

Отображение пленок на морской поверхности в радиолокационном сигнале при зондировании под малыми углами скольжения

Кориненко А.Е.(1), Кудрявцев В.Н.(2, 1), Малиновский В.В.(1)

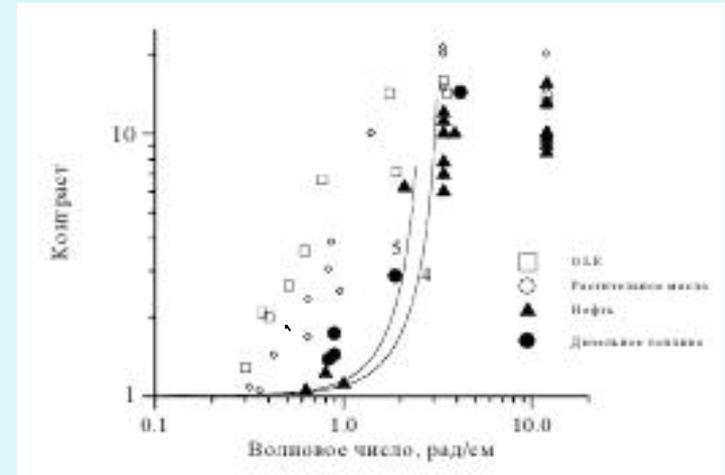
((1) Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия;

(2) Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия)

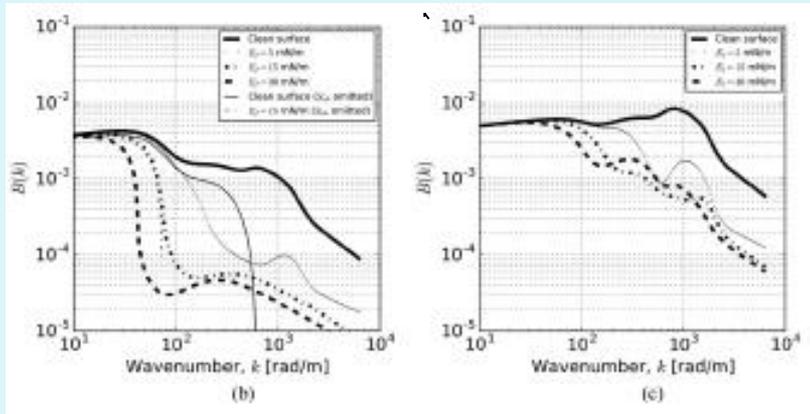
ФОРМИРОВАНИЕ ЭПР МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Скользящие углы зондирования:

Квази-зеркальные отражения от нелинейных особенностей обрушающихся ветровых волн



Спектральный контраст. Скорость ветра 6-7 м/с.
(Ермаков С.А., и др. Пленки на морской поверхности и их дистанционное зондирование. 2006)



Уровень спектра коротких ветровых волн при скорости ветра 5 м/с (а) и 10 м/с (б).

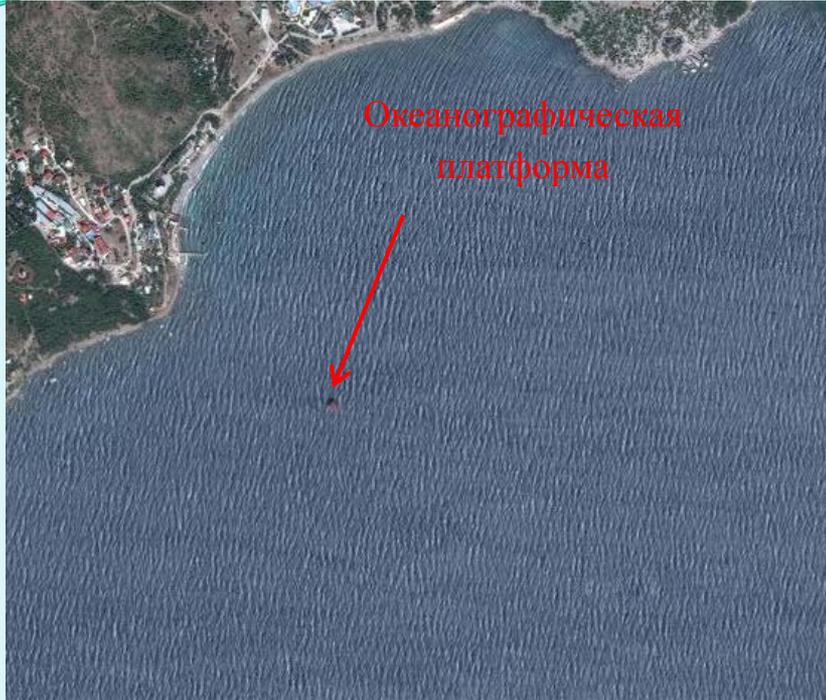
(Hansen, M. et. al. Wave Breaking in Slicks: Impacts on C-Band Quad-Polarized SAR Measurements. 2016)

Способны ли поверхностные пленки влиять на РЛ сигнал при скользящих углах зондирования?

Цель работы

Основной целью данной работы является экспериментальное исследование особенностей проявлений бликов в РЛ изображениях морской поверхности в X-диапазоне на горизонтальной поляризации при скользящих углах зондирования, и оценка наблюдаемости поверхностных загрязнений при различных скоростях ветра и азимутах наблюдения.

Место проведения эксперимента



Спутниковое изображение района проведения экспериментальных исследований и фотография океанографической платформы. Стрелками отмечены океанографическая платформа, положение радиолокационной станции (вставка рис.б).

Судовая РЛС «Река» ближнего обзора с высоким разрешением по дальности:

Частота: 9300-9500 МГц (X-диапазон)

Скорость вращения: 24 об/мин

Поляризация: горизонтальная

Выходная мощность: не более 1 Вт

Методика проведения эксперимента

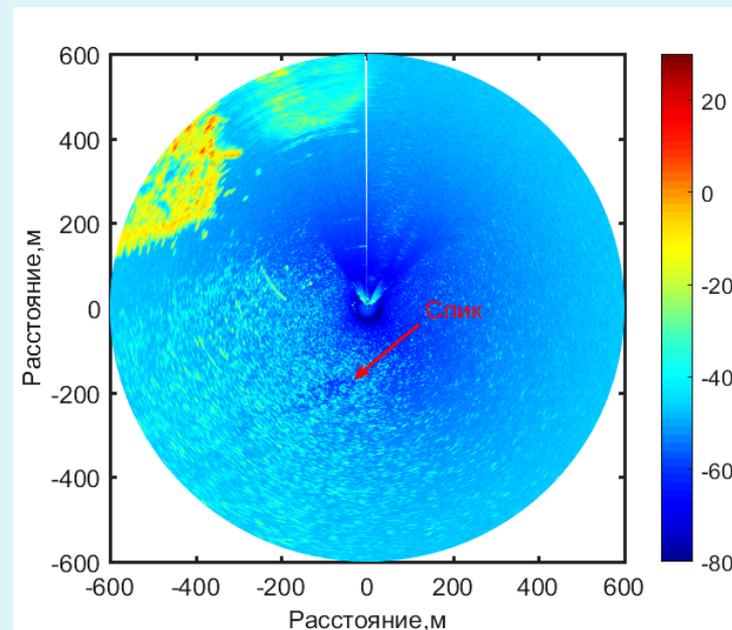
Момент разлива растительного масла



Фотоизображение зоны морской поверхности, покрытой поверхностной пленкой



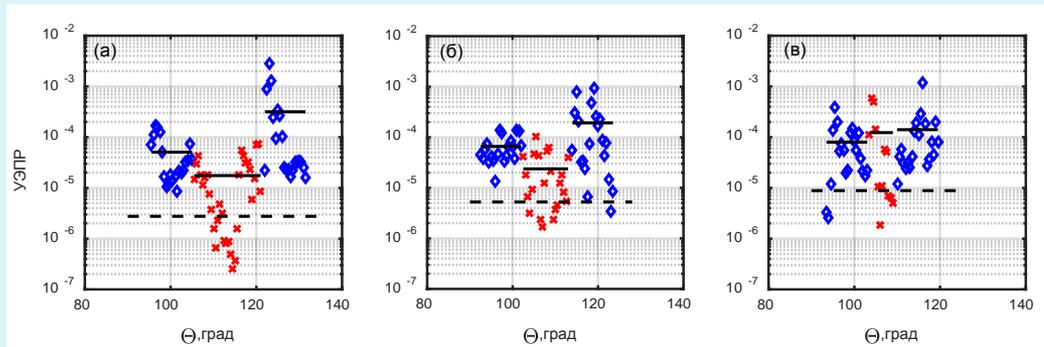
Радиолокационное изображение, осредненное за 20 оборотов радиолокатора



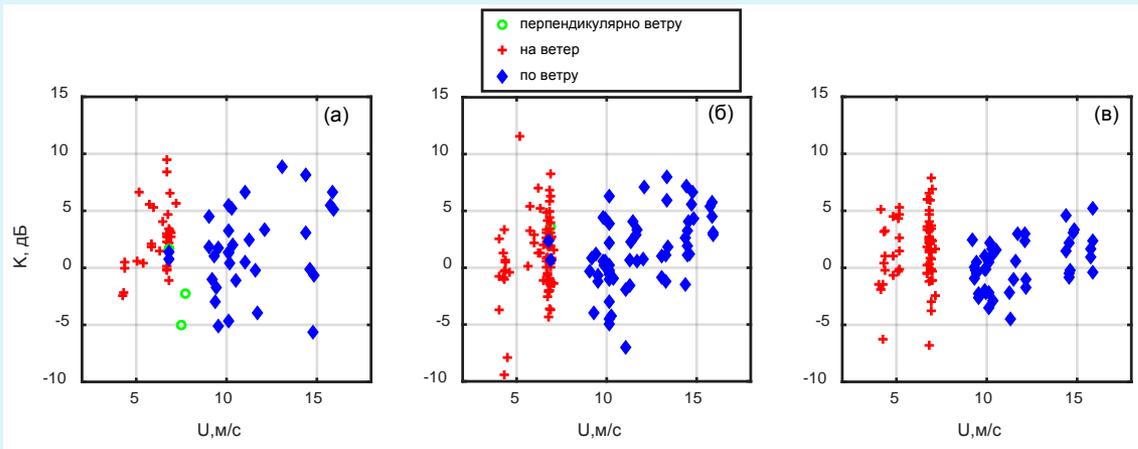
Всего в 2014-2015 годах было проведено 37 разливов растительного масла в широком диапазоне скоростей ветра (от 4 м/с до 16 м/с), азимутов и дальностей РЛ измерений.

Результаты натурных исследований

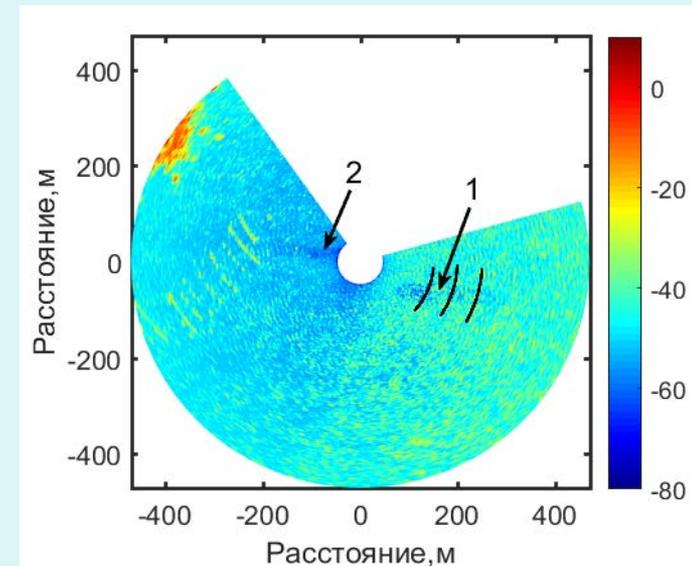
Контрасты УЭПР в линейных единицах



Зависимости УЭПР морской поверхности от азимута для углов наблюдения морской поверхности $84,3^\circ$, $85,7^\circ$, $86,7^\circ$, соответственно.



Зависимость значений радиолокационного контраста К от скоростях ветра при углах падения а) $82^\circ-84^\circ$, б) $84^\circ-86^\circ$, с) $86^\circ-89^\circ$.

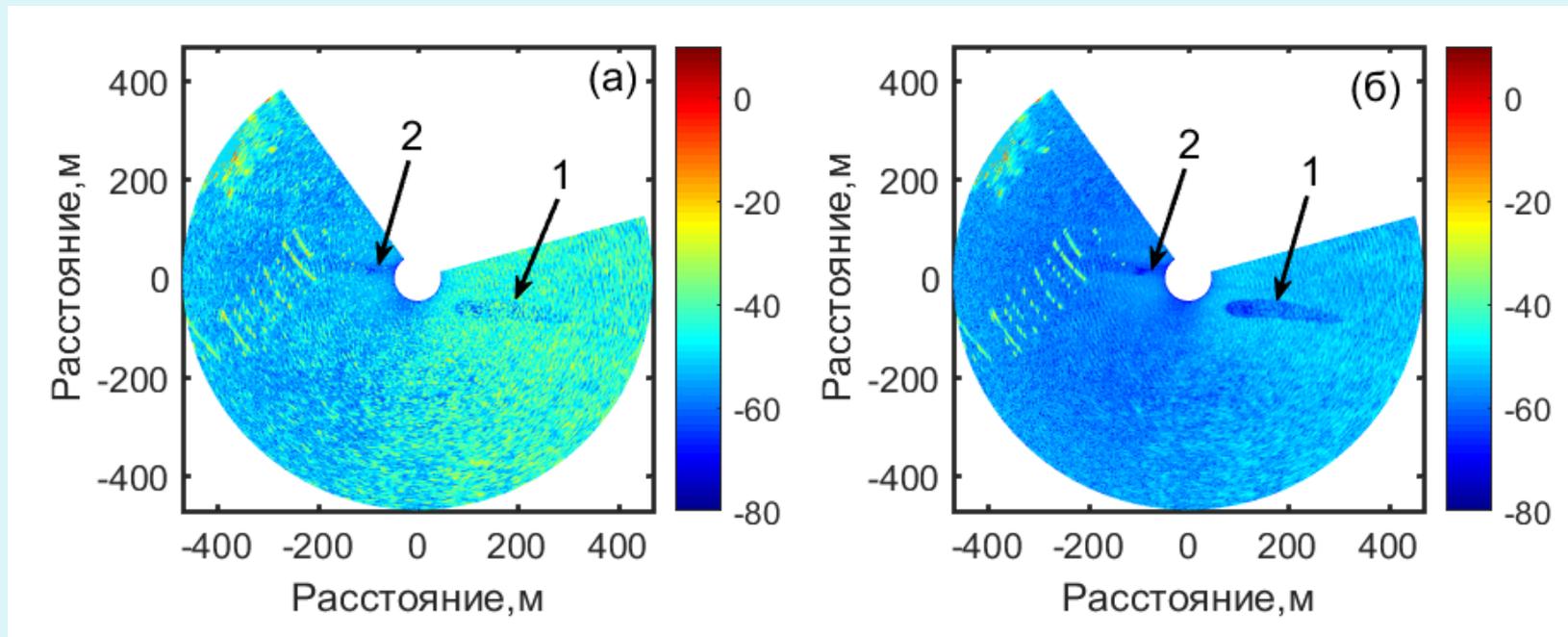


Фрагмент осредненного радиолокационного изображения. Стрелками 1, 2 отмечены, соответственно, зоны морской поверхности, покрытой пленкой растительного масла и ветровая тень от платформы

Результаты натурных исследований

Подавление эффекта спекл-структуры

$$\overline{\sigma}_{dB} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 10 \times \lg \sigma_0 = 10 \times \lg \left(\prod_{k=1}^n \sigma_0 \right)^{\frac{1}{n}}$$

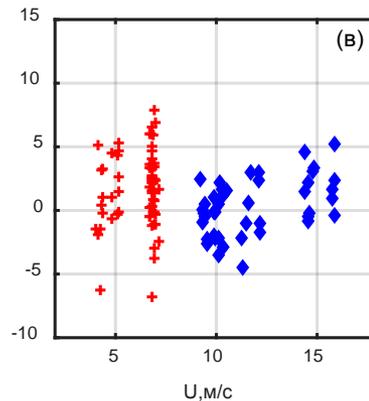
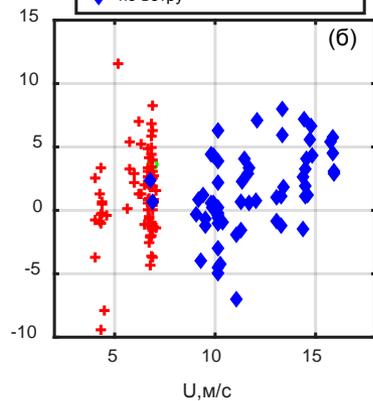
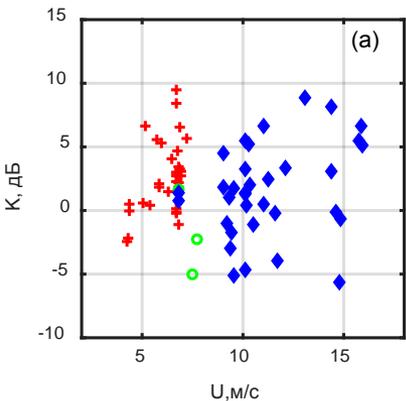


Фрагмент радиолокационного изображения, полученного при осреднении линейного сигнала (рис.а) и логарифмического (рис.б). Стрелками 1, 2 отмечены, соответственно, зоны морской поверхности, покрытой пленкой растительного масла и ветровая тень от платформы.

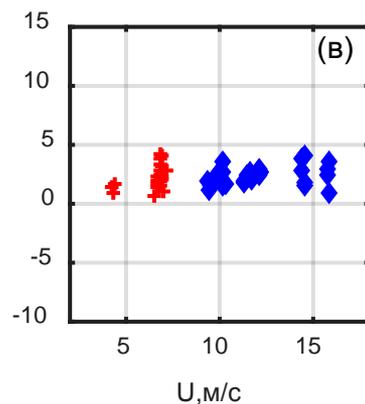
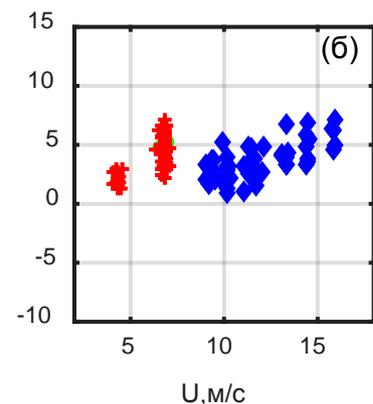
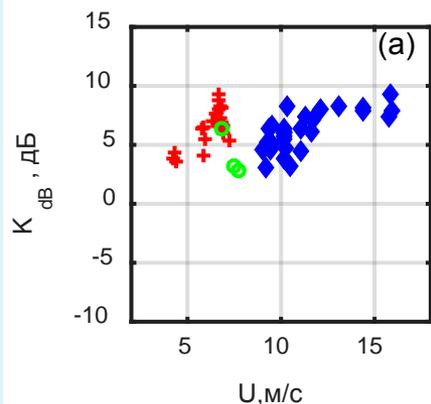
Результаты натурных исследований

Подавление эффекта спекл-структуры

○ перпендикулярно ветру
+ на ветер
◆ по ветру

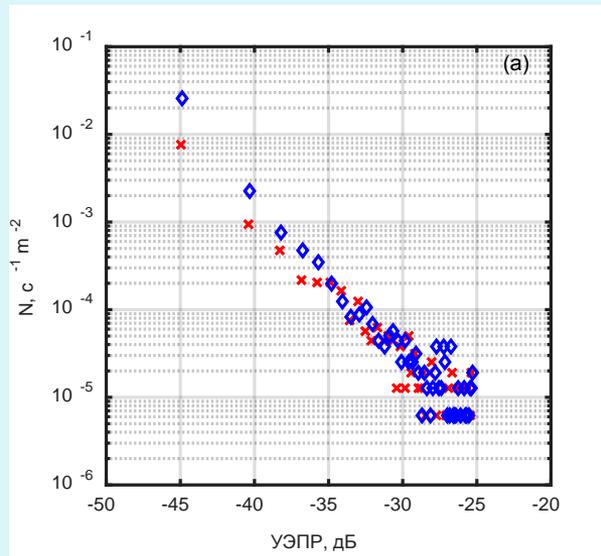


Зависимость значений радиолокационного контраста от скорости ветра при углах падения
а) 82° - 84° ,
б) 84° - 86° ,
в) 86° - 89° .

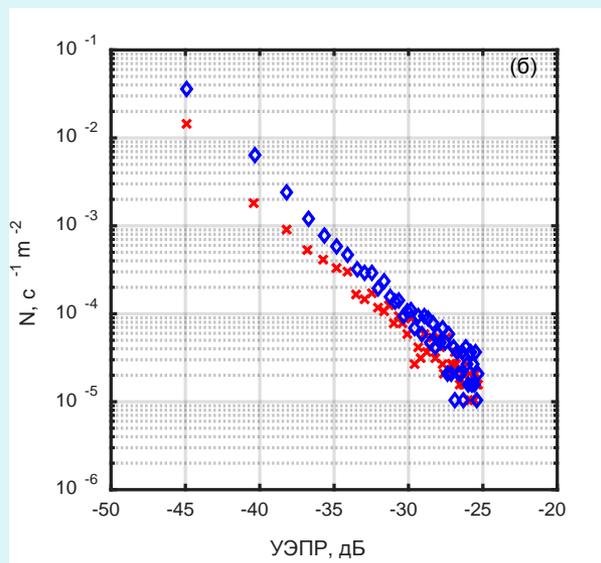


Результаты натурных исследований

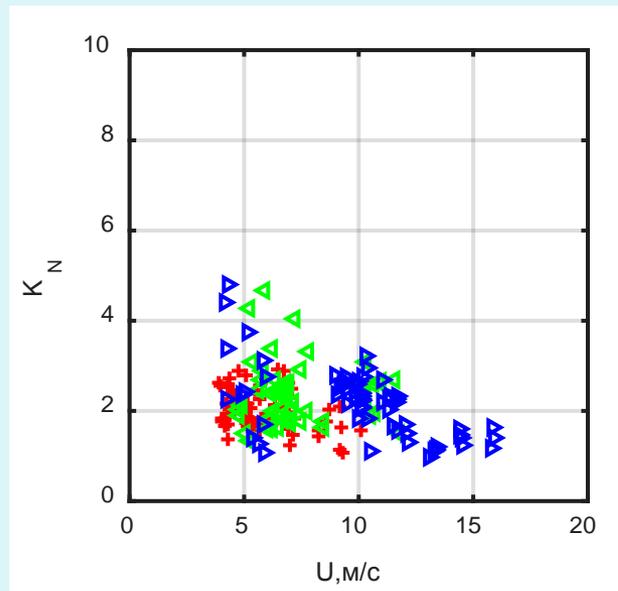
Статистические характеристики сигнала



Гистограмма распределения УЭПР всплесков для скоростей ветра 6 м/с (а), и 10 м/с (б).



Зависимость K_N от скорости ветра.



Выводы

Приведены результаты радиолокационных исследований морской поверхности с океанографической платформы под малыми углами скольжения при наличии искусственной пленки.

Показано, что из-за сильной спекл-структуры РЛ изображения, вызванного отражениями сигнала от обрушений наиболее крупных ветровых волн РЛ контрасты между чистой поверхностью и поверхностью, покрытой пленкой, выражены слабо, что существенно понижает достоверность РЛ обнаружения поверхностных загрязнений. После «подавления» спекл-структуры РЛ изображения проявление поверхностных сликов на РЛ изображениях становится явным.

Анализ статистических характеристик сигнала показал, что падение РЛ сигнала в слике связано с подавлением числа обрушений наиболее коротких ветровых волн, отражающих радиоволны.

Приведены характеристики РЛ-контрастов сликов в зависимости от скорости ветра и его направления.



Спасибо за внимание!