Нефтяной разлив на морском терминале Каспийского трубопроводного консорциума под Новороссийском 7 августа 2021 г.: первые результаты спутниковых наблюдений

А. Г. Костяной^{1,2}, О. Ю. Лаврова³, Е. А. Лупян³

¹ *Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: kostianoy@gmail.com*

² *Московский университет им. С. Ю. Витте, Москва, 115432, Россия*

³ *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия
E-mails: olavrova@iki.rssi.ru, evgeny@d902.iki.rssi.ru*

Приводятся первые результаты анализа спутниковых радиолокационных изображений акватории северо-восточной части Чёрного моря, где 7 августа 2021 г. произошёл выброс нефти при заправке танкера *Minerva Symphony* на морском терминале ВПУ-1 АО «Каспийский трубопроводный консорциум» (АО «КТК-Р») в районе посёлка Южная Озереевка под Новороссийском. Мониторинг нефтяного загрязнения был проведён на основе радиолокационных изображений, полученных радиолокаторами SAR-C спутников Европейского космического агентства Sentinel-1A/B. Приведены оценки площади и объёма нефтяного загрязнения по радиолокационным изображениям за 7 и 8 августа. На изображении от 7 августа, полученном через 98 мин после аварии, площадь загрязнённой нефтяной плёнкой морской поверхности составила не менее 0,21 км². На основе радиолокационного изображения от 8 августа площадь нефтяного пятна была оценена в 83 км². В статье обсуждаются возможные механизмы распространения нефтяного пятна по исследуемой акватории.

Ключевые слова: Чёрное море, нефтяное загрязнение, Каспийский трубопроводный консорциум, спутниковая радиолокация

Одобрена к печати: 01.09.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-304-310

С начала 2000-х гг. Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН) ведёт мониторинг нефтяного загрязнения Чёрного моря в рамках ряда национальных и международных проектов. Многочисленные спутниковые и *in situ* наблюдения нефтяного загрязнения Чёрного моря показывают, что северо-восточная часть Чёрного моря, и в частности прибрежная акватория между Анапой и Геленджиком, является зоной экологического риска вследствие большого количества нефтяных пятен, наблюдаемых в этом районе (Лаврова, Митягина, 2012; Лаврова и др., 2016; Литовченко и др., 2007; Князев и др., 2021; Кузнецов, Федоров, 2018; Немировская и др., 2018; Lavrova et al., 2017; Mityagina, Lavrova, 2016). Это объясняется несколькими факторами, связанными с интенсивным судоходством, наличием Новороссийского морского торгового порта, в состав которого входит нефтяной терминал Каспийского трубопроводного консорциума АО «Каспийский трубопроводный консорциум» (АО «КТК-Р») в Южной Озереевке, который оснащён тремя выносными причальными устройствами (ВПУ), позволяющими загружать танкеры на удалении в несколько километров от берега, вдольбереговым переносом загрязнений Основным черноморским течением и др. (Князев и др., 2021).

Основным признанным методом дистанционного детектирования нефтяной плёнки на морской поверхности является спутниковая радиолокация, которая, в частности, успешно используется для анализа нефтяных разливов на водной поверхности в различных странах на протяжении последних 30 лет. Спутниковая радиолокация, хотя и не является прямым методом определения нефтяных загрязнений на морской поверхности, но имеет ряд преимуществ перед оптическими приборами.

Рис. 1. Нефтяное загрязнение, распространяющееся на юго-восток от ВПУ-1 АО «КТК-Р» (кадр из видеоролика, опубликованного в интернете, например на сайте РБК (Зыкина, 2021))

Радиолокатор не видит непосредственно нефтяную плёнку, как, например, оптические приборы, но чётко определяет зоны морской поверхности, выглаженные от ряби, при любых условиях, включая наличие облачности или отсутствие солнечного света. Одна из причин выглаживания водной поверхности — загрязнение морской поверхности различными нефтепродуктами и плёнками поверхностно-активных веществ (ПАВ). ИКИ РАН и Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) имеют 30-летний опыт работы с радиолокационными данными и опыт дешифрирования радиолокационных изображений для корректного выявления нефтяных загрязнений на морской поверхности, в частности в рамках коммерческих проектов с ведущими нефтегазовыми компаниями России (Лаврова и др., 2016).

Рис. 2. Фрагмент радиолокационного изображения C-SAR Sentinel-1B от 7 августа 2021 г., полученного в 15:27 UTC (Credit: ЕКА, ИКИ РАН)

7 августа 2021 г. в 16:49 по местному времени произошёл выброс нефти в Чёрное море при заправке танкера *Minerva Symphony* на морском терминале ВПУ-1 АО «КТК-Р» в районе посёлка Южная Озереевка под Новороссийском (рис. 1). Информация об аварии в результате

технической неисправности на ВПУ-1 (разрушение внутренней полости гидрокомпенсатора) поступила в 17:30 по местному времени, или 14:30 UTC (Пресс-релиз..., 2021).

Первое спутниковое изображение в районе аварии было получено с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой C-SAR (пространственное разрешение 10 м) спутника Европейского космического агентства (ЕКА, *англ.* ESA — European Space Agency) Sentinel-1B 7 августа в 15:27 UTC (18:27 по местному времени), т.е. через 53 мин после сообщения об аварии и 98 мин после самой аварии (*рис. 2*, см. с. 305).

На радиолокационном изображении (РЛИ) от 7 августа 2021 г. загрязнение моря нефтью отображается тёмной полосой пониженного радиолокационного сигнала. Протяжённость следа составила до 1,15 км, площадь нефтяного слика — не менее 0,21 км². Минимальное расстояние от места аварии до берега — 4,54 км. Белые точки на снимке — суда на акватории, в том числе в районе нефтяного пятна. Пятно распространяется на юго-восток от ВПУ-1 под действием ветра и течения со скоростью примерно 20 см/с, что рассчитывается по дистанции от ВПУ-1 (источника разлива) до переднего фронта нефтяного пятна и времени между аварией и получением снимка — 98 мин. Одновременно головная часть пятна расширилась до 290 м. Это означает, что пятно растекалось в данном направлении в результате перепада плотности (гравитации) и поверхностного натяжения со скоростью 4,9 см/с.

Следует отметить, что «пятно» на момент спутниковой радиолокационной съёмки наблюдалось и непосредственно вокруг ВПУ-1, а не было отнесено от этого района. Это может указывать на то, что истечение нефти из ВПУ-1 продолжалось значительное время, как минимум 98 мин, за которые перекрыть утечку нефти на ВПУ-1 не удалось.

Следующее радиолокационное изображение C-SAR Sentinel-1A было получено 8 августа 2021 г. в 15:20 UTC (18:20 по местному времени), фактически ровно через сутки после первого РЛИ (*рис. 3*). Нефтяное пятно под действием ветра и волнения сместилось вдоль берегового течения в северо-западном направлении и увеличилось по площади до 83 км², чему также мог способствовать ночной шторм и дождь. Пятно распространилось от берега почти на 20 км в сторону открытого моря сначала на юго-запад, потом на юг. Этому процессу явно способствовал и субмезомасштабный циклонический вихрь, находящийся в головной мористой части нефтяного пятна.

Рис. 3. Фрагмент радиолокационного изображения C-SAR Sentinel-1A от 8 августа 2021 г., полученного в 15:20 UTC. На врезке — судно, пересекающее пятно, и след за ним (Credit: ЕКА, ИКИ РАН)

Обращает на себя внимание судно, которое пересекло южную часть нефтяного пятна в направлении с юго-запада на северо-восток, что на РЛИ проявилось в виде белой прямой линии на фоне тёмного нефтяного пятна. Прямая белая линия в нефтяном пятне — это кильватерный след за идущим кораблём, что служит дополнительным косвенным подтверждением, что перед нами именно нефтяное пятно, а не ветровая тень, штилевая область, речной плюм и пр. Координаты судна на момент радиолокационной съёмки составили $44,5105^\circ$ с. ш., $37,4319^\circ$ в. д. (см. *рис. 3*)

На радиолокационном изображении C-SAR Sentinel-1A от 12 августа 2021 г., полученном в 03:41 UTC (06:41 по местному времени), явных проявлений нефтяного загрязнения не обнаружено, хотя присутствует масса атмосферных, гидродинамических и других эффектов, дающих такую сложную картину для интерпретации именно этого радиолокационного снимка (*рис. 4*). Сравнение РЛИ за 8 и 12 августа показывает, что изображение от 8 августа было лишено всех этих эффектов, что позволило чётко выделить именно нефтяное загрязнение.

Рис. 4. Фрагмент радиолокационного изображения C-SAR Sentinel-1A от 12 августа 2021 г., полученного в 03:41 UTC (Credit: ЕКА, ИКИ РАН)

ИКИ РАН в своих пресс-релизах не публиковал информацию об объёме разлива, поскольку по спутниковым данным его измерить невозможно. Однако оценки объёма нефти, находящейся в пятне от 8 августа, можно сделать на основе ряда документов и инструкций, в которых имеются таблицы соответствия цветового вида нефтяной плёнки и её толщины (см., например, публикации (Воздушное..., 2015; Методика..., 1995)). Учитывая, что после нефтяного разлива прошли сутки, в течение которых происходило интенсивное перемешивание за счёт ночного шторма и дождя в ночь с 7 на 8 августа, а также интенсивное испарение, можно предположить, что толщина плёнки составляла 0,2–0,4 мкм, которые характерны для проявления первых признаков цветности и радужных плёнок. В этом случае объём нефти на 8 августа (18:20 по местному времени) оценивается в $16\text{--}32\text{ м}^3$. Предположив, что 50 % нефти испарилось за сутки после аварии, общий объём выброса нефти при аварии можно оценить в $32\text{--}64\text{ м}^3$, что примерно соответствует объёму в 50 м^3 , заявленному АО «КТК-Р» (<https://www.youtube.com/watch?v=gmorF5qQBew>). Реальный объём выброса мог быть и больше с учётом количества собранной нефти, осевшей на дно, ушедшей в промежуточные слои и выброшенной на берег.

В результате предварительного анализа данных удалось определить траекторию движения нефтяного пятна по акватории в районе нефтяного терминала, оценить площадь и объём нефтяного разлива и понять, почему не произошла экологическая катастрофа в прибрежной зоне. Однако остаётся ещё ряд вопросов, связанных с механизмами распространения и трансформации нефтяного пятна, которые будут подробно рассмотрены в следующей статье, опубликованной в очередном номере журнала. Для детального анализа происходящего на исследуемой акватории 7 и 8 августа были также привлечены данные оптических сенсоров, которые оказались плохого качества из-за облачности, но при этом достаточно информативны для получения дополнительной информации о форме нефтяного пятна и динамике прибрежных вод в интервале времени между РЛИ за 7 и 8 августа. Анализ данных осложняется фактом, что отсутствует подробная гидрометеорологическая информация именно по району аварии, а также фактическая информация по объёму разлива, продолжительности и скорости истечения нефти из ВПУ-1. По данным АО «КТК-Р» и заявлению главы Росприроднадзора (Колганова, 2001; Пресс-релиз..., 2021), сначала было объявлено о выбросе 1 м^3 , затем 12 м^3 и площади загрязнения в 200 м^2 , затем 50 м^3 . Впоследствии было объявлено, что АО «КТК-Р» не будет уточнять объём разлива до окончания следствия.

Данный инцидент вызвал широкий резонанс в средствах массовой информации, поскольку авария произошла в непосредственной близости от берега в районе туристических баз и пансионатов, Утришского заповедника и дельфинария в разгар туристического сезона (Губернатор..., 2021). В результате этого расследование причин аварии, изучение её последствий и оценка ущерба окружающей среде вышли на федеральный уровень. ИКИ РАН отвечает на все запросы Росприроднадзора, связанные со спутниковым мониторингом акватории, где произошёл нефтяной разлив.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ. Сбор, обработка и анализ спутниковой информации проводился в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164), комплексный анализ динамики наблюдавшегося разлива (А. Г. Костяной) проведён в рамках проекта «Комплексные исследования экологического состояния вод прибрежной зоны северо-восточного шельфа Чёрного моря в рамках участия в международном проекте DOORS» в рамках Соглашения о предоставлении из федерального бюджета гранта в форме субсидии 13.2251.21.0008. Работа выполнялась с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-мониторинг» (Лупян и др., 2019) и входящей в его состав системы See the Sea (Лаврова и др., 2019).

Литература

1. Воздушное наблюдение морских разливов нефти. Практические рекомендации для персонала, отвечающего за управление и ликвидацию чрезвычайных ситуаций: Отчет Международной ассоциации производителей нефти и газа / IPIECA IOGP. № 518. Февраль 2015. 56 с.
2. Губернатор Кубани: нефтяное пятно в Черном море не опасно для отдыхающих // vesti.ru. 12.08.2021. URL: <https://www.vesti.ru/article/2599767>.
3. Зыкина Т. В КТК пришли с обысками после разлива нефти у Новороссийска // rbc.ru. 12.08.2021. URL: <https://www.rbc.ru/society/12/08/2021/611533a69a7947fe1f179986>.
4. Князев Н. А., Лаврова О. Ю., Костяной А. Г. Спутниковый радиолокационный мониторинг нефтяных загрязнений в акватории Анапа — Геленджик за период 2018—2020 гг. // Океанологические исследования. 2021. Т. 49. № 1. С. 163—185. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(1).8.
5. Колганова В. Росприроднадзор потребует дисквалификации главы терминала, на котором произошел разлив нефти в Черное море // kommersant.ru. 09.08.2021. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4936502>.
6. Кузнецов А. Н., Федоров Ю. А. Нефтяное загрязнение береговой зоны Черного моря в районе г. Новороссийска и динамика его естественной трансформации // Система Черного моря / под ред. А. П. Лисицына. М.: Науч. мир, 2018. С. 705—716. DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.705.
7. Лаврова О. Ю., Митягина М. И. Спутниковый мониторинг пленочных загрязнений поверхности Черного моря // Исслед. Земли из космоса. 2012. № 3. С. 48—65.

8. 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.
9. Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Уваров И. А., Луян 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.
10. Литовченко К. Ц., Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Иванов А. Ю., Юренко Ю. И. Нефтяные загрязнения восточной части Черного моря: космический мониторинг и подспутниковая верификация // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 1. С. 81–94.
11. Луян Е. А., Прошин А. А., Бурицев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченко В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. 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.
12. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Минтопэнерго РФ, 1995. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97008/0b8c469055ed42b428fb6b30aadeb33fee5bc0b6/.
13. Немировская И. А., Онегина В. Д., Коновалов Б. В., Трубкин И. П. Углеводороды в водах и донных осадках Черного моря // Система Черного моря / под ред. А. П. Лисицына. М.: Науч. мир, 2018. С. 677–705. DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.677.
14. Пресс-релиз от 9 августа 2021 г. // cpc.ru. 09.08.2021. URL: <http://www.cpc.ru/RU/press/releases/2021/Pages/20210809.aspx>.
15. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Kostianoy A. G., Storchkov M. A. Satellite Monitoring of the Black Sea Ecological Risk Areas // Ecologica Montenegrina. 2017. V. 14. P. 1–13. URL: <http://www.biotaxa.org/em>.
16. Mityagina M., Lavrova O. Satellite Survey of Inner Seas: Oil Pollution in the Black and Caspian Seas // Remote Sensing. 2016. V. 8. Art. No. 75. DOI: 10.3390/rs8100875.

Oil spill at the Caspian Pipeline Consortium marine terminal near Novorossiysk on August 7, 2021: first results of satellite observations

A. G. Kostianoy^{1,2}, O. Yu. Lavrova³, E. A. Loupian³

¹ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: kostianoy@gmail.com

² Witte Moscow University, Moscow 115432, Russia

³ Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mails: olavrova@iki.rssi.ru, evgeny@d902.iki.rssi.ru

First results of the analysis of satellite radar images of the northeastern the Black Sea featuring an oil spill occurred on August 7, 2021, and its consequences are presented. The accident took place during refueling of Minerva Symphony tanker at the marine terminal of Caspian Pipeline Consortium-R (CPC-R) in the area of Yuzhnaya Ozereyevka village, Novorossiysk. Oil pollution was monitored on the basis of SAR-C radar images from Sentinel-1A/B satellites of the European Space Agency. Estimates of the area and volume of oil pollution are derived from radar images of August 7 and 8. On the image of August 7, acquired 98 minutes after the accident, the area of the oil slick on the sea surface is not less than 0.21 km². In the radar image of August 8, the oil slick area is estimated at 83 km². The article discusses possible spreading mechanisms of the oil film over the studied water area.

Keywords: Black Sea, oil pollution, Caspian Pipeline Consortium, satellite radar

Accepted: 01.09.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-304-309

References

1. *Vozdushnoe nablyudenie morskikh razlivov nefi* (Aerial observation of marine oil spills. Practical guidelines for emergency management and response personnel. International Association of Oil and Gas Producers), IPIECA IOGP, Report No. 518, February 2015, 56 p. (in Russian)
2. <https://www.vesti.ru/article/2599767>.
3. <https://www.rbc.ru/society/12/08/2021/611533a69a7947fe1f179986>.
4. 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, *Okeanologicheskie issledovaniya*, 2021, Vol. 49, No. 1, pp. 163–185 (in Russian), DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(1).8.
5. <https://www.kommersant.ru/doc/4936502>.
6. Kuznetsov A. N., Fedorov Yu. A., Oil pollution of the coastal zone of the Black Sea near the city of Novorossiysk and the dynamics of its natural transformation, In: *Sistema Chernogo Morya* (Black Sea System), A. P. Lisitsyn (ed.), Moscow: Nauchyi mir, 2018, pp. 705–716 (in Russian), DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.705.
7. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Satellite Monitoring of Surface Film Pollution of the Black Sea, *Izvestiya. Atmospheric and Ocean Physics*, Vol. 49, Issue 9, pp. 897–912.
8. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Kostianoy A. G., *Satellite methods for detecting and monitoring marine zones of ecological risk*, Moscow: IKI RAN, 2016, 334 p. (in Russian).
9. 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, Vol. 16, No. 3, pp. 266–287 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-266-287.
10. Litovchenko K. Ts., Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Ivanov A. Yu., Yurenko Yu. I., Oil pollution in the eastern Black Sea: monitoring from space and sub-satellite verification, *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2007, No. 1, pp. 81–94 (in Russian).
11. Loupian E. A., Proshin A. A., Bourtsev M. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Radchenko M. V., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., 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, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
12. *Methodology for determination of environmental damage in accidents at trunk oil pipelines*, Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation, 1995 (in Russian).
13. Nemirovskaya I. A., Onegina V. D., Konovalov B. V., Trubkin I. P., Hydrocarbons in waters and bottom sediments of the Black Sea, In: *Black Sea System*, A. P. Lisitsyn (ed.), Moscow: Nauchnyi mir, 2018, pp. 677–705 (in Russian), DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.677.
14. <http://www.cpc.ru/RU/press/releases/2021/Pages/20210809.aspx>.
15. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Kostianoy A. G., Storchkov M. A., Satellite Monitoring of the Black Sea Ecological Risk Areas, *Ecologica Montenegrina*, 2017, Vol. 14, pp. 1–13, available at: <http://www.biotaxa.org/em>.
16. Mityagina M., Lavrova O., Satellite Survey of Inner Seas: Oil Pollution in the Black and Caspian Seas, *Remote Sensing*, 2016, Vol. 8, Art. No. 875, DOI: 10.3390/rs8100875.