



ГЕОМАГНИТНАЯ БУРЯ 12–13 НОЯБРЯ 2025 Г.: ИОНОСФЕРНЫЙ ОТКЛИК И ВЫСОКОТОЧНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ

Е.И. Данильчук^{1,2}, Ю.В. Ясюкевич^{1,2}, А.Б. Белецкий¹, Е.А. Борвенко¹, А.А. Чернышов³,
В.Г. Файнштейн¹, В.А. Иванова¹, Д.С. Хабитуев¹, М.В. Кравцова¹, А.В. Ойнац¹, С.В. Олемской¹,
А.М. Падохин^{4,5}, К.Г. Ратовский¹, В.Е. Сдобнов¹, А.М. Веснин¹, А.С. Ясюкевич¹, С.А. Язев^{1,2}

¹ Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³ Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

⁴ Московский государственный университет, Москва, Россия

⁵ Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн имени Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия

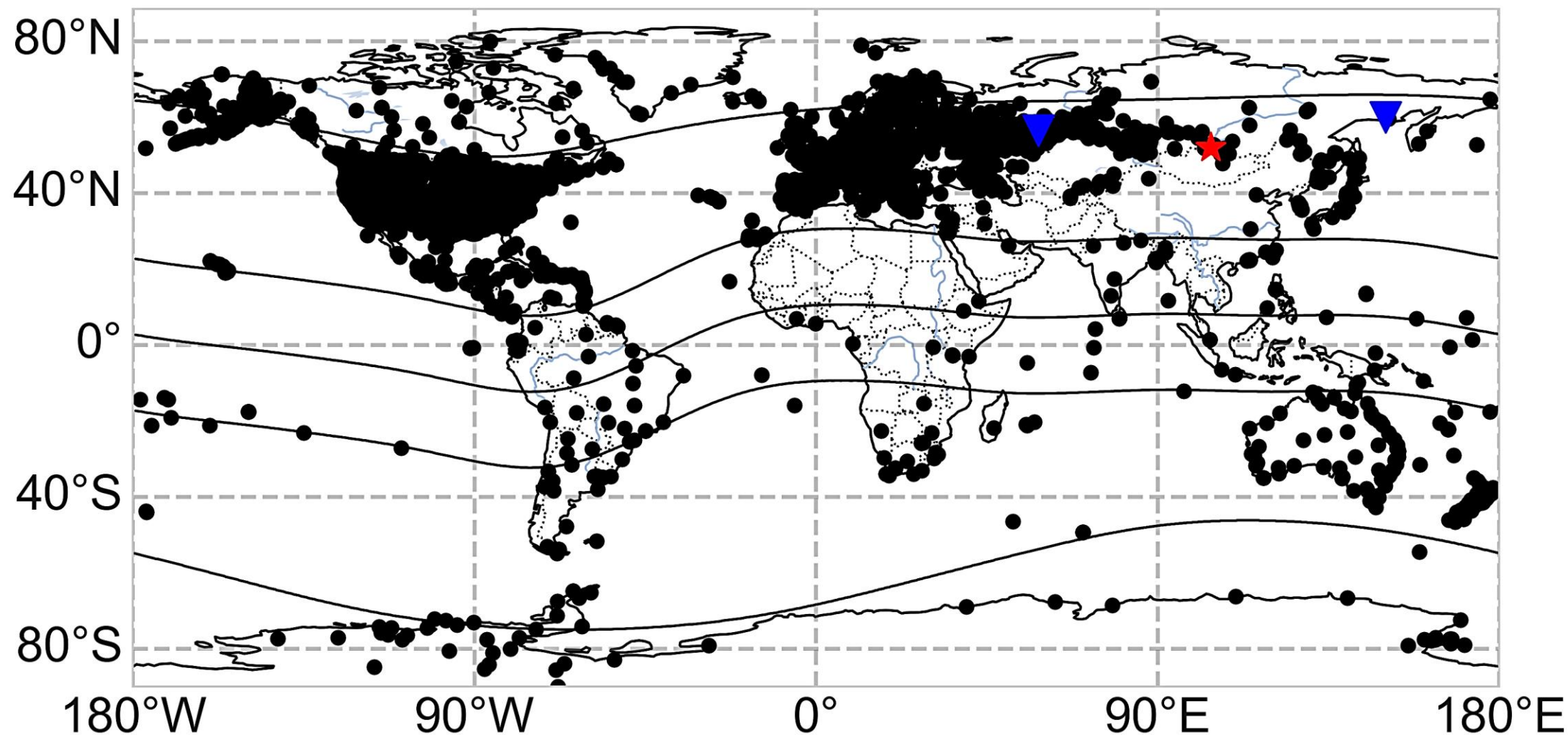
АКТУАЛЬНОСТЬ

- Геофизические эффекты геомагнитных бурь: изменение электронной концентрации в ионосфере, расширение границ аврорального овала и экваториальной ионосферной аномалии, появление ионосферных неоднородностей электронной концентрации различных масштабов и др.;
- Эффекты геомагнитных бурь на качество работы технических систем (включая энергосистемы, железнодорожные системы, радиооборудование, глобальные навигационные системы и др.);
- Большое количество спутников на орбите (порядка 10 тыс. спутников на 2024 г.);
- Очень сильные и экстремальные геомагнитные бури возникают редко ($K_p=9$: SC20 – 3, SC21 – 2, SC22 – 1, SC23 – 2, SC24 – 0).

ЦЕЛЬ

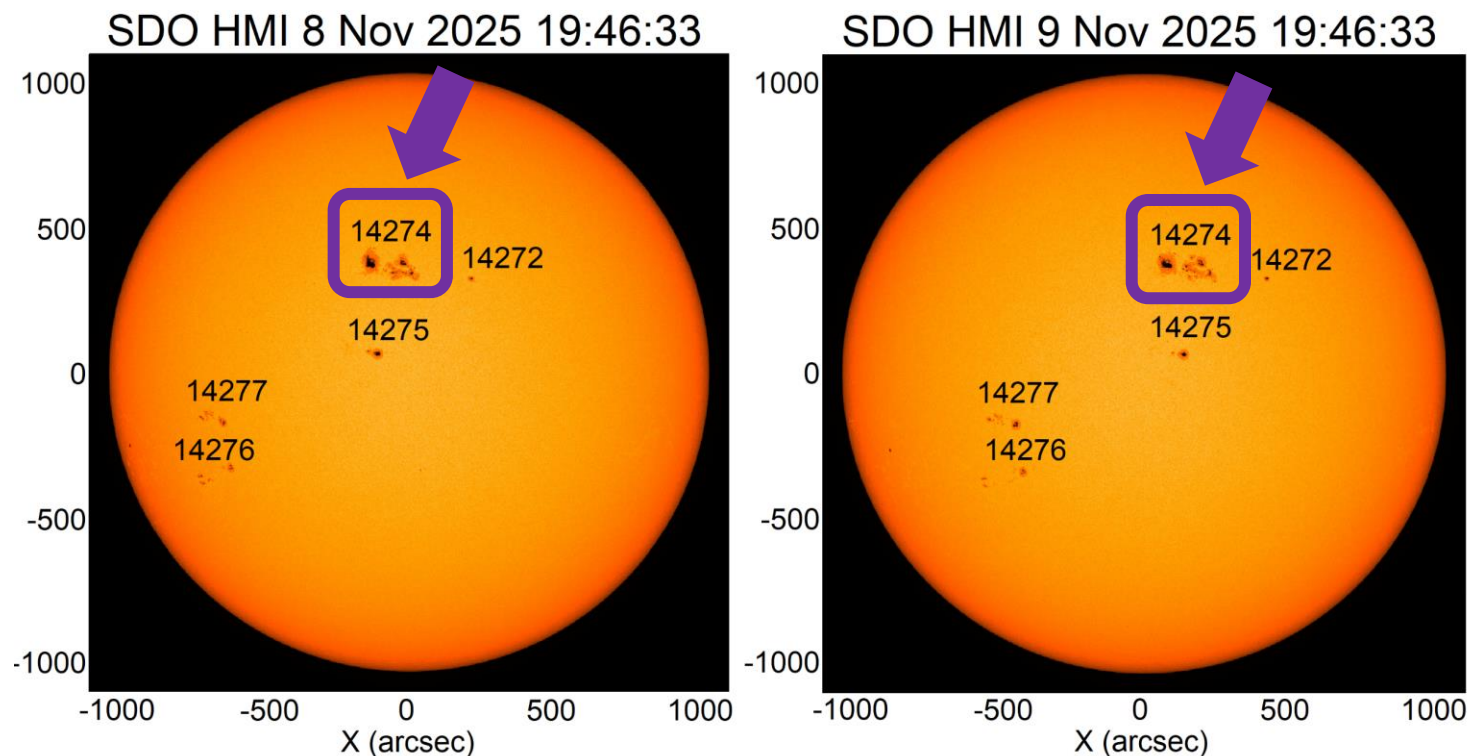
Исследовать влияние геомагнитной бури 12 ноября 2025 г. на околоземное космическое пространство и точность GPS-позиционирования.

КАРТА МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ



Черные точки – ГНСС приемники, синие треугольники – КВ-радары, красная звезда – район наблюдений оптического комплекса, ионозонда и Саянского спектрографического комплекса космических лучей.

АКТИВНОСТЬ НА СОЛНЦЕ И СОЛНЕЧНЫЕ ВСПЫШКИ



День	Время максимума, UT	Класс вспышки	Время прихода ударной волны в точку Лагранжа	Оценка скорости ударной волны KBM, км/с
09	07:35	X1.7	11.11.2025 22:15 UT	804
10	09:19	X1.2	11.11.2025 23:38 UT	1320
11	10:04	X5.1	12.11.2025 18:53 UT	1350

ГЕОМАГНИТНАЯ АКТИВНОСТЬ

Главная фаза

01:00 UT

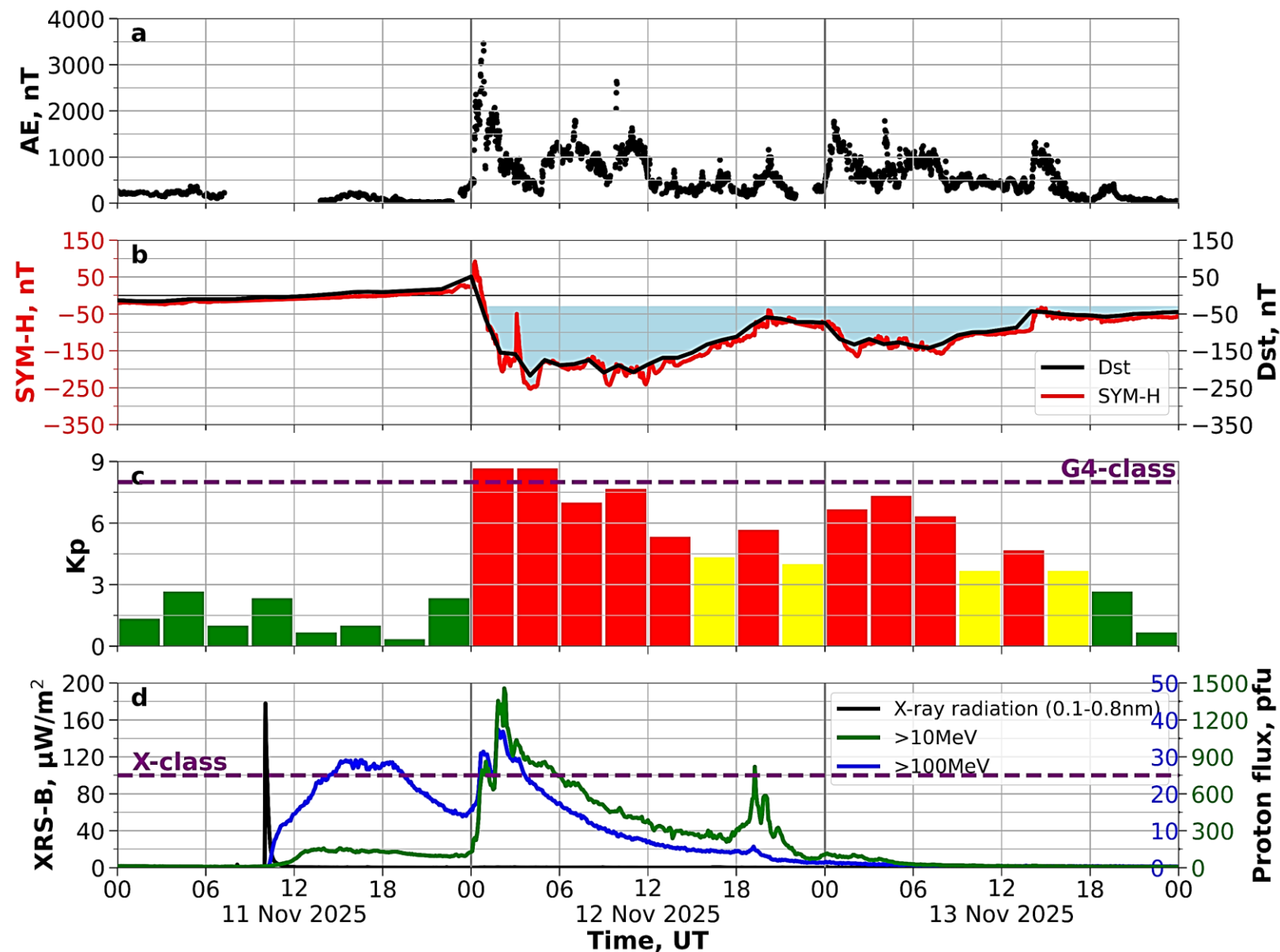
12 ноября 2025

Фаза восстановления

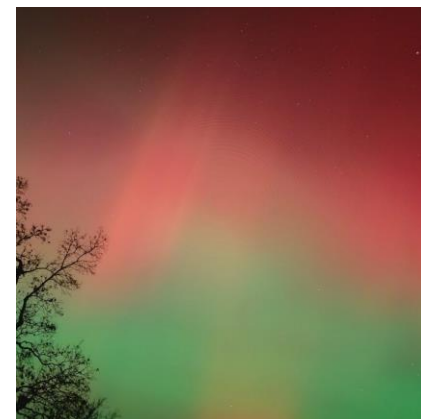
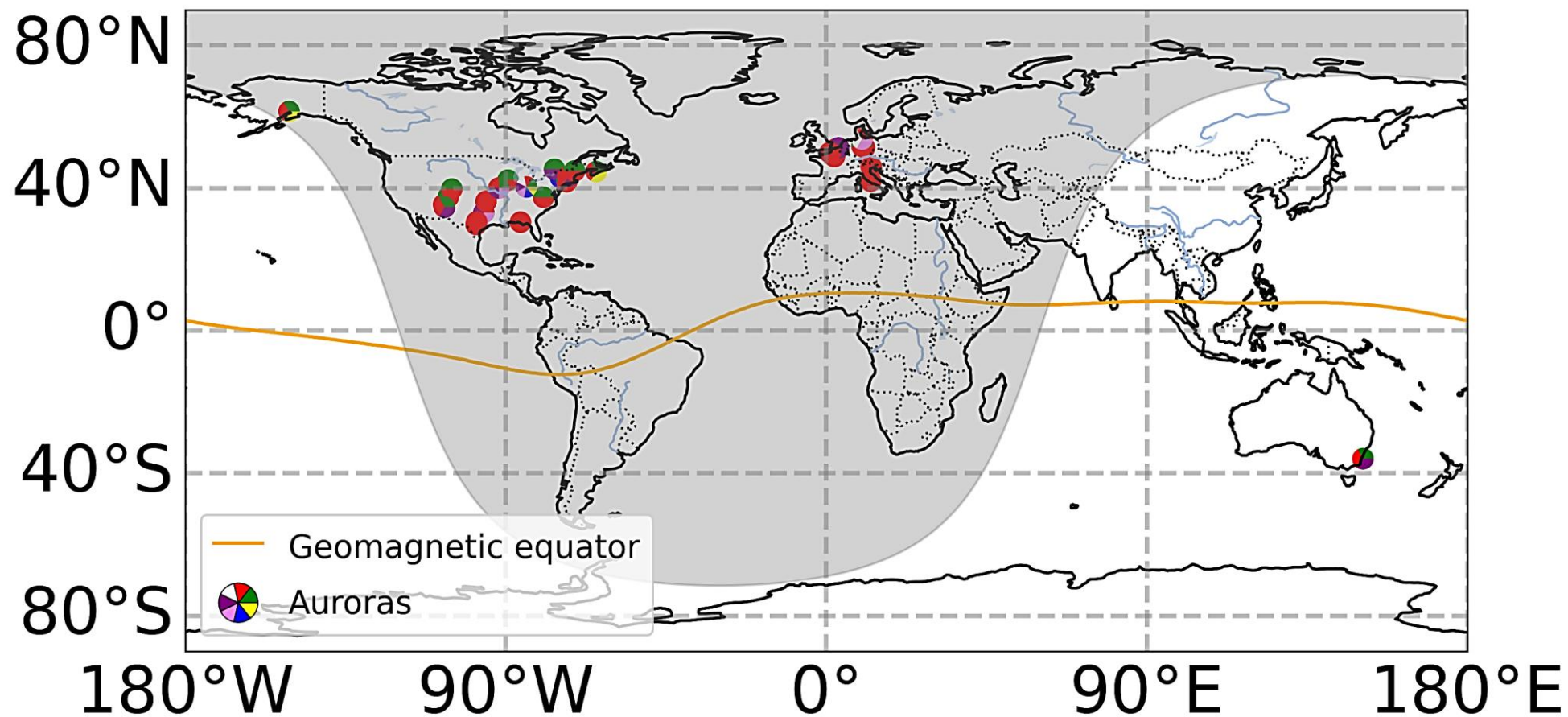
05:00 UT

12 ноября 2025

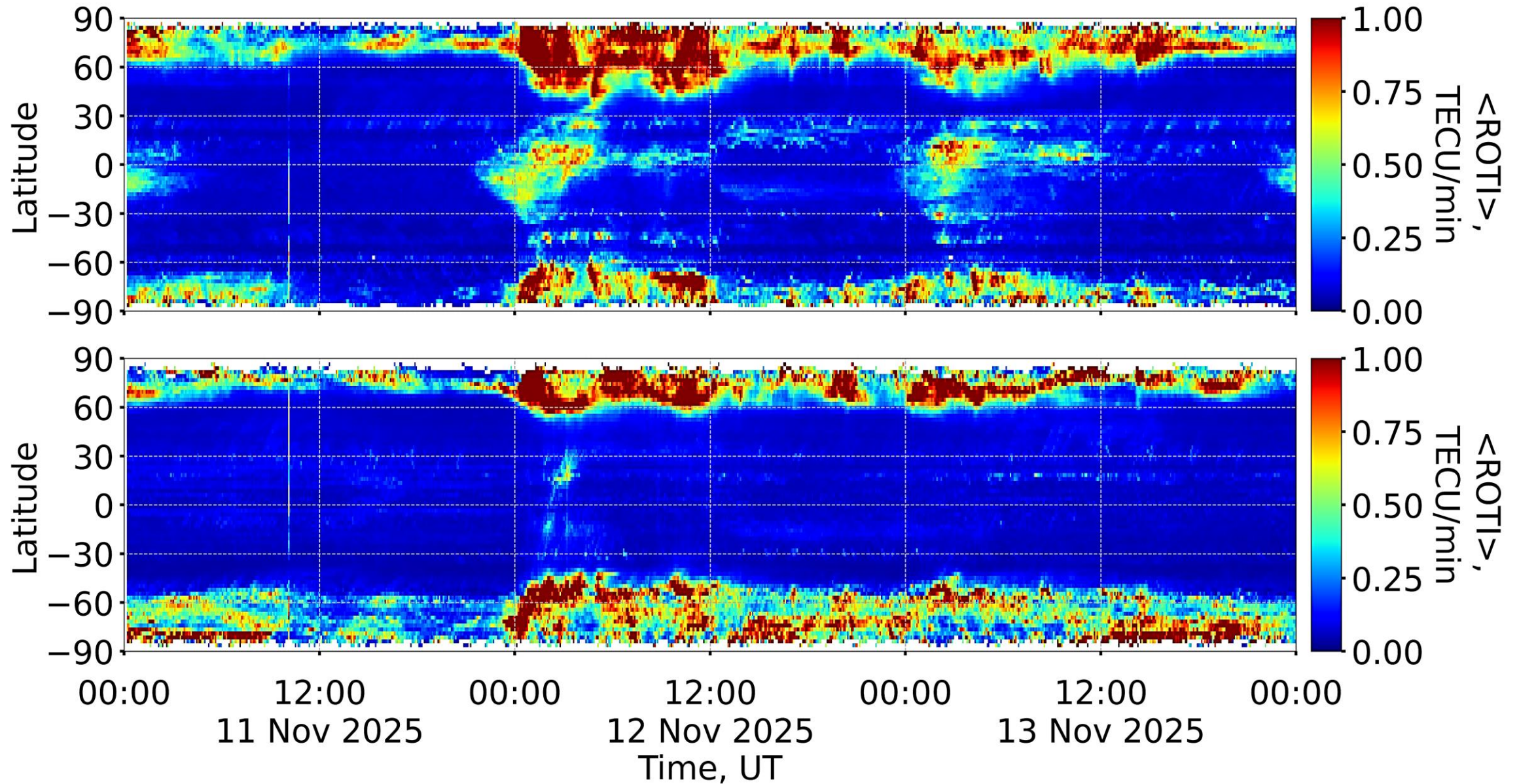
$Dst_{min} = -217 \text{ nT}$
 $SYM-H_{min} = -254 \text{ nT}$
 $Kp = 9-$



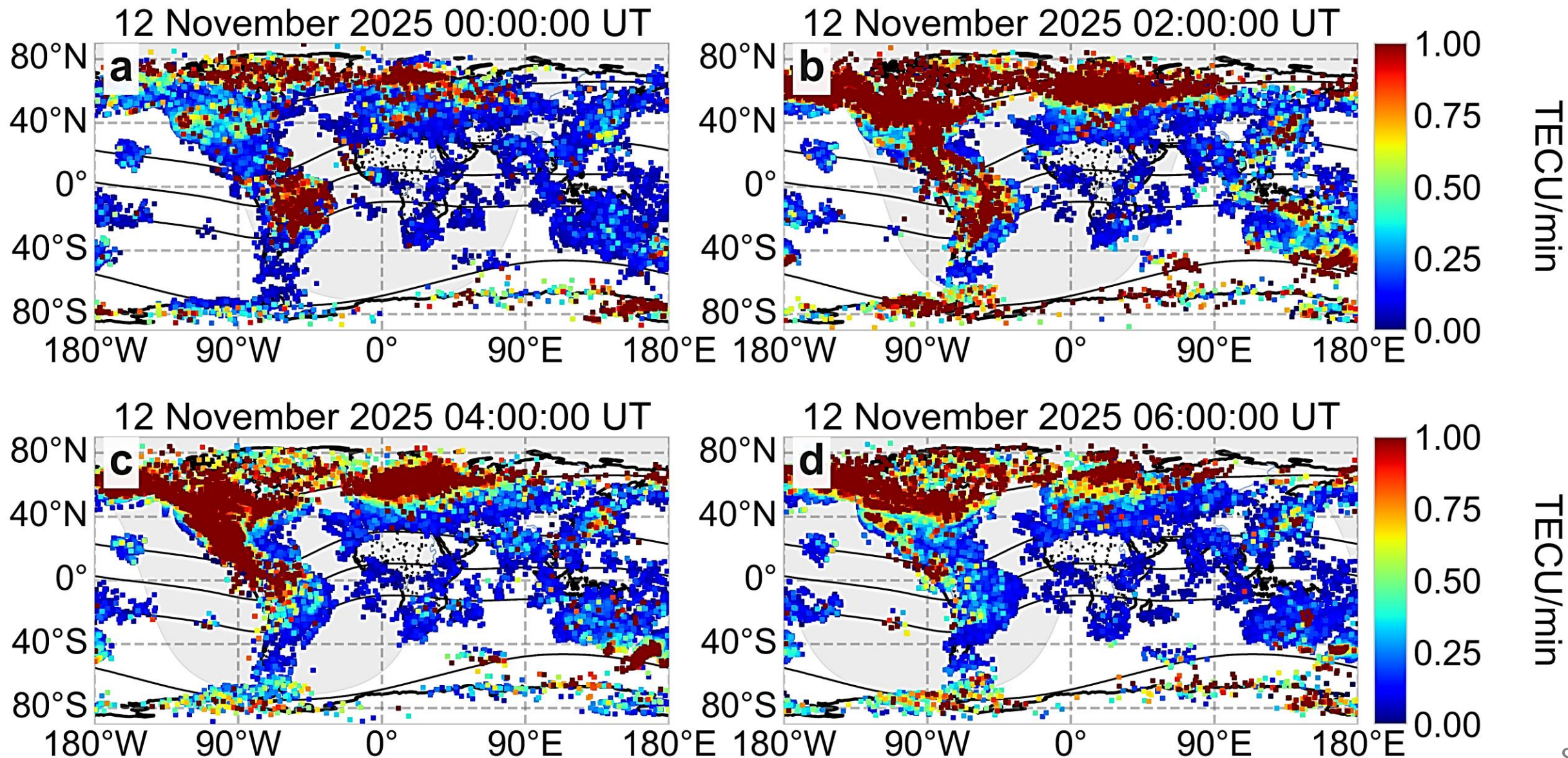
ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ 12 НОЯБРЯ 2025 Г.



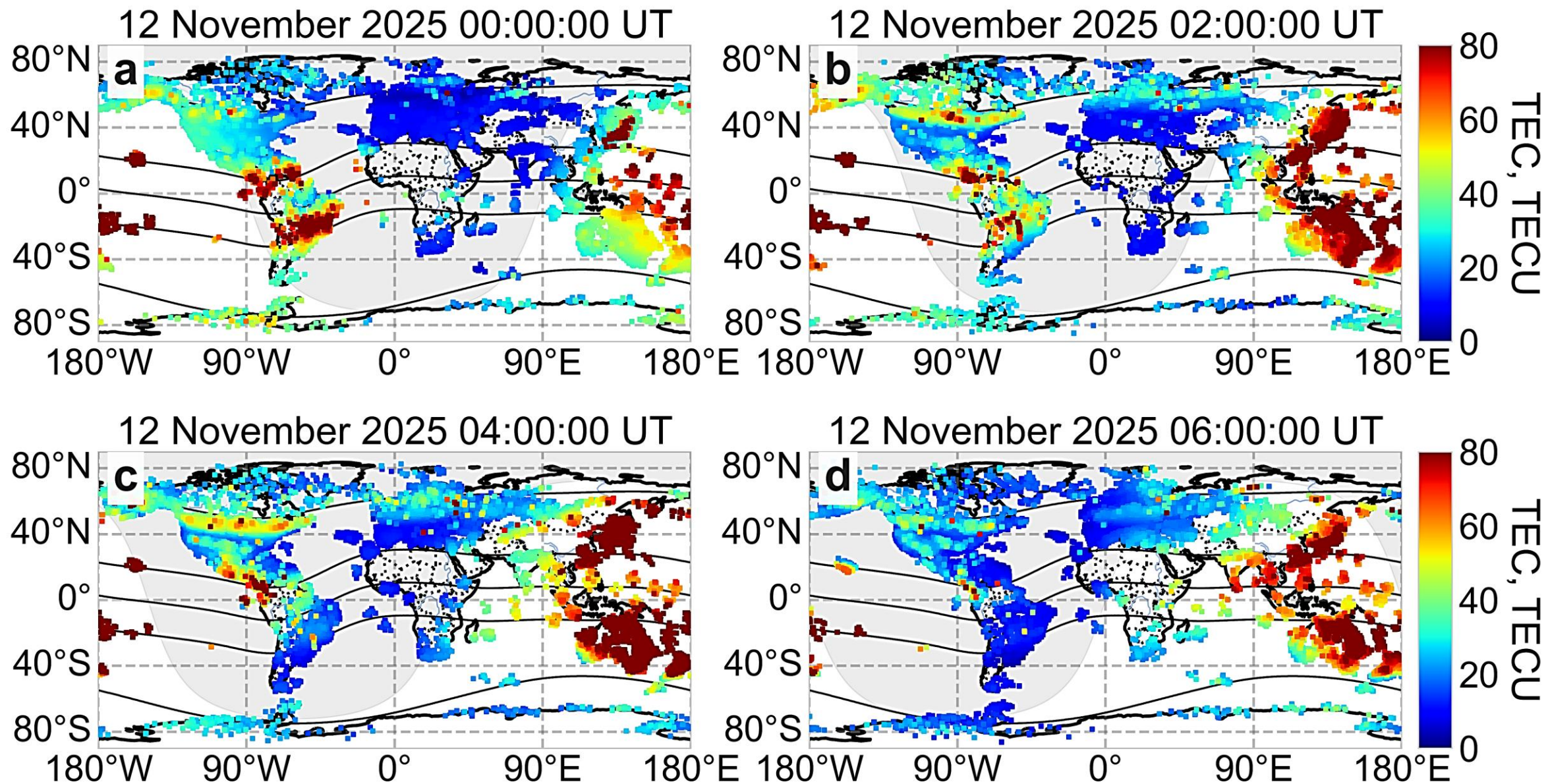
ROT1 — МЕЛКОМАСШТАБНЫЕ ИОНОСФЕРНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ



ROT1 — МЕЛКОМАСШТАБНЫЕ ИОНОСФЕРНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ

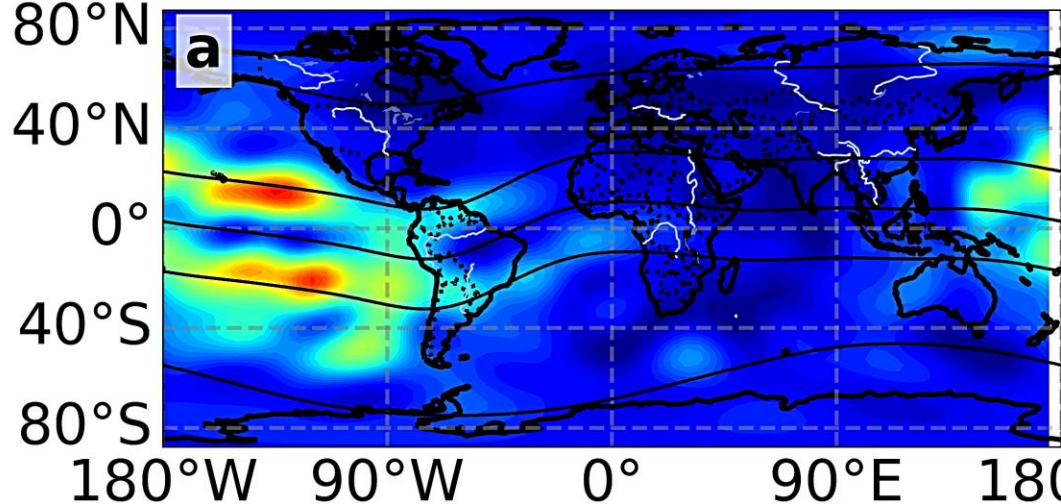


ПОЛНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ СОДЕРЖАНИЕ

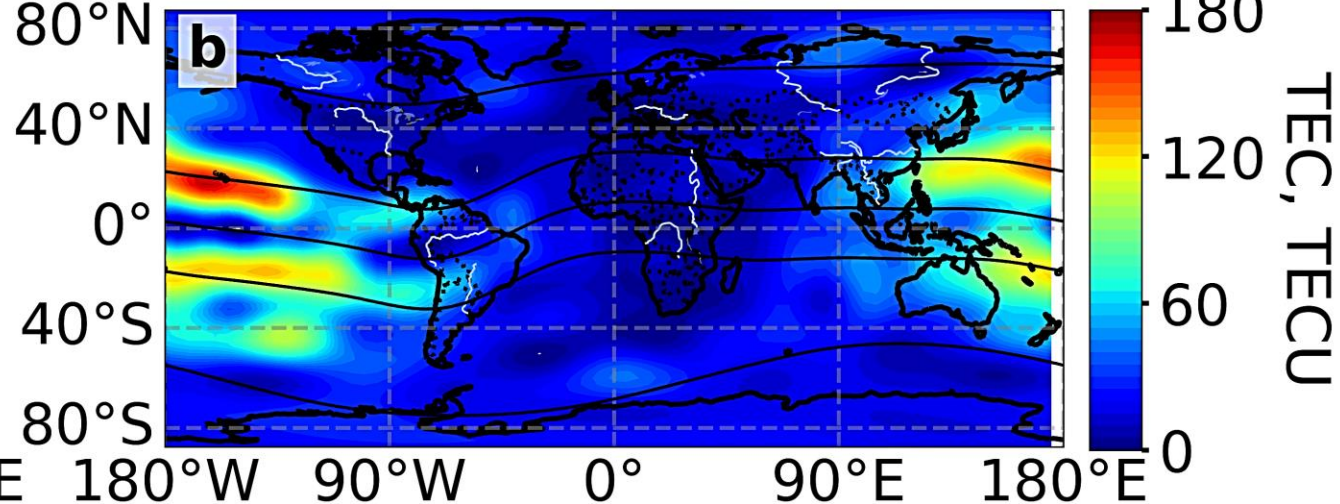


ГЛОБАЛЬНЫЕ ИОНОСФЕРНЫЕ КАРТЫ MOSGIM

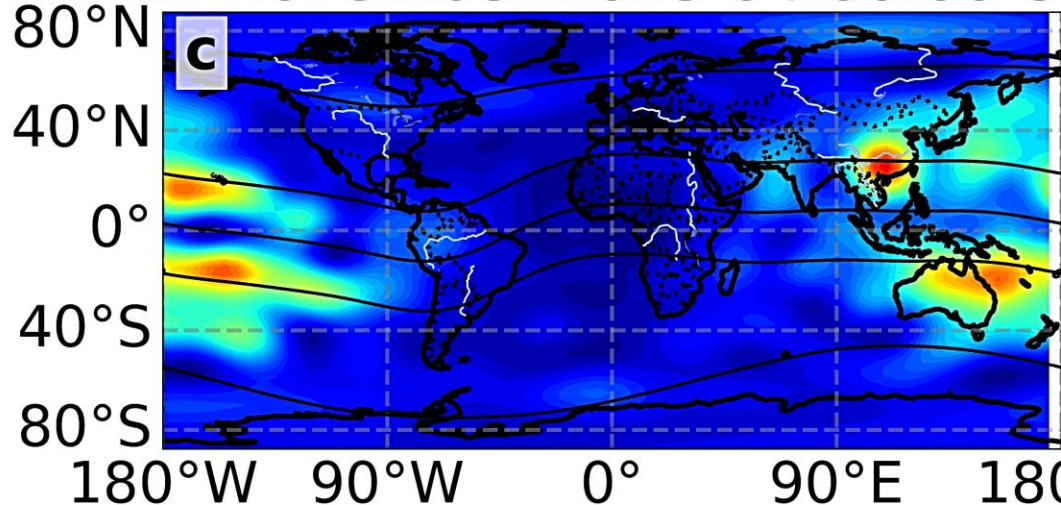
12 November 2025 00:00:00 UT



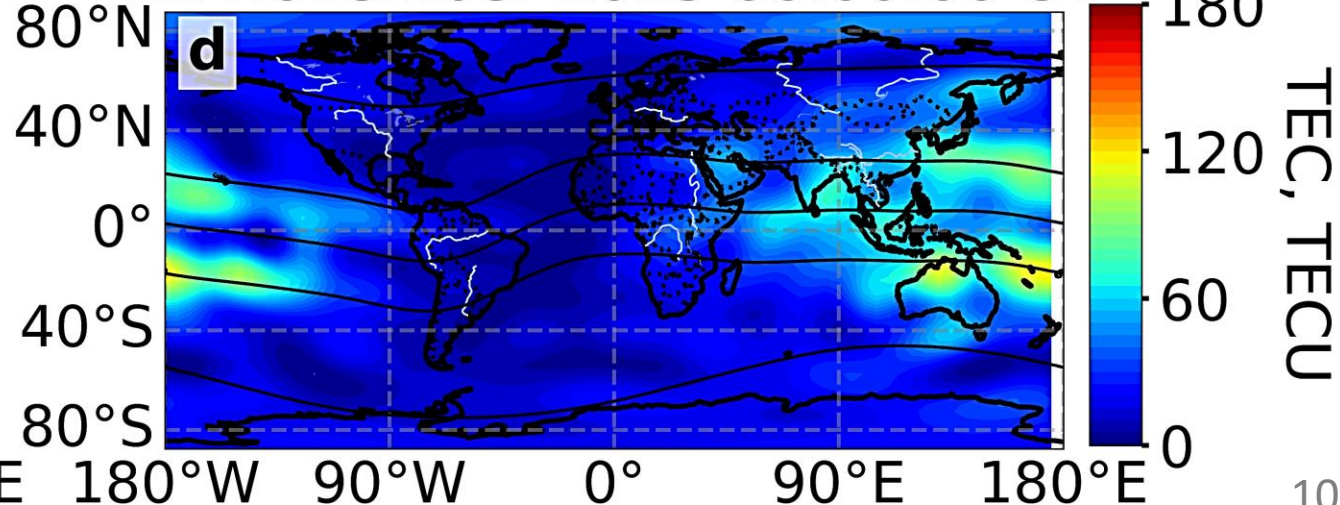
12 November 2025 02:00:00 UT



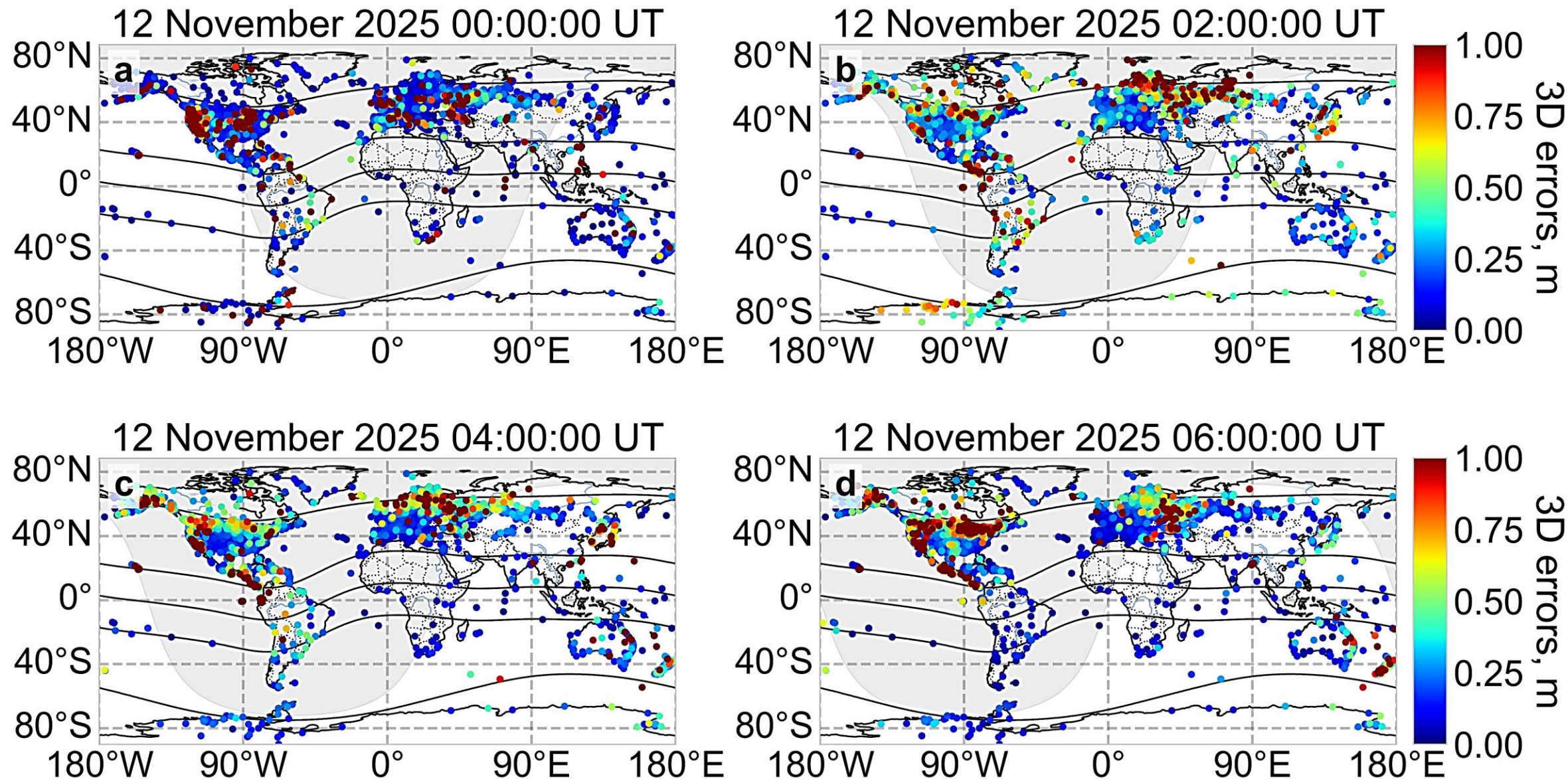
12 November 2025 04:00:00 UT



12 November 2025 06:00:00 UT

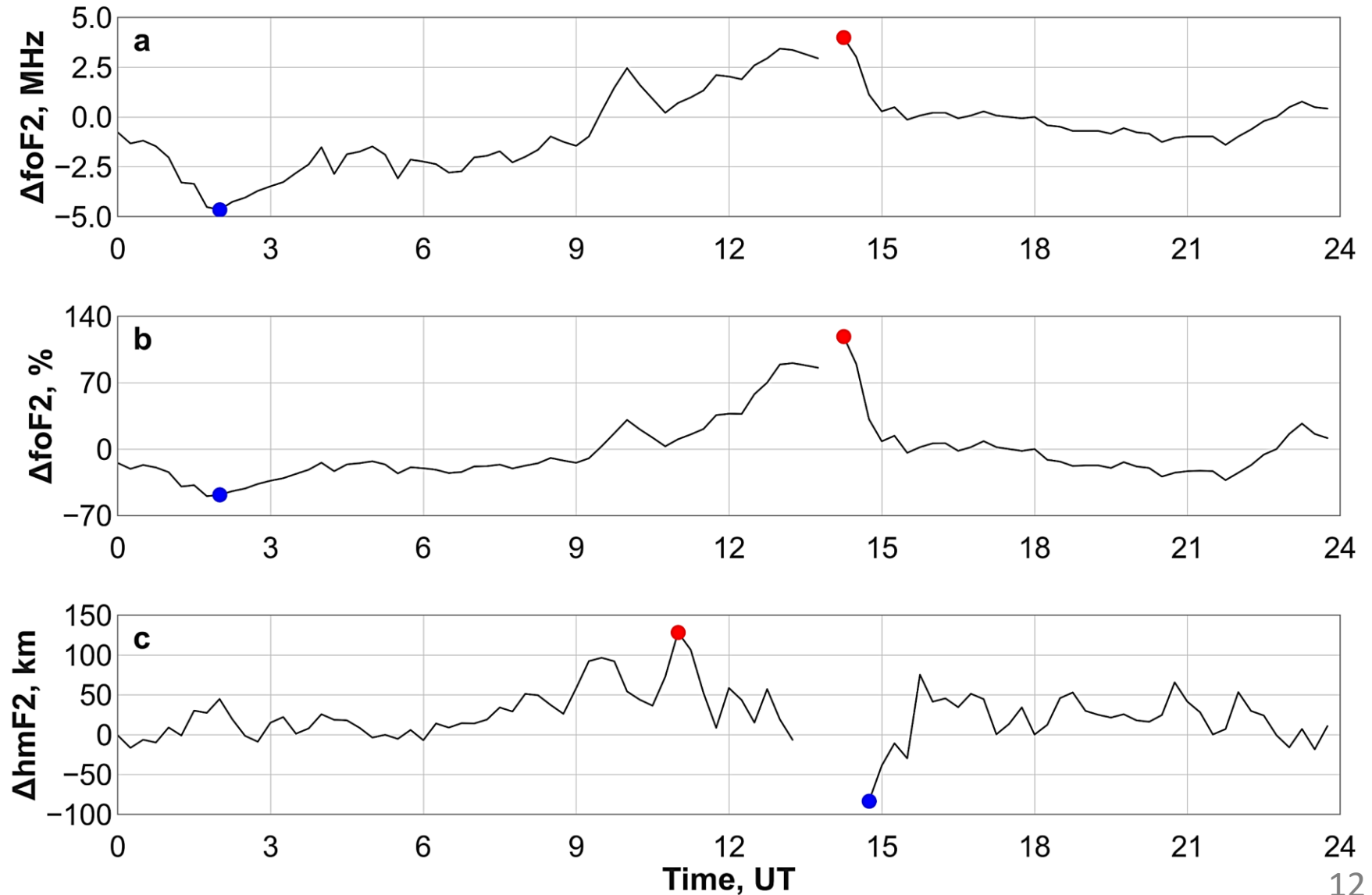


3D ОШИБКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ



ВОЗМУЩЕНИЕ ИОНОСФЕРЫ НАД ИРКУТСКОМ

- Главная фаза – сильное отрицательное возмущение критической частоты ($\Delta f_oF2 = -50\%$)
- Фаза восстановления – продолжительное и интенсивное положительное возмущение критической частоты (Δf_oF2 более $+100\%$).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Серия мощных солнечных вспышек 9–11 ноября 2025 года из одной активной области NOAA 14274 привела к формированию комплексной shock-ICME структуры, которая привела к сильной геомагнитная буря ($K_p = 9-$, $Dst = -217$ нТл и $SYM-H = -254$ нТл, G4-класс).
- Авроральный овал расширился до $\sim 35^\circ N$ в американском секторе и $\sim 45^\circ N$ в европейском секторе. Индекс ROTI достиг 1,5–2 TECU/мин.
- В экваториальном регионе наблюдался супер-пузырь, который практически достиг границы аврорального овала. Гребни экваториальной аномалии усилились до 175 TECU и сместились в сторону полюсов (на $8-10^\circ$).
- Во время главной фазы возмущение критической частоты (Δf_oF2) достигло -50% на средних широтах, за которым последовали продолжительные и интенсивные положительные возмущения критической частоты (Δf_oF2 более +100%).
- Ошибки GPS-позиционирования в режиме PPP увеличились до 2-3 м в высоких широтах и в области супер-пузыря.

Y. Yasyukevich et al. The 12 November 2025 Ugly Duckling Geomagnetic Storm: From the Sun to the Earth.

Sensors 2026, 26, 1490. <https://doi.org/10.3390/s26051490>

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Y. Yasyukevich et al. The 12 November 2025 Ugly Duckling Geomagnetic Storm: From the Sun to the Earth. Sensors 2026, 26, 1490. <https://doi.org/10.3390/s26051490>