



ДИНАМИКА ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА И ИЗМЕНЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ В РАЙОНЕ БАКАЛЬСКОЙ КОСЫ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Алескерова Анна Адиловна
с.н.с отдела ДМИ

*Двадцать вторая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"*

Москва-2024

Актуальность

Актуальность данной работы обусловлена быстрой изменчивостью береговой линии Бакальской косы.

Спутниковые данные позволяют провести анализ процессов на выбранных временных и пространственных масштабах в то время как получение контактных измерений в настоящее время не представляется возможным.

Анализ спутниковых данных позволит исследовать пространственно-временную изменчивость и перенос взвешенного вещества в прибрежной зоне, изменение береговой линии при действии различных гидрометеорологических условий на основе комплексного анализа мульти-сенсорных спутниковых данных.



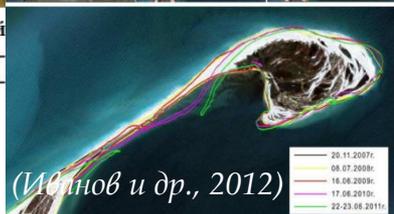
Цель работы – разработать автоматический алгоритм выделения береговой линии по спутниковым данным высокого разрешения Landsat-8,9 и Sentinel-2 и оценить изменение береговой линии в районе Бакальской косы под влиянием ветрового воздействия

(Станичная и др., 2016)



Рис. 1. Изменения береговой линии Бакальской косы, области отступления показаны голубым, нарастания – красным.

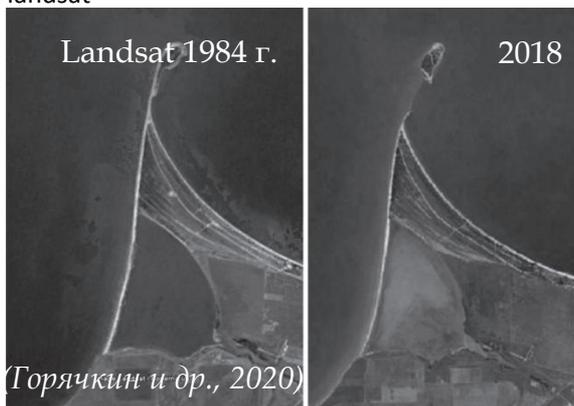
В работе (Станичная и др., 2016) предложена методика анализа изменений береговой линии по спутниковым данным. Используется комбинация ИК каналов двух разнесенных во времени изображений, которая в итоговом изображении одного и того же района побережья даёт районы отступления и выдвигения берега.



(Иванов и др., 2012)

Изменения конфигурации Бакальской косы по данным landsat

Рассмотрена динамика береговой линии в районе Бакальской косы 2010-2012 гг. Анализ отделения дистальной части косы и образование острова.



(Горячкин и др., 2020)

По спутниковым снимкам серии Landsat был произведен расчет значений площадей острова в период с 2010 по 2018 гг

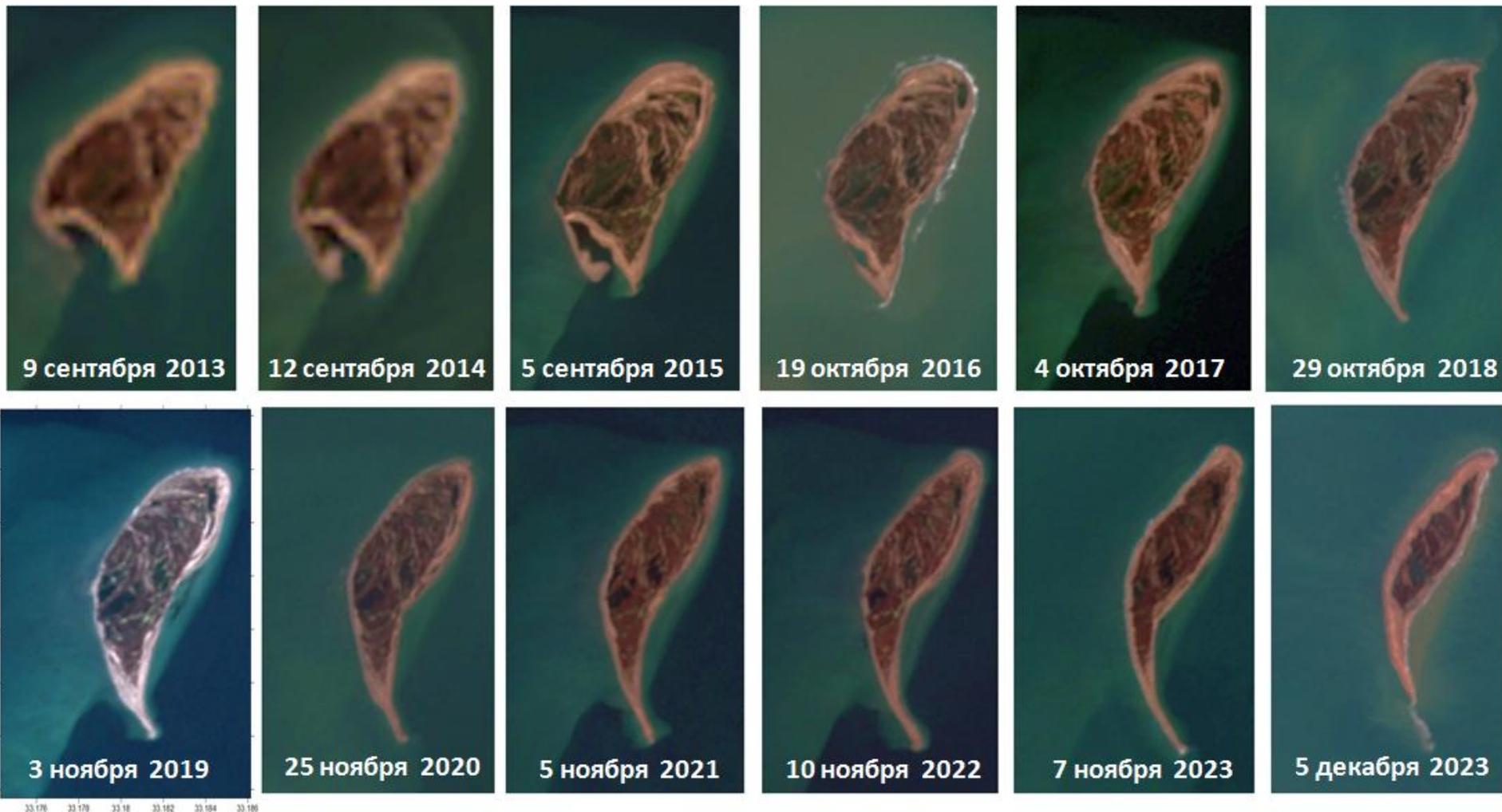
1. Изображения **Landsat 8,9** и **Sentinel-2** с высоким пространственным разрешением 30 м и 10 м, соответственно, были использованы для выделения береговой линии и оценки ее изменения

Временное разрешение Landsat - 16 суток
Sentinel-2 - 10 суток

2. Ежедневные данные **Modis-Aqua** и **-Terra** и **VIIRS Level 2** по яркости восходящего излучения и концентрации взвешенного вещества с разрешением 1 км были использованы для изучения распределения взвешенного вещества в Каргинитском заливе

Изменение береговой линии дистальной части Бакальской косы

Визуально изменение береговой линии дистальной части Бакальской косы хорошо видно на RGB снимках Sentinel-2 и Landsat



По данным Landsat 8,9 и Sentinel-2

Автоматический алгоритм выделения береговой линии по спутниковым данным высокого разрешения Landsat-8,9 и Sentinel-2

Для изучения изменения береговой линии Бакальской косы было отобрано **140** безоблачных снимков Landsat 8, 9 с **2013 по 2024** гг.

Не использовались снимки, где наблюдалось сильное волнение и образование «барашек».

Для разделение суши от воды применялся **5 канал** ближний ИК (Near Infrared, NIR) - **0,845 – 0,885 мкм** для **Landsat-8,9**

8 канал (VNIR) - **0,781 – 0,883 мкм** для **Sentinel-2**

Критерий яркости :**Rc=0.07**;

$(A \geq Rc) = 1$;

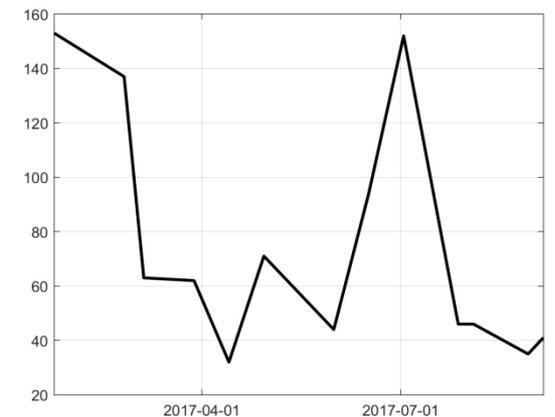
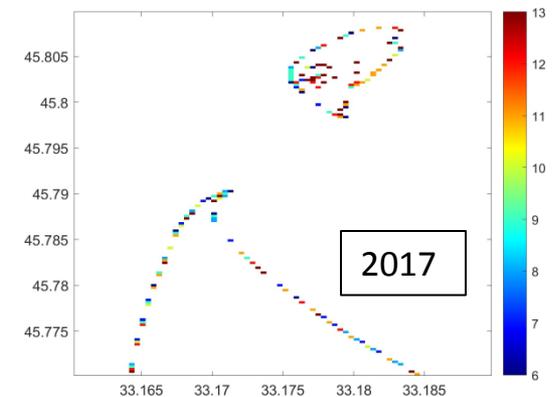
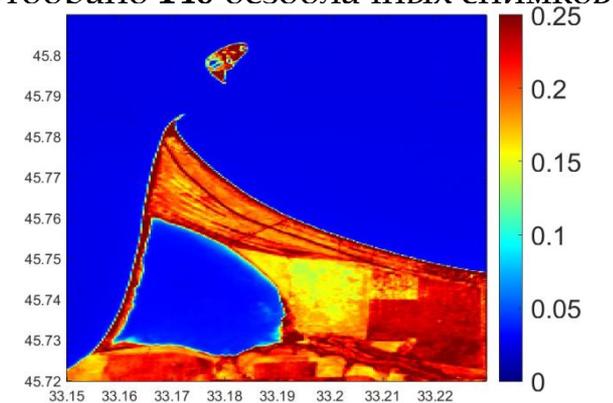
$(A < Rc) = 0$;

В единичных случаях данный критерий корректировался и **Rc=0.1**, что было связано с засветкой снимка.

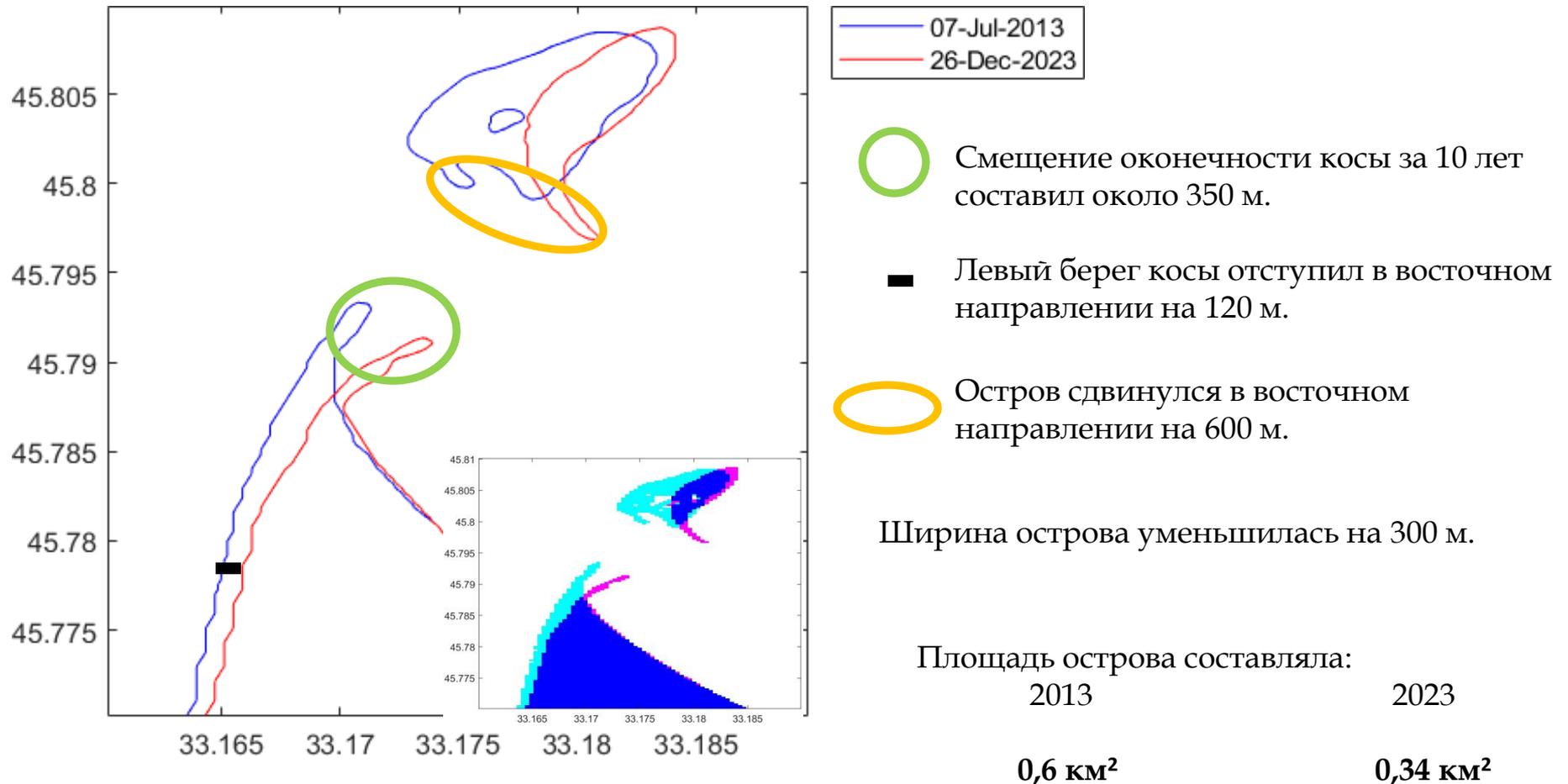
Критерий яркости для **Sentinel-2** :**Rc=0.15**;

Получены карты с точками, где выявлены изменения контура береговой линии

Получены графики разницы двух ближайших снимков, показывающие количество несовпадающих пикселей



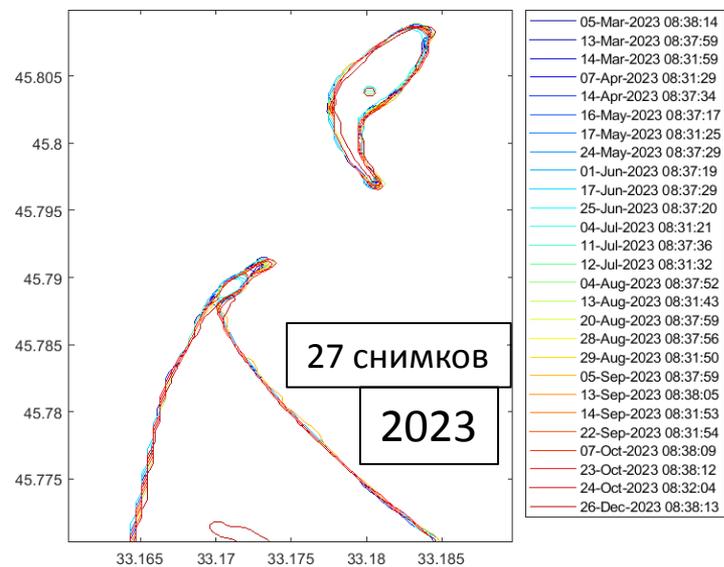
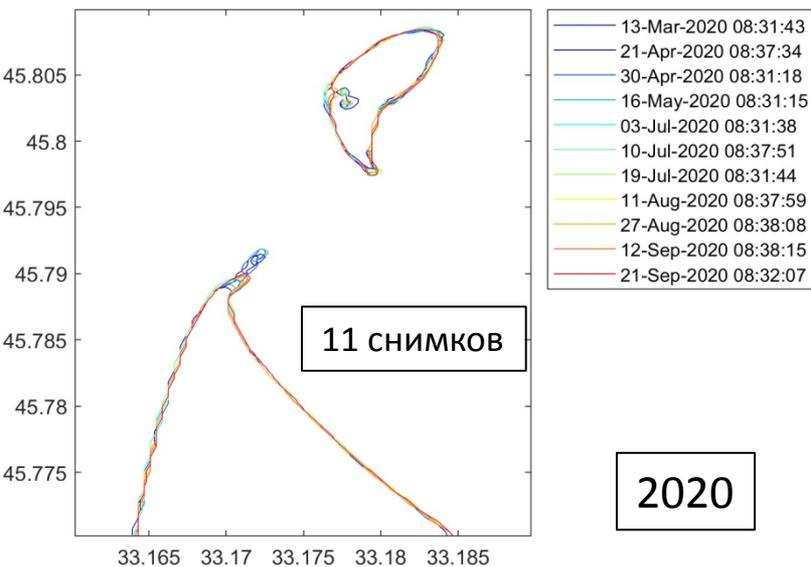
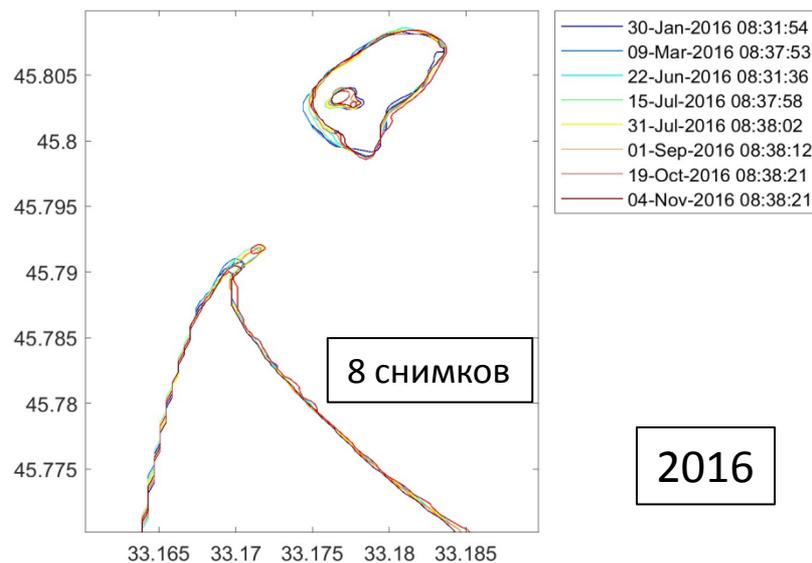
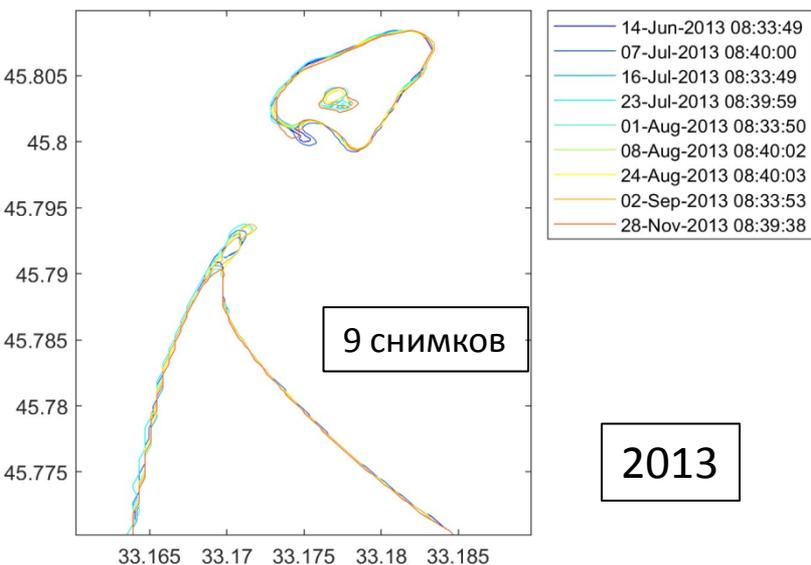
Изменение береговой линии Бакальской косы за 10-ий период



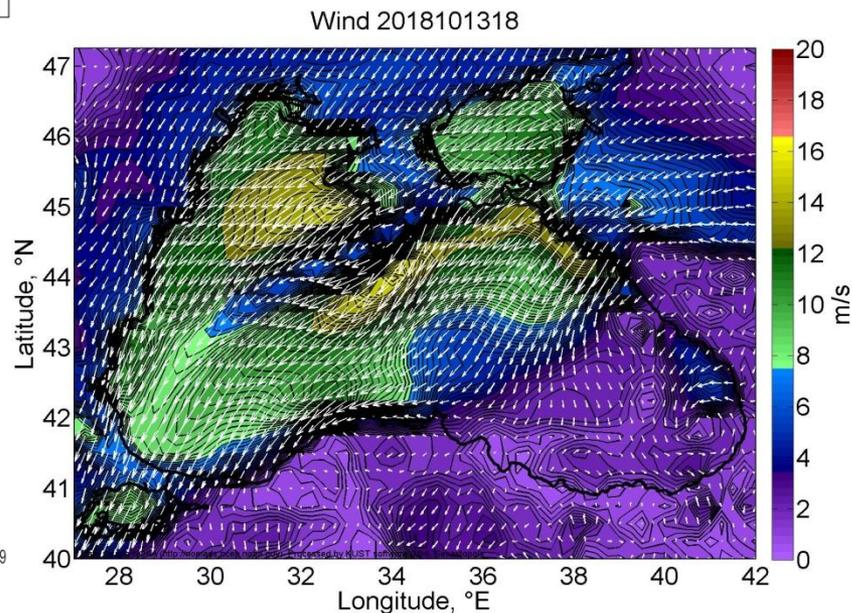
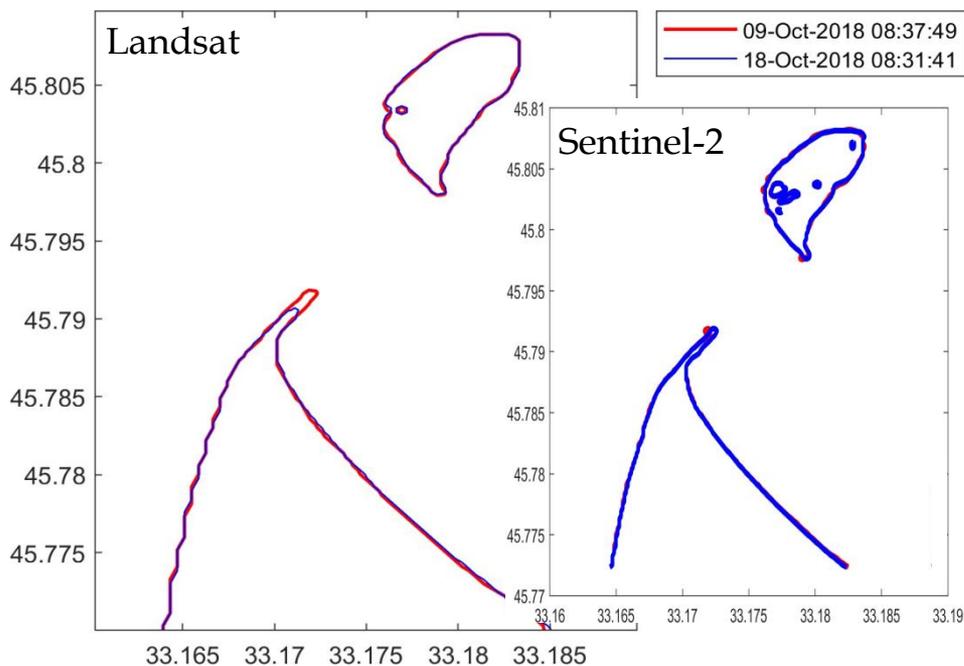
Полученные результаты согласуются с данными опубликованными в статье
Горячкин Ю. Н., Косьян Р. Д. Образование нового острова у берегов Крыма //Океанология. – 2020. – Т. 60. – №. 2. – С. 323-330.

Изменение береговой линии Бакальской косы по годам, данные Landsat 8,9

Карты с нанесением контура береговой линии были выполнены за каждый год с 2013 по 2023 гг.



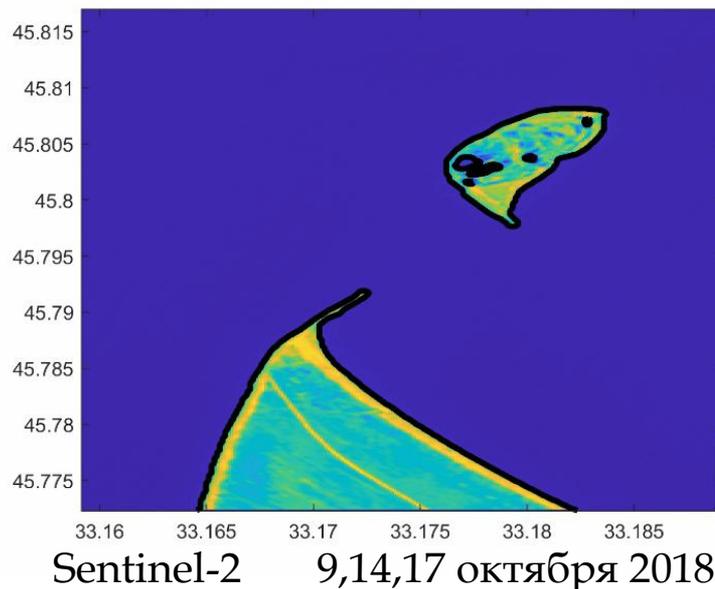
Анализ локального изменения береговой линии



СВ ветер с 11 по 17 октября с максимальной скоростью до 14м/с

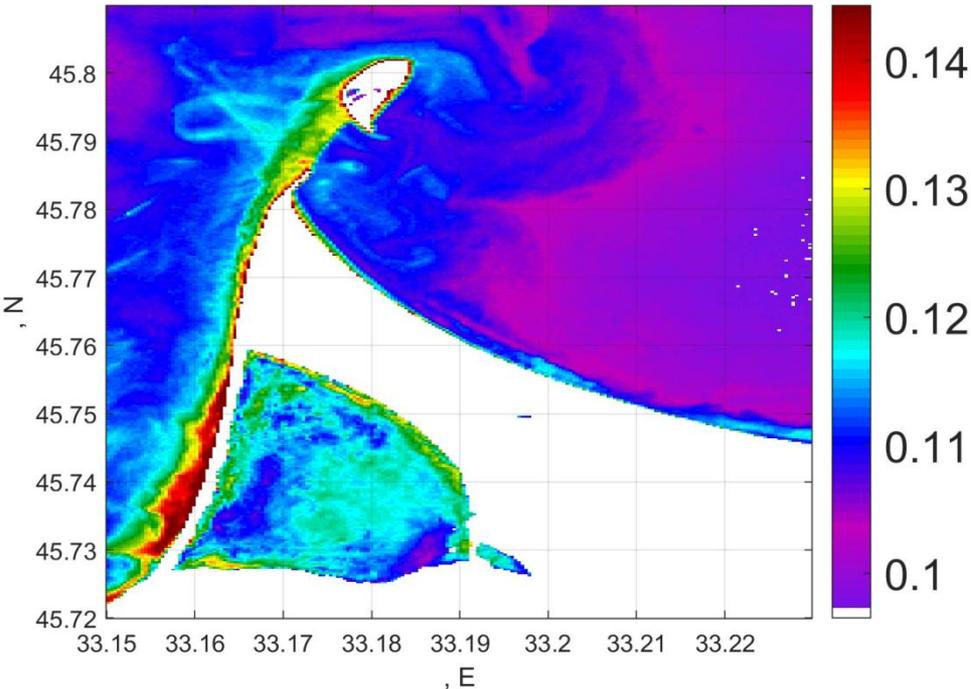
Размыв оконечности косы порядка 160 м по данным Landsat.

Изменение конфигурации косы и ее размыв порядка 60 м по данным Sentinel-2.



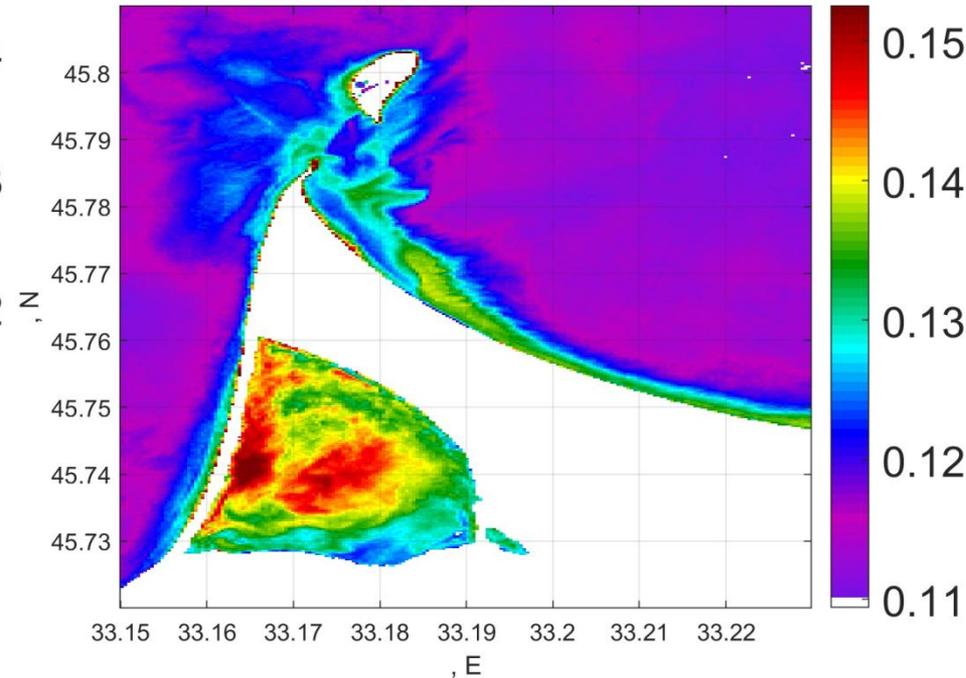
Анализ взмучивания у береговой линии

T. Date=2018-10-09



Landsat 8, 9 октября 2018 на $\lambda=0,450-0,515$ мкм

T. Date=2018-10-18

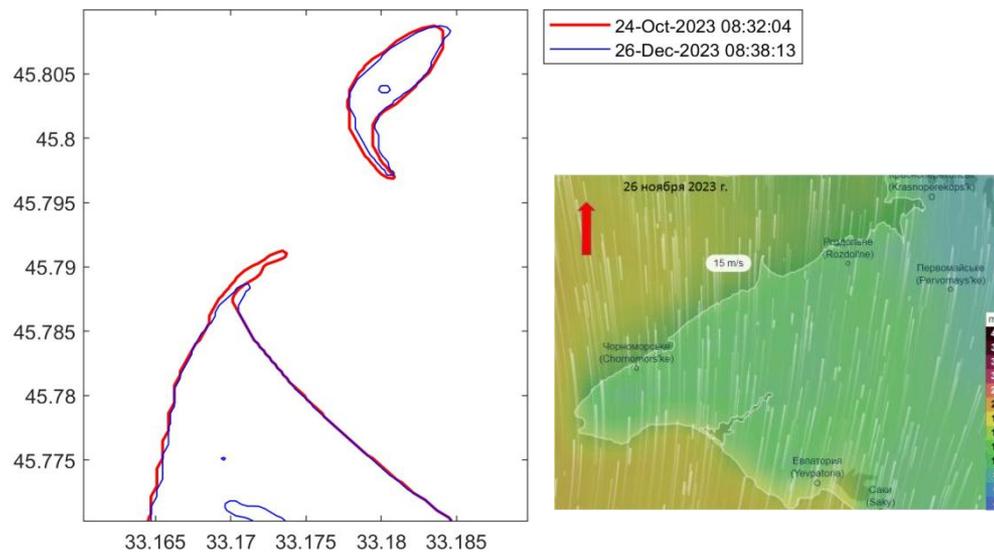
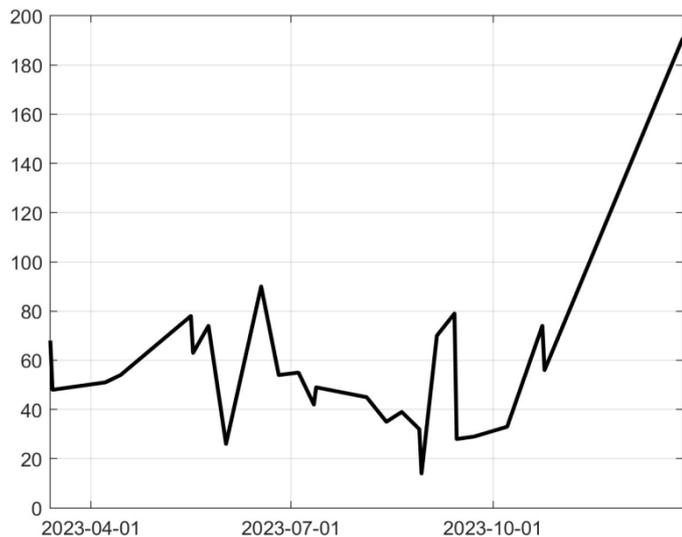


Landsat 8, 18 октября 2018 на $\lambda=0,450-0,515$ мкм

9 октября после СЗ ветра (4 октября, до 10 м/с) наблюдаются повышенные показатели яркости у западного берега косы.

18 октября после СВ ветра (13 октября, до 14 м/с) - повышенные яркости у восточного побережья

Анализ изменения береговой линии после шторма в ноябре 2023 года

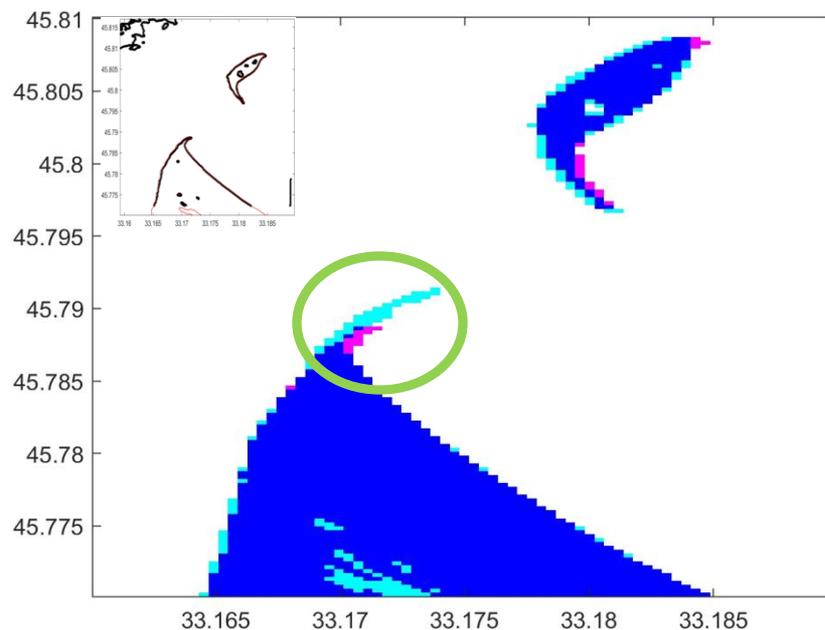


Площадь острова составляла:

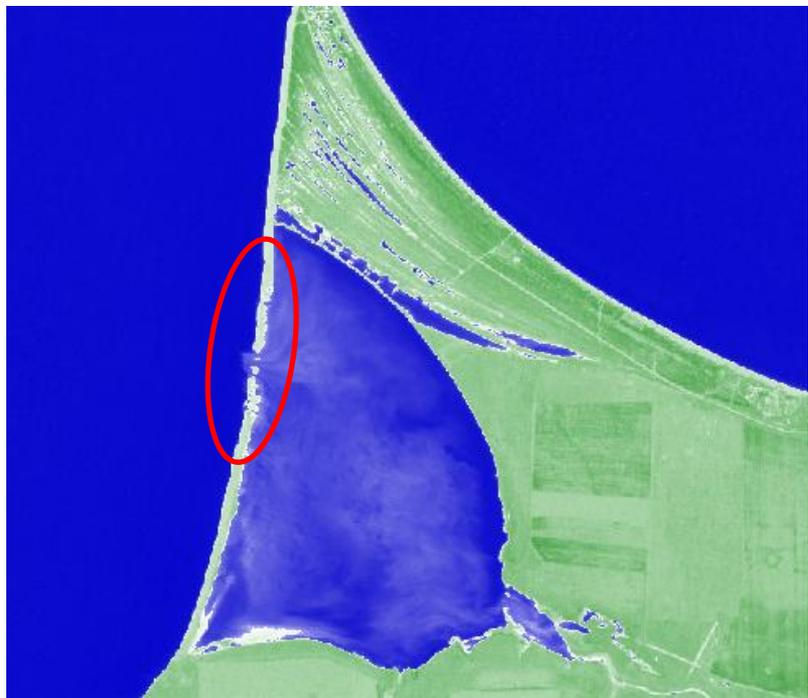
октябрь	декабрь
0,339 км²	0,298 км²

Площадь оконечности косы составляла:

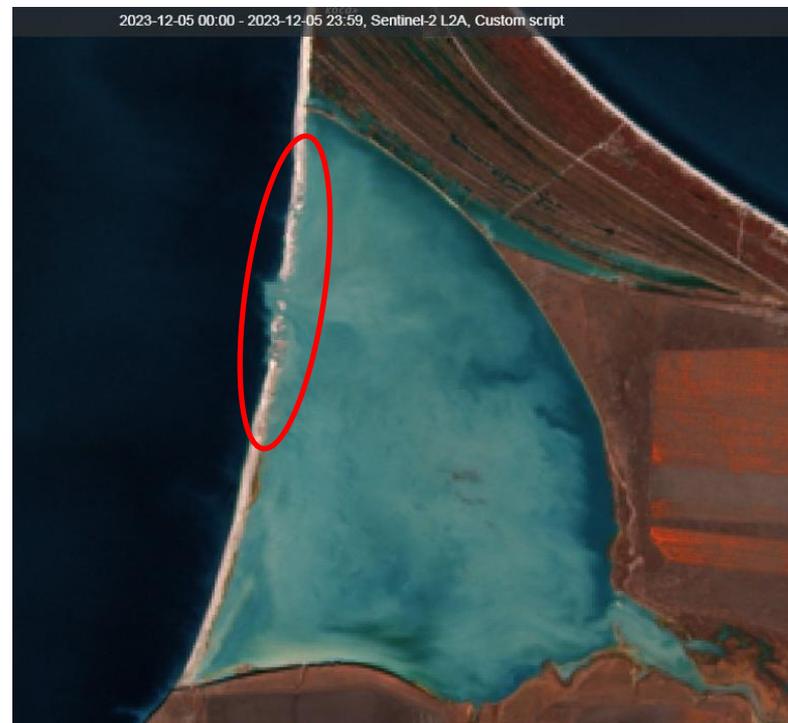
0,11 км²	0,07 км²
----------------------------	----------------------------



Анализ изменения береговой линии после шторма в ноябре 2023 года



NDWI на основе каналов (B3-B8)/ (B3+B8)



Sentinel-2, 5 декабря 2023 года

Общий размыв участка берега порядка **500 м**
Образуются 3 промоины по 40 м и 24 м
Они наблюдаются до конца января

Ширина берега на месте образовавшихся промоин в 2 раза меньше, около 50 м

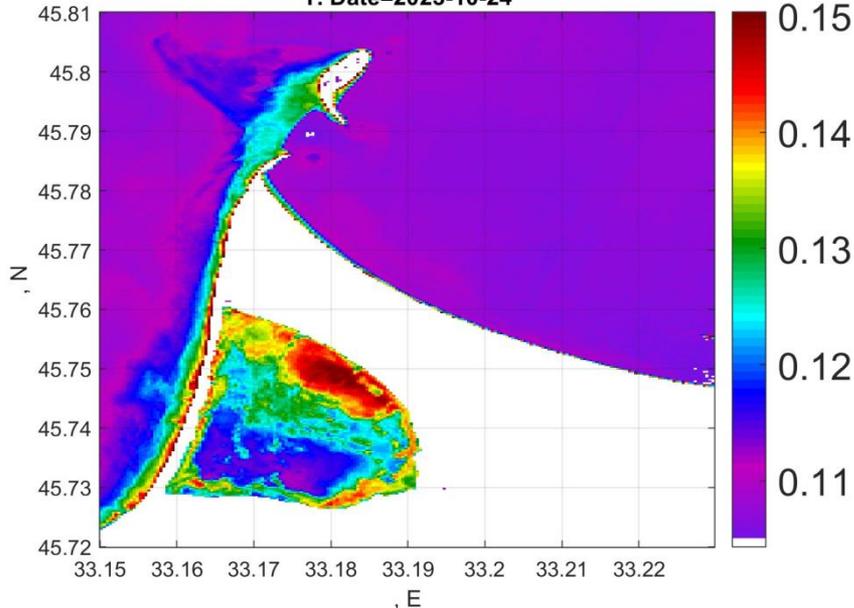
5 и 10 мая 2024 года наблюдается нарушение береговой линии

В июне ширина берега восстанавливается, в данный момент – около 80 м



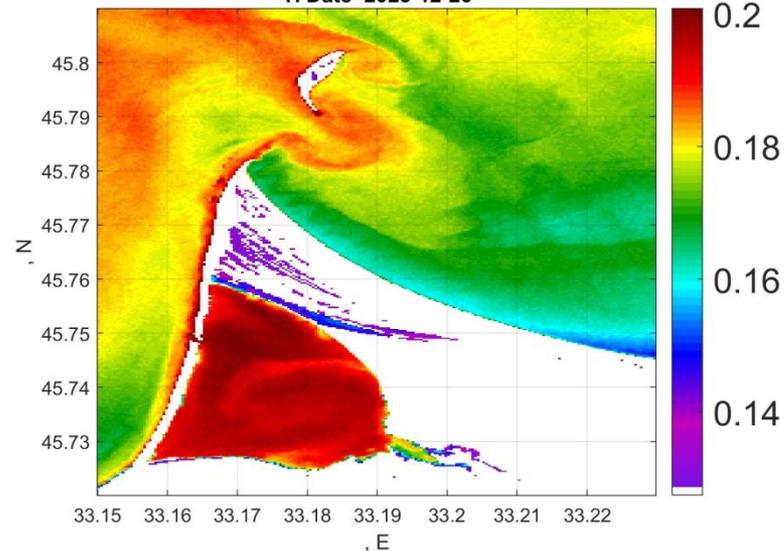
Анализ изменения береговой линии после шторма в ноябре 2023 года

T. Date=2023-10-24

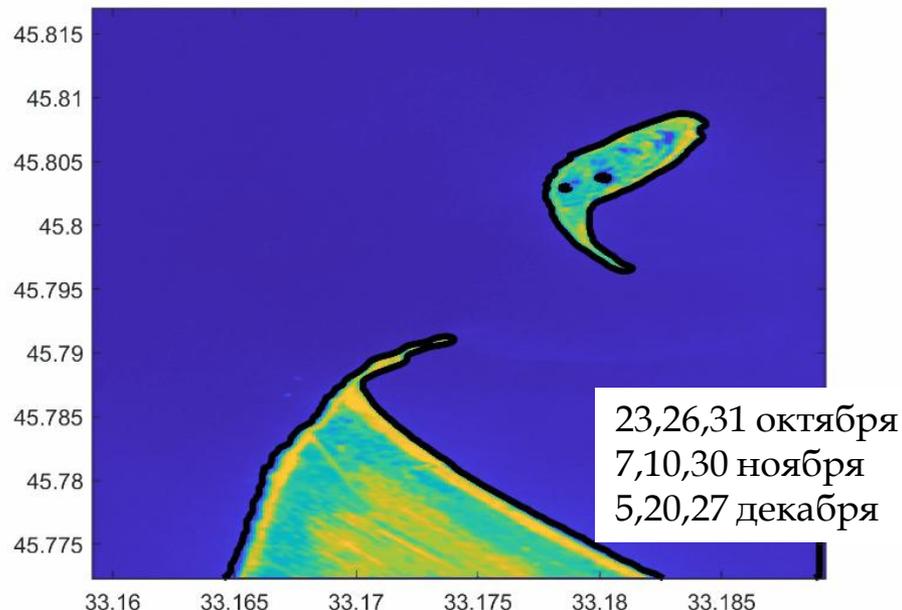


24 октября после Ю ветра (20 октября, до 8 м/с) наблюдаются повышенные показатели яркости у западного берега косы.

T. Date=2023-12-26



26 декабря после СЗ ветра (24 декабря, до 10 м/с) наблюдаются повышенные показатели яркости у западного берега косы.



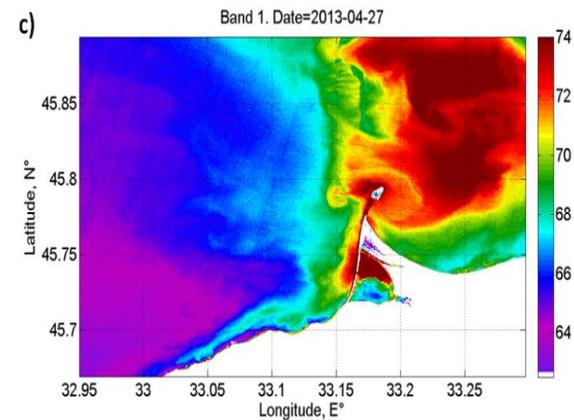
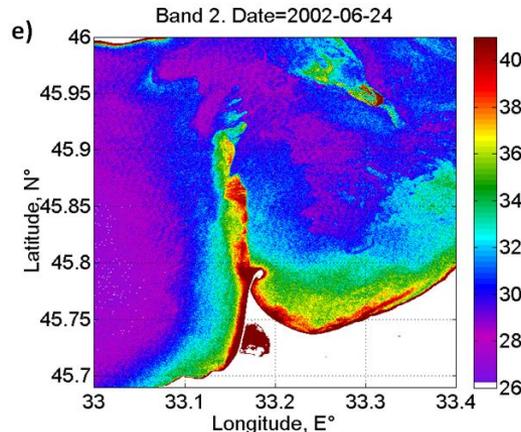
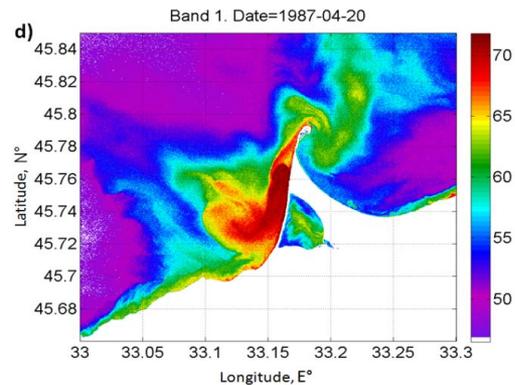
Sentinel-2

Взмучивание вод у Бакальской косы

Снимки Landsat с 1983 год по настоящее время.

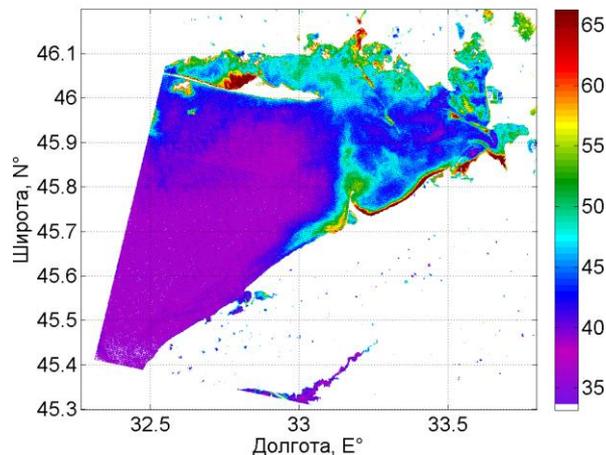
Для данного района всего было отобрано **267** безоблачных снимков.

Количество снимков после СВ – 43 СЗ – 46 ЮЗ – 26 Ю – 24

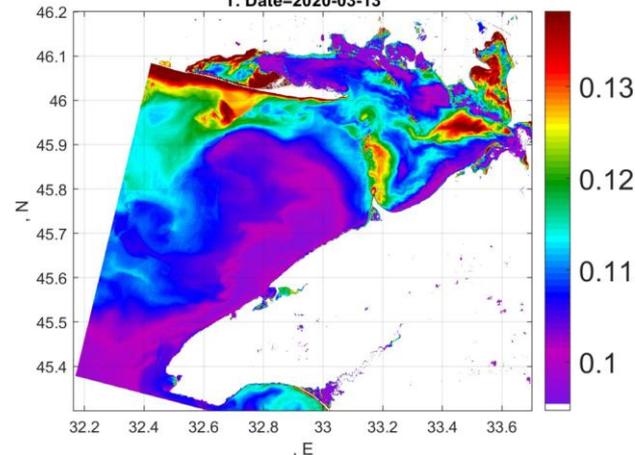


Яркость излучения на длине волны $\lambda = 470$ нм Landsat

Band 1. Date=1987-08-10



T. Date=2020-03-13



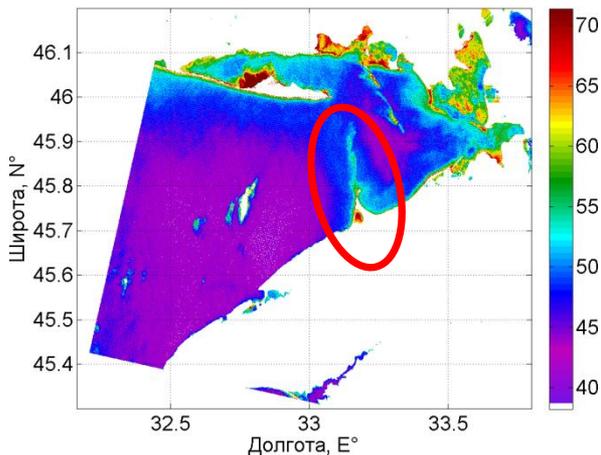
При **северных и северо-западных** ветрах высокие значения яркости наблюдаются вдоль **западного и восточного берегов** от Бакальской косы. С восточной стороны взмучивание наблюдается до Лебяжьих островов.

При **остальных** ветрах воды у западного побережья так же подвержены взмучиванию, а с восточной – воды остаются более чистыми, за счет Бакальской косы, которая выступает как препятствие.

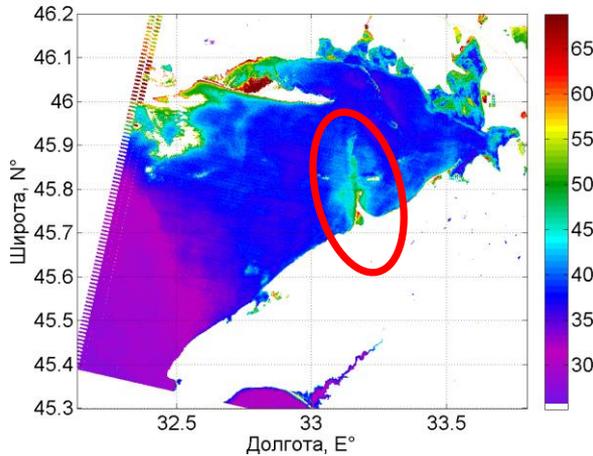
Взмучивание вод у Бакальской косы

При безветренной погоде, повышенные значения яркости наблюдаются с левого берега косы и вдоль Бакальской банки в различные годы наблюдений

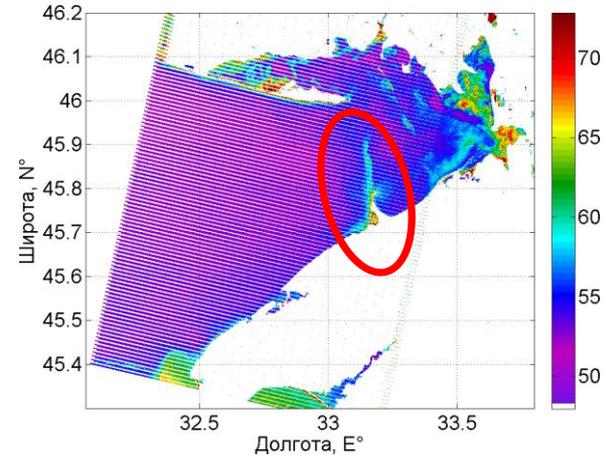
Band 1. Date=1985-06-01



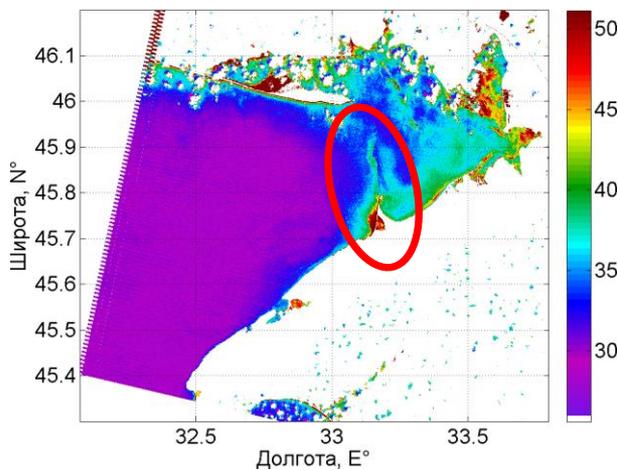
Band 2. Date=2003-07-05



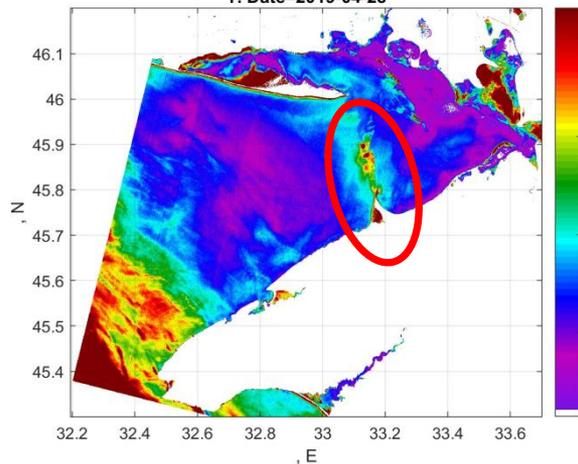
Band 1. Date=2007-05-21



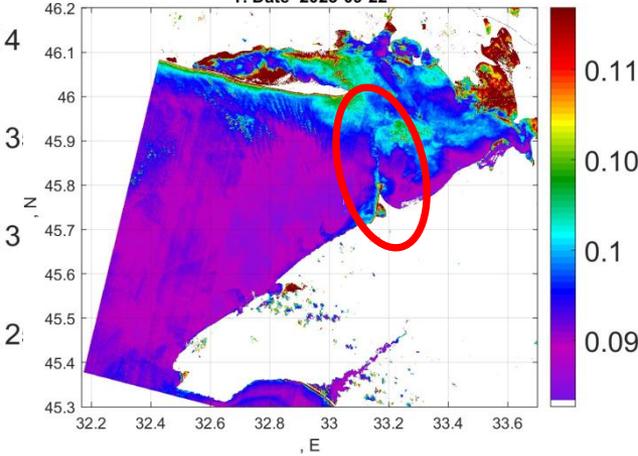
Band 2. Date=2011-07-11



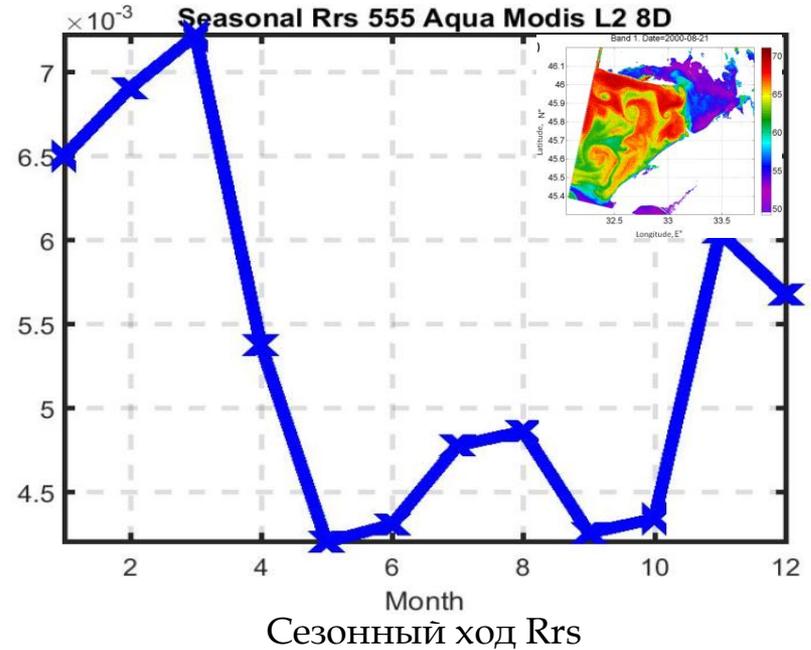
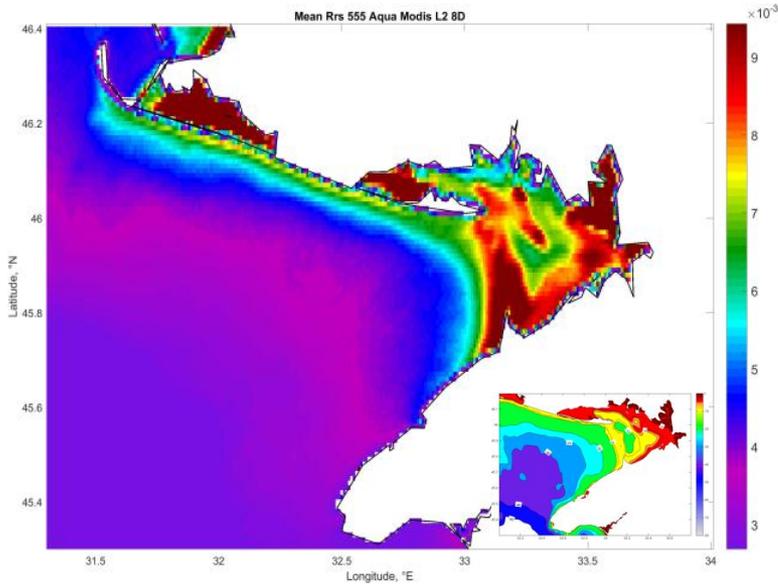
T. Date=2019-04-28



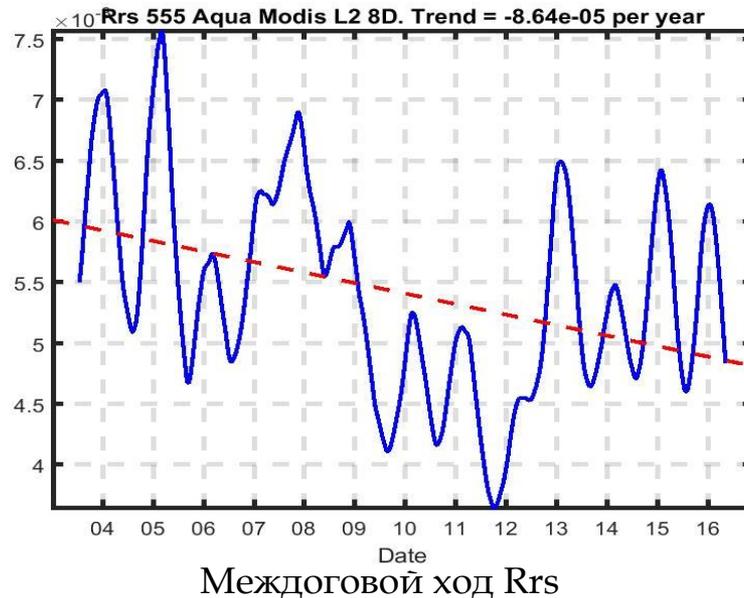
T. Date=2023-09-22



Распространение взвешенного вещества по Каркинитскому заливу



Распределение яркости восходящего излучения моря (Rrs) и данным MODIS с 2003 по 2017 гг



- Предложен алгоритм автоматического выделения береговой линии по спутниковым данным высокого разрешения Landsat-8,9 и Sentinel-2
- Выполнена оценка изменения береговой линии в районе Бакальской косы под влиянием ветрового воздействия
- Автоматический алгоритм выделения береговой зоны дает возможность обработать большое количество снимков
- Показаны примеры максимальных изменений береговой линии при различных направлениях ветра



Благодарю за внимание!!!