



# Поляриметрический анализ экспериментальных разливов масляных веществ по данным самолетного РСА L-диапазона (UAVSAR)

Ивонин Д.В., Карпов И.О.,  
Кожелупова Н.Г. Халиков З.А.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия  
ivonin@ocean.ru

По материалам и данным, находящимся в свободном доступе на <https://uavsar.jpl.nasa.gov/>



Эксперимент 2015 г. Norwegian Clean Seas Association for Operating Companies (NOFO)

L-диапазон (22 см) данные UAVSAR  
09 июня 2015  
(ветер 5 м/с поперечный)

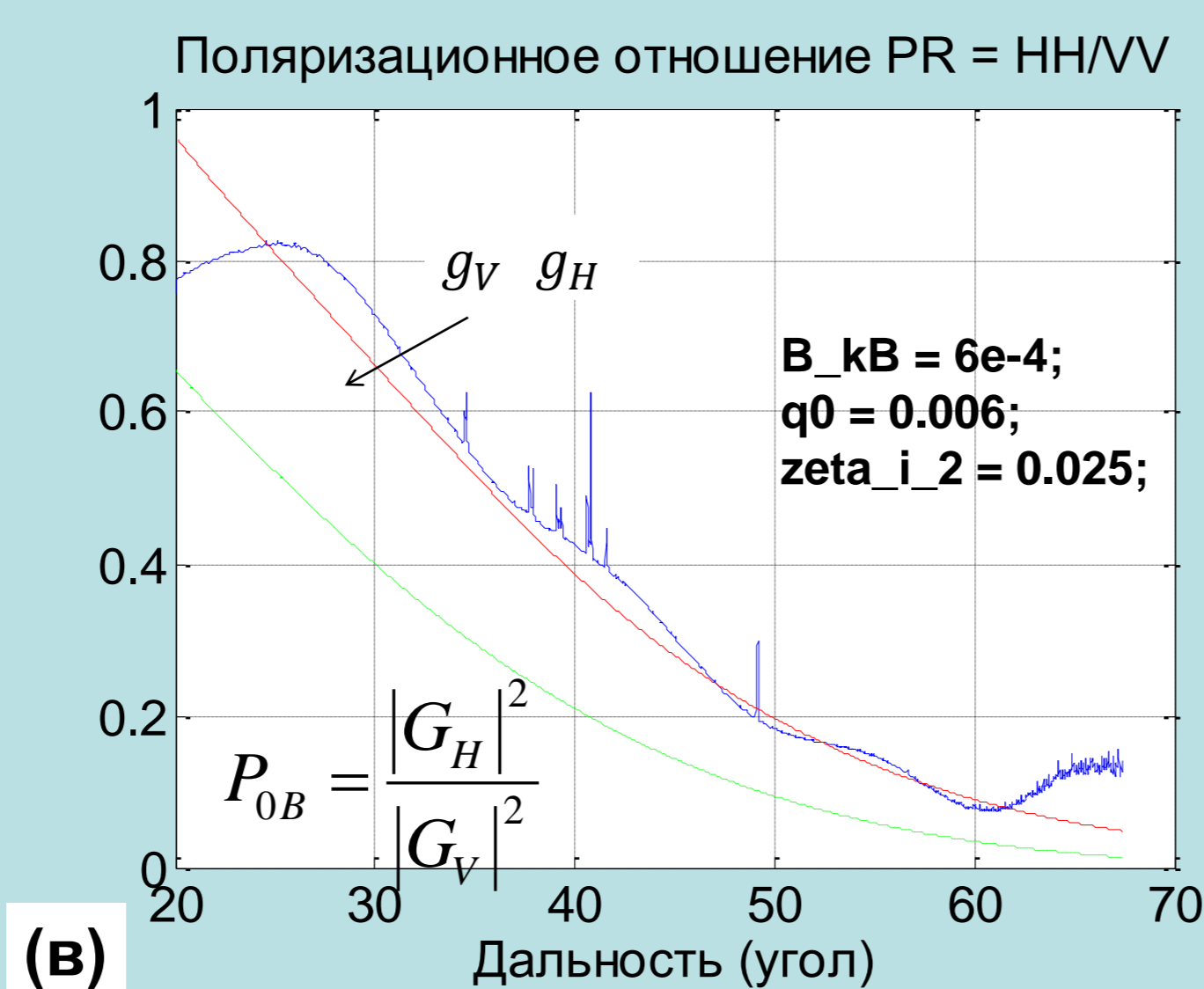
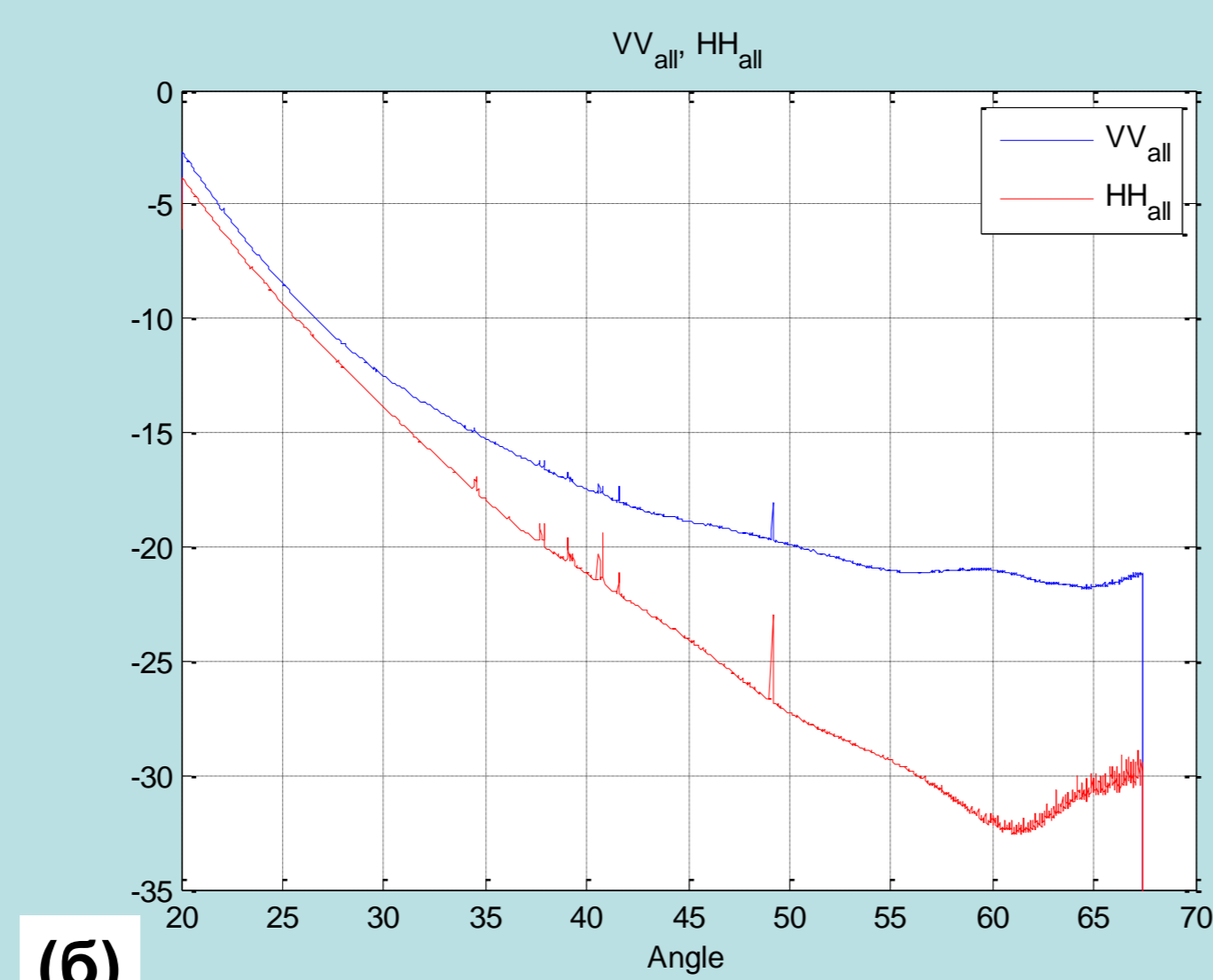
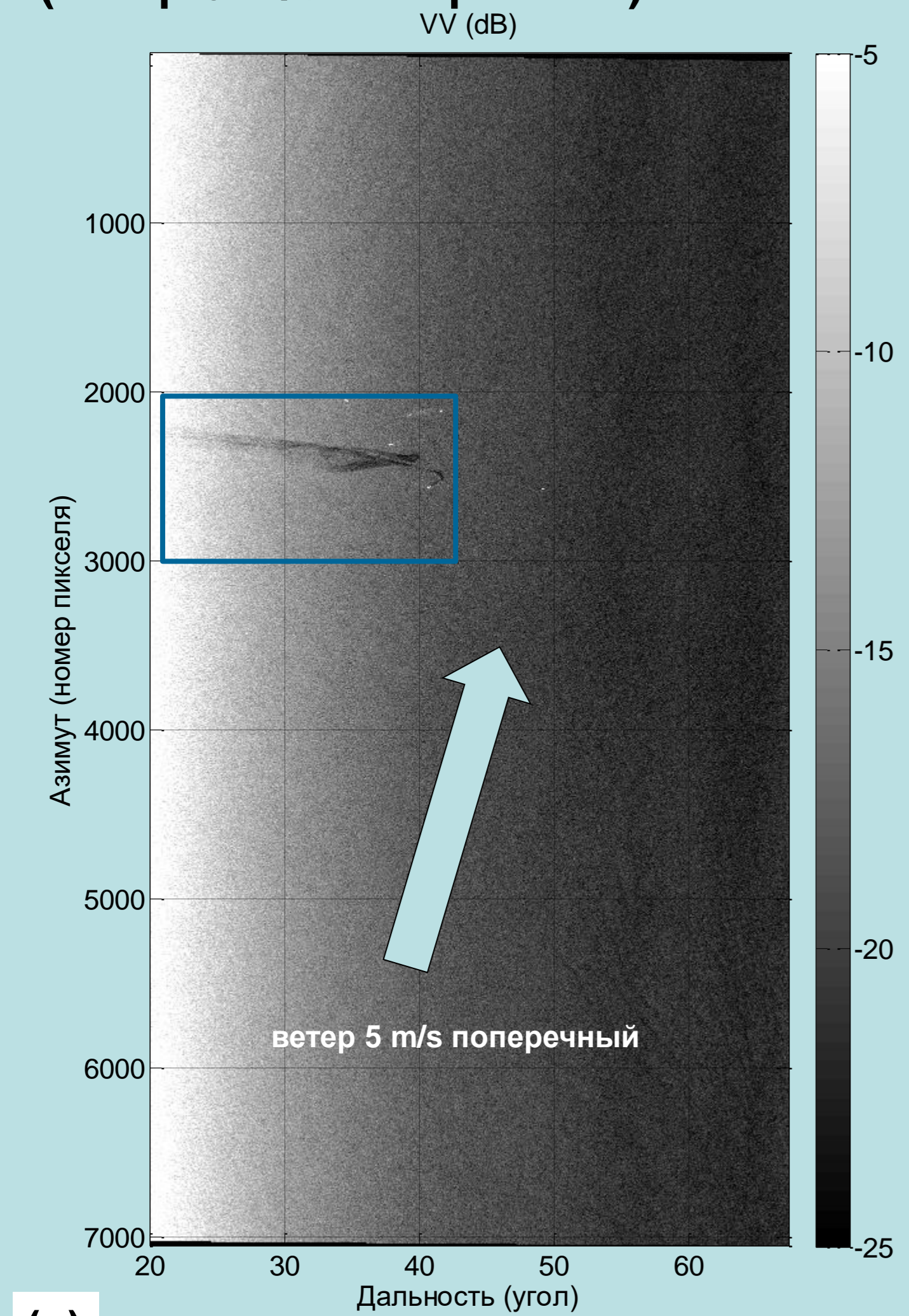
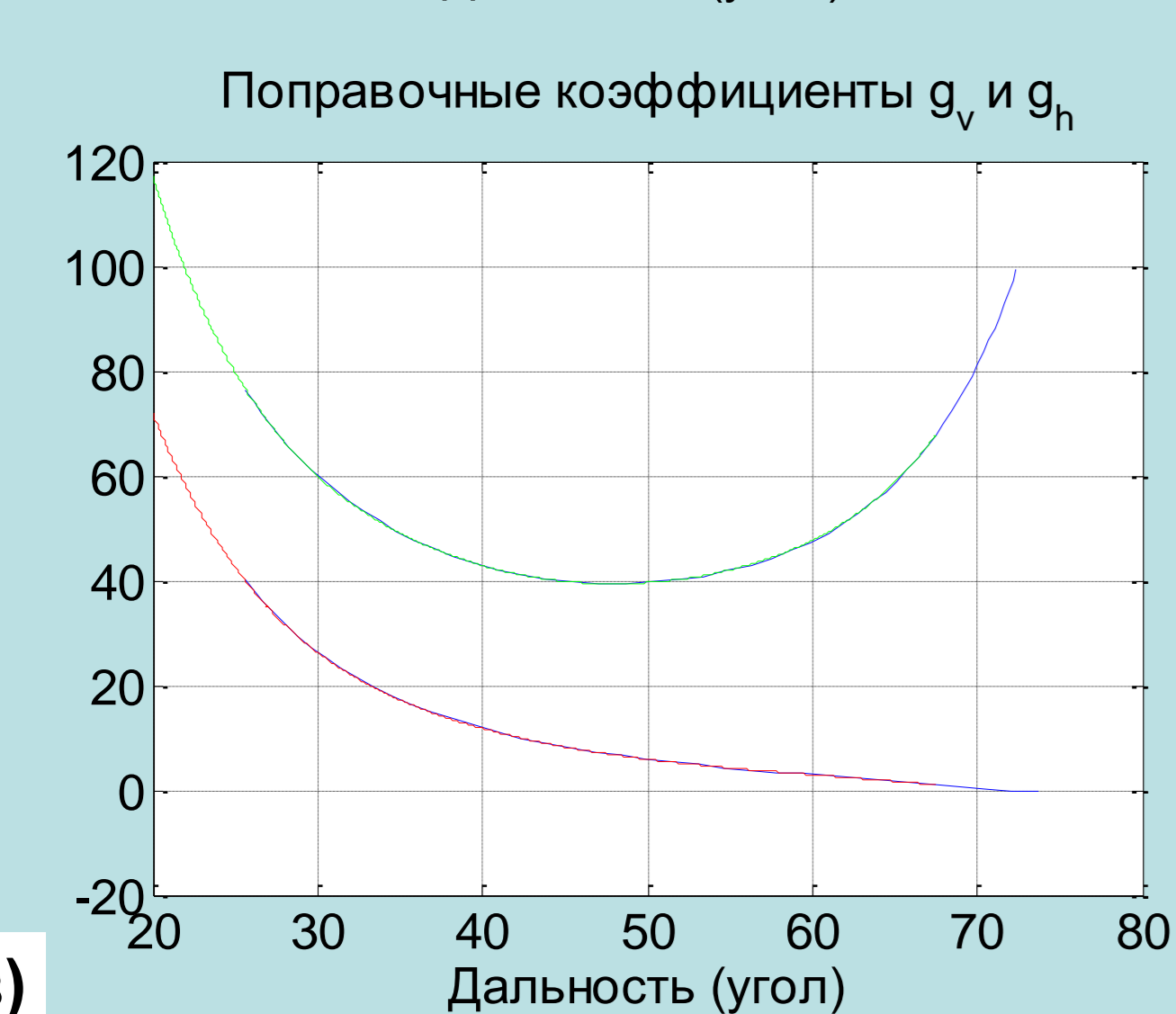
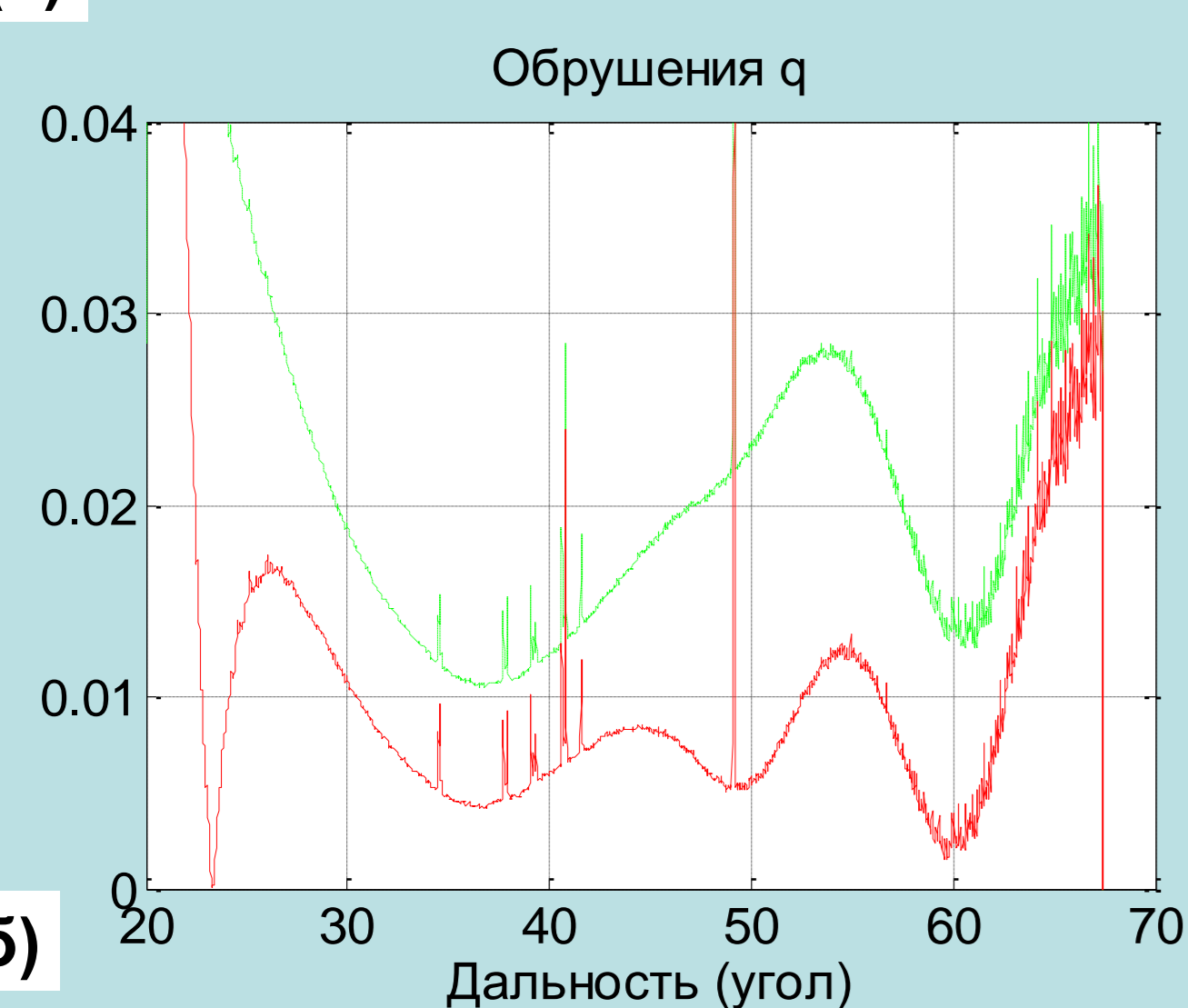
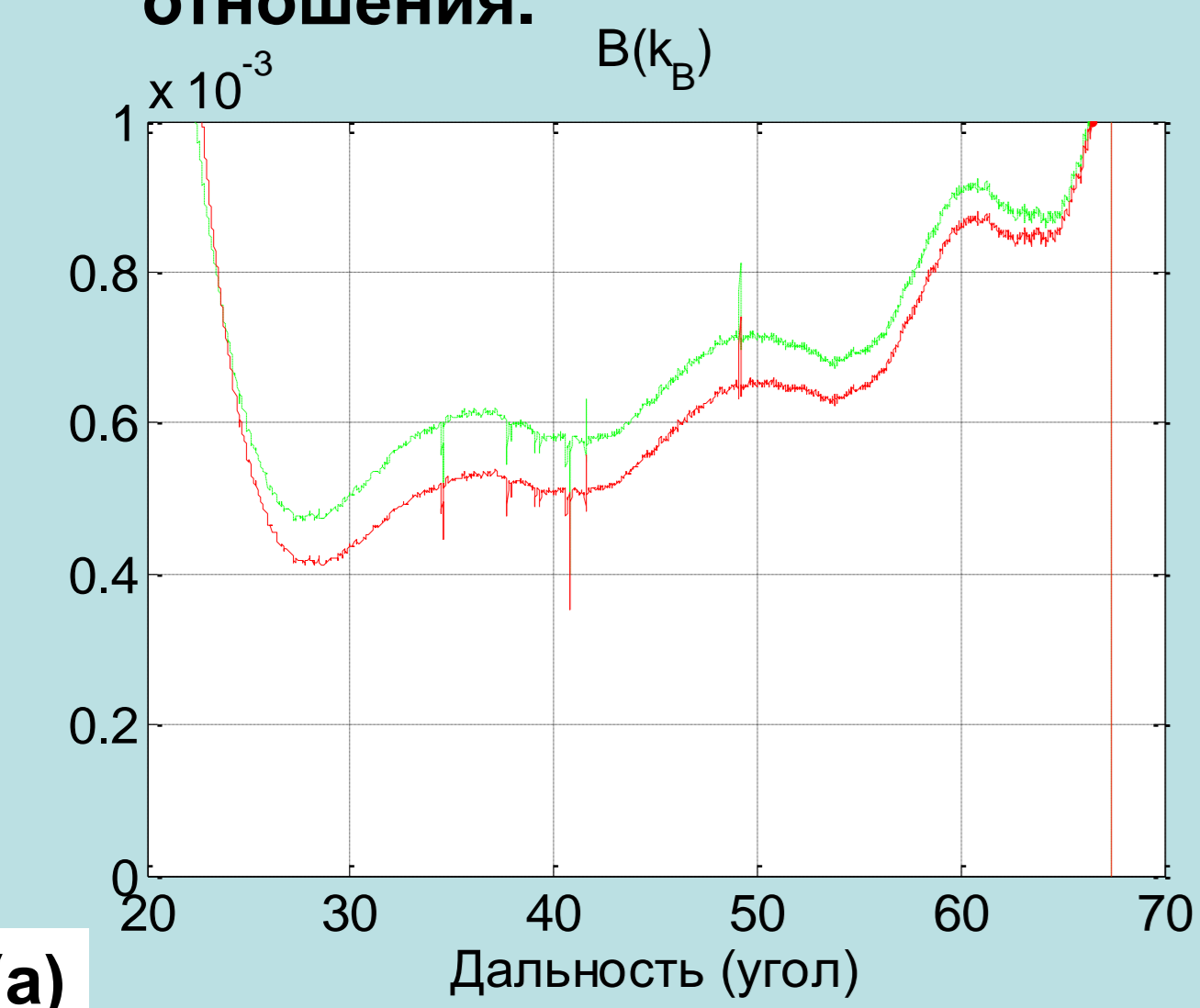


Рис. 1. (а) Снимок РСА UAVSAR от 09.06.2015, содержащий изображение слика экспериментальной нефтяной эмульсии. (б) зависимость каналов VV и HH от дальности; (в) экспериментальное и теоретические поляриметрические отношения.



## ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД:

Метод использует соосно-поляризованные компоненты  $\sigma^V$  и  $\sigma^H$  и модель УЭПР (Kudryavtsev et al., 2003), чтобы определить береговое резонансное рассеяние  $\sigma_B$  и нерезонансное  $\sigma_n$  при использовании известного из теории поляриметрического коэффициента  $P_{0B}$ .

Модель УЭПР (Kudryavtsev et al., 2003)

$$\sigma^V = \sigma_{0B} \cdot (1 + g_V \zeta_i^2) + q \cdot \sigma_{0n}$$

$$\sigma^H = P_{0B} \sigma_{0B} \cdot (1 + g_H \zeta_i^2) + q \cdot \sigma_{0n}$$

Береговое рассеяние

$$\sigma_{0B} = 16\pi k_r^4 |G_V(\theta, \varepsilon)|^2 F(k_b)$$

Нерезонансное рассеяние от обрушений волн

$$\sigma_{0n}(\theta) = |R|^2 \frac{\sec^4 \theta}{s_n^2} \exp\left(-\frac{\tan^2 \theta}{s_n^2}\right) + \frac{\varepsilon_n}{s_n^2}$$

известный из теории поляриметрический коэффициент

$$P_{0B} = \frac{|G_H|^2}{|G_V|^2}$$

Рис. 2. (а) Зависимость спектральной плотности ряби  $V(k)$  от дальности; (б) тоже для количества обрушений; (в) коэффициенты модуляции ряби уклонами волн.

**ЦЕЛЬ:** Исследовать поляриметрическое поведение радиолокационного сигнала при углах падения от 20 до 65 градусов на соответствие модели УЭПР (Kudryavtsev et al., 2003) и коэффициентов использующихся в ней.

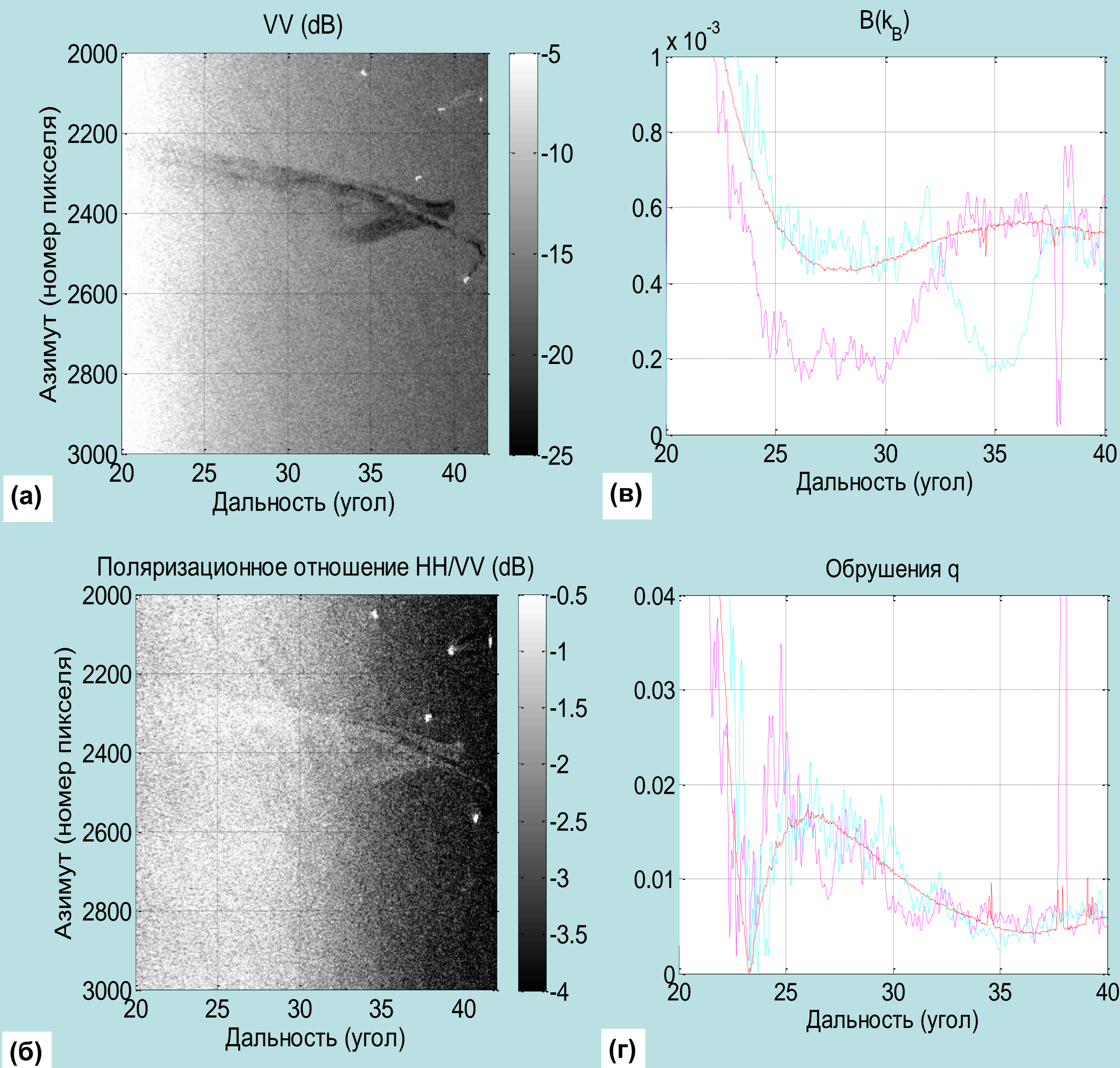


Рис. 3. (а) Подавление сигнала VV в слике; (б) поляриметрическое отношение для слика эмульсии; (в) подавление ряби в слике; (г) подавление обрушений в слике.

## ВЫВОДЫ:

- 1) модели УЭПР (Kudryavtsev et al., 2003) достаточно чувствительна к коэффициентам модуляции ряби уклонами волн. Поляриметрическое отношение может изменяться в диапазоне до 2-х раз в зависимости от дальности (угла зондирования) даже при небольшом ветре 5 м/с.
- 2) Важно использование уклонов длинных волн как в продольном относительно направления зондирования направлении, так и поперечном, т.к. это влияет на постоянство поведения спектра ряби с дальностью (Рис. 2а).
- 3) Поляриметрическое отношение для слика является слабо выраженным при углах менее 35-35 градусов (Рис. 3б).
- 4) В слике нефтяной эмульсии спектральная плотность ряби  $V(k)$  гасится ~2.5 раза (Рис. 2в), в то время как обрушения волн гасятся очень слабо ~10-15%.
- 5) При углах зондирования менее 25 градусов значительным оказывается влияние зеркального рассеяния от уклонов длинных волн, которое необходимо компенсировать для правильного исследования слика.

## Литература:

1. Kudryavtsev V. N., Hauser D., Caudal G., and B. Chapron, "A semiempirical model of the normalized radar cross-section of the sea surface: 1. Background model", Journal of Geophysical Research: Oceans, vol. 108, no. C3, FET-3, 2003.
2. Kudryavtsev V. N. et al. On dual co-polarized SAR measurements of the ocean surface //IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. – 2012. – Т. 10. – №. 4. – С. 761-765.
3. Ivonin D. V. et al. Interpreting sea surface slicks on the basis of the normalized radar cross-section model using RADARSAT-2 copolarization dual-channel SAR images //Geophysical Research Letters. – 2016. – Т. 43. – №. 6. – С. 2748-2757.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 18-55-20010.