

УДК 528.85

## СОПРОВОЖДЕНИЕ АРХИВА ERS-2\SAR НА ТЕРРИТОРИЮ РОССИИ\*

А. В. Евтюшкин, А. В. Филатов, В. М. Брыксин

Балтийский федеральный университет имени И. Канта  
Россия, 236041, Калининград, ул. А. Невского, 14. E-mail: AnFilatov@kantiana.ru

*Рассмотрены особенности создания и хранения банка данных радиолокатора с синтезированной апертурой установленного на спутнике ERS-2. На территории России накоплено 76 тыс. кадров сенсора SAR за период с 2005 по 2011 гг.*

*Ключевые слова: ERS-2, SAR, радар, каталог геоданных, метаданные, MySQL, Geoserver.*

## ARCHIVING OF ERS-2\SAR IN RUSSIA

A. V. Yevtyushkin, A. V. Filatov, V. M. Bryksin

Baltic Federal University named after I. Kant  
14 Nevskiy st., Kaliningrad, 236041, Russia. E-mail: AnFilatov@kantiana.ru

*Features of creating and storing data bank synthetic aperture radar from satellites ERS-2. At the territory of Russia it is accumulated 76 thousand scenes of SAR sensor for the period since 2005 to 2011.*

*Keywords: ERS-2, SAR, radar, catalog of metadata, metadata, MySQL, Geoserver.*

Успешное применение радарных данных миссий АЛМАЗ-1, SIR-C\X-SAR, JERS-1, SRTM, ALOS-1 при разработке методик зондирования почвенно-растительных покровов позволило поставить задачи по развитию технологий использования данных ERS-2 на территорию Западной Сибири [1; 2]. Прием радарных данных ERS-2\SAR осуществлялся на приемную станцию ТНА-9 на базе Югорского НИИ информационных технологий в г. Ханты-Мансийске. Данная станция дополняла зону видимости, недоступную для станций Европейского космического агентства (ESA) в Кируне, Шпицбергене и Пекине. Цель организации приема на новой станции (KM) – обеспечение выполнения научных проектов ESA Category-1 на территорию Сибири:

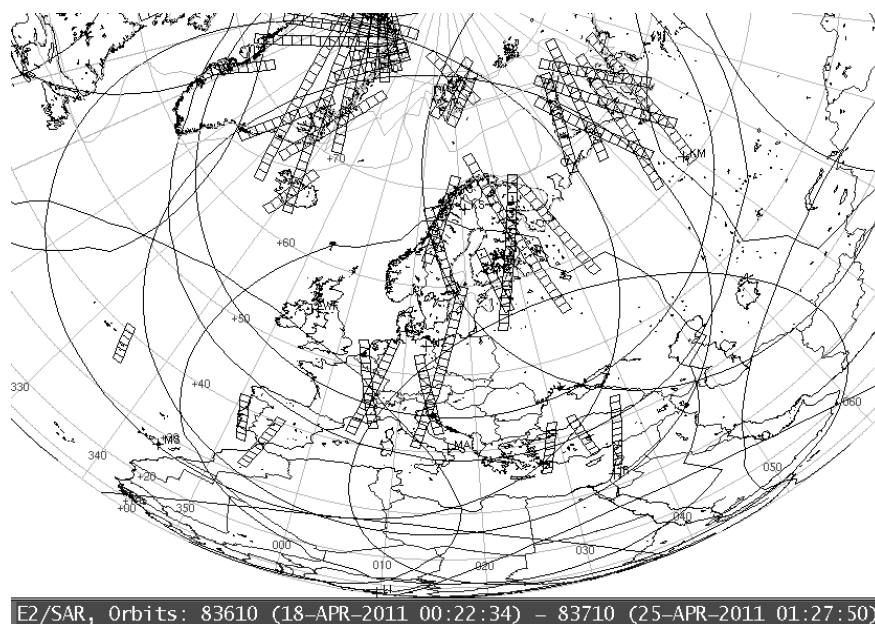
- ID 3110 «All-weather detection of forest fires and their consequences in Northern Siberia»;
- ID 3158 «Agricultural applications of remote sensing in West Siberia»;
- ID 3159 «Environmental pollution monitoring of the oil production regions using ERS-2 data»;
- ID 3161 «Application of remote sensing and GIS for flood monitoring in Western Siberia»;
- ID 3162 «Establishing the system of the near-real time space monitoring of changes in the buffer zone of pipelines with ERS-2 SAR use»;
- ID 3166 «InSAR application for monitoring of ground displacement in areas of an intensive oil recovery in Western Siberia».

Прием данных сенсора SAR в период с 22.06.05 по 4.07.11 осуществлялся на всю зону радиовидимости

станции KM от Норвегии до Забайкалья. Спутник был отключен 4.07.11 и выведен из эксплуатации, при этом его орбита понижена включением маршевых двигателей на торможение до высоты 520 км для последующего схода с орбиты в течение 15 лет. Для хранения и обработки данных SAR используются вычислительные ресурсы на базе Silicon Graphics предоставленные в бессрочное пользование безвозмездно ESA для выполнения грантов Cat-1. Орбитальные данные для планирования витков и ведения каталога поступали по FTP протоколу с центра управления ESA ESRIN. Общее число принятых качественных кадров в формате PRI составляет 76106. В 2011 г. архив данных ERS-2\SAR на 560 DLT-лентах и вычислительные комплексы Silicon Graphics с программным обеспечением были переданы ESA в Балтийский федеральный университет имени И. Канта для дальнейшего использования в научных исследованиях.

Полоса захвата сканера SAR составляет 100 км, разрешение 12,5 м, интервал между полосами перекрытия 3 сут, период повторения подспутниковых трасс 35 сут, интервал повторения витков с перекрытием в половину кадра 17 сут. Планировались сеансы длительностью до 10 мин, что соответствует протяженности 4 000 км. После плановой коррекции орбиты период повторных съемок в период с марта по июль 2011 г. составлял трое суток и число территорий мониторинга было ограничено (см. рисунок).

\* Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ по гранту 13-07-00419.



План съемок ERS-2\SAR при повторе орбит в 3 сут

В результате выхода из строя систем ориентации на орбите аппарата ERS-2 после аварии в 2001 г. получаемые снимки имеют большую ошибку в геопривязке (до 1 200 м) и являются малоприспособными для интерферометрической обработки. Только для определенных пар кадров, у которых разница доплеровских центроидов не превышает половины частоты повторения зондирующих импульсов (1680 Hz), возможно получить достаточную информативную интерферограмму. Для обработки архива снимков ERS-2 в формате PRI разработан комплекс программ для отбора интерферометрических пар пригодных для расчета смещений земной поверхности на основе разности доплеровских центроидов и длины базовой линии. Использование результатов, полученных при помощи данного комплекса, совместно с поисковой системой BaseImages [3], позволяет выбрать из архива интерферометрические пары пригодные для построения ЦМР рельефа и расчета смещений.

В ходе интерферометрической обработки кадров на территорию Новой Земли, где есть естественное движение ледников, установлено, что данные ERS-2\SAR с периодом в трое суток пригодны для использования в методе интерферометрии устойчивых отражателей PSI – Persistent Scatterers Interferometry. Данный метод позволяет анализировать отдельные когерентные точки на интерферограммах, дающие высокий и устойчивый во времени уровень обратного отражения, и получать смещения с точностью до 1мм. Также на Новую Землю найдены кадры ERS-2\SAR с периодом повторного пролета 35 сут и интервалом до трех лет, пригодные для использования в методе DInSAR.

Сервер Silicon Graphics Challenge, выполняет основные задачи по вводу и обработке «сырых» данных. Основная стойка состоит из ЦПУ на базе 4 процессоров R4400 с тактовой частотой 250 МГц, оперативной памяти емкостью 320 Мб, 2 жестких дисков по 9,1 Гб

каждый, накопителя на магнитной ленте EXB8500, буферной платы CIEL, трансивера локальной сети. Дополнительная стойка включает RAID массивы на 43 Гб, 2 накопителя на магнитной ленте DLT (объем ленты 40 Гб) и других блоков необходимых для приема спутниковых данных в реальном масштабе времени. Для повышения производительности работы в пакетном режиме добавлены HDD с интерфейсом SCSI160 емкостью 8,5 и 17 Гб, что позволило повысить число восстанавливаемых PRI кадров с 28 до 98, а также выделить отдельное дисковое пространство для восстановления RAW кадров. Разработано программное обеспечение для управления X-терминалом сервера Silicon Graphics Challenge с дополнительной клиентской машины Silicon Graphics O<sub>2</sub> работающей в операционной системе IRIX для построения кадров в форматах RAW, SLC и PRI. Для ведения архива ERS-2\SAR используется СУБД IDEAS/PostgreSQL.

В ходе выполнения грантов Cat-1 проводились синхронные подспутниковые наблюдения за ледовой обстановкой, нефтеразливами, состоянием лесов и агро-ресурсов. В период ледохода и ледостава в 2006–2011 гг. проводился анализ состояния ледовой поверхности рек Обь и Иртыш, Обской губы и Карского моря по радарным данным ERS-2 и оптическим изображениям сканера MODIS с разрешением 250 м со спутников TERRA и AQUA. Временной интервал между пролетами спутников в утренние часы составлял 10–30 мин.

Наземное квазисинхронное визуальное дешифрирование радарных изображений ERS-2 проводились на расстоянии 20 км от г. Ханты-Мансийска на реках Обь и Иртыш. Установлено, что темные участки на амплитудных изображениях соответствуют гладкому снежному насту на речном льду и отмелях, а светлые – ледяным торосам высотой до 0.7 м и снежным наметам на мелких торосах. На снимке ERS-2 за 3.03.2006 г. участки ледяных торосов более

контрастны, чем на снимке за 7.04.2006 г. Из наземных наблюдений в апреле также видно, что происходит разрушение ледяных торосов и одновременно увеличивается шероховатость на снежном насте за счет таяния. В результате уменьшается контраст на выполненных после наступления оттепелей радарных снимках ERS-2 между торосными участками и ровным льдом и снегом. Полыньи на реках в аномально холодную зиму 2005–2006 гг. с температурами до  $-49^{\circ}\text{C}$  не обнаружены.

На осенних снимках MODIS видно, что замерзание реки Обь происходило не одновременно на больших протяженных участках. Это и является причиной образования торосов из молодого льда в период ледостава. На изображении MODIS за 20 мая 2006г выделяются последние ледяные поля и открытая вода в период ледохода на р. Обь. Участки ледяных затворов совпадают с местоположением торосов, выделенных ранее на снимке ERS-2 за 17 марта. Как правило, торосные участки льда образуются перед изгибами рек.

Снимки в оптическом диапазоне со спутников МЕТЕОР-3М, AQUA, TERRA не позволяли определить места расположения торосов на речном льду до начала ледохода. Достоверно выделяются только различные по плотности и размеру ледяные поля в акватории Карского моря и Обской губе. В период ледохода использование космоснимков в оптическом диапазоне ограничено облачностью. Всепогодные радарные изображения ERS-2 во время ледохода в мае 2006 года оперативно обрабатывались и передавались в течение 2 ч после пролета спутника в МЧС ХМАО для принятия решений о степени опасности затопления. Совмещенные с картоосновой и контрастированные кадры ERS-2 позволяли специалистам гидрологам достоверно дешифровать места скопления льда и чистой воды в любое время суток и сплошной облачности, планировать взрывные работы.

На основе амплитудных изображений ERS-2 выполнялись мониторинговые наблюдения за танкером «Белокаменка» пришвартованном в Кольском заливе вблизи Мурманска. Танкер водоизмещением 360 тыс. тонн используется НК «Роснефть» как временный накопитель сырой нефти экспортируемой морским путем в Западную Европу. Танкер со сроком эксплуатации 24 года представляет потенциальную опасность для всего Кольского залива в случаи разлива нефти. На снимках ERS-2 фиксируются темные участки на поверхности воды соответствующие ветровой тени от корпуса танкера длиной 340 метров или береговой линии. Совпадение направлений ветровой тени от различных препятствий позволяет классифицировать темные участки водной поверхности именно как ветровую тень, а не разливы нефти. Также нет совпадений темных участков с направлением движения воды в Кольском заливе от Мурманска в Баренцево море. Небольшие скопления льда образуют плавающие

торосы и выделяются светлыми пятнами в акватории залива. Наибольшее число нефтеразливов и сбросов балластных вод от судов было зафиксировано на Балтийском море.

Наличие большого числа разнородных геоданных потребовало разработки специализированной поисковой системы обладающей возможностью доступа к исходным кадрам и метаданным для большого числа пользователей в локальной сети, а также удаленного поиска через WEB интерфейс [3; 4]. При создании интерактивного WEB интерфейса применялась компоненты MySQL, AJAX и Geoserver\GeoNetwork в открытых кодах. Экспорт метаданных и квиклуков позволил создать каталоги данных ERS-2\SAR на серверах ЮНИИИТ (dzz.uriit.ru), НЦОМЗ Роскосмоса (www.ntsomz.ru) и БФУ (metageo.aimg.kantiana.ru).

### Библиографические ссылки

1. Bryksin V. M., Filatov A. V., Yevtyushkin A. V. Using of SAR data and DInSar-PSInSar technique for monitoring Western Siberia and Arctic // J. of Radio Electronics. 2012. № 6. P. 1–53.
2. Filatov A. V., Yevtyushkin A. V., Bryksin V. M. Some results of long-term geodynamic monitoring of oil and gas fields and power engineering infrastructure in Western Siberia and Arctic by InSar technique using ERS-2, ENVISAT and ALOS satellite data // Oil and Gas Business : electronic scientific j. 2012. Iss. 3. P. 43–73.
3. Брыксин В. М., Евтюшкин А. В., Филатов А. В. Технология создания комплексного банка космических снимков Земли // Известия Алтай. гос. ун-та. 2011. № 1–1 (69). С. 55–59.
4. Брыксин В. М. База радиолокационных кадров ERS-2 в формате PRI (ERSPRIData): свидетельство о гос. регистрации базы данных № 2010620129 от 19.02.2010 г.

### References

1. Bryksin V. M., Filatov A. V., Yevtyushkin A. V. Using of SAR data and DInSar-PSInSar technique for monitoring Western Siberia and Arctic. Journal of radio electronics. 2012. № 6. pp. 1–53.
2. Filatov A. V., Yevtyushkin A. V., Bryksin V. M. Some results of long-term geodynamic monitoring of oil and gas fields and power engineering infrastructure in Western Siberia and Arctic by InSar technique using ERS-2, ENVISAT and ALOS satellite data. Electronic scientific journal «Oil and Gas Business». 2012. Issue 3. pp. 43–73.
3. Bryksin V.M., Filatov A.V., Yevtyushkin A.V. News of ASU. 2011. no. 1–1 (69). pp. 55–59.
4. Bryksin V.M. Baza radiolokatsionnykh kadrov ERS-2 v formate PRI (ERSPRIData): Svidetelstvo o gos. registratsii bazy danykh no. 2010620129, 19.02.2010.

© Евтюшкин А. В., Филатов А. В., Брыксин В. М., 2013