

Эффективность детектирования различных типов морских slickов по соосно-поляризационным данным PCA Radarsat-2 и TerraSAR-X



Ивонин Д.В.¹, Иванов А.Ю.¹, Skrunes S.², Brekke C.²

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия

² Университет г. Тромсё - Арктический университет, Тромсё, Норвегия
ivonin@ocean.ru

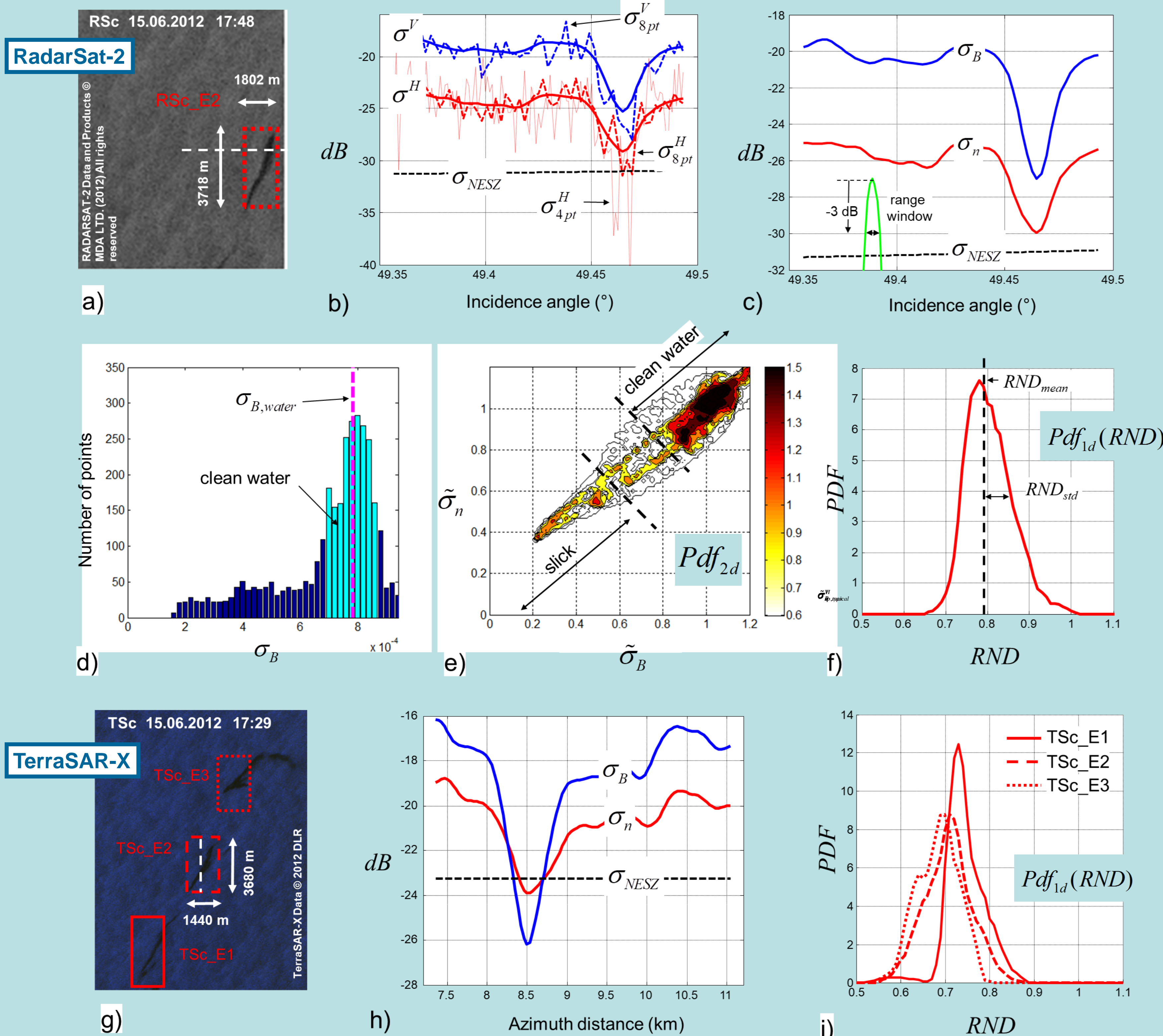


UiT / THE ARCTIC UNIVERSITY OF NORWAY

ПРОЦЕДУРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ:

- (a, g) – исходные данные, (b) – осреднение данных,
- (c, h) – выделение береговой и нерезонансной частей, вычитание фона шума,
- (d) – автоматическое определение уровня сигнала в чистой воде,
- (e) – построение двумерного распределения сигнала в координатах береговой и нерезонансной частей,
- (f, i) – вычитание одномерного распределения RND, и RND_{mean} и RND_{std}

- ЦЕЛЬ:**
- Создание автоматического метода детектирования типа пленки (нефтяных, биогенных, и др.)
 - Работа метода одновременно в С- или Х-диапазонах (Radarsat-2 или TerraSAR-X данные)
 - Возможность работать с зашумленными данными.



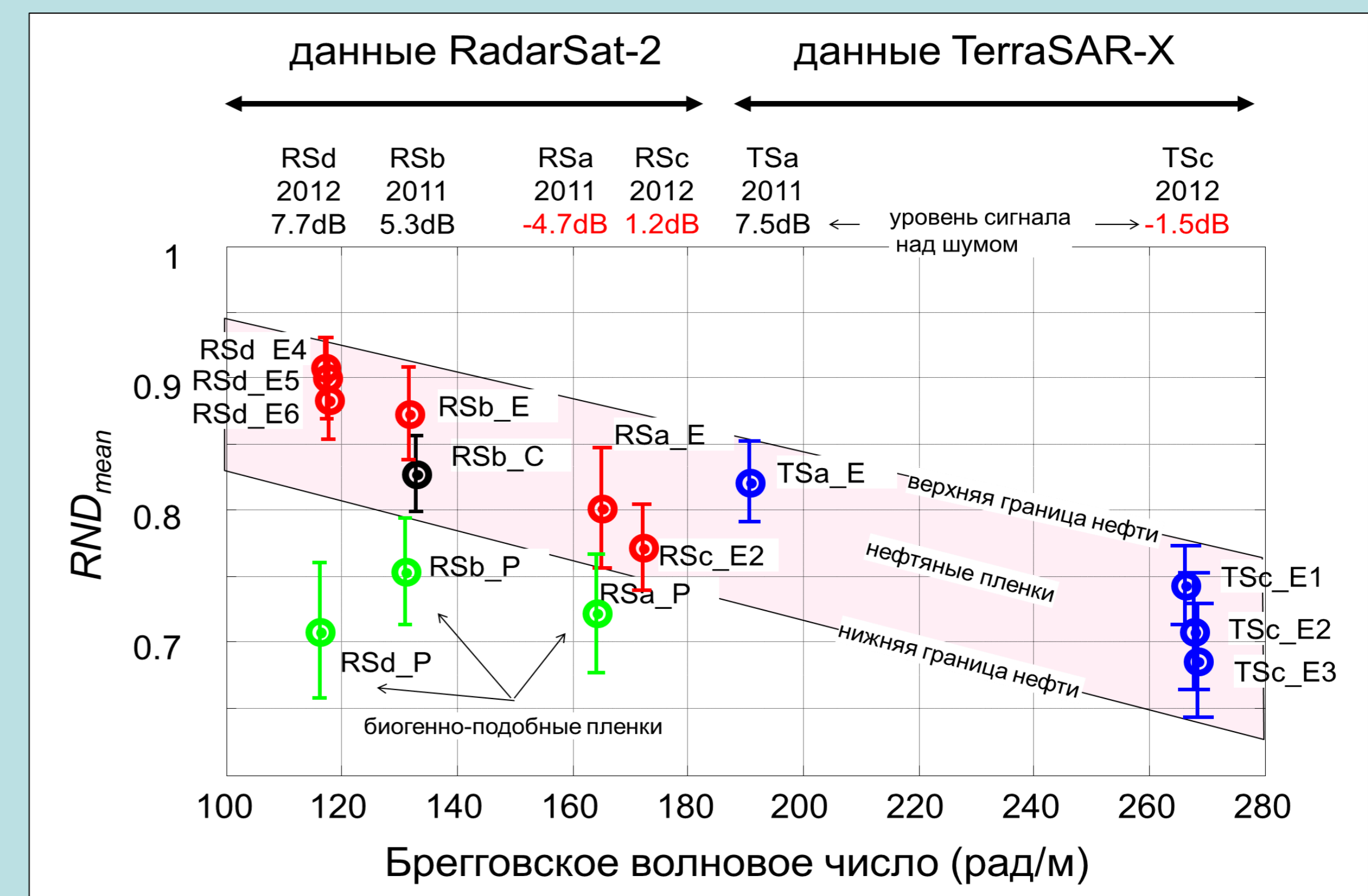
Береговое волновое число

$$k_b = 2k_r \sin \theta,$$

θ - угол зондирования

$$k_r = 2\pi / \lambda_r,$$

λ_r - длина радиоволны



РЕЗУЛЬТАТЫ обработки 14 slickов по поляризационным данным PCA TerraSAR-X и RadarSat-2

- 1) Данные спутников TerraSAR-X и RadarSat-2, полученные в разных радиодиапазонах (соответственно, в X- и С-диапазонах) и разных углах зондирования для пленок нефти, либо ее эмульсий, в терминах параметра RND кучно располагаются в одной области (см. Рисунок выше) в диапазоне волновых чисел Брега от 115 до 270 рад/м.
- 2) В терминах параметров RND_{mean} и RND_{std} (Ivonin et al., 2016, 2017) поляризационные данные спутников TerraSAR-X и RadarSat-2 позволяют с вероятностью >80% (см. Таблицу) разделять друг от друга слики, соответствующие естественным выходам нефти, биогенным пленкам и нефтяным пятнам.
- 3) Шум снимков TerraSAR-X и RadarSat-2 не является существенным препятствием для работы метода

ДААННЫЕ спутников RadarSat-2 и TerraSAR-X собраны в Северном море с контролируемыми разливами сырой нефти, нефтяной эмульсии и растительного масла (Skrunes et al., 2014, 2015).

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ МЕТОД (см. Ivonin et al., 2016): Основан на полуэмпирической модели УЭПР, предложенной в работе (Kudryavtsev et al., 2003), которая принимает во внимание рассеяние от обрушений волн. Метод построен на вычислении количественных характеристик для соотношения подавления или увеличения сигналов различной физической природы: вызванных капиллярной рябью длиной несколько сантиметров или обрушениями волн. Для этого был введен поляризационный параметр RND (от англ. relative Resonant to Nonresonant signal Damping).

Выделение береговой и нерезонансной частей

$$\sigma_B \approx \frac{\sigma^V - \sigma^H}{1 - P_{0B}}, \quad \sigma_n \approx \frac{\sigma^H - P_{0B}\sigma^V}{1 - P_{0B}}$$

Нормализация сигнала

$$\tilde{\sigma}_B = \frac{\sigma_{B, slick}}{\sigma_{B, water}}, \quad \tilde{\sigma}_n = \frac{\sigma_{n, slick}}{\sigma_{n, water}}$$

Вычисление параметра RND

$$RND = \Delta \tilde{\sigma}_n / \Delta \tilde{\sigma}_B$$

$$\Delta \tilde{\sigma}_B = 1 - \tilde{\sigma}_B$$

$$\Delta \tilde{\sigma}_n = 1 - \tilde{\sigma}_n$$

Вычисление одномерного распределения параметра RND

$$Pdf_{1d}(RND) = \int_{r'}^1 Pdf_{2d}(RND, s) ds$$

$$s = (\Delta \tilde{\sigma}_n^2 + \Delta \tilde{\sigma}_B^2)^{1/2}$$

Тип слика, (обозначение)	Возраст, содержание воды % ^a	Размеры слика (Rg x Az), осреднение (Rg x Az)	Угол зондирования	Мощность сигнала в слике ^b min(V), min(n), NESZ (dB)	Мощность сигнала в слике ^b min(B), min(n), (sp) (dB)	Контраст слик / вода ^b B, n, (dB)	SNR _n (dB)	RND (mean ± std)	Вероятность быть нефтяной пленкой	Вероятность быть биогенной пленкой
plant oil (RSb_P)	-13 h	4.7 × 4.8 m	35.34°	-22.2 -23.4 -35.2	-26.9 -24.1 -94 (-70)	-8.4 -4.5 -7.5	11.1	0.75 ± 0.04	11.41	88.58
emulsion (RSb_E)	-29 h, 69%	35.55°		-23.3 -25.1 -34.9	-26.7 -26.1 -96 (-71)	-7.5 -5.6 -29.9	8.8	0.87 ± 0.04	86.22	2.04
crude oil (RSb_C)	-9 h	35.93°		-27.5 -28.2 -33.9	-29.9 -28.6 -99 (-74)	-10.5 -7.5 -7.0	5.3	0.83 ± 0.03	84.02	15.87
plant oil (RSd_P)	-14 h	4.7 × 5.6 m	30.87°	-22.7 -24.0 -35.2	-26.8 -25.3 -62 (-45)	-7.0 -4.0 -7.4	9.9	0.71 ± 0.05	1.53	98.47
emulsion 4 (RSd_E4)	-22 h, 58%	31.10°		-25.0 -26.0 -35.5	-29.8 -26.9 -64 (-46)	-10.9 -7.4 -11.6	8.6	0.91 ± 0.02	84.13	0.001
emulsion 5 (RSd_E5)	-17 h, 58%	31.23°		-25.8 -26.9 -35.4	-30.4 -27.7 -65 (-47)	-8.3 -8.0 -10.9	7.7	0.90 ± 0.03	84.44	0.31
emulsion 6 (RSd_E6)	-14 h, 58%	31.33°		-24.8 -25.9 -35.4	-29.4 -26.7 -65 (-48)	-10.9 -8.0 -6.8	8.7	0.88 ± 0.03	92.06	1.33
emulsion 2 (RSc_E2)	-28 h, 58%	6.26 × 5.11 m, 175 × 511 m	49.45°	-25.2 -29.1 -31.1	-27.0 -29.9 -15.7	-6.8 -4.4 -24.6	1.2	0.79 ± 0.03 (0.77 ± 0.032)	87.69	11.65
emulsion 1 (TSc_E1)	-28 h, 58%	0.9 × 2.3 m, 16 × 16, 13 × 11, 149 × 198 m	41.22°	-15.7 -18.8 -21.2 -23.2 -23.1	-24.6 -23.8 -21.2 -23.2 -23.1	-7.1 -3.7 -7.5 ± 0.03	-0.7	0.75 ± 0.03	84.09	0.05
emulsion 2 (TSc_E2)			41.48°	-15.7 -18.8 -22.2 -23.7 -23.3	-26.9 -24.3 -24.1 -23.7 -23.3	-9.2 -4.2 -1.0	-1.0	0.71 ± 0.04	85.42	7.39
emulsion 3 (TSc_E3)			41.637°	-15.4 -18.6 -23.3 -24.3 -23.1	-30.2 -24.6 -30.5 -35.7 -32.8	-12.8 -4.8 -1.5	-1.5	0.69 ± 0.04	81.82	15.87
(RSa_E)	05:59;	46.807°		-30.5 -35.7 -32.8	-31.5 -37.5 -25.3	-8.4 -5.8 -3.3	-4.7	0.85 ± 0.054 (0.80 ± 0.045)	66.96	5.71
(RSa_P)	05:59;	46.408°		-25.3 -31.2 -32.6	-26.0 -33.8 -19.0	-2.2 -1.2	-1.2	0.78 ± 0.048 (0.72 ± 0.045)	61.55	36.56
emulsion (TSA_E)	1.8 m × 2.4 m, 316 m × 207 m	28.15°		-12.1 -13.1 -18.6 -19.0 -26.6	-25.3 -19.1 -18.6 -19.0 -26.6	-8.9 -4.9 -7.5	7.5	0.82 ± 0.03	84.50	0.19

Полезные ссылки:

1. Ивонин Д.В., Иванов А.Ю. О классификации пленочных загрязнений моря на основе обработки поляризационных радиолокационных данных спутника TERRASAR-X // Океанология, 2017. Т. 57. №5. С. 738-750.
2. Ivonin D. V., Skrunes, S., Brekke, C., and A. Y. Ivanov, "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. 43(6). pp. 2748-2757.
3. Skrunes S., Brekke C., Eltoft T., and V. Kudryavtsev, "Comparing Near Coincident C- and X-band SAR Acquisitions of Marine Oil Spills," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 53, no. 4, pp. 1958-1975, April, 2015.
4. Skrunes S., Brekke C., and T. Eltoft, "Characterization of Marine Surface Slicks by Radarsat-2 Multipolarization Features," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 52, no.9, pp. 5302-5319, September, 2014.
5. 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.
6. Kudryavtsev V. N., Chapron B., Myasoedov A., Collard F., and J. A. Johannessen, "On Dual Co-Polarized SAR Measurements of the Ocean Surface", Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, vol. 10. no. 4, pp. 761-765, 2013.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФ № 14-50-00095 и Research Council of Norway, GlobOilRisk проект (BIA грант No. 235444), NORRUSS проект (грант No. 233896) и CIRFA (грант No. 237906).