

Ошейко С.В., Серых Т.А., Гершензон О.Н. Оперативный мониторинг утечек и разливов нефти в морских акваториях

Ошейко С.В., Серых Т.А., Гершензон О.Н.
ИТЦ «СканЭкс»

Растущая добыча нефти, глобализация нефтеперевозок и ввод в эксплуатацию новых добывающих провинций с каждым годом неизбежно приводит к увеличению количества нефтеразливов и огромным финансовыми и природным потерям. С утечками нефти неизбежно сопряжены любые операции по ее добыче и транспортировке, хотя масштабы утечек очень различны, и могут быть, как сравнительно незначительными и легко аккумулироваться экосистемами, так и катастрофическими, уничтожая биоту целых морских районов. Физическое свойство нефти покрывать тонкой пленкой огромные акватории даже при сравнительно небольших разливах приводит к тому, что даже незначительная утечка оборачивается крайне негативными последствиями. Спустя всего 10 минут после разлива 1 тонны нефти, она покрывает область радиусом более 50 километров, формируя так называемый нефтяной слик. Крупнейшие нефтеразливы прошлого века такие, как крушение танкера Эксон Валдиз, Эрика, Престиж, необратимо преобразовали экосистемы в региональном масштабе, и ущерб от них оценивается в миллиарды долларов.

Зависимость мировой экономики от нефтеуглеводородов, и, соответственно, необходимость транспортировки их от поставщика до потребителя заставили мировое сообщество и отдельные страны искать эффективные пути обеспечения экологической безопасности перевозок. Были подписаны и выполняются международные соглашения, регламентирующие ответственность перевозчиков за возможные разливы, значительно улучшены технологические характеристики танкеров, усилены службы береговой охраны и проводки судов, созданы международные и региональные центры реагирования на нефтеразливы. Усилия по снижению рисков нефтеразливов идут по пути внедрения эффективных систем мониторинга движения судов и улучшения координации реагирующих служб.

Знаменательный прорыв в обеспечении экологической безопасности перевозок был достигнут благодаря развитию новых технологий. В настоящее время мониторинг портов, транспортных хабов и наиболее загруженных магистралей осуществляется с помощью информации, получаемой при помощи дистанционного зондирования земной поверхности. Особое значение космический мониторинг нефтеразливов приобрел с появлением радиолокационных спутников, позволяющих отслеживать движение нефтяного пятна на водной поверхности вне зависимости от погодных условий, в частности от облачности и времени суток.

На сегодняшний день созданы и успешно функционируют программы космического мониторинга наиболее загруженных транспортных районов. Так, Европейский Союз осуществляет программу мониторинга северной части Атлантики, США имеет программу по космическому мониторингу залива Прудхо Бей на Аляске. К сожалению, Россия не обладает такой системой, хотя и остро нуждается в ней.

Россия является одной из ведущих энергетических держав мира. В июне 2006 года страна вышла на первое в мире место по добыче нефти, обогнав Саудовскую Аравию. Значительная часть добываемой нефти идет на экспорт. Так, в 2005 году 250 млн тонн из добытых 455 млн тонн было отправлено иностранным потребителем, причем 149 млн тонн морским путем. В период с 2002 по 2005 год увеличение этого объема составляло в среднем по 60 млн тонн в год. Выход индустрии на шельф, растущее производство и высокие цены на энергоносители привели к усилению роли морских перевозок и созданию новых транспортных узлов.

За последние пять лет произошла переориентация внешнего экспорта с традиционного трубопроводного транспорта на морской и в дальнейшем эта тенденция будет только усиливаться. Одновременно с ростом морских перевозок колоссально возросли экологические и социальные риски. Активное строительство морских терминалов на побережье Арктических морей, на Дальнем Востоке, Северо-западе России и возросшее на порядок судоходство поставили новые задачи обеспечения экологической безопасности перевозок нефти. Актуальность решения данных задач возрастает в связи с природными особенностями России: сложной ледовой обстановкой в северных морях, неблагоприятными климатическими и навигационными условиями, особой уязвимостью и богатству морских экосистем, а также в связи с отсутствием отлаженной системы быстрого реагирования на чрезвычайные системы.

Принимая во внимание современные тенденции добычи и транспортировки нефти, встает задача создания систем мониторинга районов наибольшего риска нефтеразливов.

Технология определения нефтеразливов в морских акваториях

Данные дистанционного зондирования Земли открыли новые возможности для оперативного мониторинга разливов нефти на суше и в морских акваториях. Снимки, полученные с помощью сенсоров, установленных на космических платформах, покрывают области площадью до 500*500 километров и обладают достаточным разрешением для локализации разливов.

Радарные данные являются наиболее подходящим средством для решения задачи мониторинга нефтяных загрязнений на море благодаря всепогодности съемки и независимости от уровня освещенности. Известно, что разлившееся на поверхности воды нефтяное пятно формирует пленку, и, вследствие присущих им физических характеристик, выглядят темными пятнами на окружающей их более яркой поверхности на радарном снимке.

При слабом ветре, обыкновенно между 0 и 2-3 м/с, водная поверхность выглядит темной на радиолокационных изображениях. В этом случае темные нефтяные пленки сливаются с темным фоном океана, и определение загрязнений невозможно.

Скорость ветра между 3 и 9-11 м/с идеальна для определения нефтяных загрязнений, слики кажутся темными пятнами на светлой поверхности воды. При большей силе ветра детектирование загрязнений снова оказывается затруднительным, - они исчезают с изображений вследствие смешивания с верхним слоем воды.

Обыкновенно анализ радиолокационного изображения с целью выявления загрязнений начинается с детектирования на нем «подозрительных» областей. Затем – классификация нефтяных загрязнений, естественных сликов, имеющих биологическую природу (продукты жизнедеятельности, планктон и проч.) и поверхность воды под влиянием неблагоприятных для съемки условий.

На радиолокационных изображениях нефтяные разливы характеризуются:

- формой (нефтяные загрязнения характеризуются простой геометрической формы);
- краями (гладкая граница с большим градиентом, чем у сликов природного происхождения);
- размером (слишком большие пятна обыкновенно являются сликами естественного происхождения, например, скоплениями водорослей или планктона);
- географическим расположением (преимущественно нефтяные разливы встречаются в районах нефтедобычи или путей транспортировки нефтепродуктов).

Цикл мониторинга нефтеразливов состоит из семи основных частей:

1. Планирование и заказ данных на область интереса заказчиком с помощью оператора.
2. Съёмка выделенной области интереса со спутника. В настоящее время наиболее активно используемыми космическими аппаратами для решения задач мониторинга нефтеразливов являются RADARSAT-1 и ENVISAT, которые могут снимать один и тот же участок земной поверхности практически каждый день.
3. Прием данных дистанционного зондирования с различных спутников на наземные станции.
4. Подготовка радарных данных к дальнейшему анализу, включая нарезку на фрагменты, геокодирование и калибровку. Для осуществления этого важного этапа необходимо использование специального программного обеспечения.
5. Следующий шаг в цикле мониторинга — детектирование возможных нефтеразливов с использованием радиолокационных и мультиспектральных данных, положения населенных пунктов, промышленных объектов, инфраструктуры топливно-энергетического комплекса – ТЭК (месторождений нефти и газа, газонефтепроводов, буровых вышек и платформ, нефтяных терминалов, портов и т.п.), судоходных трасс путем их интеграции в ГИС. Эта часть анализа проводится опытными экспертами с использованием сложных алгоритмов поиска и верификации нефтяных сликов.
6. Пятый этап цикла — составление отчета на основе комплексного ГИС-анализа о вероятности присутствия нефтяного разлива в области интереса.
7. Заключительным этапом является предоставление отчета заказчику для последующего принятия решения.

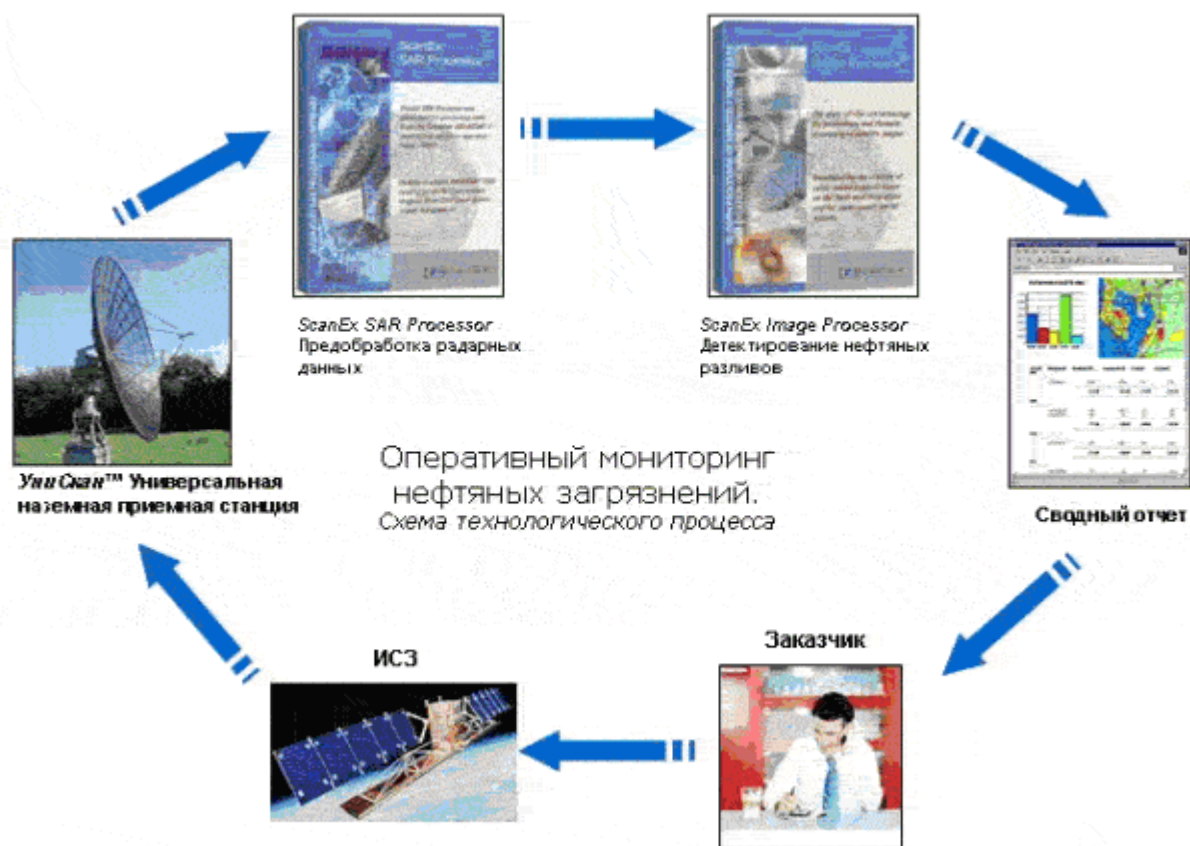


Схема 1. Цикл детектирования нефтяных загрязнений шельфа

Все этапы цикла, описанные выше, проводятся опытными технологами и экспертами, а оперативность обработки данных имеет важное значение для быстрого реагирования на чрезвычайной ситуации.

Таким образом, наиболее целесообразное решение проблемы мониторинга

шельфовых зон на сегодняшний день – использование данных радиолокационного зондирования.

Система оперативного обнаружения нефтеразливов

Инженерно-технологический центр «СканЭкс» разработал комплексный подход для решения задачи мониторинга разливов и утечек нефти, включающий в себя получение и обработку данных радиолокационного зондирования, а также детектирование нефтеразливов на водной поверхности. Созданная технология включает в себя комплекс приемных станций УниСкан, программу предварительной обработки радиолокационных данных ScanEx SAR Processor и тематической интерпретации ScanEx Image Processor.

Созданные ИТЦ «СканЭкс» наземные станции УниСкан позволяют в настоящее время принимать как оптические данные с разрешением от 1 км до 0.7 м, так и всепогодные и независимые от времени суток радиолокационные изображения с разрешением от 100 м до 8 м (табл. 1). Это дает возможность решения широкого спектра прикладных задач.

Одна станция УниСкан™ позволяет получать съемку территории в радиусе около 2.5 тыс. км (площадь около 12 млн. кв. км), что позволяет максимально эффективно вести регулярное наблюдение за всей территорией в зоне обзора, не выходя из рабочего кабинета, и снижает затраты на проведение наземных наблюдений или авиационных облетов. УниСкан™ – это не только средство приема данных, но и полный набор программных средств для их хранения, обработки и тематического анализа.

Сегодня в России и за рубежом уже действует сеть региональных и национальных центров ДЗЗ (карта поставок) на базе технологии УниСкан, что на практике подтверждает реализуемую ИТЦ «СканЭкс» идею децентрализованного доступа к космической информации.

Таблица 1. Основные характеристики бортовой съемочной аппаратуры

| Прибор | Спутник | Число спектр. зон (диапазон) | Пространственное разрешение, м | Полоса обзора, км | Повторяемость съемки одной территории (для одного спутника) |
|----------------------|------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|
| MODIS | Terra Aqua | 36 (видимый, ИК) | 250, 500, 1000 | 2 300 | 1–2 раза в сутки |
| РДСА, режим 2 | Монитор-Э | 3 (видимый, ближний ИК) | 40 | 160 | 1 раз в 9 суток |
| РДСА, режим 1 | Монитор-Э | 3 (видимый, ближний ИК) | 20 | 160 | 1 раз в 9 суток, 1 раз в 6 суток с перенацеливанием |
| ПСА (PAN) | Монитор-Э | 1 (видимый) | 8 | 90 | 1 раз в 6 суток |
| HRVIR MONO | SPOT 4 | 1 (видимый) | 10 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |
| HRVIR | SPOT 4 | 4 | 20 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |

| | | | | | |
|--------------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|--|
| XS | | (видимый, ближний и дальний ИК) | | | |
| PAN | IRS-P5 | 1 (видимый) | 2.5 стерео | 30 | 1 раз в 5 суток |
| LISS-3 | IRS-P6 | 4 (видимый, ближний и дальний ИК) | 23 | 140 | 1 раз в 24 суток |
| AWiFS | IRS-P6 | 4 (видимый, ближний и дальний ИК) | 55 | 740 | 1 раз в 5 суток |
| LISS-4 Mono | IRS-P6 | 1 (видимый красный) | 5.8 | 70 | 1 раз в 5 суток |
| LISS-4 MX | IRS-P6 | 3 (видимый, ближний ИК) | 5.8 | 23 | 1 раз в 5 суток |
| PAN | EROS A | 1 (видимый) | 2.0 | 13.5 | 1 раз в 3-4 суток |
| PAN | EROS B | 1 (видимый) | 0.7 | 7.0 | 1 раз в 2.8 суток |
| SAR | RADARSAT-1 | 1 (С-диапазон, 5.6 см) | 8 ... 100 | 50 ... 500 | от 1 раза в сутки до 1 раза в 6 суток* |
| ASAR | ENVISAT | 1 (С-диапазон) | 25 ... 150 | 56 ... 400 | Не реже раза в 5 суток |

Программное обеспечение ScanEx SAR Processor (SSARP) предназначено для обработки данных канадского радиолокатора с синтезированной апертурой RADARSAT-1. ScanEx SAR Processor позволяет формировать продукты RADARSAT CEOS Level 1 (синтезированное изображение) из файлов формата RADARSAT CEOS Level 0 (радиолокационная голограмма) на платформах MS Windows и Linux. Данное программное обеспечение используется на нескольких сертифицированных комплексах станций приема RADARSAT, обработанные данные соответствуют международным стандартам по качеству, алгоритмам обработки и структуре выходного формата. Инженерно-технологический центр «СканЭкс» постоянно работает над алгоритмами таким образом, чтобы максимально оптимизировать процесс обработки данных.

Синтез данных занимает 5-15 минут для одной сцены RADARSAT в стандартном режиме (Standard mode). Время обработки многолучевых снимков (ScanSAR) составляет около получаса.

После синтеза радарные данные интерпретируются в созданном ИТЦ «СканЭкс» программном обеспечении ScanEx Image Processor для нахождения возможных нефтяных загрязнений.

ScanEx Image Processor является приложением, разработанным для обработки данных дистанционного зондирования Земли. Множество функций программы позволяют решать широкий спектр задач: начиная от визуализации и заканчивая тематическим анализом.

Программа состоит из базовой конфигурации и подключаемых модулей, таких, как:

- модуль трехмерного моделирования и визуализации;
- модуль классификации и тематической интерпретации многозональной съемки;
- модуль работы с цифровыми моделями рельефа (DEM);
- модуль обработки радиолокационных изображений;
- средства разработчика (SDK).

Последняя версия ScanEx Image Processor 2.5 осуществляет автоматическое и полуавтоматическое детектирование нефтеразливов на воде (рис. 1), а также другие функции для обработки данных радиолокационного зондирования:

- сегментация SAR данных;
- текстурный анализ;
- тематическая калибровка результатов сегментации;
- автоматическая векторизация результатов анализа;
- выявление нефтяных пятен;
- детектирование кораблей.

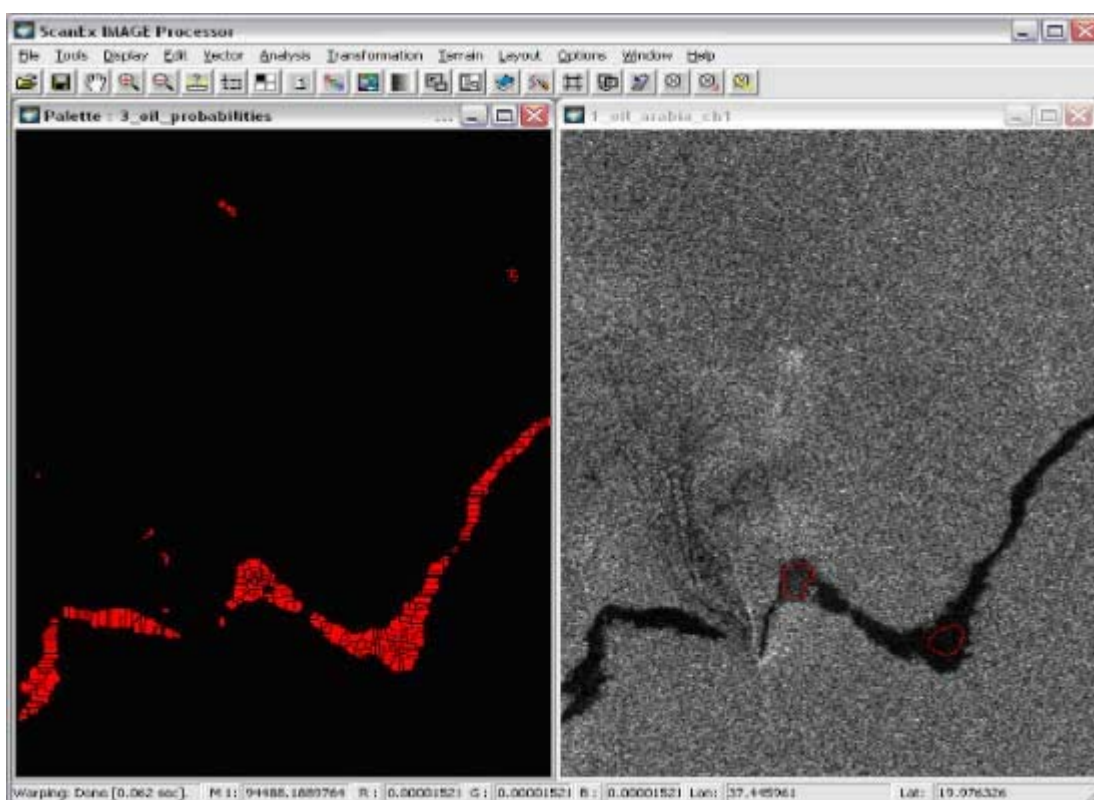


Рисунок 1. Определение контура нефтяного пятна в радарном модуле ScanEx Image Processor

Простой и удобный интерфейс позволяет быстро и точно локализовать возможный нефтеразлив на водной поверхности в кратчайшее время, до 5 минут для сцены размером 100*100 кв. километров.

Мониторинг нефтяного загрязнения вод Северного Каспия

Уникальная технология ИТЦ «СканЭкс», основанная на использовании станций приема спутниковых данных собственного производства и специально разработанного программного обеспечения, позволяет получать информацию о наличии или отсутствии нефтяного загрязнения, а также его локализации, всего за

несколько минут, начиная с момента съемки, на основе данных космической съемки с канадского радиолокационного спутника RADARSAT и европейского ENVISAT.

Опираясь на свои уникальные технологии в 2007 году ИТЦ «СканЭкс» планирует осуществить проект по радиолокационному мониторингу вод Северного Каспия в приближенном к интерактивному режиму. Данный пилотный регион выбран не случайно. На шельфе Каспийского моря уже продолжительное время ведутся геологоразведочные работы и добыча нефти, по акватории проходят интенсивные транспортные пути, соединяющие районы добычи с крупнейшими портами. Каспий характеризуется крайней экологической чувствительностью и высоким биоразнообразием. Сбросы нефтепродуктов и аварийные разливы нефти крайне негативно влияют на экосистему моря-озера и могут привести к нарушению и уже пошатнувшегося экологического равновесия. Следует особо подчеркнуть, что в некоторых районах, например в Казахстанском секторе, происходит хроническое загрязнение акватории из-за наличия более чем сотни затопленных скважин. Данные факты подтверждаются результатами предварительного анализа радиолокационных снимков на регион, выполненного ИТЦ «СканЭкс». Так, например, на снимке от 8 сентября 2006 года (рис. 2) отчетливо виден след нефтесодержащих пятен, протянувшийся на 41 километр. Снимок от 16 октября 2006 г. (рис. 3), покрывающий Казахстанскую часть Каспийского моря, показал высокую вероятность наличия нефтяных загрязнений на шельфе.

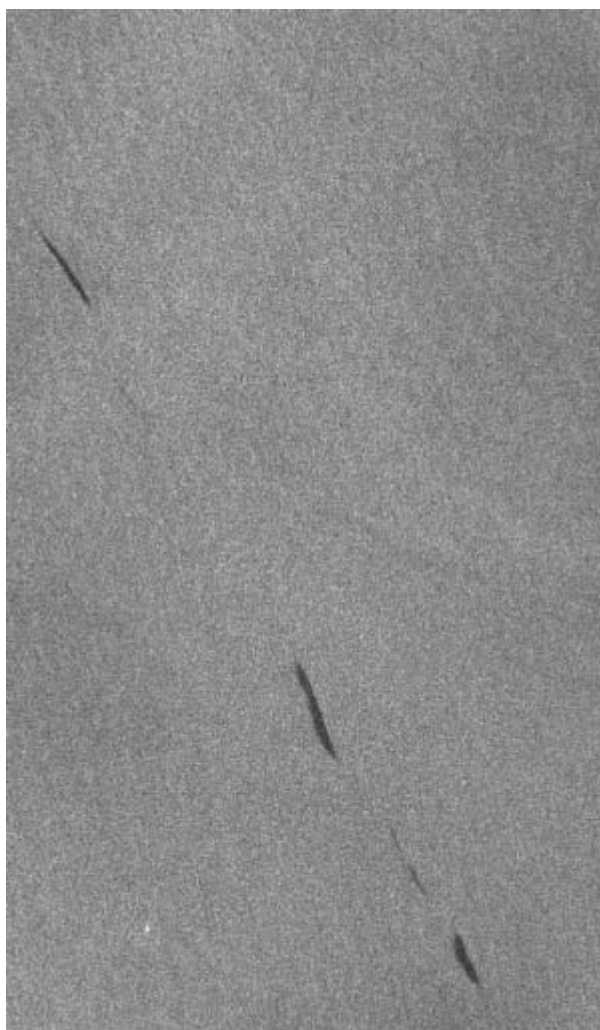


Рисунок 2 Рисунок 3. След нефтесодержащих пятен протянулся на 41 км вдоль трассы судна в Каспийском море (RADARSAT-1, 8 сентября 2006 г.)© MDA, ScanEx, 2006

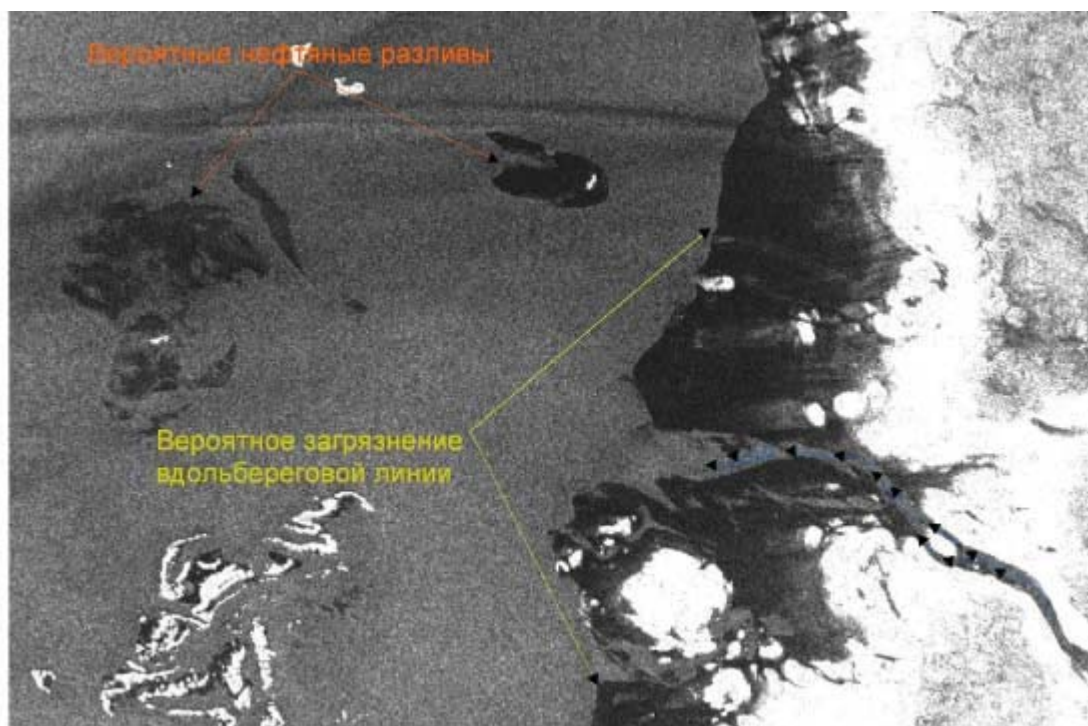


Рисунок 3 Снимок RADARSAT северо-западной части Каспийского моря от 16 октября 2006 года. Синими стрелками показан вынос чистых вод из устья реки. MDA, ScanEx, 2006

Проект выходит за рамки технологического эксперимента и ставит своей целью предоставление общественности, госорганам и бизнесу объективной и оперативной информации о случаях углеводородного загрязнения акватории Каспийского моря. Можно надеяться, что сам факт наличия независимой объективной информации об экологических последствиях деятельности нефтегазового сектора на шельфе Каспия будет мотивировать компании повышать экологические стандарты и вовремя реагировать на чрезвычайные ситуации, а государственные органы осуществлять эффективный контроль и выстраивать действенную политику.

Сегодня задача оперативного мониторинга разливов нефти на воде приобрела большое значение, главным образом, благодаря усугубляющейся экологической ситуации в акваториях российских морей, и, как следствие, связанному с ней социально-экономическому аспекту.

Данные дистанционного зондирования Земли сыграли решающую роль в получении оперативной и достоверной информации об экологическом состоянии шельфовых зон и акваторий. На настоящий момент ИТЦ «СканЭкс» обладает технологией полного цикла по мониторингу нефтяных разливов в морских акваториях. Наличие собственных станций, оригинального программного обеспечения и опытных экспертов позволяют оперативно выявлять наличие углеводородов на водной поверхности. Инженерно-технологический центр «СканЭкс» впервые в России запускает инициативный проект, целью которого является мониторинг вод северного Каспия в оперативном режиме. Первые полученные результаты подтвердили необходимость такого мониторинга и его значимость для обеспечения экологической безопасности региона. Применяемые технологии в силу своей универсальности могут и должны быть используемы и в других районах нефтедобычи на шельфе — Сахалине, Калининградской области, а в перспективе на шельфе северных морей.