

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

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, <sup>2</sup> ГК «СКАНЭКС», <sup>3</sup> Морской гидрофизический институт РАН

**Введение:** Несмотря на продолжительное изучение проблемы загрязнения морской среды нефтью и нефтепродуктами, нет однозначного ответа относительно влияния нефтяных загрязнений на экосистемы арктических морей. В целях выявления основных источников и причин загрязнения, их типов, пространственно-временного распространения и физико-химических свойств необходимо проводить регулярный спутниковый мониторинг акваторий. Мониторинг Баренцева моря методами дистанционного зондирования Земли на предмет выявления нефтяных загрязнений проводится с 2014 г. с использованием радиолокационных данных спутников Европейского космического агентства Sentinel-1A и Sentinel-1B. По данным спутниковой радиолокации, были построены и проанализированы сводные карты распределения пятен пленочных загрязнений (всех типов) за 2018 и 2019 гг. В совокупности с океанографической, физико-географической и индустриальной информацией о водном бассейне, в том числе об его нефтегазовом комплексе (НГК) и уязвимости побережий, был проведен анализ полученных данных, благодаря которому удалось увидеть картину расположения районов, наиболее подверженных загрязнению, а также установить основные виды и источники загрязнений.

## Используемые данные:

Для обнаружения и идентификации пленочных загрязнений в Баренцевом море использовались данные космической радиолокационной съемки спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B. Сразу после появления радиолокационных изображений (РЛИ) на портале Европейского космического агентства (ESA) Copernicus Open Access Hub данные в автоматизированном режиме скачивались, выкладывались на оперативном геопортале Баренцева моря (<http://projects.scanex.ru/BarentsSea>), который был создан ГК СКАНЭКС для проведения эффективного анализа полученных спутниковых данных. Инструментарий геопортала позволяет объединять различные типы данных, проводить ряд операций с ними и осуществлять интерактивный анализ РЛИ. В настоящее время баренцевоморский геопортал состоит из следующих основных слоев, объединяющих большое кол-во специализированных подслоев: нефтегазовый комплекс; газовые/нефтяные поля, морские платформы; лицензионные участки; морские границы; данные автоматических систем идентификации судов - АИС ([www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com)); судоходные трассы; охраняемые арктические территории; уязвимость побережий; охраняемые территории РФ; зоны рыболовства; ареалы морских животных; структурные элементы геологического строения дна; архив РЛИ (с 2011 г.); дополнительные картографические материалы; прибрежная промышленность; прогнозные карты ветра, батиметрия, навигационные карты.

## Обработка и анализ данных:

После загрузки данных на геопортал выполнялась тематическая обработка и экспертный анализ, включающие следующие действия:

- общую экспертную оценку РЛИ (простая/сложная сцена для анализа);
- оценку гидрометеорологических условий;
- интерактивное выделение пятен пленочных загрязнений;
- идентификацию пятен (нефть, нефтепродукты, судовый сброс и т.п.);
- классификацию идентифицированных пятен с привязкой к возможному источнику загрязнения на берегу или в море;
- определение площади и координат геометрического центра разлива(ов);
- определение местоположения/координат судов и объектов, которые могут быть причастны к загрязнению.

Результаты анализа массива полученных радиолокационных данных в 2018 и 2019 гг. показаны на рис. 1-6.

### В 2018 г.:

- С марта по октябрь было получено 10219 РЛИ.
- Количество полученных изображений в день варьировало от 25 до 57.
- Всего за 2018 г. выделено - 10151.
- Максимальное количество обнаружено в апреле, мае и сентябре.
- Общая площадь загрязнений составила 12186,9 км.кв.

### В 2019 г.:

- Всего обнаружено 4532 пятна-слика.
- Наибольшее количество пленочных загрязнений наблюдалось с июля по сентябрь.
- Наименьшее количество в марте.
- Наиболее загрязненные участки в российском секторе это район Кольского залива и вокруг него, в норвежском секторе это район около норвежских добывающих платформ в северной части Северного моря.

В итоге, в 2018 и 2019 гг. пленочные загрязнения моря были представлены в основном судовыми разливами, явным разливам сырой нефти обнаружено не было. Основное загрязнение Баренцева моря происходит на судоходных трассах и в районах рыболовства. Большая часть крупных пленочных загрязнений обнаружена вне российских территориальных вод. Однако Кольской залив и подходы к нему остаются одной из главных зон риска. Количество и общая площадь обнаруженных пятен зависели от гидрометеорологических условий, интенсивности судоходства, рыбной путины, учений ВМФ и ряда др. антропогенных факторов.

Рис.3



Рис.4

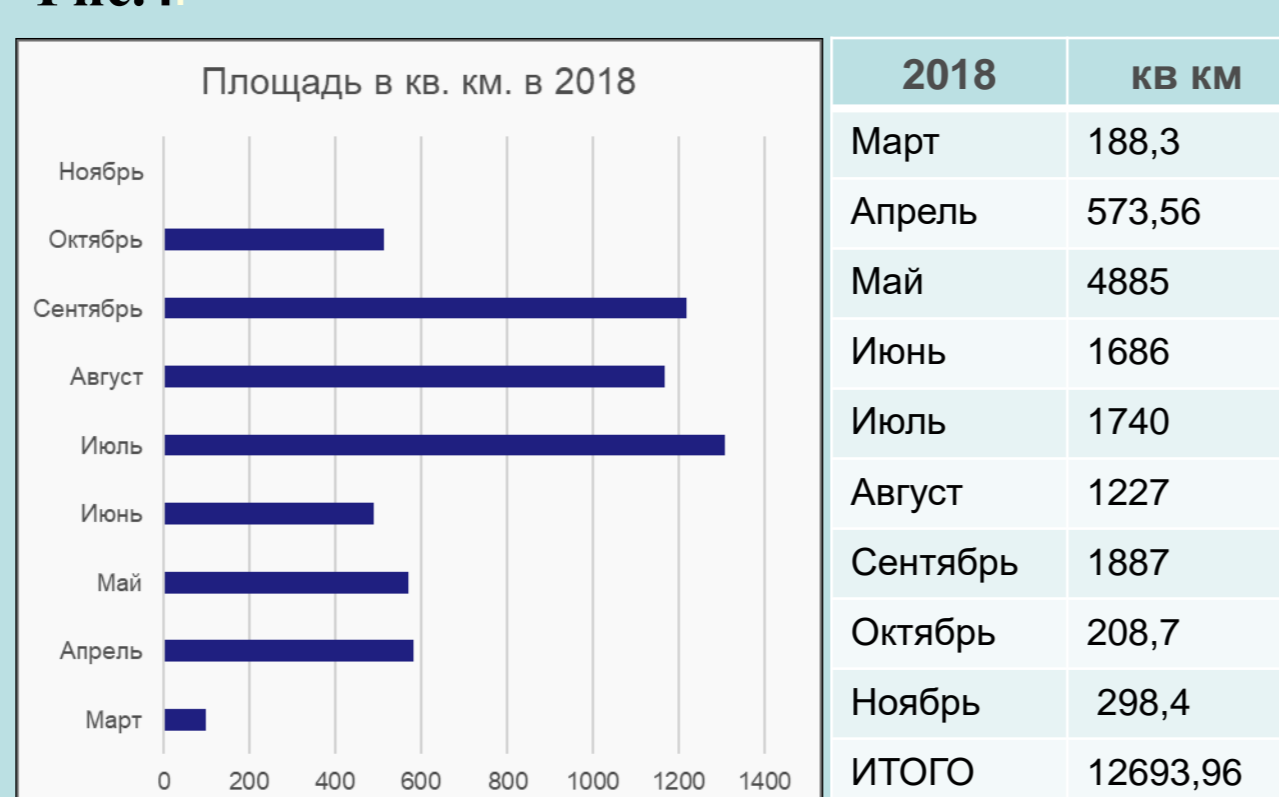


Рис. 3. Распределение по месяцам числа обнаруженных пленочных загрязнений в Баренцевом море в 2018 г.

Рис. 4. Распределение по месяцам суммарной площади пленочных загрязнений в Баренцевом море в 2018 г.

Рис.5



Рис.6

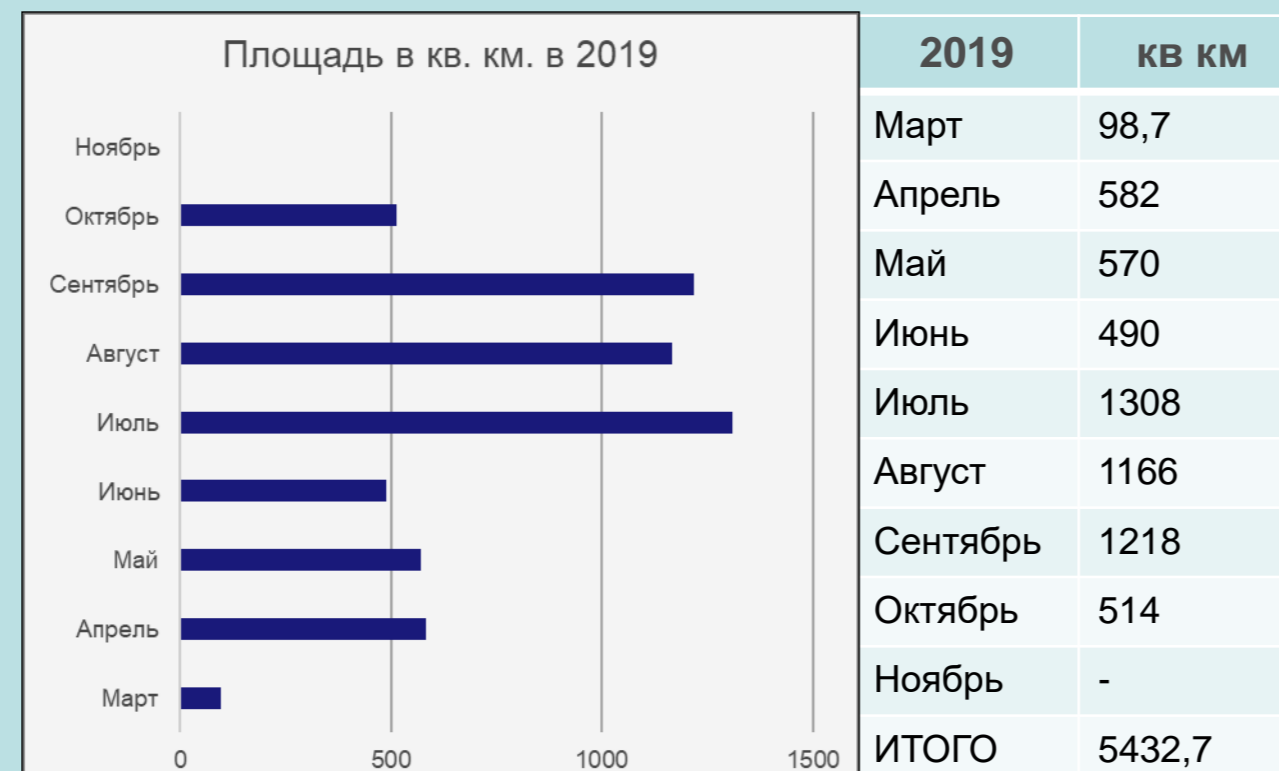


Рис. 5. Распределение по месяцам числа обнаруженных пленочных загрязнений в Баренцевом море в 2019 г.

Рис. 6. Распределение по месяцам суммарной площади обнаруженных пленочных загрязнений в Баренцевом море в 2019 г.

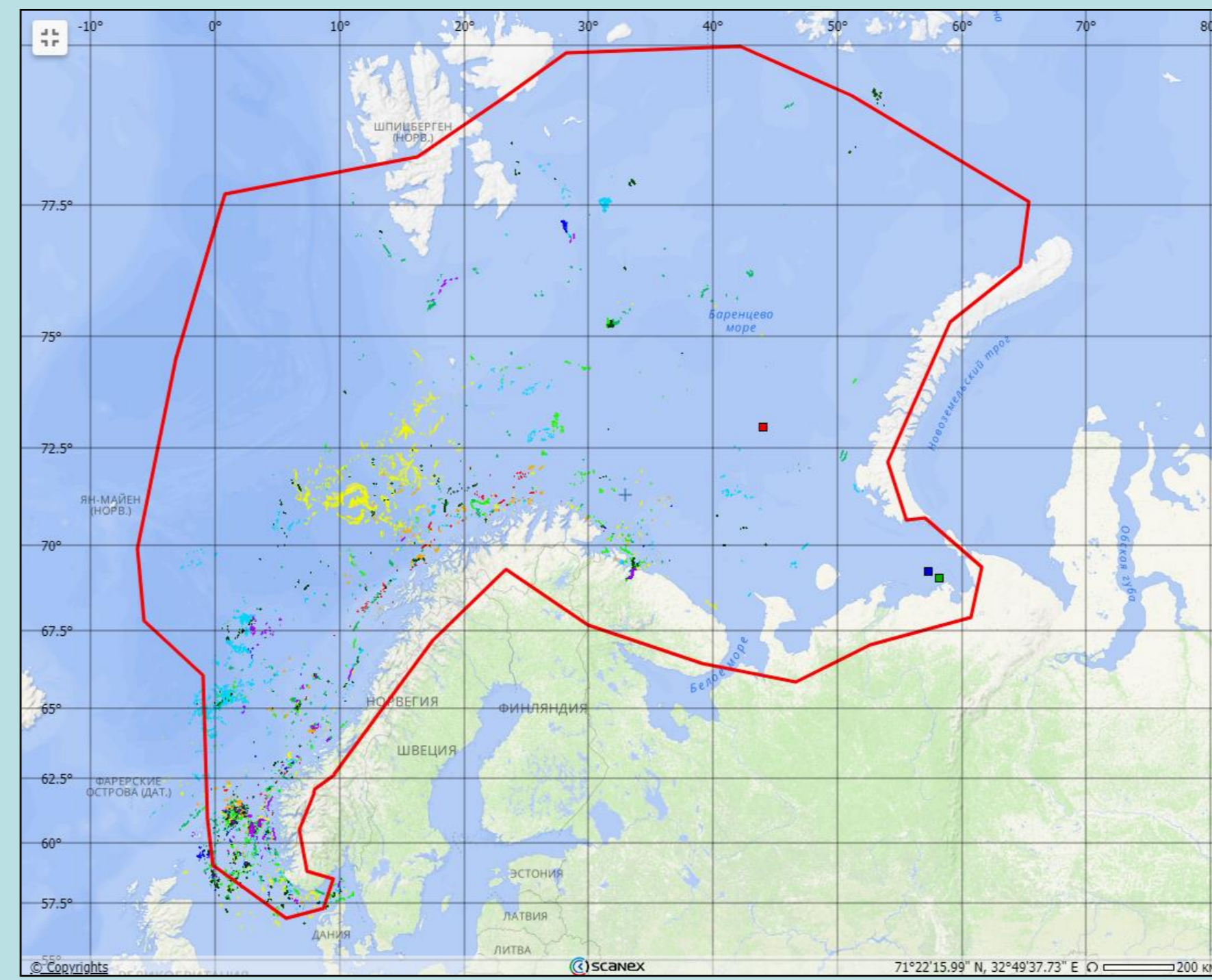


Рис. 1. Сводная карта пленочных загрязнений, обнаруженных в результате радиолокационного мониторинга Баренцева моря и смежных морей в 2018 г.

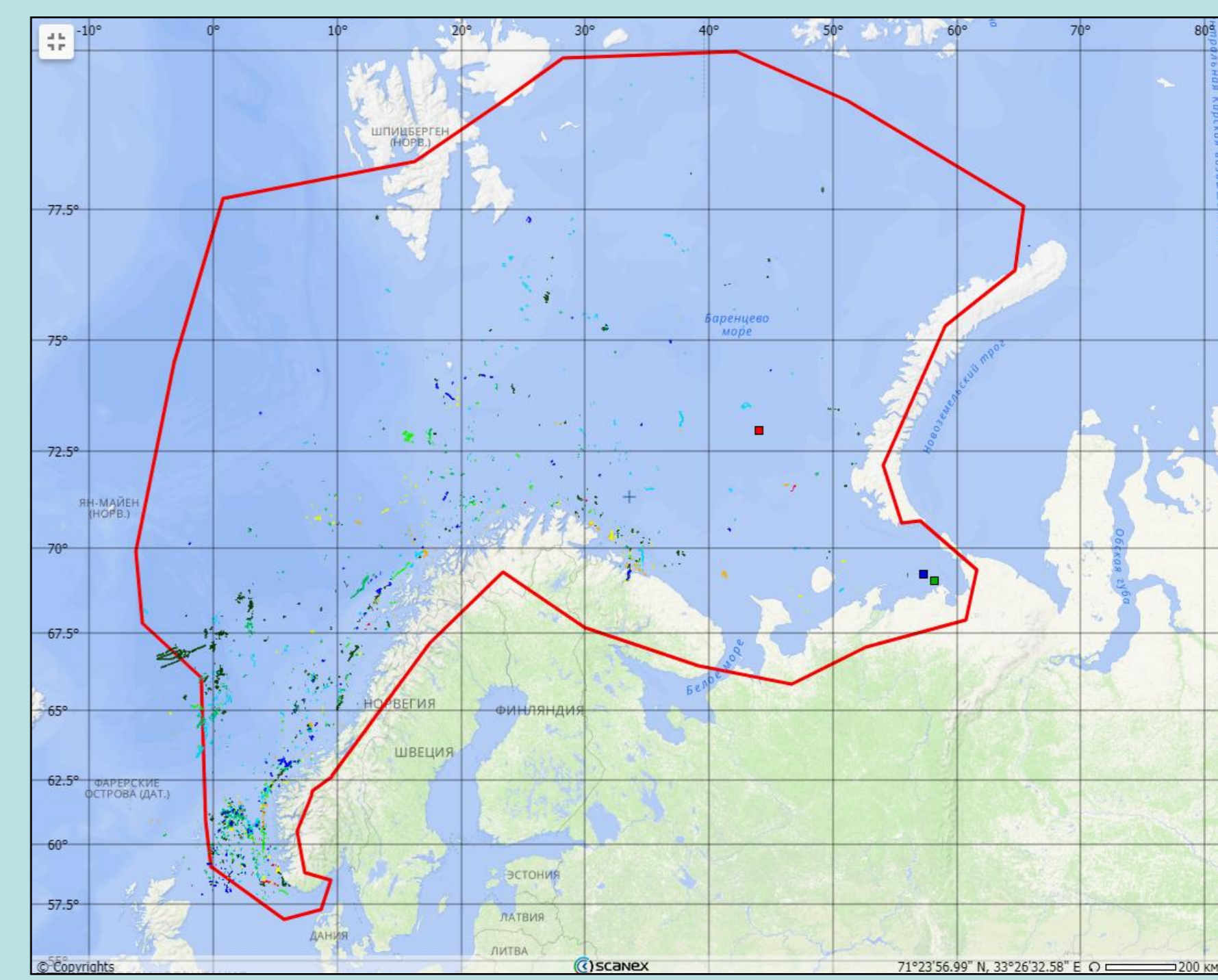


Рис. 2. Сводная карта пленочных загрязнений, обнаруженных в результате радиолокационного мониторинга Баренцева моря и смежных морей в 2019 г.

## Естественные нефтепроявления в Баренцевом море

В 2018 г. при обработке результатов мониторинга Баренцева моря в норвежском секторе моря на РЛИ спутников Sentinel-1A/B и были обнаружены многочисленные поверхностные нефтепроявления, проинтерпретированные нами как естественные, грифонные. На рис. 7 более детально показано место грифонной активности, установленное по характерной пространственно-временной группировке пятен-сликов на поверхности моря; оно расположено в центральной части моря в 232 км к ЮВ от о. Хопен и в 370 км к СВ от о. Медвежий. Нефтепроявления впервые были обнаружены на РЛИ спутника Sentinel-1A от 2 мая 2016 г., а затем - на последующих РЛИ. Всего нефтепроявления были зарегистрированы на 33 РЛИ (на трех, полученных в 2016 г., 11 - в 2017 г., 15 - в 2018 г. и 4 - в 2019 г.).

На основе анализа совокупности пятен, обнаруженных на разновременных РЛИ в 2016-2019 гг., сделан однозначный вывод о наличии группы из трех подводных источников на дне (грифонов - cold seeps) и было определено их положение - они расположены в глубоководной части моря на глубине около 345 м в координатах 75°13' с.ш. и 31°45' в.д. (рис. 7). Большая часть пятен-сликов имела линейчатую форму длиной от 1 до 23 км.

Совместный анализ РЛИ и дополнительных данных также подтвердил, что нефтепроявления, наблюдаемые на поверхности моря в этом районе, могут быть обусловлены процессами накопления и миграции углеводородов в осадочном комплексе центральной части Баренцева моря, как это имеет место быть в других районах Мирового океана.

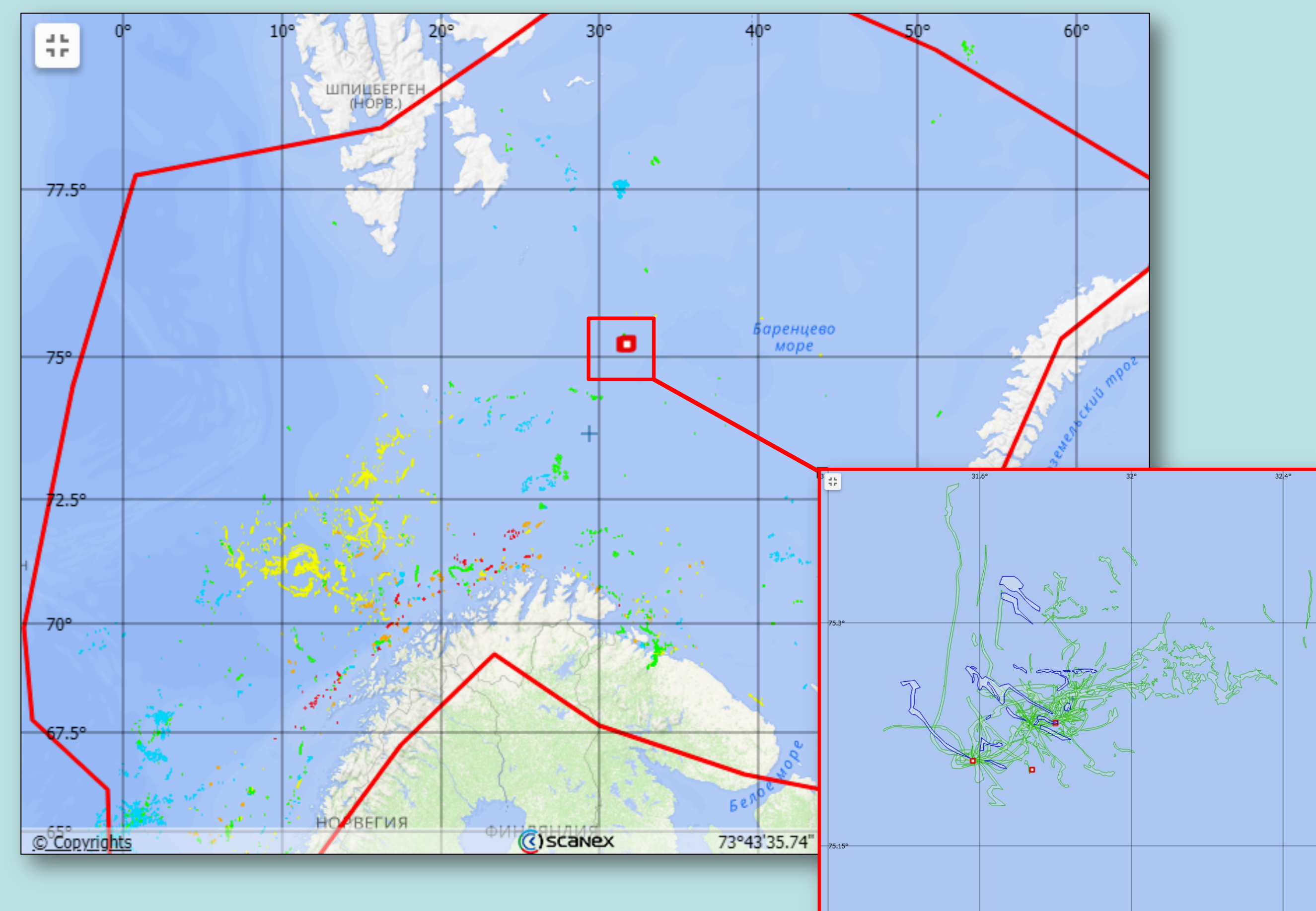


Рис. 7. Положение источника естественных нефтепроявлений в Баренцевом море. Справа внизу - сводная карта обнаруженных естественных нефтепроявлений в Баренцевом море в 2018 г. (зеленый цвет) и в 2019 г. (синий цвет).

## Выводы и заключение:

Совместный анализ массива РЛИ, карт распределения пятен, данных АИС и другой доступной информации за 2018 и 2019 гг., позволил сделать следующие выводы:

- В основном на поверхности моря наблюдались пленки различных нефте-маслянистых продуктов, образованные в результате судовых сбросов.
- Основное загрязнение моря происходит на судоходных трассах и в районах рыболовства. В связи с этим основными источниками загрязнений можно считать рыболовный флот и морской транспорт, а также прибрежную промышленность и НГК. Существенный вклад в общее загрязнение может вносить сброс различных загрязняющих веществ с судов, проходящих транзитом по акватории моря.
- В 2018 г. наиболее часто пленочные загрязнения детектируются в весенний период, а в 2019 г. в летний.
- Количество обнаруженных пленочных загрязнений и площадь пленок в 2018 г. превышает количество и площадь пленочных загрязнений, обнаруженных в 2019 г.
- Степень загрязненности Баренцева моря нефтью и нефтепродуктами можно охарактеризовать как «незначительную», за исключением Кольского залива.
- В 2019 г. продолжается наблюдение за подводным источником нефти в Баренцевом море, впервые обнаруженном в 2018 г.

Для Баренцева моря спутниковая радиолокация является незаменимым средством мониторинга из-за его физико-географического положения. Наступление полярной ночи не позволяет использовать оптические датчики, а поскольку море в настоящее время является один из крупнейших незамерзающих арктических морей России, радиолокационный мониторинг моря и отдельных его частей должен быть продолжен, причем его необходимо вести ежегодно. Обнаружение с помощью космической съемки нового источника углеводородов в Баренцевом море еще раз подтверждает эффективность применяемого подхода.

1. Иванов А.Ю., Терлеева Н.В., Евтушенко Н.В., Кучейко А.Ю., Филимонова Н.А., Кучейко А.А. Основные результаты радиолокационного спутникового мониторинга нефтяных загрязнений Баренцева моря // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*, 2017. № 3. 17 - 32.  
 2. Ivanov A.Yu., Filimonova N.A., Kucheyko A.Yu., Evtushenko N.V., Terleeva N.V. Oil spills in the Barents Sea based on satellite monitoring with SAR: spatial distribution and main sources // *International Journal of Remote Sensing*, 2018. V. 39. N 13. 4484-4498. doi:10.1080/01431161.2017.1371869.  
 3. Иванов А.Ю. Естественные нефтепроявления в Каспийском и Баренцевом морях: обнаружение и анализ по данным дистанционного зондирования // *Океанологические исследования*, 2019. Т. 47. № 5.