

**XVIII Всероссийская Открытая конференция  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**



**Исследование характеристик крупных лежбищ  
атлантических моржей по спутниковым снимкам  
среднего разрешения на примере Больших  
Оранских островов в 2013-2020 годах**

**Кучейко А.А. (1,2), Мизин И.А. (3), Лескова М.А. (4), Глазов Д.М. (5)**

(1) ООО "РискСат", РУДН Москва, Россия,

(2) АО "Российские космические системы"

(3) ФГБУ «Национальный Парк «Русская Арктика», Архангельск, Россия

(4) Всемирный фонд дикой природы, Мурманск, Россия

(5) ИПЭЭ РАН, Москва, Россия

**16 - 20 ноября 2020 г. Москва, ИКИ РАН**



# Исследование характеристик крупных лежбищ атлантических моржей по спутниковым снимкам среднего разрешения на примере Больших Оранских островов в 2013-2020 годах



## Актуальность

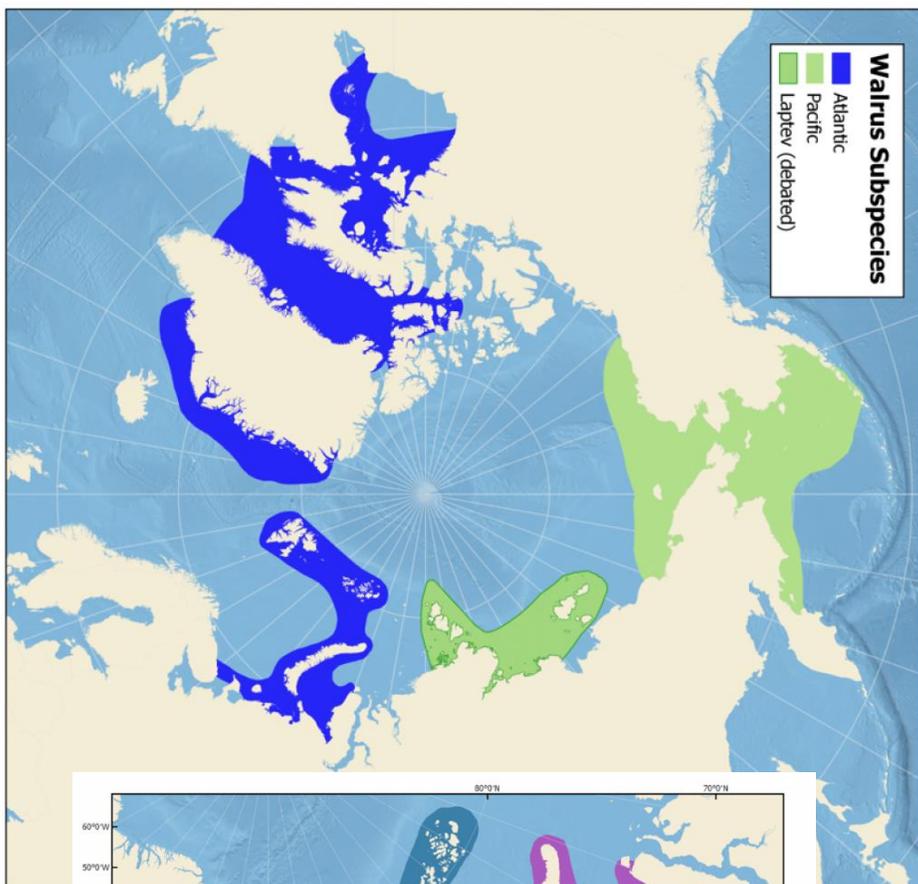
В 2011-2014 гг. впервые опробованы методики обнаружения и анализа залежек моржей по высокодетальной спутниковой съёмке (участники WWF, ИТЦ СКАНЭКС, Совет по Морским млекопитающим). Использовались панхроматические изображения коммерческого КА EROS-B (0,7 м/пиксель) компании-оператора ImageSat Int. (Израиль). Для изучения краснокнижных атлантических моржей применяются дорогостоящие полевые выходы, фотоловушки, спутниковые радиометки и детальная съёмка. Необходимы достаточно простые и экономичные подходы для контроля лежбищ на отдалённых островах Арктики.

## Задачи исследования

Цель работы – оценка возможности применения спутниковой съёмки среднего разрешения для определения пространственно-временных характеристик лежбищ атлантических моржей на примере Больших Оранских островов

### Задачи

1. Оценка возможности обнаружения скоплений моржей на доступных спутниковых снимках среднего разрешения (10-15 м/пиксель);
2. Анализ временных серий открытых спутниковых снимков для определения динамики лежбищ;
3. Оценка пространственно-временных характеристик лежбища на острове Большой Оранский Восточный.

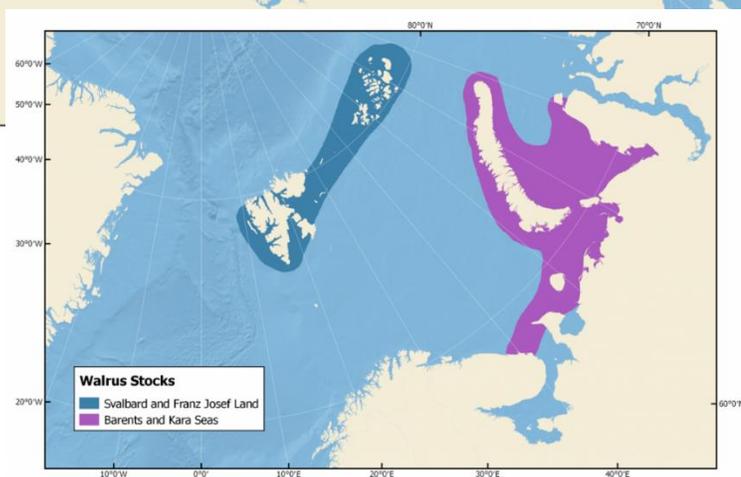


## СТАТУС: под угрозой исчезновения

**Атлантический морж** — морской гигант, обитающий в северных морях. Крупное тело животного с толстой шкурой покрыто морщинами и складками. Бивни есть и у самцов, и у самок, но у самцов они длиннее. У молодых моржей довольно густой волосяной покров. У взрослых особей волосяной покров практически отсутствует. Длина самцов достигает 3,5 м, вес — до 900 кг. Длина самок — до 2,4 м, вес — до 800 кг. Новорожденный детеныш — 1,2 м длины и около 70 кг веса. Продолжительность жизни моржей — 25-30 лет. Несмотря на внушительные размеры моржа, по оценкам ученых, это один из самых уязвимых обитателей российской Арктики.

### Основные угрозы для атлантического моржа:

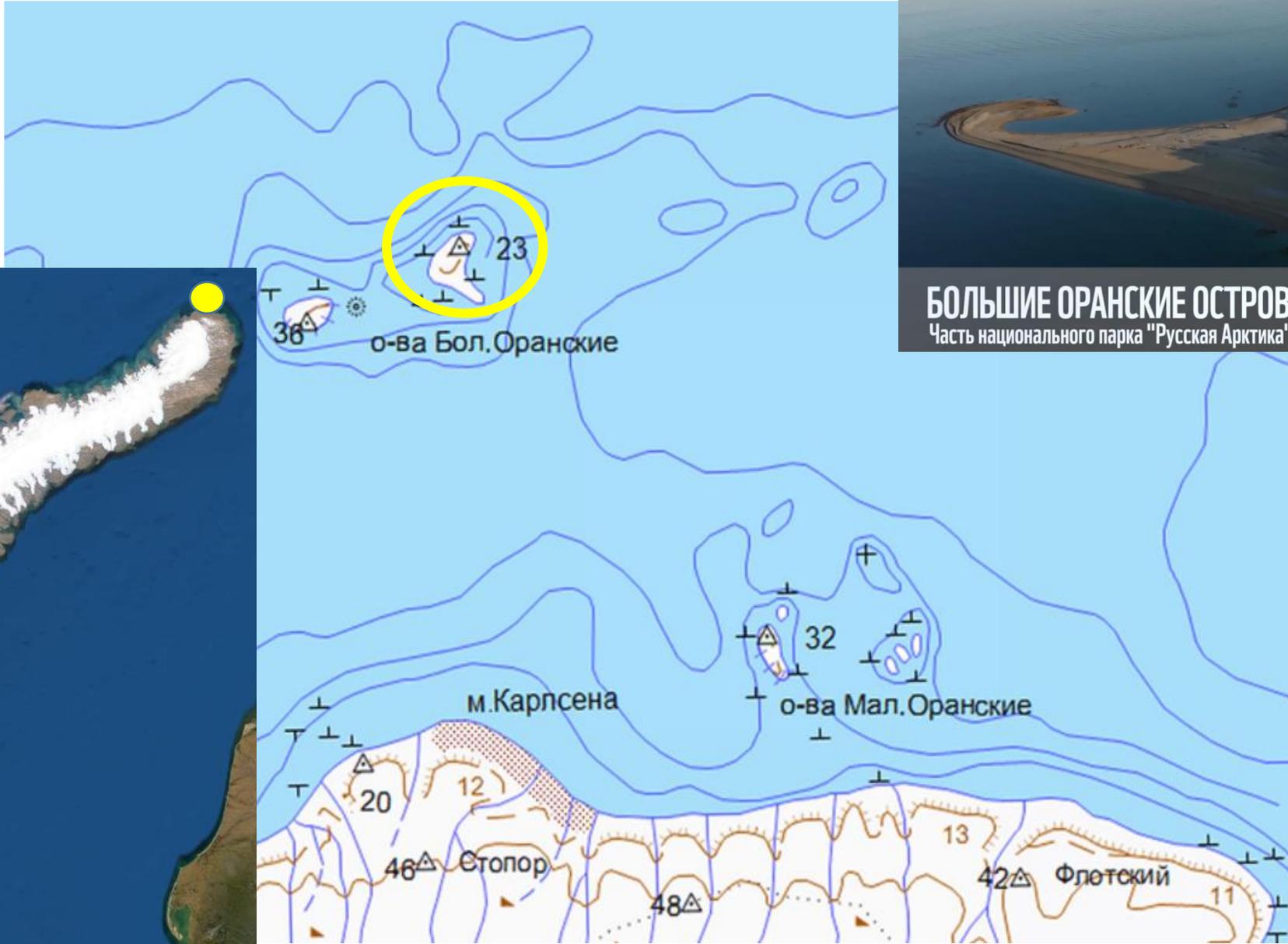
- таяние льдов из-за изменения климата;
- загрязнение мирового океана;
- фактор беспокойства (прохождение морских судов и посещение лежбищ туристами);
- освоение нефтегазовыми компаниями арктического шельфа (повышаются риски нефтеразливов)



# Район исследования – остров Большой Оранский Восточный



**БОЛЬШИЕ ОРАНСКИЕ ОСТРОВА**  
Часть национального парка "Русская Арктика"

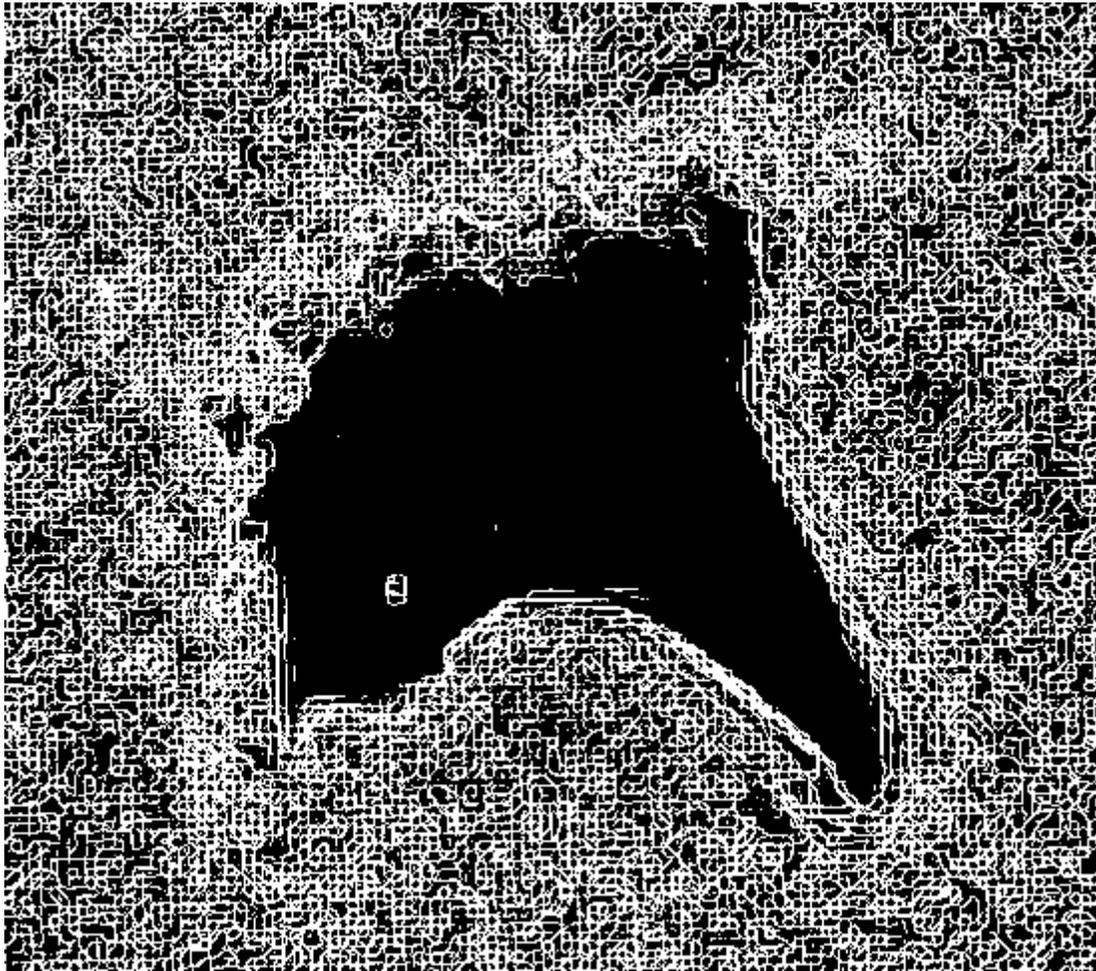




**Лежбище в необычном месте у скалы.**  
Август 2018. WorldView-4. Maxar. ESRI



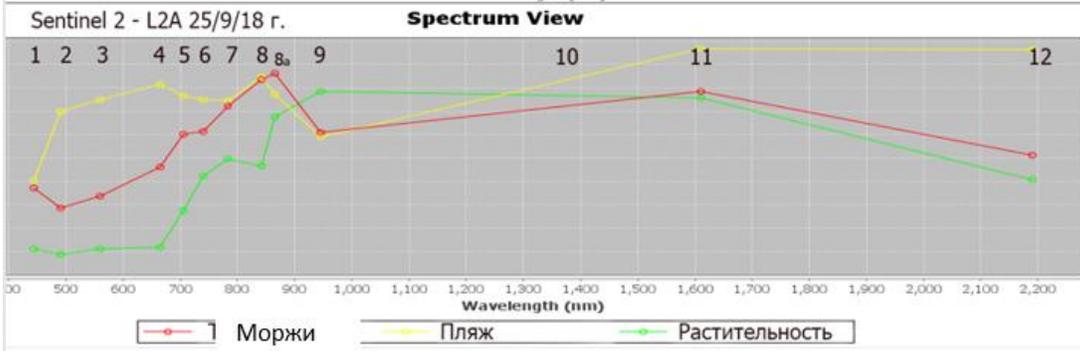
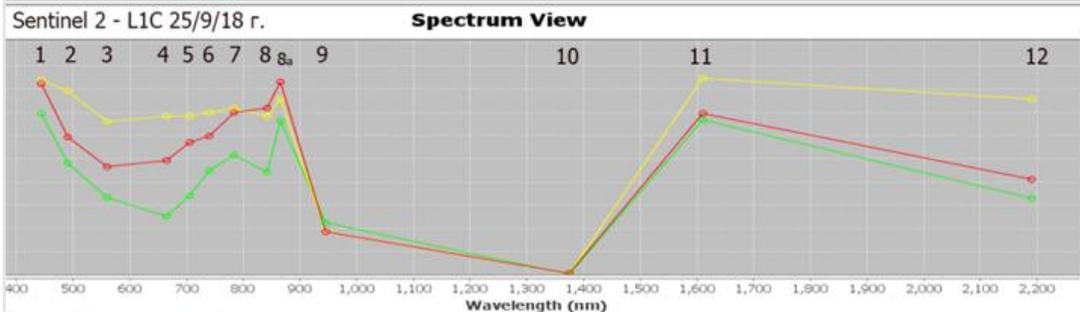
# Изменение формы косы и контуров острова Большой Оранский Восточный за летний сезон 2019 и 2020 г.



2019, Sentinel-2, GEE, Canny edge filter.



2020, Sentinel-2. GEE, Canny edge filter.



## МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по дешифрированию лежбищ моржей на побережье арктических островов по спутниковым снимкам среднего пространственного разрешения



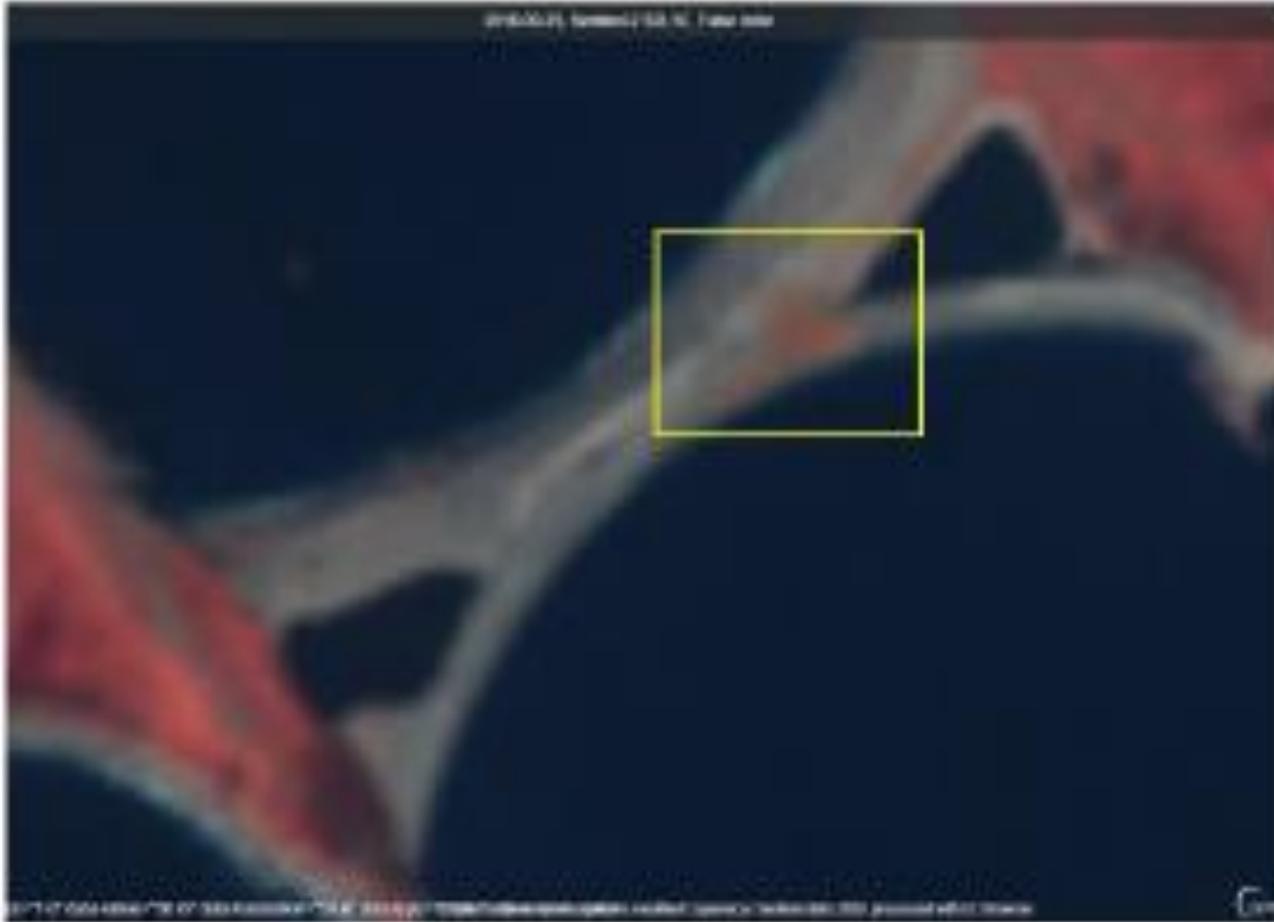
Лежбище моржей на снимках в натуральных цветах RGB 4-3-2, в псевдо-натуральных цветах RGB 8-4-3, индексном изображении WNDI (индекс моржа).



$$WNDI = (B08 - B02) / (B08 + B02),$$

где WNDI – Walrus Normal Differential Index, B08 и B02 – соответственно, значения интенсивности спектральных откликов в узких спектральных зонах B08 и B02 спутника Sentinel-2 после атмосферной коррекции (продукт L2A).

## Валидация результатов анализа космоснимков по другим данным детальной съёмки



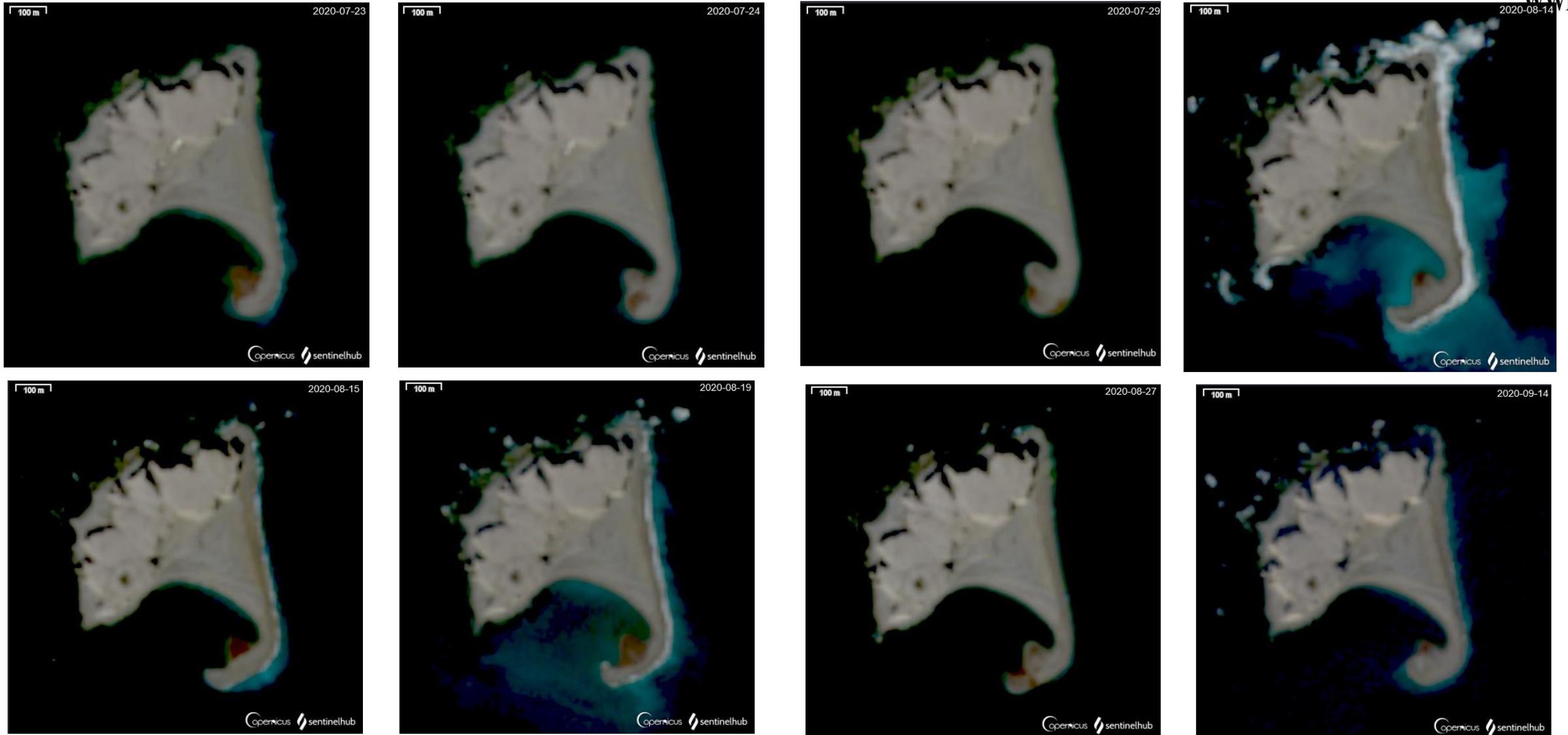
25.09.2018, Sentinel-2, RGB 8-4-3. Copernicus.



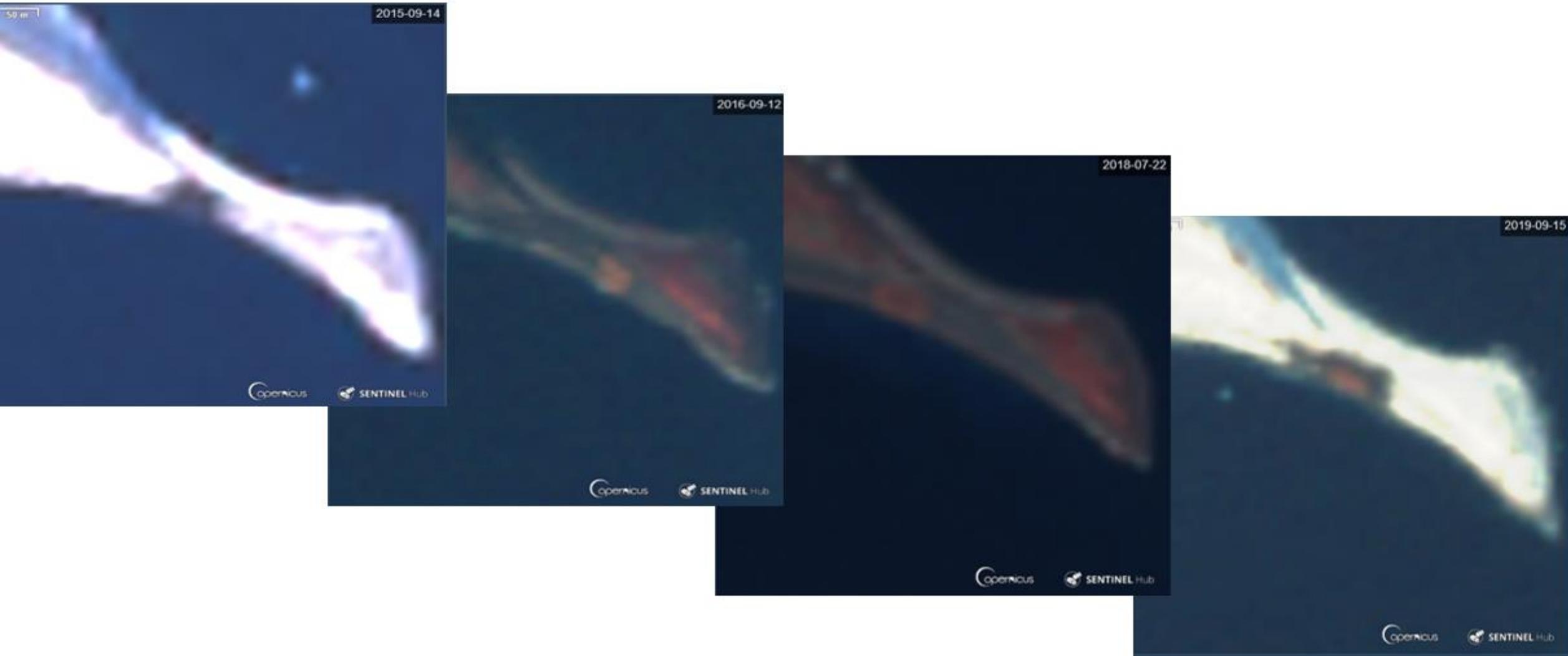
Снимок лежбища с дрона, 25.09.2018.  
Фото Ю. Богомоловой.

# Плотность моржей на лежбище



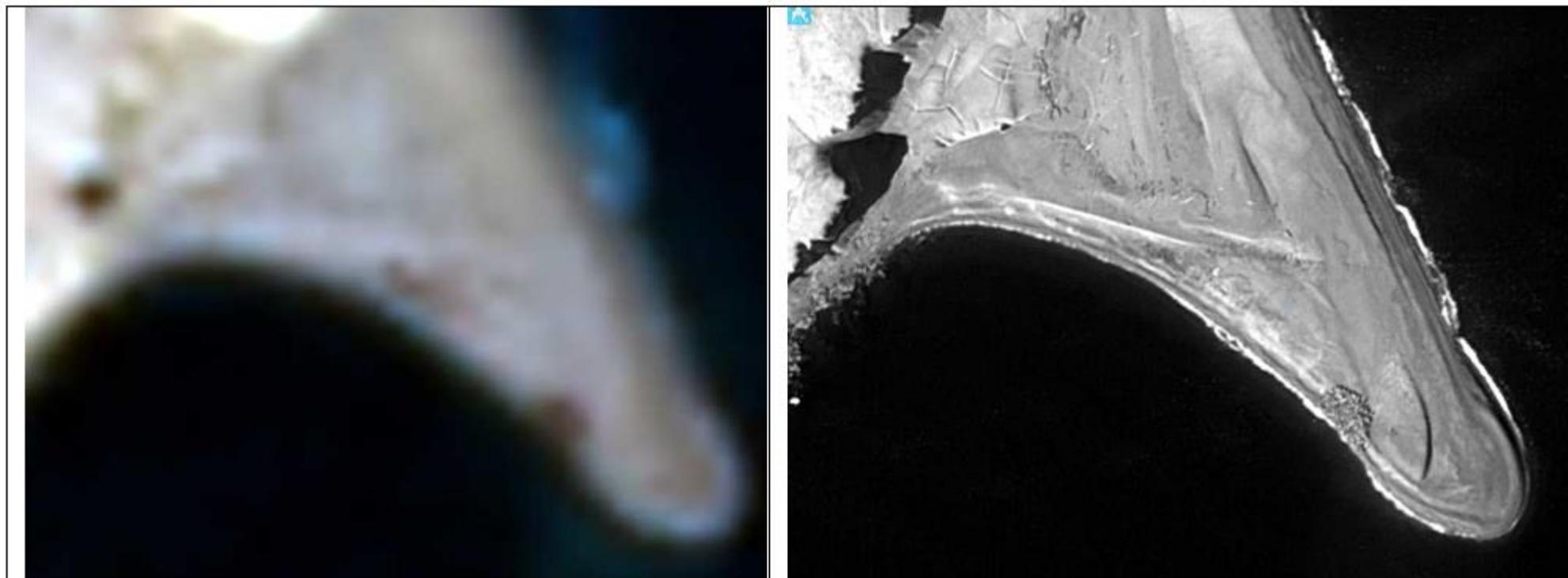


Временная серия снимков, характеризующая внутрисезонную динамику лежбища в июле-сентябре 2020 г. Sentinel-2. Copernicus, RISKCAT.



Временная серия снимков LANDSAT-8, характеризующая межгодовую изменчивость. Лежбища выделяются по цвету на песчано-галечных пляжах или по нарушенному снежному покрову. USGS, EO Browser, RISCCAT.

При минимальном объеме данных удалось определить ранний выход моржей на пляж 16.07, с августа звери наблюдались на западном берегу у оконечности косы. Наличие лежбища на снимке LANDSAT-8 от 19.08.2013 (площадь залежки 0,1 га) подтверждено высокодетальной съемкой с КА EROS-B от 18.08.2013, число зверей около 270.



Сравнение снимков LANDSAT-8 от 19.08.2013 (слева), USGS, и EROS-B от 18.08.2013 (справа). Imagesat Int, СканЭкс.

# 2015, 2016, 2017

В 2015 году отмечен ранний выход моржей на берег с 26.07. Лежбище отмечалось до 05.09 на окончании косы, где под действием ветра и волн образовался удобный мыс с заливом, закрывающий зверей от волн с трех сторон. В последующие годы при наличии залива в конце косы моржи формируют здесь лежбища). Крупные скопления зверей площадью 0,2 га отмечены 31.07 и 02.08.



В 2016 году зафиксировано появление моржей на лежбище 26.06 - самый ранний выход за период 2013-2020 гг.). До 19.09 наблюдались на южной оконечности косы и в средней части западного берега косы. Самая крупная залежка площадью около 0,3 га отмечена 27.08.

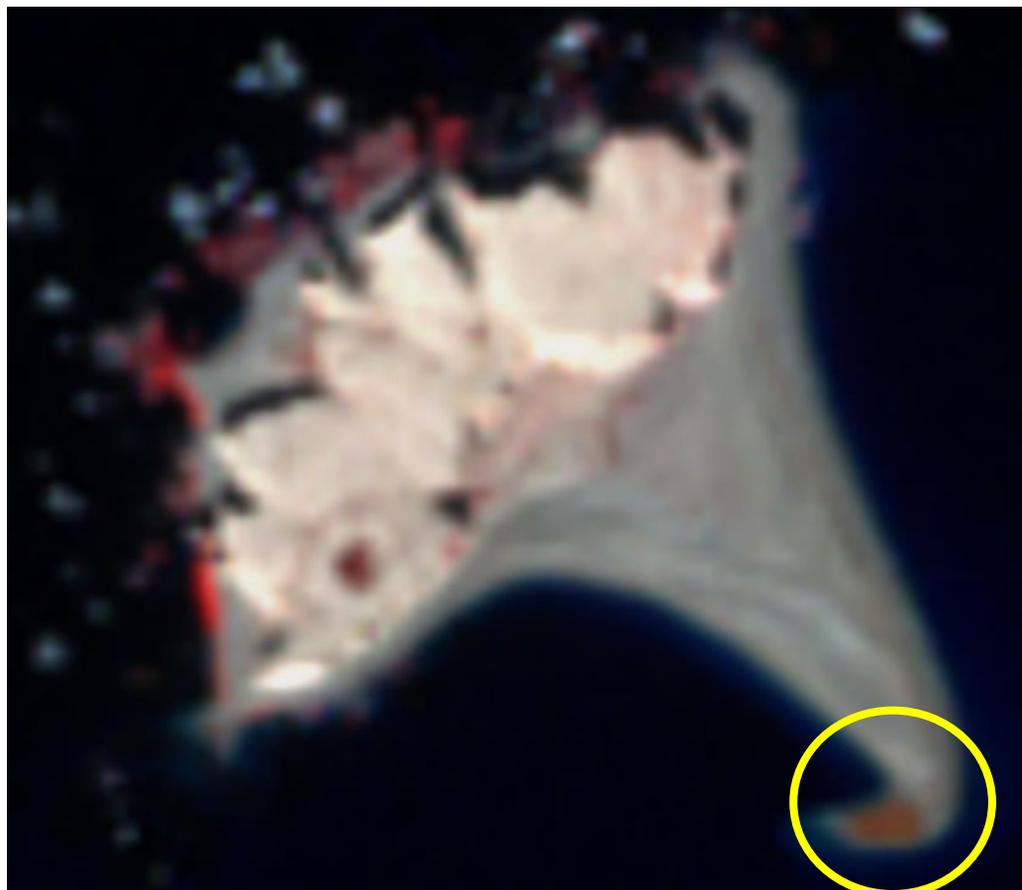
В 2017 году моржи отмечались с 27.07 по 17.09. Коса меняла форму от короткой и широкой до длинной с загнутым на запад выступом с образованием залива, залежка отмечена на южной оконечности, затем моржи переместились на среднюю часть западного берега. В течение сезона лежбище было малочисленным, максимальная суммарная площадь трех малых групп составила около 0,1-0,2 га (31.08).

В 2018 году лежбище сформировалось поздно, с 18.08 по 25.08 моржи находились у основания косы под каменной грядой, максимальный размер лежбища достигал 0,3 га (23.08), затем малоразмерные группы наблюдались на оконечности косы до 17.09. Наличие лежбища моржей в августе у основания косы подтверждено высокодетальным снимком WorldView-4.



Сравнение снимков Sentinel-2 от 18.08.2018 (слева), Copernicus, РИСКСАТ и WorldView-4 от 18.08.2018 (справа). Махаг, ESRI.

В 2019 году отмечен поздний выход моржей на берег, с 12.08 по 30.08 моржи находились на оконечности косы, загнутой в западном направлении под действием ветра и волн. Максимальный размер лежбища достигал площадь 0,2 га (12.08). В дальнейшем моржи отмечались на западном берегу у основания косы (12.09-14.09).



**12.08.2019** Sentinel-2. Copernicus, РИСККАТ.

В 2020 году собран самый большой архив данных (30/22 снимка). Отмечен ранний выход моржей на берег 19.07. Лежбище находилось до 14.09 в традиционном месте на окончании косы, загнутом в западном направлении. Крупноразмерные скопления моржей отмечены 23.07 (0,5 га), 15.08 (0,3 га) и 19.08 (0,6 га – самая крупная залежка за 7 лет наблюдений. По оценкам, на мысе скопилось более 1000 зверей при расчете по ранее разработанным методикам. Несколько раз лежбище делилось на 2-4 компактных группы.

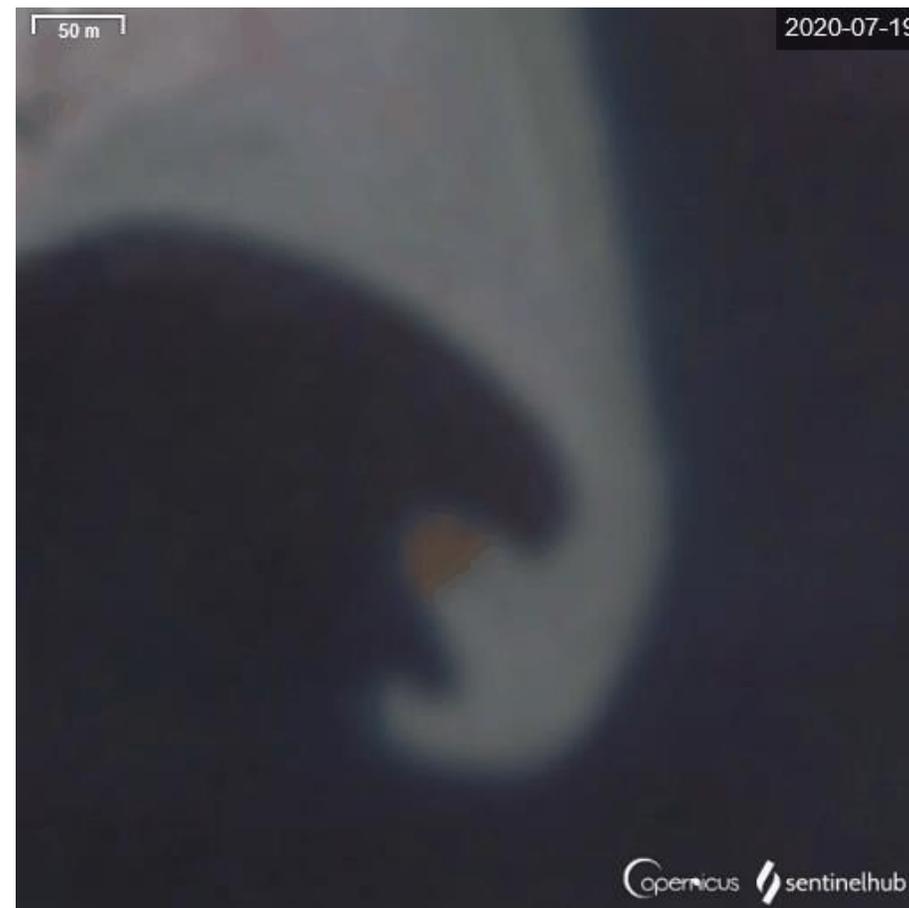


**19.08.2019** Крупнейшее за период 2013-2020 гг. лежбище моржей численностью более 1000 зверей на оконечности косы острова Большой Оранский Восточный. Sentinel-2, Copernicus, РИСКСАТ.

# Перемещение и изменение размеров залежек моржей на косе Восточного Большого Оранского острова в июле-сентябре 2020 года



Мыс на оконечности косы, о. Большой Оранский  
Восточный. Фото И.Мизина. Август 2020 г.



Анимация снимков Sentinel-2. Copernicus, 2020

## Характеристики лежбищ моржей на острове Большой Оранский Восточный в 2013-2020 годах по данным открытой спутниковой съёмки

Годы	Период наблюдения моржей	Максимальный размер лежбища, площадь, га / периметр, м (дата)	Число дней со снимками / снимки с моржами	Положение лежбища на косе и сроки: (Р) – ранний выход, (П) – поздний выход см. пояснения в тексте)
<b>2013</b>	16.07 – 13.09	0,1 / 160 (19.08)	5 / 4	Средняя часть косы (Р)
<b>2014</b>	-	-	3 / -	Нет данных
<b>2015</b>	26.07 – 05.09	0,2 / 180 (31.07) 0,2 / 210 (02.08)	9 / 5	Оконечность косы (Р)
<b>2016</b>	22.06 – 19.09	0,3 / 300 (27.08)	13 / 8	Оконечность и средняя часть косы, до 2 групп (Р)
<b>2017</b>	27.07 – 17.09	0,1 / 160 (31.08)	10 / 5	Оконечность и средняя часть косы, до 3 малых групп (Р)
<b>2018</b>	18.08 – 17.09	0,3 / 220 (23.08)	11 / 4	Основание косы под каменной террасой, группа малой плотности на оконечности косы (П)
<b>2019</b>	12.08 – 14.09	0,2 / 170 (12.08)	17 / 9	Оконечность косы, с 12.09 - у основания косы на западном берегу (П)
<b>2020</b>	19.07 – 14.09	0,5 / 290 (23.07) 0,6 / 300 (19.08)	30 / 22	Оконечность косы, до 2-4 компактных групп, с 24.09 - вдоль косы (Р)

# Оценки площади самых крупных лежбищ моржей на о. Большой Оранский Восточный по данным спутниковой съёмки среднего разрешения в 2013-2020 годах из открытых ресурсов



## Результаты и выводы

Полученные результаты говорят о возможности наблюдения за крупными скоплениями моржей по временной серии открытых спутниковых снимков среднего разрешения. Получены результаты по пространственно-временному распределению моржей на острове Большой Оранский Восточный за период 2013-2020 гг. В 2020 году с помощью самой большой серии снимков обнаружены максимальные по размеру скопления моржей площадью 0,5-0,6 га. По данным спутниковой съёмки за семь лет, самые крупные скопления моржей отмечались в августе. Чаще всего скопления моржей наблюдаются на оконечности косы,, а также на западном берегу в средней части косы. Фиксируются случаи, когда лежбище распадается на 2-3 компактных группы.

Малые размеры и сложный рельеф острова Большой Оранский Западный не позволяют с высокой вероятностью детектировать лежбища моржей на спутниковых снимках среднего разрешения. По предварительным данным, моржи обнаружены на небольшой песчаной косе в 2017-2020 годах.

В зависимости от сроков выхода моржей на берег можно выделить сезоны раннего выхода в июне-июле (2013, 2015, 2016, 2017, 2020) и позднего выхода в августе (2018, 2019). Самый ранний за 2013-2020 выход был зафиксирован 22.06.2016, а самый поздний – 18.08.2018. Продолжительность существования лежбища 1-2 месяца.

Полученные результаты могут быть использованы для планирования экспедиционной деятельности и для оптимизации заказа коммерческой высокодетальной съёмки.

## Направления исследований

Для повышения вероятности обнаружения моржей целесообразно использовать калиброванные снимки с атмосферной коррекцией уровня L-2A Sentinel2 с псевдонатуральным синтезом спектральных каналов RGB 8-4-3, для обнаружения малоразмерных групп на песчаных пляжах целесообразно исследовать индексные изображения, например с индексом Walrus Normal Differential Index, рассчитанным по каналам B08 и B02 продукта L2A Sentinel-2. Необходимо доработать метод для выделения моржей на участках с тундровой растительностью и водорослями.

Проведение валидационных сравнений результатов обработки космоснимков с данными съемки, полученными от фотоловушек и в результате полевых наблюдений, а также от детальных космоснимков высокого разрешения.

Расширить анализ спутниковых изображений на побережье Западного Большого Оранского острова и других мест обитания моржей для получения оценок численности популяции.

Проанализировать взаимосвязь численности и геопространственных параметров лежбища с гидрометеорологическими условиями.

1. Методическое пособие по обнаружению лежбищ моржей на побережье арктических островов по спутниковым снимкам среднего пространственного разрешения. РИСКСАТ. 2020 г.
2. Космические технологии для изучения и сохранения морских млекопитающих Арктики. Итоги пилотного проекта по отработке методики обнаружения моржей на космических снимках / А. Болтунов, Н. Евтушенко, А. Книжников, М. Пухова, В. Семёнова. - Мурманск, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2012. <https://elibrary.ru/item.asp?id=24889294>
3. Семенова В. С., Болтунов А. Н., Никифоров В. В. «Изучение и сохранение атлантического моржа в юго-восточной части Баренцева моря и сопредельных районах Карского моря. Результаты исследований 2011–2014 гг.» — Мурманск, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2015. <https://wwf.ru/resources/publications/booklets/studying-and-preserving-the-atlantic-walrus-in-the-south-east-barents-sea-and-adjacent-areas-of-the-/>

В работе над проектом «Моржи Русской Арктики из космоса» принимали участие школьницы и студентки **Е. Лисаченко, П. Токарчук, П. Исаковская, Д. Новожилова, В. Аянитова, В. Куприянова.**