

Е.Х. Аязбаев (НПЦ «Мекенсак»)

В 1971 г. закончил механический факультет Казахского химико-технологического института. В настоящее время – генеральный директор ТОО НПЦ «Мекенсак», кандидат химических наук.

О.А. Токжанов (НПЦ «Мекенсак»)

В 1972 г. закончил физико-математический факультет Гурьевского педагогического института. В настоящее время - заместитель начальника управления природных ресурсов и регулирования природопользования Мангистауской области Республики Казахстан.

Ю.И. Кантемиров (Компания «Совзонд»)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. После окончания университета работал младшим научным сотрудником лаборатории космической информации для целей газовой промышленности в ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С 2010 г. работает в компании «Совзонд» ведущим специалистом отдела программного обеспечения.

Мониторинг нефтеразливов в акватории порта Актау с помощью космических радарных данных COSMO-SkyMed

ВВЕДЕНИЕ

В Каспийском море разрабатывается множество месторождений нефти и газа. Доказанные ресурсы нефти в Каспийском море составляют около 10 млрд т, общие ресурсы нефти и газоконденсата оцениваются в 18–20 млрд т.

Город Актау, расположенный на восточном побережье Каспийского моря, является крупным грузовым портом, и в частности единственным портом Казахстана, предназначенным для международных перевозок сырой нефти и нефтепродуктов. Космический мониторинг нефтеразливов в акватории такого крупного порта, как Актау, представляется крайне желательным, если не необходимым для поддержания экологической безопасности в регионе. Радарная космическая съемка, как не зависящая от облачности и освещенности, представляется идеальным источником геопространственной информации для такого мониторинга.

В 2011 г. компанией «Совзонд» совместно с научно-производственным центром «Мекенсак» (Республика Казахстан) был выполнен космический радарный мониторинг нефтеразливов в акватории порта Актау по данным спутниковой группировки COSMO-SkyMed

(Италия). Ниже приведем основные результаты выполненного мониторинга, рассмотрим особенности отображения нефтеразливов на радарных снимках, приведем примеры «ложных» нефтеразливов (look-alike) и опишем предлагаемый компаний «Совзонд» веб-сервис мониторинга нефтеразливов.

ТЕХНОЛОГИЯ

В настоящее время на орбите находится значительная группировка спутников дистанционного зондирования Земли. Данные космической съемки с радарных спутников, которые не зависят от облачности и освещенности, находят широкое применение для задач оперативного (с гарантированной периодичностью) мониторинга судоходства, буровых и добывающих платформ, ледовой обстановки, нефтеразливов и природных нефтяных пленок и т.д.

Физический смысл вышеперечисленных морских приложений радарных съемок заключается в том, что, с одной стороны, вода поглощает радарный сигнал, в то время как, например, суда, нефтегазовые платформы и айсберги являются хорошими отражателями. Поэтому эти объекты определяются на радарных снимках как яркие пиксели на темном фоне.

С другой стороны, радарная съемка реагирует на шероховатость отражающей поверхности. Это ее свойство позволяет определять природные и техногенные углеводородные пленки на поверхности воды (водная поверхность характеризуется волнением, тогда как нефтяные пятна на поверхности воды характеризуются более гладкой поверхностью). Этим объясняется то, что углеводородные пленки на поверхности воды отображаются областями черного цвета на фоне обычной водной поверхности серого цвета. Особенно этот эффект очевиден на радарных снимках, сделанных в поляризации VV.

Что касается мониторинга замерзающих акваторий (в том числе в северной части Каспийского моря), то здесь также возможно наблюдать за ледовой обстановкой (наблюдать за подвижками ледовых массивов, анализировать толщины, возраст и типы льдов, выявлять дрейфующие льдины и айсберги и т.д.).

Остановимся подробнее на результатах проекта по мониторингу нефтеразливов в акватории порта Актау, выполненного в 2011 г.

На первом этапе проекта компании «Совзонд» по согласованию с НПЦ «Мекенсак» были выбраны радарные спутники для выполнения мониторинга нефтеразливов. По сумме технических характеристик, а также с учетом значительных скидок на мониторинговые проекты, предоставляемых оператором спутниковой радарной группировки COSMO-SkyMed — компанией e-GEOS (Италия), именно эта группировка спутников была выбрана для осуществления мониторинга.

Затем был выбран оптимальный режим съемки (ScanSAR Huge Region, пространственное разрешение – 30 м, сцена – 200 x 200 км). Поскольку основной задачей было выявление нефтеразливов, то съемки были запланированы в поляризации VV. Далее заказчиком работ — НПЦ «Мекенсак» — была определена необходимая частота съемок (два раза в месяц). Здесь следует отметить, что технически максимально возможная частота съемок одной и той же территории спутниками группировки COSMO-SkyMed может быть ежедневной и даже достигать нескольких раз в сутки (в случае такой необходимости).

Съемки были запланированы и выполнены в следующие даты: 04.07.2011; 12.07.2011; 05.08.2011; 21.08.2011; 06.09.2011; 22.09.2011; 02.10.2011; 24.10.2011.

Каждый снимок после выполнения съемки поступал в центр обработки радарных данных компании «Совзонд» в виде амплитудного снимка в радарной геометрии «дальность/азимут». Далее к каждому снимку применялась последовательность операций предварительной обработки, отображается на рисунке 1.

Благодаря возможностям автоматизации, реализованным в программном комплексе SARscape, данная операция не выполнялась по отдельным шагам, а выполнялась в виде один раз записанной последовательности шагов (функция упрощенного IDL-программирования последовательностей шагов обработки SARscape).

Далее каждый снимок анализировался визуально специалистами по обработке радарных данных компании «Совзонд». Все визуально заметные относительно темные области на поверхности воды интерпретировались дешифровщиками. Те темные области, которые были интерпретированы как нефтеразливы, оконтуривались векторным полигоном. Далее каждому полигону (нефтеразливу) присваивались определенные атрибуты (площадь, периметр, дата и время обнаружения и т.д.). По каждому снимку составлялись краткие информационные отчеты, содержащие информацию о выделенных нефтеразливах, а также описание так называемых пятен «look-

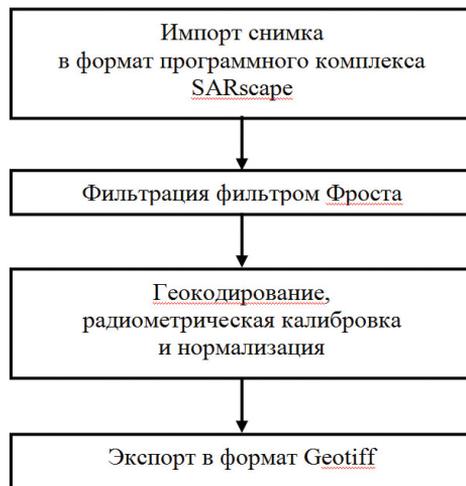


Рис. 1. Блок-схема предварительной обработки радарных данных COSMO-SkyMed

алике», или ложных нефтеразливов, обнаруженных на данном снимке.

Далее снимок, векторные слои нефтеразливов и отчет об интерпретации каждого снимка отправляются через Интернет заказчику — НПЦ «Мекенса».

ПРИМЕРЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РАДАРНЫХ СНИМКОВ COSMO-SKYMED АКВАТОРИИ ПОРТА АКТАУ

В процессе интерпретации снимков COSMO-SkyMed были выявлены как реальные нефтеразливы, так и темные пятна другой природы (так называемые «look-alike»), не являющиеся нефтеразливами. Приведем несколько примеров интерпретации этих радарных снимков.

На рис. 2 приведены чередующиеся темные и

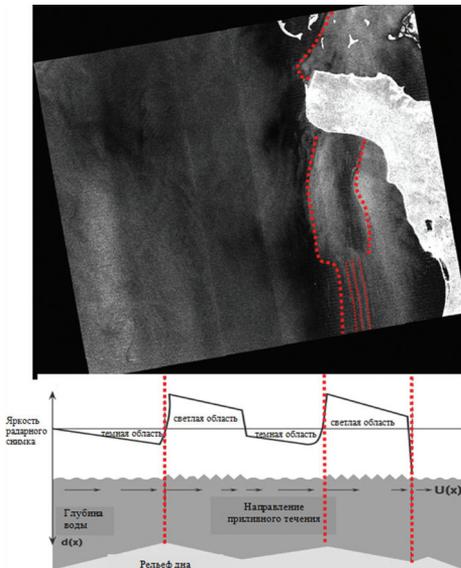


Рис. 2. Снимок от 04.07.2011 с нанесенными на него основными градиентными границами темных и светлых областей (красный пунктир), а также со схематичной интерпретацией, объясняющей возникновение этих ярких и темных участков. То, что эти участки наиболее ярко проявились на этом снимке, может быть объяснено, вероятно, сильным приливным течением именно 04.07.2011, которое наиболее контрастным образом подчеркнуло структуру морского дна

светлые области на радарном снимке от 04.07.2011, вероятно, объяснимые рельефом дна.

В западной и северо-западной части снимка от 05.08.2011, приведенного на рис. 3, заметны чередующиеся светлые и темные пятна. По мнению авторов, это грозовые облака со значительным размером конденсирующихся капель (у спутников COSMO-SkyMed длина волны составляет 3,1 см, т.е. радарный сигнал этих спутников может быть чувствителен к плотным грозовым облакам), а также тени от них. Направление луча радара – с юго-запада на северо-восток (зеленая стрелка). Три облака показаны красными стрелками, тени от них – синими. Еще несколько облаков отдешифрировано в северо-западной части снимка (они заметны при выполнении контрастирования по этой части снимка), а также еще одно облако по центру снимка. Следует отметить, что присутствие облаков заметно только на этом снимке от 05.08.2011 и ни на одном другом и что заметность облаков на радарных снимках является очень редким исключением.

На рис. 4 показаны следы от движущегося вблизи побережья катера, дешифрируемые на снимке от 21.08.2011.

На снимке от 22.09.2011 (рис. 5) обнаружено 6 нефтеразливов на поверхности воды (показаны крас-

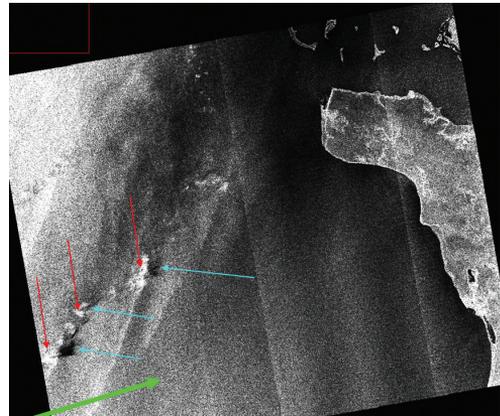


Рис. 3. Снимок COSMO-SkyMed от 05.08.2011. Направление луча радара показано зеленой стрелкой. Красными стрелками показаны плотные грозовые облака, синими стрелками – тени от них



Рис. 4. Темные следы из вспенившейся воды от движущегося вблизи побережья катера на снимке от 21.08.2011

ными стрелками), в том числе два нефтеразлива непосредственно в районе порта Актау. Кроме того, на снимке присутствует крупная область так называемых «черных вихрей» (обведена зеленым пунктиром), которые часто неправильно интерпретируются как нефтеразливы. Вероятнее всего, эта темная область объясняется большим скоплением биогенных углеводородных пленок. Также на снимке присутствует крупная структура течения, пересекающая весь снимок (пунктир голубого цвета) и объясняющаяся рельефом дна. Область «черных вихрей» показана крупным планом на рис. 6. Два из шести нефтеразливов, обнаруженных на снимке от 22.09.2011, показаны на рис. 7. Все шесть обнаруженных нефтеразливов поставлены заказчику в виде векторного полигонального шейп-файла, в атрибутах каждого нефтеразлива записаны площадь разлива в кв. км, дата и время обнаружения.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ ОПЕРАТИВНОГО ВЕБ-СЕРВИСА ВЫЯВЛЕНИЯ НЕФТЕРАЗЛИВОВ

По результатам выполненного в 2011 г. космического радарного мониторинга акватории порта Актау,

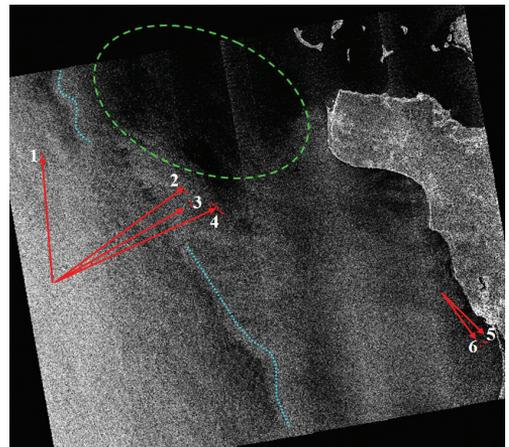


Рис. 5. Снимок COSMO-SkyMed от 22.09.2011. Шесть выявленных нефтеразливов показаны красными стрелками. Зеленым пунктиром на севере снимка показана крупная область так называемых «черных вихрей», объяснимая большим скоплением биогенных углеводородных пленок. Синим пунктиром показано чередование ярких и темных участков, объясняющееся рельефом дна

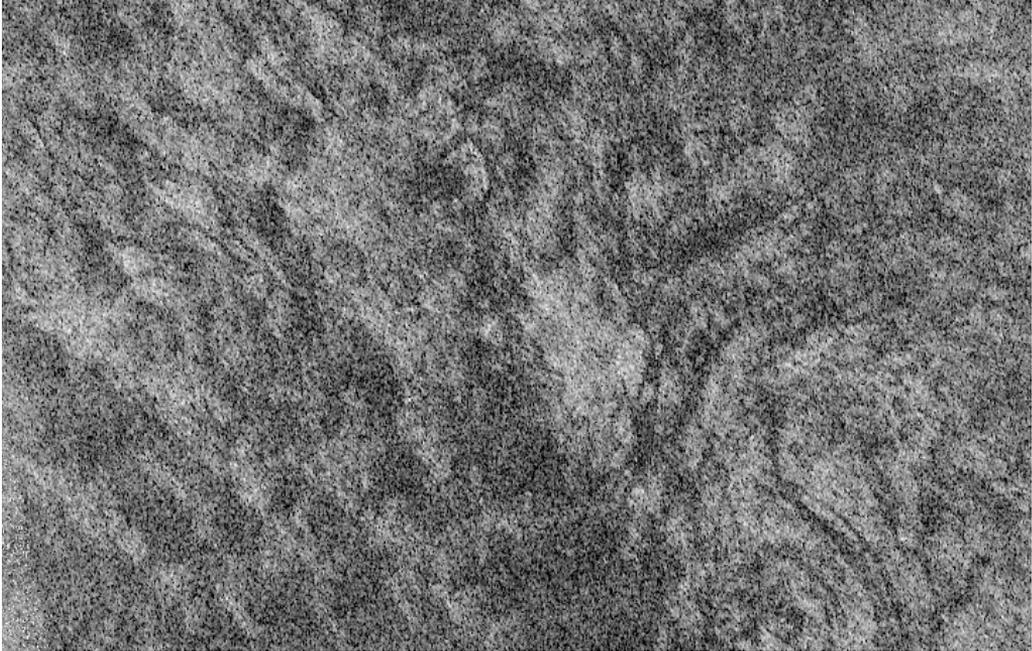


Рис. 6. Область так называемых «черных вихрей» в северной части снимка от 22.09.2011, представляющая собой крупное скопление биогенных углеводородных пленок, часто неправильно интерпретируемых как нефтеразливы

некоторые результаты которого были показаны выше, компанией «Совзонд» предложен план по внедрению оперативного веб-сервиса мониторинга нефтеразливов на базе данных COSMO-SkyMed.

Основные характеристики предлагаемого веб-сервиса следующие:

- нефтеразливы обнаруживаются круглосуточно, независимо от погодных условий;
- обнаруживаются нефтеразливы различного размера и возраста;
- могут быть обнаружены нефтяные пленки линейными площадными размерами от 50–100 м и более;
- данные по обнаруженным нефтеразливам могут поставляться заказчику через веб-интерфейс круглосуточно 7 дней в неделю, 365 дней в году;
- в качестве исходных данных могут быть использованы данные как одной спутниковой радарной системы (COSMO-SkyMed), так и сразу нескольких;
- максимально возможная частота спутниковых съемок одной и той же территории до нескольких раз в сутки;
- для региона Каспийского моря информация о нефтеразливах становится доступной через веб-интерфейс в течение суток после съемки (либо необходима установка приемной станции в этом регионе для более быстрого приема и обработки снимков COSMO-SkyMed).

Интерфейс веб-сервиса представляет собой цифровую картографическую основу, на которую выкладываются квик-луки радарных снимков, а также векторные слои нефтеразливов. На каждый нефтеразлив составляется *html отчет, содержащий следующую информацию:

- географические координаты центра нефтеразлива;
- дата и время обнаружения;
- пространственная ориентация;
- размеры нефтеразлива (периметр, площадь);
- форма нефтеразлива;
- скорость ветра в районе нефтеразлива, определенная по данным метеорологических спутников и

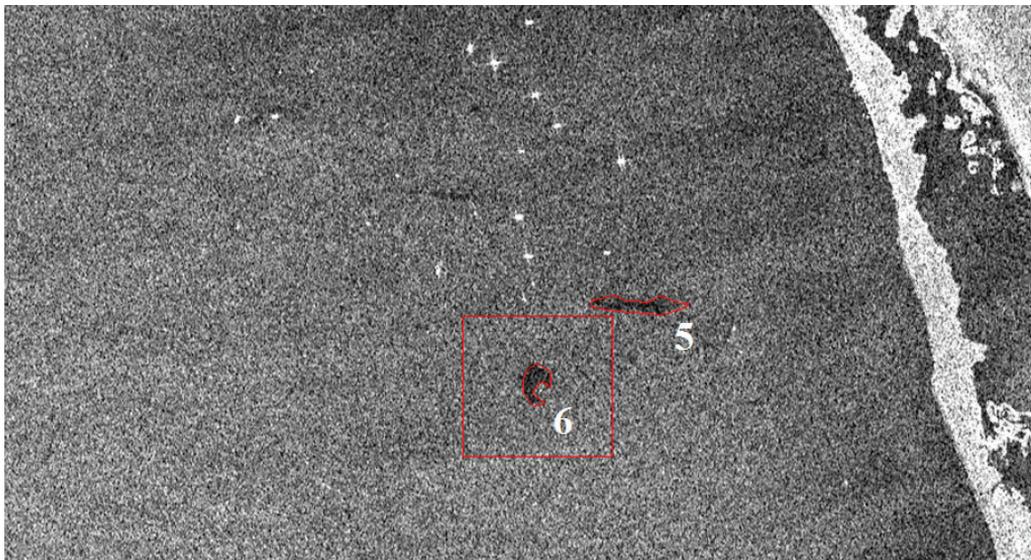


Рис. 7. Два из шести нефтеразливов в районе порта Актау, отдешифрованных на снимке от 22.09.2011

по самому радарному снимку;

- данные по волнению морской поверхности в районе нефтеразлива, определенные по данным метеорологических спутников и по самому радарному снимку;
- скорость течения в районе нефтеразлива;
- температура поверхности воды в районе нефтеразлива;
- степень достоверности нефтеразлива (условно: низкая, средняя, высокая);
- в случае предоставления заказчиком данных систем автоматической идентификации судов информация о возможном судне – источнике нефтеразлива (за счет корреляции нефтеразлива с маршрутами судов).

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Существует большой выбор средств наблюдений (коммерческих радарных спутников) для выявления нефтеразливов на водной поверхности, в том числе для группировки COSMO-SkyMed (e-GEOS, Италия) уже утвержден план поддержания группировки радарных спутников на орбите минимум до 2025 г., включающий запуск новых че-

тырех спутников начиная с 2015 г. (в дополнение к четырем уже действующим спутникам).

2. Технология мониторинга нефтеразливов с помощью радарных космических снимков широко применяется с начала 1990-х гг. и на сегодняшний день позволяет выявлять нефтеразливы независимо от облачности и освещенности с частотой до нескольких раз в сутки.

3. Поставляемые вместе с векторным слоем нефтеразливов метеорологические и океанографические данные позволяют заказчику при необходимости прогнозировать и моделировать развитие нефтеразлива во времени.

4. Заказчик может как использовать сам веб-сервис, так и закачивать исходные радарные снимки и контура нефтеразливов в обменных растровых и векторных форматах.

5. Стоимость сервиса выявления нефтеразливов значительно снижается с увеличением числа съемок. Так, стоимость за один снимок в рамках сервиса при ежедневной съемке в течение года примерно в два раза меньше, чем стоимость снимка в рамках сервиса при заказе, например, 12 съемок.