

А.Ю. Иванов<sup>1</sup>, А.Ю. Кучейко<sup>2</sup>, Н.В. Евтушенко<sup>3</sup>, Н.В. Терлеева<sup>1</sup>, Н.А. Филимонова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, <sup>2</sup>ООО РИСКСАТ, <sup>3</sup>ГК «СКАНЭКС»

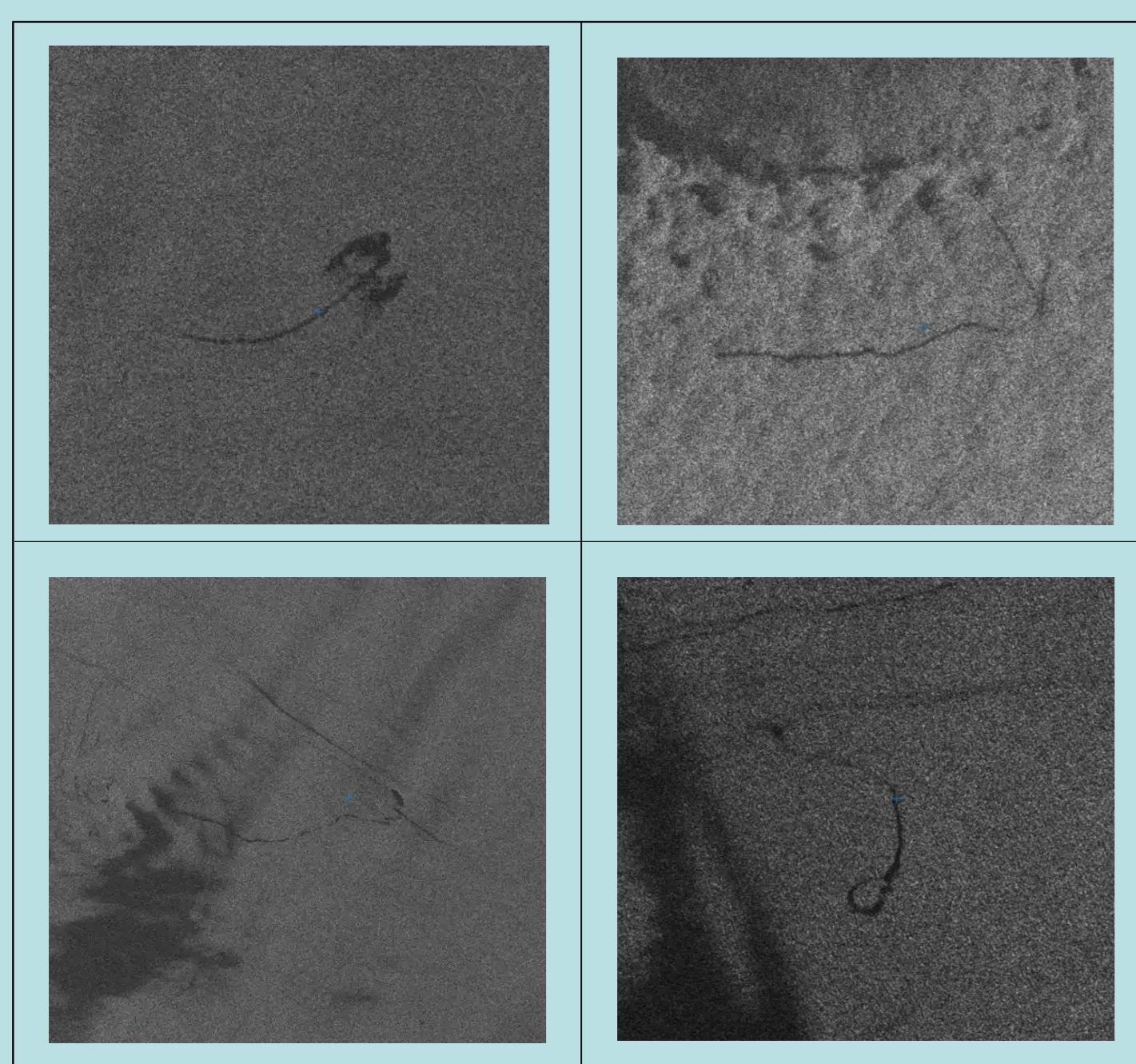


Рис. 1. Линейчатые пятна-слики, обнаруженные в одном и том же месте на фрагментах радиолокационных изображений спутника Sentinel-1A: 11.04.2015, 5.11.2015, 23.05.2016 и 27.05.2016. © ESA



Рис. 4. Грязевые вулканы на тектонической схеме Прикерченского участка крымского шельфа (составлена с использованием данных ПГО «Укргеофизика», 2009). Грязевые вулканы: 1 – Митина, 2 – ОМГОР, 3 – Науменко; звездочки – грязевые вулканы, выявленные геофизическими методами [7].

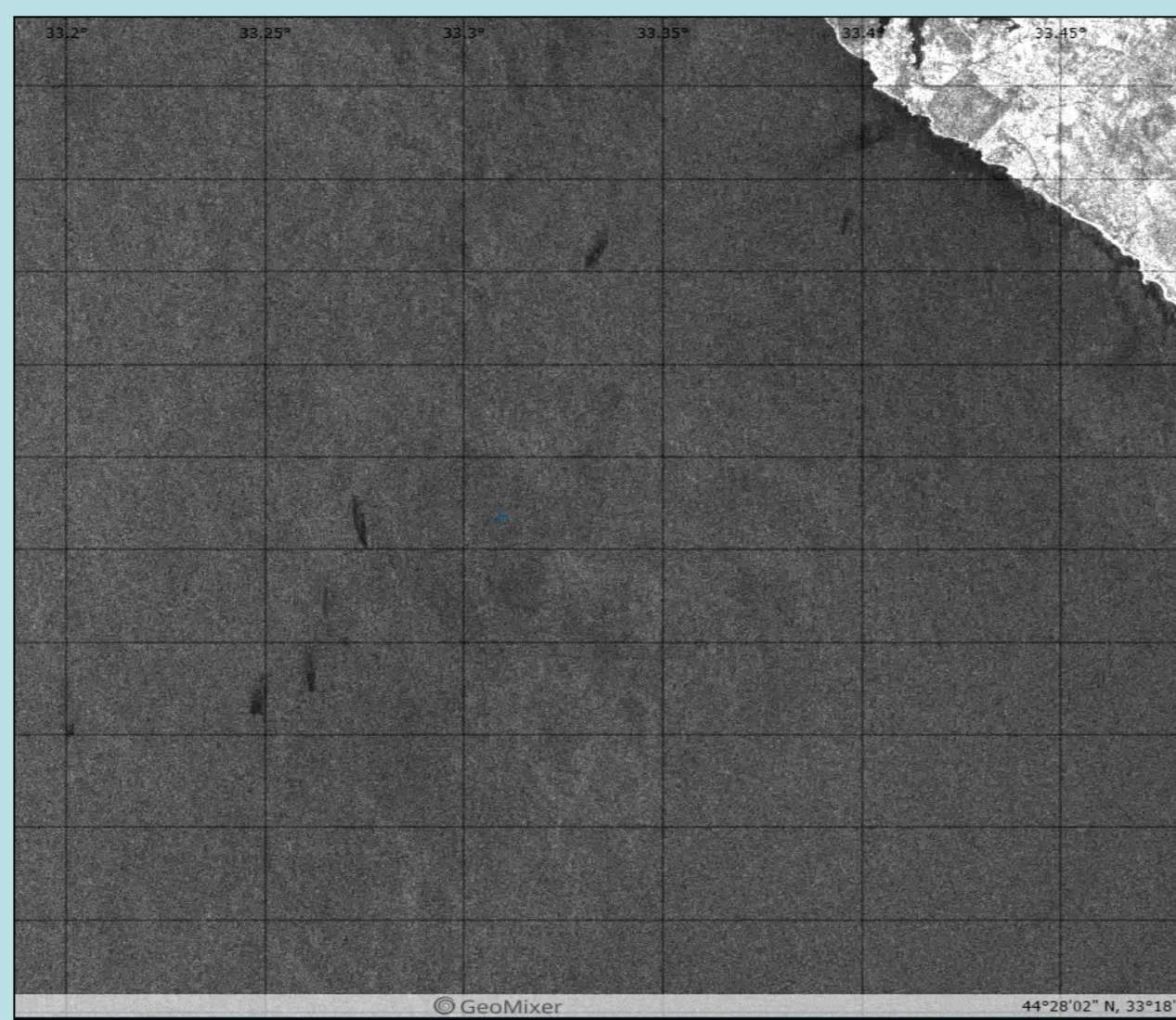


Рис. 5. Группа повторяющихся пятен-сликов к ЮЗ от г. Севастополь на РЛИ спутника Sentinel-1A от 25.10.2015. © ESA

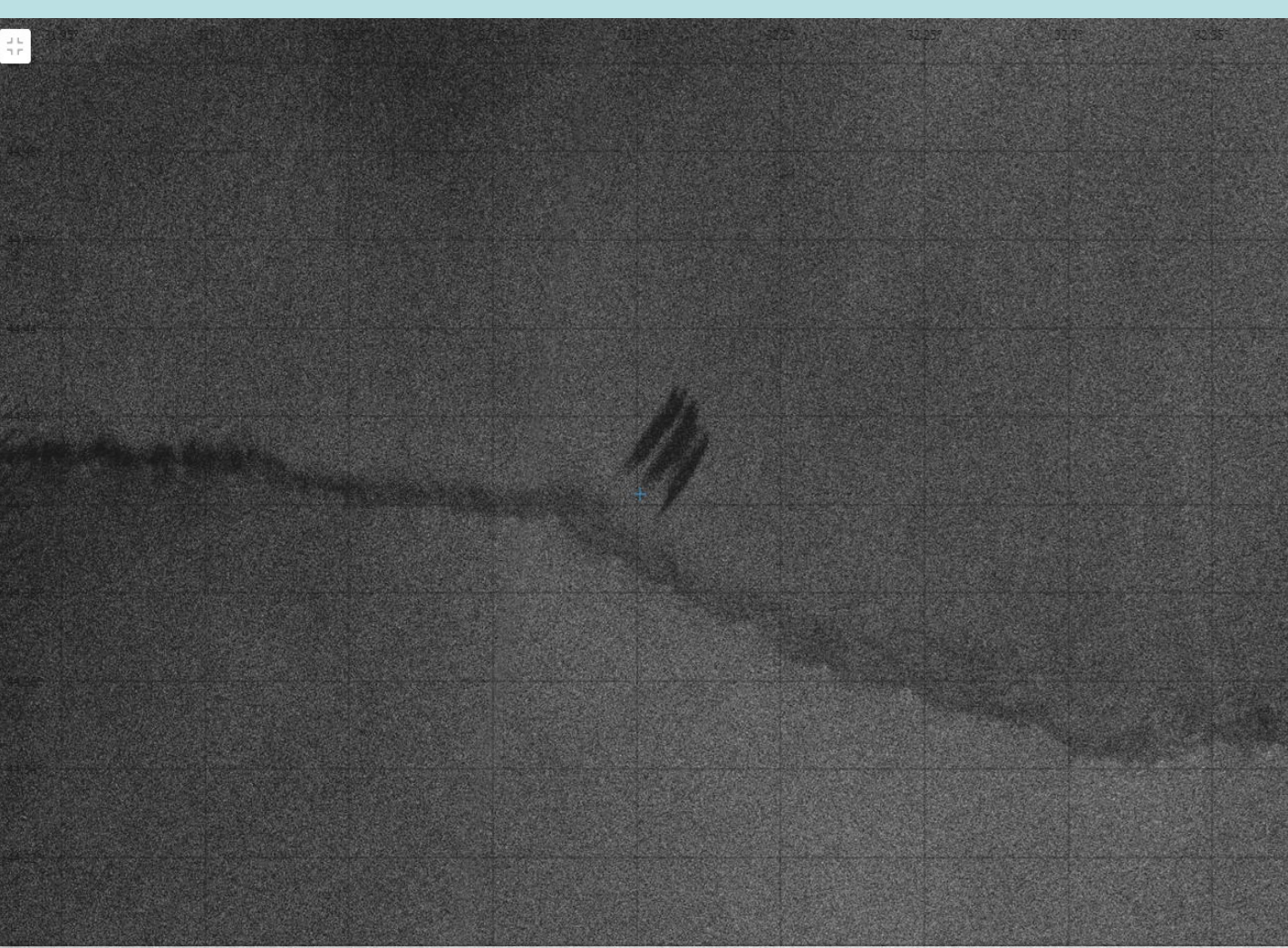


Рис. 6. Фрагмент РЛИ Sentinel-1B от 14.06.2017 на северо-западную часть Черного моря, на котором отобразилась группа вероятных нефтепроявлений. Подобная повторяемость сликов-пятен может говорить об одномоментной разгрузке газа и нефти из ряда близкорасположенных подводных источников на дне (глубина моря > 1000 м). © ESA

Приводятся результаты наблюдения грифонной активности в водах Черного моря, прилегающих к п-ову Крым, исключительно по данным спутникового радиолокационного (РЛ) зондирования. РЛ-сигнатуры, обнаруженные на радиолокационных изображениях (РЛИ) европейских спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B, были собраны веб-ГИС приложении «Геомиксер» и проанализированы, а результаты обобщены. Анализ с помощью геоинформационного (ГИС) подхода показал, что ряд этих пятен являются естественными нефтепроявлениями или выходами легких фракций нефти на поверхность моря из природных источников на дне. Нефтепроявления обнаружены в трех районах крымских вод Черного моря: над Прикерченским и Присевастопольским участками шельфа/континентального склона и над СЗ мелководным шельфом, а также в Азовском море. Они привязаны к различным эруптивным структурам на морском дне, а их активность и периодичность появления может быть обусловлена совокупностью геологических, геофизических и антропогенных факторов.

**ВВЕДЕНИЕ:** В общем случае, нефтегазовыделения обусловлены процессами миграции через слои донных осадков газообразных, жидких, а также растворенных форм углеводородов (УГ). Там, где возникают условия для подъема потоков УГ к поверхности морского дна, образуются очаги разгрузки – сипы, грифоны и т.п. эруптивные образования с нефтегазовыделениями в форме струй газовых пузырьков с включением капель нефти [1]. Традиционные судовые способы изучения нефтегазовыделений с использованием подводных аппаратов и ТВ камер ограничиваются лишь наблюдениями отдельных струй в пределах доступных глубин. Данные, получаемые в результате таких исследований часто фрагментарны и несопоставимы в методическом отношении, поэтому ощущается потребность в оценках потоков УГ на больших площадях, как на шельфе, так и в глубоководных районах. Заметим, что большим потенциалом для картирования очагов разгрузки УГ и изучения нефтегазовыделений обладает гидроакустическое зондирование, позволяющее детектировать звуко рассеивающие объекты в водной толще в непрерывном режиме.

С другой стороны, подводные выходы нефти можно изучать методами ДЗЗ. Методика обнаружения и анализа базируется на ГИС-подходе [2], который подразумевает сбор и анализ в специализированной ГИС всех пятен-сликов, обнаруженных на совокупности РЛИ морской поверхности. Постоянная пространственно-временная группировка пятен нефтепроявлений в том или ином месте однозначно будет указывать на наличие подводного источника на дне [3-5]. В рамках ГИС-подхода в приложении «Геомиксер» был создан специальный проект, который был дополнен геолого-геофизическими данными из [6-8]. В настоящей работе, исключительно по данным спутникового РЛ-зондирования получены данные о естественных нефтепроявлениях (выходах нефти на поверхность моря) в крымских водах Черного моря. Они, очевидно, обусловлены различными геолого-геофизическими процессами и подводными источниками, находящимися на дне. Рассмотрим различные участки шельфа и континентального склона Черного моря, примыкающие к п-ову Крым, где они и были обнаружены.

**Прикерченский участок крымского шельфа.** В 2015 и 2016 гг. при анализе результатов мониторинга Черного моря в российском секторе моря у побережья п-ова Крым (в 13 км от м. Карангат и в 16,5 км от м. Опук) на поверхности моря были обнаружены пятна-слики, проинтерпретированные как естественные нефтепроявления (рис. 1, 2). Пятна были обнаружены на 9 последовательных РЛИ европейского спутника Sentinel-1A; затем подобные пятна здесь были обнаружены и в 2017 г. В результате анализа была создана интегральная карта (рис. 3), которая достаточно хорошо совпала с картой с результатами геолого-геофизических исследований (рис. 4).

**Присевастопольский шельф и континентальный склон.** Еще один район грифонной активности возможно располагается на присевастопольском шельфе и континентальном склоне Черного моря. Здесь (в 20-30 км к ЮЗ от г. Севастополь) на ряде РЛИ обнаружены группы пятен, характерных для естественных нефтепроявлений (рис. 5). Впервые они были отмечены на РЛИ от 25.10.2015, а затем повторно в том же месте - 6.11.2015, 9.05.2017 и 28.06.2017. Эти нефтепроявления были обнаружены над глубинами от 200 до 600 м, что говорит об положении их источников на континентальном склоне. На картах из [1, 6] примерно в этом месте отмечены нефтепроявления, обнаруженные ранее. Тем не менее, хотя эти пятна и могут являться признаками грифонной активности СЗ части Черного моря, появляются они на поверхности крайне нерегулярно. Более того, в СЗ части моря заработали и прежде неизвестные по данным ДЗЗ и геофизики источники нефти (рис. 6).

**Северо-западный шельф и Азовское море.** Кроме этого, появились признаки усиления грифонной активности на мелководном СЗ шельфе Черного моря и в Азовском море. Речь идет о хорошо известных подводных источниках газа, расположенных к западу от п-ова Крым. Здесь, как на РЛИ, так и на оптических снимках, эпизодически появлялись сигнатуры, которые по совокупности признаков, могут быть также отнесены к нефтепроявлениям (рис. 7). Подобные пятна эпизодически появлялись и в Азовском море (рис. 8).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** По данным космической радиолокационной съемки в прибрежной зоне Крыма и мористее её в Черном море обнаружено большое количество мелких нефтепроявлений, которые однозначно связаны с активными геологическими структурами эруптивного действия на морском дне, среди них – действующие грифоны, сипы и даже грязевые вулканы. СЗ шельф моря наиболее известный район подобной активности. При благоприятных ГМУ пятна на поверхности моря в прибрежной зоне моря снимках из космоса здесь наблюдаются скорее эпизодически, чем периодически, что, тем не менее, не мешает отметить признаки усиления грифонной активности в 2015-2016 гг. В Азовском море также «зафонили» отдельные источники на дне особенно в прибрежной зоне моря, примыкающей к п-ову Крым и ЮВ побережью. Причина появления пятен в данных ДЗЗ, а точнее причина того, почему подводные источники на дне Черного моря стали более активно выбрасывать нефть, заслуживает более детального изучения. Для этого необходимо провести привязку источников обнаруженных на РЛИ к структурным элементам дна, исследовать особенности современной геодинамической активности, а также учесть нарастание техногенных нагрузок на недра этих морских регионов.

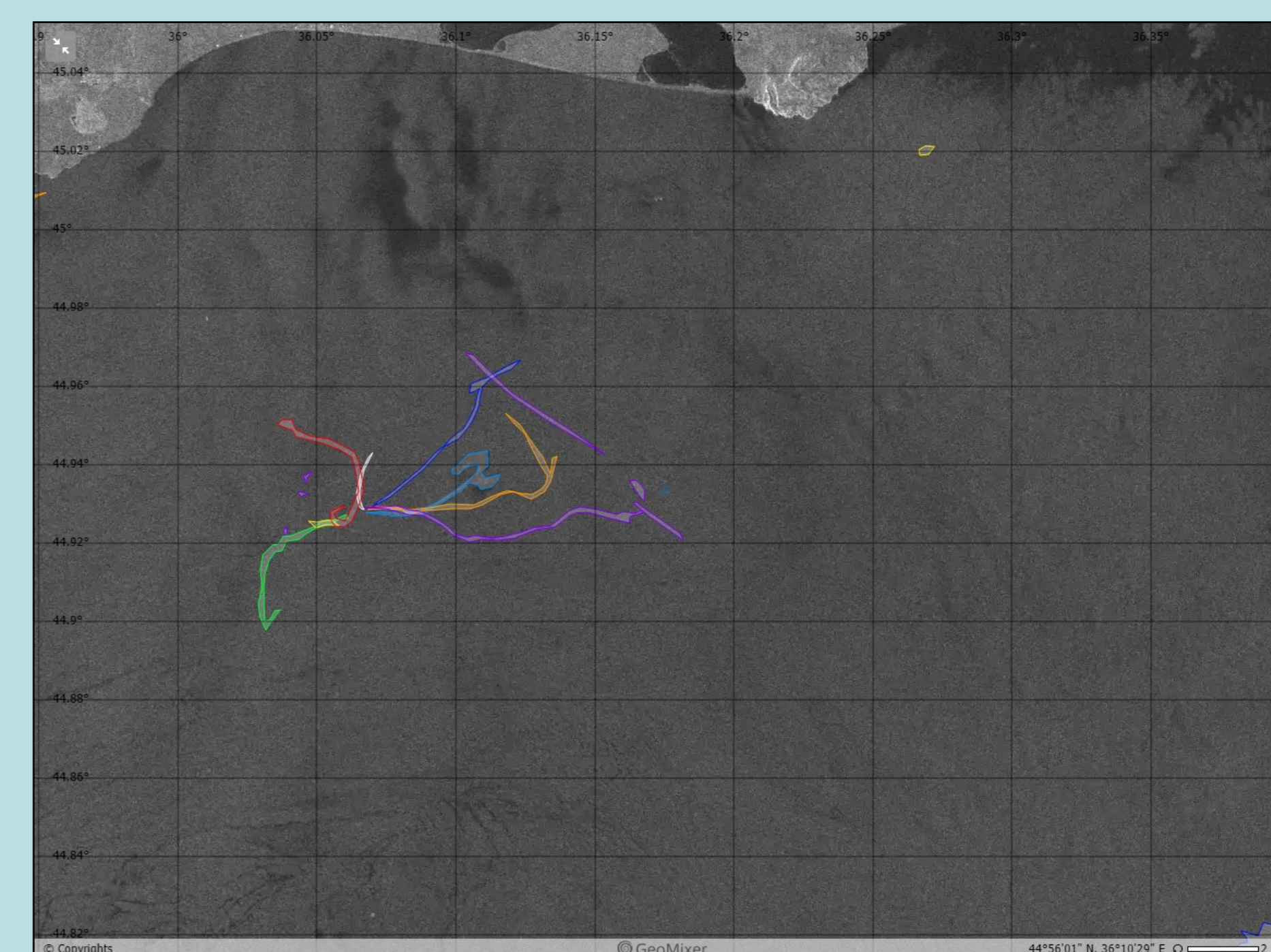


Рис. 2. Пространственная группировка пятен, обнаруженных на РЛИ спутника Sentinel-1A в 2015-2016 гг.: 11.04.2015 – голубой, 2.09.2015 – белый, 19.10.2015 – зеленый, 5.11.2015 – фиолетовый, 24.11.2015 – желтый, 5.04.2016 – синий, 23.05.2016 – коричневый, 27.05.2016 – красный. Подобная группировка сликов-пятен однозначно говорит о наличии подводного источника нефтепроявлений на дне. © ESA, СКАНЭКС

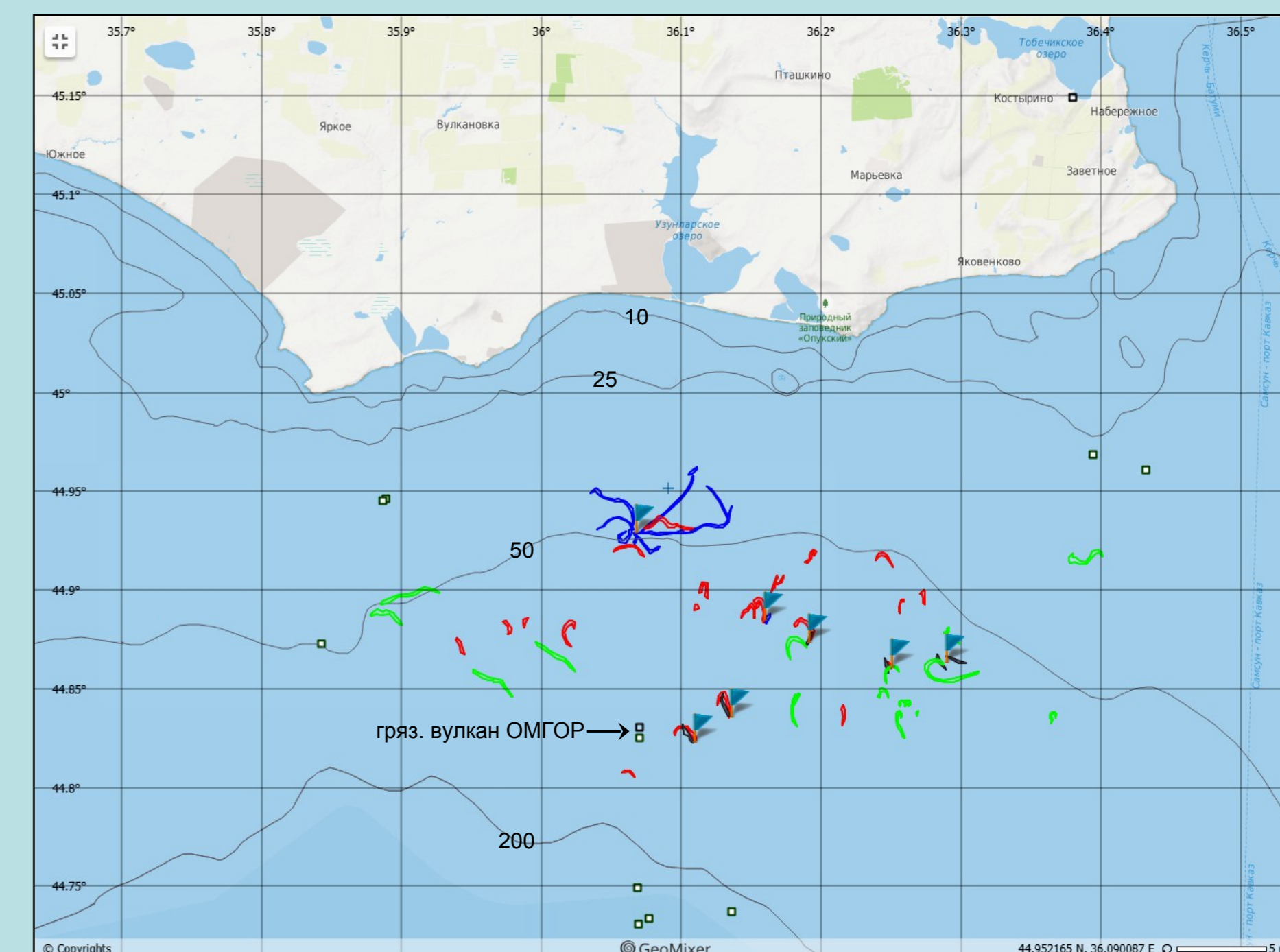


Рис. 3. Интегральная карта, иллюстрирующая пространственно-временную группировку пятен-сликов, обнаруженных на РЛИ Sentinel-1A и Sentinel-1B в 2016 и 2017 гг. на морской поверхности Прикерченского участка крымского шельфа; флажками отмечены те пятна, которые пространственно совпали хотя бы два раза.



Рис. 7. Скопления мелких повторяющихся пятен-сликов – вероятных грифонных проявлений в мелководной северо-западной части Черного моря (показаны красными кругами) на фрагментах оптических снимков Landsat-8. © USGS



Рис. 8. Мелкие повторяющиеся пятна-слики – вероятные грифонные проявления у юго-восточного побережья Азовского моря на РЛИ спутника Sentinel-1A. © ESA

#### Литература:

- Judd A., Hovland M. Seabed fluid flow: The impact on geology, biology and the marine environment. Cambridge University Press, 2007.
- Иванов А.Ю., Затягалова В.В. Картографирование пленочных загрязнений моря с использованием космической радиолокации и географических информационных систем // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 6. С. 46–63.
- Иванов А.Ю., Голубов Б.Н., Затягалова В.В. О нефтегазоносности и разгрузке подземных флюидов в южной части Каспийского моря по данным космической радиолокации // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 2. С. 62–81.
- Евтушенко Н.В., Иванов А.Ю. Нефтепроявления в юго-восточной части Черного моря по данным космической радиолокации // Исслед. Земли из космоса. 2012. № 3. С. 24–30.
- 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.
- Круглякова Р.П., Круглякова М.В., Щевцова Н.Т. Геолого-геохимическая характеристика естественных проявлений углеводородов в Черном море // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. № 1. С. 37–51.
- Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Любичкий А.А. и др. Грязевые вулканы на Прикерченском участке шельфа и материкового склона Черного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. № 3. С. 28–36.
- Грязевые вулканы Черного моря (каталог) / Под ред. Е.Ф. Шнюкова. Киев: ГНУ ОМГОР, 2014.

**Благодарности.** Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-50-00095), предоставленного Институту океанологии им. П.П. Ширшова РАН.