

**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

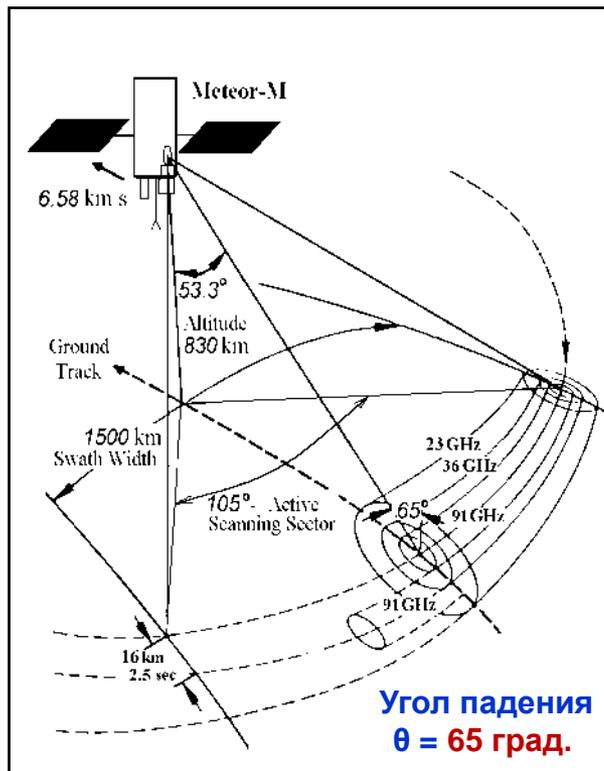
(данные поступают в ограниченном объёме) и

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	

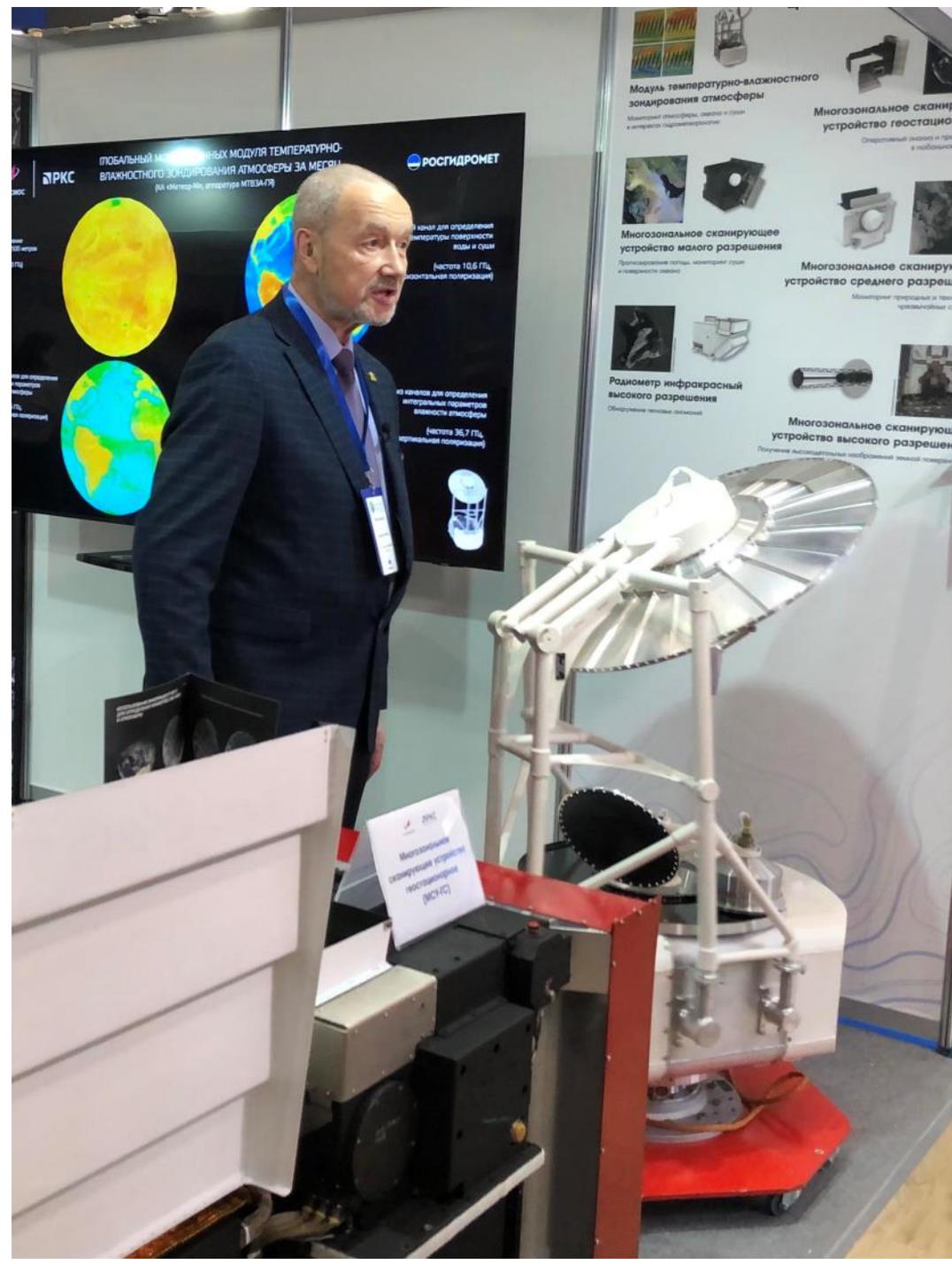
МТВЗА-ГЯ - Микроволновый Температурно-Влажностный Зондировщик Атмосферы

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.

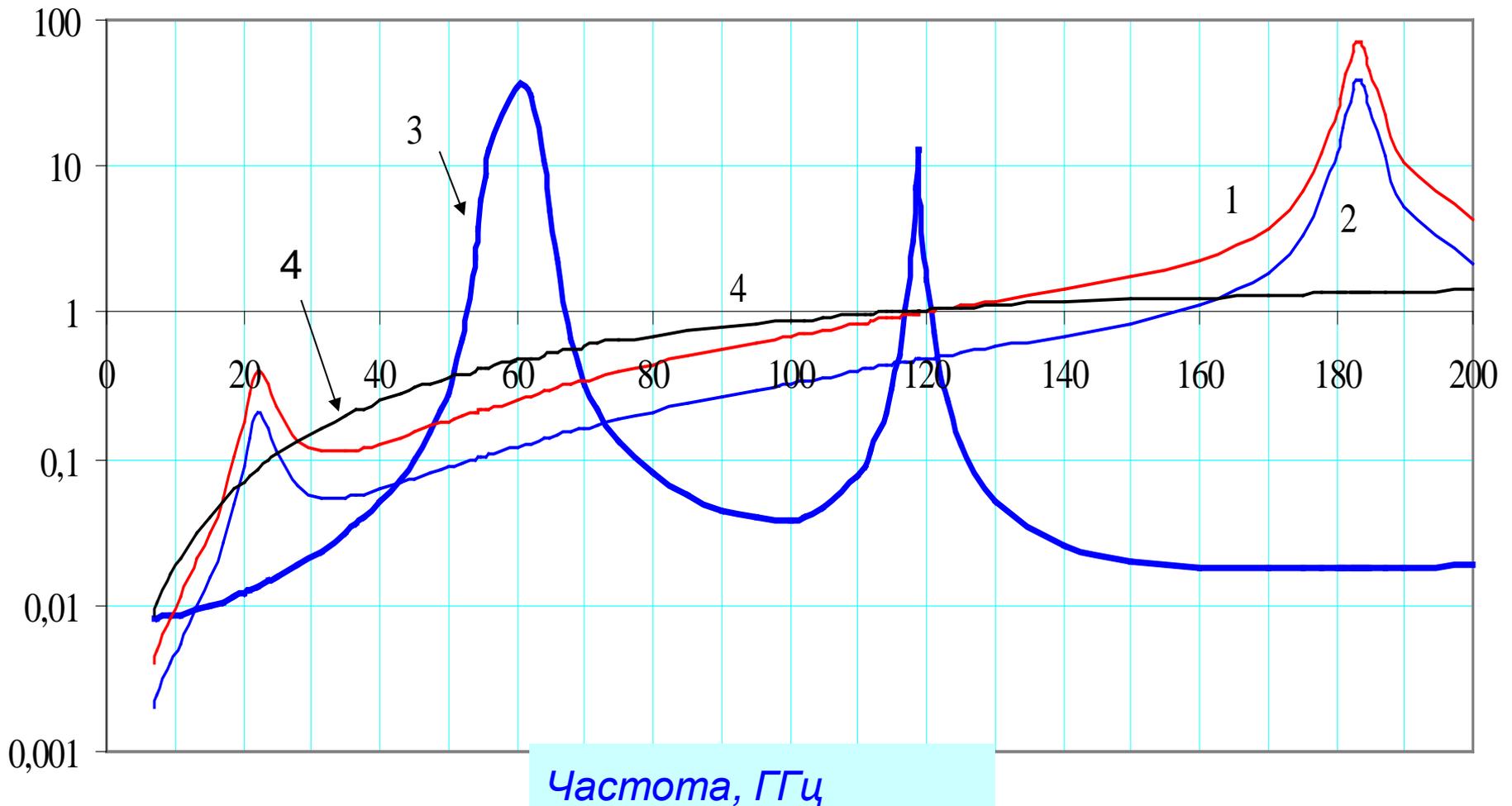
Игорь Александрович Барсуков на выставке в Санкт-Петербурге 29 октября 2024 года.

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



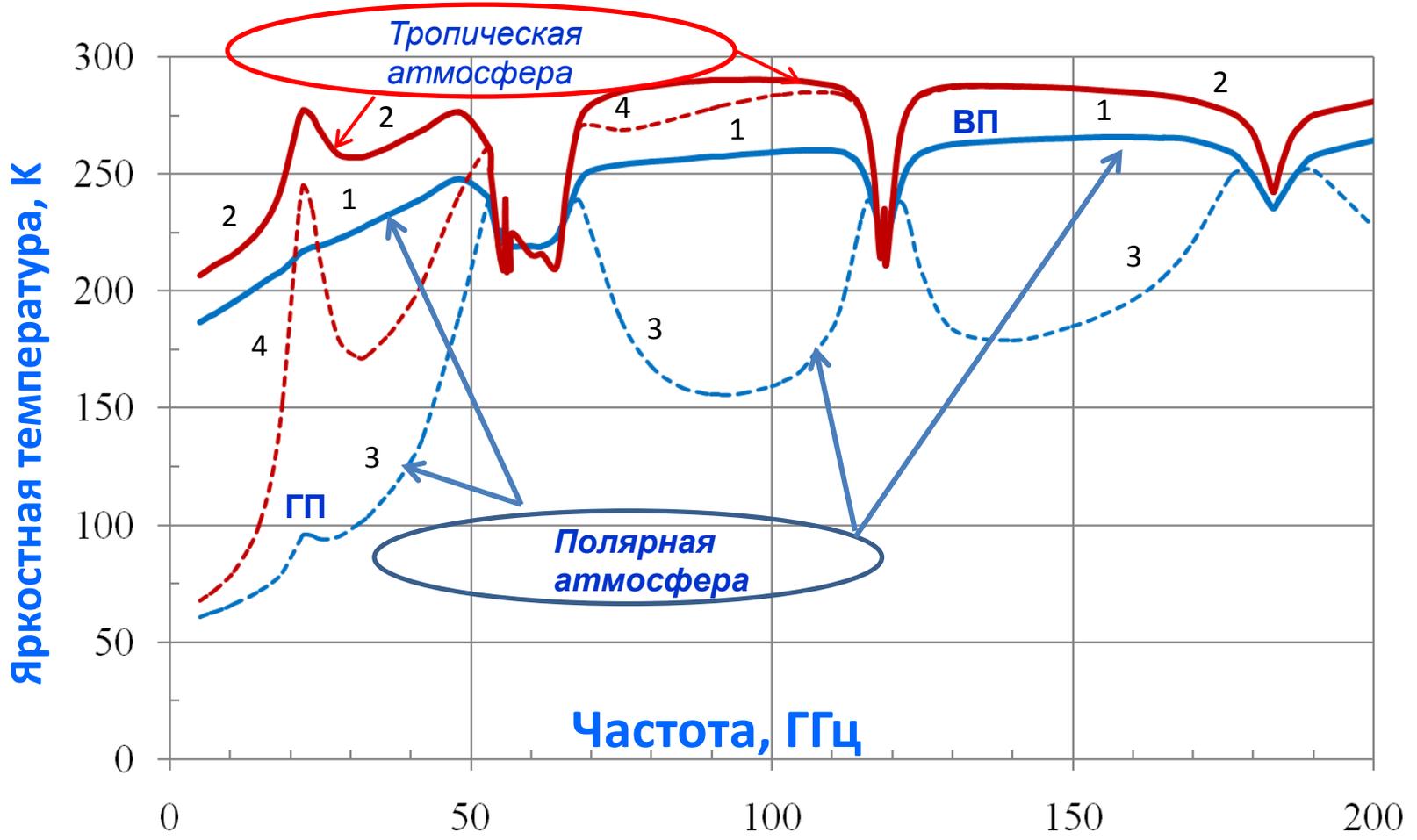
МОДЕЛИРОВАНИЕ

Поглощение атмосферными газами и облаками



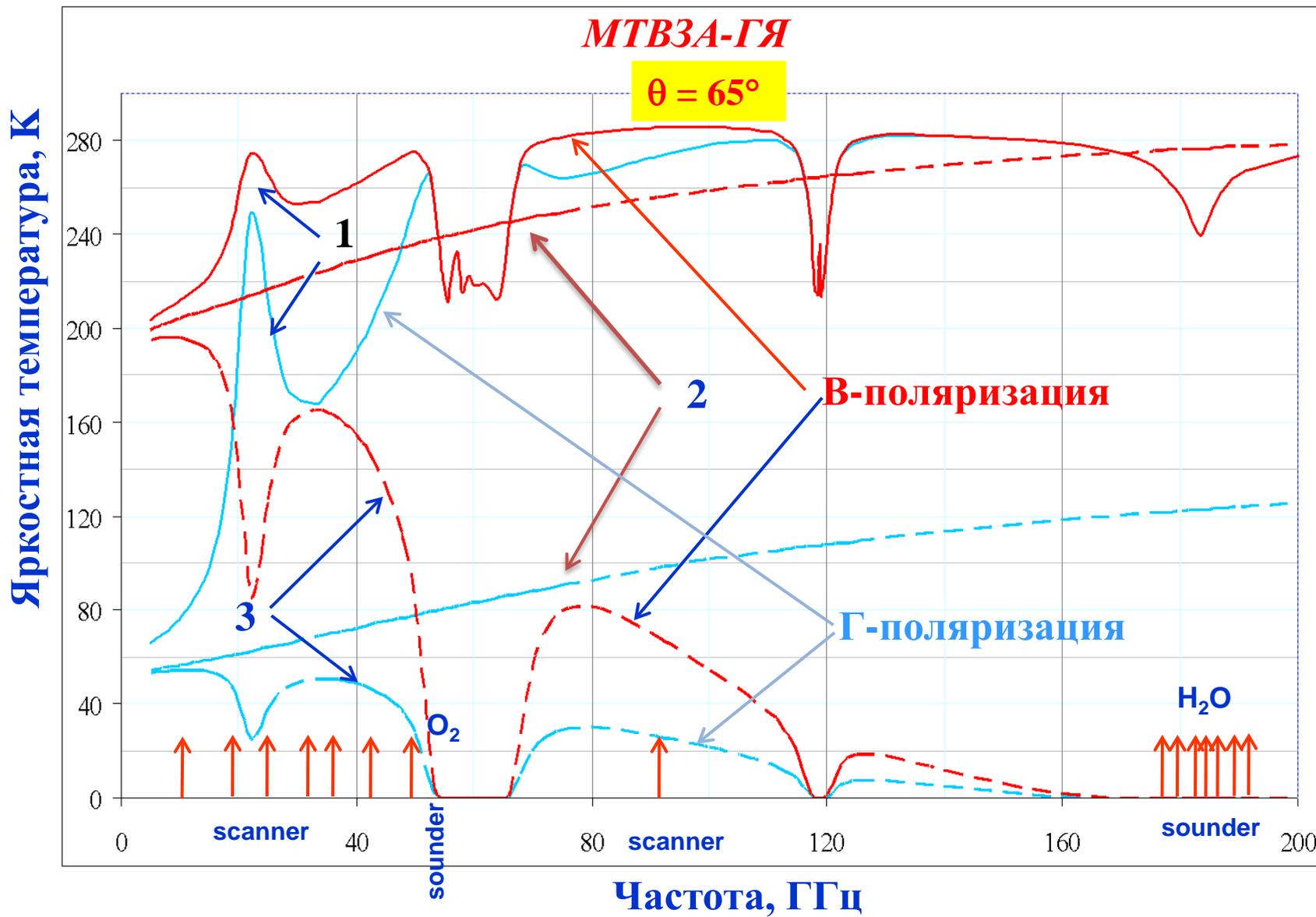
Спектры полного поглощения водяным паром при $V = 59$ и 28 кг/м² (кривые 1 и 2), молекул. кислородом (кривая 3) и облаками при $Q = 0.6$ кг/м² и $t_{cl} = 0^\circ\text{C}$ (кривая 4)

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 = $30,8^\circ \text{ С}$, $W = 2 \text{ м/с}$

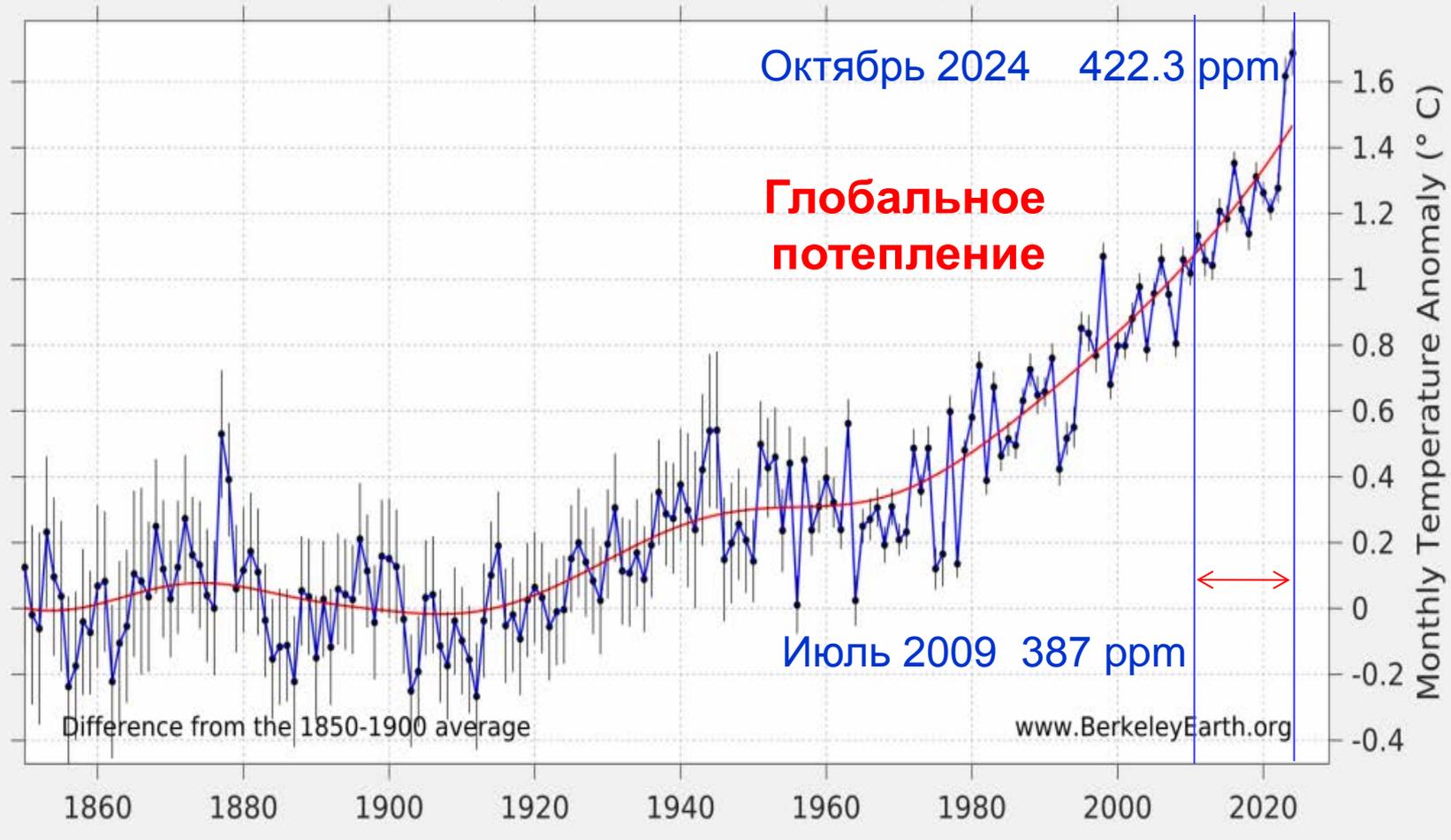


При калибровке используются расчетные Тя над тестовыми областями

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, $W = 5 \text{ м/с}$, $V = 55 \text{ кг/м}^2$, $Q = 0.0 \text{ кг/м}^2$

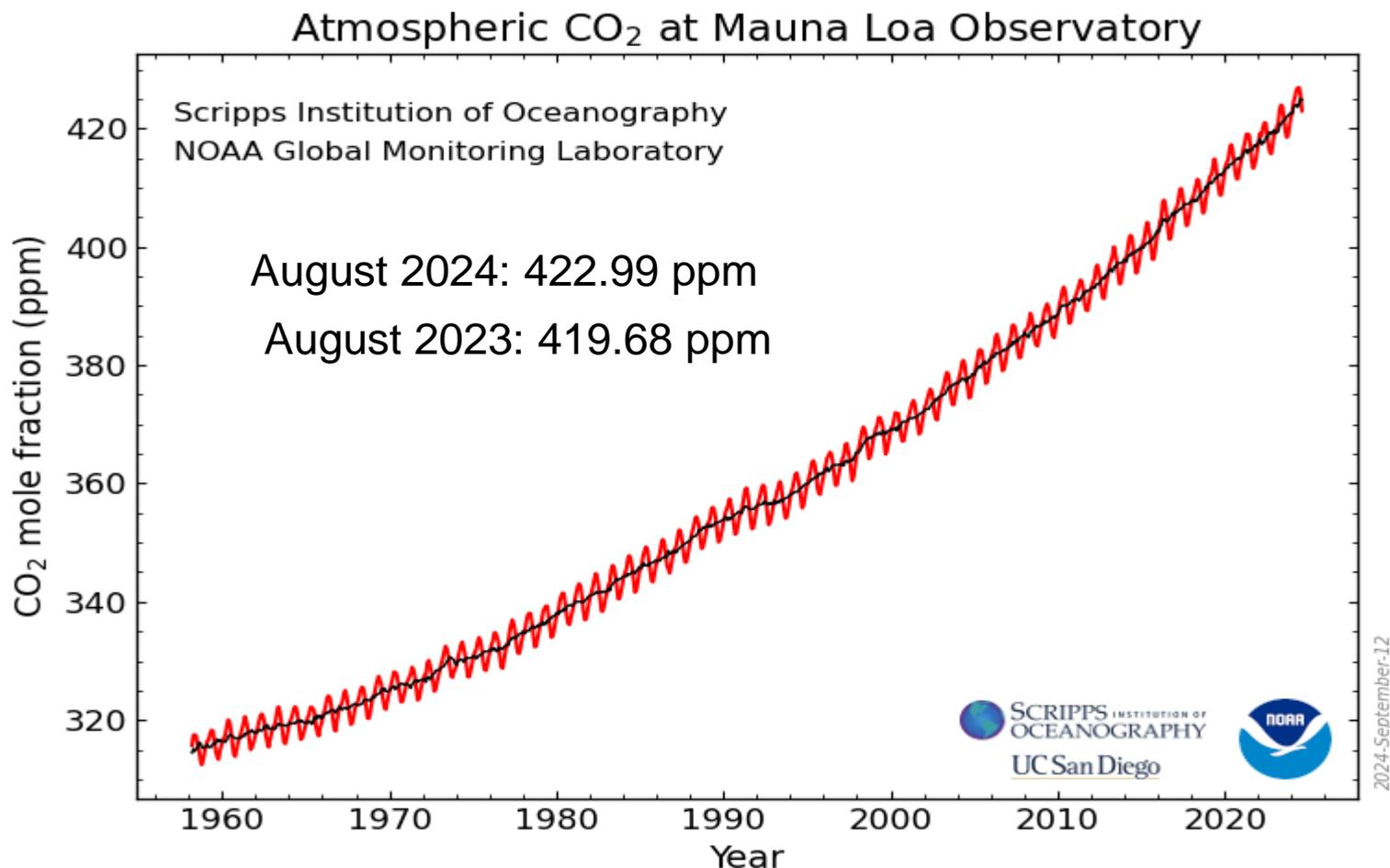


Berkeley Earth - Global - August



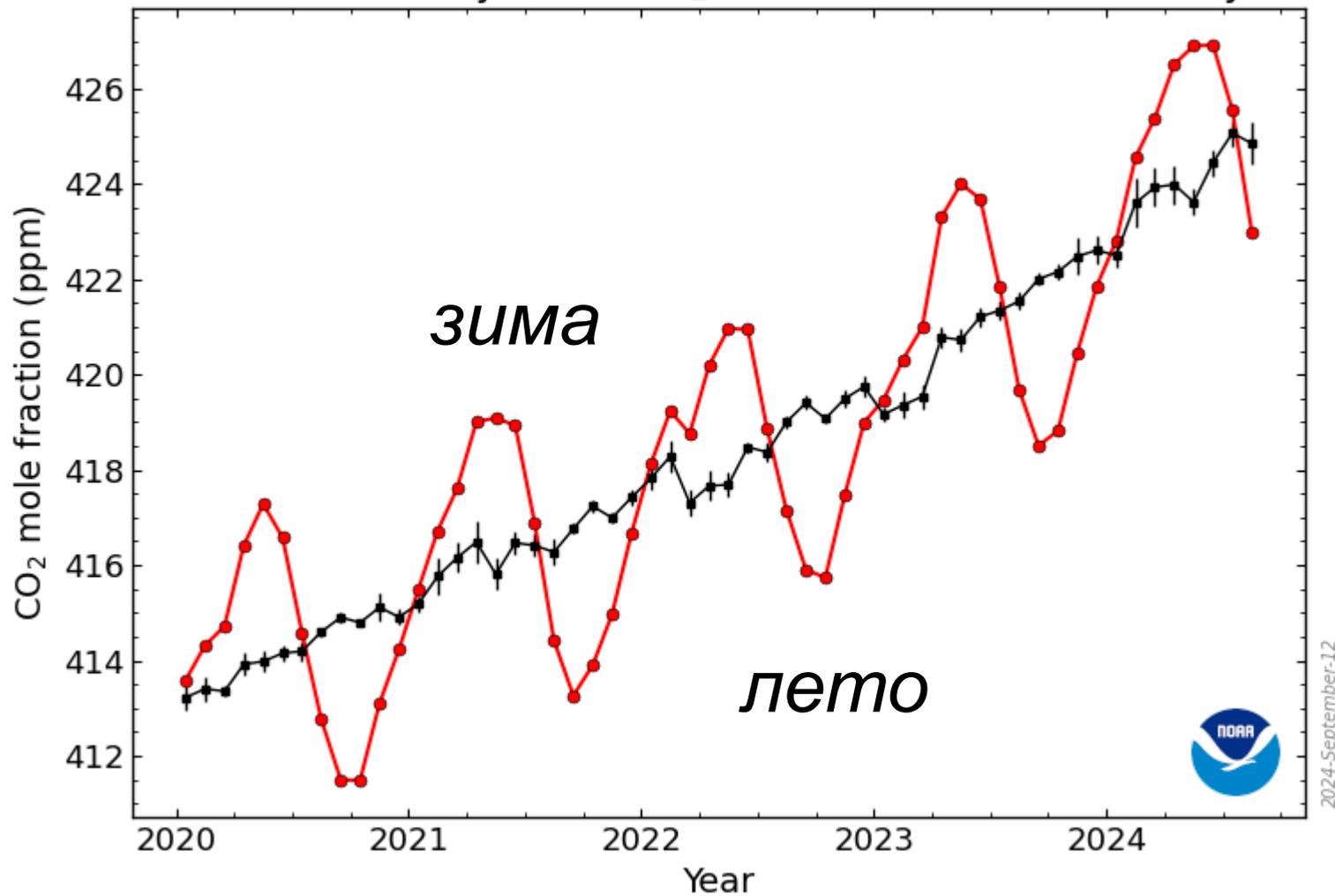
Август 2024 года - пятнадцатый месяц подряд, в котором был установлен или превышен месячный рекорд глобальной температуры, причем многие месяцы установили новые рекорды с большим отрывом. Август 2024 года стал 14-ым месяцем подряд, когда температура была, по крайней мере, на $1,5^{\circ}$ C выше, чем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

Последние данные за 12 сен. 2024



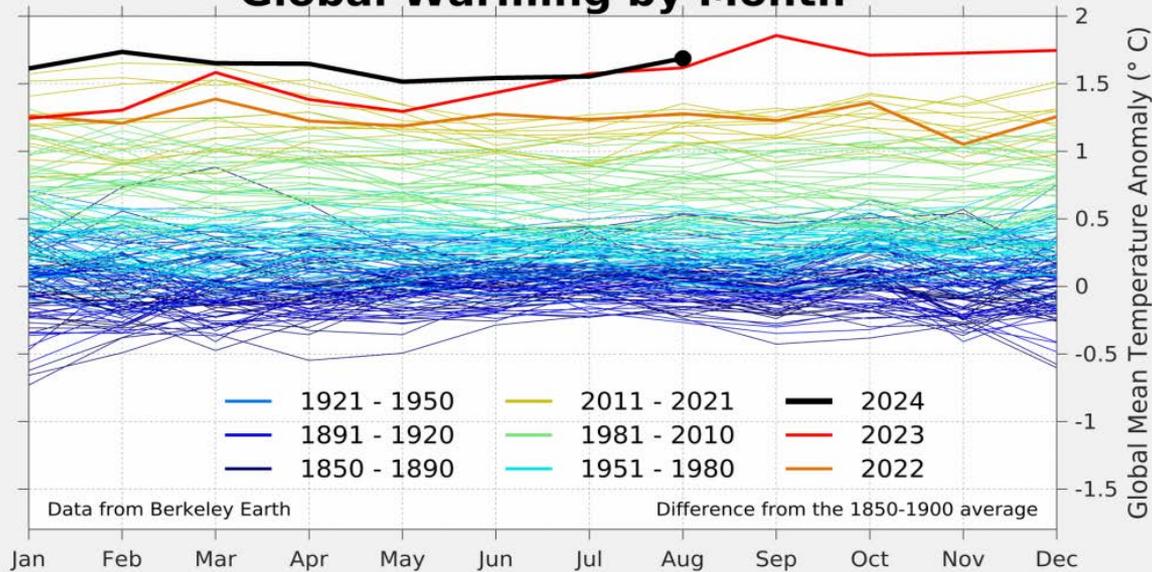
Среднемесячные значения CO₂, измеренные в обсерватории Мауна-Лоа на Гавайях. Это самые продолжительные прямые измерения содержания CO₂ в атмосфере. Начаты Килингом из Ин-та океанографии Скриппса в марте 1958 г. в лаб. Нац. управления океанических и атмосферных исследований

Recent Monthly Mean CO₂ at Mauna Loa Observatory



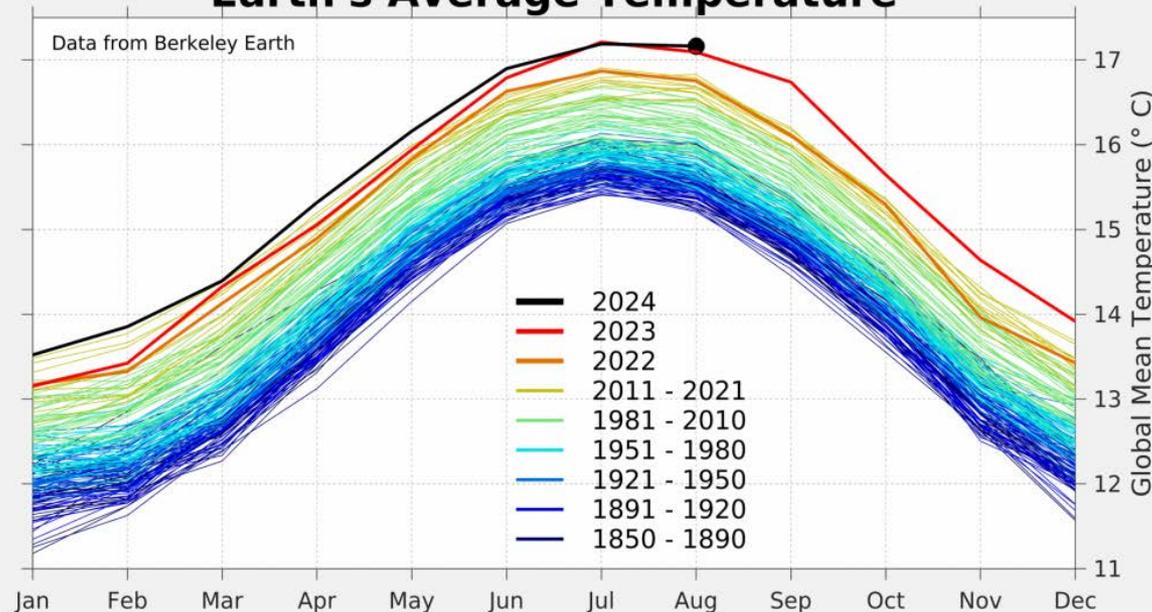
Временная изменчивость

Global Warming by Month



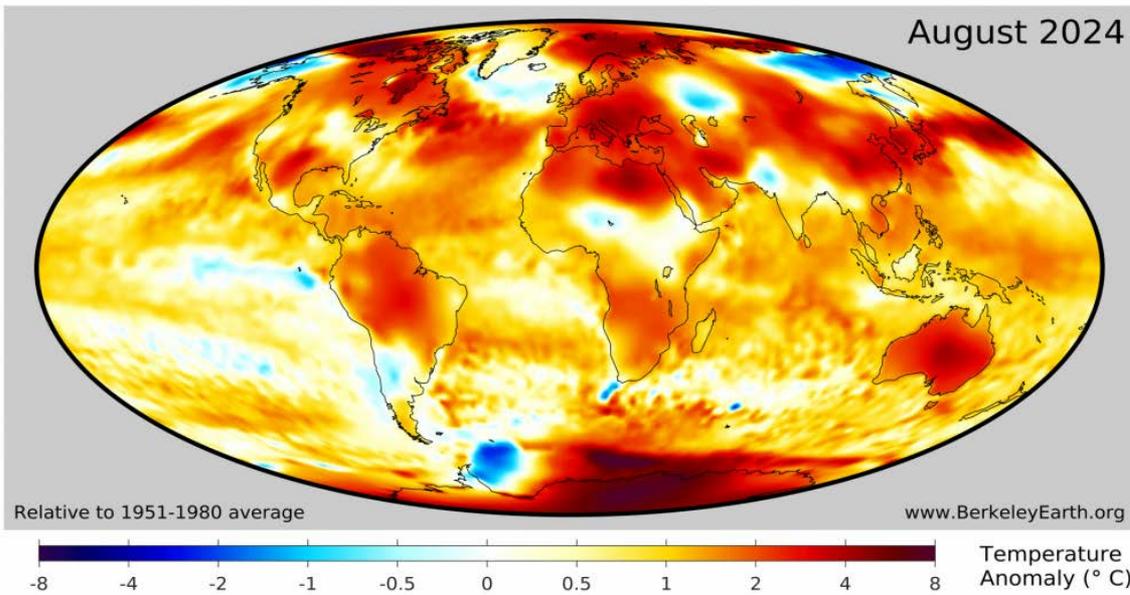
Сезонный цикл средней глобальной температуры Земли с пиком летом в полушарии. Июль и август 2024 года - самые теплые месяцы за всю историю прямых измерений.

Earth's Average Temperature

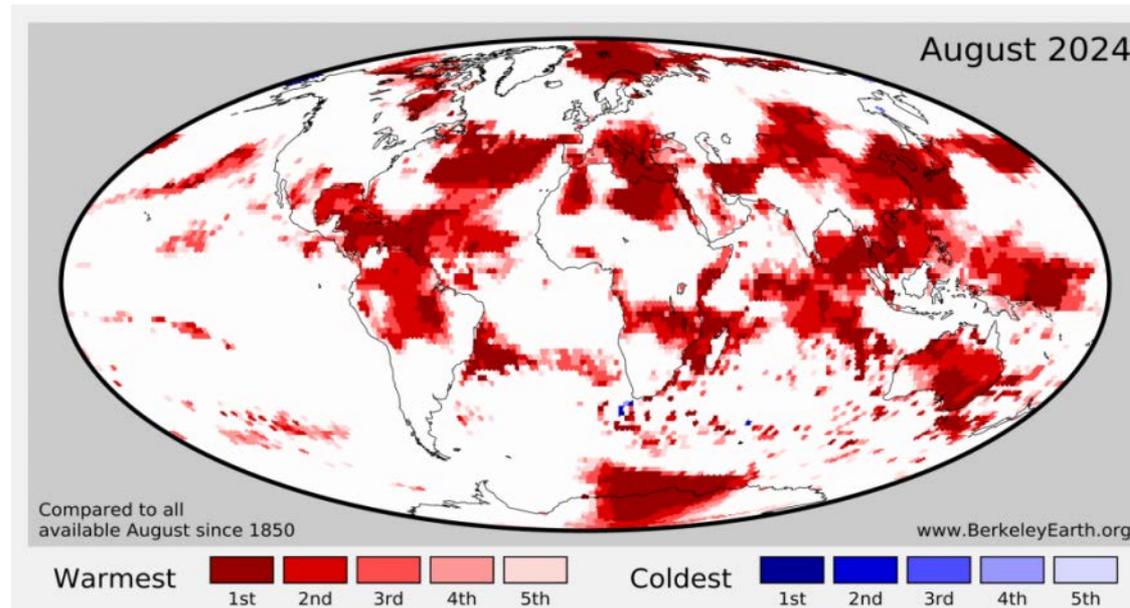


Средняя глобальная температурная аномалия в августе 2024 года была значительно больше, чем в июле, но все же меньше, чем с января по апрель.

Пространственная изменчивость



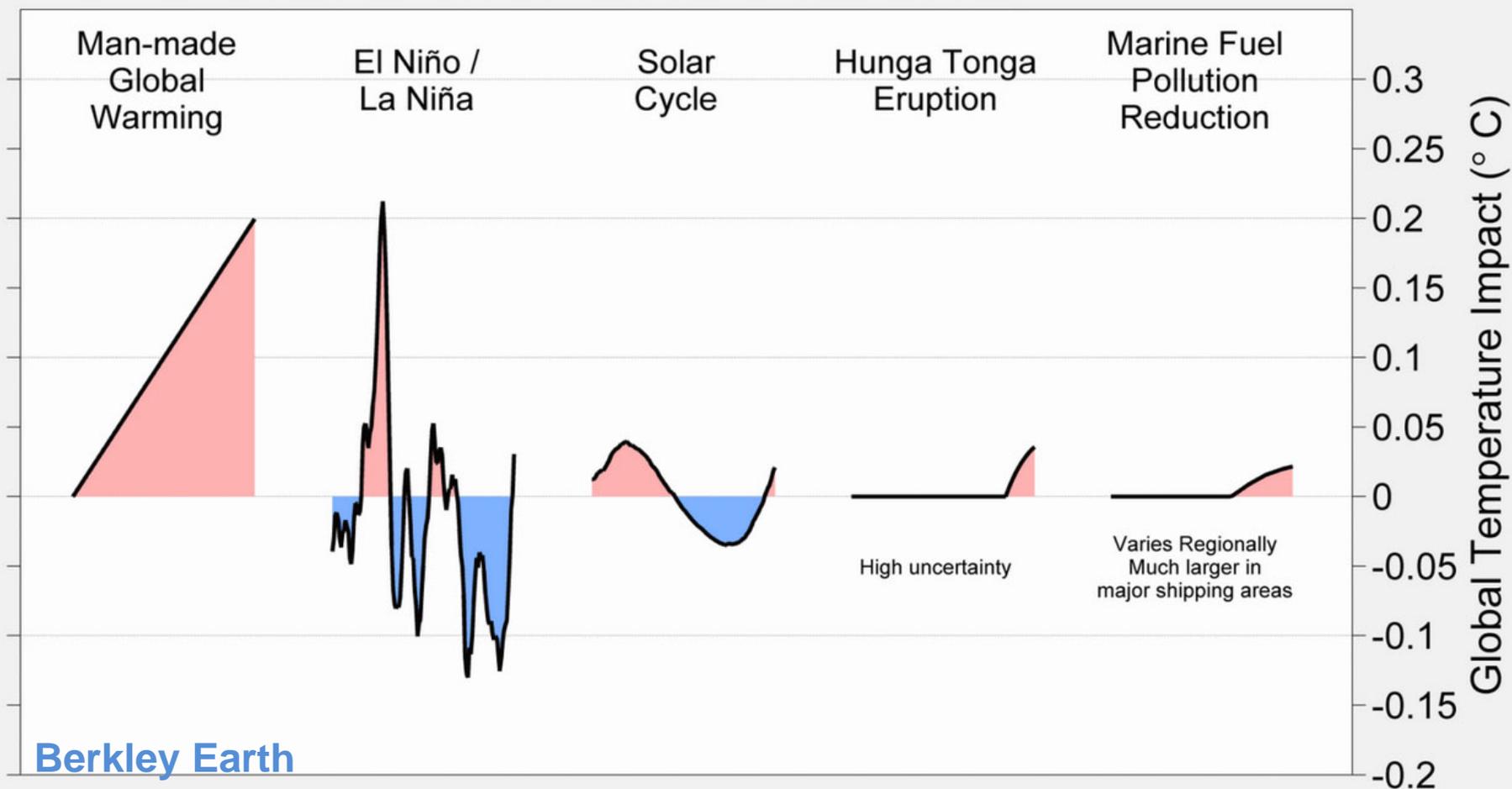
В августе 2024 года сохранилась тенденция потепления, но с рядом важных исключений. Особенно теплые условия наблюдались в некоторых районах Азии, Северной Африки, Южной Европы Австралии, Антарктиды, Северной Атлантики и Индийского океана.



Эль-Ниньо, продолжавшееся около года, завершилось в июне 2024 года. Официальное объявление было сделано NOAA в начале июня 2024 г. В августе условия в экваториальной части Тихого океана были нейтральны с тенденцией к похолоданию..

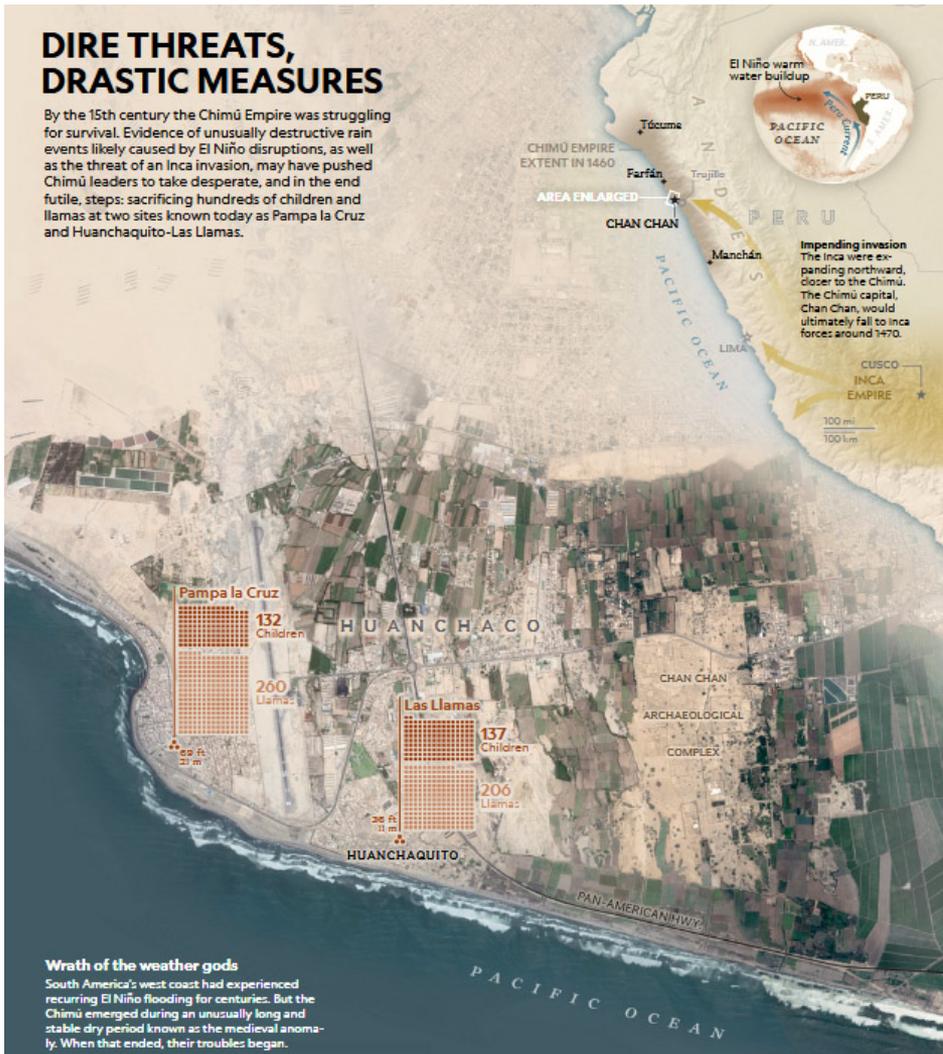
30.11 - 12.12 2023, Дубай, ОАЭ. 11.11-20.11 2024, Баку, Азербайджан
Конференции ООН по изменению климата COP28 и COP29.
28-я и 29 конференции участников Рамочной конвенции
ООН по изменению климата.

Factors Contributing to Global Temperature Change - Last 10 Years



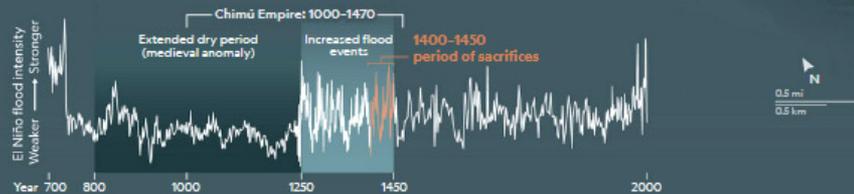
DIRE THREATS, DRASTIC MEASURES

By the 15th century the Chimú Empire was struggling for survival. Evidence of unusually destructive rain events likely caused by El Niño disruptions, as well as the threat of an Inca invasion, may have pushed Chimú leaders to take desperate, and in the end futile, steps: sacrificing hundreds of children and llamas at two sites known today as Pampa la Cruz and Huanchaquito-Las Llamas.



Wrath of the weather gods

South America's west coast had experienced recurring El Niño flooding for centuries. But the Chimú emerged during an unusually long and stable dry period known as the medieval anomaly. When that ended, their troubles began.



SOREN WALLASPER, NGM STAFF; PATRICIA HEALY
SOURCES: DIGITALGLOBE; TETRAMETRICS; GABRIEL PRIETO, NATIONAL UNIVERSITY OF TRUJILLO, PERU; JERRY D. MOORE, CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, DOMINGUEZ HILLS; BERT REIN, GEOCONJUG REIN; DANIEL SANDWISS, UNIVERSITY OF MAINE; NOAA

El Niño

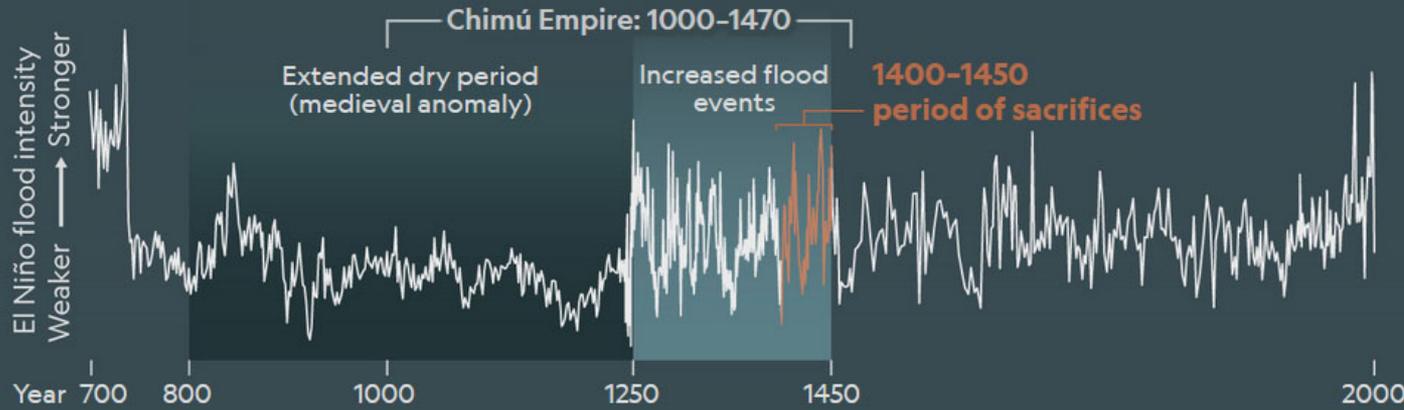


El Niño



Wrath of the weather gods

South America's west coast had experienced recurring El Niño flooding for centuries. But the Chimú emerged during an unusually long and stable dry period known as the medieval anomaly. When that ended, their troubles began.

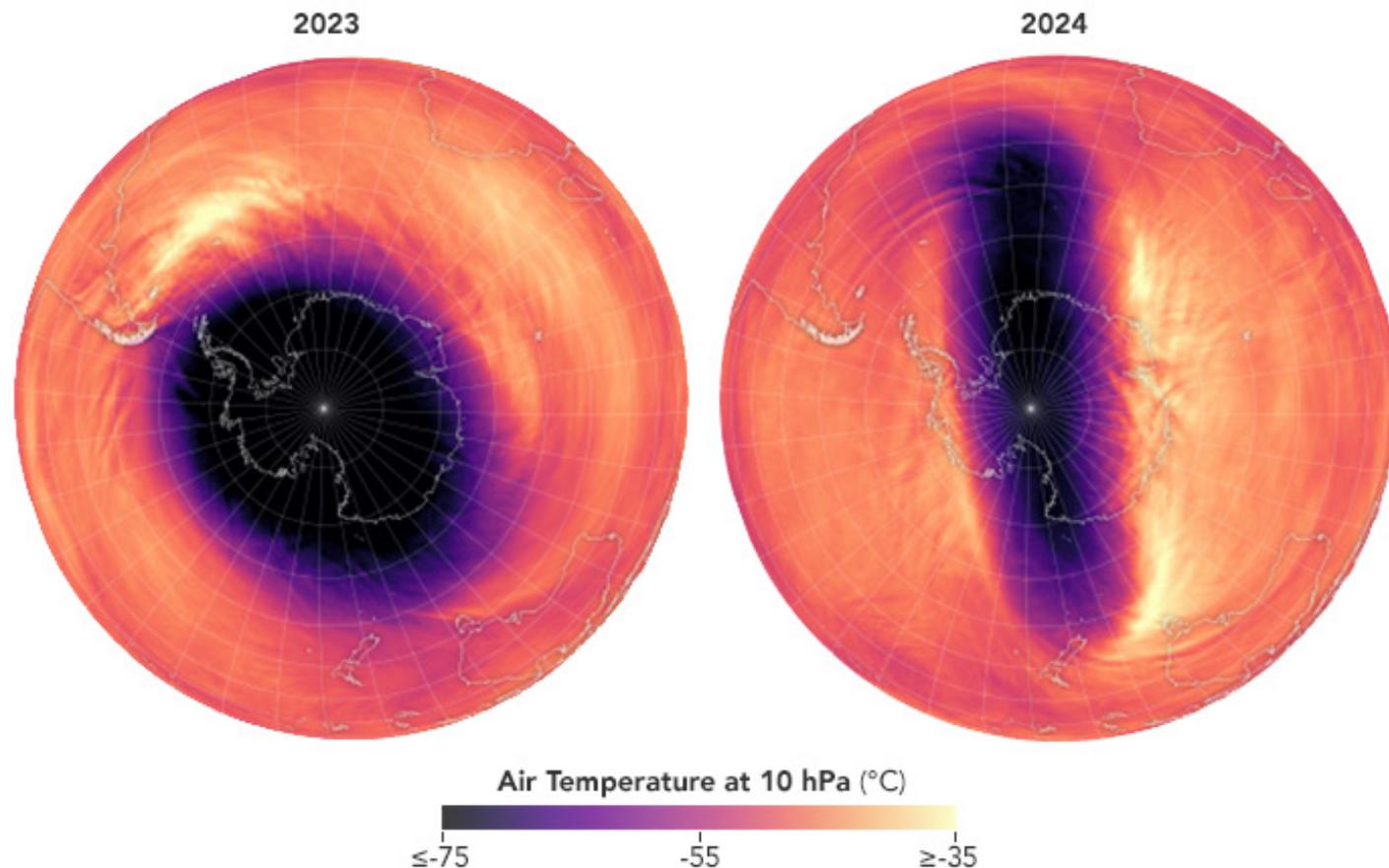


SOREN WALL JASPER, NGM STAFF; PATRICIA HEALY
SOURCES: DIGITALGLOBE; TERRAMETRICS; GABRIEL PRIETO, NATIONAL UNIVERSITY OF TRUJILLO, PERU; JERRY D. MOORE, CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, DOMINGUEZ HILLS; BERT REIN, GEOCONSULT REIN; DANIEL SANDWEISS, UNIVERSITY OF MAINE; NOAA

*Временные ряды полей яркостных температур Южной полярной области на частотах **МТВЗА-ГЯ** (40 каналов в диапазоне от 6,9 до 190 ГГц) визуализируют изменчивость морского льда вокруг континента, полей паросодержания атмосферы и водозапаса облаков в атмосферных образованиях реках, а также изменчивость температуры различных слоев тропосферы и стратосферы.*

В июле-августе 2024 ученые NASA обнаружили резкий рост температуры стратосферы. Температура стратосферы над Антарктидой в июле ≈ -80 °С. Однако 7 июля температура на высоте ≈ 30 км (10 гПа) возросла на 15 °С. К 22 июля она понизилась, а 5 августа поднялась на 17°С.

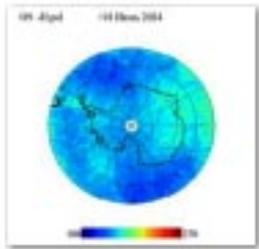
*Изменчивость температуры атмосферы на различных высотах и на поверхности Антарктиды была прослежена по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М №2-4**.*



На рисунках приведены поля температуры воздуха в средней стратосфере на высоте ≈ 30 км (давление 10 гПа) за 5 августа 2023 года (слева) и 5 августа 2024 года (справа). В поле за 2024 год видно удлинение полярного вихря и более высокие температуры ближе к полюсу. Для построения полей использована модель NASA GEOS forward processing (GEOS-FP), которая ассимилирует метеоданные со спутников, самолетов и наземных систем наблюдения.

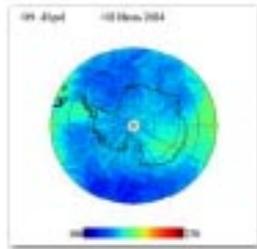
Внезапное потепление стратосферы над Антарктидой и Южным океаном в июле-августе 2024 года

Тя на v № 2-4 = $57,290344 \pm 0,322 \pm 0.01$ ГГц по данным МТВЗА-ГЯ на Метеоре-М №2-4



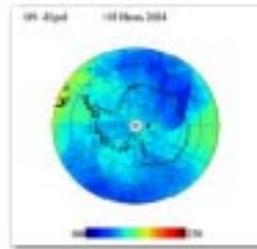
2024_07_1_A.bm

p



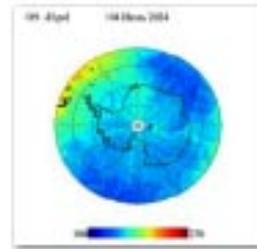
2024_07_2_A.bm

p



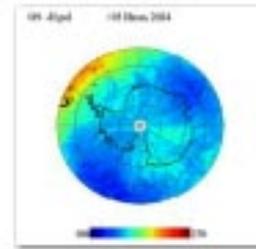
2024_07_3_A.bm

p



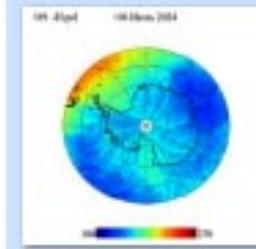
2024_07_4_A.bm

p



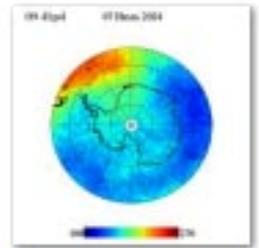
2024_07_5_A.bm

p



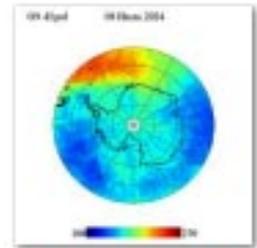
2024_07_6_A.bm

Тип элемент:
Дата измене:
Разрешение:
Размер: 3,55



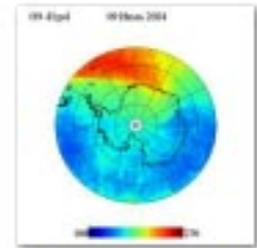
2024_07_7_A.bm

p



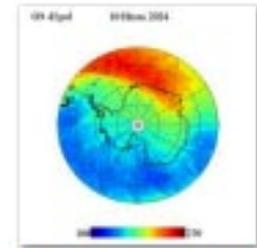
2024_07_8_A.bm

p



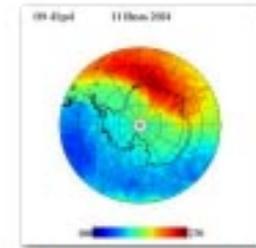
2024_07_9_A.bm

p



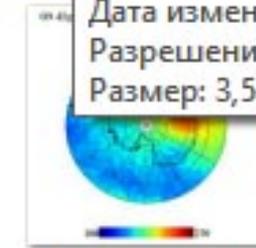
2024_07_10_A.bm

p



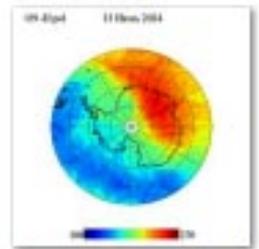
2024_07_11_A.bm

p



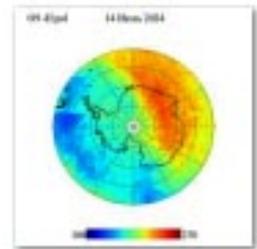
2024_07_12_A.bm

p



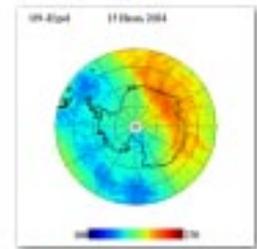
2024_07_13_A.bm

p



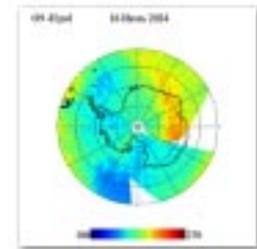
2024_07_14_A.bm

p



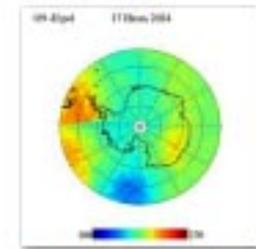
2024_07_15_A.bm

p



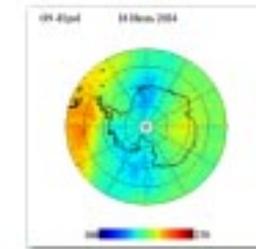
2024_07_16_A.bm

p



2024_07_17_A.bm

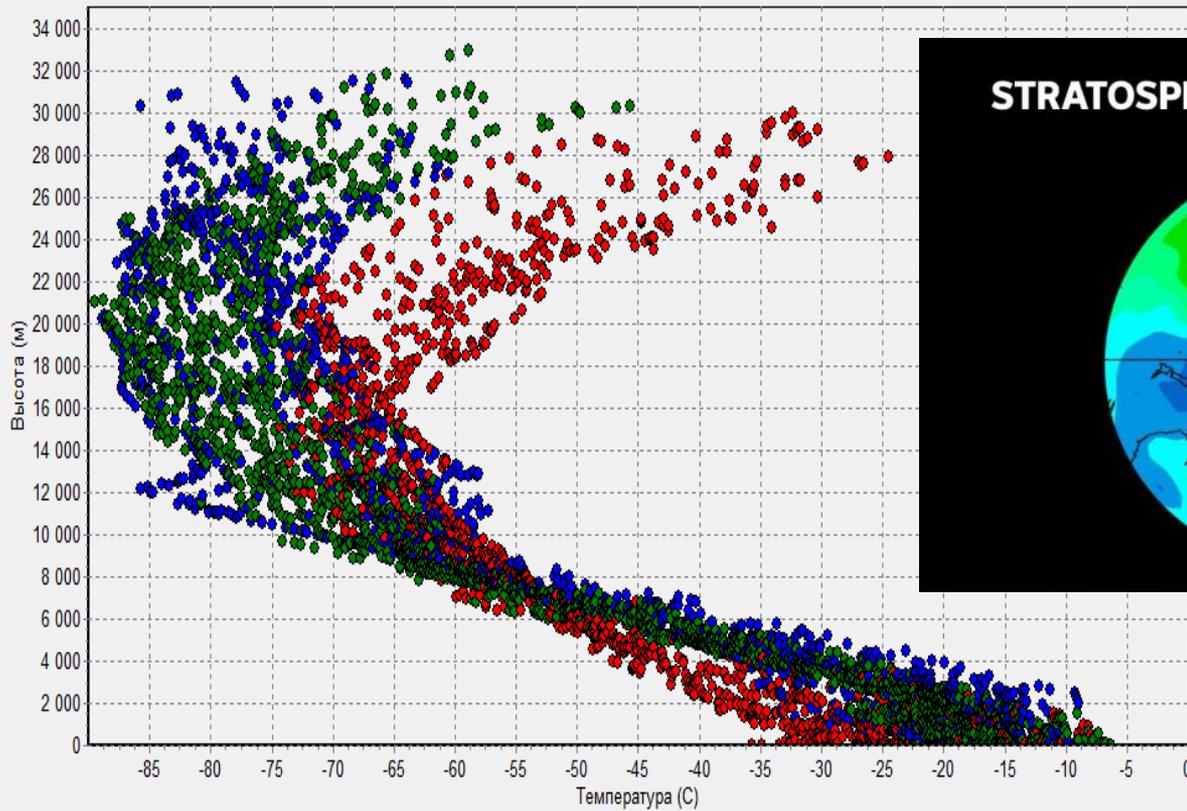
p



2024_07_18_A.bm

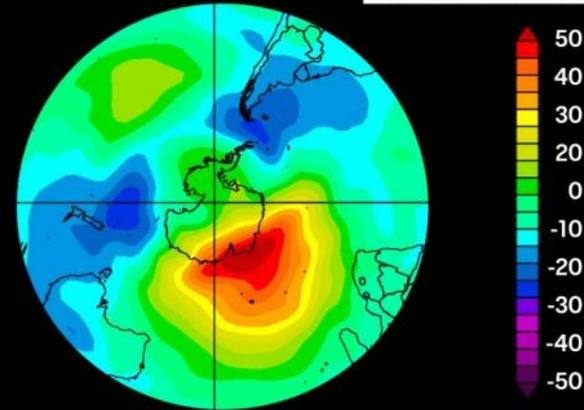
p

Температура



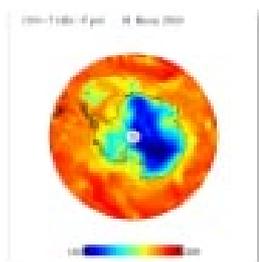
STRATOSPHERIC TEMPERATURE CHANGE (C)

JULY 5TH TO JULY 14TH 2024

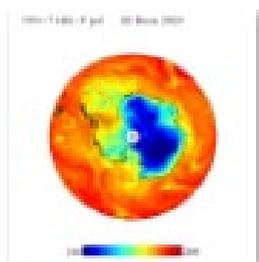


В июле температура атмосферы на высотах > 20 км над побережьем Восточной Антарктиды за неделю возросла примерно на 50 °С — явление, называемое *внезапным потеплением стратосферы*.

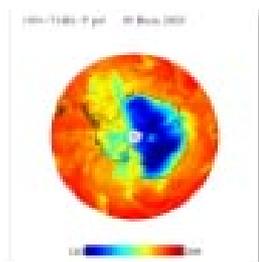
Внезапное потепление стратосферы над Антарктидой и Южным океаном в июле-августе по данным МТВЗА-ГЯ на $\nu = 183,31 \pm 7$ Гц в июле 2024 года.



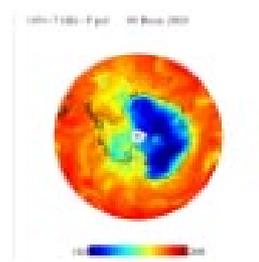
2024_07_1_A_183
+-7.bmp



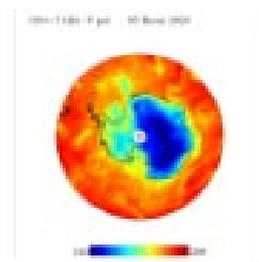
2024_07_2_A_183
+-7.bmp



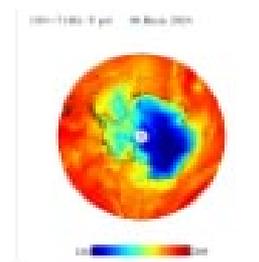
2024_07_3_A_183
+-7.bmp



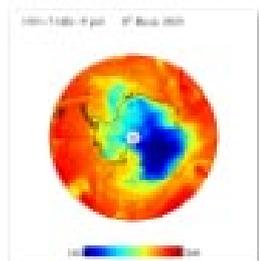
2024_07_4_A_183
+-7.bmp



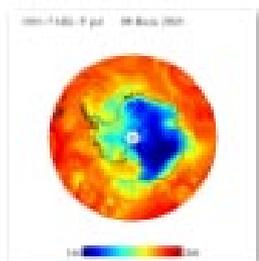
2024_07_5_A_183
+-7.bmp



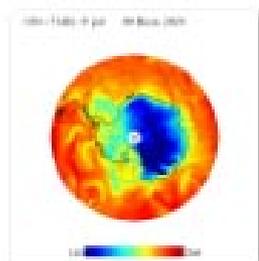
2024_07_6_A_183
+-7.bmp



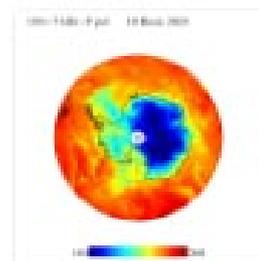
2024_07_7_A_183
+-7.bmp



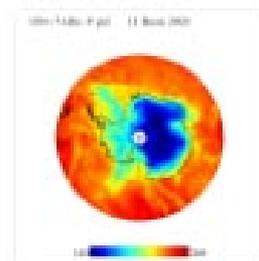
2024_07_8_A_183
+-7.bmp



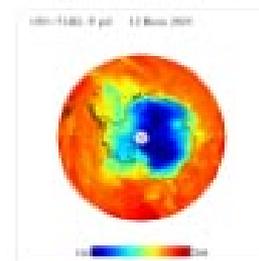
2024_07_9_A_183
+-7.bmp



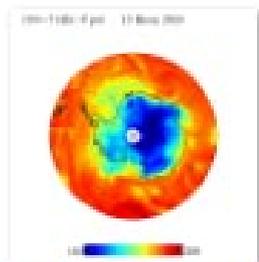
2024_07_10_A_183
3+-7.bmp



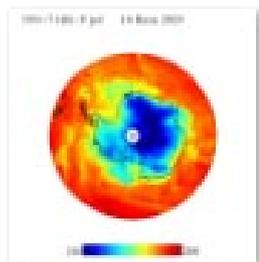
2024_07_11_A_183
3+-7.bmp



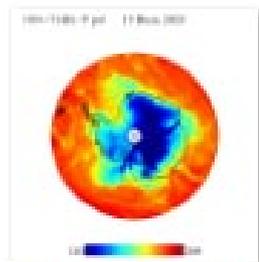
2024_07_12_A_183
3+-7.bmp



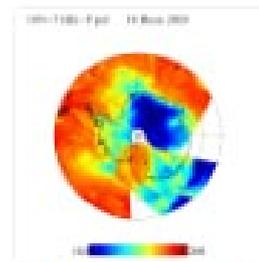
2024_07_13_A_183
3+-7.bmp



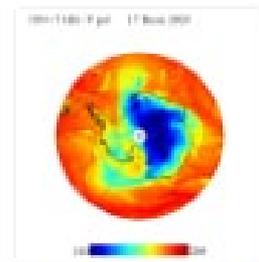
2024_07_14_A_183
3+-7.bmp



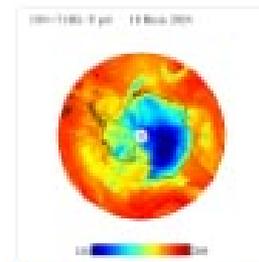
2024_07_15_A_183
3+-7.bmp



2024_07_16_A_183
3+-7.bmp



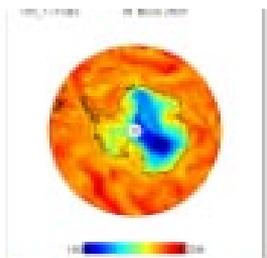
2024_07_17_A_183
3+-7.bmp



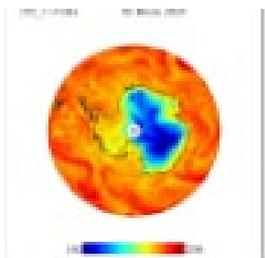
2024_07_18_A_183
3+-7.bmp

Внезапное потепление стратосферы над Антарктидой и Южным океаном в июле-августе 2024 года.

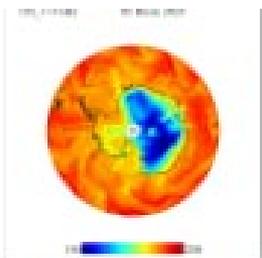
Тя на $\nu = 183,31 \pm 3$ ГГц. МТВЗА-ГЯ



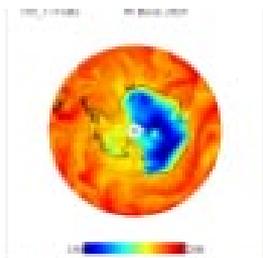
2024_07_1_A_183
+-3.bmp



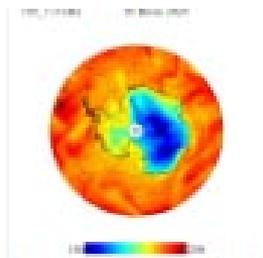
2024_07_2_A_183
+-3.bmp



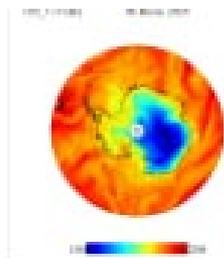
2024_07_3_A_183
+-3.bmp



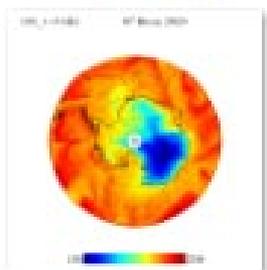
2024_07_4_A_183
+-3.bmp



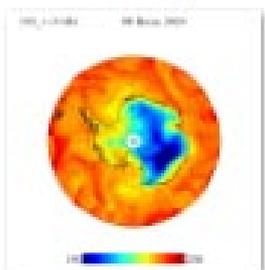
2024_07_5_A_183
+-3.bmp



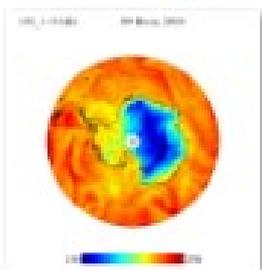
2024_07_6_A_183
+-3.bmp



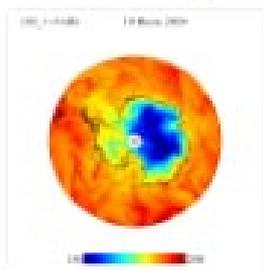
2024_07_7_A_183
+-3.bmp



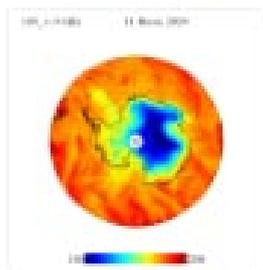
2024_07_8_A_183
+-3.bmp



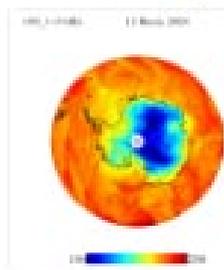
2024_07_9_A_183
+-3.bmp



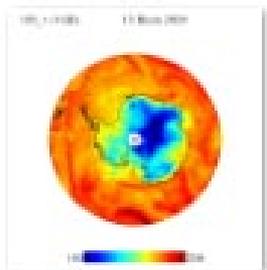
2024_07_10_A_18
3+-3.bmp



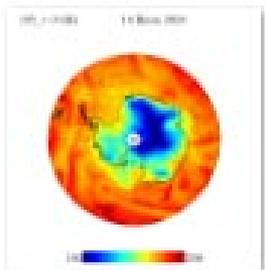
2024_07_11_A_18
3+-3.bmp



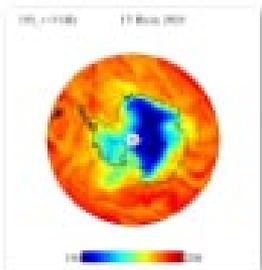
2024_07_12_A_1
3+-3.bmp



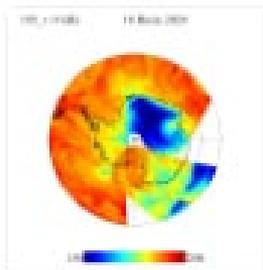
2024_07_13_A_18
3+-3.bmp



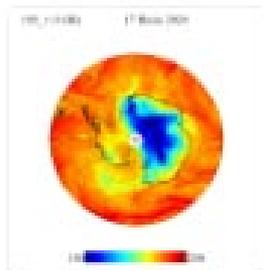
2024_07_14_A_18
3+-3.bmp



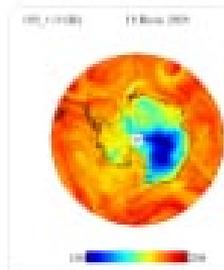
2024_07_15_A_18
3+-3.bmp



2024_07_16_A_18
3+-3.bmp



2024_07_17_A_18
3+-3.bmp



2024_07_18_A_1
3+-3.bmp

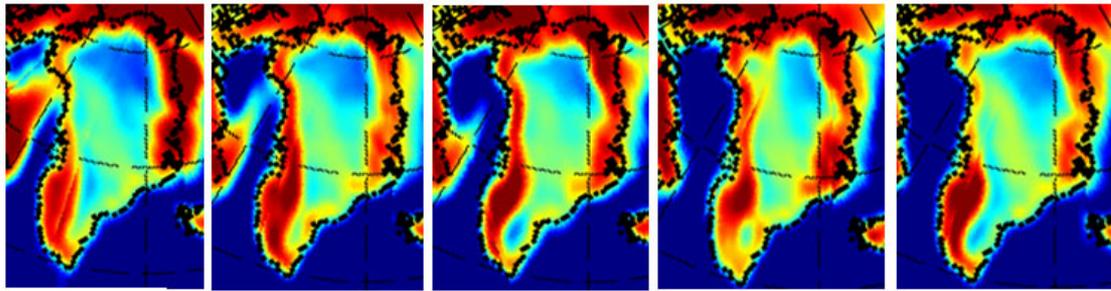
5 июня

23 июня

30 июня

10 июля

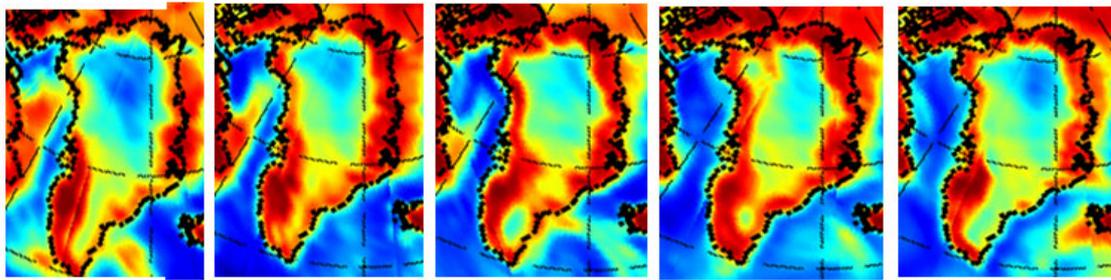
15 июля



Тя(10Г)

100

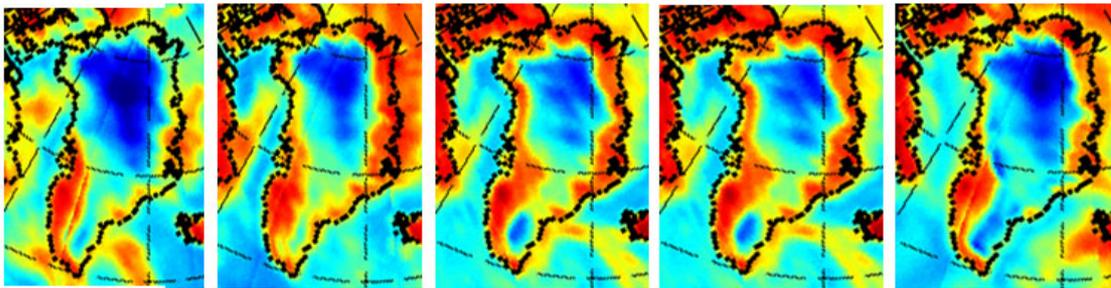
220



Тя(31Г)

90

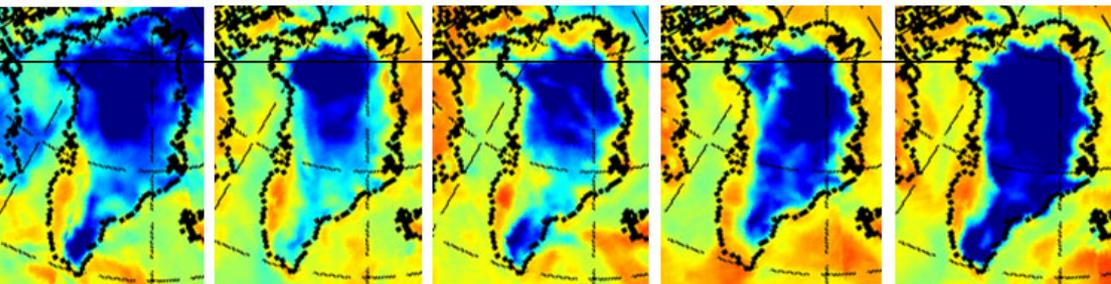
240



Тя(42В)

210

270

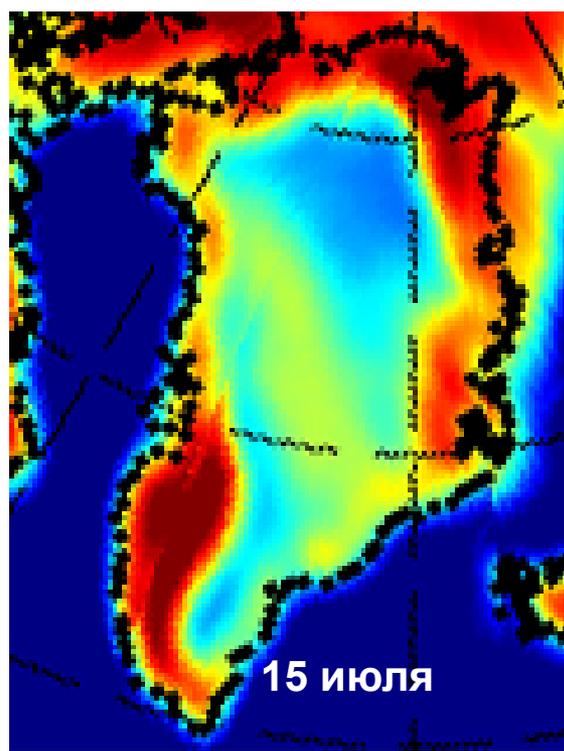
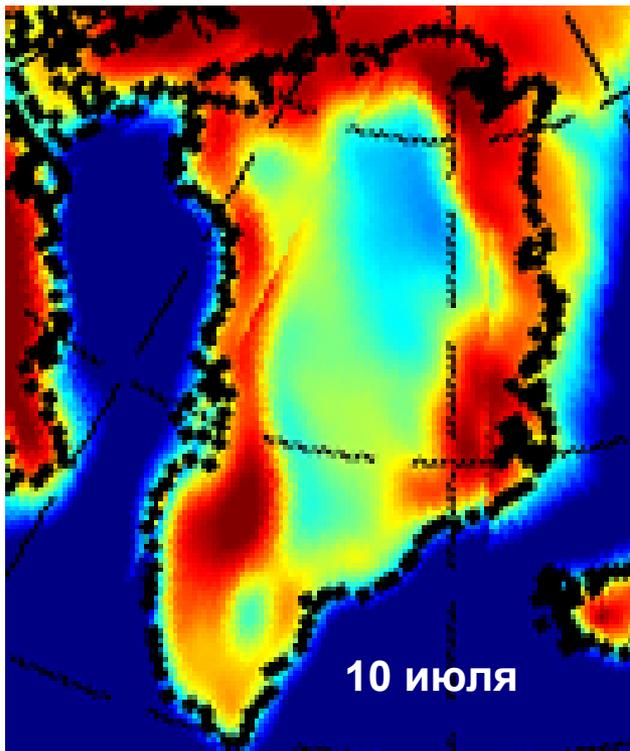
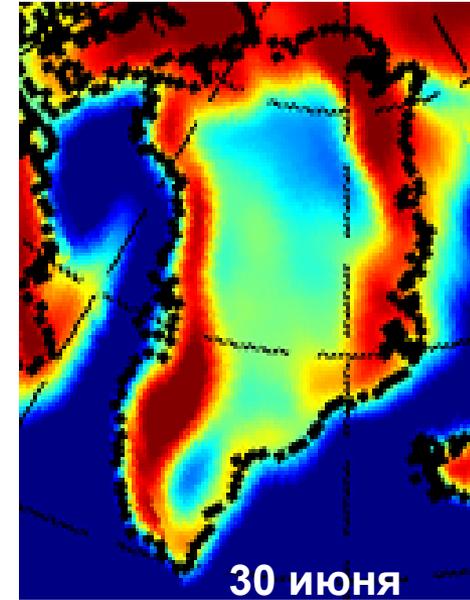
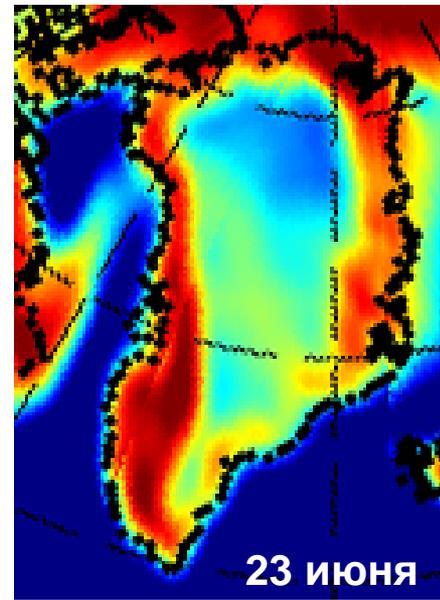
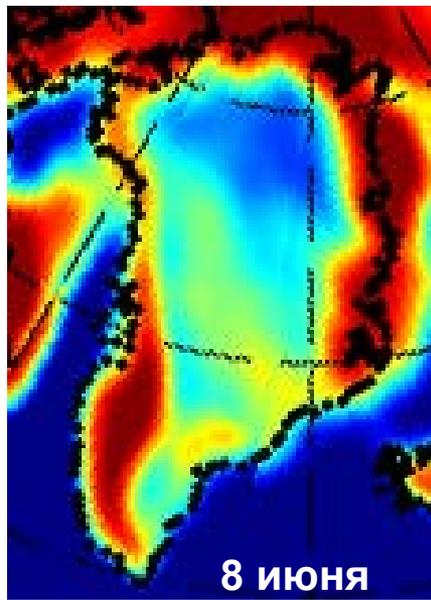
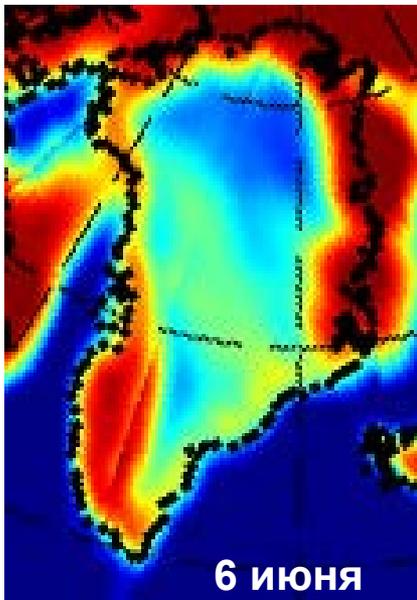


Тя(91,6В)

200

280

Яркостная температура Гренландии по данным **МТВЗА-ГЯ** на частотах 10,65 и 31,0 ГГц, Г-поляризация и 42,0 и 91,6 ГГц, В-поляризация. Снег тает, Тя растёт.

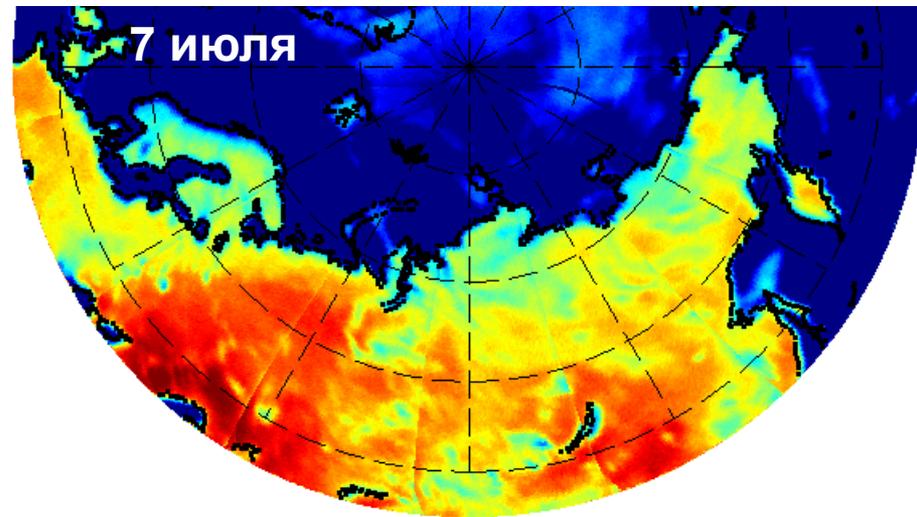
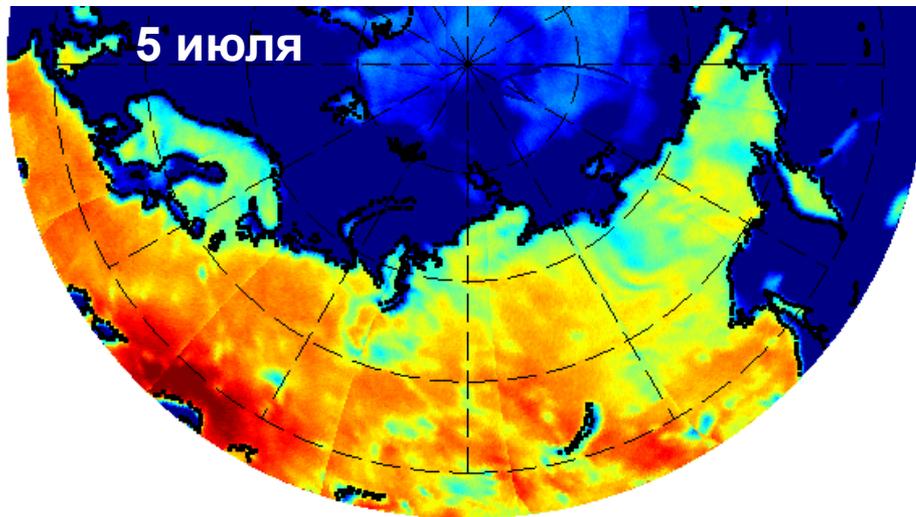


Таяние Гренландии. Измерения МТВЗА-ГЯ



Яркостная температур
в Кельвинах
На частоте 10,6 ГГц,
На Г-поляризации

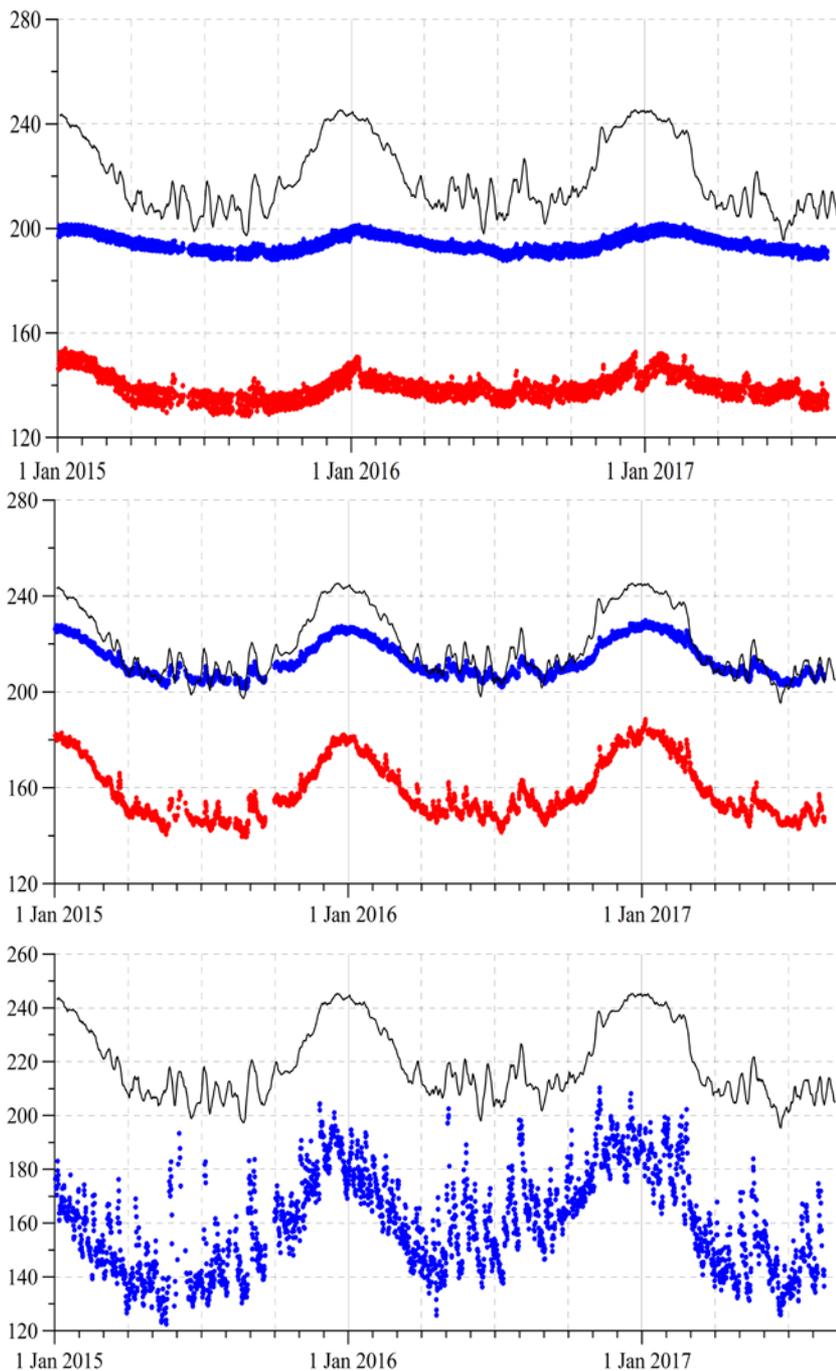
Волны жары по измерениям МТВЗА-ГЯ



Яркостная температура, К

Частота 42,0 ГГц, вертикальная поляризация

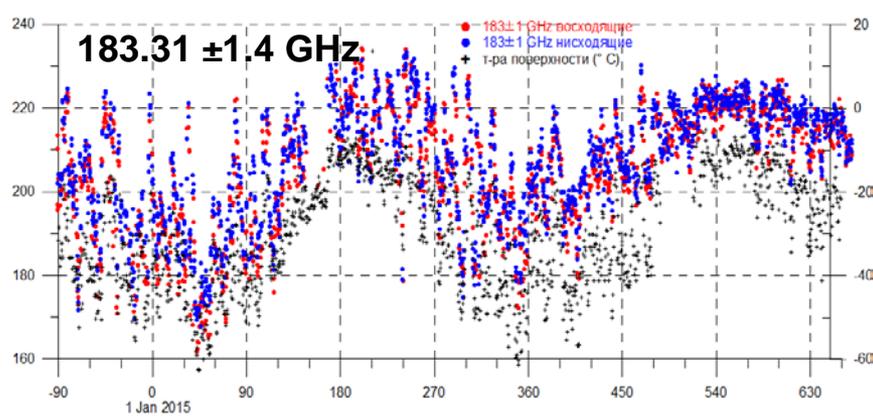
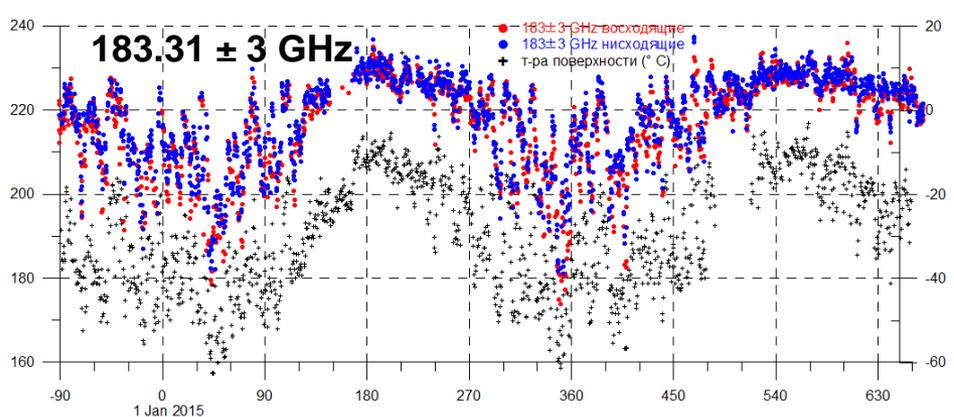
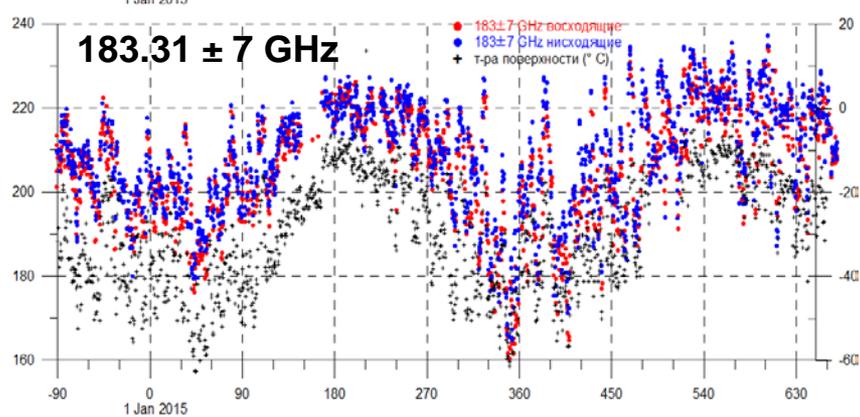
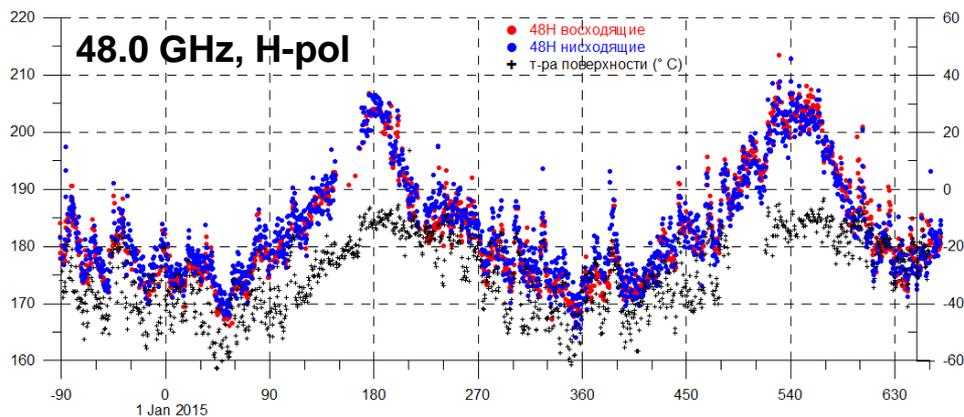
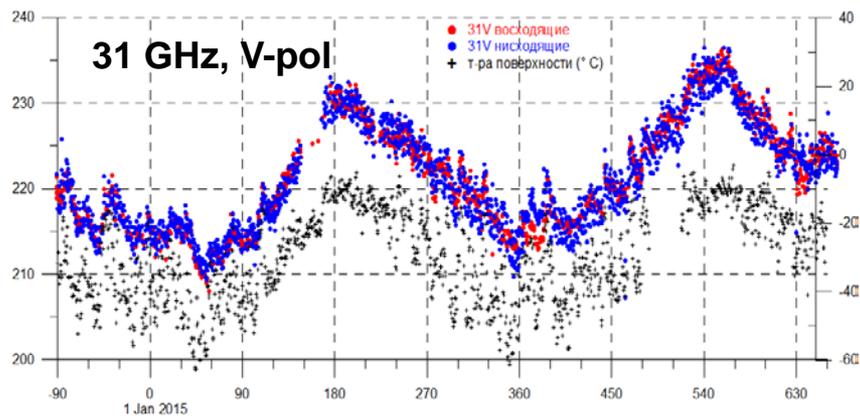
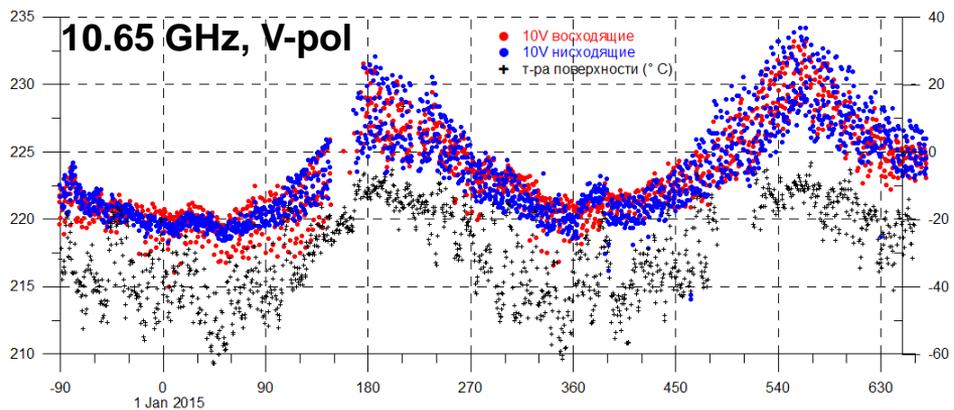
Яркостная температура, К

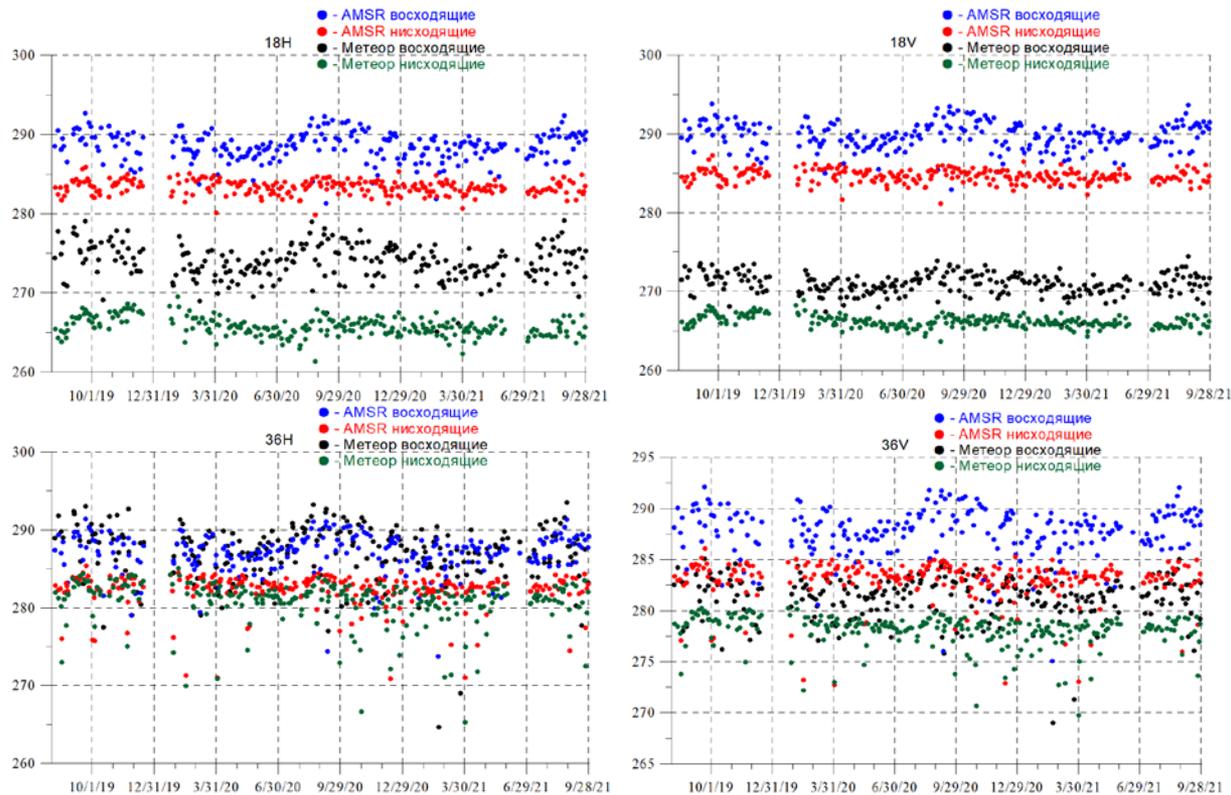


Временные ряды яркостных температур на частотах 10,65 и 48,0 ГГц на вертикальной (синие кривые) и горизонтальной (красные кривые) поляризациях и на 183 ± 7 ГГц по измерениям МТВЗА-ГЯ со спутника “Метеор-М № 2” над областью диаметром 200 км у станции Concordia ($75^{\circ} 06'$ ю. ш., $123^{\circ} 20'$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

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

GeoSummit station, Greenland

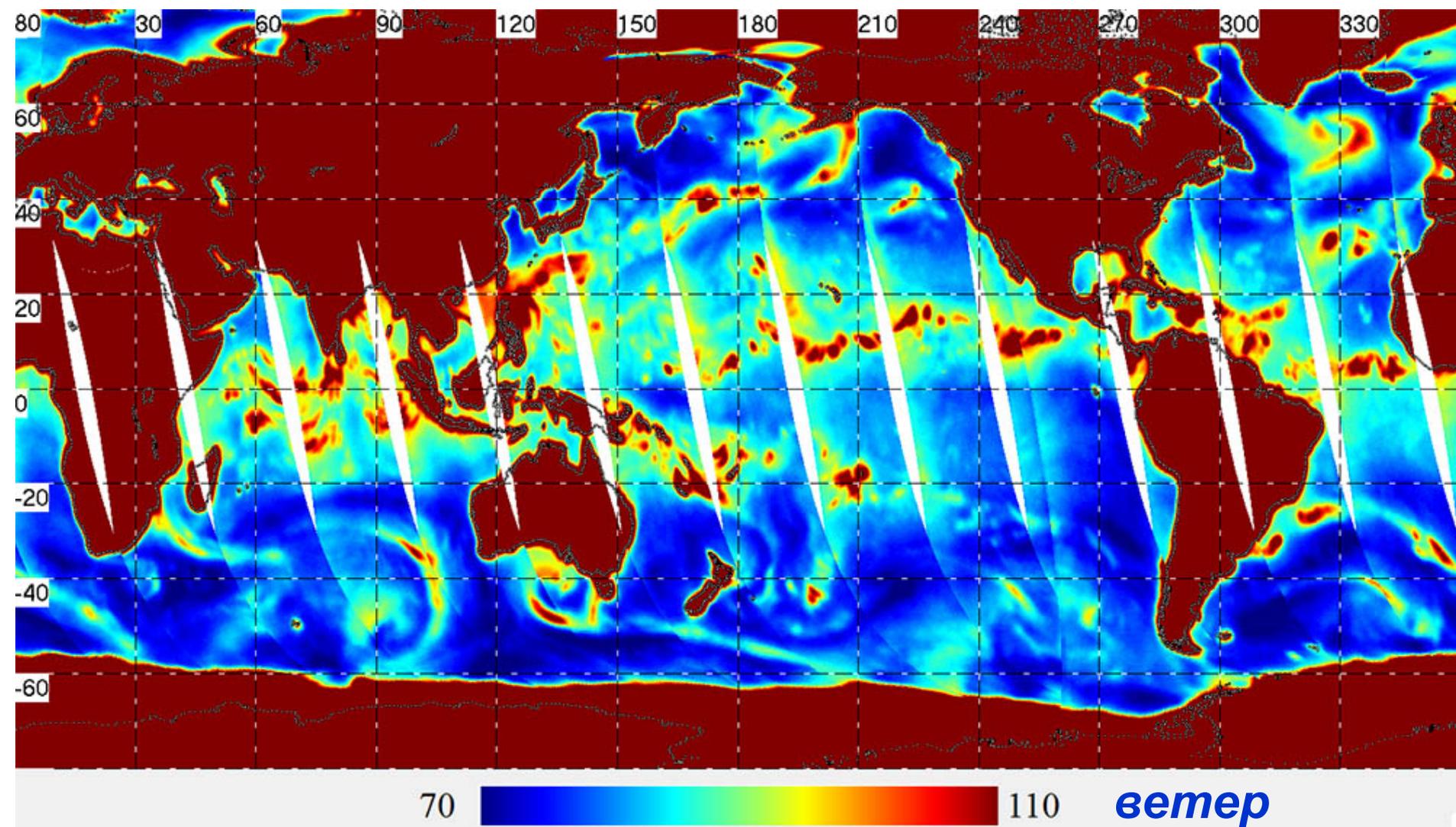




Blue dots – AMSR2 descending, red dots –AMSR2 ascending
Dark green dots – MTVZA-GY ascending, green dots – MTVZA-GY descending

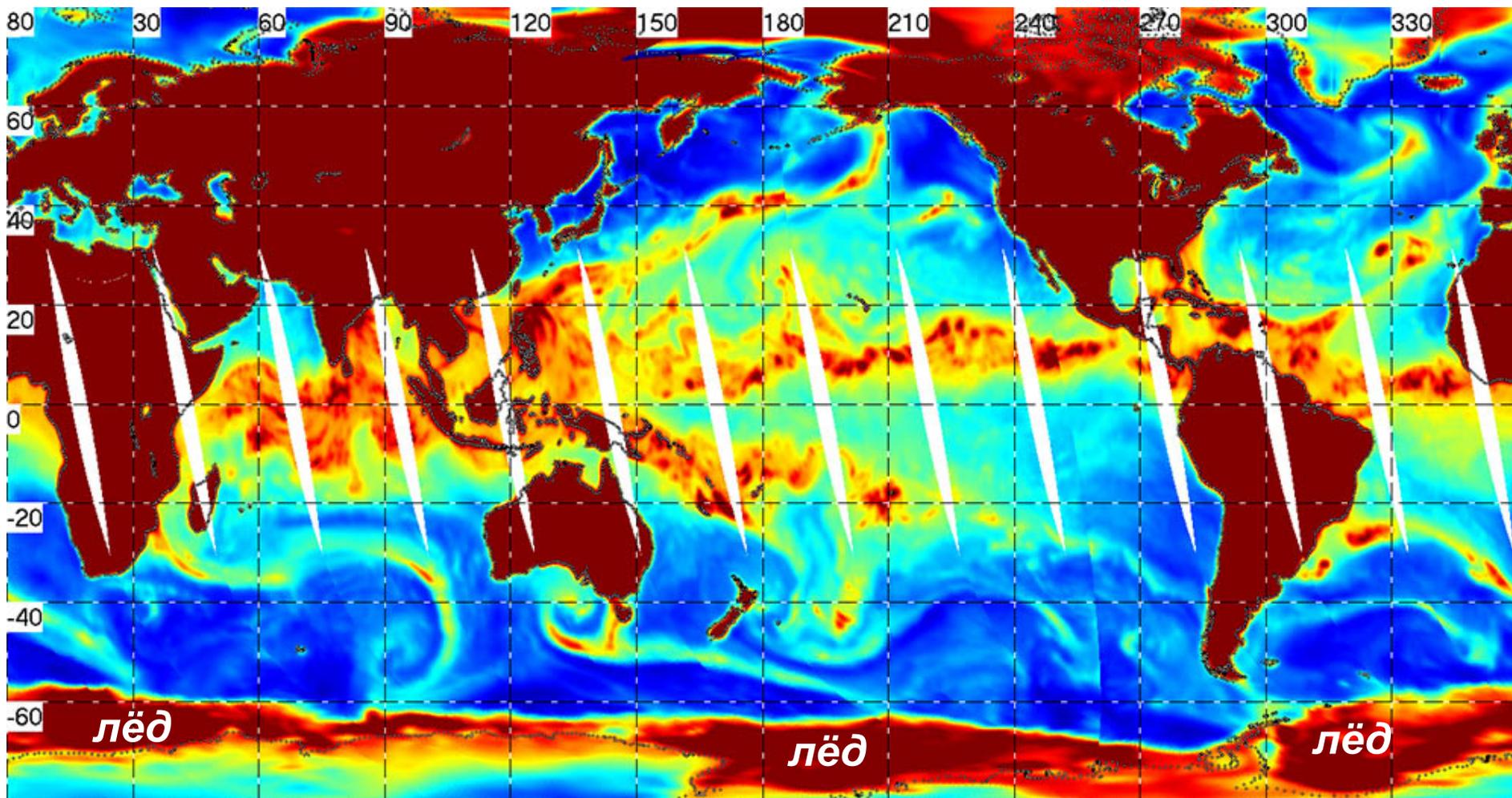
Time series of MTVZA-GY brightness temperatures over test area in Amazon rain forest. Time series were created separately for ascending and descending orbit to take into account diurnal changes of forest cover temperature. No filtration was done (raw data). The large deviations from the average values 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.

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



Яркая температура, К

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

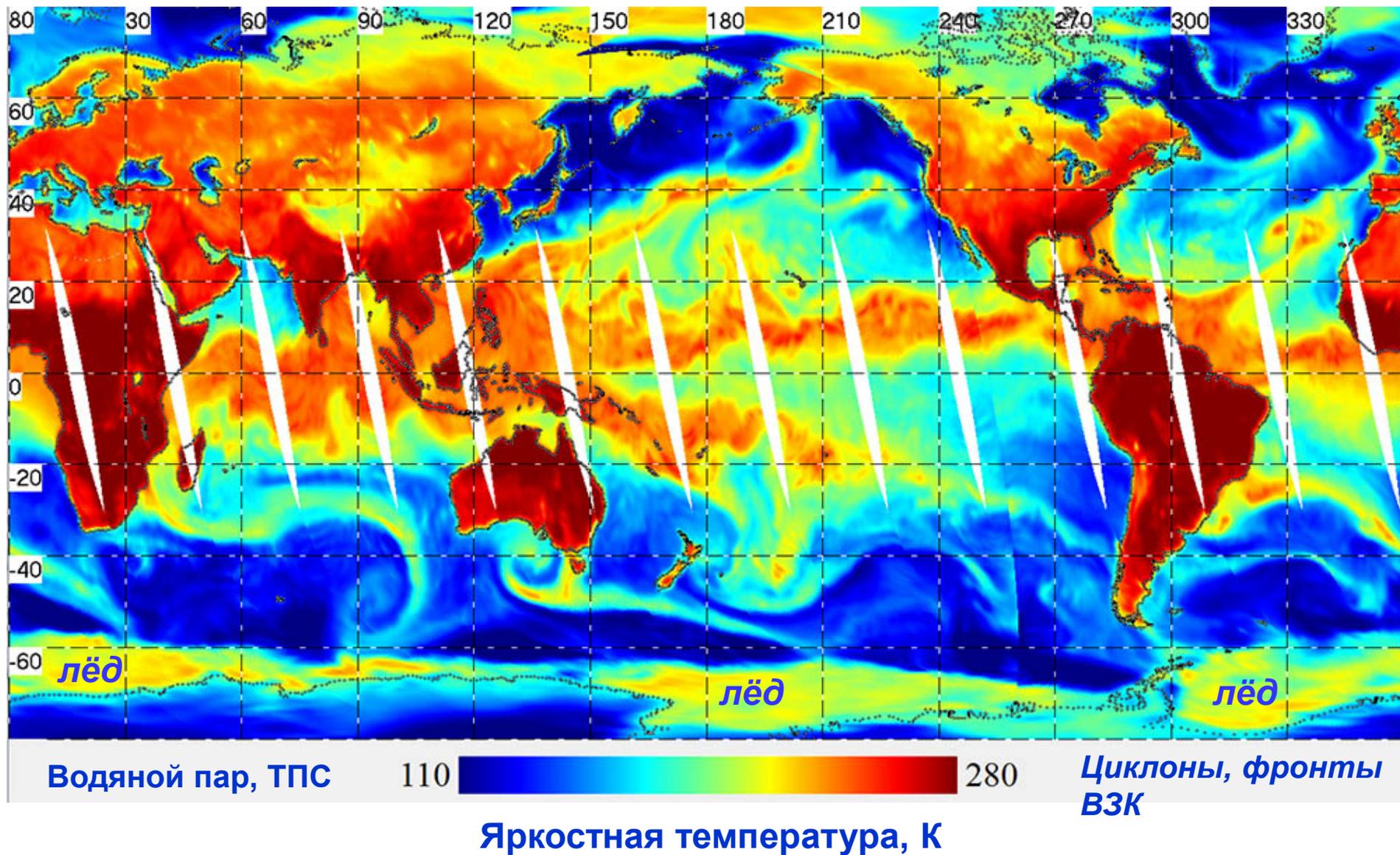


200

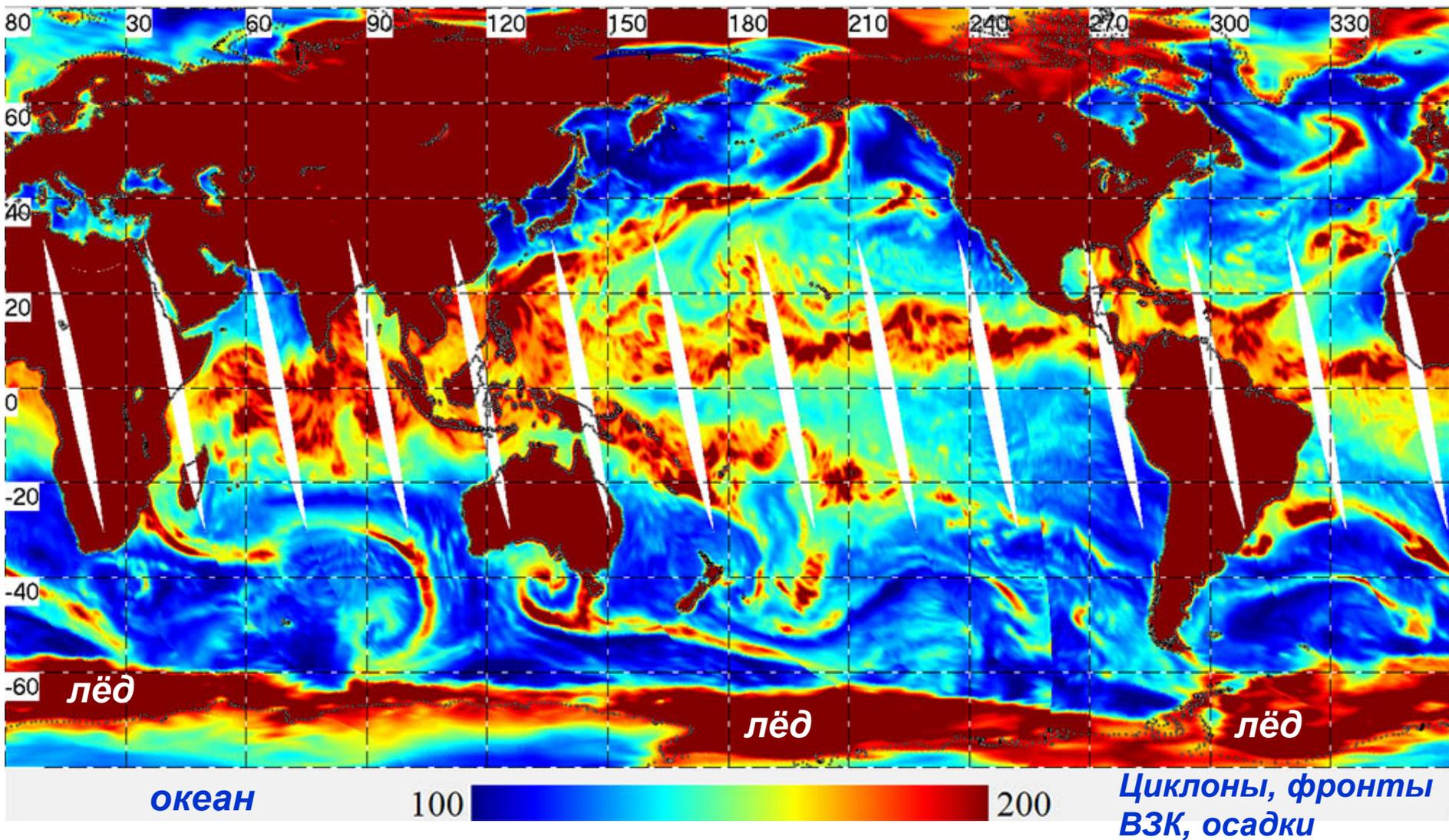
Яркостная температура, К

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

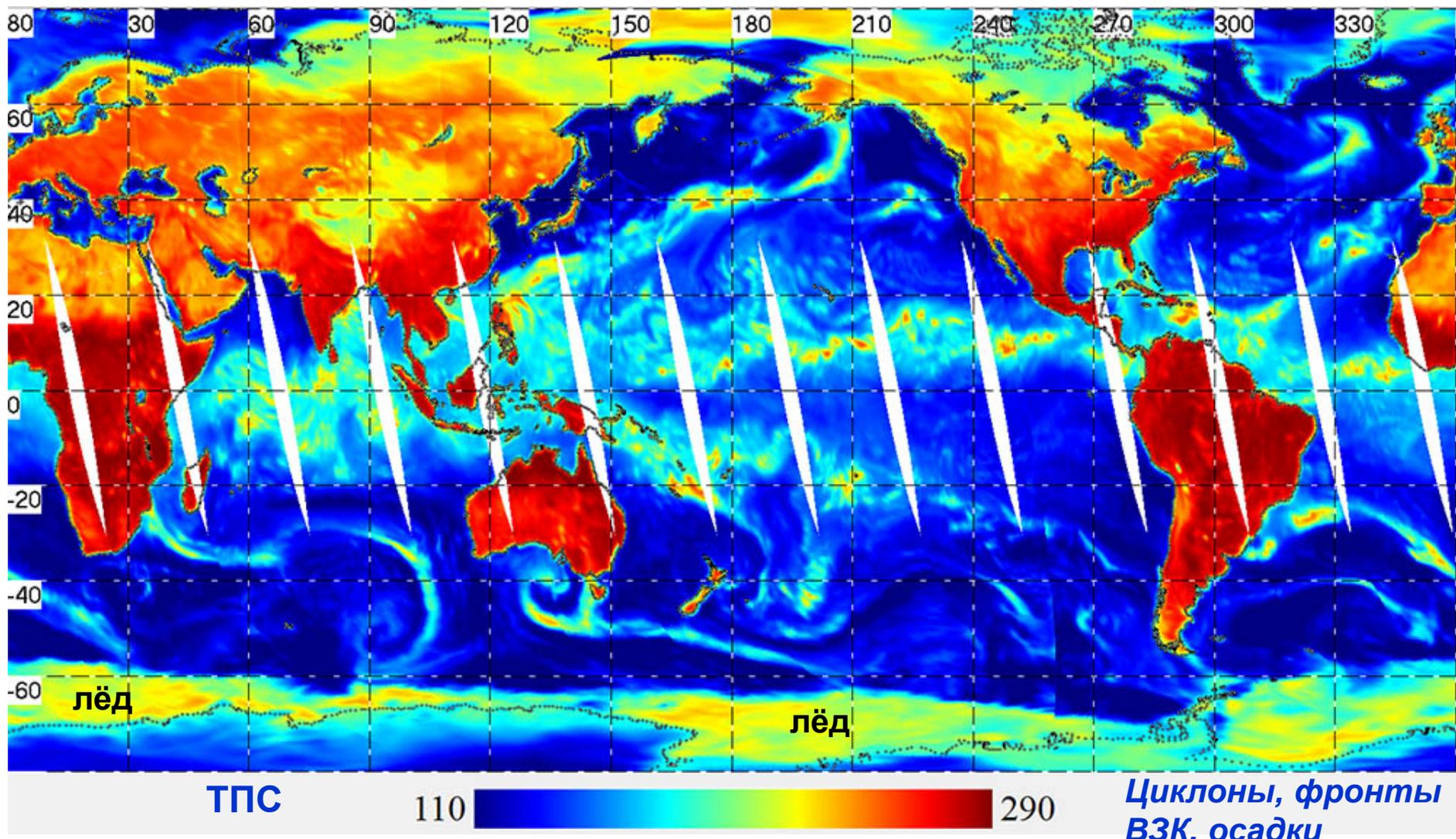


Яркостная температура Земли на частоте 31,5 ГГц на Г-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



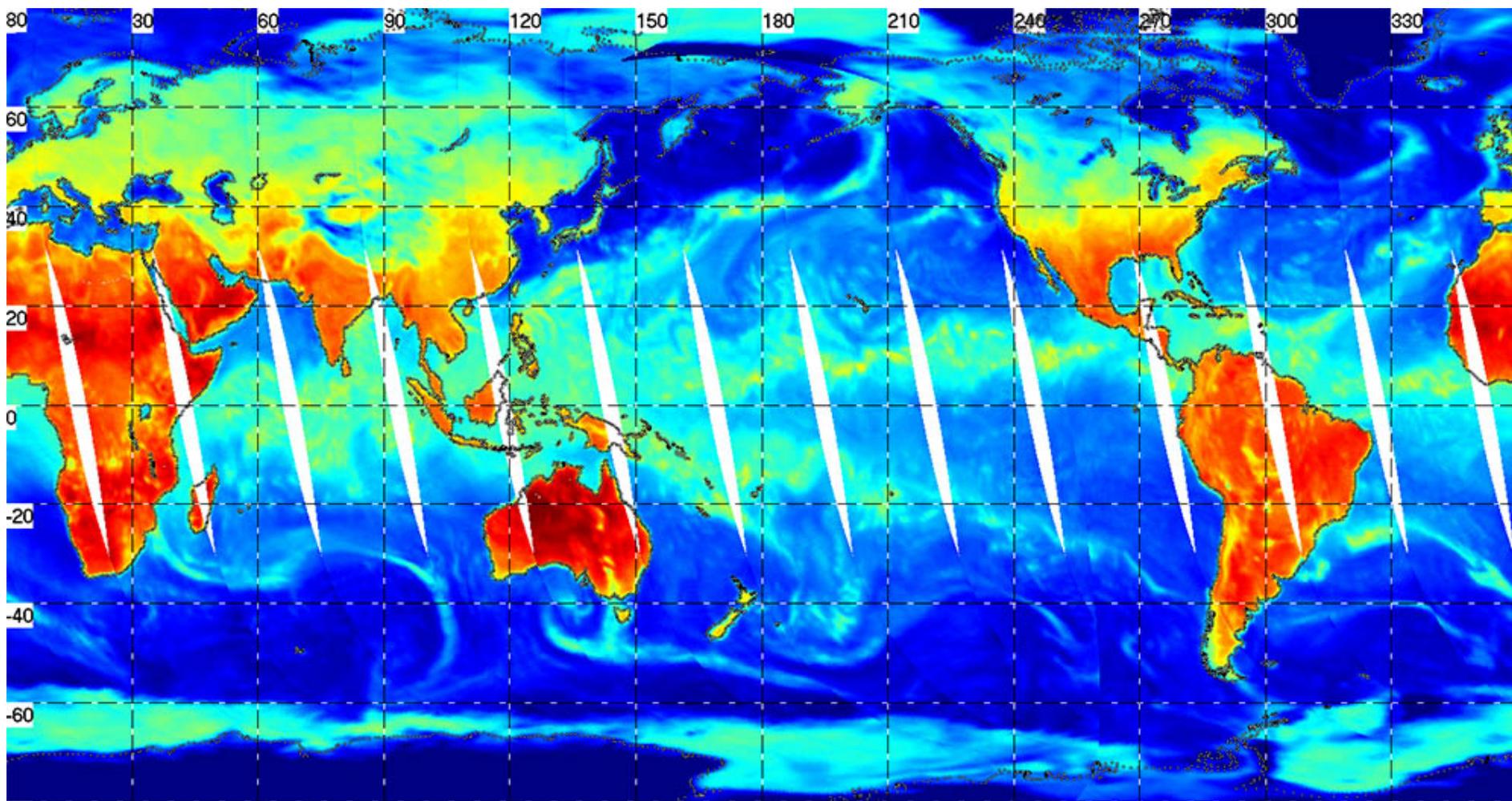
Яркостная температура, К

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

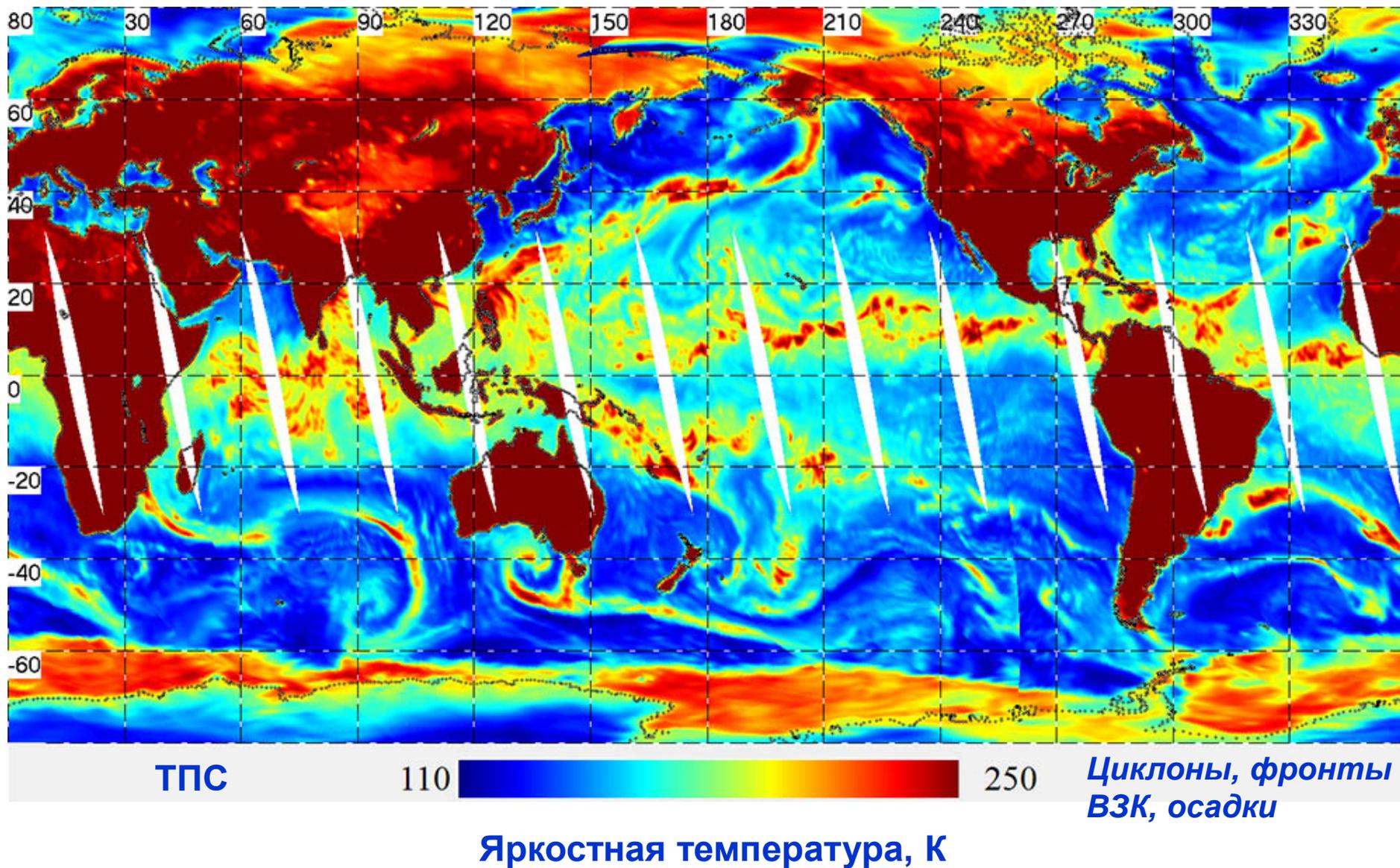
220



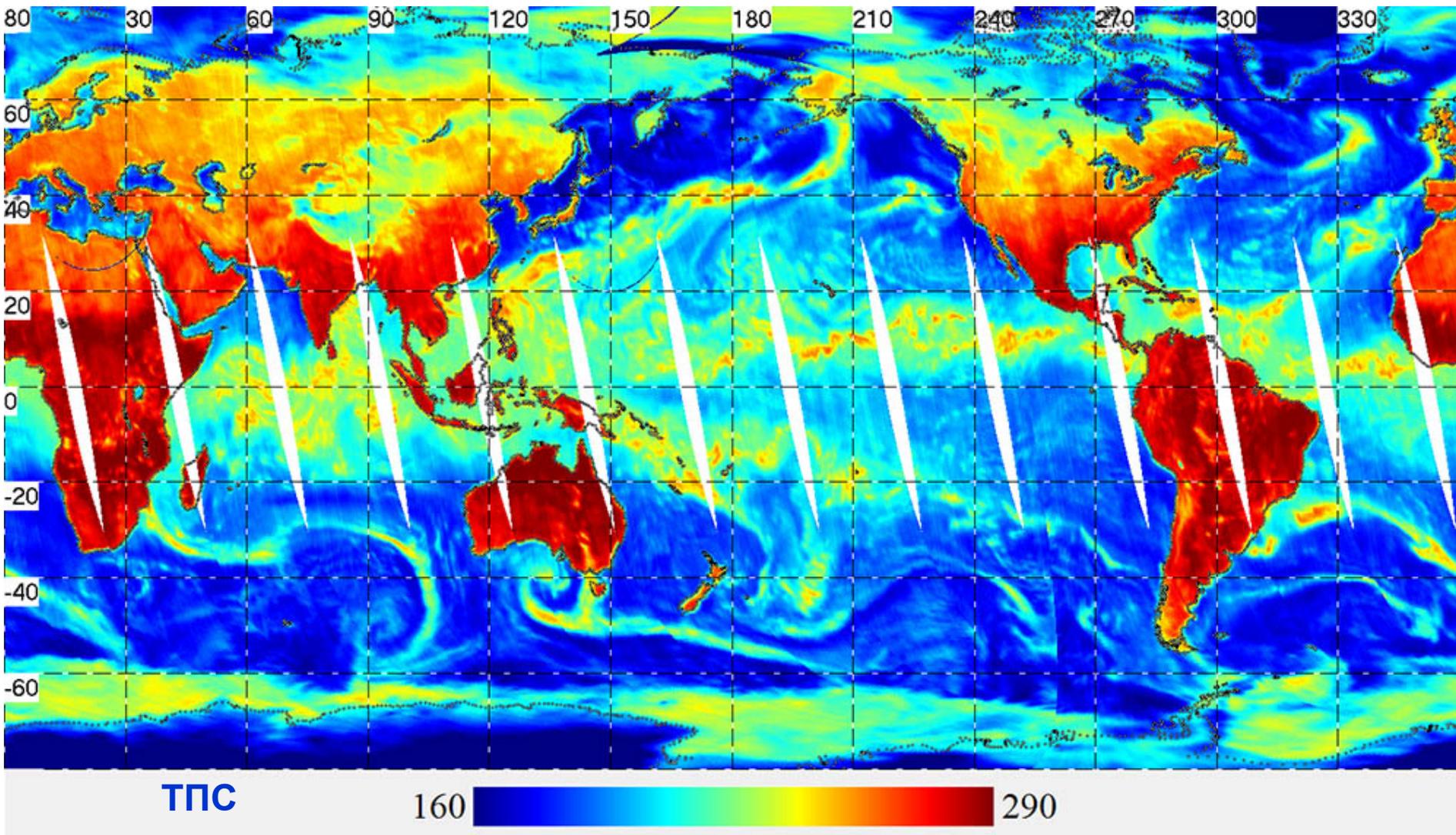
295

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

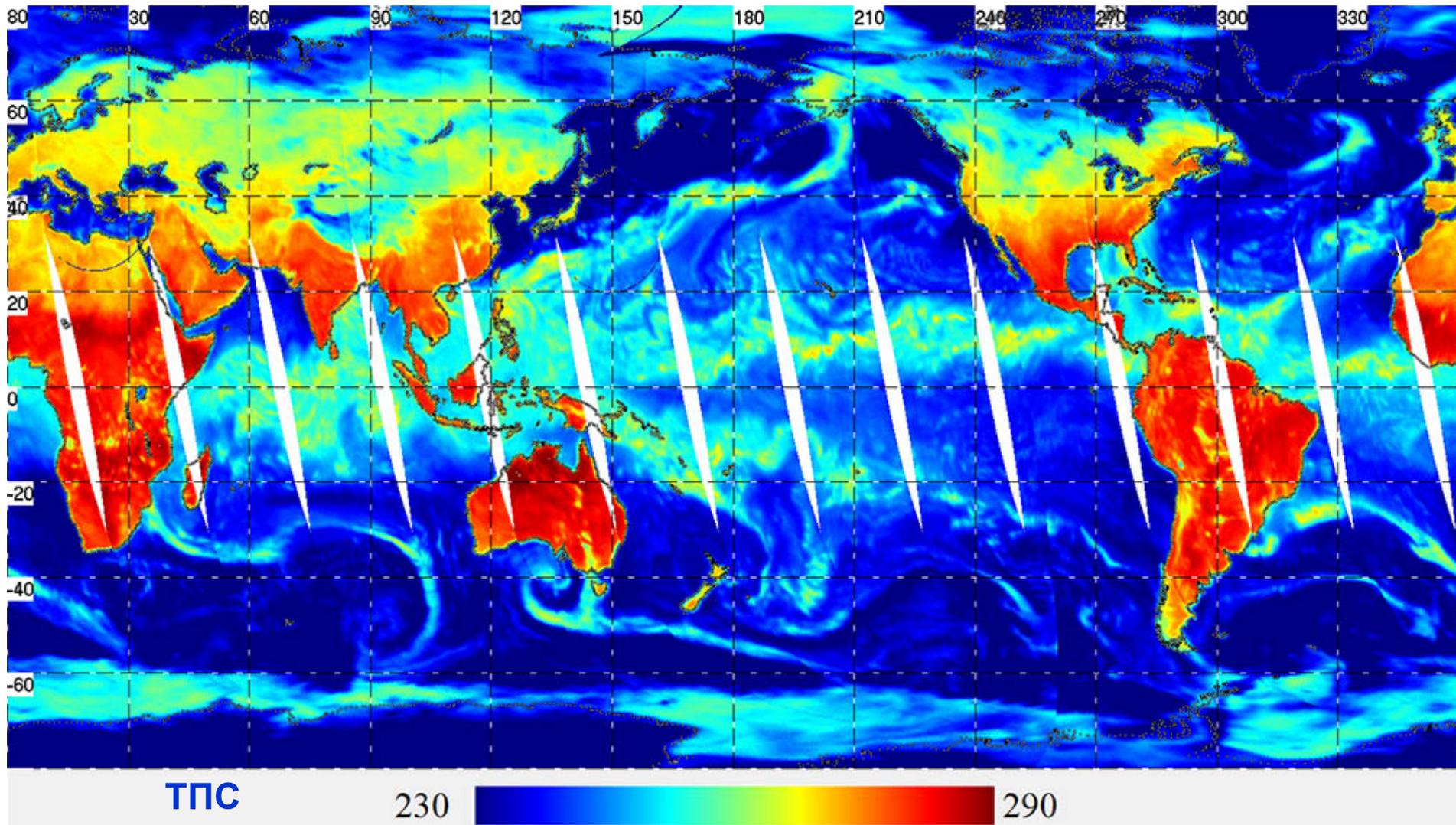


Яркая температура Земли на частоте 42,0 ГГц на В-пол. по измерениям **МТВЗА-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



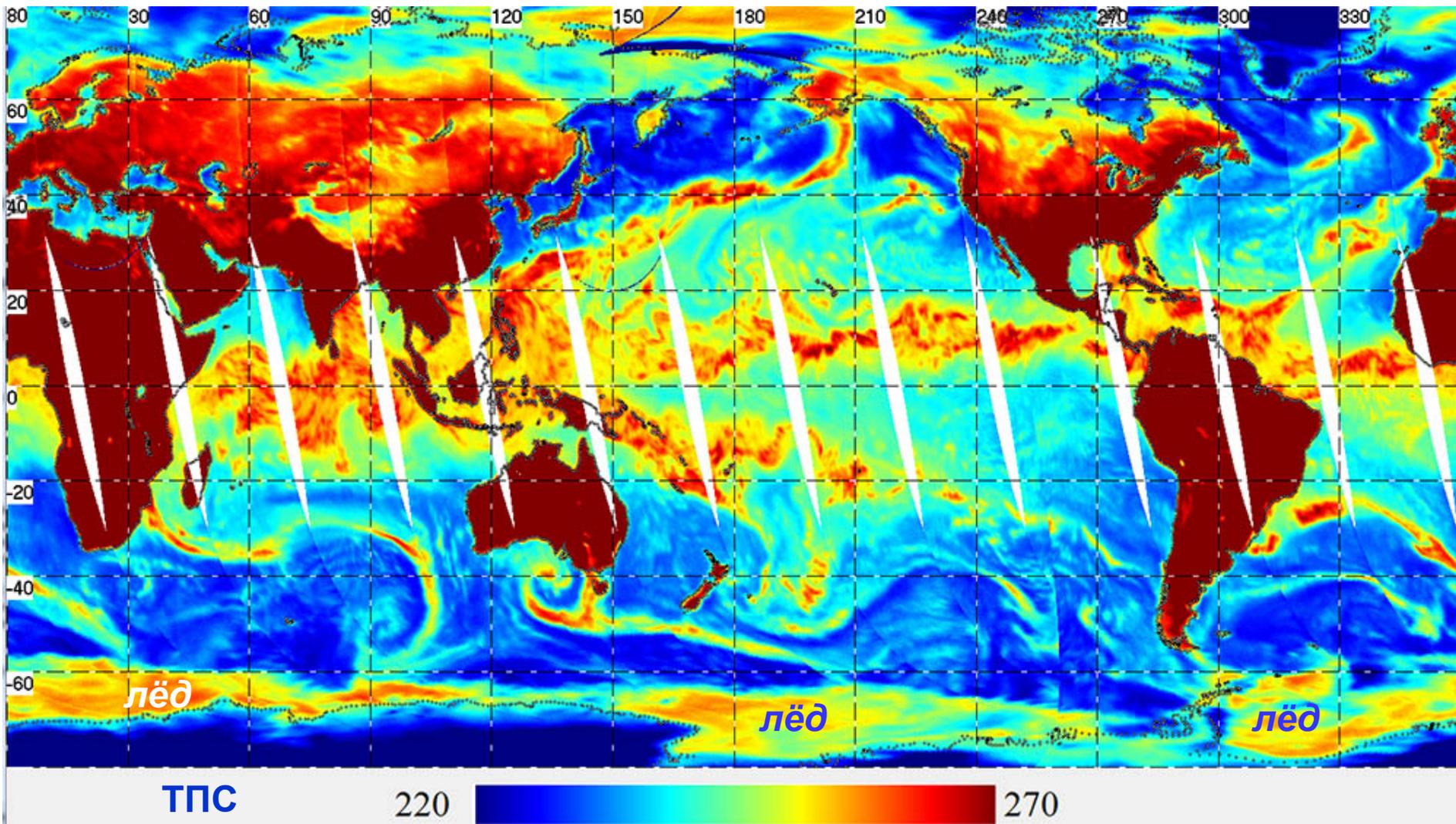
Полоса обзора 2500 км Яркая температура, К

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



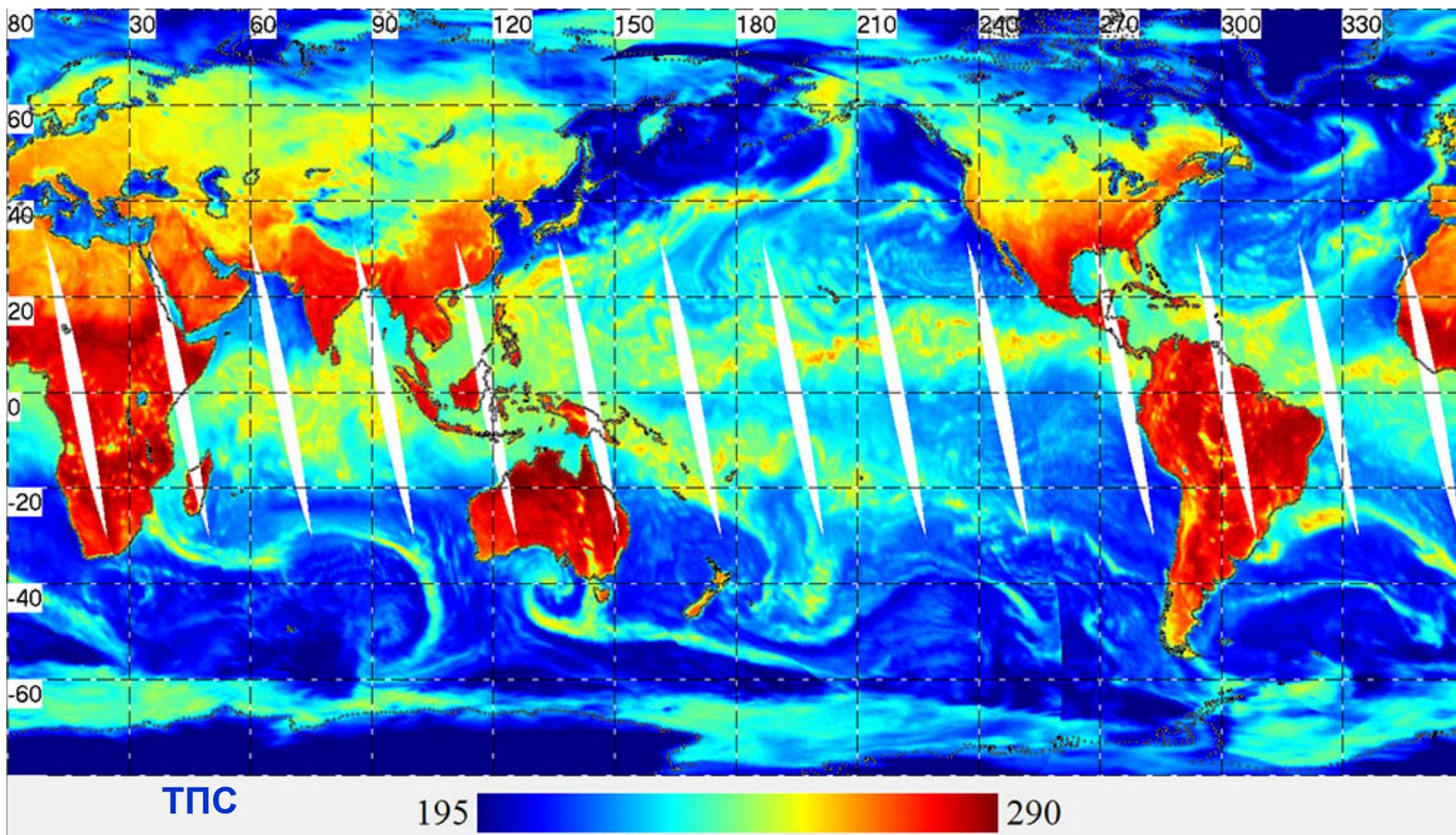
Полоса обзора 2500 км Яркая температура, К

Яркая температура Земли на частоте 42,0 ГГц на В-пол. по измерениям **МТВ3А-ГЯ** со спутника **Метеор-М № 2-2** 11.11.2020



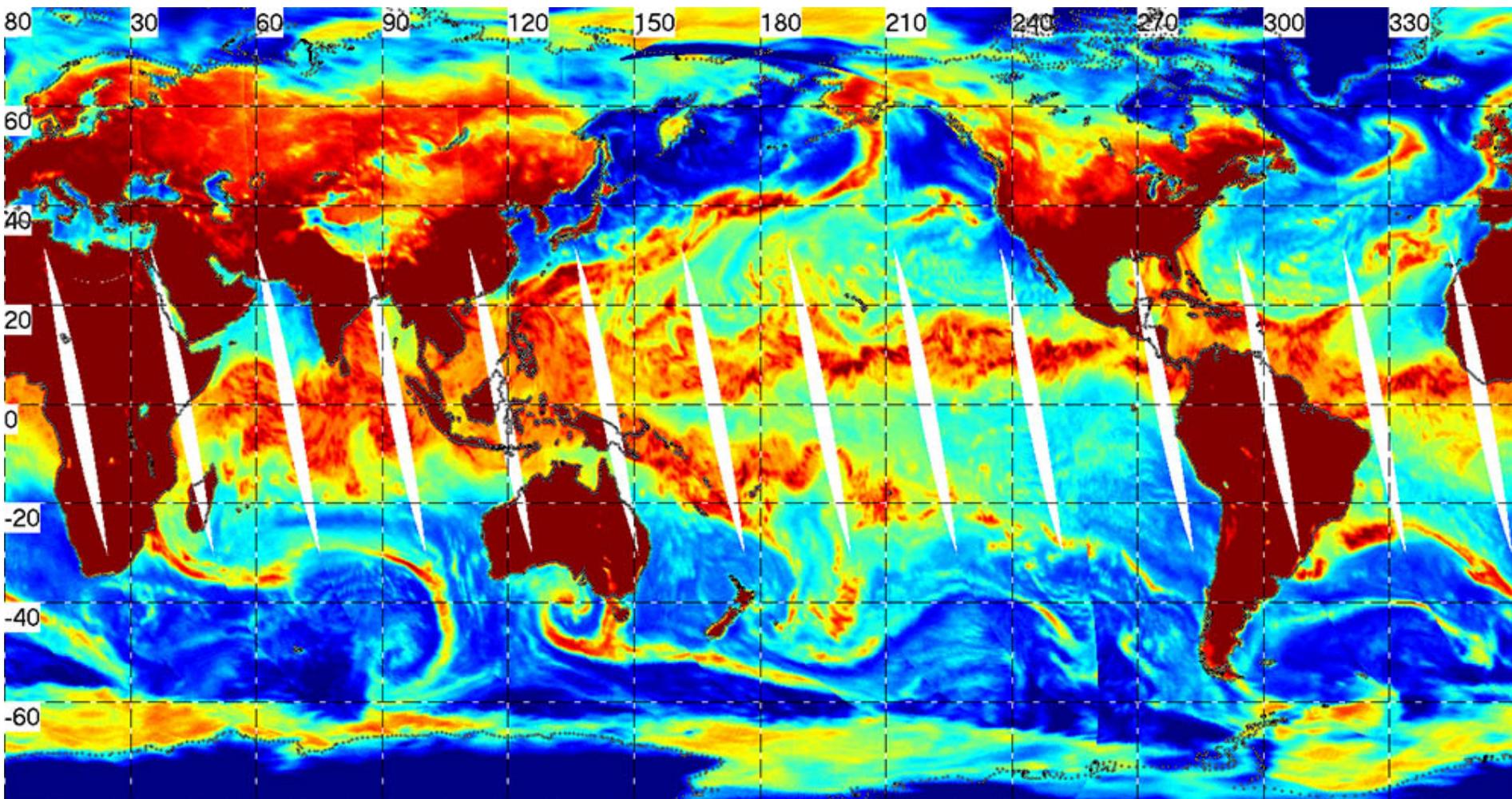
Полоса обзора 2500 км Яркая температура, К

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

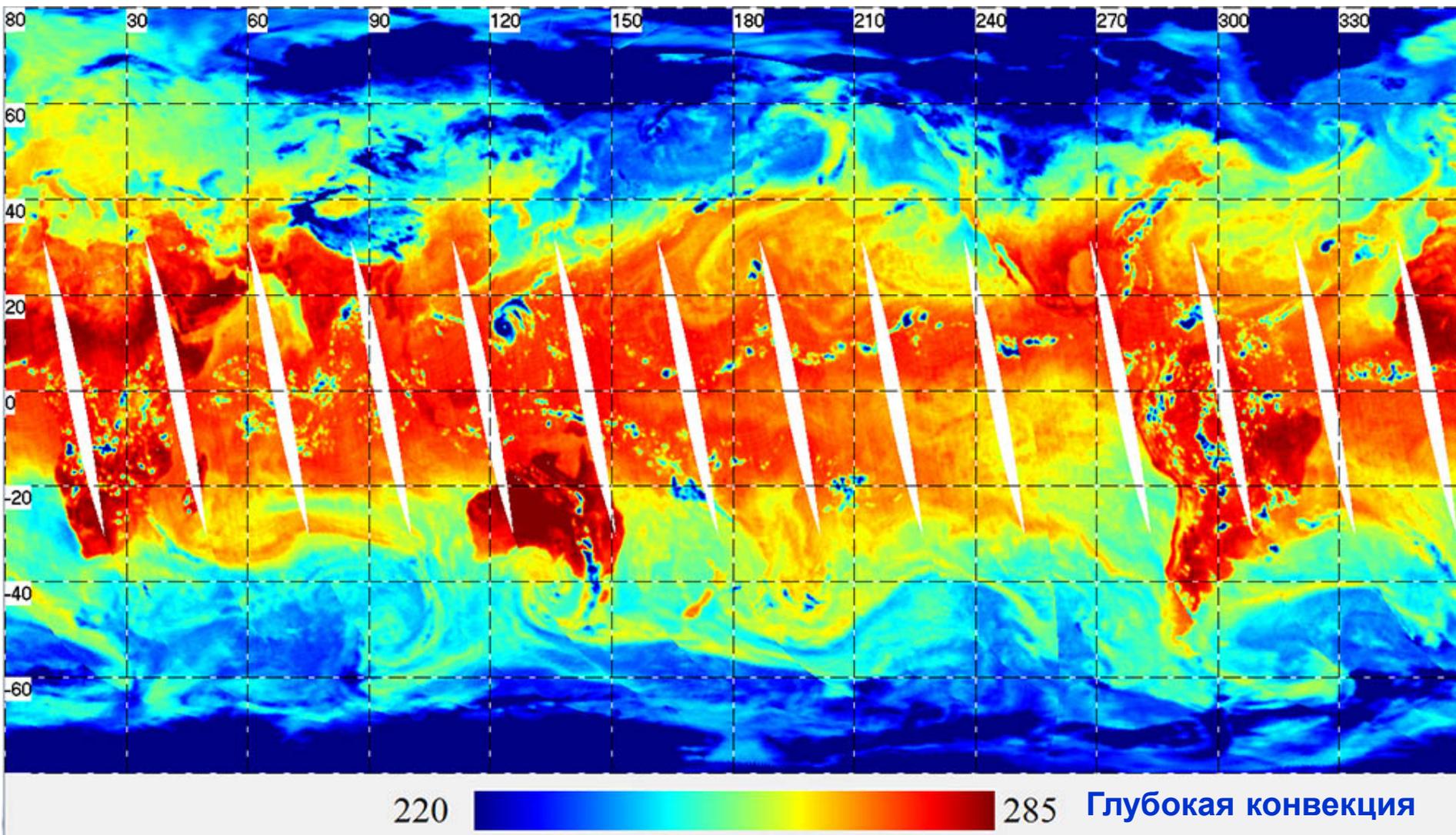


260

*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

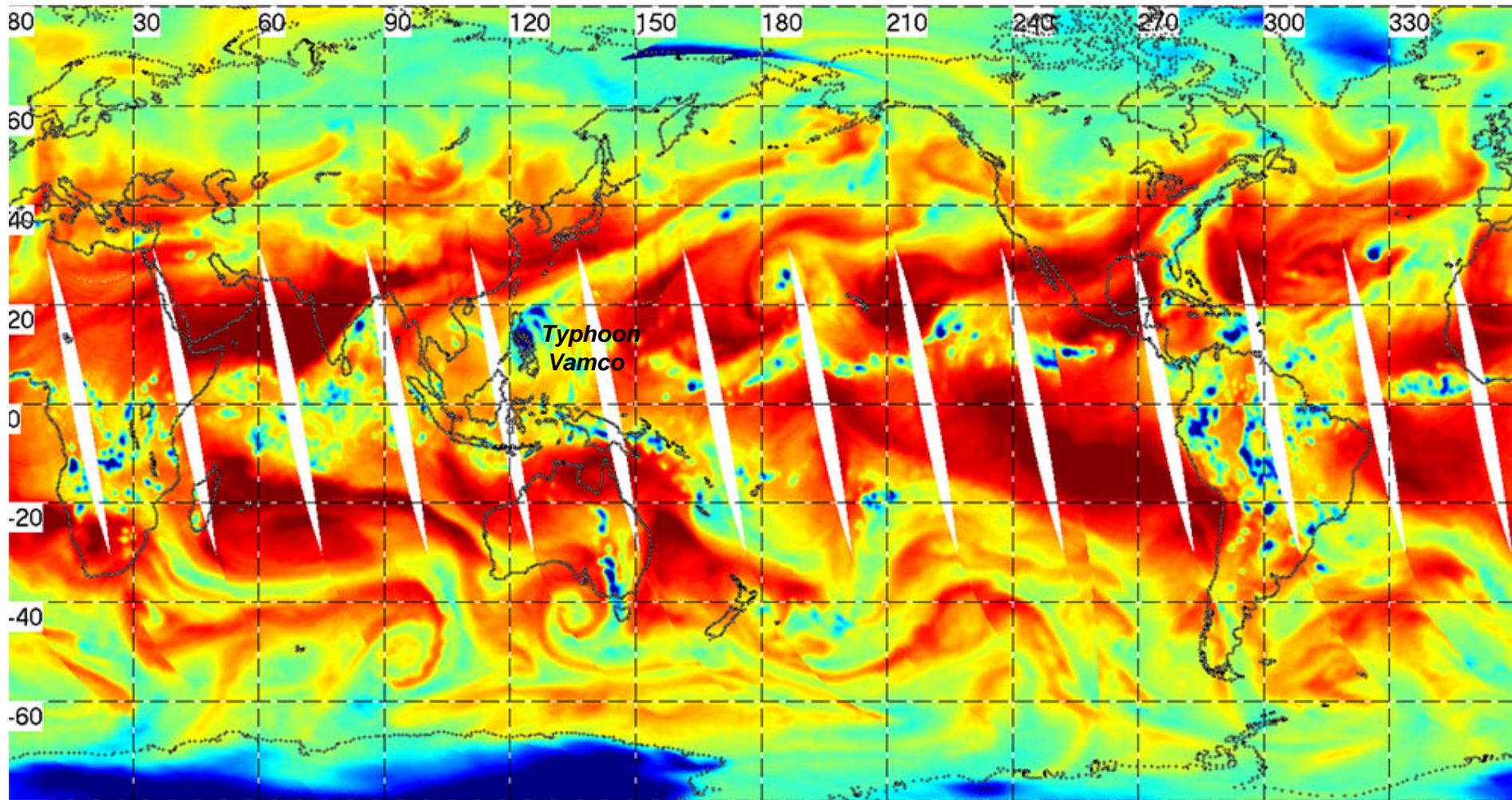


285

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

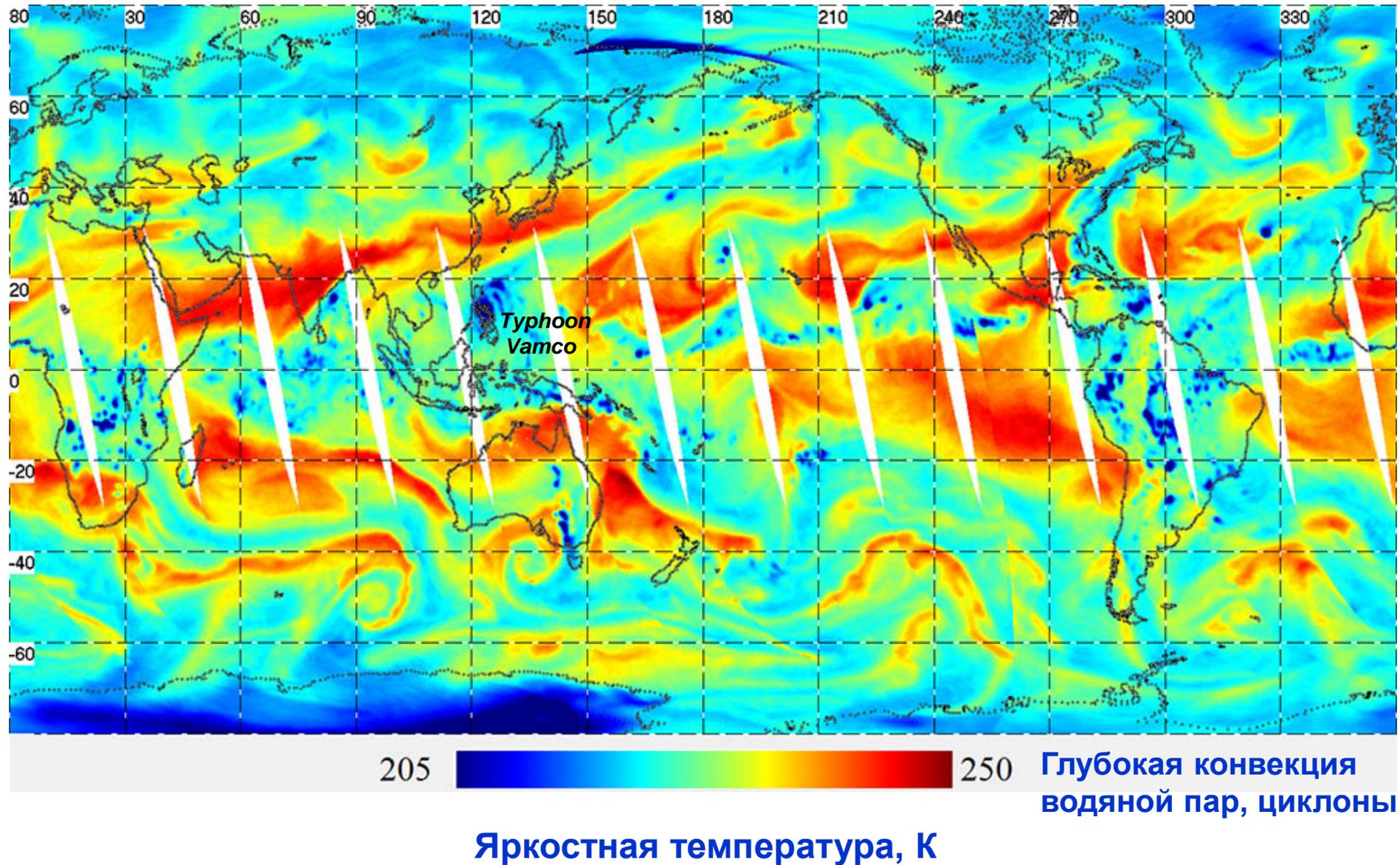


255

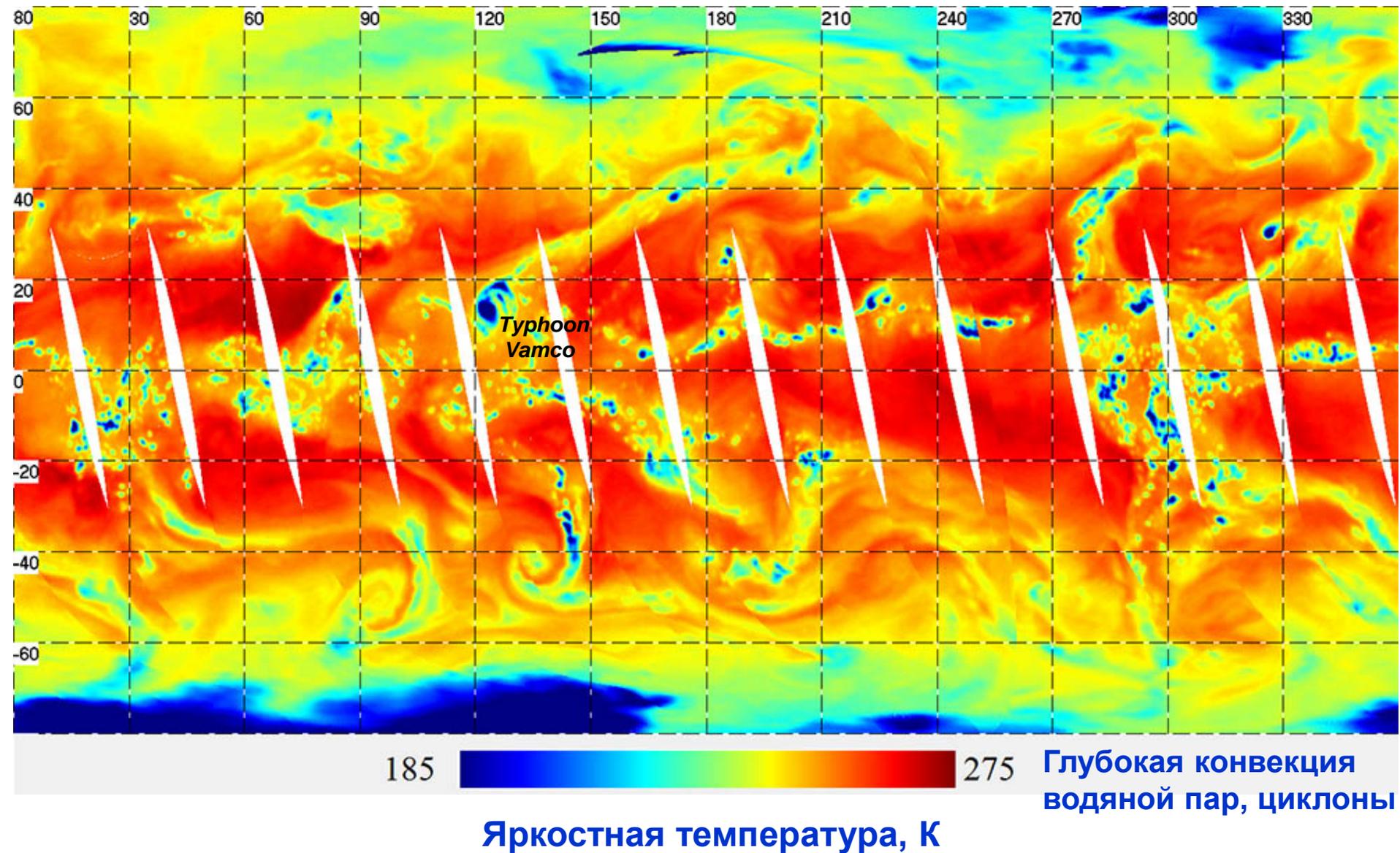
Глубокая конвекция
водяной пар, циклоны

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

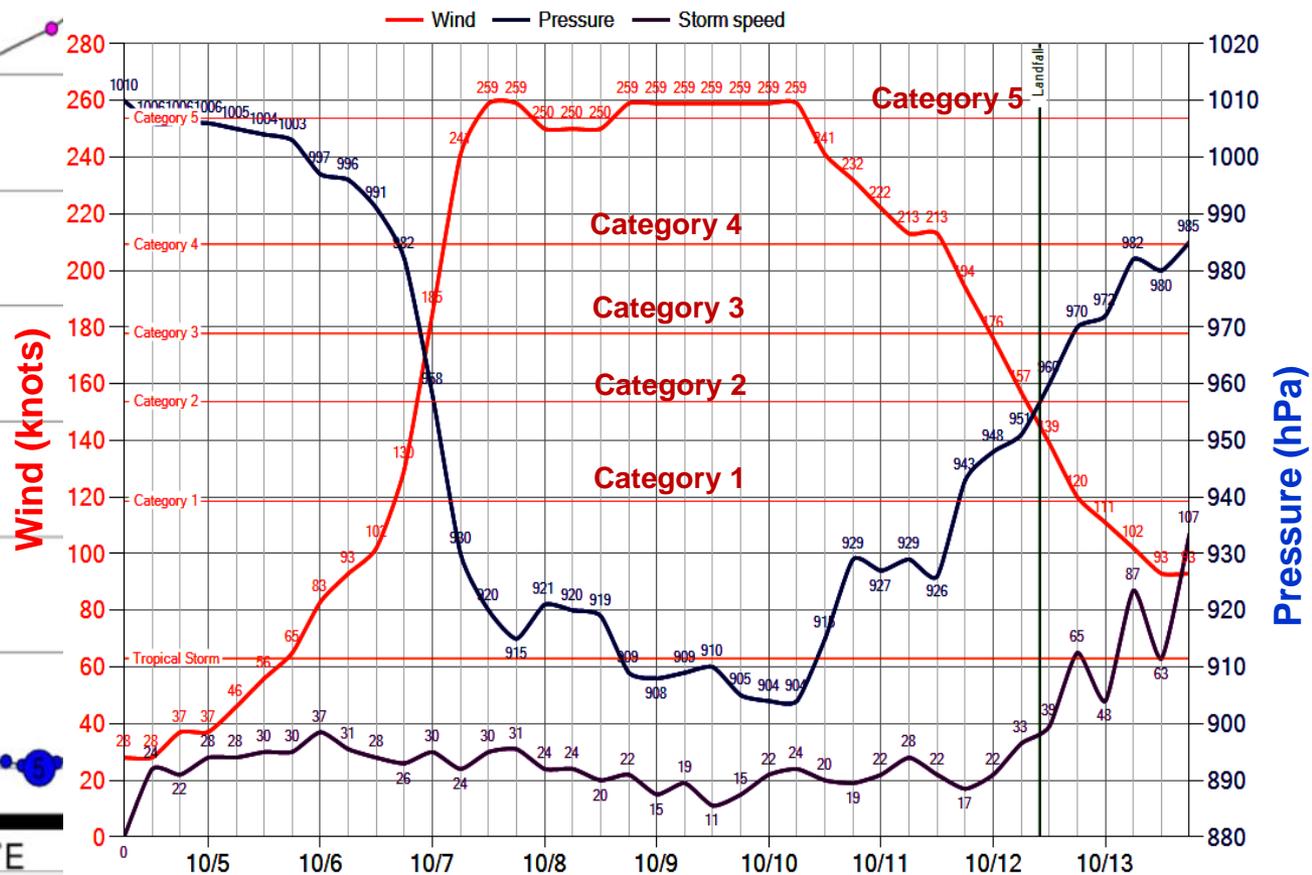
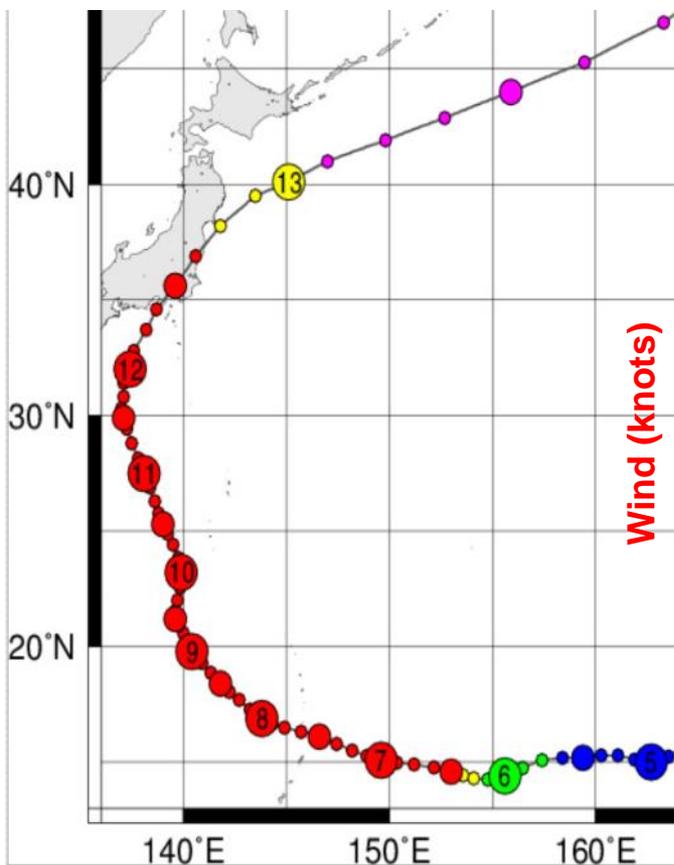


Яркостная температура Земли на частоте $183,3 \pm 7$ ГГц на Г-пол.
по измерениям МТВЗА-ГЯ со спутника Метеор-М № 2-2 11.11.2020



Изменчивость характеристик атмосферы и поверхности океана в области супертайфуна Hagibis. Северо-западная часть Тихого океана, октябрь 2019 года.

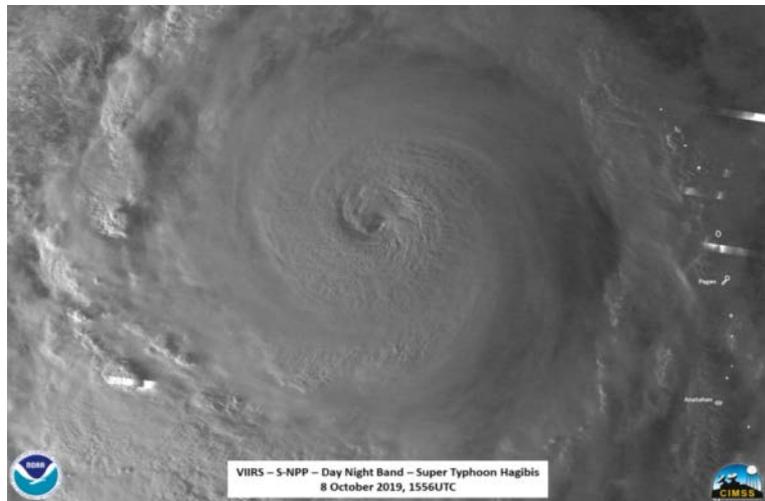
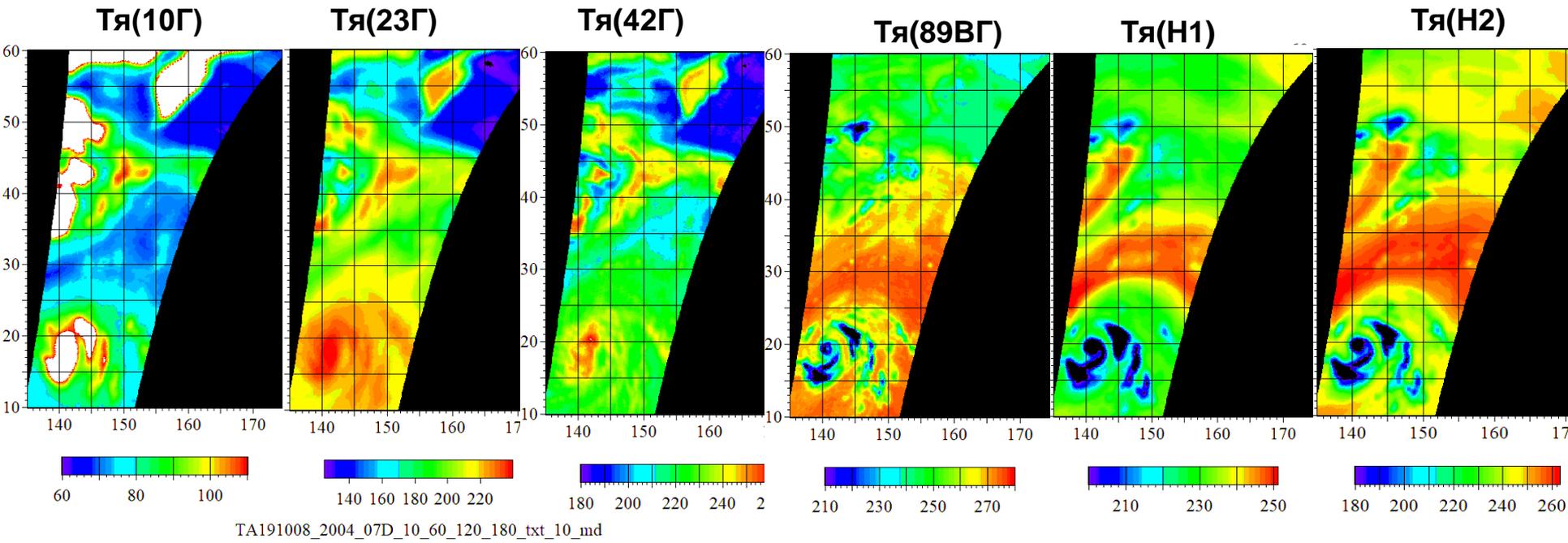
Траектория



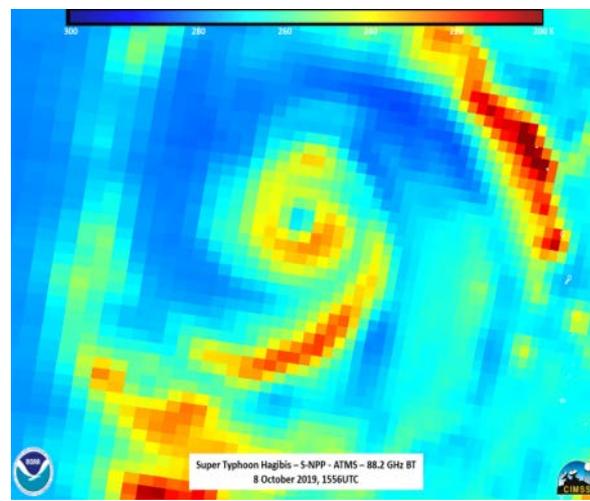
<https://ftp.emc.ncep.noaa.gov/wd20vxt/hwrf-init/decks/bwp202019.dat>

— Ветер — Давление — Скорость шторма

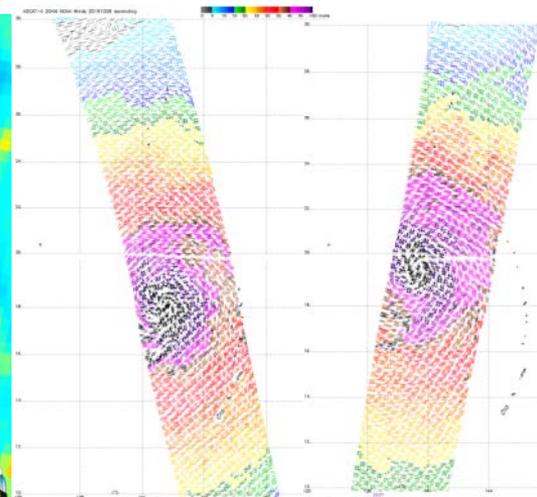
8 октября 2019. МТВЗА-ГЯ. Метеор-М № 2-2, VIIRS, ATMS SNPP, ASCAT



VIRSS SNPP Day-night band

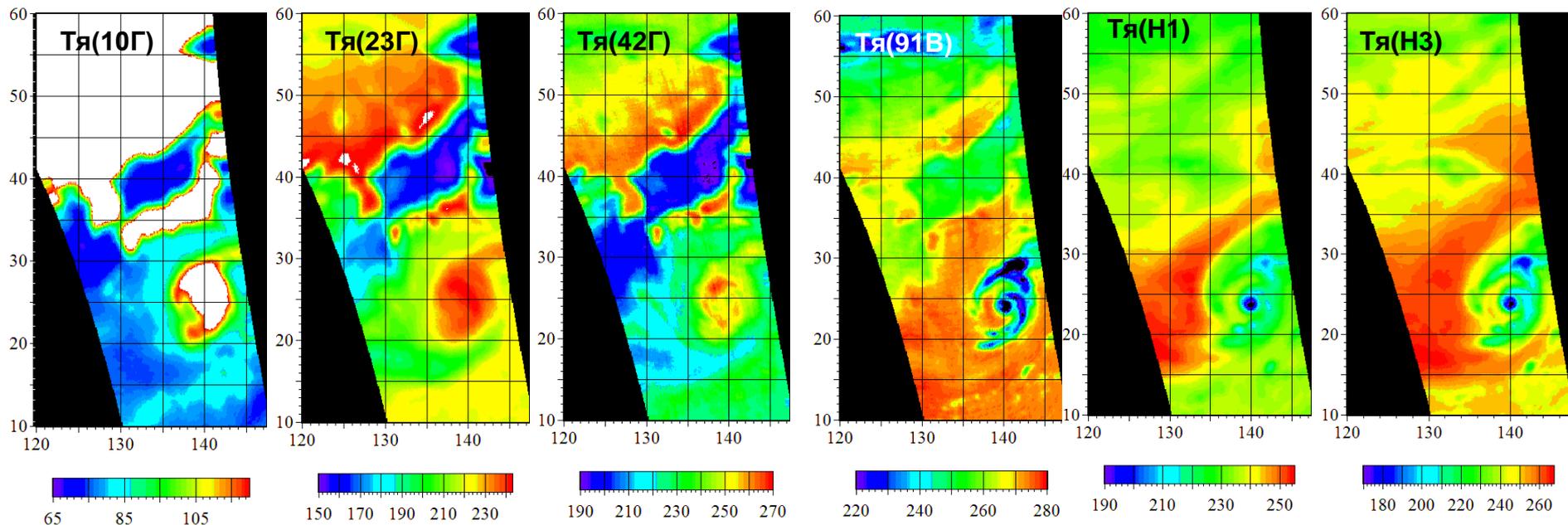


SNPP ATMS 88.2 GHz

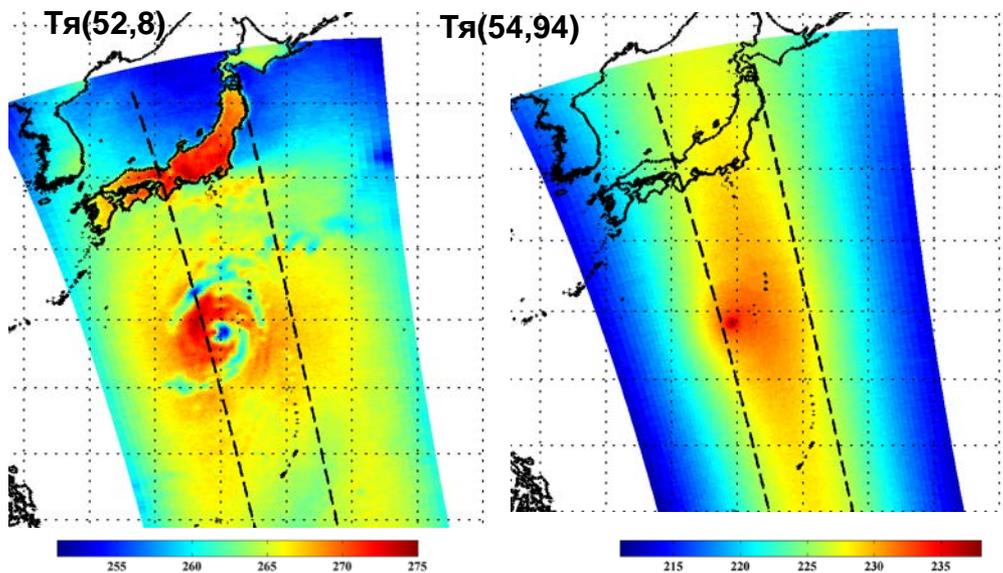


MetOp-A ASCAT

10 октября 2019. МТВЗА-ГЯ Метеор-М № 2-2 и ATMS SNPP

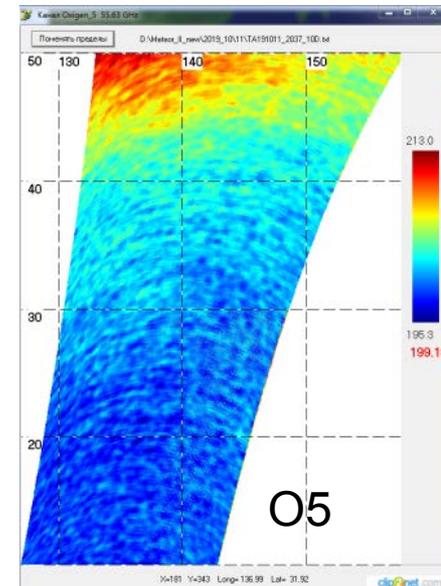
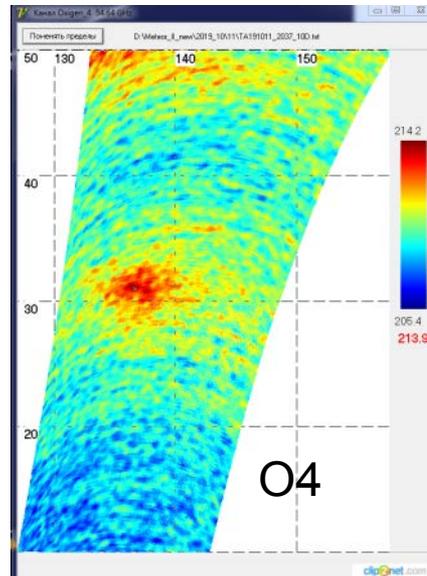
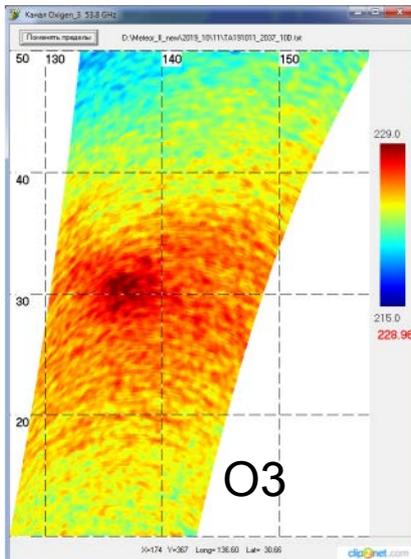
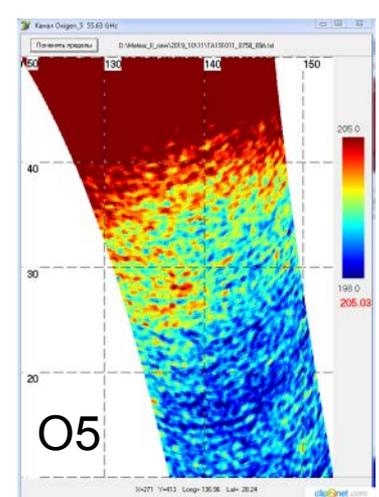
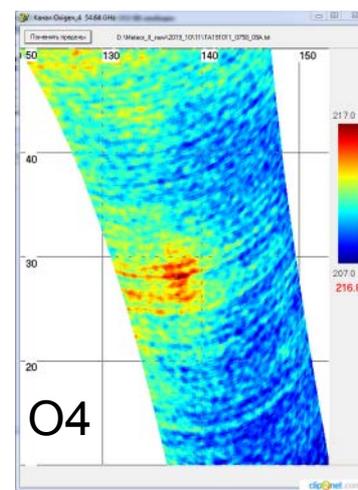
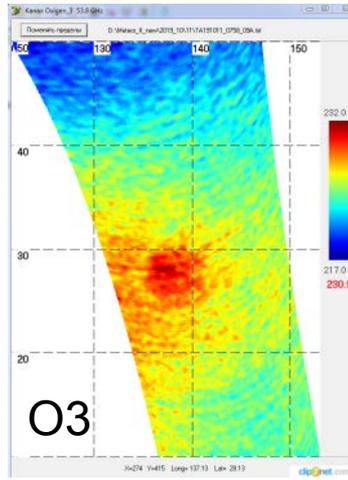
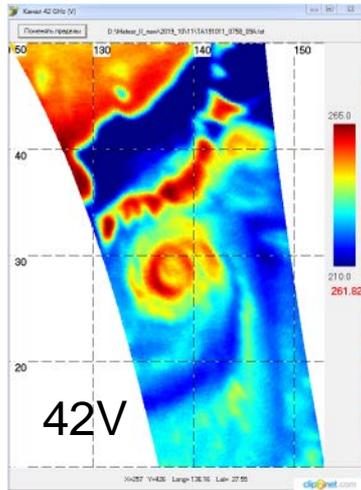
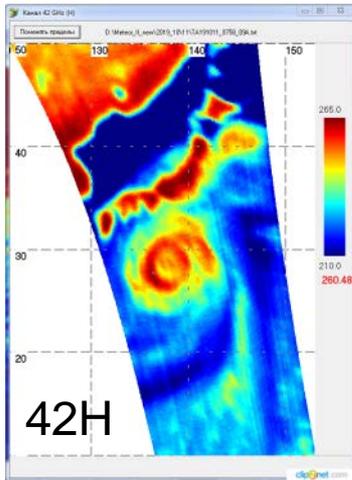


Brightness temperature, K

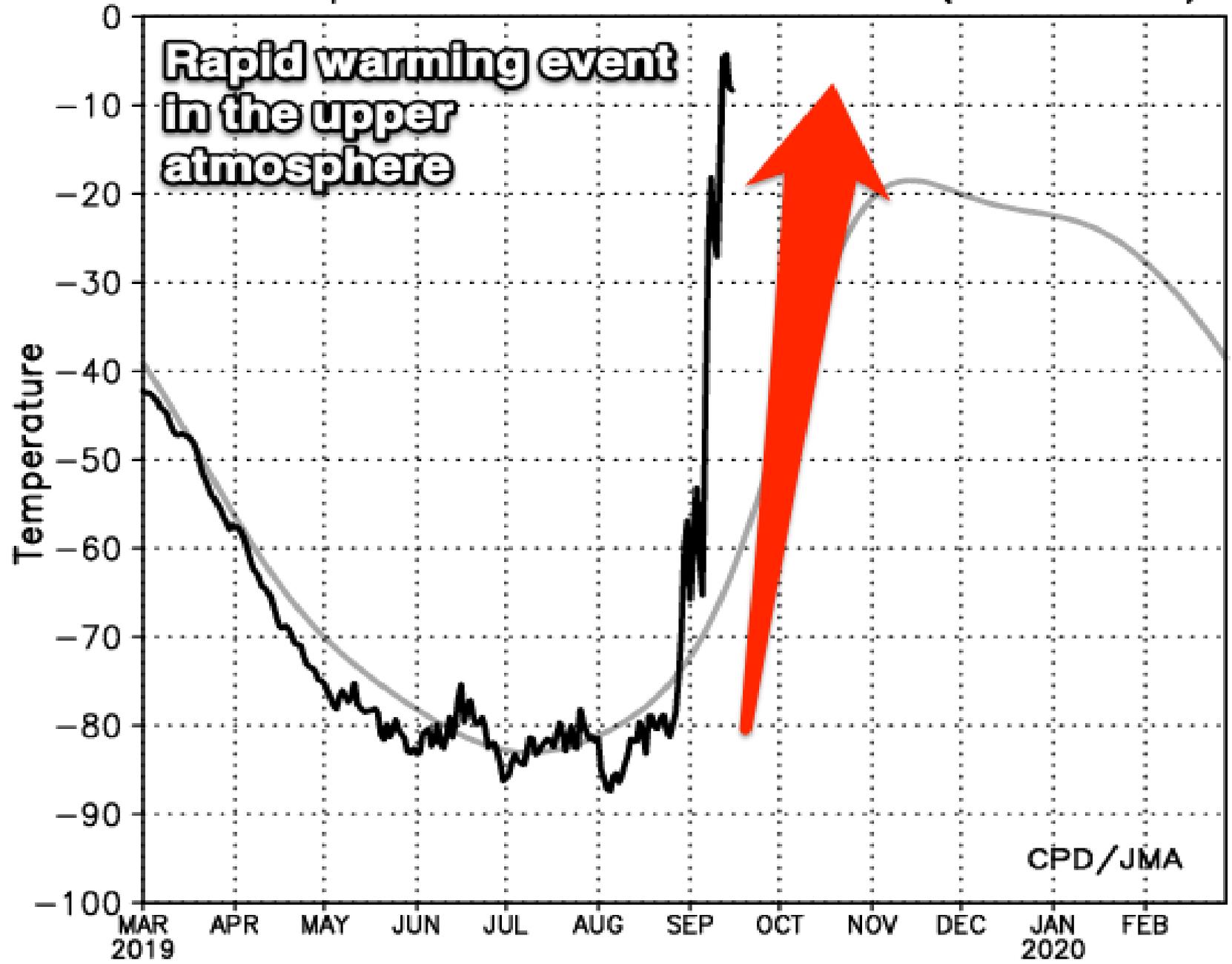


Brightness temperature, K

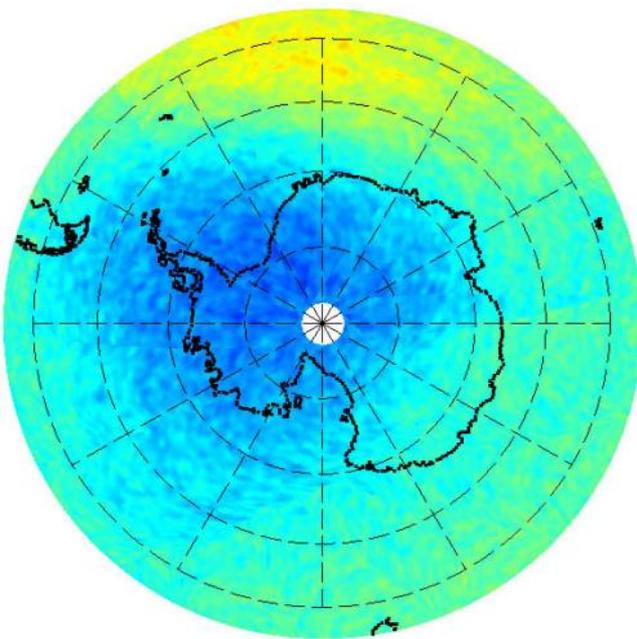
11 октября 2019 супертайфун Hagibis, МТВЗА-ГЯ



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

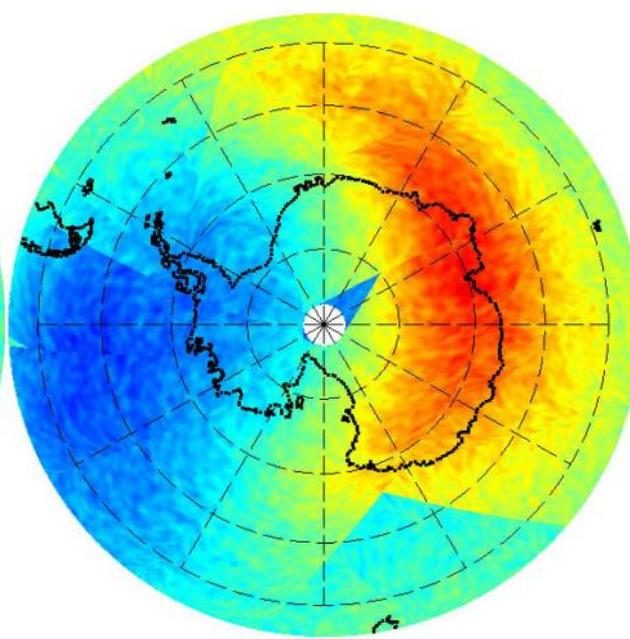


25 августа 2019



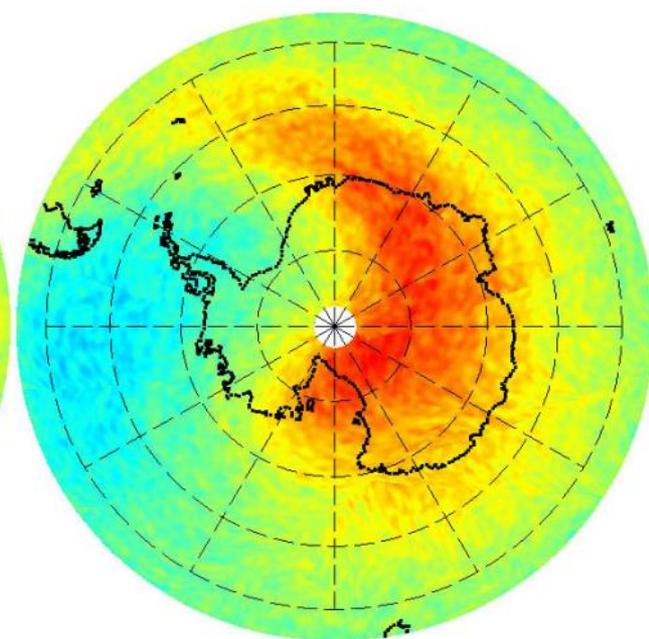
170 280

30 августа 2019



170 280

10 сентября 2019



170 280

Яркость температура, К

Канал О8, принимающий уходящее излучение Земли на частотах

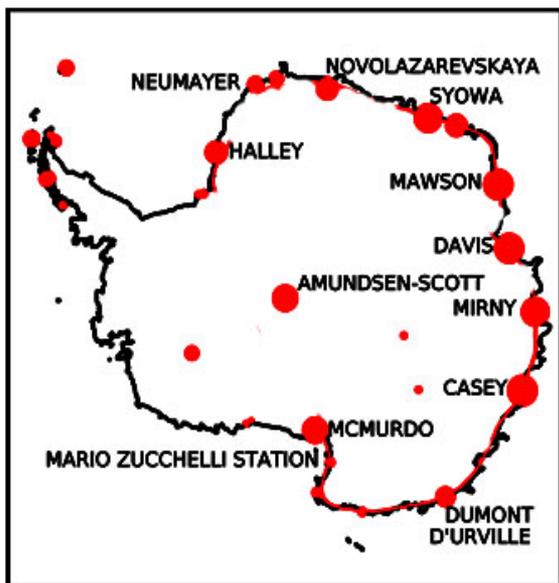
$57,290344 \pm 0,322 \pm 0.025$ ГГц

Потепление по данным радиозондирования в

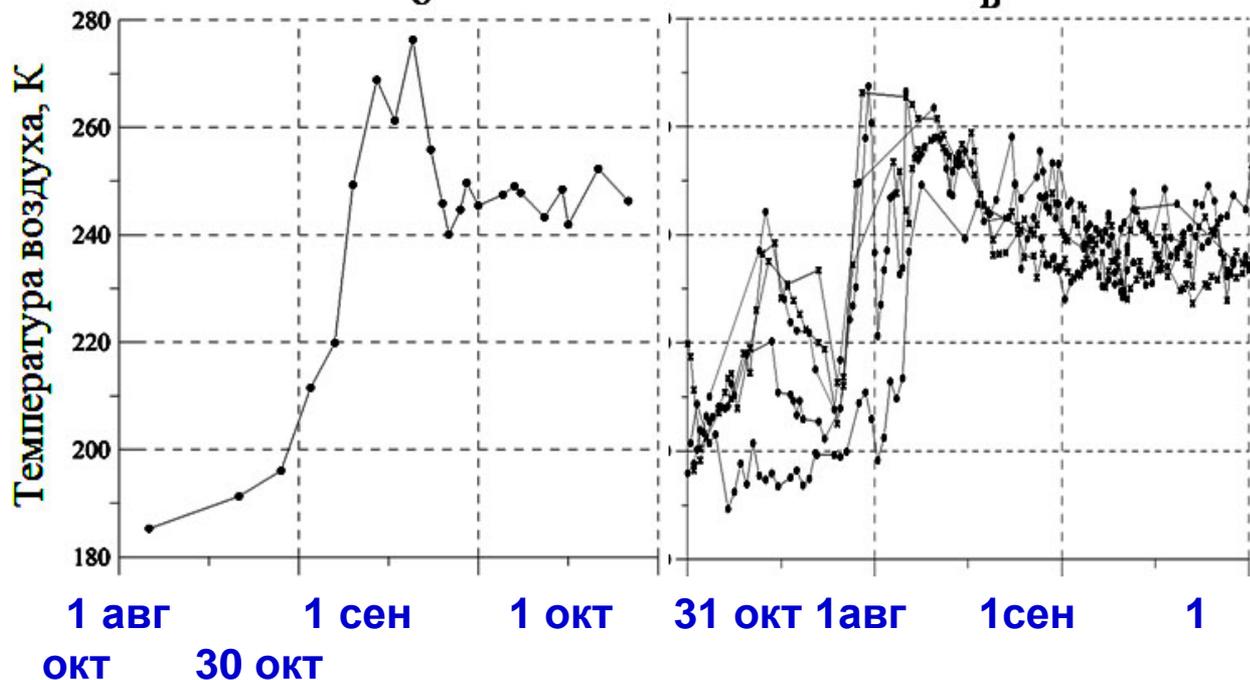
Антарктиде

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

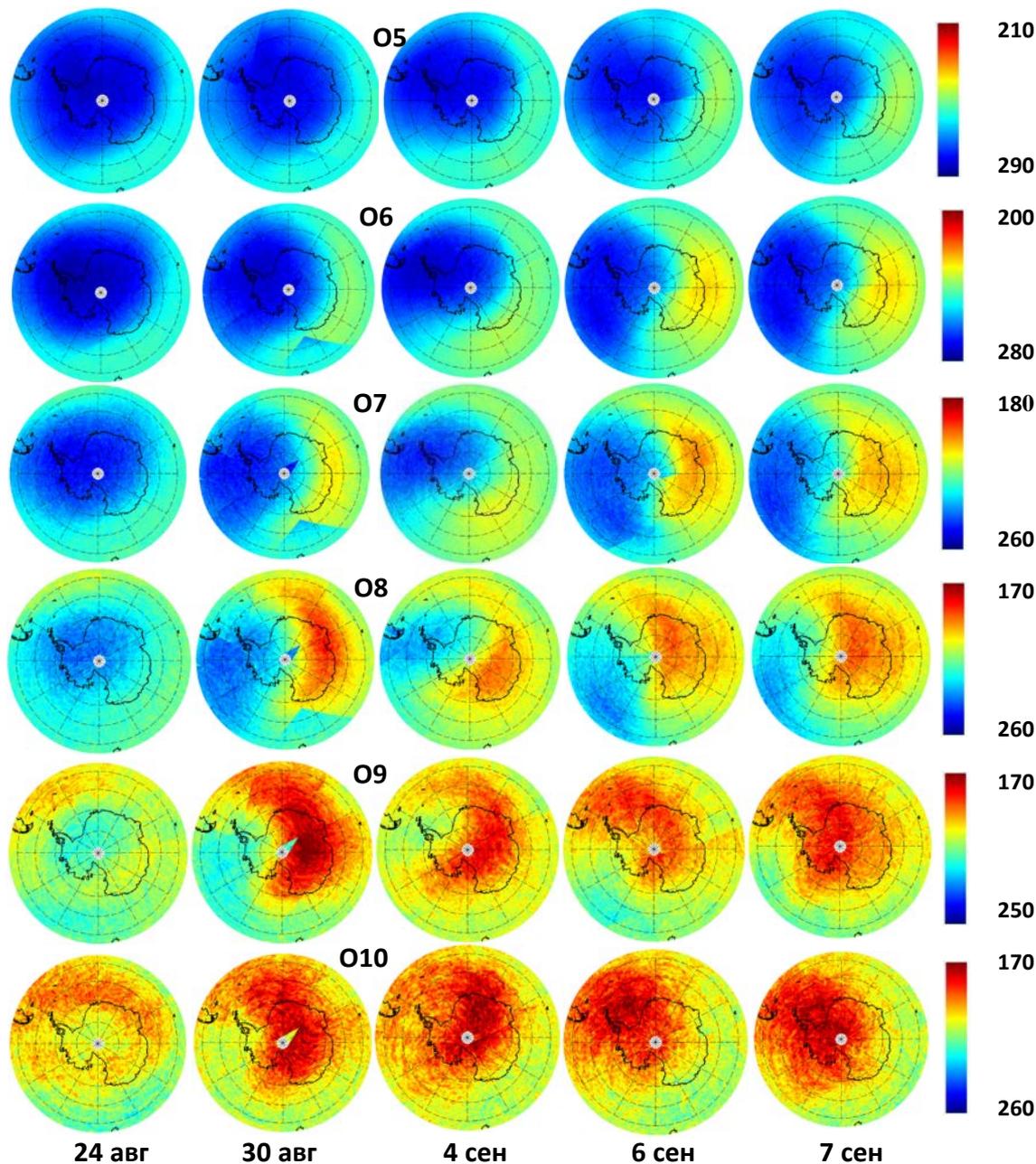
а



б

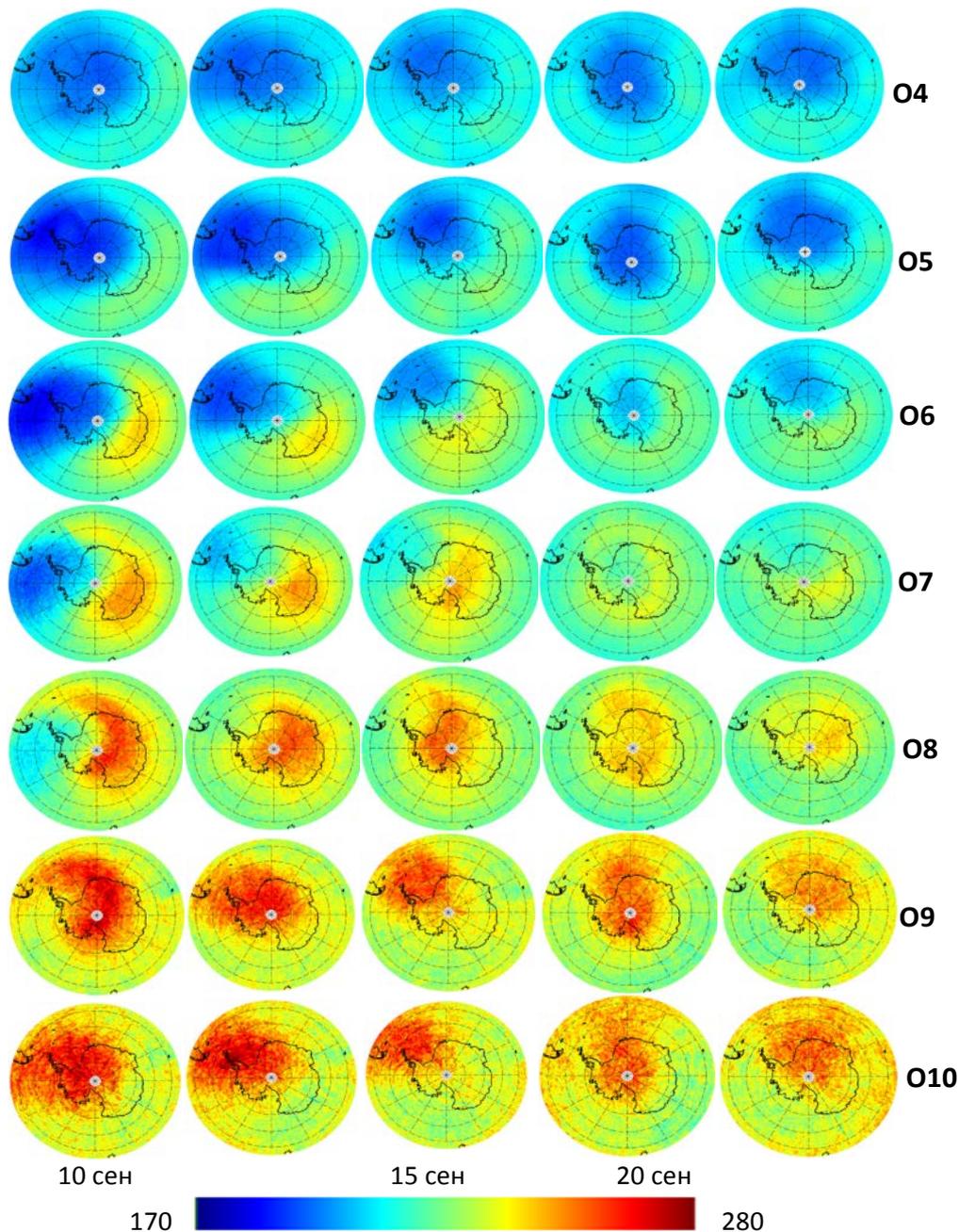


Температура воздуха на уровне 10 гПа по данным радиозондирования атмосферы со станции 89009 Amundsen-Scott Южный полюс (а) и со станций 89002, 89532, 89564, 89611 и 89571 на побережье Антарктиды (б)



**Изменчивость
яркостной температуры
над Южной полярной
областью по
измерениям радиометра
МТВЗА-ГЯ со спутника
"Метеор-М" № 2-2 до и
во время внезапного
стратосферного
потепления в конце
августа – начале
сентября 2019 года**

Яркостная температура, К



Изменчивость
яркостной
температуры над
Южной полярной
областью с 10 по 30
сентября 2019 года по
измерениям **МТВЗА-ГЯ**
со спутника
"Метеор-М" № 2-2

Яркостная температура, К

Регистрация температуры атмосферы по данным

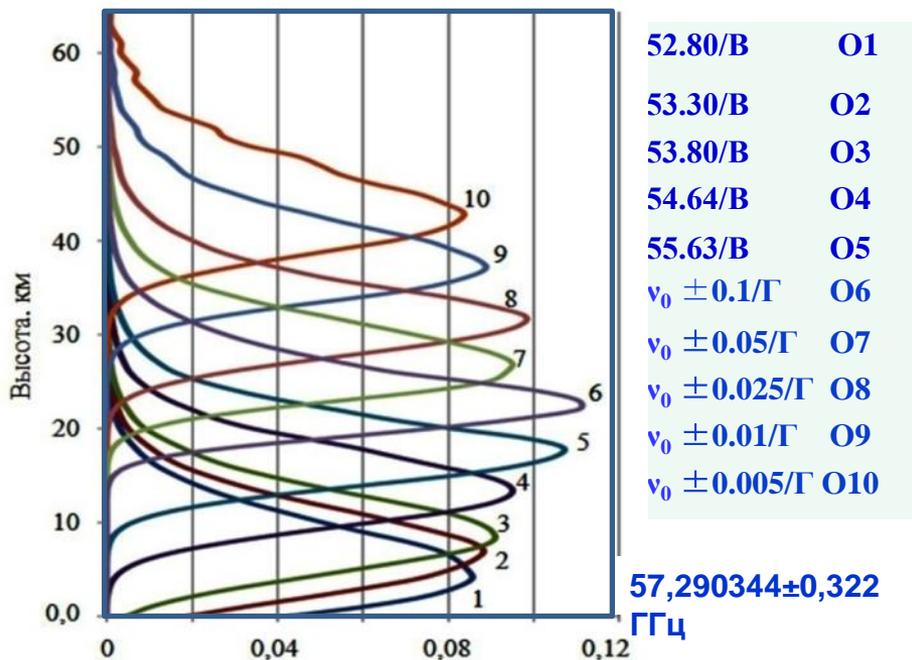
МТВЗА-ГЯ

Яркостная температура уходящего излучения атмосферы

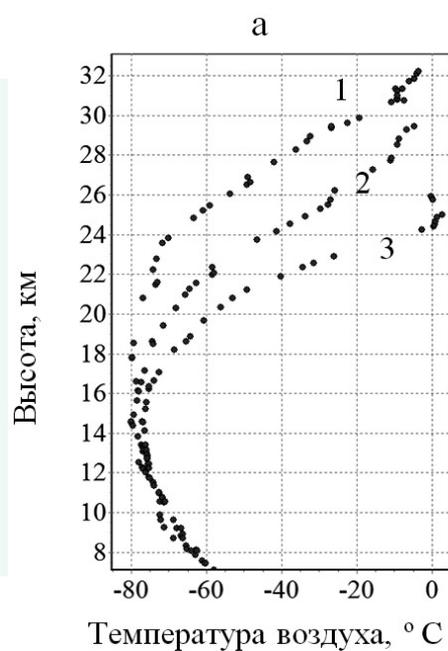
Весовая функция

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

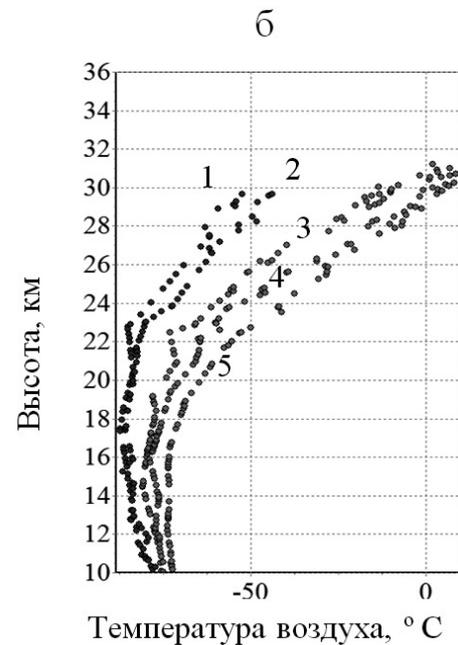
$$K(\nu, h, \theta) = \gamma(\nu, h, \theta) e^{-\int_0^h \gamma(\nu, h') \sec \theta dh'} \sec \theta$$



Весовые функции на частотах каналов O1–O10 для широтной зоны 70° ю.ш. при угле падения 65°. Цифры у кривых – как и у номера каналов в таблице



Профили температуры воздуха по данным p/z со станции 89532 Syowi 2 сентября в 00 UTC (профиль 1) и 5 сентября в 00 UTC (профиль 2) и в 12 UTC (профиль 3) (а) и со станции 89009 Amundsen-Scott 2 сентября (профиль 1), 6 (2), 9 (3), 13 (4) и 19 сентября (профиль 5) (б)



- 10.6 – 91 ГГц

**Характеристики поверхности и
подповерхностных слоев**

(Восточная Антарктида, Гренландия, пустыни)

- 10 – 48, 91 и 165 – 190 ГГц

**Характеристики поверхности и
интегральные параметры атмосферы**

- 52-58 и 165 – 190 ГГц

**Характеристики атмосферы
(вертикальные профили
температуры и влажности)**

Выводы

- На основе обработки и анализа данных **МТВЗА-ГЯ** на спутниках серии **Метеор-М**, полученных в 2009 –2024 восстановлены параметры поверхности, подповерхностных слоев, интегральные параметры и исследованы особенности вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы.
- Разработана методика внешней калибровки радиометра, основанная на моделировании яркостных температур, тщательном выборе тестовых областей и данных радиозондирования. Методика применена к **МТВЗА-ГЯ** на спутниках серии **Метеор-М**.
- Выполнена обработка яркостных температур на всех каналах **МТВЗА-ГЯ**. Определены нарушения функционирования радиометра на отдельных каналах, выявлены зоны радиочастотных помех на частотах 6,9 и 10,65 ГГц, Выявлена динамика районов засух и наводнений, таяния Гренландии, зон влияния тропических циклонов, зарегистрированы и изучены в полях яркостных температур редкие явления – внезапные стратосферные потепление над Северным и Южным полушариями.

Предложения

За 2-4 года до запуска спутника – международный конкурс проектов по направлениям:

- моделирование переноса излучения,
- разработка стандартных и усовершенствованных алгоритмов восстановления геофизических параметров с заданной погрешностью и с учетом радиочастотных помех,
- калибровка на борту спутника и внешняя калибровка, кросс-калибровка, калибровочные полигоны,
- валидация геофизических продуктов (не только в России).

Ежегодные рабочие совещания в Росгидромете (НЦ ОМЗ) по микроволновому (пассивному и активному) ДЗ.

Участие в международных симпозиумах, совещаниях по дистанционному зондированию (**IGARSS, MicroRad** и др.).

Сообщения в СМИ.

Мониторинг функционирования радиометра в космосе

Оперативная обработка.

ФИНАНСИРОВАНИЕ