



Вторые научные чтения памяти Георгия Вадимовича Грузы
«СТАТИСТИЧЕСКАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ
КЛИМАТА»



Алексеев Г.В.

Статистическая климатология потепления в Арктике

Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля
12 марта 2026
Москва, РФ

СОДЕРЖАНИЕ

1. ДОСТИЖЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ КЛИМАТОЛОГИИ В АРКТИКЕ

1.1 Арктическое усиление потепления

1.2 О роли морского льда

1.3 Влияние из низких широт

1.4 Климатическое прогнозирование

2. ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Причины глобальных аномалий 2023 -2024х гг.

2.2 Внешние факторы Эль-Ниньо

1.1 Роль междуширотного обмена в Арктическом усилении

- Арктическое усиление в значительной степени является свойством изменчивости температуры воздуха на земном шаре, формируемым вихревым обменом в атмосфере в присутствии разности температуры между экватором и полюсом и тренда, которые поддерживаются внешним воздействием.
- Обменом объясняется 54 % АА в области 90-60° с.ш. и 28 % в области 90-70° с.ш. в среднем за год
- В границах обмена 93% АА в области 90-60сш и 74% в области 90-70сш

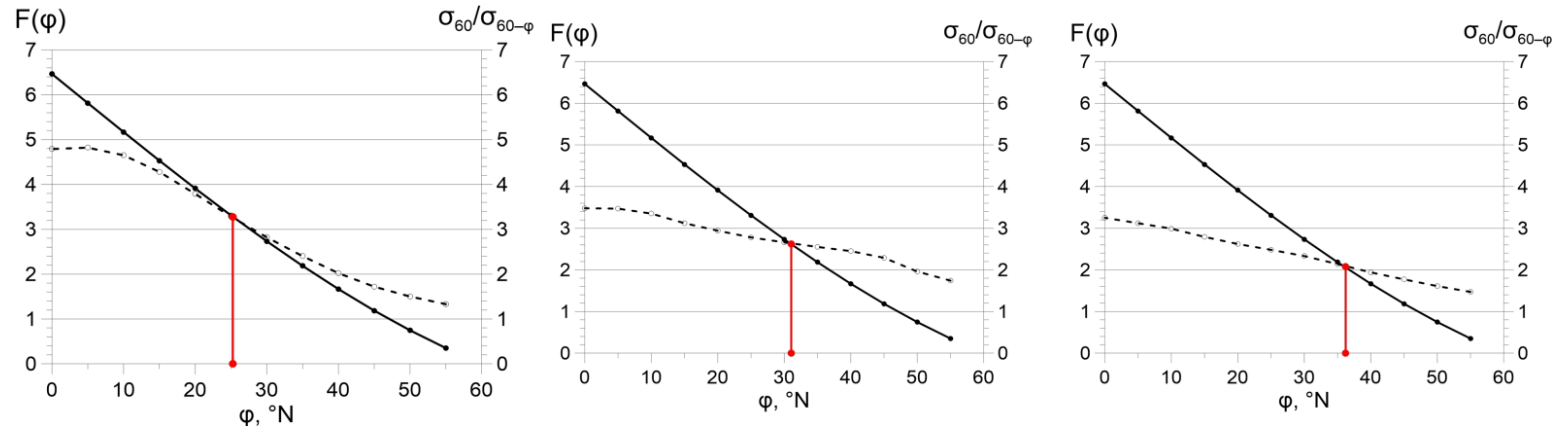
Публикации:

1. Алексеев, Г.В., Харланенкова, Н.Е., Вязилова, А.Е. (2023) Арктическое усиление: роль междуширотного обмена в атмосфере. Фундаментальная и прикладная климатология, т. 9, №1, с. 13-32, doi:10.21513/2410-8758-2023-1-13-32.
2. Alekseev G. V., N. E. Kharlanenkova , and A. E. Vyazilova. Arctic Amplification: Interlatitudinal Exchange Role in the Atmosphere. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2023, Vol. 59, Suppl. 2, pp. S103–S110. © Pleiades Publishing.

В модели однородной атмосферы одинаковой высоты над полушарием без обмена с подстилающей поверхностью, отношение СКО температуры воздуха в полярной области ($90 \div \varphi_N$) к СКО температуры в прилегающей ($\varphi_N \div \varphi_S$) в результате обмена между ними будет:

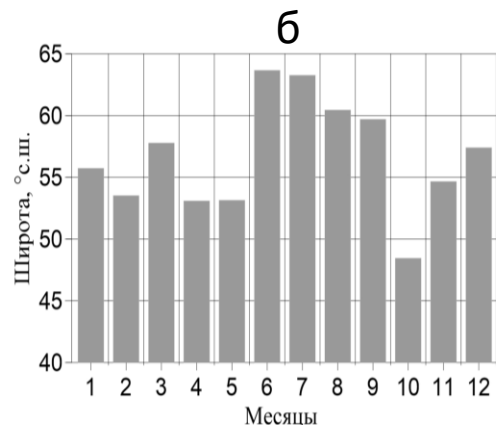
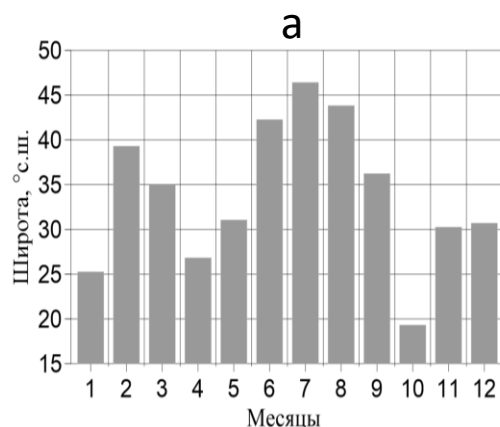
$$\frac{\sigma_{\varphi_N}}{\sigma_{\varphi_S}} = \frac{\sin\varphi_N - \sin\varphi_S}{1 - \sin\varphi_N} = F(\varphi) \tag{1}$$

В реальной атмосфере отношение СКО температуры воздуха смежных областей отличается от отношения в формуле (1)



Теоретические $F(\varphi)$ (сплошная линия) и фактические отношения СКО (пунктир) среднемесячной температуры воздуха в январе, мае и сентябре в приполюсной ($90-60^\circ$ с.ш.) и прилегающих ($60-\varphi^\circ$) областях Северного полушария.

Граница обмена между полярной и прилегающей областями или широта, до которой в среднем распространяется полярный воздух

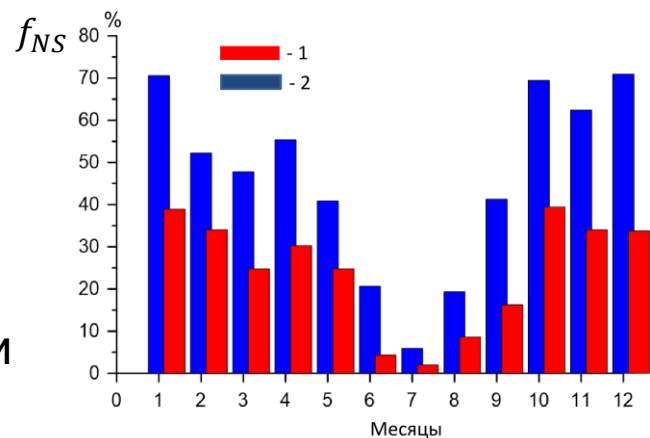


Широты точек пересечения теоретических и фактических отношений СКО средней приповерхностной температуры воздуха в областях а) $90 \div 60^\circ\text{сш}$, б) $90 \div 70^\circ\text{сш}$ и в прилегающих с юга областях ($60 \div 0$) и ($70 \div 0$).

Вклад обмена в арктическое усиление

$$F_0 = \frac{a_N}{a_S}; \quad F_1 = \frac{R a_N}{R a_S} \frac{S_S}{S_N}.$$

$$f_{NS} = 100 - \frac{100}{F_1 - 1} \times (F_1 - F_0)$$



а – тренд, S – площадь, R – к-т детерминации

Вклад (%) обмена между полярными и прилегающими с юга областями Северного полушария в усиление тренда температуры воздуха в полярной области за 1989-2020гг.

1.2 Влияние летнего сокращения морских льдов на арктическое усиление

Тренд на потепление в Арктике уменьшается в мае–июле на 25% над акваторией СЛО и на 38% над морями СМП.

В ноябре и январе тепло от увеличивающегося нарастания льда увеличивает тренд температуры воздуха над СЛО на 4 и 14%, а над морями СМП на 13 и 10%, соответственно.

Публикации

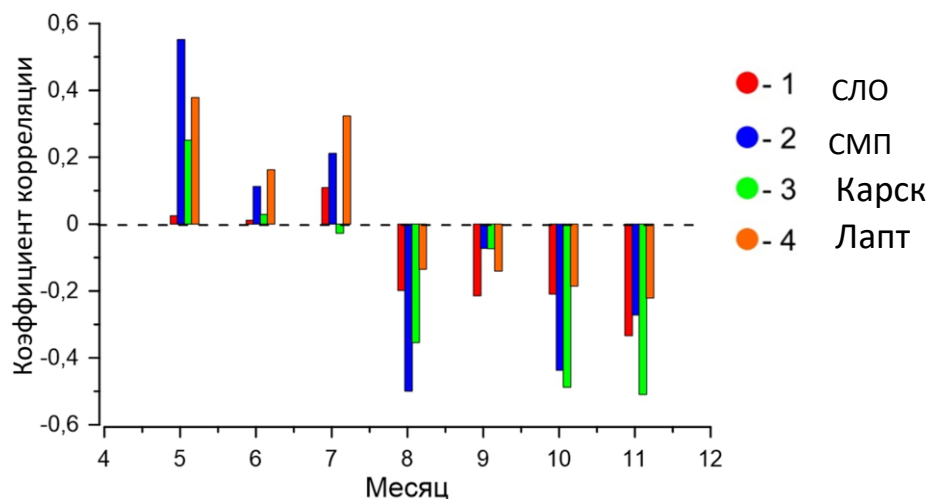
Alekseev G. V., N. E. Kharlanenkova. On a relation between shrinking of sea ice coverage and climate warming in the marine Arctic *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, Volume 60, pages S290–S297 13 March 2025.

Алексеев Г.В., Н.Е. Харланенкова. Связь между сокращением морских льдов и ростом температуры воздуха в морской Арктике. *ЛЁД И СНЕГ*, 2024, № 1, с. 96–105.

Таблица 1. Тренды межмесячных разностей ледовитости ($dS, 10^3 \text{ км}^2/\text{год}$) и температуры воздуха ($dT, \text{ град}/\text{год}$) на акваториях СЛО, СМП, морей Карского и Лаптевых за 1989-2020 гг Жирным шрифтом выделены значимые по Фишеру на 95% уровне значения трендов.

Месяц	Ледовитость, S,				Температура, T			
	СЛО	СМП	КМ	МЛ	СЛО	СМП	КМ	МЛ
5	-6,94	-2,27	-0,70	-0,16	-0,039	-0,084	-0,104	-0,104
6	-23,47	-11,00	-5,98	-2,52	-0,007	0,001	-0,010	0,002
7	-31,89	-22,22	-8,28	-6,36	-0,012	-0,020	-0,013	-0,048
8	-14,40	-5,15	1,50	0,31	0,016	0,022	0,031	0,049
9	-10,19	0,84	3,38	-1,07	0,017	0,037	0,044	0,034
10	-6,47	-17,97	-6,79	-3,43	0,084	0,122	0,157	0,136
11	49,44	35,85	6,24	12,84	0,006	0,028	0,004	0,012

Корреляция между внутрисезонными изменениями ледовитости и температуры воздуха



1.3 Влияние из низких широт на изменения климата в Арктике.

- Основной вклад в потепление Арктики принадлежит растущим притокам тепла и влаги.
- Источники располагаются в низких широтах, где в океане накапливается тепло при росте инсоляции и светимости Солнца.
- Аномалии ТПО в тропиках вызывают спустя 2-3 года климатические изменения в Арктике.
- Сравнение изменений температуры поверхности океана и атмосферных параметров в низких широтах с изменениями температуры поверхности моря, морского льда и атмосферных параметров в высоких широтах подтверждает эту взаимосвязь.

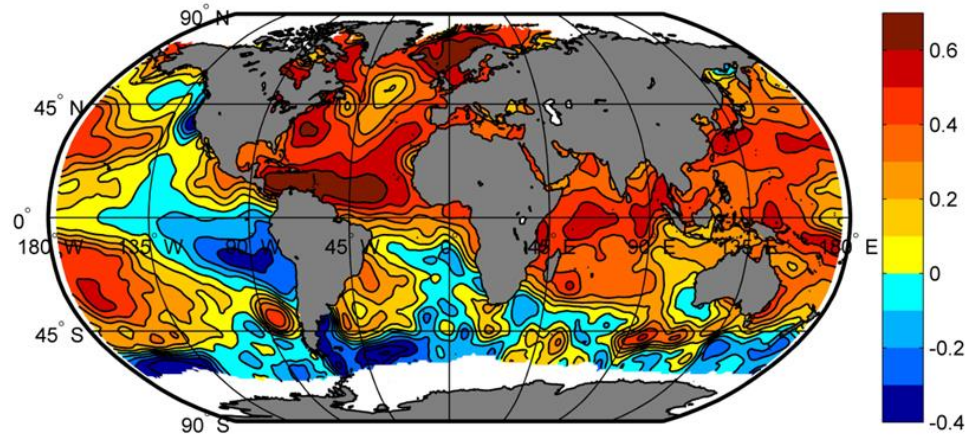
Публикации

Alekseev, G.V, Kuzmina, S., Bobylev, L., Urazgildeeva, A., Gnatiuk, N. 2019. Impact of atmospheric heat and moisture transport on the Arctic warming. *Int J Climatol* ., 1–11. <https://doi.org/10.1002/joc.6040>.

Alekseev G. V, Glok N. I., Vyazilova A. E., Kharlanenkova N. E. 2020. Climate change in the Arctic: causes and mechanisms. – *IOP Conference Series*, EES 606, EESE6061(002).

Alekseev, G.V.; Glok, N.I.; Vyazilova, A.E.; Kharlanenkova, N.E.; Kulakov, M.Y. Influence of SST in Low Latitudes on the Arctic Warming and Sea Ice. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9, 1145. <https://doi.org/10.3390/jmse9101145>.

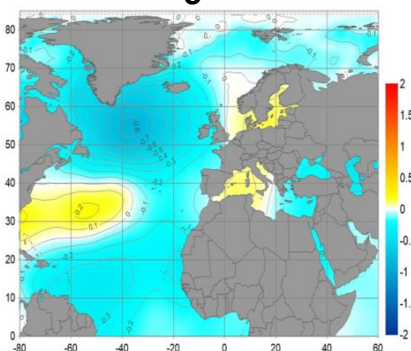
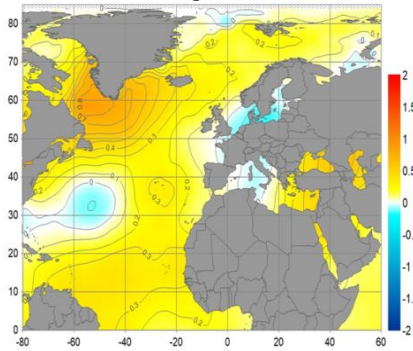
Боле всего влияет ТПО из тропиков Северной Атлантики



Распространение влияния ТПО из низких широт в Арктику

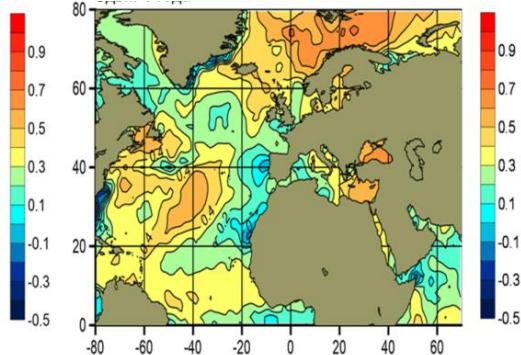
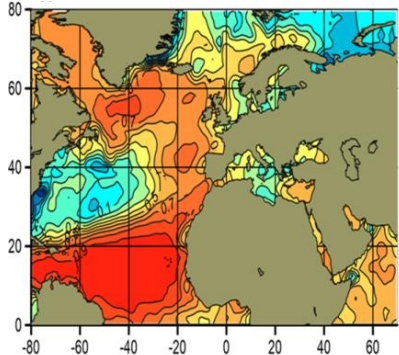
а

б



в

г



верхняя панель – аномалии ТПО сопровождавшиеся аномальными значениями индекса САК в 1950-2015 гг.: **(а)** –отрицательными, **(б)** –положительными ;

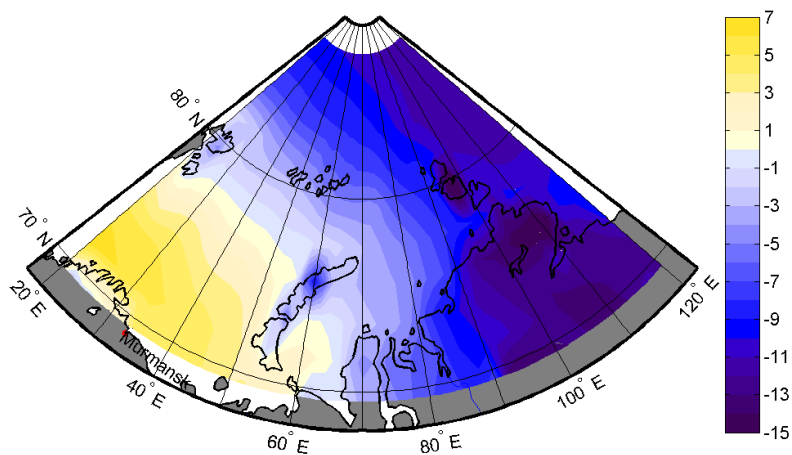
нижняя панель – корреляции между ТПО в тропической Северной Атлантике и ТПО на всей акватории в 1980-2015 гг. **(в)** – синхронная корреляция, **(г)** – с запаздыванием на 3 года относительно ТПО в тропической СА.

1.4 Разработка сезонных прогнозов температуры воздуха и морского льда на 3-4 года на основе регрессионных моделей, учитывающих ТПО и уровень океана в низких широтах.

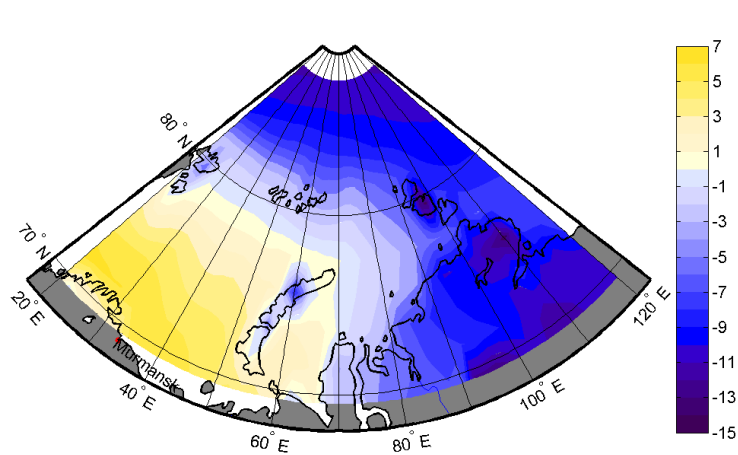
Публикации

- Prokhorova, U.; Alekseev, G.; Vyazilova, A. Regional and Remote Influence on the Sea Ice in the Kara Sea. J. Mar. Sci. Eng. 2023, 11, 254.
- Alekseev, G.; Soldatenko, S.; Glok, N.; Kharlanenkova, N.; Angudovich, Y.; Smirnov, M. Tropical Sea Surface Temperature and Sea Level as Candidate Predictors for Long-Range Weather and Climate Forecasting in Mid-to-High Latitudes. Climate 2025, 13, <https://doi.org/10.3390>
- Алексеев Г. В., Солдатенко С. А., Глок Н. И. Температура поверхности и уровень океана в низких широтах и Северный морской путь // Океанологические исследования. 2025. № 53 (2). С. – . [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(2\).XX](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(2).XX)
- Soldatenko, S.; Alekseev, G.; Angudovich, Y. On the Links Between Tropical Sea Level and Surface Air Temperature in Middle and High Latitudes. Atmosphere 2025, 16, 913. <https://doi.org/10.3390/atmos16080913>.

Фактическая (2024 г.) и расчётная (2027г.) осенняя температура воздуха в морской Арктике

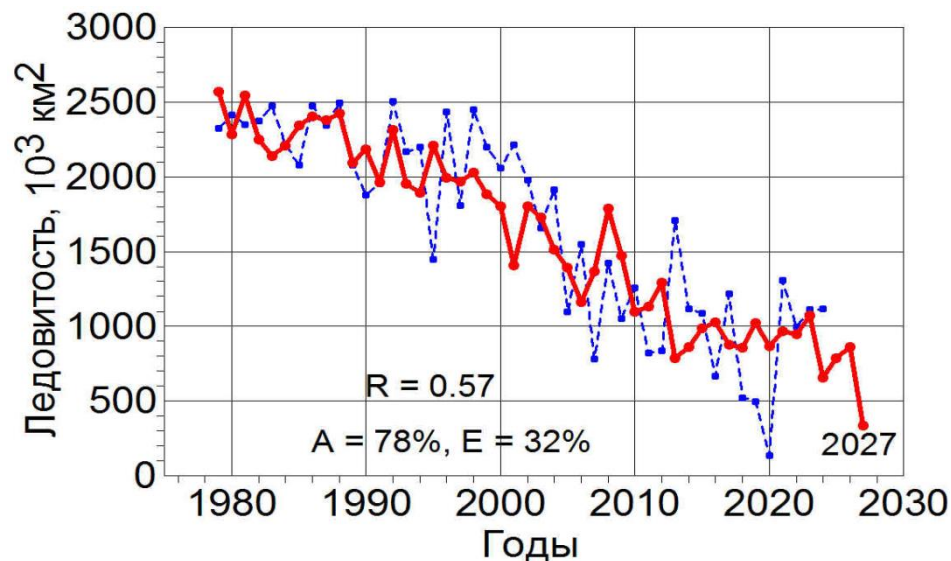


2024



2027

Расчётная (1979-2027 гг.) и фактическая (1979 – 2024г.) ПМЛ на акватории СМП в октябре



2. ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Причины глобальных аномалий температуры воздуха
и 2.2. Причины событий Эль-Ниньо –
Аномальная светимость Солнца и облачность в тропиках