Спутниковые наблюдения извержения грязевого вулкана на о. Дашлы в Каспийском море 4 июля 2021 г.

О. Ю. Лаврова, И. А. Уваров, Ю. С. Крашенинникова

Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия

E-mail: olavrova@iki.rssi.ru

Юго-западная часть Каспийского моря — район активного грязевого вулканизма. Однако зафиксировать момент самого извержения удаётся крайне редко. Но извержение в виде взрыва, произошедшее 4 июля 2021 г. на о. Дашлы, было заснято с судов, а также отразилось в данных радиометров SLSTR Sentinel-3A, -3B в виде тепловой аномалии. Естественные выходы нефтеуглеводородов в районе о. Дашлы, связанные с грязевым вулканизмом, регулярно проявляются на спутниковых изображениях высокого пространственного разрешения как оптических, так и радиолокационных сенсоров. В статье приводятся примеры таких проявлений до извержения и после него. Как показали радиолокационные наблюдения, площадь о. Дашлы после извержения увеличилась в 2,4 раза.

Ключевые слова: грязевые вулканы, извержение, спутниковое радиолокационное зондирование, радиометры, Sentinel-1/2/3, Каспийское море, ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

Одобрена к печати: 13.07.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-332-336

Юго-западный район Каспийского моря по количеству грязевых вулканов, их разнообразию и весьма активной деятельности уникален и не имеет равных в мире (Алиев, 2014). Все грязевые вулканы в море делятся на подводные и островные. В результате грязевулканической деятельности в морских условиях образуются острова, банки, мели и подводные хребты.

На спутниковых изображениях, как радиолокационных, так и оптических, грязевые вулканы идентифицируются за счёт наличия на поверхности плёнок, содержащих нефтеуглеводороды естественного происхождения (Лаврова и др., 2016; Mityagina, Lavrova, 2016, 2020; Mityagina et al., 2019). Несмотря на то, что поверхностные проявления грязевого вулканизма в Каспийском море наблюдаются регулярно, зафиксировать момент самого извержения, а тем более из космоса, удаётся крайне редко. Извержение в виде взрыва, которое по сообщениям СМИ (<https://nplus1.ru/news/2021/07/05/caspian-mud-volcano>) произошло вечером 4 июля 2021 г. у восточного побережья Азербайджана на необитаемом о. Дашлы, было заснято с судов, а также отразилось в данных радиометров SLSTR (*англ.* Sea and Land Surface Temperature Radiometer) Sentinel-3A, -3B в виде тепловой аномалии. Остров расположен примерно в 30 км от берега и в 6 км от морской газовой платформы «Умид». Координаты острова: 39,62° с. ш. и 49,71° в. д.

Выброс грязевого вулкана был зафиксирован в 17:50 GMT в виде взрыва и огненного столба, а в 18:08 GMT этот же выброс был зарегистрирован спутником Sentinel-3B (*рис. 1а*, см. с. 333). По данным радиометра SLSTR (в канале 3,5–3,9 мкм), на месте выброса грязевого вулкана наблюдалась тепловая аномалия, которая на *рис. 1а* видна на представленном изображении как чёрная точка (зона повышенной температуры). В этот же момент хорошо виден выброс, образовавшийся в результате взрыва (белое пятно на изображении). Разнос выброса был также зарегистрирован в 18:48 GMT прибором SLSTR спутника Sentinel-3A (*рис. 1б*) и в 19:15 GMT прибором MODIS (*англ.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) спутника Terra (*рис. 1в*). На последующих данных метеорологических спутников следов выброса уже не зарегистрировано.

В районе о. Дашлы периодически наблюдаются плёнки естественных выходов нефтеуглеводородов как у многочисленных морских платформ, так и непосредственно тянущихся от самого острова (*рис. 2*, см. с. 333). Утром 4 июля накануне взрыва на изображении MSI

(англ. Multispectral Instrument) Sentinel-2A особенно отчётливо проявилась сликовая полоса, связанная с наличием выброса нефтеуглеводородов, что, по всей видимости, свидетельствовало об интенсификации грязевого вулканизма (рис. 3).

Рис. 1. Проявление выброса грязевого вулкана на о. Дашлы 4 июля 2021 г. в данных: а — SLSTR Sentinel-3B (18:08 GMT), чёрная точка — тепловая аномалия, связанная с взрывом; б — SLSTR Sentinel-3A (18:48 GMT); в — MODIS Terra (19:15 GMT). Стрелки указывают на разнос выброса

Рис. 2. Проявление плёнок естественных выходов нефтеуглеводородов на изображении MSI Sentinel-2A от 14 июня 2021 г. в районе о. Дашлы

Рис. 3. Проявление плёнок естественных выходов нефтеуглеводородов на изображении MSI Sentinel-2A от 4 июля 2021 г. накануне взрыва

Рис. 4. Увеличение площади о. Дашлы в 2,4 раза после взрыва. РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученное на перекрёстной поляризации 8 июля 2021 г. (после взрыва). Красная линия отмечает контуры острова, определённые по РЛИ от 14 июня 2021 г. (до взрыва)

Как показали спутниковые радиолокационные изображения (РЛИ), полученные до и после извержения грязевого вулкана, площадь о. Дашлы после взрыва увеличилась в 2,4 раза с $0,0904 \text{ км}^2$ (определённая по РЛИ от 14 июня) до $0,22 \text{ км}^2$ (по РЛИ от 8 июля), т. е. после взрыва (рис. 4). Причём на РЛИ от 8 июля видно распространение сликовой полосы, вызванной наличием нефтеуглеводородов, что, возможно, свидетельствует о продолжении активности грязевого вулканизма.

Следует также отметить, что после произошедшего взрыва активность вулкана продолжилась. Это хорошо видно на данных съёмки, выполненной спутником «Метеор-М» № 2 (прибор КМСС (комплекс многозональной спутниковой съёмки)). Эти данные представлены на рис. 5. Светлое пятно соответствует выбросу газов в атмосферу в районе о. Дашлы, где произошёл взрыв.

Рис. 5. Изображение о. Дашлы от 06.07.2021, данные прибора КМСС (спутник «Метеор-М» № 2)

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 19-77-20060. Обработка и анализ спутниковых данных проводились с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-мониторинг» (Лупян и др., 2019) с помощью инструментария информационной системы See the Sea, развитие которой осуществляется в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164). Авторы благодарят Е. А. Лупяна за помощь в подготовке статьи.

Литература

1. Алиев Ад. А. Грязевые вулканы Каспийского моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014. № 1. С. 33–44.

2. 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.
3. 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.
4. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычуглов 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.
5. Mityagina M., Lavrova O. Satellite Survey of Inner Seas: Oil Pollution in the Black and Caspian Seas // Remote Sensing. 2016. V. 8. P. 875–899. URL: <http://doi.org/10.3390/rs8100875>.
6. Mityagina M. I., Lavrova O. Yu. Oil pollution hotspots on the Caspian Sea surface identified using satellite remote sensing // Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions: Proc. SPIE / eds. C. R. Bostater, X. Neyt, F. Viallefont-Robinet. 2020. V. 11529. 115290L. DOI: 10.1117/12.2573501.
7. Mityagina M. I., Lavrova O. Yu., Kostianoy A. G. Main pattern of the Caspian Sea surface oil pollution revealed by satellite data // Ecologica Montenegrina. 2019. V. 25. P. 91–105. DOI: 10.37828/em.2019.25.9.

Satellite observations of the eruption of a mud volcano on the Dashly Island in the Caspian Sea on July 4, 2021

O. Yu. Lavrova, I. A. Uvarov, Yu. S. Krasheninnikova

Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: olavrova@iki.rssi.ru

The southwestern part of the Caspian Sea is an area of active mud volcanism. However, it is extremely rare to record the moment of the eruption itself. Such an eruption in the form of an explosion, which occurred on July 4, 2021 on the island of Dashly, was registered from the ships, and also in the data of the SLSTR Sentinel-3A, 3B radiometers in the form of a thermal anomaly. Natural outputs of petroleum hydrocarbons associated with mud volcanism in the area of Dashly Island are regularly manifested in satellite images of high spatial resolution, of both optical and radar sensors. The article provides examples of such manifestations before and after the eruption. As shown by radar observations, the area of Dashly Island increased by 2.4 times after the eruption.

Keywords: mud volcanoes, eruption, satellite radar sensing, radiometers, Sentinel-1/2/3, Caspian Sea, IKI-Monitoring Center

Accepted: 13.07.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-332-336

References

1. Aliev Ad. A., Mud Volcanoes of the Caspian Sea, *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*, 2014, No. 1, pp. 33–44 (in Russian).
2. 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).
3. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Uvarov I. A., Luppian 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.

4. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev 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.
5. Mityagina M., Lavrova O., Satellite Survey of Inner Seas: Oil Pollution in the Black and Caspian Seas, *Remote Sensing*, 2016, Vol. 8, pp. 875–899, available at: <http://doi.org/10.3390/rs8100875>.
6. Mityagina M. I., Lavrova O. Yu., Oil pollution hotspots on the Caspian Sea surface identified using satellite remote sensing, *Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions: Proc. SPIE*, C. R. Bostater, X. Neyt, F. Viallefont-Robinet (eds.), 2020, Vol. 11529, 115290L, DOI: 10.1117/12.2573501.
7. Mityagina M. I., Lavrova O. Yu., Kostianoy A. G., Main pattern of the Caspian Sea surface oil pollution revealed by satellite data, *Ecologica Montenegrina*, 2019, Vol. 25, pp. 91–105, DOI: 10.37828/em.2019.25.9.