

ПОЖАР НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ГЮНЕШЛИ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ: СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ АВАРИИ

**А.Ю. Иванов, А.А. Бобков, Н.В. Терлеева, Н.В. Евтушенко,
Н.А. Филимонова**

**Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Инженерно-технологический центр "СКАНЭКС"**

В начале декабря 2015 г. на платформе № 10 на месторождении Гюнешли в Каспийском море произошел разрыв газопровода и возгорание ряда газовых и нефтяных скважин. Это третья по счету авария на азербайджанских морских нефтегазовых платформах в Каспийском море за последние три года. Для мониторинга акватории моря около аварийной платформы и возможных экологических последствий впервые в российской практике были задействованы все возможные средства дистанционного зондирования. Проанализированы данные трех радиолокационных и девяти оптических спутников. Установлено, что на платформе происходили утечки нефти, что, скорее всего, обусловлено разгерметизацией горящих скважин. Показано, что в настоящее время аварийные ситуации с морскими объектами нефтегазового комплекса могут эффективно контролироваться из космоса.

Ключевые слова: Каспийское море, месторождение Гюнешли, пожар на платформе, спутниковый мониторинг, радиолокационные изображения, разливы нефти

Fire at Guneshli Oilfield in the Caspian Sea: Satellite Monitoring and Possible Causes of the Accident

A.Yu. Ivanov, A.A. Bobkov, N.V. Terleeva, N.V. Evtushenko, N.A. Filimonova

**P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, 117997 Russia,
"SKANEX, R&D Center", Moscow, 142784 Russia**

In early December 2015 on the platform number 10 at Guneshli oilfield in the Caspian Sea there was a pipeline rupture and fire a number of oil and gas wells. This is the third accident in Azerbaijan's offshore oil and gas platforms in the Caspian Sea for the last three years. For the first time in the Russian practice for monitoring the emergency platform and environmental impact all possible means of remote sensing have been used. It includes an analysis of images of three radar and nine optical satellites. There was found that on the platform oil spills occurred, it is likely due to depressurization of burning a borehole. It has been shown that at present accidents with marine oil and gas facilities can effectively monitored from space.

Keyword: Caspian Sea, Guneshli oilfield, fire on platform, satellite monitoring, radar images, oil spills

DOI: 10.18412/1816-0395-2016-5-52-58

Последние аварии в Каспийском море (на месторождении Булландиз в августе 2013 г., на морском нефтегазодобывающем управлении (НГДУ) им. Нариманова в октябре 2014 г. и на месторождении Гюнешли в декабре 2015 г.) [1, 2], а также активизация грифонной активности в средней части моря [3] подтвердили необходимость переосмысления материала, накопленного о природно-техногенной обстановке во многих внутренних морях. Растущая добыча углеводородов, глобализация перевозок нефти

и ввод в эксплуатацию новых месторождений, особенно на шельфе, с каждым годом приводят к увеличению вероятности разливов нефти, несмотря на предпринимаемые меры и новые технологии (нулевой сброс, планы по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и т.п.). В общем случае нефтяное загрязнение может быть сопряжено с любыми операциями по добыче и транспортировке нефти, хотя его масштабы могут быть как незначительными и легко "перевариваемыми" экосистема-

ми, так и катастрофическими, уничтожающими окружающую среду целых морских регионов.

Способность нефти и нефтепродуктов покрывать тонкой пленкой большие акватории моря при сравнительно небольших разливах приводит к тому, что даже незначительный разлив может иметь крайне негативные последствия [4]. Разливы нефти, связанные с авариями танкеров "Эксон Валдиз", "Эрика", "Престиж", с платформами "Монтара" в Тиморском море [5] и "Дип Горизон" в Мексиканском заливе [6], а также

ряд в водах России, например, с танкером "Волгонефть-139" [7], оказали существенное воздействие на прибрежные экосистемы в региональном масштабе. По данным портала Oil Rig Disasters (<http://www.oilrigdisasters.co.uk>) с 1948 по 2007 гг. в мире произошло более 185 аварий и катастроф с морскими платформами, причем в 78 случаях из-за внезапных выбросов газов с последующими пожарами и взрывами.

Удаленность от побережья ряда морских месторождений, а также необходимость постоянного контроля обуславливают необходимость применения дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В настоящее время для наблюдения/мониторинга аварий и аварийных разливов может использоваться самый широкий спектр современных спутников и датчиков ДЗЗ, работающих в оптическом и СВЧ-диапазонах с разрешением от низкого до высокого. Однако основными данными мониторинга стали данные космической радиолокации — радиолокационные изображения (РЛИ), получаемые со спутников Radarsat-2, TerraSAR-X, COSMO-SkyMed-1/2/3/4, Sentinel-1A и др. Радиолокаторы с синтезированной апертурой или РСА позволяют с высокой вероятностью обнаруживать пятна нефти на морской поверхности, определять пространственно-временные характеристики и следить за их трансформацией во времени и перемещением в пространстве независимо от облачного покрова и солнечного освещения. Данные оптических датчиков, таких как спектрорадиометры на ИСЗ Terra и Aqua, Suomi NPP и др., пригодны в тех случаях, когда разлив достаточно большой и погода над районами катастроф малооблачна [5, 6].

Рассмотрим результаты спутникового мониторинга аварии на месторождении Гюнешли в Каспийском море,



Рис. 1. Пожар на платформе № 10 месторождения «Гюнешли» (фото АМИ Trend)

Fig. 1. Fire on the platform № 10 at the Guneshli oilfield (photo: Trend News Agency)

которая произошла в начале декабря 2015 г. Для этого принимались, обрабатывались и анализировались все доступные данные ДЗЗ с радиолокационных спутников: европейского Sentinel-1A, канадского Radarsat-2 и немецкого TerraSAR-X, а также снимки оптических спутников: Terra, Aqua, Suomi NPP, Landsat-8, SPOT 6/7 и Pléiades.

Причины

Пожар на морской стационарной платформе № 10 на месторождении "Гюнешли" (40°01'04" с.ш., 51°15'58" в.д.) начался 4 декабря 2015 г. в 17:40 мск [8]. В результате сильного шторма произошел разрыв газопровода высокого давления (110 атм), подводящего к платформе технический газ, с последующим взрывом и возгоранием.

Платформа № 10 ("28 мая") на месторождении Гюнешли была построена в 1984 г., введена в эксплуатацию в декабре 1986 г. Срок её службы был рассчитан на 50 лет, а последний капитальный ремонт прошел в 2007 г. Оператор — Государственная нефтяная компания Азербайджанской Республики (ГНКАР). Здесь, по информации [8], ежедневно добывалось около 1 млн м³ газа и 900 т нефти. Из 30 скважин на платформе на момент аварии добыча велась на 28. Из них 21 нефтяная скважина работала

газлифтным способом (методом закачки газа для повышения отдачи пластов), 7 скважин были газовыми. Тем не менее, ГНКАР планировала бурение ещё 4 скважин.

Причиной аварии с платформой считаются крайне неблагоприятные гидрометеорологические условия — месторождение оказалась на периферии глубокого мезомасштабного циклона, который образовался над Каспийским морем. Наблюдался продолжительный сильный ветер северных румбов и штормовое волнение (информация о которых, кстати, сильно различается: в СМИ сообщалось о ветре 30 — 40 м/с, дующем более суток, и высоте волн до 8 — 10 м, однако результаты ре-анализа и прогнозы дают меньшие значения — 20 — 25 м/с). Газопровод высокого давления на платформе № 10, который обеспечивал закачку технического газа в нефтяные скважины, не выдержал воздействия волн, был поврежден и возник пожар. Как сообщается, платформа была сразу обесточена, трубопроводы перекрыты, процесс поступления нефти на некоторых скважинах прекратился, как только перестал поступать газ из поврежденной трубы. Остальные были заглушены противоаварийными системами. Однако в итоге огонь все же перекинулся на скважины и произошло возгорание ряда га-



Рис. 2. Фрагмент РЛИ Sentinel-1A от 7.12.2015 (02:43 UTC) и прогнозное поле ветра на 00:00 UTC (в районе аварии ветер – 4 – 5 м/с); хорошо видны: пятно, исходящее от платформы (красный квадрат), пятна, отнесенные во время шторма, а также хроническое загрязнение у нефтепромыслов «Нефтяные Камни» (© ESA)

Fig. 2. A subscene of Sentinel-1A radar image on 7.12.2015 (02:43 UTC) and prognostic wind field at 00:00 UTC (wind in the area of the accident 4 – 5 m/s); clearly visible: oil slick coming from the platform (red square), other patches drifting around as well as chronic oil pollution from the Oil Rocks (Neft Daslari) oil field (© ESA)

зовых и нефтяных скважин. Сразу после аварии началось тушение пожара (рис. 1).

Спутниковый мониторинг

Уже 7 декабря 2015 г. для места аварии было получено и проанализировано первое

РЛИ европейского спутника Sentinel-1A (рис. 2), результаты которого показали, что авария достаточно серьезная [9]. На этом РЛИ, полученном при скорости ветра 4 – 5 м/с, было обнаружено пятно (сликообразное образование), исходящее от

платформы площадью 132 км², а в районе месторождения — обособленные пятна общей площадью более 100 км² (см. рис. 2). 13 декабря на РЛИ Sentinel-1A было зарегистрировано пятно максимальной площади в 333 км² (рис. 3). Последующий радиолокационный мониторинг показал, что пятна, предварительно идентифицированные как разливы нефти, продолжали появляться на поверхности моря и регистрироваться практически на каждом РЛИ при ветре, не превышающем 9 – 10 м/с (см. таблицу). В связи с этим возникло предположение, что на аварийной платформе происходили утечки нефти, что и подтвердил последующий мониторинг и анализ его результатов.

В конце 2015 г. и в начале января 2016 г. стал доступен ряд РЛИ спутников TerraSAR-X, Radarsat-2 и Sentinel-1A, которые были получены при скоростях ветра от 7 до 10 м/с и на которых были также обнаружены пленочные образования на поверхности моря (рис. 4), исходящие от аварийной платформы. Анализ этих РЛИ показал, что тонкие пленки загрязнений при скоростях ветра 7 – 8 м/с и более разрушились и исчезли с поверхности моря, в то время как на ней остались только толстые пленки нефти или тяжелых нефтепродуктов. В случае космической радиолокации ветер может действовать как некий "фильтр" пленочных загрязнений [11, 12]. Так, при скорости ветра 2 – 3 м/с на РЛИ регистрируются все пленки, включая самые тонкие — биогенные; при скорости ветра 4 – 5 м/с на поверхности моря остаются только средние и толстые (включая судовые разливы), а при ветре большем 7 – 8 м/с — только толстые пленки нефти, тяжелых нефтепродуктов или их эмульсий. Логично предположить, что на этих РЛИ, полученных при больших скоростях ветра (см. рис. 4), однозначно видны пятна нефти. По разным оценкам (смотря какую

Данные о радиолокационных съемках и полученных характеристиках: скорости ветра и площадях разливов

Information on radar image acquisitions, wind and oil spill characteristics

Спутник	Дата съемки	Время, UTC	Скорость ветра, м/с	Площадь разлива, исходящего от платформы, км ²
Sentinel-1A	07.12.2015	02:44	4-5	132 (235)*
Radarsat-2	12.12.2015	14:33	5-6	96,1
Radarsat-2	13.12.2015	02:47	4-5	59,1
Sentinel-1A	13.12.2015	14:38	3-4	333
Radarsat-2	19.12.2015	14:29	6-7	3,5
Radarsat-2	20.12.2015	02:43	1-2	18,8
Sentinel-1A	20.12.2015	14:29	7-8	2,8
Sentinel-1A	26.12.2015	02:35	1-3	54
TerraSAR-X	27.12.2015	02:45	6	33,6
TerraSAR-X	29.12.2015	14:23	9-10	0,7 (6,9)*
Sentinel-1A	31.12.2015	02:43	15-16	0
Sentinel-1A	06.01.2016	14:36	12-13	0
Radarsat-2	12.01.2016	14:29	6	1,6
Sentinel-1A	13.01.2016	14:28	7-8	0,7
Sentinel-1A	19.01.2016	02:35	7	2,7
Sentinel-1A	30.01.2016	14:36	3-4	8,3
Sentinel-1A	06.02.2016	14:28	7-8	–

*В скобках дана суммарная площадь всех пятен, обнаруженных на радиолокационных изображениях около платформы № 10.

брать толщину нефтяной пленки — а она априори неизвестна) площадь пятна в 300 км² примерно соответствует разливу нефти от десятков-сотен до тысяч тонн [13, 14].

На рис. 5 показана интегральная карта пленочных загрязнений, обнаруженных на РЛИ Sentinel-1A, Radarsat-2 и TerraSAR-X, на которой разными цветами показаны пятна за разные дни. Пятна, исходящие от платформы или около нее, наблюдались практически на всех РЛИ, которые были получены в период с 7 декабря 2015 г. по 30 января 2016 г. при ветре от 3 до 9 м/с. Причем в начале аварии значительно больших площадей, чем на её заключительной фазе.

Обратимся к таблице, в которой приведены данные об обнаруженных на РЛИ пятнах пленочных загрязнений. Ее анализ показывает, что, во-первых, при слабом ветре до 4 — 5 м/с на РЛИ регистрировались большие и очень большие по площади пятна пленочных загрязнений; при умеренном ветре в 6 — 8 м/с площадь пятен резко сокращалась, а при сильном ветре в 9 — 10 м/с они и вовсе исчезали с поверхности моря. А, в-третьих, по мере ликвидации последствий аварии в море выливалось все меньше и меньше нефти. Кроме того, пятна нефти около

платформы были обнаружены на РЛИ TerraSAR-X от 12.12 и 16.12.2015 и на РЛИ Radarsat-2 от 5.12, 14.12, 26.12.2015 и 19.01.2016.

В итоге пожар продолжался с 4 декабря 2015 г. по 10 февраля 2016 г. (его окончательную ликвидацию официально подтвердило МЧС Азербайджана). В этот период на оптических снимках отчетливо был виден шлейф дыма, исходящий от платформы; он регистрировался абсолютно на всех безоблачных снимках Aqua, Terra, SPOT (рис. 6), Landsat-8 (рис. 7) и Pleiades (рис. 8), принятых в ИТЦ СКАНЭКС.

Тем не менее, несмотря на ликвидацию пожара, достаточно большие пятна нефти, исходящие от платформы, продолжали наблюдаться; они обнаружены на РЛИ Sentinel-1A от 17.02 и Radarsat-2 от 22.02.2016, что может говорить о продолжающихся проблемах технического плана с нефтяными скважинами.

Последствия аварии

Это третья авария с азербайджанскими морскими платформами в Каспийском море за последние три года. Аварий не было со времен СССР (в 1985 г. пожар на газовой скважине на месторождении "Бахар"). Первая авария в исто-

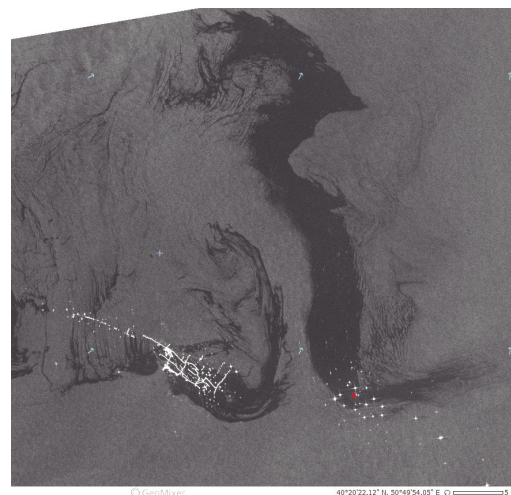


Рис. 3. Крупный разлив на РЛИ Sentinel-1A от 13.12.2015 (14:35 UTC) и прогнозное поле ветра на 12:00 UTC (в районе аварии ветер — 3 — 4 м/с); хорошо видны: пятно, исходящее от платформы (красный квадрат), и хроническое загрязнение у нефтепромыслов «Нефтяные Камни» (© ESA)

Fig. 3. A very large oil spill on the Sentinel-1A radar image on 13.12.2015 (14:35 UTC) and prognostic wind field at 12:00 UTC (wind in the area of the accident 3 — 4 m/s); clearly visible: oil slick coming from the platform (red square) and chronic oil pollution from the Oil Rocks (Neft Daslari) oil field (© ESA)

рии независимого Азербайджана произошла на месторождении "Булла-дениз" (в 80 км от Баку), когда 17 августа 2013 г. на скважине № 90 при разведочном бурении возник пожар [1, 2]. Тогда для тушения пожара в открытом море потребовалось три месяца и помощь иностранных компаний, а также сил МЧС и судов погранвойск Азербайджана. К счастью, обошлось без жертв,

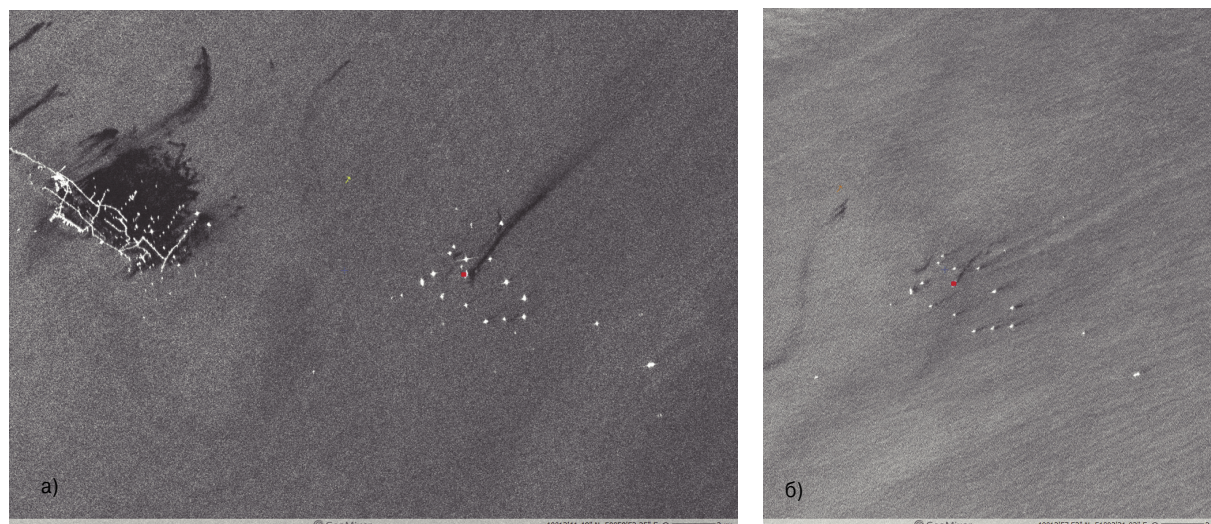


Рис. 4. Фрагменты РЛИ Sentinel-1A от 20.12.2015, 14:29 UTC (а) и TerraSAR-X от 29.12.2015, 14:23 UTC (б), полученных при больших скоростях ветра: 7 — 8 м/с и 9 — 10 м/с соответственно (© ESA, DLR)

Fig. 4. Subscenes of Sentinel-1A radar image on 20.12.2015, 14:29 UTC (a) and TerraSAR-X radar image on 9.12.2015, 14:23 UTC (b) acquired at higher wind speed: 7 — 12 m/s and 9 — 10 m/s, respectively (© ESA, DLR)

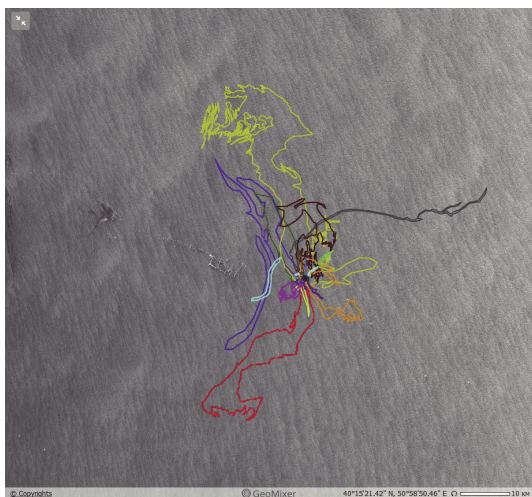


Рис. 5. Интегральная карта пленочных загрязнений, исходящих от платформы № 10, обнаруженных в районе аварии на радиолокационных изображениях спутников Sentinel-1A, Radarsat-2 и TerraSAR-X: красный – 7.12.2015 (132 км²); синий – 12.12.2015 (96 км²); болотный – 13.12.2015 (333 км²); желтый – 19.12.2015 (3,5 км²); черный – 20.12.2015 (18,8 км²); светло-зеленый – 20.12.2015 (2,8 км²); темно-коричневый – 26.12.2015 (56 км²); светло-коричневый – 27.12.2015 (33,6 км²); голубой – 29.12.2015 (6,9 км²); фиолетовый – 12.01.2016 (1,6 км²); темно-голубой – 13.01.2016 (0,7 км²); коричневый – 19.01.2016 (2,7 км²); сиреневый – 30.01.2016 (8,3 км²); в качестве подложки использовано РЛИ Sentinel-1A от 31.12.2015 (© ESA, ИТЦ СКАНЭКС)

Fig. 5. Summary map of all oil spills emanating from the platform № 10 and detected in the accident area on radar images of the Sentinel-1A, Radarsat-2 and TerraSAR-X satellites: red – 7.12.2015 (132 km²); dark blue – 12.12.2015 (96 km²); mossy – 13.12.2015 (333 km²); yellow – 19.12.2015 (3.5 km²); black – 20.12.2015 (18.8 km²); light green – 20.12.2015 (2.8 km²); dark brown – 26.12.2015 (56 km²); light brown – 27.12.2015 (33.6 km²); blue – 29.12.2015 (6.9 km²); violet – 12.01.2016 (1.6 km²); deep blue – 13.01.2016 (0.7 km²); brown – 19.01.2016 (2.7 km²) and light violet – 30.01.2016 (8.3 km²) on the background of Sentinel-1A radar image of 31.12.2015 (© ESA, SCANEX)

но буровая платформа выгорела полностью. Вторая авария произошла 23 октября 2014 г. на участке морского НГДУ им. Нариманова с платформой № 441, в 40 км к югу от Баку. Платформа, находящаяся в аварийном состоянии, обвалилась во время ремонтных работ. В результате повреждения трубопровода произошло возгорание, которое, однако, скоро было потушено. Четверо из 41 нефтяника, находившихся во время аварии на платформе, погибли.

В первом и втором случаях значительного загрязнения окружающей среды практически не было и пленки нефти на морской поверхности не наблюдались, так как выходил только газ, который тут же сторал, а нефть в море не попадала. Часто пожар на газопроводах можно ликвидировать без последствий, просто перекрыв подачу газа. Что касается скважин, особенно нефтяных, здесь все оказывается гораздо сложнее. Горение скважины означает ее разгерметизацию и выход углеводородов под высоким давлением. При тушении пожара на подобных скважинах неизбежны утечки, последующие разливы нефти и загрязнение акватории моря. В таких случаях просто необходимо применение

специальных мер с поставками боновых заграждений для сбора нефти и предотвращения разлива. Наконец, по мнению аналитиков, в т.ч. азербайджанской информационной службы "Туран" [15], три следующие друг за другом катастрофы на морских платформах в 2013, 2014 и 2015 гг. требуют серьезного пересмотра всей системы управления в ГНКАР.

Пока остается неясным, насколько велика экологическая опасность, обусловленная этой аварией, и какой ущерб нанесен окружающей среде. Мониторинг показал, что, судя по наблюдаемым на РЛИ пятнам, в воду попало некоторое (однако пока не установленное) количество нефти или неизвестных нефтепродуктов. Несмотря на уверения специалистов ГНКАР и азербайджанских экологов, есть подозрение, что ущерб природе все-таки был нанесен. Ситуация усугубляется тем, что руководство ГНКАР фактически скрывает любые данные о попадании в море нефтепродуктов. Анализ РЛИ и общей ситуации позволяет предположить следующее развитие событий: после повреждения газопровода газ перестал поступать в нефтяные скважи-

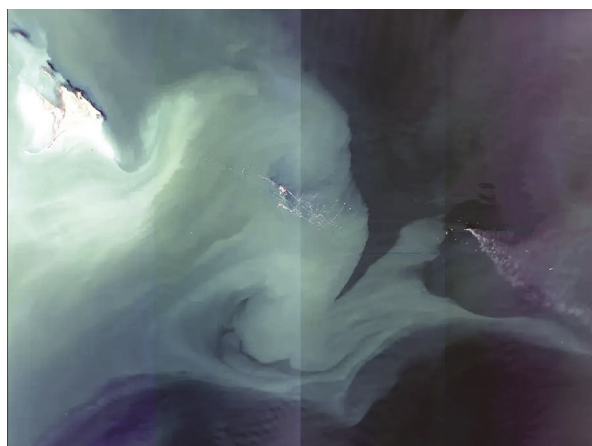


Рис. 6. Шлейф дыма от платформы № 10 на оптическом снимке спутника SPOT-6 от 23.12.2015, 07:06 UTC (оригинальное разрешение 1,5 м) (© Airbus Defence and Space)

Fig. 6. Smoke plume from the burning platform № 10 on SPOT-6 optical image on 23.12.2015, 07:06 UTC (original resolution 1.5 m) (© Airbus Defense and Space)

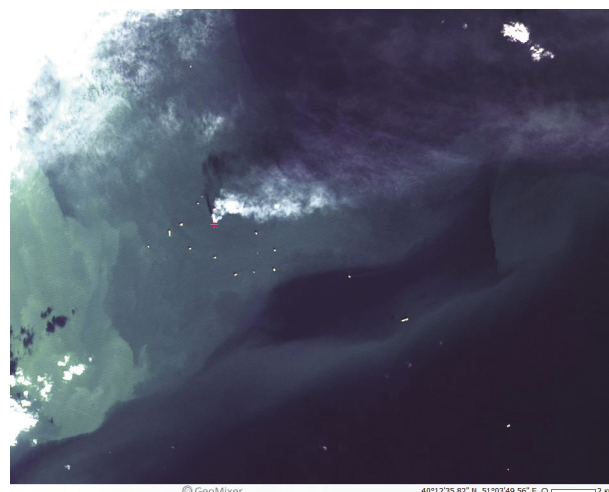


Рис. 7. Шлейф дыма от платформы № 10 на оптическом снимке спутника Landsat-8 от 03.01.2016, 07:13 UTC (© USGS)

Fig. 7. Smoke plume from the burning platform № 10 on Landsat-8 optical image on 03.01.2016, 07:13 UTC (© USGS)

ны, после этого они разгерметизировались и загорелись, и часть нефти попала в море. В результате двухмесячного горения и тушения нефть полностью не сгорала, частично попадая в море. Эта нефть или ее фракции образовывали пятна на поверхности моря и становились видимыми на РЛИ. Что касается экологического ущерба, очевидно, его можно будет оценить только лишь после комплексного независимого анализа всех фактов и данных.

Впервые в российской практике для мониторинга аварии на нефтяной платформе в Каспийском море были задействованы все возможные и доступные данные ДЗЗ. Для этого использовались данные трех радиолокационных (см. таблицу) и девяти оптических спутников. Сразу после аварии анализировались съемки места аварии, полученные из космоса оптическими спутниками (Aqua, Terra, SPOT, Landsat и др.) и спутниками, оснащенными РСА; ряд съемок был специально заказан ИТЦ СКА-НЭКС [9, 10]. Это позволило практически ежедневно, начиная с 7 декабря 2015 г., наблюдать за развитием ситуации в месте аварии. Спутниковые съемки также позволили, во-первых, установить, что около платформы наблюдаются разливы нефтепродуктов, во-вторых, установить размеры, конфигурацию и направления дрейфа пятен, и в результате способствовали получению актуальной и оперативной информации о разливах и их возможном воздействии на окружающую среду.

Анализ спутниковой информации даже без привлечения какой-либо подспутниковой информации (которую, очевидно, было собрать практически невозможно) позволил установить, что на платформе происходили утечки нефти. Это происходило, скорее всего, из-за разгерме-

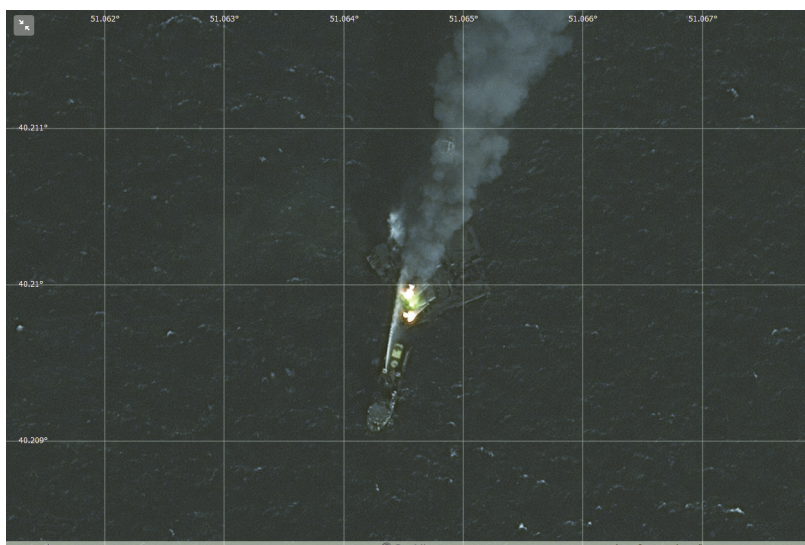


Рис. 8. Фрагмент оптического снимка с ИСЗ Pléiades-1B от 18.01.2016, 07:33 UTC (оригинальное разрешение 0,5 м); хорошо видны два очага возгорания, шлейф дыма и пожарное судно (© Airbus Defence and Space)

Fig. 8. A subscene of Pléiades-1B optical image on 18.01.2016, 07:33 UTC (original resolution 0.5 m); clearly visible: two centers of the fire, smoke plume and fireboat (© Airbus Defence and Space)

тизации горящих скважин, что и привело к попаданию в море пока не установленного количества нефти. Как сообщалось ГНКАР, все нефтяные скважины на платформе были потушены 17 декабря 2015 г., однако и после этой даты, судя по данным спутникового мониторинга, нефть из поврежденных скважин продолжала попадать в море, правда в значительно меньших количествах (см. рис. 5 и таблицу).

Основной причиной аварии считаются крайне неблагоприятные погодные условия (сильный ветер и высокие волны). Однако аварийные ситуации в нефтедобывающем секторе Каспия могут скрывать проблемы производственного и управлен-

ческого характера, затрагивающие сферу безопасности морской нефтедобычи, которые, скорее всего, и стали косвенными причинами трагедии.

В связи с вышесказанным данные ДЗЗ должны активно использоваться для мониторинга каждого конкретного месторождения и нефтегазового комплекса в море в целом — в начале разведочных работ на нем, в течение строительства и последующей эксплуатации. Кроме того, с целью снижения экологических и технологических рисков эти данные должны давать необходимую информацию об окружающей среде, помогать в оценке возможного ущерба в случае нештатных ситуаций.

В заключение можно лишь констатировать, что пожар на платформе "Гюнешли" в Каспийском море пополнил список громких нефтяных аварий, а любую масштабную аварию на нефтегазовых месторождениях, в принципе, можно рассматривать как предпосылку техногенной экологической катастрофы.

Оптические и радиолокационные данные спутников Landsat, SPOT, Pléiades, Sentinel-1A, TerraSAR-X и Radarsat-2 для данной работы были предоставлены ИТЦ СКАНЭКС; исключительные оригинальные права принадлежат USGS (US Geological Service), Airbus Defence & Space, ESA (European Space Agency), DLR (German Aerospace Center) и MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.).

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-05-93084.

Литература

1. Терлеева Н.В., Иванов А.Ю. Последствия и риски катастроф на морских месторождениях нефти и газа в Каспийском море // Экология и промышленность России. 2014. Ноябрь. С.15-21.
2. Иванов А.Ю., Терлеева Н.В. Аварии на морских нефтепромыслах и объектах НГК и их мониторинг из космоса // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 10. С.5-11.
3. Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. Активизация выбросов нефти из недр Северного и Среднего Каспия в апреле-июне 2012 г. по спутниковым и геолого-геофизическим данным // Исслед. Земли из космоса. 2014. № 2. С.67-81.
4. Немировская И.А. Нефть в океане. Загрязнение и природные потоки. М.: Научный Мир, 2013. 432 с.
5. Терлеева Н.В., Иванов А.Ю. Нефтяной разлив в Тиморском море: результаты дистанционного мониторинга // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. 2013. № 16. С.120-126.
6. Иванов А.Ю., Терлеева Н.В. Нефтяной разлив в Мексиканском заливе – вклад дистанционного зондирования в мониторинг чрезвычайной ситуации // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. 2011. № 8. С.80-87.
7. Иванов А.Ю., Литовченко К.Ц., Затягалова В.В. Аварийный разлив мазута в Керченском проливе: радиолокационный мониторинг и результаты моделирования // Исслед. Земли из космоса. 2008. № 4. С.80-87.
8. Пожар на платформе Гюнешли. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пожар_на_платформе_Гюнешли/ 15 дек. 2015.
9. Спутниковая съемка района катастрофы на месторождении «Гюнешли» (Каспийское море), платформы № 10. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/gyuneshli/> 8 дек. 2015.
10. Новые спутниковые снимки района катастрофы на месторождении «Гюнешли»: площадь нефтяного разлива продолжает увеличиваться. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/gyuneshli-2/> 15 дек. 2015.
11. Иванов А.Ю. Стики и плёночные образования на космических радиолокационных изображениях // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 3. С.73-96.
12. Ivanov A.Yu. Remote sensing of oil films in the context of global changes. In: «Remote Sensing of the Changing Oceans». Springer-Verlag Berlin/Heidelberg, 2011. P.169-194.
13. Верхотуров Д. Загадки пожара на платформе № 10. URL: [http://www.gundogar.org/?023405165380000000000000011000000/](http://www.gundogar.org/?0234051653800000000000011000000/) 15 дек. 2015.
14. Oil in the Caspian. URL: <http://skytruth.org/truth-elusive-as-oil-slicks-spread-in-caspian-sea/> 15 дек. 2015.
15. Пожар в SOCAR. URL: <http://contact.az/search/document.php?id=67724&vr=ru#.VoItzKmWzw/> 15 дек. 2015.

References

1. Terleeva N.V., Ivanov A.Yu. Posledstviya i riski katastrof na morskikh mestorozhdeniyakh nefi i gaza v Kaspiiskom more // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2014. Noyabr'. S.15-21.
2. Ivanov A.Yu., Terleeva N.V. Avarii na morskikh neftepromyslakh i ob'ektakh NGK i ikh monitoring iz kosmosa // Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse. 2015. № 10. S.5-11.
3. Golubov B.N., Ivanov A.Yu. Aktivizatsiya vybrosov nefi iz neдр Severnogo i Srednego Kaspiya v aprele-iyune 2012 g. po sputnikovym i geologo-geofizicheskim dannym // Issled. Zemli iz kosmosa. 2014. № 2. S.67-81.
4. Nemirovskaya I.A. Nef' v okeane. Zagryaznenie i prirodnye potoki. M.: Nauchnyi Mir, 2013. 432 s.
5. Terleeva N.V., Ivanov A.Yu. Neftyanoi razliv v Timorskoy more: rezul'taty distantsionnogo monitoringa // Zemlya iz kosmosa – naibolee effektivnye resheniya. 2013. № 16. S.120-126.
6. Ivanov A.Yu., Terleeva N.V. Neftyanoi razliv v Meksikanskoy zalive – vklad distantsionnogo zondirovaniya v monitoring chrezvychainoi situatsii // Zemlya iz kosmosa – naibolee effektivnye resheniya. 2011. № 8. S.80-87.
7. Ivanov A.Yu., Litovchenko K.Ts., Zatyagalova V.V. Avariynyi razliv mazuta v Kerchenskom prolive: radiolokatsionnyi monitoring i rezul'taty modelirovaniya // Issled. Zemli iz kosmosa. 2008. № 4. S.80-87.
8. Pozhar na platforme Gyuneshli. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Pozhar_na_platforme_Gyuneshli/ 15 dek. 2015.
9. Sputnikovaya s'emka raiona katastrofy na mestorozhdenii «Gyuneshli» (Kaspiiskoye more), platformy № 10 URL: <http://www.scanex.ru/company/news/gyuneshli/> 8 dek. 2015.
10. Novye sputnikovye snimki raiona katastrofy na mestorozhdenii «Gyuneshli»: ploshchad' nefyanogo razliva prodolzhaet uvelichivat'sya. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/gyuneshli-2/> 15 dek. 2015.
11. Ivanov A.Yu. Sliki i plenochnye obrazovaniya na kosmicheskikh radiolokatsionnykh izobrazheniyakh // Issled. Zemli iz kosmosa. 2007. № 3.
12. Ivanov A.Yu. Remote sensing of oil films in the context of global changes. In: «Remote Sensing of the Changing Oceans». Springer-Verlag Berlin/Heidelberg, 2011. R.169-194.
13. Verkhotur D. Zagadki pozhara na platforme № 10. URL: [http://www.gundogar.org/?023405165380000000000000011000000/](http://www.gundogar.org/?0234051653800000000000011000000/) 15 dek. 2015.
14. Oil in the Caspian. URL: <http://skytruth.org/truth-elusive-as-oil-slicks-spread-in-caspian-sea/> 15 dek. 2015.
15. Pozhar v SOCAR. URL: <http://contact.az/search/document.php?id=67724&vr=ru#.VoItzKmWzw/> 15 dek. 2015.

А.Ю. Иванов – канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997 Россия, г. Москва, Нахимовский проспект 36, e-mail: ivanoff@ocean.ru • А.А. Бобков – нач. департамента оперативного мониторинга, ООО ИТЦ «СКАНЭКС», 142784 Россия, г. Москва, Киевское шоссе 1, Бизнес-парк «Румянцево», корп. А, e-mail: bobkov@scanex.ru • Н.В. Терлеева – инженер-исследователь, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997 Россия, г. Москва, Нахимовский проспект 36, e-mail: nadyaD75@yandex.ru • Н.В. Евтушенко – эксперт отдела оперативного мониторинга, ООО ИТЦ «СКАНЭКС», 142784 Россия, г. Москва, Киевское шоссе 1, Бизнес-парк «Румянцево», корп. А, e-mail: nevtushenko@scanex.ru • Н.А. Филимонова – эксперт отдела оперативного мониторинга, e-mail: nfilimonova@scanex.ru

A.Yu. Ivanov – Cand.Sci. (Physics and Mathematics), Lead Researcher, Shirshov Institute of Oceanology RAS, 117997 Russia, Moscow, Nakhimov prospect 36, e-mail: ivanoff@ocean.ru • A.A. Bobkov – Department of operational monitoring head, "SCANEX R&D Center", Business-park "Rumyantsevo", 142784 Russia, Moscow, Kiev expressway 1, e-mail: bobkov@scanex.ru • N.V. Terleeva – Research engineer, Shirshov Institute of Oceanology RAS, 117997 Russia, Moscow, Nakhimov prospect 36, e-mail: nadyaD75@yandex.ru • N.V. Evtushenko – expert of Department of operational monitoring, "SCANEX R&D Center", Business-park "Rumyantsevo", 142784 Russia, Moscow, Kiev expressway 1, e-mail: nevtushenko@scanex.ru • N.A. Filimonova – expert of Department of operational monitoring, e-mail: nfilimonova@scanex.ru