

Спутниковый мониторинг последствий катастрофического разлива нефтепродуктов в Керченском проливе

О.Ю. Лаврова, Т.Ю. Бочарова, М.И. Митягина, А.Я. Строчков

*Институт космических исследований РАН,
117997 Москва, Профсоюзная 84/32
E-mail: olavrova@iki.rssi.ru*

Представлены результаты спутникового мониторинга последствий катастрофического разлива нефтепродуктов в Керченском проливе, который произошел во время шторма 11 ноября 2007 г. Для определения масштабов загрязнений проанализированы все доступные спутниковые данные радиолокационного зондирования, полученные сенсорами ASAR Envisat, Radarsat, TerraSAR-X и ERS-2 SAR. Выявлены районы, подвергнувшиеся наибольшим загрязнениям. Проведено сравнение результатов обработки спутниковых данных с результатами численного моделирования, проведенного сотрудниками ГОИН, с официальной информацией, и с рассказами очевидцев.

В ходе спутникового мониторинга Керченского пролива, проведенного с апреля по октябрь 2008 года, выявлены вторичные загрязнения морской поверхности пленками нефтепродуктов в районе затонувшей носовой части танкера «Волгонефть-139». Показано, что данные пленки, распространяясь под действием ветра и течения, могут служить своего рода трассерами, позволяющими изучать циркуляционные процессы в Керченском проливе. Наиболее информативные снимки и результаты их обработки опубликованы в сети Интернет (http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_moni.htm). В сентябре 2008 года проведены подспутниковые наблюдения в районе ст. Тамань и на косе Тузла. Выявлены многочисленные загрязнения южной оконечности косы Тузла мазутом, выброшенным на берег после катастрофы.

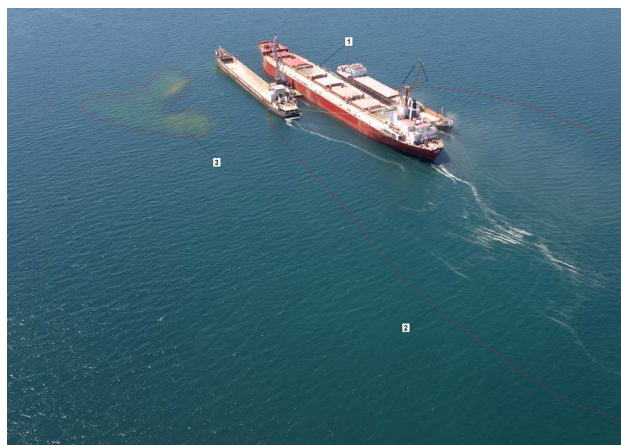
Ключевые слова: катастрофический разлив нефти, Керченский пролив, авария танкера, спутниковый мониторинг, радиолокация морской поверхности, нефтяные пленки.

Введение

Керченский пролив, соединяющий Черное и Азовское моря, является уникальным природным комплексом. Здесь находится место нереста, нагула и миграции многих ценных видов рыб, в том числе охраняемых и находящихся под угрозой уничтожения. Также здесь находится орнитологический заказник, и гнездятся водоплавающие птицы. По обоим берегам пролива расположены курортные зоны, которые привлекают туристов не только песчаными пляжами, но и интереснейшими историческими и природными достопримечательностями.

В то же время Керченский пролив – крупнейшая транспортная артерия. Ежегодно по нему проходит более 10 тысяч торговых судов. На украинском побережье пролива сегодня действуют несколько крупных портовых комплексов, а с российской стороны – быстро развивающийся порт Кавказ. Мелководность пролива не дает возможность использовать суда с большой осадкой, поэтому в основном по проливу проводятся суда типа «река-море». На якорной стоянке вблизи черноморского устья грузы переваливаются на крупнотоннажные океанские суда. В открытом море на рейде проходит перекачка нефти и перевалка сыпучих грузов (сера, сода, фосфор, уголь, зерно) с одного корабля на другой. Причем перевалка часто осуществляется на судно-накопитель одновременно с двух речных судов на оба борта, хотя это запрещено правилами. Перекачка нефтепродуктов в море также запрещена – она должна производиться только в портах России и

Украины, где стоит специальное оборудование и существует служба обеспечения безопасности. Подобные действия нередко приводят к загрязнению водного и воздушного бассейнов (рис.1).



*Рис. 1. Перевалка минеральных удобрений в районе м. Панагия.
1 – источник – суда на рейде; 2 – зона загрязнения; 3 – скопление водорослей.
Снимок выполнен оптической камерой с вертолета 16.08.2003 [1]*

Кроме того, судоходство в проливе часто сопровождается несанкционированными сбросами грязных балластных вод, содержащих в первую очередь нефтепродукты. На спутниковых радиолокационных изображениях Керченского пролива регулярно наблюдаются темные пятна пониженного рассеяния, связанные с наличием антропогенных пленочных загрязнений морской поверхности (рис.2).

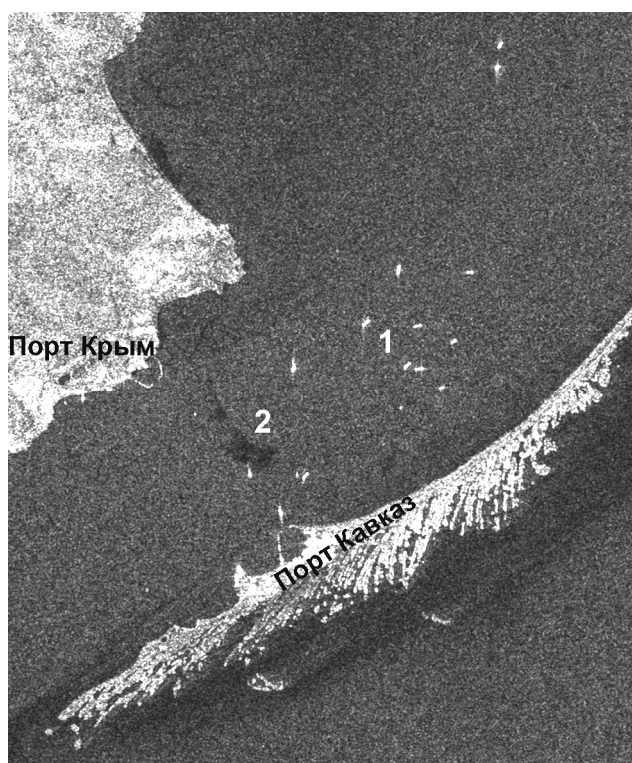


Рис. 2. Фрагмент (13x14 км) Envisat ASAR изображения, полученного 02.08.2006 в 19:28 UTC, разрешение 12,5 м (©ESA 2006). 1 – якорная стоянка судов; 2 – антропогенные загрязнения, связанные со сбросом с судна вод, содержащих нефтепродукты

Керченский пролив хронически болен и находится в состоянии постоянного антропогенного стресса, который вызван растущим количеством проходящих через него судов, а катастрофический разлив нефтепродуктов 11 ноября 2007 года еще больше усугубил эту, и без того очень непростую ситуацию.

Хроника катастрофы

Трагедии, происшедшей 11 ноября 2007 года посвящено огромное количество статей, как в научных изданиях [2-4], популярных [5] журналах, так и в сети Интернет. Причем отсутствие правдивой и полной официальной информации породило, особенно в первые дни после катастрофы, множество панических и спекулятивных публикаций. Неурегулированные с 1991 года разногласия, касающиеся вопроса морской границы между Россией и Украиной, а также правил судоходства в Керченском проливе, сразу после катастрофы проявились с новой силой. Особенно резко высказывались в публикациях в украинской прессе претензии (возможно справедливые) к российским компаниям, которые в погоне за прибылью не соблюдали меры безопасности эксплуатации судов в столь сложном для судоходства районе, как Керченский пролив. Не нам судить, кто был виноват в сложившейся ситуации. Катастрофы с судами, в частности с танкерами, происходят во всем мире, а в данном случае метеоусловия безусловно являлись форс-мажорными. Напомним, в ночь с 10 на 11 ноября 2007 года с Балканского региона на акваторию Черного моря вышел южный циклон и со скоростью 70 км/час устремился в сторону Крыма (рис.3). Давление в его центре при этом снизилось до 980 мб. Практически над всей акваторией моря резко возросли горизонтальные барические градиенты. Шторм принес

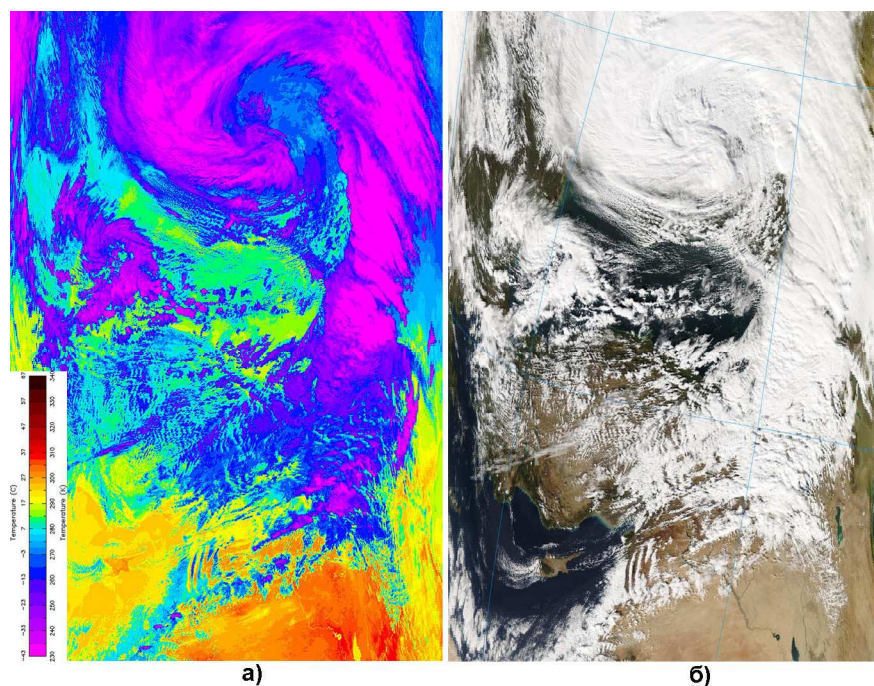


Рис. 3. Проявление атмосферного циклона: а) в поле температур; б) на цветосинтезированном изображении, каналы (1,4,3). Данные MODIS Aqua от 11.11.07 10:40 UTC, разрешение 2 км

ветер небывалой силы, и при этом ветер южный. Ветер гнал волну в Керченский пролив, который похож на бутылочное горлышко с «пробкой» в виде косы Тузла. Чем ближе к Тузле, тем глубины меньше. Это привело к тому, что на мелководье морское волнение разрушалось, появились крутые нелинейные волны, высота которых при глубинах в 8 метров и ветре до 35 м/сек достигала 6—7 метров. За последние 50 лет волны максимальной высоты 2 м в северной части Керченского пролива наблюдались всего 9 раз и только при северных ветрах. Повторяемость

ветров южной четверти составляет 12%, но скорость таких ветров никогда не превышала 15-17 м/с, и двухметровые, а тем более четырех- и шестиметровые волны, при таких ветрах в проливе не регистрировались ни разу [2].

По данным капитана порта Керчь на момент шторма 11.11.07 на акватории Керченского пролива и в его азовском и черноморском устьях находилось 167 судов. Для большинства судов «река — море», которые оказались в этом районе, вызванная штормом нагрузка оказалась просто запредельной. Такие суда рассчитаны на волнение не более 2—2,5 метров. Как сообщил впоследствии Валентин Пилипенко, капитан дальнего плавания, капитан Керченского морского торгового порта, Президент Ассоциации капитанов портов Украины, 8 судов по рекомендации диспетчерской службы "Керчь" ушли штормовать в море, 7 судов потеряли якоря. Около 50% судов испытывало дрейф на якорях. После получения известия о разломе танкера "Волгонефть-139" и трещины по палубе судна "Волгонефть-123" было принято решение снимать с якорей все суда и проводить их по Керченскому каналу в северную часть Керченского пролива. Была проведена уникальная операция по проводке судов по Керчь-Еникальскому каналу в условиях ограниченной видимости, ураганного ветра порывами до 38,8 м/сек. Всего проведено 47 судов. Три судна - "Нахичевань", "Вольногорск" и "Ковель", которые по неизвестным причинам остались стоять на якорях, затонули в различных точках Керченского пролива, имея на борту груз с серой. Всего спасено 37 человек. Из экипажа теплохода "Нахичевань" 4 человека пропали без вести, 4 человека утонули.

Нефтеналивное судно «Волгонефть-139», перевозившее 4777 тонн мазута, разломилось в районе якорной стоянки с южной стороны острова Тузла. Заякоренная носовая часть танкера после аварии осталась на месте, а корму под действием ветра и течений отнесло к острову Тузла и выбросило на мель. По официальным данным из носовой части танкера за 12 часов вытекло 1000 т мазута, а из кормовой - еще 600 т. Точное количество попавшего в воду мазута не известно.

Всего, по данным МЧС, 11 ноября 2007 г. в результате штормового ветра и сильного волнения моря в Керченском проливе затонуло 4 судна (сухогрузы «Вольногорск», «Нахичевань», «Ковель», «Хачь Измаил» (Грузия)); сорвались с якорей и село на мель 6 судов (сухогрузы «Вера Волошинская» (Украина), «Зияя Кос» (Турция), «Капитан Измаил» (Турция), баржи «Дика», «Диметра», плавкран «Севастополец»), в результате чего на дне оказалось около 6800 т технической серы, находившейся в трюмах этих кораблей; получили повреждения 2 танкера («Волгонефть-139», «Волгонефть-123»). Такова краткая хроника событий.

Спутниковый мониторинг Керченского пролива в ноябре 2007 года

К сожалению, с 1992 года, после того как прекратил свою работу радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА), установленный на борту космического аппарата «Алмаз-1», на орбите не существует ни одного российского радиолокатора, способного давать информацию для нужд науки, народного хозяйства и экологического контроля. В настоящее время для российских ученых наиболее доступными и эффективными являются данные, получаемые с помощью РСА, установленных на европейских спутниках Envisat и ERS-2. Они имеют пространственное разрешение, наилучшим образом подходящее для решения задачи экологического мониторинга морской поверхности: 25х25 м, при размере кадра 100х100 км и 150х150 м, при размере кадра 400х400 км. РСА позволяет получать данные одновременно на двух поляризациях в разных сочетаниях: VV, HH, VH, HV. Для решения задачи выявления нефтяных загрязнений морской поверхности лучше всего подходят изображения, полученные на VV поляризации. Данные канадских спутников Radarsat-1/2 и немецкого спутника TerraSAR-X, также имеющих на борту РСА, поставляются только на коммерческой основе, и из-за высокой цены они практически не доступны российским ученым.

В течение нескольких часов после появления информации о разливе нефти в Керченском проливе нами был сделан запрос в службу заказов данных Европейского космического агентства

(ЕКА), с которой мы успешно работаем длительное время, о проведении экстренной внеочередной радиолокационной съемки в районе аварии. Ближайший по времени пролет спутника Envisat над проливом должен был состояться 13 ноября, т.е. через 2 дня после аварии. К сожалению, поскольку Россия не является членом Международной Хартии «Космос и Крупные бедствия» («Space and Major Disaster»), объединяющей ресурсы почти двух десятков спутников более десяти ведущих космических стран и организаций, которые в случае чрезвычайной ситуации переориентируются на съемку района бедствия, то в данном случае наш запрос не был удовлетворен и экстренной съемки проведено не было. Европейское космическое агентство в порядке исключения согласилось провести незапланированную съемку (плановые заказы принимаются не позднее, чем за 2 недели) только 16 ноября. Надо отметить, что вследствие сложных метеорологических условий авиаразведка (вертолетное обследование) нефтяного загрязнения пролива и картирование пятен мазута были проведены силами МЧС России только 14 ноября (через 3 дня после катастрофы) (таблица 1, [2]). Оптическая съемка из космоса, из-за сплошной облачности, оказалась неинформативной.

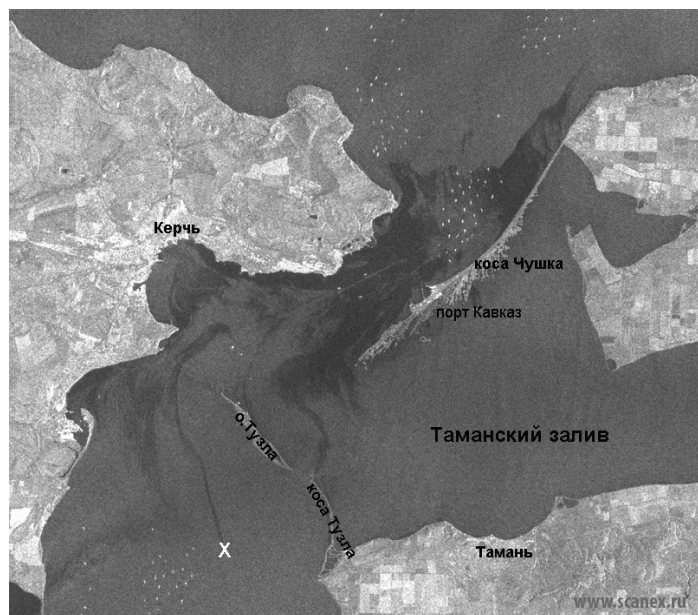
Первыми радиолокационными изображениями (РЛИ), ставшими достоянием широкой общественности, были полученные и обработанные ИТЦ «Сканэкс», данные Radarsat-1 от 15-ого (15:34 UTC) и 16-ого ноября (03:45 UTC) [4]. 16 ноября через 7 минут после пролета спутника Radarsat-1 была проведена съемка района катастрофы с помощью новейшего радиолокатора, установленного на спутнике немецкого космического агентства (DLR) TerraSAR-X, одновременно на горизонтальной и вертикальной поляризациях с разрешением 3 метра. Исходные снимки с TerraSAR-X были получены нами в рамках международного проекта MOPED [6]. Эти данные представляли для нас наибольший интерес не только потому, что они были получены с очень высоким пространственным разрешением, но и потому, что в отличие от данных Radarsat-1, выставленных в сети Интернет, они позволяли осуществлять точную географическую привязку. 16 ноября в 19:39 UTC было получено также РЛИ со спутника Envisat на вертикальной поляризации с разрешением в точке 12,5м. Все это сделало возможным провести сравнение данных спутниковых и вертолетных наблюдений, полученных с разницей в 3 дня, и проследить за распространением загрязнения.

На рис. 4 представлены фрагменты радиолокационных изображений Radarsat-1 (рис. 4 а), TerraSAR-X (рис. 4 б) и Envisat ASAR (рис. 4 в), полученных 16 ноября 2007 года. На всех трех РЛИ однозначно идентифицируется практически точечный источник загрязнений – носовая часть танкера «Волгонефть-139». Загрязнений, распространяющихся от места посадки на мель кормовой части, уже не наблюдается. Пятна в районе кормовой части были выявлены в момент проведения авиаразведки 14 ноября, но 15 ноября кормовая часть была отбуксирована в порт Кавказ и перестала быть источником загрязнений.

На всех трех РЛИ вторым точечным источником, от которого распространяется шлейф загрязнений, является западная оконечность дамбы косы Тузла. По всей видимости, в предыдущие дни сильное черноморское течение выбросило на берег большое количество мазута, который скопился между камней, а в дальнейшем вымывался и распространялся на север в сторону косы Чушка, а также в Таманский залив.

Особый интерес с нашей точки зрения представляют обширные темные области пониженного радиолокационного рассеяния, занимающие практически всю северную акваторию пролива. Особенно впечатляюще это выглядит на утренних снимках (рис. 4 а,б). Хотя модельные расчеты, проведенные специалистами ГОИН, и показывают[3], что загрязнения должны были распространяться вдоль косы Чушка, но нам представляется маловероятным, что вся эта темная область пониженного радиолокационного рассеяния обусловлена исключительно разливом мазута из танкера «Волгонефть-139». Гораздо более вероятным нам представляется, что эта огромная сликовая область обусловлена пленочными загрязнениями, вызванными попаданием на морскую поверхность легких фракций нефтепродуктов из других судов, застигнутых штормом в азовском устье пролива. Выброшенные на мель суда пытались спастись после шторма, сливая

балластные воды, содержавшие нефтепродукты, а, возможно, и топливо бункера. Не исключено, что подобные действия осуществлялись не только 11 ноября, в момент шторма, но и в последующие дни. Скопление судов в виде ярких белых точек хорошо видно на всех трех РЛИ.



а



б



в

Рис. 4. Спутниковая радиолокационная съемка Керченского пролива 16.11.2007 года, через 5 дней после катастрофы. Крестиком отмечено положение носовой части танкера «Волgoneфть-139»

- а) Фрагмент изображения Radarsat-1, полученного в 03:45 UTC (© CSA, ИТЦ «СканЭкс, 2007);
 б) Фрагмент изображения TerraSAR-X, полученного в 03:52 UTC с разрешением 3 м (© InfoTerra 2007);
 в) Фрагмент изображения Envisat ASAR, полученного в 19:39 UTC с разрешением 12,5 м (© ESA 2007)

Таблица 1. Результаты авиационной разведки 14.11.2007 г. [2]

№ п.п.	Координаты	Наименование объекта
1.	Ш-45°17'48С Д-36°36'2	Пятно мазута
2.	Ш-45°17'48С Д-36°36'2	Корма «Волгонефть-139»
3.	Ш-45°15'56С Д-36°30'8	Пятно мазута
4.	Ш-45°15'8С Д-36°30'3	2 пятна по 50 м ² , 4 пятна по 10 м ² .
5.	Ш-45°08'22С Д-36°38'8	Сплошное пятно мазута около 200 м ² .
6.	Ш-45°12'65С Д-36°32'043	Легкая фракция, примерно 200 м ² .
7.	Ш-45°10'200С Д-36°32'732	Начало шлейфа от носовой части «Волгонефть-139»
8.	Ш-45°11'800С Д-36°32'500	Конец шлейфа, Г –образный
9.	Ш-45°11'44С Д-36°32'50	Пятно мазута – шлейф
10.	Ш-45°12'36С Д-36°32'154	Край пятна от носовой части «Волгонефть-139»
11.	Ш-45°12'08С Д-36°32'0	2 пятна, 1 – 200 м ² , 2 – 400 м ² .
12.	Ш-45°11'5С Д-36°31'64	Пятно, легкая фракция 100 м ² .
13.	Ш-45°17'45С Д-36°36'90	Пятно мазут 60 м ² .
14.	Ш-45°22'0С Д-36°43'1	2 больших пятна на берегу
15.	Ш-45°26'0С Д-36°46'70	Крайняя точка берегового загрязнения
16.	Ш-45°23'67С Д-36°59'65	Начало шлейфа, легкие фракции
17.	Ш-45°22'79С Д-36°01'86	Окончание шлейфа ширина 150-200 метров легкие фракции
18.	Ш-45°26'29С Д-36°53'80	Трава с мазутом, площадь – 200 м ² .
19.	Ш-45°22'47С Д-36°43'48	Загрязнение береговой черты

О том, что в воды Керченского пролива попал не только мазут с разломившегося танкера, но еще и достаточно большое количество нефтепродуктов именно в северной части пролива, свидетельствует любопытный документ «Справка-доклад по состоянию на 18-00 часов по обстановке, сложившейся в Керченском проливе в районе порта "Кавказ" и в районе порта "Новороссийск" в результате сильного ветра и неблагоприятных погодных условий на территории Краснодарского края» направленная в адрес ОД ГУ МЧС России по Краснодарскому краю 11 ноября, т.е. в день катастрофы через 12 часов после аварии танкера. В ней в частности говорится: «В районе пос. Ильич на берегу обнаружено пятно мазута длиной 800 м и шириной 10 м». Следует подчеркнуть, что это пятно было обнаружено в 12 часов дня, т.е. уже через 8 часов после аварии. Модельные расчеты предсказывали распространение мазутного пятна от танкера в этот район только через 48 часов [3].

Интересно сравнить результаты оценки площадей загрязненной морской поверхности, полученные на основе вертолетных и спутниковых наблюдений. По данным авиационной разведки размеры площадей мазутных загрязнений оценивались в 200 – 400 кв. м., чуть больше занимали области шлейфов легких фракций. Области же загрязнений, детектируемых на РЛИ, особенно в северной части пролива, занимают десятки кв. км. Такая существенная разница может быть объяснена на наш взгляд тем, что к моменту первых РЛИ (16 ноября) практически весь мазут был выброшен на берег или осел на дно. При этом на поверхности остались лишь пленки нефтепродуктов, которые в пасмурную погоду, в отсутствии солнечного освещения плохо различимы с вертолета, но четко идентифицируются на РЛИ.

На РЛИ, полученных 20, 23, 26 ноября 2007 года и в последующие дни, с помощью сенсоров Envisat ASAR и ERS-2 SAR никаких загрязнений морской поверхности в Керченском проливе не выявлено. К этому времени весь мазут был или выброшен на берег, или осел на дно. А пленочные загрязнения от легких фракций нефтепродуктов, если нет постоянных источников загрязнений сохраняются на поверхности достаточно короткое время.

Спутниковый мониторинг Керченского пролива летом 2008 года

В рамках оперативного спутникового мониторинга состояния вод российской акватории Черного и Азовского морей, который проводился сотрудниками ИКИ РАН совместно со специалистами из НИЦ «Планета» и ИО РАН им. П.П. Ширшова в апреле-октябре 2008 года, пристальное внимание уделялось Керченскому проливу [7]. Экологи предсказывали, что в результате летнего прогрева воды, опустившийся на дно мазут может всплыть, и начнется вторичное загрязнение морской поверхности Керченского пролива. Вероятность всплытия комков мазута во время прогрева воды зависела от марки мазута, которую перевозил танкер. С трудом поддается объяснению тот факт, что сведения о марке перевозимого мазута оказались недоступны для ученых, которые могли бы построить научно обоснованные прогнозы и провести численное моделирование распространения вторичных загрязнений. В работах [2, 5] дается прогноз развития событий в весенне-летний период, исходя из подробного анализа поведения разных марок мазута при разной температуре и солености. Основной вывод таков:

- если танкер «Волгонефть-139» перевозил мазут марки М-100/1015, то при реальных колебаниях температуры и солёности воды в Керченском проливе (1—25°C и 11—18,4 ‰) такой мазут окажется тяжелее воды и с повышением температуры всплыть не сможет, так как прогрев воды и мазута идёт синхронно. Всплытие такого мазута возможно только в нереальной для природы ситуации — если он прогреется до 22—25°C, а температура воды при этом останется в пределах 0—7°C.

- если в танках разломившегося танкера находился мазут марки М-100/1000 или М-100/985, то после аварии все нефтепродукты должны были всплыть на поверхность, так как даже при температурах около 0°C такой мазут легче воды, и тогда, действительно, почти весь разлившийся мазут (1600 т) мог оказаться после шторма на пляжах пролива. Т.е. на дне не должно было практически оставаться мазута, и, соответственно, нечему было бы всплывать летом.

- Если в танках был мазут марки М-100/1010, то в процессе прогрева воды его всплытие возможно в диапазоне солёностей > 15—20 ‰ (при черноморском потоке). При солёности 15 ‰ плавучесть такого мазута нейтральная, а при солёностях < 15 ‰ он оказывается тяжелее воды пролива.

В последнем случае судьбу мазута, оставшегося на дне пролива, можно было попытаться предсказать, исходя из оценок преобладающих направлений и скоростей течений в весенне-летние месяцы. Если такие нефтяные агрегаты всплывут в открытой части акватории Керченского пролива между косой Чушка, островом Тузла и крымским побережьем, то их в течение суток вынесет из пролива (учитывая высокие скорости течений — до 3 км/ч). Вероятность выброса агрегатов на побережье после южных штормов, несущих солёную воду (более 15%), наиболее высока вдоль береговой линии косы Чушка, пос. Капканы, Опасное, Жуковка, Керченской бухты [5].

Спутниковые наблюдения в весенне-летний период не выявили загрязнений поверхности пролива на больших акваториях, чего можно было бы ожидать при массовом всплытии комков мазута при прогреве воды. Однако, начиная со второй декады июня 2008 года на всех радиолокационных изображениях, полученных в районе Керченского пролива, наблюдались характерные пленочные загрязнения в виде темных узких полос, исходящих из одной точки и вытянутых на несколько километров по направлению, совпадающему с направлением ветра и течения в момент радиолокационной съемки. Причем выявленный на основе анализа РЛИ источник загрязнений в точности совпадал с положением затонувшей носовой части танкера «Волгонефть-139» (рис. 5 а). Эти загрязнения хорошо проявились и на оптических изображениях, полученных в безоблачные дни с помощью сенсора Landsat ETM+ (рис. 5 б). Загрязнения морской поверхности пленками нефтепродуктов наблюдались вплоть до 16 августа 2008, когда была закончена откачка мазута из носовой части танкера «Волгонефть-139» и завершена транспортировка носовой части танкера в порт Кавказ (рис. 5 в). Наиболее информативные снимки и результаты их обработки представлены в сети Интернет на сайте http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_moni.htm.

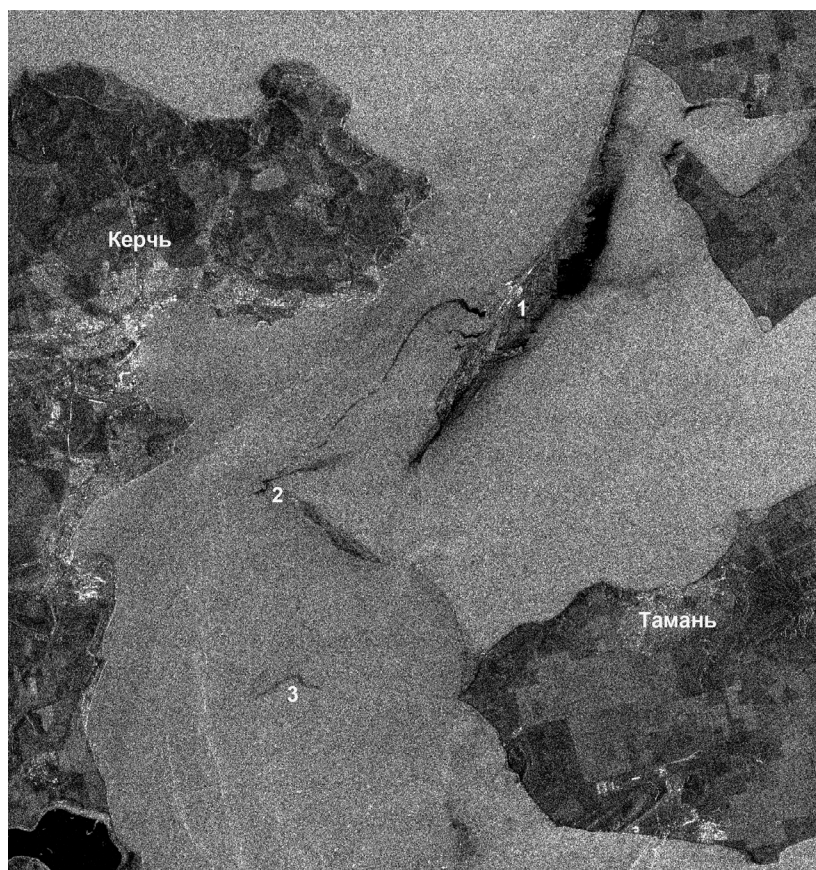
На рис. (рис. 6) представлена обобщенная карта загрязнений в Керченском проливе в июне - августе 2008 года, построенная на основе анализа данных Envisat SAR, ERS-2 SAR и Landsat ETM+. Стрелками показана скорость и направление ветра на момент космической съемки. Хорошо видно, что пленочные загрязнения распространялись под действием ветра и течения на несколько километров, являясь своего рода трассерами, позволявшими изучать циркуляционные процессы в Керченском проливе.



а)



б)



в)

Рис. 5. Вторичные загрязнения морской поверхности в Керченском проливе пленками нефтепродуктов летом 2008 г. а) Фрагмент (17х23 км) Envisat ASAR изображения от 18.07.08 19:25 UTC, разрешение 12,5 м (©ESA 2008). Общая длина следа более 20 км. Крестиком отмечено положение носовой части танкера «Волгонефть-139»;

б) Фрагмент Landsat ETM+ изображения от 12.07.2008, разрешение 30 м. Общая длина выявленного загрязнения составила 8 км; в) Фрагмент (37х40 км) Envisat ASAR изображения от 16.08.08 07:54 UTC, разрешение 12,5 м (©ESA 2008). Длинный след загрязнений тянется от порта Кавказ (1) до западной оконечности о. Тузла (2). Вероятно, это последствия транспортировки носовой части в порт Кавказ с места аварии. Остаточные загрязнения, протяженность которых 3 км, наблюдаются и на месте аварии (3).

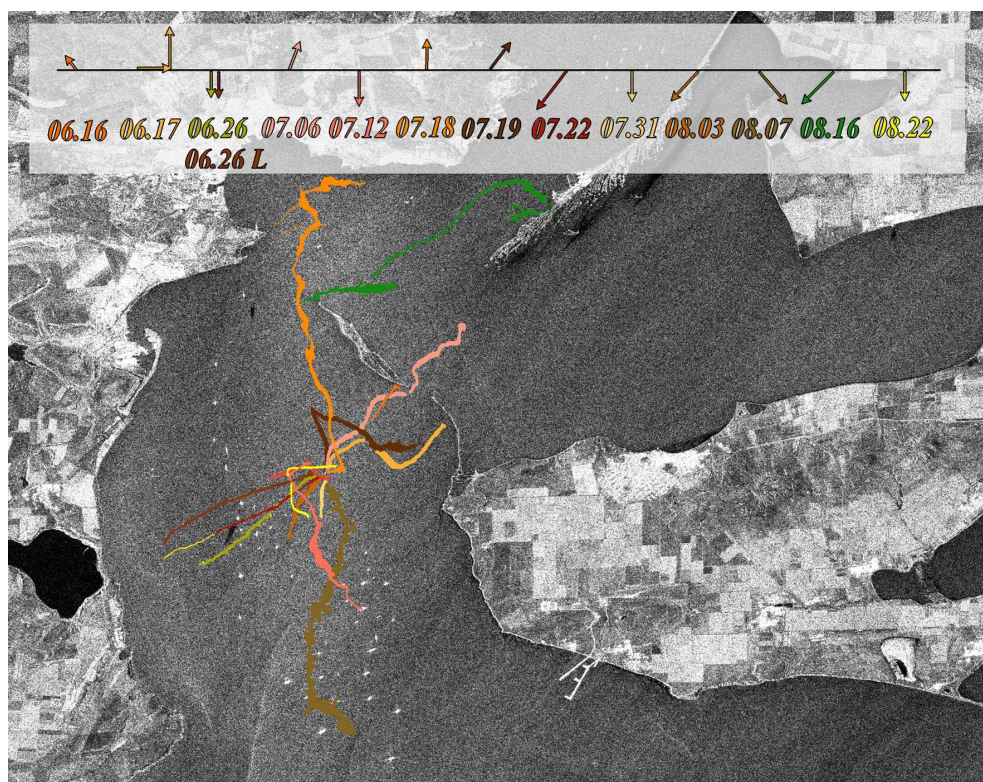


Рис. 6. Обобщенная карта загрязнений в Керченском проливе в июне - августе 2008 года (по данным сенсоров Envisat ASAR, ERS-2 SAR и Landsat ETM+). Стрелками показаны скорость и направление ветра на момент космической съемки

Результаты визуальных наблюдений в сентябре 2008 года

В сентябре 2008 г. были проведены визуальные наблюдения на косе Тузла и в районе станицы Тамань. К работе были привлечены помимо сотрудников ИКИ РАН студенты 3 курса кафедры экологии и наук о Земле Международного университета природы, общества и человека «Дубна» (рис. 7 а). Была тщательно обследована береговая полоса косы Тузла, побережье в районе ст. Тамань и порта Кавказ. В районе ст. Тамань никаких загрязнений мазутом береговой черты, дна и водорослей не обнаружено. Был проведен опрос жителей, которые также не подтвердили выброс мазута на берег в течение всего периода после катастрофы. (Не исключено, правда, что они скрывают правдивую информацию, чтобы не отпугнуть туристов).

В то же время, выявлены многочисленные загрязнения южного побережья косы Тузла мазутом, выброшенным на берег. Мазут скопился на камнях, под камнями, припорошен песком, им загрязнены выброшенные на берег водоросли. Причем, помимо загрязнений осени 2007 года, имеющих вид твердых полимеризовавшихся пленок (рис. 7 б), наблюдались свежие мажущиеся мазутные загрязнения, выброшенные на берег летом 2008 года (рис. 7 в). Визуальный осмотр оконечности косы Тузла, куда сразу после катастрофы должно было попасть наибольшее количество мазута, не показал наличия загрязнений. Скорее всего, они были вымыты оттуда течением, которое в данном узком месте между косой и островом Тузла имеет характерную скорость 2-3 м/с. На северном берегу косы Тузла видимых загрязнений не оказалось. Многочисленная популяция птиц находится в удовлетворительном состоянии и их количество по сравнению с наблюдениями прошлых лет, проводившихся сотрудниками ИКИ РАН, визуально не уменьшилось (рис. 7 г). Птицы активно ныряют за кормом, что свидетельствует о том, что кормовая база также восстановилась.



Рис. 7. Фотографии, сделанные в сентябре 2008 года на косе Тузла во время экспедиции:
 а) студентки 3 курса кафедры экологии и наук о Земле Международного университета природы, общества и человека «Дубна» Гусарова Аня и Рыбакова Инна с научным руководителем Лавровой О.Ю. (ИКИ РАН); б) полимеризованные пленки загрязнений мазутом, сохранившиеся на прибрежных камнях с ноября 2007 года; в) свежие мажущиеся мазутные загрязнения, выброшенные на берег летом 2008 года; г) водоплавающие птицы у северного берега косы Тузла

Заключение

Катастрофы с танкерами случаются во всем мире и, как правило, в сложных погодных условиях. Данные дистанционного зондирования из космоса, в первую очередь данные радиолокаторов с синтезированной апертурой, установленные на борту ИСЗ, предоставляют уникальную возможность оперативно оценить размеры бедствия и проследить пути распространения загрязнений. Опыт катастрофы в Керченском проливе показал, что в условиях отсутствия собственных радиолокаторов спутникового базирования, для требующих экстренного реагирования чрезвычайных ситуаций в России и ее прибрежных водах, необходимо иметь отлаженный механизм оперативного доступа (бесплатно или на льготных условиях) к зарубежным данным дистанционного зондирования. Для этого Россия должна войти в международную инфраструктуру распространения космической информации, которая сегодня объединяет все технологически развитые государства, а именно, присоединиться к Международной Хартии «Космос и Крупные бедствия» («Space and Major Disaster»). В России высоко развиты методы обработки спутниковой информации, создана и отлажена система оперативного спутникового мониторинга. Сложившаяся кооперация учёных, занимающихся проблемами экологического мониторинга (ИКИ РАН, ИО РАН, МГИ НАНУ и др.), могла бы составить группу, в задачи которой входили бы оперативная обработка и интерпретация данных ДЗЗ и оперативное доведение этой информации до структур, принимающих решения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 06-05-65177-а, 07-05-00565-а). Подспутниковые наблюдения на косе Тузла проводились в рамках экспедиционного проекта 08-05-10081-к. Спутниковые радиолокационные изображения Envisat ASAR предоставлены Европейским космическим агентством в рамках проектов AO Bear 2775 и C1P1027.

Литература

1. Отчет о результатах работ по аэровизуальному мониторингу загрязнения прибрежной зоны Черного и Азовского морей за 2003 год. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2004. 93 с.
2. Фащук Д.Я. Эколого-географические последствия катастрофы танкера в Керченском проливе 11 ноября 2007 г. // Известия РАН. Серия географическая. 2009. №1. С. 105-117.
3. Овсиенко С.Н., Фащук Д.Я., Зацева С.Н., Ивченко А.А., Петренко О.А. Шторм 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе: хроника событий, математическое моделирование и географо-экологический анализ // Тр. ГОИН, вып. 211. М.: Гидрометеониздат. 2008. С. 307-339.
4. Иванов А.Ю., Литовченко К.Ц., Затыкалова В.В. Аварийный разлив мазута в Керченском проливе: радиолокационный мониторинг и результаты моделирования // Исследование Земли из космоса, 2008. № 4. С. 62-76.
5. Фащук Д.Я. По следам экстремального шторма // Наука и жизнь. 2008. №6. С.40-46.
6. Боcharова Т., V. Vyfield, M. Gade, J. da Silva, С. Ермаков, А. Костяной, О. Лаврова, Р. Мамедов, С. Станичный. Международный проект MOPEd: «Мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности: синтез разнородных данных многих сенсоров и спутников» // Сборник научных статей: Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М.: ООО «Азбука-2000», 2008. Вып. 5. Т. 2. С. 33-41.
7. Бедрицкий А. И., В. В. Асмус, В. А. Кроvотынцев, О. Ю. Лаврова, А. Г. Островский. Космический мониторинг загрязнения российского сектора Азово-Черноморского бассейна в 2008 г. // Метеорология и гидрология. 2009. №3. С.5-19.

Satellite monitoring of the aftereffects of a catastrophic oil spill in the Kerch Strait

O.Yu. Lavrova, T.Yu. Bocharova, M.I. Mityagina, A.Ya. Storchkov

*Space Research Institute of Russian Academy of Sciences
84/32 Profsoyuznaya str., 117997, Moscow, Russia
E-mail: olavrova@iki.rssi.ru*

Results of satellite monitoring of the aftereffects of the catastrophic oil spill from a tanker wreck in the Kerch Strait 11 November 2007 are presented. All available satellite SAR data from the region (ASAR Envisat, Radarsat, TerraSAR-X and ERS-2 SAR) were analyzed to assess the scale of the catastrophe. Areas most affected by pollution were identified. Satellite data analysis results were compared with the results of numerical modeling performed by colleagues from the State Oceanographic Institute (Moscow), official information, and eye-witnesses' reports. Over the period of spring - autumn 2008, satellite monitoring of the region revealed a renewal of sea surface pollution by oil films from the sunken bow part of the tanker. These films were carried by winds and currents away for several kilometers and hence acted as tracers, which allowed us to closely observe circulation processes in the Kerch Strait. The most informative SAR images and processing results are presented here http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_moni.htm.

In September 2008, sub-satellite observations were conducted near Taman and on Tuzla Spit. Evidence of heavy pollution of the south end of Tuzla Spit by mazut washed ashore after the catastrophe was obtained.

Key words: catastrophe in the Kerch Strait, satellite monitoring, radar remote sensing of sea surface, oil films.