

# Веб-приложение для мониторинга состояния ледяного покрова на озерах

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

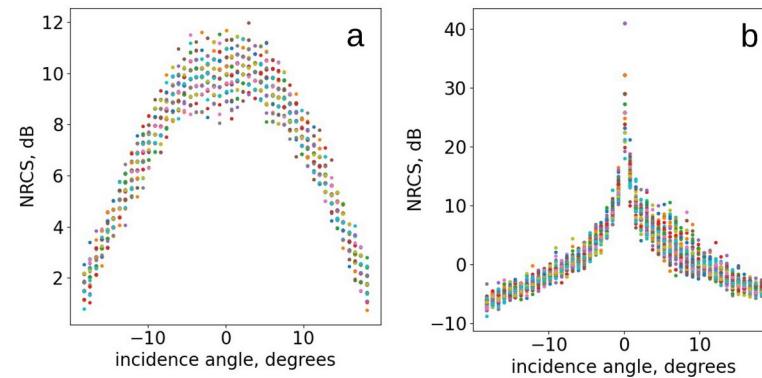
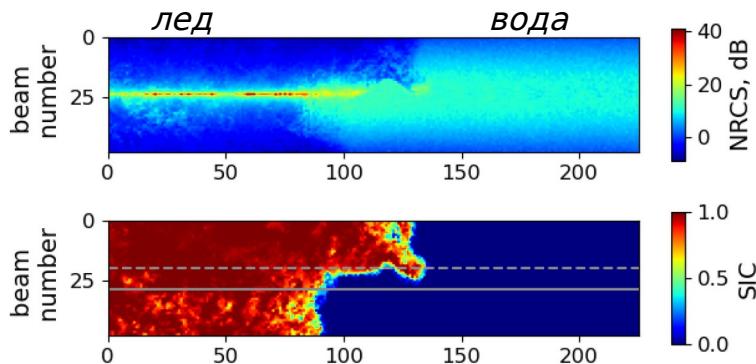
# Введение

---

- Мониторинг становления и разрушения ледяного покрова на внутренних водоемах важен для решения гидрологических проблем и обеспечения безопасности населения, исследования климатических изменений. Информация о состоянии ледяного покрова поступает от данным наземных наблюдений, а также по спутниковым данным.
- Среди них особенно важны оптические данные, однако в присутствии облачности они не могут полноценно применяться. Дополнить объем данных дистанционного зондирования в присутствии облачности и в ночное время можно по измерениям радиолокаторов орбитального базирования с широкой полосой обзора и достаточно высоким разрешением. Среди них радар-интерферометр Ка-диапазона (KaRIn) миссии Surface Water and Ocean Topography (SWOT) и Dual Frequency Precipitation Radar (DPR) миссии Global Precipitation Measurements (GPM).
- В данной работе используются данные радиолокатора DPR. Пространственное разрешение составляет 5 км, ширина полосы обзора 245 км, треки спутника покрывают область широт до 65 градусов.
- В работах (Panfilova & Karaev, 2023, 2024) показано, что по данным DPR возможно детектировать положение ледяного покрова в океане (соленый лед) с достаточно высокой точностью. В работе (Karaev et. al., 2018) демонстрируется возможность детектирования границ ледяного покрова на озере Байкал (пресный лед).
- Была собрана база данных радиолокатора DPR за 2017-2019 годы. Разработано веб-приложение, которое позволяет выбирать регион, временной интервал, и отслеживать поведение сигнала в полосе обзора радиолокатора над внутренними водоемами. По контрасту сигнала вода-лед возможно определять положение границы ледяного покрова на озерах.

# Вид сигнала для воды и льда

- В работе (Panfilova, Karaev, 2023) показано, что для одного угла падения гистограммы значения сигналов для воды и льда разнесены, поэтому возможно применить пороговый метод для классификации типа поверхности.
- В работах (Karaev et. al., 2018; Panfilova & Karaev 2024) показано, что вид угловой зависимости сигнала для воды и льда (и пресного, и соленого) существенно отличаются.



Рисунки из (Panfilova, Karaev, 2024)

На данный момент веб-приложение позволяет визуализировать значение сигнала в полосе обзора за выбранные даты на заданной территории. По виду сигнала в полосе обзора возможно определить тип поверхности. Рассмотрен пример Ладожского озера. Для сравнения используются оптические изображения MODIS с сайта <https://worldview.earthdata.nasa.gov>

# Интерфейс веб-приложения

Start date (yyyy-mm-dd)      End date (yyyy-mm-dd)

2018-01-01      2018-01-05

Minimum latitude      Maximum latitude

59.50      62.00

Minimum longitude      Maximum longitude

29.50      33.00

Show rivers as multilines

Visualize each track separately

Add hover tool (usable only for a narrow range of zoom level, but can be turned off)

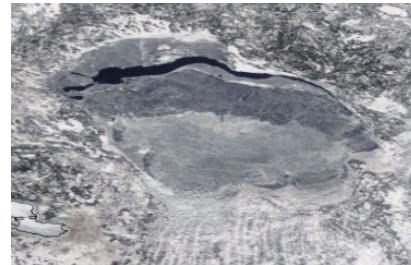
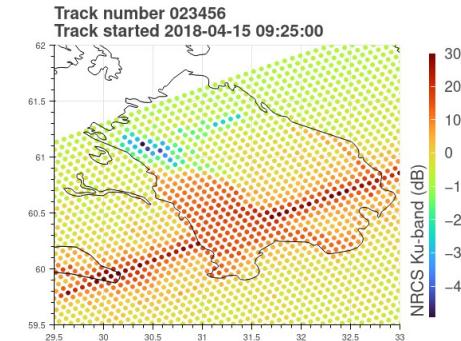
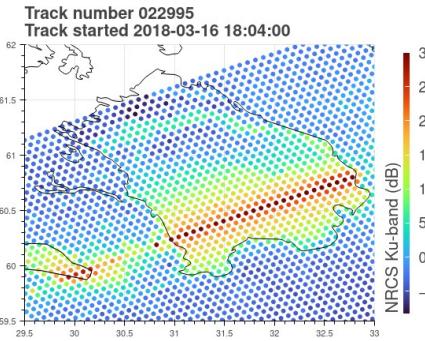
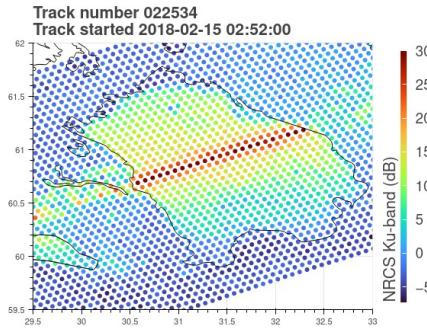
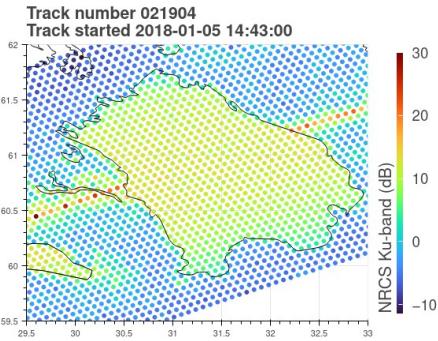
Data submitted successfully!

There are 11 selected tracks.

Selected track numbers: ['021845', '021858', '021861', '021873', '021876', '021889', '021891', '021904', '021907', '021919', '021922']

- В веб-приложении необходимо задать диапазон дат и координат в заданном формате.
- Ниже будут отображены радиолокационные изображения для данных, хранящихся на сервере. На данный момент база данных содержит данные с 2017 по 2019 год.
- Веб приложение реализовано с помощью фреймворка Streamlit и библиотеки Bokeh.

# Ладожское озеро



Январь, облачно.  
По радиолокационному  
изображению видно:  
льда нет!

Молодой лед

Полоса открытой  
воды

Граница вода-лед

# Заключение

---

- Данные радиолокатора и организованный доступ к ним могут быть полезны для развития мониторинга становления и разрушения ледяного покрова на внутренних водоемах.
- Дальнейшее развитие проекта может включать в себя создание маски льда. Для этого следует накопить статистику сигнала для каждого угла падения и определить пороги между типами поверхности вода-лед.
- Визуализация данных радиолокатора возможна и для других приложений, практически по всему земному шару: до широт не выше 65 градусов.

---

## **Литература**

1. Panfilova, M.; Karaev, V. Sea Ice Detection by an Unsupervised Method Using Ku- and Ka-Band Radar Data at Low Incidence Angles: First Results. *Remote Sens.* **2023**, 15, 3530.
2. Panfilova, M.; Karaev, V. Sea Ice Detection Method Using the Dependence of the Radar Cross-Section on the Incidence Angle. *Remote Sens.* **2024**, 16, 859.
3. V. Karaev, M. Panfilova, Y. Titchenko, E. Meshkov, G. Balandina and Z. Andreeva, "Monitoring of Inland Waters by Dual-Frequency Precipitation Radar: First Results," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 11, no. 11, pp. 4364-4372, Nov. 2018

**Работа была выполнена в рамках госзадания ИПФ РАН (FFUF-2025-0005).**

**Авторы выражают благодарность Бурдейному Дмитрию Игоревичу.**

Ссылка на веб-приложение всем, кто заинтересован, будет отправлена по запросу.

Почта для связи:

[marygo@mail.ru](mailto:marygo@mail.ru)