

Рис. 1. Примеры антропогенных пленочных загрязнений на РЛИ: а) крупный судовой разлив на рейдовой стоянке в Черном море 09.03.20; б) судовой разлив на основной судоходной трассе 16.09.19; в) техногенные пленочные загрязнения у Крымского моста 19.02.19. © ESA

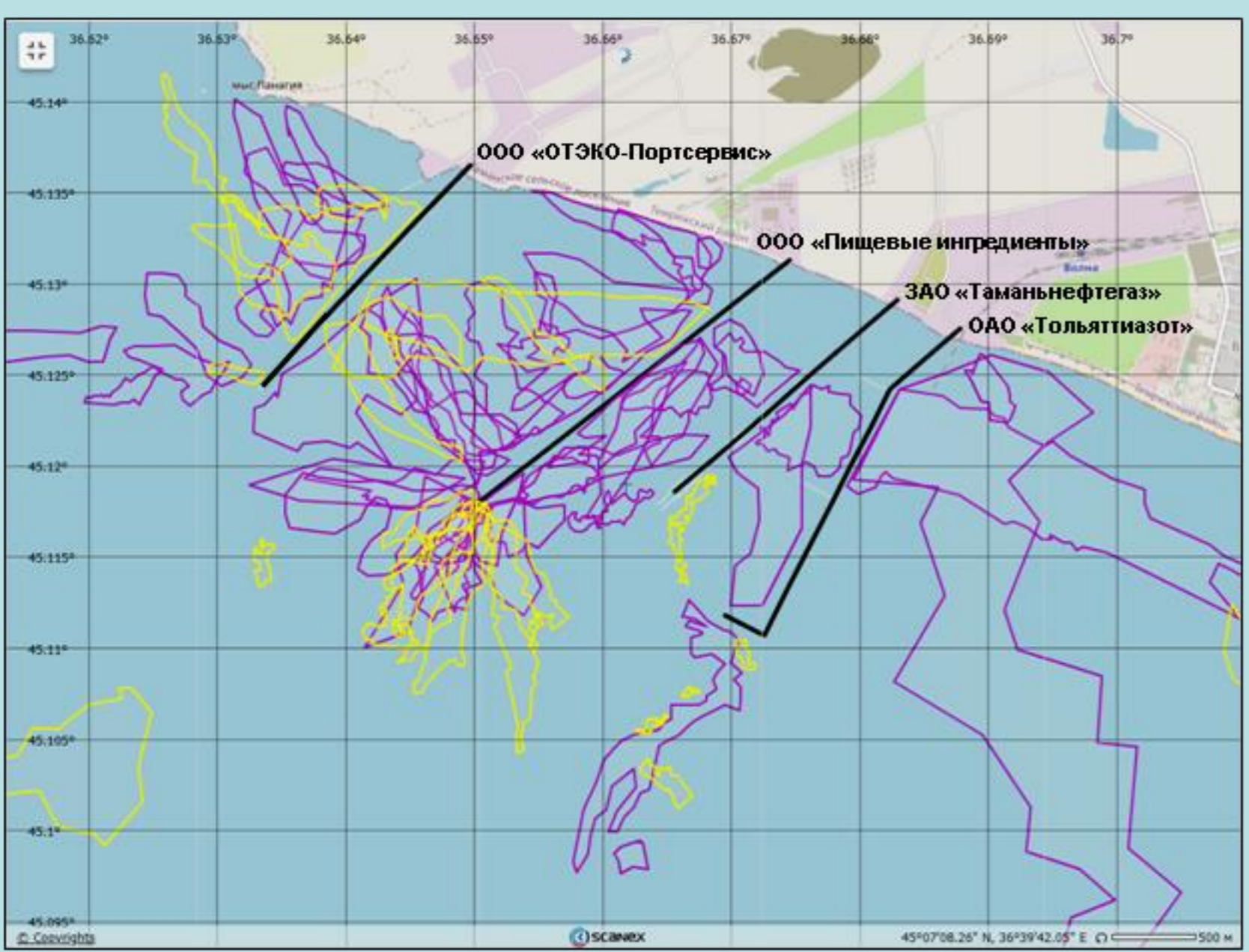


Рис. 4. Карта-схема пленочных загрязнений в акватории причального комплекса Тамань по данным радиолокационного мониторинга 2020-2021 гг.

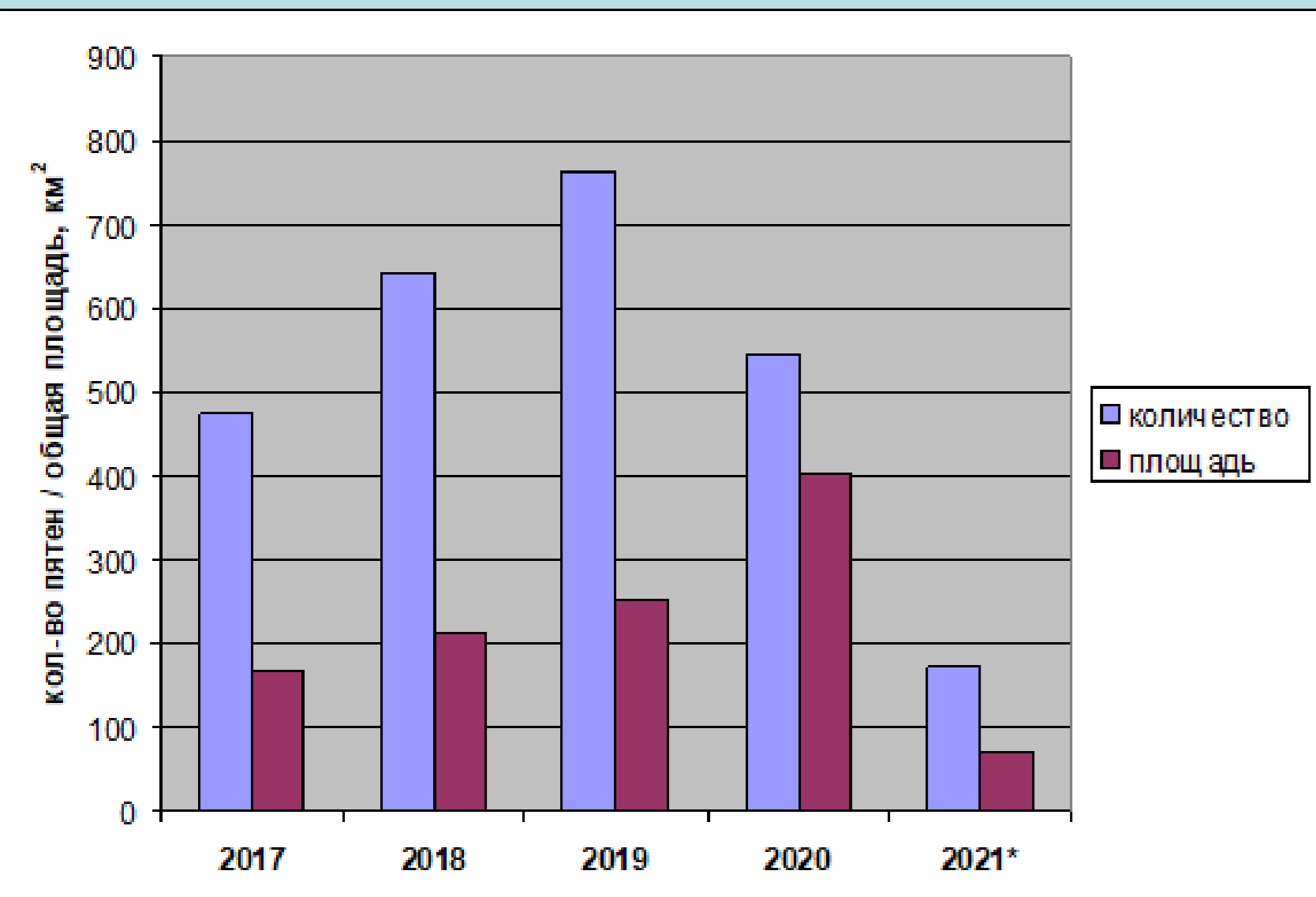


Рис. 7. Результаты радиолокационного мониторинга пленочных загрязнений Керченского пролива и прилегающих акваторий в период с января 2017 по июль 2021 г.

Анализируются результаты 5-летнего мониторинга пленочных загрязнений Керченского пролива и его предпроливья. Для мониторинга использовались радиолокационные изображения (РЛИ) европейских спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B, как оперативные, так и архивные, представляющие собой ценный материал для поиска, обнаружения и изучения характера пленочных загрязнений, образованных нефтью, нефтепродуктами и прочими маслянистыми веществами, через наблюдение их пятен на поверхности моря. В ходе мониторинга было обнаружено 2485 пятен пленочных загрязнений общей площадью 1090 км² на 460 РЛИ. Установлены основные источники загрязнения, в порядке убывания это: рейдовые перегрузочные районы (РПР) в проливе и предпроливье, порт Тамань с его причальным комплексом и рейдовые/якорные стоянки в Азовском и Черном морях. Кроме того, обнаружены места естественных нефтепроявлений в проливе и на прилегающем шельфе, создающие свой нефтеуглеродный фон, который также необходимо учитывать. В результате мониторинга выявлена тенденция к общему снижению количества пленочных загрязнений, несмотря на их рост в предшествующие годы (2016-2019 гг.). Мониторинг пленочных загрязнений 2017-2021 гг. с использованием космической радиолокации, ГИС-подхода, инструментов и возможностей портала «Геомиксер», показал свою высокую эффективность, в том числе для задач оперативного и ретроспективного анализа спутниковых данных. Благодаря такому подходу можно получить крайне интересную информацию о состоянии загрязнения акваторий Мирового океана и сделать выводы о текущих тенденциях.

Активное судоходство, перевалка грузов и прибрежная промышленность – один из главных источников загрязнения акватории Керченского пролива [1-8]. Разливы могут образовываться на морской поверхности в результате сбросов балластных, льяльных, бытовых вод или других жидких отходов, а также из-за утечек при перевалке различных маслянистых продуктов на якорных стоянках и РПР и ряда др. причин (рис. 1). В ходе анализа карт распределения пленочных загрязнений в проливе (рис. 2), построенных по данным радиолокационного мониторинга было выделено несколько районов с максимальной концентрацией пятен – фактически источников загрязнения. В рамках ГИС-подхода основные источники загрязнения (рис. 1) в проливе на интегральных картах (рис. 2), полученных за длительный период, выявляются практически автоматически (рис. 3).

Портовый комплекс (ПК) Тамань: Порт Тамань и его ПК – один из крупнейших портов Черноморского бассейна по грузообороту и крупнейший порт на данной акватории. Он представляет собой причальный комплекс, состоящий из четырех выносных причалов длиной от 1,7 до 2,4 км (рис. 4). На причалах осуществляется погрузка/перегрузка сухих и жидких грузов, в том числе нефтепродуктов, сжиженного углеводородного газа, масложирового сырья и т.п. веществ, способных образовывать пленки на морской поверхности. Они наблюдались здесь главным образом у причала № 3, причем самые крупные пятна достигали размеров 3-3,5 км².

Крымский мост: в период строительства, главным образом, в 2018 и 2019 гг., в его окрестностях наблюдалось большое количество пятен пленочных загрязнений (рис. 1в). После завершения строительства моста с 2020 г. обнаружено резкое сокращение пятен на акватории, примыкающей к мосту, что подтверждают результаты мониторинга и, в частности, фрагменты интегральных карт на рис. 5.

Рейдовые перегрузочные районы расположены в акватории пролива № 451 и западнее от ПК «Тамань» в керченском предпроливье. В их пределах происходит перегрузки различных жидких и сыпучих веществ с судов типа «река-море» на морские танкеры и сухогрузы для дальнейшей транспортировки [1, 2]. При перевалке нефтепродуктов в условиях открытого моря достаточно часто происходят выбросы и утечки, которые могут образовывать пленочные загрязнения, что достаточно часто регистрировалось на РЛИ в виде мелких пятен округлой или удлиненной формы. Данные пятна имели небольшие размеры (самое крупное около 3 км²), тем не менее, они наблюдались в большом количестве, что можно увидеть на рис. 3.

Азовская и черноморская рейдовые стоянки расположены в предпроливьях Азовского и Черного морей, где обнаруженные разливы время от времени могут достигать площади 25 км² и более (так, на РЛИ Sentinel-1B от 9.03.2020 были обнаружены разлив площадью более 50 км² вне территориальных вод РФ (рис. 1а)). Скорее всего, они образованы судовыми отходами с остатками нефтепродуктов, что характерно для жидких отходов [9], которые в благоприятных ГМУ образуют такие большие пятна.

Естественные нефтепроявления: вне районов антропогенной нагрузки выявлено 3 кластера пятен, создающие веерные структуры (рис. 6). Они расположены в Таманском нефтегазоносном районе и хорошо известной области распространения грязевых вулканов. Это с высокой вероятностью позволяет говорить о наличии подводных источников на дне, ответственных за нефтепроявления, наблюдаемые на поверхности моря. Индивидуальные слики нефтепроявлений имели длину 0.3-12 км и площадь 1-2.5 км². Их вклад в общее загрязнение акватории составляет 11,5%.

Выводы и Заключение:
В результате РЛ-мониторинга выявлены основные районы и источники техногенного загрязнения: 1. ПК «Тамань», 2. рейдовые перегрузочные районы (№№ 451 и 471) в самом проливе, 3. черноморская рейдовая стоянка, 4. до 2020 г. – Крымский мост. Время от времени крупные судовые разливы (2-4 км²) наблюдались на основной судоходной трассе, следующей Керчь-Еникальским каналом. В ходе мониторинга впервые обнаружено 3 источника естественных нефтепроявлений в районе черноморского предпроливья в границах Таманского нефтегазоносного района. В 2020 г. обнаружены крупные (от 25 до 50 км²) антропогенные разливы на акватории черноморской рейдовой стоянки, которая находится вне территориальных вод РФ и где не действуют ограничения конвенции МАРПОЛ. Отмечена тенденция увеличения общей площади пленочных загрязнений, несмотря на сокращения их количества после 2019 г. (рис. 7).

Показана эффективность спутникового радиолокационного мониторинга для оценки экологического состояния таких акваторий с высокой антропогенной нагрузкой, каким является Керченский пролив и прилегающие акватории. С помощью радиолокационных наблюдений можно оперативно наблюдать за факторами, вносящими загрязнения (судоходство, якорные стоянки, перегрузочные рейды, акватории портов и т.п.), а также сравнивать актуальные данные ДЗЗ с данными баз и архивов на данную акваторию.

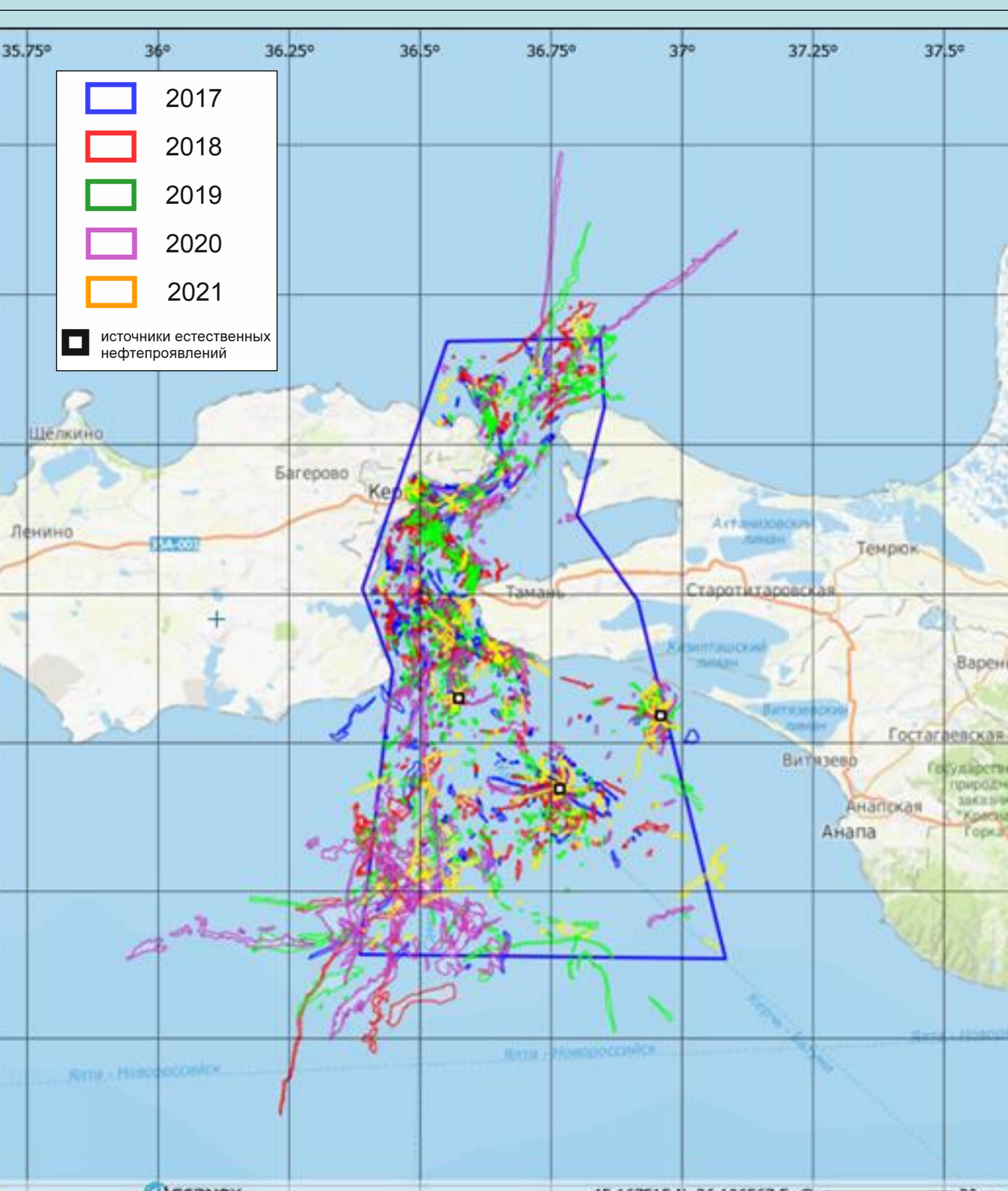


Рис. 2. Сводная интегральная карта пленочных загрязнений Керченского пролива и прилегающих акваторий, обнаруженных по данным спутникового мониторинга в 2017-2021 гг.

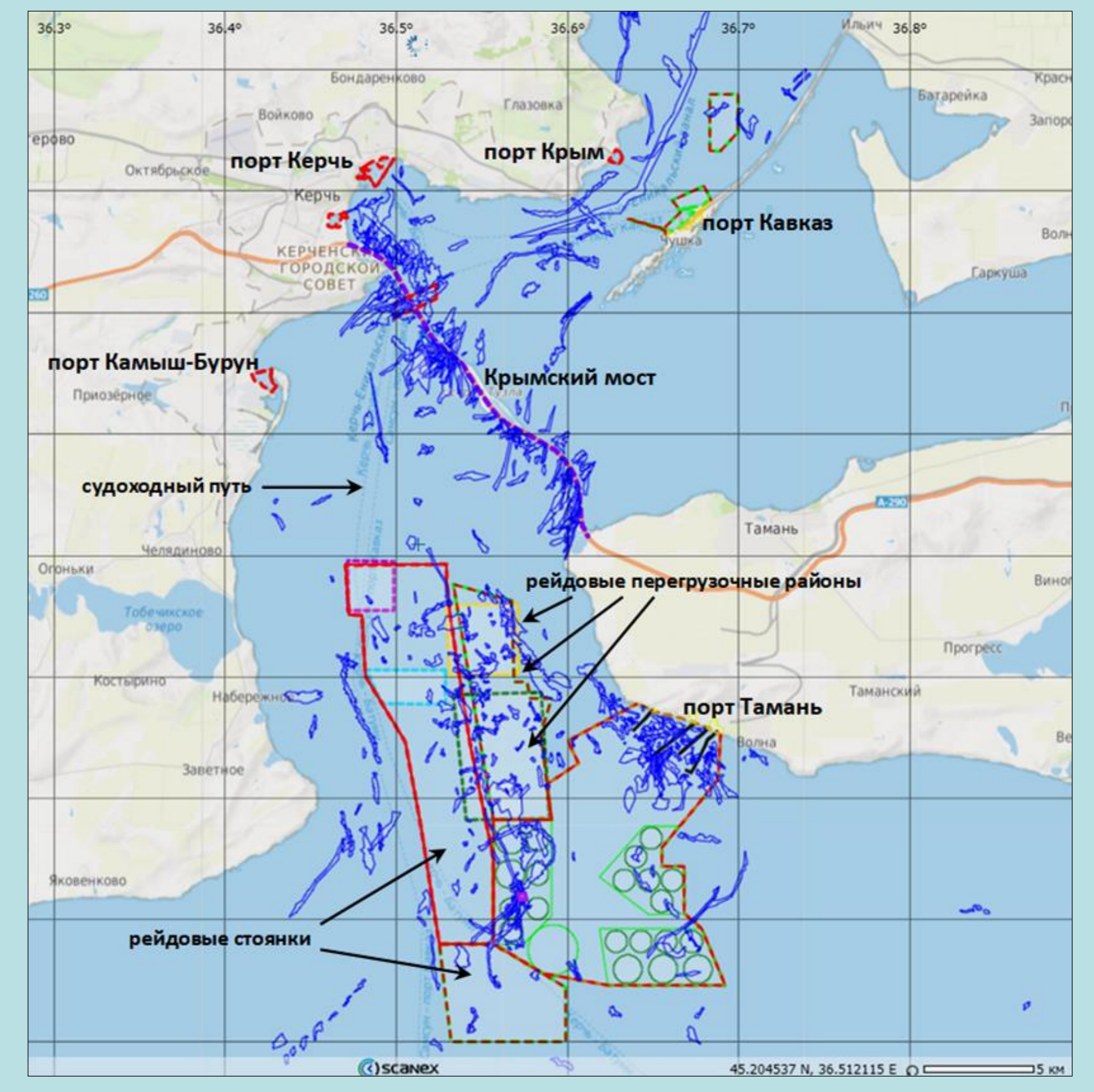


Рис. 3. Выявление источников загрязнения: совмещение в приложении «Геомиксер» интегральной карты пленочных загрязнений за 2019 г. с границами портов, рейдов, якорных стоянок и т.п.

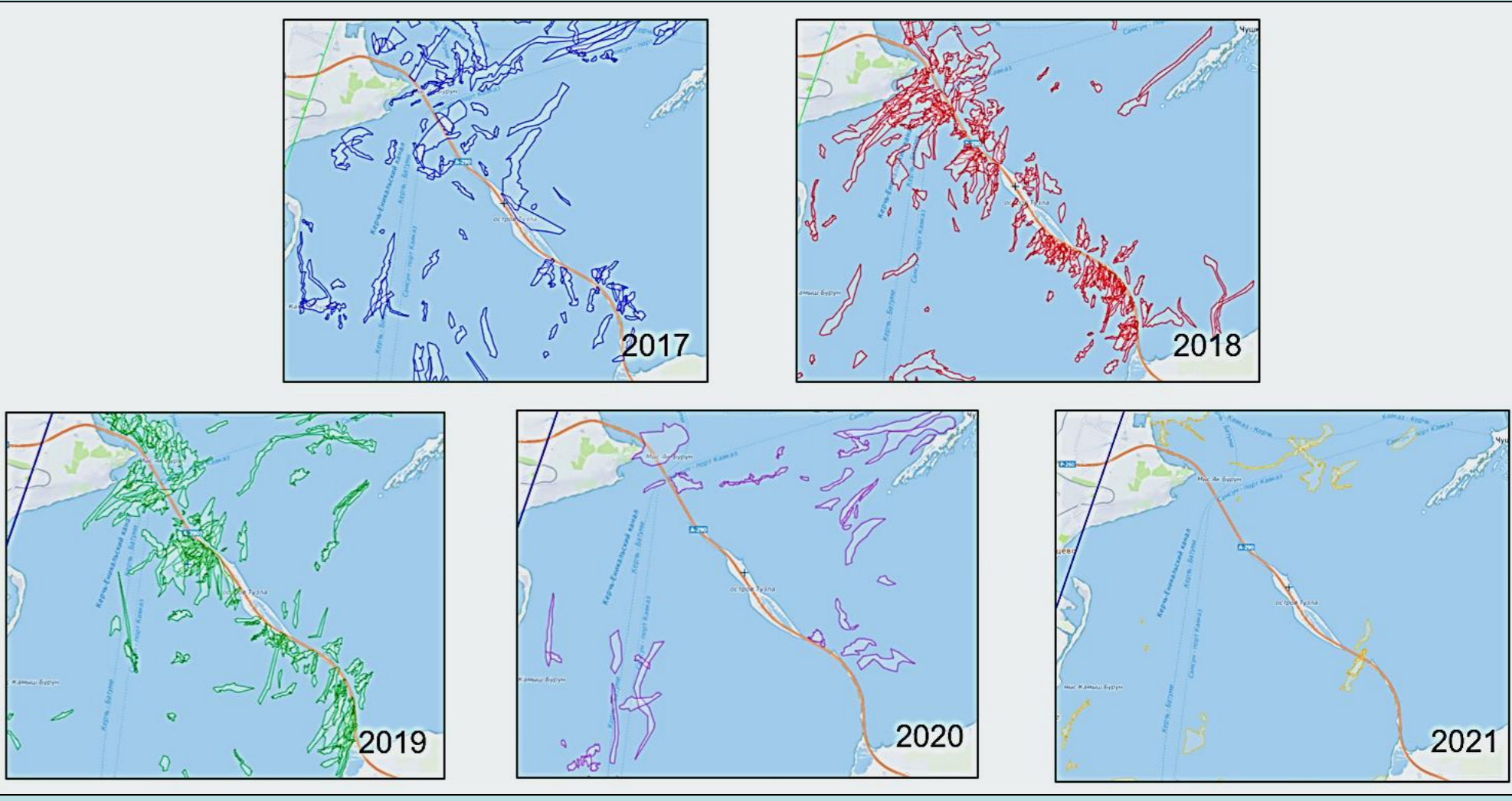


Рис. 5. Пленочные загрязнения у Крымского моста в период с января 2017 по июль 2021 г. по данным спутникового радиолокационного мониторинга

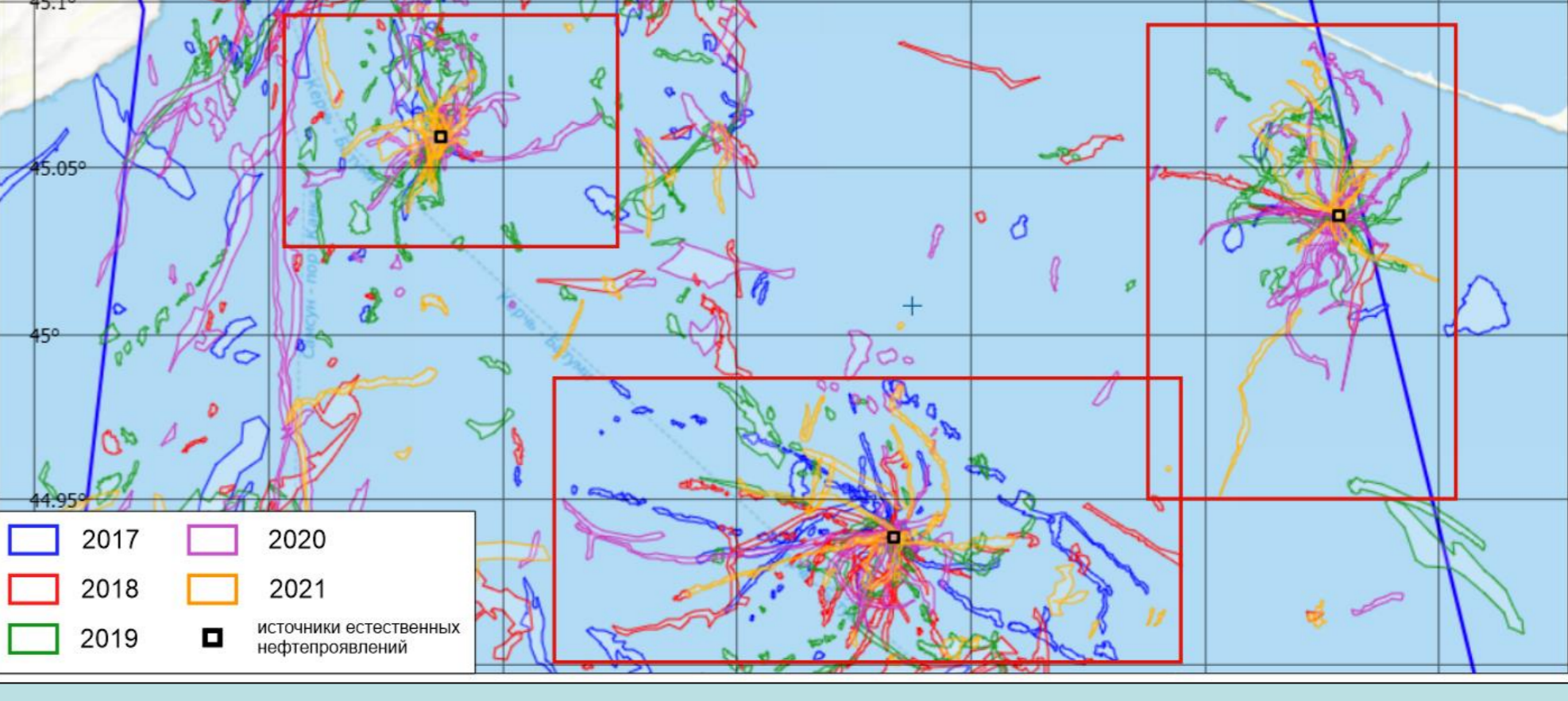


Рис. 6. Сводная карта пленочных сликов, маркирующих естественные нефтепроявления в черноморском предпроливье, по данным спутникового мониторинга 2017-2021 гг.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и образования России (тема № 0128-2021-0001) и программы «Большие вызовы» Сириус-2021 фонда «Талант и Успех». Права копирайта на данные спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B принадлежат Европейскому космическому агентству (ESA). Авторы благодарны руководству ГК «СКАНЭКС» за возможность использования ресурсов геопортала, созданных на основе веб-ГИС приложения «Геомиксер».

- Иванов А.Ю., Хлебников Д.В., Коновалов Б.В., Клименко С.К., Терлеева Н.В. Керченский пролив и его техногенное загрязнение: возможности оптического и радиолокационного дистанционного зондирования // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 8. С. 21-27.
- ИО РАН, 2016. Загрязнение акватории Керченского пролива: взгляд из космоса. URL: <https://ocean.ru/index.php/novosti-left/novosti-instituta/item/1390-zagryaznenie-akvatorii-kerchenskogo-proлива-vzglyad-iz-kosmosa>
- СКАНЭКС, 2017. Беспрецедентно крупные судовые разливы в российских водах Черного моря. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/sudovye-razlivy-v-rossiyskikh-vodakh-chernogo-morya/>
- СКАНЭКС, 2019. У Крымского моста обнаружены пятна пленочных загрязнений. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/u-krymskogo-mosta-obnaruzheny-pyatna-plenochnykh-zagryazneniy/>
- СКАНЭКС, 2019. В 2019 г. зафиксирована тенденция к увеличению пленочными загрязнениями Керченского пролива. URL: <http://scanex.ru/company/news/v-2019-godu-zafiksirovana-tendentsiya-k-uvlechleniyu-plenochnymi-zagryazneniyami-kerchenskogo-proлива/>
- СКАНЭКС, 2019. Дноуглубительные работы у порта Тамань в Керченском предпроливье: результаты наблюдения из космоса. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/dnouglubitelnnye-raboty-u-porta-taman-v-kerchenskom-predprolyve-rezultaty-nablyudeniya-iz-kosmosa/>
- СКАНЭКС, 2021. На шельфе Керченского предпроливья Черного моря обнаружены естественные нефтепроявления. URL: https://www.scanex.ru/company/news/na-shelfe-kerchenskogo-predprolyva-chernogo-morya-obnaruzheny-estestvennye-nefteprovavleniya/?sphrase_id=21752&sphrase_id=21752
- СКАНЭКС, 2021. Пятна пленочных загрязнений в Керченском проливе и предпроливьях в 2017-2021 гг. были обнаружены на 460 РЛИ. URL: <https://www.scanex.ru/company/news/pyatna-plenochnykh-zagryazneniy-v-kerchenskom-prolyve-i-predprolyvakh-v-2017-2021-gg-byli-obnaruzheny-na-460-rli/>
- Терлеева Н.В., Иванов А.Ю. Жидкие судовые грузы и отходы, причины появления судовых разливов в море и проблемы их дистанционного зондирования // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 8. С. 13-19.