

ТЕХНОГЕННАЯ ГРИФОННАЯ АКТИВНОСТЬ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ СЪЕМОК ИЗ КОСМОСА



А.Ю. Иванов, Е.Р. Матросова

**Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС"**

Показано, что космический мониторинг может не только успешно контролировать экологическую обстановку, но и опасные природные процессы, возникающие в пределах морских НГК.

Ключевые слова: северо-западная часть Черного моря, нефтегазовый комплекс, радиолокационные изображения, грифоны, нефтепроявления, техногенное воздействие

Technogenically Provoked Seepage Activity in the Northwestern Part of the Black Sea According to Data from Space

A.Yu. Ivanov, E.R. Matrosova

**Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences, 117997 Moscow, Russia,
"AEROCOSMOS" Research Institute for Aerospace Monitoring, 105064 Moscow, Russia**

It is shown that satellite monitoring can not only successfully help to control the marine environment, but also to detect dangerous natural processes caused by exploration and production of oil and gas.

Keywords: Northwest Black Sea, oil & gas complex, SAR images, oil seepage, marine environment

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-08-57-63

Черное море в настоящее время подвержено повышенной техногенной нагрузке, обусловленной разработкой морских месторождений, активным судоходством, строительством новых объектов нефтегазового комплекса (НГК), а также различными сбросами и аварийными ситуациями в море. В совокупности техногенная деятельность сопряжена с высокими экологическими рисками из-за неконтролируемого поступления нефти и нефтепродуктов в море, что представляет опасность для окружающей среды и человеческой деятельности [1].

В последнее время большое внимание уделяется воздействию на недра при разработке морских месторождений из-за нарушения целостности верхнего слоя осадочных пород, образования подземных полостей, просадок и техногенных микроземлетрясений. Такая дестабилизация недр может

спровоцировать потоки углеводородов (НУ) в направлении от морского дна к поверхности моря [2].

Кроме того, с разработкой морских месторождений связывают возникновение искусственных грифонов, являющихся индикаторами различного рода внутренних осложнений [3]. Под грифонами, возникающими в процессе бурения, освоения и эксплуатации скважин, понимают газо-, нефте- и водопроявления вскрытых пластов, выходящие на морское дно по естественным каналам и трещинам в зоне нарушений или даже за пределами устья скважины [3]. Появление подобных грифонов сопровождается образованием кратеров, диаметр которых достигает нескольких метров и даже вторичных грифонов рядом. Грифоны опасны своей непредсказуемостью как во времени, так и по месту появления, труд-

ностью определения причин их возникновения [4].

Грифоны могут возникать в результате природных процессов в пределах нефтегазоносных структур и сети разломов, локальных выходов, обусловленных грязевыми вулканами, сипами и др., а также при продолжительной разгрузке газа из осадков, содержащих газогидраты [5].

В результате поступающая на морскую поверхность нефть образует нефтяные пленки, наблюдения за которыми стало возможным благодаря использованию дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и космической радиолокации, а также современных методов анализа. Космическая радиолокация в настоящее время является основным инструментом оперативного мониторинга состояния поверхности моря благодаря высокой чувствительности радиолокационного (РЛ) сигнала к мелкомасштабному волнению

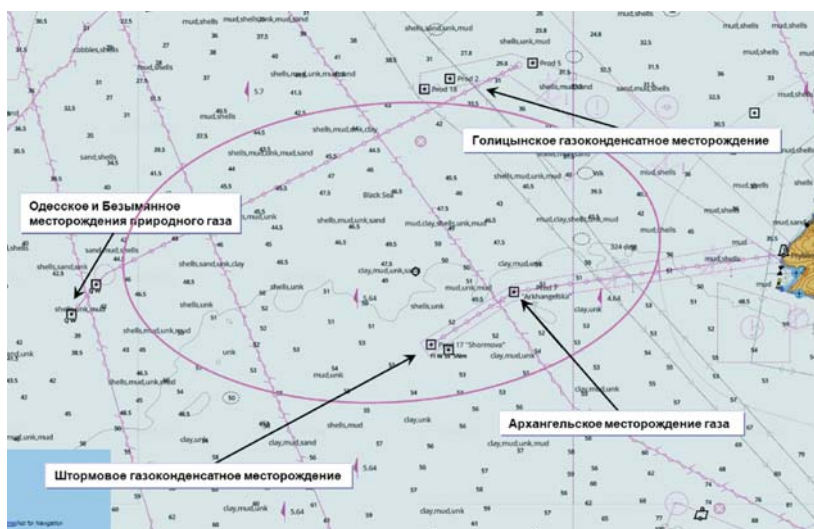


Рис. 1. Район мониторинга (фиолетовый круг) с положением месторождений, морских платформ и газопроводов (<http://fishing-app.gps-nauticalcharts.com>)

Fig. 1. Monitoring area (purple circle) with the positions of the gas fields, offshore platforms and gas pipelines (original map: <http://fishing-app.gpsnauticalcharts.com>)

(шероховатости) поверхности моря. Нефтяные пленки на радиолокационных изображениях (РЛИ) образуют области выглаживания (плёнка нефти выглаживает мелкомасштабные компоненты ветрового волнения) — так называемые слики, которые отображаются на РЛИ тёмным тоном. Этот хорошо известный факт позволяет детектировать и исследовать разливы нефти и нефтепродуктов, естественные нефтепроявления с помощью космической радиолокации [2, 6]. Важно и то, что РЛ-станции с синтезированной апертурой (РСА) обеспечивают высокое пространственное разрешение, позволяющее достаточно точно определять положение и площадь нефтяных пятен.

В 2018 г. на серии космических РЛИ впервые было зарегистриро-

вано появление беспрецедентно большого количества характерных повторяющихся пятен-сликов в северо-западной части Черного моря. В связи с этим идея данной работы заключалась в том, чтобы, главным образом, с помощью данных ДЗЗ РЛ-спутников попытаться установить природу и причины появления этих пятен, а также возможные экологические последствия.

Район исследования

Северо-западная (СЗ) часть Черного моря является уникальной акваторией, она характеризуется мелководностью, значительными объемами речного стока и своеобразным геологическим строением дна. Здесь расположен самый широкий черноморский шельф (шириной до 200–250 км) и

Причерноморско-Крымская нефтегазоносная область (ПКНО), в пределах которой ведётся активная техногенная деятельность, связанная с разработкой морских месторождений газа и газоконденсата.

Местный НГК включает (рис. 1) следующие месторождения (в зоне Каркинитско-Северо-Крымского прогиба):

- "Голицы́нское" газоконденсатное месторождение — первое из открытых в Черном море месторождений НУ. Расположено в 70 км от берега при глубине моря более 30 м. Эксплуатируется с 1983 г., добыча ведется с куста стационарных платформ.

- "Архангельское" месторождение газа расположено в 60 км от берега при глубине около 50 м. Эксплуатируется с 1992 г., добыча ведется с нескольких стационарных платформ. С 2010 г. месторождение дообустраивается. Установлена новая стационарная платформа БК-1, построен подводный газопровод и пробурен ряд дополнительных скважин.

- "Штормовое" газоконденсатное месторождение введено в эксплуатацию в 1993 г. Расположено на расстоянии 70 км от берега на глубине 53 м. Добыча ведется с нескольких стационарных платформ.

- "Одесское" и "Безымянное" месторождения газа и конденсата расположены на расстоянии 155 км от побережья Крыма при глубине моря 37–43 м. Суммарные запасы составляют более 30–40 млрд м³. Эксплуатируются с 2012 г., но готовятся к консервации.

Кроме того, на СЗ шельфе Черного моря хорошо известно такое явление, как газовыделение. Многочисленные выходы газа (ме-

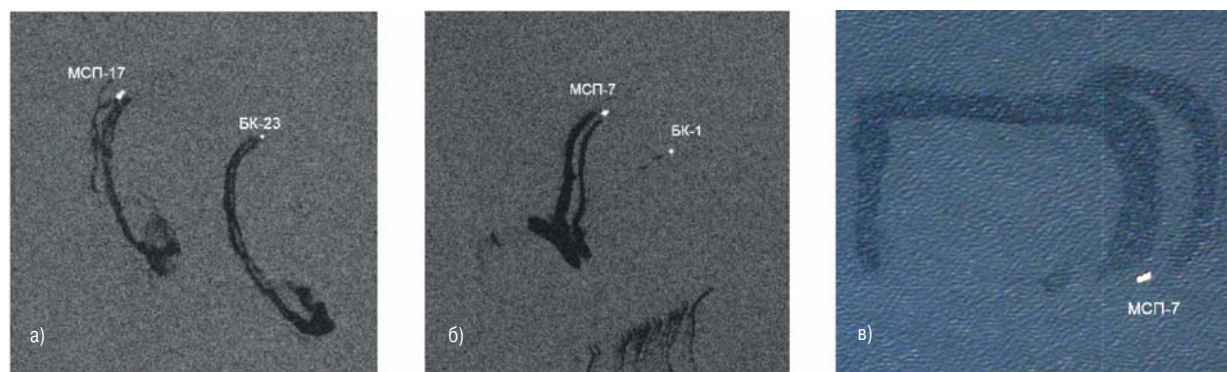


Рис. 2. Разливы НУ у платформ на РЛИ спутника Sentinel-1В от 22.06.2018 (15:43 UTC) (а, б) и на оптическом снимке Sentinel-2В от 29.06.2018 (08:45 UTC) (в):

а – "Штормовое" месторождение; б, в – "Архангельское" месторождение. © ESA

Fig. 2. Oil spills at the production platforms on the Sentinel-1B SAR image on 22.06.2018 (15:43 UTC) (a, b) and the Sentinel-2B optical image on 29.06.2018 (08:45 UTC) (c):

а – "Stormovoye" gas condensate field; b, c – "Arkhangelskoye" gas field. © ESA

тана) здесь были зарегистрированы на эхограммах, полученных во время рейсов научно-исследовательского судна "Профессор Водяницкий" [7]. В настоящее время в море задокументировано более тысячи метановых сипов. Вполне очевидно, что естественная активность нефтегазовыделений определяется геологическим строением морского дна, составом осадков палеодельт рек Днепр и Дунай (мощность до 7–10 км), их миграционными свойствами и рядом других геолого-геофизических факторов [7]. Однако роль естественных нефтегазопроявлений, их вклад и влияние на окружающую среду до сих пор не получили должной оценки.

И, наконец, антропогенный фактор в виде активного судоходства и рыболовства также оказывает значительное влияние на состояние экосистемы этой части моря, что неоднократно отмечалось по результатам исследований.

Данные и результаты анализа

В рамках мониторинга Черного моря в середине весны 2018 г. в северо-западной части моря на РЛИ спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B (режим съемки IWS, разрешение 5×20 м), а также на оптических снимках были обнаружены многочисленные нефтепроявления, пятна которых появились над глубинами 40–50 м (рис. 2–9). Подобные пятна были обнаружены как у добывающих платформ (на месторождениях "Голицынское", "Архангельское" и "Штормовое"), так и на некотором удалении от них.

Обнаруженные пятна были идентифицированы с использованием методов, разработанных в ИО РАН, в частности с помощью геоинформационного (ГИС) подхода [8]. Идентификация обнаруженных сликов проходила по их форме, размерам, контрасту, с учетом сликоподобных явлений иной природы, вовлеченности в поле течений, контекстного окружения, степени повторяемости во времени и пространстве, наличию характерных повторяющихся сигнатур, а также с учетом положения относительно известных или потенциально возможных источников нефтепроявлений (природных или техногенных) [2, 9]. В рамках ГИС-подхода все векторные слои пятен, необходимая и доступная для анализа информация (гидро-

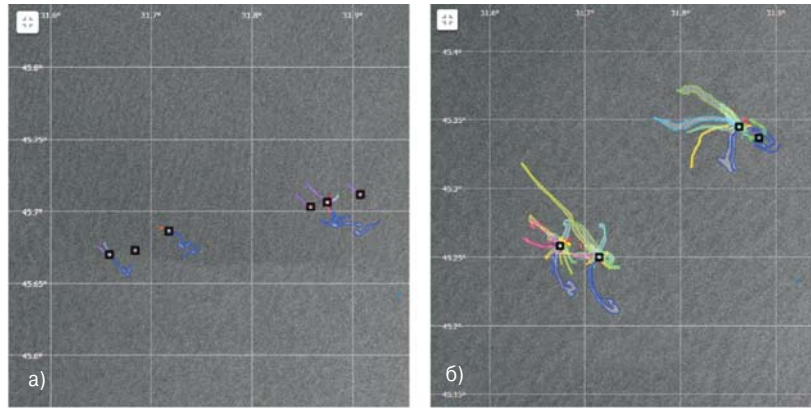


Рис. 3. Интегральные карты распределения пятен НУ у платформ "Голицынского" (а), "Архангельского" и "Штормового" (б) месторождений

Fig. 3. Distribution maps of oil slicks detected at the production platforms at the "Golitsynskoye" (a), "Arkhangelskoye" and "Stormovoye" (b) gas/condensate fields

метеорологическая и геолого-геофизическая) интегрировались в веб-картографическом приложении "Геомиксер", позволяющем проводить совместный интерактивный анализ геопространственных данных.

Первоначально внимание привлекли относительно большие разливы у добывающих платформ, которые отличались своими размерами от разливов, обычно детектируемых у них в прошлые годы. В результате анализа РЛИ, полученных в апреле-июле 2018 г., был установлен неопровержимый факт появления относительно крупных разливов у платформ (рис. 2, а, б), а также других обособленных нефтепроявлений на периферии. Такие разливы были обнаружены на 37 последовательных РЛИ. Помимо РЛИ нефтепроявления у платформ часто наблюдались и на оптических снимках из космоса высокого и среднего разрешения (рис. 2, в).

В итоге сами пятна, их число и площадь у платформ "Голицынского" (площади разливов от 0,05 до 0,6 км²), "Архангельского" и "Штормового" (площади разливов от 1 до 3,5 км²) месторождений (рис. 3) могут говорить о появлении некоего нетипичного и неординарного явления или воздействия.

Дальнейший анализ РЛ-данных показал, что на акватории, ограниченной указанными выше месторождениями, имелись группы характерных сликов, которые располагались на различном удалении от платформ (рис. 4, а, б). На РЛИ они имели характерный для грифонных сликов вид, а именно линейчато-искривленную или крючковидную форму с элементами пространственной повторяемости. Однако главным аргументом в пользу грифонной активности может служить факт повторяемости этих пятен в одних и тех же местах на РЛИ, полученных

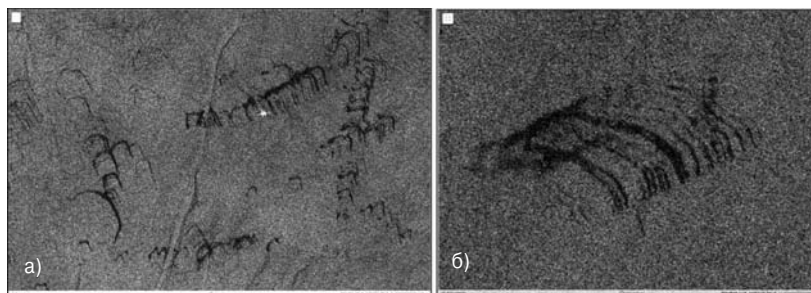


Рис. 4. Фрагменты РЛИ спутника Sentinel-1:

а – от 28.06.2018, на котором отобразилась серия мелких повторяющихся пятен-сликов — нефтепроявлений; б – от 15.05.2018, на котором отобразилась линейчатая структура из пятен-сликов – нефтепроявлений, растекающихся в одном и том же направлении, где характер группировки нефтепроявлений подразумевает их техногенный характер. © ESA

Fig. 4. Sub-scenes of the Sentinel-1 SAR images acquired on: а – 28.06.2018, with a series of small repetitive oil slicks – oil seep manifestations; б – 15.05.2018, with the linear structure of oil slicks spreading in the same direction; the grouping of oil manifestations implies their man-made character. © ESA

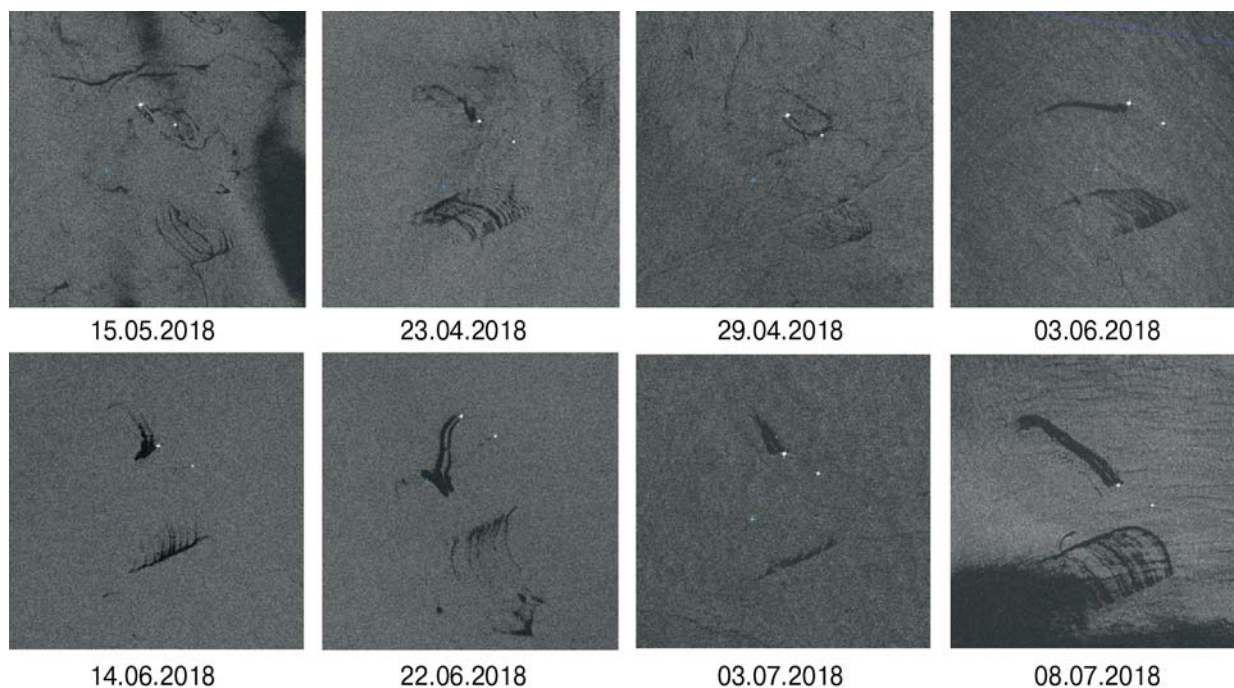


Рис. 5. Фрагменты РЛИ спутников Sentinel-1A/Sentinel-1B на место нефтепроявлений около месторождения "Архангельское" (район нефтепроявлений № 1) в период с 15.05.2018 по 08.07.2018 гг. © ESA

Fig. 5. Sub-scenes of the Sentinel-1A/Sentinel-1B SAR images with oil manifestations acquired over to the "Arkhangelskoye" gas field (manifestation area No. 1) in the period from 15.05.2018 to 08.07.2018. © ESA

за разные дни. Факты образования на поверхности моря многочисленных пленочных slickов однозначно могут говорить о наличии в составе грифонных выбросов жидких НУ [2, 9]. Здесь необходимо отметить, что подобные нефтепроявления (в виде отдельных мелких пятен-сликов) на снимках из космоса наблюдались и ранее — регистрировались на оптических снимках спутника Landsat-8 в 2014 и 2015 гг. [10].

Ретроспективный анализ РЛ-данных показал, что первые при-

знаки усиления грифонной активности на РЛИ были отмечены в середине апреля 2018 г. Затем пятна появлялись с высокой регулярностью — обнаруживались практически на каждом РЛИ при скорости ветра, не превышающей 4–5 м/с. В результате были выявлены три района появления нефтепроявлений, в пределах которых были зафиксированы разливы вблизи платформ, а также упорядоченные кластеры slickов грифонного типа, группирующихся вдоль линий (полос), которые да-

лее разумно называть линеаментами. Вполне очевидно, что нефтепроявления и их группы на поверхности моря как природного, так и техногенного характера могут выступать в качестве индикатора внешнего воздействия и различного рода нарушений осадочных пород в виде разрывов, трещин, складок, областей повышенного или пониженного пластового давления [2, 11].

Первый район нефтепроявлений располагается в 5 км от добывающей платформы на месторождении "Архангельское". На фрагментах РЛИ на район нефтепроявлений № 1 (рис. 5) отобразились разливы жидких НУ около платформ, а также уникальный кластер slickов грифонного происхождения на некотором расстоянии от них.

На рис. 6 показаны фрагменты оптических снимков спутника Sentinel-2, с помощью которых проведен анализ положения slickов-пятен, выстроившихся вдоль линии, располагающейся примерно в 5 км к югу от МСП-7, с учетом направления ветра в районе нефтепроявлений № 1. Линейчатый характер группировки нефтепроявлений позволяет предположить антропогенный источник (предположительно скважины, ассоциированные с месторождением

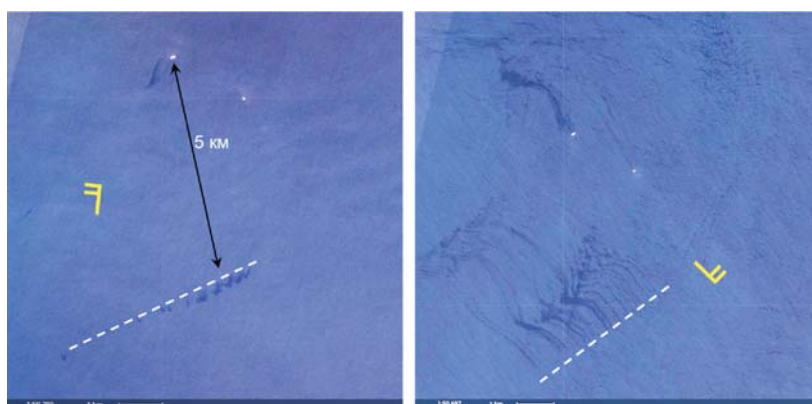


Рис. 6. Разливы у платформ (месторождение "Архангельское") и полоса грифонов вдоль линии на оптических снимках спутника Sentinel-2 от 30.04.2018 (08:46 UTC) и 15.05.2018 (08:46 UTC); направление ветра показано флажками с оперением. © ESA

Fig. 6. Spatial grouping of oil slicks nearby the production platforms ("Arkhangelskoye" gas field) and a linear strip of seep manifestations on the optical Sentinel-2 images on 30.04.2018 (08:46 UTC) and 15.05.2018 (08:46 UTC); wind direction is shown by flags. © ESA

"Крымское", которое в настоящее время законсервировано) [12].

В принципе, для того чтобы проанализировать характер распределения нефтепроявлений в районе № 1 (см. рис. 5) с применением ГИС-подхода, оказалось достаточно трех РЛ-съемок (рис. 7). На рисунке хорошо выделяется полоса простираения длиной около 4,4 км, вдоль которой группируются места всплываний жидких НУ.

Район нефтепроявлений № 2 расположен между месторождениями "Одесское", "Штормовое" и "Архангельское". В его пределах зафиксировано наибольшее количество мелких пятен-сликов, имеющих повторяющуюся крючкообразную форму, что хорошо видно на РЛИ (рис. 8). Их пространственная группировка происходит вдоль линий, простирающихся главным образом с запада на восток (рис. 9, а), которые, как представляется, могут являться подводными геологическими структурами.

Район нефтепроявлений № 3 располагается к юго-западу от месторождения "Голицынское". Благодаря группировке пятен-сликов также визуализируются линии, вдоль которых собираются места образования сликов (всплывтий жидких НУ) (рис. 9, б).

Обобщающая карта выявленных подобным образом структурных линеаментов для СЗ части Черного моря показана на рис. 10.

Сами линеаменты, т.е. линии, выражающиеся через нефтепроявления, а также их положение, могут быть обусловлены рядом причин. Это связано с тем, что геологическая среда постоянно находится в обстановке внешних и внутренних (эндогенных и экзогенных), квазистатических (глобальных и региональных) и динамических (приливы, вращения Земли, тектоника, сейсмическая, техногенное воздействие и т.д.) нагрузок [11, 13]. Однако без привлечения дополнительных данных и информации однозначно судить о причинах возникновения нефтепроявлений грифонного типа и появления их на поверхности моря достаточно проблематично.

Именно для того, чтобы установить причину возникновения подобной активности, были привлечены дополнительные подспутниковые материалы и данные, так или иначе характеризующие район

интереса. В частности, были проанализированы данные о геолого-геофизическом строении СЗ части Черного моря и её нефтегазоносности, сейсмические данные и данные спутниковых систем автоматической идентификации судов (АИС).

Так, данные исследований геолого-геофизического строения СЗ части Черного моря показали, что практически все обнаруженные источники нефтепроявлений располагаются в пределах Каркинитско-Северо-Крымского прогиба, к которому привязан Каркинитский нефтегазогенерационный бассейн (часть ПКНО) и в рамках которого имеются достаточно крупные залежи газа и газоконденсата. Кроме того, здесь имеются специфические условия для появления нефтепроявлений, в частности благодаря активным миграционным процессами [12]. В пределах этого бассейна НУ аккумулируются в меловых, палеоценовых, эоценовых и майкопских песчано-алевритовых и, в меньшей степени, в карбонатных осадках в коллекторах и антиклинальных ловушках [12]. Миграция генерированных здесь НУ (преобладают газовая и конденсатная составляющие), в том числе на дно и в тол-

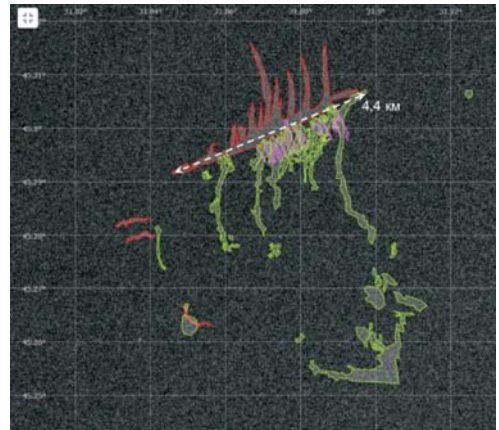


Рис. 7. Пространственная группировка нефтепроявлений в районе № 1 (вероятно скважины месторождения "Крымское", находящегося в консервации)

Fig. 7. Spatial grouping of oil slicks in the area No. 1 (probably the wells of conserved "Krymskoe" gas field)

щущу моря, определяется зонами разломов, прежде всего северо-восточного и субширотного простираения, ограничивающих грабен Штормовой, и повышенной трещиноватостью пород.

Кроме того, в ряде публикаций повышенная сейсмичность той или иной акватории рассматривается как один из факторов, провоцирующих активность подводных источников НУ (см. [2]). Однако, по данным U.S. Geological Survey (USGS), отмечена стандартная

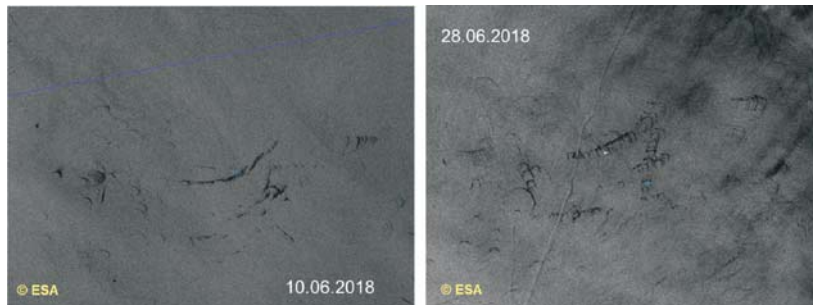


Рис. 8. Нефтепроявления на фрагментах РЛИ спутников Sentinel-1A/Sentinel-1B в центральной части района интереса (район № 2). © ESA

Fig. 8. Oil seep manifestations on the sub-scenes of the Sentinel-1A/Sentinel-1B SAR images in the central part of the region of interest (manifestation area No. 2) © ESA

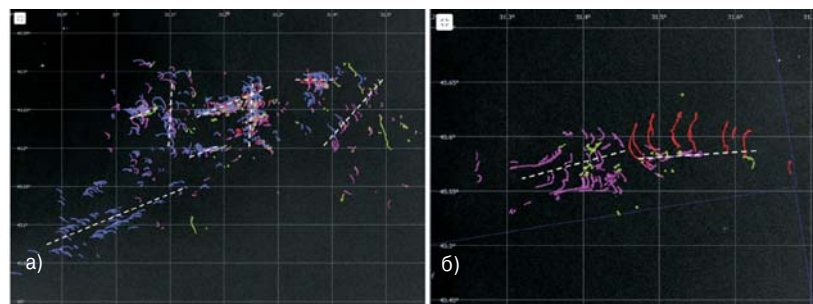


Рис. 9. Пространственная группировка нефтепроявлений в районе № 2 (а) и в районе № 3 (б)

Fig. 9. Spatial grouping of seep slicks in the manifestation area No. 2 (a) and area No. 3 (b)

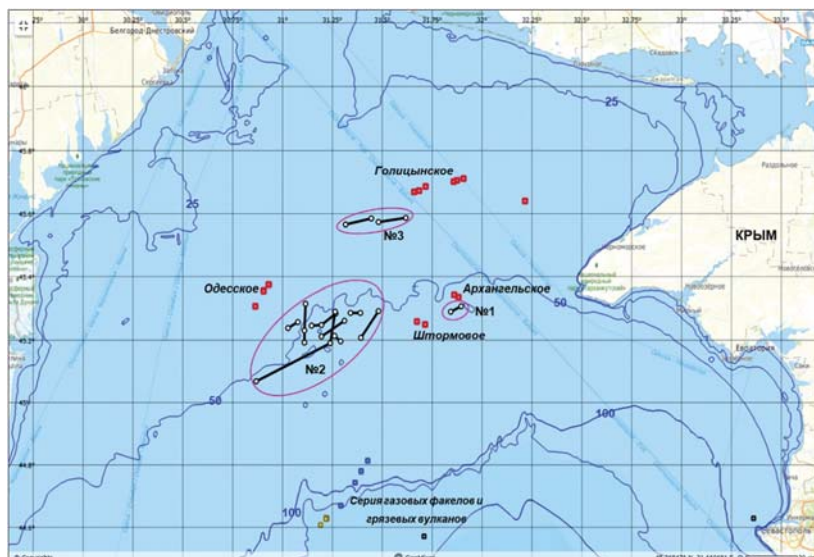


Рис. 10. Структурные линейменты северо-западной части Черного моря, выявленные по данным космической радиолокационной съемки; фиолетовыми эллипсами показаны районы обнаружения нефтепроявлений

Fig. 10. Structural lineaments in the northwestern part of the Black Sea identified on the SAR images acquired from space; purple ellipses show the oil seep manifestation areas with detected seep slicks

сейсмическая активность в Черноморском регионе в период с 1.01.2018 по 30.10.2018 с максимальными землетрясениями 4–4,5 баллов в Греции и Северной Турции. При этом в 2016 и 2017 гг. сейсмический фон был даже несколько выше (землетрясения до 5 баллов и более в северной Турции, Греции, Болгарии, Румынии и даже в самом Черном море), но таких нефтепроявлений на поверхности моря не наблюдалось.

Боле того, с помощью данных АИС (marinetraffic.com) можно проанализировать общую судовую активность в СЗ части моря в 2018 г. (в данной статье не приводится). Её анализ показывает (с разбивкой по типам судов), что самоподъемные плавучие буровые установки (СПБУ) "Таврида", "Сиваш" и "Петр Годованец", специализированные и прочие вспомогательные суда постоянно перемещались по маршруту "Голицынское" — "Одесское" — "Штормовое" — "Архангельское" — "база бурения и обустройства" и некоторое время находились у платформ этих месторождений, что может свидетельствовать в пользу интенсивной техногенной нагрузки на недра, в частности обусловленной обустройством или переоборудованием существующих месторождений, и провоцирования опасных геолого-геофизических процессов в пределах данного морского НГК.

Заключение

Во-первых, в рамках мониторинга северо-западной части Черного моря в первой половине 2018 г. на основе обнаружения большого количества характерных пятен-сликов на поверхности моря на 37 последовательных РЛИ были выявлены признаки усиления грифонной активности. Эти кластеры пятен на основе современных методов анализа были однозначно интерпретированы как нефтепроявления грифонного типа (жидкие фракции газоконденсата). Установлено, что пятна группировались, главным образом, в трех районах СЗ шельфа (рис. 10): один расположен в 5 км к югу от месторождения "Архангельское" (скважины месторождения "Крымское", находящегося в консервации), второй — между месторождениями "Одесское", "Штормовое" и "Архангельское", а третий, в котором подобная активность была незначительной, — к юго-западу от месторождения "Голицынское". В 2011–2017 гг., впрочем, как и в первой половине 2019 г., подобной активности в этом районе моря не наблюдалось.

Во-вторых, одновременно подобные признаки в виде достаточно больших по площади разливов были обнаружены около добывающих платформ, причем разливы подобных размеров ранее (в 2011–2017 гг.) не наблюдались.

Совместный анализ данных ДЗЗ и доступной дополнительной информации показал, что: 1) согласно геолого-геофизическим исследованиям район интереса находится в пределах Каркинитского нефтегазоносного бассейна и обладает развитой флюидодинамической системой, характеризующейся, помимо всего прочего, активными миграционными процессами; 2) сейсмическая обстановка (количество землетрясений и их магнитуда) в пределах всего бассейна Черного моря и на периферии в исследуемый период находилась в пределах нормы и не характеризовалась некими аномальными значениями; 3) данные АИС (анализ которых, в частности, позволяет установить наиболее приоритетные трассы передвижения судов и их тип) показали, что в районе интереса достаточно часто регистрировались специализированные суда, обслуживающие местный НГК. В частности, СПБУ и прочие вспомогательные суда, принадлежащие ГУП РК "Черноморнефтегаз" [14]. Они обслуживали месторождения, с их помощью проводилось их дообустройство, бурение новых скважин, ремонт газопроводов и переоборудование добывающих платформ. Наконец, не следует забывать, что в районах появления нефтепроявлений имеются заглушенные скважины, не давшие положительного результата при бурении [12].

Боле того, хорошо известно, что техногенные факторы, способные спровоцировать грифонную активность на месторождениях нефти и газа, проявляют себя по-разному в зависимости от стадии разработки месторождения, давления пластовых флюидов, состава и надежности флюидопоров, количества и режимов техногенного воздействия на пласты, состояния скважин и т.п. причин [3, 4]. Значение техногенных нагрузок на недра месторождения нарастает от начальных к поздним стадиям его разработки, особенности которых рассмотрены в [15]. Как показывает реальность, аварийные выбросы пластовых флюидов наиболее характерны не для новых, а для долго разрабатываемых или аварийных месторождений нефти и газа. А в связи с обнаружением грифонной активности необходима разработка системы спутникового мониторинга северо-западной части

Черного моря — как одного из необходимых элементов безопасной разработки морских месторождений нефти и газа.

В связи с вышесказанным представляется, что главной

причиной усиления грифонной активности с очень большой вероятностью можно считать техногенное воздействие на недра СЗ части Черного моря. На фоне спокойной сейсмической и

предшествующей флюидодинамической обстановки только интенсивное техногенное воздействие могло спровоцировать усиление наблюдаемой в РЛ-данных грифонной активности.

Работа проведена в рамках государственного задания Министерства науки и образования России (тема № 0149-2019-0003).

Литература

1. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М., Изд-во ВНИРО, 2001. 247 с.
2. Иванов А.Ю., Голубов Б.Н., Затыгалова В.В. О нефтегазонасности и разгрузке подземных флюидов в южной части Каспийского моря по данным космической радиолокации. Исслед. Земли из космоса. 2007. № 2. С. 62–81.
3. Предеин А.П. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин. Пермь, Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. 381 с.
4. Хаустов А.П., Редина М.М. Чрезвычайные ситуации и экологическая безопасность в нефтегазовом комплексе. М., Изд-во ГЕОС, 2009. 456 с.
5. Бондур В.Г. Аэрокосмический мониторинг нефтегазонасности территорий и объектов нефтегазового комплекса. Реальности и перспективы. В кн. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. Под ред. В.Г. Бондура. М., Научный мир, 2012. С. 15–37.
6. Иванов А.Ю. Слик и пленочные образования на космических радиолокационных изображениях. Исслед. Земли из космоса. 2007. № 3. С. 73–96.
7. Шнюков Е.Ф., Янко В.В. Газотдача дна Черного моря: геолого-поисковое, экологическое и навигационное значение. Вісник ОНУ. Сер. Географічні та геологічні науки. 2014. Т. 19. Вип. 4. С. 225–241.
8. Иванов А.Ю., Затыгалова В.В. Картографирование пленочных загрязнений моря с использованием космической радиолокации и географических информационных систем. Исслед. Земли из космоса. 2007. № 6. С. 46–63.
9. Иванов А.Ю., Кучейко А.А., Филимонова Н.А. и др. Пространственно-временное распределение пленочных загрязнений в Черном и Каспийском морях по данным космической радиолокации: сравнительный анализ. Исслед. Земли из космоса. 2017. № 2. С. 13–25.
10. Иванов А.Ю., Кучейко А.Ю., Евтушенко Н.В. и др. Естественные нефтепроявления в крымских водах Черного моря по данным радиолокационного дистанционного зондирования. Тез. 15-й Всеросс. отк. конф. "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13–17 ноября 2017. М., ИКИ РАН. С. 254.
11. Космическая информация в геологии. Под ред. В.Г. Трифонова, В.И. Макарова, Ю.Г. Сафонова и П.В. Флоренского. М., Наука, 1983. 536 с.
12. Глумов И.Ф., Гулев В.Л., Сенин Б.В., Карнаухова С.М. Региональная геология и перспективы нефтегазонасности Черноморской глубоководной впадины и прилегающих шельфовых зон. Под ред. Б.В. Сенина. Ч. 1, 2. М., Изд. дом "Недра", 2014. 460 с.
13. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Физическая природа линейментов, регистрируемых на космических изображениях при мониторинге сейсмоопасных территорий. Сб. науч. статей ИКИ РАН "Современные проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса". 2006. Т. 2. Вып. 3. С. 177–183.
14. Черноморнефтегаз, 2019: Наша операционная деятельность онлайн. Официальный сайт ГУП РК «Черноморнефтегаз». [Электронный ресурс] URL: <http://gas.crimea.ru/map/23-novosti/69-karta> (дата обращения 25.05.2019).
15. Бухаришин П., Голубов Б., Иванов А. Особенности гидрологии и строения недр морских месторождений Каспия. Методы прогноза и мониторинга выбросов пластовых флюидов в условиях экспансии морской нефтегазодобычи. Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, 2016. 110 с.

References

1. Patin S.A. Nef' i ekologiya kontinental'nogo shel'fa. M., Izd-vo VNIRO, 2001. 247 s.
2. Ivanov A.Yu., Golubov B.N., Zatyagalova V.V. O neftegazonosnosti i razgruzke podzemnykh flyuidov v yuzhnoi chasti Kaspiskogo morya po dannym kosmicheskoi radiolokatsii. Issled. Zemli iz kosmosa. 2007. № 2. С. 62–81.
3. Predein A.P. Oslozhneniya i avarii pri stroitel'stve neftyanykh i gazovykh skvazhin. Perm', Izd-vo Perm. nats. issled. politekhn. un-ta, 2014. 381 s.
4. Khaustov A.P., Redina M.M. Chrezvychaynye situatsii i ekologicheskaya bezopasnost' v neftegazovom komplekse. M., Izd-vo GEOS, 2009. 456 s.
5. Bondur V.G. Aerokosmicheskii monitoring neftegazonosnykh territorii i ob'ektov neftegazovogo kompleksa. Real'nosti i perspektivy. V kn. Aerokosmicheskii monitoring ob'ektov neftegazovogo kompleksa. Pod red. V.G. Bondura. M., Nauchnyi mir, 2012. S. 15–37.
6. Ivanov A.Yu. Sliki i plenochnye obrazovaniya na kosmicheskikh radiolokatsionnykh izobrazheniyakh. Issled. Zemli iz kosmosa. 2007. № 3. S. 73–96.
7. Shnyukov E.F., Yanko V.V. Gazoatdacha dna Chernogo morya: geologo-poiskovoe, ekologicheskoe i navigatsionnoe znachenie. Visnik ONU. Ser. Geografichni ta geologichni nauki. 2014. T. 19. Vyp. 4. S. 225–241.
8. Ivanov A.Yu., Zatyagalova V.V. Kartografirovaniye plenochnykh zagryazneniy morya s ispol'zovaniem kosmicheskoi radiolokatsii i geograficheskikh informatsionnykh sistem. Issled. Zemli iz kosmosa. 2007. № 6. С. 46–63.
9. Ivanov A.Yu., Kucheiko A.A., Filimonova N.A. i dr. Prostranstvenno-vremennoe raspredeleniye plenochnykh zagryazneniy v Chernom i Kaspiiskom moryakh po dannym kosmicheskoi radiolokatsii: sravnitel'nyi analiz. Issled. Zemli iz kosmosa. 2017. № 2. S. 13–25.
10. Ivanov A.Yu., Kucheiko A.Yu., Evtushenko N.V. i dr. Estestvennyye nefteproyavleniya v krymskikh vodakh Chernogo morya po dannym radiolokatsionnogo distantsionnogo zondirovaniya. Tez. 15-i Vseross. otkr. konf. "Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa". 13–17 noyabrya 2017. M., IKI RAN. S. 254.
11. Kosmicheskaya informatsiya v geologii. Pod red. V.G. Trifonova, V.I. Makarova, Yu.G. Safonova i P.V. Florenskogo. M., Nauka, 1983. 536 s.
12. Glumov I.F., Gulev V.L., Senin B.V., Karnaukhov S.M. Regional'naya geologiya i perspektivy neftegazonosnosti Chernomorskoj glubokovodnoi vpadiny i prilgayushchikh shel'fovyykh zon. Pod red. B.V. Senina. Ch. 1, 2. M., Izd. dom "Nedra", 2014. 460 s.
13. Bondur V.G., Zverev A.T. Fizicheskaya priroda lineamentov, registriruemykh na kosmicheskikh izobrazheniyakh pri monitoringe seismoopasnykh territorii. Sb. nauch. statei IKI RAN "Sovremennyye problemy distants. zondirovaniya Zemli iz kosmosa". 2006. T. 2. Vyp. 3. S. 177–183.
14. Chernomorneftegaz, 2019: Nasha operatsionnaya deyatel'nost' onlain. Ofitsial'nyi sait GUP RK «Chernomorneftegaz». [Elektronnyi resurs] URL: <http://gas.crimea.ru/map/23-novosti/69-karta> (data obrashcheniya 25.05.2019).
15. Bukharitsin P., Golubov B., Ivanov A. Osobennosti gidrologii i stroeniya neдр morskikh mestorozhdenii Kaspiya. Metody prognoza i monitoringa vybrosov plastovykh flyuidov v usloviyakh ekspansii morskoi neftegazodobychi. Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, 2016. 110 s.

А. Ю. Иванов – вед. науч. сотрудник, канд. физ.-мат. наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997 Россия, г. Москва, Нахимовский проспект 36, e-mail: ivanoff@ocean.ru • Е.Р. Матросова – стажер-исследователь, Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС", 105064 Россия, г. Москва, Горьковский пер. 4, e-mail: ematrosova95@gmail.com

A.Yu. Ivanov – Cand. Sci. (Phys.-math.), Leading Research Fellow Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences, 117997 Russia, Moscow, Nakhimovskiy prospect 36, e-mail: ivanoff@ocean.ru • E.R. Matrosova – Intern Researcher, "AEROKOSMOS" Research Institute for Aerospace Monitoring, 105064 Russia, Moscow, Gorokhovskiy lane 4, e-mail: ematrosova95@gmail.com