

**Определение дисперсии уклонов морской поверхности,
скорости приводного ветра и характеристик атмосферы
в тайфуне Hagibis по данным микроволновых
радиометрических и радиолокационных
измерений из космоса**

***Панфилова М. А. (1), Митник Л.М. (2), Кулешов В.П. (2),
Баранюк А.В. (2), Караев В.Ю. (1), Титченко Ю.А. (1)***

(1) Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

**(2) Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток, Россия**

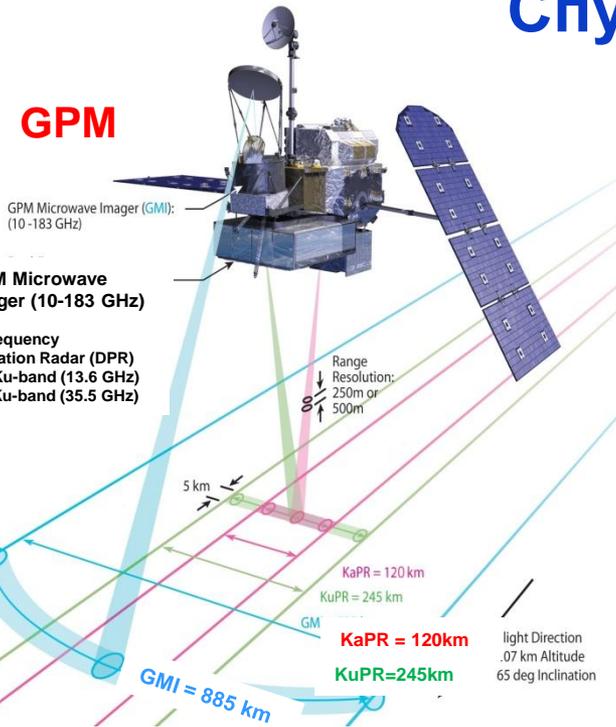
Введение

Совместное использование активных и пассивных спутниковых измерений в микроволновом диапазоне обеспечивает получение количественной информации о состоянии атмосферы и морской поверхности независимо от времени суток и облачности и вносит тем самым значительный вклад в изучение стихийных бедствий. Проблема восстановления геофизических параметров по данным дистанционного зондирования наиболее сложна для тропических циклонов из-за сочетания интенсивных осадков и ветра со скоростью намного превышающей 20 м/с. Оба фактора оказывают решающее влияние на показания спутниковых сенсоров и изучены недостаточно.

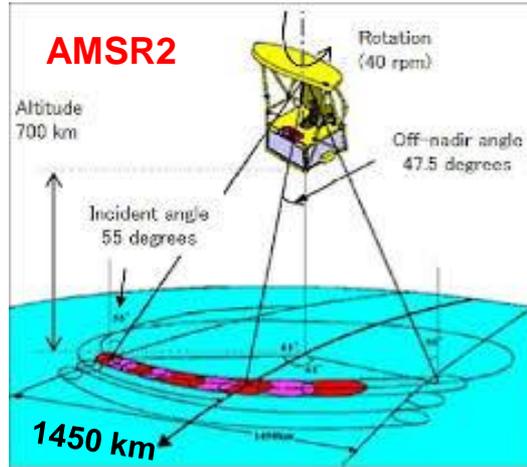
В нашей работе совместно проанализированы данные двухчастотного радара для измерения осадков **DPR** с каналами в **Ка- и Ку-диапазонах** (спутник **GPM**), микроволновых радиометров **GMI (GPM Microwave Imager)**, **Meteor-M N2-2 MTVZA-GY** и **GCOM-W1** (спутник **AMSR2**), а также данные скаттерометров **MetOp ASCAT-A, B, C**, полученные над тайфуном Hagibis 5-13 октября 2019 г. Интенсивные осадки, штормовой ветер и высокие волны, наблюдавшиеся при прохождении тайфуна у побережья Японии, привели к гибели людей и громадному экономическому ущербу.

Спутники и сенсоры

GPM

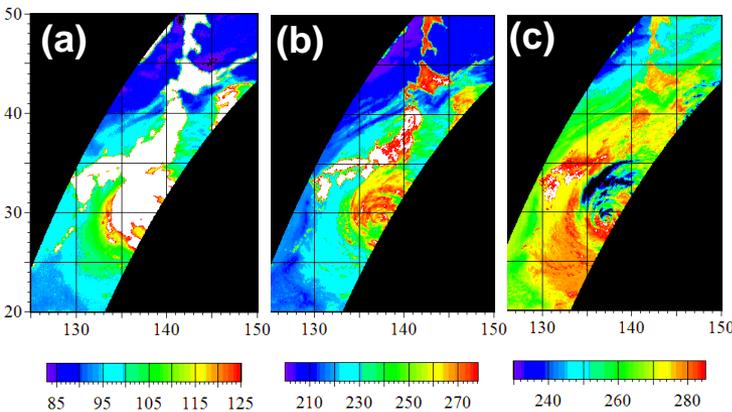
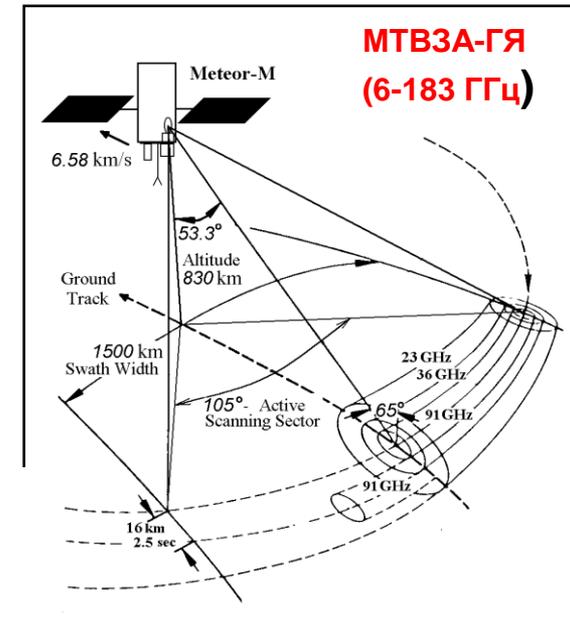


GCOM-W1

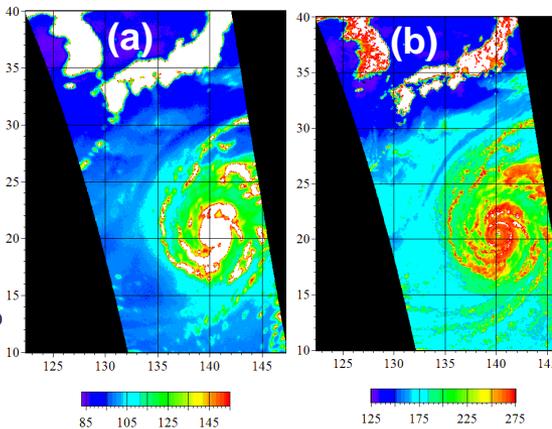


6-89 ГГц, ВВ- и ГГ- поляризации
Размер элемента разрешения от 35x62 км до 3x5 км

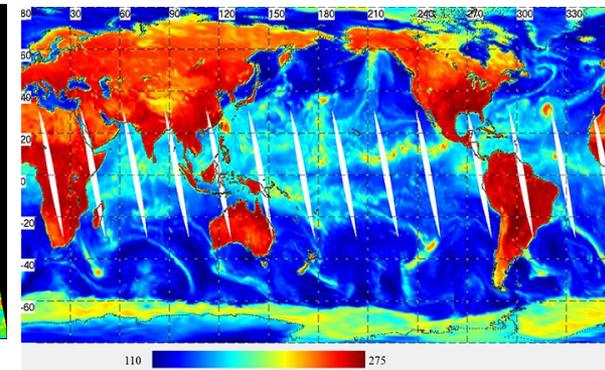
Метеор-М N 2-2



Яркостная температура на частотах 10,6 ГГц на Г-пол. (a) и на 36,5 (b) и 89 ГГц (c) на В-пол. (c) над ТЦ Hagibis 11.10.2019

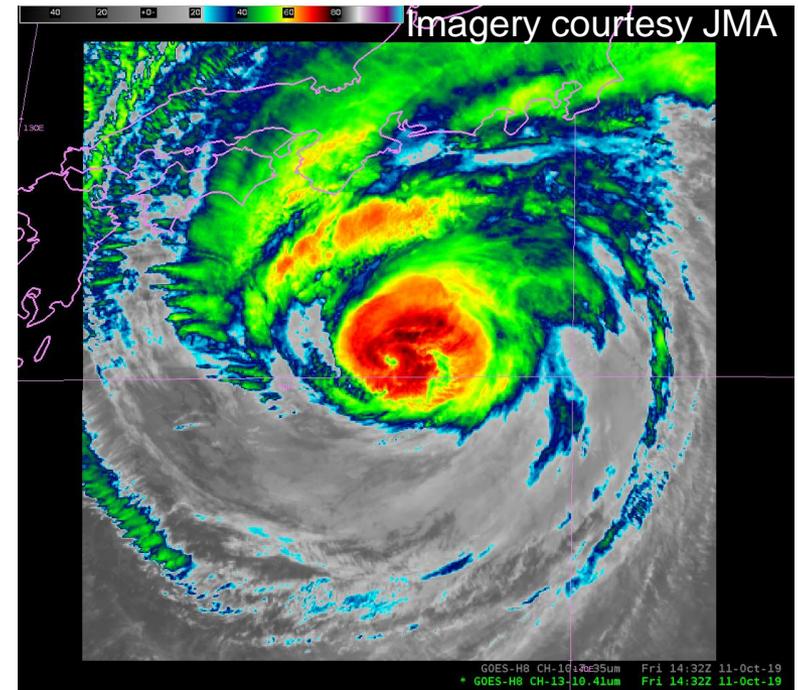
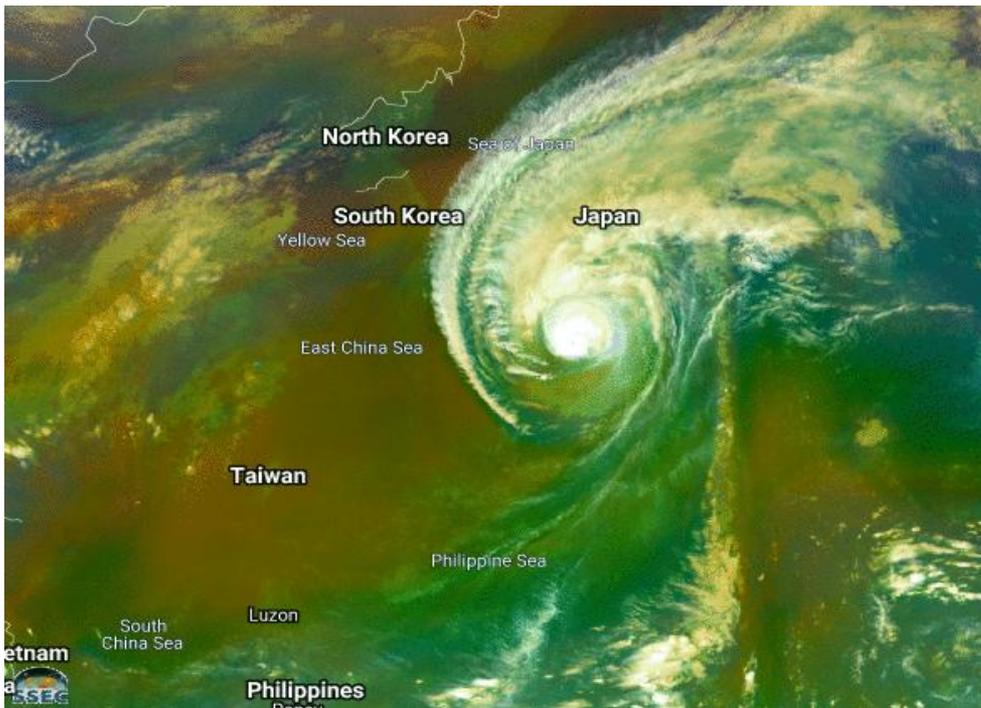
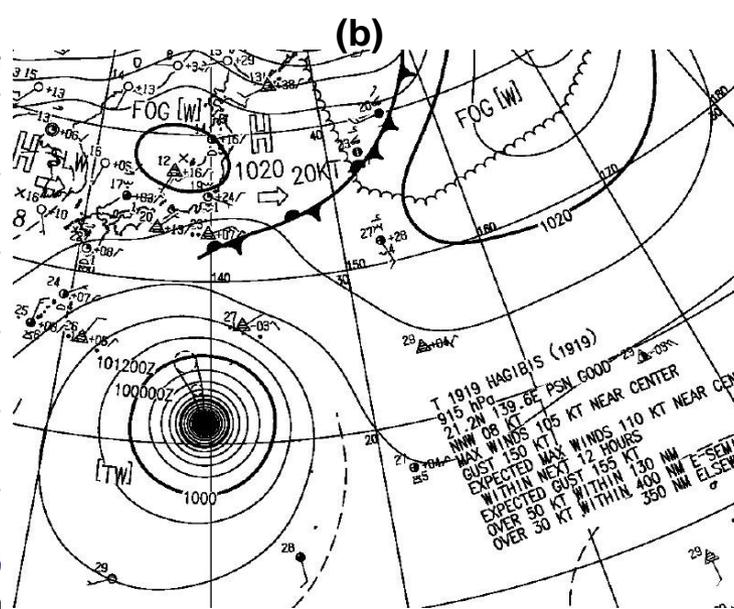
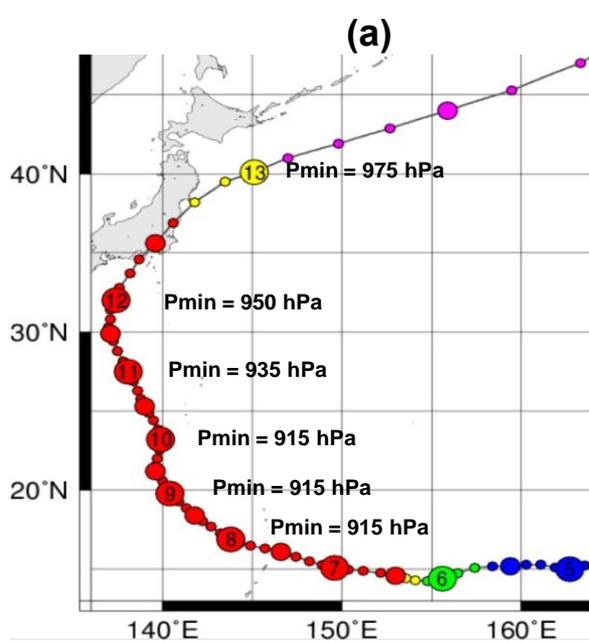


Яркостная температура на частотах 10,6 (a) и 36,5 ГГц (b) над тайфуном Hagibis 10.10.2019



Яркостная температура на частоте 31,5 ГГц на Г-пол. 30.09.2019. Ширина полосы обзора 2500 км

Тайфун Hagibis



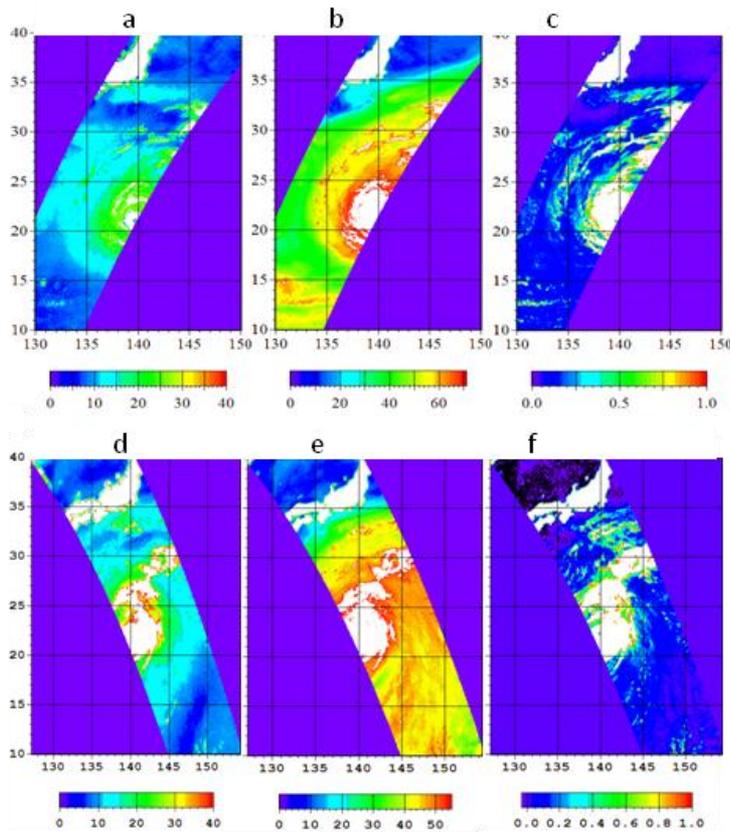
Нимавари-8, 16:30 UTC, 11 октября. Изображение в ИК диапазоне 10.41 мкм

9 октября 2019

10:50 UTC (a-c) 19:35 UTC (d-f)

Восстановленные по данным GMI поля скорости ветра (a, d), паросодержания атмосферы (b, e) и водозапаса облаков (c, f)

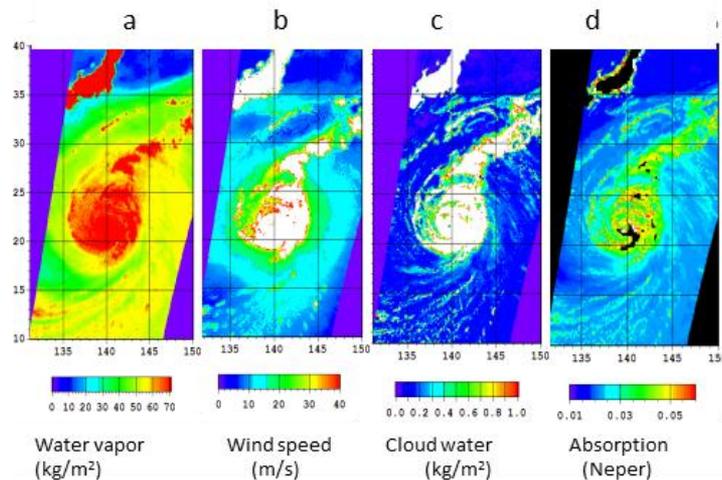
Алгоритмы определения параметров изложены в [1-5].



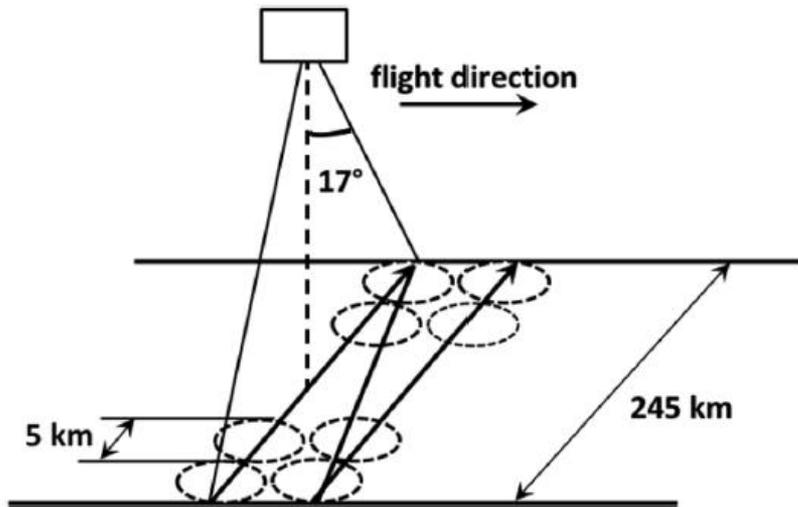
Wind speed (m/s) Water vapor (kg/m²) Cloud liquid water (kg/m²)

16:35 UTC

Восстановленные по данным AMSR2 поля паросодержания атмосферы (a), скорости приводного ветра (b), водозапаса облаков (c) и полного поглощения в атмосфере на частоте 10,65 ГГц (d)



Дисперсия уклонов по данным радиолокатора Ку-диапазона



$$\sigma^0(\theta) = \frac{|R_{eff}(0)|^2 \exp[-\tan^2 \theta / 2\sigma_x^2]}{\cos^4 \theta \cdot 2\sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}}$$

σ_x^2 дисперсия уклонов крупномасштабного волнения вдоль направления сканирования

σ_y^2 дисперсия уклонов крупномасштабного волнения поперек направления сканирования

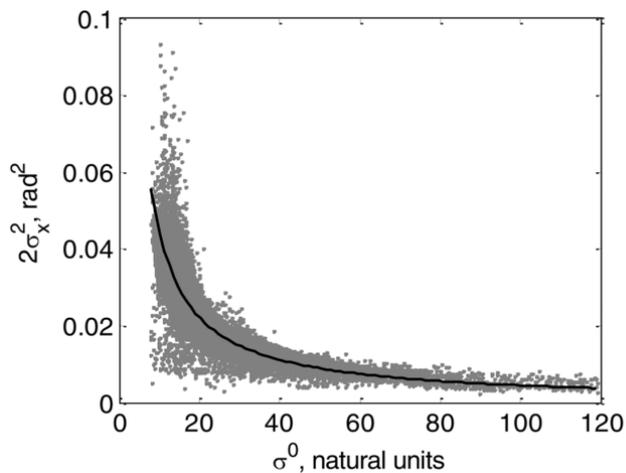
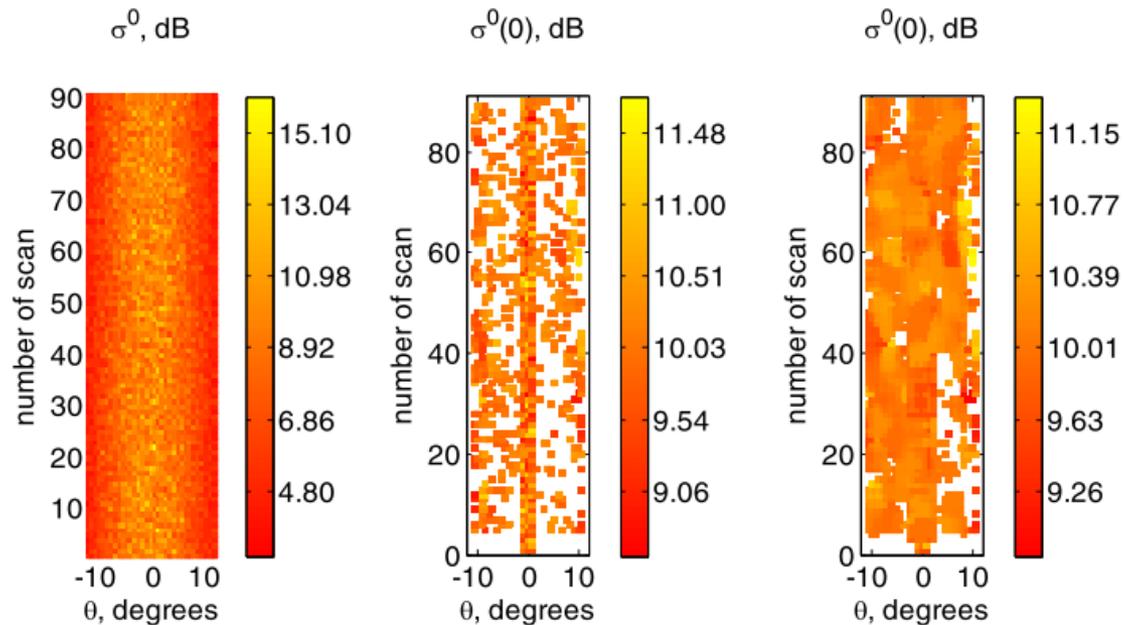
$|R_{eff}(0)|^2$ эффективный коэффициент отражения

θ угол падения

$$\ln(\sigma^0(\theta) \cos^4 \theta) = \ln(\sigma^0(0)) - \tan^2 \theta / 2\sigma_x^2$$

По линейной регрессии определяем $\sigma^0(0) = \frac{|R_{eff}(0)|^2}{2\sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}}$ и σ_x^2

Пример определения УЭПР в надире и полная дисперсия уклонов



полная дисперсия уклонов:

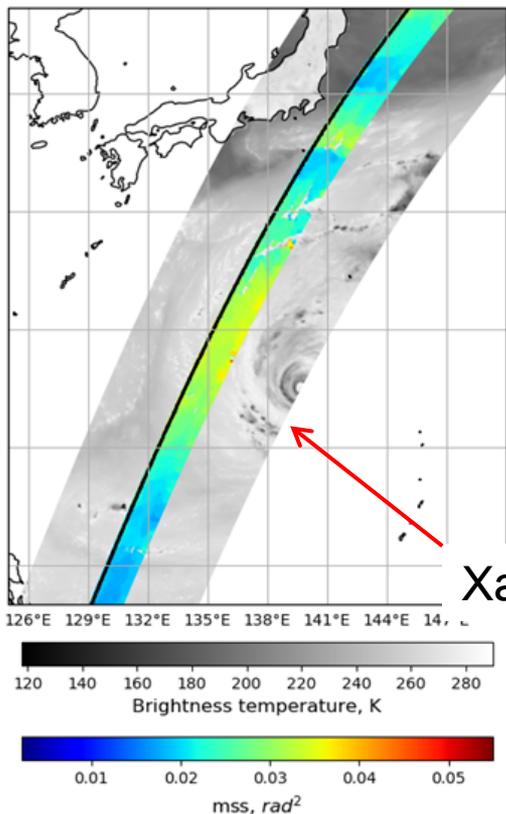
$$mss = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$$

$$mss = 0.4465 / \sigma^0(0)$$

Подробно алгоритм изложен в [6].

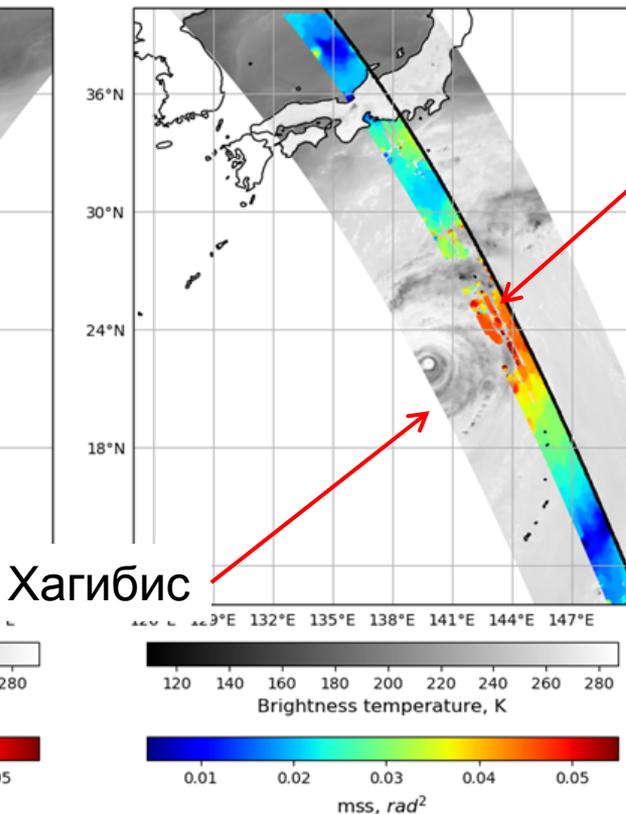
9 октября 2019

a



09:40 GMT

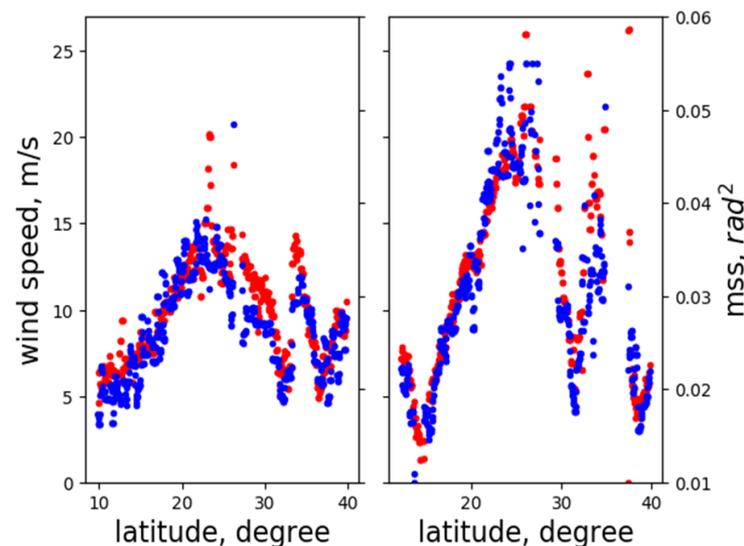
b



19:30 GMT

Хагибис

Области осадков исключались из рассмотрения.
Интенсивность осадков доступна по данным DPR.



09:40 GMT

19:30 GMT

Разрезы вдоль черных линий на рисунках слева. Дисперсия уклонов по данным DPR (синие точки) скорость ветра по данным GMI (красные точки).

Дисперсия уклонов морской поверхности mean square slope (mss) по данным DPR Ку-диапазона, восстановленная по алгоритму [6] (a), наложенная на поле яркостной температуры на частоте 89 ГГц на горизонтальной поляризации по данным GMI (b).

Заключение

Данные DPR и GMI со спутника GPM были обработаны в области действия тайфуна Hagibis в северо-западной части Тихого океана 5-13 октября 2019 года. Преимущество DPR заключается в том, что интенсивность осадков измеряется напрямую, что позволяет исключить области интенсивных осадков из рассмотрения. Совместный анализ данных сканирующих микроволновых радиометров GMI, AMSR2 и MTVZA-GY дополняют друг друга и позволяет проследить за эволюцией скорости приводного ветра W , водозапаса облаков Q и паросодержания атмосферы V в области действия тайфуна при $W < 25$ м/с. Интенсивные осадки и мощная облачность в области стены глаза и в спиральных дождевых полосах препятствуют определению скорости ветра и интегральных параметров атмосферы Q и V . Для полос шириной 150 км, пересекавших область тайфуна на расстояниях км от центра, по данным DPR после фильтрации зон осадков были построены распределения дисперсии уклонов крупномасштабного волнения mss . Показана сильная корреляция синхронно измеренных значений mss и скорости ветра, восстановленной по данным GMI.

Список литературы

1. Mitnik L. M., Mitnik M. L. Retrieval of atmospheric and ocean surface parameters from ADEOS-II AMSR data: comparison of errors of global and regional algorithms // Radio Science. 2003. V. 38, No. 4, 8065.
2. Mitnik . L. M., Mitnik M. L., Zabolotskikh E. V. Microwave sensing of the atmosphere-ocean system with ADEOS-II AMSR and Aqua AMSR-E // J. Remote Sensing Society of Japan. 2009. V. 29. N. 1. P. 156-165.
3. Zabolotskikh E. V., Mitnik L. M., Chapron B. New approach for severe marine weather study using satellite passive microwave sensing // Geophys. Res.Lett. 2013. V.40. No.13. P. 3347–3350.
4. Митник М.Л., Митник Л.М. Алгоритм оценки приводного ветра по данным микроволнового радиометра AMSR-E и его применение к анализу погодных систем в тропической зоне // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 297-303.
5. Zabolotskikh E. V., Mitnik L. M., Reul N., Chapron B. New possibilities for geophysical parameter retrievals opened by GCOM-W1 AMSR2 // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sens. 2015. V. 8. N 9. P. 4248–4261.
6. Panfilova M., Karaev V., Guo J. Oil Slick Observation at Low Incidence Angles in Ku-Band // Journal of Geophysical Research: Oceans. 2018. 123. P. 1924-1936.