



Министерство науки и высшего образования РФ
Российская академия наук

Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга
«АЭРОКОСМОС», г. Москва, Россия

Выявление и классификация нефтегазопроявлений на морской поверхности по спутниковым данным: научный подход, база данных

Замшин В.В., Харченко В.Д., Ходаева В.Н., Шлюпиков В.А.



ВВЕДЕНИЕ

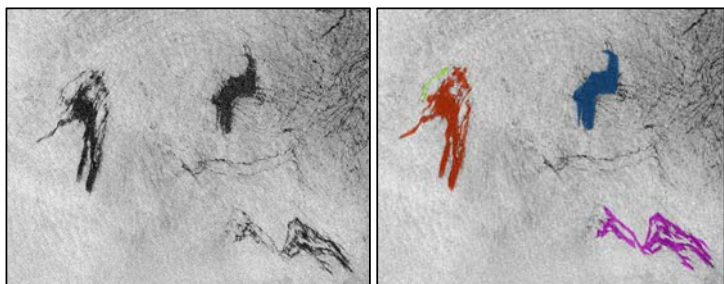
Исследование посвящено разработке и апробации комплексного научного подхода к выявлению и классификации нефтегазопроявлений (НГП) на морской поверхности по спутниковым оптическим и радиолокационным данным.

Ключевой особенностью подхода является использование научно обоснованных классификационных признаков НГП и регистрация максимально возможного количества метаданных.

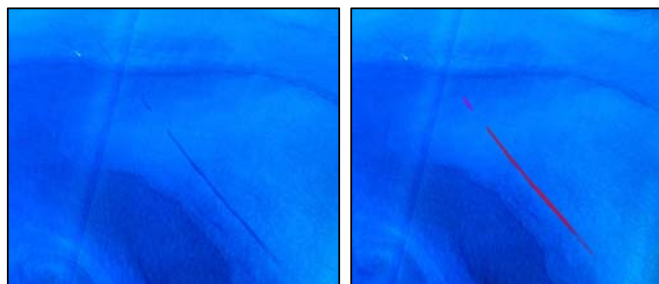
Под НГП понимаются поступления нефти и/или газа (углеводородов) в морскую среду (и далее – на морскую поверхность).

На основании разработанного подхода зарегистрировано более 3.3 тыс. естественных и антропогенных НГП и их метаданных. Сформирована и развивается специализированная база данных НГП, обеспечивающая хранение и анализ больших объёмов значимых параметров НГП и гидрометеорологических условий их наблюдения.

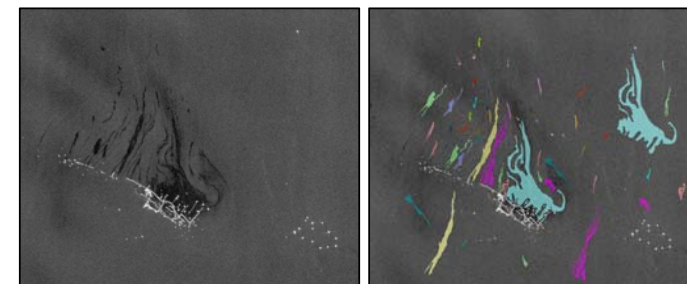
27-03-2019 (S1A)



26-07-2019 (S2)



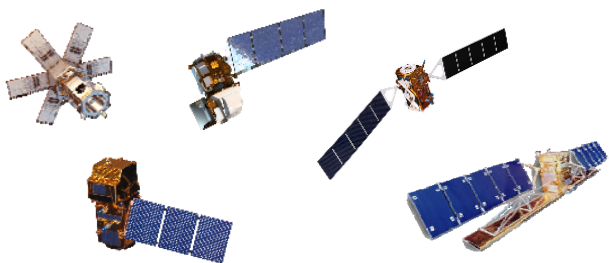
07-02-2019 (S1A)





МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Используемые данные: спутниковые радиолокационные и оптические изображения, а также спутниковые информационные продукты.




Для выявления и исследования НГП:


- Sentinel-1A/B
- Sentinel-2A/B
- Landsat-8/9

Для исследования

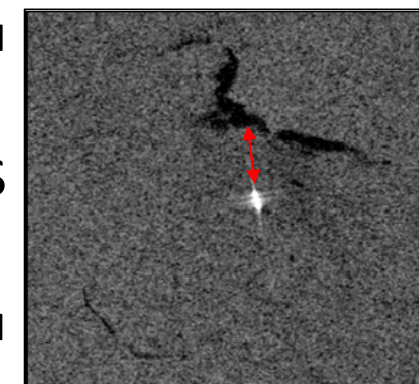
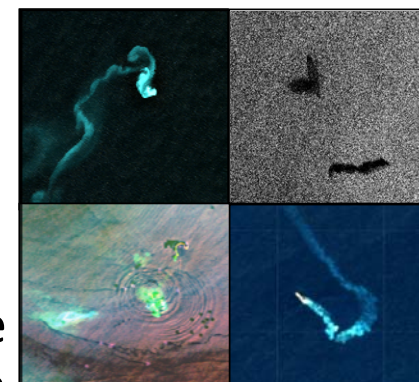
гидрометеорологических условий:

- MODIS Terra/Aqua
- NOAA OISST
- HYCOM и др.

- Для наполнения базы данных НГП разработано специализированное программное обеспечение с использованием облачного сервиса хранения и обработки данных дистанционного зондирования Земли Google Earth Engine. 

- База данных реализована на основе программного обеспечения QGIS SpatiaLite. 

- Хранение данных в базе осуществляется в виде набора таблиц и векторных объектов (контуров НГП).



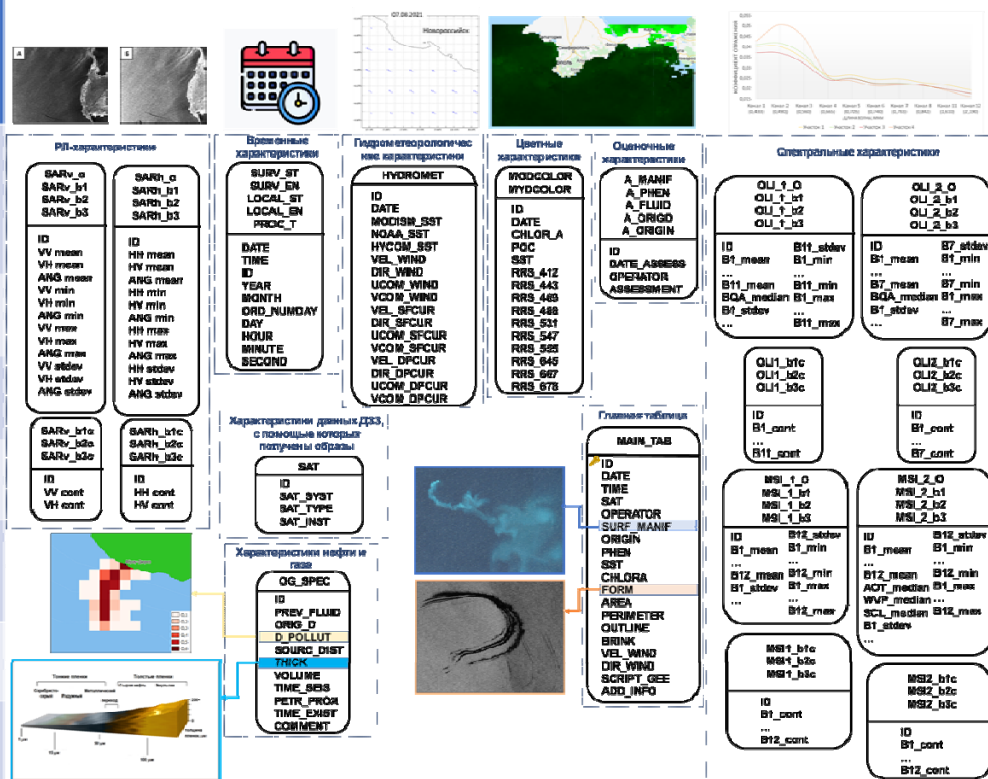


ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВЗАИМОСОГЛАСОВАННЫХ ГРУПП, ПОДГРУПП И КЛАССОВ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ НГП

Структура разработанной базы данных предполагает, что каждое зарегистрированное НГП (или Look-a-Like явления) имеет множество значимых параметров, которые подразделяются на 4 группы.

Укрупнённая схема БД:

Группа	Значимые параметры НГП и фона, измеряемые космическими оптическими и радиолокационными средствами ДЗЗ (минимум, максимум, среднее, стандартное отклонение)	Дополнительные информативные признаки НГП, определяемых по результатам обработки космических оптических и радиолокационных изображений	Гидрометеорологические условия	Данные анализа, проведённого совместно с априорной информацией
ПАРАМЕТРЫ НГП (классификация измерения*)	1) Удельная эффективная площадь рассеяния НГП и окружающей водной поверхности (дБ) на различных поляризациях (для РЛИ)	1) Форма (точечная; овальная; петлевидная; линейчатая; сложная и др.)	1) Скорость и направление приповерхностного ветра (м/с)	1) Тип поверхностного проявления (выглаживание плёночное, оптическая аномалия, выглаживание аэродинамическое Look-a-Like, газовый плюм и др.)
	2) Угол зондирования (°)	2) Площадь (кв. м.) и периметр (м.)	2) Скорость и направление течений в приповерхностном слое	2) Тип преобладающего флюида (Нефть; газ; НГП)
	3) Спектральная отражательная способность НГП и фона (%) (для МСИ, в различных каналах)	3) Контур (фрагментарный; непрерывный)	3) Скорость и направление среднего по глубине течения	3) Тип происхождения (Антропогенное; естественное)
		4) Природа края (четкая/резкая; переменная)	4) Концентрация органического вещества (мг/м3)	4) Расстояние до потенциальных источников (м)
		5) Время существования (мин.)	5) Концентрация хлорофилла (мг/м3)	5) Близость во времени к сейсмическим событиям (часы +/-), до/после сейсм. события
		6) Толщина (для случая плёночного проявления) (мкм)	6) Интенсивность флуоресценции (усл. ед.)	6) Близость к нефтегазоносным структурам (м)
Подгруппа (классификация измерения*)		7) Температура морской поверхности (°C)	7) Частота проявлений, выраженная в значении показателя подверженности участка морской поверхности НГП исследуемого типа (%)	

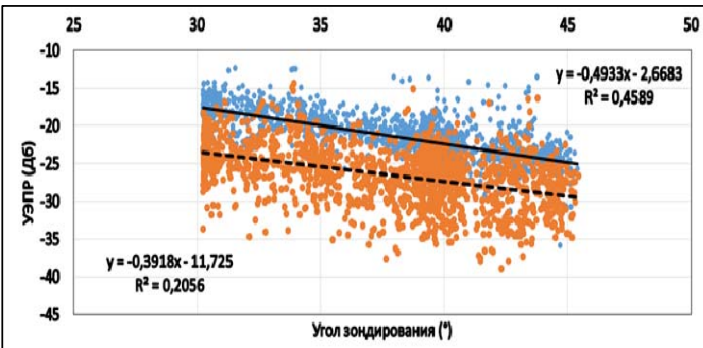




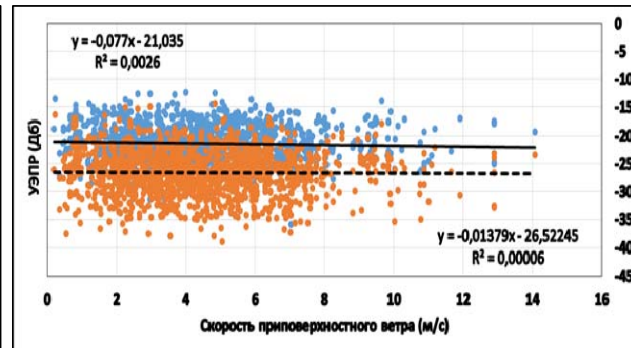
ПРИМЕРЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ОБ НГП (а)

ПРИМЕРЫ ТОЧЕЧНЫХ ДИАГРАММ УЭПР НП И ФОНОВОЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Угол зондирования и УЭПР (ФОНА и НП)



Скорость ветра и УЭПР (ФОНА и НП)



С использованием БД могут быть, например, вычислены осреднённые контрасты НГП заданного типа:

а) в выбранном канале по оптическим данным:

$$C = (R_{нп} - R_{вп}) / R_{гп}, \quad (\text{контраст по Веберу})$$

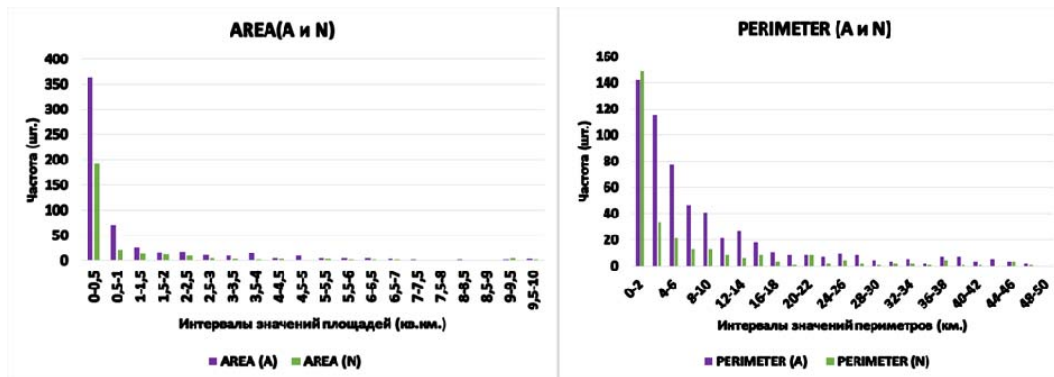
где

$R_{нп}$ – спектральная отражательная способность НГП;

$R_{вп}$ – спектральная отражательная способность водной поверхности.

ПРИМЕРЫ ГИСТОГРАММ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ НГП

Распределение площадей и периметров (антропогенные (А) и естественные (N))



б) на выбранной поляризации по радиолокационным данным:

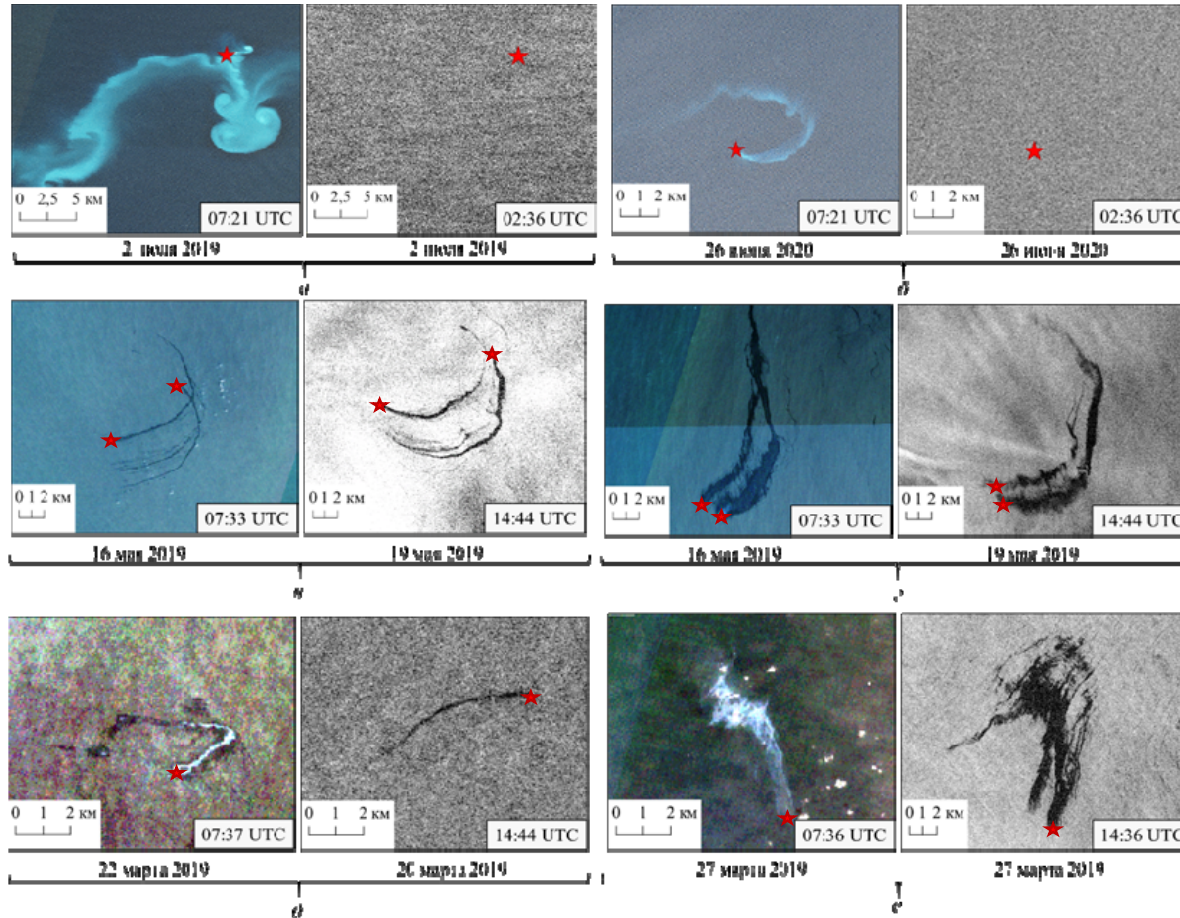
$$S = \sigma_{нп} - \sigma_{вп},$$

где

$\sigma_{нп}$ (децибелы) – УЭПР НГП,

$\sigma_{вп}$ (децибелы) – УЭПР водной поверхности.

ПРИМЕРЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ОБ НГП (б)



Примеры совместного анализа спутниковых изображений ГП (а-б) и НП (в-е) в Каспийском море, полученных с расхождением в 0-3 суток с оптических и радиолокационных систем Sentinel-2A/B (цветные фрагменты) и Sentinel-1A/B (фрагменты в градациях серого) соответственно; звездочками отмечено место всплытия.

В данном примере показано, что в отличие от нефтепроявлений, газопроявления не сопровождаются значимыми аномалиями УЭПР (проанализированы квазисинхронные пары оптика-радар).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход и сформированная база данных обеспечивают возможность проведения спутниковых исследований особенностей НГП с использованием корреляционного/регрессионного анализа, методов распознавания образов в многомерных признаковых пространствах и др.

На основании выполненных предварительных исследований материалов базы данных установлены некоторые статистические характеристики и взаимосвязи основных значимых параметров НГП, исследована пространственно-временная динамика НГП в различных акваториях (Черное и Каспийское моря, озеро Байкал, 2015-2021 гг.).

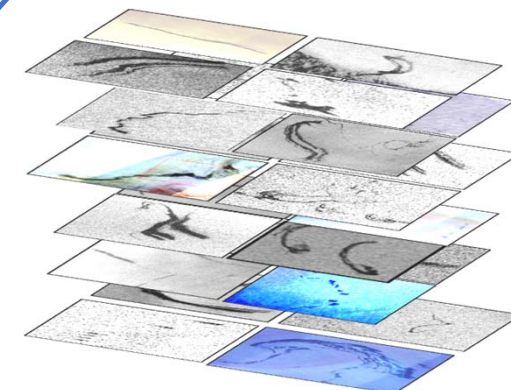
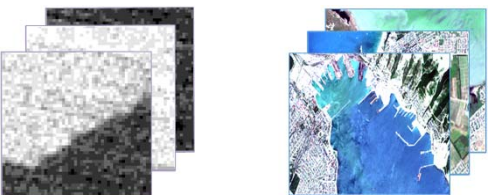
Например, математическое ожидание контраста УЭПР нефтепроявлений (~1.5 тыс. образцов) в сравнении с фоновой морской поверхностью составило $-4,7$ дБ (Sentinel-1A) и $-6,1$ дБ (Sentinel-1B).

Математическое ожидание оптических контрастов газопроявлений (~0.3 тыс. образцов), вычисляемых с помощью дроби Вебера в «зелёном» спектральном канале, составило $0,485$ (Sentinel-2A/B) и $0,463$ (Landsat-8).

Предусмотрен жизненный цикл разработанной БД и её дальнейшее развитие.



Спасибо за внимание



Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-15-2020-776