

Спутниковый мониторинг мазутного разлива в районе Керченского пролива 15 декабря 2024 г.: предварительные результаты

О. Ю. Лаврова¹, Е. А. Лупян¹, А. Г. Костяной^{2,3,4}

¹ *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*
E-mails: olavrova@cosmos.ru; evgeny@d902.iki.rssi.ru

² *Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, 117997, Россия*
E-mail: kostianoy@gmail.com

³ *Московский университет имени С. Ю. Витте, Москва, 115432, Россия*

⁴ *Майкопский государственный технологический университет*
Майкоп, 385000, Россия

Приведены первые результаты спутникового мониторинга нефтяного загрязнения акватории и береговой зоны Краснодарского края и Крыма, произошедшего в результате разлома двух танкеров вблизи Керченского пролива во время шторма 15 декабря 2024 г. Мониторинг проводился с помощью радиолокационных изображений морской поверхности радиолокатора SAR-C (*англ.* Synthetic Aperture Radar, C-band) спутника Sentinel-1A и безоблачных изображений видимого диапазона приборов MSI (*англ.* Multispectral Instrument) Sentinel-2, OLI (*англ.* Operational Land Imager) Landsat-8, -9. Пространственное разрешение использованных спутниковых данных составляло 10–30 м, что дало возможность идентифицировать даже небольшие районы нефтяного загрязнения. Полученные результаты позволяют утверждать, что в первые две недели после аварии сильный ветер западных румбов, который менялся с юго-западного на северо-западный и наоборот несколько раз, веером разносил мазутное загрязнение вдоль всего побережья от порта Тамань до Анапы и даже Утриша.

Ключевые слова: авария танкеров, спутниковый мониторинг, спутниковые изображения, спутниковая радиолокация, SAR-C Sentinel-1, Чёрное море, Азовское море, Керченский пролив

Одобрена к печати: 22.02.2025

DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-1-327-335

Введение

Утром 15 декабря 2024 г. перед Керченским проливом со стороны Чёрного моря в результате сильнейшего шторма и высоких волн произошли две аварии с танкерами «Волгонефть-212», который разломился пополам и затонул, и «Волгонефть-239», который также разломился надвое, в результате чего носовая часть затонула, а кормовая часть сдрейфовала к берегу северо-западнее порта Тамань Краснодарского края и села на мель в 80 м от берега (*рис. 1*, см. с. 328). «Волгонефть-212» перевозил 4300 т мазута, «Волгонефть-239» — 4900 т. Росморречфлот уточнил, что крушение произошло в акватории Чёрного моря из-за шторма, в результате аварии произошёл разлив мазута общим объёмом порядка 2400 т. В районе бедствия наблюдался сильный шквалистый ветер и волнение 7 баллов в течение этих суток.

Напомним, что предыдущая практически аналогичная авария произошла практически в том же месте 11 ноября 2007 г. В результате ураганного ветра до 32 м/с в море наблюдался шторм 6–7 баллов с высотой волны до 5 м. В Керченском проливе и прилегающей акватории Чёрного моря потерпели крушение и аварии 13 судов класса «река – море», в результате чего четыре судна затонуло, шесть судов были сорваны с якорей и сели на мель, два танкера получили повреждения. Произошёл разлом нефтеналивного танкера «Волгонефть-139» на две части, носовая часть затонула, вследствие чего в море вылилось около 2000 т мазута. Берега Керченского пролива были загрязнены мазутом. В результате проведения спасательной операции было собрано 66 000 т водорослей и загрязнённого грунта, предотвращено дальнейшее распространение мазута по побережью Керченского пролива, Азовского и Чёрного моря

(Крушение..., 2007). Регулярный спутниковый мониторинг последствий данной аварии, который проводили сотрудники Института космических исследований РАН в 2007–2008 гг., показал, что до августа 2008 г. в акватории Керченского пролива периодически фиксировались случаи загрязнения нефтепродуктами из района затопления носовой части танкера «Волгонефть-139» (Лаврова и др., 2009, 2011).

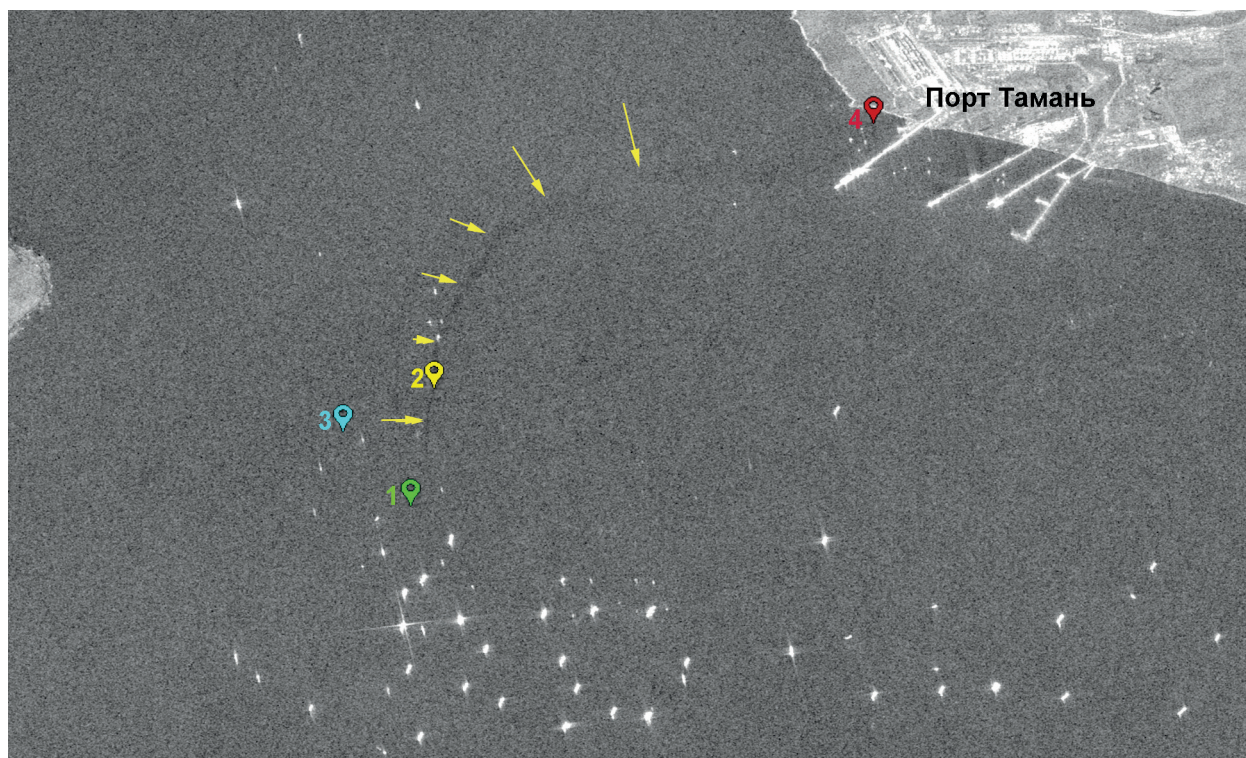


Рис. 1. Радиолокационное изображение SAR-C Sentinel-1A района аварии перед входом в Керченский пролив со стороны Чёрного моря от 19 декабря 2024 г., 15:28:40 UTC (англ. Coordinated Universal Time). Положение развалившихся частей танкеров отмечено цветными метками. Танкер «Волгонефть-212»: 1 — нос, 2 — корма. Танкер «Волгонефть-239»: 3 — нос, 4 — корма. Стрелками отмечено положение нефтяного шлейфа. Многочисленные белые точки — суда на данной акватории

С 15 декабря 2024 г. нефтяное загрязнение Чёрного моря было взято под контроль совместными усилиями сотрудников Института космических исследований РАН и Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН путём проведения спутникового мониторинга нефтяного загрязнения акватории вокруг места аварии. Подбор, обработка и анализ спутниковой радиолокационной (SAR-C (англ. Synthetic Aperture Radar, C-band) Sentinel-1A) и оптической информации (MSI (англ. Multispectral Instrument) Sentinel-2, OLI (англ. Operational Land Imager) Landsat-8, OLI-2 Landsat-9) осуществлялись с использованием возможностей информационной системы See the Sea (Лаврова и др., 2019). К анализу спутниковой информации привлекались ежечасные данные по скорости и направлению ветра, рассчитанные по модели GFS NCEP (англ. Global Forecast System National Centers for Environmental Prediction, Глобальная система прогнозов — модель прогноза погоды Национальных центров прогнозирования окружающей среды США) (NCEP..., 2025).

Анализ спутниковой и метеорологической информации

В районе Керченского пролива шторм начался вечером 14 декабря 2024 г., примерно в полночь местного времени, когда скорость южного ветра достигла 10 м/с. К 10 часам утра 15 декабря скорость ветра увеличилась до 16 м/с, и такая скорость и направление ветра держалась

лись до 16:00 местного времени, когда ветер начал разворачиваться на юго-западный, а затем на западный к 19:00, и его скорость уменьшилась до 10 м/с. К 21:00 ветер с той же скоростью дул уже с северо-запада в направлении Анапы, чем и объясняется перенос мазута и нефтяной плёнки вдоль всего побережья от порта Тамань до пляжей Анапы. Следует отметить, что максимальная плотность мазута марки М-100 при 20 °С составляет 1,015 г/см³ (Отличия..., 2025), что примерно соответствует плотности морской воды на поверхности Чёрного моря зимой (1,013–1,015 г/см³), поэтому мазут не утонул полностью, а сильным течением и волнением переносился на восток и юго-восток от места аварии как в промежуточных слоях, так и по поверхности (его лёгкая фракция) и уже через сутки достиг берега. Кроме того, марка мазута М-100 отличается высокой вязкостью, которая застывает при температуре 25 °С (Отличия..., 2025), поэтому на берегу и на дне загрязнение имело вид слипшихся сгустков мазута различного размера. 17 декабря следы загрязнения обнаружили на береговой линии, протянувшейся на десятки километров — от Веселовки в Темрюкском районе до станции Благовещенской к северо-западу от Анапы, а затем 19 декабря — в районе Утриша (рис. 2).

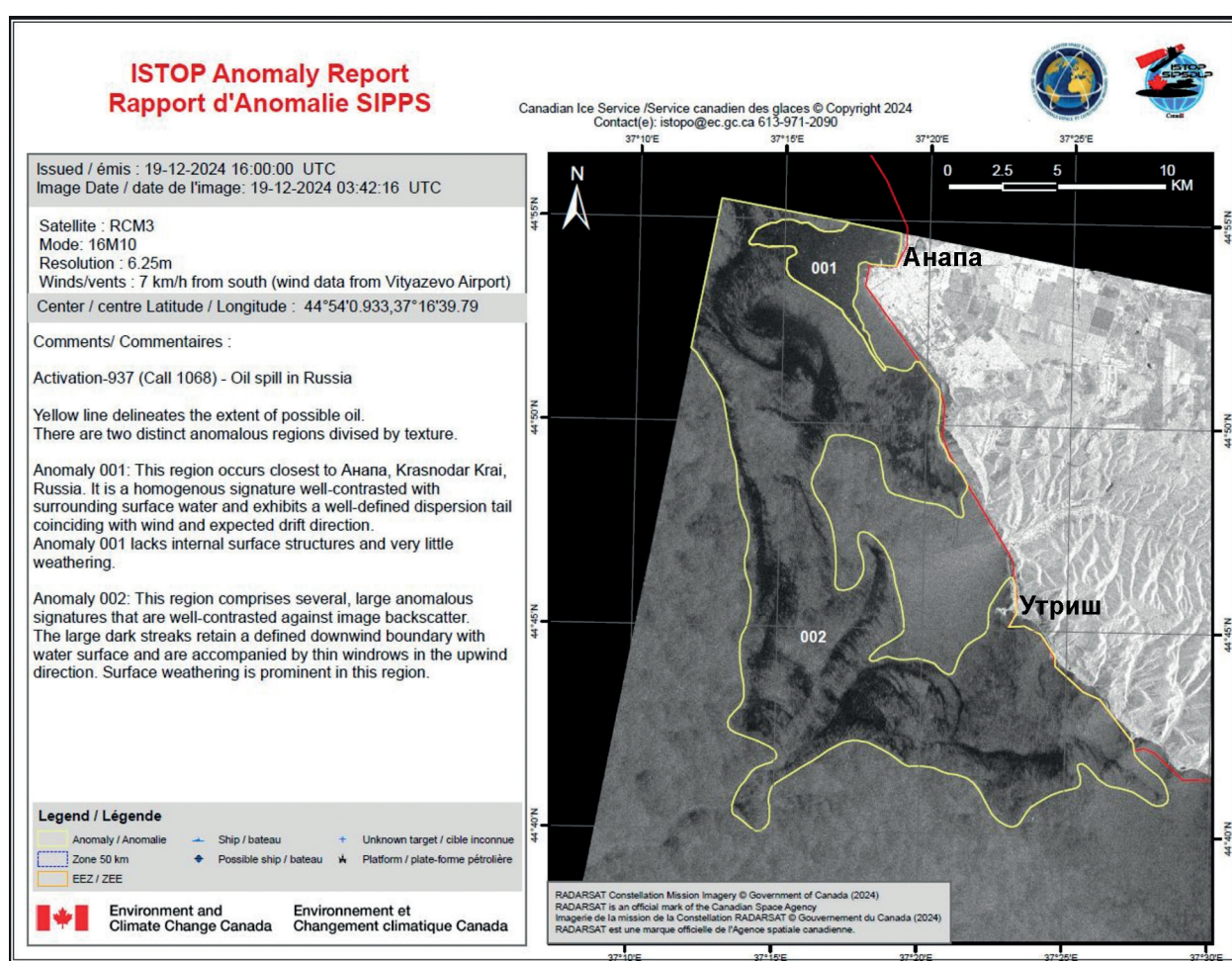


Рис. 2. Радиолокационное изображение SAR RCM3 (Radarsat) прибрежной зоны между Анапой и Утришом, полученное 19 декабря 2024 г. в 03:42:16 UTC Канадской ледовой службой (англ. Canadian Ice Service). Пространственное разрешение — 6,25 м. Жёлтой линией околонуены области нефтяного загрязнения морской акватории и зоны их контакта с берегом

Сильный ветер западных румбов, который менялся с юго-западного на северо-западный и наоборот несколько раз за эти дни, как веером разносил мазутное загрязнение вдоль всего побережья от порта Тамань до Анапы и даже до Утриша. В отсутствие постоянного течения в данном районе, Основное черноморское течение проходит мористее, направление распро-

странения загрязнения зависело от направления ветра и создаваемого им волнения. Этим объясняется, например, перенос нефтяного загрязнения от места затонувших частей танкеров на север и северо-восток 19 декабря, который мы наблюдаем на радиолокационном изображении (РЛИ), полученном примерно в 18:30 местного времени (см. *рис. 1*).

Канадская ледовая служба CIS (*англ.* Canadian Ice Service) совместно с Канадским космическим агентством CSA (*англ.* Canadian Space Agency) осуществляет программу комплексного спутникового слежения за загрязнением ISTOP (*англ.* Integrated Satellite Tracking of Pollution) в различных районах Мирового океана. Без их внимания не осталась и авария, которая произошла 15 декабря 2024 г. Эта служба выпустила несколько отчётов по данной аварии, составленных на основе анализа РЛИ с канадских спутников серии Radarsat, которые отсутствуют в свободном доступе, но были представлены на сайте <https://disasterscharter.org/>. Благодаря им стало известно о характере нефтяного загрязнения в прибрежной зоне за Анапой, откуда практически не поступало никаких сведений о загрязнении, кроме как от Утришского дельфинария 19 декабря 2024 г. На РЛИ от того же числа хорошо видно, что нефтяное загрязнение обогнуло береговую зону Анапы и коснулось берега в 4 км к юго-востоку от Анапского мыса (см. *рис. 2*). Затем нефтяное пятно отошло от берега и снова коснулось его у Утришского дельфинария и перемещалось далее на юго-восток на протяжении 8 км. Забегая вперёд скажем, что дальнейшего распространения нефтяного загрязнения на юго-восток в сторону Новороссийска уже не происходило ни в декабре 2024 г., ни в январе – феврале 2025 г.



Рис. 3. Радиолокационное изображение SAR-C Sentinel-1A, полученное 23 декабря 2024 г. в 03:49:20 UTC к северо-западу от района аварии, которое включает береговую зону Крыма вплоть до Крымского моста и далее на север в Керченском проливе. Положение развалившихся частей танкеров отмечено цветными метками. Многочисленные белые точки — суда на данной акватории

Утром 21 декабря ветер изменился на юго-восточный, что привело к переносу нефтяного загрязнения в сторону Крыма и загрязнению этой береговой зоны Керченского пролива (рис. 3, см. с. 330). В последующие два дня направление ветра менялось сначала на южное, затем на юго-западное, а к утру 23 декабря на западное со скоростью 10 м/с. Именно этим ветром и объясняется вынос мазутного загрязнения от береговой зоны наоборот в сторону моря вдоль всего крымского берега в Керченском проливе вплоть до Крымского моста, что хорошо видно на РЛИ по многочисленным тонким чёрным полоскам, отходящим от берега в сторону моря (см. рис. 3). Произошло естественное частичное самоочищение прибрежной зоны, что позволило существенно сократить объём мазутного загрязнения этой береговой зоны, в отличие от береговой зоны Краснодарского края. Отметим, что загрязнение к этому моменту наблюдалось уже к северу от Крымского моста и продолжало сочиться со дна в районе аварии (см. рис. 3).

Подобные явления самоочищения береговой черты наблюдались и в районе Анапы на РЛИ от 30 декабря 2024 г. и 12 января 2025 г.

В 18:00 местного времени 23 декабря ветер изменился на южный, к 19:00 — на юго-восточный и к 21:00 — на восточный. Ветер восточного направления ($65\text{--}85^\circ$) держался до утра 25 декабря. Такой ветер мог привести к загрязнению берега уже Крымского полуострова от Керченского пролива до Феодосийского залива. Начиная с утра 25 декабря и до 30 декабря ветер изменился на северо-восточный ($30\text{--}65^\circ$, 7,5–14,1 м/с), и шлейф мазутного загрязнения должен был уходить в открытое море, что в очередной раз должно было привести к самоочищению и прибрежных вод Краснодарского края. В эти дни периодических выбросов мазута на берег ожидаемо не наблюдалось. Дальнейшее изменение ветра на северо-западное произошло только в ночь на 31 декабря. Распространение загрязнений на более отдалённые районы от места аварии, например Севастополь и Евпаторию, в настоящее время вызывает достаточно много вопросов и требует детального обсуждения в дальнейшем.

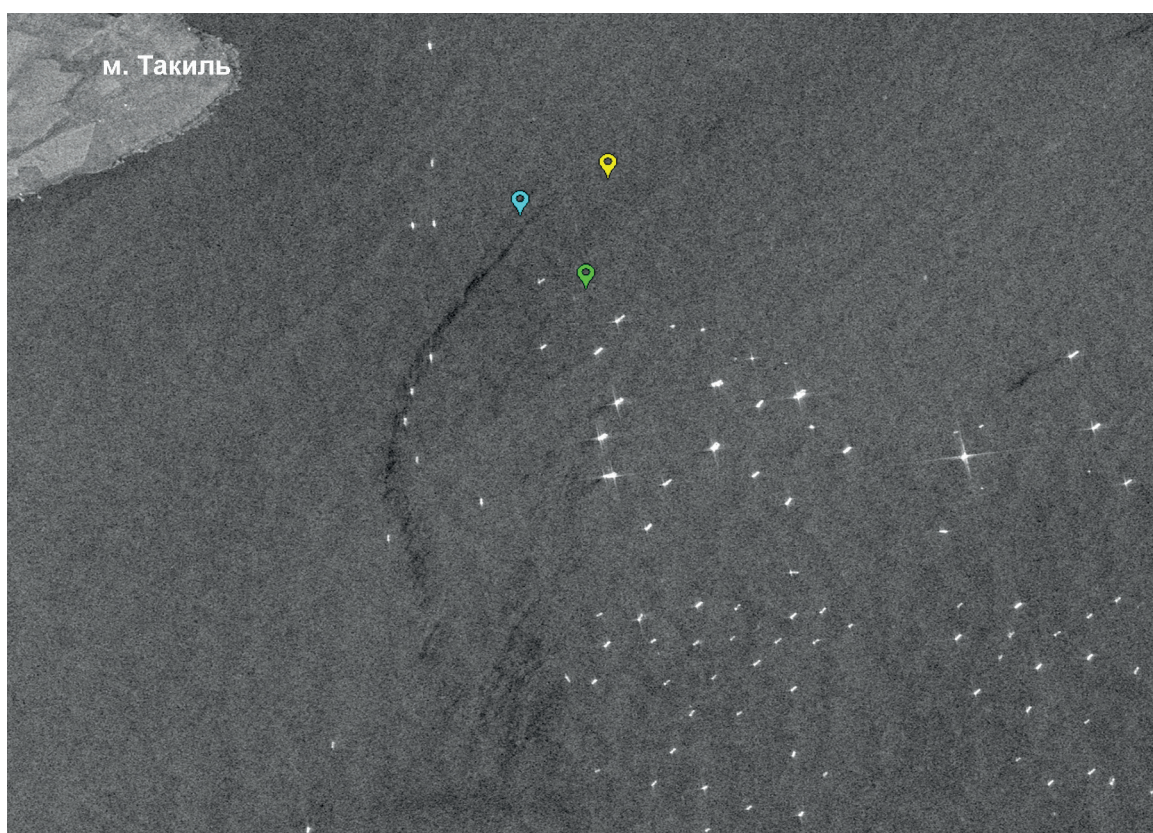


Рис. 4. Радиолокационное изображение SAR-C Sentinel-1A, полученное 12 января 2025 г. в 15:28:38 UTC в районе аварий. Положение развалившихся частей танкеров отмечено цветными метками. Многочисленные белые точки — суда на данной акватории

12 января 2025 г. новые очаги загрязнения были обнаружены в различных районах Крыма, на острове Тузла и мысе Такиль Ленинского района, а также в районе затонувших частей танкеров (рис. 4, см. с. 331). Практически через месяц после аварии затонувшие части танкеров, в которых находится мазут, являются источником постоянного нефтяного загрязнения. На РЛИ от 12 января хорошо видно, как под действием ветра, который в течение суток менял своё направление с северо-западного на северное, а затем на северо-восточное, нефтяной шлейф растянулся от места аварии по дуге на более чем 3 км.

С середины января до момента написания настоящей статьи в середине февраля также периодически поступала информация о спорадическом загрязнении берега мазутом района от порта Тамань до Анапы. Постоянный спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения исследуемой акватории продолжается, его результаты будут представлены в следующем номере журнала.

Выводы

Подробный анализ метеорологической и спутниковой радиолокационной информации показал, что направление распространения мазутного загрязнения определялось ветром и штормовыми условиями. Штормовой ветер западных румбов и сильное волнение в первые дни после аварии привели к тому, что мазут вынесло на берег вдоль всего побережья Краснодарского края вплоть до Анапы и даже Утриша. Далее на юго-восток по направлению к Новороссийску оно не пошло и в дальнейшем не пойдёт из-за влияния циклонического Основного черноморского течения в этом районе. «Уникальность» данной катастрофы состоит не только в специфических метеорологических условиях, в которых она произошла, но и в том, что на дне находятся три части нефтеналивных танкеров: нос и корма танкера «Волгонефть-212» и нос танкера «Волгонефть-239», которые являлись источниками постоянного загрязнения в течение практически месяца, что следует из анализа РЛИ от 12 января 2025 г. (см. рис. 4). Всесторонний анализ ситуации осложняется тем, что неизвестно состояние, в котором эти части находятся. Неизвестны сроки и планы по поднятию трёх частей двух танкеров со дна моря, что делает невозможным точный прогноз развития ситуации на ближайшие месяцы. Напомним, что после аналогичной аварии в ноябре 2007 г. в Керченском проливе нефтяное загрязнение наблюдалось до августа 2008 г., пока 13 августа не подняли носовую часть танкера «Волгонефть-139» со дна моря. Аналогичная ситуация может повториться и в этом году.

Достаточно большое количество неизвестных или неопределённых факторов не позволяют делать надёжных прогнозов развития ситуации, однако некоторые выводы сделать можно. Во-первых, очевидно, что нефтяное загрязнение никогда не пойдёт вдоль побережья Краснодарского края на юг дальше Анапы – Утриша, поскольку это уже не произошло при достаточно сильных и продолжительных ветрах западных румбов в декабре 2024 г. Поэтому беспокоиться о загрязнении пляжей Кабардинки, Геленджика и тем более Сочи не стоит, также как и о том, что там к лету всплывёт мазут или нефтяная плёнка. Это гипотетическое направление нефтяного загрязнения от данной аварии противоречит Основному черноморскому течению, которое направлено наоборот от Сочи до Анапы и далее к Крыму. Во-вторых, если не произойдёт дальнейшего разрушения трёх частей танкеров на дне моря по естественным причинам (например, сильный шторм) или в результате их подъёма и транспортировки к берегу, то на побережьях Краснодарского края и Крыма будет выбрасываться всё меньше и меньше мазута и нефтяной плёнки. В-третьих, сильный северо-восточный ветер (норд-ост, Новороссийская бора), который часто наблюдается в исследуемом районе, будет осуществлять процесс самоочищения прибрежных вод, унося нефтяную плёнку и мазут с мелководья в открытую часть моря.

В настоящее время различные научные группы организаций РАН, Росгидромета, федеральных и региональных университетов разрозненно занимаются вопросами мониторинга, обнаружения, краткосрочного и долгосрочного прогноза нефтяного загрязнения северо-

восточной части Чёрного моря, Керченского пролива, Азовского моря, а также побережья Краснодарского края и Крыма.

Северо-восточная часть Чёрного моря, включая Керченский пролив, является зоной экологического риска из-за интенсивного судоходства, большого скопления судов в районе Керченского пролива (см. *рис. 1*), наличия нескольких портов и нефтяных терминалов (Лаврова и др., 2016; Lavrova et al., 2017). Здесь же расположены многие известные курорты и пляжи Краснодарского края и Крыма, которые находятся под постоянной угрозой нефтяного загрязнения либо в результате хронического загрязнения (Князев и др., 2021), либо в результате крупных аварий с танкерами, например в 2007 г. (Лаврова и др., 2009, 2011) или нынешней в 2024 г., либо аварий на нефтяных терминалах (Костяной и др., 2021а, б). Все эти факты говорят о том, что необходимо создавать региональный центр комплексного спутникового мониторинга нефтяного загрязнения и экологического состояния северо-восточной части Чёрного моря, который бы работал в оперативном режиме ежедневно вне зависимости от наличия аварий или нефтяных сбросов с судов. Мониторинг должен покрывать акваторию от границы с Абхазией на юге до западной оконечности Крыма на западе и до Ростова-на-Дону на севере. Положительный опыт создания и функционирования такого центра имеется — это создание в 2004 г. комплексной системы спутникового мониторинга нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики в связи с эксплуатацией нефтедобывающей платформы Д-6 Лукойла (Лаврова и др., 2011; Kostianoy et al., 2006).

Подбор, обработка и анализ спутниковой информации осуществлялись О. Ю. Лавровой и Е. А. Лупяном с использованием возможностей информационной системы See the Sea, разработанной и поддерживаемой в ИКИ РАН в рамках государственного задания, тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8. А. Г. Костяной исследовал динамику вод и распространение нефтяного загрязнения в рамках темы госбюджета FMWE-2024-0016 «Разномасштабные гидрофизические процессы в Мировом океане и его пограничных слоях: их исследование методами оперативной океанографии, судовых наблюдений, дистанционного зондирования, теоретического, численного и лабораторного моделирования».

Литература

1. Князев Н. А., Лаврова О. Ю., Костяной А. Г. Спутниковый радиолокационный мониторинг нефтяных загрязнений в акватории Анапа–Геленджик за период 2018–2020 гг. // *Океанолог. исслед.* 2021. Т. 49. № 1. С. 163–185. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(1).8.
2. Костяной А. Г., Лаврова О. Ю., Лупян Е. А. (2021а) Нефтяной разлив на морском терминале Каспийского трубопроводного консорциума под Новороссийском 7 августа 2021 г.: первые результаты спутниковых наблюдений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2021. Т. 18. № 4. С. 304–310. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-304-310.
3. Костяной А. Г., Лаврова О. Ю., Лупян Е. А. (2021б) Нефтяной разлив на морском терминале Каспийского трубопроводного консорциума под Новороссийском 7 августа 2021 г.: комплексный анализ спутниковых и метеорологических данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2021. Т. 18. № 5. С. 28–43. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-28-43.
4. Крушение судов в Керченском проливе в 2007 году // <https://вдпо.рф>. 11.11.2007. https://xn--b1ae4ad.xn--plai/calendar/2007-11-11_krushenie-sudov-v-kerchenskom-prolive-v-2007-godu.
5. Лаврова О. Ю., Бочарова Т. Ю., Митягина М. И., Строчков А. Я. Спутниковый мониторинг последствий катастрофического разлива нефтепродуктов в Керченском проливе // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2009. Вып. 6. Т. 1. С. 409–420.
6. Лаврова О. Ю., Костяной А. Г., Лебедев С. А., Митягина М. И., Гинзбург А. И., Шеремет Н. А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. М.: ИКИ РАН, 2011. 470 с.
7. Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Костяной А. Г. Спутниковые методы выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий. М.: ИКИ РАН, 2016. 334 с.
8. Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Уваров И. А., Лупян Е. А. Текущие возможности и опыт использования информационной системы See the Sea для изучения и мониторинга явлений и процессов на морской поверхности // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2019. Т. 16. № 3. С. 266–287. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-266-287.

9. Отличия мазута М-100 от М-40 // <https://www.trader-oil.ru/>. 2025. <https://www.trader-oil.ru/informatsiya/mazut-info/otlichiya-mazuta-m-100-ot-m-40>.
10. Kostianoy A. G., Litovchenko K. Ts., Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Bocharova T. Yu., Lebedev S. A., Stanichny S. V., Soloviev D. M., Sirota A. M., Pichuzhkina O. E. Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea: 18 months experience // *Environmental Research, Engineering and Management*. 2006. No. 4 (38). P. 70–77.
11. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Kostianoy A. G., Strochkov M. Satellite monitoring of the Black Sea ecological risk areas // *Ecologica Montenegrina*. 2017. V. 14. P. 1–13.
12. NCEP GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive // <https://rda.ucar.edu/>. 2025. <https://doi.org/10.5065/D65D8PWK>.

Satellite monitoring of the fuel oil spill in the Kerch Strait area on December 15, 2024: preliminary results

O. Yu. Lavrova¹, E. A. Loupian¹, A. G. Kostianoy^{2,3,4}

¹ *Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*
E-mails: olavrova@cosmos.ru, evgeny@d902.iki.rssi.ru

² *P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow 117997, Russia*
E-mail: kostianoy@gmail.com

³ *Moscow Witte University, Moscow 115432, Russia*

⁴ *Maykop State Technological University, Maykop 385000, Russia*

The article presents the first results of satellite monitoring of oil pollution in the waters and coastal zone of Krasnodar Krai and Crimea that occurred because of the breakup of two tankers near the Kerch Strait during a storm on December 15, 2024. The monitoring was carried out using Sentinel-1A SAR-C (Synthetic Aperture Radar, C-band) radar images of the sea surface along with Sentinel-2 MSI (Multispectral Instrument) and Landsat-8, -9 OLI (Operational Land Imager) cloudless images in visible range. Spatial resolution of the satellite data was 10–30 m, which made it possible to identify even small areas of oil pollution. The results obtained allow us to state that in the first two weeks after the accident, a strong westerly wind, which changed from southwest to northwest and vice versa several times, fanned out fuel oil pollution along the entire coast from the port of Taman to Anapa and even Utrish.

Keywords: tanker accident, satellite monitoring, satellite images, SAR data, SAR-C Sentinel-1, Black Sea, Sea of Azov, Kerch Strait

Accepted: 22.02.2025

DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-1-327-335

References

1. Knyazev N. A., Lavrova O. Yu., Kostianoy A. G., Satellite radar monitoring of oil pollution in the water areas between Anapa and Gelendzhik in 2018–2020, *J. Oceanological Research*, 2021, V. 49, No. 1, pp. 163–185 (in Russian), DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(1).8.
2. Kostianoy A. G., Lavrova O. Yu., Loupian E. A. (2021a), Oil spill at the Caspian Pipeline Consortium marine terminal near Novorossiysk on August 7, 2021: first results of satellite observations, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, V. 18, No. 4, pp. 304–310 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-304-310.
3. Kostianoy A. G., Lavrova O. Yu., Loupian E. A. (2021b), Oil spill at the Caspian Pipeline Consortium marine terminal near Novorossiysk on August 7, 2021: Integrated analysis of satellite and meteo data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, V. 18, No. 5, pp. 28–43 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-28-43.

4. Shipwrecks in the Kerch Strait in 2007, <https://edno.pф>, 11.11.2007 (in Russian), https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/calendar/2007-11-11_krushenie-sudov-v-kerchenskom-prolive-v-2007-godu.
5. Lavrova O. Yu., Bocharova T. Yu., Mityagina M. I., Strochkov A. Ya., Satellite monitoring of the consequences of a catastrophic oil spill in the Kerch Strait, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2009, Iss. 6, V. 1, pp. 409–420 (in Russian).
6. Lavrova O. Yu., Kostianoy A. G., Lebedev S. A., Mityagina M. I., Ginzburg A. I., Sheremet N. A., *Kompleksnyi sputnikovyi monitoring morei Rossii* (Complex satellite monitoring of the Russian seas), Moscow: IKI RAN, 2011, 470 p. (in Russian).
7. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Kostianoy A. G., *Sputnikovye metody vyavleniya i monitoringa zon ekologicheskogo riska morskikh akvatorii* (Satellite methods of detection and monitoring of marine zones of ecological risks), Moscow: IKI RAN, 2016, 336 p. (in Russian).
8. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Uvarov I. A., Loupian E. A., Current capabilities and experience of using the See the Sea information system for studying and monitoring phenomena and processes on the sea surface, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, V. 16, No. 3, pp. 266–287 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-266-287.
9. Differences of fuel oil M-100 from M-40, <https://www.trader-oil.ru/>, 2025 (in Russian), <https://www.trader-oil.ru/informatsiya/mazut-info/otlichiya-mazuta-m-100-ot-m-40>.
10. Kostianoy A. G., Litovchenko K. Ts., Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Bocharova T. Yu., Lebedev S. A., Stanichny S. V., Soloviev D. M., Sirota A. M., Pichuzhkina O. E., Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea: 18 months experience, *Environmental Research, Engineering and Management*, 2006, No. 4 (38), pp. 70–77.
11. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Kostianoy A. G., Strochkov M., Satellite monitoring of the Black Sea ecological risk areas, *Ecologica Montenegrina*, 2017, V. 14, pp. 1–13.
12. NCEP GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive, <https://rda.ucar.edu/>, 2025, <https://doi.org/10.5065/D65D8PWK>.