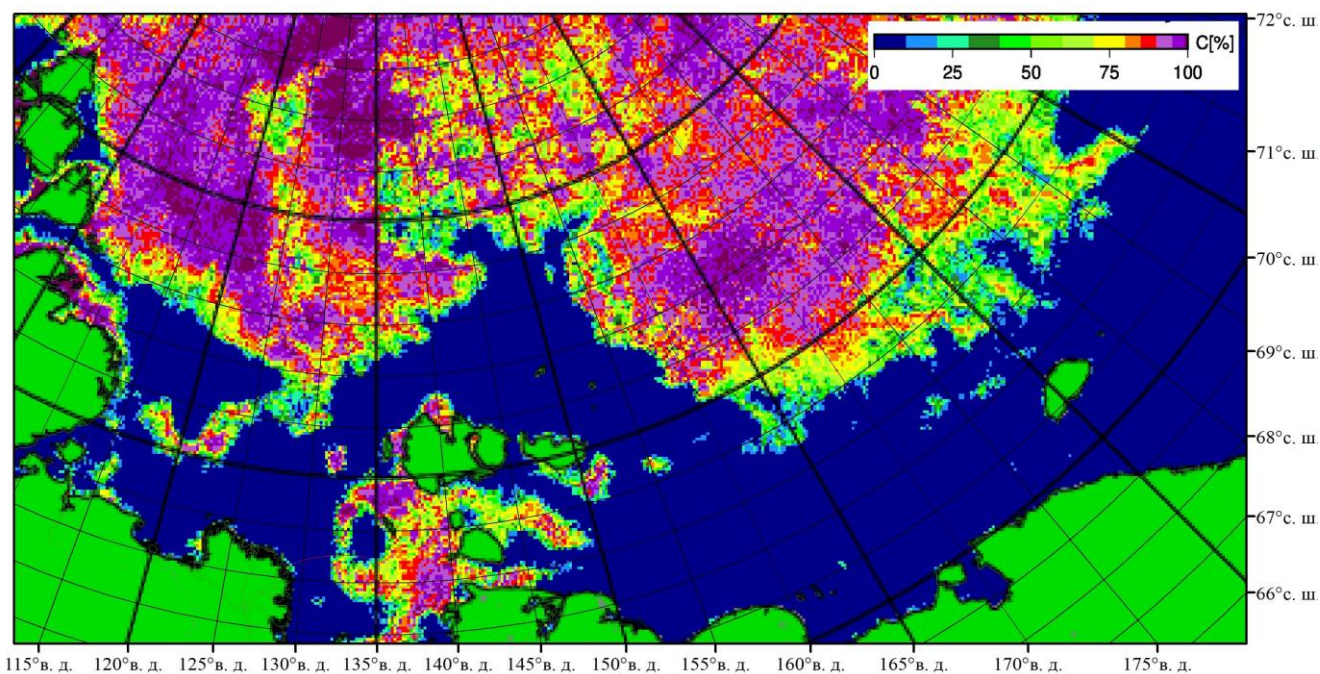


ВОССТАНОВЛЕНИЕ СПЛОЧЕННОСТИ МОРСКОГО ЛЬДА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ НАУЧНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ



**Алексеева Т.А.
Тихонов В.В.
Соколова Ю.В.
Афанасьева Е.В.
Сероветников С.С.
Репина И.А.
Раев М.Д.
Шарков Е.А.**

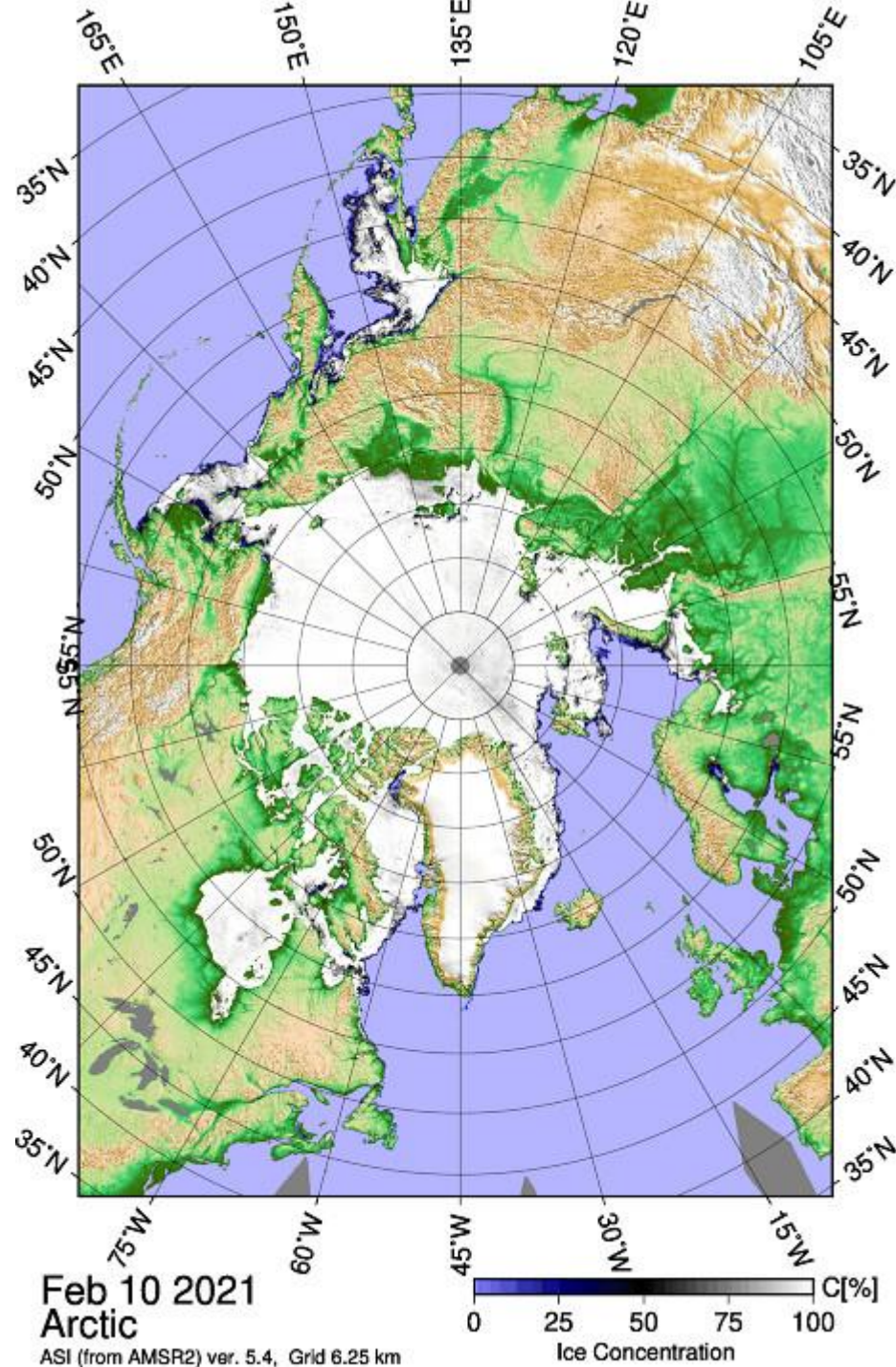
ПРЕИМУЩЕСТВА ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИИ (СМР)

Данные СМР:

- ежедневные;
- покрывают всю акваторию СЛО;
- являются самым длинным рядом спутниковых данных о ледяном покрове (с 1978 г.);
- на них не влияют облачность и темное время суток;
- их легко обрабатывать автоматически (по сравнению с другими видами спутниковой информации).

Широко используются в мире для:

- расчета площади ледяного покрова;
- для судоходства и картирования морского льда;
- при моделировании изменчивости площади морского льда.

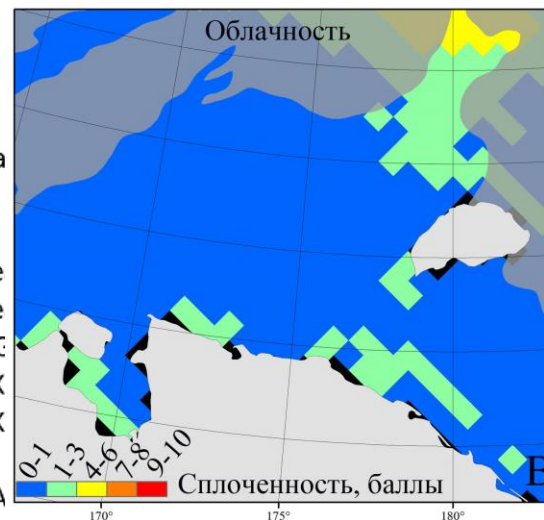
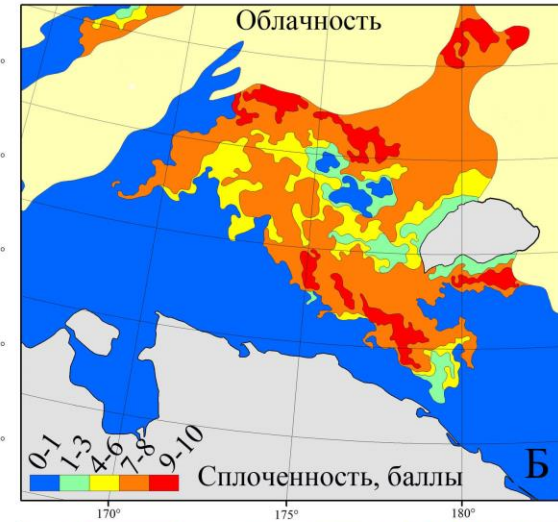
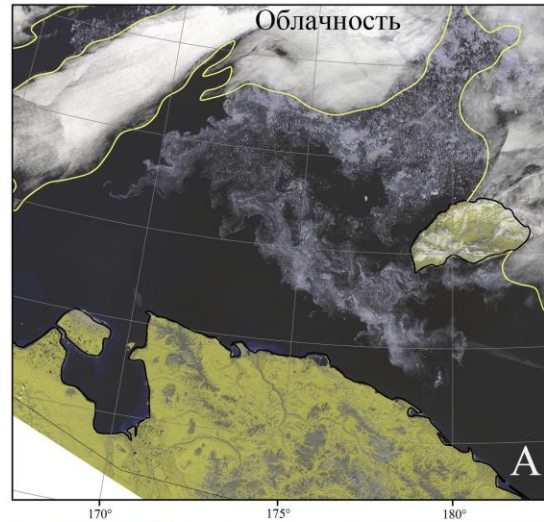


1

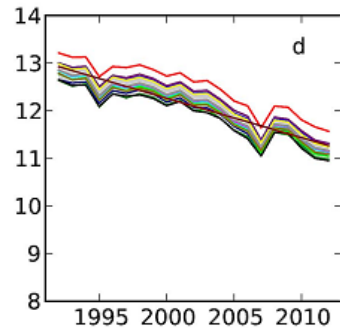
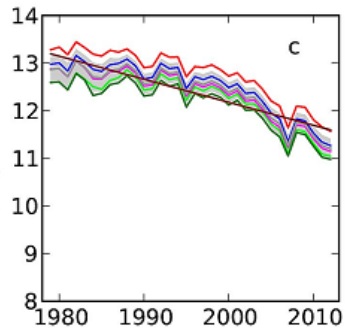
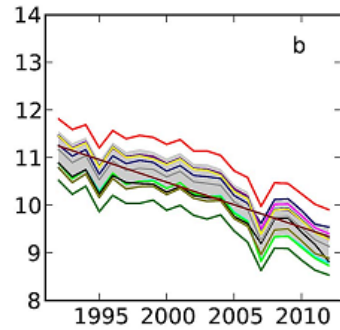
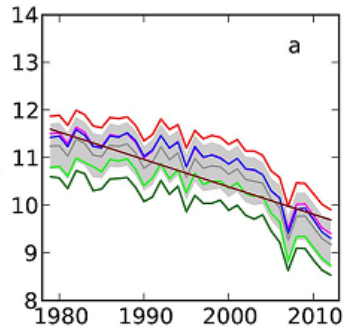
**ВОПРОС ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПЛОЩАДИ ЛЬДА**

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ СМР - 1

В настоящее время данные пассивного микроволнового зондирования поступают с радиометров SSM/I, SSMIS и AMSR2. Для восстановления сплоченности разработано несколько десятков алгоритмов (напр. NT, NT2, ASI, Bootstrap, OSI-SAF и т.д.).



- ASI
- Bootstrap
- Bristol
- CalVal
- NASA Te
- NASA Te
- Near90C
- NORSEX
- NORSEX
- TUD
- UMass-A
- mean
- trend



A – Снимок Terra MODIS (26 июля 2017 г.)

Б – детализированная ледовая карта АНИИ по снимку А

В – NASA Team (25 км)

Г – ASI (12,5 км)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ СМР - 1

Причины ошибок в определении сплоченности:

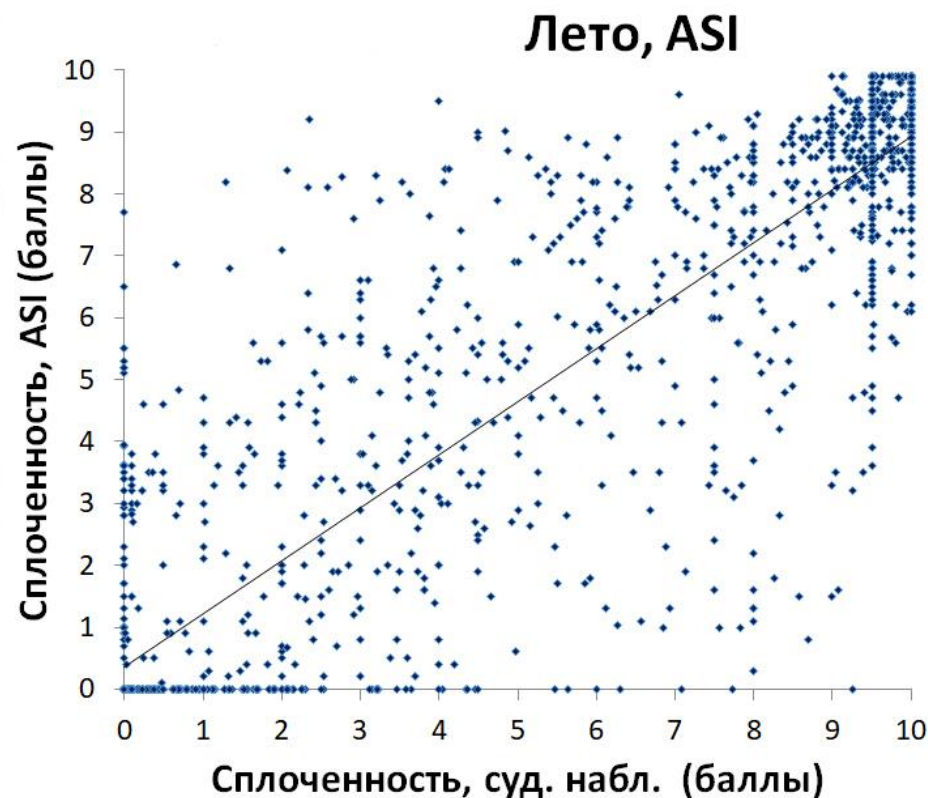
1. Сезонная изменчивость излучательной способности морского льда и снежного покрова. Из-за изменений климатических условий точки привязки, определенные при разработке алгоритмов, со временем устаревают.

2. Внесезонная региональная изменчивость излучательной способности снежно-ледяной поверхности. Излучательная способность льда меняется в зависимости от сезона и региона его формирования.

3. Влияние поверхностных эффектов:

- разрушенность,
- наличие снежного покрова, зависимость от его влажности,
- размеры ледяных полей;
- шероховатость поверхности (волны и пенные образования на воде, ледяные торосы и снежные надувы и т.п.

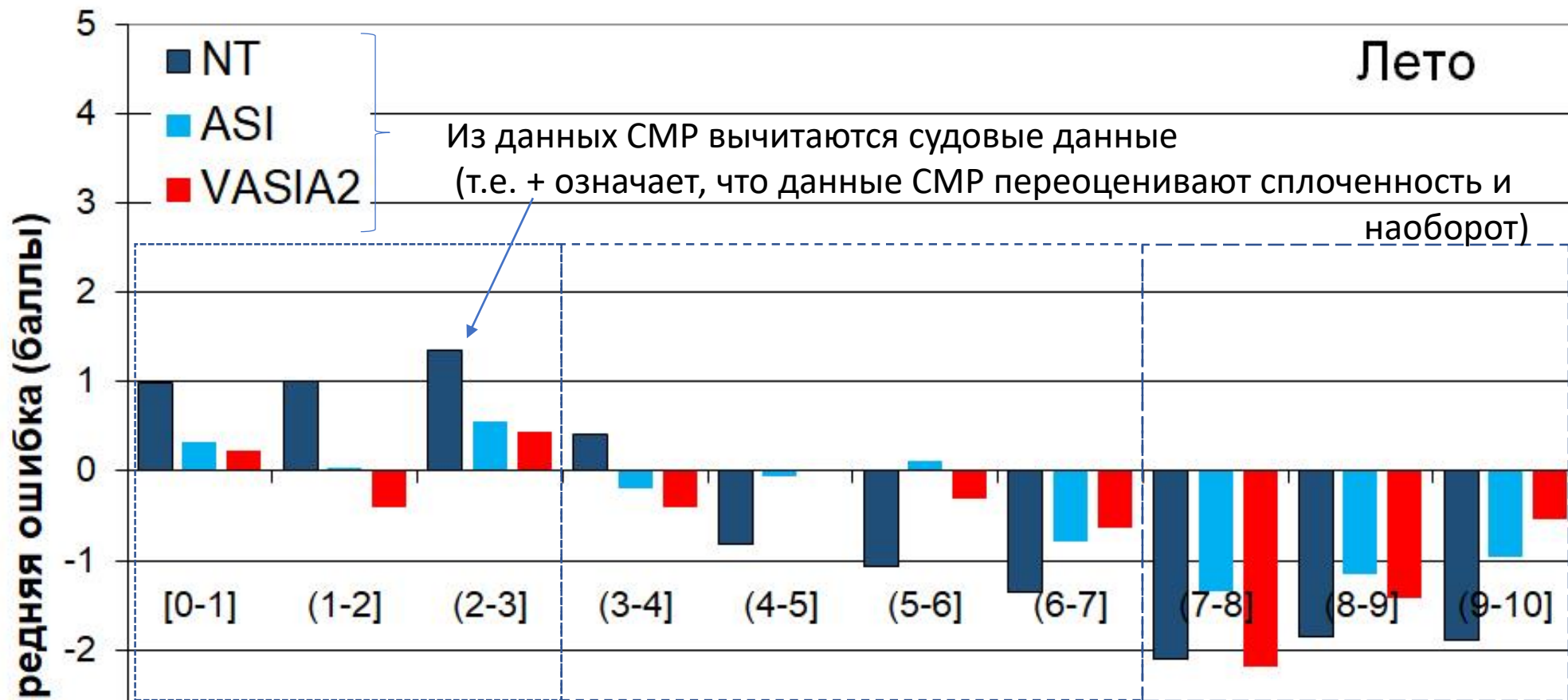
4. Влияние погодных эффектов (дождь, снег, метель).



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ ОШИБОК ПО ГРАДАЦИЯМ СПЛОЧЕННОСТИ

Лето

Из данных SMP вычитаются судовые данные
(т.е. + означает, что данные SMP переоценивают сплоченность и наоборот)



Редкие льды, «+»:

NT: от +1,0 до +1,4

ASI: от +0,1 до +0,6

VASIA2: от -0,4 до +0,4

Сплоченные льды, «-» :

NT: от -1,8 до -2,0

ASI: от -1,0 до -1,4

VASIA2: от -0,5 до -2,2

Сплоченность льда (включая начальные льды и нилас), баллы

ПАРАМЕТРЫ МОРСКОГО ЛЬДА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОШИБКИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ СПЛОЧЕННОСТИ ПО ДАННЫМ СМР В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

1. Высокая стадия *разрушенности* характеризуется большим количеством снежиц на поверхности льда, что приводит существенному занижению сплоченности морского льда по данным СМР.



2. В период таяния ледяного покрова происходит уменьшение сплоченности морского льда, а также распад сморозей, вследствие чего уменьшаются *размеры ледяных полей*.



3. В районах устьев рек в течение зимнего сезона формируются льды, сильно загрязненные терригенными осадками. Грязная поверхность таких льдов становится видимой в летний период при стаивании снежного покрова. Сплоченность *загрязненных льдов* плохо определяется методами СМР.

Прикромочные
области, языки,
полосы льда

+

Высокая стадия
разрушенности
(3-5 баллов)

+

Битые льды (до 100 м)

+

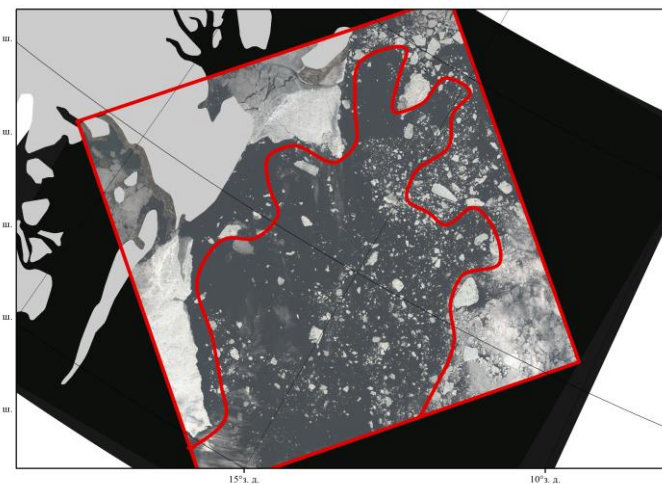
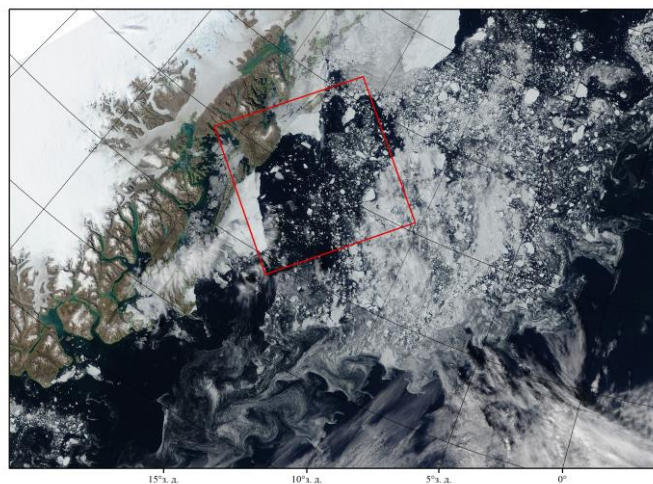
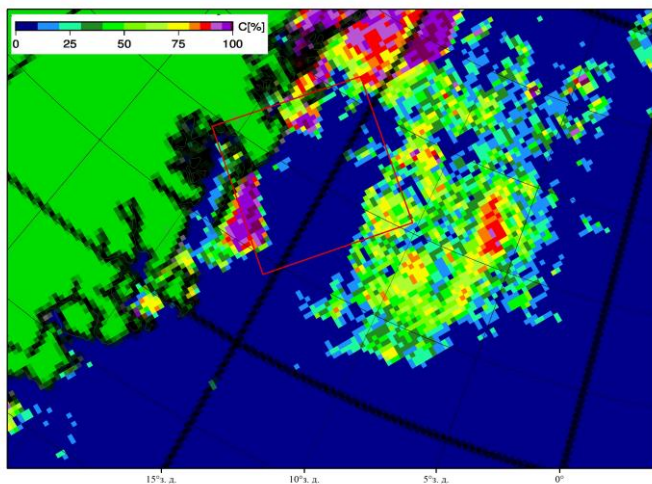
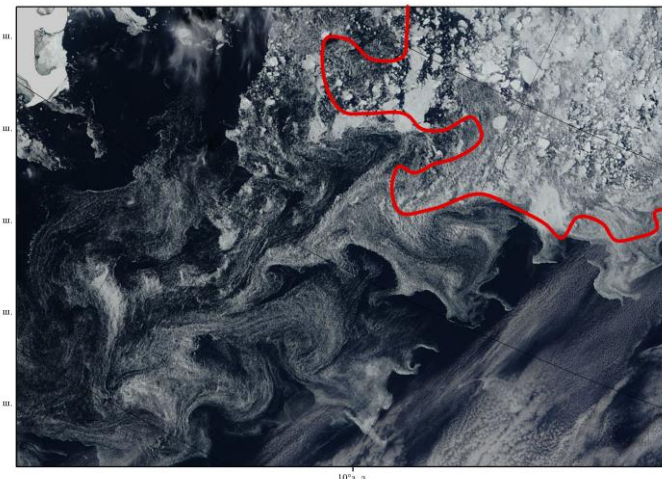
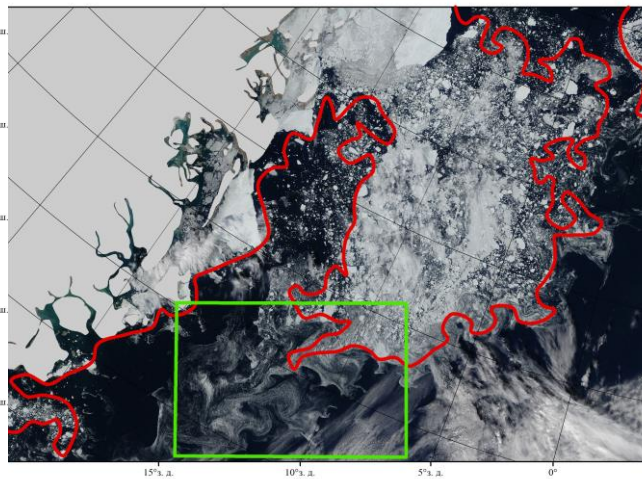
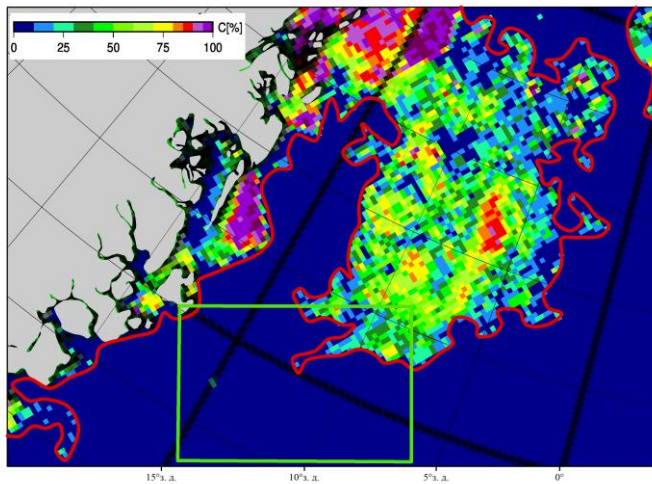
Преобл. сплоченность
до 7-8, местами 9-10

+

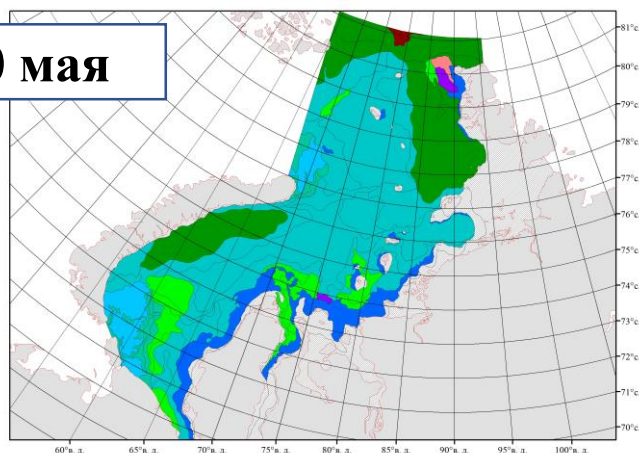
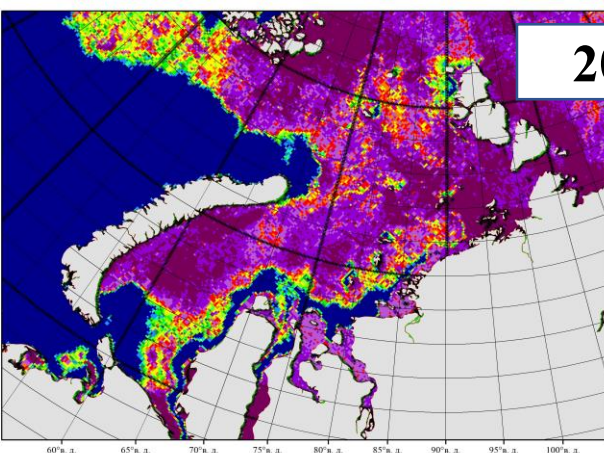
Преобладание битых
льдов + поля (до неск.
км в диаметре)

+

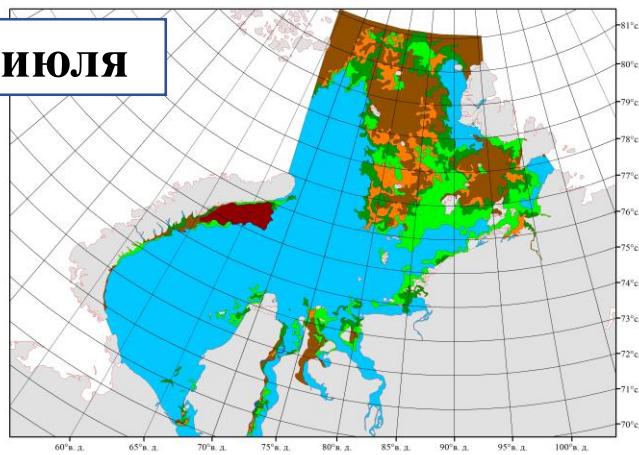
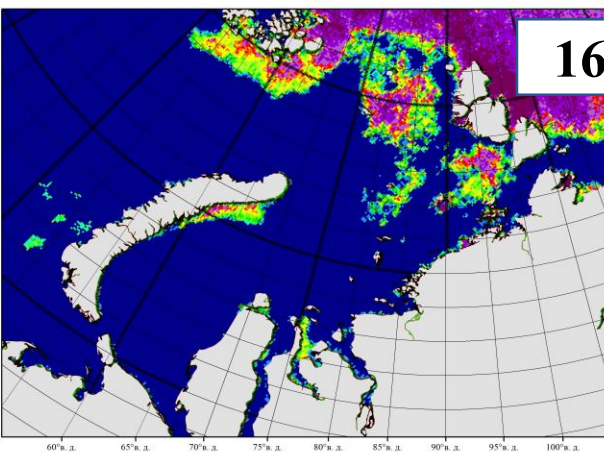
Преобл. сплоченность
1-3 и 4-6 баллов



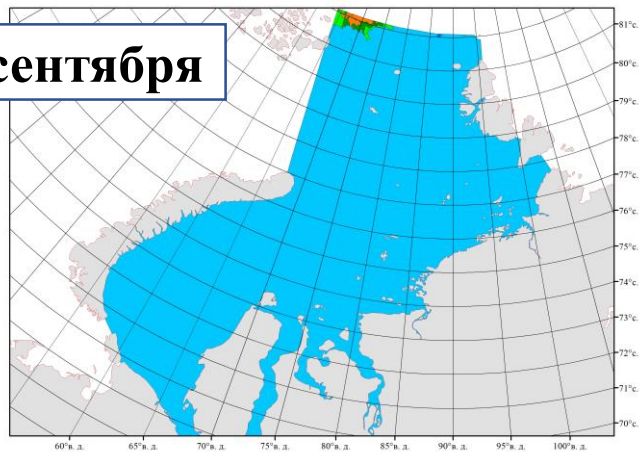
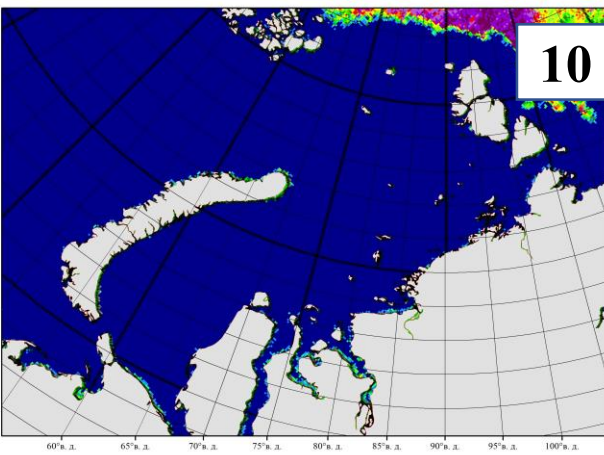
20 мая



16 июля



10 сентября



Сезонность изменения площади «невидимых» данными СМР ледовых зон на примере Карского моря в 2020 г:

Дата	Площадь «невидимых» зон	% от площади Карского моря
20 мая	48 906	5%
18 июня	48 803	5%
16 июля	170 096	17%
20 авг.	29 377	3%
10 сент.	3 233	0,3%

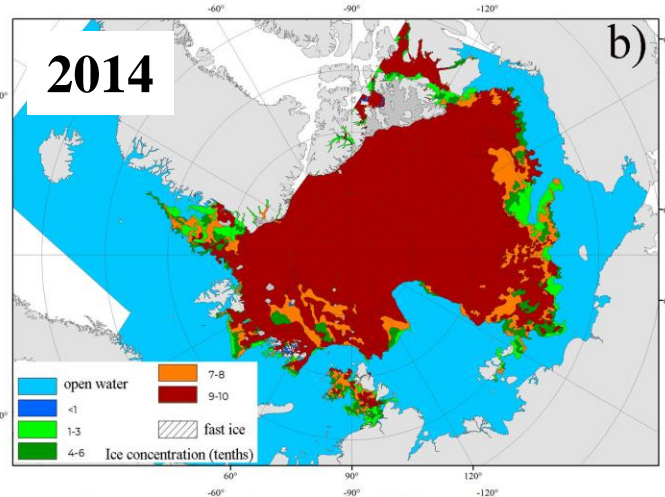
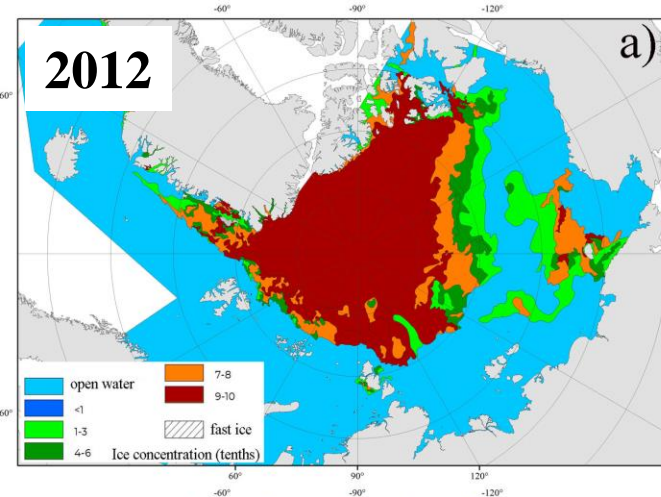
ПЛОЩАДЬ ЛЬДОВ ПО ЛЕДОВЫМ КАРТАМ ААНИИ

Ледовая карта ААНИИ (даты)	Общая площадь льда в СЛО (млн. км ²)	Площадь льдов сплоченностью 1-6 баллов (в % от общей площади)
28.08.2012	4.8	27%
27.08.2013	5.8	14%
26.08.2014	5.6	11%
25.08.2015	5.6	21%
30.08.2016	5.3	24%
29.08.2017	5.4	15%
28.08.2018	5.4	17%
27.08.2019	5.0	18%
25.08.2020	5.0	20%

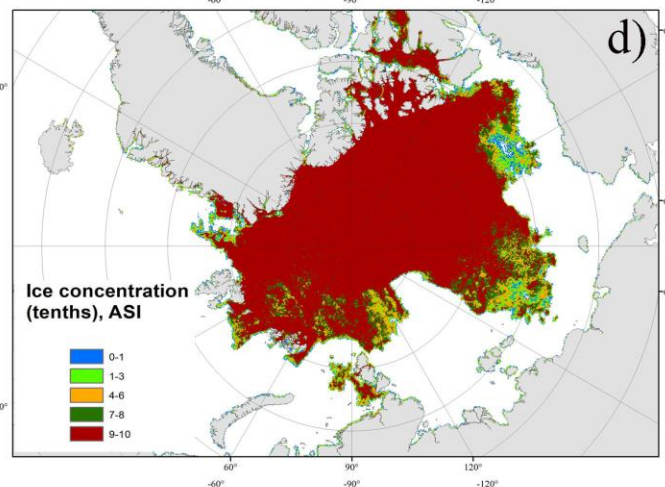
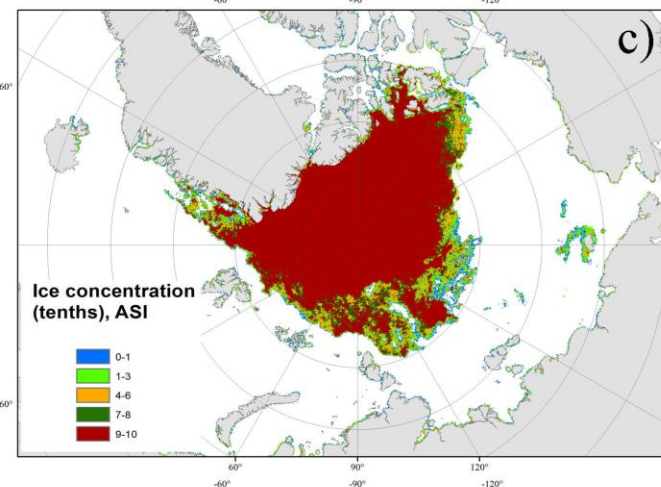
Максимальное количество разреженных льдов в Северном Ледовитом океане по ледовым картам ААНИИ наблюдалось в 2012 году, а минимальное – в 2014 г.

В 2012 году к концу августа зоны редких и разреженных льдов сохранились в Гренландском, Восточно-Сибирском, Чукотском морях и море Бофорта и составляли **27%** от всей площади океана, покрытой льдами.

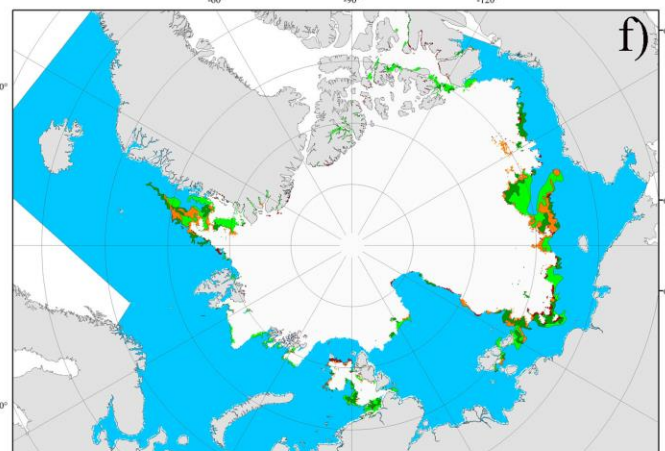
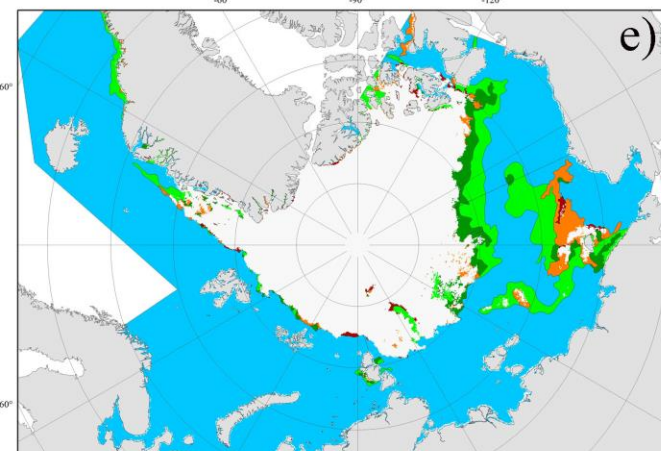
В 2014 году разреженные льды сохранялись лишь узкими зонами вдоль сплоченных льдов Арктического бассейна, редких и разреженных льдов было меньше, чем в 2012 году **11%** от всей площади льда



Площадь льда по картам ААНИИ:
2012 г. - 4 755 041 км²
2014 г. - 5 610 218 км²



Площадь льда по алгоритму ASI:
2012 г. - 3 646 103 км²
2014 г. - 5 289 490 км²



Процент площади «невидимых» зон алгоритмом ASI от общей площади, рассчитанной по ледовым картам ААНИИ:
2012 г. – 23,3%
2014 г. – 5,7%

2

ВОПРОС ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ЛЬДА

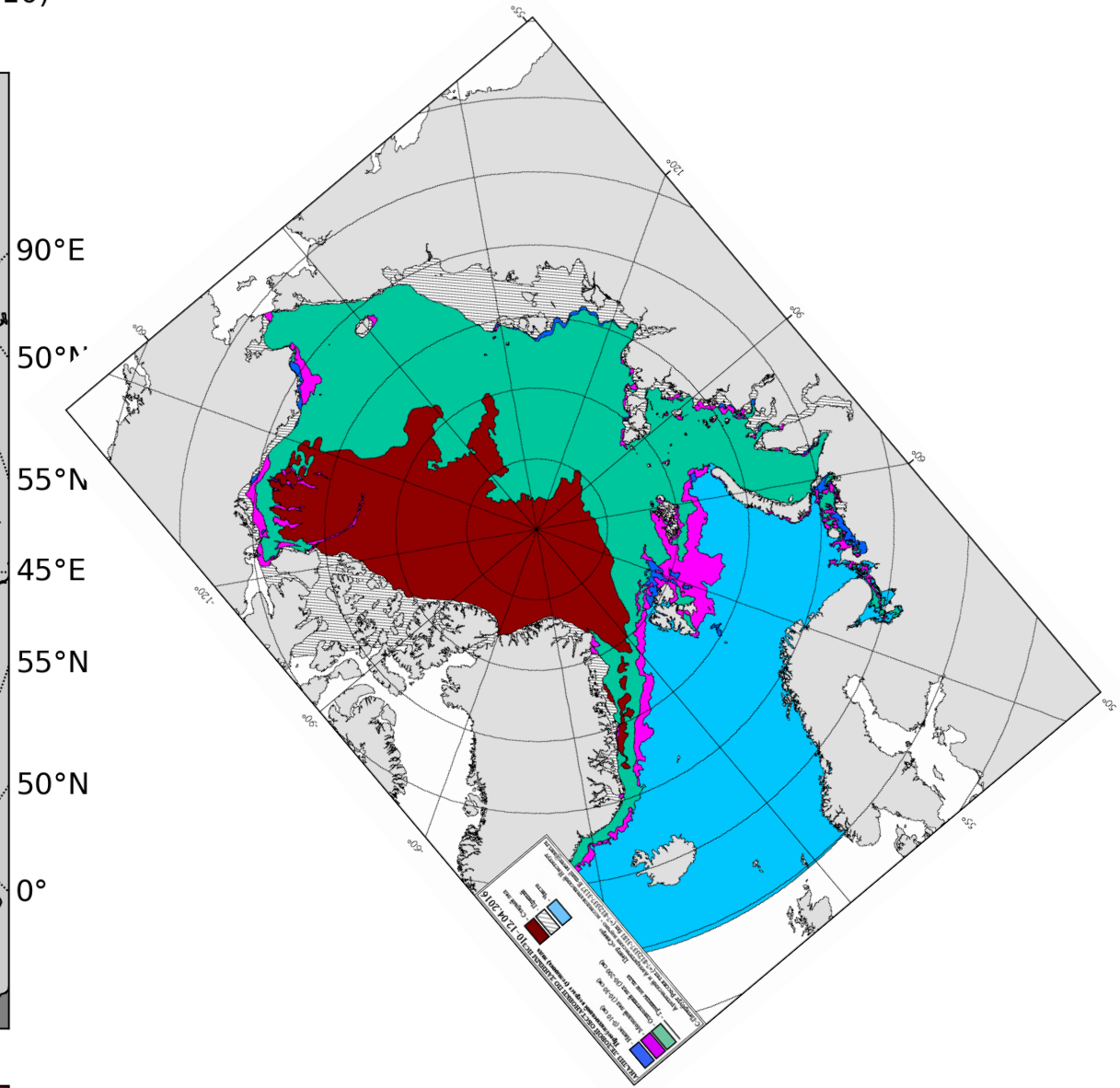
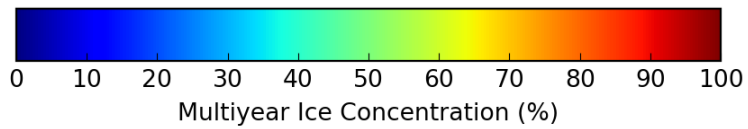
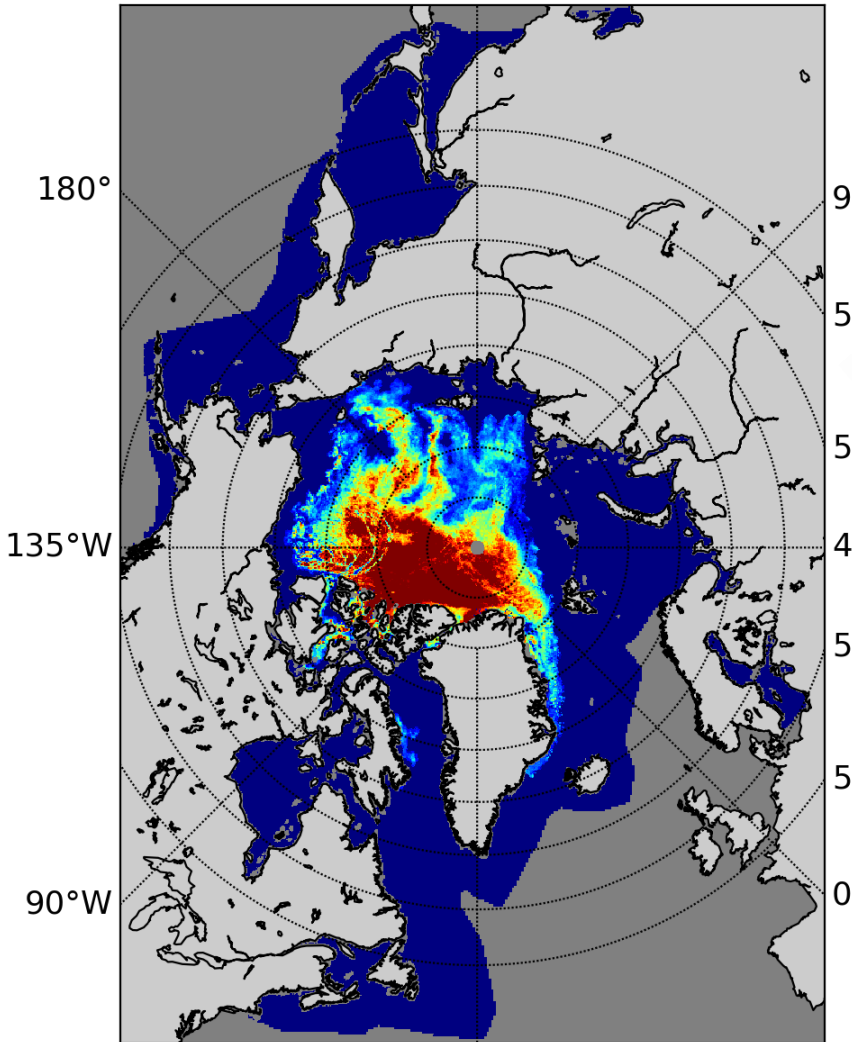
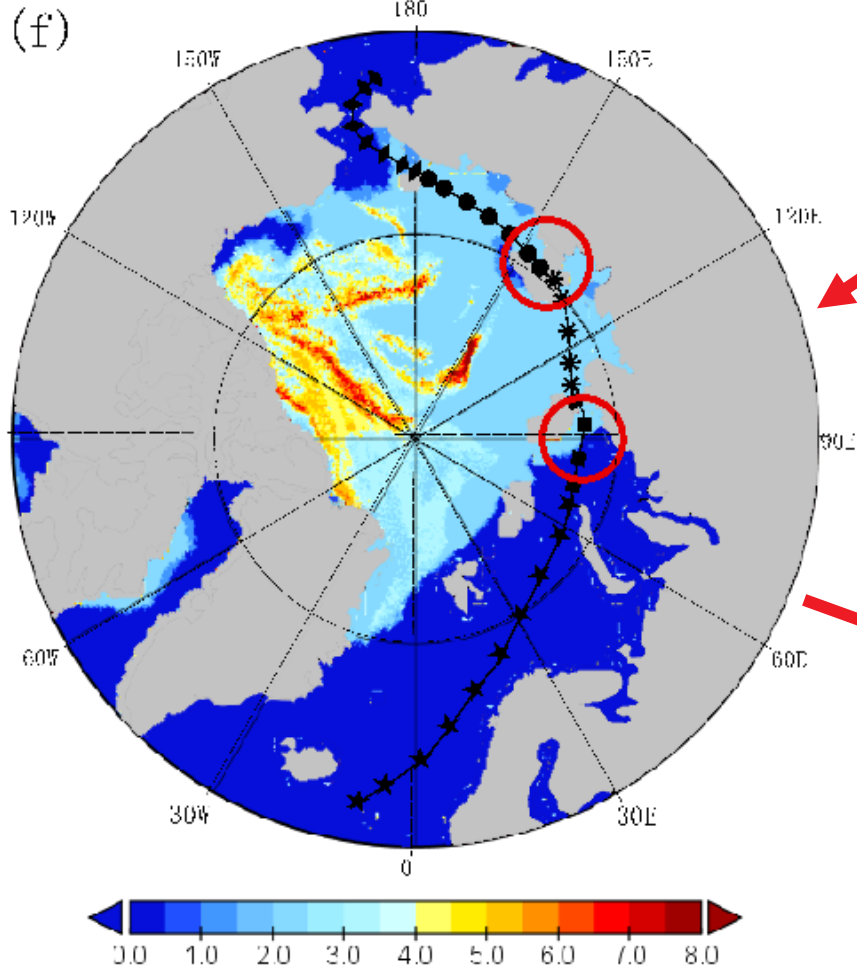
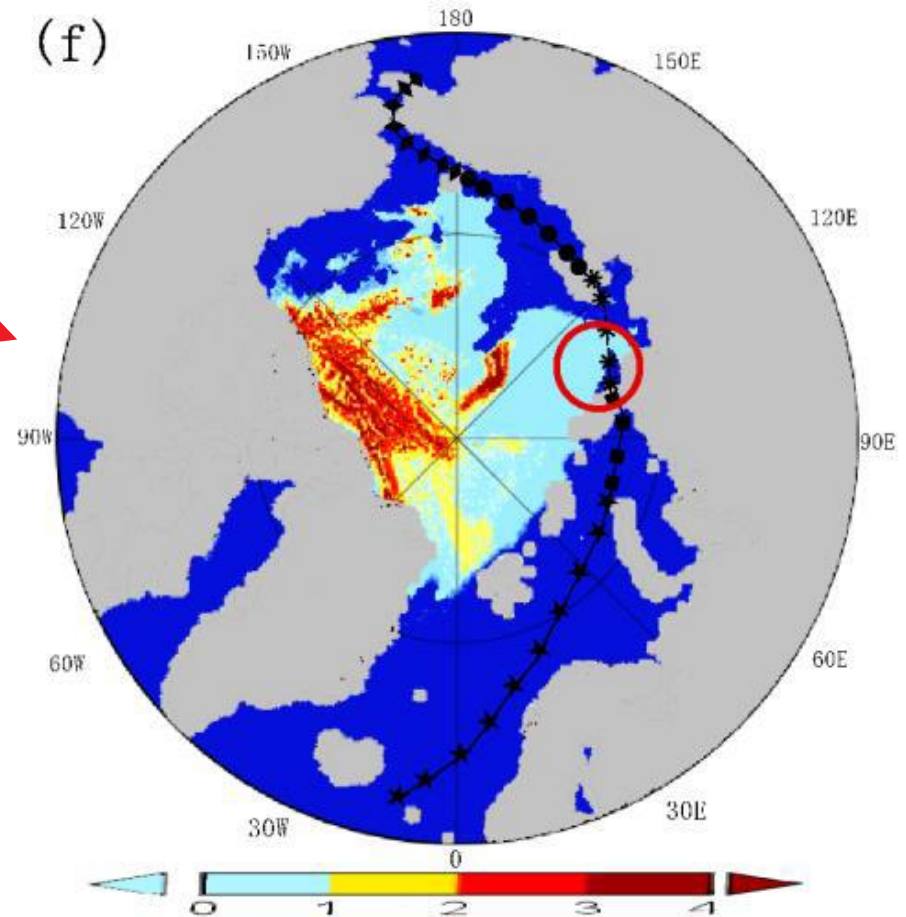


Figure 13. Distribution map of ... (f) sea ice age (unit: year) in the Arctic summer in July 2016.



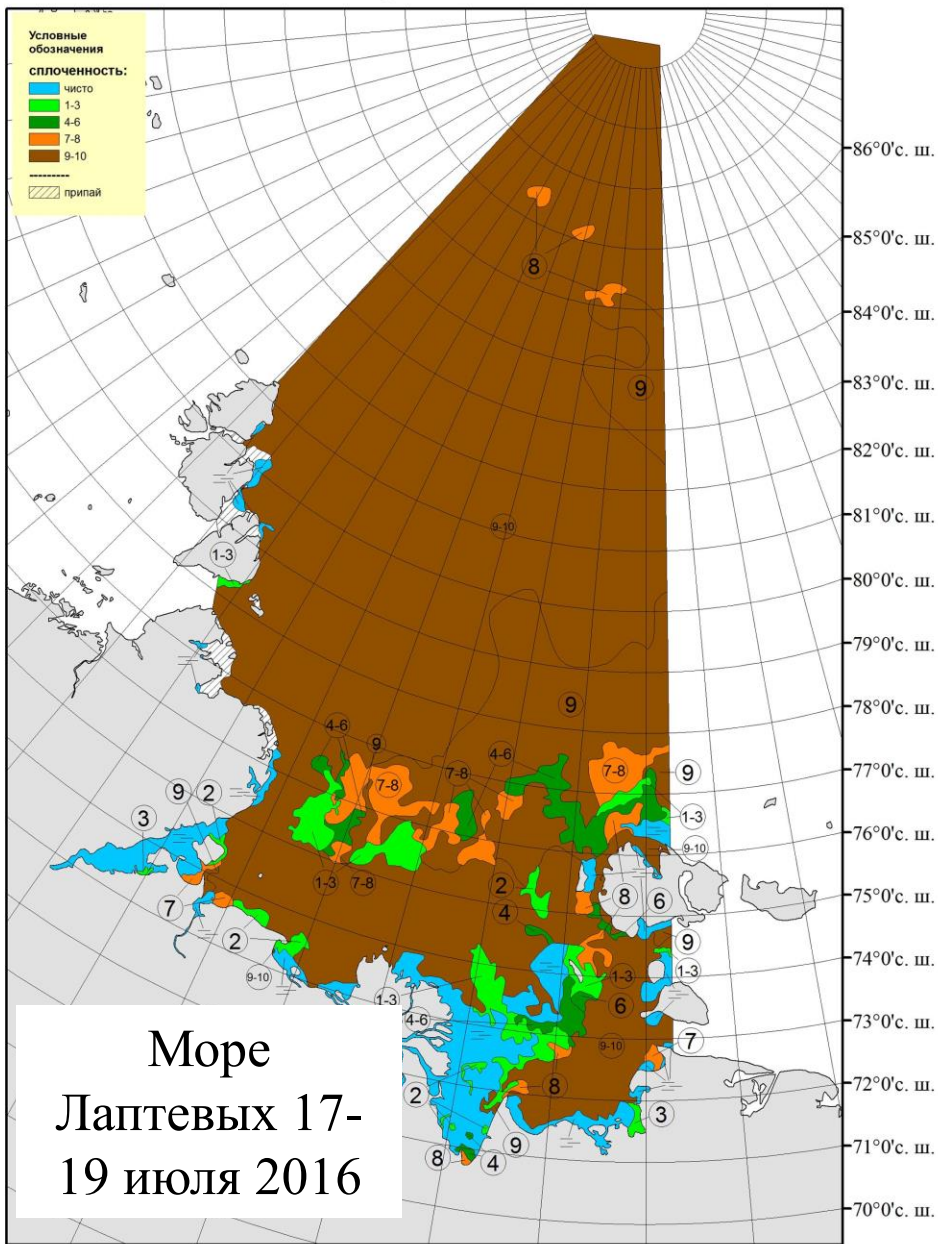
До рецензии:

«According to Figure 13f, in July 2016, there was still more two-year ice in the NEP. 398 However, the **two-year ice near the Vilkitsky Strait** has decreased compared to June.»



Liu, G.; Ji, M.; Jin, F.; Li, Y.; He, Y.; Li, T. Analysis of the Spatial and Temporal Variation of Sea Ice and Connectivity in the NEP of the Arctic in Summer in Hot Years. *J. Mar. Sci. Eng.* **2021**, *9*, 1177. <https://doi.org/10.3390/jmse9111177>

Море Лаптевых

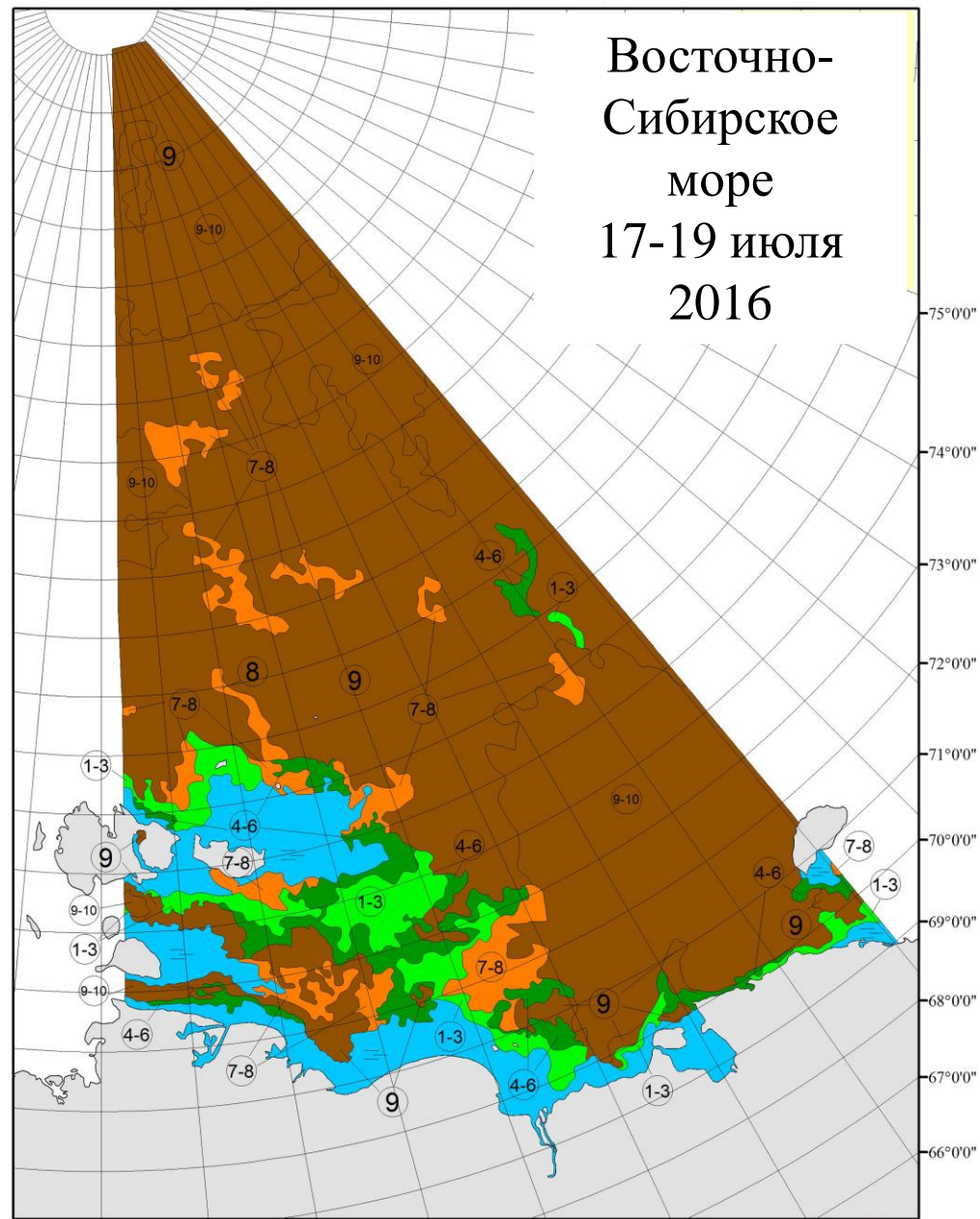


115°0'в. д. 120°0'в. д. 125°0'в. д. 130°0'в. д. 135°0'в. д. 140°0'в. д. 145°0'в. д.

Санкт-Петербург ГНЦ ААНИИ Центр "СЕВЕР"
обзорная ледовая карта
За период 17-19 июля 2016 года



Восточно-Сибирское море



140°0'0"в. д. 145°0'0"в. д. 150°0'0"в. д. 155°0'0"в. д. 160°0'0"в. д. 165°0'0"в. д. 170

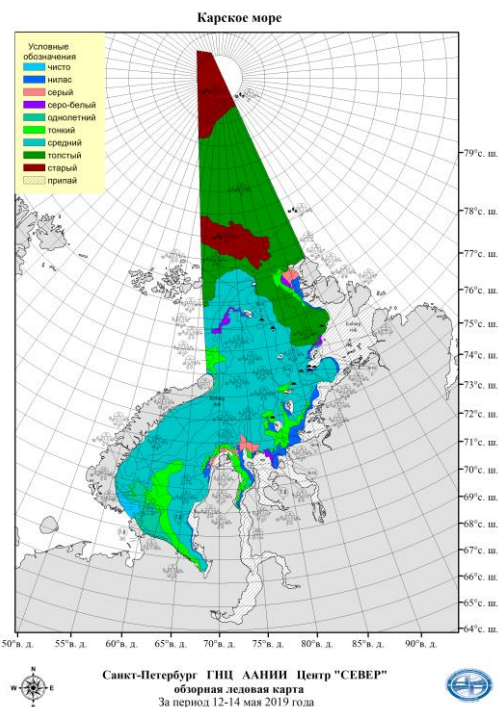
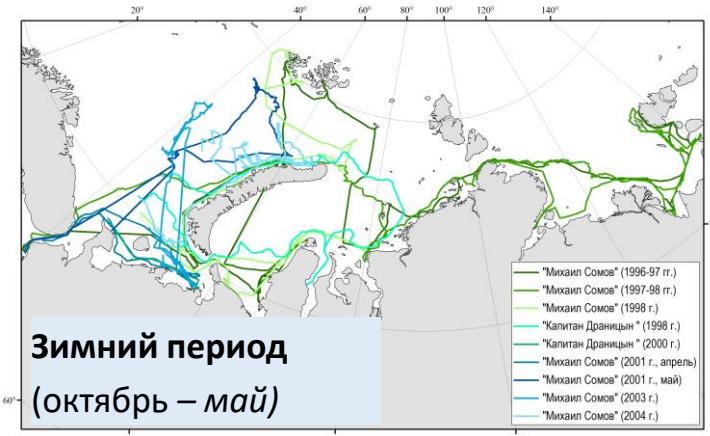
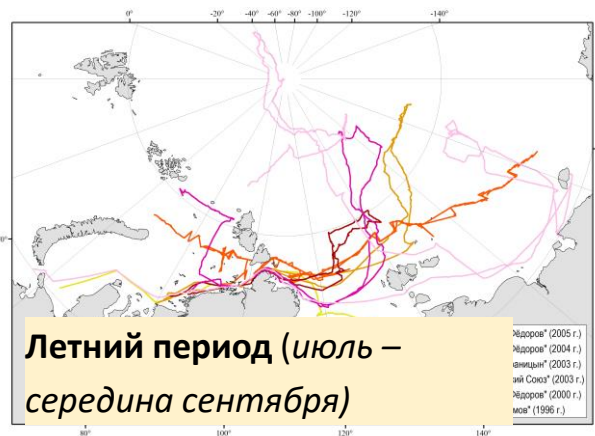
Санкт-Петербург ГНЦ ААНИИ Центр "СЕВЕР"
Обзорная ледовая карта
17-19 июля 2016 года



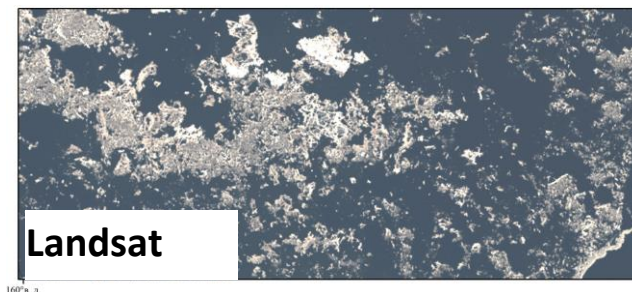
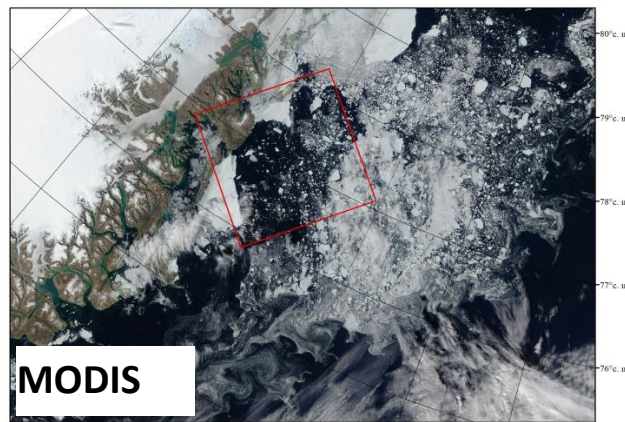
ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ ДАННЫХ СМР

Методика судовых наблюдений ААНИИ

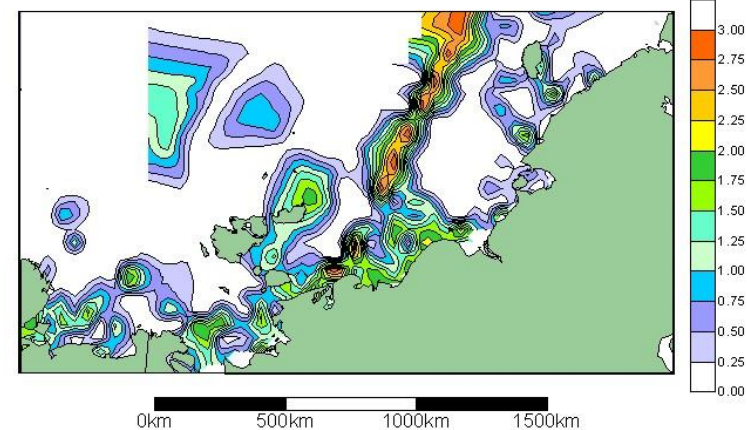
- ! Непрерывные, круглосуточные.
- ! Однородные ледовые зоны.
- ! Деление области вокруг судна: «в районе» и «по пути».



Обзорные ледовые карты ААНИИ



Снимки в видимом диапазоне

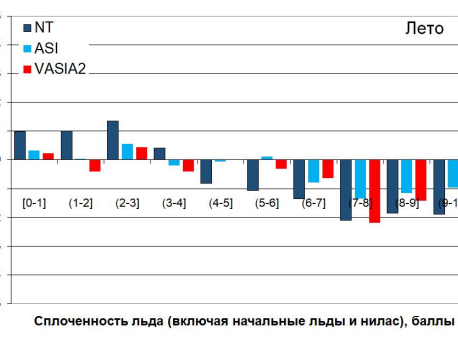
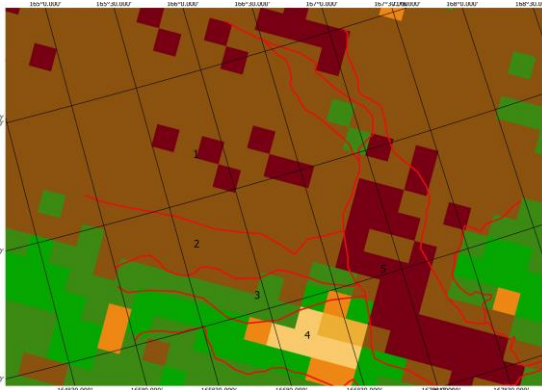
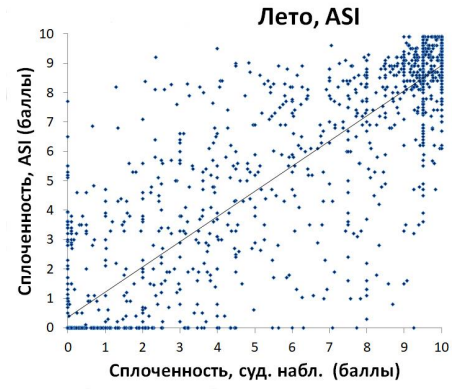
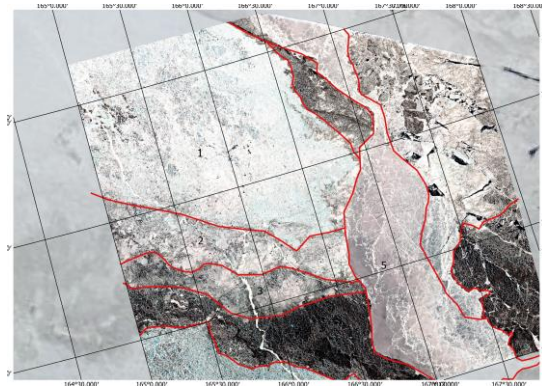
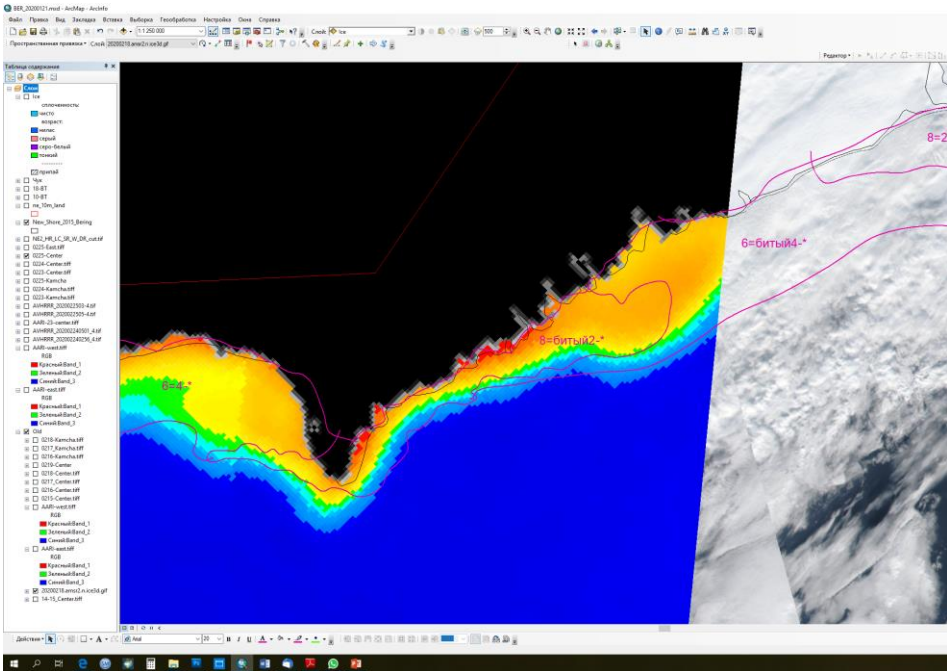


Загрязненность льда по данным ледовой авиаразведки, 1953-1976 гг.
 (обобщенные данные предоставлены Смоляницким В.М.)

ВЫВОДЫ

1. Данные спутниковой микроволновой радиометрии не следует анализировать исключительно как самостоятельный продукт для важных оперативных, практических и некоторых научных задач. Их нужно дешифровать также, как и другие виды спутниковой информации, путем сравнения с другими источниками данных для каждого конкретного времени года и региона исследований.

2. Для каждого алгоритма необходимо провести сравнение с другими спутниковыми данными и натурными данными. В дальнейшем, при применении каждого из алгоритмов следует учитывать выявленные ошибки.



**Спасибо за
внимание!**

