

Исследование отражательных свойств нефтяных платформ на Каспии как стабильных радиолокационных отражателей по данным радиолокатора PALSAR

А. И. Захаров, Л. Н. Захарова, М. В. Сорочинский, В. П. Синило, Е. Е. Иванычев

*Фрязинский Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН
141190, Московская область, г. Фрязино, пл. Введенского, 1, aizakhar@sunclass.ire.rssi.ru*

Проведен анализ долговременной стабильности отражательных свойств морских нефтяных платформ на Каспии по данным радиолокационной съемки японского космического радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА) PALSAR. Показано, что типовая стабильность эффективной площади рассеяния платформ составляет 0.5 дБ, что сравнимо с показателями специально сконструированных калибровочных отражателей.

An analysis of oil platforms long-term stability in Caspian Sea seen on Japanese synthetic aperture radar PALSAR was performed. It is shown that typical radar cross section stability of oil platforms is about 0.5 dB, tis value is close to the parameters of specially designed calibration targets.

Радиометрическая стабильность радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА) является важным показателем качества его работы. Этим обеспечивается надежное измерение отражательных свойств подстилающих покровов и мониторинг динамики изменения их состояния. Обычной практикой в дистанционном зондировании Земли является проведение радиометрической калибровки аппаратуры РСА с помощью специализированных эталонных отражателей — уголковых отражателей или активных приемо-передатчиков (транспондеров). Задача радиометрической калибровки — измерение сквозного коэффициента передачи измерительной системы (абсолютная калибровка) и мониторинг его стабильности во времени.

В ряде работ проводилась попытка использовать различные естественные точечные и протяженные объекты для радиометрической калибровки [1–4]. Зачастую ЭПР таких объектов не может быть посчитана исходя из модельных представлений, однако она может быть оценена по измерениям других сенсоров с аналогичными параметрами, проводивших измерения в подобной геометрии съемки, что позволяет проводить интеркалибровку, а также мониторинг стабильности работы РСА. В данной работе исследуются возможности использования альтернативных конструкций для радиометрической калибровки РСА — морских нефтяных платформ в районе Нефтяных камней на Каспии. Материалом для анализа радиометрических свойств платформ являются данные японского космического РСА L-диапазона PALSAR, проводившего регулярную съемку области интереса в период с 2006 по начало 2011 г.

PALSAR — это поляриметрический радар с фазированной антенной решеткой, работавший на орбите высотой 690 км. Режимы работы радара заложены съемки на различных комбинациях поляризации сигнала на излучении/приеме, с набором разрешений по дальности при углах обзора 7–50°. В данной работе используются снимки, полученные в режимах FBS34.3 и FBD34.3. Угол обзора при работе РСА в этих режимах равен 34.3°, разрешение по дальности в первом случае равно 4.68 м, а во втором — 9.36 м. В первом режиме съемка проводилась при излучении сигнала на Н поляризации с приемом сигнала на согласованной Н поляризации, в другом режиме принимались сигналы на согласованной (Н) и ортогональной (V) поляризациях. В соответствии с глобальным планом съемок Японского аэрокосмического агентства, первый режим съемки

использовался преимущественно в зимнее время года. Для изучения доминирующих механизмов рассеяния использован один снимок, полученный в поляриметрическом режиме, позволяющем измерять полную матрицу рассеяния цели.

Нефтяная платформа — сложное громоздкое сооружение. Размеры типовой платформы на месторождении «Нефтяные камни» 80×100 м. Высота платформы с учетом буровой вышки достигает 80 метров. На рис. 1 приведен фотоснимок, а на рис. 2 дан фрагмент радиолокационного изображения с предельным разрешением (формат SLC) группы нефтяных платформ на месторождении «Нефтяные камни» на Каспии. Платформы на этом рисунке смотрятся яркими точками на фоне водной поверхности. Кривые белые линии, тянущиеся от берега в море — эстакады.



Рис. 1. Фотоснимок морской нефтяной платформы на Каспии.



Рис. 2. Радарный снимок скопления нефтяных платформ на месторождении «Нефтяные камни».

В работе [4] приведены предварительные данные о стабильности нескольких нефтяных платформ в результате анализа 14 снимков PALSAR и показано, что, по меньшей мере, 5 платформ имеют стабильность ЭПР лучше 0.5 дБ. В настоящей работе проведен анализ стабильности отражательных свойств 200 протяженных объектов нефтяной инфраструктуры в течение 4 лет по результатам анализа 22 снимков PCA PALSAR, полученных на ННполяризации.

ЭПР платформ как протяженных целей вычислялась путем интегрирования отраженного сигнала в прямоугольнике размером 80 пикселей по азимуту на 20 пикселей

по дальности. На рис. 3. приведены фрагменты изображения одной и той же платформы на 22 снимках, покрывающих интервал 4 года. Вследствие неодинакового разрешения на радарном изображении по дальности и азимуту цель выглядит эллипсом, вытянутым в азимутальном направлении. На снимках с пониженным разрешением по дальности цель оказывается более узкой. ЭПР данной платформы на ННполяризации равна 38.4 дБм², стабильность уровня отражения 0.38 дБ, график ЭПР приведен на рис. 4 ниже.

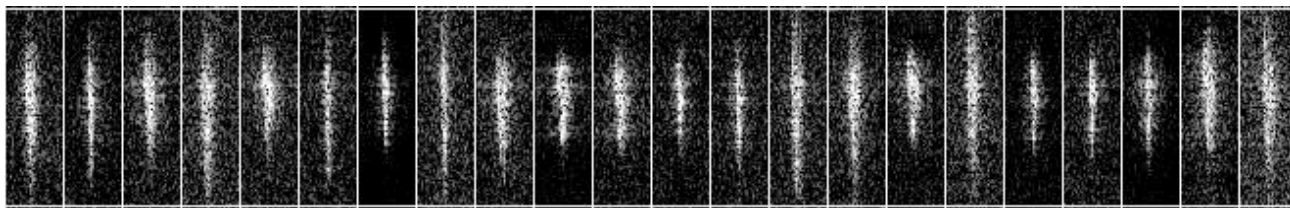


Рис. 3. 22 фрагмента изображения одной из нефтяных платформ на интервале 4 года.

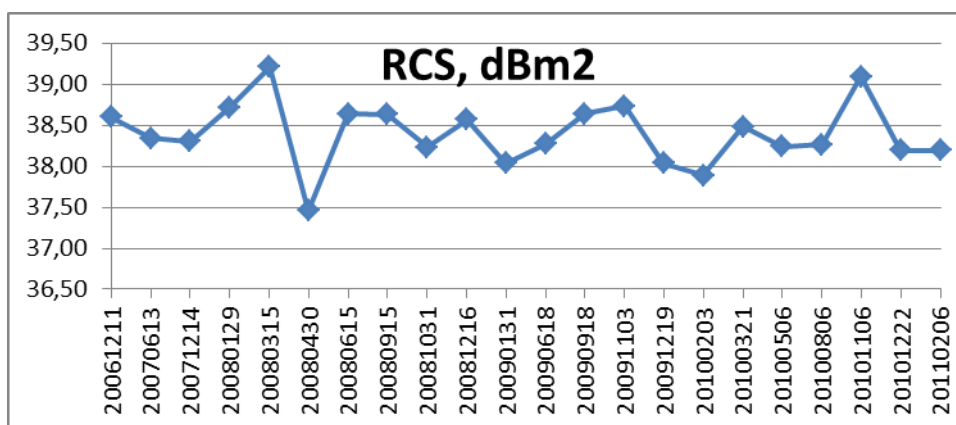


Рис. 4. ЭПР стабильно отражающей нефтяной платформы на интервале 4 года.

Необходимо отметить, что уровень отражения практически не меняется в течение года, он приблизительно одинаков в разных метеоусловиях, взволнованности морской поверхности, а также при различных значениях разрешения РСА по дальности, использовавшихся в течение 4 лет. Похожие результаты по стабильности получены нами также при анализе отражений нефтяных платформ на перекрестной поляризации, хотя уровень отражения в этом канале РСА на 8-10 дБ ниже.

Гистограмма распределения нефтяных платформ в зависимости от стабильности отражения приведена на рис.5. Среди 200 изученных платформ 80 имеют стабильность отражения не хуже 0.5 дБ, причем стабильность 13 платформ не хуже 0.3 дБ.

Сложная конструкция такого громоздкого сооружения, как нефтяная платформа, предполагает разнообразие типов отражения сигнала РСА элементами её конструкции. Для анализа вклада различных механизмов рассеяния мы воспользовались единственным имевшимся у нас поляриметрическим сеансом съемки РСА PALSAR.

Удобным для идентификации различных типов рассеяния такими когерентными отражателями, как элементы платформы, является разложение полной матрицы рассеяния

$$S = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix}$$

с формированием вектора Паули (в предположении равенства внедиагональных элементов матрицы рассеяния) в виде:

$$k = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_{HH} + S_{VV} \\ S_{HH} - S_{VV} \\ 2S_{HV} \end{bmatrix}$$

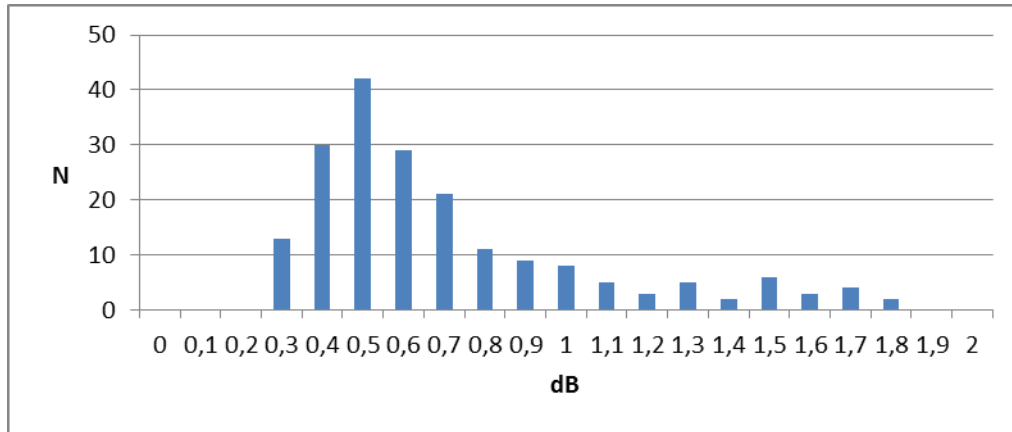


Рис. 5. Гистограмма распределения целей по стабильности отражения.

Первый элемент вектора k соответствует отражению от сферы, плоской поверхности или трёхгранного угла (однократное отражение или кратное отражение с нечётным количеством переотражений), второй элемент соответствует двукратному (вообще говоря, многократному с чётным количеством переотражений) отражению от двугранного угла с горизонтально ориентированным ребром, а третий элемент соответствует также чётнократному переотражению от угла, ребро которого повернуто на угол $\pi/4$ относительно линии визирования.

На рис.6. ниже приведены три компоненты разложения — 3 изображения фрагмента водной поверхности с несколькими нефтяными платформами при однократном рассеянии сигнала, при двойном переотражении и при дипольном характере рассеяния с ориентацией диполя 45° .

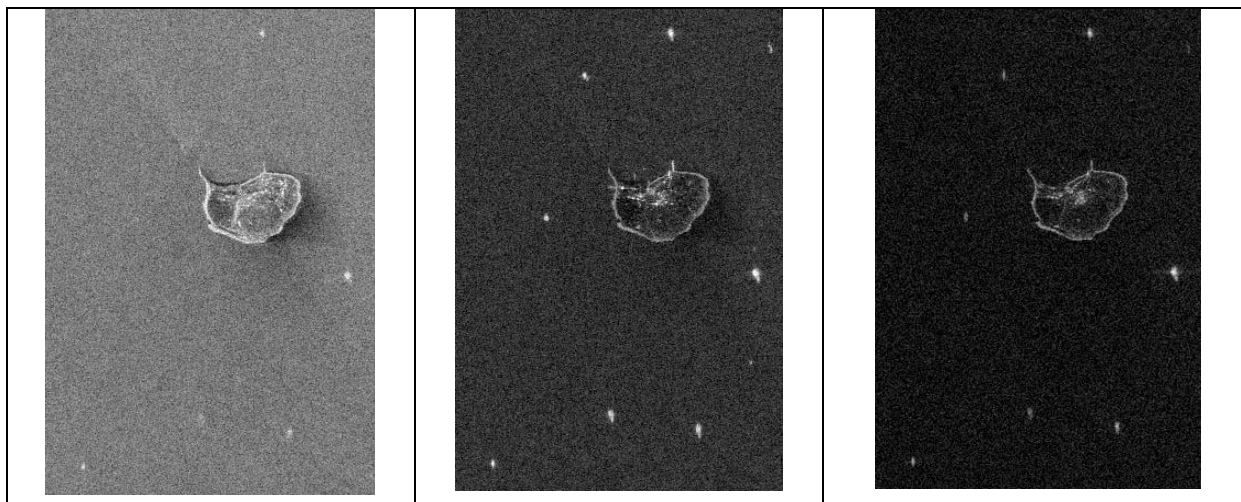


Рис. 6. Изображение нефтяных платформ при однократном (слева), двойном (в центре) и дипольном (справа) отражении сигнала радара

Сравнение изображений на рис. 6 показывает, что двойное переотражение (платформа — водная поверхность) зачастую является доминирующей компонентой, из чего следует необходимость учета состояния водной поверхности во время съемки.

Выводы

Нефтяные платформы на Каспии оказались перспективным средством мониторинга стабильности работы космических РСА — среди 200 изученных платформ около 80 имеют круглогодичную стабильность отражения лучше 0.5 дБ при средней интегральной ЭПР платформы порядка 38 дБм². ЭПР платформ практически не зависела от времени года на интервале 4 лет.

Доминирующий вклад в отражение сигнала морской нефтяной платформой вносит двойное переотражение, вследствие чего состояние водной поверхности оказывается важным фактором, определяющим стабильность отражения.

Отражательные свойства водной поверхности в районе Нефтяных Камней на Каспии зимой не искажаются ледовыми покровами, что обеспечивает стабильность отражения сигнала платформой в течение всего года.

Нефтяные платформы могут рассматриваться как удобное средство радиометрической калибровки и интеркалибровки космических РСА при условии съемки в повторяющейся геометрии наблюдения.

Литература

- [1] Захаров А.И., Сорочинский М.В., Захарова Л.Н., Иванычев Е.Е. Использование ярких точечных целей на радарных снимках для калибровки РСА // Тезисы 11-й Всеросс. Откр. конф. <Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса> ИКИ РАН, Москва, 11 - 15 ноября 2013 г.
- [2] Захаров А.И., Сорочинский М.В., Захарова Л.Н., Иванычев Е.Е., Применение естественных точечных и протяженных объектов для радиометрической калибровки РСА //IV Всероссийские Армандовские чтения [Электронный ресурс]: Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред / Материалы VI Всероссийской научной конференции (Муром, 27-29 мая 2014 г.) – Муром: Изд. - полиграфический центр МИ ВлГУ, 2014. –296 с. ISSN 2304-0297. С. 230-235. (CD-ROM).
- [3] Захаров А.И., Захарова Л.Н., Синило В.П., Сорочинский М.В., Иванычев Е.Е., Поиск стабильных отражателей на радарных снимках для калибровки космических РСА // XXIIоткрытая Всероссийская конференция [Электронный ресурс]: Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса / Тезисы докладов XXIIоткрытой Всероссийской конференции (Москва, 10-14 ноября 2014 г.) – М: ИКИ РАН, 2014. (CDROM).
- [4] Захаров А.И., Захарова Л.Н., Синило В.П., Иванычев Е.Е., Сорочинский М.В., Методика поиска стабильных отражателей для калибровки космических РСА // VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Радиолокация и радиосвязь», 24-26 ноября 2014 г., Москва. Доклады VIII Всероссийской конференции «Радиолокация и связь» (Москва, 24 - 26 ноября 2014 г.) – М: Изд. JRE - ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, 2014. С. 231-236.