

Александр В. Бочаров (1, 2, 3), Андрей Г. Костяной (1, 2, 4), Сергей А. Лебедев (2, 3, 5)



(1) Российский университет транспорта



(2) Геофизический центр РАН



(3) Майкопский государственный технологический университет

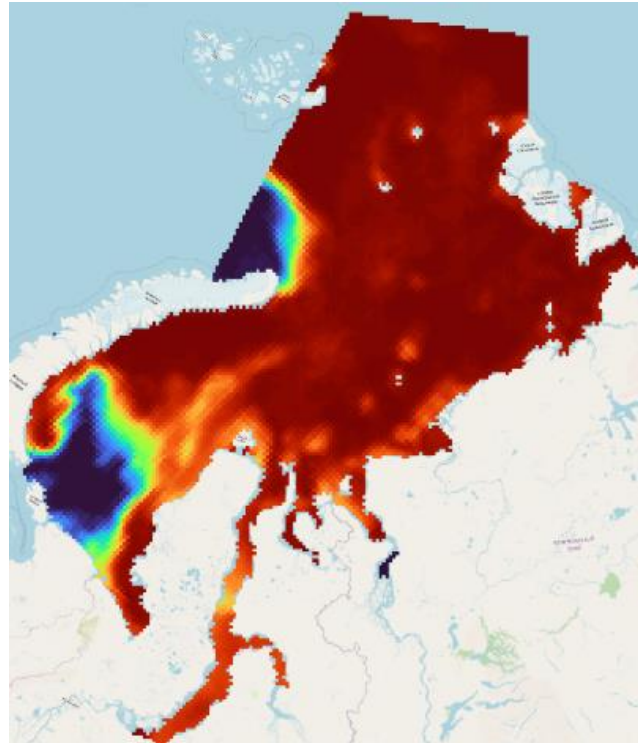


(4) Институт океанологии РАН



(5) Московский институт электронной техники

## Оценка становления льда в Карском море в октябре-декабре 2024 года по данным AMSR2



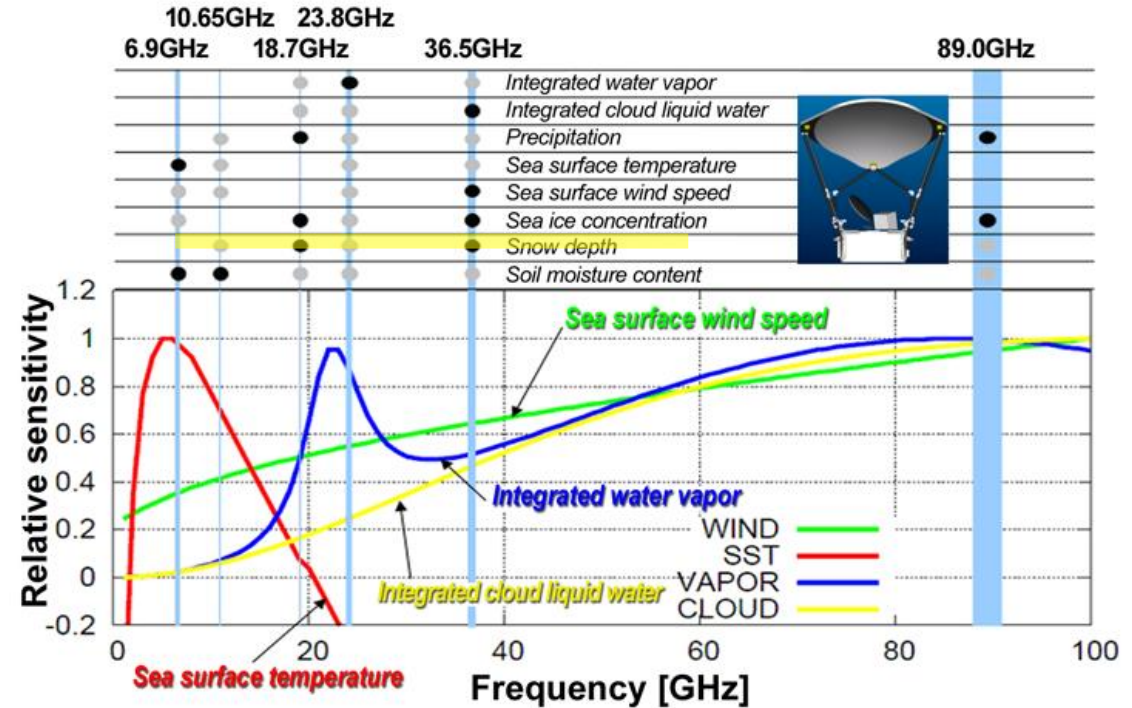
# Обзор инструмента AMSR2

**AMSR2 (Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)** — это усовершенствованный микроволновый сканирующий радиометр, установленный на японском спутнике GCOM-W1 "Shizuku". Это прибор пассивного типа, который измеряет слабое микроволновое излучение, исходящее от поверхности Земли и атмосферы. Инструмент был запущен 18 мая 2012 года и является прямым преемником приборов AMSR.

AMSR2 измеряет излучение на 7 частотах в диапазоне от 6.9 до 89.0 ГГц в вертикальной (V) и горизонтальной (H) поляризации

AMSR2 Channel Set

Center Freq.	Band width	Pol.	Beam width	Ground res.	Sampling interval
GHz	MHz		degree	km	km
6.925/7.3	350	V/H	1.8	35 x 62	10
10.65	100		1.2	24 x 42	
18.7	200		0.65	14 x 22	
23.8	400		0.75	15 x 26	
36.5	1000		0.35	7 x 12	
89.0	3000		0.15	3 x 5	



# Продукты Sea Ice Concentration

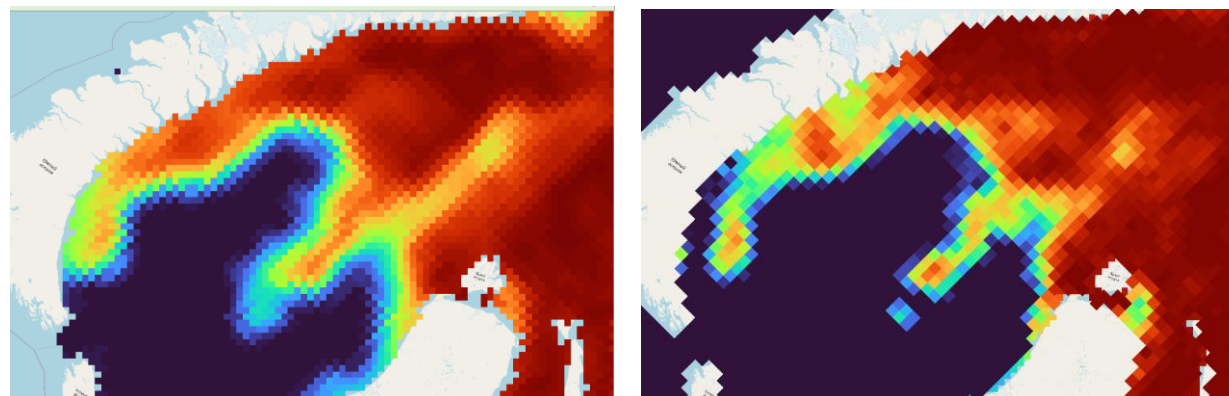
**AMSR2** — это радиометр который принадлежит JAXA (Японское агентство аэрокосмических исследований) и он установлена на японском спутнике GCOM-W. Поскольку JAXA открыто публикует "сырые данные" (яркостные температуры) со своего прибора, любая организация в мире может их скачать и применить свой собственный алгоритм. Поэтому существует несколько продуктов концентрации льда (Sea Ice Concentration) по AMSR2.

## Научные центры предоставляющие продукты Sea Ice Concentration по данным AMSR2:

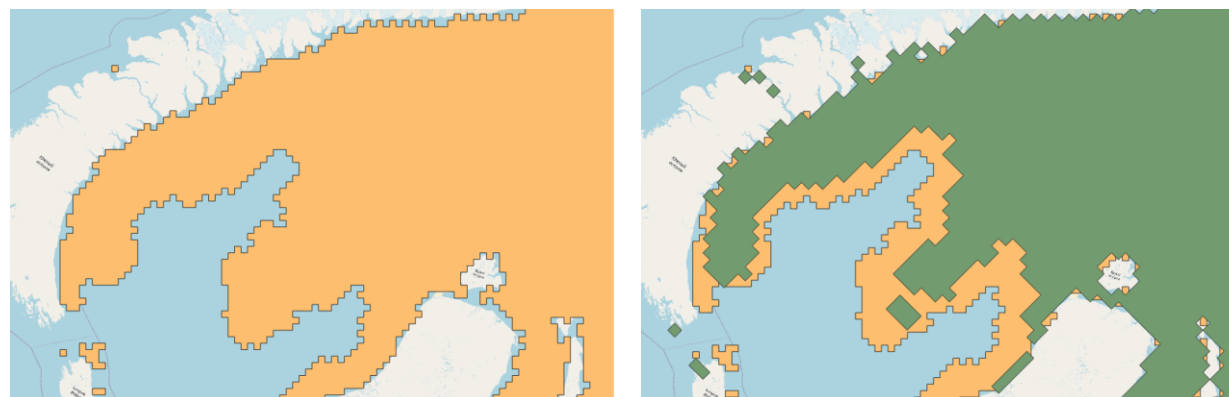
- - **JAXA** (Японское агентство аэрокосмических исследований);
- - **NSIDC** (Национальный центр данных по снегу и льду, США);
- **University of Bremen** (Бременский университет, Германия);
- **EUMETSAT OSI SAF** (Европейская организация по эксплуатации метеоспутников).

Различия в значениях концентрации льда между продуктами обусловлены в первую очередь использованием разных алгоритмов расчета.

В нашей работе был использован продукт Sea Ice Concentration (Daily) полученные с помощью исследовательского центра JAXA EORC на основе данных AMSR2. В коллекции продуктов JAXA он имеет ID: JAXA.JASMES\_GCOM-W.AMSR2\_ic0.v201\_north\_daily. Продукт относится к Level 3 (уровень 3). Это обработанный и приведенный к единой картографической проекции гридированный продукт. Он содержит данные о концентрации льда для Северного полушария в процентах (%). Ежедневные композиты получены методом усреднения всех наблюдений за сутки в каждой ячейке сетки.



Пример размерности пикселей в продуктах Sea Ice Concentration на основе данных AMSR2: (а) JAXA; (б) NASA



Пример получаемой границы льда по продуктам Sea Ice Concentration на основе данных AMSR2: (а) JAXA; (б) NASA



# Пример использования JAXA Earth API для Python

Для автоматизации процесса ежедневного получения свежих данных о концентрации льда по данным инструмента AMSR2 наиболее удобным источником оказался модуль JAXA Earth API для Python

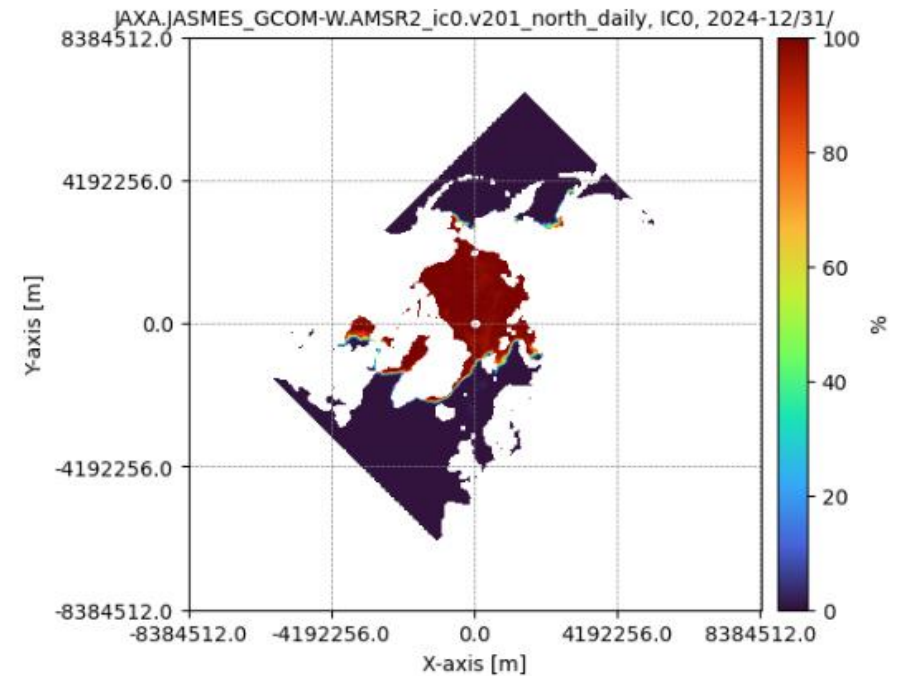
```
# Load module
from jaxa.earth import je

# Set query parameters
dlim = ["2024-12-31T00:00:00", "2024-12-31T00:00:00"]
ppu = 5
bbox = [-8388608, -8388608, 8388608, 8388608] #весь охват данных по Арктике

# Set information of collections, bands
collection = "JAXA.JASMES_GCOM-W.AMSR2_ic0.v201_north_daily"
band = "IC0"

# Get an image
data = je.ImageCollection(collection=collection, ssl_verify=True)\
    .filter_date(dlim=dlim)\
    .filter_resolution(ppu=ppu)\
    .filter_bounds(bbox=bbox)\
    .select(band=band)\
    .get_images()

# Process and show an image
img = je.ImageProcess(data)\
    .show_images()
```



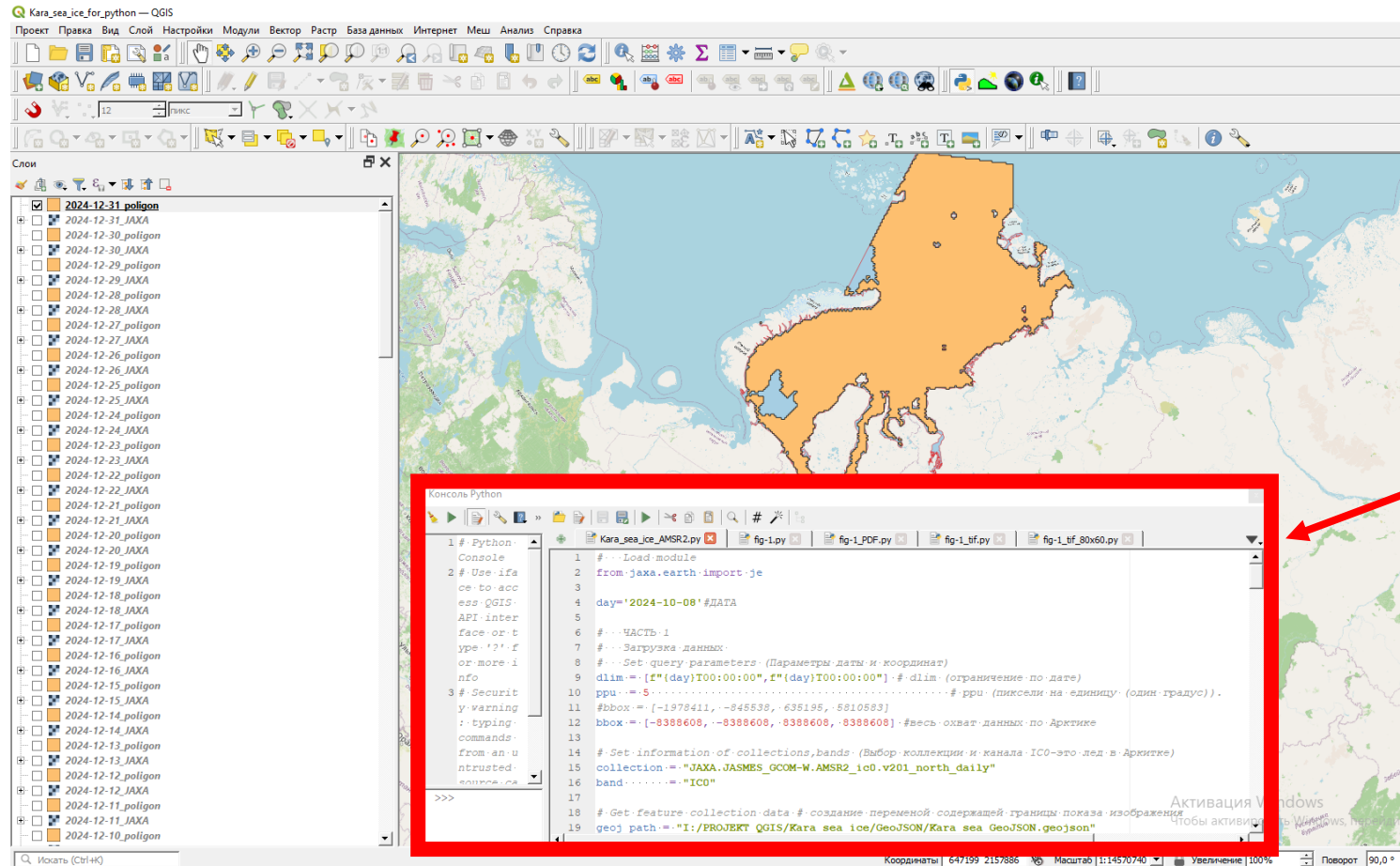
Пример данных по концентрации льда для всей Арктической зоны



# Мониторинг льда на базе QGIS

QGIS имеет поддержку использования скриптов на языке Python через «Консоль Python». Python расширяет границы QGIS: от автоматизации рутинных задач до создания уникальных алгоритмов анализа пространственных данных.

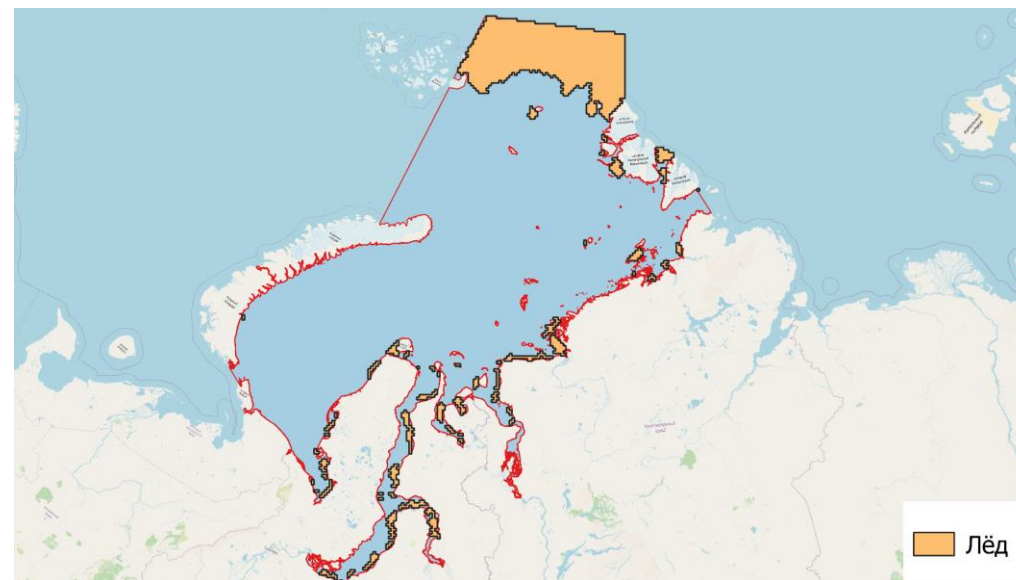
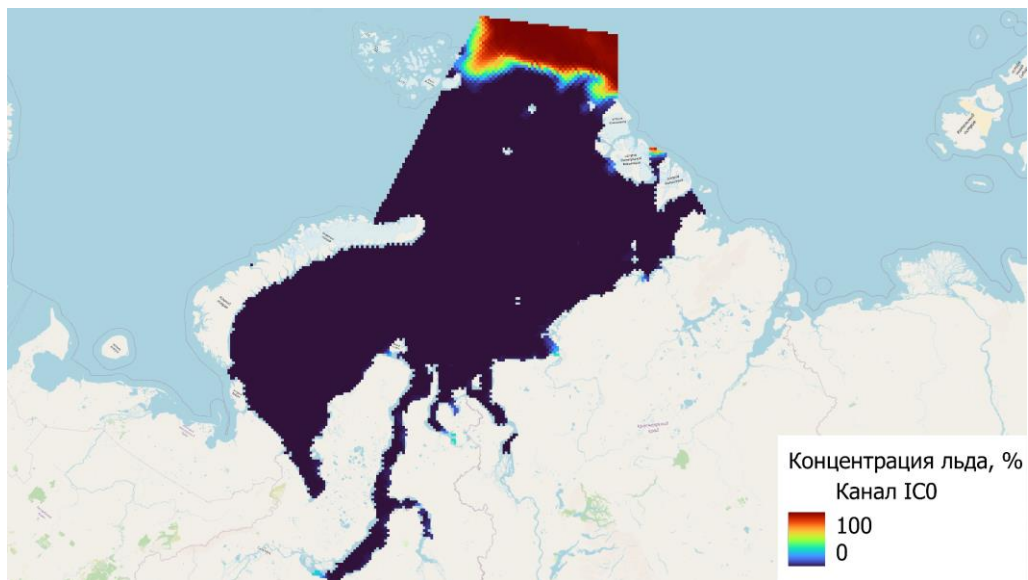
Для осуществления ежедневного мониторинга концентрации льда в Карском море было развернуто на базе QGIS



Консоль Python



Python-скрипт в консоли QGIS отправляет запрос к API, скачивает растровые данные, меняет проекцию, преобразует растровые данные в векторный слой и добавляет растровый и векторный слой на карту с настроенной стилистикой. Скрипт полностью автоматизированный без промежуточных файлов.



# Сводки ледовой обстановки в Карском море

На каждый день формировались сводки ледовой обстановки в Карском море, которые предоставляли информацию о кромке льда, концентрации льда, площади льда и проценте покрытия льдами

Ледовая обстановка в Карском море 2024-12-08

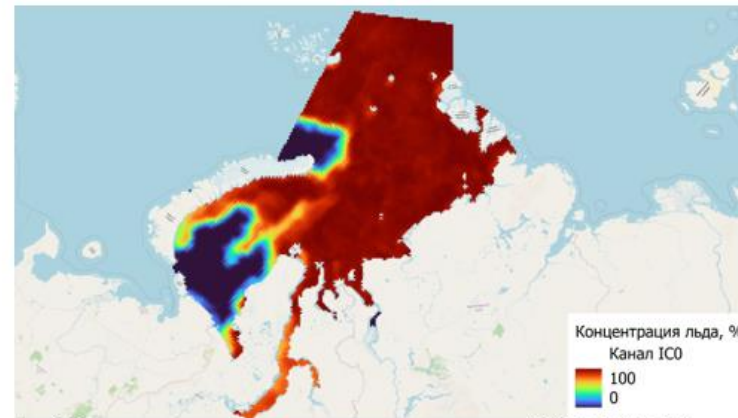


Рис. 1. Концентрация льда в регионе исследования по данным AMSR2/GCOM-W1



Рис. 2. Наличие льда в регионе исследования (выделены границы присутствия льдов с концентрацией 1-100%)

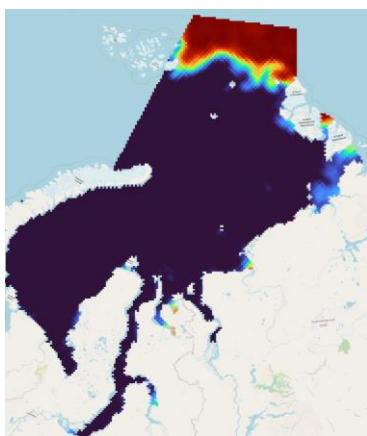
Таблица 1. Оценка площади зон морского льда

Площадь региона исследования	1032568 км <sup>2</sup>
Площадь региона исследования, покрытая льдами с концентрацией 1-100%	903352 км <sup>2</sup>
Процент покрытия льдами	87,49%

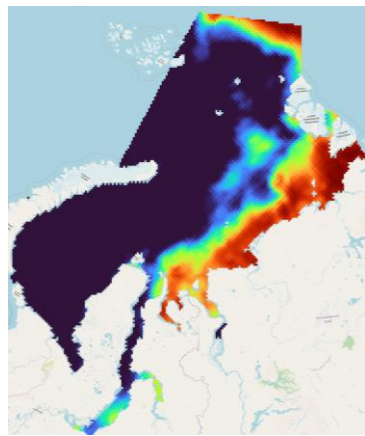


# Становления льда в Карском море

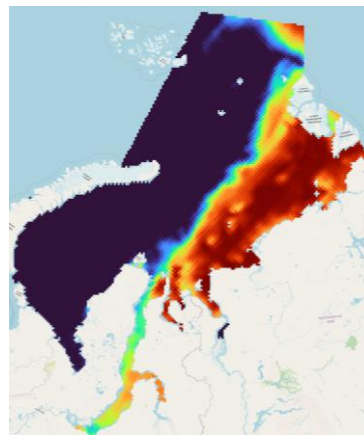
Образование ледовых масс в южной части Карского моря происходит быстрее, чем более северных частях Карского моря



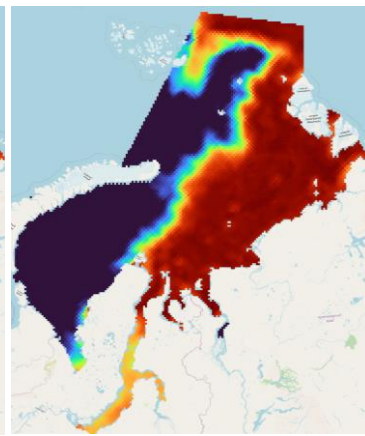
10.10.2024



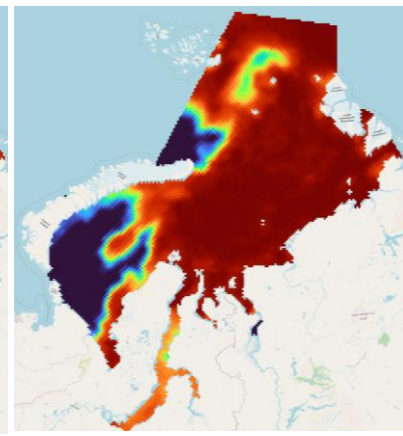
20.10.2024



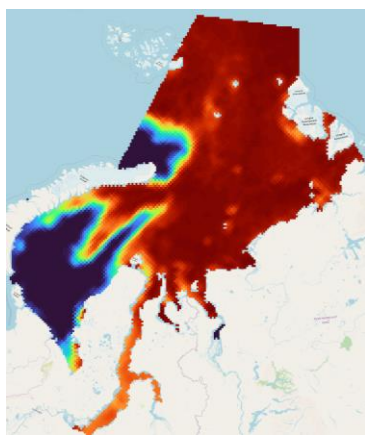
30.10.2024



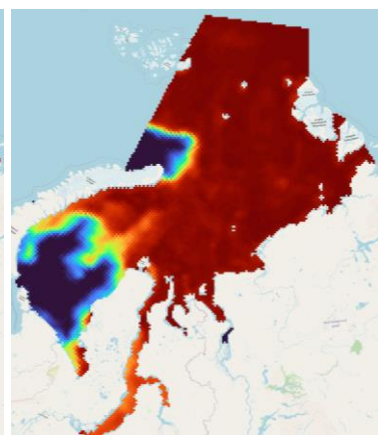
10.11.2024



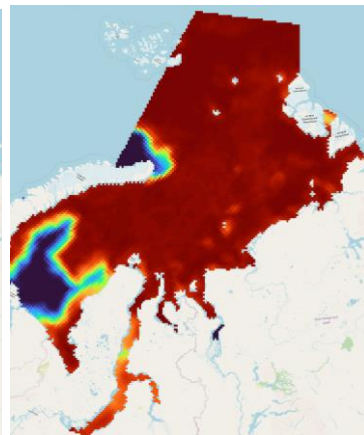
20.11.2024



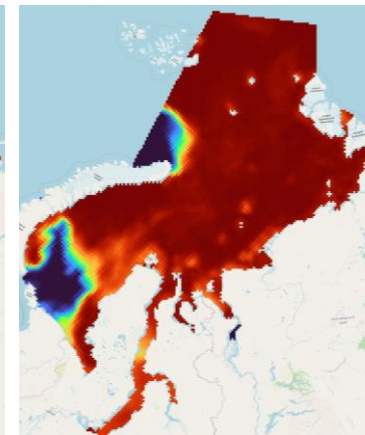
30.11.2024



10.12.2024



20.12.2024



30.12.2024

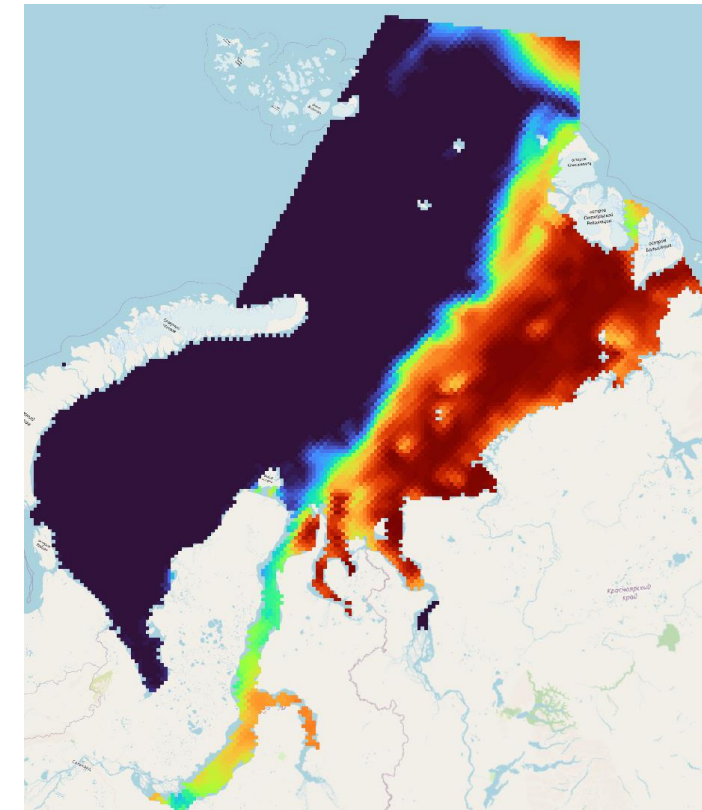
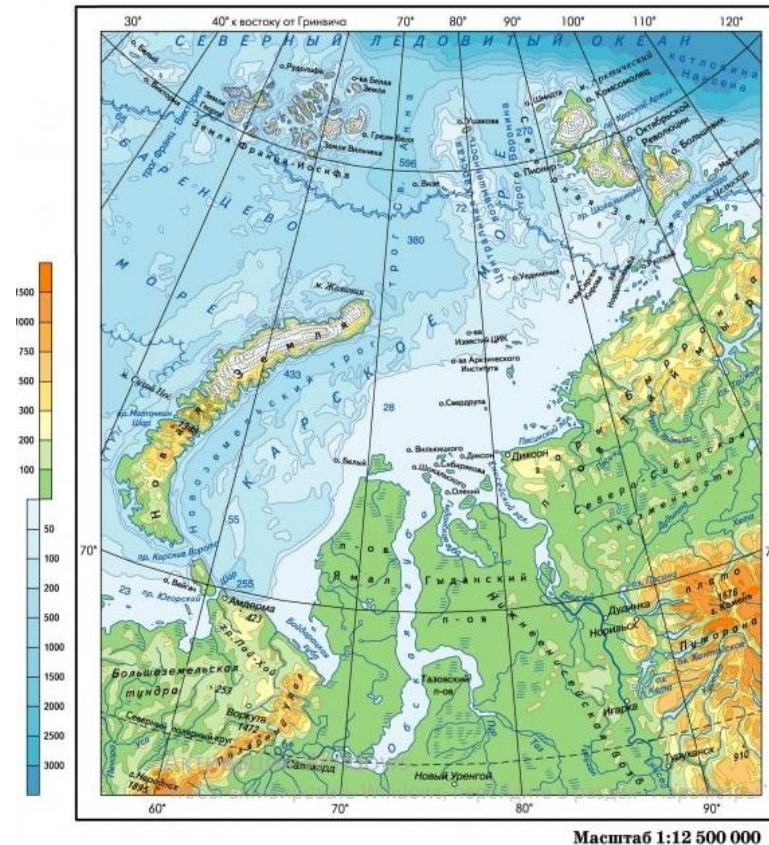


# Факторы начала замерзания в прибрежной зоне

С одной стороны пресные воды должны замерзть быстрее, сильное **опреснение** поверхностных вод в южной части моря летом и осенью **замедляет** процесс замерзания, так соленость поверхностных вод может составлять всего **3–5%** вблизи устьев рек, тогда как на севере моря она достигает 33–34%. Эта разница создает барьер, мешающий перемешиванию слоев и, следовательно, началу льдообразования. Для замерзания нужно «выстудить» всю толщу воды.

## Факторы начала замерзания в прибрежной зоне:

- **Мелководье** быстрее остывает даже при слабом перемешивании;
- Реки (Обь, Енисей) в октябре-ноябре несут более **холодную воду**, которая уже находится на температуре замерзания;
- 

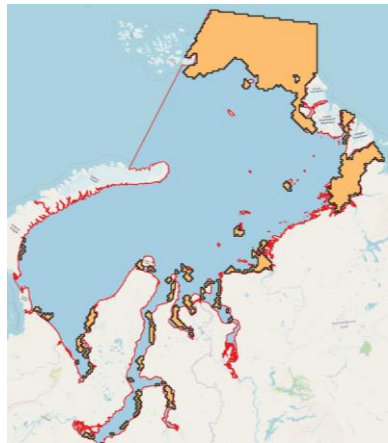


30.10.2024

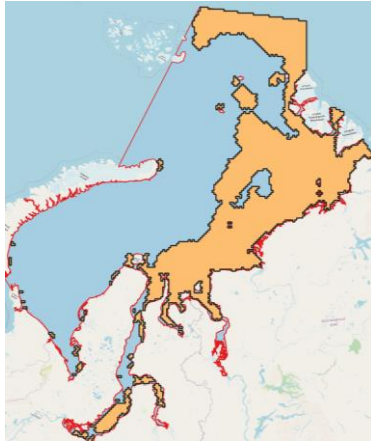


# Становления льда в Карском море

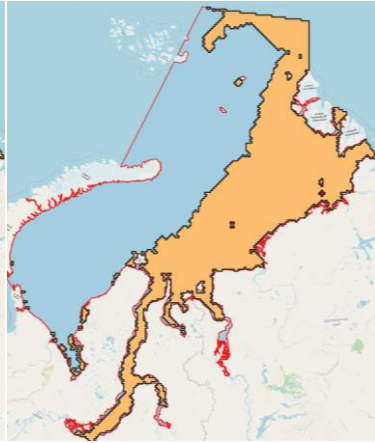
Для расчета площади производилась векторизация растровых данных.



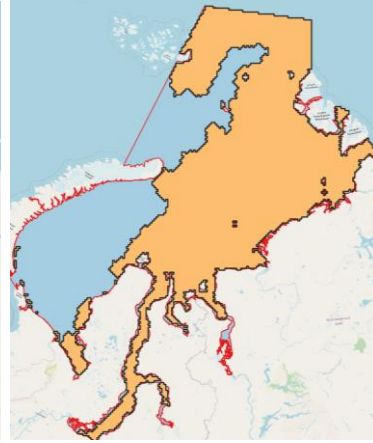
10.10.2024



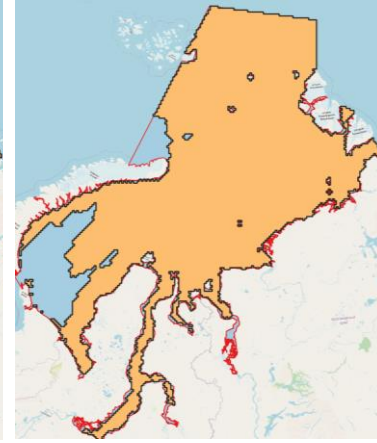
20.10.2024



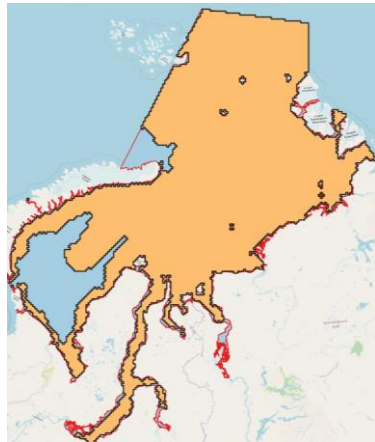
30.10.2024



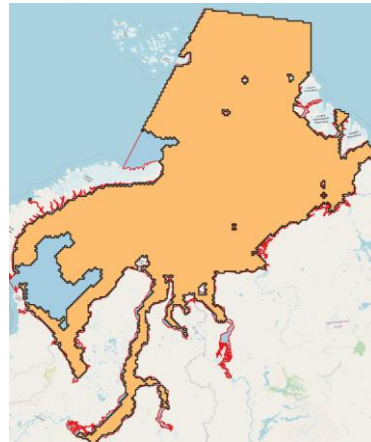
10.11.2024



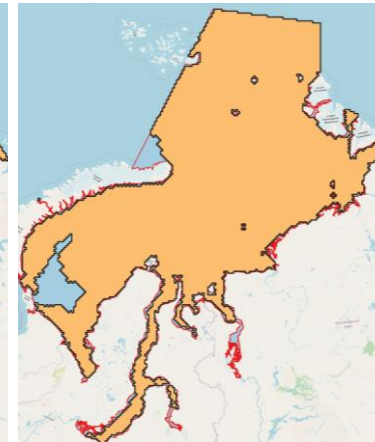
20.11.2024



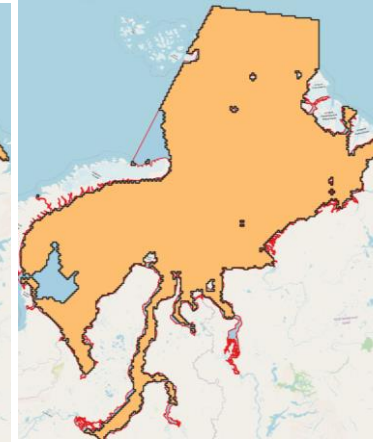
30.11.2024



10.12.2024



20.12.2024

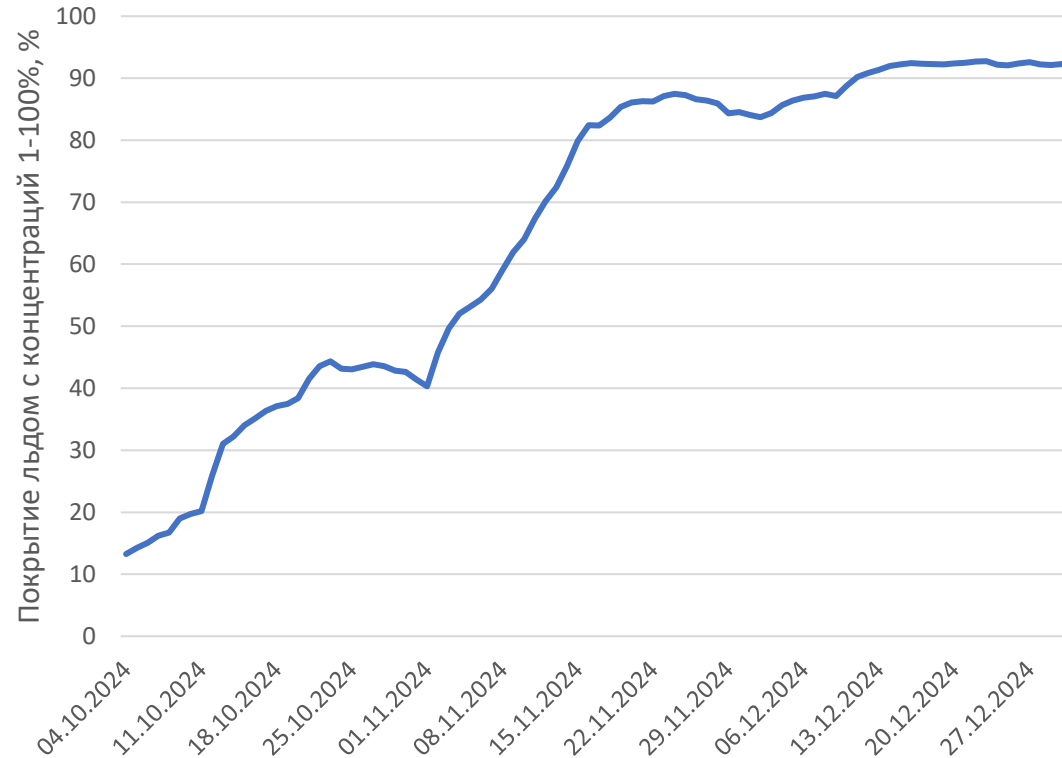


30.12.2024



# Динамика покрытия Карского моря льдами

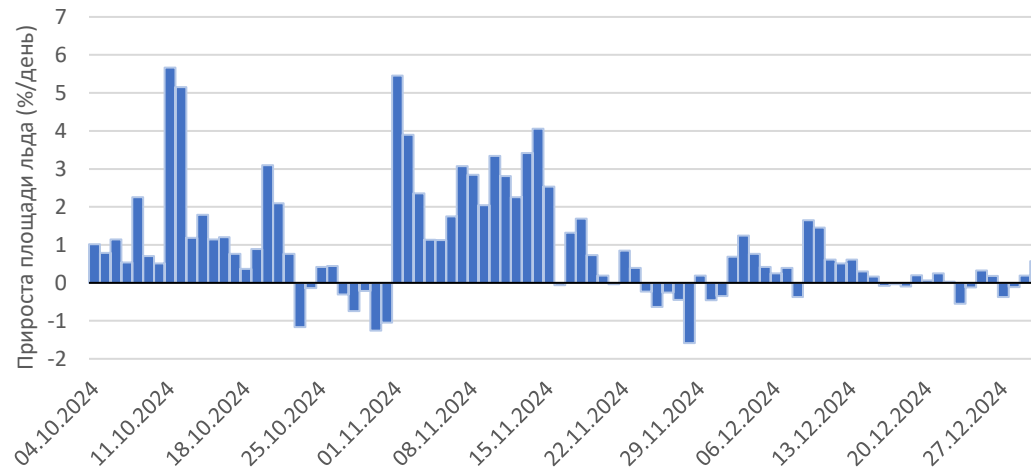
В 2024 году наиболее интенсивное замерзание происходило с 04.10.2024 по 17.11.2024. За эти 1,5 месяца произошло увеличение покрытия льдами (с концентрацией 1-100%) с 13 до 82% поверхности Карского моря. К середине декабря происходит плавное увеличение площади льдов до 92%



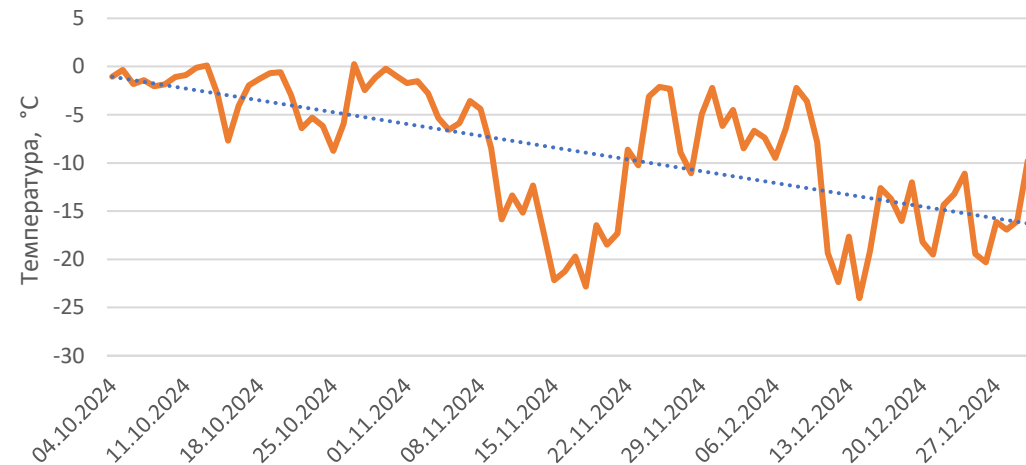
Динамика покрытия Карского моря льдами с концентраций 1-100% (с 2024-10-04 по 2024-12-31)



# Прирост площади льда



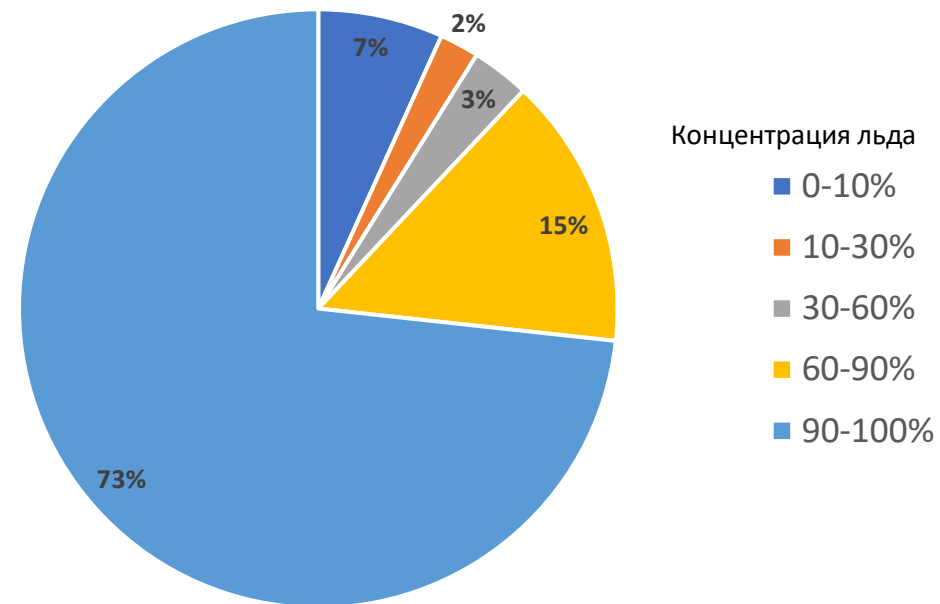
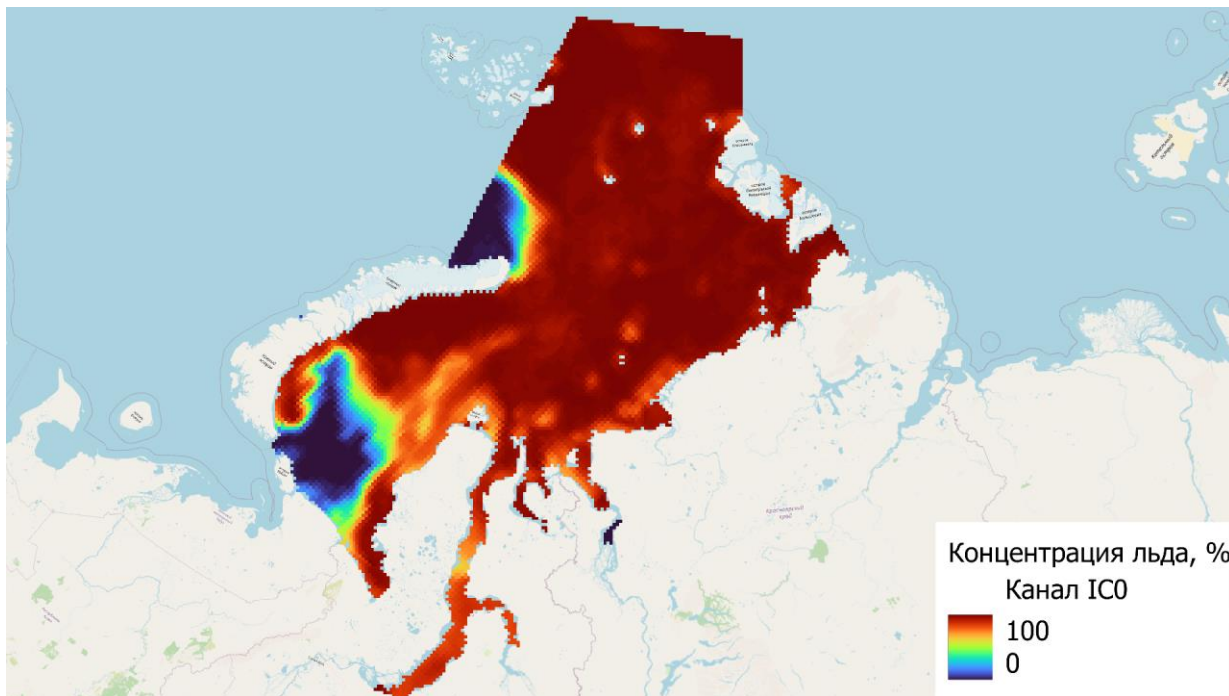
Прирост площади льда



Изменение температуры на метеостанции имени М. В. Попова (о. Белый)



# Структура концентрации ледовых масс на 31.12.2024



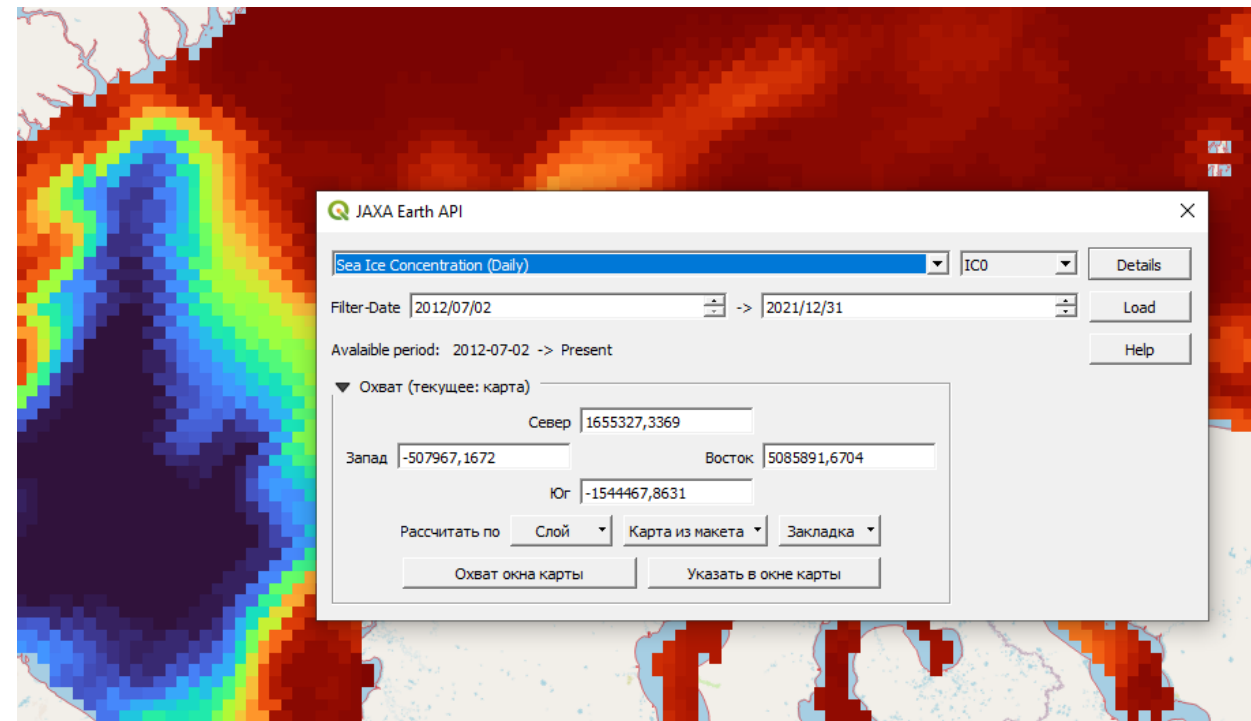
# Модуль JAXA Earth API Plugin

Для получения данных инструмента AMSR2 в QGIS также можно использовать модуль JAXA Earth API Plugin для QGIS. Но в данном случае часть автоматизации будет потеряна



The screenshot shows the QGIS plugin repository interface. The search bar contains 'jax'. The 'JAXA Earth API Plugin' is selected. A purple banner at the top indicates 'Доступна новая версия' (New version available). The main title is 'JAXA Earth API Plugin' with the subtitle 'QGIS Plugin for JAXA Earth API, easily get satellite datasets.' Below this, it says 'QGIS Plugin for JAXA Earth API' and shows a rating of 5 stars with 74 reviews and 19,471 installations. The category is 'satellite'. Tags include 'python, satellite, jaxa, stac, raster, cog'. Additional information includes a website, error tracker, and code repository. The author is 'MIERUNE Inc.'. The installed version is '2.0.0' and the available version is '2.1.3' (updated 23.10.2025 11:07 RTZ 2 (зима)).

Плагин JAXA Earth API Plugin в репозитории QGIS



The screenshot shows the 'JAXA Earth API' dialog box in QGIS. The 'Sea Ice Concentration (Daily)' dataset is selected. The filter date is set from '2012/07/02' to '2021/12/31'. The available period is '2012-07-02 -> Present'. The coverage area is defined by coordinates: Север (North) 1655327,3369, Юг (South) -1544467,8631, Запад (West) -507967,1672, and Восток (East) 5085891,6704. The 'Calculate by' options are 'Слой' (Layer), 'Карта из макета' (Map from layout), and 'Закладка' (Bookmark). Buttons for 'Охват окна карты' (Map window coverage) and 'Указать в окне карты' (Specify in map window) are visible.

Пользовательский интерфейс плагина JAXA Earth API для QGIS



# Обзор инструмента AMSR3

Спутник GOSAT-GW ("IBUKI GW") с прибором AMSR3 на борту был успешно запущен 29 июня 2025 года. Прибор находится на этапе ввода в эксплуатацию. Официальный выпуск данных запланирован на июнь 2026 года.

## Что нового в AMSR3 по сравнению с AMSR2?

**Новые высокочастотные каналы:** Добавлены каналы 166 ГГц и 183 ГГц. Это позволяет впервые детально наблюдать **снегопады в высоких широтах** и получать профили водяного пара в атмосфере (что важно для прогнозов ливней и траекторий тайфунов)



Работа выполнена в рамках темы государственного задания Российского университета транспорта № 103-00001-26-00 от 15.01.2026 «Системный анализ влияния геолого-геофизической и климатических факторов на развитие и функционирование транспортных систем в российской Арктике и на Дальнем Востоке»



**Спасибо за  
внимание!**