



Первые результаты классификации типа морского льда по данным СВЧ-радиолокатора при малых углах падения

Панфилова М.А.¹, Романюкина С.А.², Кравцова К.В.², Ковалдов Д.А.¹, Титченко Ю.А.¹, Караев В.Ю.¹

1 – ИПФ РАН, Нижний Новгород, 2 – ААНИИ, Санкт-Петербург

Введение

Результаты классификации типа льда по данным радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) по УЭПР при средних углах падения приведены в ряде работ, например (Park et. al., 2020; Huang et. al. 2024).

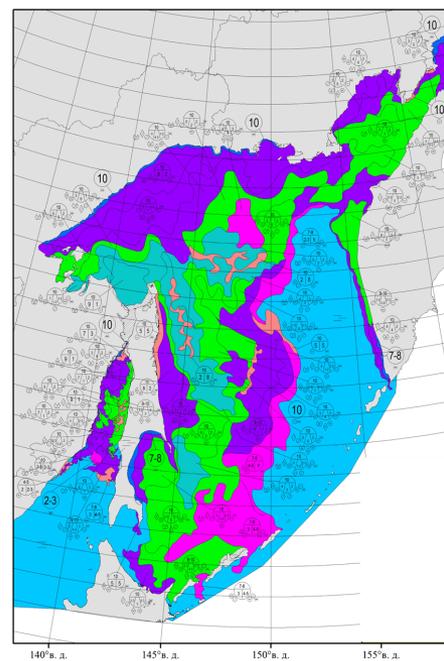
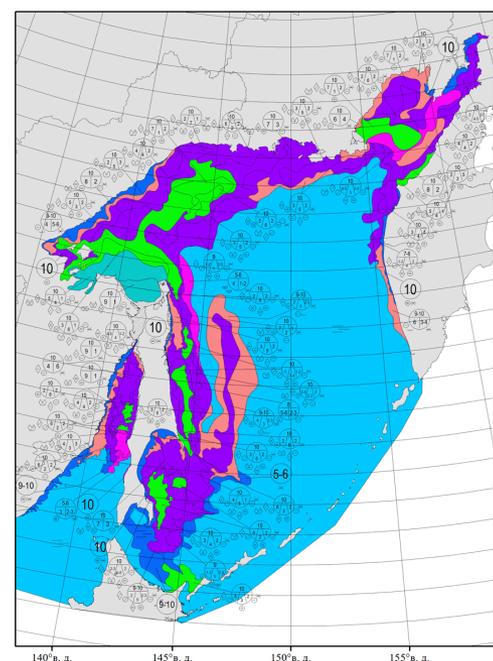
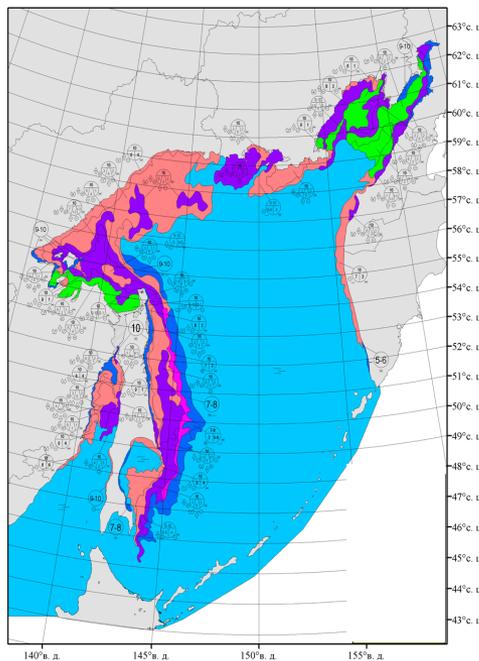
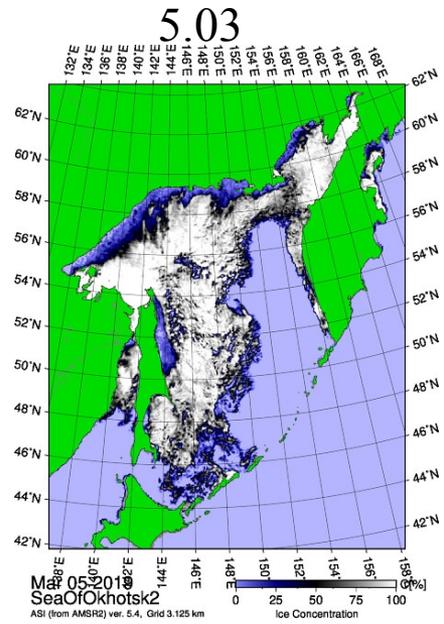
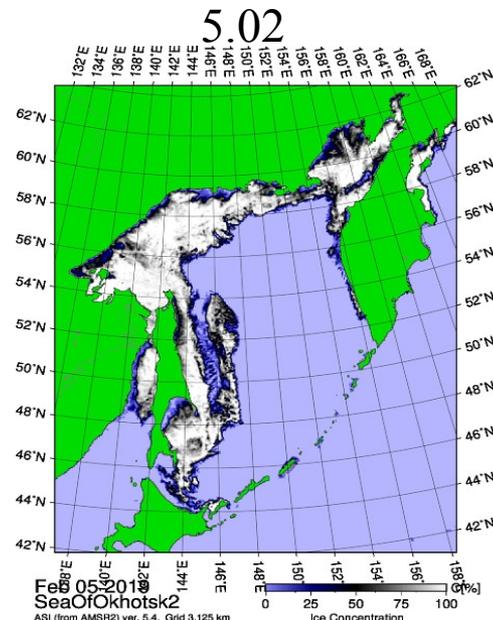
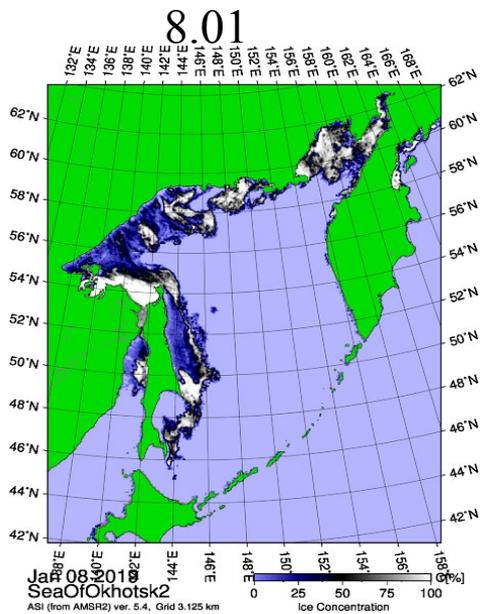
Цель настоящей работы – исследовать возможности СВЧ-радиолокатора, работающего при малых углах падения для классификации типа льда, а именно рассмотреть как отличается статистика УЭПР для льда различных типов.

Использовались данные радиолокатора DPR (Dual Frequency Precipitation Radar) Ku-диапазона на спутнике Global Precipitation Measurement (GPM) за 2019 год. Измерения радиолокатора содержат величину сечения обратного рассеяния для углов падения от 0 до 18 градусов, разрешение радиолокатора составляет 5 км.

В качестве источника информации о типе ледяного покрова применялись ледовые карты, составленные в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте. Дополнительная информация о сплоченности ледяного покрова была получена по данным с сайта Бременского университета.

1. Park, J.-W., Korosov, A. A., Babiker, M., Won, J.-S., Hansen, M. W., and Kim, H.-C.: Classification of sea ice types in Sentinel-1 synthetic aperture radar images, *The Cryosphere*, 14, 2629–2645, <https://doi.org/10.5194/tc-14-2629-2020>, 2020.
2. Yan Huang, Yibin Ren, Xiaofeng Li, Deep learning techniques for enhanced sea-ice types classification in the Beaufort Sea via SAR imagery, *Remote Sensing of Environment*, Volume 308, 2024, 114204, ISSN 0034-4257.

Примеры ледовых карт и распределения сплоченности



Условные обозначения

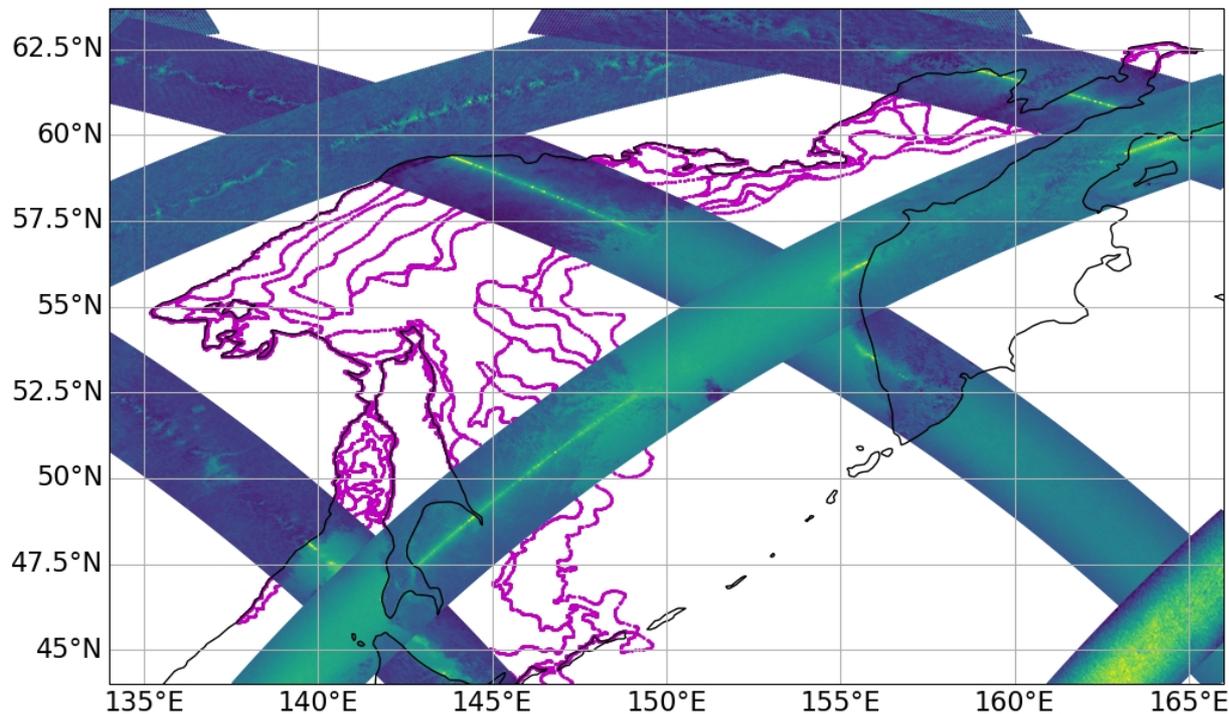
- чисто
- nilас
- молодой
- серый
- серо-белый
- тонкий
- средний
- припай

Исходные данные

В работе использовались данные за январь, февраль и март 2019 года для Охотского моря.

Ледовые карты доступны за даты: 8.01, 15.01, 22.01, 29.01, 5.02, 12.02, 19.02, 26.02, 5.03, 12.03, 19.03. Данные о сплоченности использовались за те же даты.

Пример прохождения треков радиолокатора DPR за одни сутки над Охотским морем, поверх контуров областей ледяного покрова различных типов приведен ниже:



26.02.2019

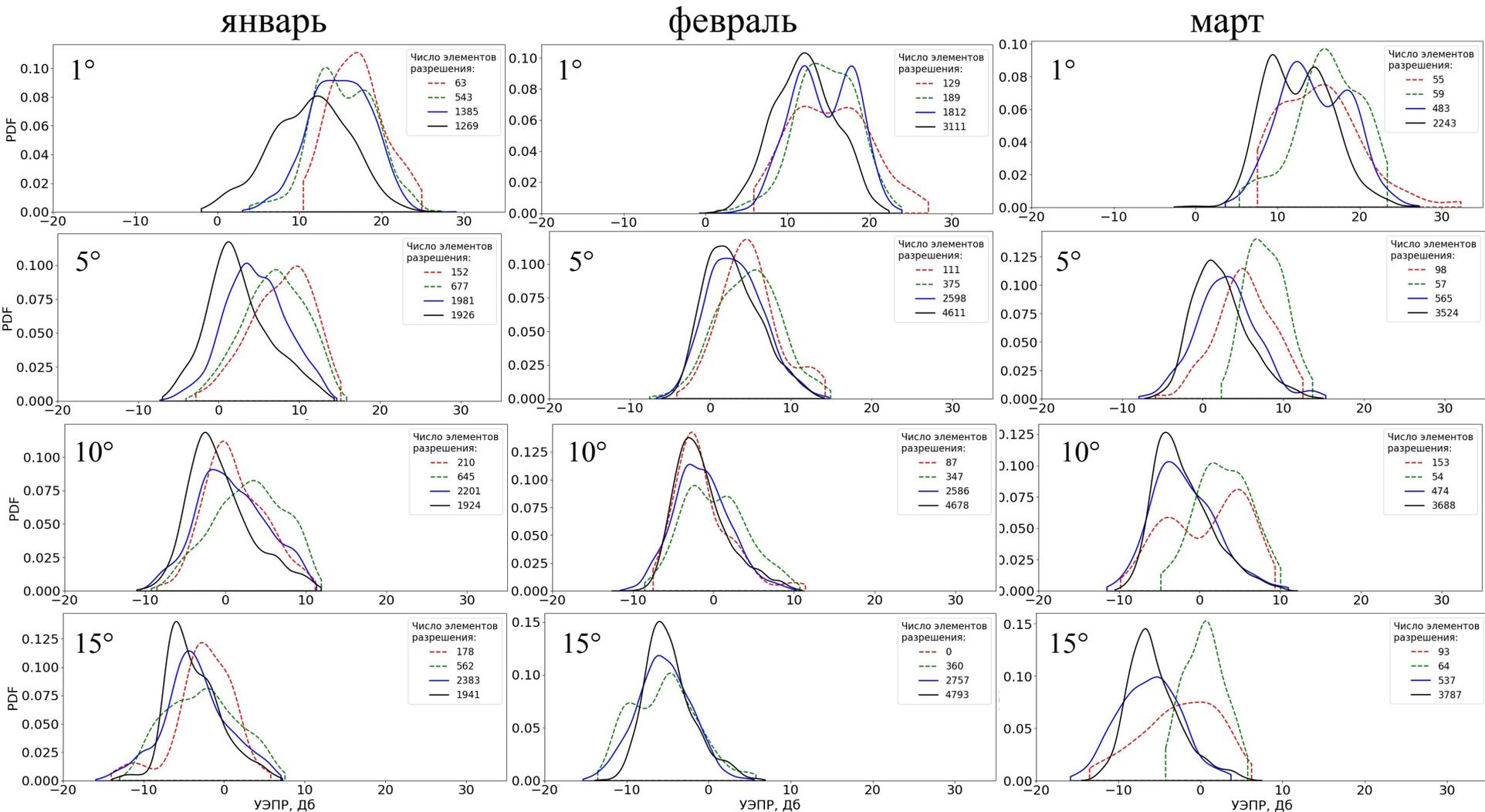
Метод

Ледовая карта представлена в векторном формате shapefile, где область каждого типа льда очерчена полигоном с известными координатами. Для каждой области даны стадия развития и сплоченность ледяного покрова.

- ◆ Были собраны массивы данных DPR об УЭПР для каждого угла падения, соответствующие различным типам ледяного покрова: отбирались значения УЭПР для элементов разрешения, находящихся внутри определенных полигонов с заданным значением SA (согласно SIGRID-3).
- ◆ Было проведено объединение данных DPR с измерениями сплоченности ледяного покрова. Были оставлены измерения, соответствующие сплоченности не менее 15 %.
- ◆ Данные для каждого типа льда за месяц (январь, февраль, март), и для каждого угла падения были собраны в отдельные массивы.
- ◆ Построены гистограммы и плотности вероятности значений УЭПР. Далее для наглядности приведены плотности вероятности УЭПР для углов падения 1, 5, 10, 15 градусов для ниласа, серого, серо-белого льда и тонкого однолетнего льда.

3. World Meteorological Organization (WMO). (2004). SIGRID-3: A vector archive format for sea ice georeferenced information and data (Version 3.0). WMO/TD-No. 1214.

Плотность вероятности УЭПР для углов падения 1, 5, 10, 15 градусов



Обозначения по Sigrid-3: a vector archive format for sea ice georeferenced information and data

Классификация льда по стадии развития: Красная линия (код 82) – нилас, толщина льда менее 10 см;

Зелёная линия (код 84) – серый лёд, толщина 10-15 см; Синяя линия (код 85) – серо-белый лёд, толщина 15-30 см;

Чёрная линия (код 87) – тонкий однолетний лёд, толщина 30-70 см.

Заключение

- ◆ Была собрана база данных о типах ледяного покрова, сплоченности и УЭПР при малых углах падения для Охотского моря за январь, февраль и март 2019 года.
- ◆ Разработана программа для совместной обработки данных радиолокатора и shape-файлов для ледовых карт.
- ◆ Получены гистограммы и плотности вероятности УЭПР для различных типов ледяного покрова.
- ◆ Было рассмотрено 4 типа льда: 1-нилас, толщина льда менее 10 см; серый лёд, толщина 10-15 см; серо-белый лёд, толщина 15-30 см; тонкий однолетний лёд, толщина 30-70 см. По имеющимся данным показано, что максимумы плотности вероятности для начальных форм льда (нилас, серый лёд) соответствуют большим значениям УЭПР, чем для серо-белого и тонкого однолетнего льда для большинства рассмотренных случаев, однако, диапазоны значений УЭПР для всех типов льда сильно перекрываются.
- ◆ Сигнал в Ки-диапазоне чувствителен к типу ледяного покрова, однако, для разработки алгоритма классификации требуется дополнить базу исходных данных и привлечь дополнительную информацию.

Источники данных:

Архив ледовых карт Арктического и Антарктического научно-исследовательского института : офиц. сайт. – URL: <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004/okh/> (дата обращения: 23.08.2024)

Архив Бременского университета: офиц. сайт. – URL: <https://data.seaice.uni-bremen.de/databrowser/#p=sic> (дата обращения 06.11.2024)

Архив данных спутника GPM:
офиц. сайт. URL:<https://storm.pps.eosdis.nasa.gov/storm/> (дата обращения 12.10.2020)

maria@ipfran.ru (Мария Панфилова)

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 23-77-10064.