



Исследование сплоченности морского льда в Российском секторе Арктического бассейна по данным МТВЗА-ГЯ

Федоров С. В., Рубакина В. А.

(Морской гидрофизический институт РАН)

Г. Москва 9–13 ноября 2026 г.

Постерный дистанционный доклад

СВЧ-радиометр МТВЗА-ГЯ КА серии «Метеор-М»

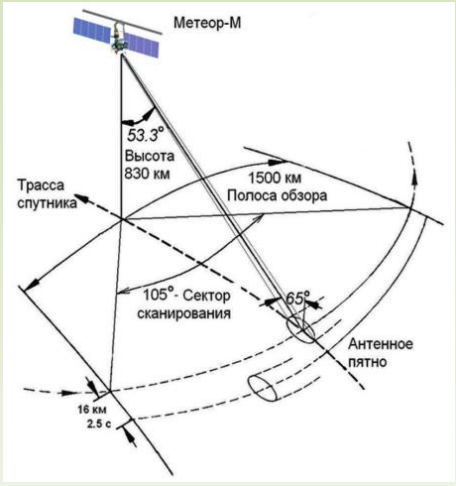
МТВЗА-ГЯ — модуль температурного и влажностного зондирования атмосферы.
Разработан АО «Российские космические системы».
Установлен на КА «Метеор-М» №№1, 2, 2-2, 2-3 и 2-4.
Период эксплуатации: 2009 – настоящее время.

СКАНЕР (поверхность)	ЗОНДИРОВЩИК (атмосфера)
10,6; 18,7; 23,8; 31,5; 36,7; 42; 48; 91,65 ГГц	52–58 ГГц (кислород)
	183,31 ГГц (водяной пар)
В и Г поляризация	В поляризация

Основные характеристики:

- Антенна: параболическое зеркало 0,67 м, боковое облучение, 4-рупорный облучатель
- Сканирование: коническое, сектор 105°
- Полоса обзора: ≥ 1500 км
- Период сканирования: 2,5 с
- Пространственное разрешение: 16×16, 32×32, 48×48 км
- Чувствительность: 0,05–0,08 К





Сканирующая платформа и геометрия сканирования радиометра МТВЗА-ГЯ с КА «Метеор-М» *

*(Барсуков И.А. и др. 2025)

Методика обработки данных и расчёта сплочённости морского льда



Интеркалибровка радиояркостных температур МТВЗА-ГЯ

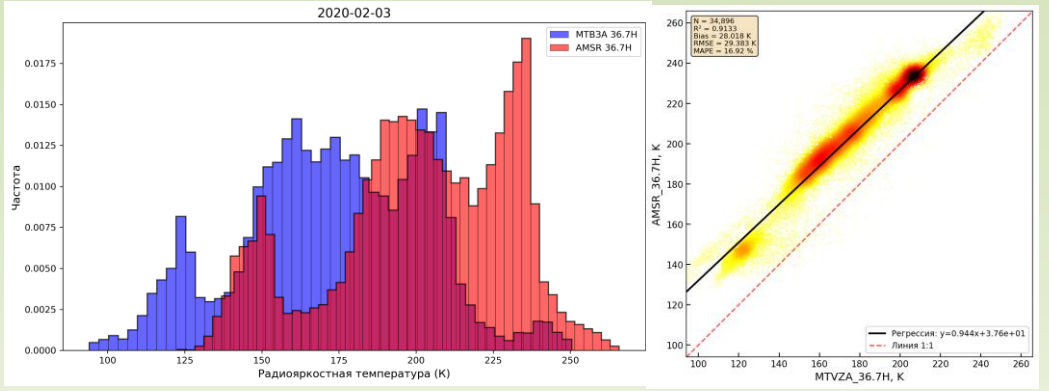
Цель: устранение систематических расхождений между приборами.

Метод:

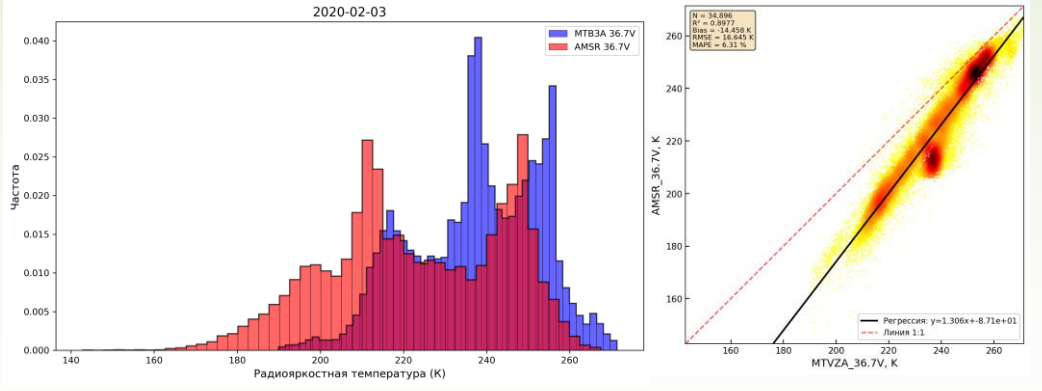
- Сравнение T_b МТВЗА и AMSR2 для каждого канала
- Расчёт калибровочных коэффициентов

Результаты сравнения T_b:

- Хорошая согласованность на большинстве каналов
- Сильная пространственная сглаженность измерений МТВЗА
- Сильные шумы на каналах 6,9Г, 91,65Г
- Вертикальная поляризация — зауженный динамический диапазон
- Горизонтальная поляризация — систематическое смещение



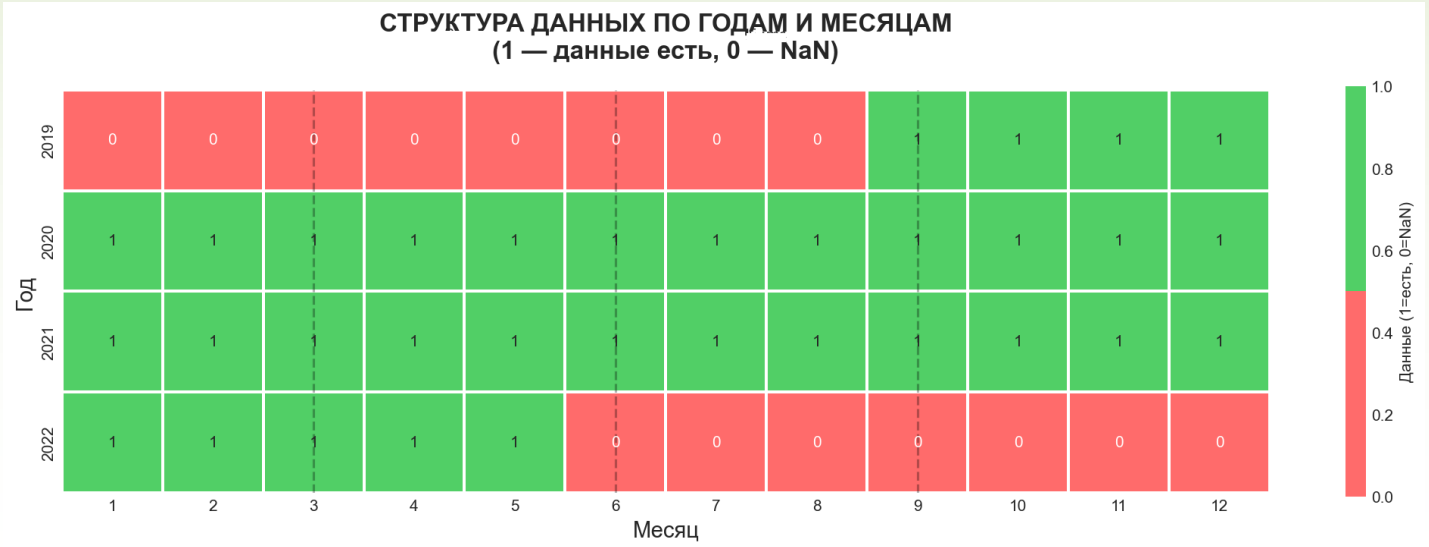
Распределения T_b на канале 36.7Г



Распределения T_b на канале 36.7В

Об используемых данных





Расчёт сплочённости морского льда: алгоритм NASA Team

Преимущества:

- Относительная простота реализации
- Наличие необходимых частотных каналов у МТВЗА-ГЯ

Используемые каналы: 19 ГГц (В поляризация) и 37 ГГц (В и Г поляризация)

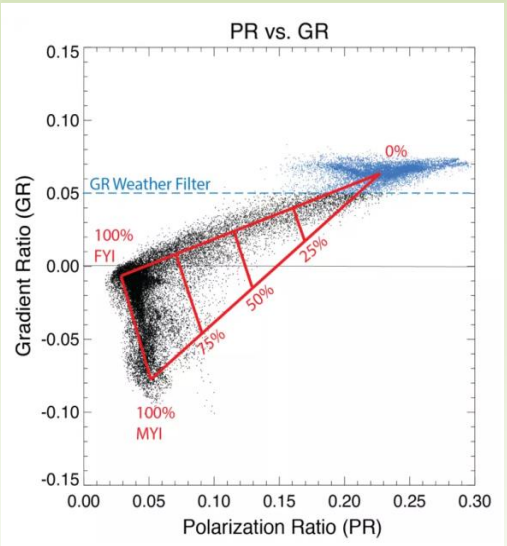
Расчётные параметры:

- Поляризационный градиент: PR = (T_b19В - T_b19Г) / (T_b19В + T_b19Г)
- Спектральный градиент: GR = (T_b19В - T_b37В) / (T_b19В + T_b37В)

Сплоченность морского льда SIC*:

- Сплоченность однолетнего льда: $C_F=(a_0+a_1PR+a_2GR+a_3PR\cdot GR)/D$,
- Сплоченность многолетнего льда: $C_M=(b_0+b_1PR+b_2GR+b_3PR\cdot GR)/D$
- SIC = C_F+C_M = f(PR, GR)— эмпирическая зависимость, полученная по эталонным данным. Зависит от температур (опорные точки) чистой воды, однолетнего и многолетнего льда, а также доли многолетнего льда *F.*

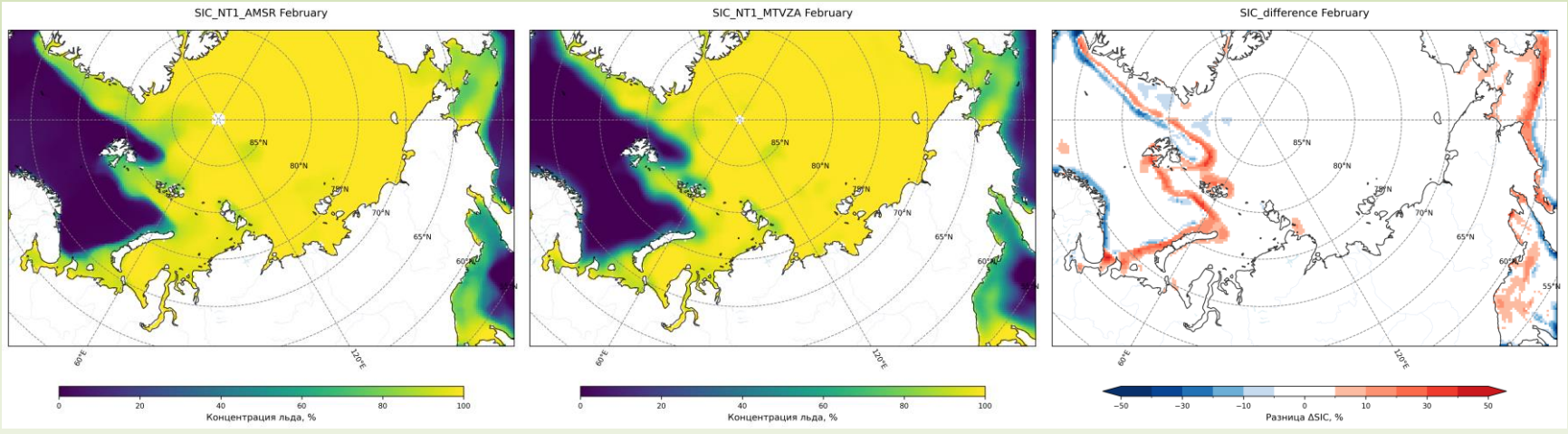
Зависимость PR(GR)**



** методика описана в (Cavalieri D.J. et al., 1984. Determination of Sea Ice Parameters With the NIMBUS 7 SMMR)*

*** https://nsidc.org*

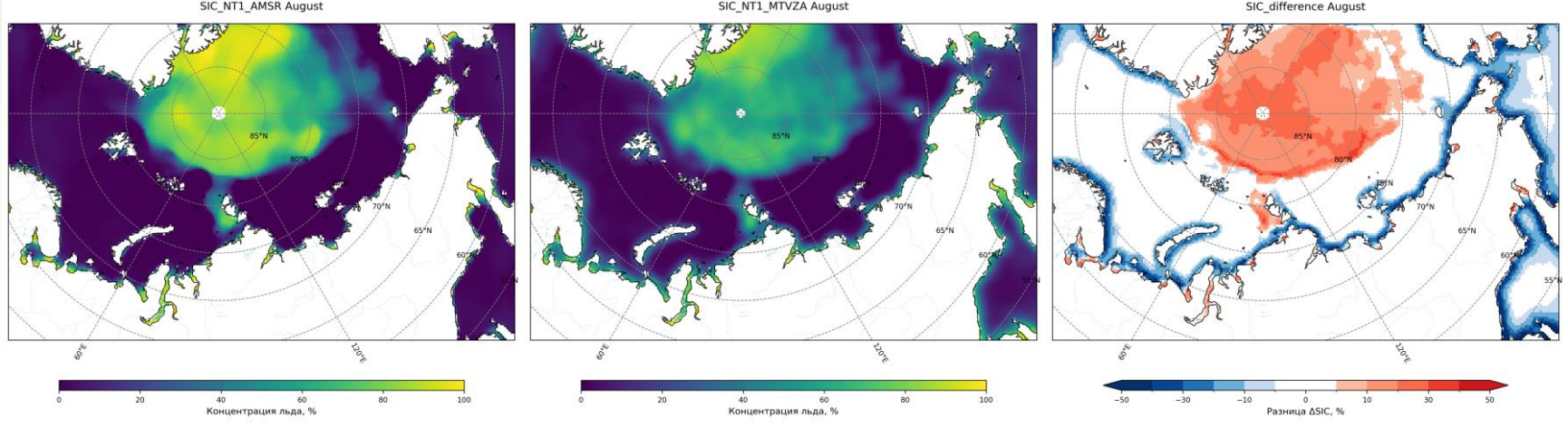
Сравнение полей сплоченности морского льда



SIC AMSR2 Февраль

SIC MTB3A Февраль

ΔSIC Февраль



SIC AMSR2 Август

SIC MTB3A Август

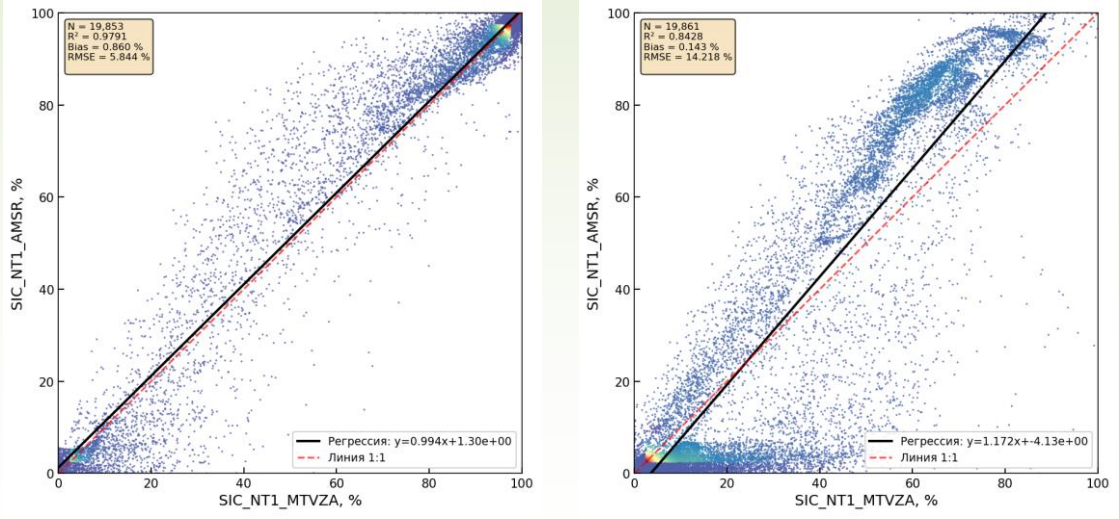
ΔSIC Август

Оценка точности расчетов сплоченности морского льда по данным МТВЗА-ГЯ

Сезонная изменчивость метрик точности

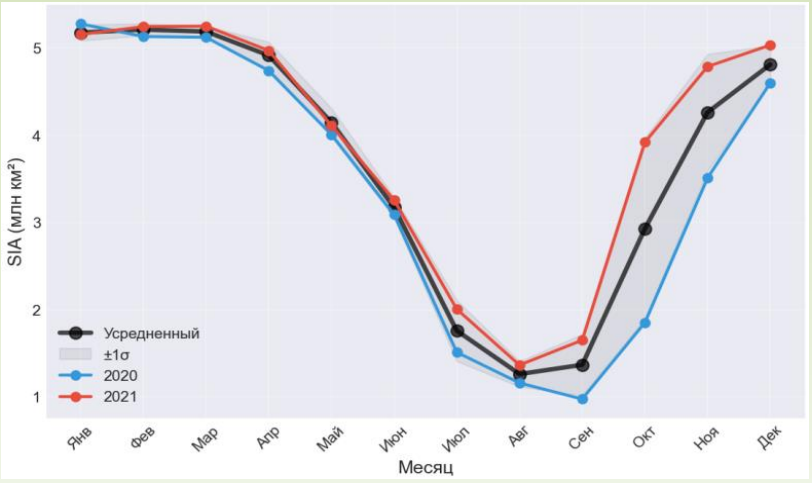
Сезон	R^2	Bias, %	RMSE, %
Зима (февраль)	0.98	–0.4 ... +0.9	5.5–6.0
Лето (август)	0.84–0.91	–0.7 ... 0.2	10.2–14.2

- Зимой: высокая точность (R^2~0.98, RMSE~6%)
- Летом: ошибки возрастают (R^2~0.84-0.91, RMSE~10-14%), МТВЗА занижает SIC

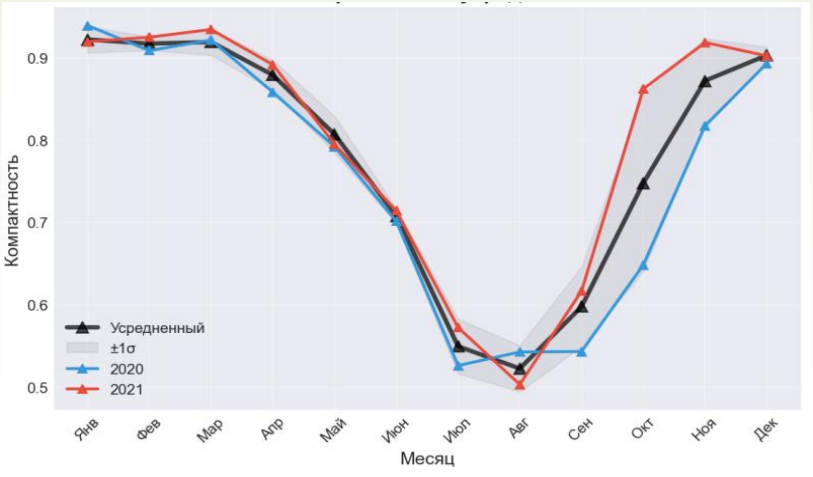


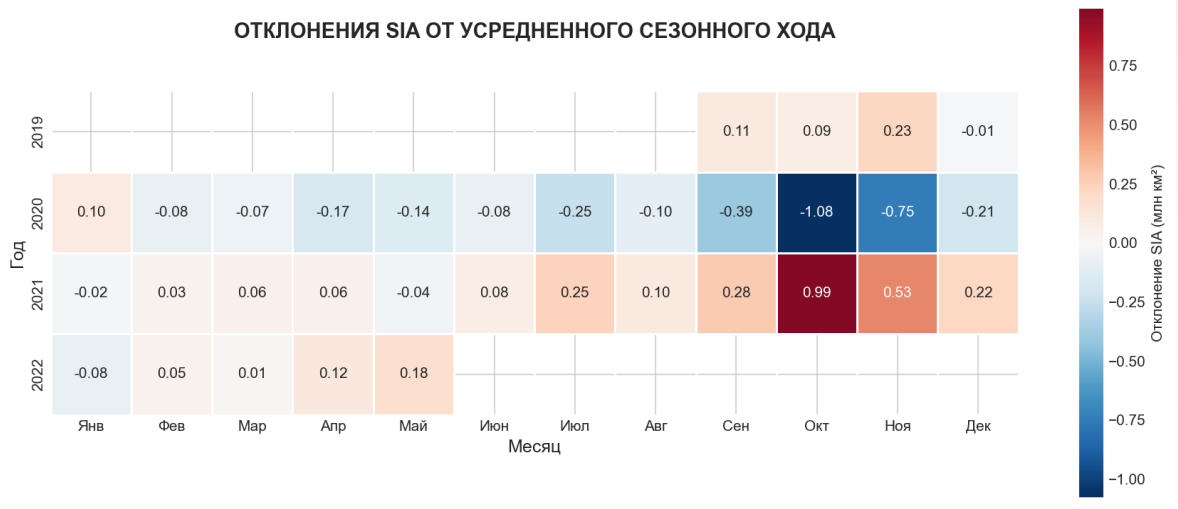
Диаграммы рассеяния SIC в феврале и августе 2021

Сезонная изменчивость ледового покрова в Российском секторе Арктики



Характеристика	Значение
Средняя SIA (2019-2022)	3.83 ± 1.49 млн км²
Средняя компактность	0.80 ± 0.14
Средняя доля льда	60.8 ± 23.6%
Зимний максимум SIA	5.21 млн км² (мес. 2)
Летний минимум SIA	1.26 млн км² (мес. 8)
Амплитуда сезонных колебаний	3.95 млн км²





Обобщения и выводы

1. Данные МТВЗА-ГЯ после интеркалибровки с AMSR2 позволяют получать оценки сплочённости морского льда, сопоставимые с эталонными продуктами NSIDC (R^2 = 0.84–0.98).

2. Пространственное распределение льда воспроизводится корректно. Основные расхождения сосредоточены в прикромочной зоне и у берегов, что, главным образом, связано со сглаженностью исходных полей T_b.

3. Установлена устойчивая сезонная закономерность:
   - зимой (март): RMSE ~ 6%, bias = –0.4 ... +0.9 %;
   - летом (сентябрь): RMSE ~ 10–14%, bias = –0.7 ... 0.2 %
     (систематическое занижение оценок МТВЗА из-за изменения свойств талого льда).

4. Анализ временной изменчивости показал, что данные МТВЗА-ГЯ воспроизводят сезонный цикл SIA (амплитуда ~ 3.95 млн км²) и компактности (среднее 0.80), а также выявляют межгодовые аномалии.

5. МТВЗА-ГЯ является работоспособным инструментом для мониторинга морского льда в Арктике и может использоваться для климатических исследований.





Спасибо за внимание!



Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБУН ФИЦ МГИ по теме FNNN-2024-0012

