



Арктический и антарктический
научно-исследовательский институт



Применение данных судового телевизионного метеорологического комплекса (СТМК) в оперативном гидрометеорологическом обеспечении судоходства в Арктике

Е. В. Афанасьева, С. С. Сероветников, Т. А. Алексеева

Отдел ледового режима и прогнозов

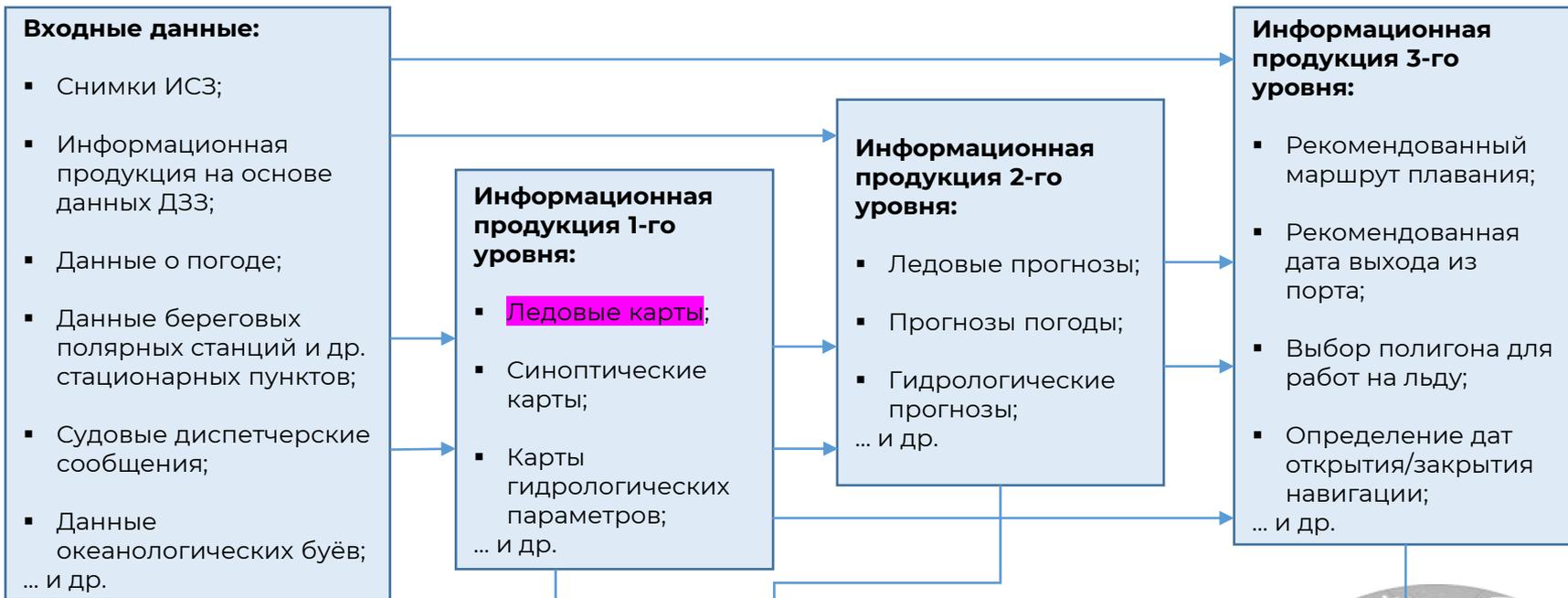
Лаборатория изучения ледового плавания

E-mail: afanasieva@aari.ru

21.09.2022 | ИКИ РАН | Москва



Схема системы специализированного гидрометеорологического обеспечения (СГМО)

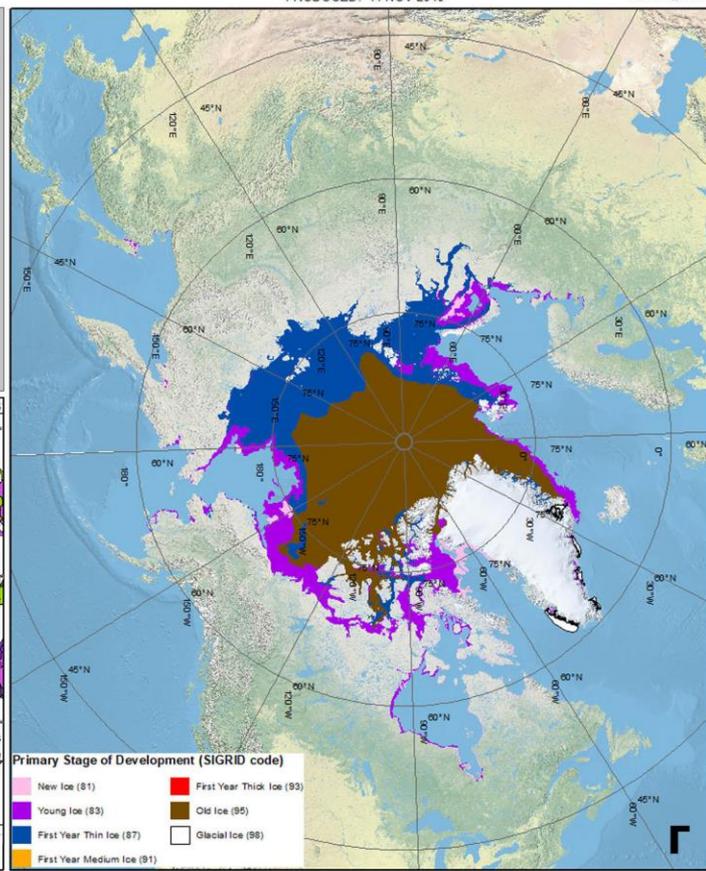
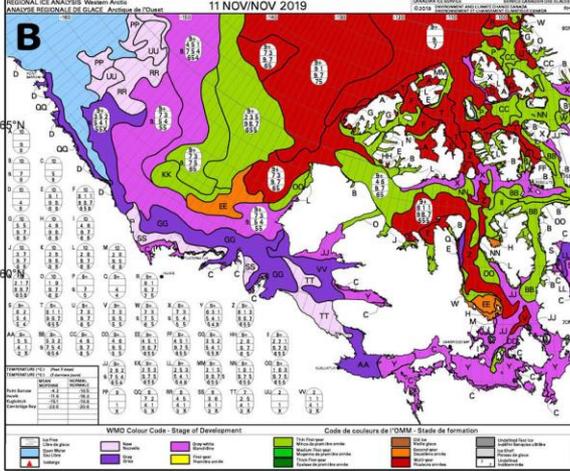
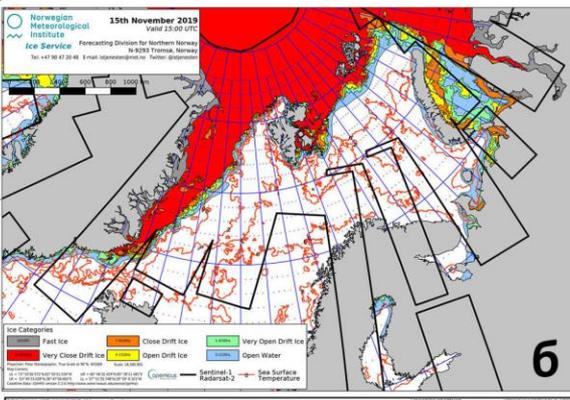
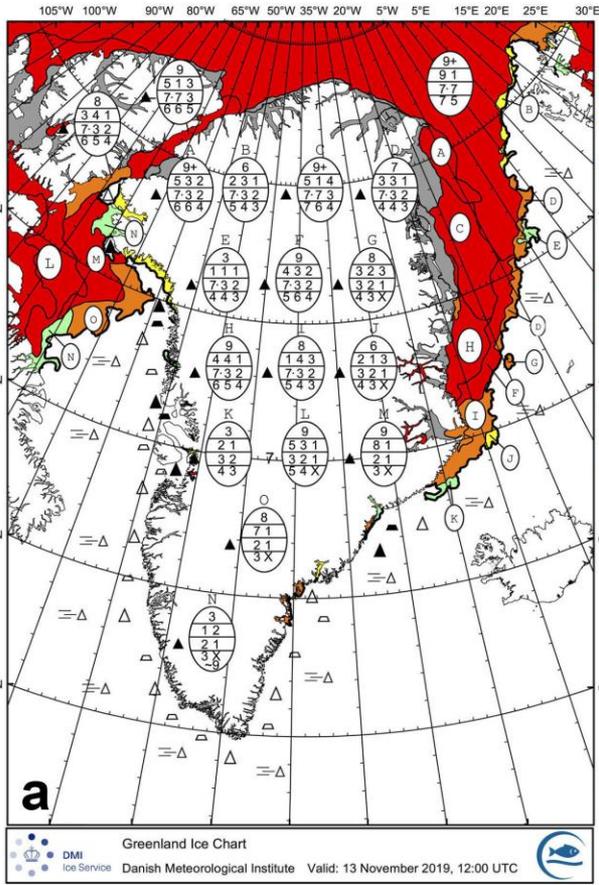




Применение данных СТМК в оперативном гидро-метеорологическом обеспечении судоходства в Арктике



U. S. NATIONAL ICE CENTER ARCTIC PRIMARY STAGE OF DEVELOPMENT PRODUCED: 14 NOV 2019



Примеры ледовых карт иностранных ледовых служб.

а – Датский метеорологический институт (DMI), б – Норвежский метеорологический институт (MET.NO), в – Канадская ледовая служба (CIS), г – Национальный ледовый центр США (US NIC)

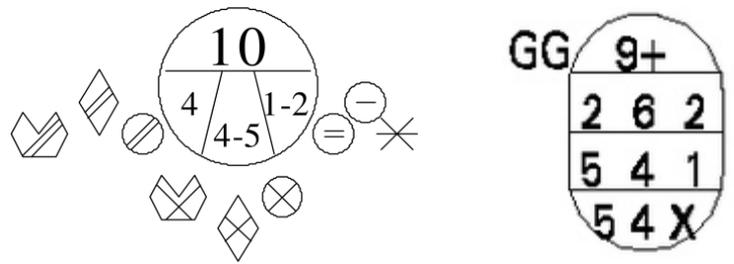


Обозначение характеристик льда на российских и зарубежных ледовых картах

Тип морского льда	Толщина, см	Российская символика		Международная символика	
		Цвет	Графич. символ	Цвет	Код
Начальные виды льда	-				1
Блинчатый лёд	5-15				-
Нилас					
Тёмный нилас	<5				2
Светлый нилас	5-10				2
Молодой лёд					
Молодой лёд	10-30				3
Серый лёд	10-15				4
Серо-белый лёд	15-30				5
Однолетний лёд					
Однолетний лёд	>30				6
Однолет. тонкий лёд	30-70				7
Однолет. средний лёд	70-120				1.
Однолет. толстый лёд	>120				4.
Старый лёд					
Остаточный лёд	-				-
Старый лёд	-				7.
Двухлетний лёд	-				8.
Многолетний лёд (Пак)	-				9.
Припай					
Припай					-

Форма льда	Горизонтальные размеры	Российская символика	Международная символика
Блинчатый лёд			-
Тёртый лёд, ледяная каша	<2 м		1
Мелкобитый лёд	<20 м		2
Крупнобитый лёд	20-100 м		3
Обломки ледяных полей	100-500 м		4
Большие ледяные поля	500-2000 м		5
Обширные ледяные поля	2-10 км		6
Гигантские ледяные поля	>10 км		7
Припай	-		8
Айсберги Гроулеры Несяки	-		9

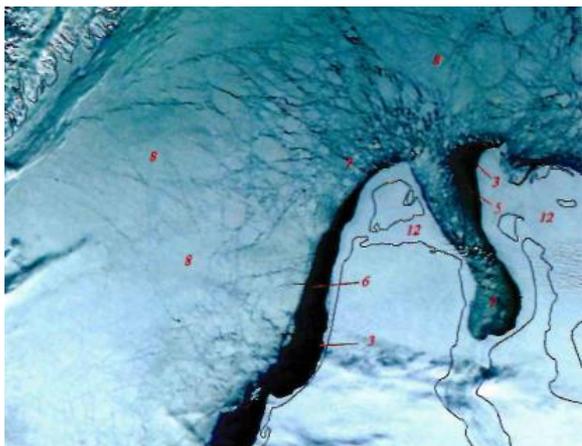
Обозначение форм дрейфующего льда



Обозначение возраста дрейфующих льдов и формы неподвижного льда (припай)



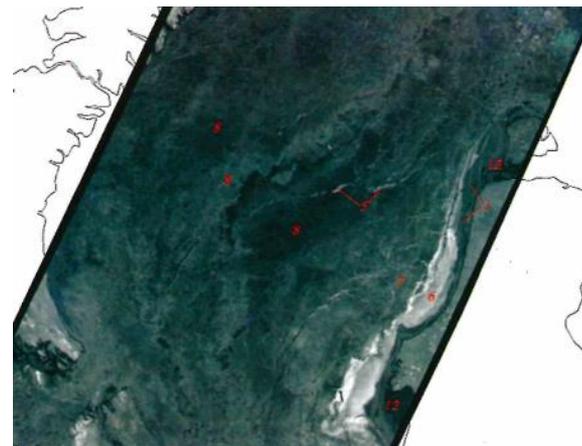
Процесс создания ледовой карты



Изображение ИСЗ Terra (MODIS) в видимом диапазоне, 04.04.2009



Изображение ИСЗ NOAA (AVHRR) в тепловом ИК диапазоне, 04.04.2009



Радиолокационное изображение ИСЗ ENVISAT, 04.04.2009

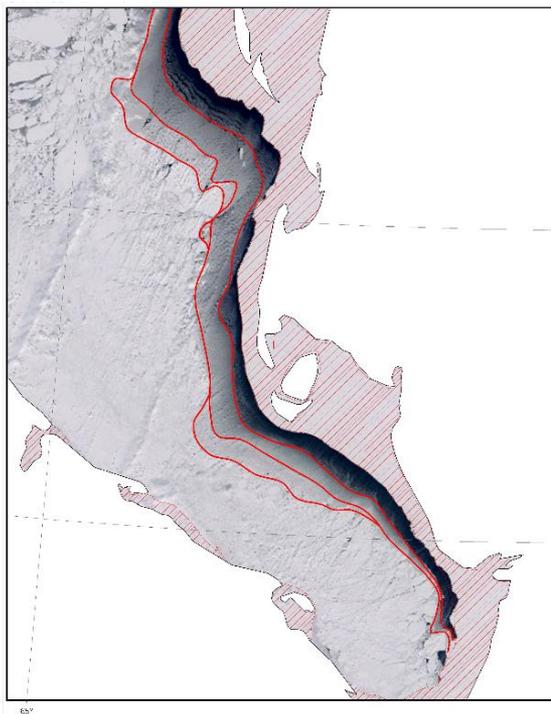
Взято из [Спутниковые методы определения характеристик ледяного покрова морей / Под ред. Смирнова В. Г. СПб: АНИИ, 2011. 240 с.]

3 – нилас, **5** – серый лёд в каналах, **6** – серо-белый лёд, **7** – однолетний тонкий лёд, **8** – однолетний средний лёд, **12** – припай

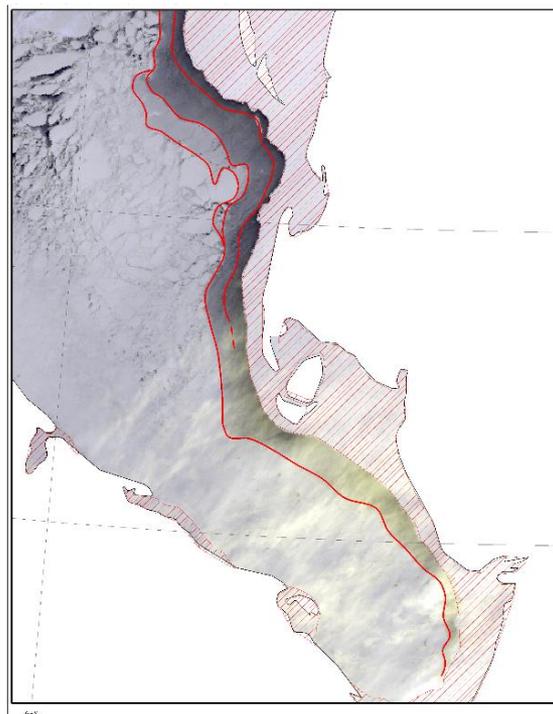
Все виды спутниковых данных анализируются в комплексе, т.к. отражают разные характеристики ледяного покрова и взаимодополняют друг друга



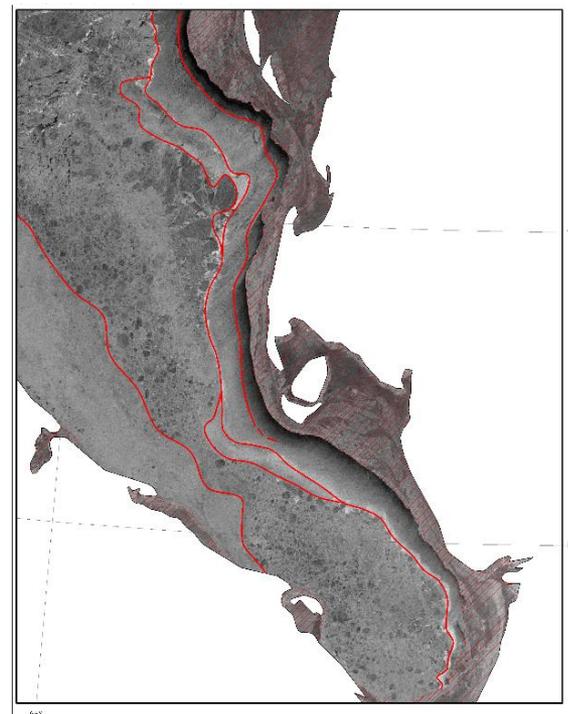
Процесс создания ледовой карты



Изображение ИСЗ Terra (MODIS) в видимом диапазоне, 16.04.2019



Изображение ИСЗ Suomi-NPP (VIIRS) в тепловом ИК диапазоне, 15.04.2019

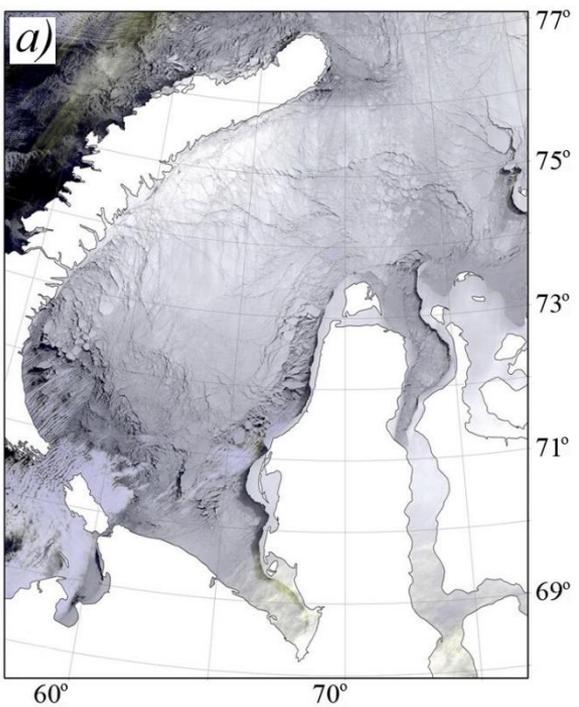


Радиолокационное изображение ИСЗ Sentinel-1, 16.04.2019

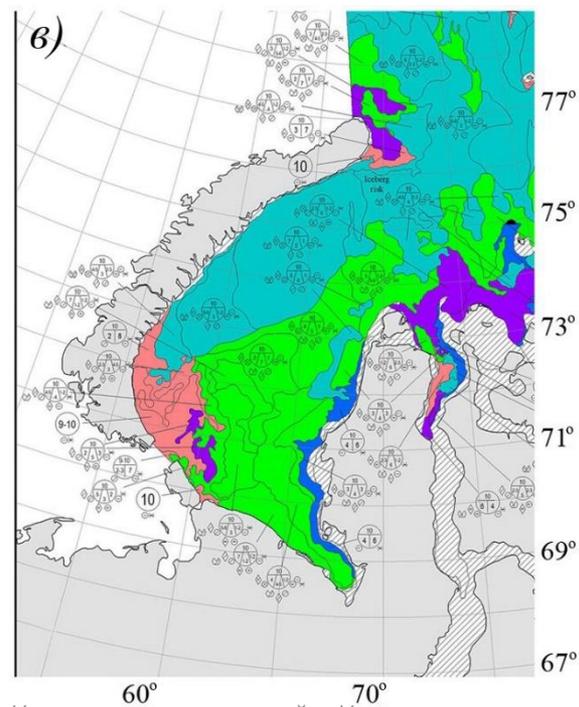
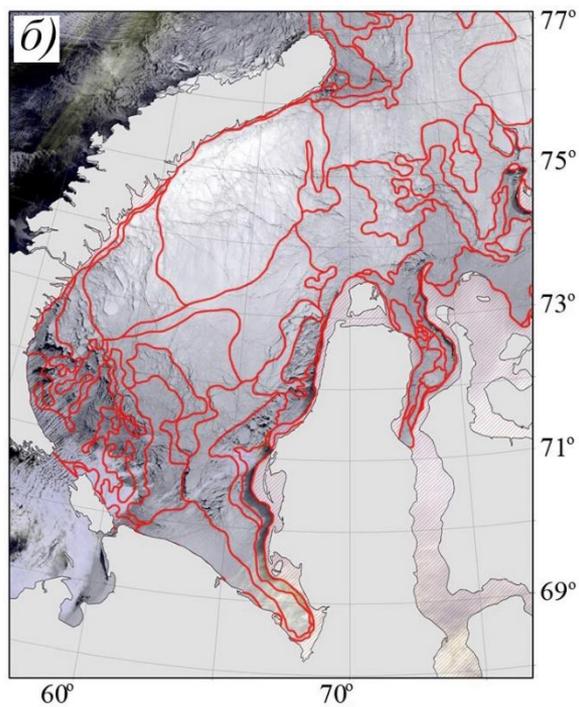
Все виды спутниковых данных анализируются в комплексе, т.к. отражают разные характеристики ледяного покрова и взаимодополняют друг друга



Процесс создания ледовой карты



Изображение ИСЗ Suomi-NPP (VIIRS) в тепловом ИК диапазоне, 15.04.2019

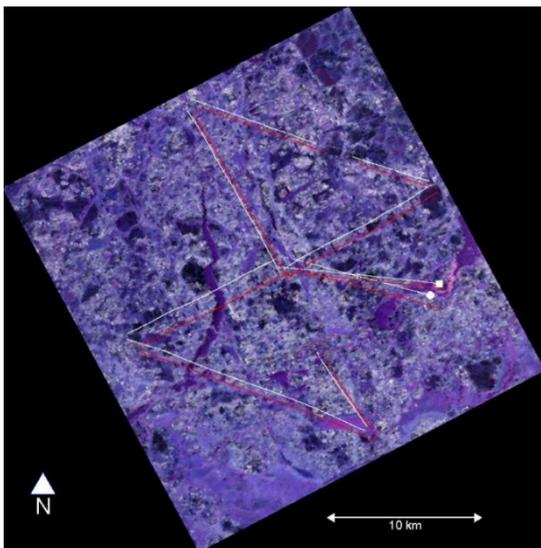


Карта ледовых условий в Карском море в период 14-16.04.2019

а – исходное спутниковое изображение; б – спутниковое изображение с нанесёнными границами однородных ледовых зон; в – карта ледовых условий в Карском море

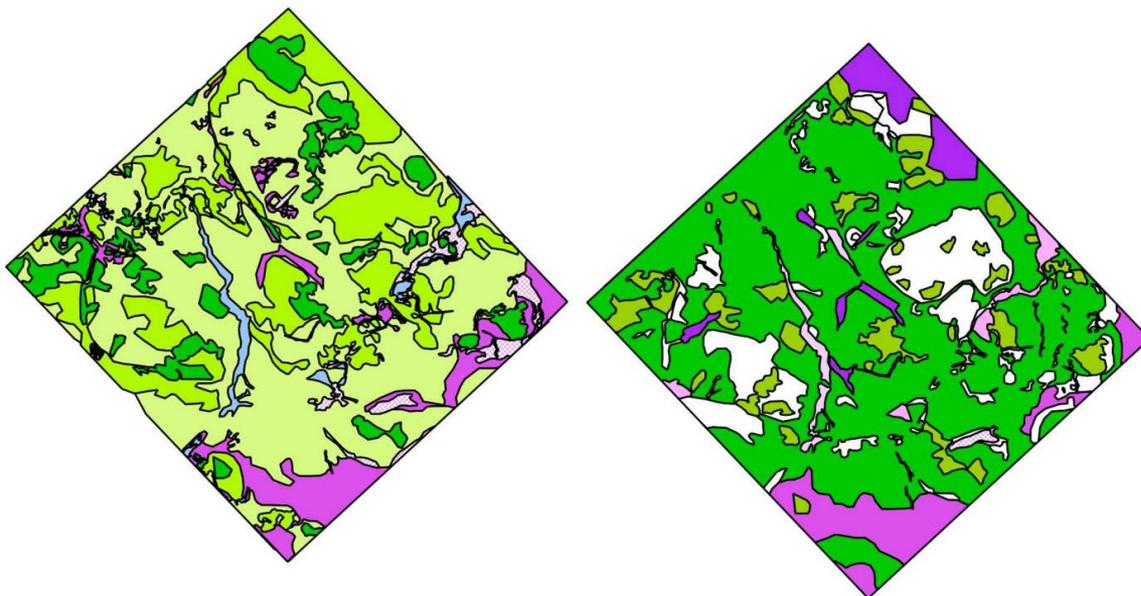


Неоднозначности при дешифрировании



Изображение ИСЗ RADARSAT-2, 12.04.2011

Взято из [Moen M.-A. N., Doulgeris A. P., Anfinsen S. N., Renner A. H. H., Hughes N., Gerland S., Eltoft T. Comparison of feature based segmentation of full polarimetric SAR satellite sea ice images with manually drawn ice charts // The Cryosphere. 2013. №7. p. 1693-1705]

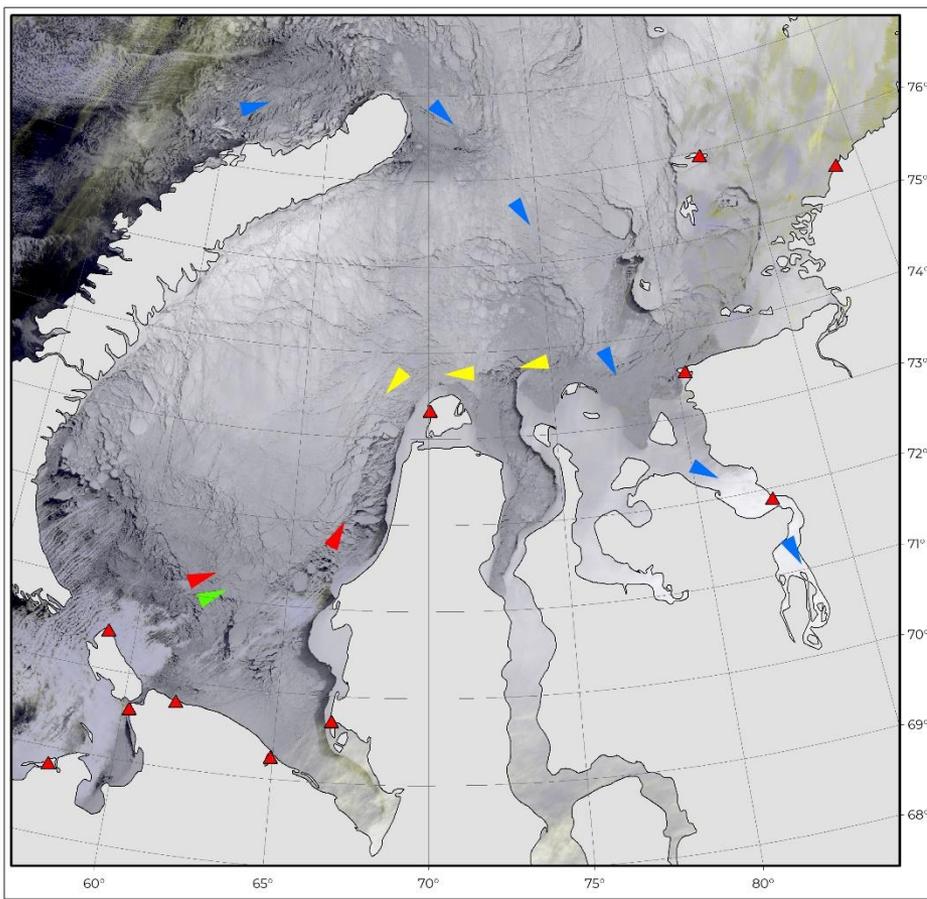


Ice Stage of Development (SoD)	
Ice of undefined SoD [X]	Grey ice [4]
Open water [0]	Grey-white [5]
New ice [1]	First year [6]
Nilas [2]	Thin first year ice [7]
Nilas (with frost flowers) [2]	First stage first year [8]
Young ice [3]	Second stage first year [9]
	Medium first year [1-]

Примеры ледовых карт, составленных экспертами Норвежского метеорологического института (MET.NO) по данным RADARSAT-2. Между картами видны существенные расхождения



Необходимость наземных ледовых наблюдений



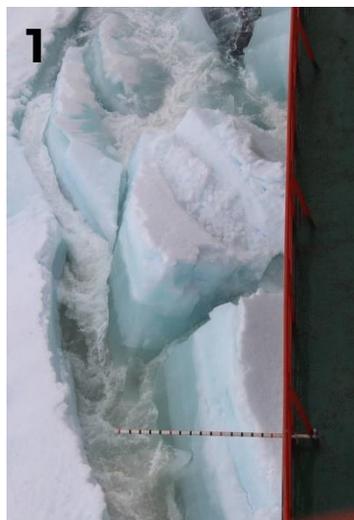
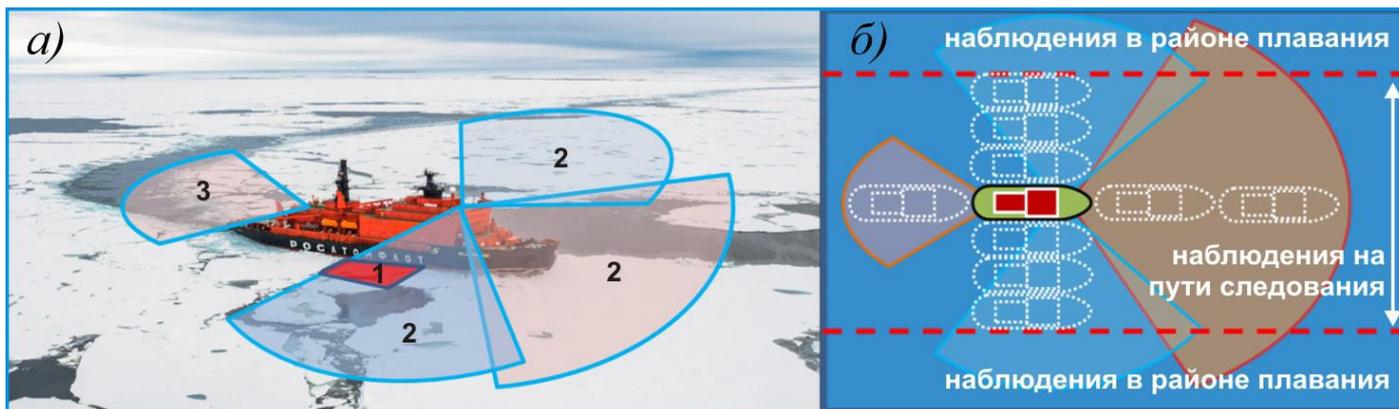
Изображение ИСЗ Suomi-NPP (VIIRS) в тепловом ИК диапазоне, 15.04.2019

При составлении карты, особенно в случаях возникновения неоднозначностей при дешифрировании, эксперт обращается к данным натурных наблюдений, проводимых на береговых станциях и судах.

- На береговых станциях измерения проводятся на припаяе, что не вполне репрезентативно для дрейфующих льдов на удалении от берега;
- На судах наблюдения выполняются непосредственно в районах судоходных трасс.



Схема проведения ледовых наблюдений с судна



1 – Площадка оценки толщины льда по боковым сколам льдин;

2 – Секторы обзорных ледовых наблюдений (зона определения общей сплочённости, возраста, торосистости, наслоенности, форм льда и др. параметров);

3 – Сектор оценки сжатий во льду;

Временная дискретность наблюдений – 1-2 раза в сутки;

Наблюдения не стандартизованы.



Параметры льда, определяемые в ходе визуальных наблюдений с судна:

1. Общая сплочённость;
 - 2. Толщина;**
 - 3. Возрастной состав;**
 4. Торосистость;
 5. Наслоенность;
 6. Степень сжатия;
 7. Горизонтальный размер ледяных полей;
 8. Наличие трещин и разводий;
 9. Заснеженность;
 10. Разрушенность;
 11. Загрязнённость;
 12. Наличие айсбергов;
- ... и др.

DPR/SEA

UGWF/RUDUD/RUARH

VOY 02W

DATE 0102/0000

LAT 7343N

LONG 07022E

DIST 96/900

SPEED 9,2

COURSE 245

FO 429

DO 102,5

FW 38

WIND 7S

SEA NIL

SW NIL

VIS 0,3

PRESS 754

TEMP -15

ETA 0502/0800

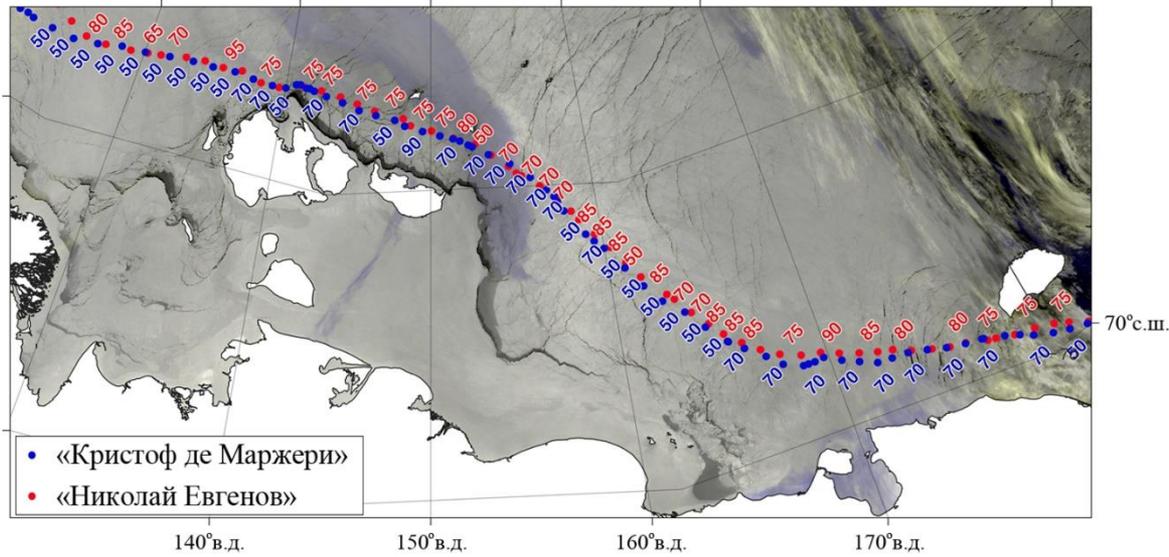
ICE 9 баллов: тонкий 4, серо-белый 3, серый 2; обломки полей, крупнобитый; торосистость 3/4, сжатие 1

MISC NIL

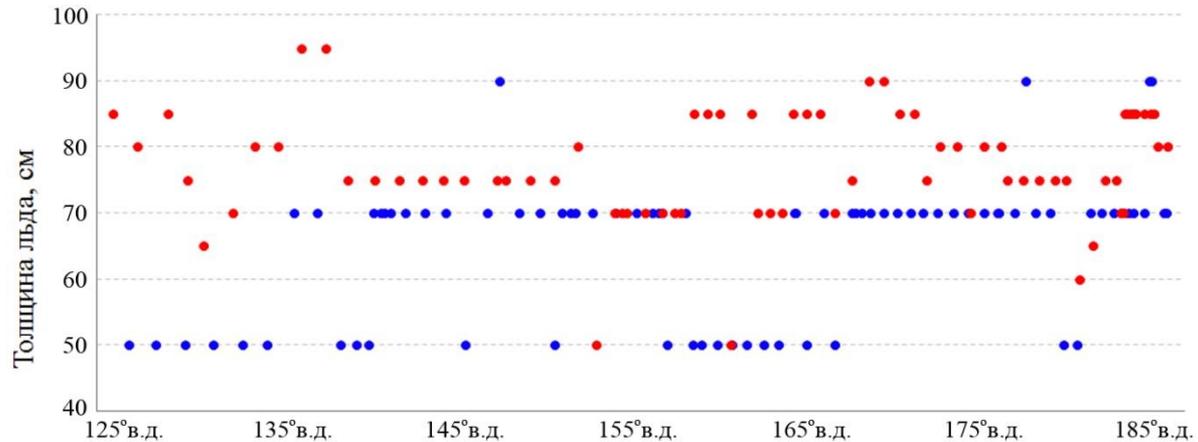
Пример диспетчерского сообщения



Применение данных СТМК в оперативном гидрометеорологическом обеспечении судоходства в Арктике



- Танкер-газовоз «Кристоф де Маржери» прошёл отрезок пути в Восточно-Сибирском море **12 января 2021 г.**
- «Николай Евгенов» прошёл тот же отрезок пути **13-14 января 2021 г.**
- Разногласия в оценках толщины льда достигают **35 см.**
- Значения толщины льда, передаваемые разными наблюдателями, попадают в разные возрастные градации льда.



Тип морского льда	Толщина, см	Российская символика		Международная символика	
		Цвет	Графич. символ	Цвет	Код
Начальные виды льда	-	Blue	••	Purple	1
Блинчатый лёд	5-15	Red	⌒	Purple	-
Нилас					
Тёмный нилас	<5	Blue	⊗	Pink	2
Светлый нилас	5-10	Blue	⊕	Pink	2
Молодой лёд					
Молодой лёд	10-30	Pink	≡	Purple	3
Серый лёд	10-15	Red	—	Purple	4
Серо-белый лёд	15-30	Purple	≡	Purple	5
Однолетний лёд					
Однолетний лёд	>30	Green	⊗	Yellow	6
Однолет. тонкий лёд	30-70	Green	⊗	Yellow	7
Однолет. средний лёд	70-120	Green	⊗	Yellow	1.
Однолет. толстый лёд	>120	Green	⊗	Yellow	4.
Старый лёд					
Остаточный лёд	-	Green	⊗	Brown	-
Старый лёд	-	Red	⊗	Brown	7.
Двухлетний лёд	-	Orange	⊗	Brown	8.
Многолетний лёд (Пак)	-	Grey	⊗	Red	9.
Припай					
Припай	-	Diagonal lines	-	Black	-



Судовой телевизионный комплекс (СТК) и судовой телевизионный метеорологический комплекс (СТМК)

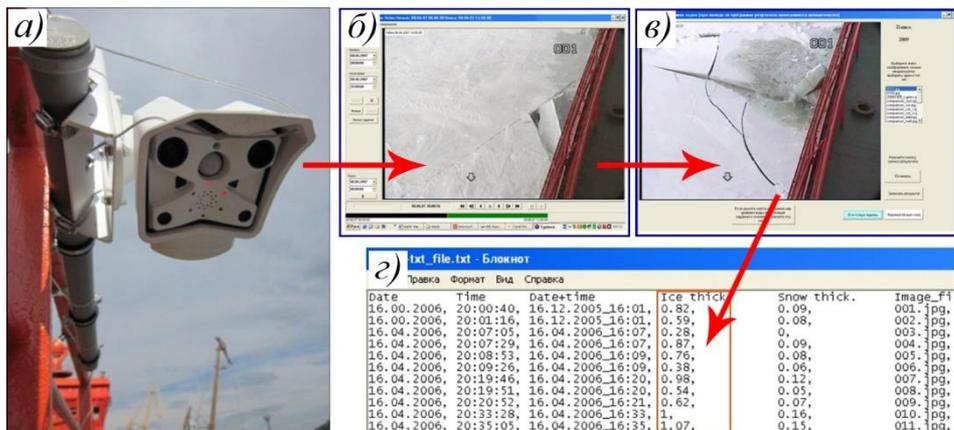


Схема работы толщиномера СТК

- Начало 2000-х гг. в ААНИИ разработан инструмент СТК;
- Фиксируемые параметры – толщина льда;
- Режим обработки данных – отложенный;

- К 2018 г. в проект СТК был внесён ряд дополнений. СТМК – модернизированная версия СТК;
- Фиксируемые параметры льда – толщина, общая сплочённость, наличие сжатий во льду;
- Метеорологические параметры – температура воздуха, относительная влажность, атмосферное давление, скорость и направление ветра, дальность видимости, высота нижней границы

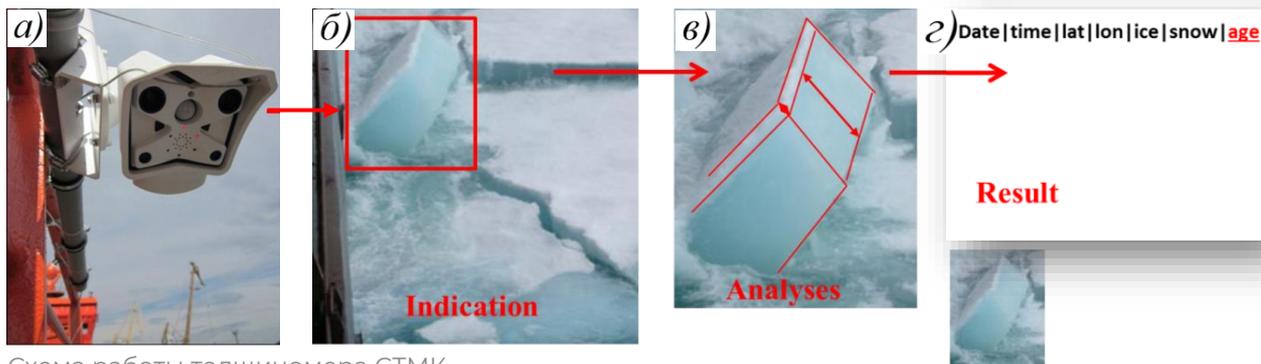
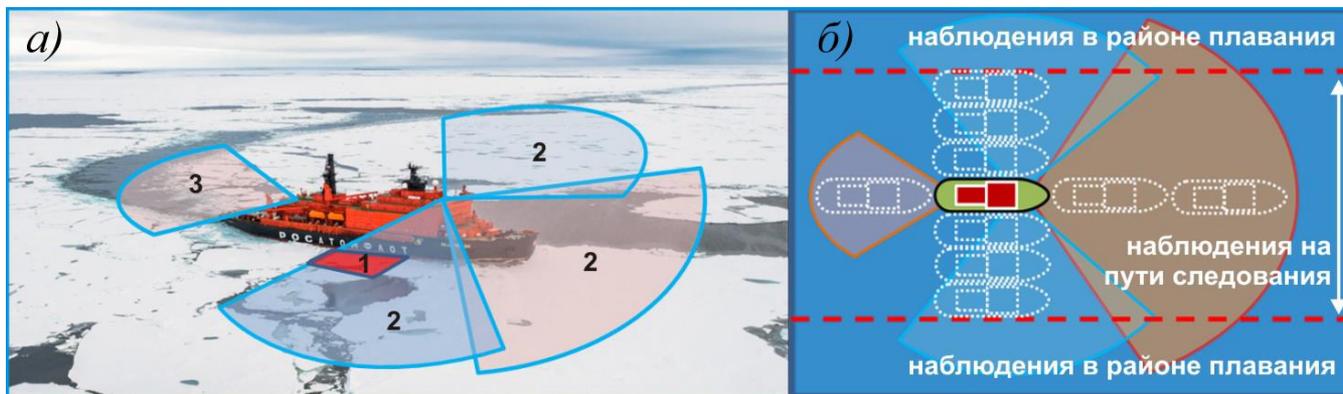


Схема работы толщиномера СТМК

- облачности;
- Параметры движения судна – координаты местоположения, скорость, курс, задействованная мощность двигателей;
- Режим обработки данных – режим реального времени, автоматический.



Схема проведения ледовых наблюдений с судна с использованием СТМК



- 1 – Площадка оценки толщины и возраста льда;
- 2 – Секторы оценки общей сплочённости;
- 3 – Сектор оценки сжатий во льду;

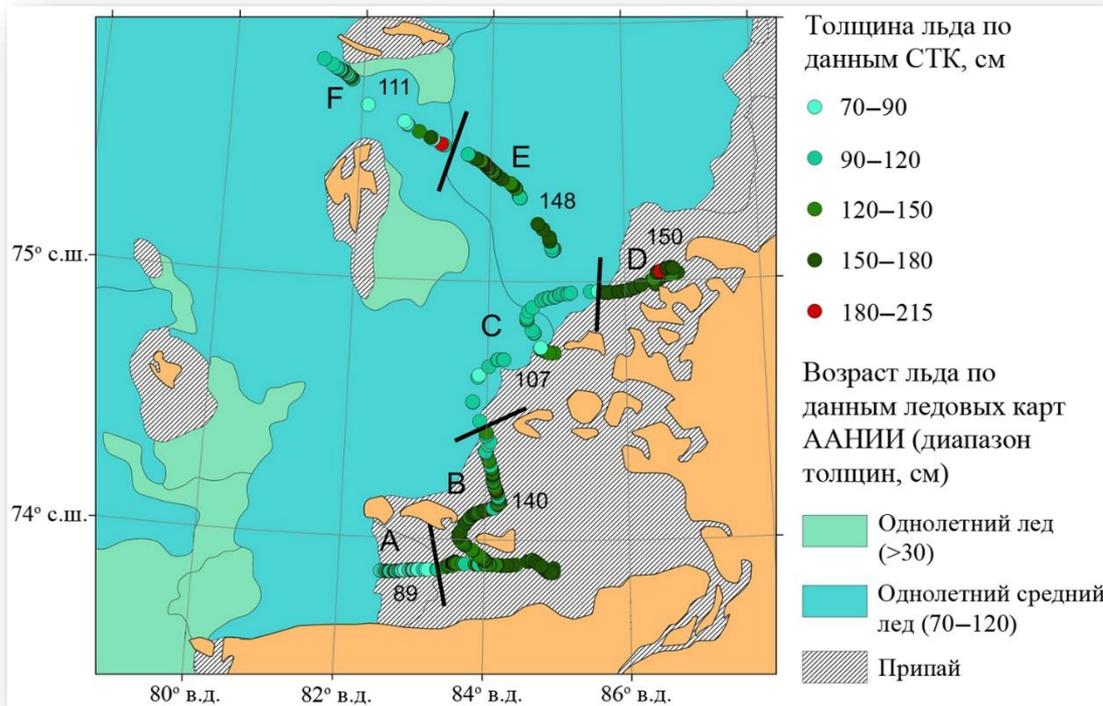
Временная дискретность наблюдений – непрерывные наблюдения;

Наблюдения стандартизованы.

Погрешность толщиномера СТМК составила не более **3,8%** от реальной толщины льда.



Сопоставление данных толщиномера СТК с результатом анализа спутниковых изображений



Фрагмент ледовой карты Карского моря за 16-18 мая 2021 г.
Данные СТК за 10-18 мая 2021 г.

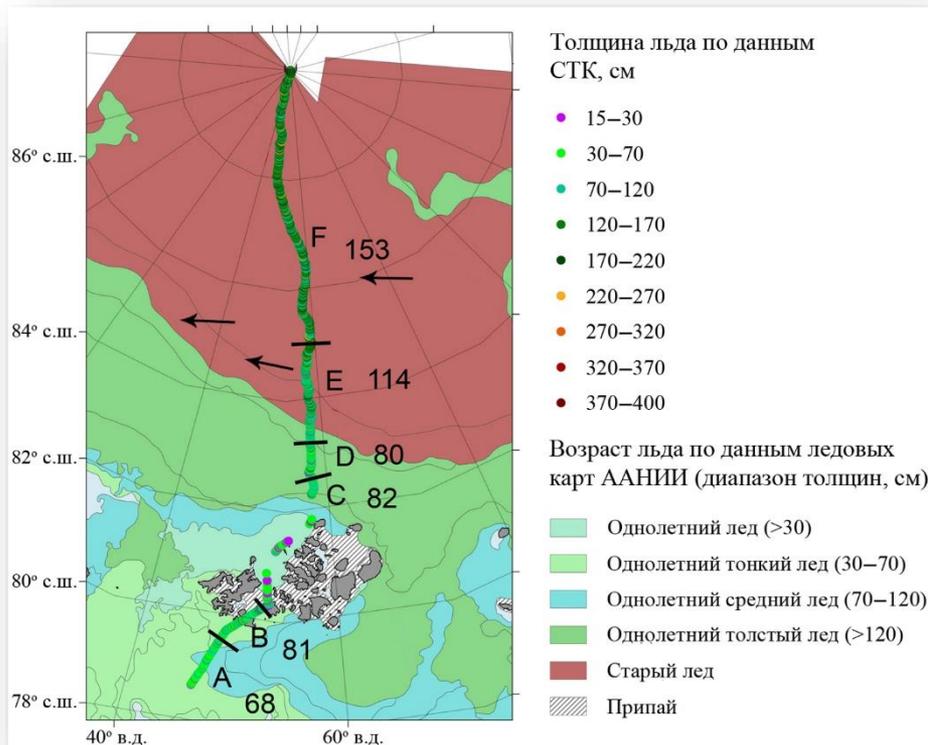
Оценка эксперта:

- Зона **А** – припай, состоящий из 3 баллов однолетнего толстого льда и 7 баллов однолетнего среднего льда; +
- Зона **В** – припай однолетнего толстого льда; +
- Зона **С** – 2-3 балла однолетнего толстого льда, 5-6 баллов однолетнего среднего льда, 1-2 балла молодого льда и ниласа; +
- Зона **Д** – припай однолетнего толстого льда; +
- Зона **Е** – 3 балла однолетнего толстого льда, 6 баллов однолетнего среднего льда, 1 балл молодого льда и ниласа; -
- Зона **Ф** – 2-3 балла однолетнего толстого льда, 5-6 баллов однолетнего среднего льда, 1-2 балла молодого льда и ниласа. +

В зоне **Е** отмечается недооценка толщины льда экспертом минимум на **28 см**.



Сопоставление данных толщиномера СТК с результатом анализа спутниковых изображений



Оценка эксперта:

- Зона **A** – Однолетний тонкий лёд с включением однолетнего среднего; +
- Зона **B** – Однолетний средний лёд с включением однолетнего толстого; +
- Зона **C** – Однолетний тонкий и средний лёд; +
- Зона **D** – Преобладание однолетнего толстого льда; –
- Зона **E** – Массив двухлетнего льда;
- Зона **F** – Массив многолетнего льда.

Фрагмент ледовых карт Баренцева и Карского морей за 27-29 мая 2018 г.
Данные СТК за 16-20 июня 2018 г.
Стрелкой показаны величина и направление дрейфа льда с 29 мая по 17 июня 2018 г.

В зоне **D** отмечается переоценка толщины льда экспертом минимум на **40 см**.



Выводы:

1. Оперативное поступление данных СТМК повысит точность ледовых карт и, как следствие, качество всей системы гидрометеорологического обеспечения, поскольку карты являются её **базовым** элементом (см. слайд №2);
2. Более точные ледовые карты также будут способствовать повышению точности климатических исследований, так как служат исходной информацией для них;
3. Более точные ледовые карты также повысят качество автоматизированных методик определения параметров льда по данным спутниковой съёмки, так как используются при валидации алгоритмов;
4. Архив данных СТМК может сам по себе стать источником данных для климатических исследований и валидации автоматизированных алгоритмов.



Спасибо за внимание



Список публикаций по теме:

1. *Афанасьева Е.В., Алексеева Т.А., Соколова Ю.В., Демчев Д.М., Чуфарова М.С., Быченков Ю.Д., Девятаев О.С.* Методика составления ледовых карт ААНИИ // *Российская Арктика*. 2019. № 7. С. 5–20.
2. *Афанасьева Е.В., Сероветников С.С., Алексеева Т.А., Гришин Е.А., Солодовник А.А., Филиппов Н.А.* Применение данных судового телевизионного комплекса в оперативном гидрометеорологическом обеспечении морской деятельности на примере картирования толщины ледяного покрова в Арктике // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2022. № 68(2). С. 96-117.