Лабораторные исследования особенностей радиолокационного рассеяния на имитаторах морского льда различного масштаба в присутствии длинных волн

Тюрин А.О.

Даниличева О.А.

Ермаков С.А.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 25-77-00027)

Постановка задачи

Всепогодный мониторинг

Спутниковое радиолокационное зондирование наблюдает морской лёд в полярных широтах

Сложная интерпретация

Рассеяние сильно зависит от структуры и масштаба ледовых образований

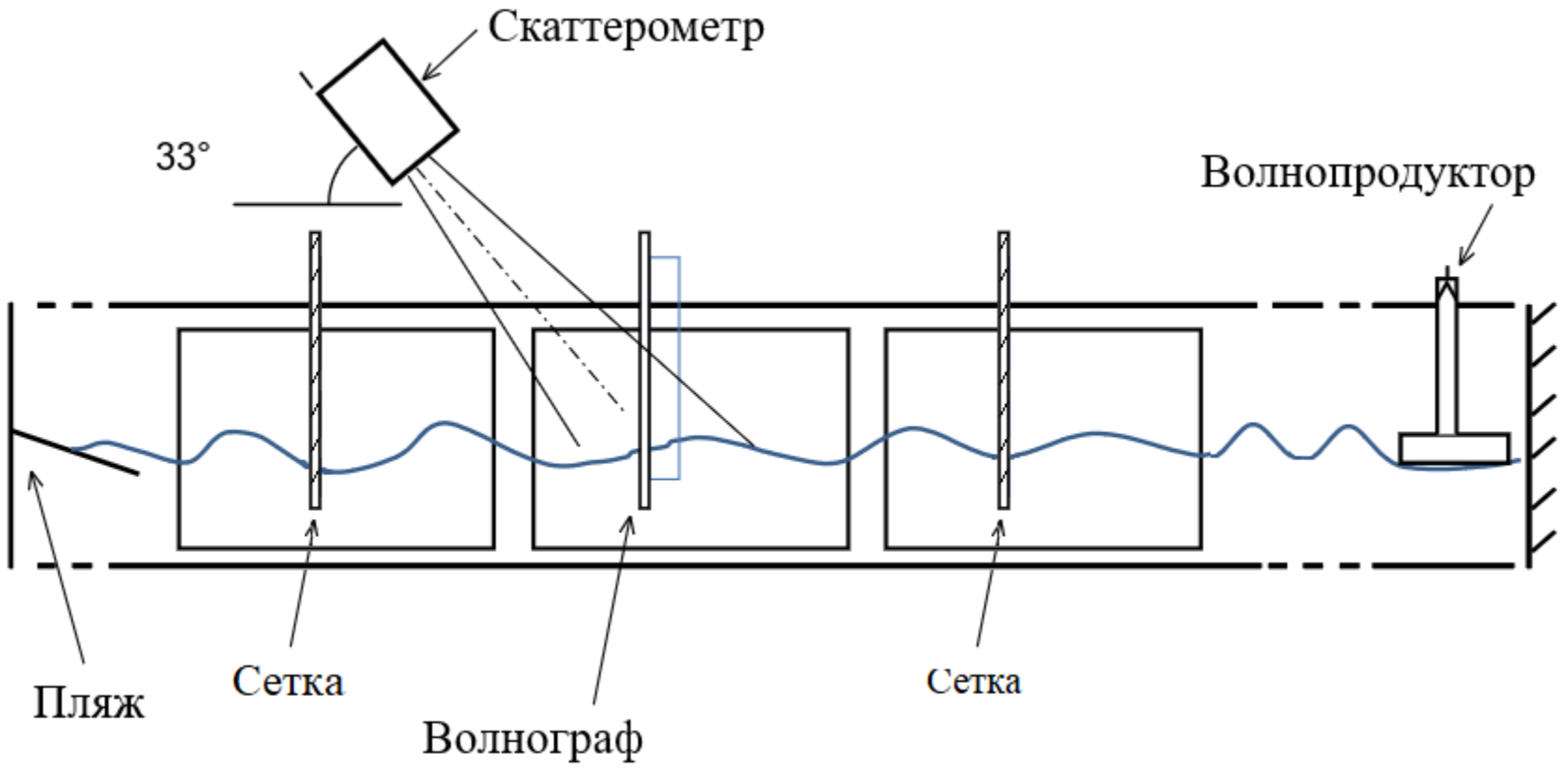
Мало натурных данных

В Арктике трудно проводить контролируемые измерения, поэтому нужно лабораторное моделирование

- **Целью работы** являлось лабораторное моделирование морского льда и экспериментальное сравнение спектральных характеристик радиолокационного сигнала (доплеровских спектров и интенсивности рассеяния), рассеянного на имитаторах ледовых образований различного масштаба в присутствии длинных волн.

Эксперимент – установка

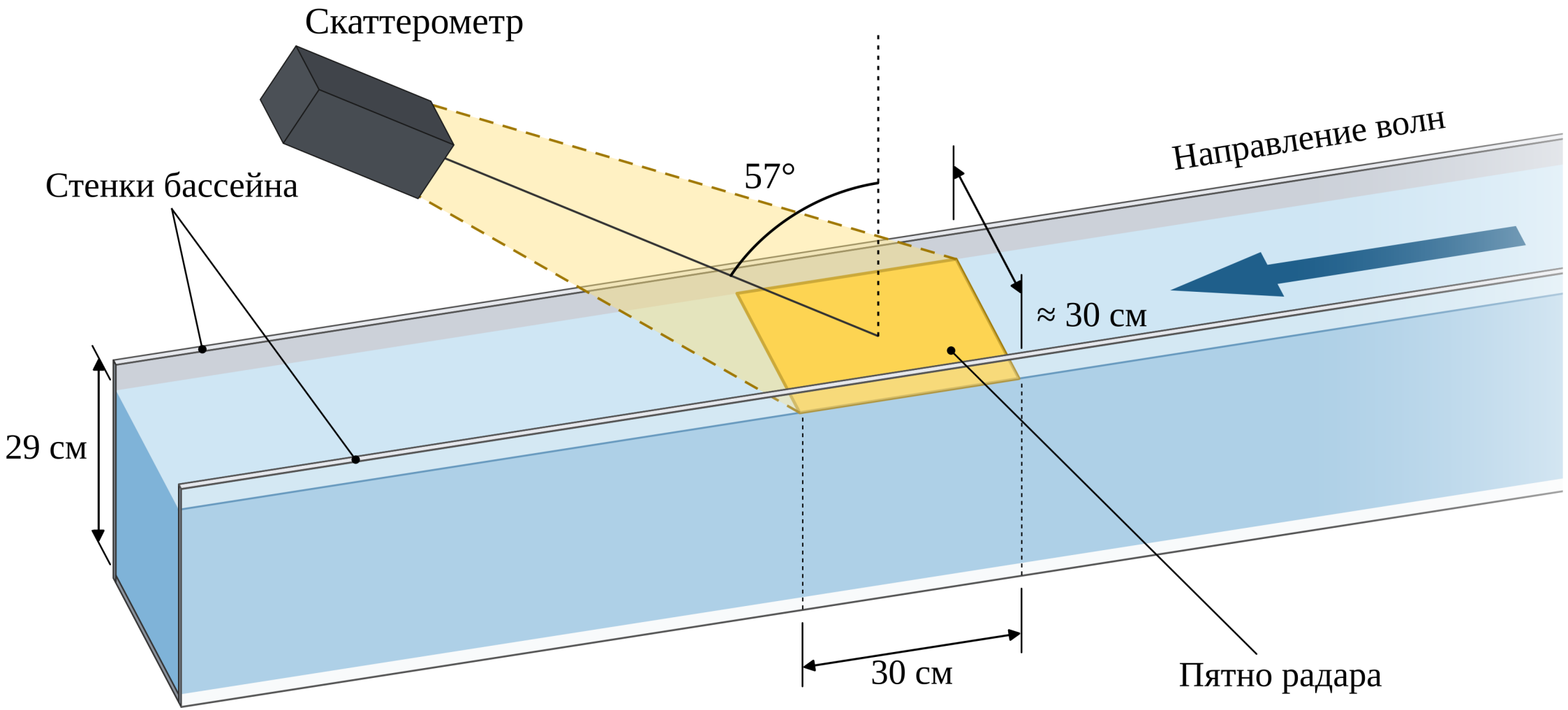
Ветроволновой бассейн (схема установки)



Бассейн	Овальный ветроволновой, ИПФ РАН
Радар	Скаттерометр Ка-диапазона, VV
Угол падения РЛ	57°
Глубина воды	29 см
Длинные волны	Квазипериодические, ≈ 1 Гц

Эксперимент – установка

Область наблюдения

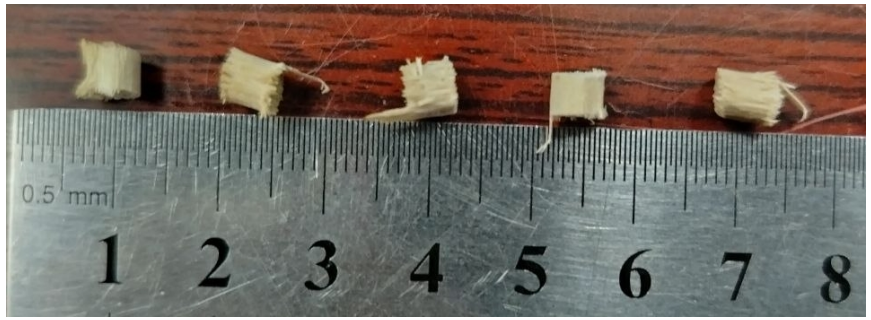


Эксперимент - имитаторы

Имитаторы льда двух масштабов

Мелкая фракция - *Бамбук*

Частицы размером 5-6 мм. При намокании диэлектрическая проницаемость близка к проницаемости морского льда





Крупная фракция - *Поролон*

Блок 25х30 см, толщина 8 см, свободно плавает: один край погружен сильнее другой выступает над водой

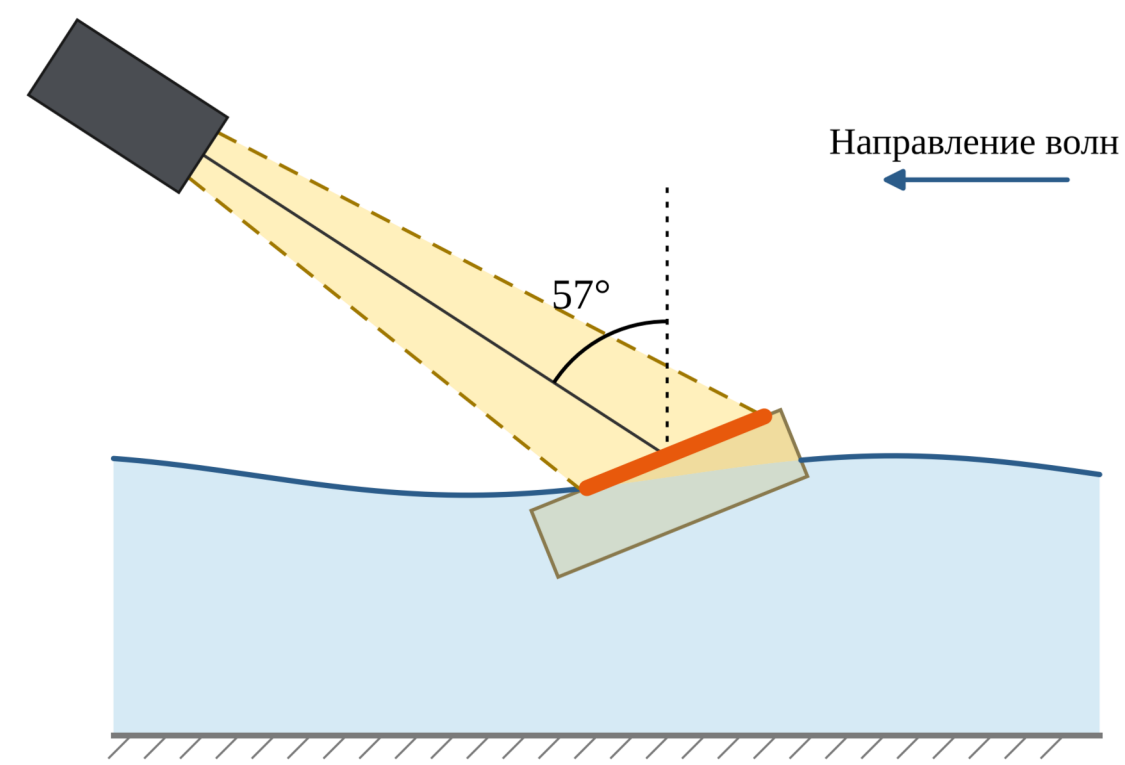
Две ориентации: *«плоскость» и «торец»*



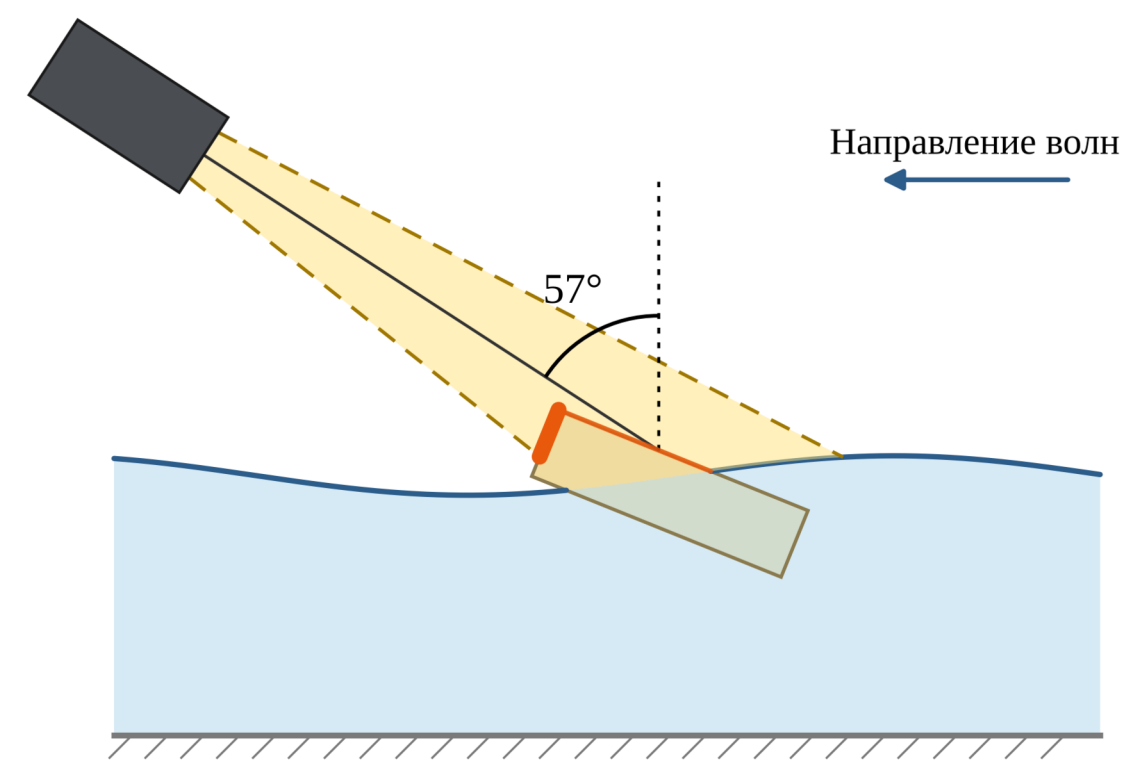
Эксперимент - имитаторы

Ориентация поролона

«Плоскость»



«Торец»



Обработка экспериментальных данных

Доплеровский спектр

Спектр мощности сигнала скаттерометра в полосе 0-120 Гц, среднее по записям

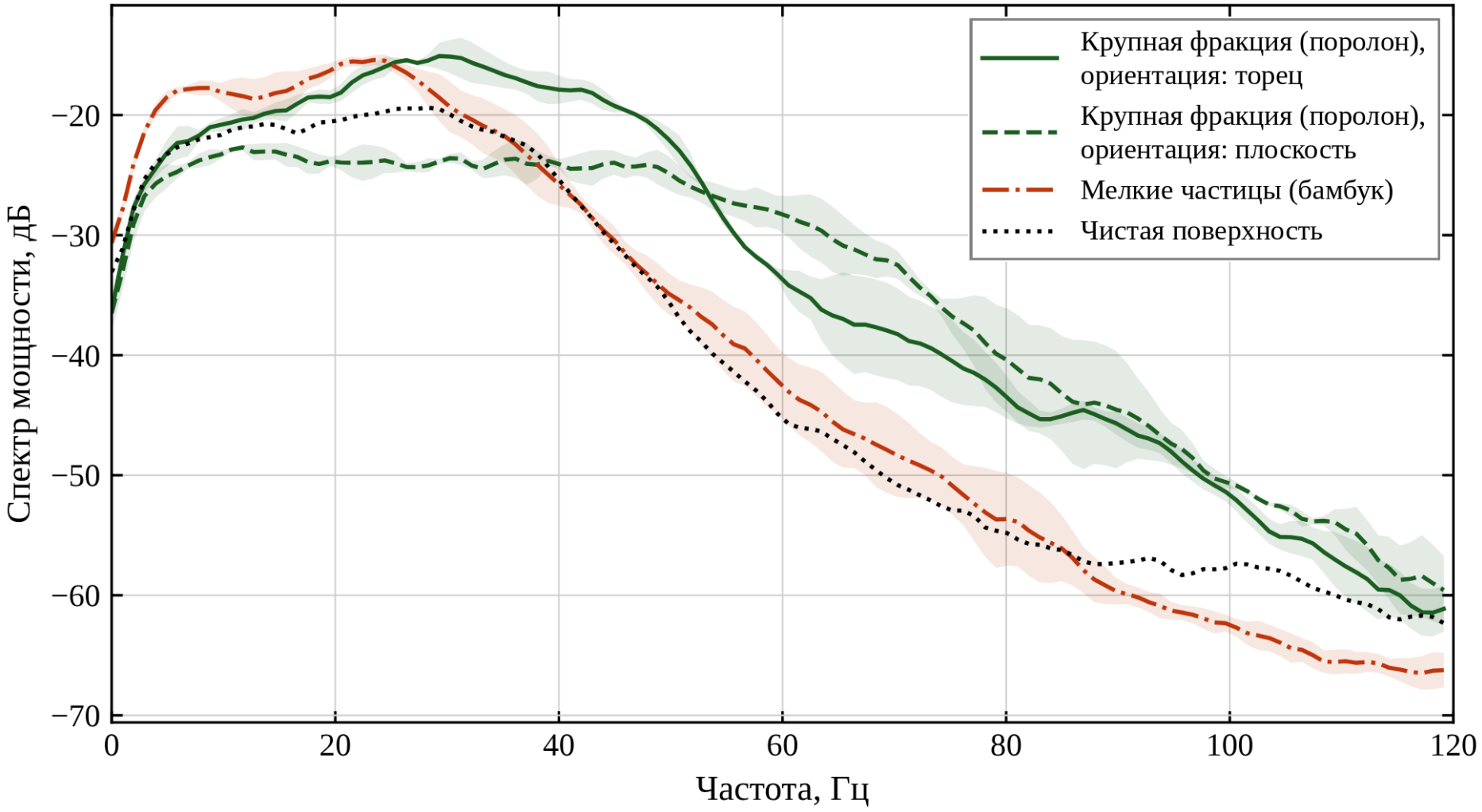
Фаза длинной волны

Четыре интервала по π/2 по сигналу волнографа

Интенсивность рассеяния РЛ сигнала

Суммарная мощность спектра в каждом фазовом интервале

Средние доплеровские спектры



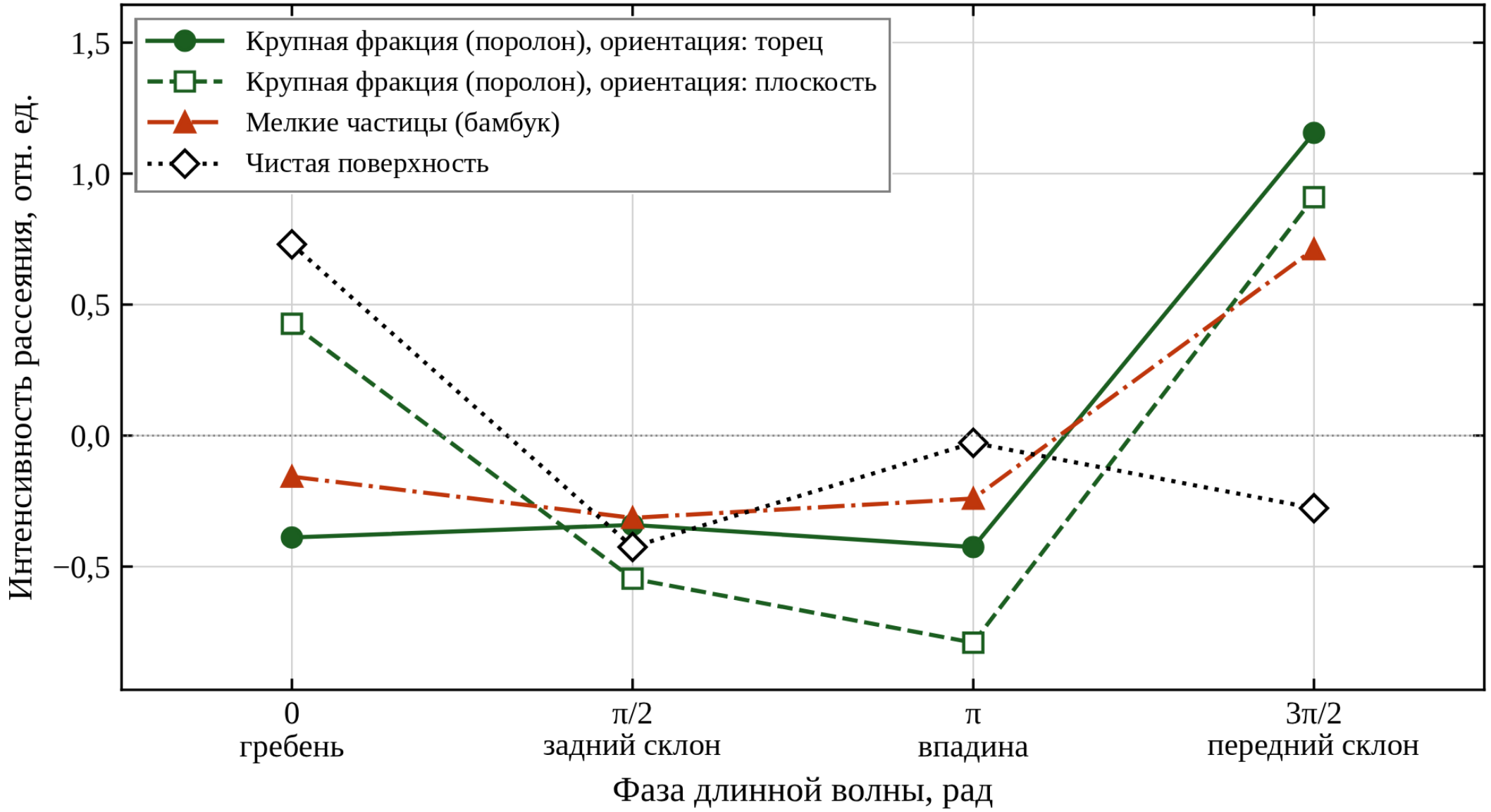
1) **Мелкая фракция ≈ чистая вода.** *Максимум наблюдается около 25 Гц (частицы движутся с орбитальными скоростями волны).*

1) **Крупная фракция – спектр шире.** *В ориентации "торец" максимум порядка 30 Гц.*

*1) **На 50-100 Гц** спектр крупного объекта выше на 10-15 дБ, так как блок сам излучает мелкую рябь.*

Результаты – интенсивность рассеяния радиолокационного (РЛ) сигналаа

Изменение интенсивности по фазе волны



Обсуждение механизма рассеяния сигнала

Мелкая фракция

Следуют за орбитальным движением длинной волны. Максимум доплеровского спектра ≈ 25 Гц, уровень близок к чистой воде*

Крупная фракция

Ориентация "торец"

Дифракция на ребре и собственные колебания объекта: он порождает свободные мелкие волны, бегущие в обе стороны. Максимум спектра ≈ 30 Гц. На частотах 50-100 Гц уровень выше, чем у чистой воды, на 10-15 дБ**

Ориентация "плоскость"

Спектр размыт, а максимум слабо выражен. На низких частотах уровень ниже, чем у других случаев. Предположительно, это связано с более слабым рассеянием от самой плоскости объекта (блока)

Уровень и форма спектра крупного объекта существенно зависят от его ориентации относительно направления зондирования

** Численные значения относятся к условиям данного эксперимента (Ка-диапазон, угол падения 57°, частота длинной волны ≈ 1 Гц)*

Обсуждение

Выводы

1) С ростом масштаба имитатора меняется механизм формирования сигнала. Мелкие частицы лишь следуют за орбитальным движением длинной волны, тогда как крупный плавающий объект сам возбуждает мелкомасштабные волны;

2) Мелкая фракция: положение максимума спектра и уровень сигнала близки к чистой воде. Крупная фракция: спектр шире, в ориентации «торец» максимум смещается в область больших частот;

3) Уровень и форма спектра крупного объекта существенно зависят от его ориентации относительно направления зондирования;

4) Максимум интенсивности РЛ приходится на передний склон длинной волны для всех исследованных поверхностей;

Дальнейшие исследования позволят уточнить вклад отдельных механизмов рассеяния и улучшить методики мониторинга морского льда.

Спасибо за внимание!

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 25-77-00027)