

# Международные проекты DEMOSSS и MONRUK. Развитие работ, начатых в рамках международных проектов OSCSAR и ERUNET

Н.Н. Новикова, Л.А. Пахомов, А.А. Феоктистов, А.И. Захаров,  
П.В. Денисов

*Научный центр оперативного мониторинга Земли ФГУП «РНИИ КП»  
(НЦ ОМЗ ФГУП «РНИИ КП») Роскосмоса  
127490, г. Москва, ул. Декабристов, вл.51, корп. 25  
E-mail: [feoktistov@ntsomz.ru](mailto:feoktistov@ntsomz.ru)*

В 2004-2005 г.г. НЦ ОМЗ ФГУП «РНИИ КП» в рамках международных проектов OSCSAR и ERUNET участвовал в работах по мониторингу нефтяных загрязнений акваторий Каспийского, Карского, Баренцева, Черного и Азовского морей с использованием данных радиолокаторов с синтезированной апертурой (SAR) и данных видимой и ИК области спектра. В рамках новых международных проектов DEMOSSS (программа INTAS) и MONRUK (программа FP6) на ближайшие 2 года запланировано продолжение работ по мониторингу морской поверхности с существенным расширением перечня решаемых задач и проведением четырех циклов мониторинга.

## 1. Введение

В течение нескольких последних лет Научный центр оперативного мониторинга Земли ФГУП «РНИИ КП» (НЦ ОМЗ ФГУП «РНИИ КП») Федерального космического агентства (ФКА), Россия, Москва, совместно с рядом научных организаций стран-членов ЕКА, России и Украины участвует в работах по созданию системы общеевропейского океанографического сервиса на основе использования данных радиолокаторов с синтезированной апертурой (SAR).

Работы в данном направлении в НЦ ОМЗ были начаты в 2004-2005 г.г. в рамках международных проектов OSCSAR (Marine Oil Spill Control: SAR Monitoring and Model Prediction) и ERUNET (European-Russian-Ukrainian GMES NETwork for Monitoring of Oil Spills and Oil & Gas Pipelines), которые были представлены на конкурс предложений по созданию сети программы GMES с Россией и Украиной по теме “Нефтяные сбросы, загрязнения от горных разработок и химические загрязнения”, получили высокую оценку и были отобраны для финансирования и выполнения со сроками выполнения с 01.07.2004 по 31.12.2005.

Конкурс был объявлен Европейским Космическим Агентством (ESA) и Международной Астронавтической Федерацией (IAF) при участии ФКА России в рамках программы GMES – объединенной инициативы Европейской Комиссии (ЕС) и ESA, выдвинутой в мае 1998 года и направленной на создание в Европе независимой глобальной информационной системы в поддержку курса на защиту окружающей среды и безопасности.

Общая цель проектов включала разработку и демонстрацию возможностей системы прогнозирования и обнаружения морских нефтяных разливов на основе данных SAR и другой спутниковой информации по акватории Черного, Карского и Баренцева морей и создание в перспективе объединенной системы мониторинга всей акватории Европейских морей [1, 2].

Планировалось также продолжение работ с существенным расширением состава участников и территории региона. Кроме того, планировалась отработка процедур мониторинга в оперативном режиме с использованием результатов работ по другим Европейским проектам, выполнявшимся в рамках программы GMES.

В соответствии с условиями конкурса при проведении работ должны были анализироваться данные Европейских, Российских и Украинских спутников из архивов ESA, НЦ ОМЗ и других организаций, участвующих в проекте; в частности, было предусмотрено бесплатное предоставление данных аппаратуры SAR/ERS-1, SAR/ERS-2, ASAR/ENVISAT и MERIS/ENVISAT из архивов

ESA. Реально в ходе выполнения работ по проектам OSCSAR и ERUNET в НЦ ОМЗ было передано 235 изображений аппаратуры SAR/ERS-2, ASAR/ENVISAT и MERIS/ENVISAT.

В соответствии с программами работ по проектам OSCSAR и ERUNET НЦ ОМЗ участвовал в работах по мониторингу нефтяных загрязнений акватории Каспийского, Карского, Баренцева, Черного и Азовского морей

В качестве основного метода идентификации в НЦ ОМЗ использовался метод экспертной оценки в среде ГИС. Эксперт-дешифровщик принимал решение о генезисе каждого анализируемого на SAR изображении слика (т.е. “выглаженного” по сравнению с окружением участка морской поверхности, для которого падает обратное рассеяние радиолокационного сигнала и которое выглядит как темное пятно) на основании анализа таких известных признаков, как форма, размер, текстура, четкость границы, СКО для объекта и фона. В целях повышения вероятности правильного распознавания сликос техногенного и естественного генезиса оценивались возможности метода синергического анализа данных SAR (ERS-2, ENVISAT) и данных видимой и ИК области спектра (AVHRR, MODIS). При проведении синергического анализа создавались карты температуры поверхности моря и альбедо для каналов 0.6 и 0.8 мкм. Кроме того, использовались карты скорости ветра и концентрации хлорофилла [3-5].

В целом результаты проведенных исследований по акватории Азовского, Черного и Каспийского морей подтвердили, что при анализе акватории южных морей России синергический анализ данных SAR и данных видимой и ИК области спектра действительно позволяет получать дополнительную информацию, важную для уточнения генезиса сликос.

Одновременно были подтверждены также серьезные проблемы, возникающие при проведении синергического анализа и связанные с (1) несовпадением времени проведения съемки SAR и аппаратурой видимой и ИК области спектра, поскольку информация принималась с разных спутников со сдвигом по времени порядка нескольких часов и более (при этом местоположение и конфигурация сликос может измениться кардинально) и (2) низким пространственным разрешением данных в ИК тепловой области спектра (1 км в надир), тогда как размер пикселей изображений SAR 25 – 30 м.

Необходимо подчеркнуть также, что основными ограничивающими факторами для широкого практического использования синергического анализа данных SAR и данных видимой и ИК области спектра являются наличие облачности и влияние условий освещения. Именно крайне неблагоприятные погодные-климатические условия северных широт (высокая вероятность облачности, полярная ночь) принципиально ограничивают возможности его практического использования в этих регионах.

## 2. Основные задачи международных проектов DEMOSSS и MONRUK

Работы по мониторингу морской поверхности продолжены в рамках 2 новых международных проектов, в рамках которых предусматривается существенное расширение перечня решаемых задач [6].

Проект DEMOSSS (**DE**velopment of **M**arine **O**il **S**pill/slicks **S**atellite monitoring **S**ystem elements targeting the Black/Caspean/Kara/Barents Seas) выполняется в рамках программы INTAS (The **INT**ernational **AS**sociation for the Promotion of Co-operation with Scientists from New Independent States of the former Soviet Union). Сроки выполнения работ - с 01.02.2007 по 31.01.2009. Режим работы – исследовательский..

Проект MONRUK (**MON**itoring the marine environment in **R**ussia, **U**kraine and **K**azakhstan using Synthetic Aperture Radar) выполняется в рамках программы FP6 (Sixth Framework Programme) Европейской Комиссии (ЕС). Сроки выполнения работ - с 01.07.2007 по 30.06.2009. Режим работы – квази-оперативный.

Программно-алгоритмическую основу обработки данных должны составить программный пакет SARTool, созданный фирмой BOOST Technologies, Франция, и программные пакеты RIM и ABL, созданные в Нансен-центре, Санкт-Петербург.

В соответствии с программами работ по проектам DEMOSSS и MONRUK НЦ ОМЗ должен провести мониторинг акватории Каспийского моря. Предусмотрено проведение 4 циклов мониторинга (2 цикла мониторинга в 2007 г. по проекту DEMOSSS, и еще 2 цикла в 2008 г. по проекту MONRUK). При проведении двух зимних циклов мониторинга (февраль-март 2007 и 2008 г.г.) НЦ ОМЗ должен провести анализ изображений ледяного покрова по Северному Каспию. Два летние цикла мониторинга (июль-сентябрь 2007 и 2008 г.г.) должны проводиться по акватории Северной и Центральной части Каспийского моря. Наряду с решением задач мониторинга нефтяных загрязнений должны решаться задачи обнаружения судов (а также их размеров, курса и скорости), построения карт скорости ветра, ветрового волнения и течений.

### **3. Зимний цикл мониторинга акватории Каспийского моря (февраль-март 2007 г.); проект DEMOSSS**

Вначале несколько слов о динамике развития ледового покрова Северного Каспия в 2007 г. Зима 2007 г. оказалось аномально теплой. До 20 февраля большая часть акватории Каспийского моря была свободна от ледового покрова. Похолодание началось 21-22 февраля, и значительная часть акватории покрылась льдом. Однако, из-за последующего потепления уже к 20 марта лед практически растаял.

В соответствии с программой работ по проекту DEMOSSS осуществлялась регулярная съемка аппаратурой ASAR и MERIS с Европейского спутника ENVISAT. Съемка аппаратурой ASAR проводилась в режиме Wide Swath (полоса 405 км, разрешение 150 м) 8, 11, 14, 18 и 21 февраля (начальный период развития ледового покрова), 24 и 27 февраля (максимальное развитие ледового покрова) и, наконец, 6, 9, 18, 22 и 25 марта (период таяния).

Также в соответствии с программой работ по проекту DEMOSSS НЦ ОМЗ с использованием технических средств приемного комплекса ПК-7 осуществлял ежедневный прием информации аппаратуры MODIS/TERRA – 1-2 утренних витка (hdf-файлы, гранулы объемом порядка 1 GB) и MODIS/AQUA – 1-2 утренних витка (pds-файлы, 0.5 GB). Кроме того, осуществлялся ежедневный прием данных 5-8 дневных витков аппаратуры AVHRR/NOAA14-NOAA18(hrp-files, 40-70 MB).

Для обеспечения возможностей проведения предварительного визуального анализа ситуации также на ежедневной основе с сайта MODIS RAPID Respond System дополнительно накапливались данные в виде jpg-файлов по акватории Северного, Центрального и Южного Каспия с разрешением 250 м в комбинациях каналов MODIS 1-4-3 (True Color) и 7-2-1. При использовании первой комбинации каналов оператор может анализировать сцены в естественных цветах; вторая комбинация каналов включает данные БИК, и с ее помощью реализуется более уверенная визуальная дискриминация облачности и ледового покрова.

Дополнительно на ежедневной основе накапливалась информация о концентрации морского льда по акватории Северной части Каспийского моря с сайта Института физики окружающей среды Университета Бремена, Германия, а также карты-схемы ледовой обстановки в Каспийском море, создаваемые на основе анализа данных аппаратуры AVHRR и MODIS и размещаемые на сайте НИЦ ПЛАНЕТА, Москва, Россия..

### **4. Летний цикл мониторинга акватории Каспийского моря (июль-сентябрь 2007 г.); проект DEMOSSS**

При проведении летнего цикла мониторинга акватории Каспийского моря в полном соответствии с программой работ осуществлялась регулярная съемка аппаратурой ASAR (в режиме Wide Swath) и MERIS с Европейского спутника ENVISAT. В общей сложности были проведены 23 съемки (1, 4, 7, 10, 23, 26, 28 и 30 июля, 2, 3, 5, 8, 11, 12, 24, 27 и 30 августа и 3, 12, 15, 22 и 28 сентября).

Аналогично в полном соответствии с программой работ с помощью технических средств приемного комплекса ПК-7 НЦ ОМЗ осуществлял ежедневный прием того же набора спутниковой информации (утренних витка MODIS/TERRA и MODIS/AQUA и 5-8 дневных витков AVHRR/NOAA14-NOAA18) и дополнительно накапливал данные в виде jpg-файлов с сайта MODIS RAPID Respond System с разрешением 250 м в комбинациях каналов MODIS 1-4-3 (True Color), 7-2-1 а также NDVI.

Дополнительно на ежедневной основе накапливалась прогностическая информация о скорости ветра, температуре воздуха и поверхности моря, высоте поверхности моря и скорости течений с сайта Гидрометцентра, а также карты температуры поверхности моря, построенные по данным спутниковых наблюдений с сайта НИЦ ПЛАНЕТА.

## 5. Обработка информации

Как отмечалось выше, программно-алгоритмическую основу для анализа данных составят программный пакеты SARTool, созданный в фирме BOOST Technologies, Франция и программные пакеты RIM (Radar Imaging Model) и ABL (Atmospheric Boundary Layer), созданные в Нансен-центре, Санкт-Петербург.

В настоящее время уже завершено решение всех лицензионных вопросов, и в самое ближайшее время партнеры по проектам получают возможности практического использования программного пакета SARTool. Пакет ориентирован на максимальное использование той информации, которую можно получить в рамках анализа самого SAR изображения. В состав пакета входит ряд сервисов, с помощью которых решаются следующие задачи.

5.1. Обнаружение и картирование нефтяных загрязнений морской поверхности. Программа автоматически выделяет слики и рассчитывает для них значения целого набора признаков, характеризующих форму, размер, текстуру, четкость границы, СКО для объекта и фона. Окончательное решение о генезисе каждого слика принимает оператор. После завершения анализа изображения программа строит карту нефтяных загрязнений.

5.2. Автоматическое обнаружение судов на изображении. На панель выводится общее число обнаруженных объектов. Каждому обнаруженному объекту присваивается его порядковый номер и рассчитывается широта, долгота, размер в метрах, курс и скорость движения.

5.3. Расчет двумерного волнового спектра для изображения морской поверхности в целом. Рассчитываются системы волн на морской поверхности, их направления распространения, длины и высота волн.

5.4. Построение карты ветрового волнения.

5.5. Построение карты ветра по данным SAR с пространственным разрешением до 500\*500 метров. При проведении расчетов оператору предоставлена возможность выбора необходимых априорных данных о направлении ветра (могут использоваться данные скаттерометра или модельные данные; в случае необходимости оператор может ввести необходимую информацию в диалоговом режиме).

5.6. Построение доплеровской карты радиальной компоненты поверхностных течений. В сочетании с модельными данными о направлении течений карта радиальной компоненты течений может быть преобразована в полноценную карту течений.

## 6. Информационная система проекта MONRUK

В соответствии с программой работ по проекту MONRUK в настоящее время в Нансен-центре, Санкт-Петербург, создается портал проекта MONRUK. В ближайшее время планируется начало работ по созданию сети региональных узлов у участников проекта. Информационная система проекта MONRUK реализуется на базе так называемой web map server технологии, с помощью которой планируется обеспечить возможности унифицированного распределенного доступа

как к данным партнеров проекта MONRUK, так и к данным ряда других Европейских проектов, выполняемых в рамках программы GMES.

## 7. Заключение

В настоящее время ведутся работы по созданию нескольких Российских спутниковых SAR. Первый из них – SAR СЕВЕРЯНИН – будет установлен на борту КА МЕТЕОР-М, запуск которого запланирован на вторую половину 2008 г. В последнее время начато планирование работ по созданию программного обеспечения тематической обработки данных Российских SAR.

Участие НЦ ОМЗ в работах по проектам DEMOSSS и MONRUK позволит в будущем: обеспечить совместимость характеристик выходных продуктов, получаемых в результате проведения тематической обработки данных Европейских и Российских SAR.

Практический опыт работы с порталом MONRUK в рамках технологии web map server открывает возможности практической реализации оптимальной технологии взаимодействия между Европейскими информационными системами и информационной системой НЦ ОМЗ в задаче создания пан-Европейского океанографического сервиса.

Данная работа выполнена в рамках международных проектов DEMOSSS и MONRUK, поддержанных Европейским космическим агентством (ESA) и Европейской Комиссией (ЕС). Спутниковые радиолокационные данные предоставлены Европейским космическим агентством в рамках проектов DEMOSSS и MONRUK.

## Литература

1. Sandven S., Kudryavtsev V., Marine oil spill control: SAR monitoring and model prediction (OSCSAR), ESA-IAF Call for Proposals, GMES Networking with Russia and Ukraine in 2004. Bergen, NERSC, 2004, 35 p.

2. Morris S., ERUNET [European-Russian-Ukrainian GMES NETWORK for monitoring of Oil Spills and Oil&Gas Pipelines, Ispra, JRC, 2004, 57 p.

3. Феоктистов А.А., Новикова Н.Н., Пахомов Л.А., Люшвин П.В., Захаров А.И., Мартынов С.И., Федичев О.Б., Мирошин А.А. Разработка системы космического мониторинга нефтяных загрязнений морской поверхности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2006. Т. 2. С. 161-167.

4. Novikova N.N., Pakhomov L.A., Feoktistov A.A., Lyushvin P.V., Zakharov A.I., Martynov S.I., Miroshin A.A. Use of Synthetic Aperture Radar Data in Oil Spill Monitoring of the Caspian Sea, Kara Sea, and Barents Sea in the Context of OSCSAR International Project // Fifth International Aerospace Congress IAC'06. Abstracts. Moscow, Russia, 27-31 August, 2006. P. 239.

5. Novikova N.N., Pakhomov L.A., Feoktistov A.A., Lyushvin P.V., Zakharov A.I., Martynov S.I., Miroshin A.A. Use of Synthetic Aperture Radar Data in Oil Spill Monitoring of the Black Sea and Sea of Azov in the Context of ERUNET International Project // Fifth International Aerospace Congress IAC'06. Abstracts. Moscow, Russia, 27-31 August, 2006. P. 240.

6. Feoktistov A.A., Novikova N.N., Pakhomov L.A., and Zakharov A.I. Space monitoring of sea surface oil spills // Advances of satellite oceanography: understanding and monitoring of Asial marginal seas. Proceedings of the International Conference 3-d October, 2007, Vladivostok, Russia. P. 36-38.