

# Разделение различных типов морских slickов на примерах обработки соосно-поляризационных снимков PCA Radarsat-2 и TerraSAR-X



Ивонин Д.В.<sup>1</sup>, Skrunes S.<sup>2</sup>, Brekke C.<sup>2</sup>, Иванов А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия

<sup>2</sup> Университет г. Тромсё - Арктический университет, Тромсё, Норвегия

ivonin@ocean.ru

UiT / THE ARCTIC UNIVERSITY OF NORWAY

**ЦЕЛЬ:** Тестирование поляризационного метода, предложенного в работах (Ivonin et al., 2015, 2016), (1) на его способность независимо от частотного диапазона (С- или Х-диапазон, Radarsat-2 или TerraSAR-X данные) универсально интерпретировать и разделять видимые на PCA изображениях поверхностные пленки различных типов (нефтяных, биогенных, и др.), а также, (2) его возможность работать с зашумленными данными.

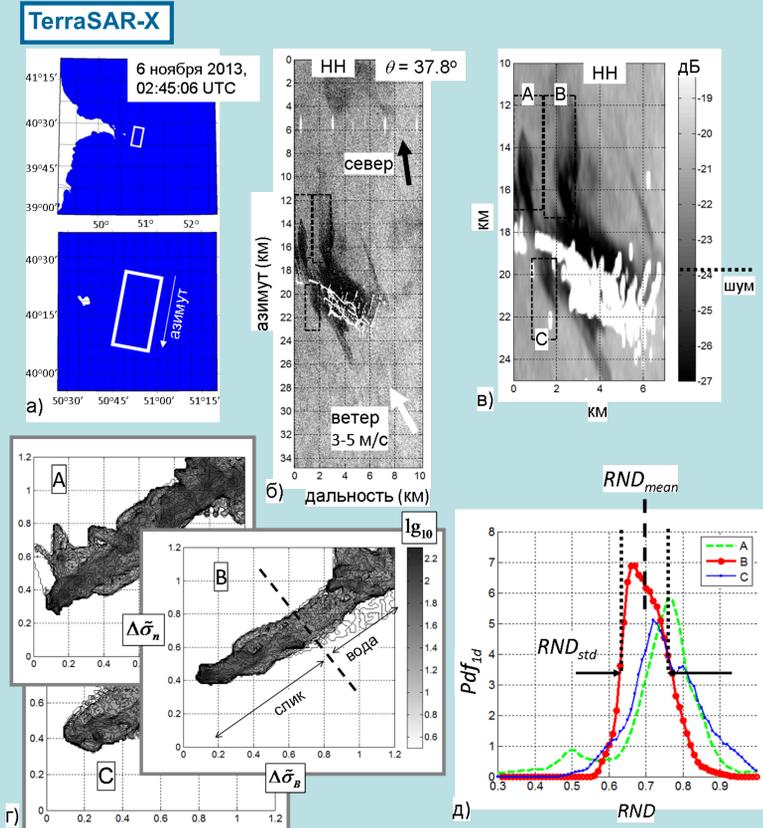


Рис. 1. (а) Положение радиолокационного изображения в районе нефтепромыслов «Нефтяные Камни» в Каспийском море; (б) РЛИ спутника TerraSAR-X (НН-поляризация) от 6 ноября 2013 г. (02:45 UTC); © DLR; (в) Фрагмент РЛИ, сглаженный окном 90 x 480 м по дальности и азимуту; прямоугольниками показаны участки РЛИ, выбранные для обработки; (г) Распределения, в единицах количества (плотности) пикселей изображения рис. в на элементарный участок плоскости, относительных затуханий береговой ряби и обрушений волн для каждого из трех участков, показанных прямоугольниками на рис. б и в; стрелками указан диапазон значений для слик и чистой воды; шкала справа в градациях серого соответствует десятичному логарифму от плотности пикселей; (д) Соответствующие распределения плотности вероятности поляризационного параметра RND для районов, показанных прямоугольниками «А», «В» и «С».

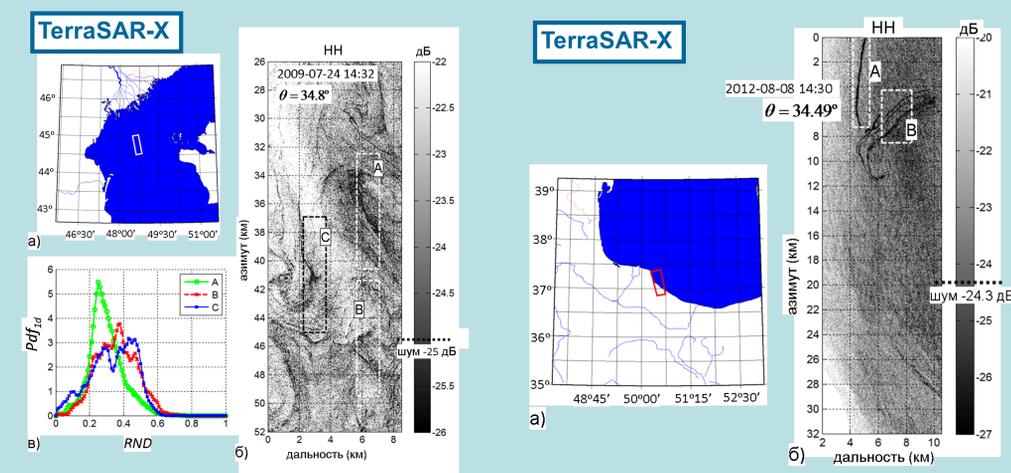


Рис. 2. (а) Положение РЛИ на карте в северной части Каспийского моря; (б) Фрагмент РЛИ спутника TerraSAR-X, на котором отобразились биогенные пленки; (в) Распределения плотности вероятности поляризационного параметра RND для районов, показанных прямоугольниками «А» и «В» на рис. б. © DLR

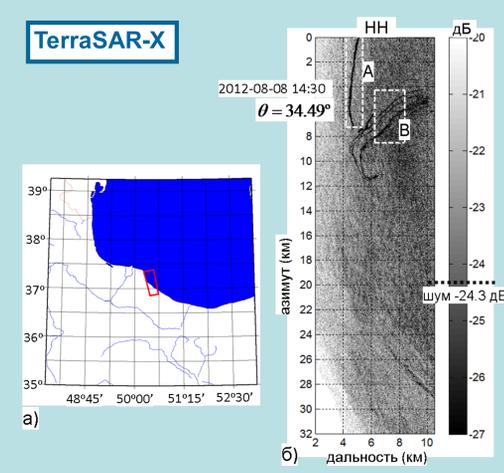


Рис. 3. (а) Положение РЛИ на карте в южной части Каспийского моря; (б) Фрагмент радиолокационного изображения спутника TerraSAR-X от 8 августа 2012 г. (14:30 UTC), где имеется установленный естественный выход нефти. © DLR

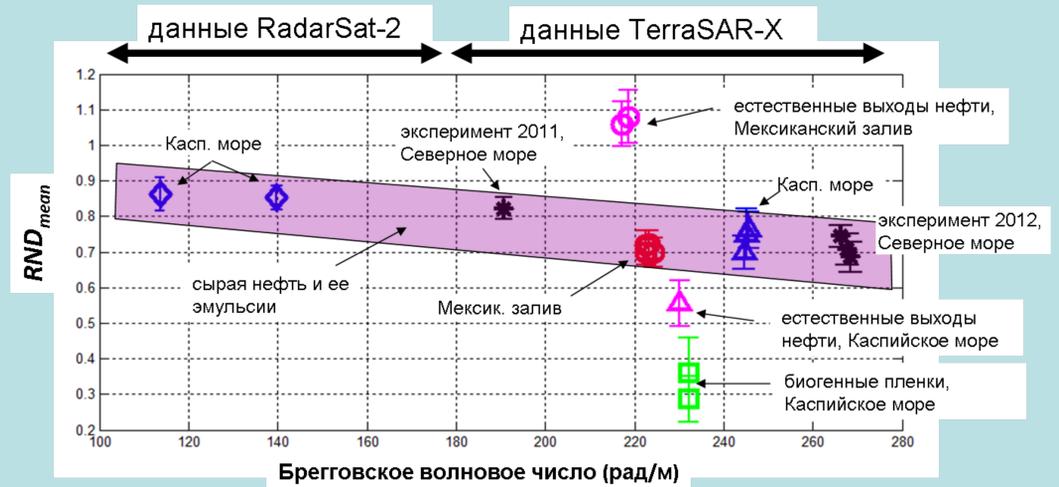


Рис. 4. Зависимость поляризационного параметра  $RND_{mean}$  от волнового числа  $k_b = 2k_r \sin \theta$ , типа слик; вертикальными столбиками показаны соответствующие стандартные отклонения,  $RND_{std}$ .  $\theta$  - угол зондирования,  $k_r = 2\pi / \lambda_r$ ,  $\lambda_r$  - длина радиоволны.

**ДААННЫЕ** спутника TerraSAR-X (рис. 1-3) были собраны в районах, где регулярно наблюдаются пятна-слики известного происхождения, а именно: с разливами нефти и естественными выходами нефти в Мексиканском заливе и Каспийском море, и биогенными пленками в Каспийском море. Для сравнения также привлекались данные TerraSAR-X, полученные в Северном море с контролируемые разливами нефтяной эмульсии (Skrunes et al., 2015). Аналогичная обработка была произведена для поляризационных данных спутника RadarSat-2 собранных в районе Нефтяных камней в Каспийском море и в Северном море с разливами сырой нефти, нефтяной эмульсии и растительного масла (Skrunes et al., 2014).

## Выводы:

- 1) Показано (см. Рис.4), что в терминах параметра RND (Ivonin et al., 2016) поляризационные данные спутников TerraSAR-X и RadarSat-2 позволяют уверенно разделять друг от друга слики, соответствующие естественным выходам нефти, биогенным пленкам и нефтяным пятнам.
- 2) 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 располагаются вдоль одной линии (см. Рис.4) в диапазоне волновых чисел Брега от 115 до 270 рад/м. Это может свидетельствовать о достаточно универсальных свойствах параметра RND и методики (Ivonin et al., 2016) для идентификации пленочных загрязнений моря в определенном диапазоне радиочастот и углов зондирования.
- 3) Шум снимков TerraSAR-X не является существенным препятствием для работы метода

**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).

$$RND = \Delta \theta_n^o / \Delta \theta_B^o$$

$$\sigma_B \approx \frac{\sigma^V - \sigma^H}{1 - P_{0B}}, \quad \sigma_n \approx \frac{\sigma^H - P_{0B} \sigma^V}{1 - P_{0B}}, \quad \theta_B^o = \frac{\sigma_{B, slick}}{\sigma_{B, water}}, \quad \theta_n^o = \frac{\sigma_{n, slick}}{\sigma_{n, water}}$$

$$\Delta \theta_B^o = 1 - \theta_B^o$$

$$\Delta \theta_n^o = 1 - \theta_n^o$$

## Полезные ссылки:

1. 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.
2. 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.
3. Ivonin D. V., Ivanov A. Y., Brekke C., and S. Skrunes, "Calibrated method for discriminating sea surface slicks using RADARSAT-2 co-polarized SAR images", In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2015 IEEE International, pp. 3739-3742, July 2015.
4. Ivonin D. V., Skrunes, S., Brekke, C., and A. Y. Ivanov, "Interpreting sea surface slicks on the basis of the normalized radar cross-section of the sea surface using RADARSAT-2 copolarization dual-channel SAR images", Geophysical Research Letters. 2016. 43(6), pp. 2748-2757.
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 РФФИ № 14-05-93084 и Research Council of Norway, GlobOilRisk проект (BIA grant No. 235444), NORRUSS проект (грант No. 233896) и CIRFA (грант No. 237906).