

Восстановление осадков по радиометрическим измерениям МТВЗА-ГЯ

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8).



Сазонов Д.С.
Институт космических исследований (ИКИ РАН)

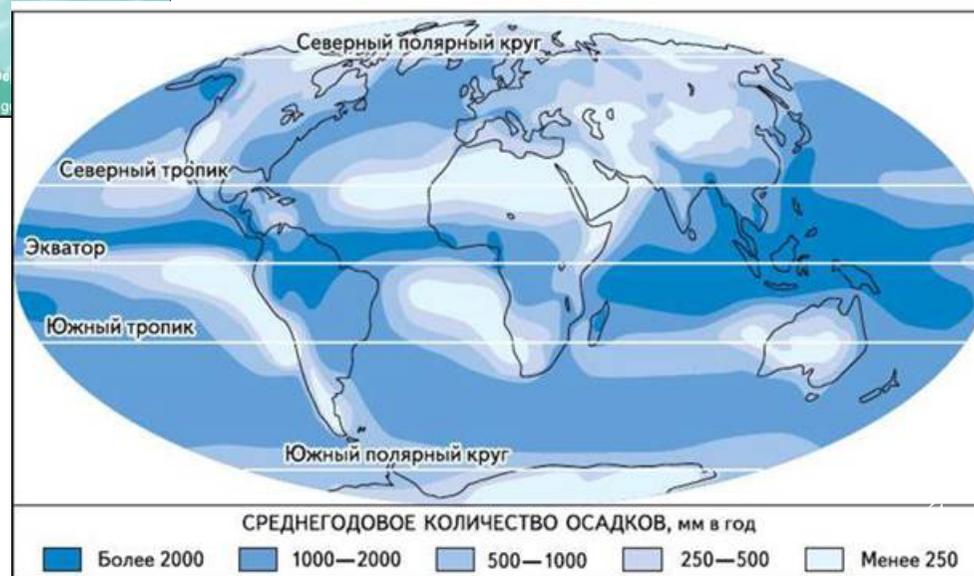
e-mail: sazonov_33m7@mail.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



Осадки – одна из главных составляющих глобальной циркуляции воды и энергии, помогающая регулировать климат.

Наибольшее количество осадков наблюдается в экваториальном поясе, а наименьшее количество осадков — в тропических и полярных.



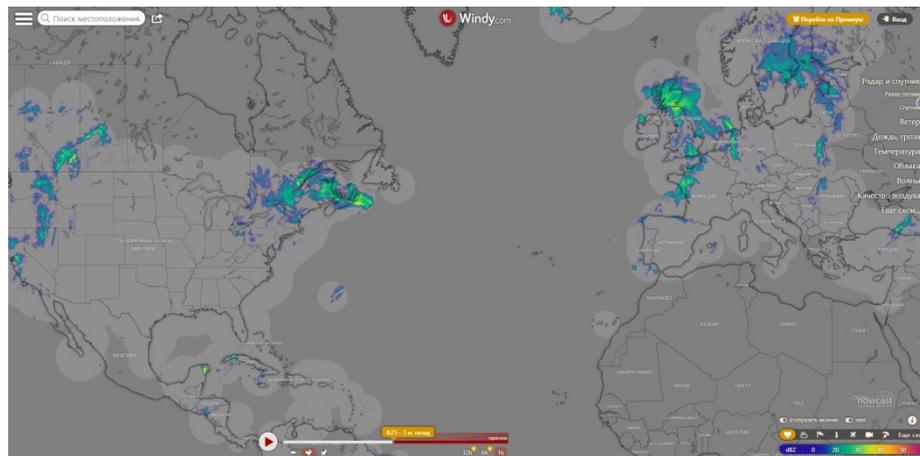
АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Фундаментальные задачи:

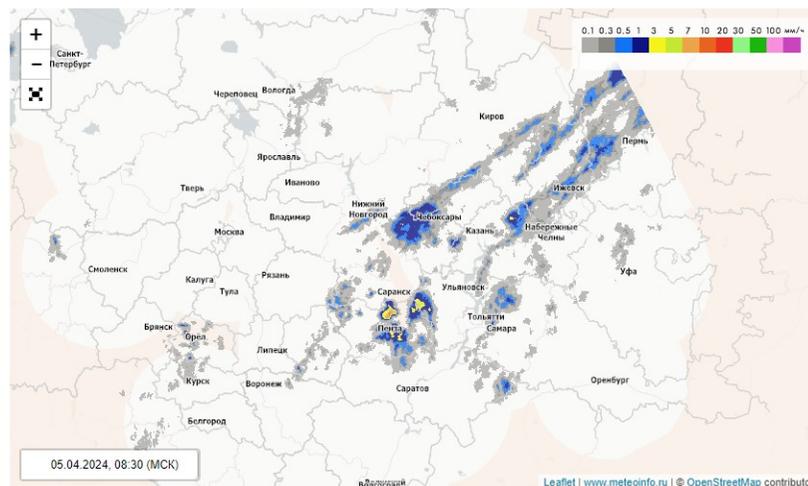
- Климатические
- Экологические

Прикладные задачи:

- Управление водными ресурсами
- Прогнозирование урожая
- Прогнозирование наводнений, стихийных бедствий
- Многие другие задачи



www.windy.com



meteoinfo.ru/nowcasting

ДИСТАНЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКОВ

Выделяют два основных типа приборов: **активные** и **пассивные**

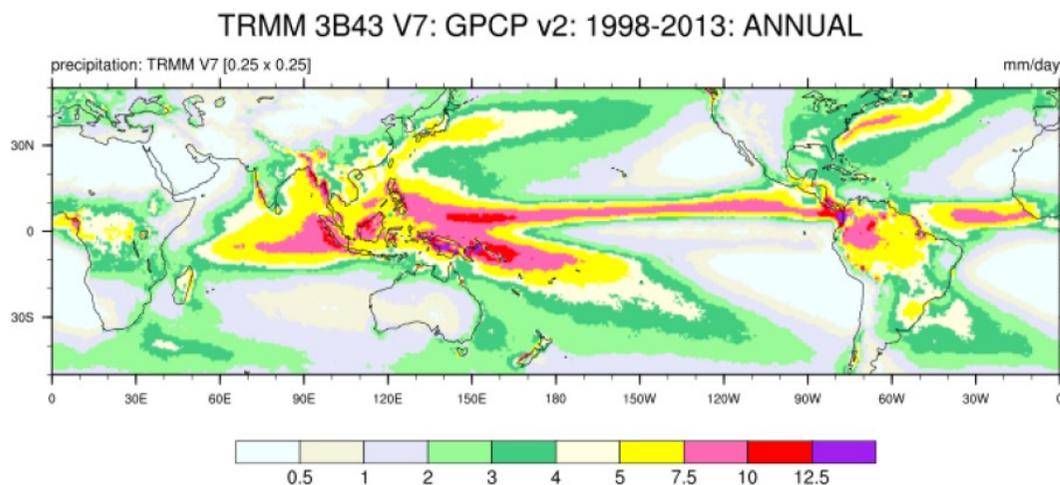
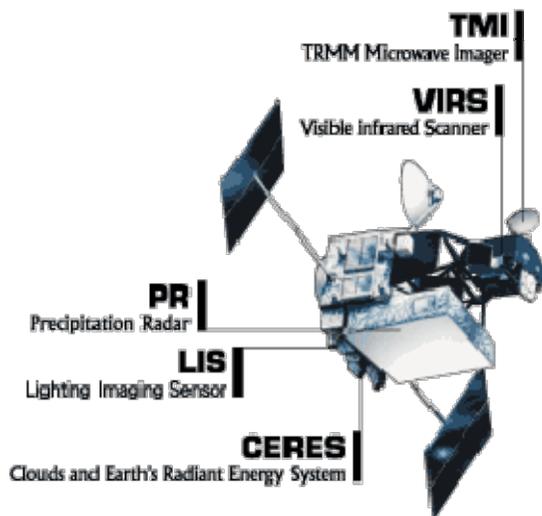
К **активным** относятся:

погодные радары

К **пассивным** относятся:

микроволновые и инфракрасные радиометры

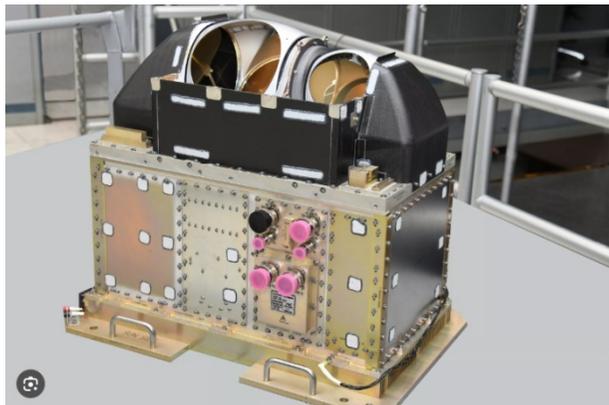
оптические приборы



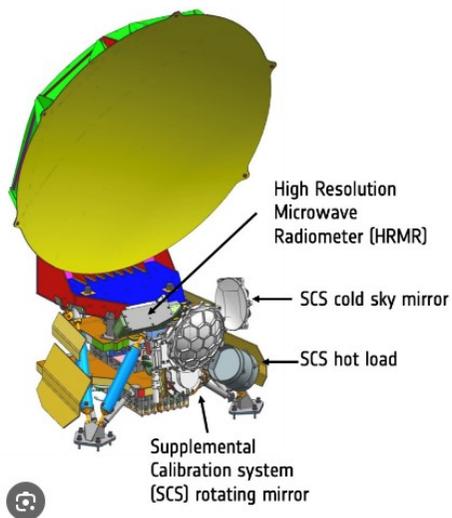
TRMM Microwave Imager

Проработал 15 лет. (по плану всего на 3 года!)

МИКРОВОЛНОВЫЕ РАДИОМЕТРЫ



Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS)



Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2)



Special Sensor Microwave Imager / Sounder (SSMIS)



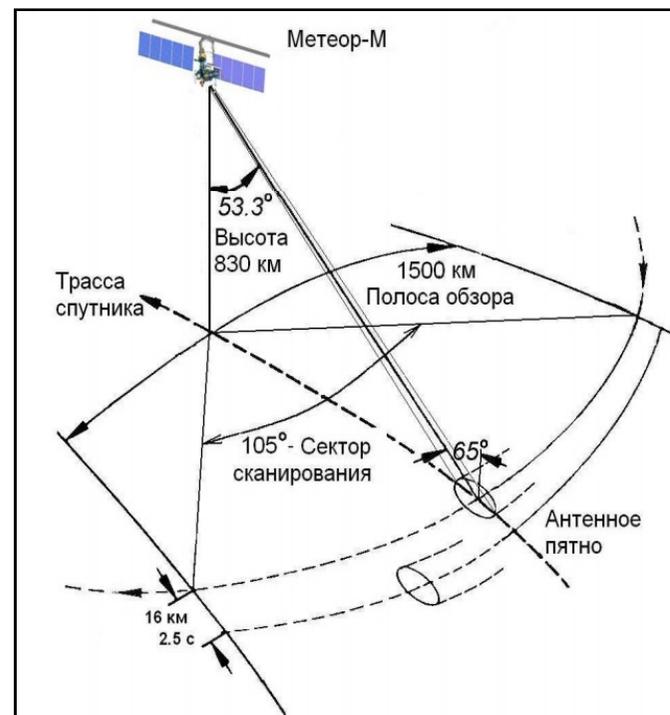
Micro-Wave Radiation Imager (MWRI-1)

РАДИОМЕТР МТВЗА-ГЯ

По информационным характеристикам и области применения МТВЗА-ГЯ соответствует зарубежным аналогам – зондировщикам AMSU-A и AMSU-B (спутники NOAA, США и MetOp, ESA), ATMS (спутник SNPP, США), сканерам AMSR-E (спутник Aqua, США), AMSR2 (спутник GCOM-W1, Япония) и сканеру/зондировщику SSMIS (спутники DMSP F16–F19, США). Информационные характеристики и схема сканирования показаны на слайде.

Технические характеристики прибора МТВЗА-ГЯ

| | |
|--|---|
| Диапазон | 10,6; 18,7; 23,8; 31,5; 36,5; 42; 48; 52–57; 91; 183,31 ГГц |
| Пространственное разрешение (антенное пятно) | от 9×21 до 89×198 км |
| Приведённый пиксель изображения | от 16×16 до 48×48 км |
| Чувствительность не хуже | 0,3 – 1,7 К/пиксель |
| Полоса обзора | 1500 км |
| Сканирование | коническое, круговое |
| Режим работы | непрерывный |
| Период сканирования | 2,5 с |
| Нестабильность вращения | 10 ⁻⁴ |
| Поток данных | 35 Кбит/с |
| Объём ЗУ | 1 Гбайт |
| Масса, не более | 94 кг |
| Потребление, не более | 80 Вт |



Г.М. Чернявский , Л.М. Митник , В.П. Кулешов , М.Л. Митник , И.В. Чёрный, Микроволновое зондирование океана, атмосферы и земных покровов по данным спутника «Метеор-М» № 2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. №4. С. 78–100

ЦЕЛИ РАБОТЫ

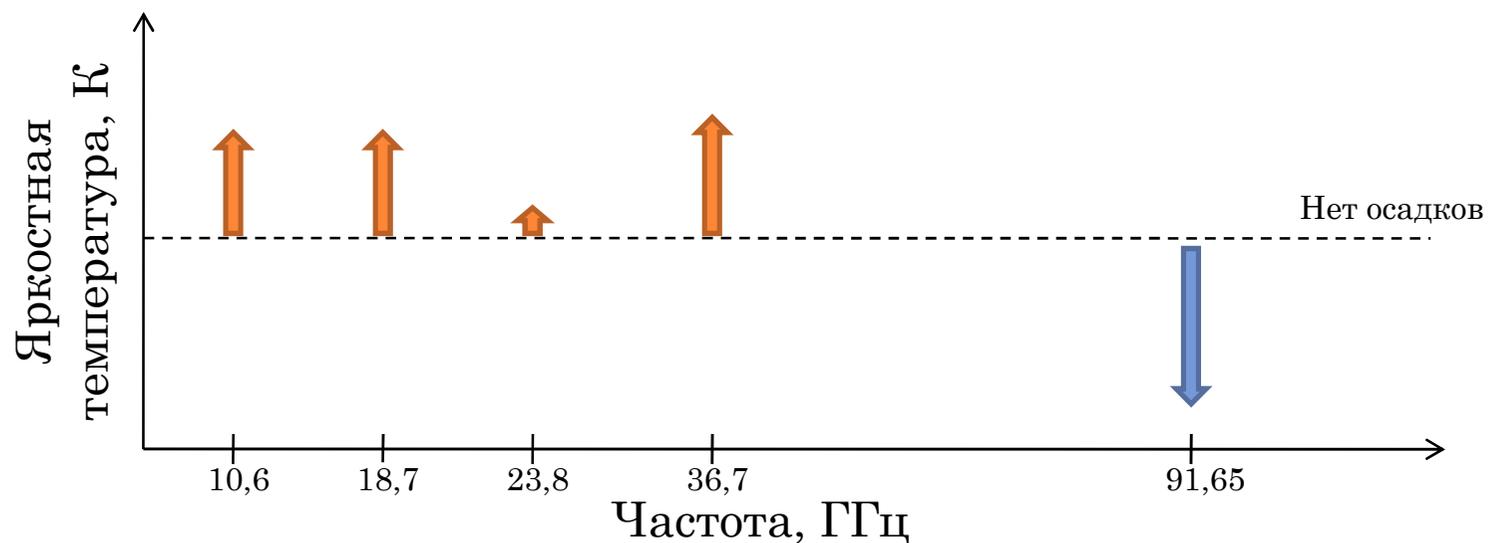
Исследовать возможность восстановления интенсивности осадков по измерениям МТВЗА-ГЯ и определить ряд проблем/задач, которые требуют дополнительных исследований.

Разработать алгоритм восстановления интенсивности осадков над поверхностью океана по данным прибора МТВЗА-ГЯ (Метеор М №2-2).

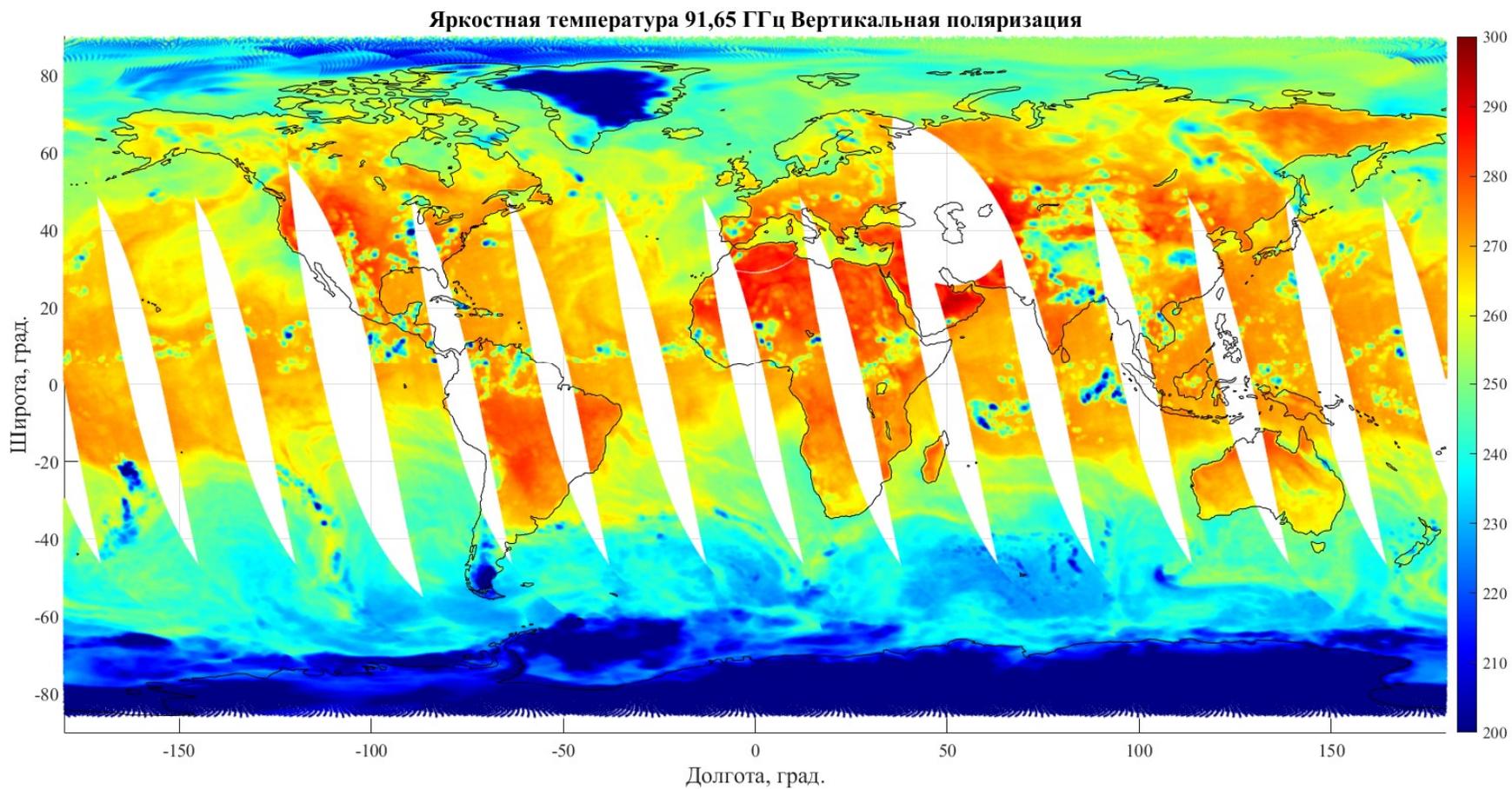
Провести сравнение полученных результатов с данными других приборов, в частности SSMIS и AMSR-2.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОСАДКОВ ПО РАДИОИЗМЕРЕНИЯМ

1. На частотах до 40 ГГц наличие гидрометеоров приводит к увеличению микроволнового излучения.
2. На частотах выше 80 ГГц – к уменьшению.



ПРИМЕР РАССЕЯНИЯ НА ОСАДКАХ



Данные за 21 июля 2020 года.

ИНДЕКС РАССЕЯНИЯ SI

Для определения наличия осадков используется индекс рассеяния (*англ. Scattering Index*).

SI характеризует наличие веществ в атмосфере и на поверхности, которые рассеивают восходящее радиотепловое излучение.

Применительно к радиометрическим каналам прибора МТВЗА-ГЯ SI для частоты 91,65 ГГц вертикальной поляризации (V), вычисляется как:

$$SI = T_{91,65}^{Mod} - T_{91,65}^V$$

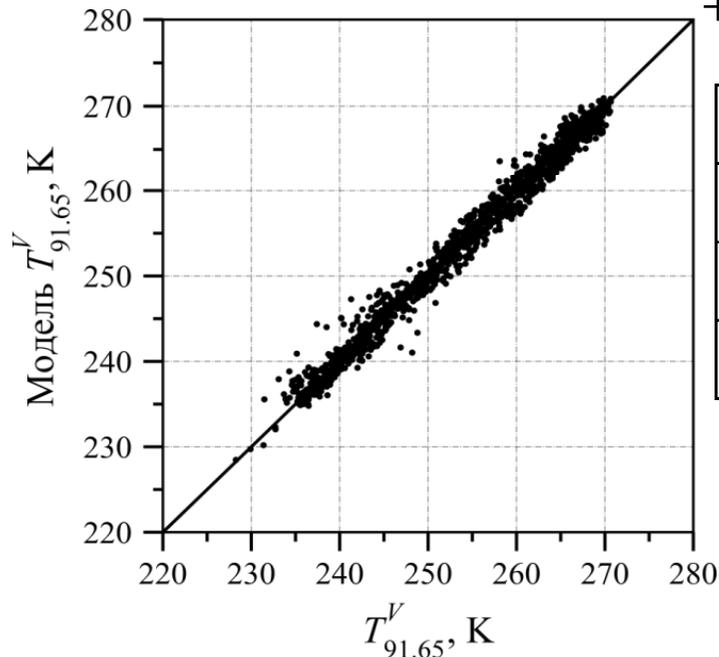
где $T_{91,65}^{Mod}$ – это функция, выраженная в виде суммы с весовыми коэффициентами радиоярких температур на частотах отличных от 91,65 ГГц.

Функция $T_{91,65}^{Mod}$ характеризует, каким могло бы быть излучение на частоте 91,65 ГГц в отсутствии рассеяния.

РАСЧЕТ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ЧАСТОТЫ 91,65ГГц

Для выделения зон поверхности свободных от осадков использовались данные реанализа **GPM IMERG** (*Integrated Multi-satellitE Retrievals for Global Precipitation Measurements*)

$$T_{91,65}^{Mod} = a_0 + a_1 \cdot T_{10,6}^V + a_2 \cdot (T_{10,6}^V)^2 + a_3 \cdot T_{23,8}^V + a_4 \cdot (T_{23,8}^V)^2 + a_5 \cdot T_{31,5}^V + a_6 \cdot (T_{31,5}^V)^2 + a_7 \cdot T_{23,8}^H + a_8 \cdot (T_{23,8}^H)^2$$

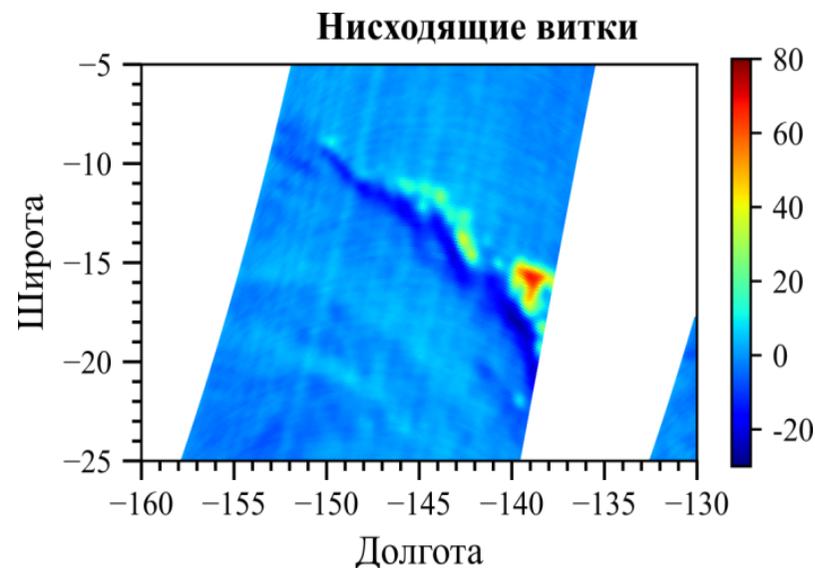
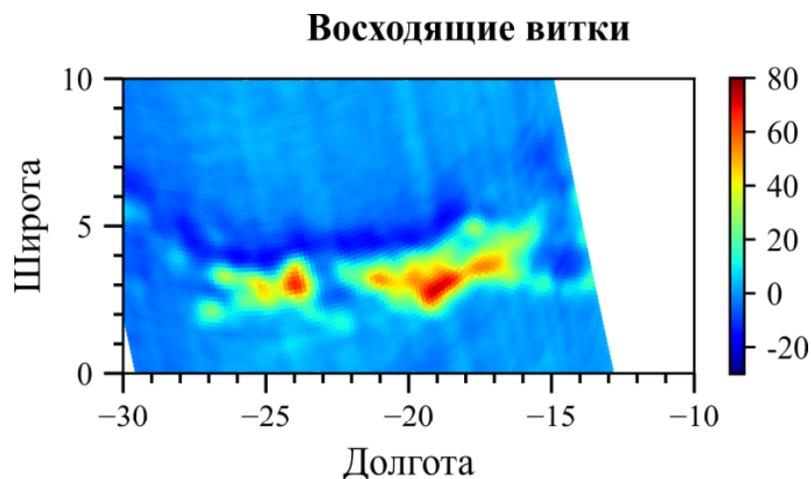


| | | | | | |
|-------------|---------|--------|-------|---------|-------|
| Коэффициент | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 |
| Значение | 425,264 | -17,12 | 0,038 | -4,776 | 0,016 |
| Коэффициент | a_5 | a_6 | a_7 | a_8 | |
| Значение | 17,42 | -0,038 | 0,164 | -0,0026 | |

Корреляция составляет 0,99,
СКО не превышает 1,5К.

Huffman, G.J., E.F. Stocker, D.T. Bolvin, E.J. Nelkin, Jackson Tan (2019), GPM IMERG Final Precipitation L3 Half Hourly 0.1 degree x 0.1 degree V06, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed: [30.04.2022], DOI: 10.5067/GPM/IMERG/3B-HH/06

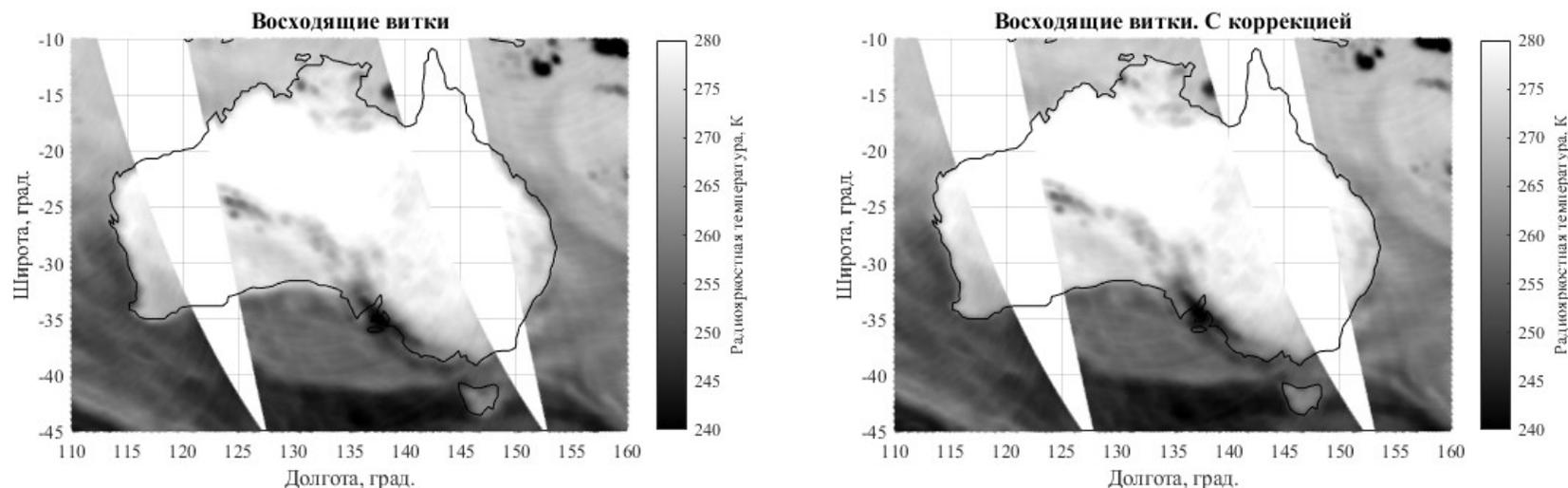
РАСЧЕТ ИНДЕКСА РАССЕЯНИЯ SI



Индекс рассеяния SI для восходящих и нисходящих витков. Данные за 06.06.2020 года.

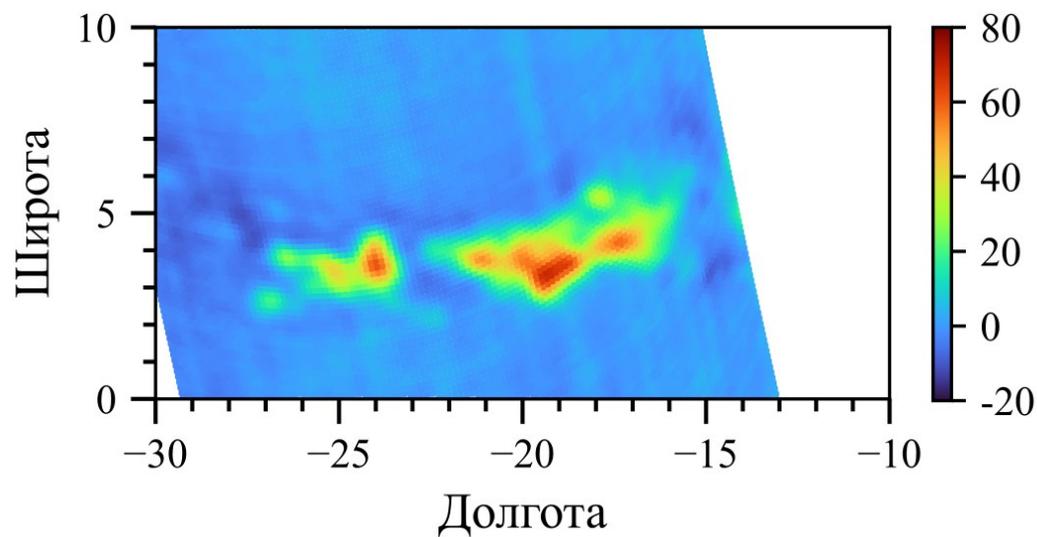
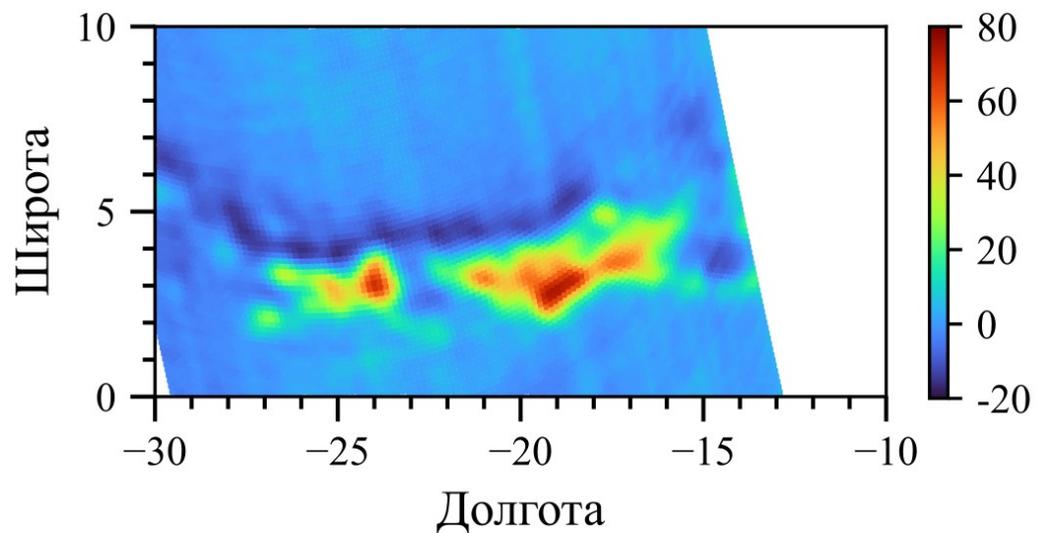
Наблюдаемое смещение областей с осадками носит систематический характер. Было выдвинуто предположение, что лучи диаграмм направленности для различных частотных каналов прибора МТВЗА-ГЯ сведены некорректно.

КОРРЕКТИРОВКА ГЕОПРИВЯЗКИ ДЛЯ КАНАЛА 91,65 ГГц



Проведенное дополнительное исследование точности геопривязки канала 91 ГГц прибора МТВЗА-ГЯ показало, что характер наблюдаемых ошибок (смещений областей с осадками и появления областей с отрицательным рассеянием) свидетельствует о расхождении луча диаграммы направленности по углу рыскания и тангажа. Предложенный алгоритм корректировки геопривязки высокочастотных каналов обеспечивает точность на уровне 7.62 км.

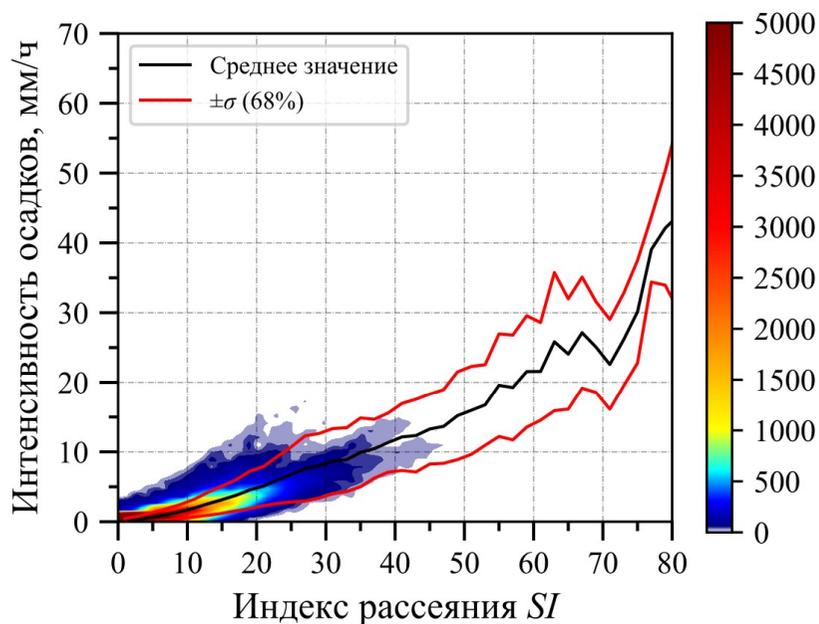
ИНДЕКС РАССЕЯНИЯ ПОСЛЕ КОРРЕКТИРОВКИ



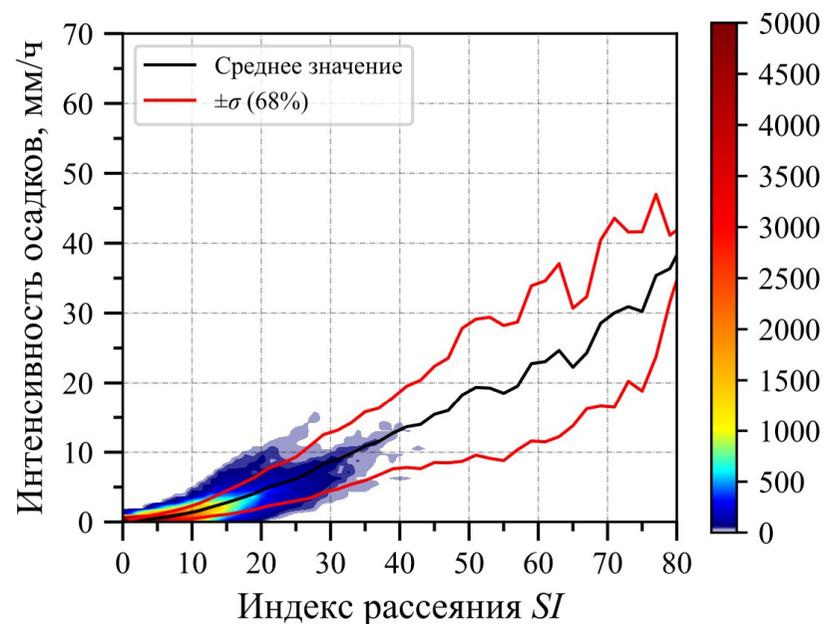
Индекс рассеяния SI для восходящих витков. Данные за 06.06.2020 года. Сверху – до корректировки высокочастотных каналов, снизу – после корректировки.

ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОВ ОТ SI

Восходящие витки



Нисходящие витки



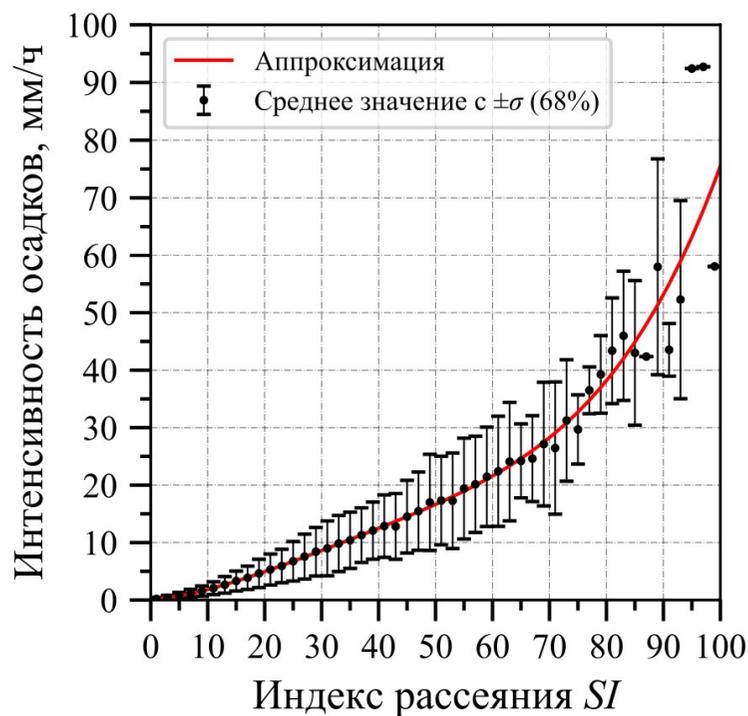
Статистика по всем областям, накопленным за 2020 год.

Использован реанализ GPM IMERG.

В статистику вошли все области с временным совмещением ± 1 минута.

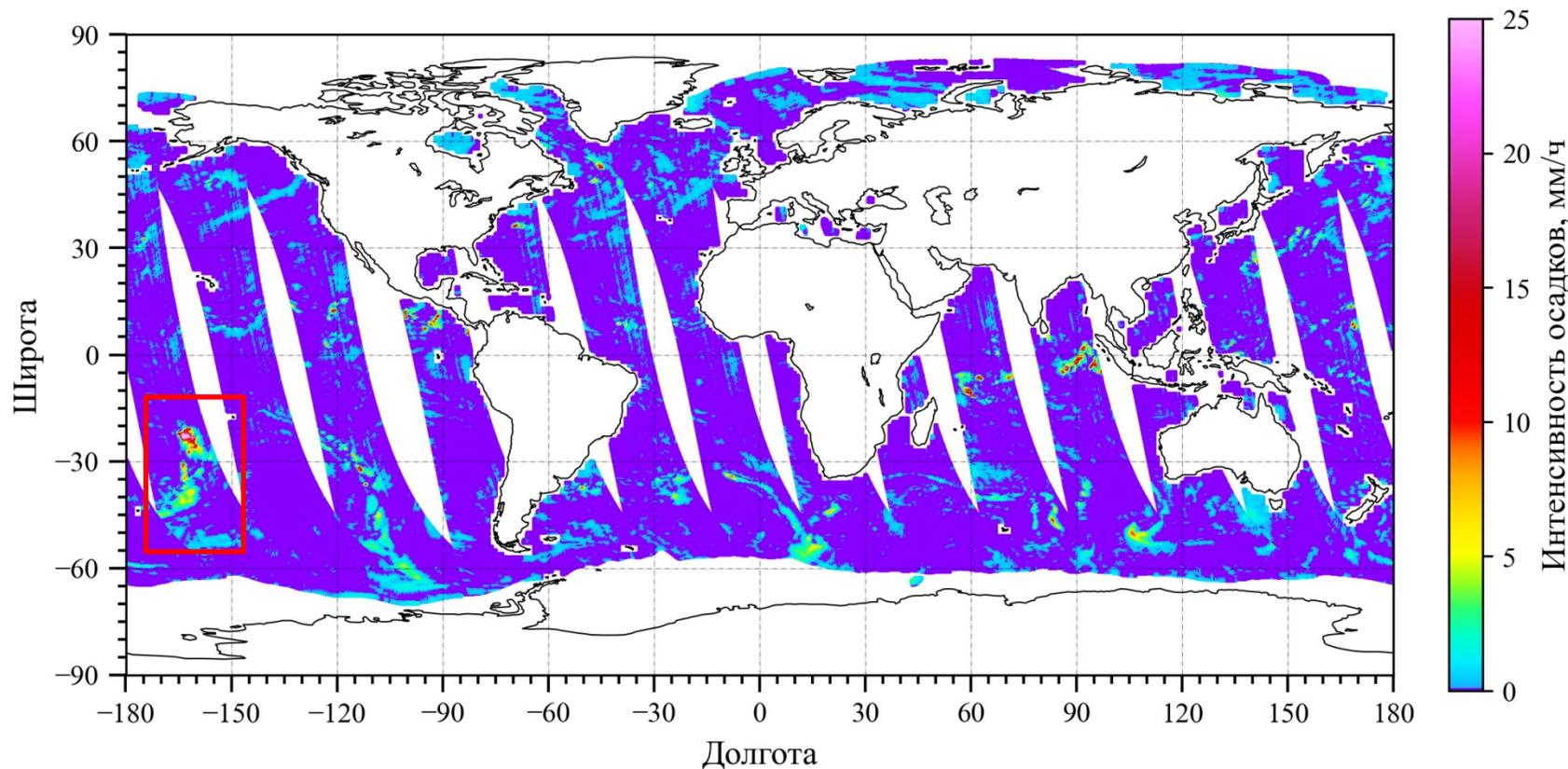
ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОВ ОТ SI

$$I(SI) = a + b \cdot SI + c \cdot SI^2 + d \cdot SI^3 + e \cdot SI^4$$



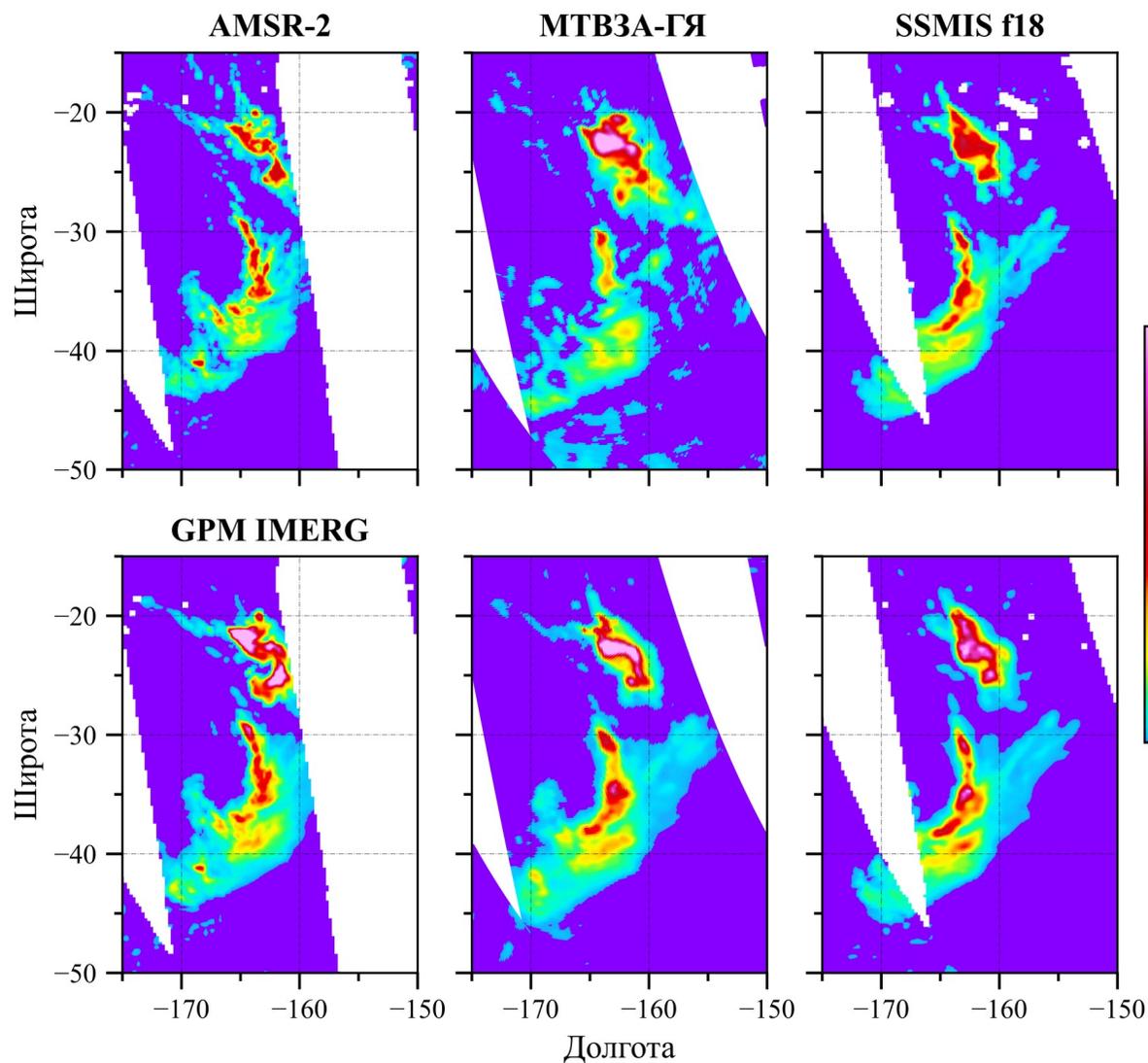
| Коэффициент полинома | Значение коэффициента | Значение коэффициента для 95% доверительного интервала |
|----------------------|-----------------------|--|
| a | 0.1173 | (0.0911, 0.1435) |
| b | 0.0621 | (0.05487, 0.06933) |
| c | 0.01321 | (0.01271, 0.01371) |
| d | -0.0002508 | (-0.0002622, -0.0002394) |
| e | 1.879e-06 | (1.801e-06, 1.957e-06) |

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОВ



Восстановленная интенсивность осадков по данным МТВЗА-ГЯ (Метеор М №2-2).
Данные за 21 июля 2020 года.

СРАВНЕНИЕ С AMSR-2 И SSMIS



Время пересечения

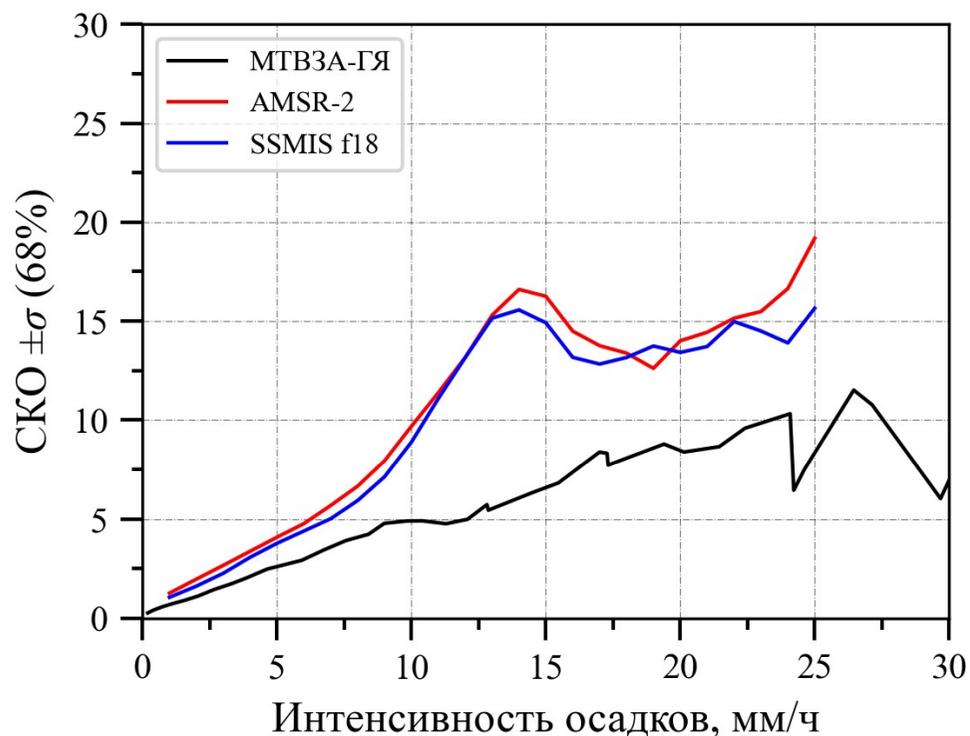
экватора :

AMSR-2 – 13:33

MTB3A-ГЯ – 15:00

SSMIS F18 – 17:00

СРАВНЕНИЕ С AMSR-2 И SSMIS



Статистический анализ показал, что осадки по данным МТВЗА-ГЯ можно восстанавливать во всем диапазоне, однако, **только в диапазоне до 25 мм/ч, можно получать результат с точностью ~50%**. В диапазоне осадков более 25 мм/ч данных для сравнения мало и статистика недостоверна.

ВЫВОДЫ

- Представленное исследование показало огромный потенциал серии приборов МТВЗА-ГЯ для восстановления интенсивности осадков над поверхностью воды.
- Сравнение восстановленных глобальных карт осадков с аналогичными результатами, полученными по приборам AMSR-2 и SSMIS, показали, что интенсивность осадков восстанавливается адекватно.
- Статистический анализ показал, что осадки по данным МТВЗА-ГЯ можно восстанавливать во всем диапазоне, однако, только в диапазоне до 25 мм/ч, можно получать с точностью ~50%. В диапазоне осадков более 25 мм/ч данных для сравнения мало и статистика недостоверна.
- Наиболее важным выводом проделанного исследования является возможность восстанавливать интенсивность осадков по данным серии приборов МТВЗА-ГЯ со статистической точностью не хуже чем у зарубежных приборов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Необходимо продолжать исследования в данном направлении и перейти к решению задачи восстановления осадков над поверхностью суши, а в дальнейшем и в береговой линии.
- Так же необходимо вернуться к задаче восстановления температуры поверхности океана и скорости приводного ветра. И с учетом результатов настоящей работы, провести корректировку алгоритмов восстановления других геопараметров в зонах с осадками.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

