



Ледовые карты нового типа: теория и применение

В.А. Волков

канд. геогр. наук, Фонд "Нансен-центр", Санкт-Петербург, РФ

При участии:

канд. физ.-мат. наук *Н.Ю. Захваткиной*, канд. физ.-мат. наук *Д.М. Демчева*

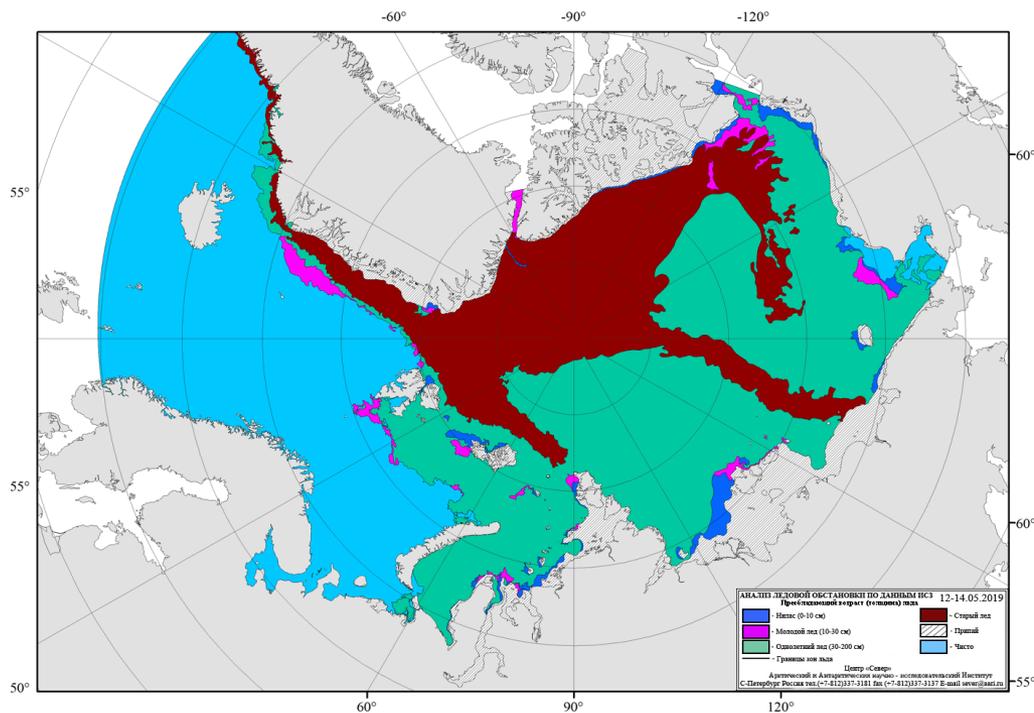
(Фонд «Нансен-центр», Санкт-Петербург),

С.А. Зубкова (ИЭПИ, Москва), *А.Л. Сальмана* (ЭС-ПАС, Москва)

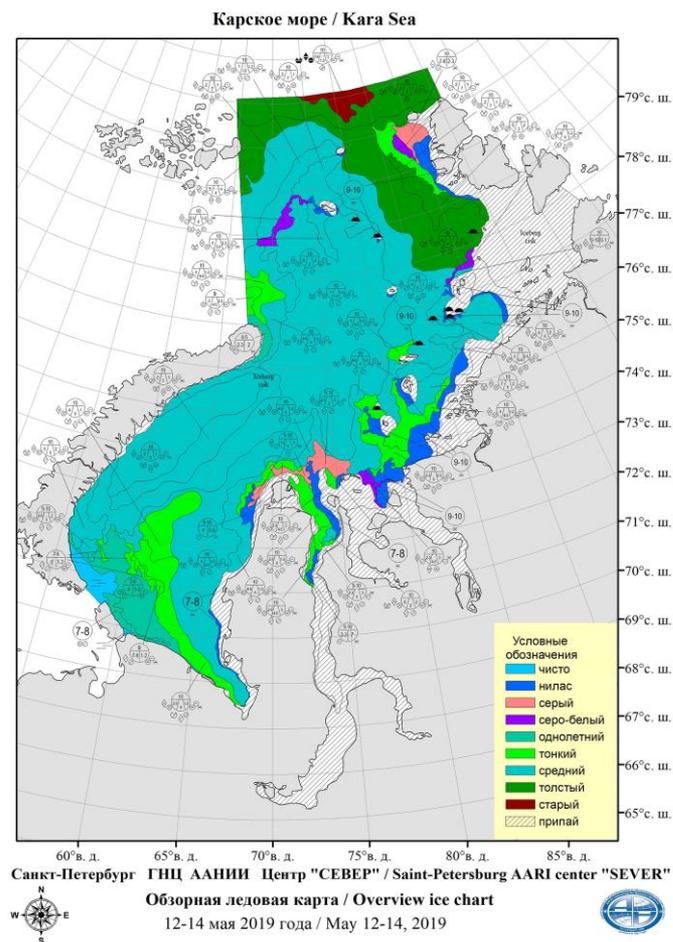
12-я международная конференция
«Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»

г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

Примеры традиционных ледовых карт 1(2)

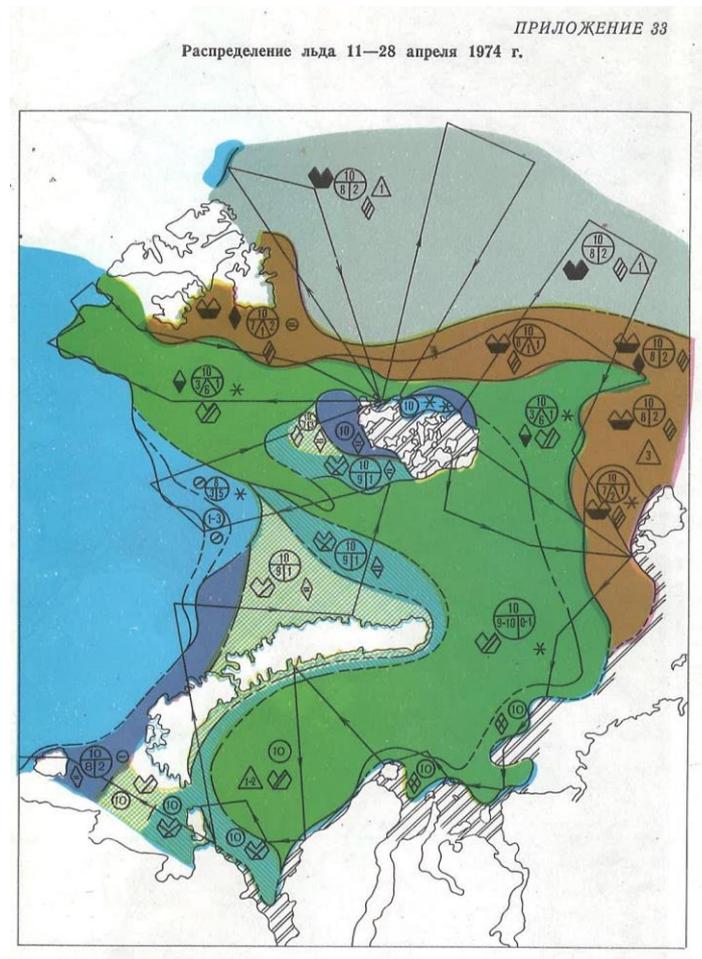


Пример обзорной карты ААНИИ (12-14 мая 2019)



Пример региональной карты ААНИИ (12-14 мая 2019)
http://www.nsra.ru/ru/chart_ice_kara_sea.html

Пример ледовой карты по результатам площадной маршрутной авиаразведки



Волков, Н. А. и др. Руководство по производству ледовой авиаразведки. – Л. : Гидрометеиздат, 1981.

Недостатки традиционных ледовых карт

Традиционная ледовая карта является:

- *обобщенной*, генерализованной;
- заведомо *«просроченной»* - по сути несет только информативную функцию, сообщая о ледовой обстановке в прошедшем времени;
- *непроверяемой* из-за субъективности подхода и неактуальности по отношению ко времени получения информации потребителем;

Такую ледовую карту следует относить в классу – *информационных ресурсов*.

Безусловно, такую карту можно с успехом использовать для научного анализа, *но она не соответствует возрастающим требованиям практики*.

Только автоматизированные технологии позволяют обрабатывать за достаточно короткое время огромные объемы спутниковой информации и обеспечить высокий уровень оперативности, минимизировать информационные потери при статистической обработке изображений.

Автоматизированные технологии подготовки ледовых карт

В Научном Фонде «Нансен-центр» (Санкт-Петербург, РФ) на протяжении почти 20 лет ведутся разработки автоматизированных методов обработки радиолокационных (всепогодных) изображений для получения ледовых карт, отражающих *распределение морского льда по возрастным категориям в соответствии с действующей Номенклатурой морского льда, но не в традиционном обобщенном виде, а построенных методом прямого картирования*, при котором в каждой итоговой точке ледовой карты содержится характеристика конкретного возраста морского льда.

Тематическая обработка данных дистанционного спутникового зондирования и анализ в Фонде «Нансен-центр» (Санкт-Петербург, РФ)

- Автоматические классификации ледяного покрова и построение ледовых карт
- Расчеты полей дрейфа - сжатий – разрежений морского льда

Методы тематической обработки радиолокационных изображений при описании и мониторинге ледового режима используются и развиваются в рамках разработанной в

Фонде «Нансен-центр» автоматизированной

Системы мониторинга и прогнозирования состояния морского ледяного покрова

Патент №2672531,

авторы: В.А. Волков, Э.Э.Казаков, Д.М. Демчев, приоритет от 17 мая 2017 г.

Базовые методы классификации морского льда, разработанные в Нансен-центре

1. Классификация «лёд-вода» *Sea ice – water classification:*

Алгоритм разделения зон
открытой воды и льда

- Метод нейронных сетей *Neural Network approach*
- Байесовский метод *Bayesian approach*
- Метод опорных векторов *Support Vector Machine*

Envisat
Radarsat-2
Sentinel-1

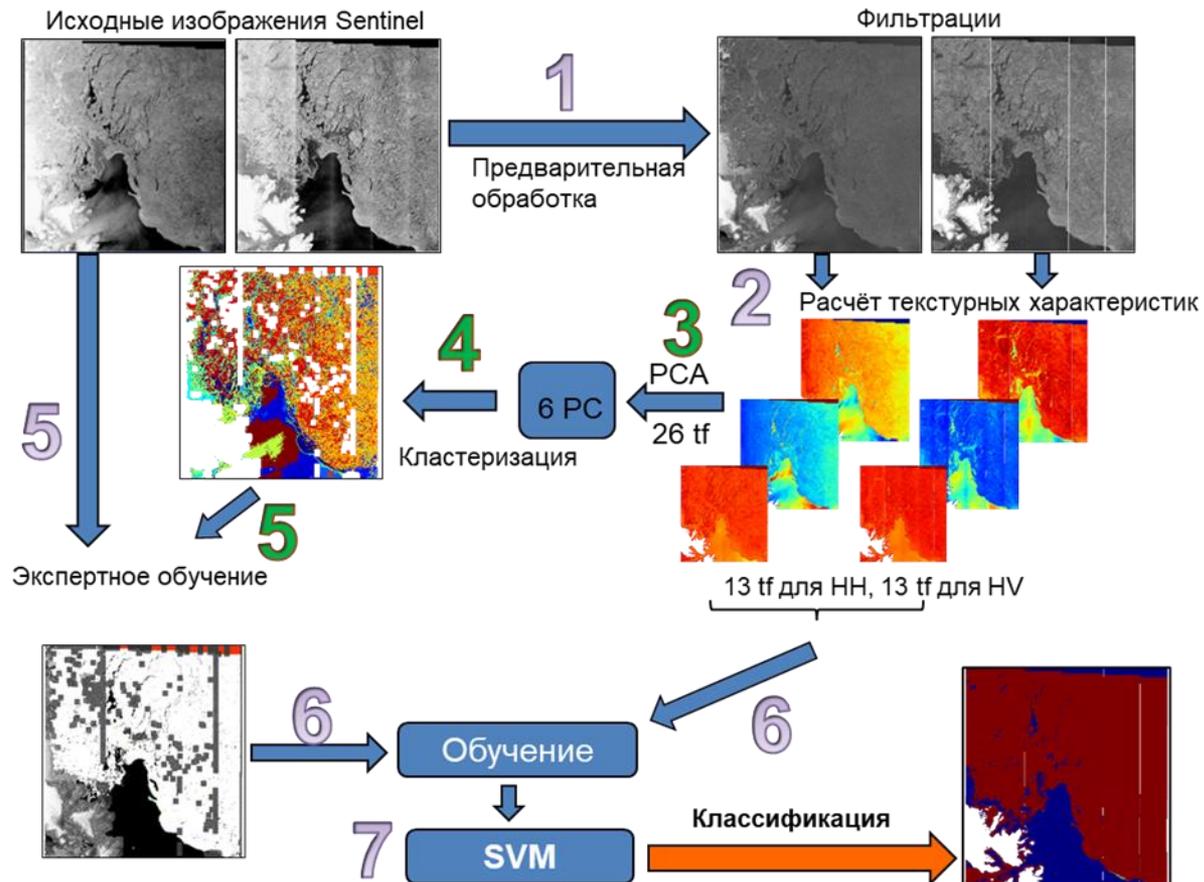
2. Классификация по типам льда *Sea ice type classification:*

Алгоритм восстановления
возрастных характеристик льда

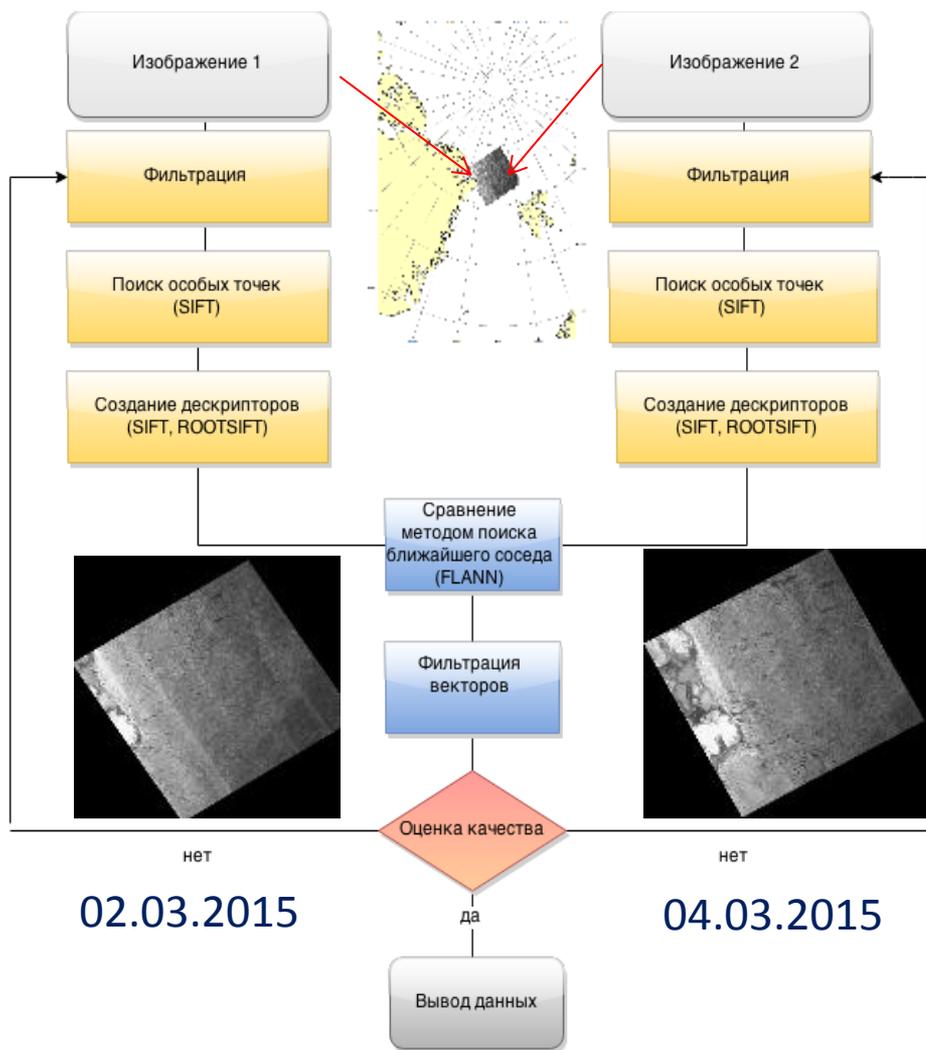
- Метод нейронных сетей *Neural Network approach*
- Байесовский метод *Bayesian approach*
- Метод опорных векторов *Support Vector Machine*

Envisat
Radarsat-2
Sentinel-1

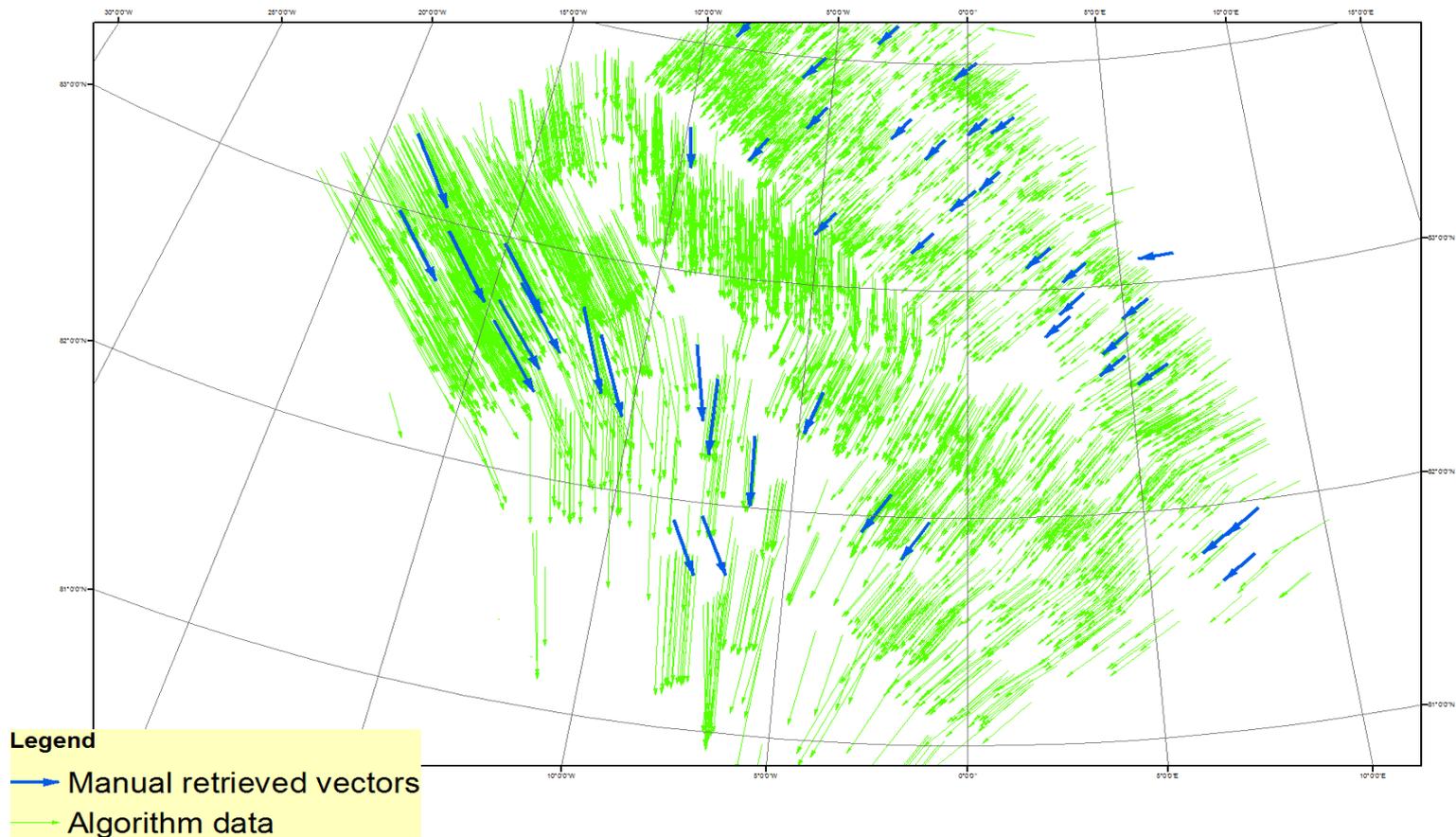
Принципиальная блок-схема классификации (SVM) морского льда



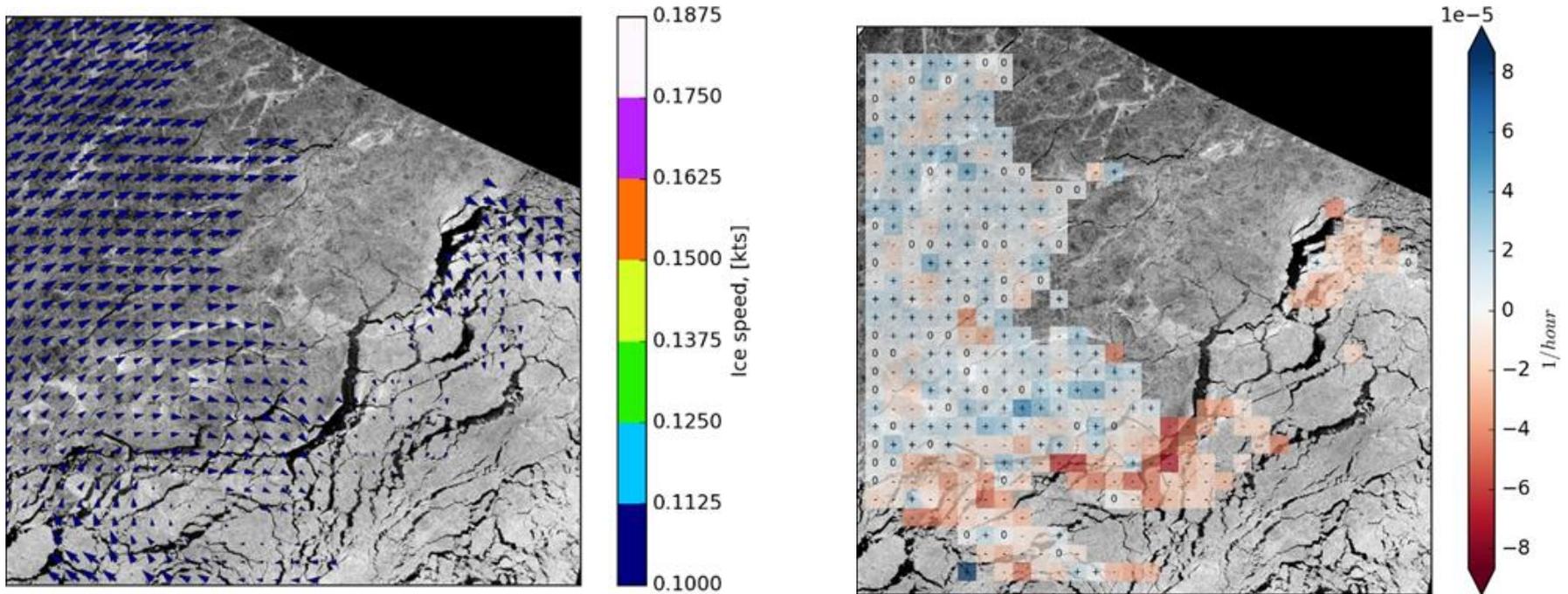
Блок-схема алгоритма расчёта полей дрейфа морского льда



Сопоставление расчетного поля дрейфа (зелёные стрелки), и векторов полученных вручную (стрелки синего цвета)



Расчет полей дрейфа (Дрейф и деформации, пример)



Sentinel-1A, 25 – 28 апреля 2017, Карское море

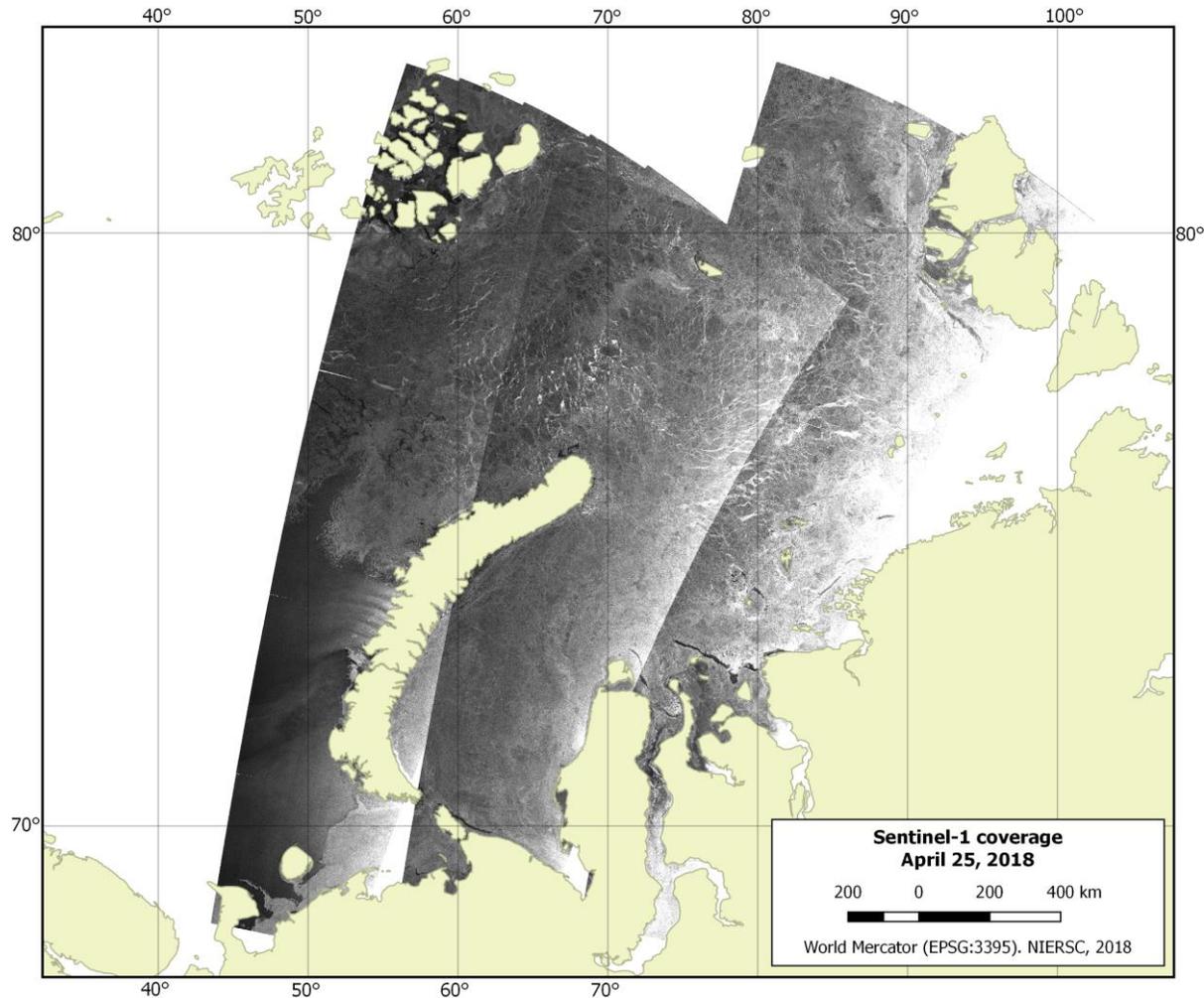
Мониторинг ледовых условий

(Примеры ледовых карт, © Фонд «Нансен – центр»)

1. Исходная информация – радиолокационное изображение высокого разрешения *(спутник, лоцатор на авиационном носителе и пр.)*.
2. Автоматизированная обработка. *Карта содержит около 1,6 млн информативных точек (!) для каждого снимка Sentinel широкого покрытия 400x400 км.*
3. *В соответствии с требованиями Номенклатуры морских льдов, 1974; Международной символики для морских ледовых карт, 1984 . 8 классов льда.*
Возможность расширения параметров описания.
4. Картографический продукт *(любые форматы)*, карта «прямого» картирования .
5. Высокое разрешение – зависит только от разрешения исходного изображения *(увеличение шага сетки приблизительно в 6-7 раз, для данных Sentinel 1 – разрешение составляет около 300 м.)*
6. Временная дискретность от 1 суток и менее *(зависит только от возможностей поставки исходных изображений)*.
7. Актуальность. Минимальное время подготовки карт *(зависит только от мощности компьютера и возможностей средств связи)*. Карты – «проверяемые».
8. Карты по сути являются *навигационными и оперативными*.
9. Могут использоваться в системах прогнозирования *(ассимиляция, Патент)*.

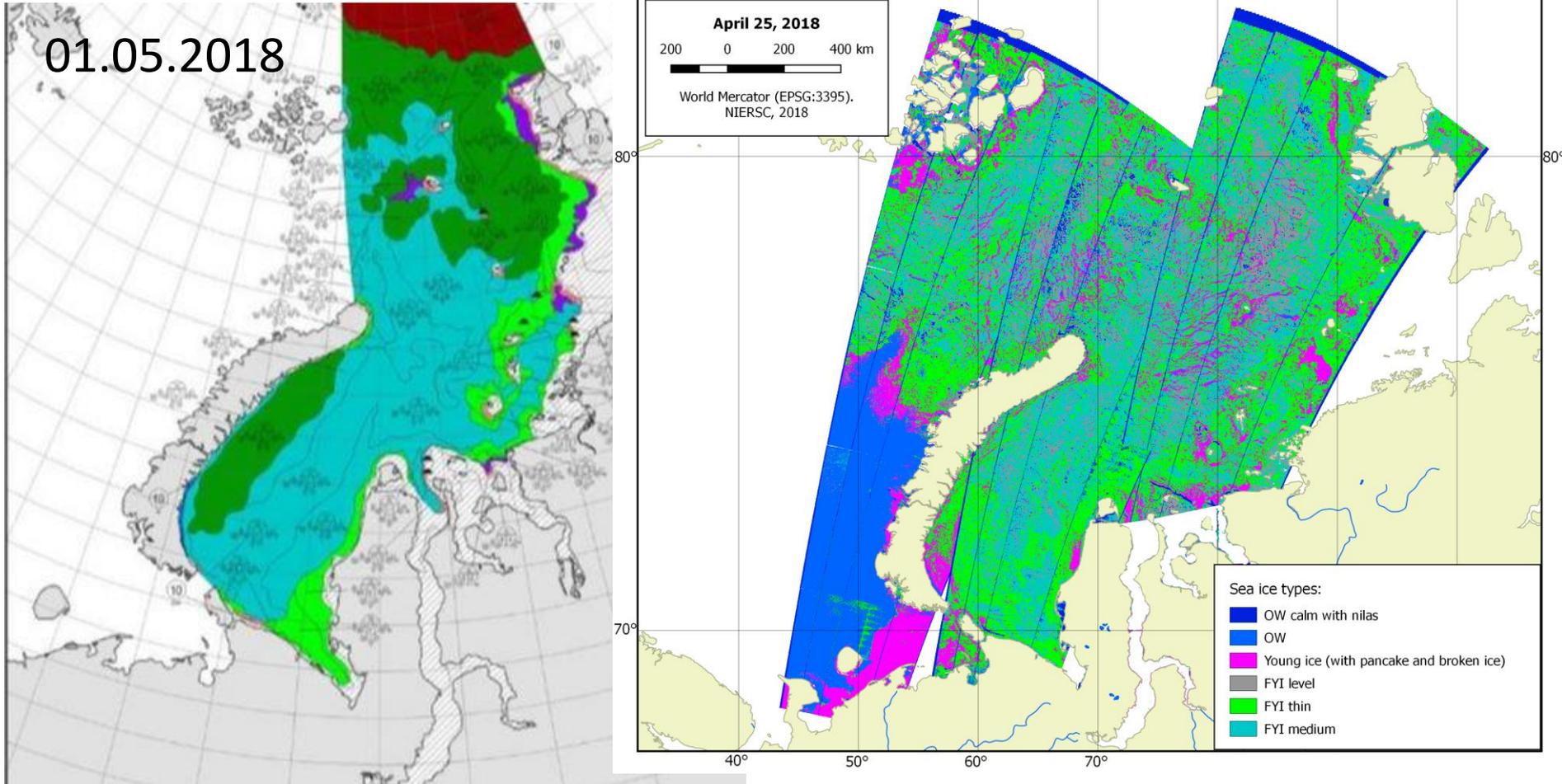
Мозаика спутниковых изображений

Карского и в северо-восточной части Баренцева моря,
25 апреля 2018 г.

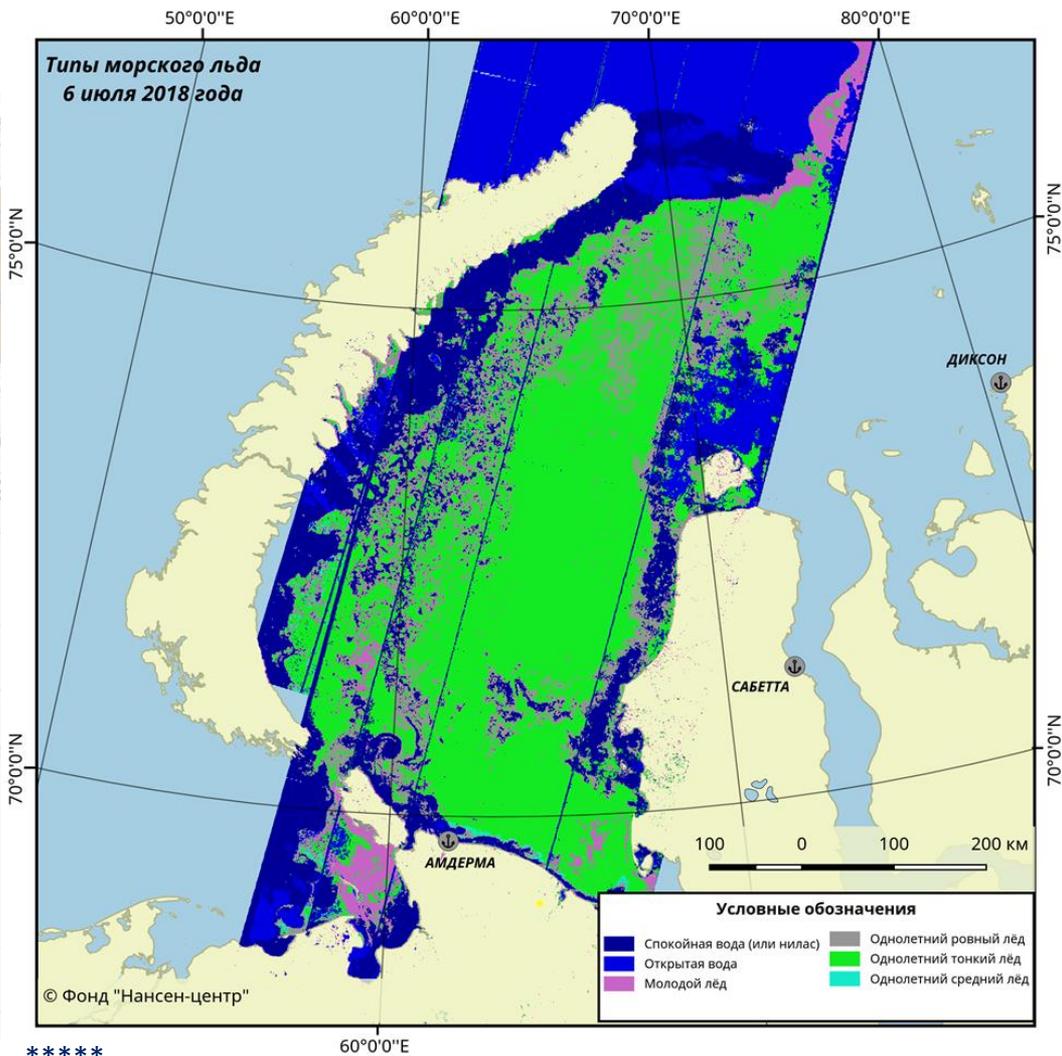
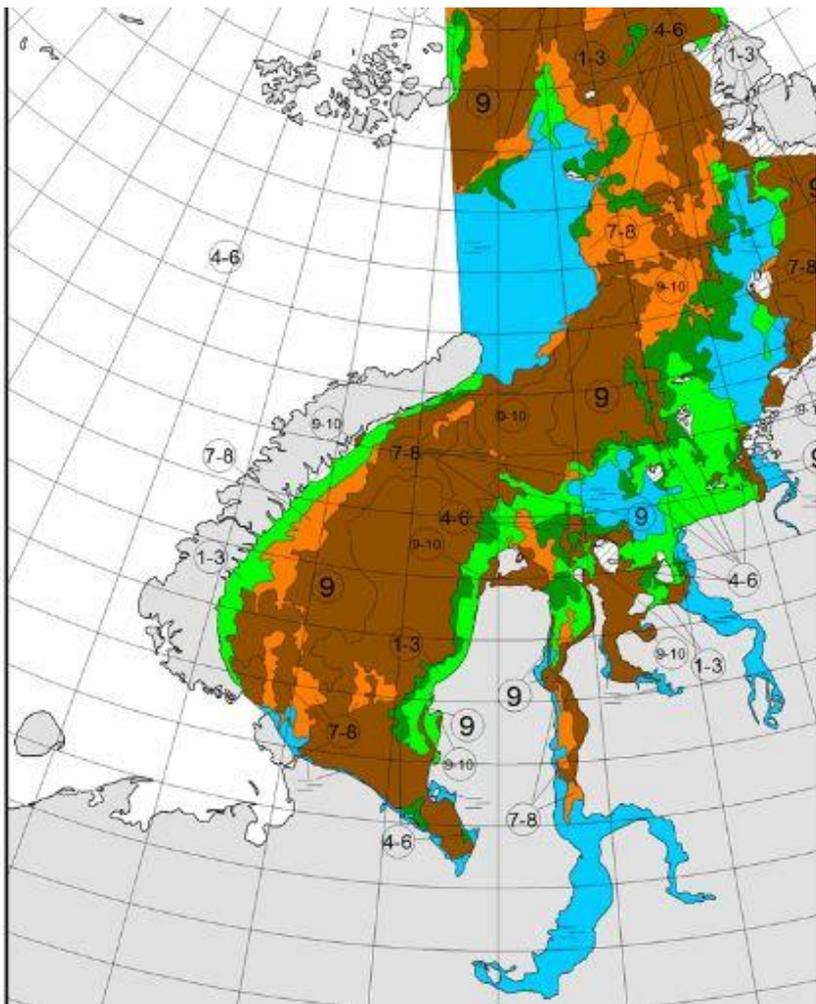


12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»
г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

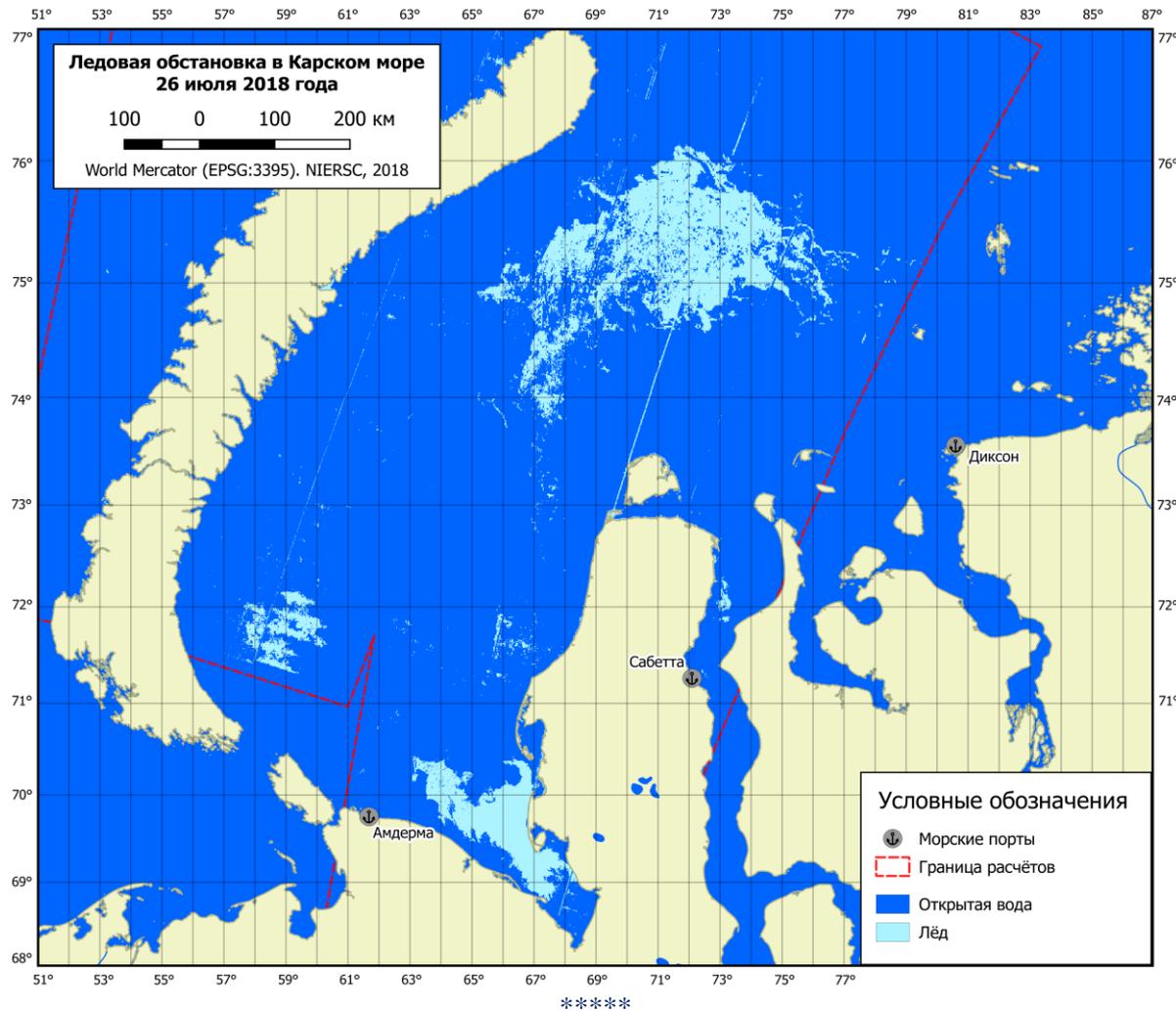
Распределение льда в Карском море и в северо-восточной части Баренцева моря, 25 апреля 2018 г.



Распределение льда в Карском море в начале июля 2018 г.- лето (по данным ААНИИ и Нансен-центра)

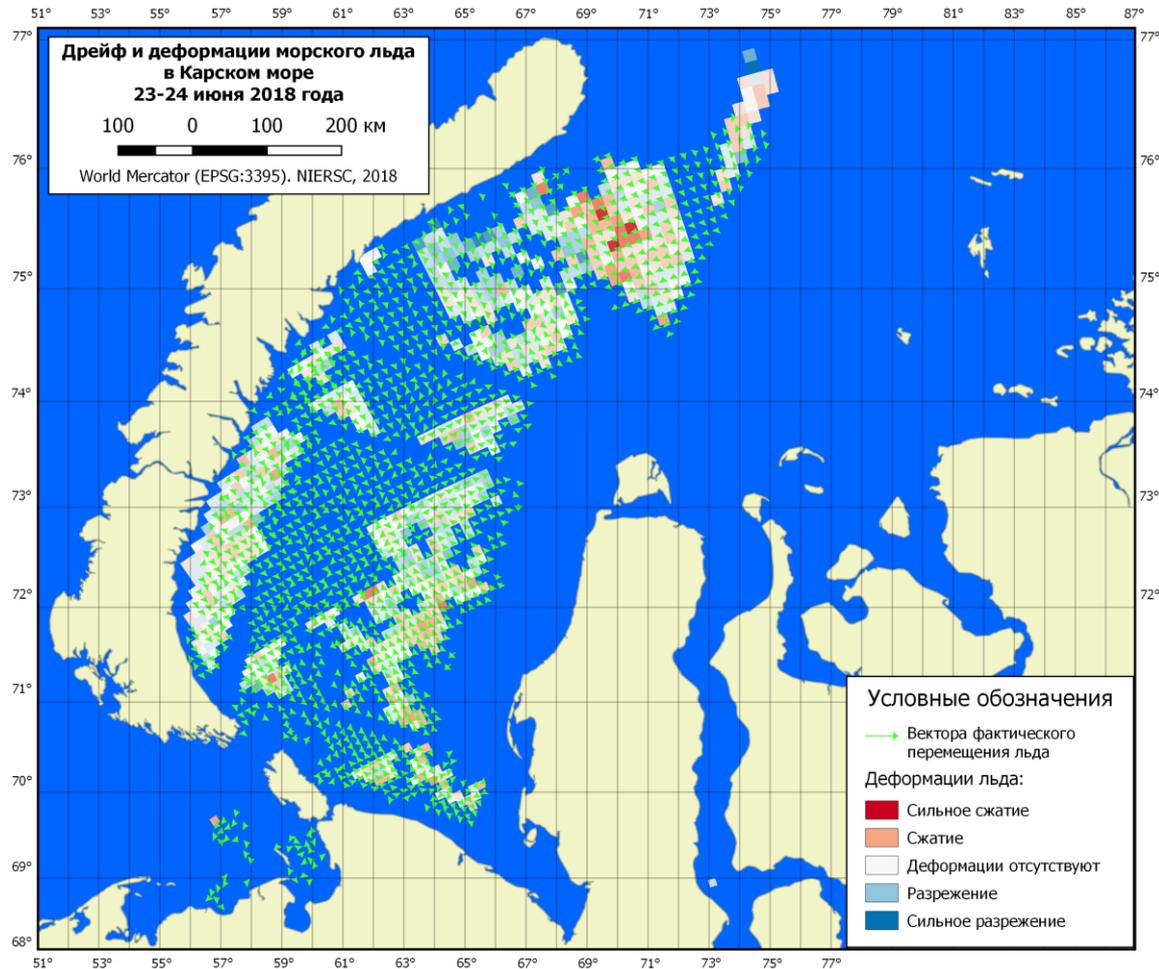


Распределение льда в юго-западной части Карского моря, 26 июля 2018 г. (завершающая стадия освобождения моря ото льда)



Ледовая карта.

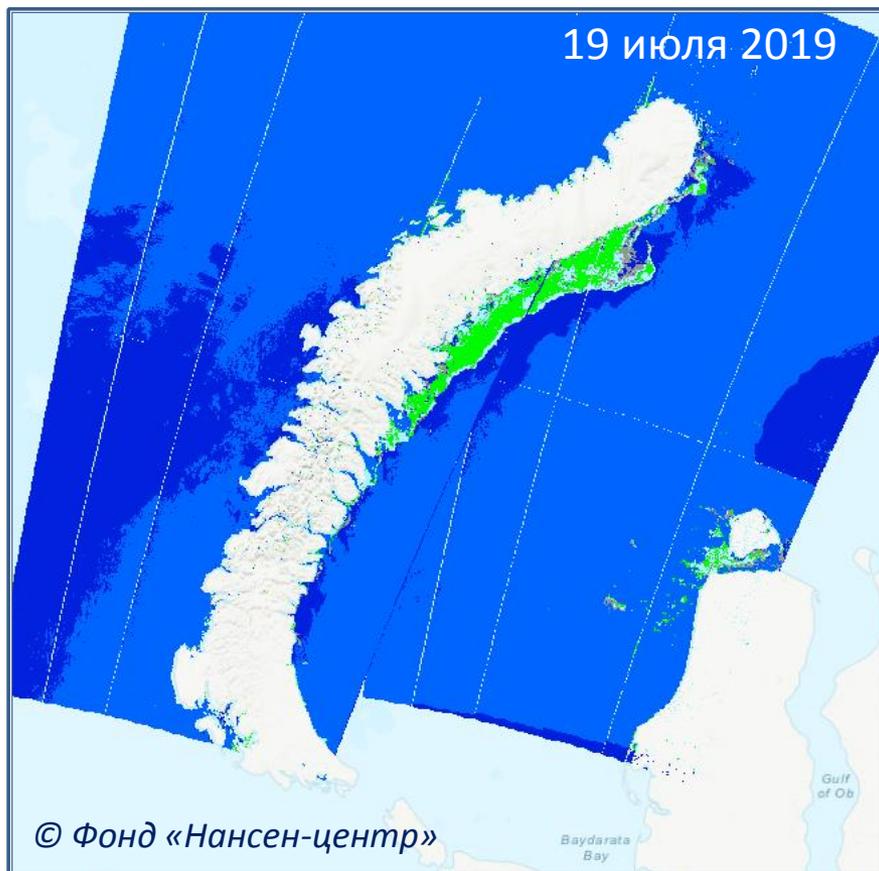
Поле сжатий и разрежений юго-западной части Карского моря,
24 июля 2018 г.



12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»
г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

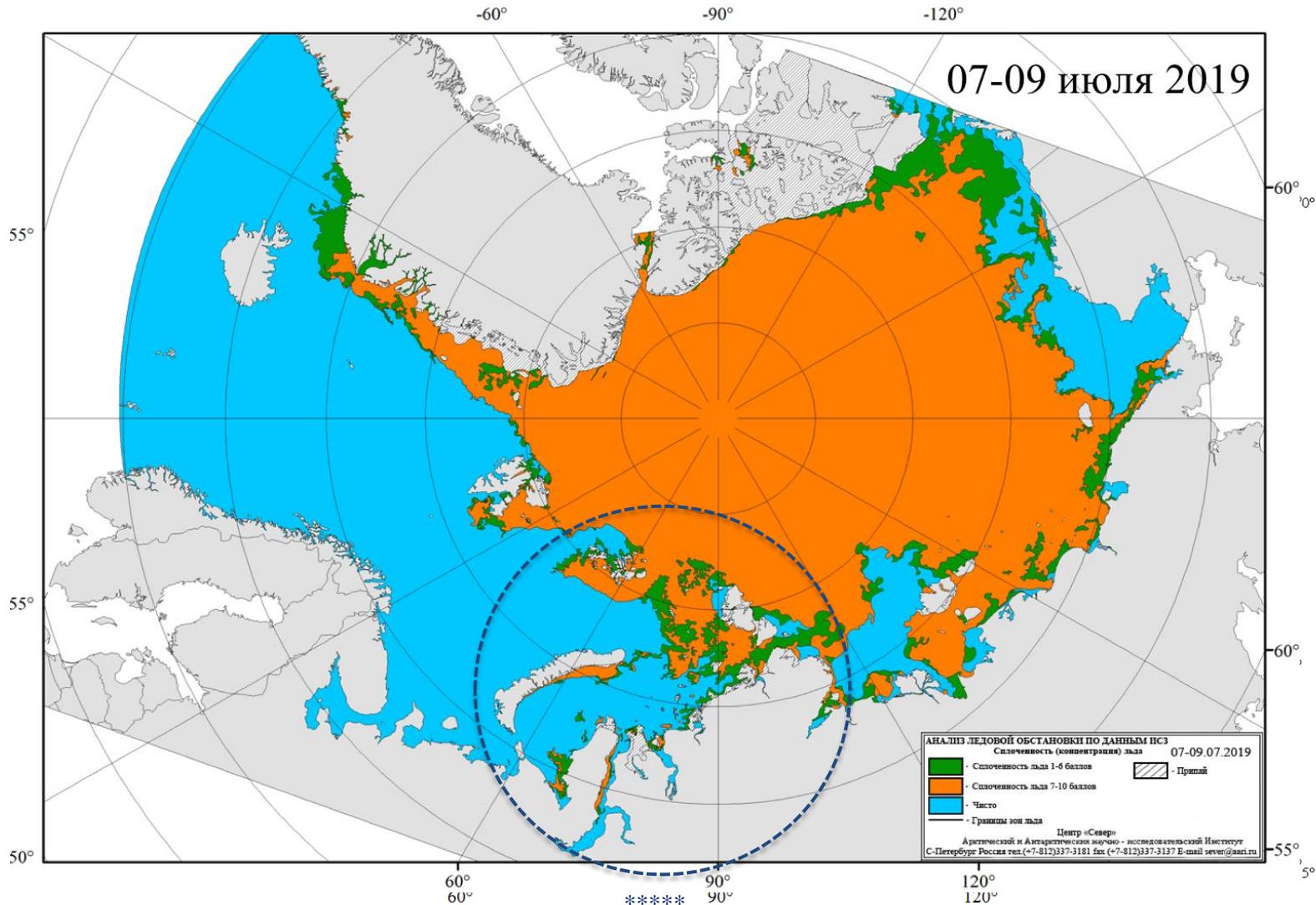
Изменение ледовых условий

19 – 20 - 21 июля 2019 г.



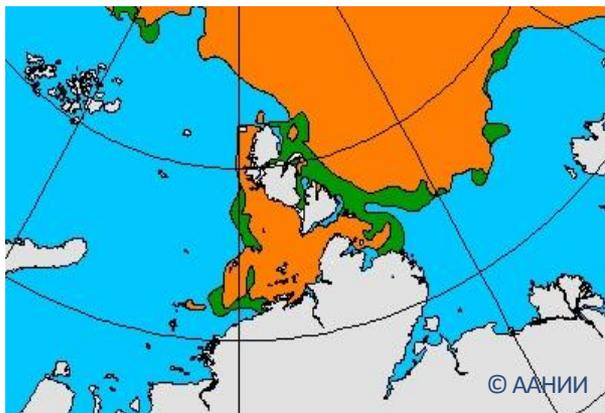
12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»
г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

Состояние ледяного Карского моря в первой декаде июля в разные годы

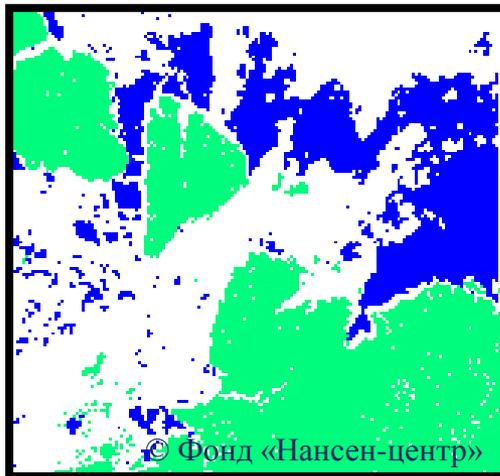


Комплексный анализ ледовых условий

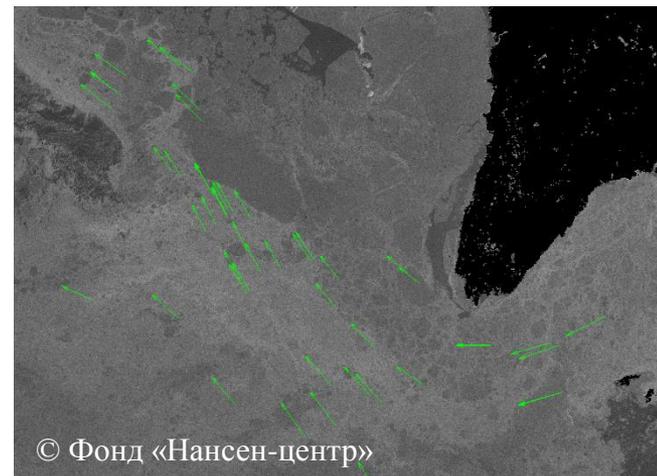
Пролив Бориса Вилькицкого, 20 августа 2013 г.



Ледовые условия



Результат автоматической классификации («лед-вода»)



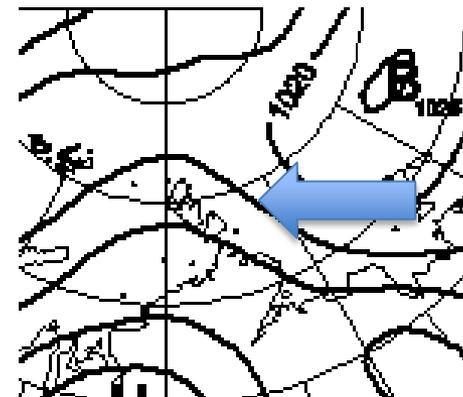
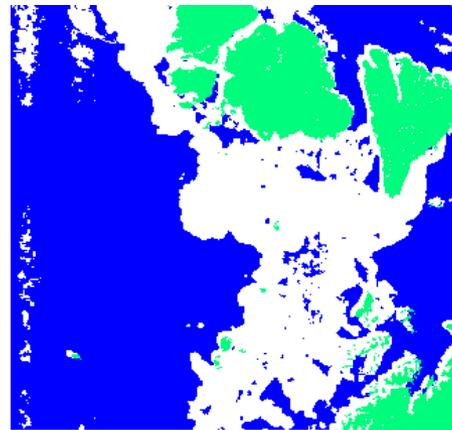
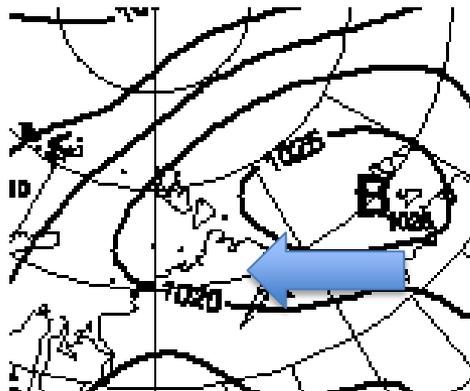
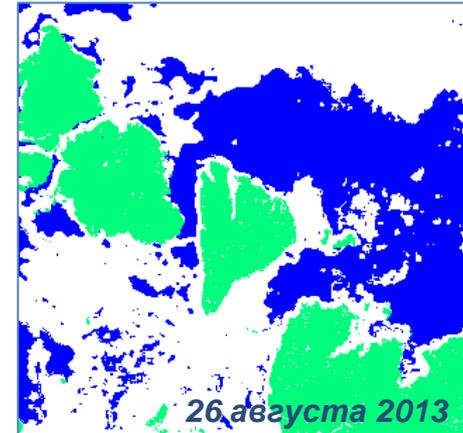
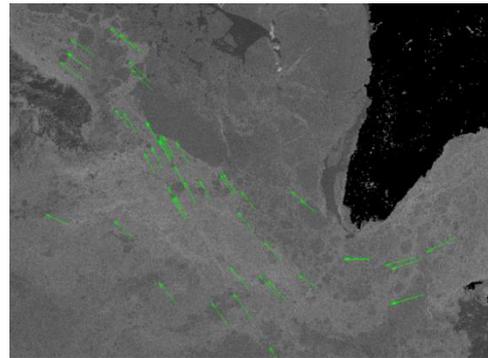
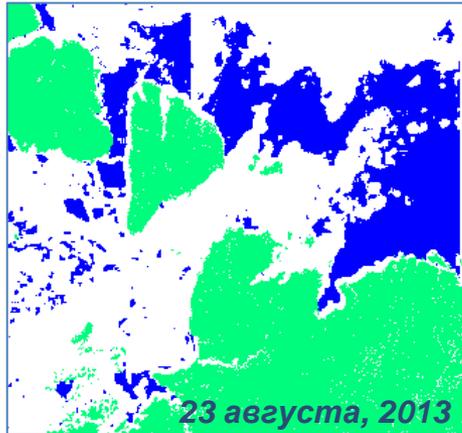
Расчет поля дрейфа

12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»

г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

Синоптические и ледовые условия, и поля дрейфа во время плавания экспедиционного судна «Михаил Сомов» в августе 2013 г.

23-26 августа 2013

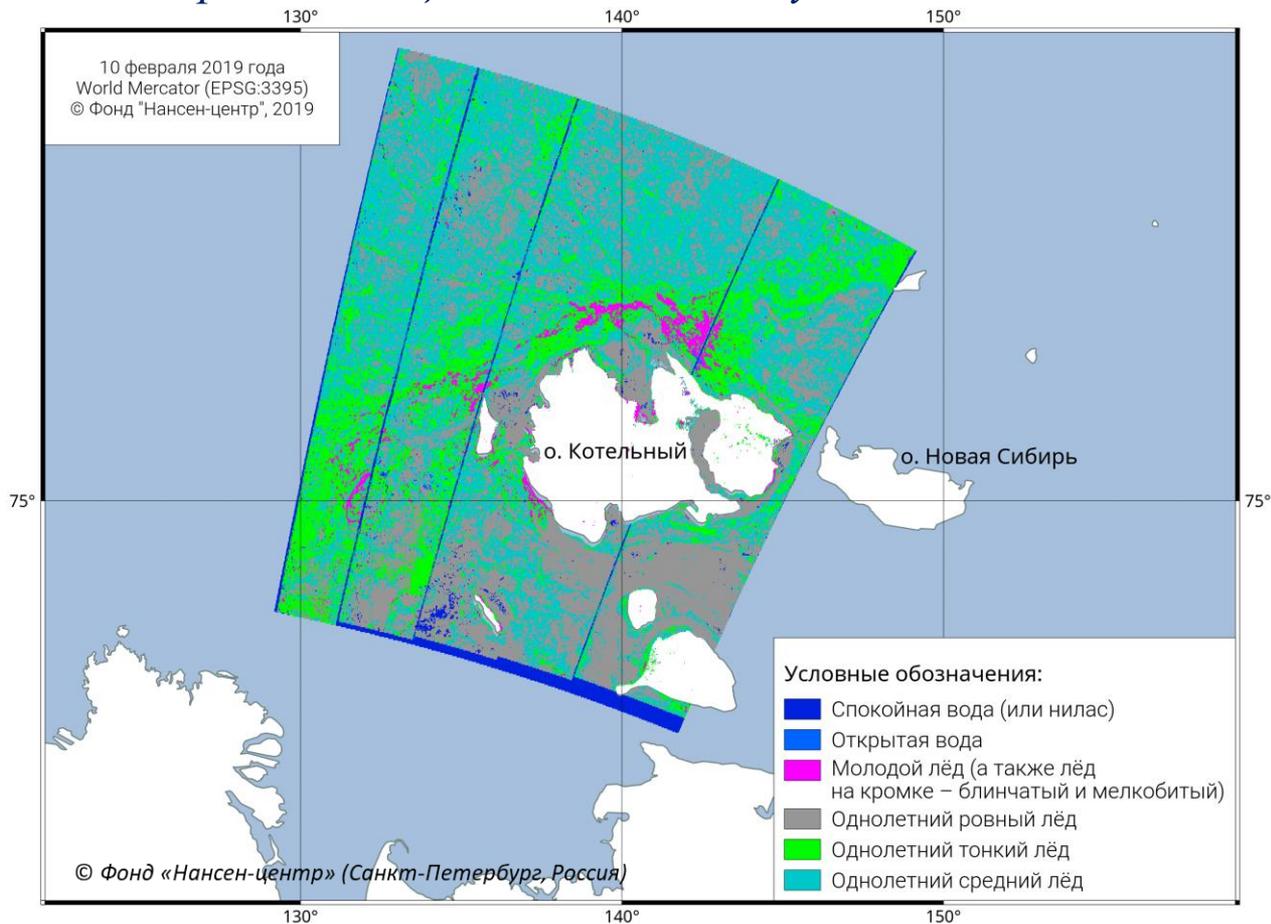


Ледовая карта

Море Лаптевых, район о. Котельный

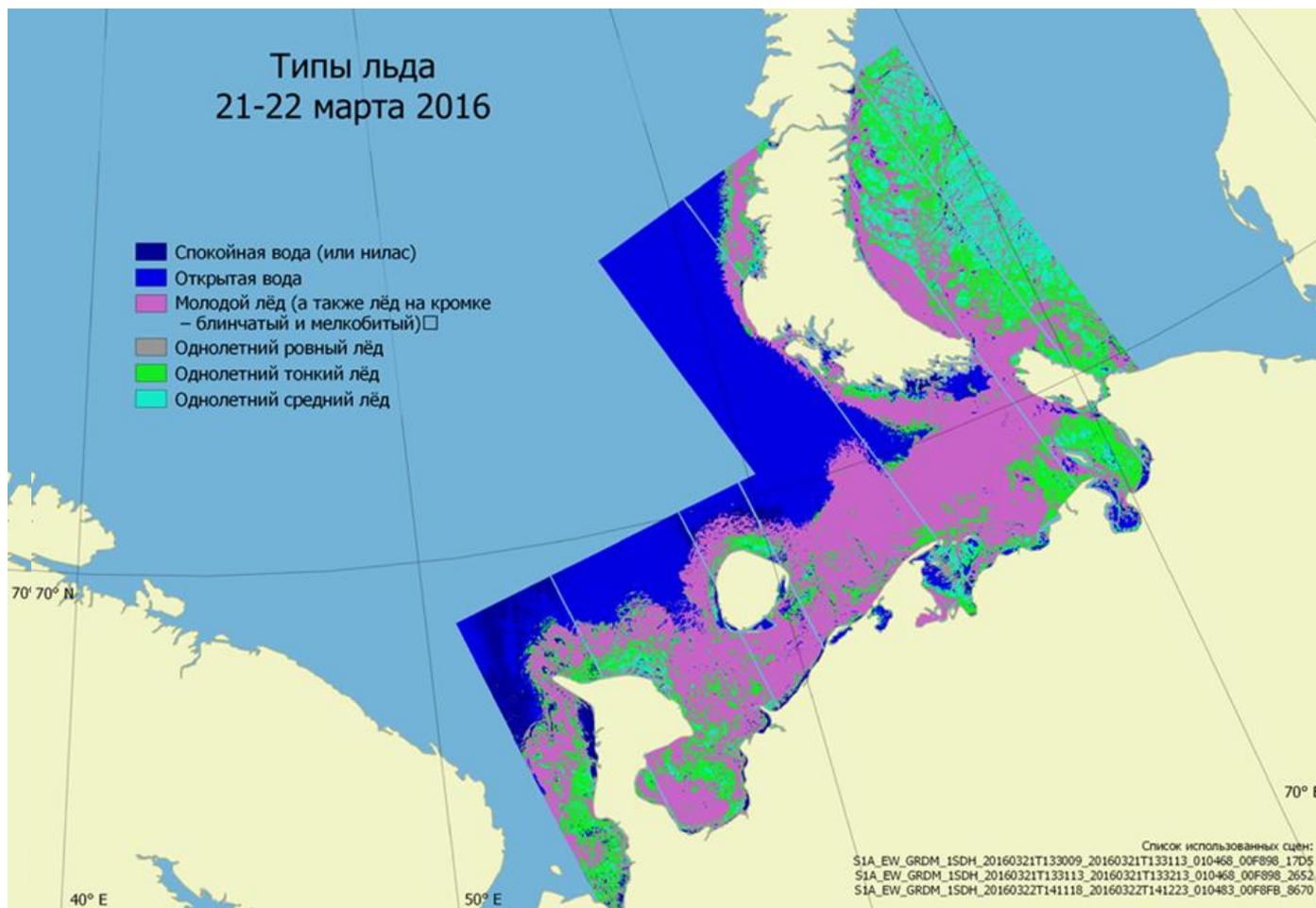
10 февраля 2019 г.

(На основе данных радиолокационной съемки спутника Sentinel 1A, алгоритм НЦ)



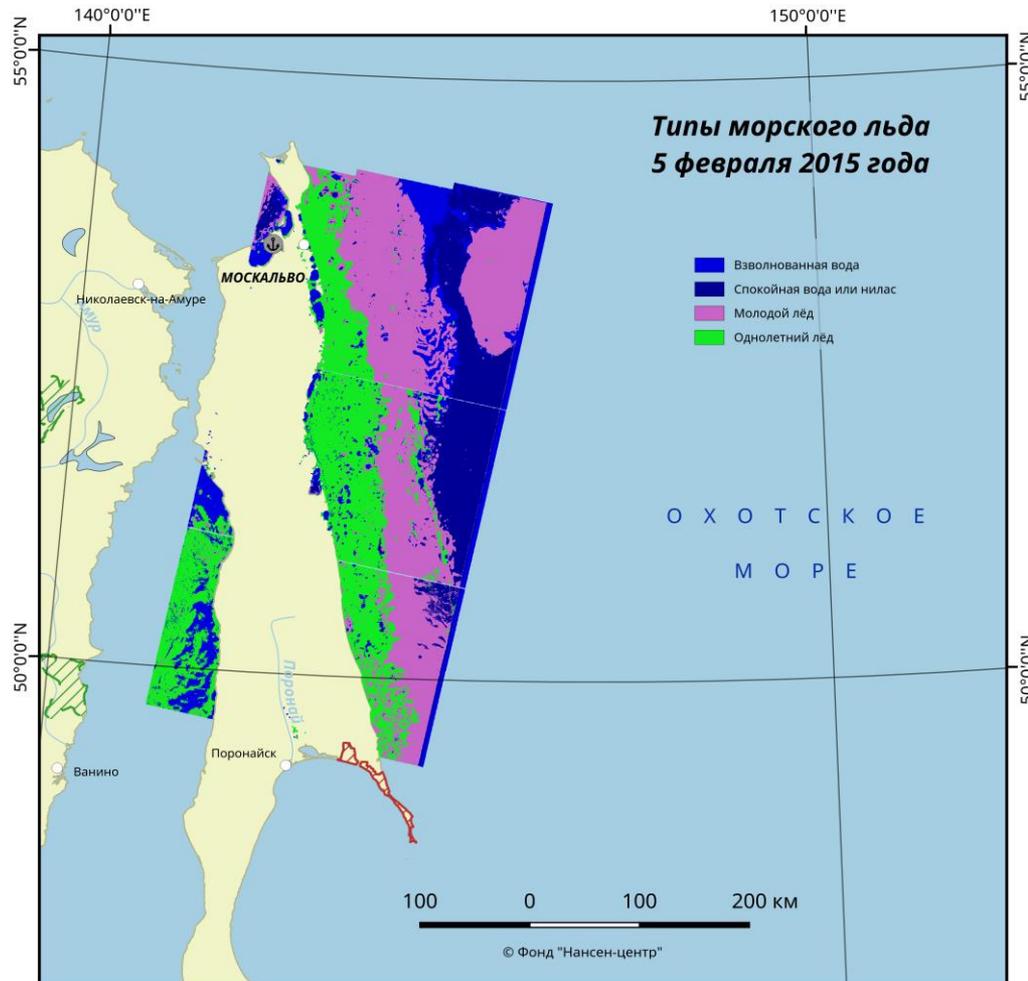
Ледовая карта.

Печорское море



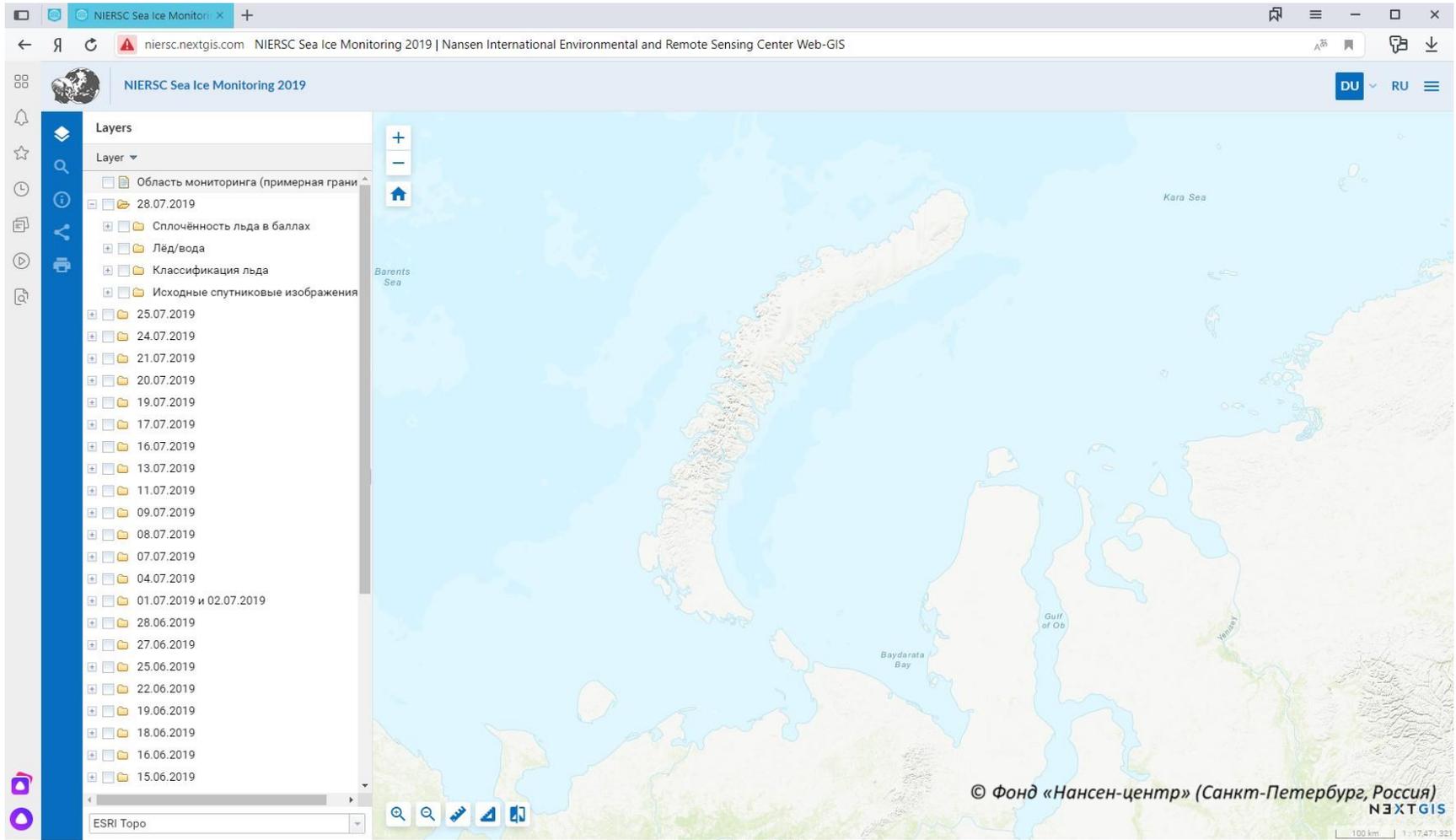
Ледовая карта.

Охотское море



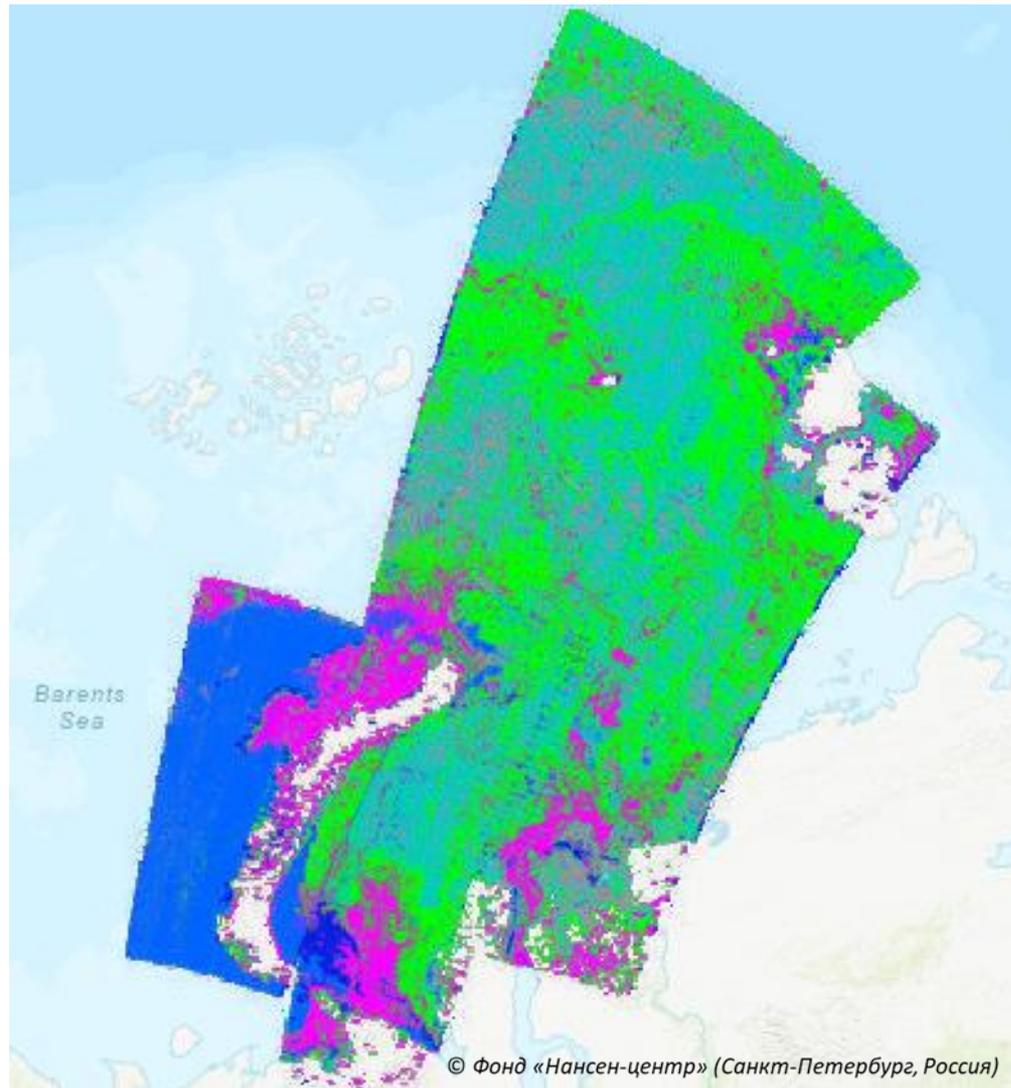
12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»
г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

«Система мониторинга и прогнозирования состояния морского ледяного покрова» Web-GIS Фонд «Нансен-центр», Санкт-Петербург



Ледовые условия в Карском море

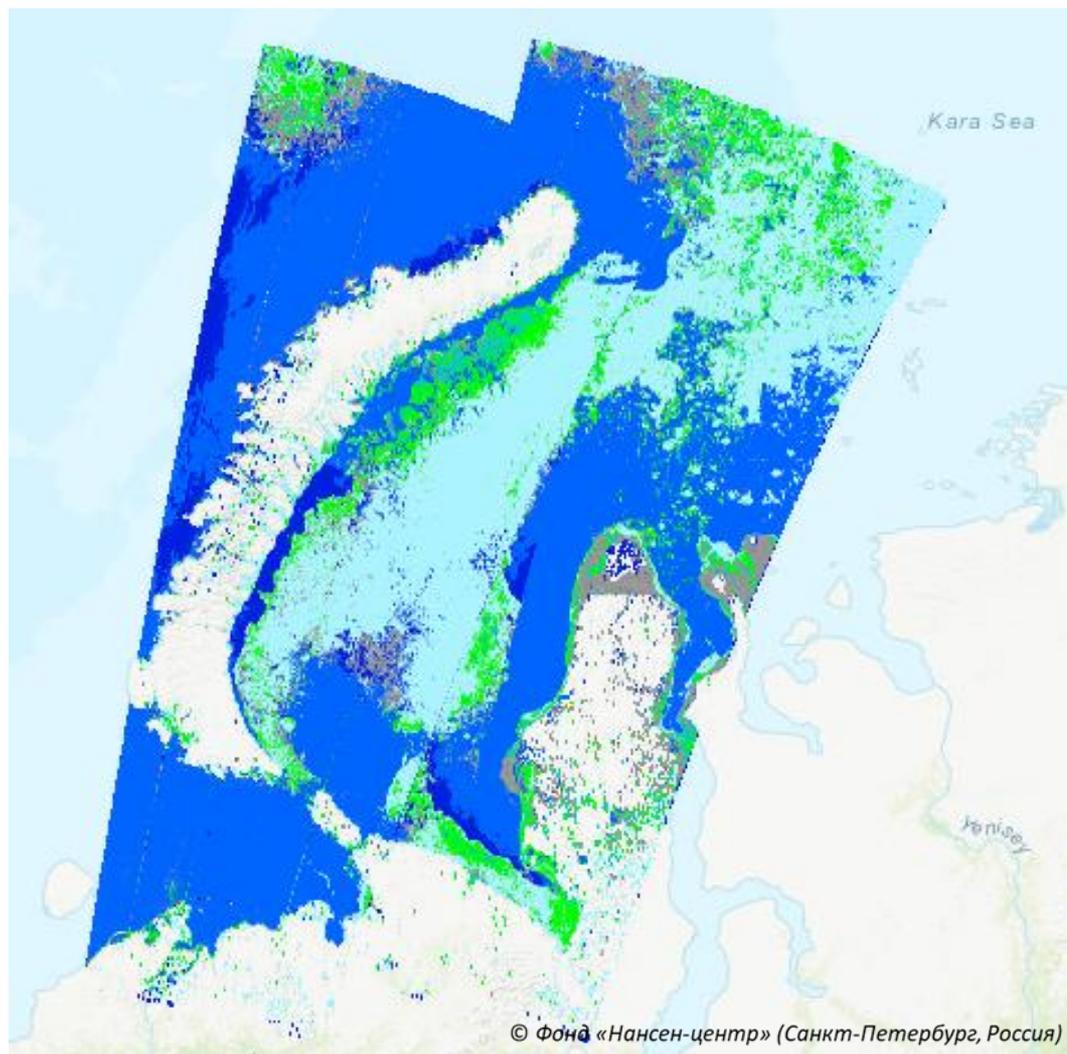
8 апреля 2019



12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»
г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

Ледовые условия в Карском море

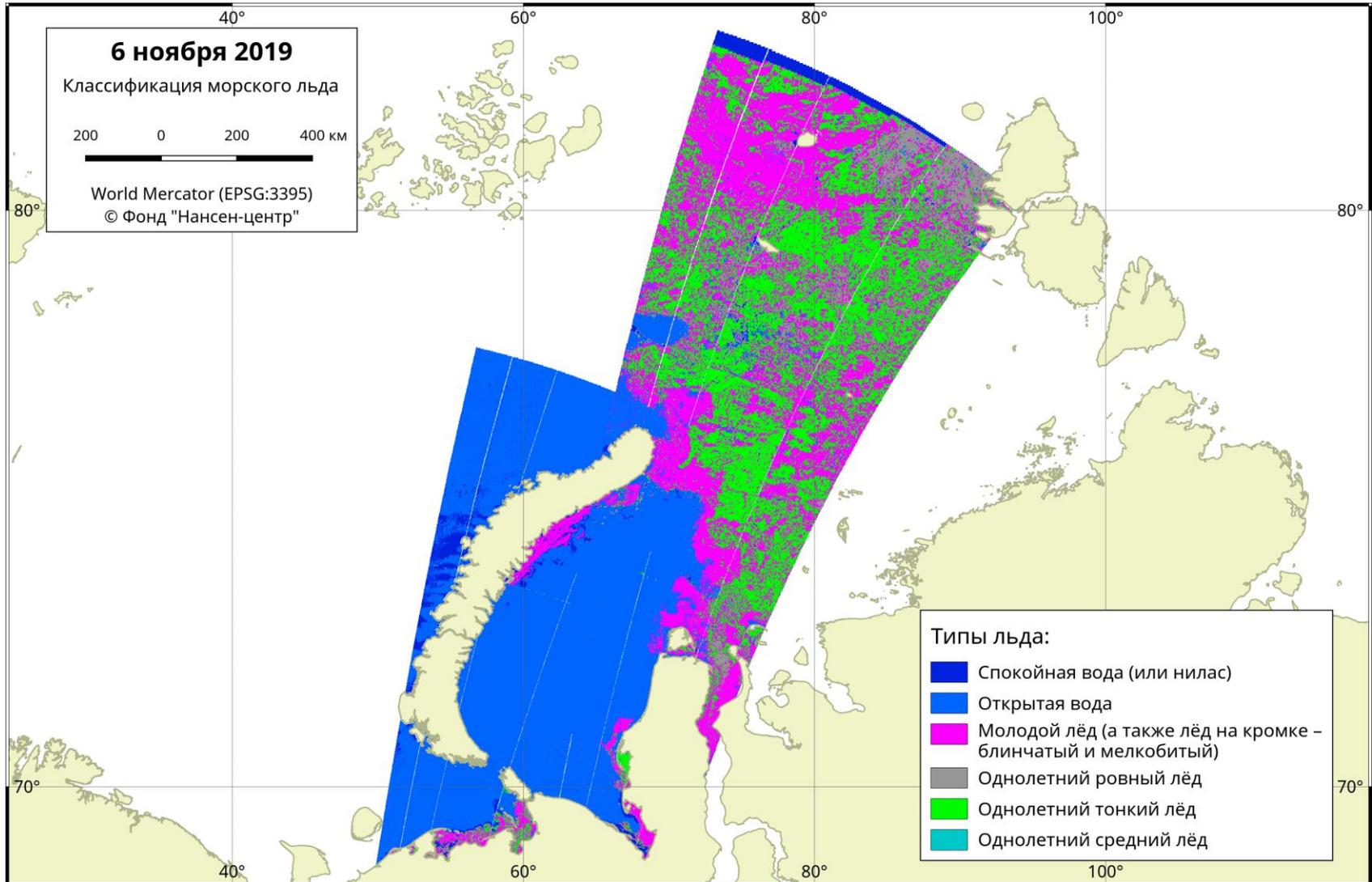
16 июня 2019



12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»
г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года

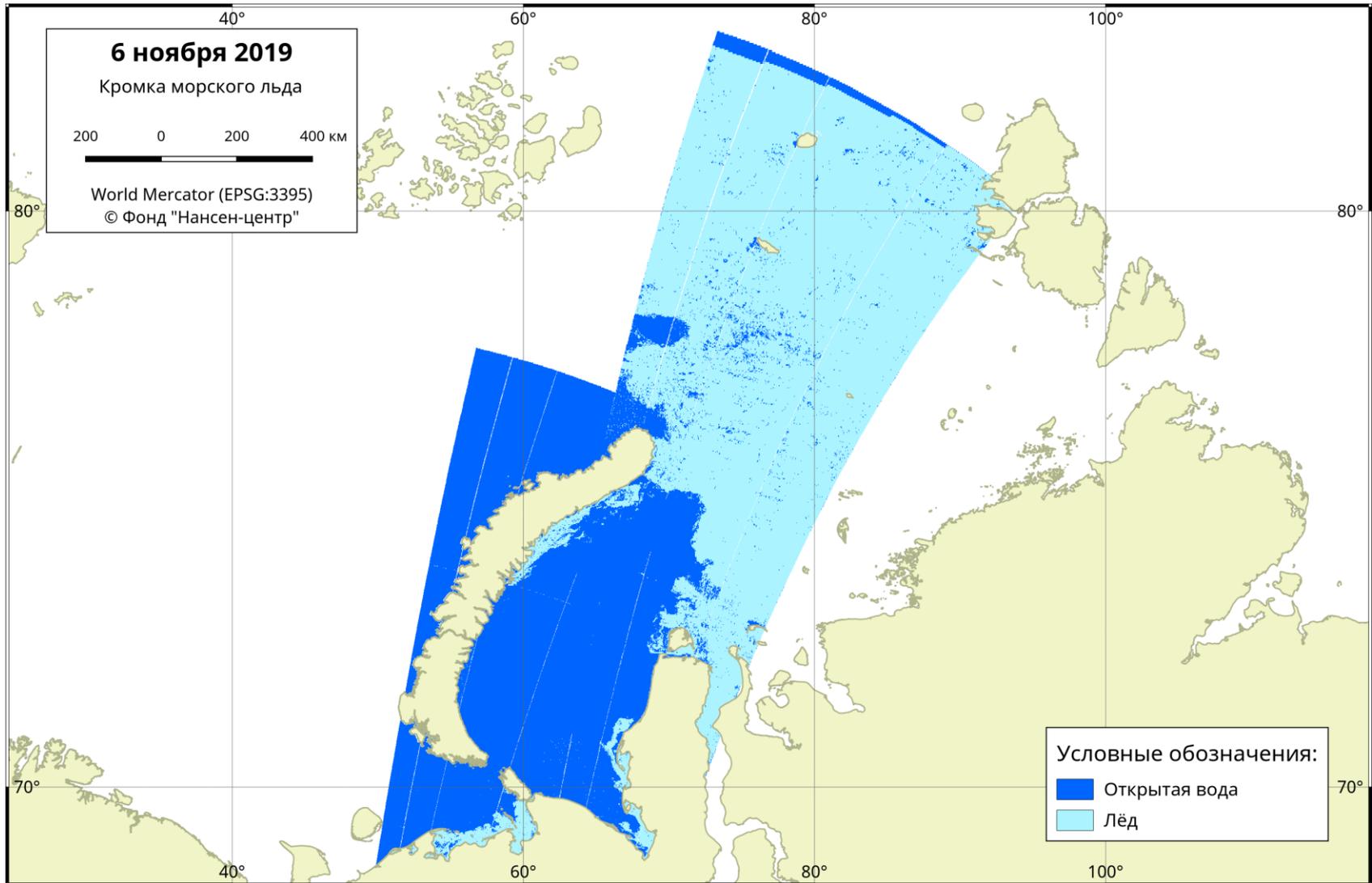
Ледовые условия в Карском море

6 ноября 2019



Ледовые условия в Карском море

6 ноября 2019



12-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»

г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года



Благодарю за внимание!

2-я международная конференция «Освоение арктического шельфа: шаг за шагом»
г. Мурманск, 13-14 ноября 2019 года