

Естественные нефтепроявления на морской поверхности Южного Каспия

М.И. Митягина

Институт космических
исследований РАН, Москва

МОТИВАЦИЯ

В настоящее время 47% сырой нефти, поступающей в Мировой Океан, обусловлено естественными выходами с морского дна, а 53% являются результатом утечек и разливов во время добычи, транспортировки, переработки, хранения и промышленного использования нефти.

На протяжении многих лет основной экологической проблемой Каспийского моря является нефтяное загрязнение. Особые природные свойства Каспийского моря, а именно наличие крупных месторождений нефти и природного газа на морском дне, во многом определяют характер нефтяного загрязнения поверхности Каспийского моря

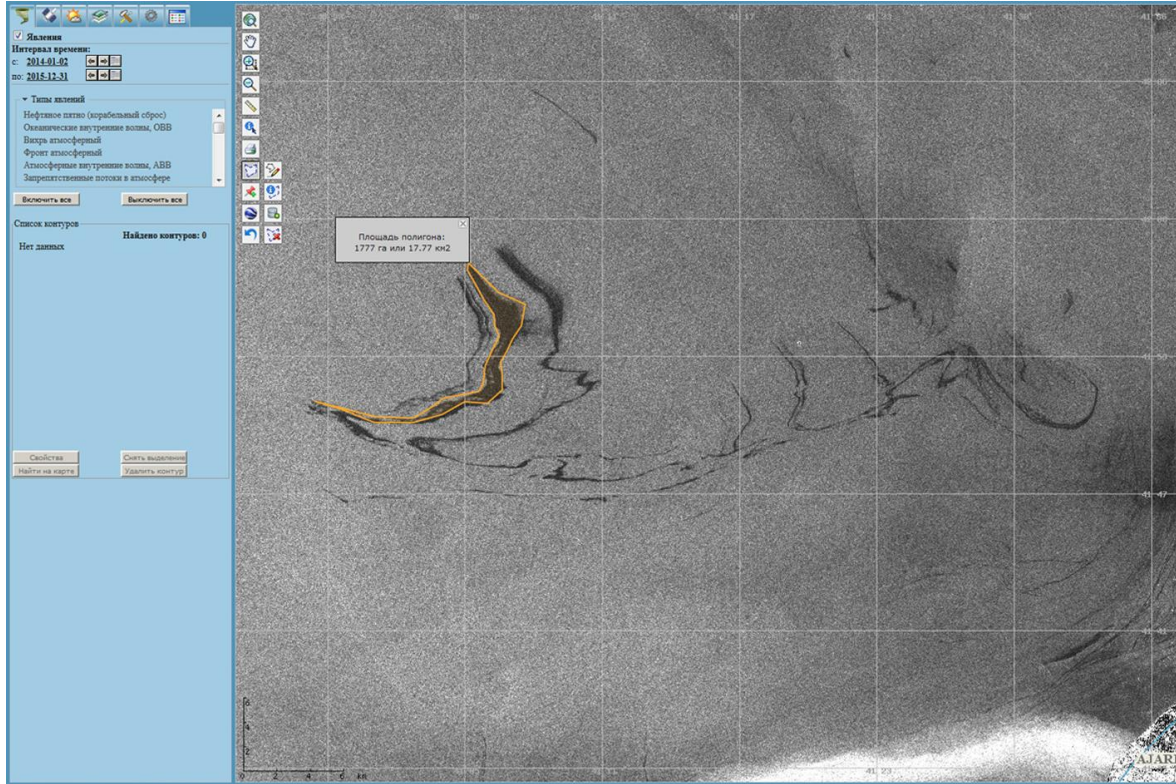
Вклады естественных нефтепроявлений (ЕНП) углеводородов с морского дна на иранском и на туркменском шельфах в общую картину нефтяного загрязнения Каспия достаточно значительны и составляют 7–10% и 8–11% соответственно

ОБЛАСТИ ИНТЕРЕСА

1. Часть Каспийского моря вблизи его юго-западного побережья в провинции Гилян в Иране к востоку от мыса Сефид Руд.
2. Часть Каспийского моря к западу от полуострова Челекен, которая административно принадлежит Туркменистану.

Основные районы интереса помечены на рисунке красными прямоугольниками

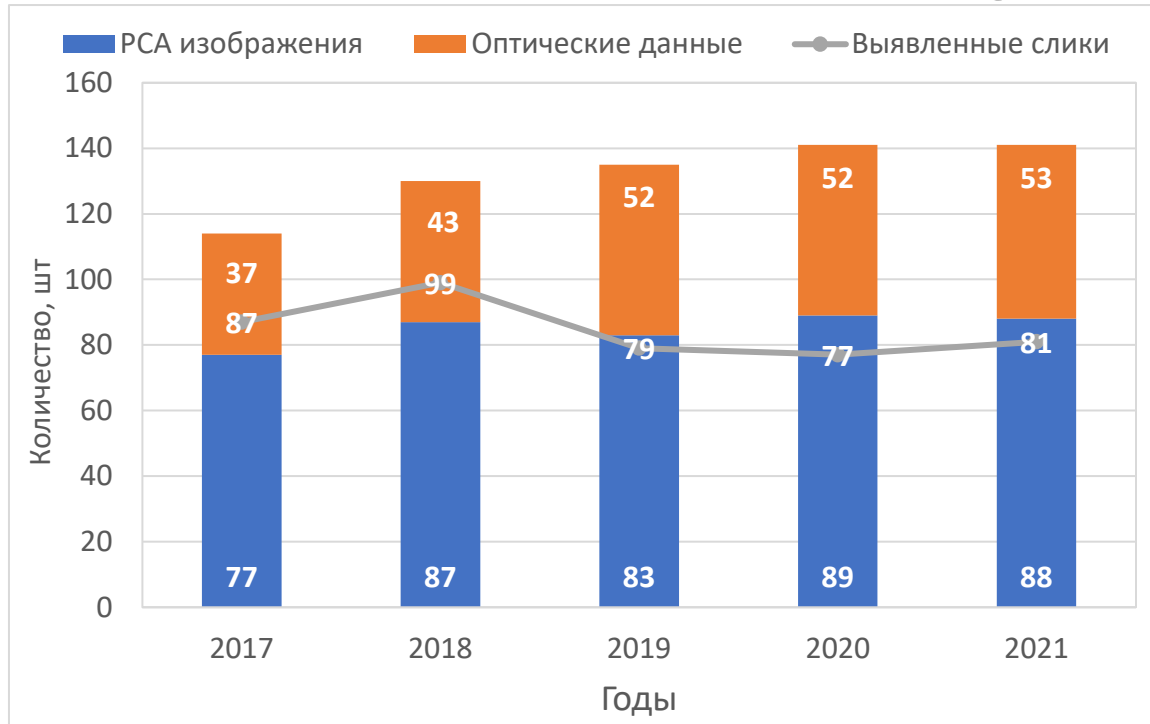
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ



Анализ спутниковых данных выполнялся с использованием возможностей и инструментария информационного спутникового сервиса «See the Sea» (STS), разработанного в Институте космических исследований РАН .

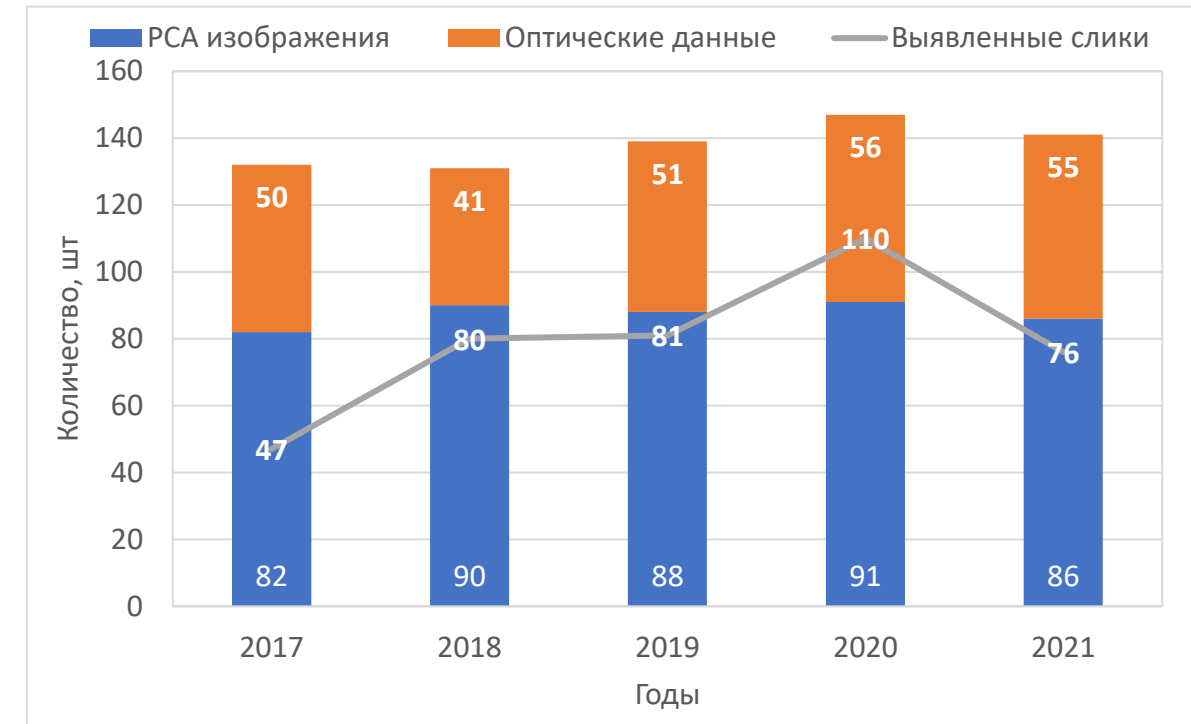
STS не только обеспечивает простой поиск данных в распределенных архивах изображений, используя в качестве критериев поиска тип сенсора, период и местоположение, но и позволяет создавать базы описания процессов и явлений, использовать накопленную информацию для их комплексного изучения и выявления причин их возникновения и развития

МЕЖГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОАНАЛИЗИРОВАННЫХ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ И ВЫЯВЛЕННЫХ НА НИХ СЛИКОВ ЕНП



Для района мыса Сефид Руд.

В общей сложности 661 спутниковое изображение

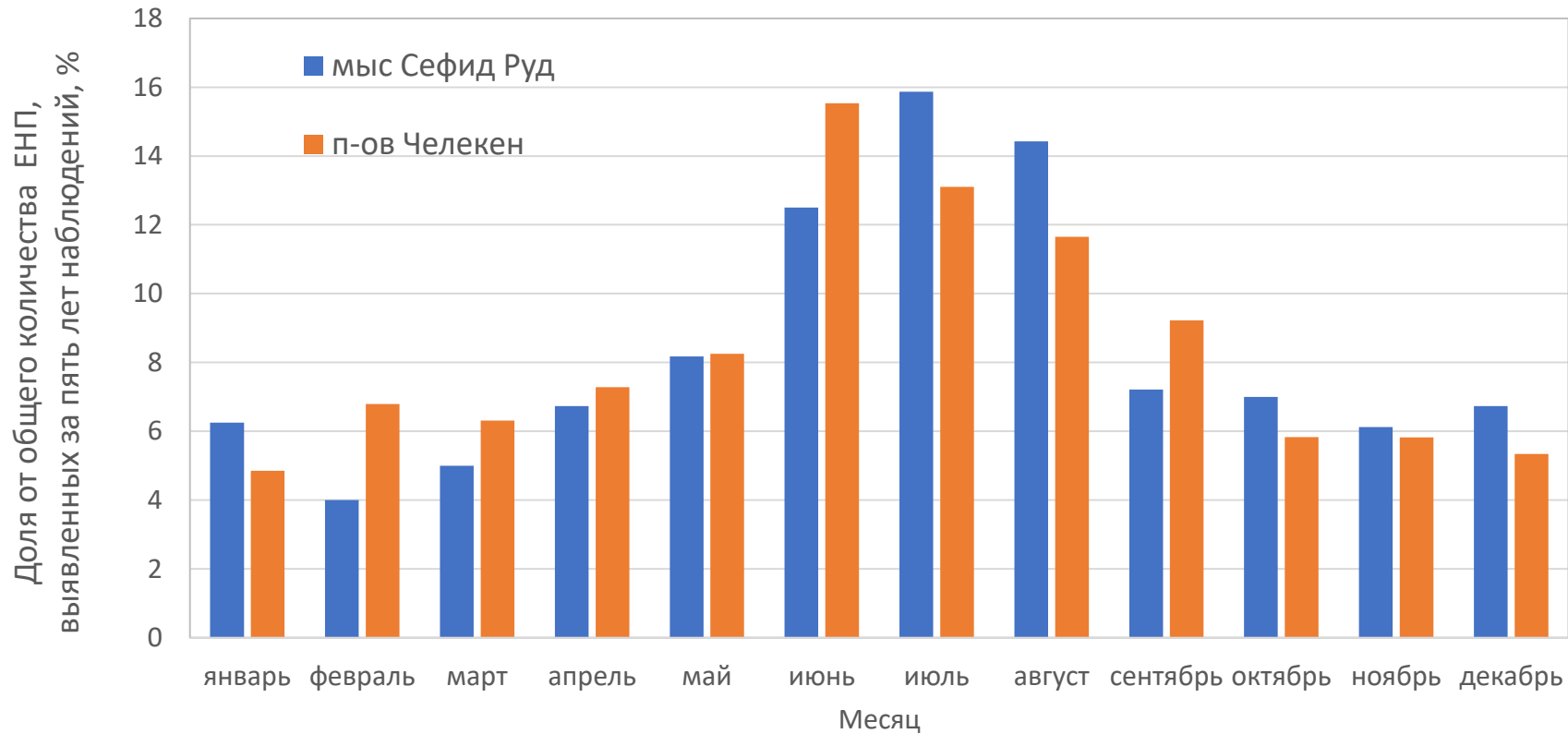


Для района полуострова Челекен.

В общей сложности 690 спутниковых изображений

Массив данных включает в себя как данные, полученные радиолокатором с синтезированной апертурой (РСА) ИСЗ Sentinel-1A;-1B, так и данные, полученные в видимом диапазоне при помощи многоспектральных сенсоров MSI ИСЗ Sentinel-2A и сканирующего радиометра OLI ИСЗ Landsat-8 при облачном покрытии, не превосходящем 10%.

ЕЖЕМЕСЯЧНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЕНП, ОБНАРУЖЕННЫХ В СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ЗА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ В РАЙОНАХ ИНТЕРЕСА



Более 40 % всех ЕНП, выявленных по спутниковым данным, приходится на три летних месяца

ВЫРАЖЕННАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ АСИММЕТРИЯ ОБЛАСТИ АКВАТОРИИ, ПОДВЕРЖЕННОЙ НЕФТЯНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ В РАЙОНЕ МЫСА СЕФИД РУД



Сводная карта ЕНП на поверхности Каспийского моря, выявленных по спутниковым данным за 2017–2021 гг. вблизи мыса Сефид Руд

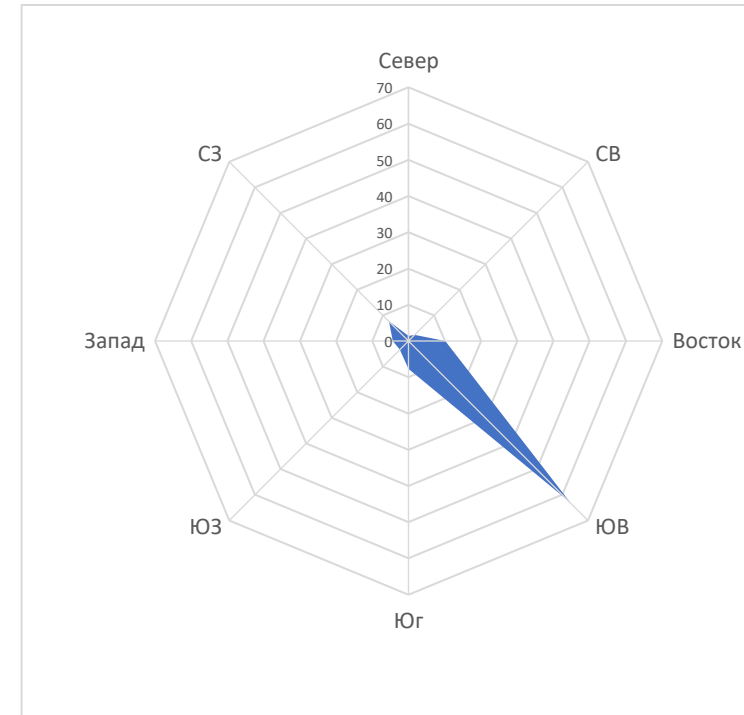
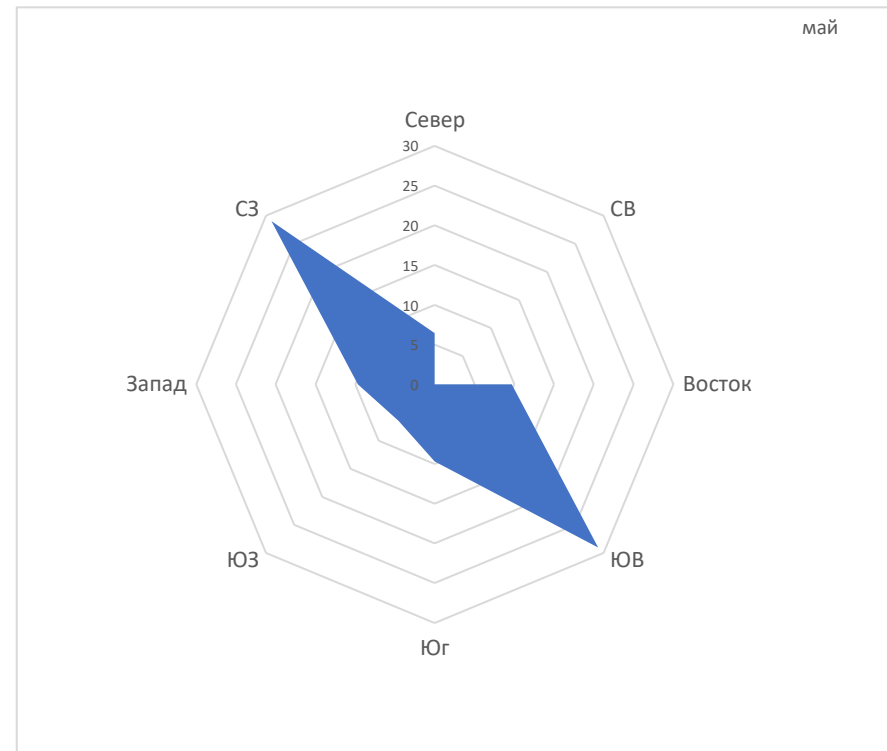
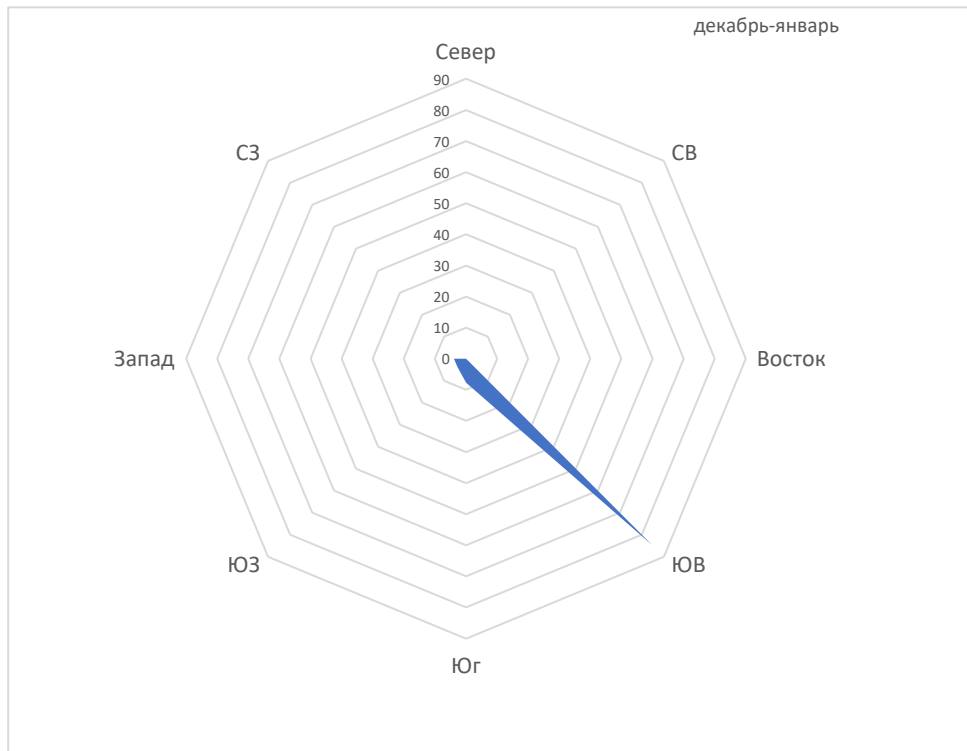


Диаграмма распределения направлений дрейфа пленок ЕНП на морской поверхности по результатам спутниковых наблюдений за 2017–2021 гг.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В НАПРАВЛЕНИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛЕНОК ЕНП В РАЙОНЕ МЫСА СЕФИД РУД



Диаграммы распределения направлений дрейфа ЕНП на морской поверхности по результатам спутниковых наблюдений в различные месяцы 2017–2021 гг.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ НАПРАВЛЕНИЙ ДРЕЙФА И РАСТЕКАНИЯ ПЛЕНОК ЕНП В РАЙОНЕ ПОЛУОСТРОВА ЧЕЛЕКЕН

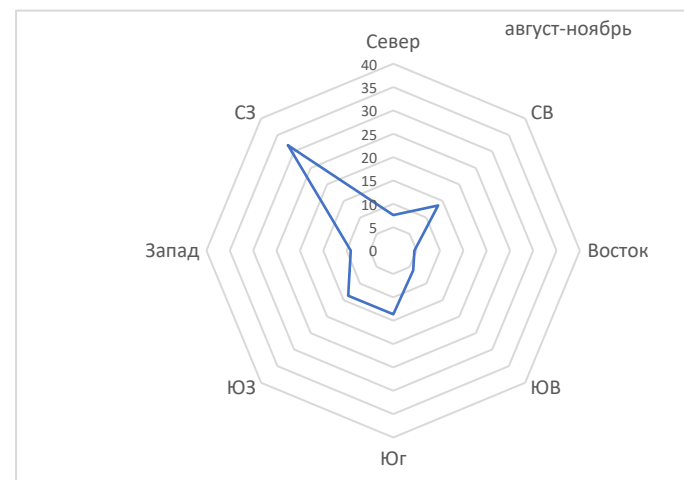
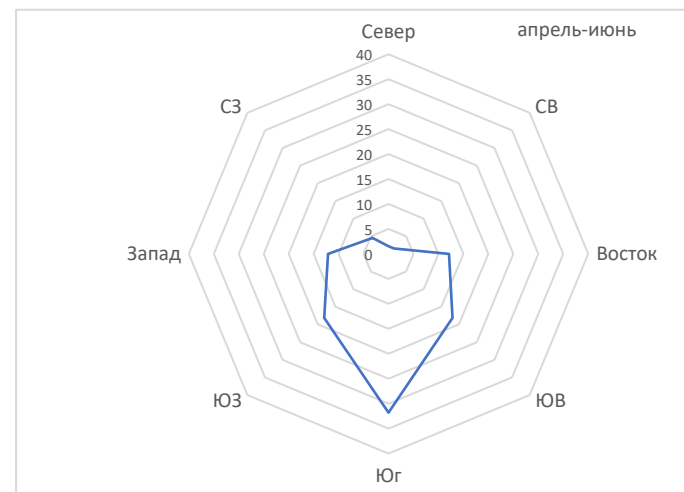
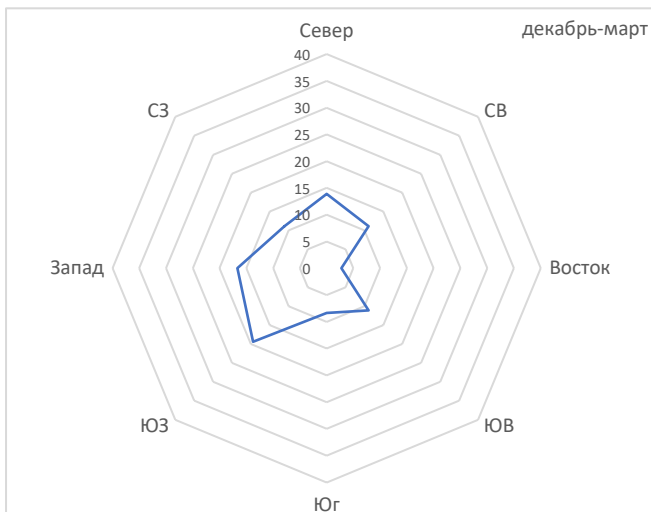


Сводная карта ЕНП на поверхности Каспийского моря, выявленных по спутниковым данным за 2017–2021 гг. вблизи п-ва Челекен



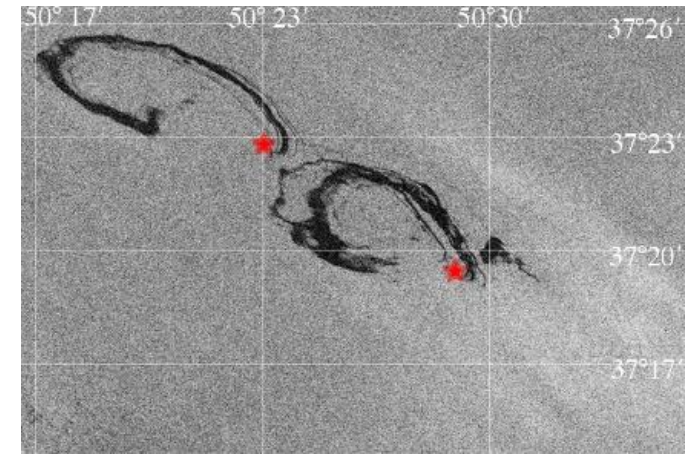
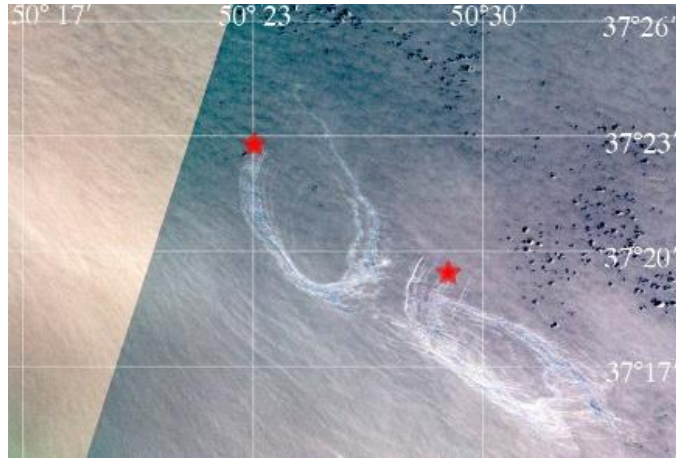
Диаграмма распределения направлений дрейфа пленок ЕНП на морской поверхности по результатам спутниковых наблюдений за 2017–2021 гг.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЕНП В РАЙОНЕ ТУРКМЕНСКОГО ШЕЛЬФА



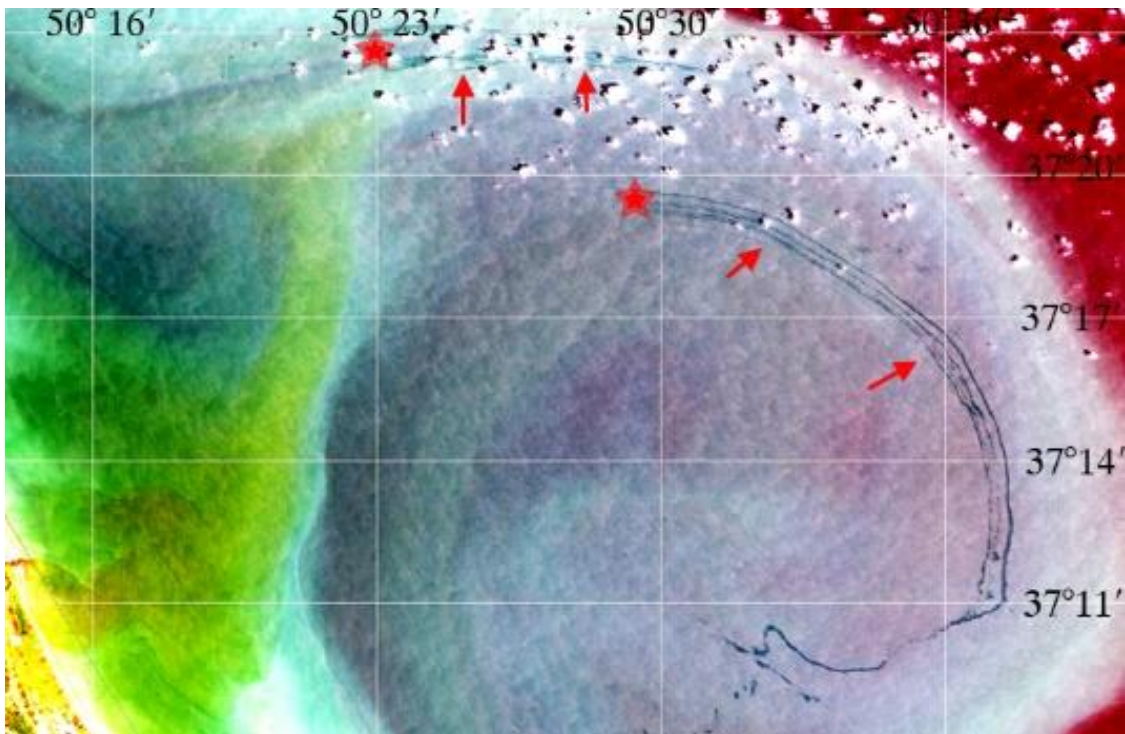
Диаграммы распределения направлений дрейфа пленок ЕНП на морской поверхности по результатам спутниковых наблюдений в различные месяцы за пятилетний период наблюдений

ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ ТРАЕКТОРИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЕНП



Траектории этого типа детектировались нами на спутниковых изображениях морской поверхности в районе мыса Сефид Руд в течение всего пятилетнего периода наблюдений в теплое время года – с последних чисел апреля до конца августа. Выдвинута гипотеза, что формирование подобного типа траекторий распространения ЕНП является следствием воздействия инерционных колебаний, которые существуют за счет действия сил инерции после прекращения основной силы, вызывающей движение вод, и характерны именно для естественных просачиваний с морского дна, когда нефть медленно выделяется в течение некоторого времени из фиксированной точки на дне. Возникновение круговых и эллиптических траекторий именно в тёплое время года может быть связано с формированием сезонного термоклина, способствующего интенсификации подобных колебаний.

ВЛИЯНИЕ МЕЗО- И СУБМЕЗОМАСШТАБНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТРАЕКТОРИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЕНП



Нами установлено, что в 10–12 % случаев ЕНП после выхода на поверхность вовлечены в вихревые движения, которые зачастую радикальным образом меняют ожидаемые (расчетные) траектории их распространения. Нефтяные пленки, захваченные поверхностными течениями, порожденными развивающимся вихрем, могут распространяться на значительные расстояния в направлениях, не совпадающих с направлением приповерхностного ветра. В зависимости от размеров, знака завихренности и траектории движения вихря, вовлеченность ЕНП в вихревые движения может иметь как положительный эффект, способствуя кросс-шельфовому переносу загрязнений и очищению прибрежной зоны, так и отрицательный, способствуя переносу нефтяного загрязнения ближе к берегу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Определены характерные типы траекторий распространений ЕНП на морской поверхности для двух районов интереса.
- На основании анализа спутниковых данных установлено наличие сезонной изменчивости распространения траекторий ЕНП и выявлены доминирующие направления распространения в различные сезоны. Выявленная сезонная изменчивость должна учитываться при оценке рисков нефтяного загрязнения морской поверхности и побережья
- Показано, что в 10-12% случаев ЕНП после выхода на поверхность оказываются вовлеченными в вихревые движения и могут распространяться на большие расстояния, способствуя кросс-шельфовому переносу нефтяного загрязнения. При этом в районе вблизи иранского побережья вероятность переноса ЕНП вихрями выше в сторону глубоководной части, чем в сторону береговой черты. В районе туркменского побережья вероятности переноса пленок ЕНП, вовлеченных в вихревые движения, в сторону побережья и в сторону глубоководной части примерно одинаковы.
- Отдельное внимание уделено эллиптическим траекториям распространения ЕНП, которые детектируются на спутниковых изображениях морской поверхности вблизи мыса Сефид Руд в летний период и выдвинуты гипотезы возможных причин формирования траекторий подобного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mityagina M.I., Lavrova O.Yu., Kostianoy A.G.* Main pattern of the Caspian Sea surface oil pollution revealed by satellite data // *Ecol. Montenegrina*. 2019. V. 25. P. 91–105. <https://doi.org/10.37828/em.2019.25.9> .
2. *Митягина М.И., Лаврова О.Ю.* Выход естественных углеводородов со дна Каспийского моря в районе туркменского шельфа, выявленный по спутниковым данным // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17. № 2. С. 292–298. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-292-298.
3. *Mityagina M., Lavrova O.* Satellite Survey of Offshore Oil Seep Sites in the Caspian Sea // *Remote Sensing*. 2022. V. 14. P. 525. <https://doi.org/10.3390/rs14030525> .
4. *Митягина М.И., Лаврова О.Ю.* Пространственная и временная изменчивость траекторий естественных нефтепроявлений на морской поверхности Южного Каспия, выявленная по спутниковым данным. 2023. Т. 17. № 4. С. 263–277. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-4-263-277.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках темы «Мониторинг» Госзадания ИКИ РАН, госрегистрация № 122042500031-8. Обработка и анализ спутниковых данных проводились с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-мониторинг» с помощью инструментария информационной системы See the Sea.