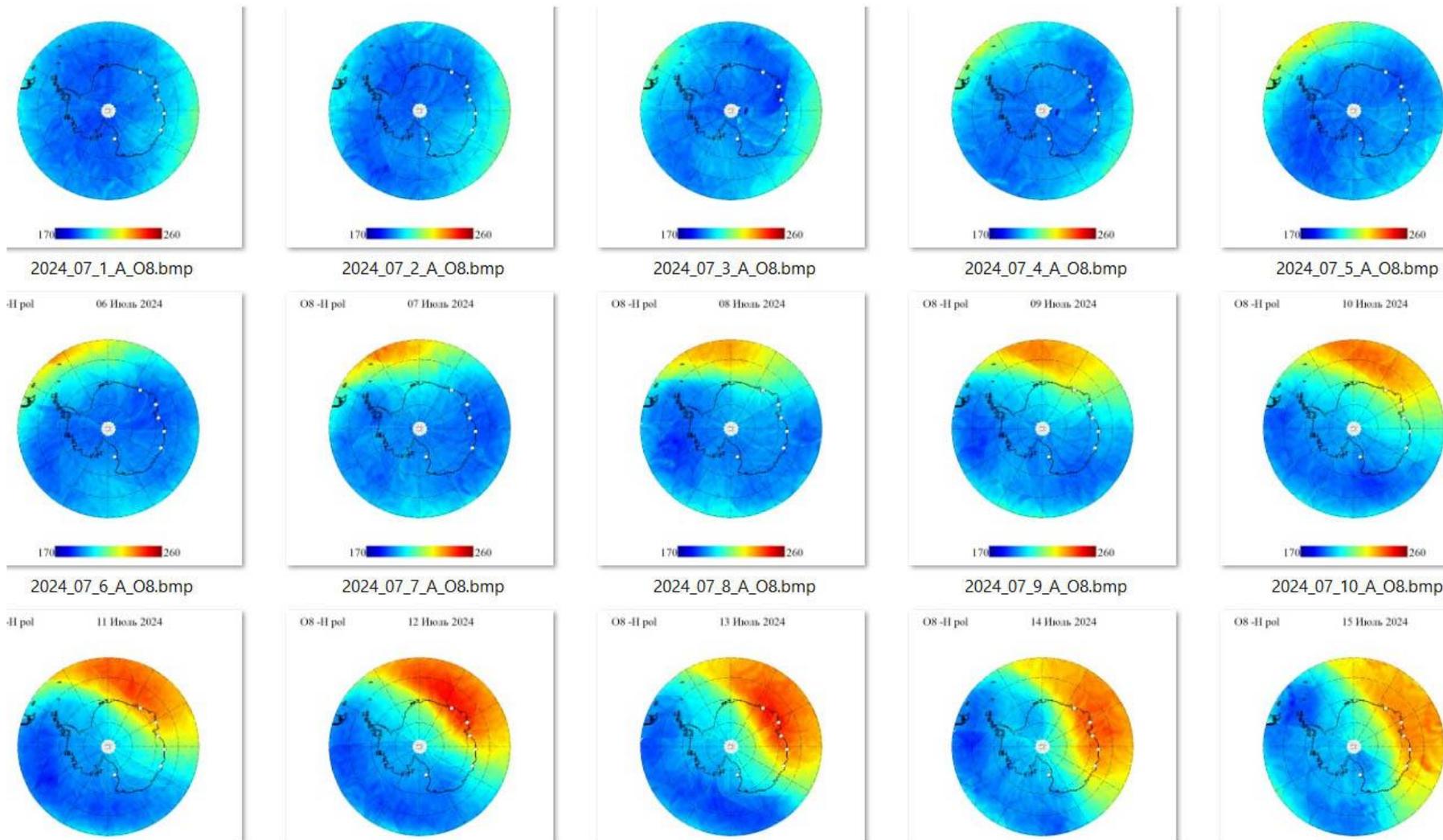
## Весовая функция

$$K(\nu, h, \theta) = \gamma(\nu, h, \theta) e^{-\int_h^{\infty} \gamma(\nu, h') \sec \theta dh'} \sec \theta$$



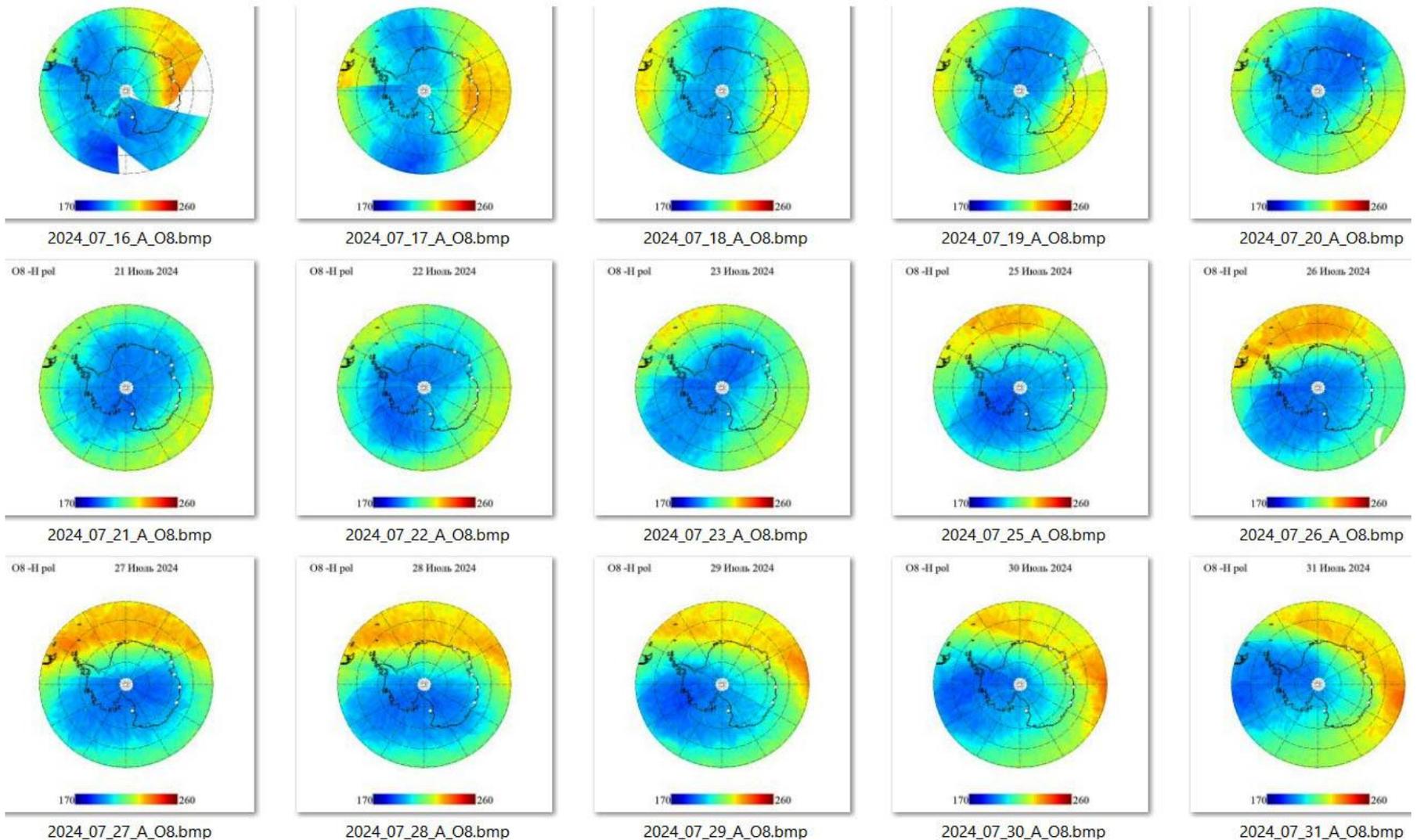
$$T_B^{V,H}(\nu, \theta) = T_{\text{Bsurface}}^{V,H}(\nu, \theta) e^{-\tau(\nu, \theta)} + T_{\text{Batm}}^{\uparrow}(\nu, \theta) + T_{\text{Batm}}^{\downarrow}(\nu, \theta) [1 - \kappa^{V,H}(\nu, \theta)] e^{-\tau(\nu, \theta)} + T_C [1 - \kappa^{V,H}(\nu, \theta)] e^{-2\tau(\nu, \theta)}$$

# Южная полярная область



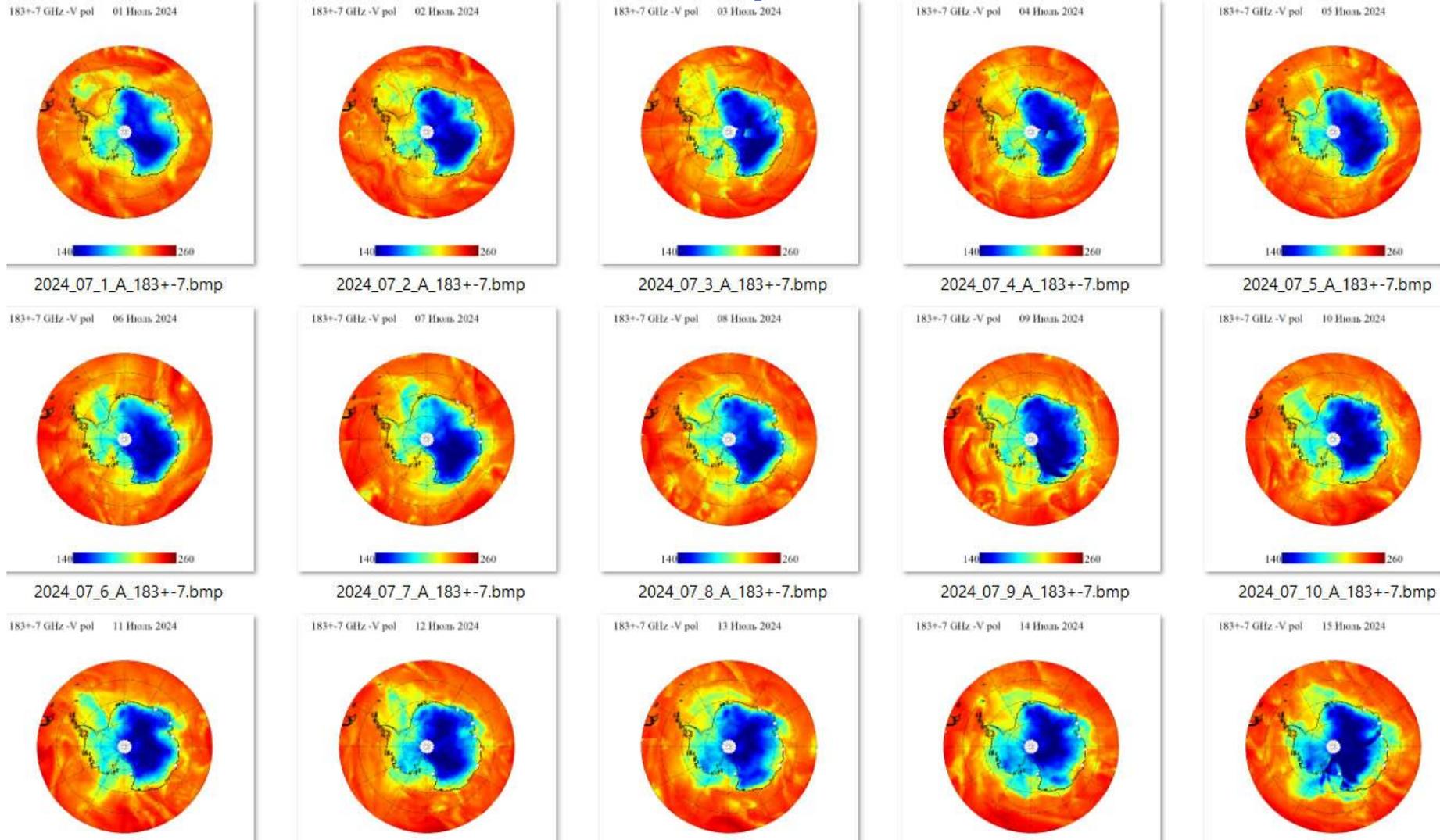
Изменчивость температуры стратосферы на частоте  $57,290344 \pm 0,322 \pm 0,025$  Гц по измерениям **МТВЗА-ГЯ** на восходящих витках 1-15 июля 2024 года

# Южная полярная область



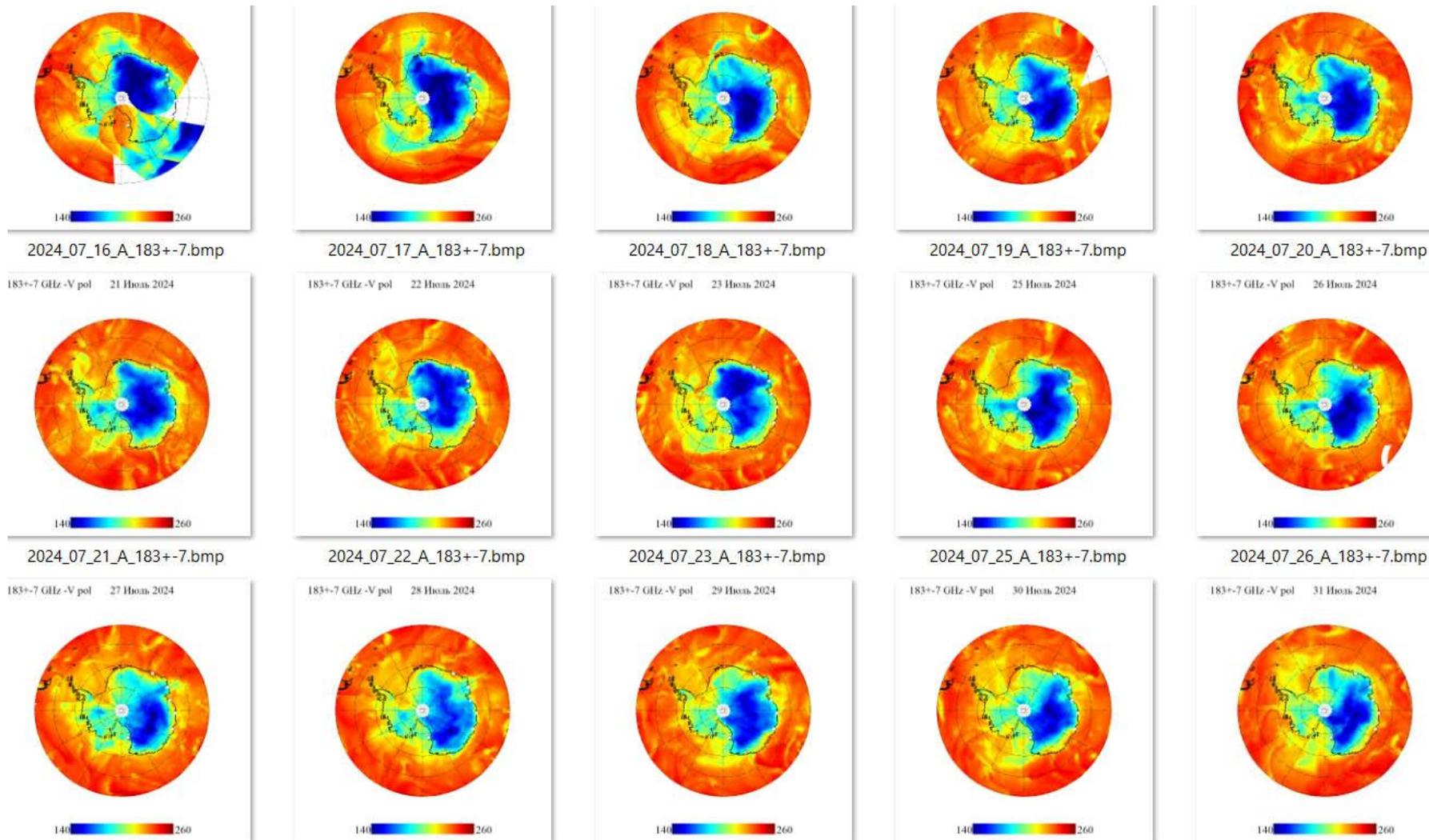
**Изменчивость температуры стратосферы на частоте  $57,290344 \pm 0,322 \pm 0,025$  Гц года по измерениям МТВЗА-ГЯ на восходящих витках 16-31 июля 2024**

# Южная полярная область



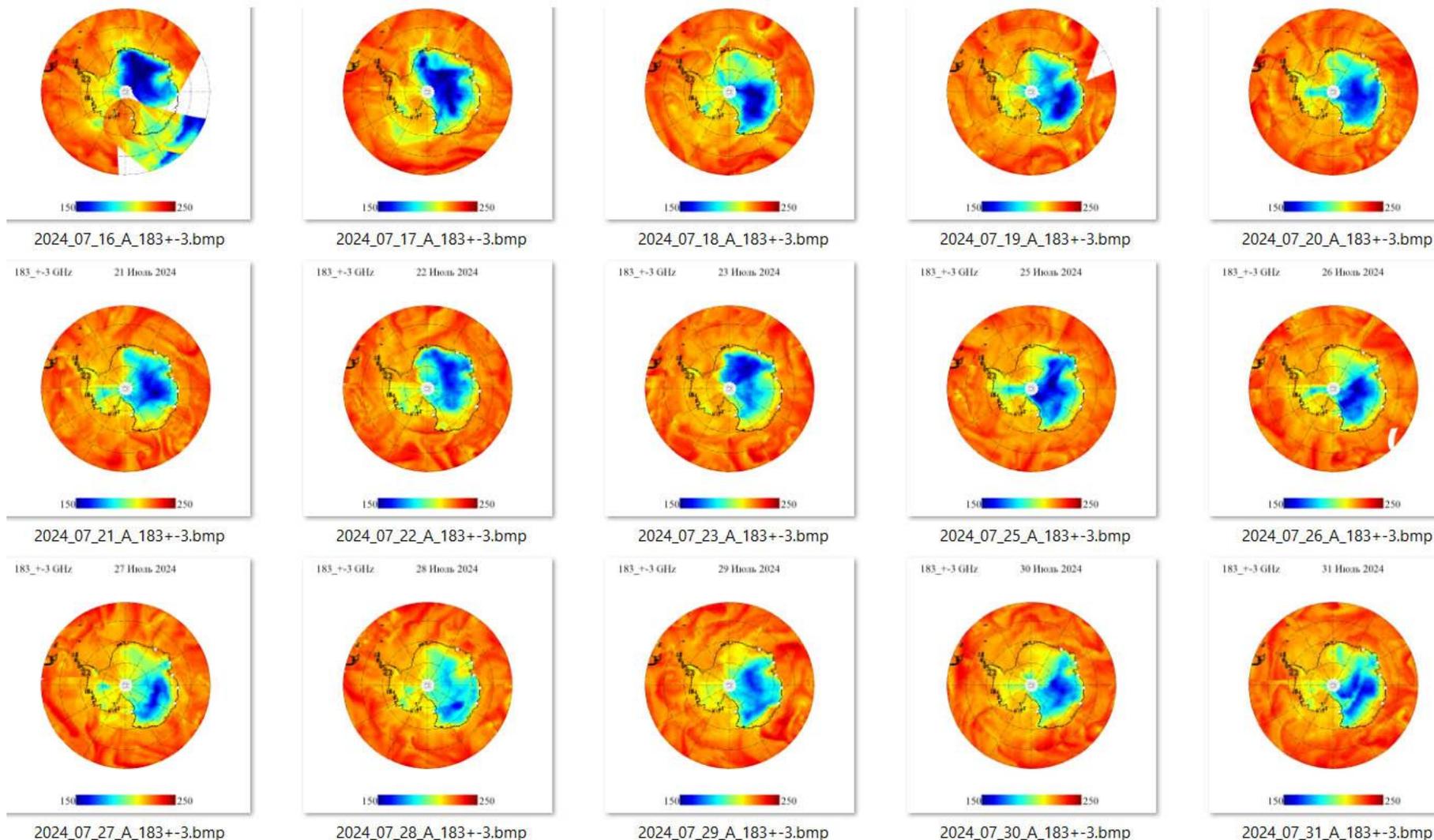
Изменчивость яркостной температуры системы поверхность-атмосфера на частоте  $183,3 \pm 7$  ГГц по измерениям МТВЗА-ГЯ 1-15 июля 2024 года на восходящих витках

# Южная полярная область



Изменчивость яркостной температуры системы  
поверхность-атмосфера на  $183,3 \pm 7$  ГГц 16-31 июля 2024  
года по измерениям МТВЗА-ГЯ на восходящих витках

# Южная полярная область

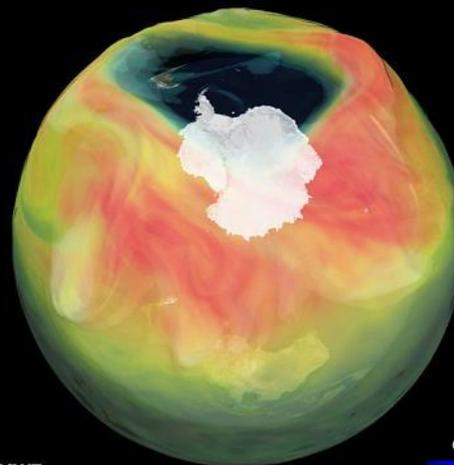
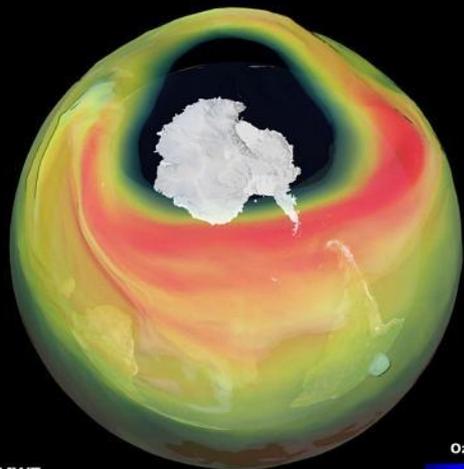


**Изменчивость яркостной температуры системы поверхность-атмосфера на  $183,3 \pm 3$  ГГц 16-31 июля 2024 года по измерениям МТВЗА-ГЯ на восходящих витках**

# ВСП в сентябре 2019 года, озоновая дыра

26.10.2018

26. Oct 2019

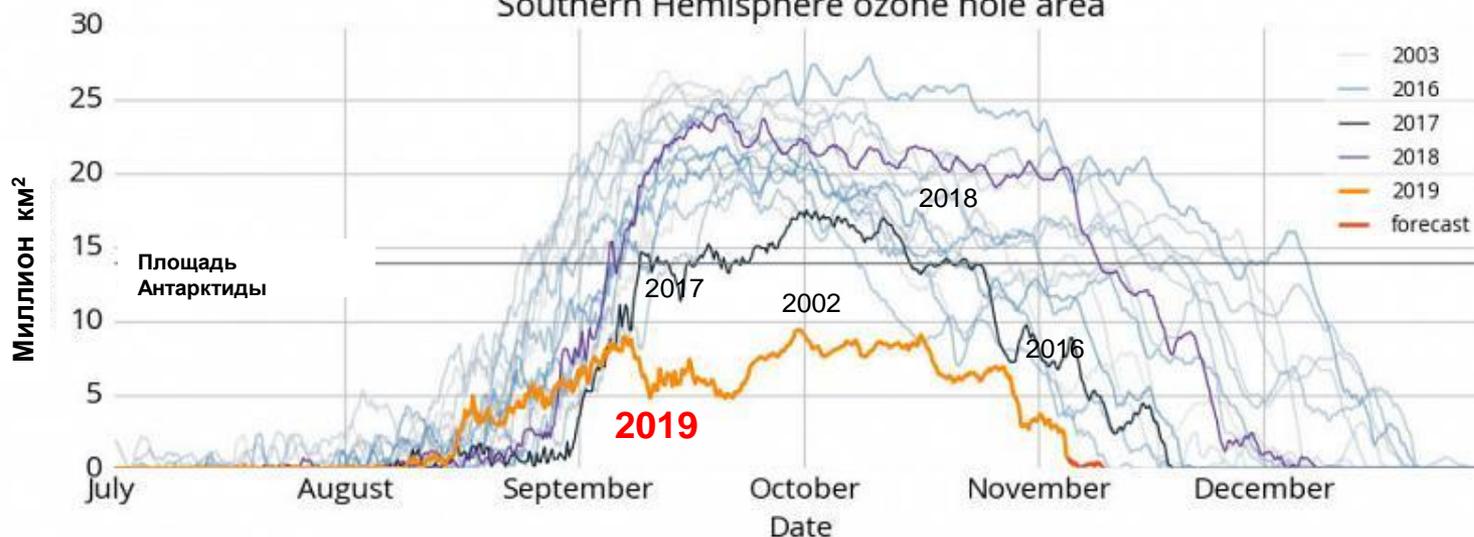


Ozone Partial Pressure (mPa)  
2 6 10 14 18  
values below 1 mPa appear transparent



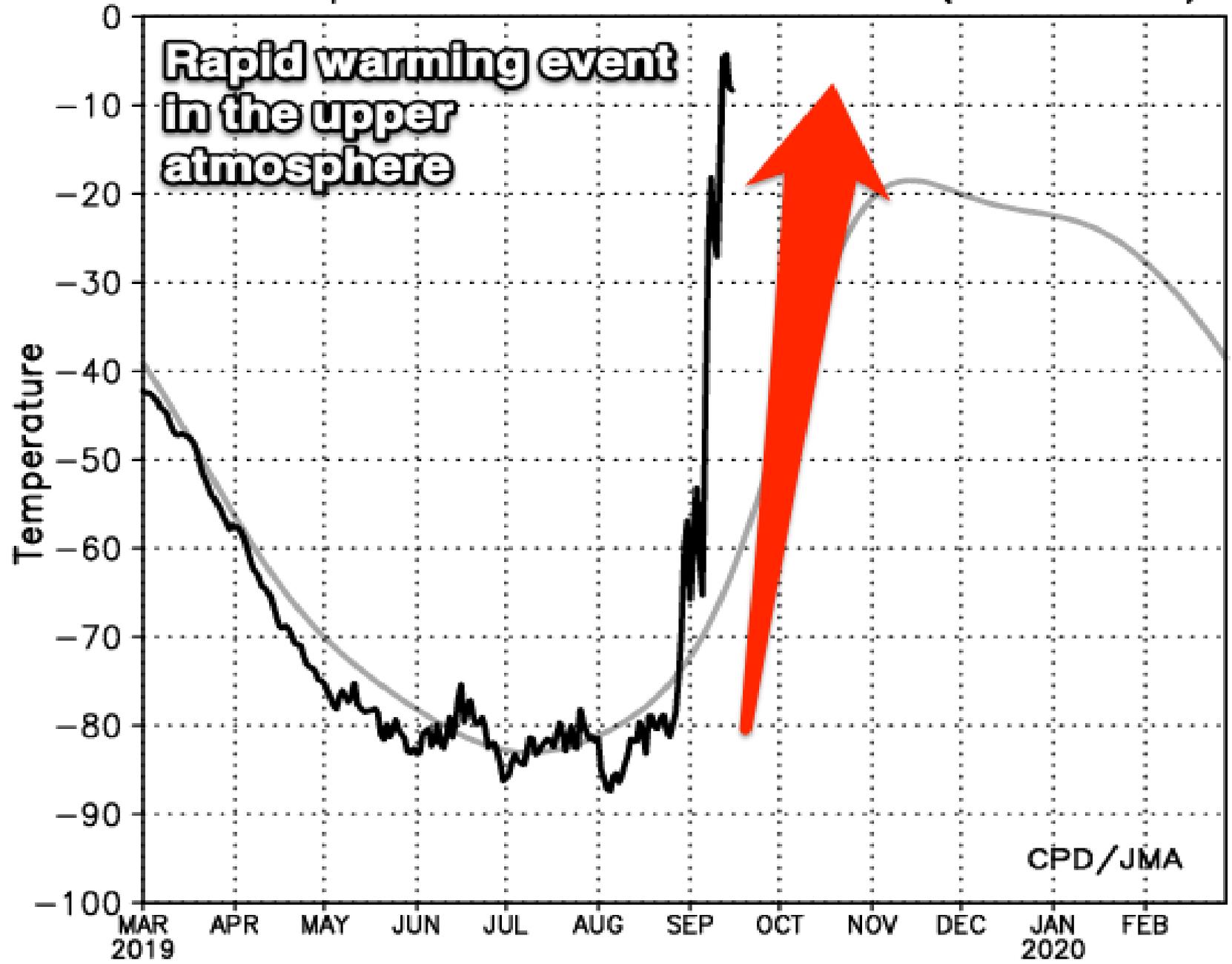
Ozone Partial Pressure (mPa)  
2 6 10 14 18  
values below 1 mPa appear transparent

Southern Hemisphere ozone hole area



Озоновая дыра над Антарктидой снизилась до рекордно низкого значения 9,3 млн км<sup>2</sup>  
В конце августа 2019 г. температура стратосферы была на 40° С выше среднего

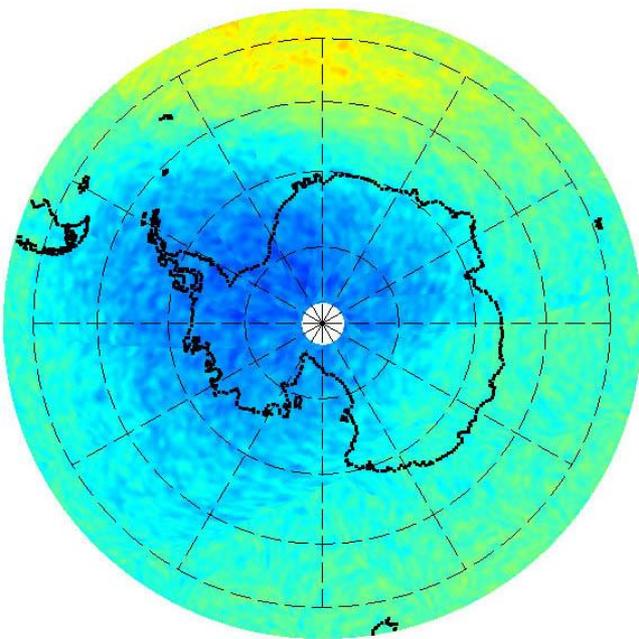
10hPa Temperature over the South Pole (2019–2020)



**Rapid warming event  
in the upper  
atmosphere**

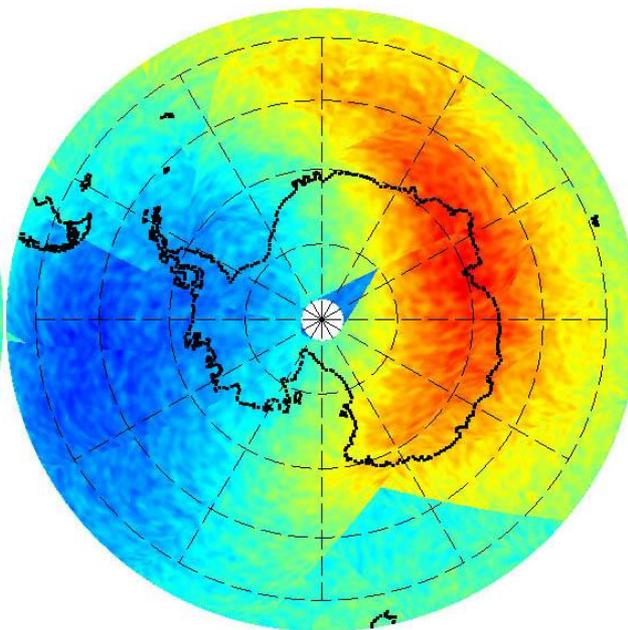
CPD/JMA

**25 августа 2019**



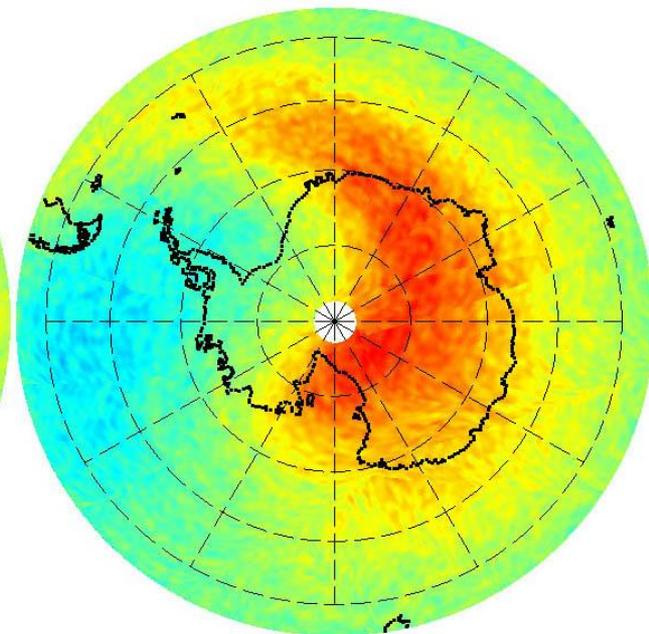
170 280

**30 августа 2019**



170 280

**10 сентября 2019**



170 280

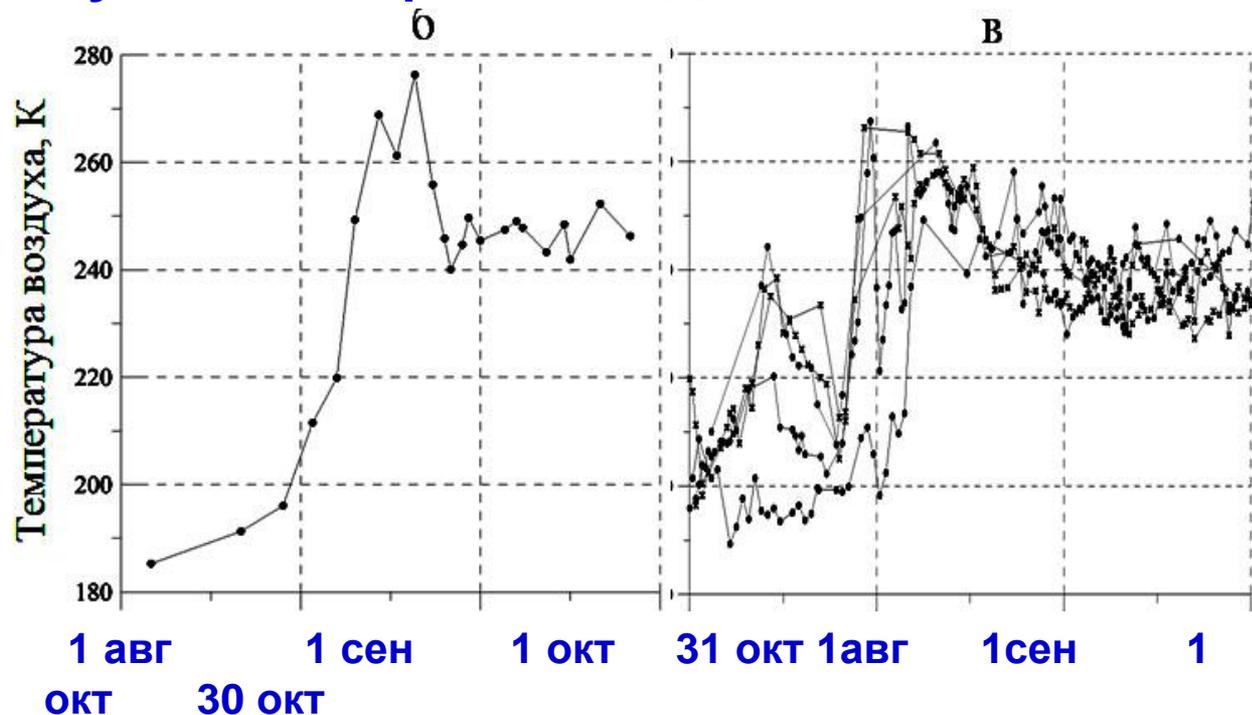
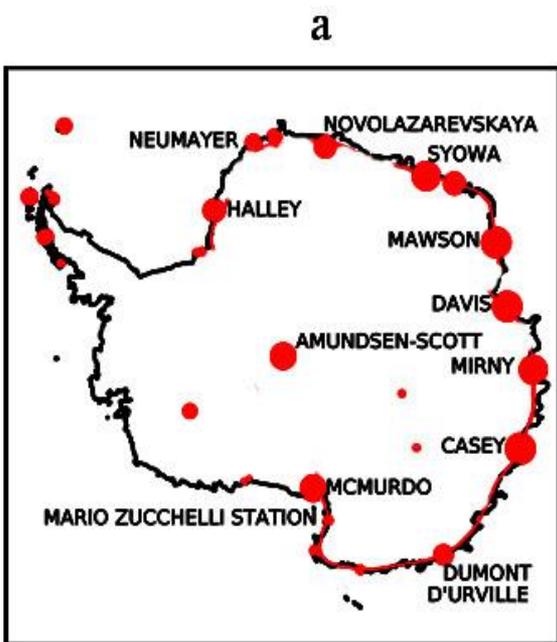
**Яркость температура, К**

**Канал О8, принимающий уходящее излучение Земли на частотах**

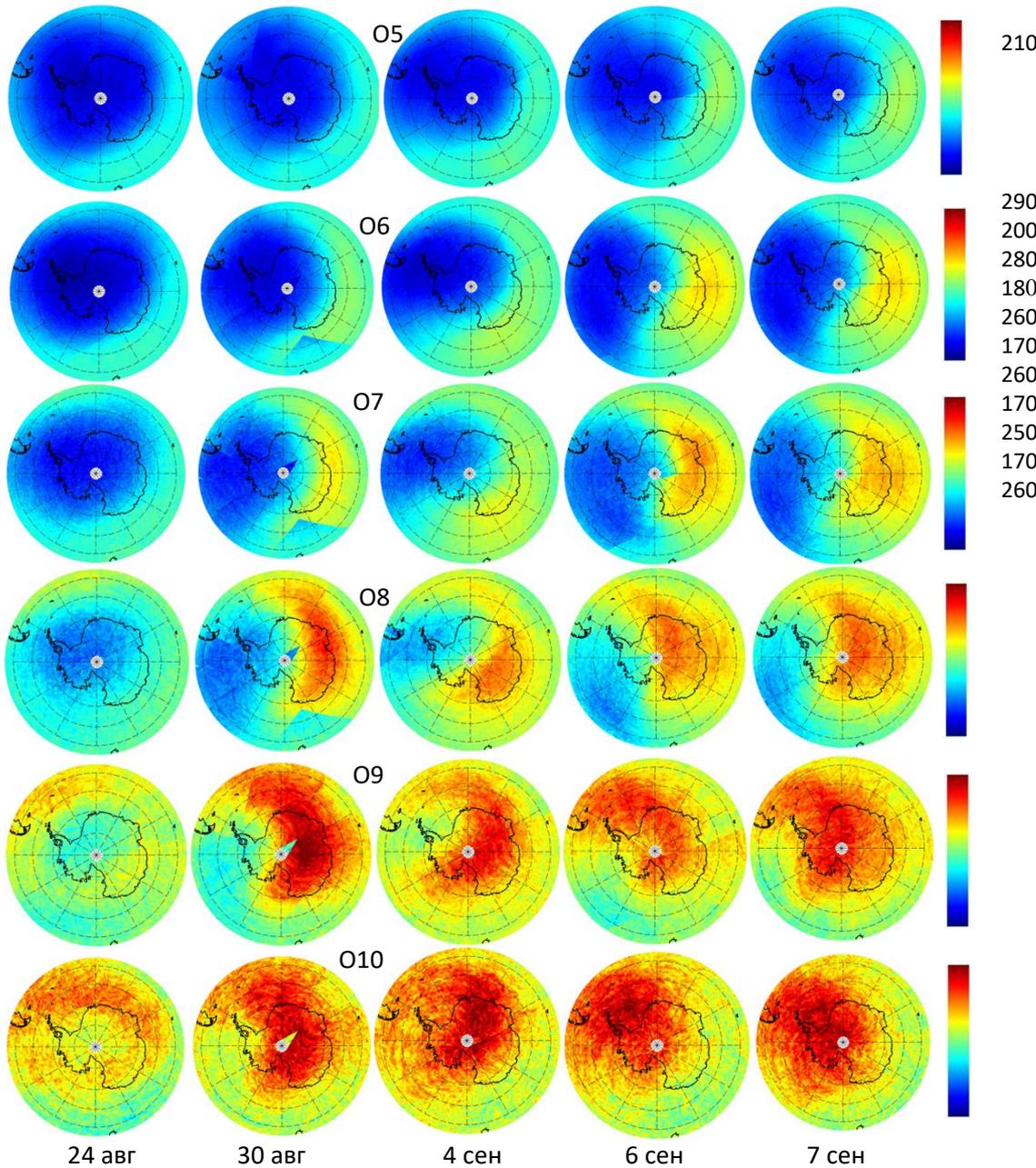
**$57,290344 \pm 0,322 \pm 0.025$  ГГц**

# Потепление по данным радиозондирования в Антарктиде

Станции радиозондирования атмосферы в Антарктиде и временной ход температуры воздуха на уровне 10 гПа в августе-сентябре 2019 года



Температура воздуха на уровне 10 гПа по данным радиозондирования атмосферы со станции 89009 Amundsen-Scott Южный полюс (а) и со станций 89002, 89532, 89564, 89611 и 89571 на побережье Антарктиды (б)



Изменчивость  
 яркостной  
 температуры  
 над Южной  
 Полярной областью  
 по измерениям  
**МТВЗА-ГЯ**  
 со спутника  
**"Метеор-М" № 2-2**  
 на частотах каналов  
 05-010 (сверху вниз)  
 до и во время  
 внезапного  
 стратосферного  
**потепления**  
 24 и 30 августа,  
 4, 6 и 7 сентября  
 2019 года

24 авг      30 авг      4 сен      6 сен      7 сен

Яркостная температура, К

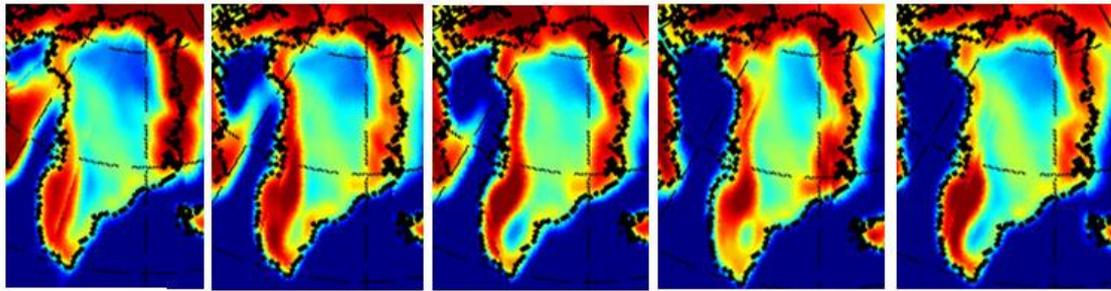
5 июня

23 июня

30 июня

10 июля

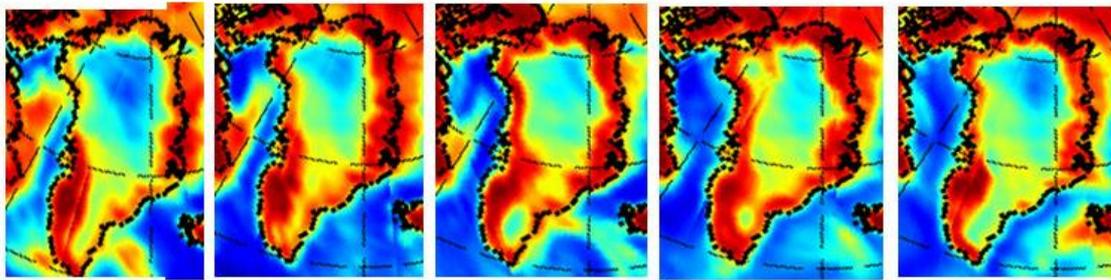
15 июля



Тя(10Г)

100

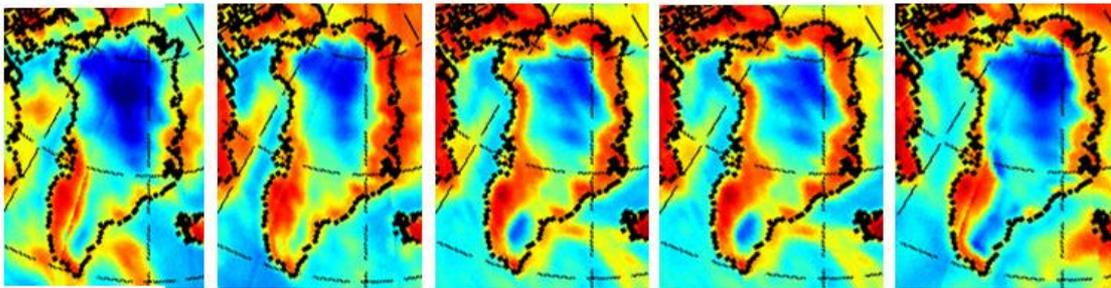
220



Тя(31Г)

90

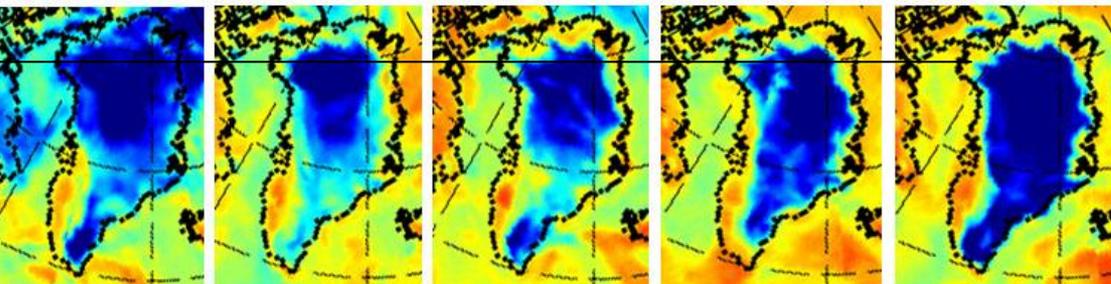
240



Тя(42В)

210

270

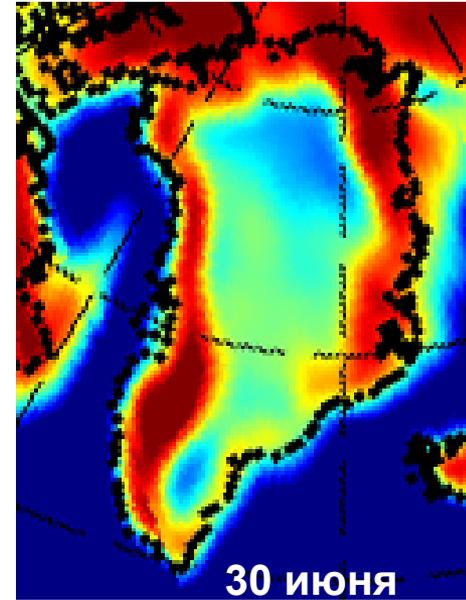
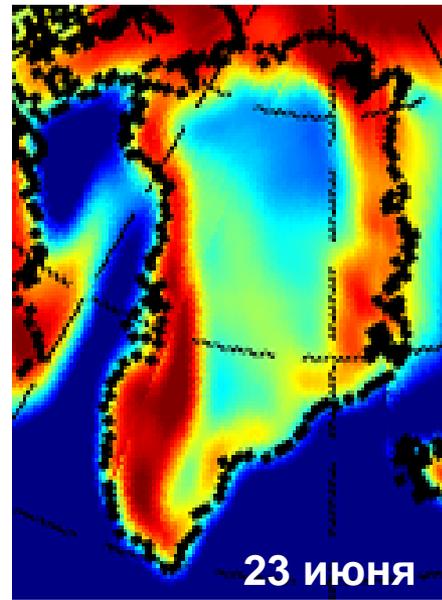
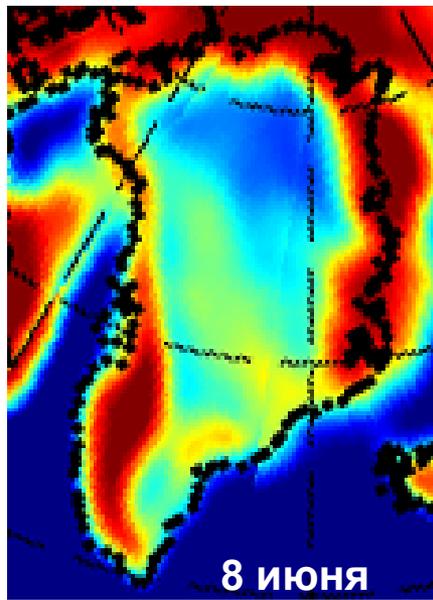
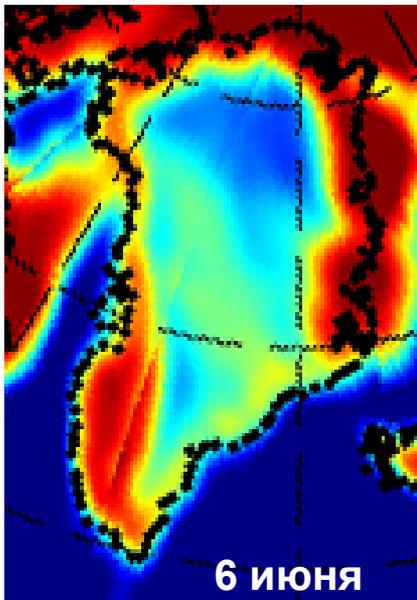


Тя(91,6В)

200

280

Яркостная температура Гренландии 5, 23 и 30 июня, 10 и 15 июля на частотах **МТВЗА-ГЯ** 10,65 и 31,0 ГГц на горизонтальной поляризации (две верхние строки) и 42,0 и 91,6 ГГц на вертикальной поляризации (две нижние строки). Тя влажного снега больше, чем сухого.

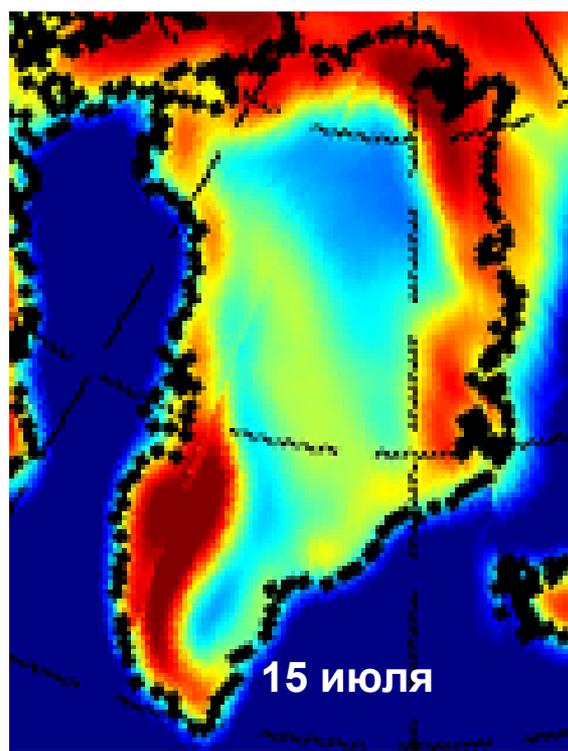
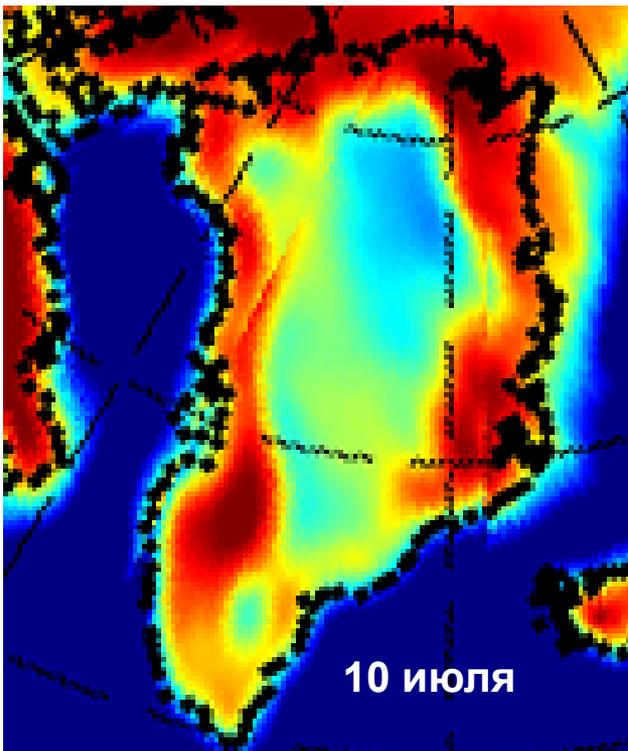


## Таяние Гренландии

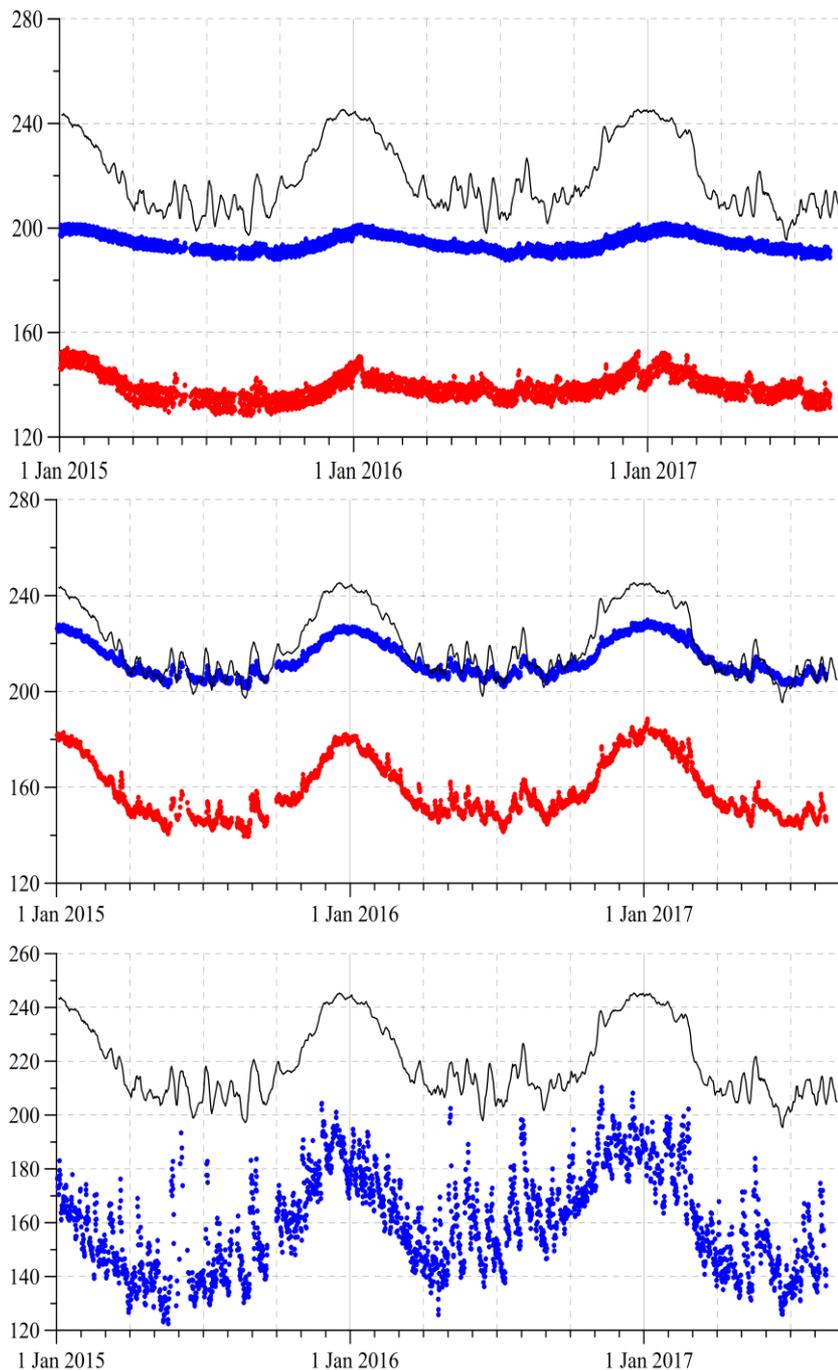


Яркостная температура, К

Измерение на частоте  
10,6 ГГц на  
горизонтальной  
поляризации



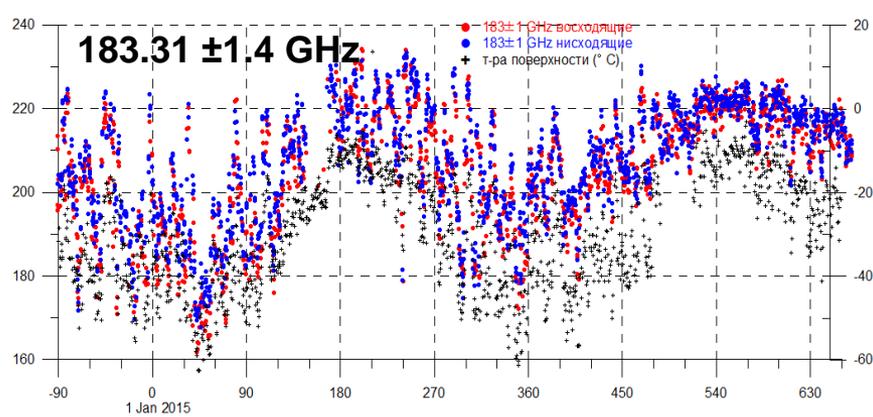
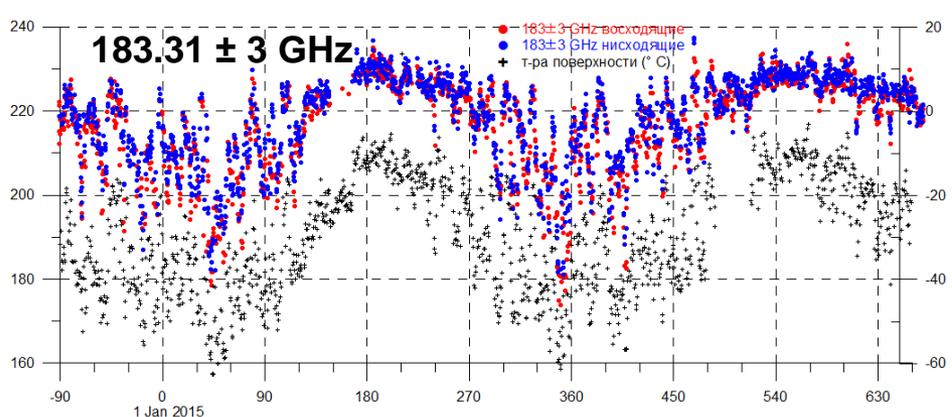
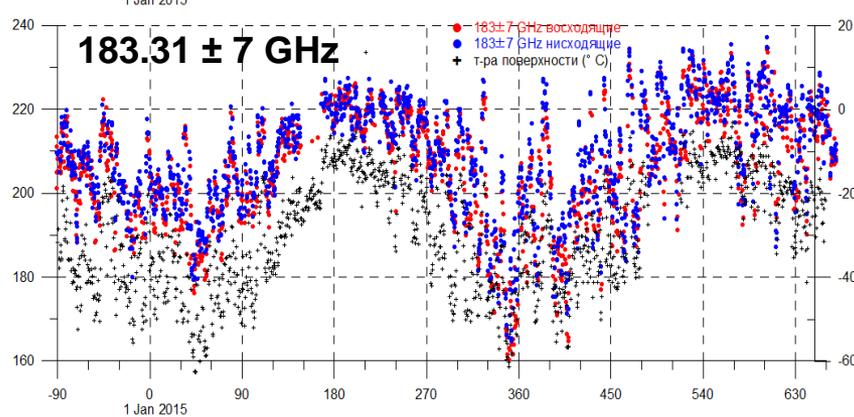
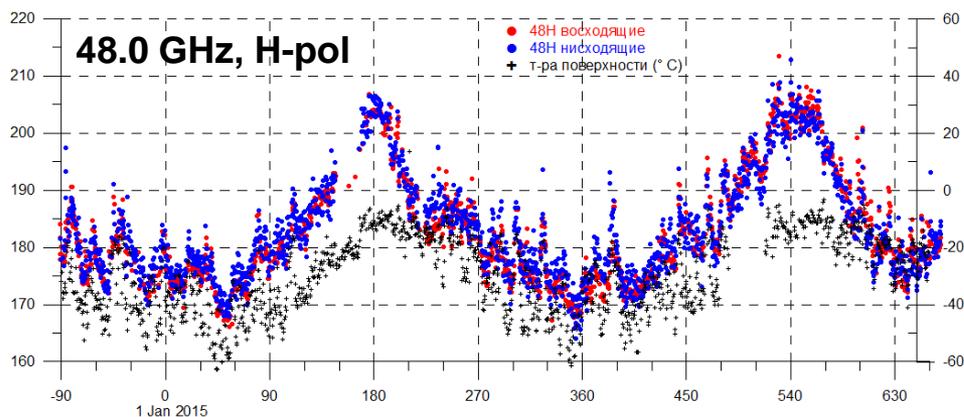
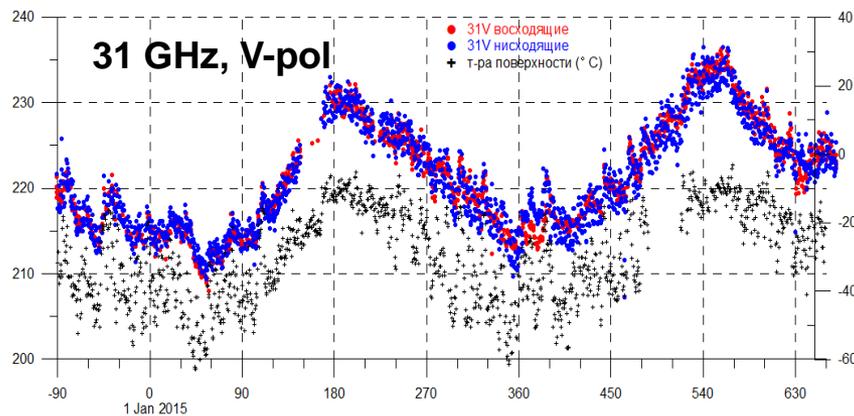
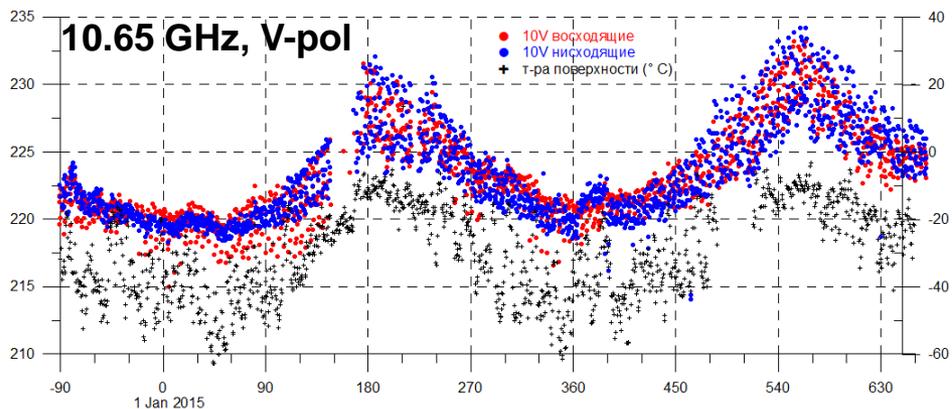
Яркостная температура, К

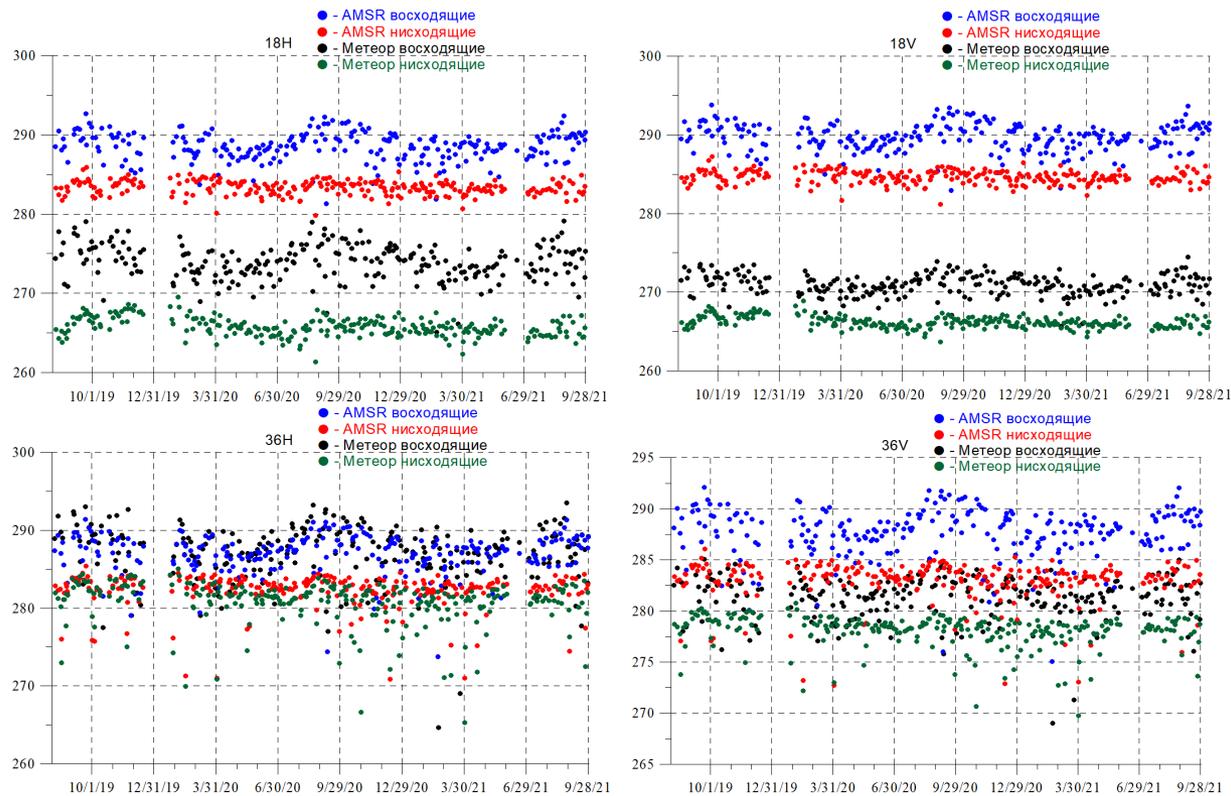


Временные ряды яркостных температур на частотах 10,65 и 48,0 ГГц на вертикальной (синие кривые) и горизонтальной (красные кривые) поляризациях и на  $183\pm 7$  ГГц по измерениям радиометра МТВЗА-ГЯ со спутника “Метеор-М № 2” над областью диаметром 200 км у станции Concordia ( $75^{\circ} 06'$  ю. ш.,  $123^{\circ} 20'$  в. д.; высота над уровнем моря 3233 м) и температуры воздуха у поверхности (чёрные кривые) с 1 января 2015 года до 15 августа 2017 года.

# Time series of brightness temperatures, 1 October 2014 – 30 September 2016

## GeoSummit station, Greenland

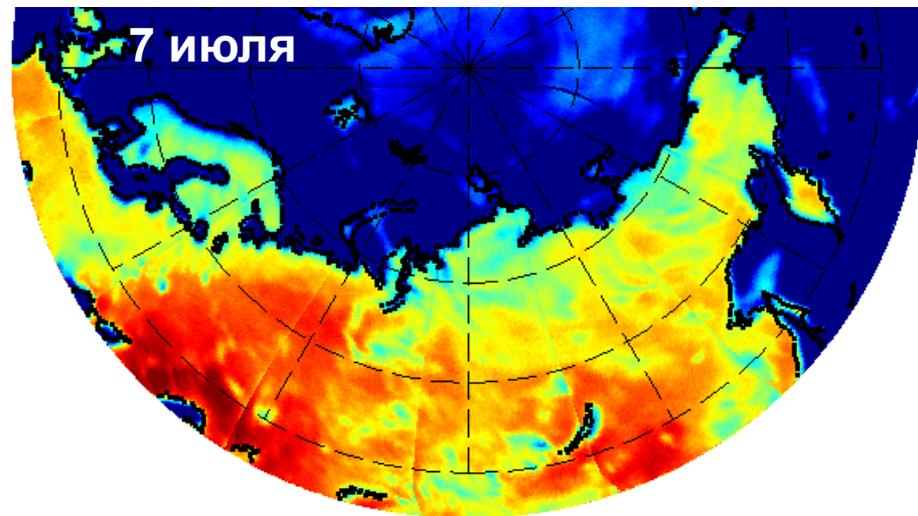
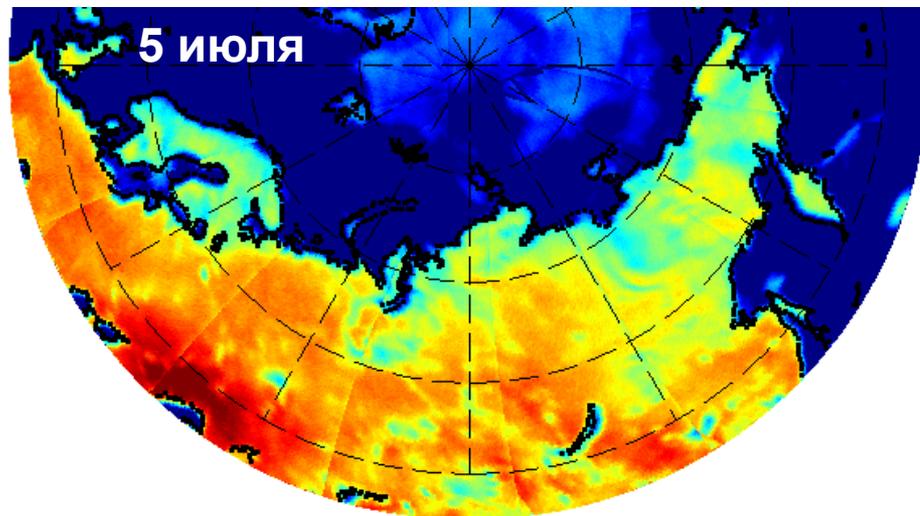




**Blue dots – AMSR2 descending, red dots –AMSR2 ascending**  
**Dark dots – MTVZA-GY ascending, green dots – MTVZA-GY descending**

**Time series of MTVZA-GY brightness temperatures over test area in Amazon rain forest. Time series were created separately for ascending and descending orbit to take into account diurnal changes of forest cover temperature. No filtration was done (raw data). The large deviations from the average values were associated with weather anomalies (rain, power clouds) or technical reasons. After reasonable removal of large differences between TB measured AMSR2 and MTVZA-GY trend was estimated for each channel for the period between Feb 6, 2020 and Sept 30, 2021.**

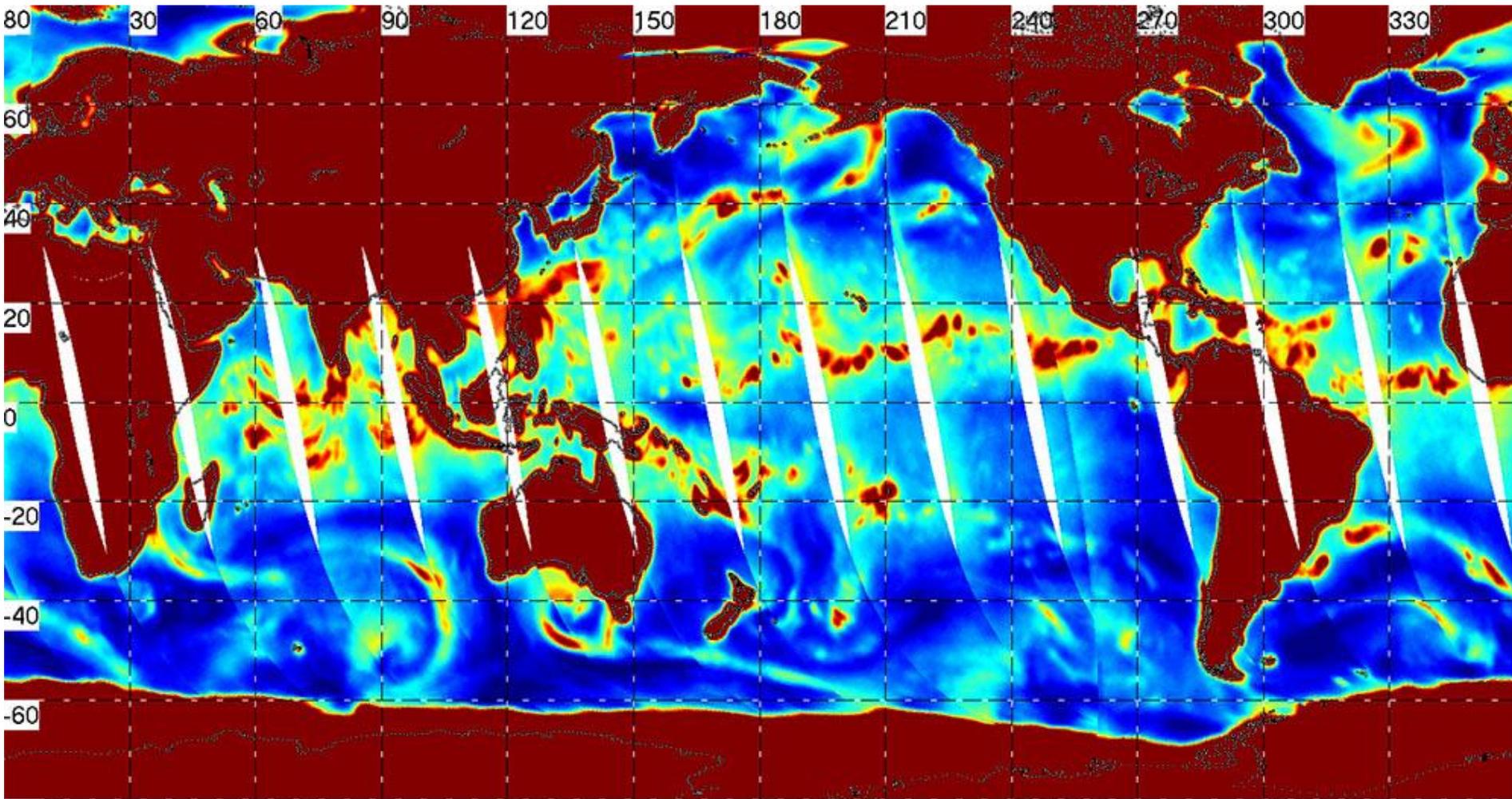
# Волны тепла



Яркостная температура, К

Частота 42,0 ГГц, вертикальная поляризация

Яркая температура Земли на частоте 10,65 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



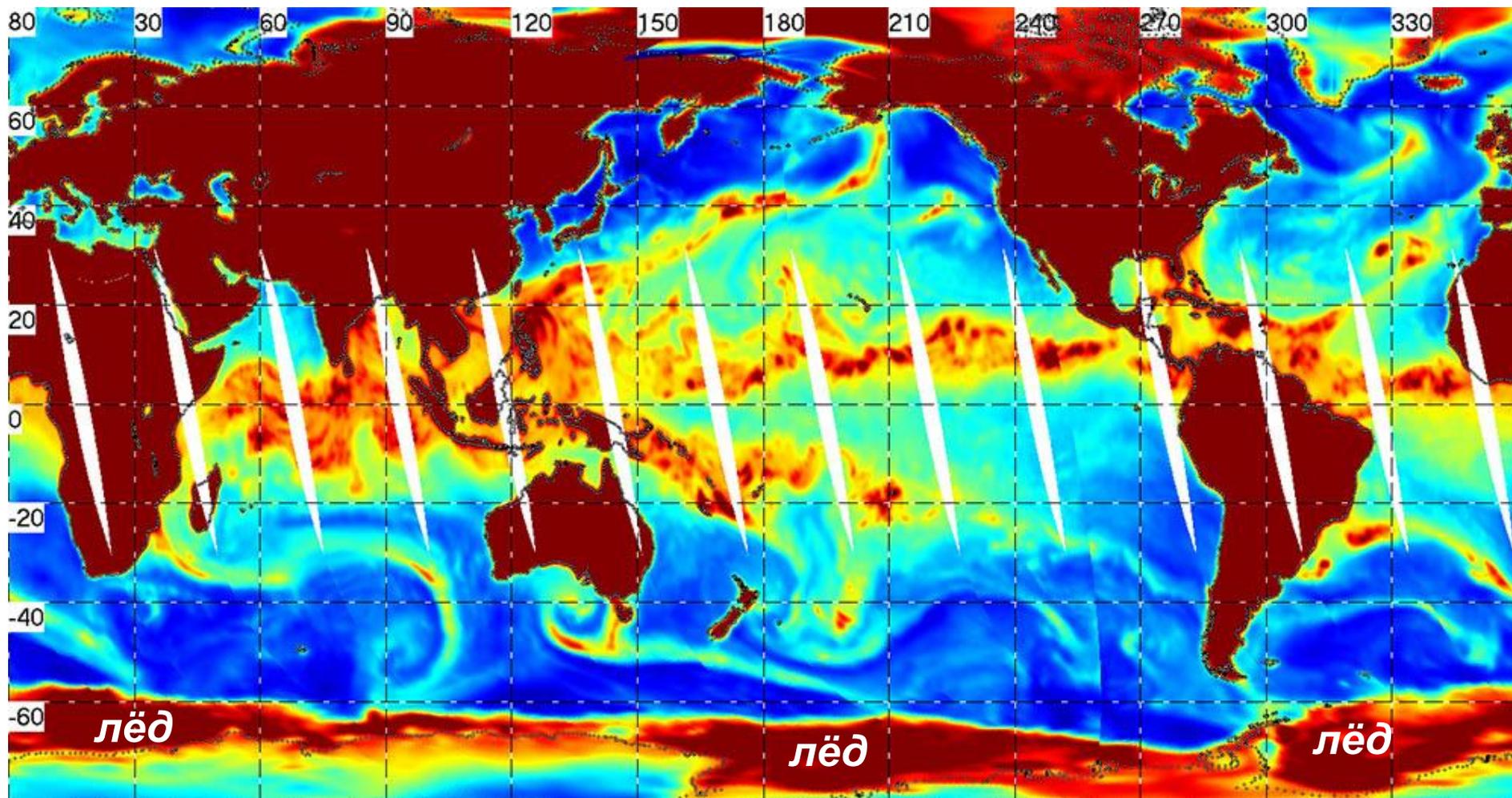
70  110

Яркая температура, К

*ветер*

Восходящие витки, ширина полосы обзора 2500 км.

Яркостная температура Земли на частоте 18,7 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



Атмосфера  
над океаном

80

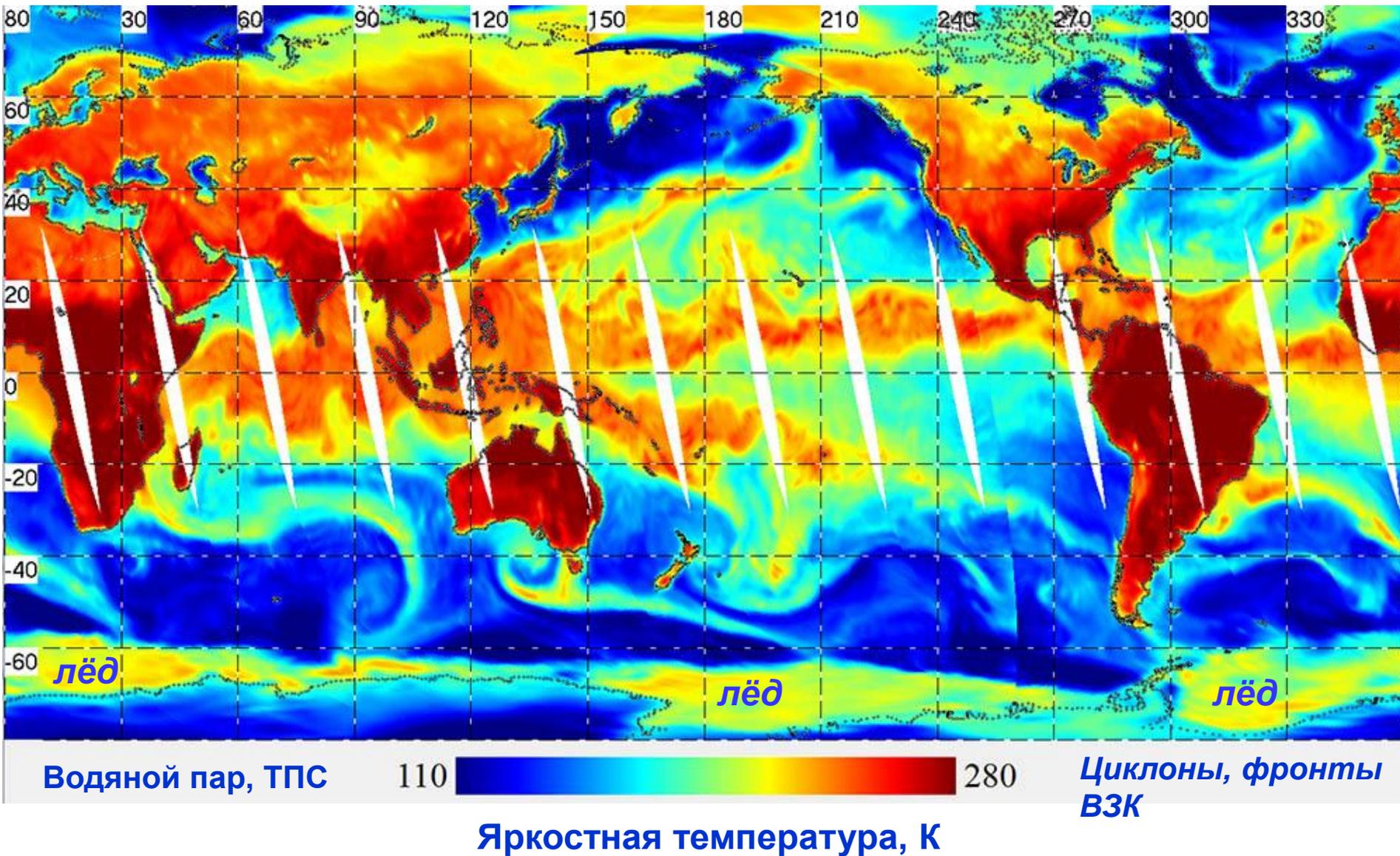


200

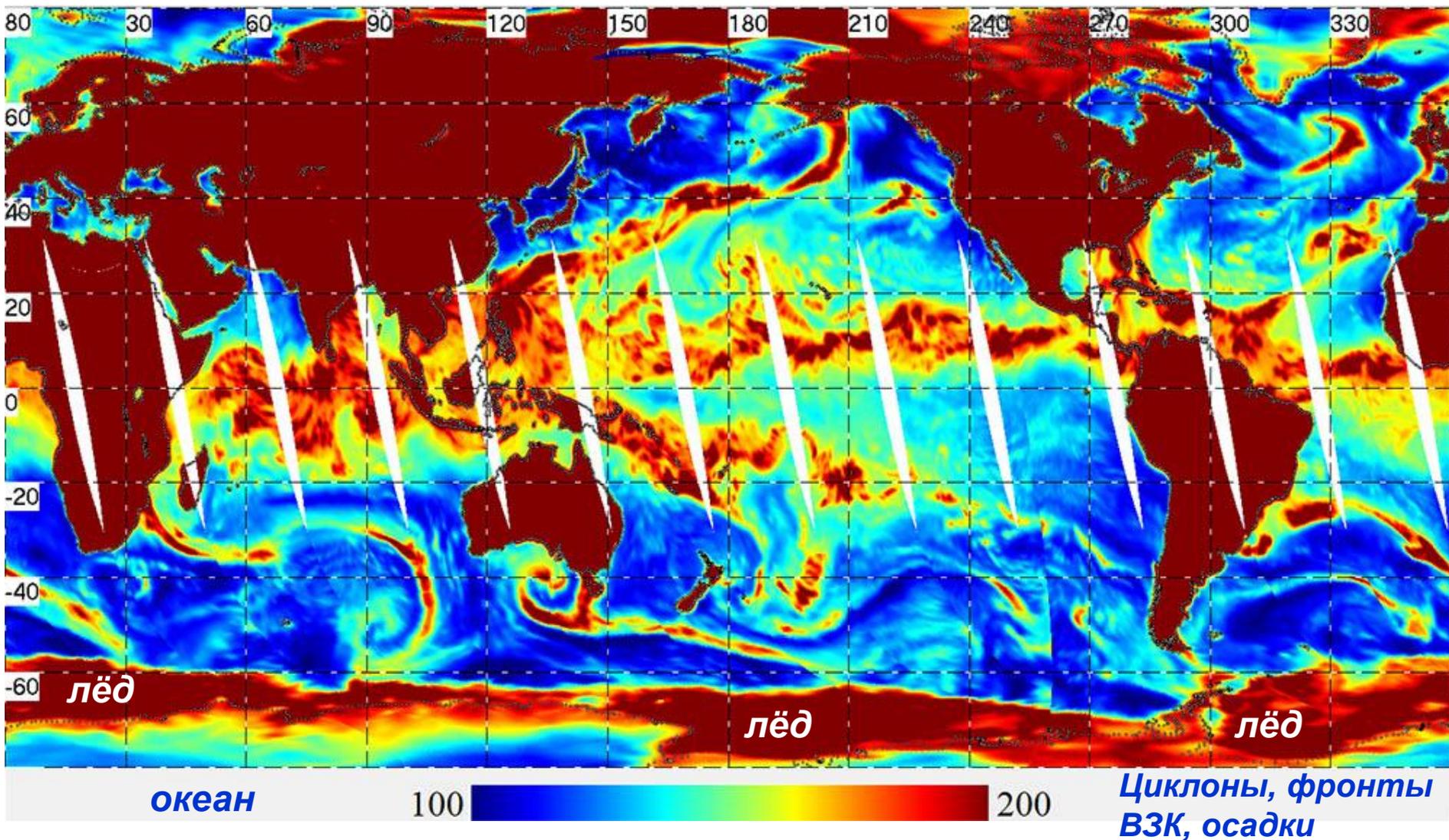
Яркостная температура, К

Циклоны, фронты  
ВЗК, осадки

Яркостная температура Земли на частоте 23,8 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020

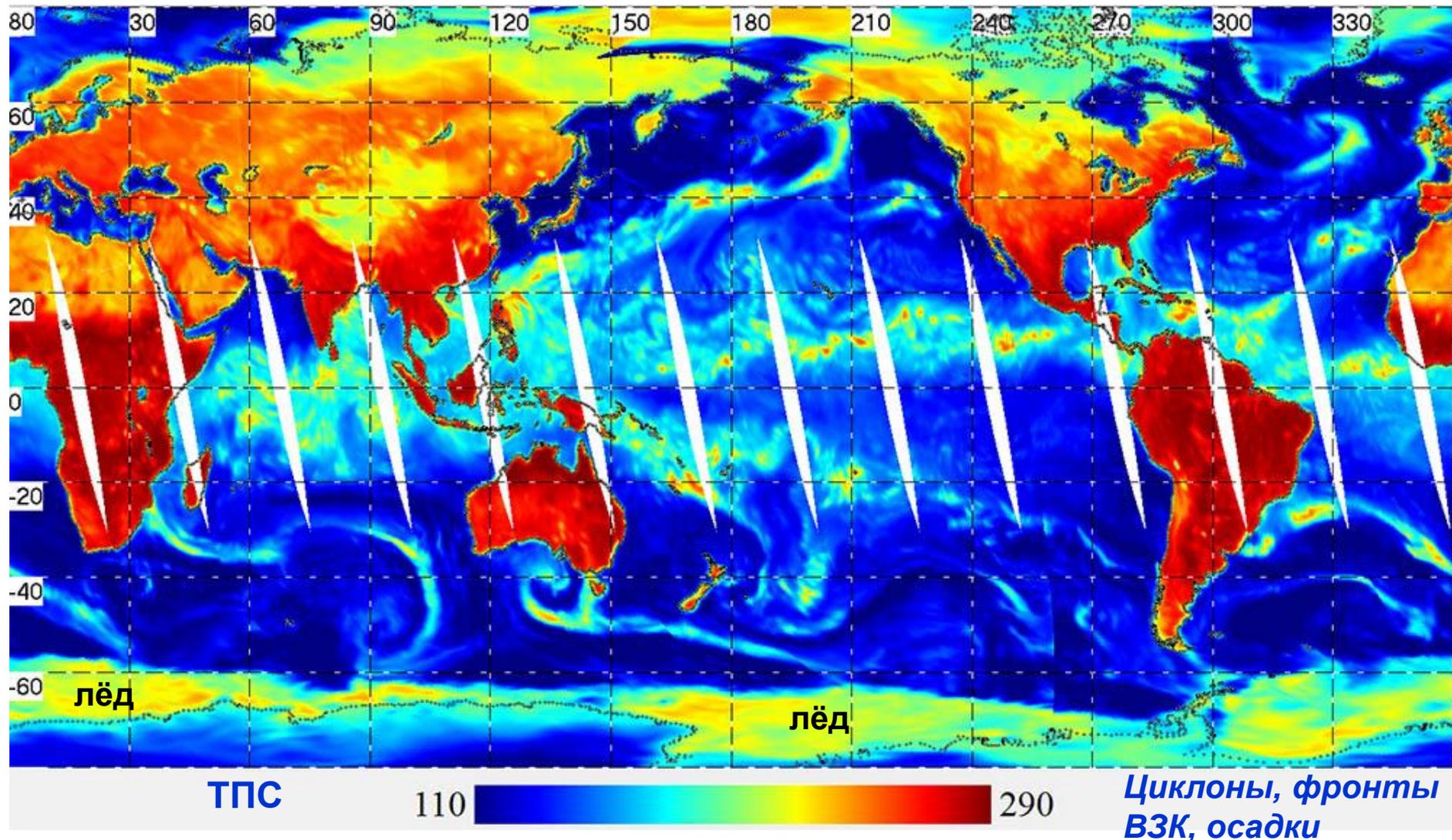


Яркостная температура Земли на частоте 31,5 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



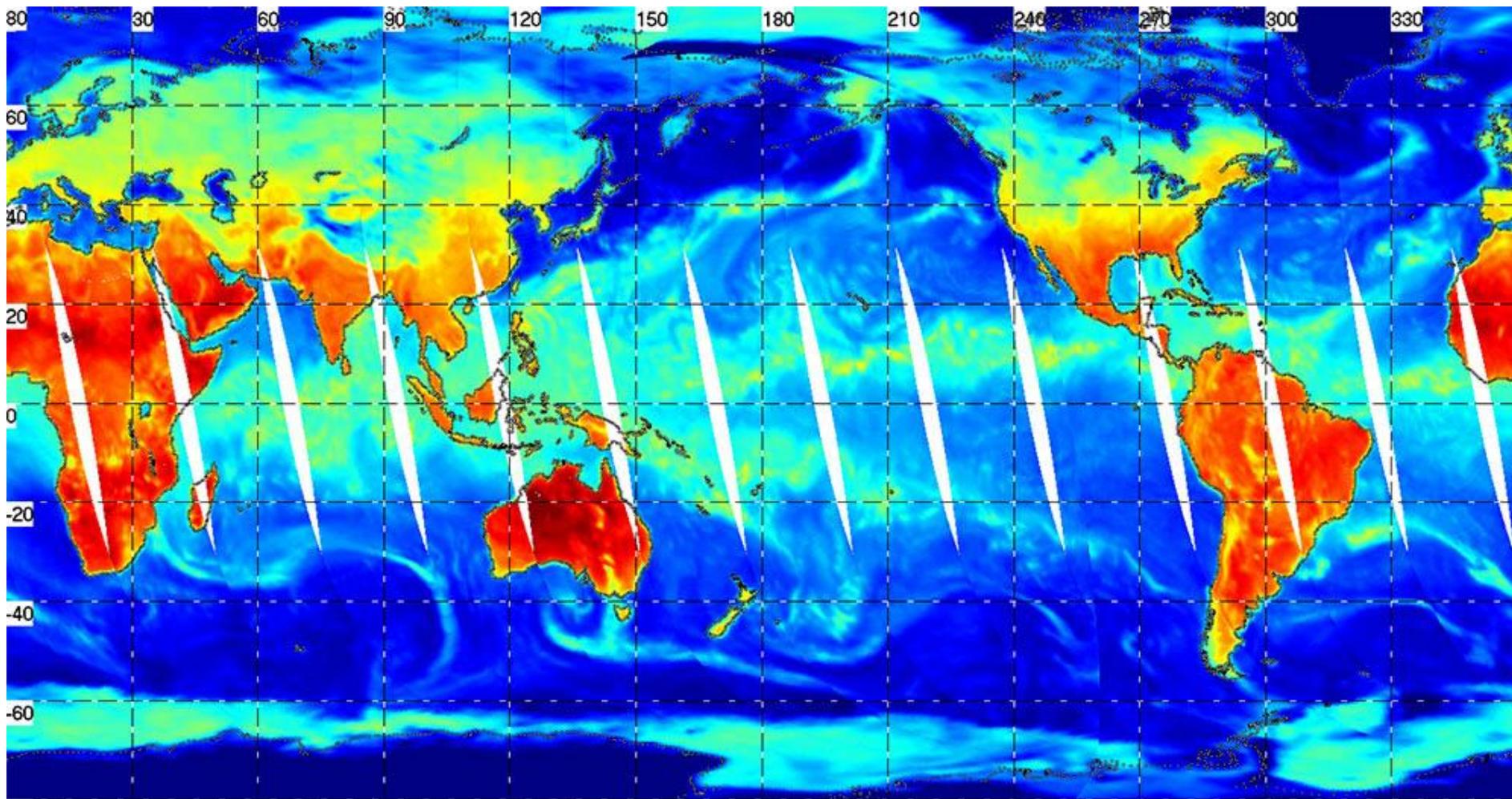
Яркостная температура, К

Яркостная температура Земли на частоте 31,5 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



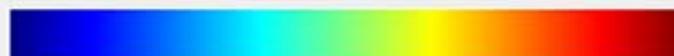
Яркостная температура, К

Яркая температура Земли на частоте 31,5 ГГц на В-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



ТПС

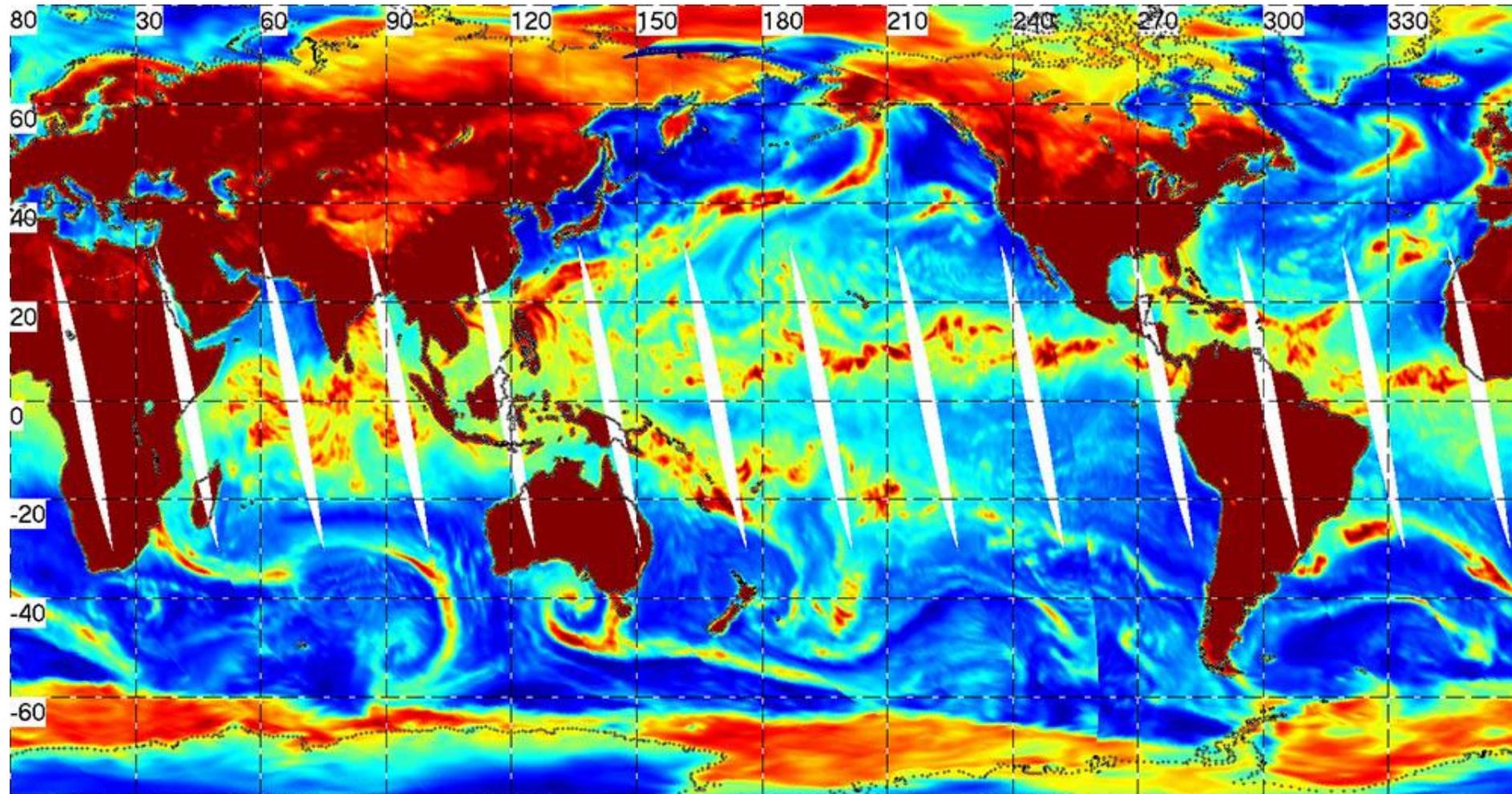
220



295

Яркая температура, К

Яркостная температура Земли на частоте 36,5 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



ТПС

110



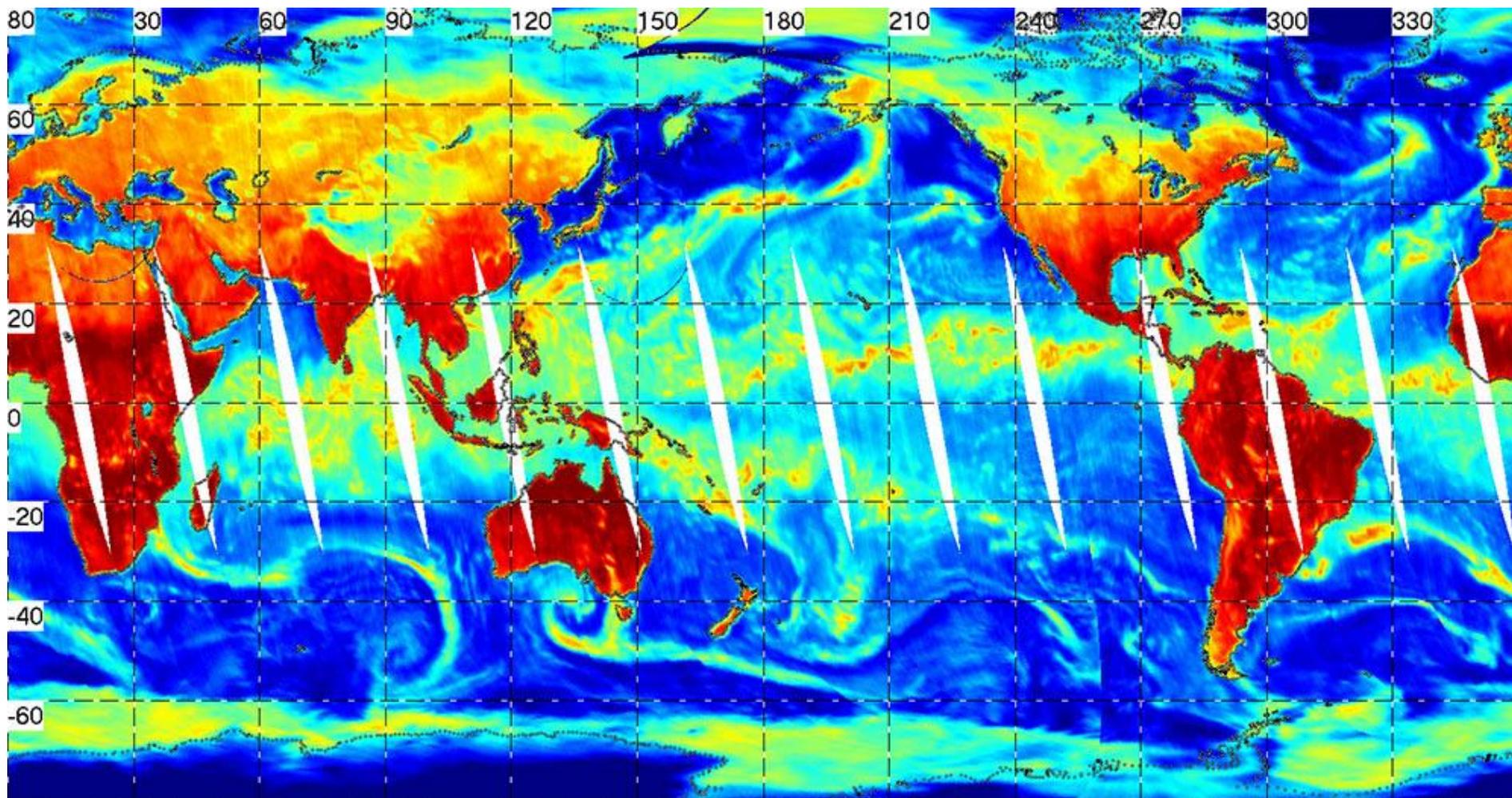
250

Циклоны, фронты  
ВЗК, осадки

Яркостная температура, К

Восходящие витки, ширина полосы обзора 2500 км.

Яркостная температура Земли на частоте 42,0 ГГц на В-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



ТПС

160

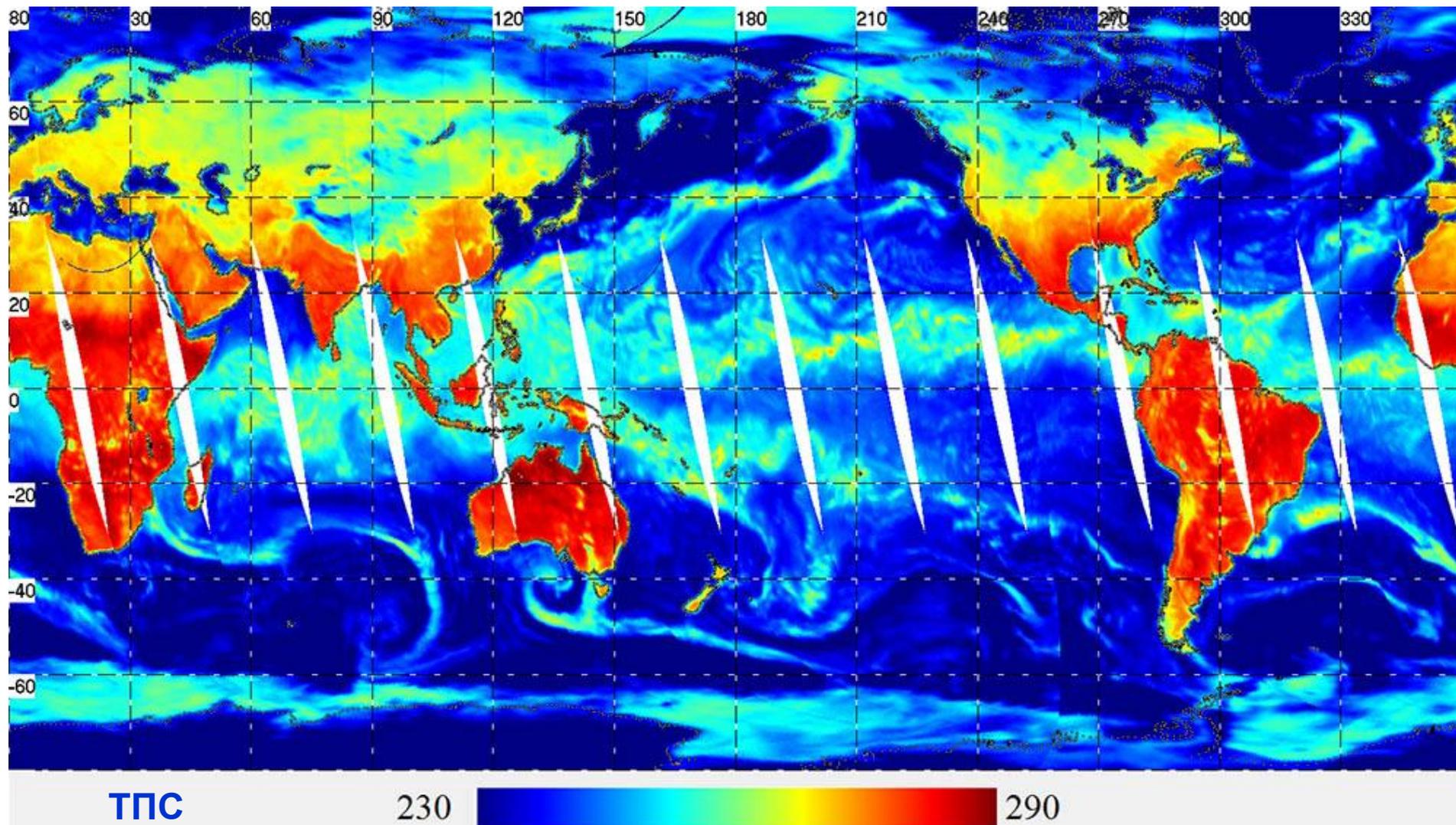


290

Яркостная температура, К

Восходящие витки, ширина полосы обзора 2500 км.

# Яркая температура Земли на частоте 42,0 ГГц на В-пол. по измерениям МТВЗА-ГЯ со спутника Метеор-М № 2-2 11.11.2020

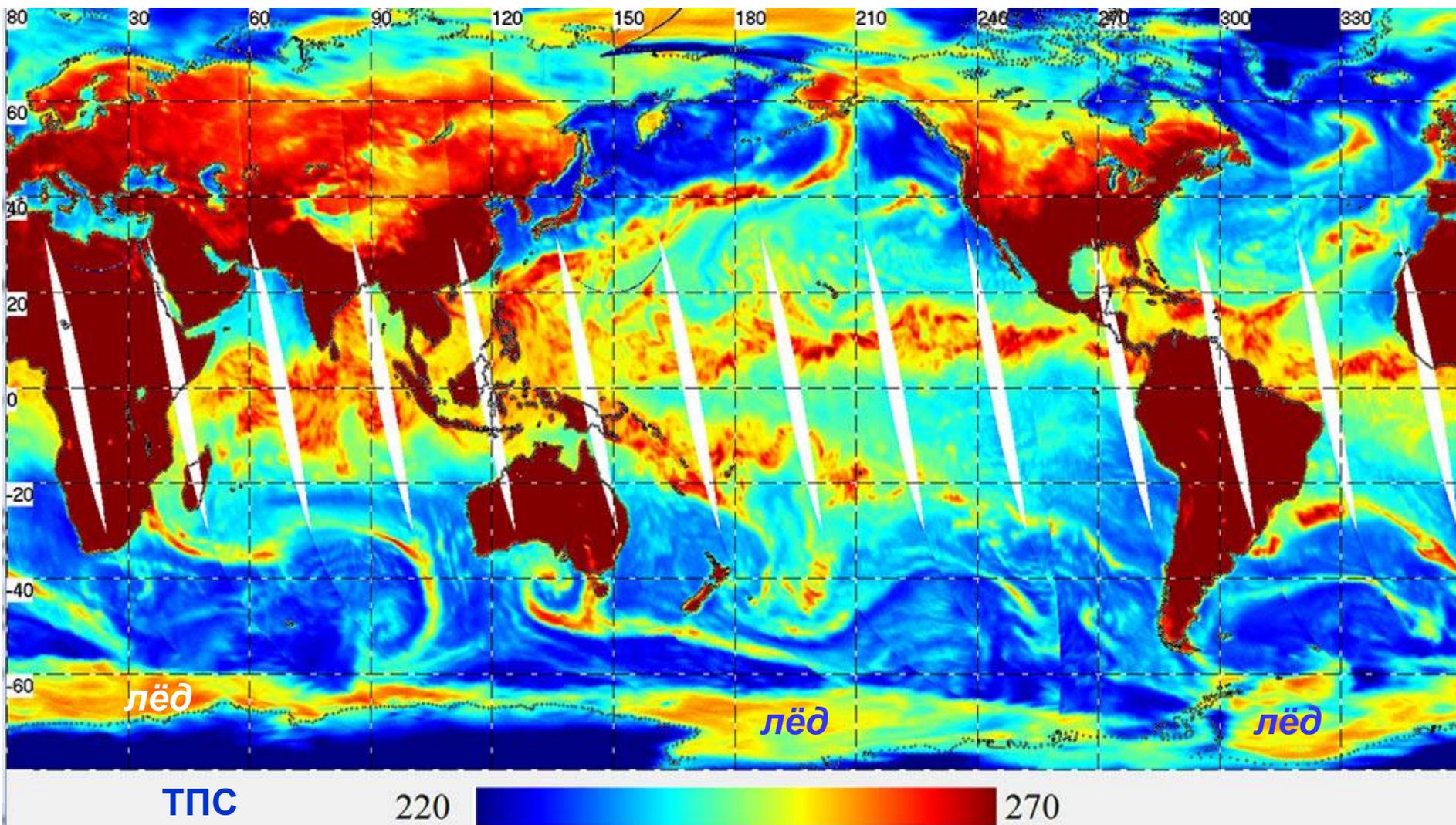


Температура  
поверхности суши

Яркая температура, К

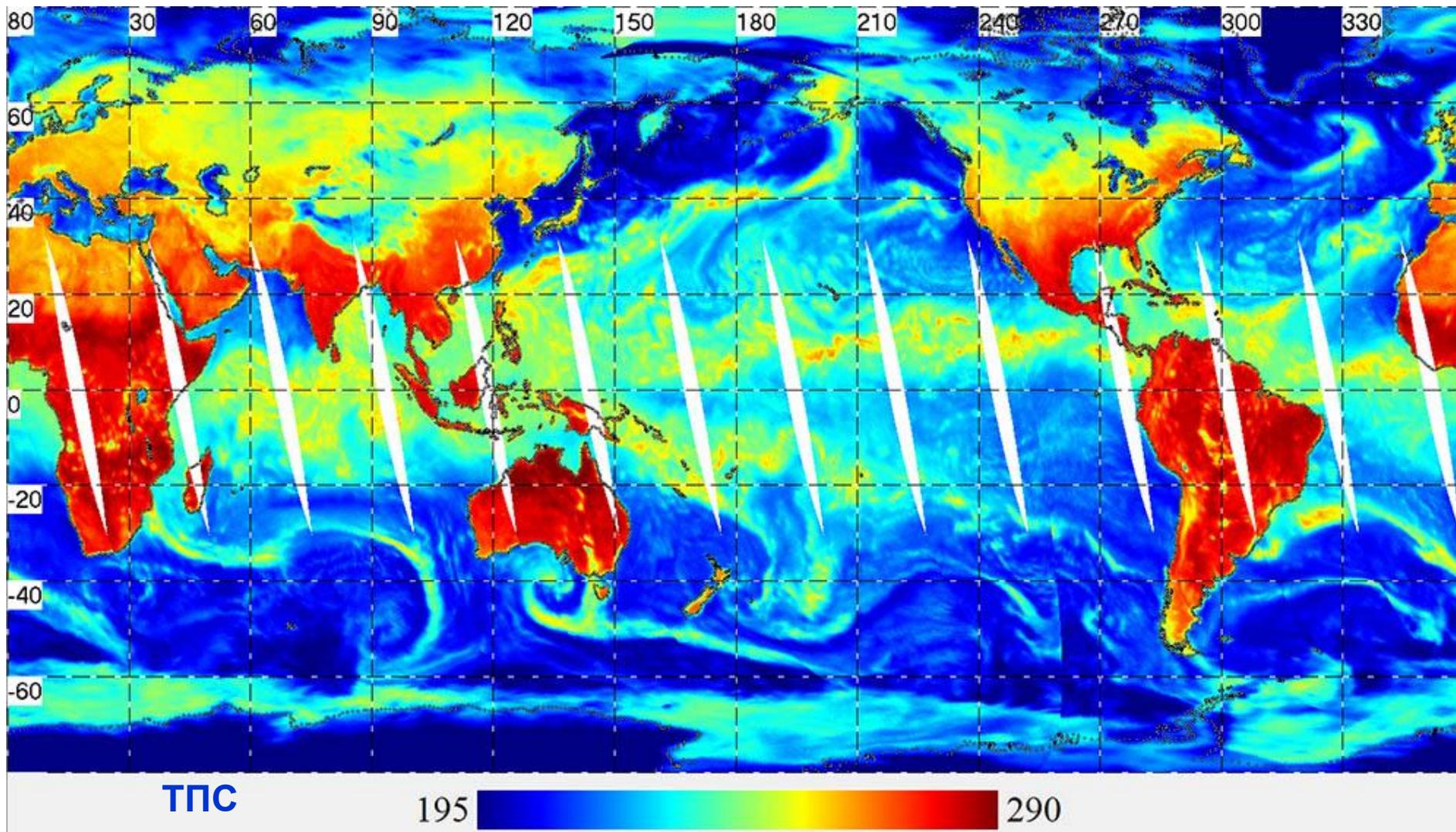
Восходящие витки, ширина полосы обзора 2500 км.

Яркостная температура Земли на частоте 42,0 ГГц на В-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



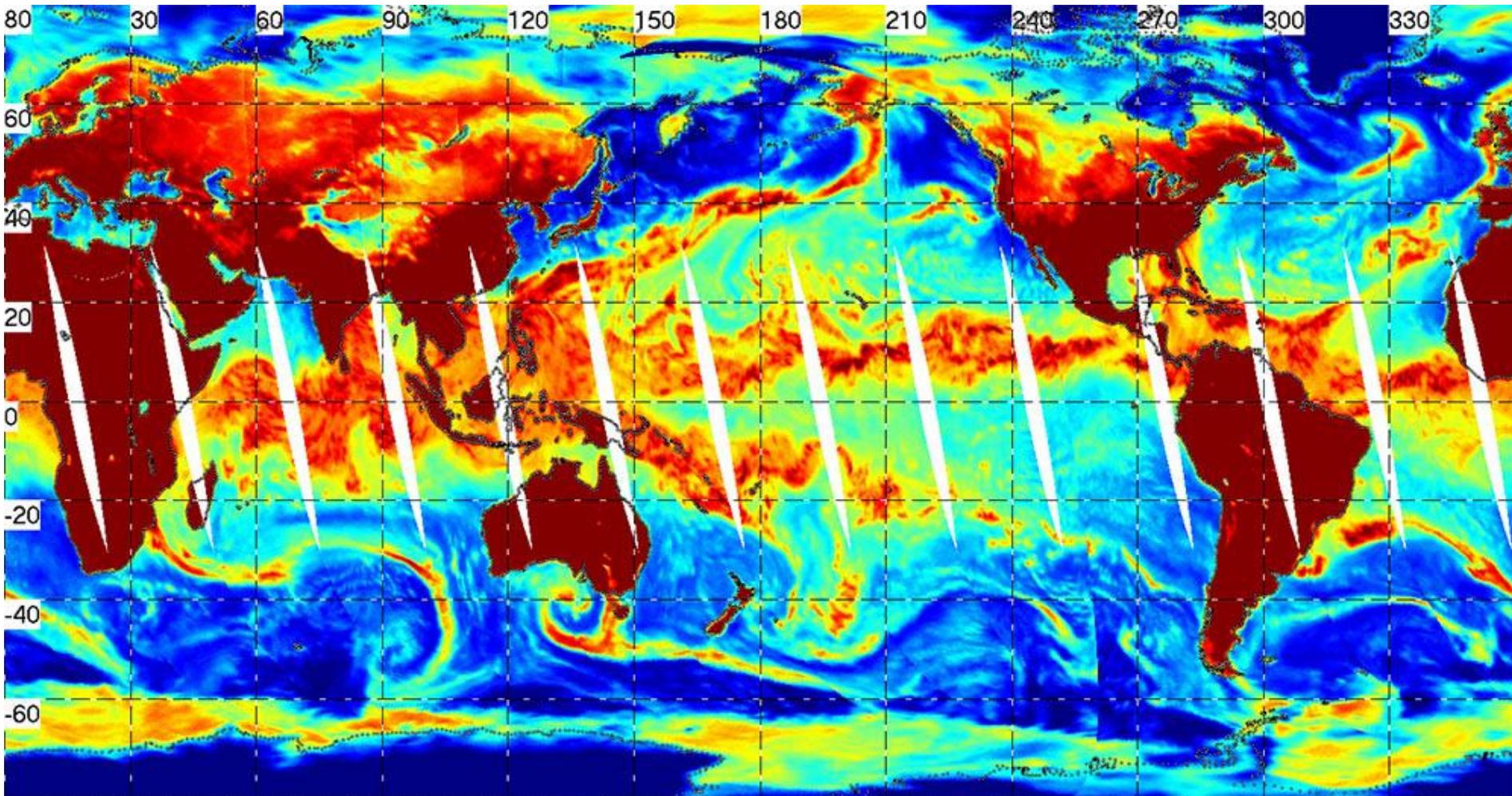
Полоса обзора 2500 км Яркостная температура, К

Яркостная температура Земли на частоте 48,0 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



Полоса обзора 2500 км Яркостная температура, К

Яркостная температура Земли на частоте 48,0 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020 sea



ТПС

195

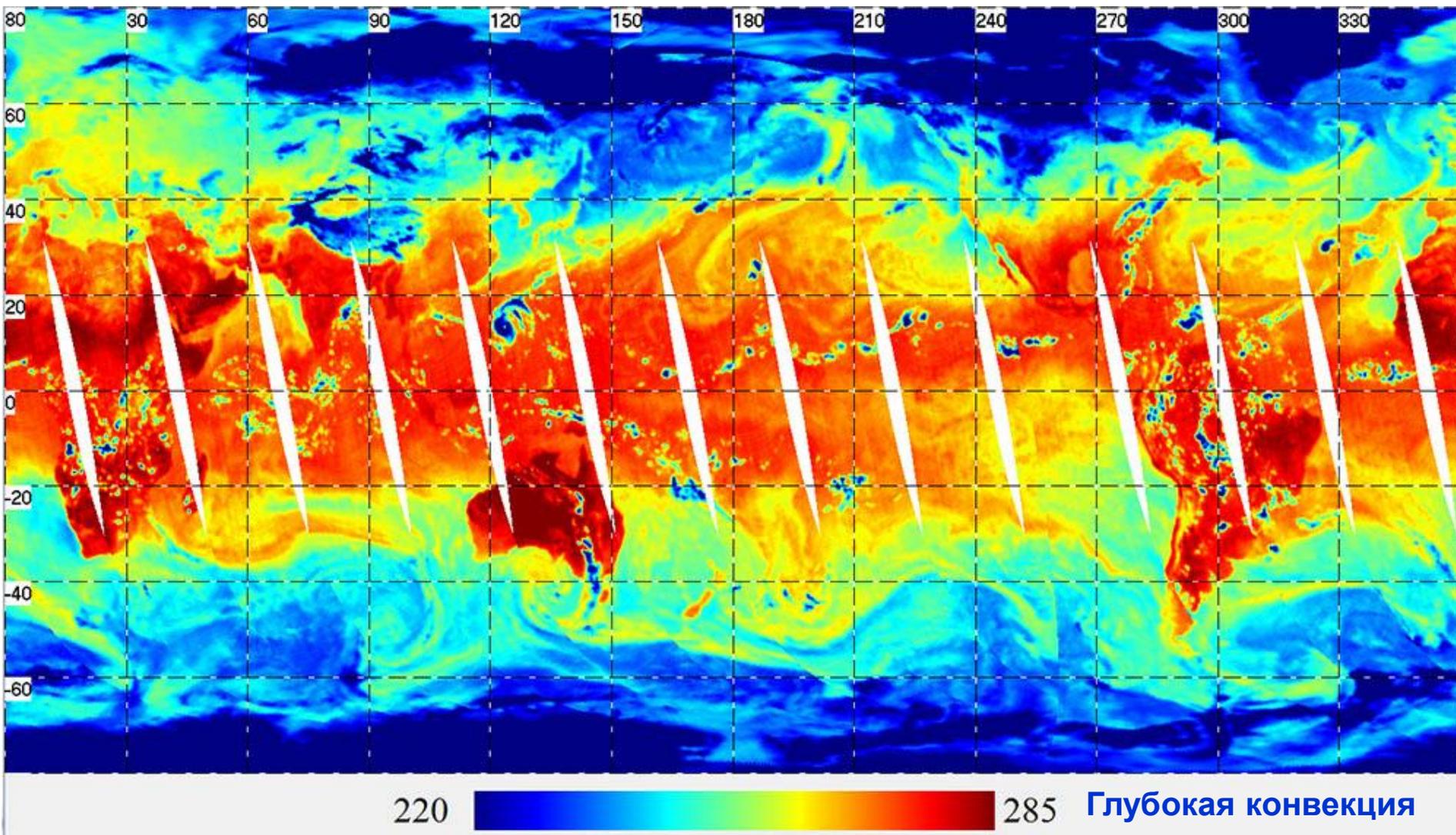


260

*Циклоны, фронты  
ВЗК, осадки*

Полоса обзора 2500 км Яркостная температура, К

Яркостная температура Земли на частоте 91,6 ГГц на В-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



220

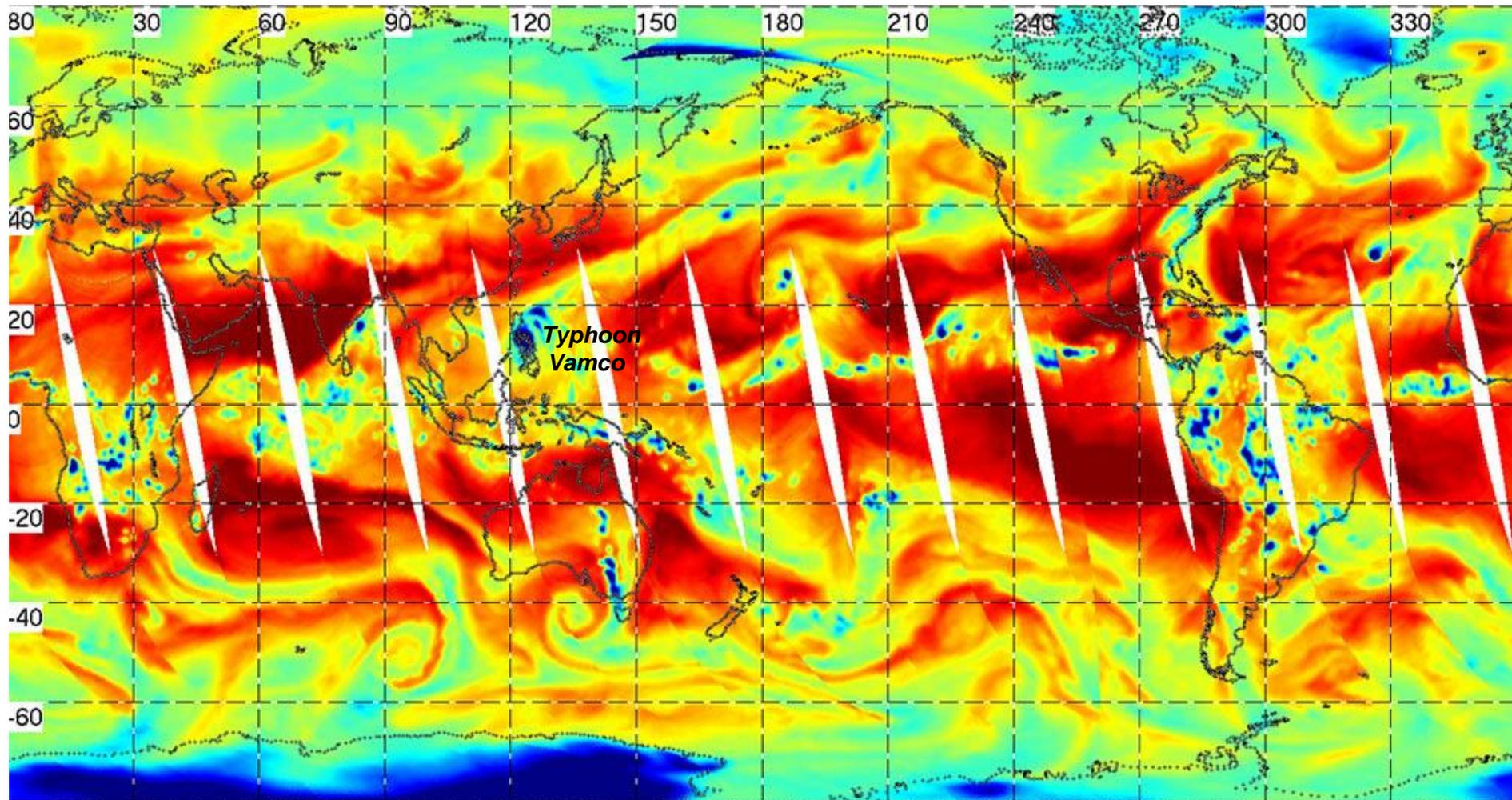


285

Глубокая конвекция  
циклоны

Полоса обзора 2500 км Яркостная температура, К

Яркостная температура Земли на частоте  $183,3 \pm 1,4$  ГГц на Г-пол.  
по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



*Typhoon Vamco*

200

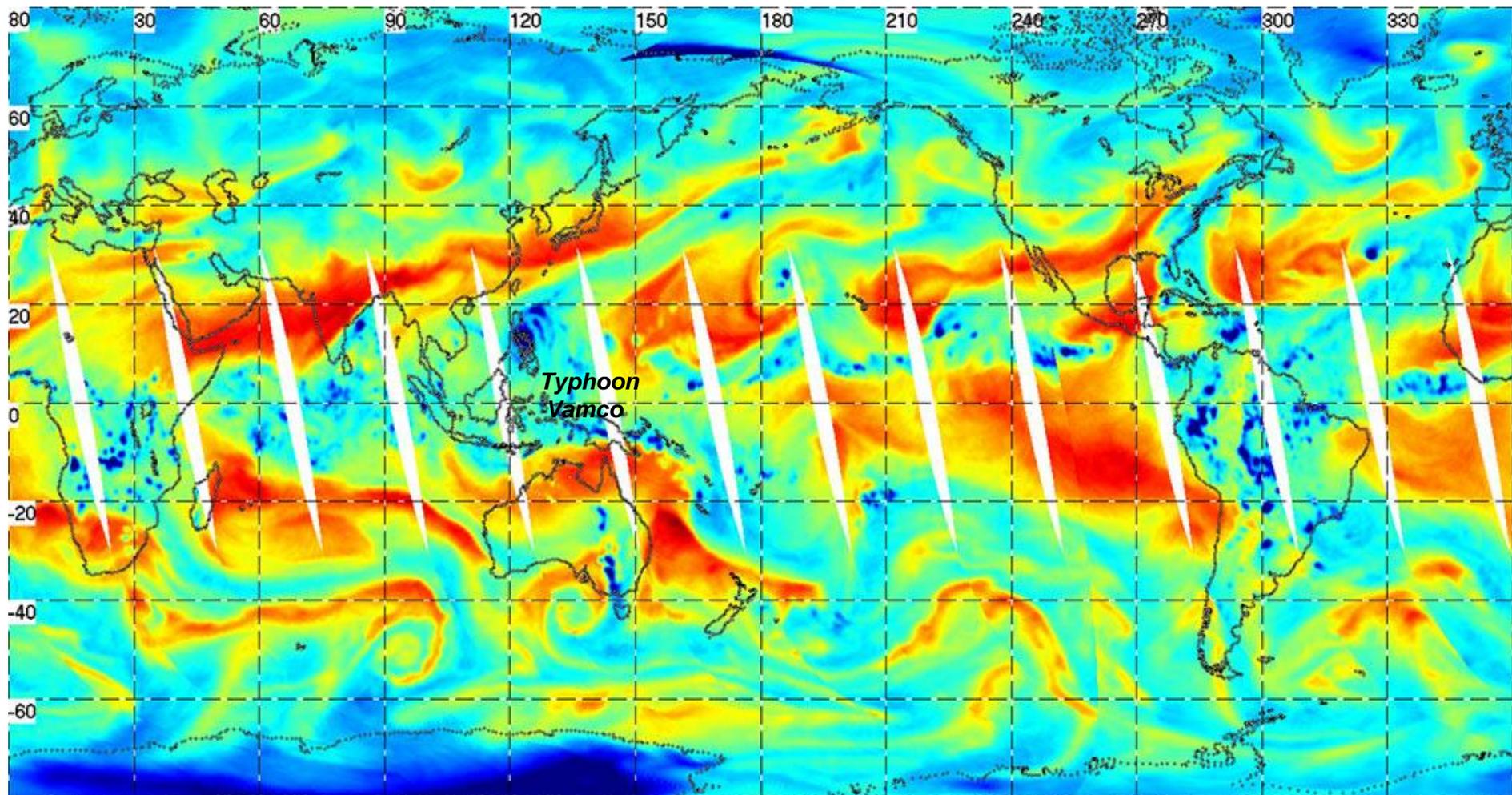


255

Глубокая конвекция  
водяной пар, циклоны

Полоса обзора 2500 км Яркостная температура, К

Яркая температура Земли на частоте  $183,3 \pm 3$  ГГц на Г-пол.  
по измерениям МТВЗА-ГЯ со спутника Метеор-М № 2-2 11.11.2020



205



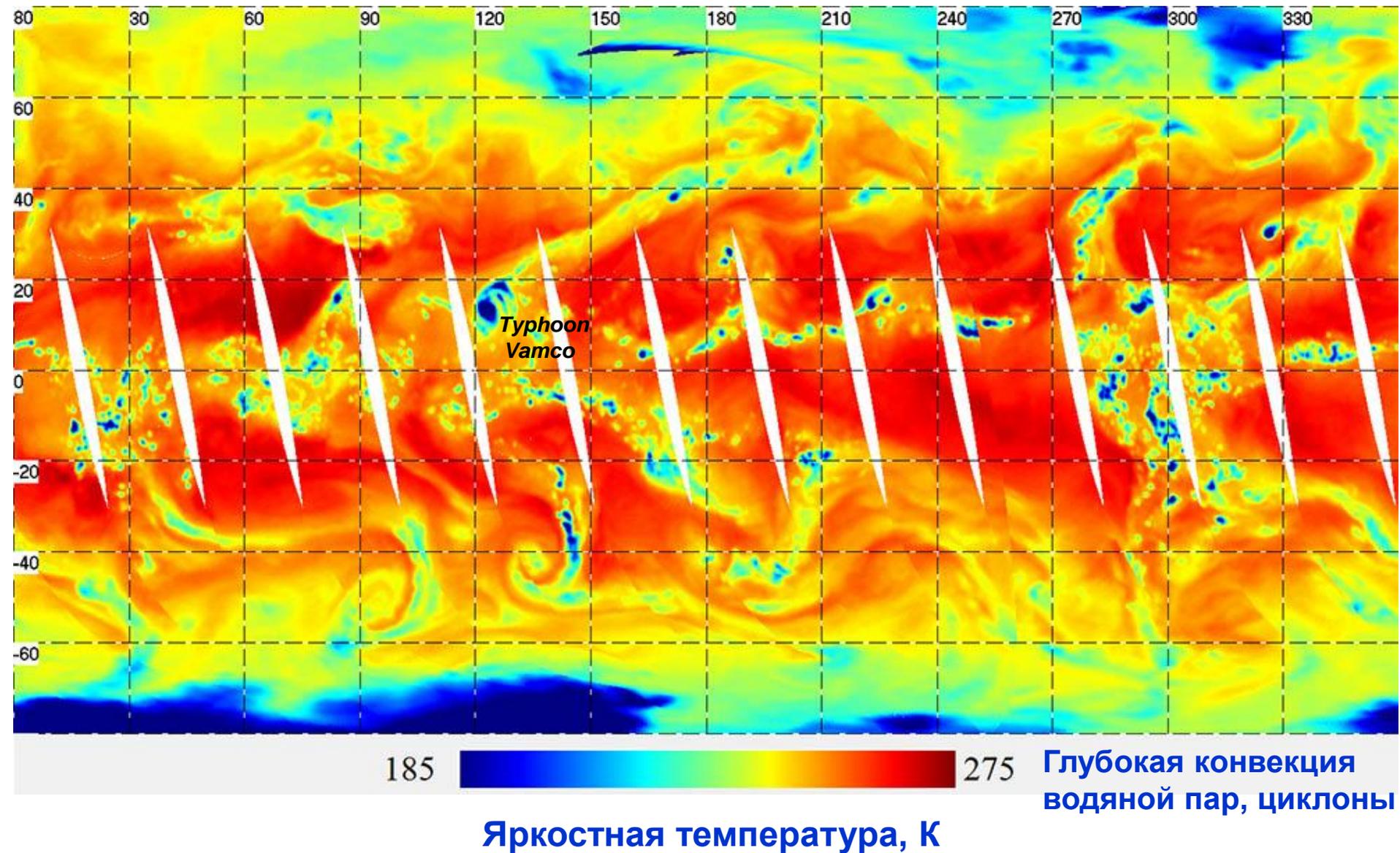
250

Яркая температура, К

Глубокая конвекция  
водяной пар, циклоны

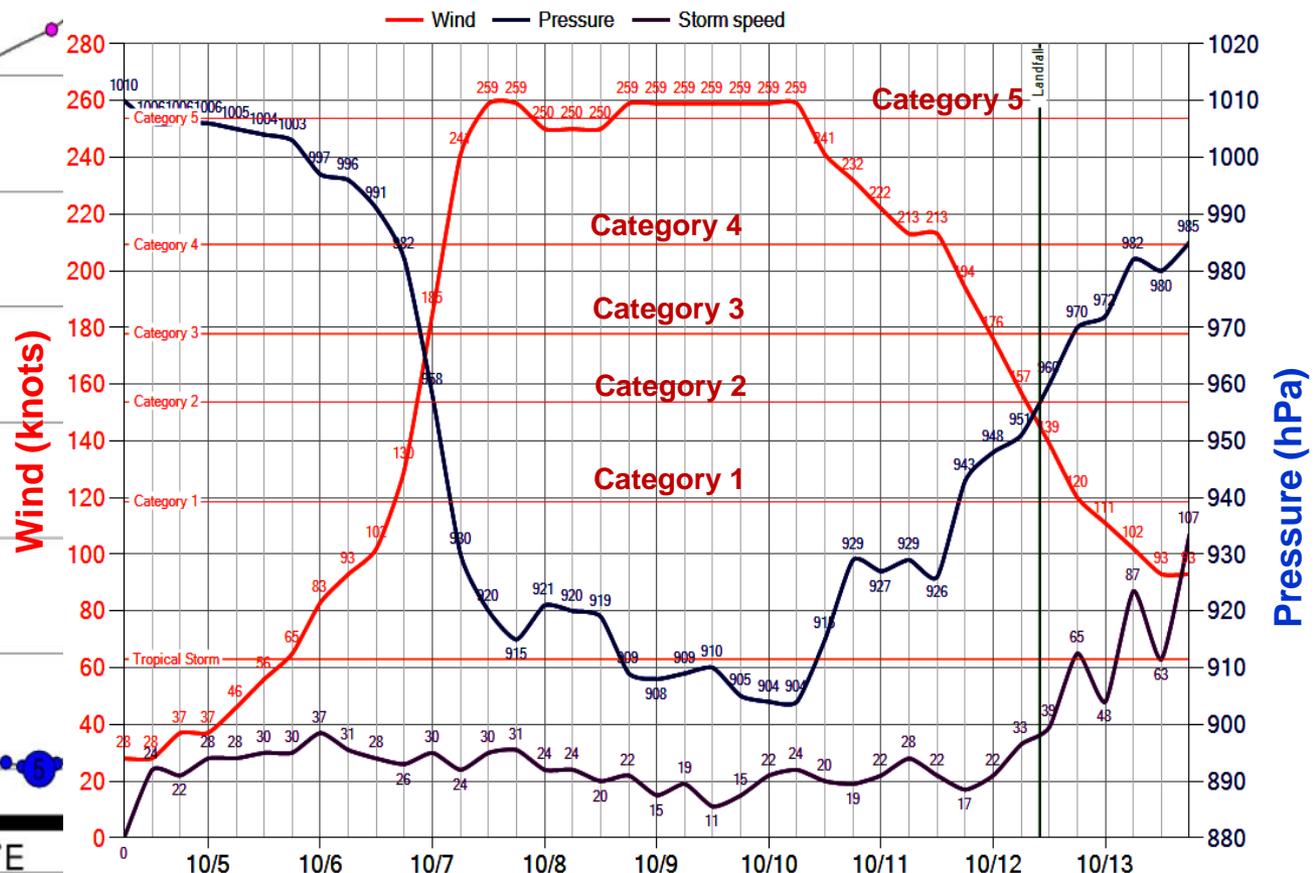
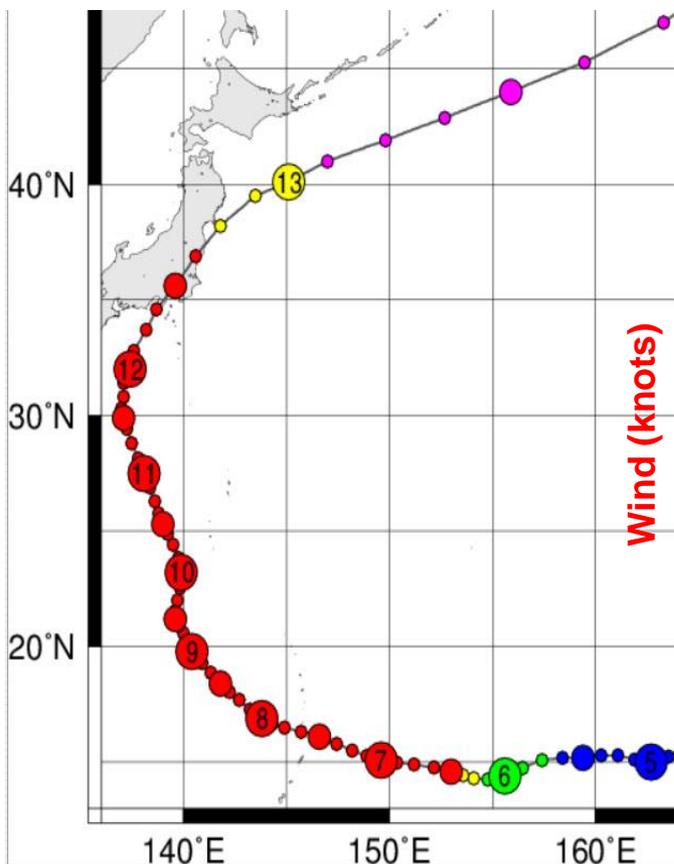
Восходящие витки, ширина полосы обзора 2500 км.

Яркая температура Земли на частоте  $183,3 \pm 7$  ГГц на Г-пол.  
по измерениям МТВЗА-ГЯ со спутника Метеор-М № 2-2 11.11.2020



# Супертайфун Hagibis над северо-западной частью Тихого океана. Изменчивость характеристик атмосферы и поверхности океана в октябре 2019 года.

## Траектория

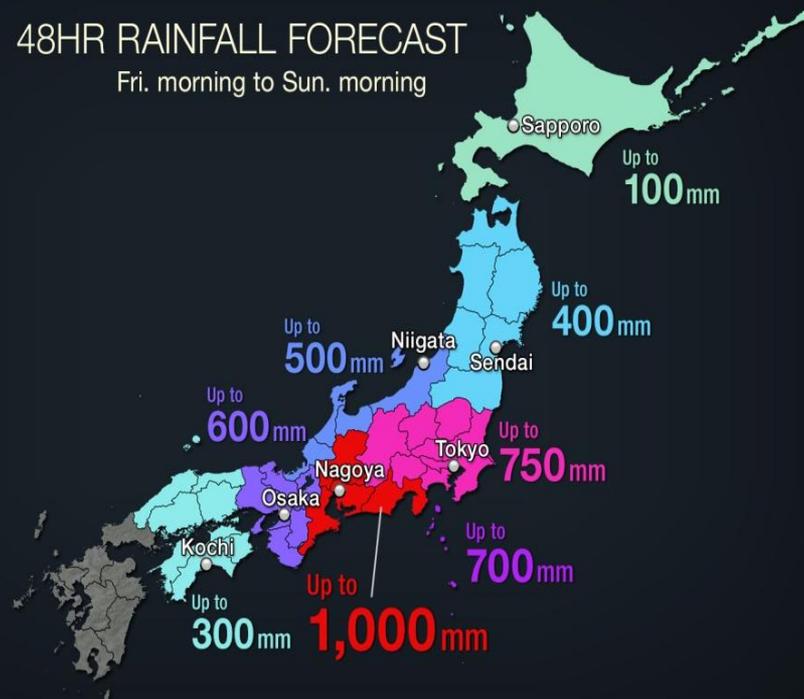


<https://ftp.emc.ncep.noaa.gov/wd20vxt/hwrf-init/decks/bwp202019.dat>

— Ветер — Давление — Скорость шторма

# 48HR RAINFALL FORECAST

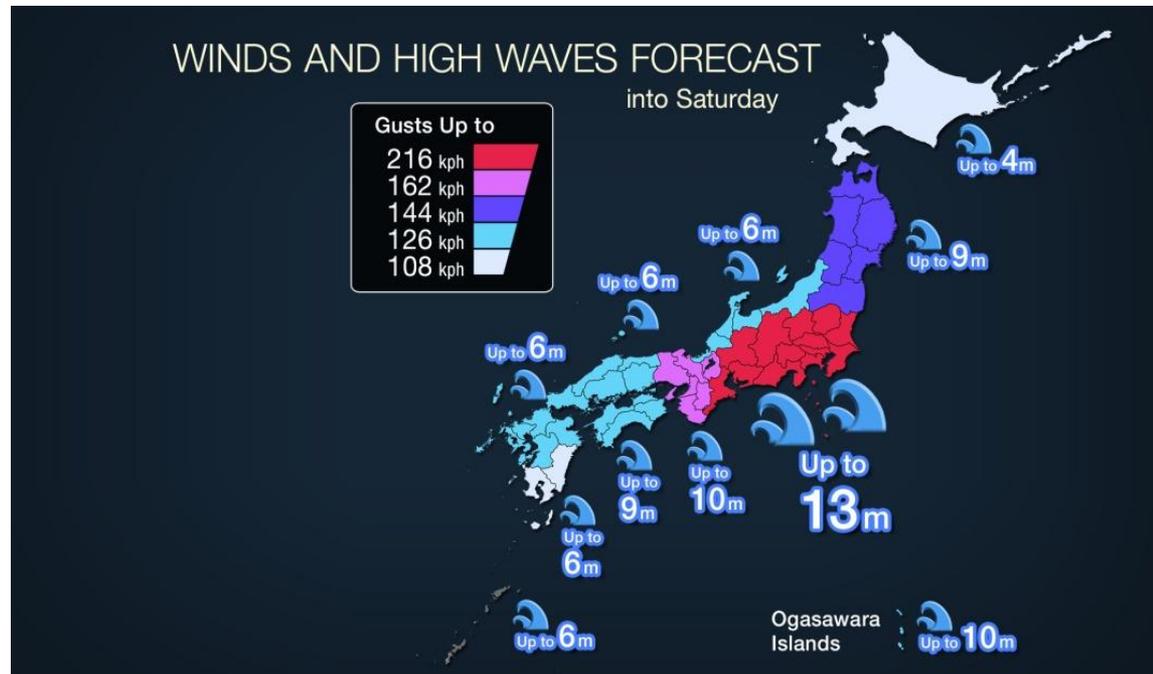
Fri. morning to Sun. morning



Прогноз осадков,  
скорости ветра и  
высоты волн при  
приближении тайфуна  
Hagibis к Японии.  
Заблаговременность  
48 часов

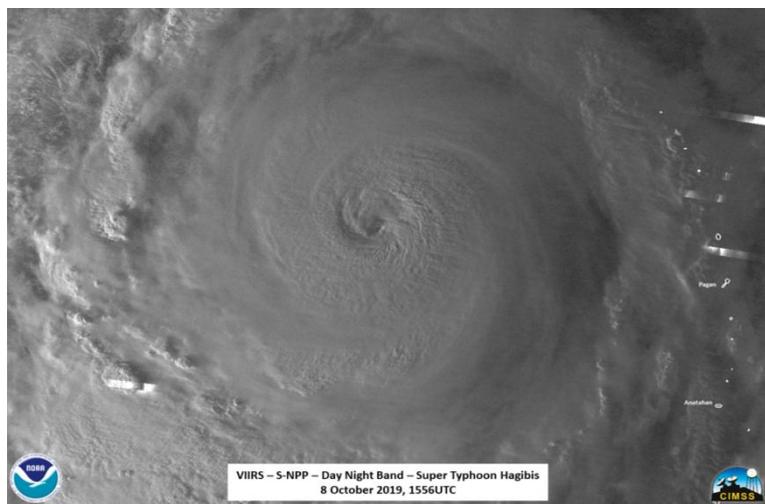
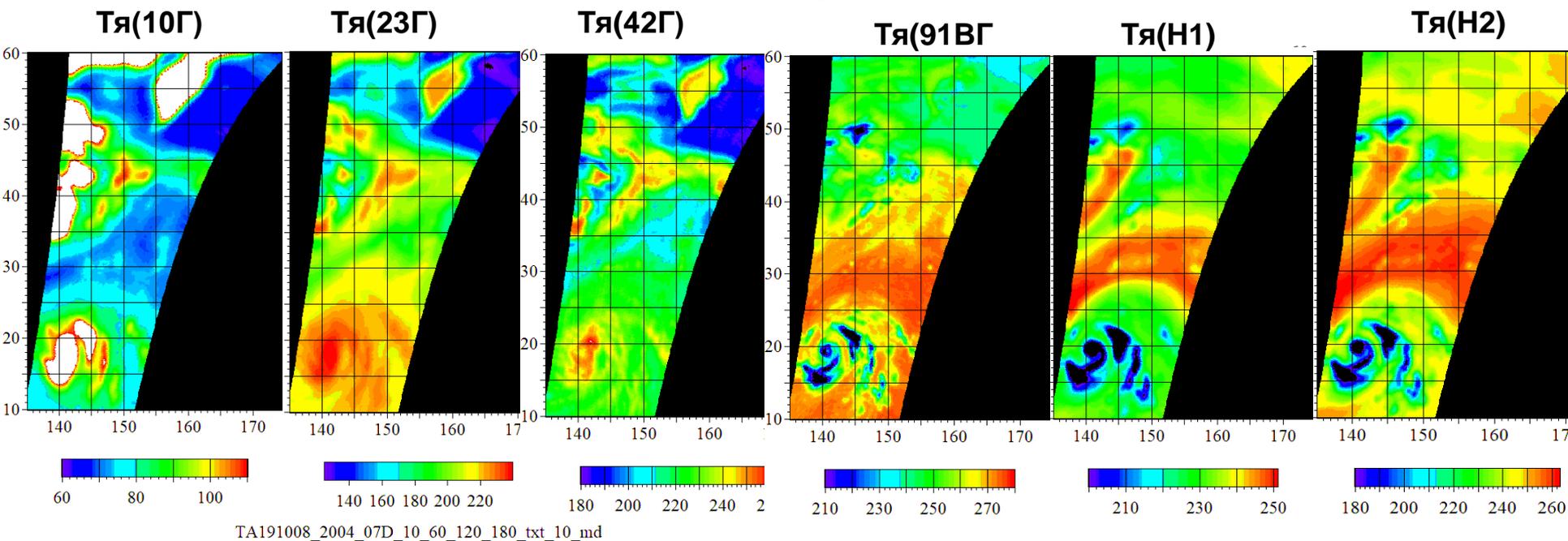
# WINDS AND HIGH WAVES FORECAST

into Saturday

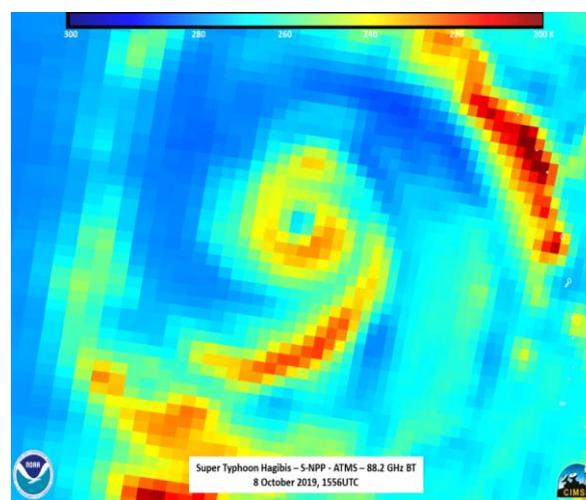


# Мультисенсорное зондирование тайфуна 8 октября 2019 года

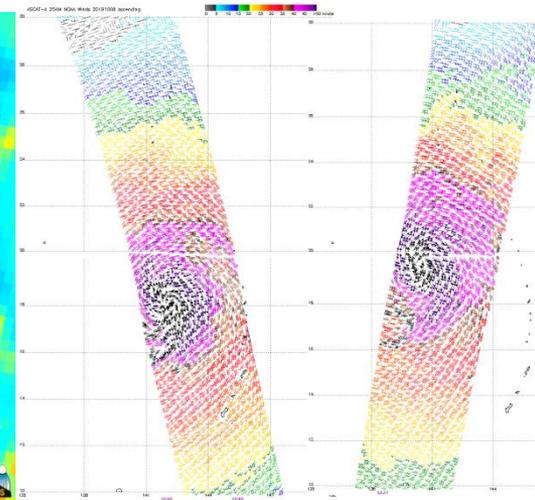
## МТВЗА-ГЯ. Метеор-М № 2-2



**VIRSS SNPP Day-night band**

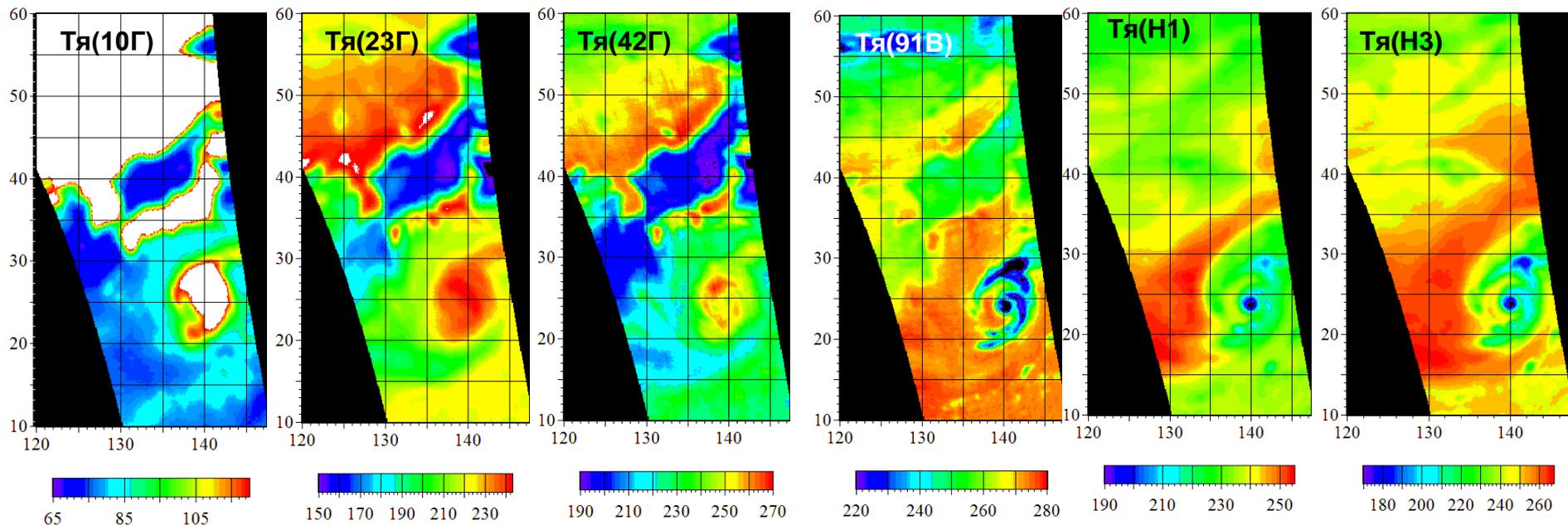


**SNPP ATMS 88.2 GHz**



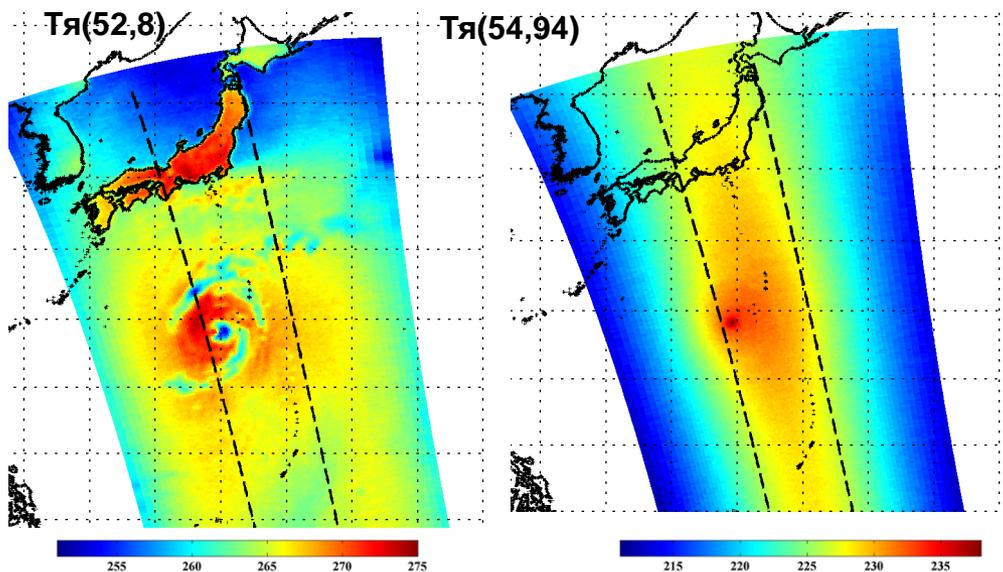
**MetOp-A ASCAT**

# 10 октября 2019. МТВЗА-ГЯ Метеор-М № 2-2



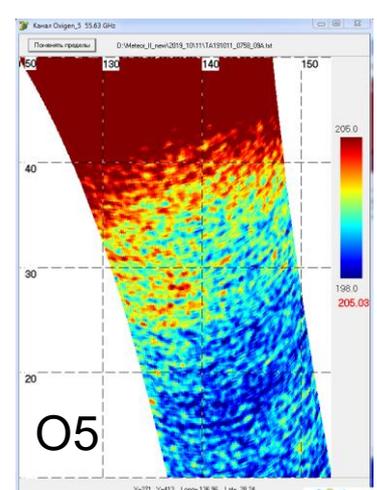
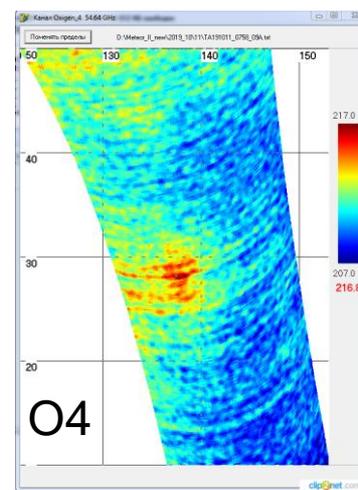
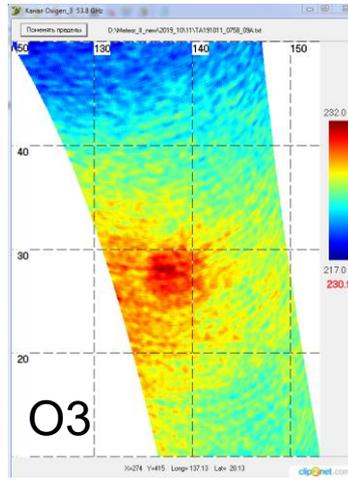
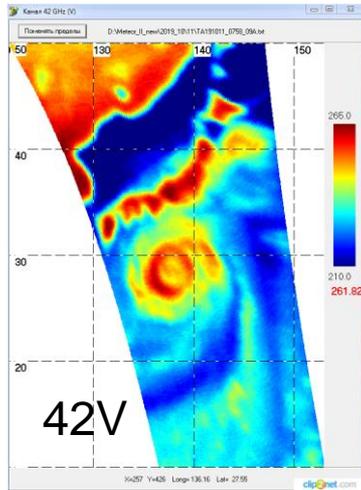
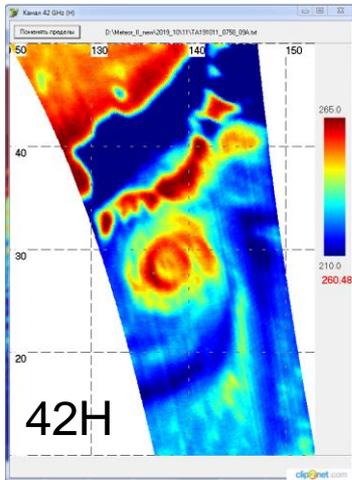
**ATMS SNPP**

**Brightness temperature, K**

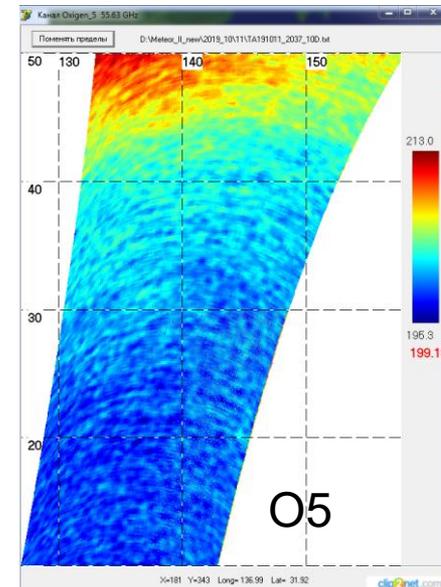
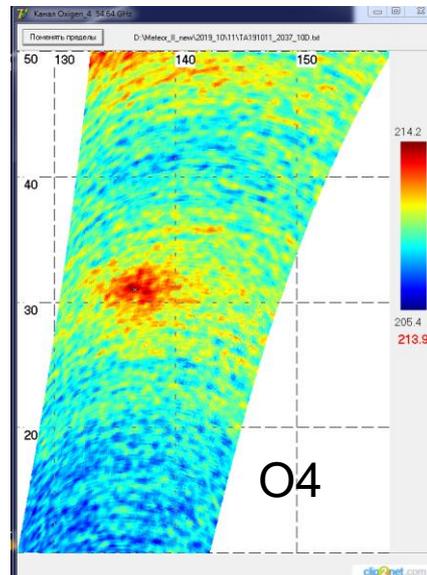
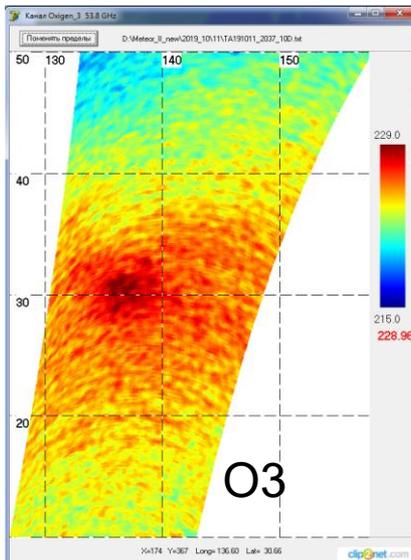


**Brightness temperature, K**

# 11 октября 2019 супертайфун Hagibis, МТВЗА-ГЯ



## Восходящие витки



## Нисходящие витки

# Выводы

- На основе обработки и анализа данных **МТВЗА-ГЯ** на спутниках серии **Метеор-М №2-2**, полученных в 2009 – 2024 гг., подтверждена возможность восстановления параметров различных видов поверхности, подповерхностных слоев (Антарктида, Гренландия), интегральных параметров и особенностей вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы.
- Разработана методика внешней калибровки радиометра, основанная на тщательном моделировании яркостных температур, данных радиозондирования атмосферы и выборе тестовых областей над океаном и сушей с малой пространственной изменчивостью коэффициентов излучения.
- Выполнена обработка данных на всех каналах **МТВЗА-ГЯ**, оценена стабильность работы прибора в космосе. Определены нарушения на отдельных каналах, в частности, появление полосового шума на частотах температурного зондирования, выявлены зоны радиочастотных помех на частотах 6,9, 7,3 и 10,65 ГГц.
- Изучена суточная и сезонная изменчивость яркостных температур поверхности в различных климатических зонах. Исследована эволюция экстремальных метео- и гидрологических явлений (тайфуны, наводнения и пр.).

- Выявлена динамика районов засух и наводнений, таяния Гренландии, зарегистрировано и исследовано в полях яркостных температур редкое явление – внезапное потепление стратосферы над Северным и Южным полушариями.
- Подчеркнута высокая информативность данных МТВЗА-ГЯ, полученных в диапазоне частот 160-190 ГГц, в частности, для обнаружения зон глубокой конвекции в атмосфере и оценки влажности на различных уровнях тропосферы.
- На многочисленных примерах, имеющих практическую значимость и междисциплинарные приложения, показана эффективность совместного анализа данных МТВЗА-ГЯ и показаний сенсоров, работающих в видимом, ИК и МВ диапазонах длин волн установленных на других спутниках. Комплексование данных повышает временное разрешения и снижение погрешности восстанавливаемых геофизических параметров.

Автор благодарит РКС Роскосмоса за предоставление данных МТВЗА-ГЯ, JAXA (Япония) за данные радиометров AMSR2 и GMI и сотрудников лаборатории спутниковой океанологии и лазерного зондирования М.Л. Митник, В.П. Кулешова и А.В. Баранюк за помощь в обработке спутниковой информации и участие в подготовке докладов и статей по спутникам серии Метеор-М.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы рег. номер АААА-А17-117030110037-8