

Последствия аварий танкеров в черноморском керченском предпроливье 15 декабря 2024 г.: комплексный анализ спутниковых и метеорологических данных

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 результаты комплексного анализа спутниковых и метеорологических данных, полученных в рамках 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 с 15 декабря 2024 по 6 апреля 2025 г. Приведена сводка всех информативных спутниковых изображений, на которых идентифицируются нефтяные загрязнения на водной поверхности, связанные с авариями танкеров. Отдельно рассмотрена ситуация с танкером «Волгонефть-239». Особое внимание уделено случаям самоочищения прибрежных вод от нефтяного загрязнения, вызванным сильными ветрами с берега. Обращено внимание на тот факт, что в исследуемом районе продолжают нефтяные загрязнения с других судов, не связанные с произошедшей аварией.

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

Одобрена к печати: 21.04.2025

DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-2-282-299

Введение

Утром 15 декабря 2024 г. в черноморском керченском предпроливье в результате сильнейшего шторма и высоких волн произошли две аварии с танкерами «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239», в результате которых в море попало около 2500 т мазута. Аварийный разлив нефтепродуктов привёл к серьёзной экологической катастрофе: берег Краснодарского края на протяжении сотен километров оказался подвержен загрязнению мазутом. Больше всего пострадали песчаные пляжи города-курорта Анапы (Лаврова и др., 2025).

Катастрофические разливы нефти, связанные в первую очередь с авариями на морских нефтяных платформах или с крушением танкеров, к счастью, происходят редко, но они часто приводят к серьёзным экологическим последствиям. По данным международной организации ИТОРФ (англ. International Tanker Owners Pollution Federation Limited), разливы 700 и более тонн нефти и нефтепродуктов происходят в результате пробоин корпуса, пожаров, посадки на мель и столкновений танкеров. Однако таких чрезвычайных ситуаций становится с каждым годом все меньше и меньше. На диаграмме, составленной ИТОРФ (рис. 1, см. с. 283), видно, что большая часть аварий приходится на 70-е гг. прошлого столетия, их доля в общем количестве крупных разливов нефти (более 7 т) составила 53 %. В последние годы, в связи с вводом в эксплуатацию современных и более надёжных танкеров, количество аварий резко

сократилось. Практически все катастрофические разливы нефти случались в непосредственной близости от берега, что неминуемо вело к серьёзному загрязнению береговой черты. Ущерб от этих катастроф мог быть ещё большим, если бы не удалось отслеживать перенос пятен нефтяных загрязнений в море и прогнозировать место и время их выброса на побережье. Наиболее эффективным средством отслеживания распространения нефтяного загрязнения является спутниковый мониторинг, в первую очередь с помощью радиолокаторов спутникового базирования, который можно организовать достаточно оперативно практически для любой акватории Мирового океана, в отличие от численного моделирования, для которого потребуется значительное время для подготовки и валидации модели.

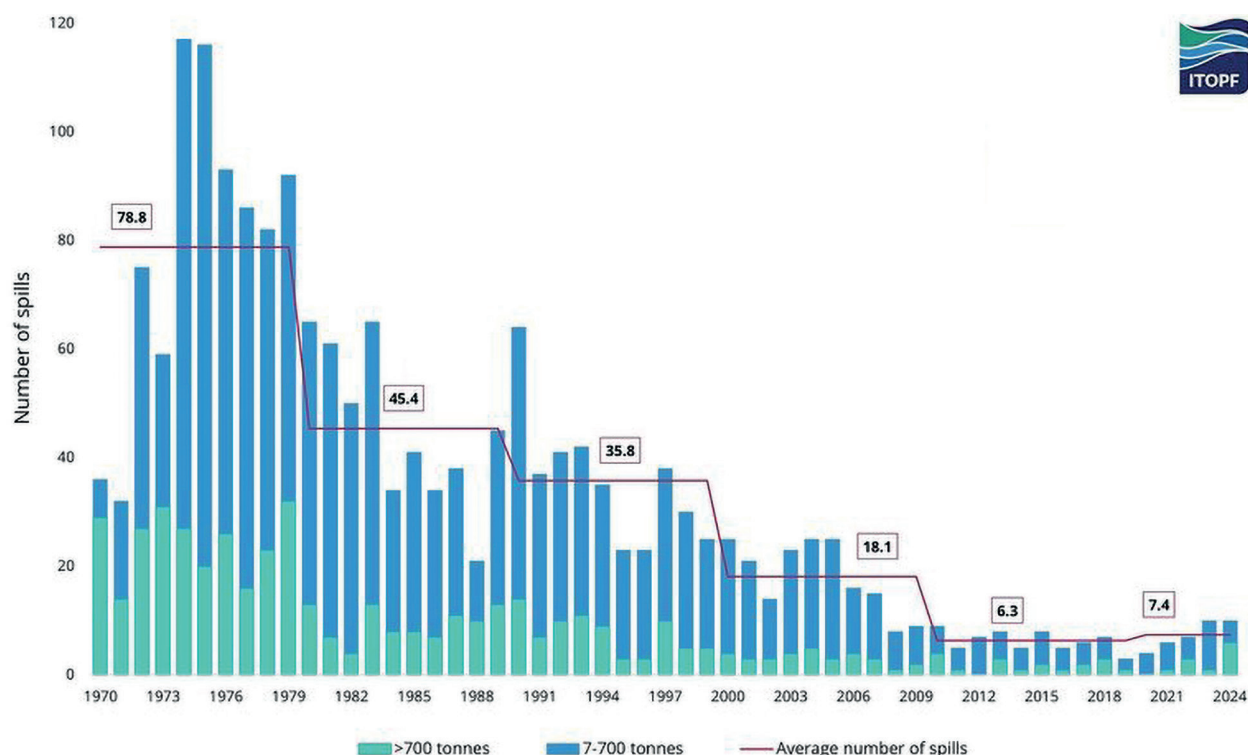


Рис. 1. Количество средних (7–700 т) и крупных (>700 т) разливов нефтепродуктов в результате аварий танкеров в 1970–2024 гг. (©ITOPF)

По инициативе Канадского космического агентства CSA (*англ.* Canadian Space Agency) 20 октября 2000 г. Европейское космическое агентство ESA (*англ.* European Space Agency) и Французское космическое агентство CNES (*фр.* Centre National d'Études Spatiales) подписали хартию «Космос и крупные бедствия» (*англ.* International Charter “Space and Major Disasters”) с целью обеспечения широкого доступа к космической мониторинговой информации в ходе осуществления мероприятий по ликвидации последствий всех возможных природных и техногенных катастроф. К настоящему времени Международная хартия состоит из 17 космических агентств и операторов космических систем со всего мира, которые совместно работают над предоставлением спутниковой информации для мониторинга стихийных бедствий. Международная хартия направлена на создание единой системы сбора и предоставления космических данных пострадавшим от природных или техногенных катастроф через уполномоченных пользователей. Каждое агентство-участник выделило ресурсы для поддержки положений хартии и тем самым помогает смягчить последствия катастроф для окружающей среды, инфраструктуры и жизни людей. Российское космическое агентство (Роскосмос) как представитель России вошло в Международную хартию в мае 2013 г.

Уже на следующий день после аварии, 16 декабря 2024 г., Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации послед-

ствий стихийных бедствий (МЧС России) обратилось в Международную хартию с запросом о мониторинге последствий катастрофического разлива мазута. На сайте хартии была создана страница, посвящённая данному мониторингу, на которой представлены спутниковые изображения и комментарии к ним (<https://disasterscharter.org/activations/oil-spill-in-russian-federation-activation-937->). Исходные данные были переданы в МЧС. В настоящий момент на сайте представлены фрагменты 17 радиолокационных изображений (РЛИ) не только района бедствия, но и других районов Чёрного моря, на которых, как написано в комментариях, наблюдаются «аномалии», т.е. различного рода слики, тёмные полосы, соответствующие выглаживанию морской поверхности плёночными загрязнениями различной природы.

С 15 декабря 2024 г., в связи с произошедшей аварией танкеров, Институт космических исследований РАН совместно с Институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН проводит комплексный спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения вод в районе Керченского пролива и северо-восточной части Чёрного моря с целью установления масштабов загрязнения морской акватории. Цель настоящей работы — провести комплексный анализ всех доступных спутниковых данных, полученных за четыре месяца мониторинга, выявить проявления на морской поверхности нефтяных загрязнений, связанных с авариями танкеров, и определить районы, которые с большой вероятностью могут быть подвержены загрязнениям в будущем.

Район аварии

В сложных гидрометеорологических условиях два судна класса «река — море», перевозивших в общей сложности 9200 т мазута, потерпели аварию и разломались, каждое на две части. По информации, полученной нами от ФГБУ «Администрация морских портов Черного моря», координаты затонувших частей составляли:

- «Волгонефть-212»: нос — 45,050833° с.ш.; 36,535° в.д.; корма — 45,076667° с.ш.; 36,54° в.д.;
- «Волгонефть-239»: нос — 45,0675° с.ш.; 36,519167° в.д.; корма — 45,138333° с.ш.; 36,638889° в.д.

Положение разломившихся частей представлено на *рис. 2* (см. с. 285). Нос, корма танкера «Волгонефть-212» и нос танкера «Волгонефть-239» находятся примерно в одном районе, глубина места составляет в среднем около 20 м. Расстояние от этого района — примерно 7 км до мыса Такиль (Крым), около 12 км до порта Тамань (Краснодарский край) и более 60 км до Анапы. Кормовая часть танкера «Волгонефть-239» сдрейфовала к берегу и села на мель в 80 м от берега северо-западнее порта Тамань.

Метеорологические данные

Для понимания особенности распространения загрязнения от района аварии необходимо было проанализировать метеорологические условия, в первую очередь ветро-волновую ситуацию. Были проанализированы 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), а также данные прибрежных метеостанций Анапы и Керчи. График направления и скорости ветра за каждые три часа представлен на *рис. 3* (см. с. 285). Метео данные свидетельствуют о том, что вечером 14 декабря 2024 г., накануне аварии в районе черноморского керченского предпроливья в результате сильного южного ветра, скорость которого составляла 10 м/с, развилось штормовое волнение. К утру 15 декабря ветер только усилился до 16 м/с, с порывами до 19 м/с. Шквалистый ветер и волнение более 7 баллов явились, по мнению представителей Росморречфлота, причиной крушений двух судов.

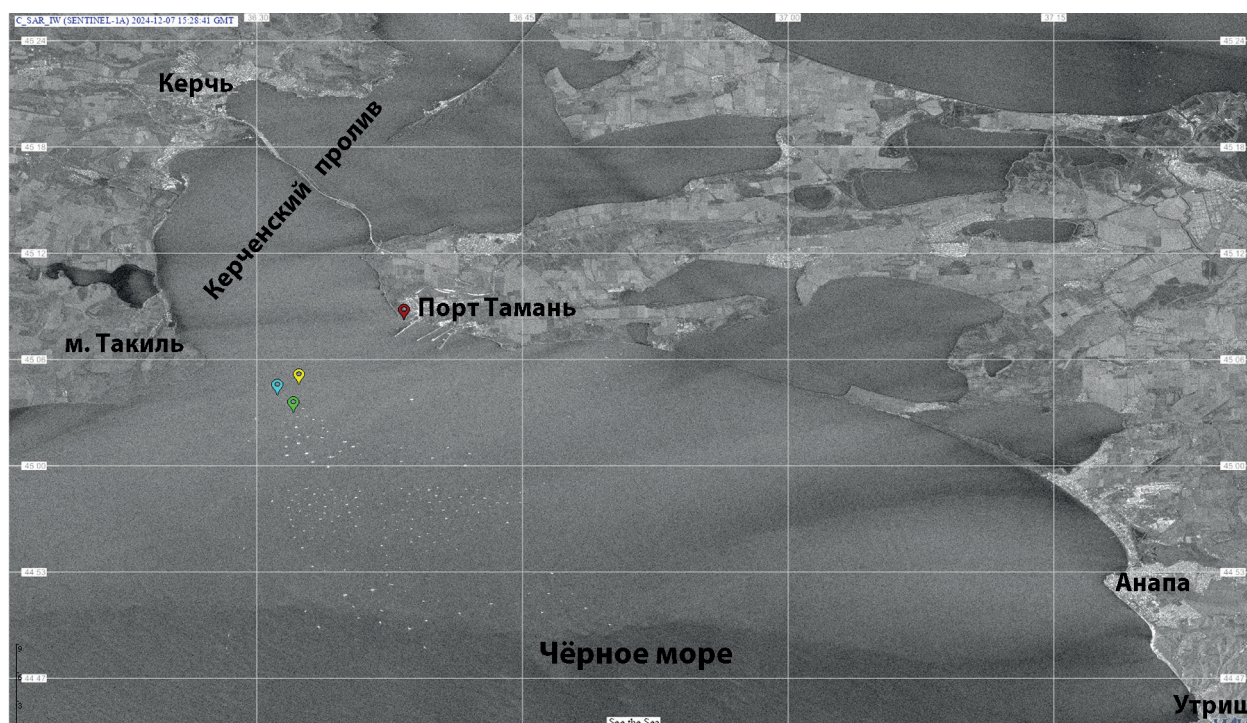


Рис. 2. Радиолокационное изображение SAR-C (англ. Synthetic Aperture Radar, C-band) Sentinel-1A северо-восточной части Чёрного моря, полученное 7 декабря 2024 г. в 15:28 GMT (англ. Greenwich Mean Time) (до аварии). Положение развалившихся частей танкеров отмечено цветными метками. Танкер «Волgoneфть-212»: зелёная — нос, жёлтая — корма. Танкер «Волgoneфть-239»: синяя — нос, красная — корма. Многочисленные белые точки — суда на данной акватории

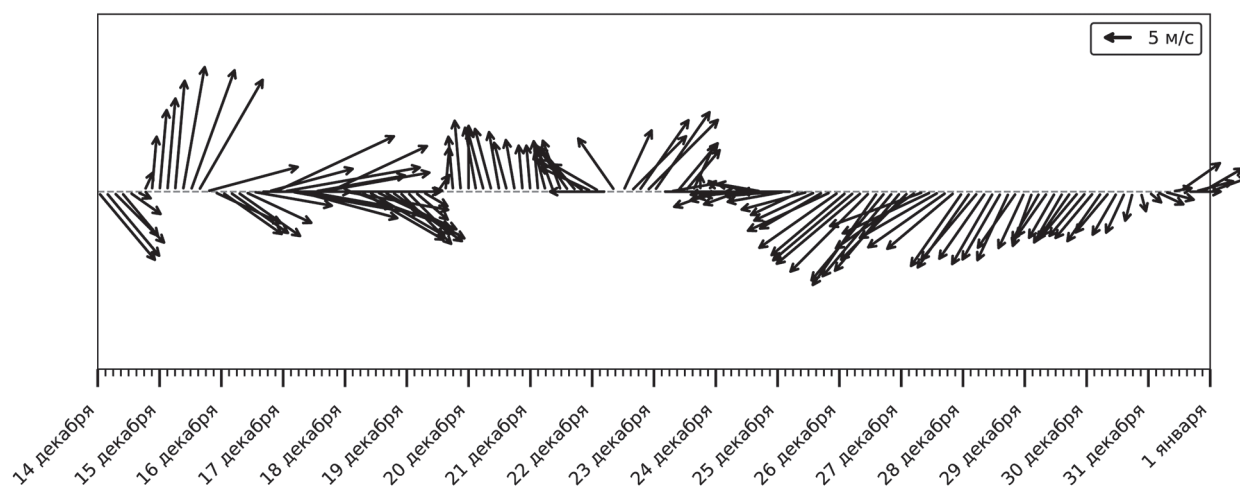


Рис. 3. Скорость и направление ветра в районе аварии танкеров по 3-часовым данным модели GFS NCEP с 14 декабря по 31 декабря 2024 г.

В течение суток ветер изменил направление сначала на юго-западное, а затем на западное и северо-западное (см. рис. 3). Ветер западных румбов сохранялся практически до 19 декабря, скорость его оставалась в среднем порядка 12 м/с. Такая ветровая ситуация объясняет перенос мазутного загрязнения в направлении побережья Краснодарского края и дальнейшее его распространение вдоль берега от порта Тамань до пляжей Анапы. Следы загрязнения в виде слипшихся сгустков мазута различного размера были обнаружены 17 декабря уже вдоль всего побережья на десятки километров от Веселовки в Темрюкском районе до станции Благовещенской к северо-западу от Анапы, а затем 19 декабря — в районе мыса Утриш (Лаврова и др., 2025).

Затем ветер изменился на юго-восточный (см. *рис. 3*), что привело к переносу нефтяного загрязнения в сторону Крыма и загрязнению береговой зоны. К 11 часам утра 22 декабря ветер сменился на южный со скоростью 7 м/с, к 14 часам он поменялся на юго-западный, а к 3 часам утра 23 декабря на западный со скоростью 10 м/с. К 7 часам утра 23 декабря ветер был западным и юго-западным (5 м/с) на момент получения очередного РЛИ. Именно этим и объясняется вынос мазутного загрязнения от береговой зоны наоборот в сторону моря вдоль всего крымского берега в Керченском проливе. Произошло естественное частичное самоочищение прибрежной зоны от мазутного загрязнения.

В 18 часов местного времени 23 декабря ветер изменился на южный, к 19 часам на юго-восточный и к 21 часу на восточный. Ветер восточного направления ($65\text{--}85^\circ$) держался до утра 25 декабря. Такой ветер мог привести уже к загрязнению южного берега Крыма от Керченского пролива до Феодосийского залива. Именно там впоследствии и стали обнаруживать нефтяные загрязнения береговой зоны Крыма. С 25 декабря ветер изменился на северо-восточный (см. *рис. 3*), и шлейф мазутного загрязнения должен был уходить в открытое море. Ветер со скоростью до 10–12 м/с сохранял своё направление вплоть до 31 декабря, что спасло от более серьёзного загрязнения берега Краснодарского края и Крыма. Отметим, что вопрос о наблюдении всех этих явлений будет рассмотрен ниже.

Спутниковые данные

Для проведения мониторинга последствий катастрофического разлива мазута нами были привлечены все доступные спутниковые изображения с 15 декабря 2024 г. по 6 апреля 2025 г. Из-за практически полной облачности, особенно в первые дни после аварии, использование данных видимого диапазона электромагнитного спектра было затруднено. Анализ безоблачного фрагмента изображения OLI (*англ.* Operational Land Imager) Landsat-8, полученного 16 декабря 2024 г. в 08:13 GMT, позволил выявить вихревые образования в районе Анапы (*рис. 4*).



Рис. 4. Вихревые диполи у побережья Анапы. Фрагмент изображения OLI Landsat-8, полученного 16 декабря 2024 г. в 08:13 GMT

Проявления нефтяных slickов на радиолокационных
изображениях SAR-C Sentinel-1A

Дата, время GMT	Координаты начала слика, °с.ш.; °в.д.	Длина слика, км	Площадь слика, км ²	Направление распространения слика	Скорость и направление ветра	Примечание
18.12.2024, 03:41:09	45,0592; 36,5371	9,7	3,5	на восток	12 м/с, западный	Предполагаемый источник: нос танкера «Волгонефть-212»
19.12.2024, 15:28:40	45,0609; 36,5379	9,3	2,5	на северо-восток	6 м/с, южный	Предполагаемый источник: нос танкера «Волгонефть-212»
	45,0914; 36,7225 – 44,9592; 37,1223	36	176	вдоль побережья		Остаточные проявления нефтяного загрязнения через 12 часов после съёмки RCM-3
23.12.2024, 03:49:20	В разных местах	1,38–1,87	5,35 (суммарно)	на восток	11 м/с, западный	Загрязнения в районе затонувших частей танкеров, самоочищение берега Керченского полуострова
30.12.2024, 03:41:09	44,7262; 36,6842 (верхнее пятно)	6 (суммарно)	3,75 (суммарно)	на юг	5–7 м/с, северо-северо-восточный	4 пятна, самоочищение побережья Анапы
	44,7262; 36,6842 (центр пятна)	1,01	1,75	на юго-запад	6 м/с, восточно-северо-восточный	Самоочищение побережья Анапы
31.12.2024, 15:28:39	45,0718; 36,5319	7	2,94	на северо-восток	9 м/с, юго-западный	Источник точно не определяется
04.01.2025, 03:49:18	45,1107; 36,4509	0,7	0,18	на северо-северо-восток	8 м/с, юго-юго-западный	Самоочищение побережья у мыса Такиль
12.01.2025	44,7262; 36,6842 (центр пятен)	0,9–1,45	3,5 (суммарно)	на юго-запад	4 м/с, северо-северо-восточный	Самоочищение побережья Анапы
	45,1305; 36,6281	3,14 (общая длина)	0,47 (суммарно)	на юго-запад	4 м/с, северо-северо-восточный	3 пятна в районе кормы танкера «Волгонефть-239»
	45,0724; 36,5310	15,5	7,02	на юг	4 м/с, северо-северо-восточный	Предполагаемый источник: корма танкера «Волгонефть-212»

Основу мониторинга составили РЛИ спутника Sentinel-1A, на котором установлен радиолокатор с синтезированной апертурой С-диапазона (SAR-C). Анализировались данные, полученные на соосной вертикальной поляризации, которые имеют пространственное разрешение 10 м. Первое РЛИ было получено 18 декабря 2024 г., т. е. только через три дня после аварии. Никакой спутниковой радиолокационной съёмки в эти три дня не было, во всяком случае, нет информации в открытом доступе. С 18 декабря 2024 по 6 апреля 2025 г. всего было получено, обработано и проанализировано 37 РЛИ SAR-C Sentinel-1A. На странице Международной хартии приведено 17 изображений, помимо данных Sentinel-1A имеются ещё 6 фрагментов РЛИ, полученных спутником RCM-3 (*англ.* RadarSat Constellation Mission-3). Интерес представляют только два из них: от 19 и 20 декабря 2024 г. Также специалистами

Национального центра управления в кризисных ситуациях Министерства по чрезвычайным ситуациям (НЦУКС МЧС) в рамках совместных обсуждений нам была предоставлена возможность проведения анализа двух РЛИ, полученных 20 и 21 декабря китайским спутником Gaofen-3, на котором установлен радиолокатор, работающий в С-диапазоне и имеющий пространственное разрешение до 1 м.

Обработка и анализ спутниковых изображений проводился с использованием возможностей информационной системы STS (*англ.* See the Sea) (Лаврова и др., 2019), являющейся частью Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019). Для картографирования выявленных поверхностных загрязнений применялся интегрированный в систему STS картографический интерфейс, а с использованием подсистемы создания и ведения описаний явлений в STS формировался массив описаний, содержащий их количественные характеристики. Только 7 РЛИ Sentinel-1A содержали проявления нефтяных плёнок. Информация о них представлена в *таблице*.

Комплексный анализ спутниковой и метеорологической информации

Отметим сразу, что на спутниковых изображениях мы не можем увидеть мазутные агрегаты и комочки, которые являлись основными загрязнителями береговой черты и пляжей. Находясь в море, мазут фракционирует, лёгкая фракция поднимается на поверхность воды и образует нефтяные слики. Именно эти слики, т. е. выглаживание морской поверхности за счёт подавления ряби, проявляющиеся на РЛИ в виде тёмных полос — областей пониженной интенсивности рассеянного сигнала, мы видим на РЛИ. Но по направлению их распространения мы можем судить и о направлении распространения основного мазутного загрязнения. По приблизительным расчётам скорость перемещения нефтяных плёнок составляет 60 % от скорости течения и 2–4 % от скорости ветра. По самым скромным оценкам, учитывая только ветер, мазутное загрязнение достигло побережья Анапы менее чем за сутки.

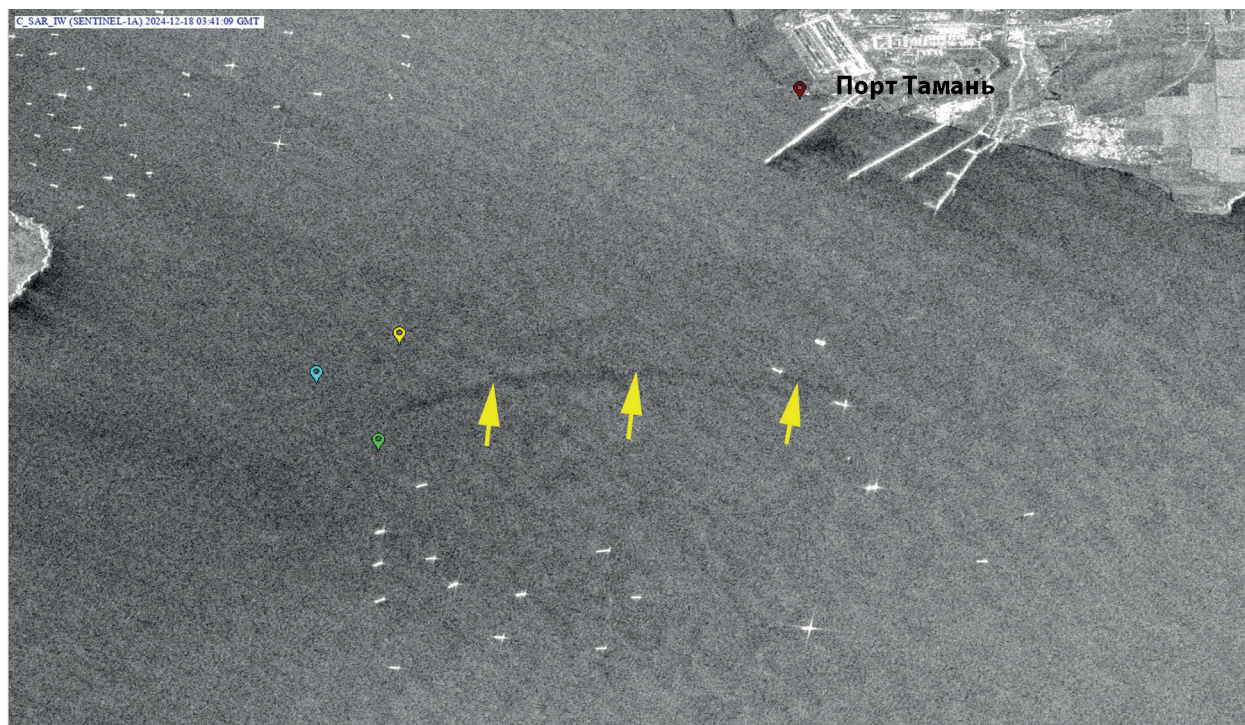


Рис. 5. Проявление нефтяного загрязнения, тянущегося от места аварии в сторону Краснодарского побережья, на РЛИ SAR-C Sentinel-1A от 18 декабря 2024 г., 03:31 GMT. Положение развалившихся частей танкеров отмечено цветными метками. Танкер «Волгонефть-212»: зелёная — нос, жёлтая — корма. Танкер «Волгонефть-239»: синяя — нос, красная — корма. Стрелками отмечено положение нефтяного шлейфа

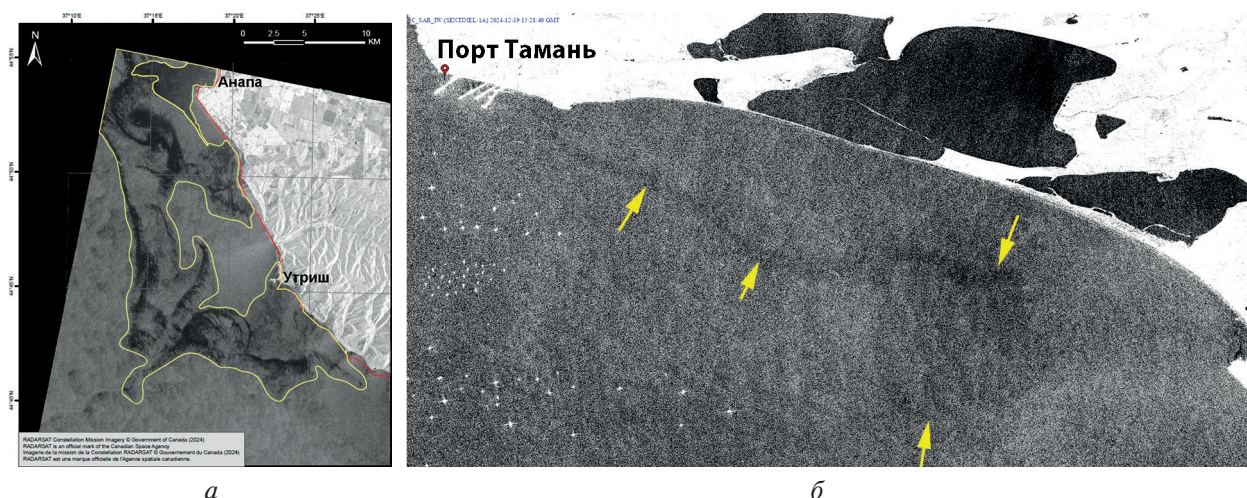


Рис. 6. Поверхностные проявления нефтяного загрязнения вдоль побережья в районе Анапы на РЛИ от 19 декабря 2024 г. с разницей в 12 ч: *а* — RCM-3 (03:42 GMT); *б* — SAR-C Sentinel-1A (15:28 GMT). Жёлтой линией отмечены области мазутного загрязнения, стрелками — положение нефтяного шлейфа. 1 — Анапа

Первое РЛИ над районом аварии было получено 18 декабря 2024 г. в 03:41 GMT в условиях западного — северо-западного ветра, скорость которого на момент съёмки составляла 12 м/с. Нефтяной шлейф растянулся на 9,7 км от места крушений танкеров в сторону краснодарского побережья (рис. 5, см. с. 288).

В течение 19 декабря спутниковая съёмка проводилась дважды с разницей в 12 ч. Радиолокационное изображение спутника RCM-3 было получено в 03:42 GMT (рис. 6а), а РЛИ SAR-C Sentinel-1A в 15:28 GMT (см. рис. 6б). Комплексный анализ показал, что загрязнение распространялось вдоль побережья от мыса Утриш до порта Тамань, чему способствовала не только смена западного ветра на южный, но и активные вихревые процессы. О наличии вихревых диполей в прибрежной зоне этого района можно судить не только по РЛИ RCM-3 (см. рис. 6а), но и по данным OLI Landsat-8, полученным ещё 16 декабря 2024 г. (см. рис. 4).

Устойчивый южный — юго-восточный ветер явился причиной того, что мазутное загрязнение, источником которого оставались утонувшие части судов, стало выносить на север через основной створ Керченского пролива практически до азовского предпроливья, что позволил подтвердить анализ РЛИ, полученных 20 декабря спутниками Gaofen-3 и RCM.

Перемена направления ветра на восточное 22 декабря (см. рис. 3) привела к тому, что мазутное загрязнение попало на побережье Керченского полуострова от мыса Такиль практически до Керчи. О мазутных загрязнениях на берегу Керченского полуострова сообщалось в СМИ, однако 22 декабря спутниковая радиолокационная съёмка района аварии не проводилась.

Очередная кратковременная смена направления ветра на западное и увеличение его скорости до 12 м/с привели к тому, что нефтяные загрязнения от места крушения судов стали распространяться на восток. Данные загрязнения в виде тёмных пятен отчётливо идентифицируются на РЛИ SAR-C Sentinel-1A от 23 декабря 2024 г. (рис. 7, см. с. 290).

С 24 по 29 декабря не было спутниковой радиолокационной съёмки, во всяком случае, данных нет в открытом доступе. В этот период направление ветра было северо-восточное с переходом на северное. Скорость ветра варьировалась от 9 до 13 м/с. Нефтяное загрязнение под действием северного ветра распространялось от места аварии на юго-запад в открытое море. На РЛИ от 30 декабря были выявлены четыре нефтяных пятна общей площадью 3,75 км² на расстоянии 36–61 км от места аварии (рис. 8, см. с. 290). Теоретически, учитывая, что сильный ветер северных румбов дул не менее пяти дней, данные нефтяные загрязнения могут распространиться на такое расстояние за немногим более полутора суток. Но не исключена возможность, что эти пятна явились следствием сброса нефтепродуктов с проходящих судов, которые не имеют отношения к аварии.



Рис. 7. Проявления нефтяных загрязнений в районе аварии (отмечены стрелками) и у Крымского полуострова на РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученном 23 декабря 2024 г. в 03:49:20 GMT. Тёмные области в районе мыса Такиль соответствуют не нефтяному загрязнению, а области ослабления ветра (Лаврова и др., 2025)

Вечером 31 декабря 2024 г. ветер резко сменился на западный, а затем на юго-западный (см. рис. 3), и нефтяные загрязнения от места крушения судов распространялись на северо-восток. Длина нефтяного slicka, определённая по РЛИ от 31 декабря, составила около 3 км (рис. 9, см. с. 291). Как показывают спутниковые радиолокационные наблюдения лёгкая фракция мазутных загрязнений по прошествии 16 дней после аварии все ещё продолжает подниматься на поверхность моря и распространяться по ветру.

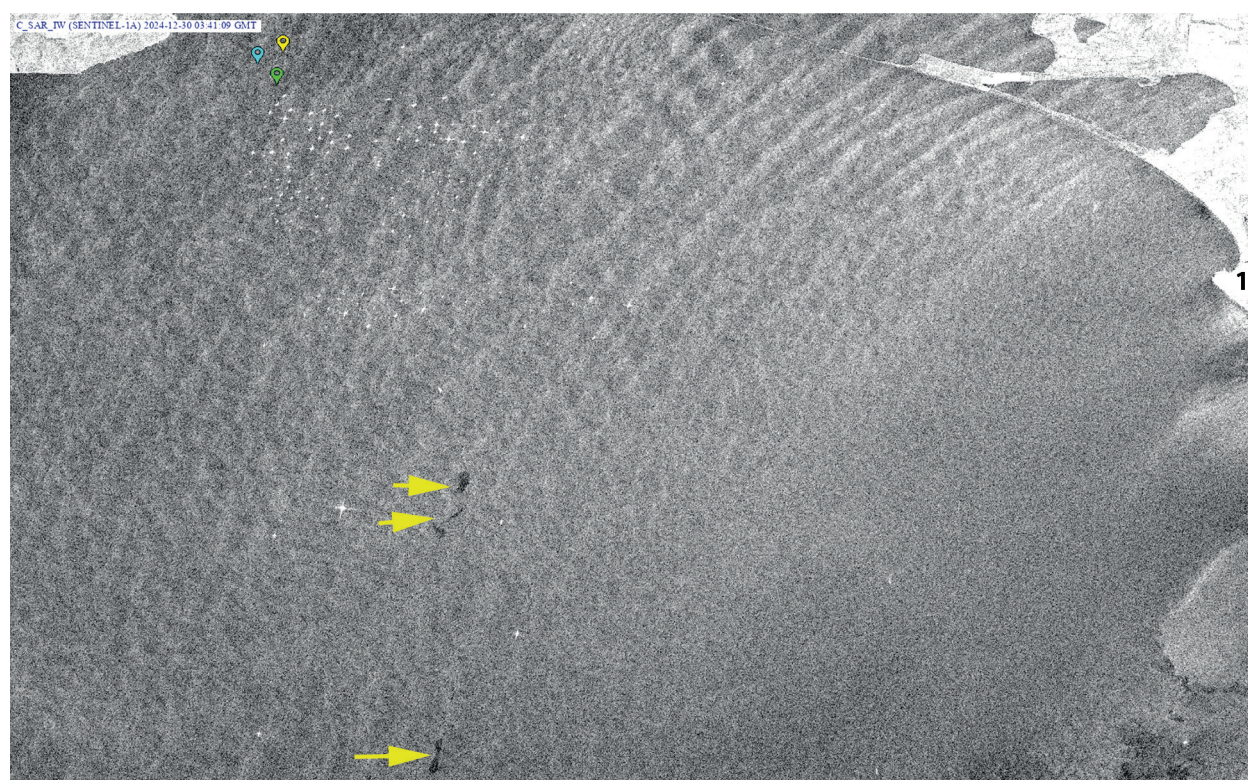


Рис. 8. Проявления нефтяных загрязнений (указаны стрелками) на РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученном 30 декабря 2024 г. в 03:41:09 GMT. 1 — Анапа

Последнее проявление нефтяного загрязнения на РЛИ, связанного с разливом мазута, было идентифицировано 12 января 2025 г. на изображении SAR-C Sentinel-1A, причём не только в районе трёх затонувших частей танкеров, но и в районе кормовой части судна «Волгонепфть-239» (рис. 10, см. с. 291).

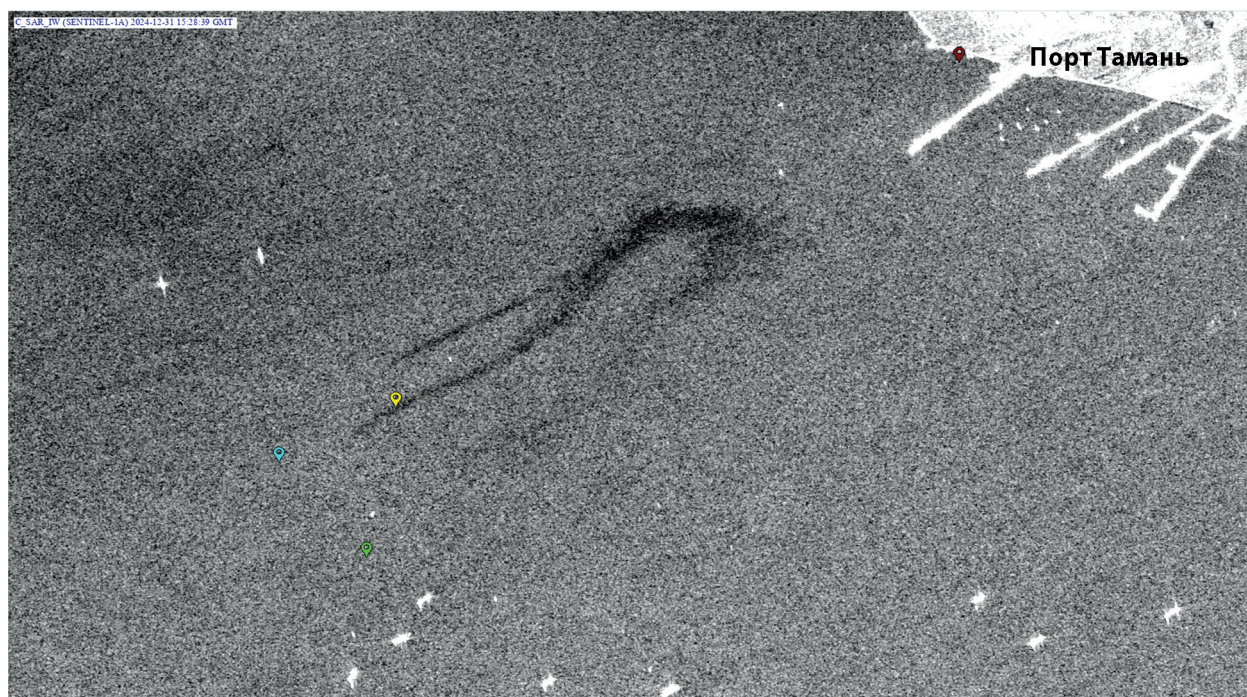


Рис. 9. Проявление нефтяного загрязнения на РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученном 31 декабря 2024 г. в 15:28:39 GMT в районе крушения танкеров

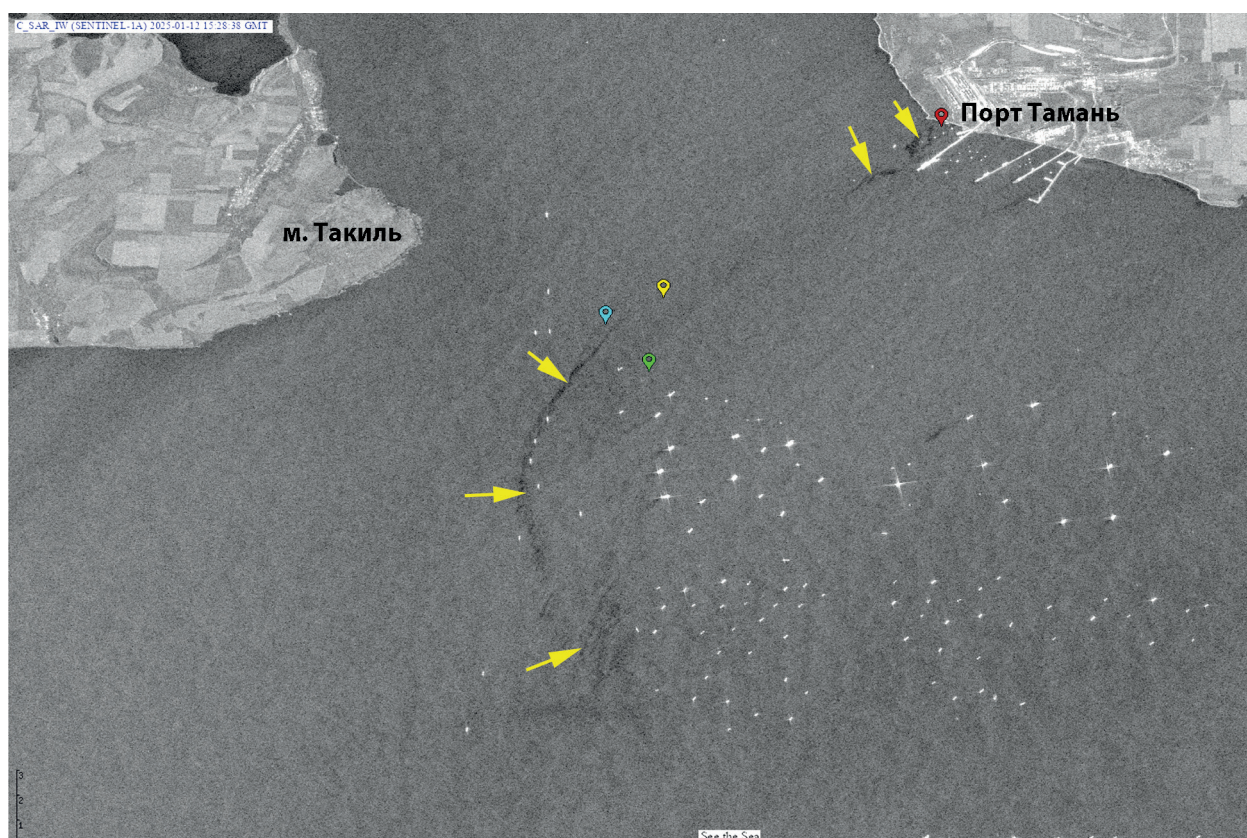


Рис. 10. Проявление нефтяных загрязнений в районе крушения танкеров и в районе кормы танкера «Волгонефть-239». Нефтяные шлейфы отмечены стрелками. Положение развалившихся частей танкеров указано цветными метками. Танкер «Волгонефть-212»: зелёная — нос, жёлтая — корма. Танкер «Волгонефть-239»: синяя — нос, красная — корма. Фрагмент РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученного 12 января 2025 г. в 15:28:38 GMT

Случаи самоочищения прибрежных вод

Распространение более тяжёлых нефтяных агрегатов зависит и от донного рельефа. Они скапливаются на дне в трещинах песчаника, образуя вытянутые полосы, перемещаются придонными орбитальными волновыми движениями. Накопление смоляных агрегатов на глубине от уреза воды до 6–7 м совпадает с зоной максимальной деформации волн (Немировская, 2008). Этим может объясняться тот факт, что при сильном ветре с берега на РЛИ наблюдаются квазипараллельные нефтяные слики, распространяющиеся в сторону моря перпендикулярно берегу. Такая картина наблюдалась на РЛИ четырежды: дважды у побережья Керченского полуострова — 23 декабря 2024 и 4 января 2025 г., и дважды у побережья Анапы — 30 декабря 2024 и 12 января 2025 г. Наиболее характерные проявления так называемого процесса самоочищения представлены на *рис. 7 и 11*.

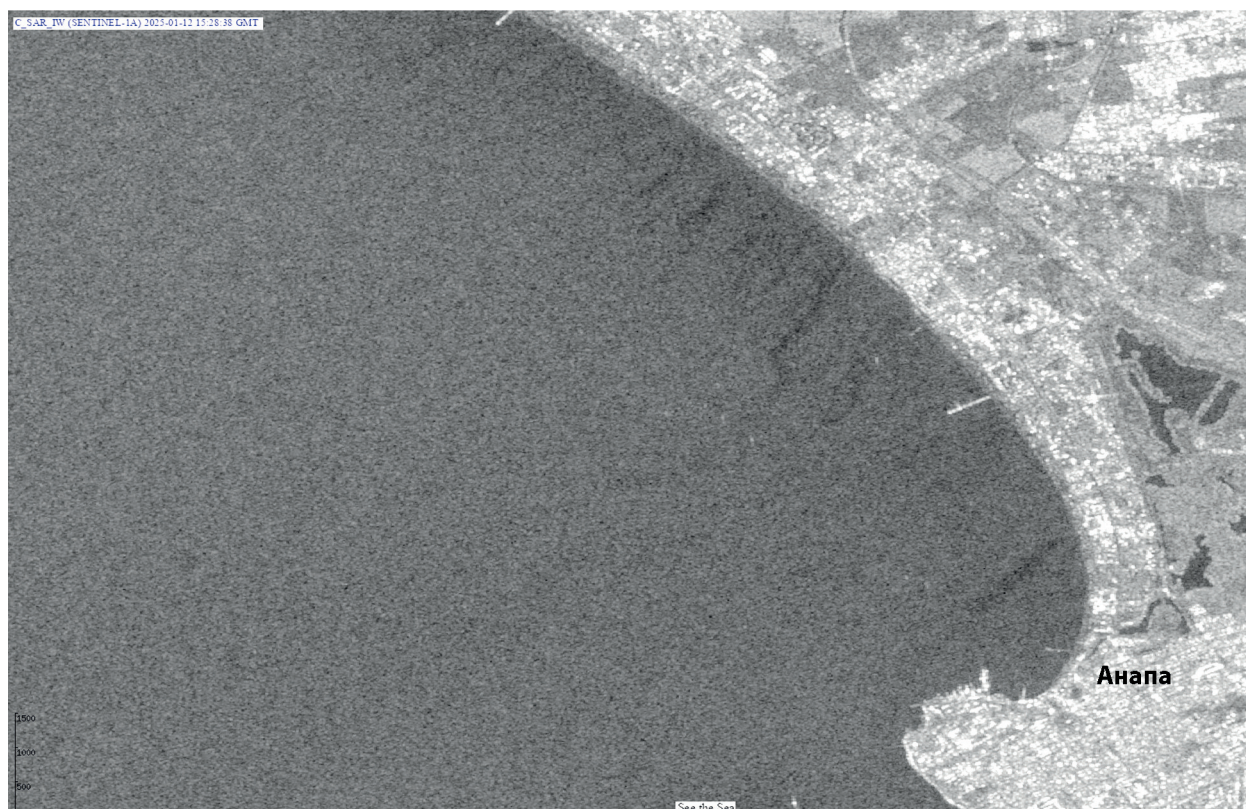


Рис. 11. Проявление процесса самоочищения в прибрежных водах Анапы в условиях северо-восточного ветра. Фрагмент РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученного 12 января 2025 г. в 15:28:38 GMT

Нефтяные загрязнения, не связанные с мазутным разливом

Керченский пролив — крупная транспортная артерия. На его берегах действуют несколько крупных портовых комплексов. Из-за мелководности пролива невозможно использовать суда с большой осадкой, поэтому в основном по проливу проводятся суда типа «река — море». На якорной стоянке вблизи черноморского предпроливья грузы переваливаются на крупнотоннажные суда. В открытом море на рейде проходит перекачка нефти и перевалка сыпучих грузов (сера, сода, фосфор, уголь, зерно) с одного корабля на другой, причём перевалка часто осуществляется на судно-накопитель одновременно с двух речных судов на оба борта. Нередко загрязнения морской поверхности происходят и на якорных стоянках. Суда, ожидая подхода к причалу, производят погрузочно-разгрузочные работы, принимают топливо, воду, иногда ремонтируются.

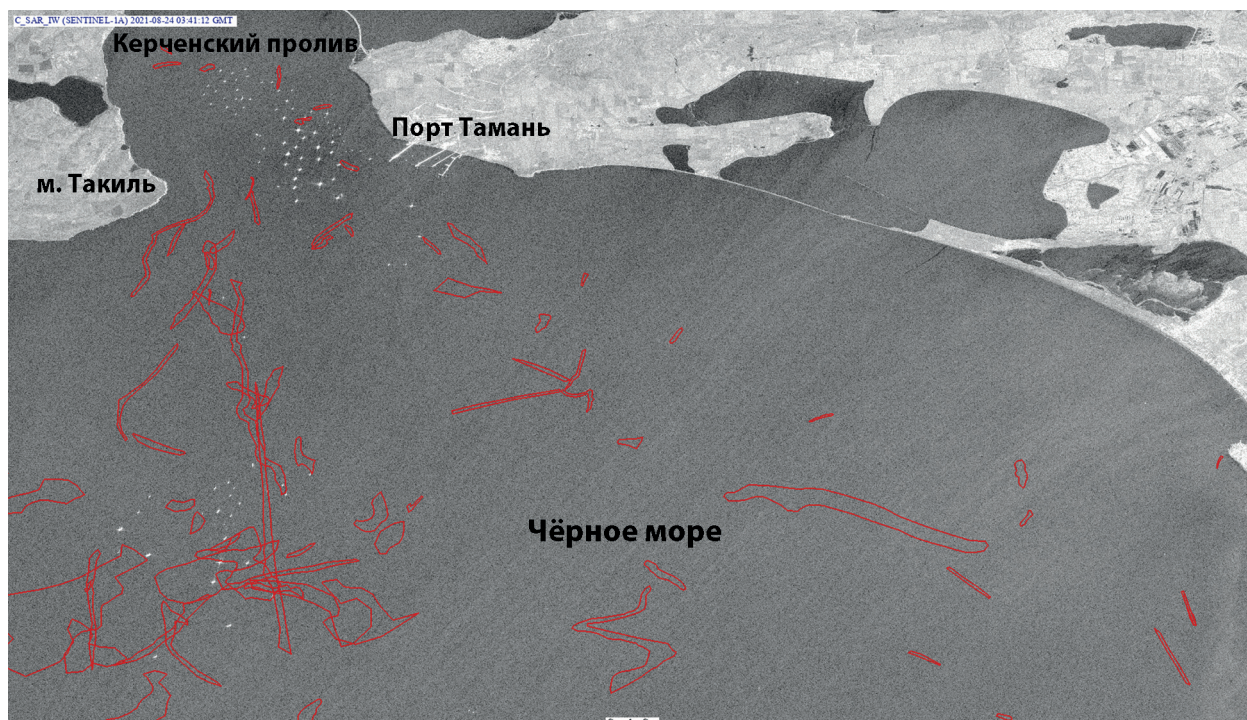


Рис. 12. Карта-схема выявленных на РЛИ за январь 2020 – февраль 2022 г. сбросов с судов вод, содержащих нефтепродукты

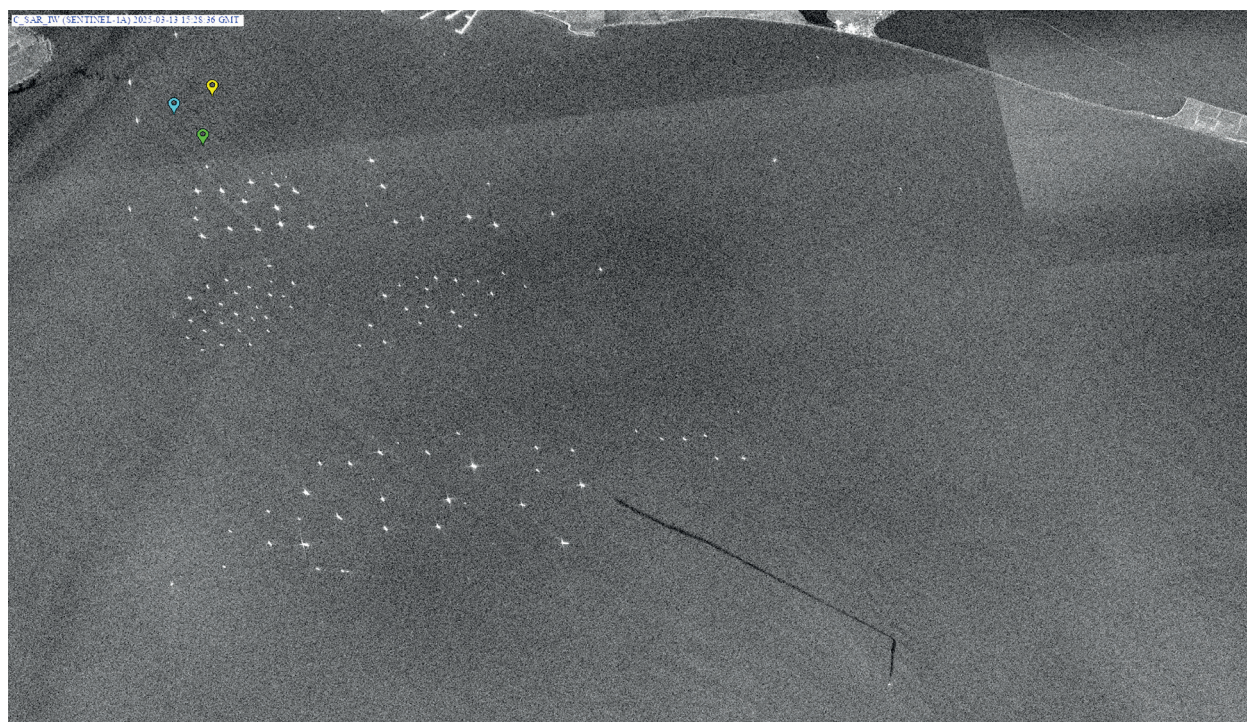


Рис. 13. Проявление сброса с судна вод, содержащих нефтепродукты, на РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученном 13 марта 2025 г. в 15:28:36 GMT

Практика показывает, что в ходе ненадлежащего исполнения правил при проведении этих работ, а также в тех случаях, когда не выполняются предусмотренные правилами МАРПОЛ-73/78 (<http://docs.cntd.ru/document/901764502>) условия сброса нефтесодержащих льяльных вод, происходит загрязнение акватории в районе якорных стоянок нефтепродук-

тами (Лаврова и др., 2016). Исследуемый район не является исключением, например, в районе от Новороссийска до Анапы периодически наблюдаются нефтяные загрязнения, вызванные сбросами с судов (Князев и др., 2021). На сводной карте исследуемого района, составленной с помощью инструментария STS, представлены выявленные только за период с января 2020 по февраль 2022 г. проявления на РЛИ судовых сбросов в 73 случаях (рис. 12, см. с. 293). При проведении мониторинга аварийного мазутного загрязнения обязательно следует учитывать, что далеко не все обнаруженные на спутниковых изображениях нефтяные загрязнения являются результатом аварийного разлива от 15 декабря 2024 г. Одним из характерных примеров может быть сброс с судна вод, содержащих нефтепродукты, идентифицированный на РЛИ, полученном в районе якорных стоянок в черноморском керченском предпроливье 13 марта 2025 г. (рис. 13, см. с. 293). Длина шлейфа составила 17 км.

Ситуация с танкером «Волгонефть-239»

Утром 15 декабря 2024 г. танкер «Волгонефть-239» в результате ветро-волновой нагрузки разломился пополам, причём таким образом, что носовая часть затонула на месте аварии, а кормовая часть осталась на плаву, и её отнесло течением и ветром к берегу северо-западнее порта Тамань Краснодарского края, где она села на мель в 80 м от берега (рис. 14, 15). Утром 16 декабря все 14 членов экипажа танкера были эвакуированы. Парадоксально, но в течение месяца кормовая часть танкера оставалась у берега и никакие действия по её защите от ветро-волновой нагрузки, разгрузке мазута из неповреждённых танков и утилизации не проводились. В результате продолжающихся зимних штормов она треснула и 10 января 2025 г. произошёл новый разлив мазута площадью 2800 м². К 14 января было собрано и вывезено 946 т нефтепродуктов в районе посадки на мель кормовой части танкера «Волгонефть-239». С 15 января начались активные работы по отсыпке искусственной насыпи (обвалованию) вокруг танкера, чтобы защитить его кормовую часть от дальнейшего разрушения, прекратить мазутное загрязнение побережья и прилегающей акватории, а также чтобы осуществить разгрузку мазута из танков, оставшихся в кормовой части танкера, и, в конечном счёте, приступить к его утилизации.

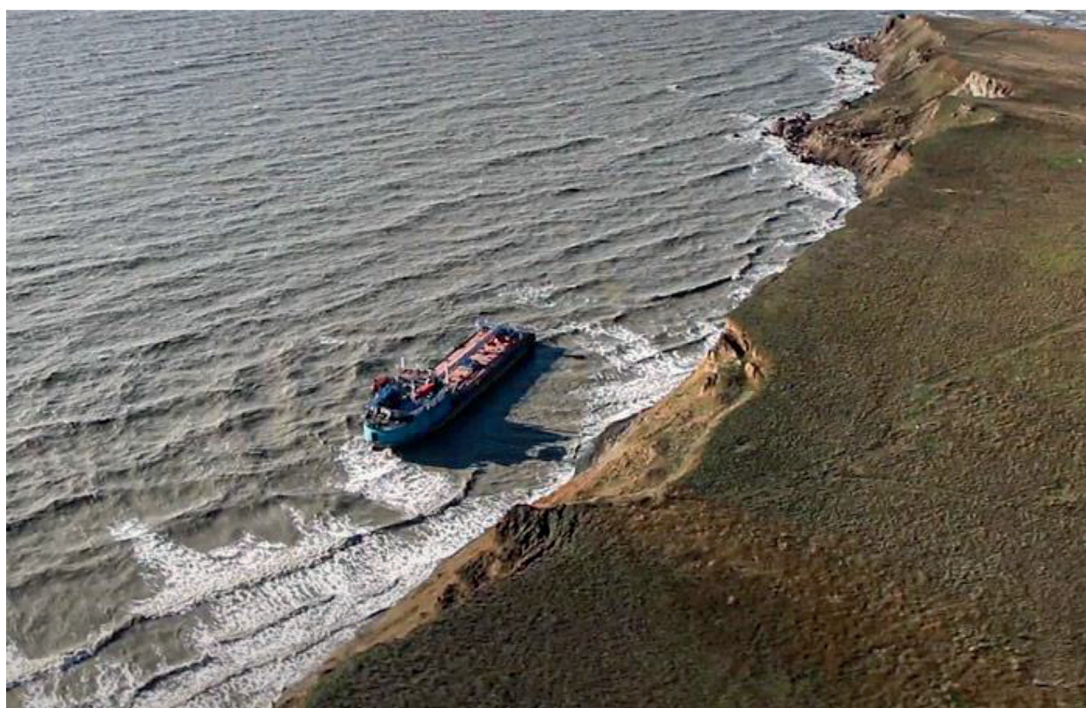


Рис. 14. Танкер «Волгонефть-239», севший на мель у порта Тамань (Разлив..., 2025)



Рис. 15. Фрагмент цветосинтезированного изображения MSI (англ. Multispectral Instrument) Sentinel-2B, полученного в районе порта Тамань 18 декабря 2024 г. в 08:37 GMT. Положение кормовой части танкера «Волгонефть-239» отмечено стрелкой

С 19 января была начата откачка мазута, а 27 января очистка танков и отсеков кормовой части танкера «Волгонефть-239» от мазута была полностью завершена. Всего в четырёх танках его кормовой части находилось около 1400 т мазута. Работы по её демонтажу начались в конце января, а последние детали были вывезены с площадки 8 марта. В конце марта 2025 г. утилизация кормовой части танкера «Волгонефть-239» была завершена и закончена уборка территории обвалования, включая сбор остатков нефтепродуктов со дна обвалования (Разлив..., 2025).

Некоторые действия, предпринимаемые для ликвидации последствий аварии

21 марта 2025 г. был утверждён итоговый вариант утилизации мазута из затонувших фрагментов танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239», который предполагает установку вокруг них специальных инженерных сооружений — коффердамов, которые позволят изолировать находящийся на танкерах мазут (3919 т) и не допустить его разлива в акваторию Чёрного моря. В дальнейшем мазут из танкеров будет откачан через технологические люки в коффердамах, а сами коффердамы утилизированы вместе с затонувшими частями судов (Разлив..., 2025).

В апреле 2025 г. водолазы продолжали мониторинг и контроль состояния затонувших фрагментов танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239». Проведённые осмотры всех затонувших фрагментов показали, что нарушений герметизации не выявлено. Однако неясно, остаётся ли мазут на дне моря вокруг затонувших частей. Во всяком случае, по спутниковым данным мы не наблюдаем шлейфов нефтяной плёнки от района затонувших частей танкеров после 12 января 2025 г., что косвенно подтверждает, что утечек «свежего» мазута из затонувших фрагментов танкеров нет. Что касается береговой зоны Краснодарского края, то до середины апреля (когда была сдана статья в печать) выбросы

мелкой фракции нефтепродуктов периодически продолжались в результате штормов и обнаруживались на пляжах от Анапы до Витязево и станицы Благовещенской. Кроме того, водолазы ежедневно поднимают мешки с замазанным грунтом со дна моря в районе Витязево. Сообщений о новых загрязнениях береговой зоны Крыма и Азовского моря с февраля не поступает (Разлив..., 2025).

4 апреля 2025 г. Росприроднадзор завершил оценку ущерба от разлива мазута, произошедшего в результате крушения танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239» в черноморском керченском предпроливье в декабре 2024 г., сообщила глава ведомства Светлана Радионова. Общая сумма ущерба, рассчитанная Росприроднадзором и предъявленная судовладельцам, составила 84,943 млрд р. (Разлив..., 2025). 18 апреля 2025 г. глава Роспотребнадзора Анна Попова заявила, что 141 пляж Анапы и 9 пляжей Темрюка не соответствуют по своим показателям и по уровням загрязнения санитарно-гигиеническим нормам для курортного сезона, поэтому этот район, подвергшийся наибольшему нефтяному загрязнению, будет частично закрыт для отдыхающих. При этом зона рекреации может быть использована без использования пляжа и глади морской воды (Разлив..., 2025).

Заключение и выводы

Результаты комплексного спутникового мониторинга мазутного разлива в черноморском керченском предпроливье показали, что направление распространения нефтяного загрязнения практически полностью совпадает с направлением ветра в районе аварии. Также на характер дрейфа мазутных агрегатов в первые дни после аварии оказали вихревые процессы в прибрежной зоне. Они способствовали тому, что мазут выбросило на берег и он осел на мелководье вдоль всего побережья Краснодарского края от мыса Утриш до порта Тамань. При ветрах восточных румбов мазут вынесло на побережье Керченского полуострова. При южных ветрах нефтяное загрязнение вынесло на север через основной створ Керченского пролива практически до азовского предпроливья. При сильных ветрах с берега происходит процесс самоочищения прибрежных вод, который проявляется на РЛИ в виде квазипараллельных полос, тянущихся от берега в море.

Все выявленные на РЛИ случаи поверхностных проявлений нефтяных загрязнений, связанные с разливом мазута, нанесены на карту, составленную в STS (рис. 16, см. с. 297). Учитывая, что в процессе спутникового мониторинга наблюдались все ветровые ситуации, можно с уверенностью определить районы, где потенциально возможны дальнейшие выбросы мазута, в случаях нарушения герметичности танков в разломившихся и затонувших частях судов, а также всплывти отдельных фракций мазута при штормах и летнем потеплении вод. К районам экологического риска следует отнести краснодарское побережье от мыса Утриш до побережья Керченского пролива, берега Керченского пролива и Крымского полуострова и побережье Крыма до Феодосии.

Специально отметим, что после 12 января 2025 г. на спутниковых изображениях не наблюдалось новых проявлений нефтяных загрязнений из повреждённых частей танкеров, поэтому можно надеется, что если не будет каких-то аномальных погодных ситуаций и повреждений затонувших частей танкеров, дополнительных выбросов нефтепродуктов в ближайшие месяцы происходить не будет. Это, однако, не исключает необходимости проводить как работы по дополнительной изоляции корпусов танкеров, так и постоянный мониторинг всеми доступными средствами, включая спутниковый мониторинг, района аварии.

Учитывая влияние циклонического Основного черноморского течения, распространение нефтяного загрязнения в район Новороссийска, Геленджика и тем более Сочи практически невозможно.

В данной работе мы не рассматриваем случаи выбросов мазута с затонувших в Керченском проливе танкеров на побережье от Керчи до Ялты, Балаклавы, Севастополя, Сакского района, Евпатории, Азовского моря в Запорожской области (Бердянская коса), упоминание о которых началось с 21 декабря 2024 г. и периодически продолжалось в январе 2025 г.,

поскольку это требует очень детального анализа процессов долговременного дрейфа и динамики состояния нефтяных выбросов, которые в настоящее время ещё мало изучены. Этим вопросам следует, на наш взгляд, посвятить отдельное исследование.

В заключение отметим, что северо-восточная часть Чёрного моря, включая Керченский пролив, является зоной экологического риска из-за интенсивного судоходства, большого скопления судов в районе Керченского пролива, наличия нескольких портов и нефтяных терминалов. Здесь же расположены многие известные курорты и пляжи Краснодарского края и Крыма, которые находятся под постоянной угрозой нефтяного загрязнения либо в результате хронического загрязнения, либо вследствие крупных аварий с танкерами, либо аварий на нефтяных терминалах (Костяной и др., 2021; Лаврова и др., 2009, 2016; Lavrova et al., 2017). 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 (Лаврова и др., 2025).

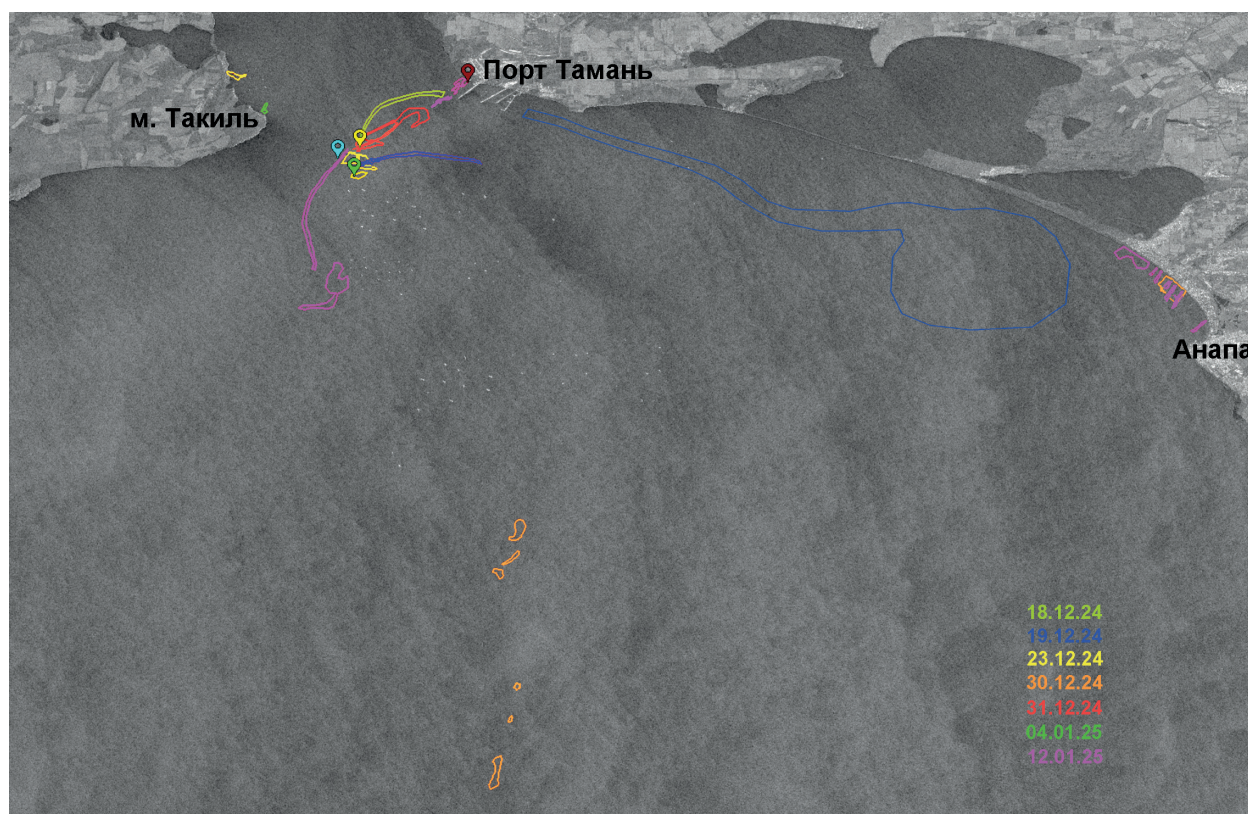


Рис. 16. Карта-схема выявленных на РЛИ нефтяных загрязнений с 15 декабря 2024 по 6 апреля 2025 г., связанных с разливом мазута 15 декабря 2024 г.

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., Луян Е. А. 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.
3. 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.
4. Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Костяной А. Г. Спутниковые методы выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий. М.: ИКИ РАН, 2016. 336 с.
5. Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Уваров И. А. и др. 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.
6. Лаврова О. Ю., Луян Е. А., Костяной А. Г. Спутниковый мониторинг мазутного разлива в районе Керченского пролива 15 декабря 2024 г.: предварительные результаты // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2025. Т. 22. № 1. С. 327–335. DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-1-327-335.
7. Луян Е. А., Прошин А. А., Буцев М. А. и др. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
8. Немировская И. А. Нефтяные углеводороды в океане // *Природа*. 2008. № 3. С. 17–27.
9. Разлив мазута в Керченском проливе: Хроника: 6–19 апреля 2025 г. // <https://www.interfax.ru/>. 2025. <https://www.interfax.ru/chronicle/razliv-mazuta-v-kerchenskom-prolive.html>.
10. 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.
11. NCEP GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive // <https://rda.ucar.edu/>. 2025. <https://doi.org/10.5065/D65D8PWK>.

Consequences of tanker accidents on the Black Sea side of the Kerch Strait on December 15, 2024: A comprehensive analysis of satellite and meteorological data

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 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 a comprehensive analysis of satellite and meteorological data obtained as part of monitoring of oil pollution of the sea and coastal zone of Krasnodar Krai and Crimea that occurred as a result of the breakup of two tankers near the Kerch Strait during the storm on December 15, 2024. The monitoring was carried out using radar images of the sea surface from Sentinel-1A SAR-C (Synthetic Aperture Radar, C-band) and cloudless images of visible range from Sentinel-2 MSI (Multispectral Instrument) and Landsat-8, -9 OLI (Operational Land Imager) sensors from December 15, 2024, to April 6, 2025. A summary is provided of all informative satellite images where

oil pollution on the water surface associated with tanker accidents is identified. The situation with the Volgoneft-239 tanker is considered separately. Particular attention is drawn to cases of self-cleaning of coastal waters from oil pollution caused by strong winds from the coast. Noteworthy is the fact that in the area under study, oil pollution from other vessels unrelated to the accident still continues.

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

Accepted: 21.04.2025

DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-2-282-299

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., 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.
3. Lavrova O. Yu., Bocharova T. Yu., Mityagina M. I., Storchkov 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).
4. 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).
5. 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.
6. Lavrova O. Yu., Loupian E. A., Kostianoy A. G., Satellite monitoring of the fuel oil spill in the Kerch Strait area on December 15, 2024: preliminary results, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2025, V. 22, No. 1, pp. 327–335, DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-1-327-335.
7. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A. et al., Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, V. 16, No. 3, pp. 151–170 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
8. Nemirovskaya I. A., Petroleum hydrocarbons in ocean, *Priroda*, 2008, No. 3, pp. 17–27 (in Russian).
9. Fuel oil spill in the Kerch Strait: Chronicle: April 6–19, 2025, <https://www.interfax.ru/>, 2025, <https://www.interfax.ru/chronicle/razliv-mazuta-v-kerchenskom-prolive.html>.
10. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Kostianoy A. G., Storchkov M., Satellite monitoring of the Black Sea ecological risk areas, *Ecologica Montenegrina*, 2017, V. 14, pp. 1–13.
11. NCEP GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive, <https://rda.ucar.edu/>, 2025, <https://doi.org/10.5065/D65D8PWK>.