



Метод детектирования ледяного покрова по данным СВЧ-радиолокатора при малых углах падения: по значению сигнала и зависимости УЭПР от угла падения

Панфилова М.А., Караев В.Ю., Титченко Ю.А.
ИПФ РАН, Нижний Новгород

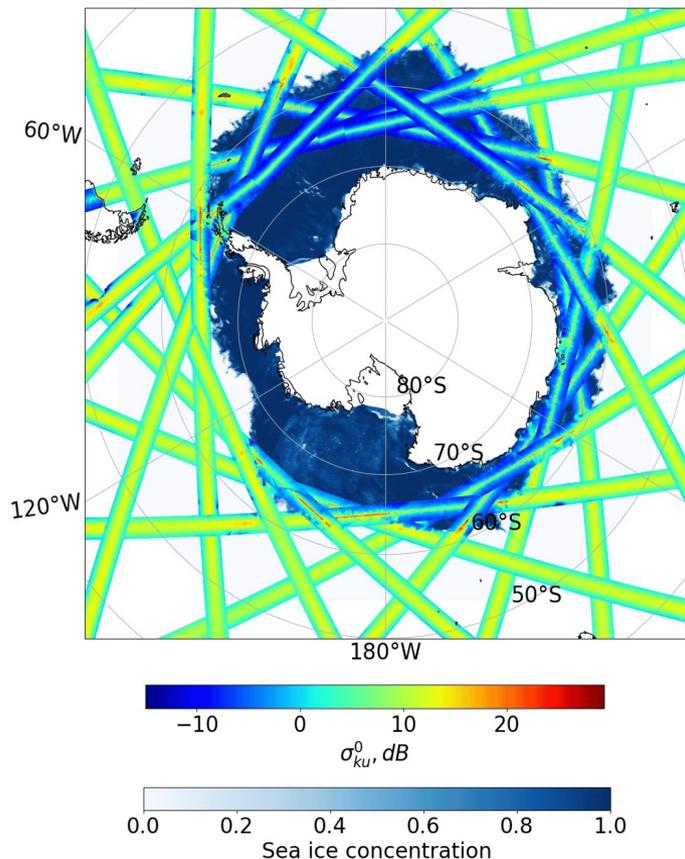
Введение

Цель исследования – разработка алгоритма детектирования ледяного покрова по данным DPR.

В работе используются данные радиолокатора DPR (Dual Frequency Precipitation Radar) на спутнике GPM (Global Precipitation Measurement) об УЭПР в Ku-диапазоне.

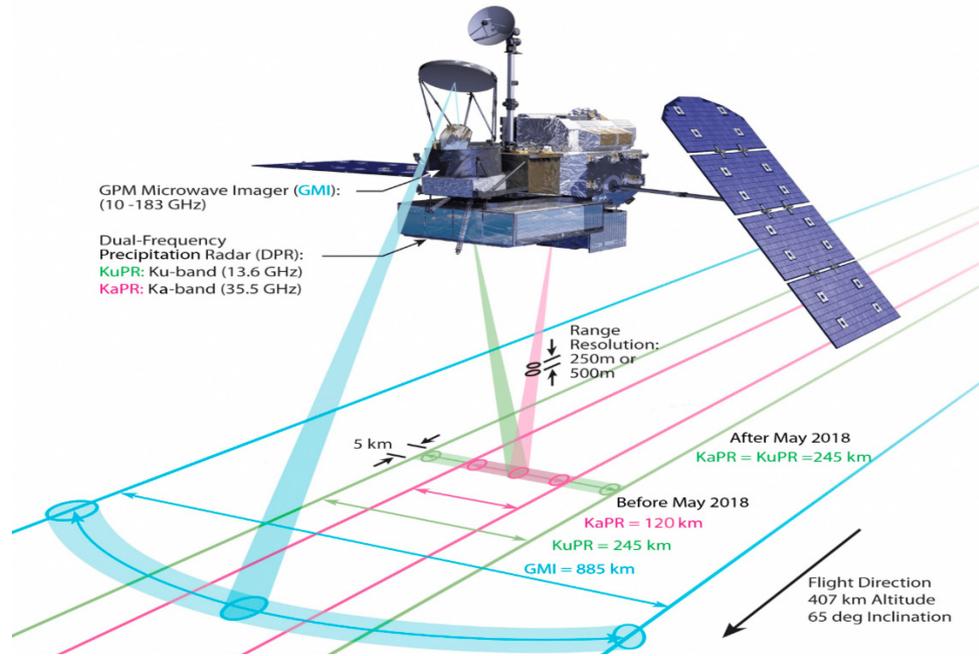
Радиолокатор выполняет сканирование подстилающей поверхности, угол падения меняется от -18 до 18 градусов, разрешение составляет 5 км, ширина полосы обзора – 245 км.

В качестве истинной информации о положении ледяного покрова используются данные о сплоченности ледяного покрова, полученные по измерениям радиометра AMSR-2.

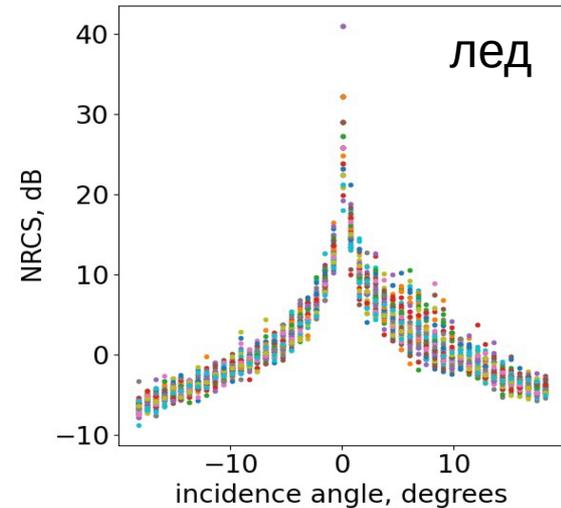
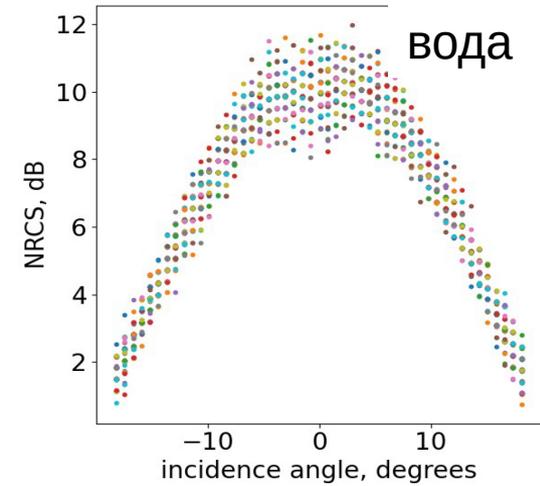


Данные DPR и данные университета Бремена о сплоченности ледяного покрова 3/09/2019

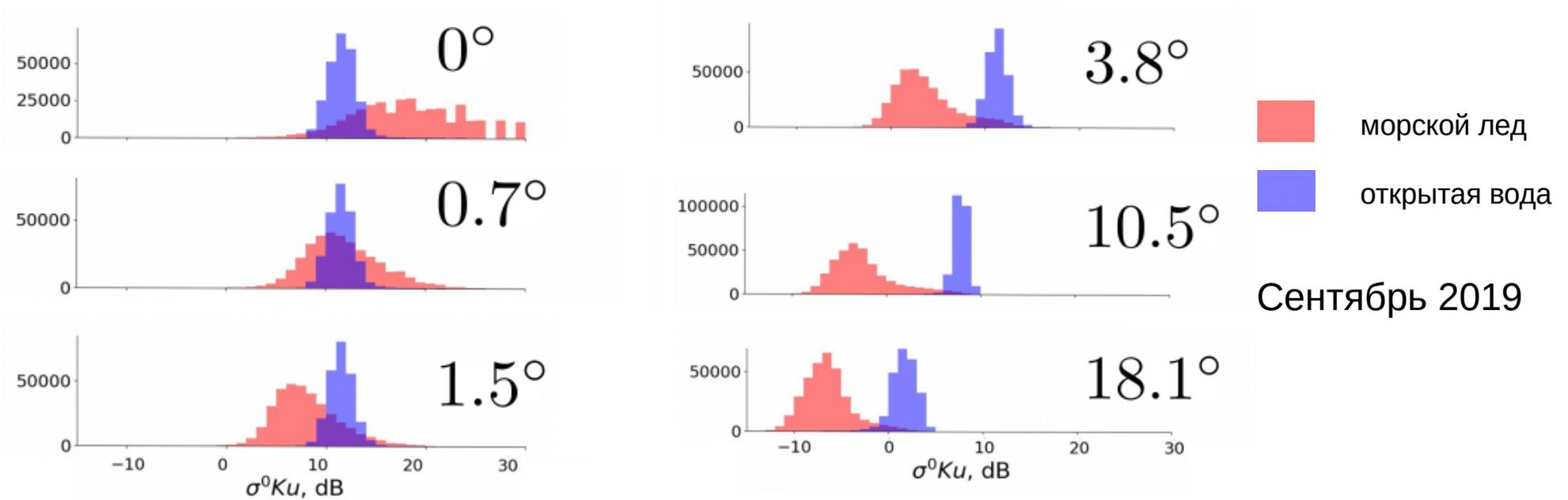
Схема сканирования радиолокатора DPR



Разрешение 5 км, ширина полосы 245 км,
Ku-band

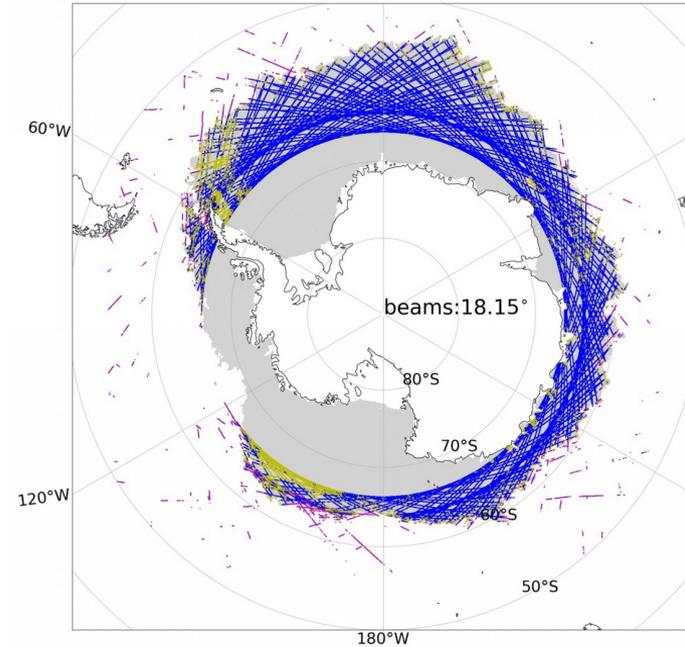
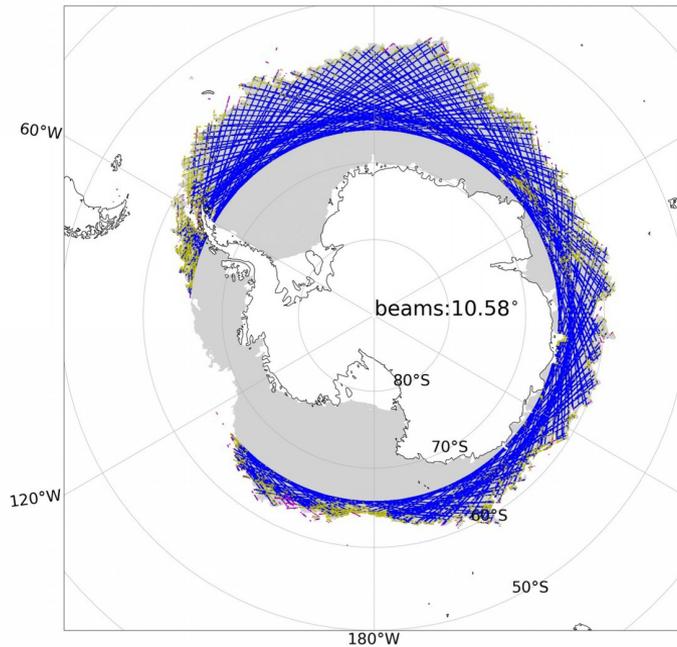
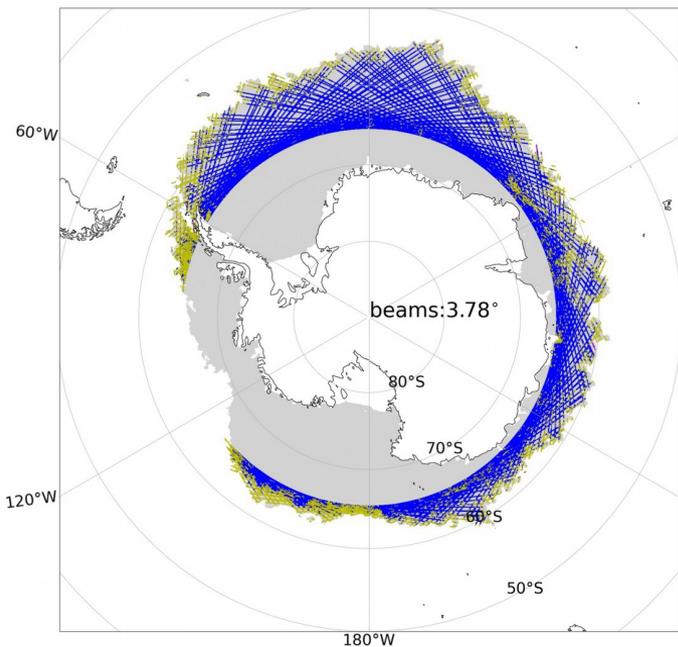


Метод I: кластеризация, K-means



Данные об УЭПР были объединены с данными о сплоченности с сайта Бременского университета. Элементы разрешения, для которых сплоченность выше 15 % были промаркированы как лёд, остальные – как вода. Видно, что для данных при угле падения выше 3 градусов пики гистограмм для воды и льда хорошо разделяются, поэтому для детектирования ледяного покрова может быть применен метод кластеризации “без учителя”. Мы применяли метод K-means.

Результаты кластеризации



● True positive

● False negative

● False positive

● SIC > 0.15
(ASI from AMSR-2)
September 3, 2019

Первая неделя
сентября 2019

Метод II: коэффициент эксцесса

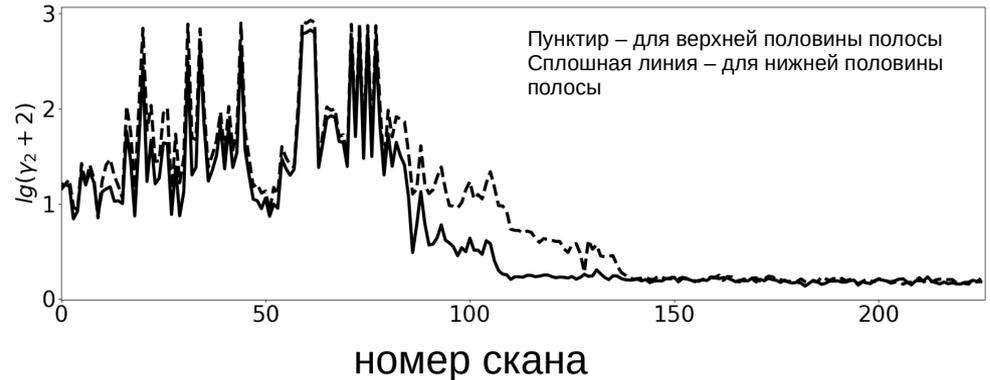
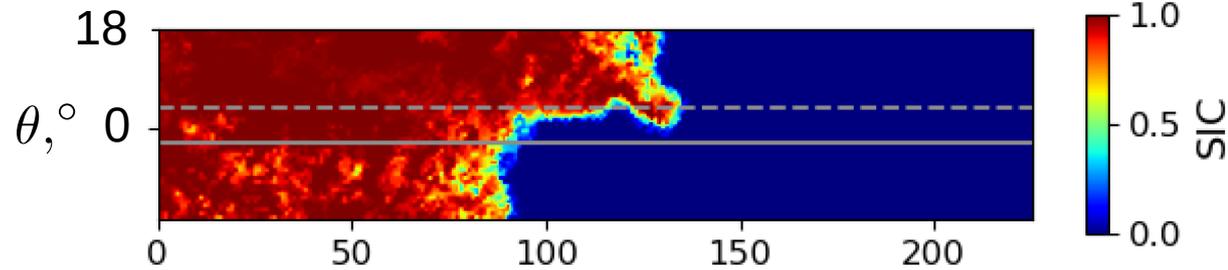
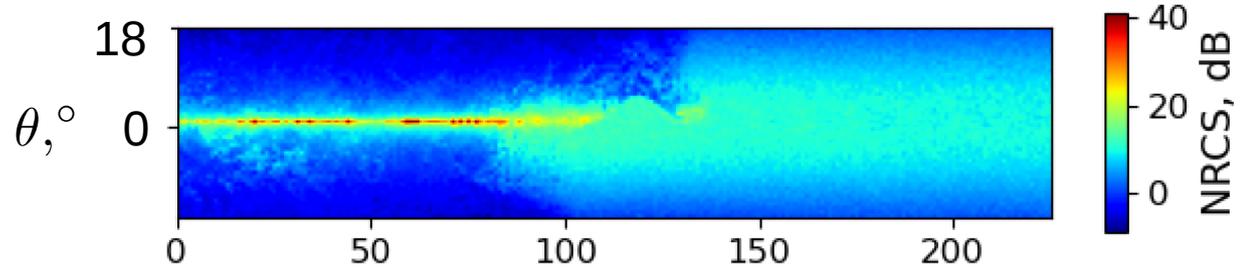
Зависимость УЭПР от угла падения для каждой половины скана симметрично дополняется так, что $N RCS(\theta) = N RCS(-\theta)$

Для каждой симметрично дополненной половины скана вычисляются статистические моменты плотности вероятности распределения уклонов и коэффициент эксцесса γ_2 :

$$\gamma_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3$$
$$\mu_k = \sum_{i=1}^N (\tan \theta_i - \overline{\tan \theta_i})^k \sigma_i^0 \cos^4(\theta_i) \cdot \left[\sum_{i=1}^N \sigma_i^0 \cos^4(\theta_i) \right]^{-1}$$

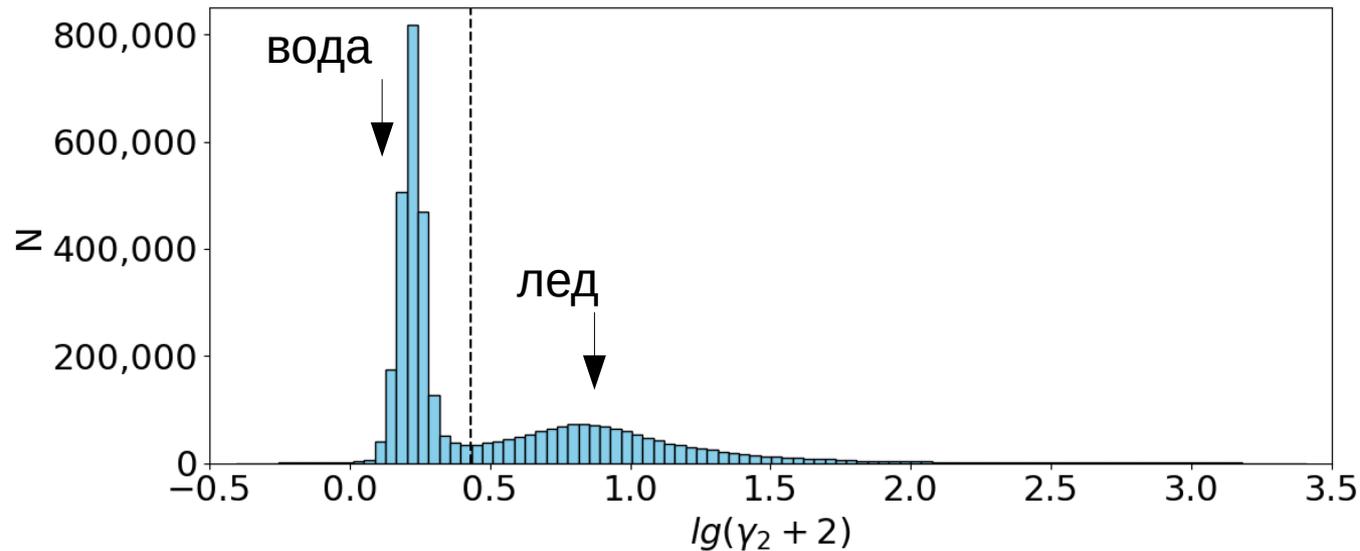
Рассчитывается для $|\theta| < 15^\circ$, где выполняется приближение геометрической оптики.

Полученные значения γ_2 присваиваются элементам разрешения той половины скана, данные которой использовались для расчета.

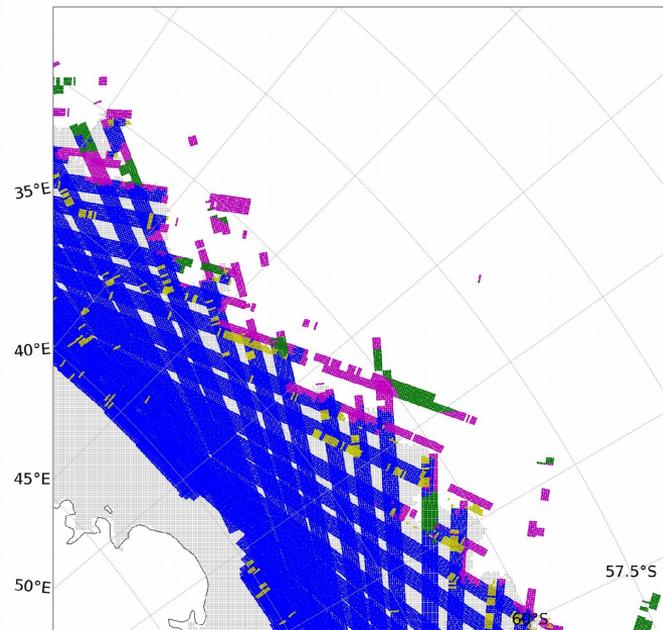
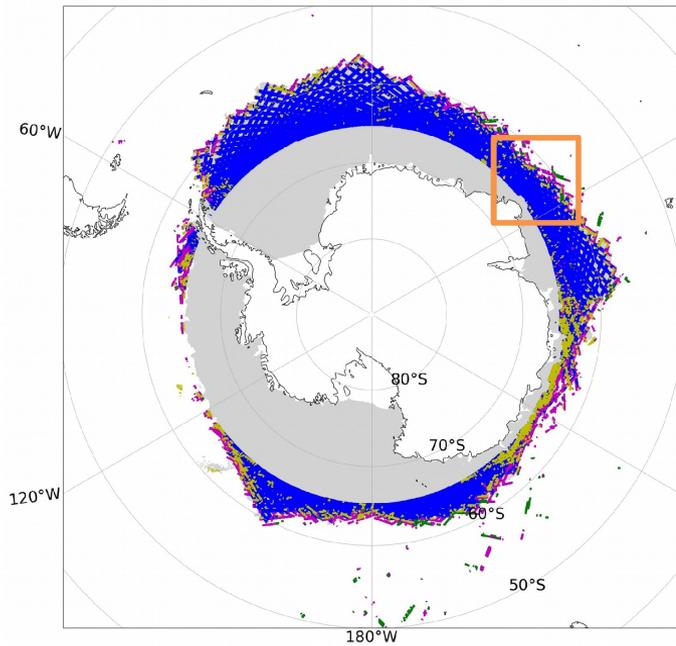


Гистограммы для коэффициента эксцесса

С учетом данных о сплоченности, было показано, что пики распределений коэффициента эксцесса для воды и льда также сильно разнесены. Коэффициент эксцесса для поверхности воды, где статистика уклонов близка к нормальному распределению, близок к нулю. Для в среднем плоской поверхности льда коэффициент эксцесса имеет более высокие значения. Для определения типа подстилающей поверхности в рамках метода II проводится кластеризация методом K-means - для коэффициента эксцесса.



Результаты кластеризации, коэффициент эксцесса



Часть ошибок False Positive связана с тем, что при малых скоростях ветра для поверхности воды коэффициент эксцесса также невысок

- True positives
- False negatives
- False positives, wspd > 3 m/s
- False positives, wspd < 3 m/s

Последняя неделя июля 2019

Точность алгоритма

	Метод II		Метод I	
beams	<3°	3.7°	10°	18°
F-score	0.93	0.9	0.95	0.94
FPR	0.03	0.002	0.005	0.02
FNR	0.09	0.2	0.15	0.1

Заключение

Разработан метод обнаружения морского льда с использованием данных DPR Ku-диапазона. Проверка алгоритма проводилась с использованием данных о сплоченности морского льда по измерениям радиометра AMSR-2.

Для данных DPR при угле падения **более 3 градусов** применяется метод классификации, основанный методе кластеризации K-means для значений NRCS. Наилучшая точность алгоритма наблюдается для части полосы обзора, соответствующей 10-12 градусам.

Для данных при угле падения **менее 3 градусов** точность первого метода низкая, и применяется подход, основанный на статистике уклонов морской поверхности. По зависимости УЭПР от угла падения рассчитывается коэффициент эксцесса для плотности вероятности уклонов. Затем выполняется кластеризация K-means для значений коэффициента эксцесса.

Метод может применяться к новым немаркированным наборам данных. Преимуществом методом классификации без учителя является возможность адаптации к различным региональным и сезонным особенностям, которые могут различаться для каждого исследуемого массива. Точность алгоритма достаточно высокая: значение F-меры выше 0,9.

Работа была выполнена в рамках госзадания ИПФ РАН (FFUF-2022-0005).