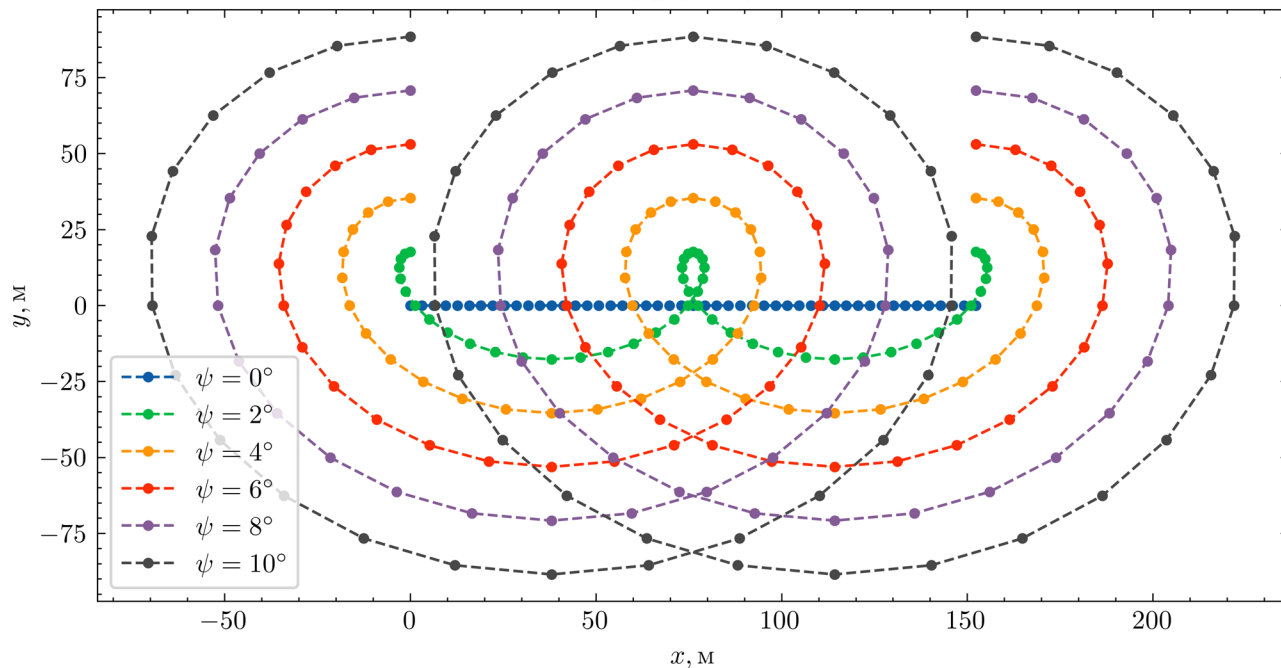
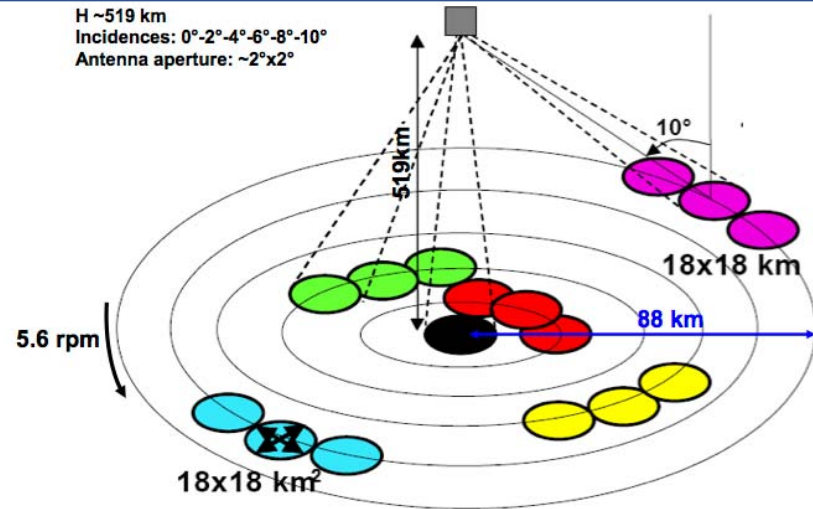


Восстановление двумерного поля
уклонов морской поверхности
спектрометром SWIM спутника
CFOSAT: численное моделирование

Понур К.А., Караев В.Ю., Рябкова М. С., Титченко Ю.А.

Схема измерения



Параметры	Значения
Несущая частота	13.575 ГГц
Ширина полоса	320 МГц
Длительность импульса, τ	50 нс
Углы падения, ψ	0°, 2.3°, 3.7°, 5.55°, 7.4°, 9.25°
Ширина ДН на уровне -3 dB	1.5°, 1.5°, 1.7°, 1.8°, 1.8°, 1.8°
Частота вращения	5.6 об/мин

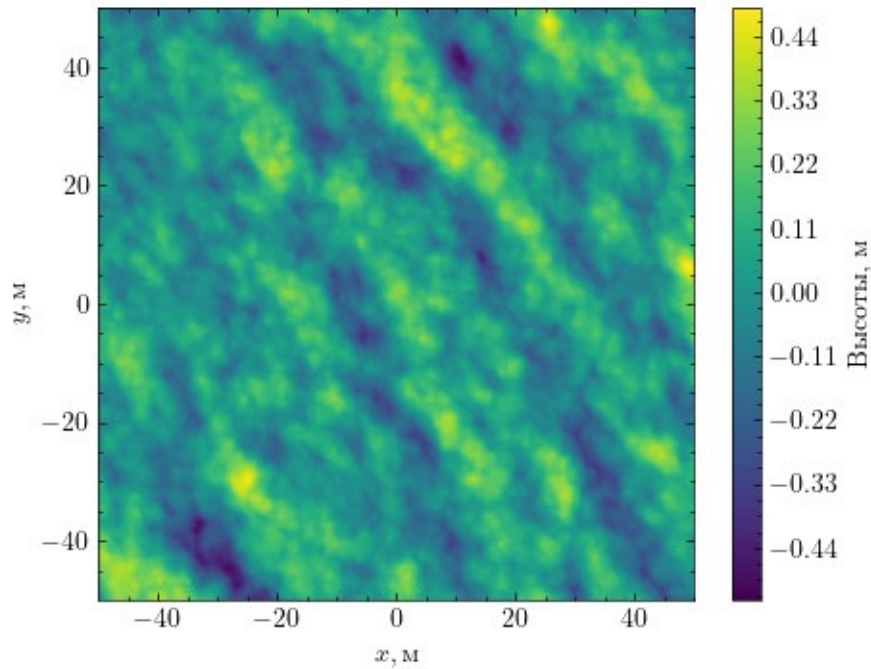
Измерение в надир:

- Восстановление высоты значительного волнения
- Оценка σ_0
- Восстановление скорости ветра

Измерение под углом:

- Для каждого угла падения измерения повторяются каждые 15° по азимуту.
- Восстановление направления ветра
- Восстановление двумерного поля уклонов

Предварительные оценки: численное моделирование схемы измерения



Пример смоделированного поля высот ветрового полностью развитого волнения ($U_{10} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $\tilde{\chi} = 20170$, $50 \times 50 \text{ м}$), распространяющегося под углом 45° к оси X

- Используется спектр [1]
- Моделирование производится с разрешением близким к излучаемой длине волны 2.2 см
- Моделируется «пятно» размером $17.7 \times 17.7 \text{ км}^2$

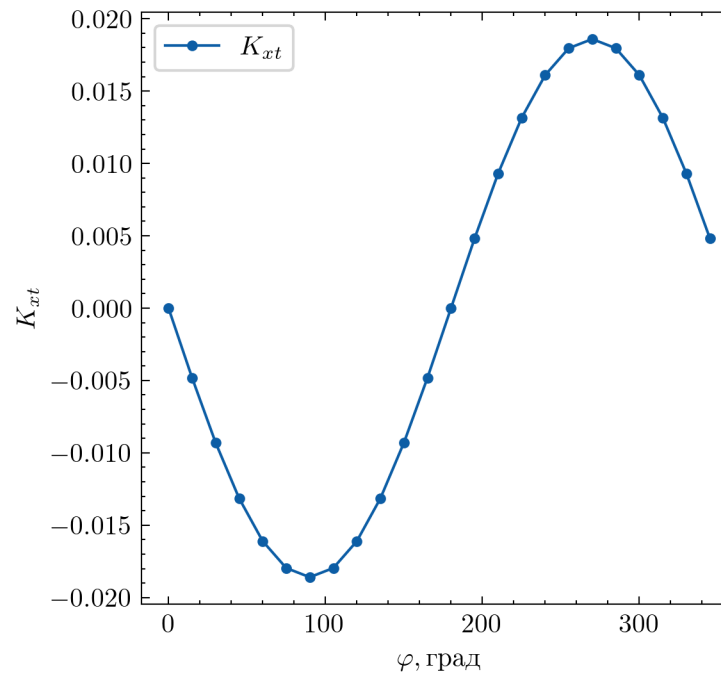
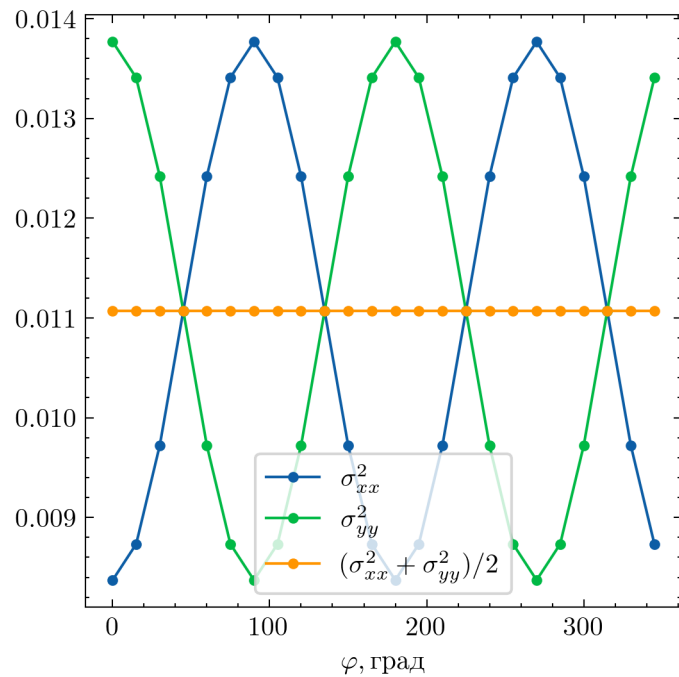
Сечение рассеяния оценивается исходя из статистических характеристик смоделированной поверхности:

$$\sigma_0 = \frac{R_{eff}^2}{2 \cos^4 \psi \sqrt{\sigma_{xx}^2 \sigma_{yy}^2}} \exp\left(-\frac{\text{tg}^2 \psi}{2 \sigma_{xx}^2}\right)$$

σ_0 - сечение обратного рассеяния,
 σ_{xx}^2 - дисперсия уклонов вдоль оси X, σ_{yy}^2 - дисперсия уклонов вдоль оси Y, R_{eff} - эффективный коэффициент отражения, ψ - угол падения

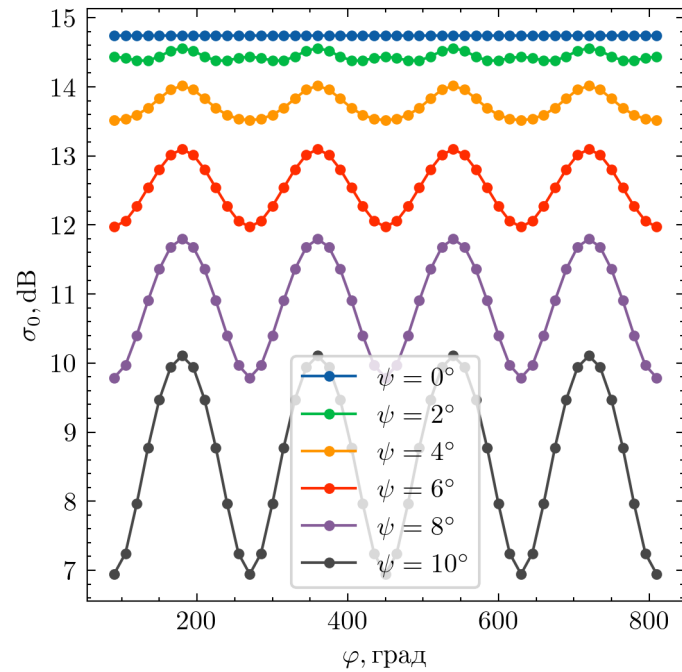
[1] Ryabkova M. Karaev V. , Guo J. , Titchenko Yu. A Review of Wave Spectrum Models as Applied to the Problem of Radar Probing of the Sea Surface, Journal of Geophysical Research: Oceans, 2019, pp. 7104–7134.

Зависимость дисперсии уклонов от направления распространения волнения

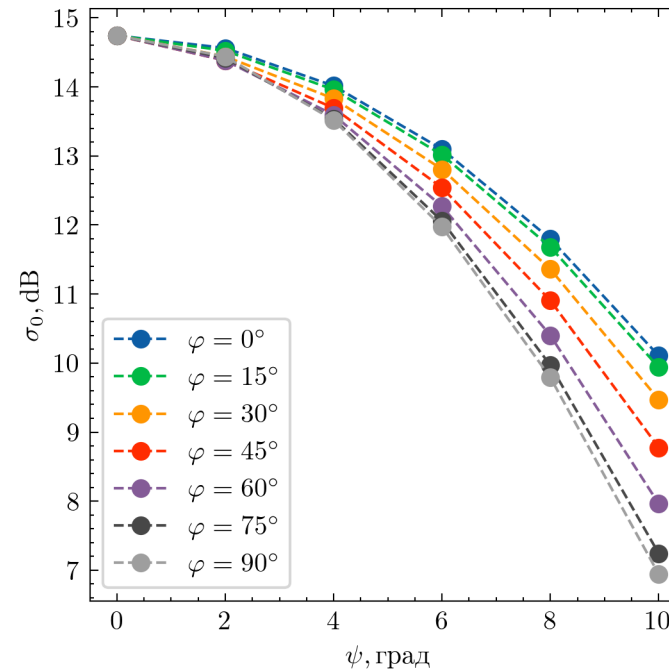


- Полностью развитое волнение
 $\tilde{\chi} = 20170$
- Скорость ветра
 $U_{10} = 5 \frac{\text{M}}{\text{C}}$
- Направление волнения
 $\varphi = [0, 345]^\circ$

Результаты моделирования



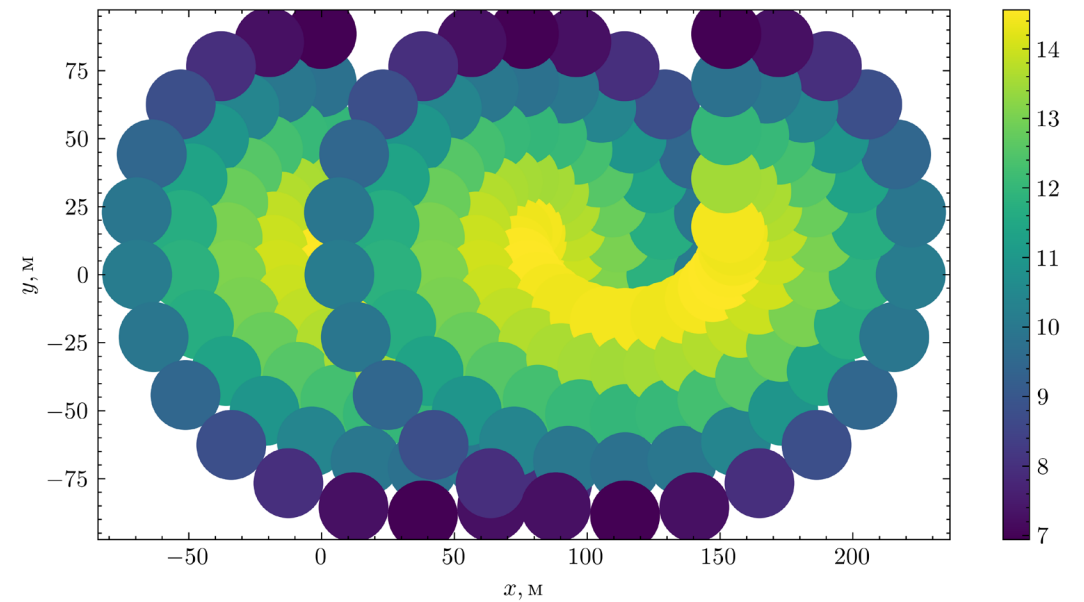
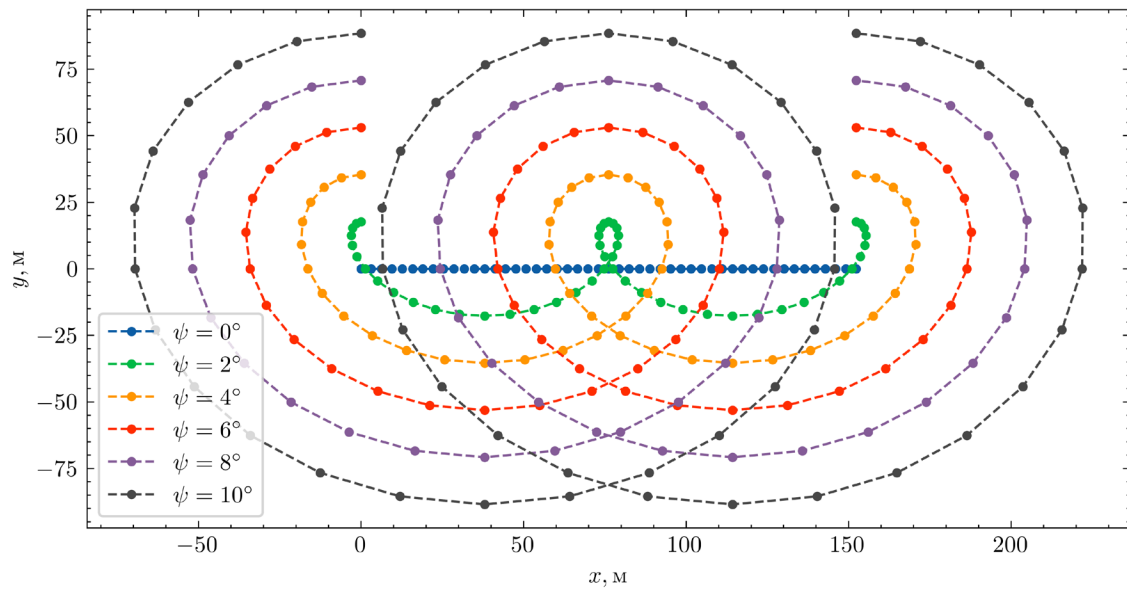
Зависимость сечения обратного рассеяния вдоль трека (см. рис. 2) для углов падения ψ : $0^\circ, 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 10^\circ$



Зависимость сечения обратного рассеяния от угла падения для азимутальных углов φ : $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$

- Полностью развитое волнение
 $\tilde{\chi} = 20170$
- Скорость ветра
 $U_{10} = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$
- Направление волнения
 $\varphi_0 = 0^\circ$

Результаты моделирования



Пример получаемого двумерного изображения сечения обратного рассеяния σ_0

Выводы

- Смоделирована схема измерения спектрометра SWIM спутника CFSAT
- Проведен численный эксперимент на модельной морской поверхности
- Получены зависимость сечения обратного рассеяния $\sigma_0(\psi, \varphi)$ от азимутального угла и угла падения
- В дальнейшем планируется использовать полученную модель для тестирования разработанного ранее алгоритма восстановления уклонов морской поверхности [1].

[2] В.Ю.Кареев, М.А.Панфилова, М.С.Рябкова, Ю.А.Титченко, Е.М.Мешков, Х.Ли, Восстановление двумерного поля уклонов спектрометром SWIM спутника CFOSAT: обсуждение алгоритма, Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, направлена в печать

Спасибо за внимание!