

Радиолокационный мониторинг антропогенного загрязнения Каспийского моря нефтесодержащими продуктами

Период мониторинга – май 2026 г.

Радиолокационный мониторинг антропогенного загрязнения Каспийского моря нефтесодержащими продуктами проводится в рамках проекта «Прозрачный Мир на Каспии» в сотрудничестве с компаниями:

ООО «Лоретт» (www.lorett.org) – производитель инновационного оборудования и технологий в области приёма данных со спутников дистанционного зондирования Земли;

ООО НПФ Раймет (www.raimet.ru) – поставщик ведущих решений в области метеорологии и экологии;

Ctrl2GO (ООО «КонтролТуГоу.Ру», www.ctrl2go.com) – один из крупнейших поставщиков решений для анализа данных в России.

Мониторинг проводится с использованием радиолокационных изображений европейских спутников Sentinel-1A/1C/1D, обрабатываемых и анализируемых с помощью аналитической платформы CLASS.PRO (<https://class-cloud.ru/products/class>) для интерактивной работы с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Используется методология оперативного радиолокационного спутникового мониторинга, разработанная в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН)

Результаты мониторинга публично доступны на веб-сайте проекта Прозрачный Мир – <https://transparentworld.tech/>

По результатам мониторинга была создана интегральная карта всех пленочных загрязнений, обнаруженных в мае 2026 г. На 88 сценах радиолокационных изображений (РЛИ) были обнаружены и выделены 22 пятна/группы пятен, общей площадью 216.1 кв. км. В российском секторе моря зафиксировано 18 случаев (общая площадь 196.5 кв. км), в казахстанском секторе – 4 случая (общая площадь 19.6 кв. км).

Введение

Одна из важных экологических проблем Каспийского моря обусловлена загрязнением вод нефтью и нефтепродуктами в результате добычи и транспортировки нефти и газа в водах РФ, Казахстана, Азербайджана, Ирана и Туркменистана, а также поступлением загрязняющих веществ из р. Волги и других рек, впадающих в море, и «жизнедеятельностью» прибрежных городов, таких как Махачкала, Каспийск, Дербент и др. Значительная доля загрязнений, в том числе, содержащих нефть и нефтепродукты, попадает в море благодаря деятельности человека, и образует достаточно устойчивые пленочные образования на поверхности моря.

Космический мониторинг является одной из лучших оперативных систем постоянного наблюдения и контроля подобных загрязнений. В настоящее время он проводится в рамках проекта «Прозрачный мир на Каспии». Район мониторинга нефтесодержащих загрязнений включает северную и частично среднюю часть акватории Каспийского моря. Для этого применяется методология оперативного радиолокационного спутникового мониторинга, разработанная в Институте океанологии им. П.П. Ширшова

РАН и апробированная в ИТЦ «СКАНЭКС», НП «Прозрачный мир» и др. российских компаниях [1-4].

Данный подход при спутниковом мониторинге подразумевает использование РЛИ полученных радиолокаторами с синтезированной апертурой (РСА – дистанционный прибор, работающий в СВЧ-диапазоне и позволяющий получать радиолокационные изображения земной поверхности независимо от метеорологических условий и уровня естественной освещенности) в сочетании с дополнительной гидрометеорологической и геопространственной информацией и при необходимости результатами моделирования.

Спутниковый мониторинг выполняется в два этапа:

- поиск, обнаружение и идентификация пленочных загрязнений (нефть, нефтепродукты, прочие маслянистые и поверхностно-активные вещества) морской поверхности с помощью данных ДЗЗ, выделение среди них антропогенных загрязнений, определение их происхождения, возможных источников и причин появления в море;

- создание информационных продуктов, позволяющих видеть и анализировать результаты мониторинга (интегральные карты пленочных загрязнений за определенный период времени), а также определять причины загрязнения моря и отдельных его частей нефтью и нефтепродуктами для задач защиты и контроля окружающей среды Каспийского региона.

Методика дистанционного мониторинга

Для обнаружения пленочного загрязнения на морской поверхности используют современные средства ДЗЗ в широком диапазоне длин электромагнитных волн (ультрафиолетовом, видимом, ближнем/дальнем инфракрасном и микроволновом). Однако при использовании спутниковых средств ДЗЗ наиболее эффективными являются радиолокационные методы, т.к. они являются всепогодными, то есть качество информации на РЛИ не зависит от солнечного освещения, облачности и осадков.

Возможность обнаружения из космоса пленочного (нефтяного) загрязнения на морской поверхности в активном микроволновом диапазоне определяется эффектом выглаживания маслянистыми пленками высокочастотной составляющей морского волнения (мелкомасштабных ветровых волн). Присутствие пленок нефти и нефтепродуктов на взволнованной морской поверхности выглаживает эти волны, что приводит к уменьшению радиолокационного рассеяния в сторону антенны РСА по сравнению с чистой взволнованной поверхностью и резкому уменьшению яркости на РЛИ – появлению темных пятен [5].

При этом выглаживание морской поверхности может быть вызвано не только нефтесодержащими пленками, но и самыми разнообразными процессами в верхнем слое моря и нижнем слое атмосферы. Зоны ветровой тени, штилевые области, дождевые ячейки, плавающая растительность, пленки биогенного происхождения и т.п. могут создавать похожие поверхностные проявления на РЛИ, которые можно легко спутать с сигнатурами нефтяных разливов [5].

Поэтому в процессе обнаружения и дешифрирования пятен на РЛИ выделяются участки, отличные по яркости/контрасту от фоновой морской поверхности. Далее

осуществляется интерактивный анализ, идентификация и классификация обнаруженных пятен-сликов (с помощью квалифицированных экспертов) с выделением пленочных и нефтяных загрязнений на основе анализа формы, размеров, текстуры, контраста и т.п., а также с учетом других факторов и дополнительной географической, гидрометеорологической, судовой (навигационной) и дополнительной спутниковой информации, что подразумевает использование геоинформационного (ГИС) подхода [6].

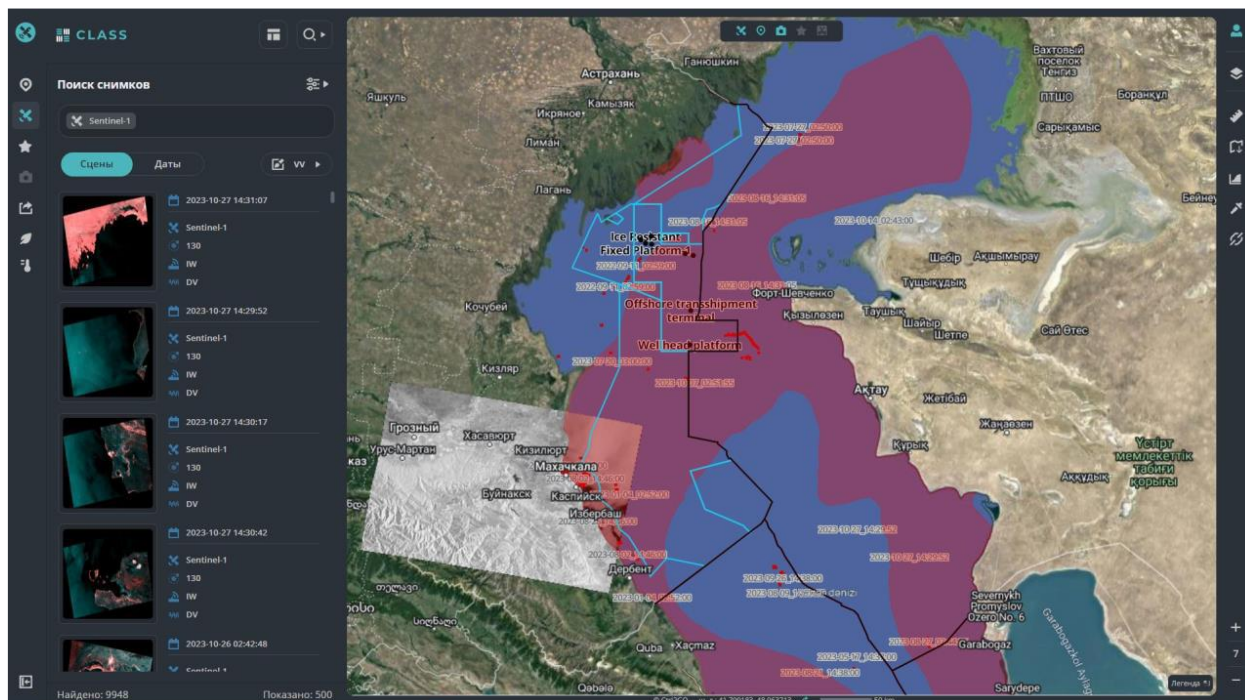


Рис. 1. Интерфейс новой аналитической платформы CLASS.PRO (<https://class-cloud.ru/products/class>) для интерактивной работы с данными дистанционного зондирования

Данные спутниковой радиолокационной съемки

В мае 2026 г. для спутникового мониторинга северной части Каспийского моря использовались радиолокационные изображения европейских спутников Sentinel-1A/1C/1D. РЛИ Sentinel-1A/1C/1D, полученные в режиме съемки Interferometric Wide (IW), продукт Level-1 GRD поставляются с размером пиксела 10x10 м, шириной полосы обзора 250 км и двойной поляризацией сигнала VV+VH. Для повышения надежности обнаружения и распознавания пленочных, а также ледовых образований и судов, съемка может также вестись с поляризацией сигнала HH+HV. Радиолокационные продукты, поставляемые Европейским космическим агентством (ESA), поддерживаются большинством программных пакетов для обработки данных ДЗЗ и предоставляют широкие возможности для решения практических задач мониторинга нефтяных загрязнений. В период с 1.05 по 31.05.2026 было получено, обработано и проанализировано 88 радиолокационных сцен.

Результаты

По результатам мониторинга была создана интегральная карта всех пленочных загрязнений, обнаруженных в мае 2026 г. (рис. 2). Её анализ показывает, что на 88 РЛИ были обнаружены 22 пятна/группы пятен, общей площадью 216.1 кв. км. В российском секторе моря зафиксировано 18 случаев (общая площадь 196.5 кв. км), в том числе в дагестанских водах в районе Махачкалинской агломерации (рис. 3); в казахстанском секторе – 4 случая (общая площадь 19.6 кв. км). Основные характеристики обнаруженных загрязнений даны в табл. 1. Из таблицы видно, что из 22 пятен/групп пятен 6 объектов имеют площадь менее 0.5 кв. км, 3 объекта – площадь 0.5-1 кв. км и 13 объектов – площадь более 1 кв. км.

Судовые разливы в море идентифицировались по характерной форме – линейного или линейно-фрагментированного вида на, или в окрестностях судоходных трасс; в районах якорных стоянок и рейдов в виде расплывающихся клякс. Наиболее крупные по площади судовые разливы были обнаружены: 13.05.2026 (общая площадь 30.9 кв. км.), 29.05.2026 (площадь 5.5 кв. км.), 30.05.2026 два пятна (площади 2.7 кв. км. и 2.4 кв. км.) в российском секторе (рис. 4, 5, 6, 7); 08.05.2026 (общая площадь 11.6 кв. км.), 31.05.2026 два пятна (площади 5.8 кв. км. и 2.1 кв. км.) в казахстанском секторе (рис. 8, 9, 10).

Загрязнения в водах Махачкалинской агломерации и на её внешнем рейде наблюдались 05.05.2026 и 17.05.2026. Источниками загрязнения, скорее всего, являются прибрежные объекты, такие как: системы канализации, нефтехранилище, нефтегавань и возможно др. объекты (рис. 11, 12).

Крупные пятна пленочных загрязнений с речным стоком наблюдались 18.05.2026 – смешанное пятно от рек Сулак и Шура-Озень (общая площадь 89.4 кв. км.) (рис. 13) и 18.05.2026 от реки Сулак (площадь 17.9 кв. км.) (рис. 14).

Анализ обнаруженных загрязнений показывает (см. [7]), что судовые разливы были, скорее всего, представлены балластными и льяльными водами, отработкой и/или прочими судовыми отходами, содержащими нефтепродукты; сбросы с суши на всем побережье Дагестана – нефтесодержащими водами.

Основные выводы

Обнаруженные пленочные загрязнения появлялись на или рядом с судоходными трассами, в районах якорных стоянок и рейдов, в непосредственной близости с береговыми объектами.

Заключение:

Эффективность и оперативность мониторинга нефтяных загрязнении Каспийского моря, которая была продемонстрирована в рамках настоящего проекта, достигалась благодаря применению современных технологий мониторинга, постоянному сбору и анализу спутниковых снимков из мировых баз данных и квалифицированной научной экспертизы.

Применяемые технологии мониторинга, методы и подходы могут быть использованы не только для мониторинга и контроля нефтяных загрязнений Северного Каспия, но и

распространены на всё Каспийское море, где происходит разведка, добыча и транспортировка нефти и нефтепродуктов, а также располагаются заповедники и ОПТ.

Полезные ссылки

1. Иванов А.Ю., Востоков С.В., Ермошкин И.С. Картографирование пленочных загрязнений морской поверхности по данным космической радиолокации (на примере Каспийского моря) // Исследование Земли из космоса, 2004, № 4, с.82–92.
2. Иванов А.Ю., Ермошкин И.С., Фанг М. и др. Использование космической радиолокации широкого обзора для картографирования нефтяных загрязнений моря // Исслед. Земли из космоса, 2005. № 5. С.78-95.
3. Иванов А.Ю., Исмагулов А.Л., Филимонова Н.А. и др. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений в Северном Каспии как элемент системы мер промышленной безопасности и охраны окружающей среды // Oil & Gas Journal Russia, 2012, № 3.
4. Иванов А.Ю., Кучейко А.А., Филимонова Н.А. и др. Использование космической радиолокационной съемки и данных автоматических систем идентификации судов для выявления судовых разливов в Черном море // Исслед. Земли из космоса, 2013. № 5. с. 84-96.
5. Иванов А.Ю. Стики и плёночные образования на космических радиолокационных изображениях // Исслед. Земли из космоса, 2007, № 3, с. 73-96.
6. Иванов А.Ю., Зятыгалова В.В. Картографирование пленочных загрязнений моря с использованием космической радиолокации и географических информационных систем // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 6. С. 46-63.
7. Терлеева Н.В., Иванов А.Ю. Жидкие судовые грузы и отходы, причины появления судовых разливов в море и проблемы их дистанционного зондирования // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 8. С. 13-19.

Рис. 2. Интегральная карта пространственно-временного распределения обнаруженных пленочных загрязнений в Северном и Среднем Каспии в период мониторинга в мае 2026 г.

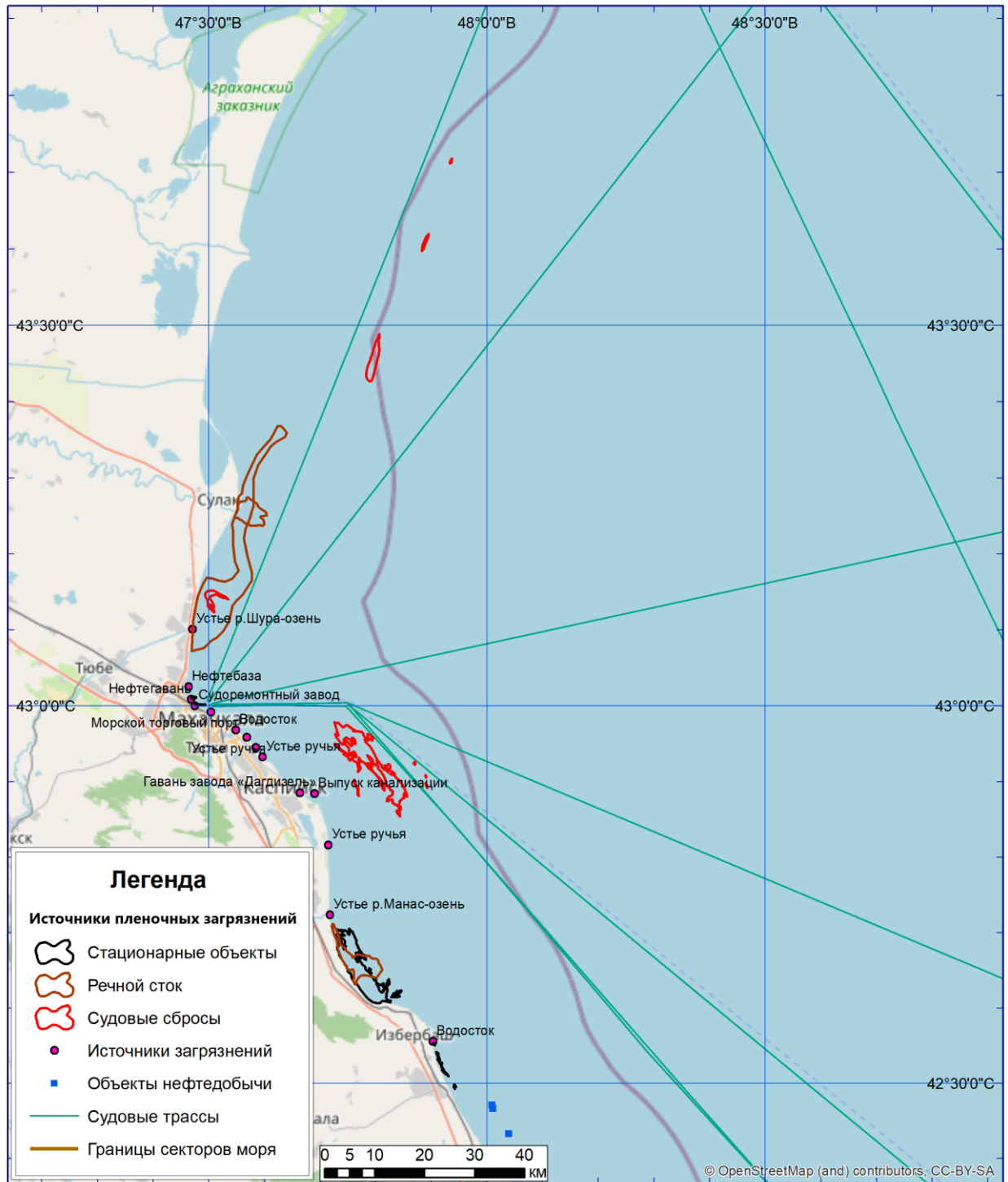


Рис. 3. Интегральная карта мест обнаружения пленочных загрязнений в мае 2026 г. у побережья Дагестана, в районе Махачкалинского залива и порта Махачкала.

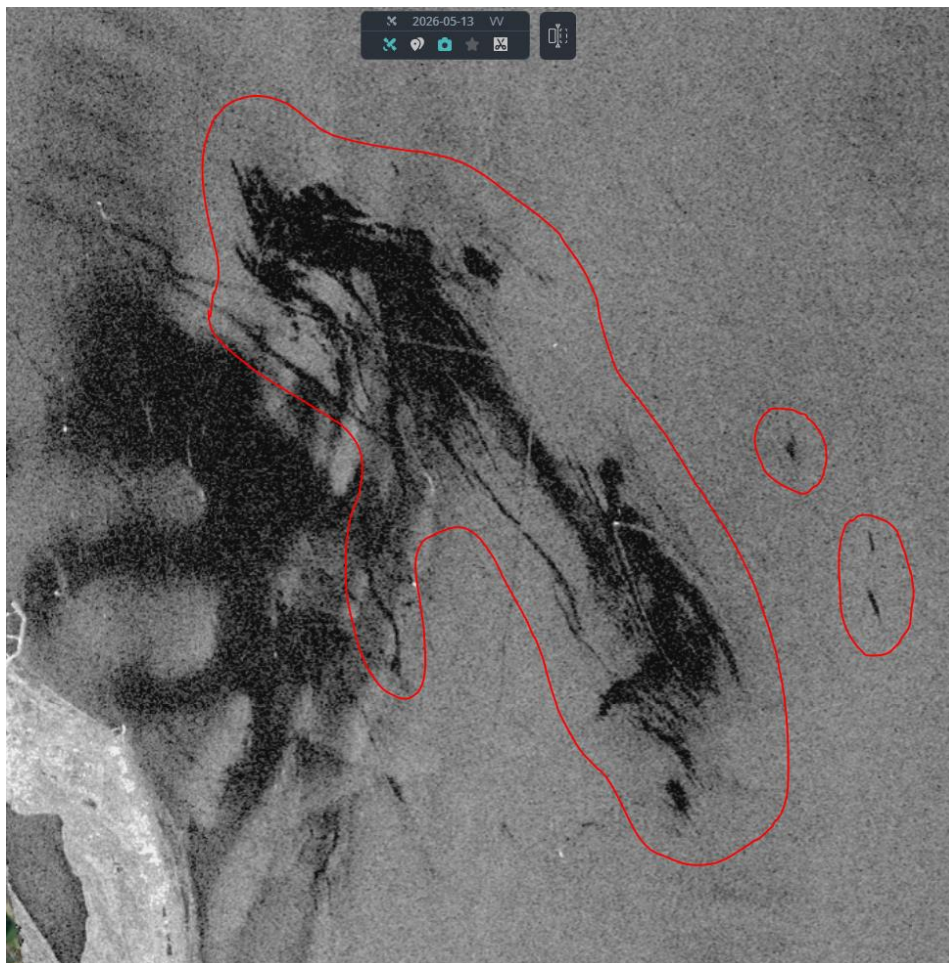


Рис. 4. Групповые судовые разливы в российском секторе, на РЛИ Sentinel-1A/1C/1D 13.05.2026.
© ESA



Рис. 5. Судовой разлив в российском секторе, на РЛИ Sentinel-1A/1C/1D 29.05.2026. © ESA

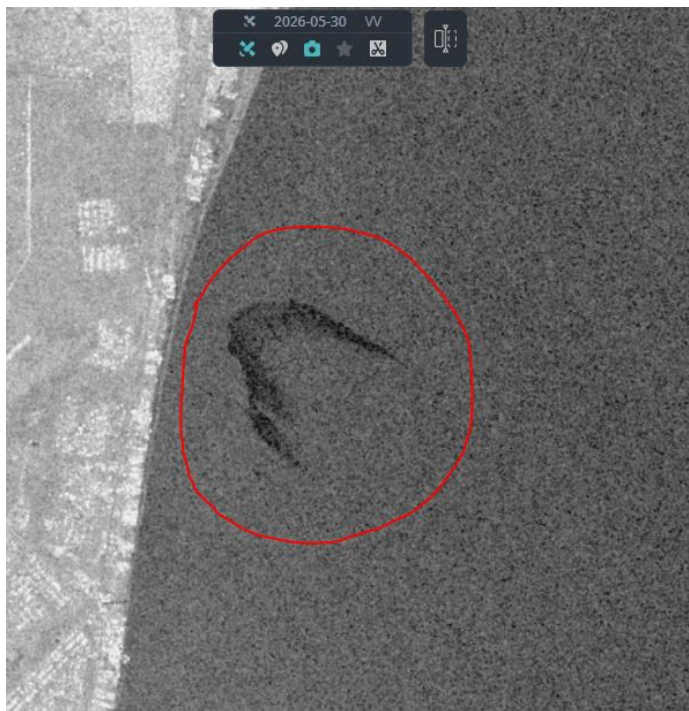


Рис. 6. Судовой разлив в российском секторе, на РЛИ Sentinel-1A/1C/1D 30.05.2026. © ESA

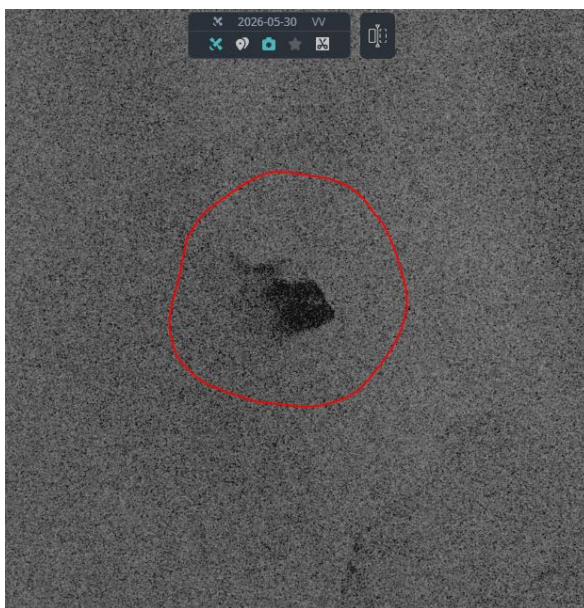


Рис. 7. Судовой разлив в российском секторе, на РЛИ Sentinel-1A/1C/1D 30.05.2026. © ESA



Рис. 8. Групповой судовой разлив в казахстанском секторе, на РЛИ Sentinel-1A/1C/1D 08.05.2026.
© ESA



Рис. 9. Судовой разлив в казахстанском секторе, на РЛИ Sentinel-1A/1C/1D 31.05.2026. © ESA



Рис. 10. Судовой разлив в казахстанском секторе, на РЛИ Sentinel-1A/1C/1D 31.05.2026. © ESA



Рис. 11. Загрязнения в районе Махачкалинской агломерации, на РЛИ Sentinel-1A/1C 05.05.2026. © ESA



Рис. 12. Загрязнения в районе Махачкалинской агломерации, на РЛИ Sentinel-1A/1C 17.05.2026. © ESA



Рис. 13. Загрязнения с речным стоком, на РЛИ Sentinel-1A/1C 18.05.2026. © ESA



Рис. 14. Загрязнения с речным стоком, на РЛИ Sentinel-1A/1C 23.05.2026. © ESA

Приложение

Таблица 1. Нефтедержжащие пленочные загрязнения, обнаруженные в период мониторинга с 1.05.2026 по 31.05.2026.

№	Дата	Время (UTC)	Сектор моря	Площадь (км ²)	Координаты центра (wgs 84)	Источник
1	05.05.2026	2:59:58	РФ	0,2	43°0'38" с.ш., 47°28'21" в.д.	Береговой объект
2	05.05.2026	2:59:58	РФ	0,2	43°0'5" с.ш., 47°29'2" в.д.	Береговой объект
3	08.05.2026	14:29:30	Казахстан	11,6	41°42'39" с.ш., 52°8'19" в.д.	Судовой сброс
4	13.05.2026	14:38:04	РФ	30,9	42°55'40" с.ш., 47°47'20" в.д.	Судовой сброс
5	13.05.2026	14:38:29	РФ	0,3	44°54'59" с.ш., 48°56'18" в.д.	Нефтеплатформа
6	17.05.2026	2:59:58	РФ	0,8	42°31'26" с.ш., 47°55'9" в.д.	Береговой объект
7	17.05.2026	2:59:58	РФ	30,2	42°39'5" с.ш., 47°46'20" в.д.	Береговой объект
8	17.05.2026	2:59:58	РФ	0,1	43°0'6" с.ш., 47°28'43" в.д.	Береговой объект
9	18.05.2026	2:50:18	РФ	1,1	44°45'58" с.ш., 47°47'6" в.д.	Судовой сброс
10	18.05.2026	14:45:49	РФ	17,9	42°39'40" с.ш., 47°46'6" в.д.	Речной сток
11	18.05.2026	14:45:49	РФ	89,4	43°10'57" с.ш., 47°32'12" в.д.	Речной сток
12	19.05.2026	2:50:03	РФ	0,9	44°37'45" с.ш., 48°11'4" в.д.	Судовой сброс
13	20.05.2026	14:29:29	Казахстан	0,1	42°41'4" с.ш., 52°22'36" в.д.	Судовой сброс
14	23.05.2026	2:58:06	РФ	12	43°15'14" с.ш., 47°34'28" в.д.	Речной сток
15	23.05.2026	2:58:06	РФ	1,2	44°40'43" с.ш., 47°40'15" в.д.	Судовой сброс
16	29.05.2026	2:59:03	РФ	0,6	43°36'31" с.ш., 47°53'17" в.д.	Судовой сброс
17	29.05.2026	2:59:03	РФ	0,1	43°42'52" с.ш., 47°56'6" в.д.	Судовой сброс
18	29.05.2026	2:59:03	РФ	5,5	43°27'10" с.ш., 47°47'43" в.д.	Судовой сброс
19	30.05.2026	14:45:48	РФ	2,7	43°8'31" с.ш., 47°30'21" в.д.	Судовой сброс
20	30.05.2026	14:45:48	РФ	2,4	44°24'11" с.ш., 48°7'2" в.д.	Судовой сброс
21	31.05.2026	2:42:25	Казахстан	2,1	43°37'7" с.ш., 49°48'50" в.д.	Судовой сброс
22	31.05.2026	2:50:04	Казахстан	5,8	43°46'13" с.ш., 49°30'45" в.д.	Судовой сброс