

Министерство науки и высшего образования РФ  
Российская академия наук

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



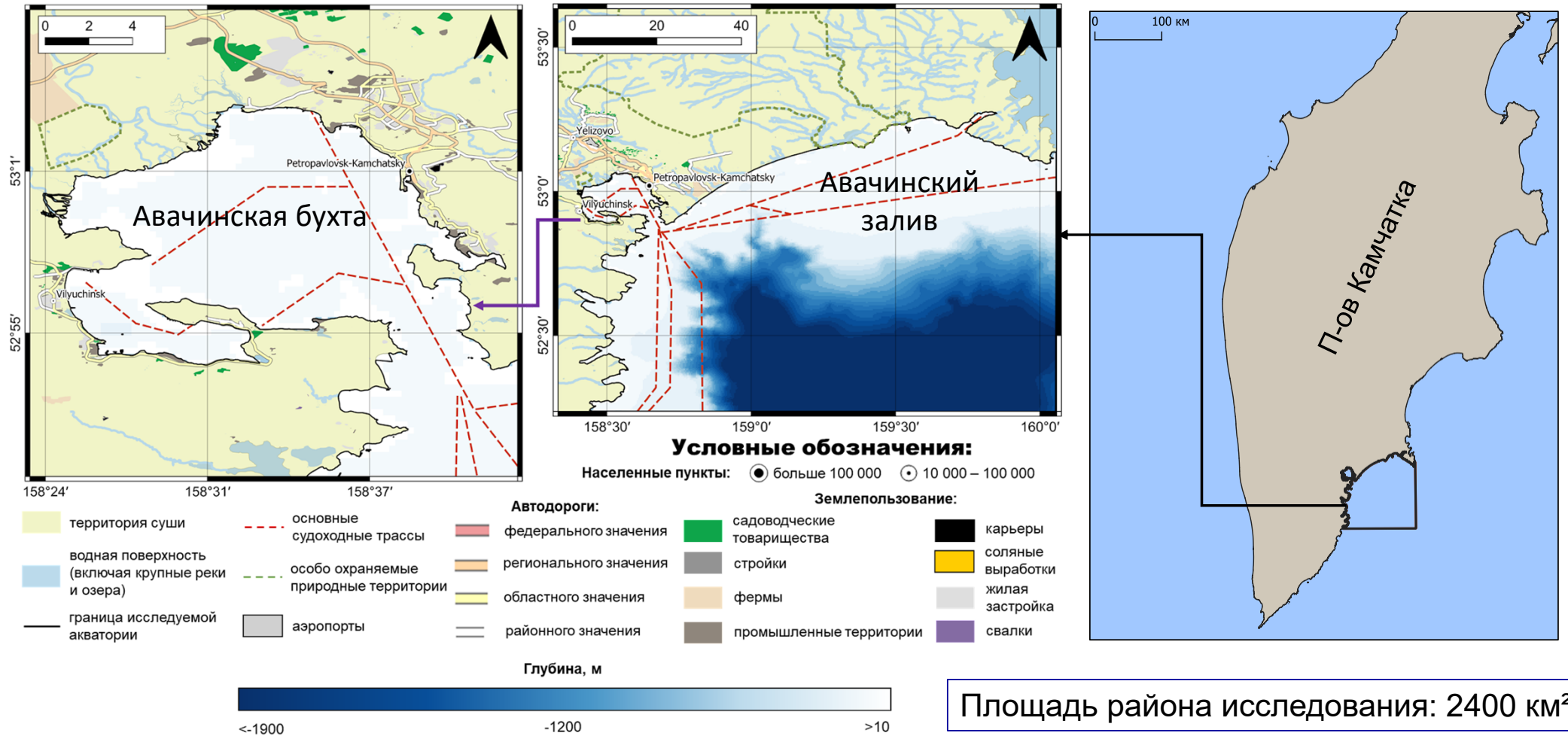
## СПУТНИКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВЕРЖЕННОСТИ АКВАТОРИЙ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА НЕБИОГЕННЫМ ПЛЁНОЧНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЯМ

Замшин В.В., Черникова В.Н., Чверткова О.И., Харченко В.Д., Шлюпиков В.А.

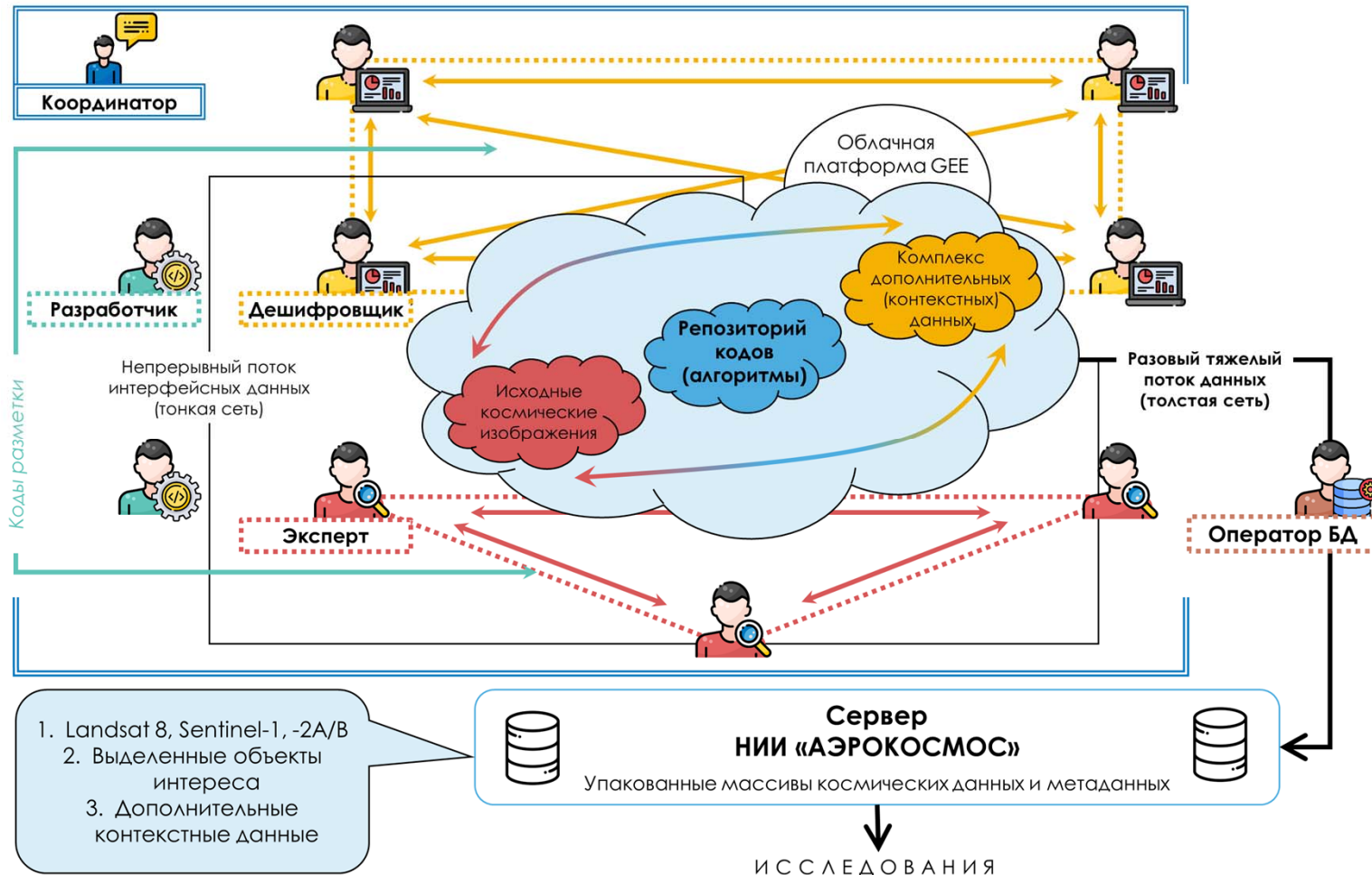


ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА», ИКИ РАН, 13 - 17 ноября 2023 г.

# РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ



# ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ ПОДХОД К ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ПОТОКОВ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ СРЕДНЕГО РАЗРЕШЕНИЯ [1]



1. Zamshin V., Matrosova E., Chvertkova O. Satellite remote sensing of seas and oceans: the cloud paradigm // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2020. T. 20. № 2.2. С. 259–266.

ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА», ИКИ РАН, 13 - 17 ноября 2023 г.



## МЕТОДИКА

### Вычислялись годовые пространственные распределения информативного критерия, предложенного в [2]

$$d_{\text{нп}} = \frac{S_{\text{нп}}}{S_{\text{д}}} \times 100\%$$

- $d_{\text{нп}}$  – доля наблюдаемой площади акватории участка, характеризующаяся небактериальными плёнками (нп);
- $S_{\text{нп}}$  – площадь, отмеченная дешифровщиками как объект интереса;
- $S_{\text{д}}$  – площадь водной поверхности, подвергшейся дешифрированию.

$$d_{\text{нпСС}} = \frac{\sum_i (S_{\text{нпСС}})_i}{\sum_i (S_{\text{дСС}})_i} \times 100\%$$

- $d_{\text{нпСС}}$  – осреднённая за весь период мониторинга доля загрязнённой площади выбранного участка водной поверхности, наблюдаемая с использованием конкретной СС

$$(S_{\text{нпСС}})_i = (n_{\text{нпСС}})_i \times S_{\text{пикСС}}$$

- $n_{\text{нпСС}}$  – количество пикселей, соответствующих загрязнению,
- $S_{\text{пикСС}}$  – площадь пикселя для выбранной СС

$$(S_{\text{дСС}})_i = (n_{\text{гмСС}})_i \times S_{\text{пикСС}}$$

- $n_{\text{гмСС}}$  – количество наблюдаемых пикселей водной поверхности, для которых гидрометеорологические условия лежали в допустимых пределах

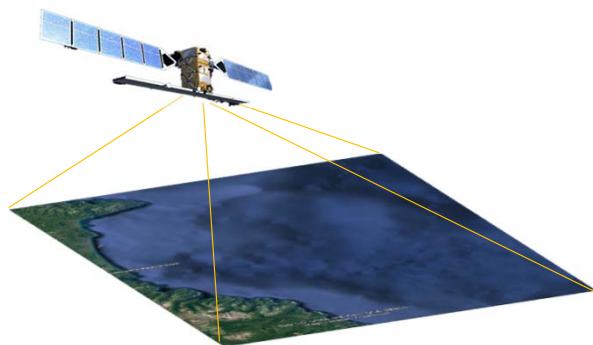
Заливкой показаны компоненты, не использовавшиеся при решении задачи (оптика, причина – специфические условия освещённости, облачность)

### Показатель подверженности небактериальным пленочным загрязнениям:

$$d_{\text{нпМОН}} = \frac{S_{\text{пикСЛ8}} \times \sum_1^x (n_{\text{нпЛ8}})_i + S_{\text{пикС2}} \times \sum_1^y (n_{\text{нпС2}})_j + S_{\text{пикС1}} \times \sum_1^z (n_{\text{нпС1}})_k}{S_{\text{пикСЛ8}} \times \sum_1^x (n_{\text{гмЛ8}})_i + S_{\text{пикС2}} \times \sum_1^y (n_{\text{гмС2}})_j + S_{\text{пикС1}} \times \sum_1^z (n_{\text{гмС1}})_k} \times 100\%$$

**Числитель** показывает общее количество загрязнений, наблюдаемых на участке с использованием всех применённых СС, выраженное в единицах площади. **Знаменатель** показывает выраженное в единицах площади общее количество элементов разрешения всех проанализированных изображений, для которых теоретически возможным было обнаружить объект интереса исходя из сведений о гидрометеорологических условиях.

2. Замшин В. В., Матросова Е. Р., Ходаева В. Н., Четвертова О. И. Количественный подход к исследованию пленочных загрязнений морской поверхности по космическим изображениям // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37. № 5. С. 610–622. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2021-5-610-622>



### Космические изображения

со спутников группировки Sentinel-1A/B SAR GRD

### Общее количество

проанализированных изображений:  
1109 шт.

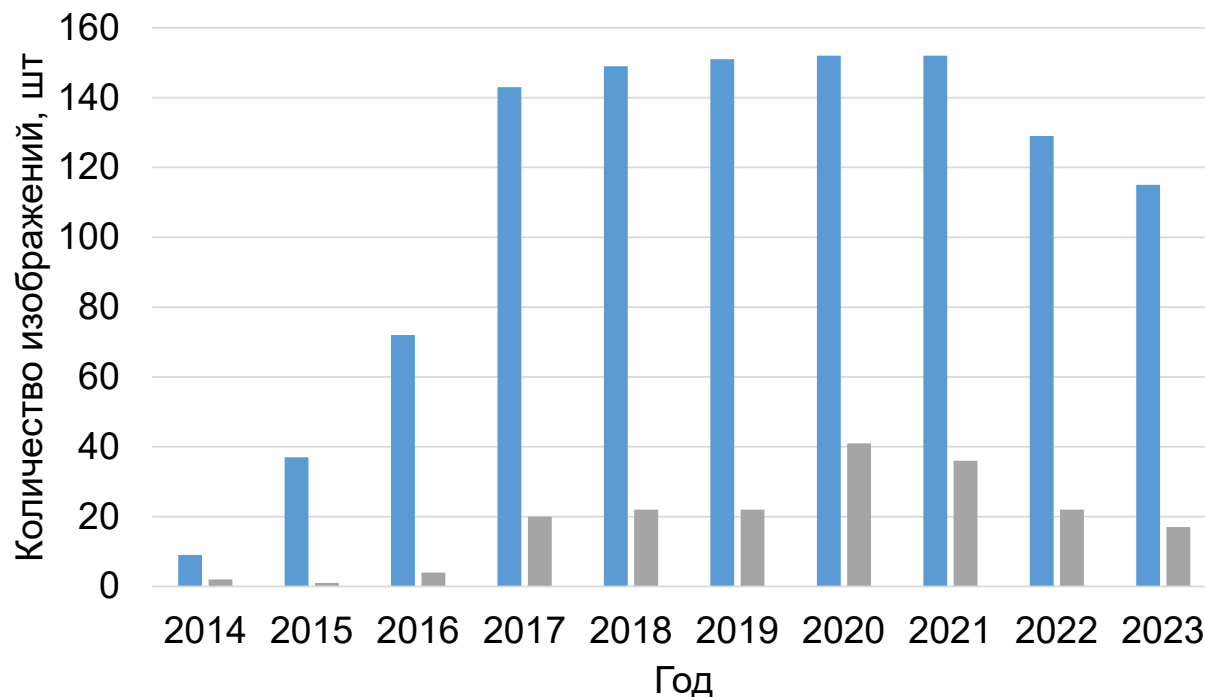
### Период исследования:

01.01.2014 – 31.10.2023

### Дополнительные данные:

НСЕР - подробный учёт пространственного распределения количества выполненных съёмок с благоприятными гидрометеорологическими условиями (скорость ветра: 2 м/с – 9 м/с)

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



- Общее количество проанализированных изображений
- Количество изображений, на которых были обнаружены явления



## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

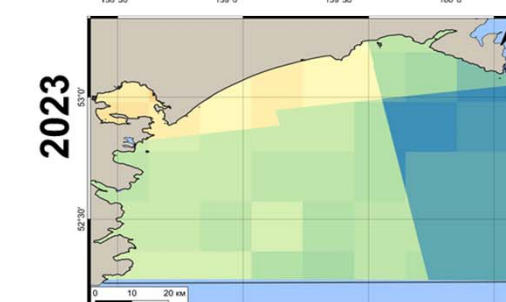
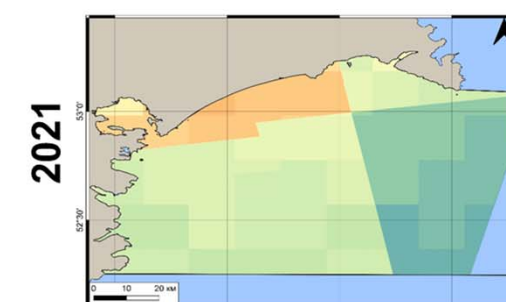
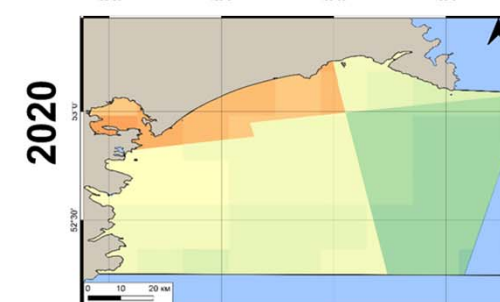
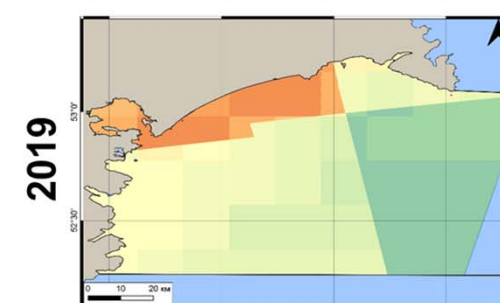
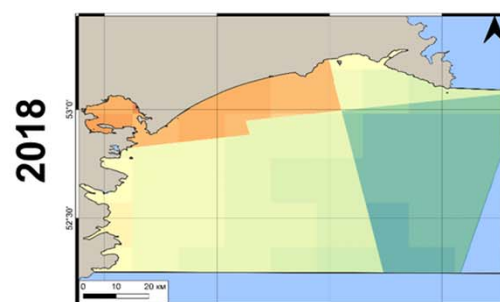
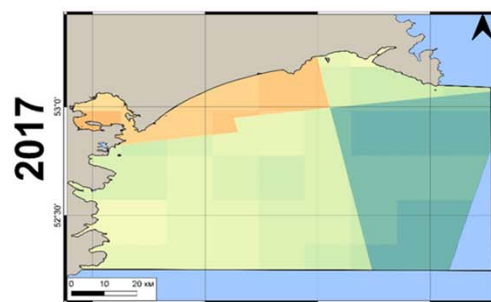
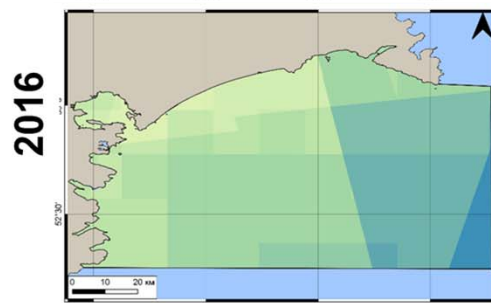
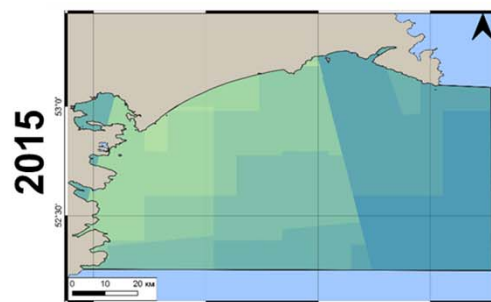
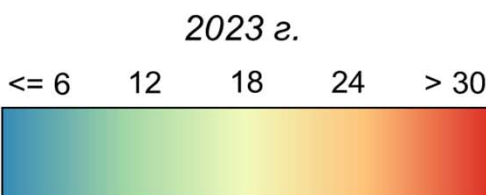
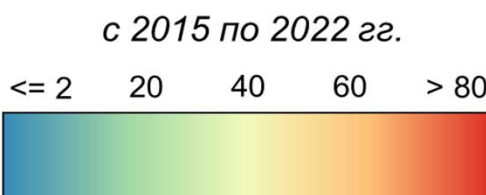
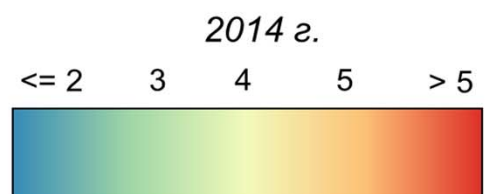
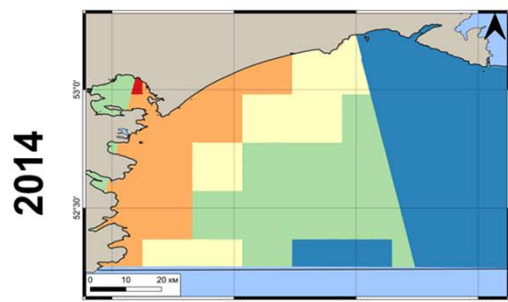
Способы определения количества пикселей в пределах обрабатываемых фрагментов космических изображений (пгмСС)<sub>i</sub>, для которых обнаружение НПЗ принималось теоретически возможным

Шаги обработки	Радиолокационная спутниковая система
	Sentinel-1
Шаг 1	Формирование фрагмента изображения, попадающего в очередной анализируемый участок
Шаг 2	Исключение из фрагмента (маскирование) пикселей, не входящий в зону мониторинга, включая сушу
Шаг 3	Подбор данных о скорости приповерхностного ветра по дате и времени съёмки из архива <i>NCEP Climate Forecast System Version 2</i>
Шаг 4	Исключение пикселей попадающий в участки, для которых скорость ветра $V < 2$ м/с или $V > 9$ м/с
Шаг 5	Вычисление количества оставшихся (не маскированных в результате шагов 1-4) пикселей
Результат	$(n_{\text{ГМС1}})_i$

# ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА НАБЛЮДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ЗОНЫ МОНИТОРИНГА



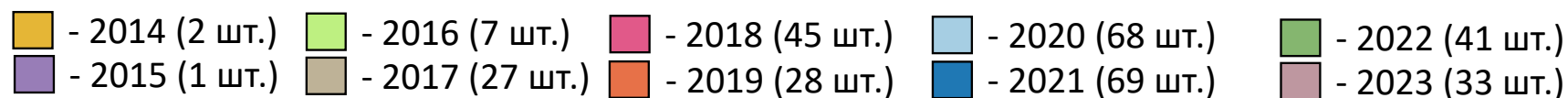
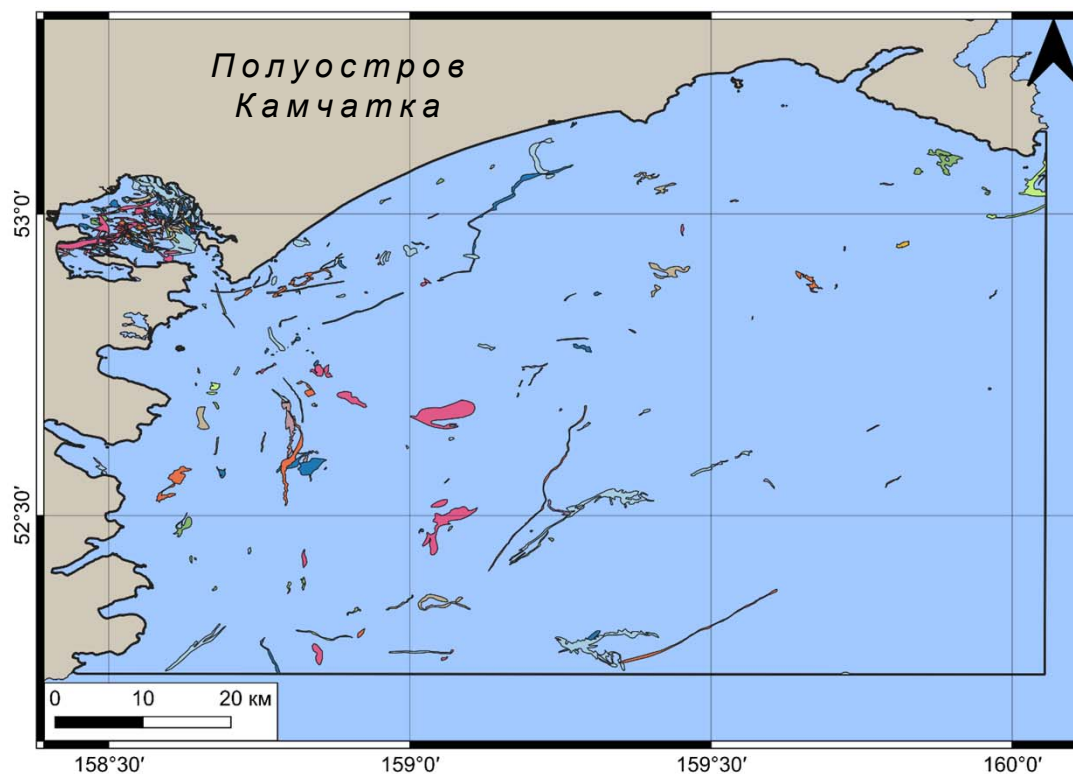
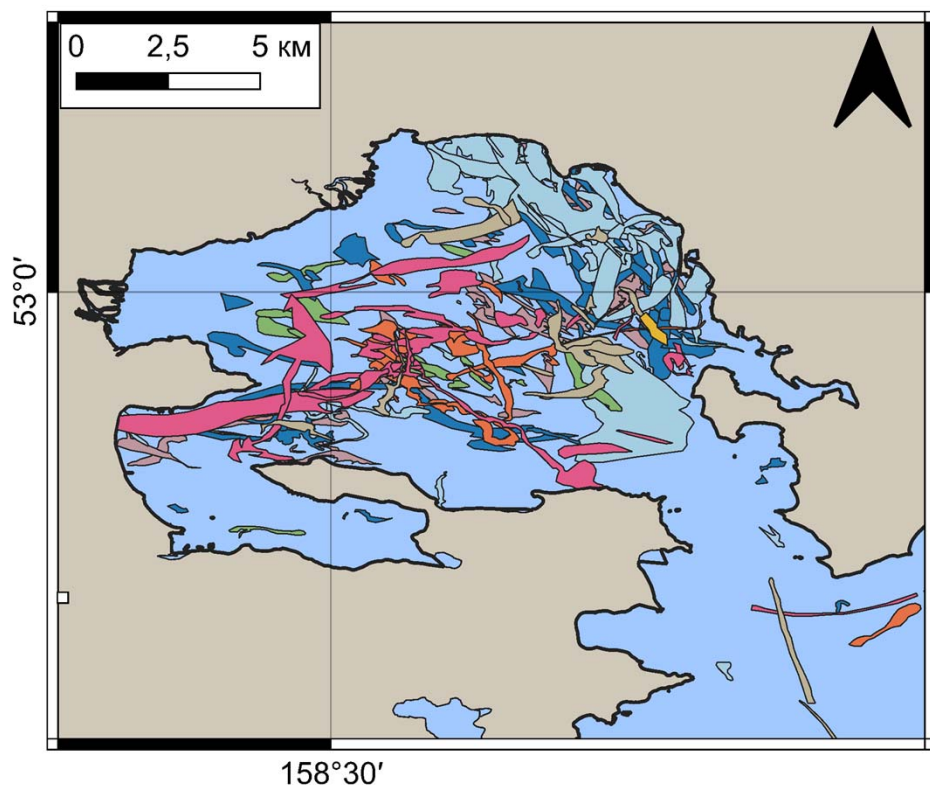
Количество релевантных наблюдений по данным спутников Sentinel-1A/B



ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА», ИКИ РАН, 13 - 17 ноября 2023 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

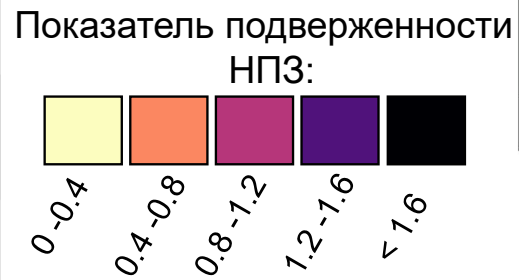
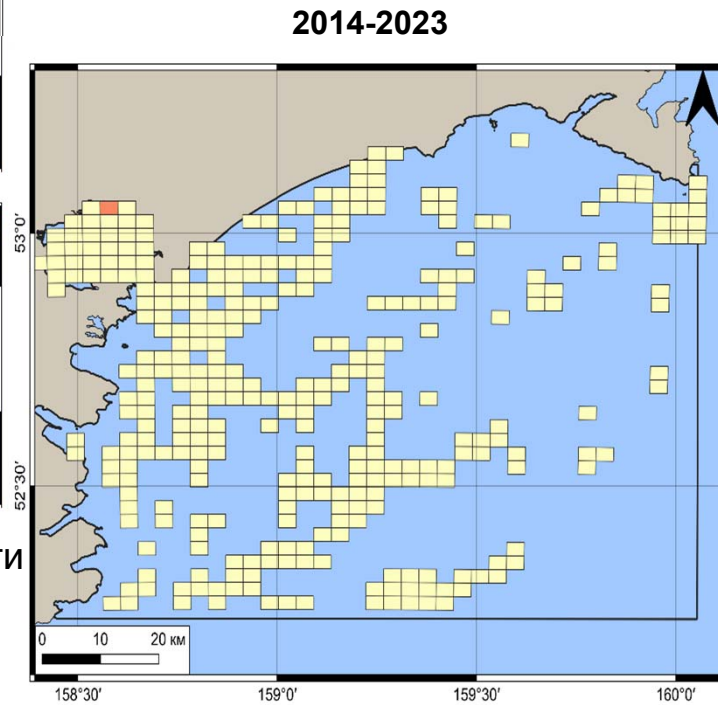
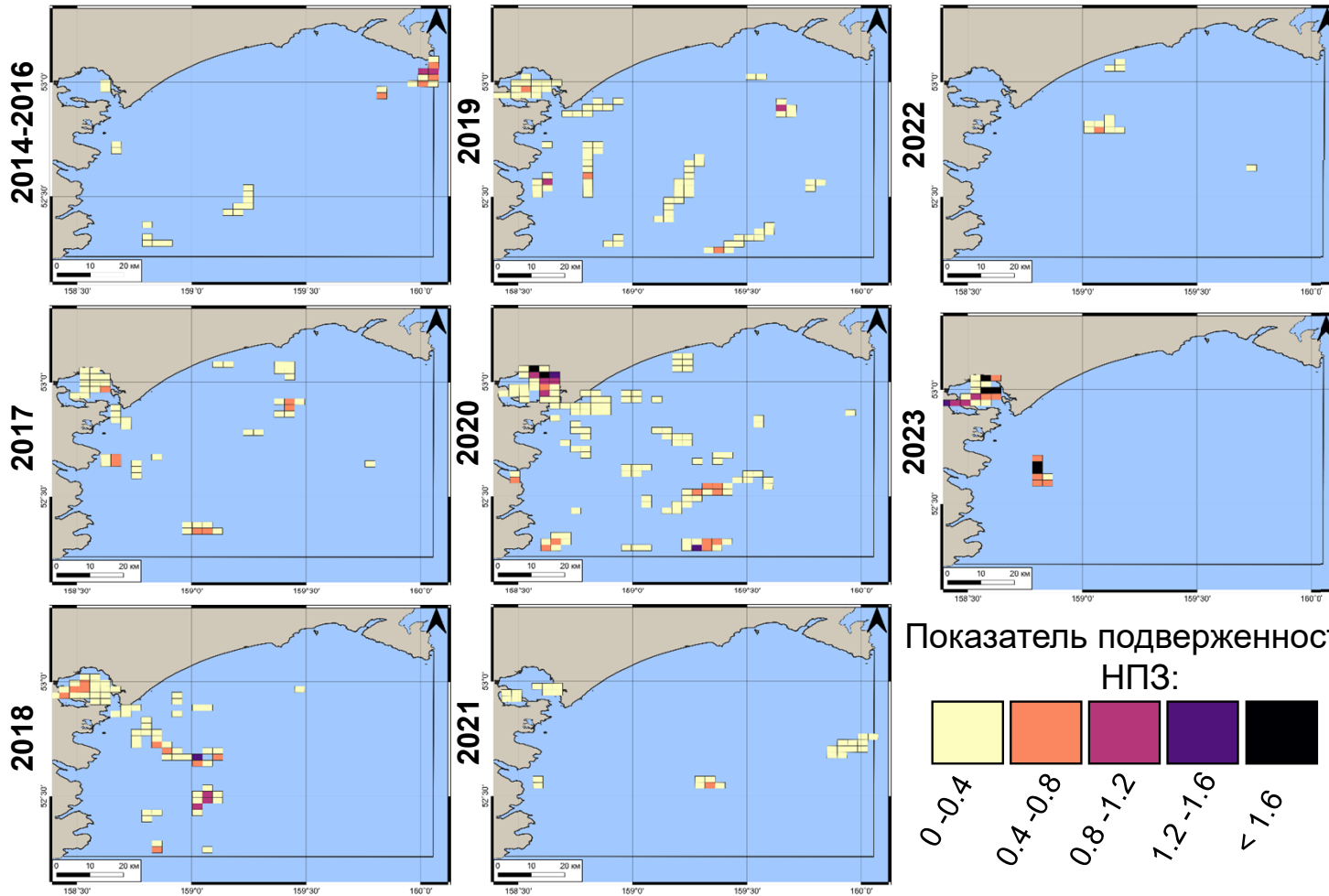
Векторная карта обнаруженных небиеогонных пленочных загрязнений (321 шт.) с 01.01.2014 г. по 31.10.2023 г. по данным Sentinel-1 A/B в районе Авачинского залива и одноименной бухты





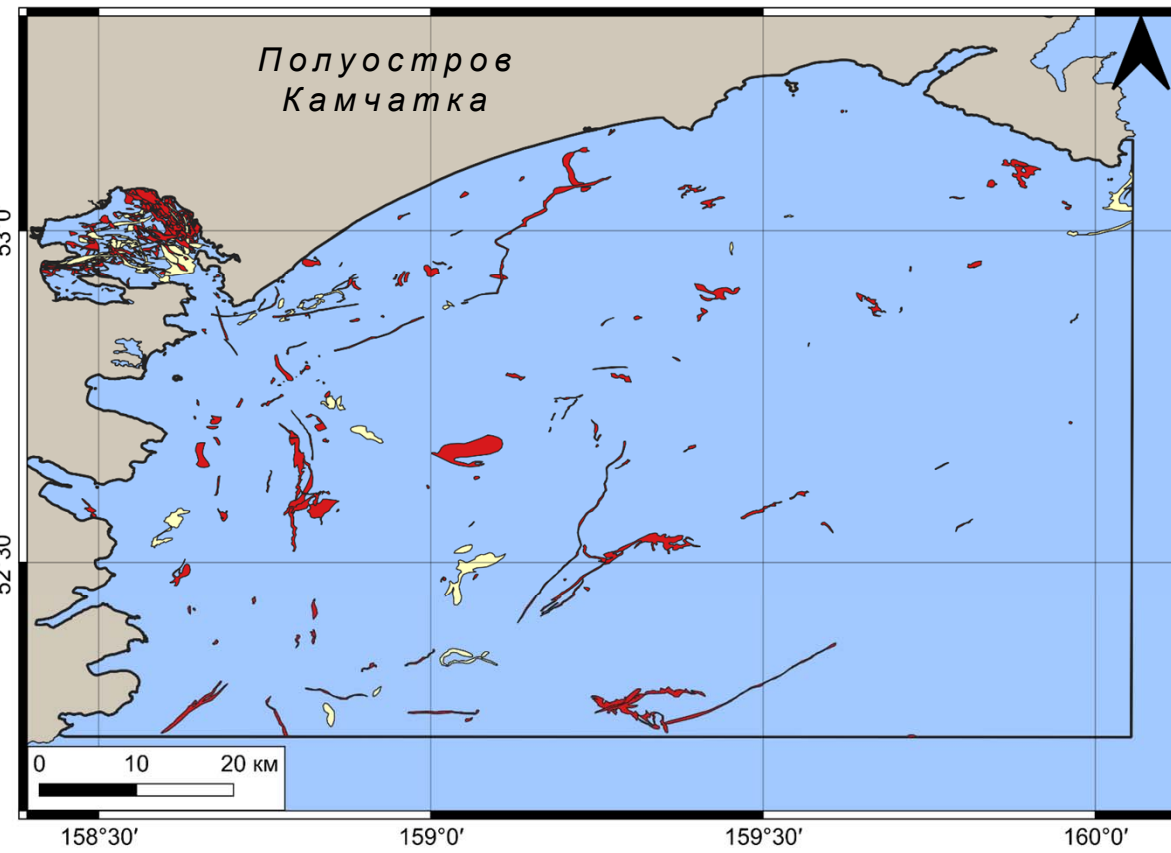
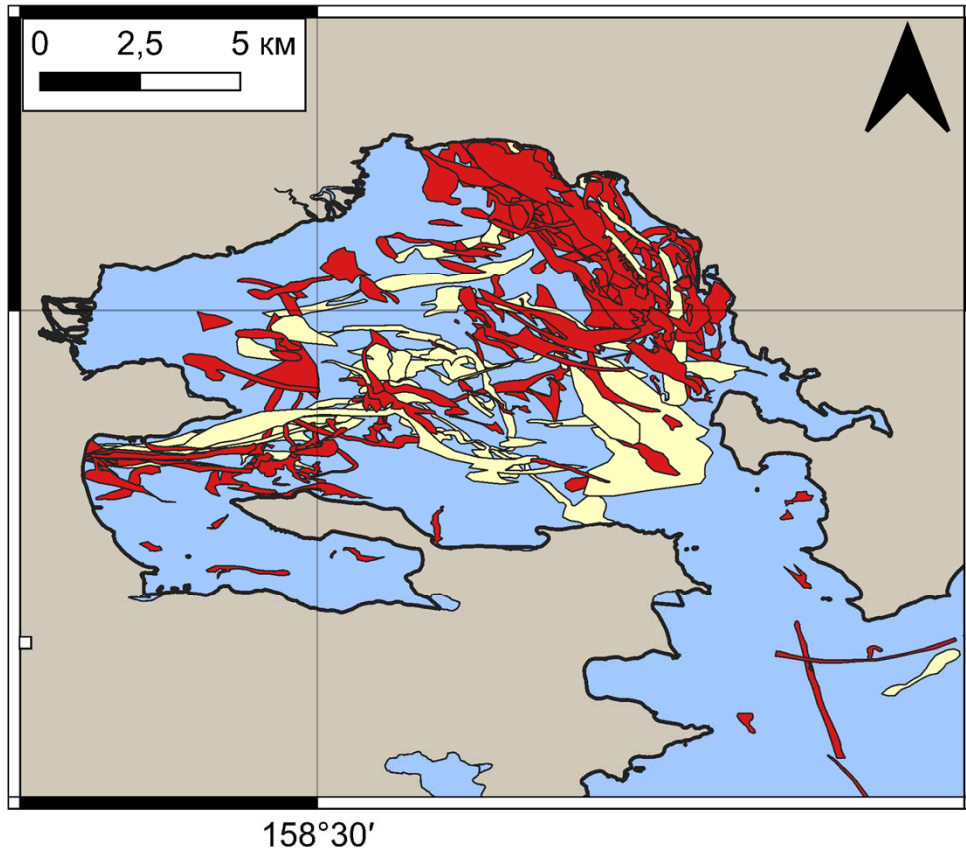
# РЕЗУЛЬТАТЫ

Карты уровней загрязнения водной поверхности НПЗ за период мониторинга



## РЕЗУЛЬТАТЫ

Пространственное распределение разных видов НПЗ



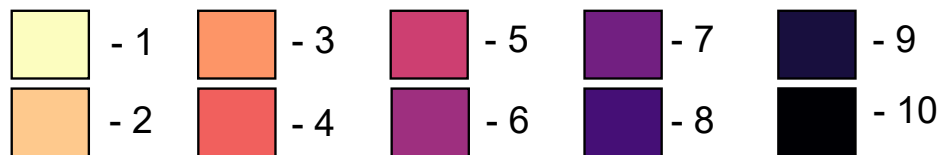
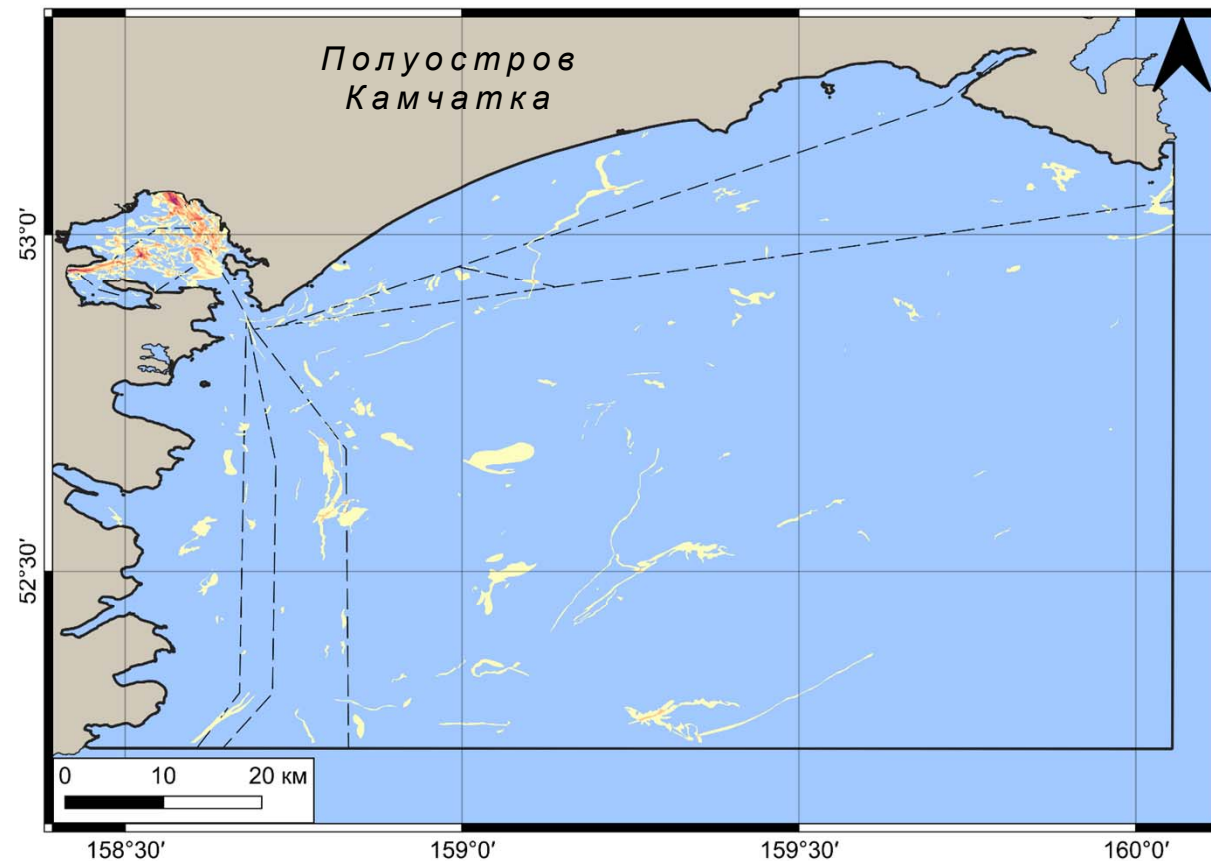
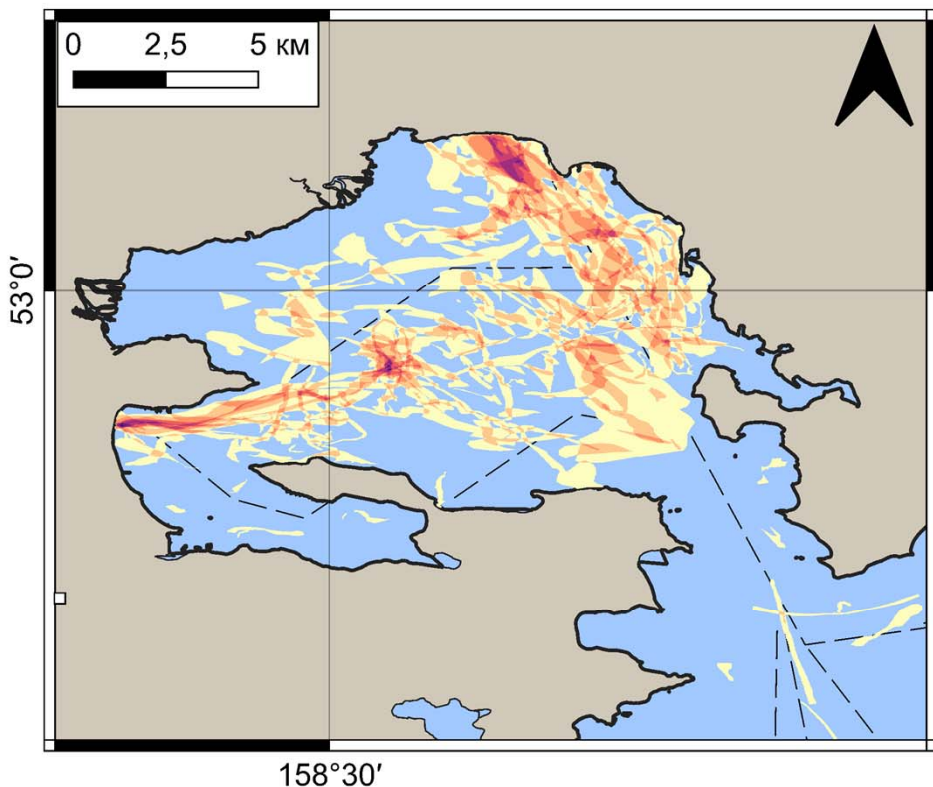
- Антропогенный вид НПЗ



- Неустановленный вид НПЗ

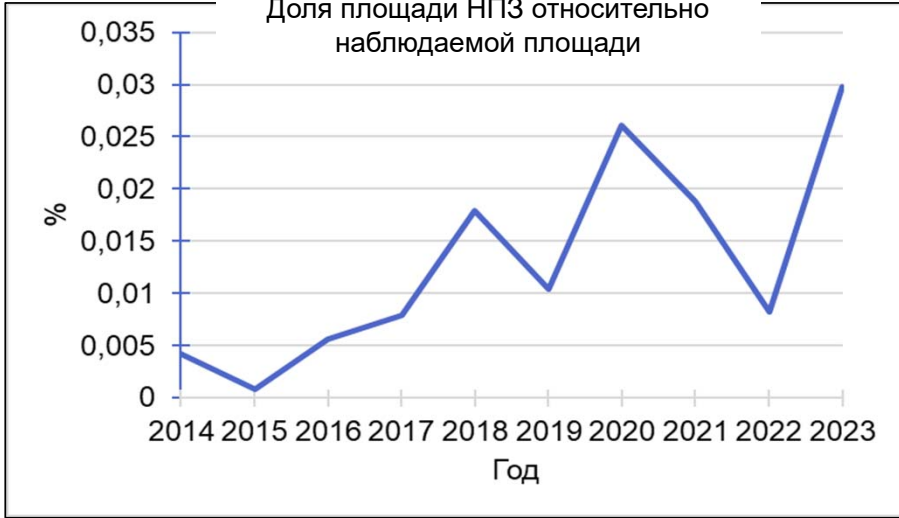
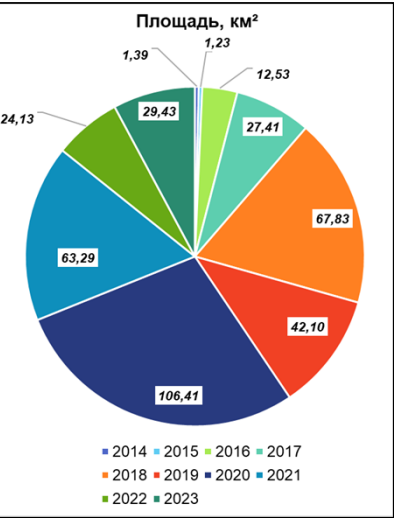
## РЕЗУЛЬТАТЫ

Пространственное распределение НПЗ и их пересекаемость за весь период исследования



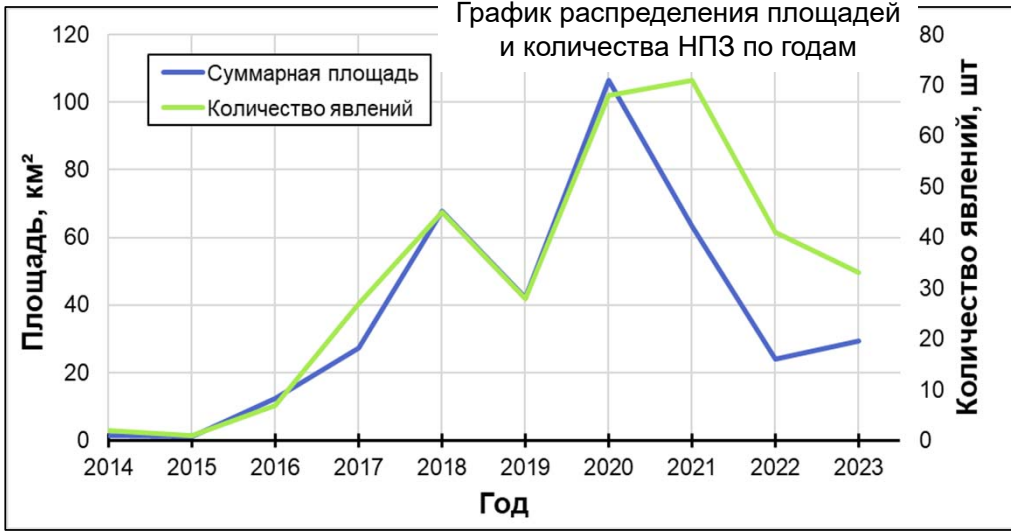
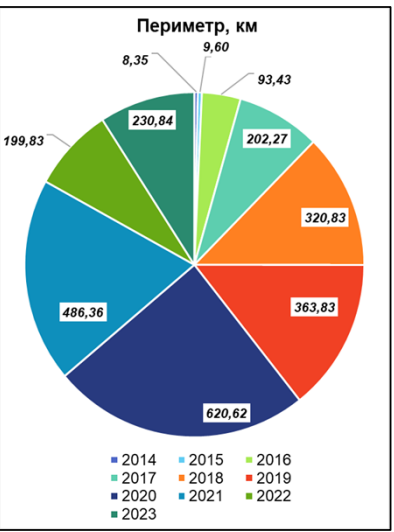
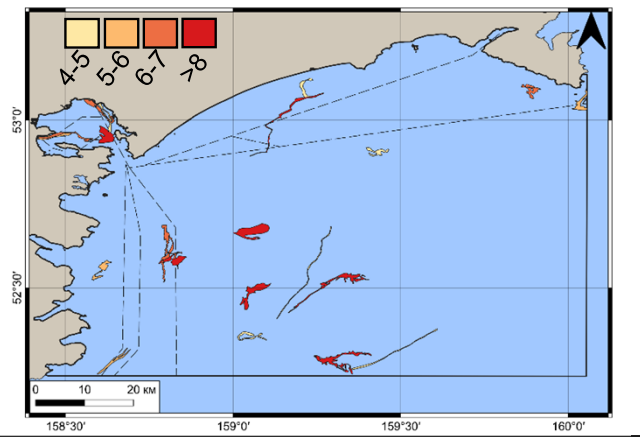
--- Судоводные трассы

# РЕЗУЛЬТАТЫ



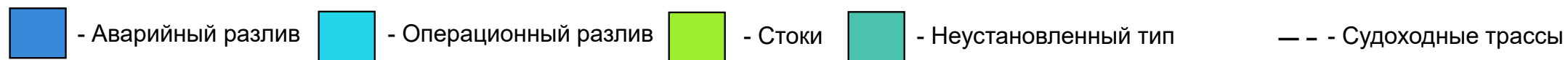
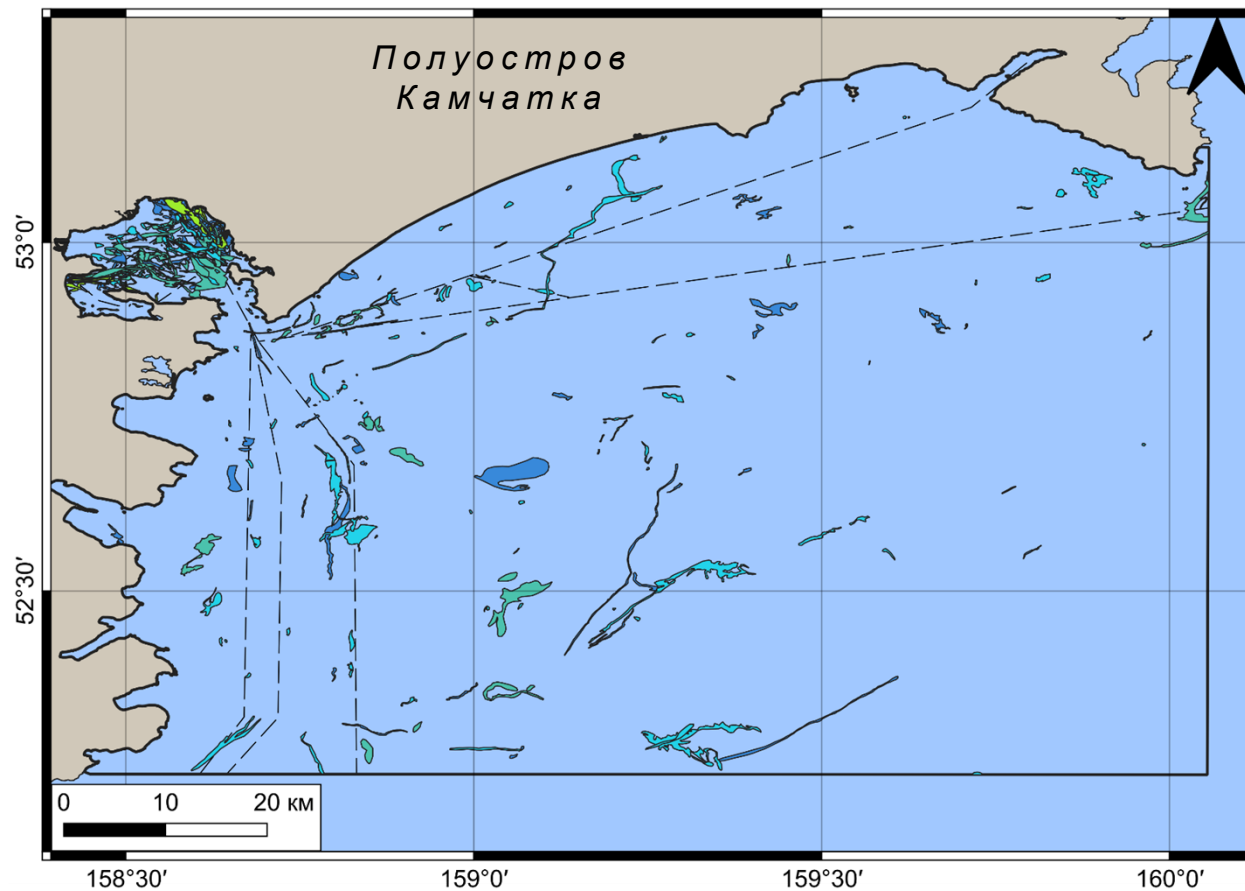
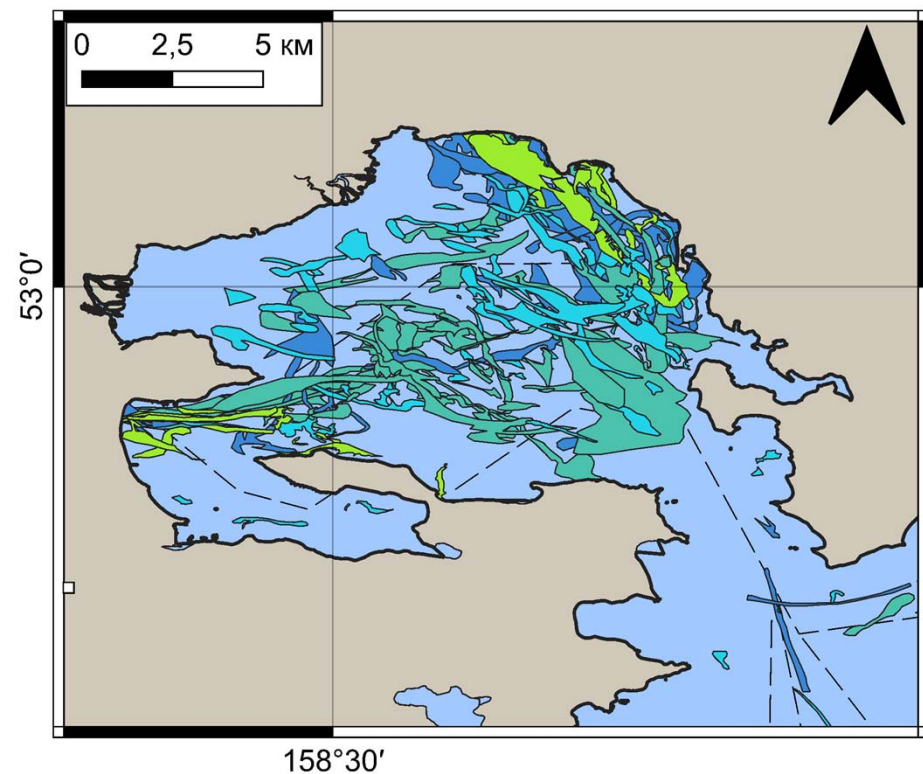
Максимальные площади НПЗ по годам (км²):  
 2014 – 1  
 2015 – 1  
 2016 – 2  
 2017 – 6  
 2018 – 18  
 2019 – 7  
 2020 – 14  
 2021 – 8  
 2022 – 6  
 2023 – 7

Карта с НПЗ наибольшей площади (км²)



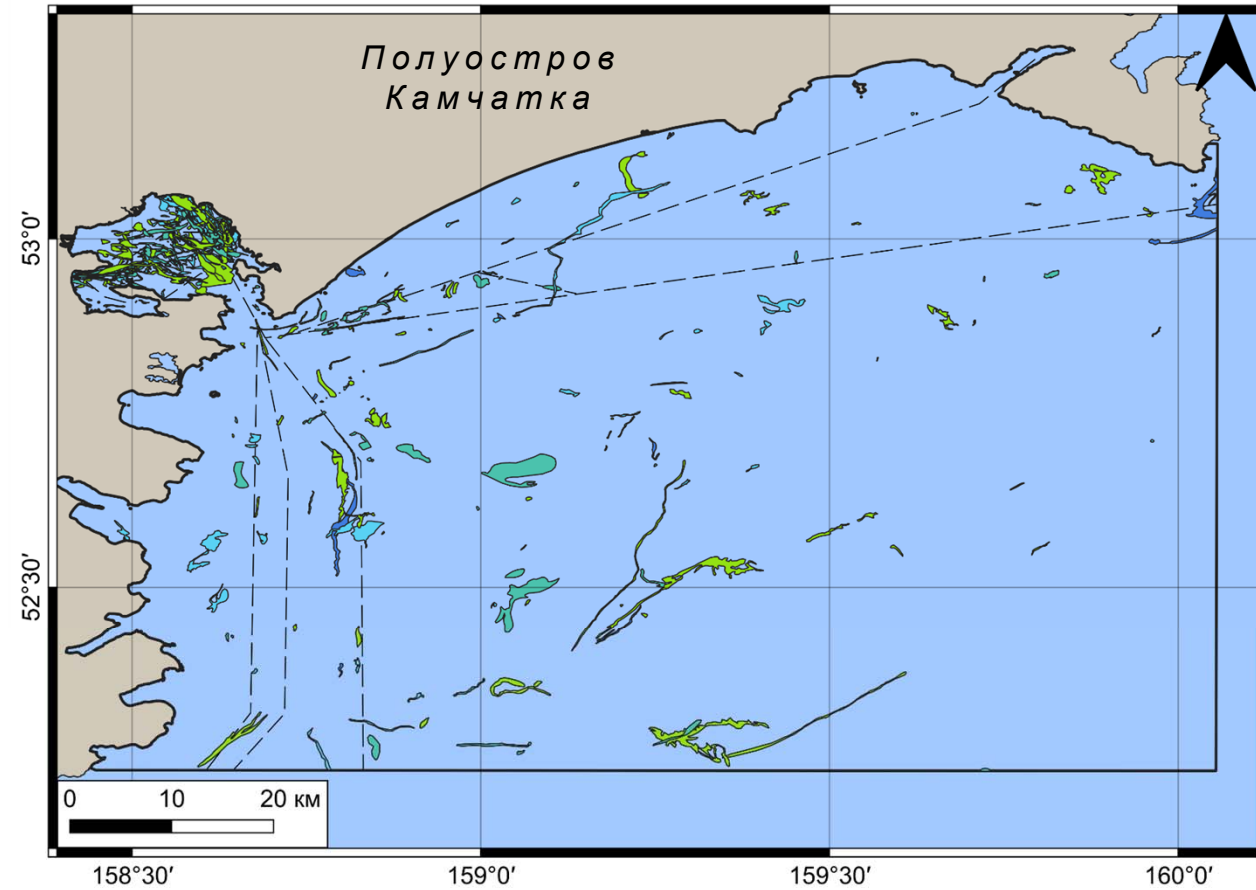
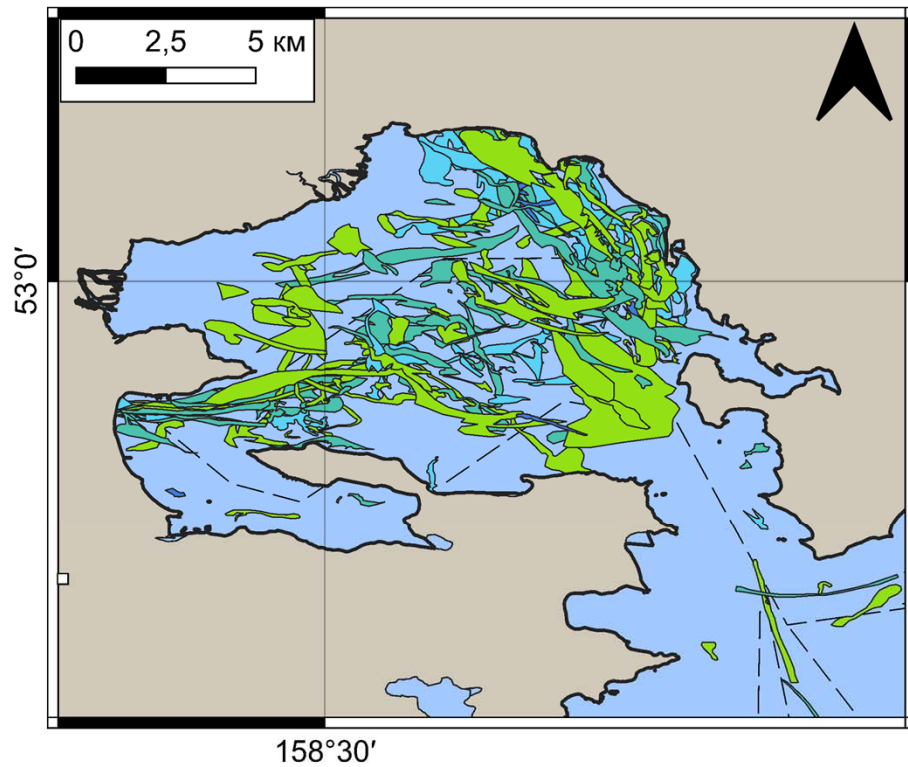
## РЕЗУЛЬТАТЫ

Карты пространственного распределения разных типов НПЗ за весь период исследования



## РЕЗУЛЬТАТЫ

Карты сезонного пространственного распределения НПЗ в акватории исследования



■ - Зима   ■ - Весна   ■ - Лето   ■ - Осень

--- Судходные трассы

## РЕЗУЛЬТАТЫ

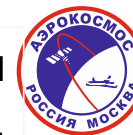
Основные количественные характеристики результатов космического мониторинга НПЗ на морской поверхности в районе Авачинского залива в период с 2014 по 2022\* г.



Фактические данные мониторинга НПЗ	Sentinel-1
Количество съемок N, шт.	994
Общая дешифрованная площадь Sд., км <sup>2</sup>	2571119,84
Количество НПЗ Nнп, шт.	288
Площадь НПЗ Sнп, км <sup>2</sup>	328
Максимальная площадь НПЗ Sнп max, км <sup>2</sup>	18,2
Средняя площадь НПЗ Sнп mean, км <sup>2</sup>	1,19
Доля площади НПЗ относительно дешифрованной площади Sнп/ Sд	0,00012

\* - мониторинг осуществлялся до октября 2023 г., результаты 2023-го года находятся на стадии завершения обработки

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Проведена обработка массива из 994 спутниковых изображений Авачинского залива и входящей в его состав одноименной бухты (общая площадь района интереса ~10 тыс. км<sup>2</sup>). На основании обобщения и анализа результатов обработки девятилетнего временного ряда таких изображений определено среднее значение показателя  $d_{\text{ПЗ(МОН)}}$  в исследуемой акватории – 0.0096 %. Полученное значение сопоставимо, например, со средним значением  $d_{\text{ПЗ(МОН)}}$  в акваториях северной части Чёрного моря (0,0120 %) [3].

Показано, что в исследуемом районе наблюдается сильная пространственная изменчивость НПЗ. В качестве наиболее подверженного НПЗ участка исследуемой акватории можно отметить Авачинскую бухту, где значение  $d_{\text{ПЗ(МОН)}}$  составило ~0.093% (в остальной части акватории – Авачинском заливе – значение этого показателя составило ~0.0094%, т.е. приблизительно в 10 раз меньше, чем в бухте).

Зарегистрированные НПЗ в Авачинском заливе главным образом приурочены к судоходным трассам, однако несколько очагов загрязнений обнаружены в центральной и южной частях исследуемой акватории на значительном удалении от судоходных трасс. Наиболее свободными от НПЗ являются прибрежные воды Шипунского полуострова, расположенные в северной части Авачинского залива.

3. Замшин В. В., Матросова Е. Р., Харченко В. Д., Ходаева В. Н., Четверкова О. И., Шлюпиков В. А. Пространственное распределение нефтепроявлений в районе шельфа Крымского полуострова по данным комплексного космического мониторинга за 2019 год // МОРЯ РОССИИ: ИССЛЕДОВАНИЯ БЕРЕГОВОЙ И ШЕЛЬФОВОЙ ЗОН. Севастополь: МГИ РАН, 2020. С. 402–403





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

Работа выполнена при поддержке государственного задания по теме FNEE-2023-0001.

