



«Современные комплексные исследования высоких широт Арктики»
IV Международной научно-деловой конференции «POLAR-2026»

**Основные особенности изменения площади льдов в Северном
Ледовитом океане за последние десятилетия**

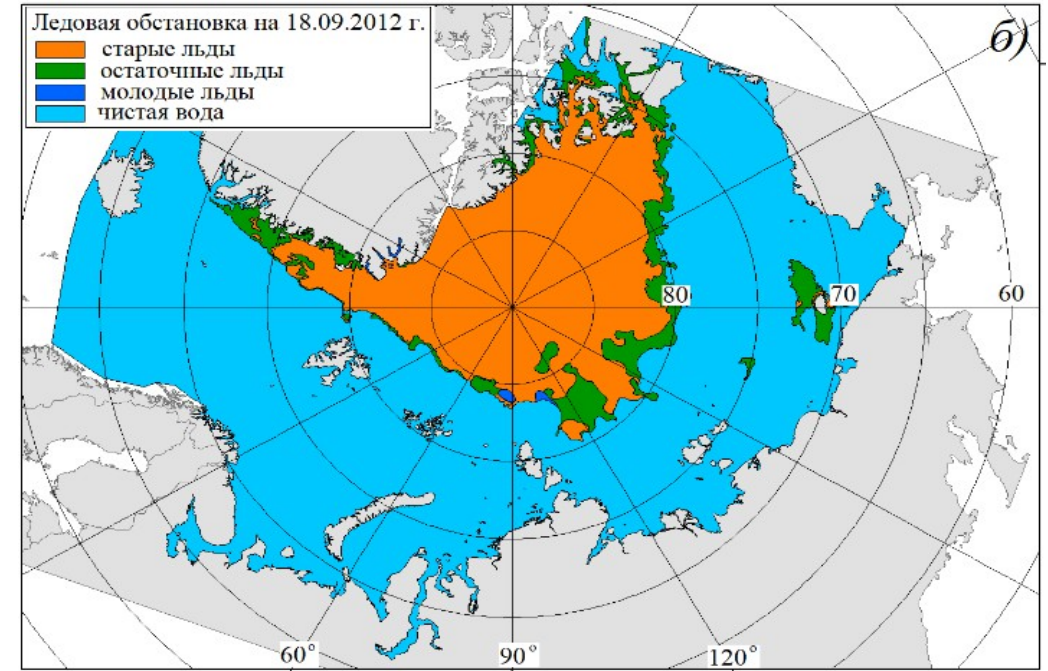
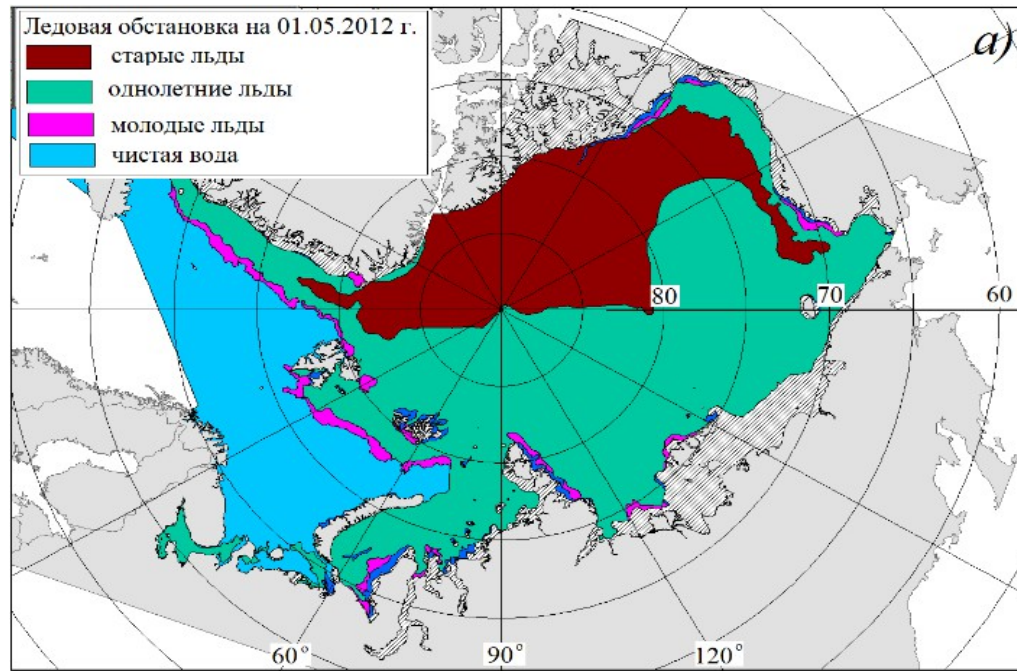
Юлин А.В., Иванов В.В., Шевелева Т.В., Козловский Е.В.
ФГБУ «АНИИ»

19 мая 2026
Санкт-Петербург



Изменчивость площади ледяного покрова СЛО в сезонном цикле

Распределение ледяного покрова в СЛО в мае (а) и в середине сентября (б) 2012 г.

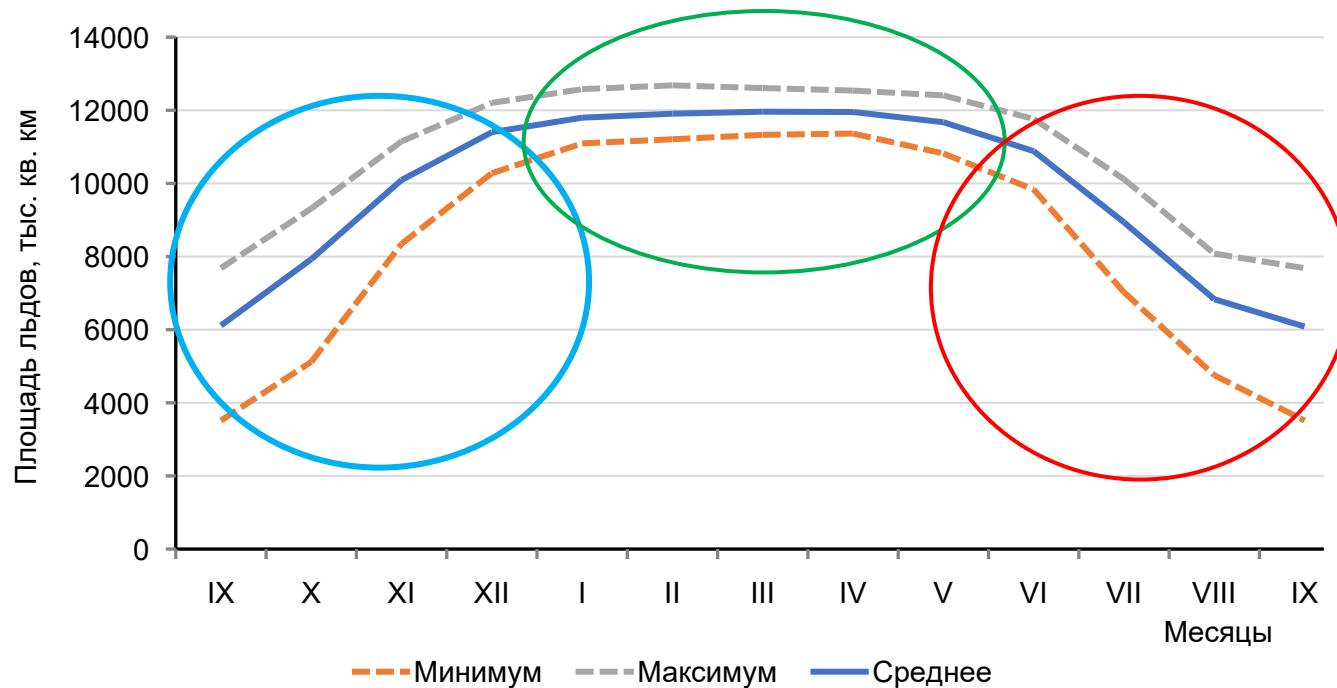


Среднемесячные значения площади ледяного покрова в СЛО в течение 2012 года, тыс. кв. км

Год	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2011/2012	4500	6301	9368	10732	11230	11207	11448	11600	11222	9954	7553	4754	3515



Особенности изменения площади ледяного покрова в течение сезонного цикла

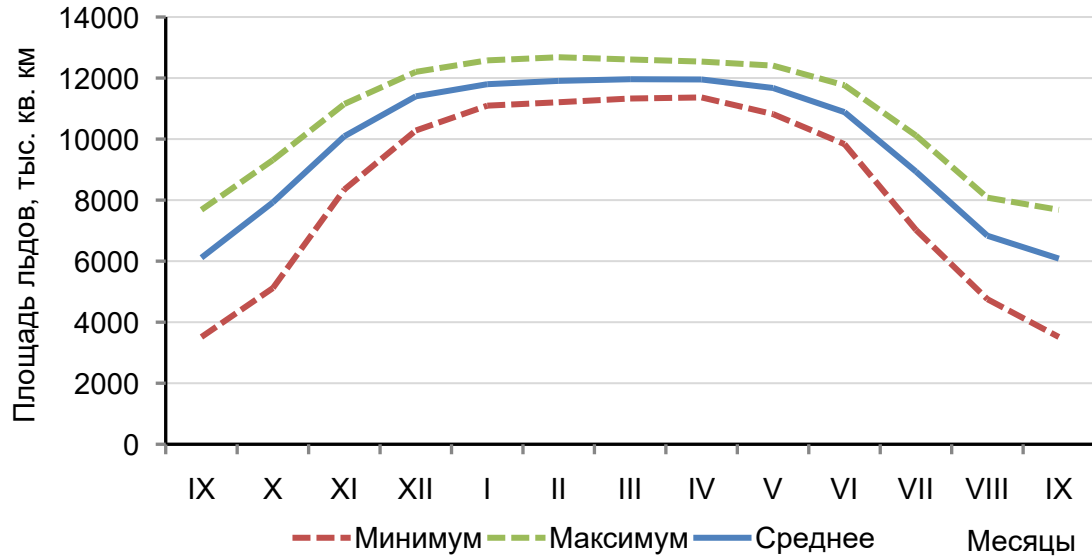


Изменение площади льда в СЛО в годовом цикле имеет хорошо выраженный сезонный ход, в котором можно выделить три основных периода:

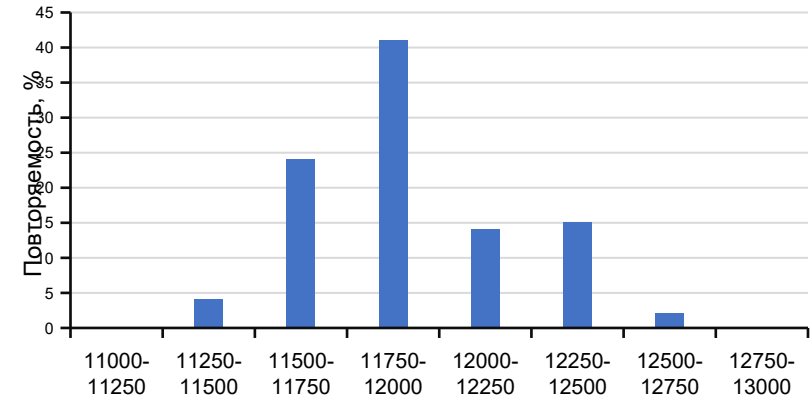
- период интенсивного осенне-зимнего нарастания площади с октября по декабрь (3 месяца)
- период незначительного зимнего нарастания площади, с января по апрель (4 месяца)
- период весенне-летнего сокращения площади с мая по сентябрь (5 месяцев)



Сезонный ход изменения площади ледяного покрова в СЛО

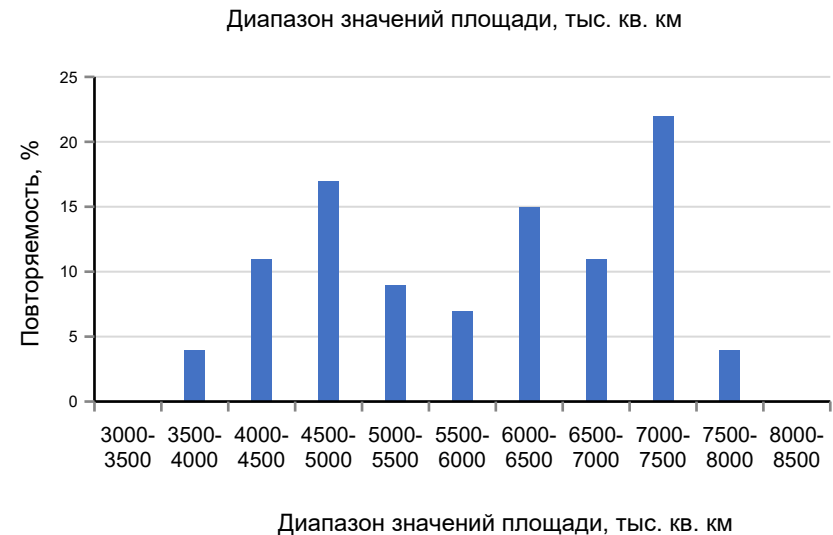


Гистограмма плотности вероятности значений площади СЛО в апреле (сверху) и в сентябре (снизу).
Аппроксимация полиномиальным трендом.



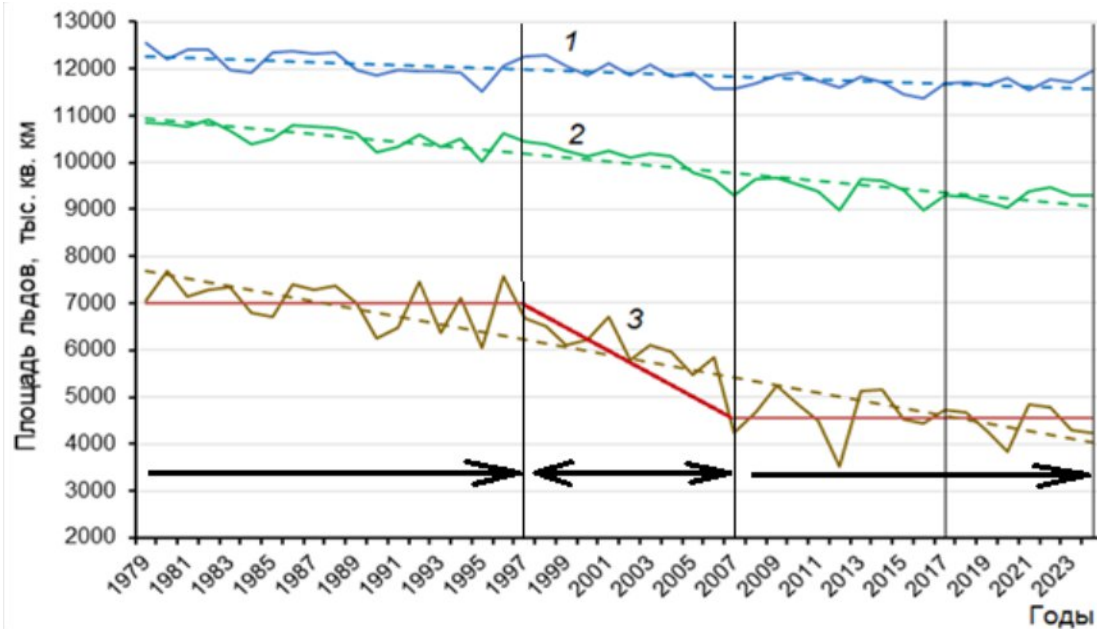
Среднемесячные значения площади льдов в СЛО и их основные статистические характеристики за ряд наблюдений с 1979 по 2025 гг., тыс.кв.км

Статистическая характеристика	Месяцы												
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Среднее	5867	7646	9937	11297	11745	11857	11925	11920	11634	10767	8731	6609	5867
Минимум	3515	5118	8348	10281	11095	11207	11329	11365	10819	9834	7025	4754	3515
Максимум	7682	9312	11150	12202	12579	12682	12608	12539	12407	11764	10116	8081	7682
Амплитуда	4168	4194	2802	1921	1484	1475	1279	1175	1588	1930	3091	3327	4168
Станд. откл.	1200	1202	704	498	373	356	285	285	333	555	907	1044	1200

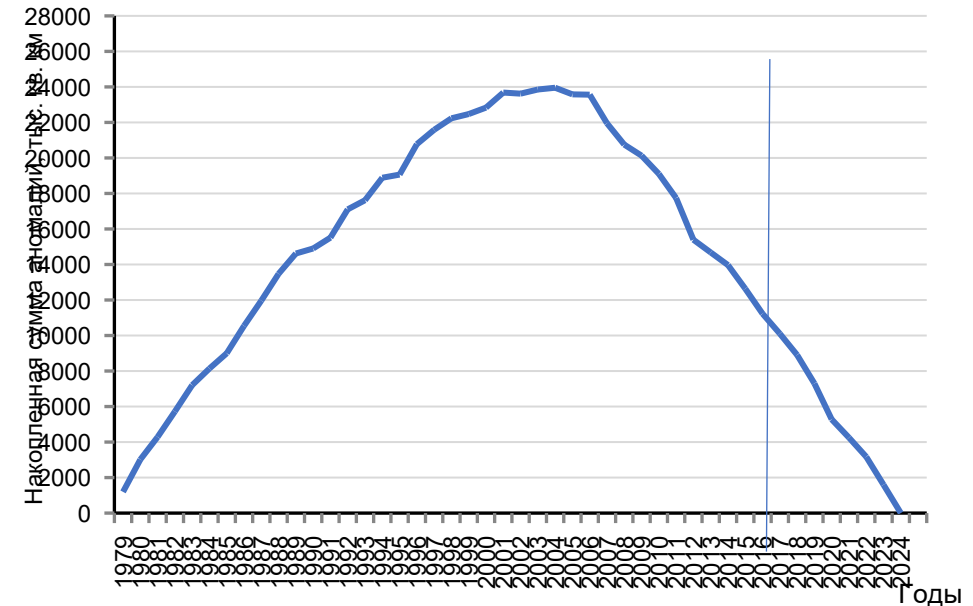




Межгодовые изменения площади льдов в СЛО в конце холодного (апрель) и в конце теплого (сентябрь) сезона года



1 – площадь льдов в апреле, 2 – среднегодовая площадь льдов, 3 – площадь льдов в сентябре



- Первый период 1979–1997 гг. (продолжительность 19 лет), в течение которого отмечались колебания остаточной ледовитости с повышенным фоном. В этот период площадь ледяного покрова в сентябре в среднем составляла около 7,0 млн. км², с межгодовыми колебаниями $\pm 0,8$ млн. км².
- Второй период 1998–2007 гг., (продолжительность 10 лет), выделяется обвальным уменьшением площади льдов в сентябре. За этот короткий период, который хорошо подпадает под определение «полярного усиления», площадь льдов в сентябре сократилась в среднем с 7,0 до 4,5 млн. км², уменьшаясь каждый год в среднем по 250 тыс. км²/год.
- Третий период, с 2008 г. и по настоящее время (продолжительность 18 лет). В этот период тенденция на уменьшение площади ледяного покрова прекратилась. Изменения площади льдов представляют собой колебания с пониженным фоном ледовитости, на уровне около 4,5 млн. км², с межгодовыми отклонениями $\pm 0,8$ млн. км².



Межгодовые изменения циркуляции атмосферы, метеорологические условия полярного района Арктики и площади льдов в СЛО.

Границы циркуляционных стадий атмосферных макропроцессов и средние значения аномалий температуры воздуха в широтном поясе 70°- 85° с.ш. за период 1979 по 2024 гг.

Стадии	Макропроцесс	ΔT °C
1979 - 1987	Е – Н	- 0,5
1988 - 1995	Е – Н/В	- 0,1
1996 - 2004	(С+W) – В	0,6
2005 - 2012	(W+ Е) – В	2,1
2013 - 2024	(Е+W) – В	3,1

Примечание:

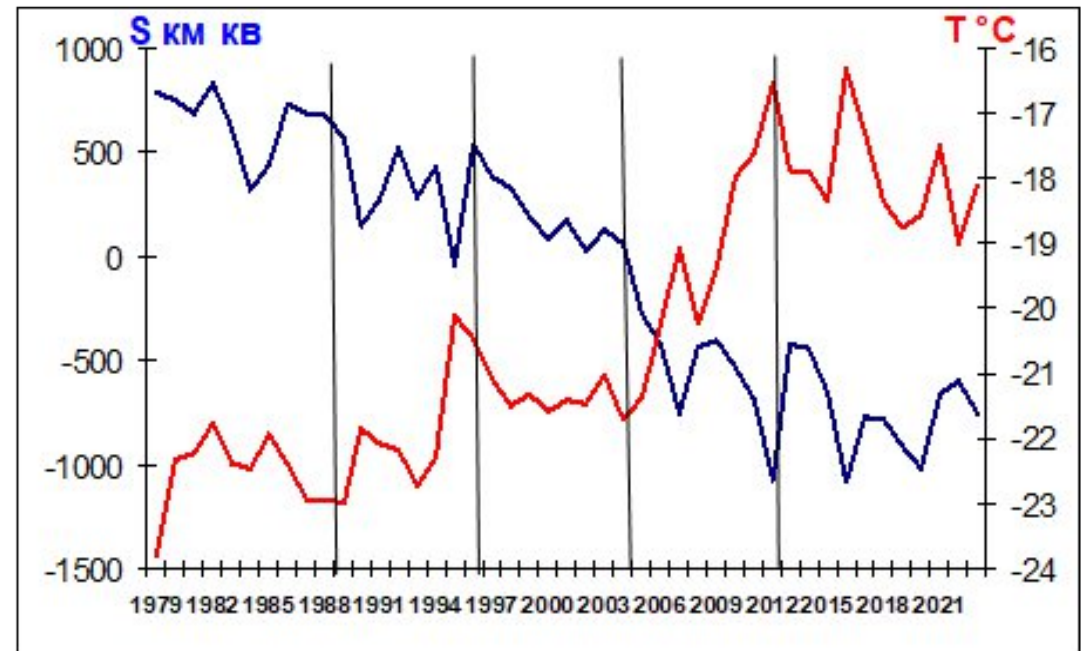
Индексы форм циркуляции:

W – западная; Е – восточная; С – меридиональная/

Траектории циклонов:

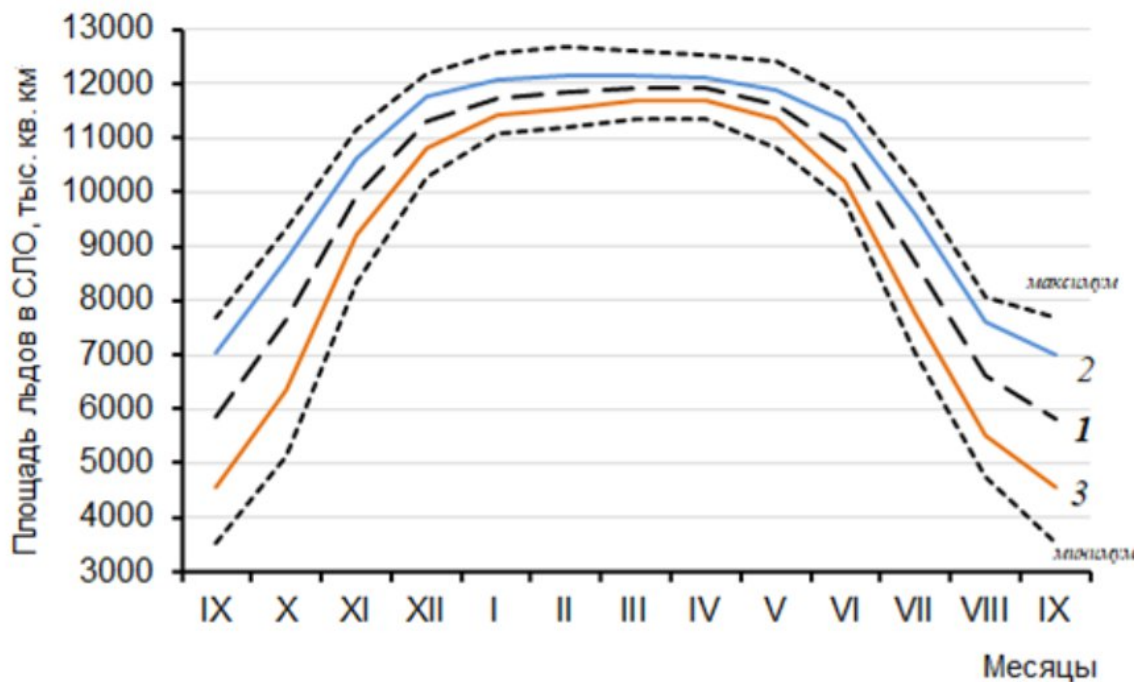
В — высокоширотные; Н — низкоширотные.

Межгодовые колебания средней температуры воздуха холодного периода (октябрь — апрель) в широтной зоне 70 – 85°с.ш. и площади льдов СЛО в сентябре.





Изменения в сезонном ходе площадей ледяных массивов в периоды повышенной и пониженной ледовитости



Условные обозначения:
 1 – среднее значение за период 1979–2025 гг.
 2 – среднее значение за период 1979–1997 гг.
 3 – среднее значение за период 2008–2025 гг.

Изменения в сезонном ходе площади льдов в СЛО в период 2008-2025 гг. :

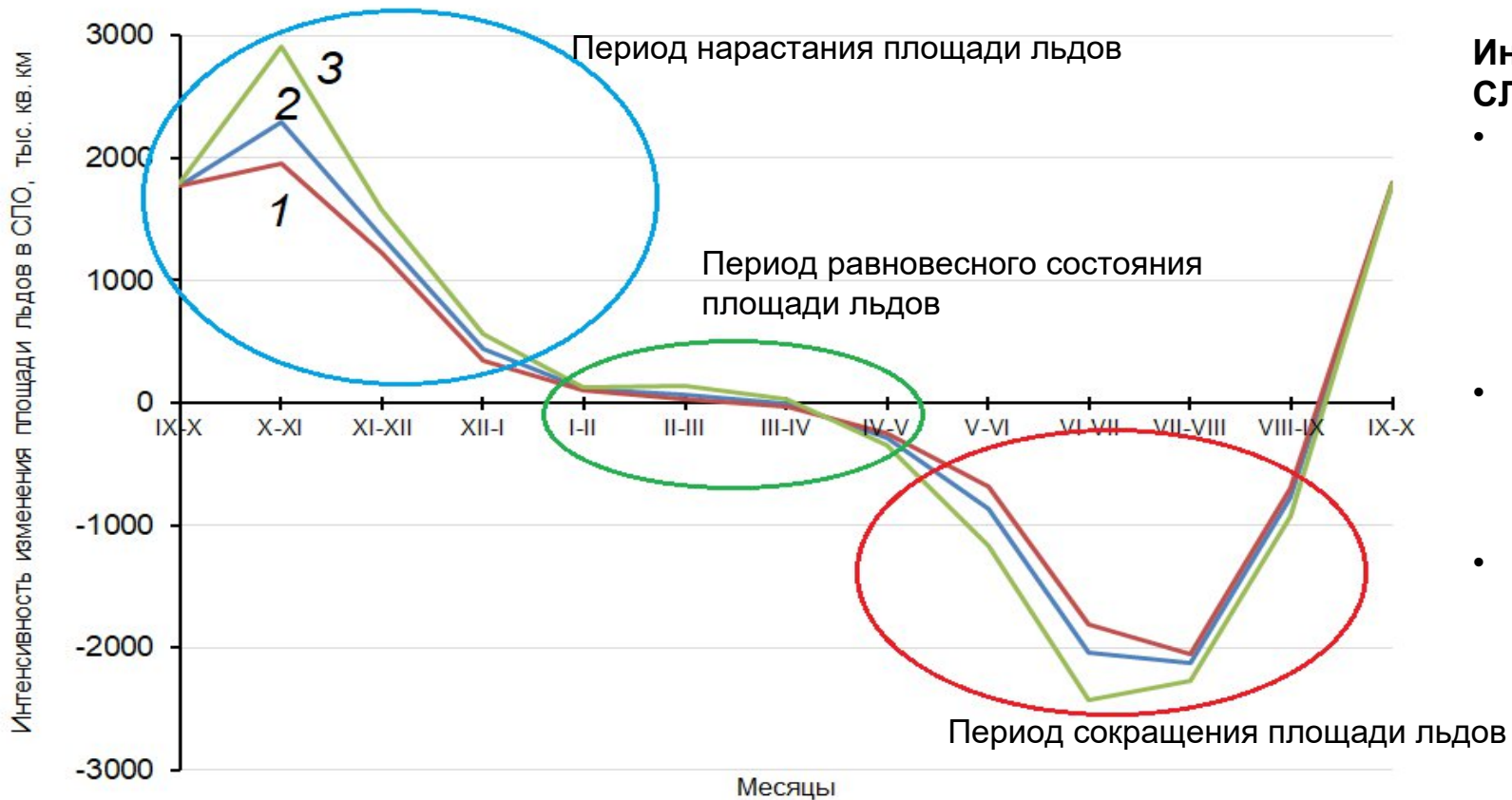
- общая площадь льдов в течение всего года изменилась в сторону уменьшения, но неравномерно по сезонам года: на 4–5 % в осенне-зимний и на 28–35 % в весенне-летний период;
- площадь льдов, участвующих в ледовом балансе, и площадь акватории океана, ежегодно очищающейся в летний и покрывающейся льдом в осенне-зимний период, возросла с 5000 до 7000 тыс. кв. км, или почти на 2400 тыс. кв. км (на 35 %).

Изменения площади льдов в СЛО за периоды 1979–1997 гг. и 2008–2025 гг., тыс. кв. км. :

Период	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1979–2025	7646	9937	11297	11745	11857	11925	11920	11634	10767	8731	6609	5837
1979–1997	8768	10612	11780	12059	12143	12143	12125	11884	11302	9598	7598	6997
2008–2025	6368	9222	10809	11413	11536	11673	11705	11356	10194	7773	5501	4578
Изменения площади	-2400	-1381	-962	-647	-606	-470	-419	-528	-1108	-1824	-2097	-2419
Изменения площади в %	-27	-13	-8	-5	-5	-4	-3	-4	-10	-19	-28	-35



Интенсивность изменения площади ледяного покрова СЛО в годовом цикле за периоды 1979–1997 гг. и 2008–2025 гг.



Интенсивность изменения площади льдов в СЛО:

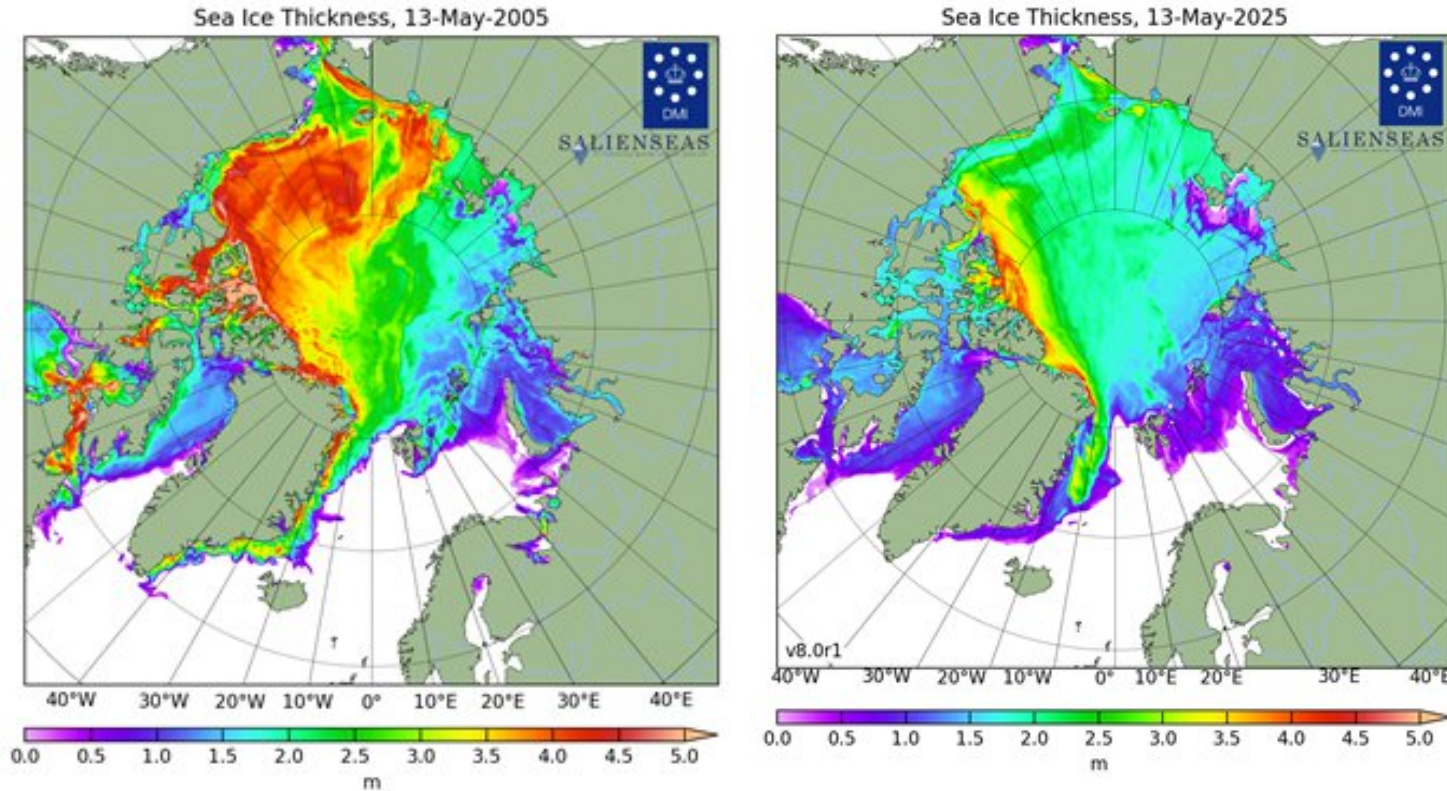
- в осенний период наблюдается рост интенсивности появления молодых льдов, например, с октября по ноябрь площадь молодых льдов увеличилась с 2000 до 3000 тыс. кв. км (абсолютный максимум в 2022 г составил 3560 тыс. кв. км);
- в период с января по апрель ход интенсивности изменения площади льда за рассматриваемые периоды практически не изменяется;
- в летний период наблюдается сдвиг пика сокращения площади льдов от августа к июлю, а также увеличение интенсивности сокращения площади льдов, например, с июня по июль увеличилась с 1800 тыс. кв. км до 2400 тыс. кв. км.

Интенсивность изменения площади льдов в СЛО

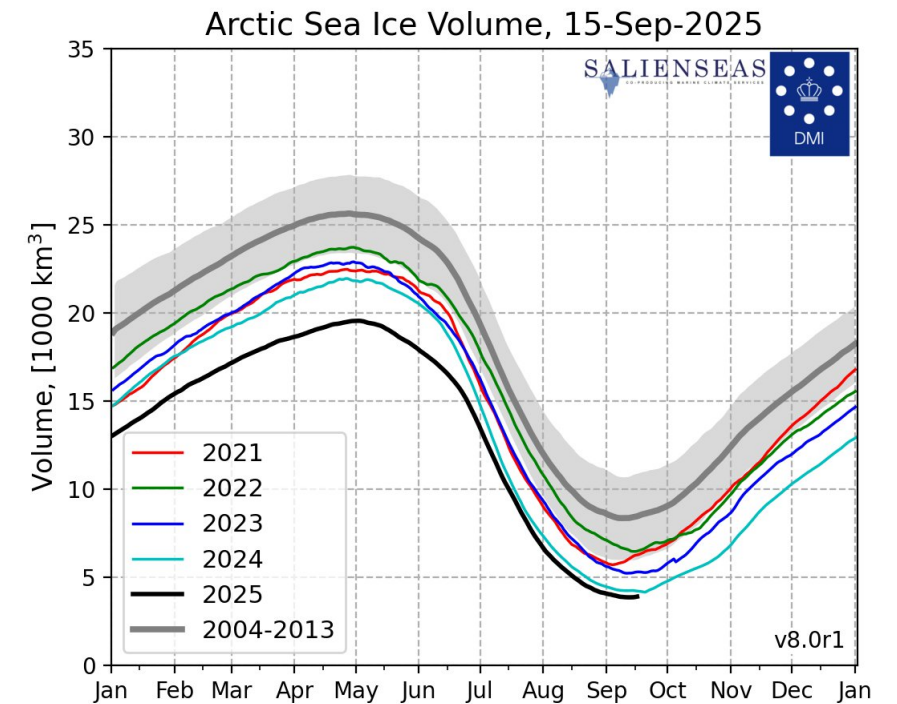
- 1 среднемноголетнее значение за 1979–1997 гг.
- 2 среднемноголетнее значение за 1979–2025 гг.
- 3 среднемноголетнее значение за 2008–2025 гг.



Оценка толщины и объемов льда в СЛО в мае за разные годы



Поля распределения средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института 15.09.2025 г.



Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института за в середине мая 2005 и 2025 гг.

Площадь остаточных льдов в сентябре в период 1979-1997 гг. – около 7,0 млн км. кв.

Площадь остаточных льдов в сентябре в период 2008-2025 гг. – около 4,5 млн км. кв.



Долгосрочный прогноз площади остаточных льдов в СЛО на сентябрь 2026 года

Прогноз на: 2026 год Ледовитость СЛО на сентябрь Год начала расчета: 1979 Дата расчета: 1 февраля

Предикторы:

Приземное давление и разность на створах:

D X no

D XI no

D XII no

D I no

Приземная температура воздуха:

TV X no

TV XI 63 0,78

TV XII no

TV I no

Сумма градусодней мороза:

SG I 63 0,80

Площадь льдов в СЛО на момент составления прогноза:

DP 1 Площадь СЛО I КК 0,82

параболическая модель: 964,24

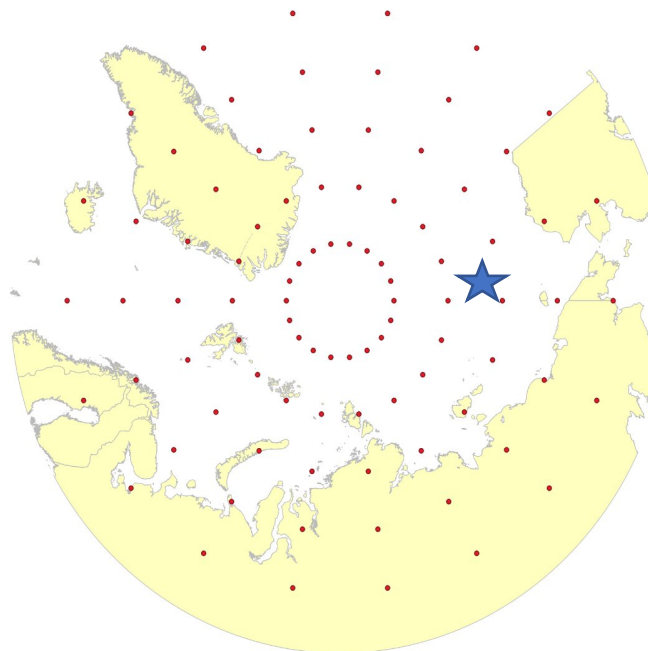
$$y = -21,546304x^2 + (-768,752901)x + (5854,465132)$$

прогностическое значение: **5252,19**

уравнение множественной регрессии

$$y = -13313,076160 + (-25,025651)X_1 + (-0,914368)X_2 + (1,391502)X_3$$

прогностическое значение: **4757,83 (9-ое место в ранге минимумов – больше , чем в 2025 г)**



Год	Значение
2020	3838
2019	4257
2024	4272
2023	4287
2016	4453
2018	4657
2025	4714
2017	4738
2026	4758
2022	4782
2021	4832

Площадь льдов в сентябре:

- **Более 6,0 млн. кв. км** – сложные ледовые условия (акватории ряда морей не очищаются ото льдов);
- **4,5–6,0 млн. кв. км** – средние ледовые условия (локальные участки ряда морей не очищаются ото льдов);
- **Менее 4,5 млн. кв. км** – легкие ледовые условия (акватории всех морей свободны ото льда).



Выводы:

В период 2008–2025 гг. произошли следующие изменения в площади ледяного покрова в СЛО:

1. В межгодовой изменчивости площади ледяного покрова выделяются три периода:

- **период 1979–1997 гг. (продолжительность 19 лет)**, в течение которого отмечались колебания с повышенным фоном ледовитости – около 7,0 млн. км² и с межгодовыми колебаниями $\pm 0,8$ млн. км²;
- **период 1998–2007 гг. (продолжительность 10 лет)**, выделяется обвальным уменьшением площади льдов в сентябре. Площадь льдов в сентябре сократилась в среднем с 7,0 до 4,5 млн. км²;
- **период с 2008 г. и по настоящее время (продолжительность 18 лет)**. В этот период тенденция на уменьшение площади ледяного покрова прекратилась. Изменения площади льдов представляют собой колебания с пониженным фоном ледовитости – на уровне около 4,5 млн. км², с межгодовыми отклонениями $\pm 0,8$ млн. км².

2. Период с 2008 г и по настоящее время, длительность которого, на данный момент, составляет 18 лет, позволяет сделать предположение, что это не кратковременная «климатическая пауза» в дальнейшем сокращении площади льдов в СЛО, а достаточно устойчивый период, сформировавшийся в результате установившегося баланса поступающей и расходуемой тепловой энергии в океане.

3. В период 2008-2025 гг. в сезонной изменчивости площади льдов наблюдается три характерных и значимых изменения:

- Значительный рост площади вновь появившихся в осенний сезон. Например, за период октябрь – ноябрь площадь молодых льдов увеличилась с 2000 до 3000 тыс. кв. км;
- Произошел сдвиг пика сокращения площади льдов в летний сезон с августа на июль;
- Увеличение интенсивности сокращения площади льдов. Например, за период июнь–июль с 1800 тыс. кв. км до 2400 тыс. кв. км.
- Наблюдается дальнейшее замещение старых льдов однолетними льдами. Так, например, площадь остаточных льдов между периодами повышенного и пониженного фона ледовитости сократилась с 7000 до 4500 тыс. кв. км.



Спасибо за внимание!



199397, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, УЛ. БЕРИНГА, Д.38, ЛИТЕРА А

ТЕЛ.: (812) 337-31-54 ДОБ. 156

E-MAIL: ICEFOR@AARI.RU

WEB-SITE: HTTP:// WWW.AARI.RU