

ОСОБЕННОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СУДОВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

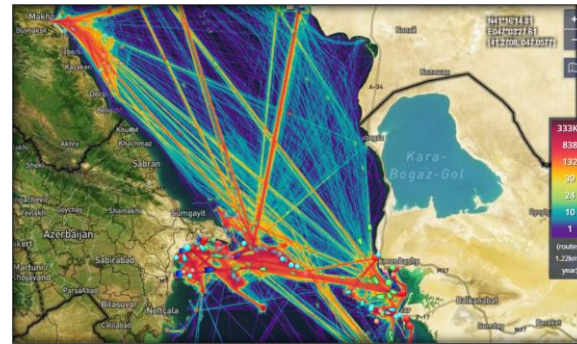
Князев Н.А.

Институт космических исследований РАН, Москва
nkkniazev@gmail.com

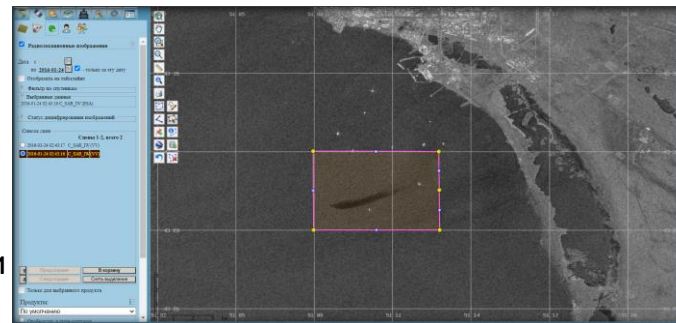


Мотивация

Каспийское море играет ключевую роль в экономическом развитии многих стран. За последние десятилетия хозяйственное освоение природных ресурсов Каспийского бассейна, в том числе добыча нефти и газа, негативно повлияли на экологическую обстановку акватории в целом. Для прогнозирования экологического состояния Каспийского моря требуется системное отслеживание всех случаев антропогенных загрязнений морской поверхности, в частности, связанных со сбросами с судов вод, содержащих нефтепродукты. Современными методами экологического мониторинга и оценки состояния и загрязнения морской среды являются методы дистанционного зондирования Земли из космоса. С помощью технологий спутниковой радиолокации возможно оценить масштаб антропогенного загрязнения.



Интенсивность судоходства в Среднем Каспии за 2020 г. (по данным Marinetraffic)



Мониторинг загрязнений в системе «See the Sea»

В работе основное внимание уделяется загрязнениям морской поверхности, связанных с судовыми сбросами. Источниками подобных загрязнений могут быть как очистительные мероприятия на судне, так и целенаправленный сброс отходов в море.

Используемые данные

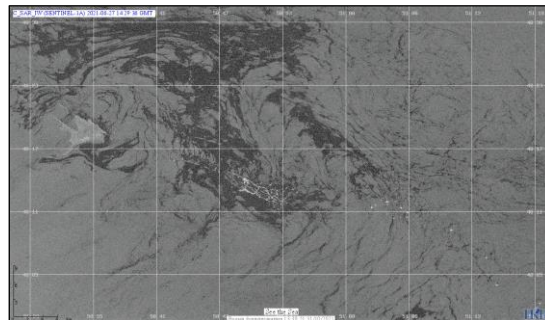
За временный промежуток 2014 – 2018 гг. было проанализировано более 7000 спутниковых изображений, полученных радиолокаторами с синтезированной апертурой (PCA) спутников Sentinel-1A/1B. Для работы с архивами данных и их анализом использовалась информационная система «See the Sea», разработанная и поддерживаемая в ИКИ РАН. В ходе исследования данных C_SAR (продукты IW GRD), с поляризацией (VH, VV) было выявлено и занесено в тематическую базу данных более 250 проявлений судовых сбросов.

Нефтяные подобия

Нефтяные сбросы на радиолокационных изображениях (РЛИ) отображаются в виде темных областей пониженного радиолокационного сигнала. Однако подобное визуальное отображение на морской поверхности носят и иные физико-химические процессы, которые легко спутать с искомыми нефтяными загрязнениями. Требуется классифицировать темные области на изображении по следующим признакам: форма пятна, площадь, расположение пятна на морской поверхности и сезонность. Ниже представлены наиболее встречающиеся примеры нефтяных подобий:

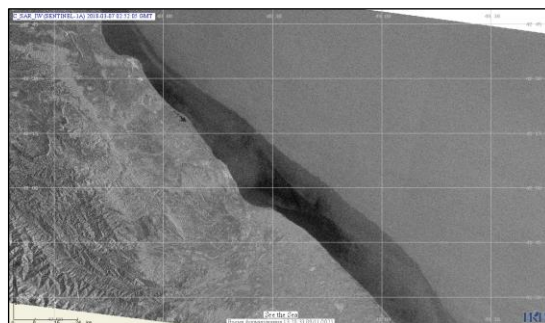
Биогенные пленки

Проявляются во время активного цветения фитопланктона, основные циклы проявлений – весна, конец лета – начало осени. На РЛИ проявляются в виде тонких вытянутых линий



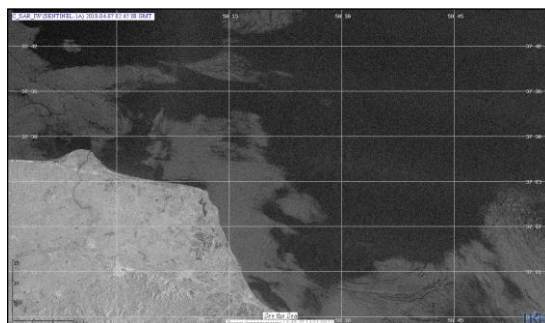
Граница фронта

Наблюдается на границах атмосферных и гидрологических фронтов. Чаще протяженность границы составляет десятки – сотни километров. Обуславливается аккумуляцией поверхностно-активных веществ различного происхождения в конвергентных зонах



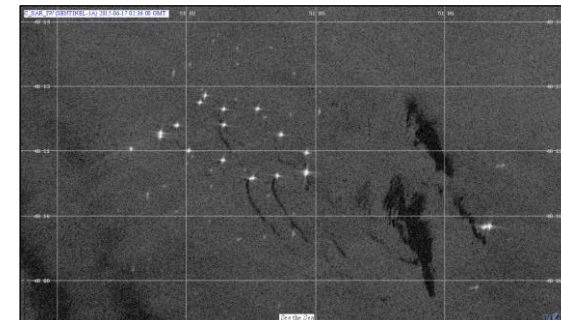
Штилевые области

Обширные зоны пониженного рассеяния радиолокационного сигнала. Препятствуют мониторингу загрязнений, поскольку на их фоне невозможно выделить никаких пленочных загрязнений



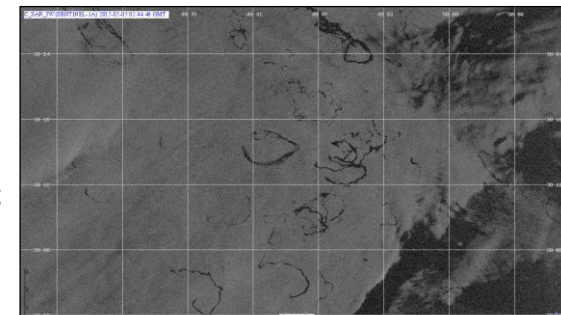
Загрязнения вокруг буровых установок

На РЛИ буровые установки, имеют схожий с судном яркий белый сигнал, от которого тянется темный след – результат добычи нефти



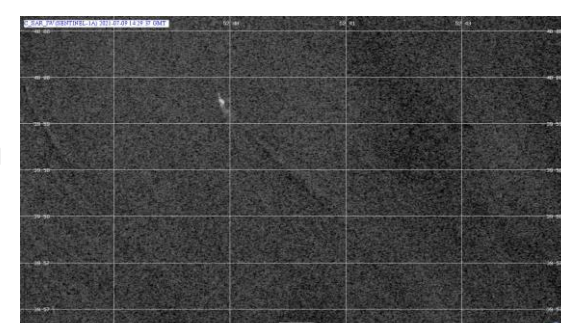
Грифоны (сипы)

Естественные нефтепроявления – результат просачивания углеводородов с морского дна на поверхность моря



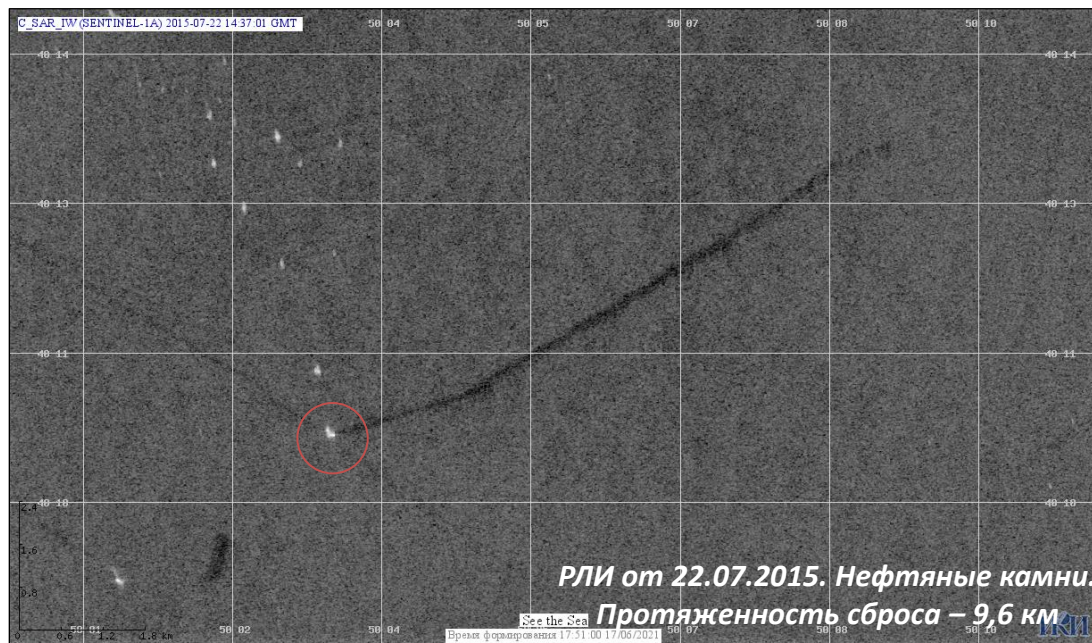
Кильватерный след

На РЛИ имеет схожий с нефтяным сбросом вытянутый темный след, хорошо наблюдаемый на общем фоне



Однозначно интерпретируемые участки загрязнений, обусловленных сбросами с судов вод, содержащих нефтепродукты

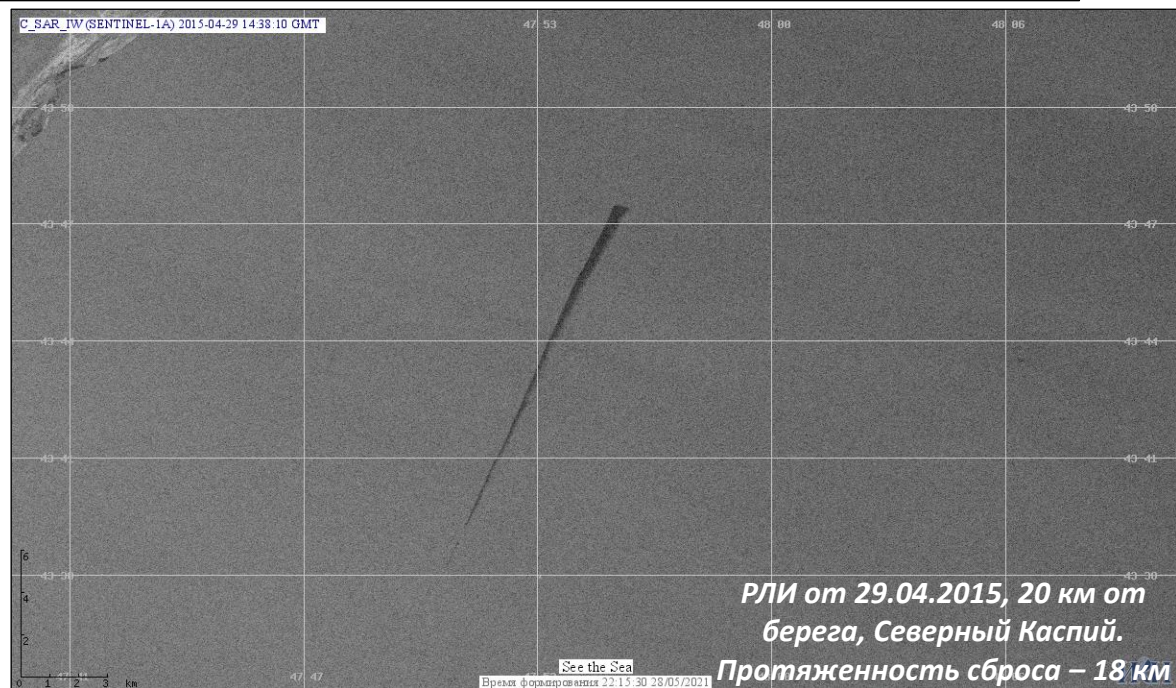
1)



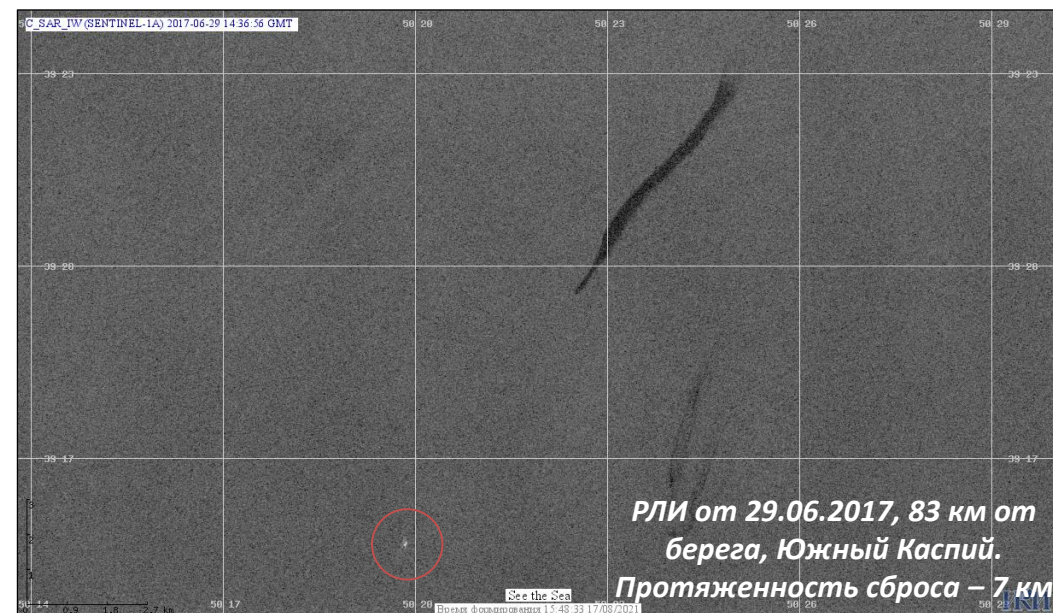
2)



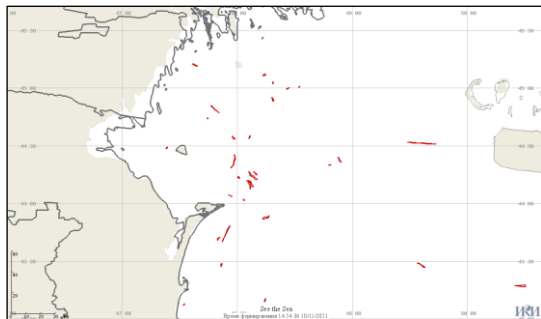
3)



4)

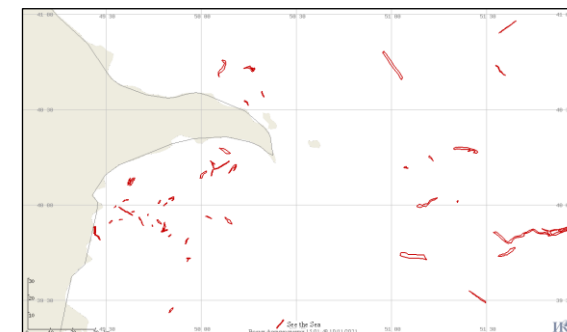
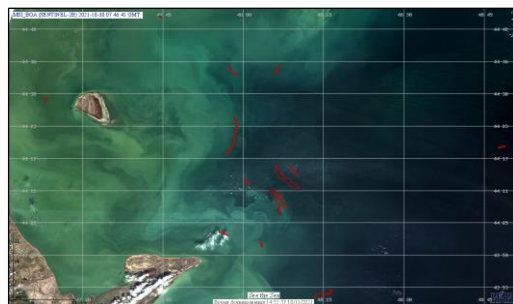


Сложности выявления судовых сбросов в районах буровых установок и местах естественных выходов углеводородов



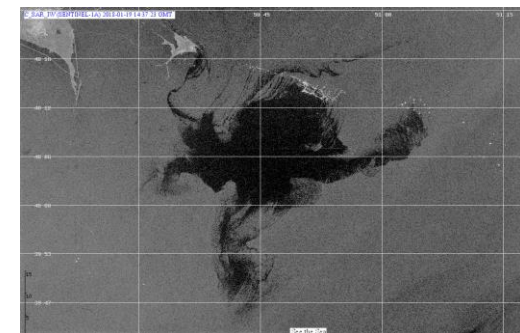
Буровые установки «Лукойл»

На территории Северного Каспия большинство загрязнений обнаружено вокруг буровых установок. Общее количество - 34



«Нефтяные камни»

Наиболее загрязненная морская нефтяная платформа в Каспийском море. Вокруг платформ обнаружено 63 случая сброса нефтепродуктов



Каспийское море является клондайком нефтегазоконденсатных месторождений. Здесь расположено большое количество буровых установок, где активно ведутся работы по добыче нефти и газа. Кроме загрязнений, связанных с антропогенным воздействием, существуют участки, где нефть естественным путем просачивается с морского дна и попадает на поверхность моря. В связи с этими особенностями в подобных районах достаточно трудно отличить судовой сброс от маслянистых пленок, попадающих на поверхность иным путем. Лишь понимая особенности Каспийского моря, можно верно дешифровать радиолокационные изображения.

На рисунке 1 изображен пример особенного случая при выявлении нефтяных загрязнений. Вместе с располагающимися вокруг темной области нефтяными станциями и судами возможно ошибочно принять темное пятно за нефтяной сброс. Однако в данном случае пятно образовалось на поверхности в результате естественного просачивания нефти со дна моря.

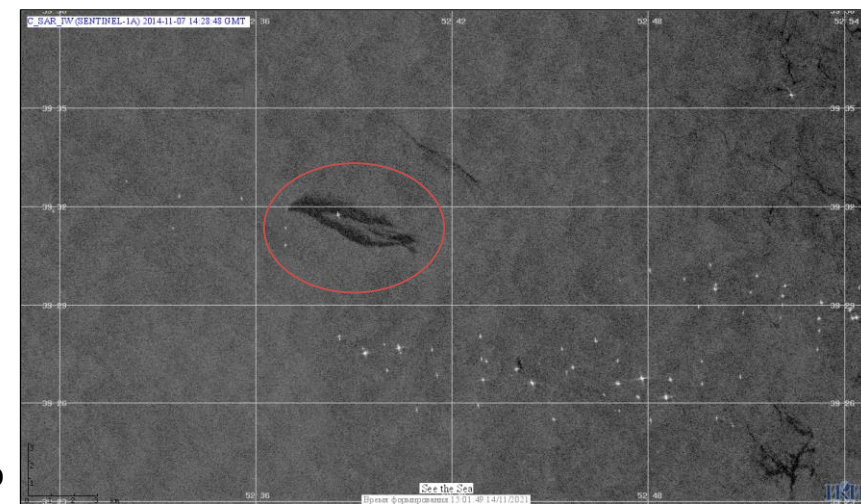
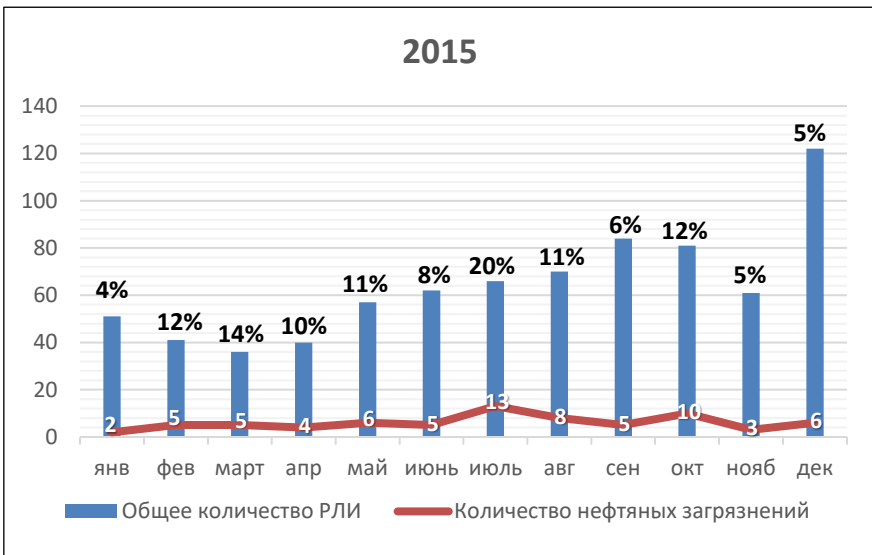
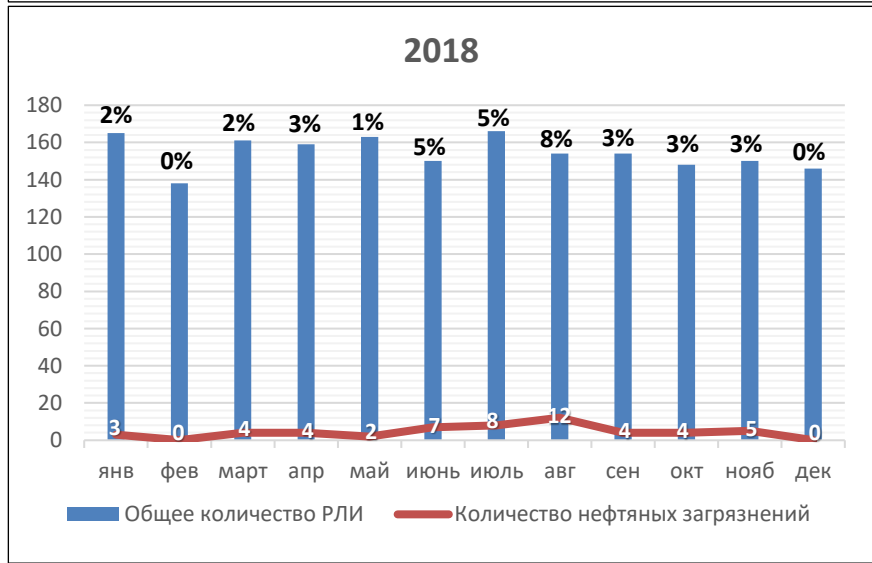
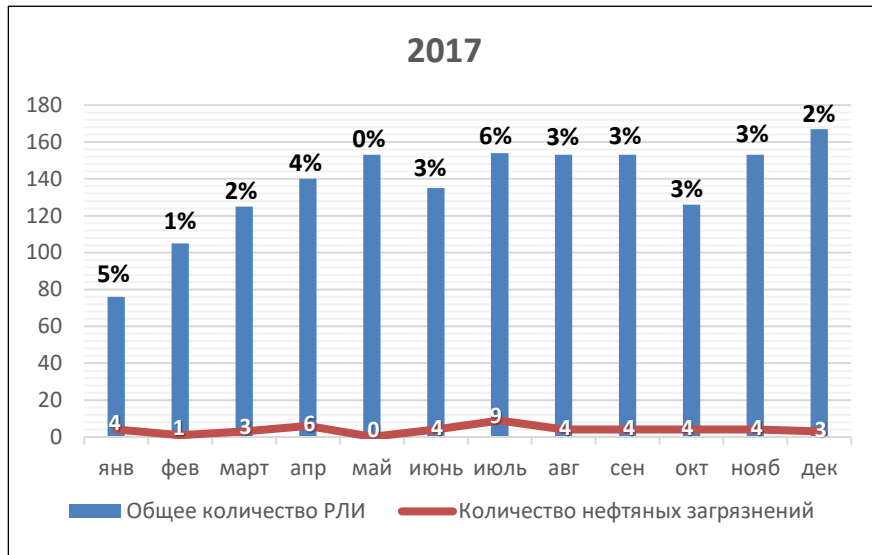
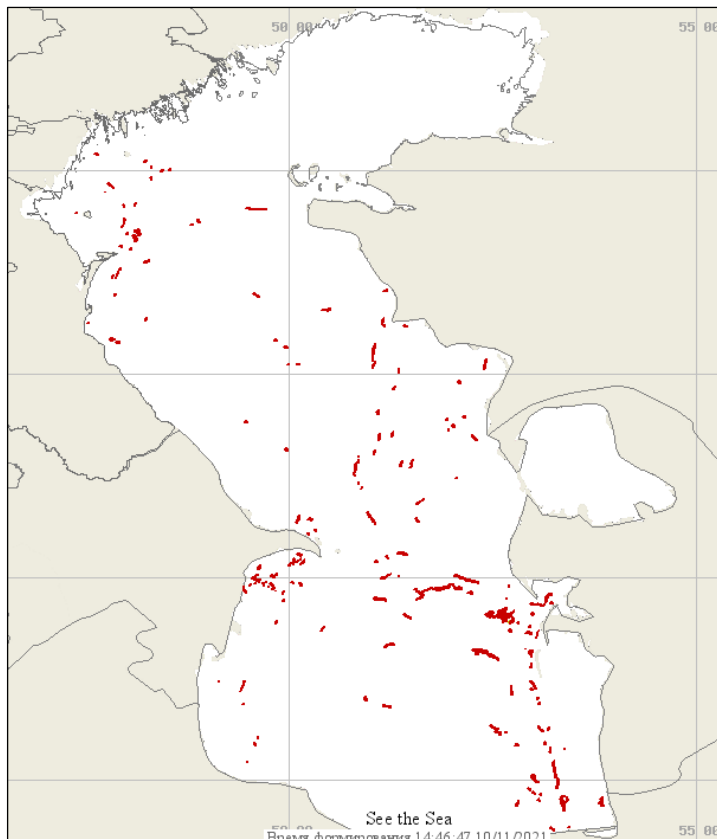


Рис 1. Проявление грифонов в районе расположения судов и буровых установок. Средний Каспий, Туркменистан

Результаты радиолокационного спутникового мониторинга за 2014 – 2018 гг.



На гистограммах (2015) – (2018) представлено общее количество проанализированных радиолокационных данных SAR-C Sentinel-1A/-1B и количество выявленных нефтяных загрязнений в результате судовых сбросов



Процент случаев нефтяных загрязнений от общего количества РЛИ в каждом месяце указан над соответствующим столбиком

Карта выявленных нефтяных загрязнений в результате судовых сбросов за 2014 – 2018 гг.

Примечание: данные за 2014 г. доступны с октября по декабрь

Выводы

- В результате мониторинга Каспийского моря за 2014 – 2018 гг. по данным спутниковой радиолокации было выявлено более 250 случаев нефтяных загрязнений, обусловленных сбросами с судов вод, содержащих нефтепродукты.
- Активная добыча нефти и газа на шельфах Каспийского моря, а также естественный выход углеводородов на морскую поверхность создают дополнительные сложности в верном определении судовых сбросов.
- Основными районами нефтяных загрязнений остаются Апшеронский п-ов (район Нефтяные Камни), северо-западный шельф РФ (буровые установки под оператором «Лукойл»), восточный шельф Туркменистана, а также юго-восточная часть Каспия, где располагаются основные судовые коридоры между Средним и Южным Каспием.
- С учетом описанных нефтяных подобий, в работе были сохранены только те случаи судовых сбросов, которые однозначно интерпретировались на РЛИ. Фактическая ситуация на Каспии остается недооцененной.
- Тем не менее количество выявленных загрязнений говорит о том, что в последнее время все большее внимание уделяется вокруг экологической обстановки в Каспийском море.

Проведение анализа многолетних рядов спутниковых данных за 2014 – 2018 гг. Каспийского моря выполнено при поддержке гранта РНФ № 19-77-20060