

ВЛИЯНИЕ ПРИЭКВАТОРИАЛЬНОЙ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ НА ПОТЕПЛЕНИЕ И СОКРАЩЕНИЕ ПЛОЩАДИ МОРСКОГО ЛЬДА В АРКТИКЕ

д-р геогр. наук Г.В. АЛЕКСЕЕВ, канд. геогр. наук Н.И. ГЛОК

*ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, e-mail: alexgv@aari.ru*

Выполнено исследование влияния аномалий температуры воды на поверхности океана (ТПО) в низких широтах Северной Атлантики на морской ледяной покров и температуру воздуха в морской Арктике. Используются многолетние ряды температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану, данные о температуре воды на поверхности Атлантического океана, ряды среднемесячной приповерхностной температуры воздуха в морской части Арктики, данные о среднемесячной площади морского льда в Северном Ледовитом океане и в Северном полушарии. Многомерный взаимно-корреляционный анализ использован для определения максимальных коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО и характеристиками климата и соответствующих им запаздываний в пределах 33–38 месяцев. Предложена схема механизма формирования отдаленного влияния аномалий ТПО на аномалии в СЛЮ.

Ключевые слова: Северная Атлантика, аномалии ТПО, Северный Ледовитый океан, морской лед.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы вышла серия работ, посвященных исследованию изменчивости характеристик арктического морского ледяного покрова в приатлантической Арктике под конкурирующим влиянием со стороны атмосферы и океана. В одной из них, в частности, предполагается, что сокращение площади льда и потепление Арктики в 1930-е гг. было связано с увеличением поступления атлантической воды (АВ) в Баренцево море (Smedsrud et al., 2013). Впервые об этом написал В.Ю. Визе (1937), изучавший первое потепление Арктики непосредственно в период его развития. На тесную связь между притоком АВ и распространением морского льда в конце зимы в Гренландском и Баренцевом морях указано и в работах В.Ф. Захарова (1978, 1996).

Эксперименты с глобальной моделью климата (Sandø et al., 2014) подтвердили, что увеличение поступления АВ в Баренцево море оказывает сильное влияние на площадь морского льда (ПМЛ) в результате сокращения ледообразования и что океан влияет на изменения массы льда сильнее атмосферы, как на среднее значение, так и на изменчивость. Поэтому попытки найти устойчивые связи между крупномасштабными модами атмосферной циркуляции, такими как Северо-Атлантическое колебание или Арктическая осцилляция, и площадью морского льда в Баренцевом море не привели к успеху (Smedsrud et al., 2013; Semenov et al., 2015). Предполагается, что на изменчивость ПМЛ в Баренцевом море могут повлиять региональные моды атмосферной циркуляции (Bengtsson et al., 2004; Chen et al., 2013).

В ряде работ на основе экспериментов с моделями общей циркуляции атмосферы было найдено возможное обратное влияние изменений морского ледяного покрова в Арктике на атмосферную циркуляцию за ее пределами (Petoukhov, Semenov, 2010; Семенов и др., 2012; Inoue et al., 2012; Francis, Vavrus, 2012; Liptak, Strong, 2014; Semenov et al., 2015). В то же время Мелешко, Байдин (2013), Байдин, Мелешко (2014) не обнаружили в результатах экспериментов на модели общей циркуляции атмосферы связи между сокращением морского ледяного покрова (МЛП) и холодными зимами в Европе, которые, по их мнению, скорее связаны с изменениями циркуляции атмосферы под влиянием повышения ТПО и усилением меридионального переноса тепла. Также было показано (Meleshko et al., 2016), что ослабление разности температур между экватором и полюсом вследствие арктического усиления потепления недостаточно для роста амплитуды планетарных волн, найденного в работе (Francis, Vavrus, 2012).

Очевидно, что приток АВ в Северо-Европейский бассейн зимой влияет на распространение морских льдов и, соответственно, на изменения площади открытой воды и температуры воздуха в этом регионе Арктики. На остальной акватории, включающей Арктический бассейн и арктические моря на амероазиатском шельфе, покрытые зимой льдом, прямое влияние АВ на площадь МЛП и температуру воздуха в этот период отсутствует. Однако влияние Северной Атлантики на эту часть Арктики может распространяться через поступление теплых и влажных воздушных масс с ее акватории, которые повышают приповерхностную температуру воздуха и замедляют нарастание льда в зимний период. Увеличение атмосферного притока тепла в морскую Арктику зимой через атлантическую часть ее южной границы и его влияние на потепление было недавно установлено в работе (Алексеев и др., 2016а).

Анализ данных наблюдений подтвердил (Алексеев и др., 2016б), что изменения притока атлантической воды определяют основную часть межгодовой изменчивости площади льда, температуры воды и температуры воздуха в Баренцевом море в холодную часть года. При этом обнаружено влияние аномалий температуры воды в экваториальной области Северной Атлантики на характеристики климата Баренцева моря, реакция которых отстает от соответствующих аномалий на срок до четырех лет. В настоящей работе выполнено исследование влияния аномалий ТПО в низких широтах Северной Атлантики на морской ледяной покров и температуру воздуха во всей морской области Арктики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование океанического влияния на сокращение МЛП и потепление в Арктике основано на выполненных ранее исследованиях, на данных реанализов и наблюдений за характеристиками океана, морского льда и атмосферы. Многолетние ряды измерений температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану, представленные среднегодовыми значениями за 1900–2013 гг. и среднемесячными значениями за 1951–2013 гг., послужили ранее исходными данными для исследования влияния притока АВ на климат баренцевоморского района в работе (Алексеев и др., 2016 б). Ряды подготовлены в ПИНРО и размещены на сайте <http://www/pinro.ru/n22/index/phpstructure/labs/labhidro/>.

Для оценки удаленного океанического влияния на изменения характеристик климата Арктики использованы данные о температуре воды на поверхности Атлантического океана из архива HadISST (<http://hadobs.metoffice.com.hadsst/>) с пространственным разрешением $1 \times 1^\circ$ за период с 1951 по 2013 г., а также ряды среднемесячной

температуры воды на поверхности океана в низкоширотных областях Мирового океана с интернет-ресурса <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>. Среднемесячная приповерхностная температура воздуха в морской части Арктики определена по данным наблюдений на 41 станции (Алексеев и др., 2010). Данные о среднемесячной площади морского льда в Северном Ледовитом океане (СЛО) подготовлены в ААНИИ В.М. Смоляницким и помещены на сайте <http://www.aari.ru/datasets>, а данные о среднемесячной площади МЛП в Северном полушарии взяты с интернет-ресурса http://nsidc.org/data/seaice_index/.

Инструментом количественной оценки влияния аномалий ТПО на площадь морского льда и приповерхностную температуру воздуха (ПТВ) послужил многомерный взаимно-корреляционный анализ использованных рядов для определения максимальных коэффициентов корреляции (ρ_{mk}) между аномалиями ТПО и характеристиками климата и соответствующих им запаздываний. Формулу для расчетов можно записать в общем виде

$$(N - k)^{-1} \left[\|T'\| \times \|S'_{mg+k}\|^T \right] = \|\rho_{mk}\|,$$

где $g = 1, 2, \dots, N$ — годы, N — длина ряда, $m = 1, 2, \dots, 12$ — месяцы, $k = 1, 2, \dots, M$ — запаздывание (годы), T — знак транспонирования матрицы.

Области в Северной Атлантике, аномалии ТПО в которых влияют на изменения морского ледяного покрова и температуры воздуха в Арктике

В работе (Алексеев и др., 2016б) были выделены две области, аномалии ТПО в которых влияют на температуру воды и площадь льда в Баренцевом море, — одна в северной части Гольфстрима в районе Ньюфаундленда (32–44° с.ш., 38–64° з.д.) и вторая — в экваториальной области Северной Атлантики (0–20° с.ш., 40–10° з.д.).

В данной работе такой же прием использован для определения областей, аномалии ТПО в которых влияют на межгодовые колебания площади морского льда и приповерхностную температуру воздуха в морской Арктике. Результаты представлены на рис. 1 цвет. вклейки, из которого видно, что аномалии ТПО, влияющие на рассматриваемые характеристики, находятся в области 0–25° с.ш., 60–20° з.д., которая в дальнейшем используется как единая область при оценке влияния на разные характеристики климата Арктики. Коэффициенты корреляции рассчитывались за 1979–2015 гг. Длительность рядов обусловлена периодом надежных спутниковых данных о площади морского льда (ПМЛ) в Арктике и обеспечивает 95 % уровень значимости коэффициентов корреляции $\pm 0,33$. На рис. 1 цвет. вклейки нанесены значимые коэффициенты. Максимальные значения коэффициентов по абсолютной величине в пределах 0,7–0,8.

В выделенных областях происходит максимальное нагревание воды на поверхности. Здесь зарождаются тропические ураганы, перемещающиеся далее на северо-запад к побережью Северной Америки. В конце летнего сезона в сентябре–октябре ТПО достигает максимальных значений и оказывает наибольшее влияние на рассматриваемые характеристики климата Арктики. Значимые корреляции (коэффициент более |0,3|) занимают области разной конфигурации, но области с наиболее тесными связями ТПО с характеристиками климата Арктики (коэффициент корреляции более |0,6|) находятся в пределах указанной выше области с координатами 0–25° с.ш., 60–20° з.д.

Заметим, что эта область включает район 5–20° с.ш., 60–30° з.д., средняя ТПО в которой публикуется на сайте <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>. Корреляция между среднемесячными значениями ТПО в обеих областях находится в пределах

0,94–0,97, поэтому ТПО в области 5–20° с.ш., 60–30° з.д. также можно использовать в качестве показателя влияния приэкваториальной Северной Атлантики на характеристики климата Арктики.

Оценки связи аномалий ТПО в приэкваториальной Северной Атлантике и площади морского льда и приповерхностной температуры воздуха в морской Арктике

Сопоставление изменений среднемесячных значений ТПО в выделенной нами области с площадью морского льда в СЛЮ и приповерхностной температурой воздуха в морской Арктике в разные месяцы показано на рис. 2 и 3 цвет. вклейки. Значения всех характеристик на графиках приведены в нормализованной форме. На отдельных графиках показаны также ряды, сглаженные скользящим осреднением по 3 года.

На всех графиках виден положительный тренд в рядах рассматриваемых характеристик, который, безусловно, вносит существенный вклад в корреляцию между ними. В сглаженных рядах, помимо тренда, прослеживается соответствие между 5–7-летними колебаниями в аномалиях ТПО, ПМЛ и ПТВ.

На неслучайный характер представленной корреляции, помимо значительного превышения коэффициентом корреляции 95 % уровня значимости, указывает наибольшее значение коэффициента в июле относительно других месяцев и летом относительно других сезонов (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между аномалиями ТПО в октябре в области 0–25° с.ш., 60–20° з.д. и ПТВ в разные месяцы и сезоны в морской Арктике спустя 33 месяца за 1979–2015 гг.

ПТВ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ТПО 10	0,53	0,28	0,35	0,57	0,51	0,60	0,66	0,57
ПТВ	IX	X	XI	XII	Зима	Весна	Лето	Осень
ТПО 10	0,47	0,56	0,53	0,49	0,58	0,58	0,65	0,58

Отмеченные на рис. 1 цвет. вклейки и в табл. 1 соответствия более выражены в рядах аномалий ТПО, температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану, площади морского льда в СЛЮ (рис. 3 цвет. вклейки).

Запаздывания аномалий ПМЛ в разные месяцы относительно аномалий ТПО в октябре согласуются между собой, что также подтверждает неслучайный характер установленных связей. Кроме того, одинаковые запаздывания аномалий температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану и ПМЛ в СЛЮ в декабре относительно аномалий ТПО в октябре согласуются с результатами работы (Алексеев и др., 2016б), установившими тесную связь между температурой воды на разрезе и ПМЛ в Баренцевом море в холодную часть года. В свою очередь, аномалии ПМЛ в Баренцевом море и в СЛЮ в декабре–марте связаны между собой с коэффициентами в пределах 0,79–0,88.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Установленные связи между аномалиями ТПО в низких широтах Северной Атлантики и ПТВ и ПМЛ в морской Арктике возникают в результате переноса энергии и массы в климатической системе Земли циркуляцией атмосферы и океана. Имеющиеся результаты теоретических и модельных исследований формирования переносов и их влияния на изменения климата позволяют представить схему механизма воздействия аномалий ТПО на климатические аномалии в Арктике в виде, показанном на рис. 4 цвет. вклейки.

Аномалия ТПО в приэкваториальной области Северной Атлантики усиливает конвекцию в атмосфере (Lee et al., 2011), что вызывает интенсификацию и расширение циркуляционной ячейки Хедли (Ogi et al., 2014; Garfinkel et al., 2015), которая переносит абсолютный момент количества движения к северу. Вслед за этим усиливается циркуляционная ячейка Ферреля (Huang, McElroy, 2014). В результате усиливается западно-восточный перенос в атмосфере над умеренными широтами и, как следствие, поток Северо-Атлантического течения и его продолжение в Северо-Европейском бассейне.

Другой механизм влияния тропических аномалий ТПО на ТПВ в Арктике связан с колебаниями Маддена–Джулиана (МДО) в циркуляции атмосферы (Yoo et al., 2011; Yoo et al., 2012a, 2012b). Авторы этих работ считают, что связанный с событиями МДО тренд ПТВ объясняет 10–20 % арктического усиления в потеплении Арктики, а приток влаги, связанный с МДО событиями, увеличивает приходящую длинноволновую радиацию в Арктике.

Звеном в системе взаимодействия структур океанической и атмосферной циркуляции может также выступать Северо-Атлантическое колебание (САК) в циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой. Авторы работы (Yu, Lin, 2016) считают, что тропическое атлантическое влияние на САК осуществляется через аномалии меридиональной атмосферной циркуляции. Ранее в работе (Hoerling et al., 2001) указывалось на влияние ТПО в экваториальных областях океана на долгопериодные изменения САК. Их анализ показал отрицательную корреляцию зимнего САК с приэкваториальной ТПО и с ТПО к северу от 40° с.ш. за 1950–2001 гг.

Мы также нашли, что аномалии ТПО в приэкваториальной области отрицательно коррелированы со средними за год и за период декабрь–март значениями САК, но за 1980–2015 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между аномалией среднемесячной ТПО в приэкваториальной Северной Атлантике и индексом САК за 1980–2015 гг.

ТПО	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее за год
САК (XII – III)	-0,47	-0,50	-0,57	-0,56	-0,50	-0,47	-0,41	-0,29	-0,27	-0,22	-0,23	-0,27	-0,47
САК (среднее за год)	-0,46	-0,56	-0,58	-0,62	-0,65	-0,71	-0,68	-0,56	-0,53	-0,49	-0,57	-0,58	-0,68

Такой результат соответствует характерному для отрицательных значений САК распределению давления на уровне моря со смещением центра низкого давления на запад и преобладанию юго-западных направлений ветра над областью Северо-Атлантического течения. При этом усиливается приток теплой воды в Северо-Европейский бассейн (СЕБ) и в Баренцево море, что проявляется в повышении температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану. Повышение ТПО в СЕБ сопровождается смещением области низкого давления к востоку и переходом к положительной фазе зимнего индекса САК, положительно коррелированного с температурой воды на Кольском меридиане. Дальнейшее повышение ТПО в СЕБ благоприятствует продолжению смещения области низкого давления к востоку. В результате стандартный индекс САК теряет репрезентативность для процессов в умеренных и высоких широтах (Bengtsson et al., 2004).

ВЫВОДЫ

Установлена связь между аномалиями ТПО в приэкваториальной области Северной Атлантики в октябре и аномалиями приповерхностной температуры воздуха и площади морского льда в Северном Ледовитом океане в различные месяцы.

Запаздывания аномалий в СЛО относительно аномалий ТПО найдены в пределах 33–38 месяцев. При этом запаздывания аномалий в СЛО в разные месяцы согласуются между собой.

Сглаживание рядов аномалий скользящим осреднением по 3 года усиливает связь между ними и делает заметными, помимо трендов, колебания с периодами 5–7 лет.

Механизм формирования удаленного влияния аномалий ТПО на аномалии в СЛО связан с системой взаимодействий между циркуляцией атмосферы и океана, под совместным влиянием которых переносится тепло в высокие широты.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе результатов и планировании экспериментов с глобальными моделями климата, в которых можно получить длительные реализации характеристик климата, как для оценки установленных связей, так и механизма их формирования.

Установленные связи могут послужить основой для разработки методов климатического прогнозирования в Арктике с заблаговременность до нескольких лет.

Авторы благодарят Е.И. Александрова и Н.Е. Иванова за подготовку данных о температуре воздуха на арктических станциях, Хадли-центр за данные о температуре воды на поверхности океана на сайте <http://hadobs.metoffice.com.hadsst>, сотрудников ПИНРО за данные о температуре воды на разрезе по Кольскому меридиану на сайте <http://www.pinro.ru/n22/index/phpstructure/labs/labhidro/>, В.М. Смоляницкого за данные о площади морского льда в СЛО на сайте <http://wdc.aari.ru>, рецензента за указания на неточности в тексте.

Особая благодарность Минобрнауки России за финансовую поддержку при выполнении прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (ПНИЭР) по теме «Создание новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной Арктической зоне Российской Федерации» (Соглашение о предоставлении субсидии от 20.10.2014 № 14.610.21.0006, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI61014X0006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Г.В., Глок Н.И., Смирнов А.В., Вязилова А.Е. Влияние Северной Атлантики на колебания климата в Баренцевом море и их предсказуемость // *Метеорология и гидрология.* 2016а. № 8. С. 38–56.

Алексеев Г.В., Кузмина С.И., Уразгильдеева А.В., Бобылев Л.П. Влияние атмосферных переносов тепла и влаги на усиление потепления в Арктике в зимний период // *Фундаментальная и прикладная климатология.* 2016б. № 1. С. 43–63.

Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Александров Е.И., Иванов Н.Е., Харланенкова Н.Е. Климатические изменения в Арктике и северной полярной области // *Проблемы Арктики и Антарктики.* 2010. № 1 (84). С. 67–80.

Байдин А.В., Мелешко В.П. Реакция атмосферы высоких и умеренных широт на сокращение площади морского льда и повышение температуры поверхности океанов // *Метеорология и гидрология.* 2014. № 6. С. 5–8.

Визе В.Ю. Причины потепления Арктики // *Советская Арктика.* 1937. Т. 1. С. 1–7.

Захаров В.Ф. Мировой океан и ледниковые эпохи плейстоцена. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 64 с.

- Захаров В.Ф.* Морские льды в климатической системе. СПб.: Гидрометеоздат, 1996. 213 с.
- Мелешко В.П., Байдин А.В.* Реакция климата атмосферы на сокращение площади льда в Арктике и на другие внешние воздействия за последние десятилетия // Труды ГГО. 2013. № 568. С. 80–113.
- Семенов В.А., Мохов И.И., Латиф М.* Роль границ морского льда и температуры поверхности океана в изменениях регионального климата в Евразии за последние десятилетия // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т. 48. № 4. С. 403–421.
- Bengtsson L., Semenov V.A., Johannessen O.M.* The early-twentieth-century warming in the Arctic—A possible mechanism // J. of Climate. 2004. Vol. 17. P. 4045–4057.
- Bin Yu, Hai Lin.* Tropical Atmospheric Forcing of the Wintertime North Atlantic Oscillation // J. of Climate. 2016. Vol. 29. P. 1755–1772; DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0583.1
- Chen H.W., Zhang Q., Körnich H., Chen D.* The surface air temperature anomalies over the Barents Sea are closely associated with this mode of climate variability. Arctic: The Barents Oscillation // Geophys. Res. Lett. 2013. Vol. 40. P. 2856–2861. doi: 10.1002/grl.50551.
- Francis J.A., Vavrus S.J.* Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in the mid-latitudes // Geophys. Res. Lett. 2012. Vol. 39. L06801; doi:10.1029/2012GL051000
- Garfinkel C.I., Waugh D.W., Polyani L.M.* Recent Hadley cell expansion: The role of internal atmospheric variability in reconciling modeled and observed trends // Geophys. Res. Lett. 2015. Vol. 42. P. 10824–10831. doi:10.1002/2015GL066942.
- Hoerling M.P., Hurrell J.W., Xu T.* Tropical origins for recent North Atlantic climate change // Science. 2001. Vol. 292. P. 90–92.
- Huang Junling, McElroy Michael B.* Contributions of the Hadley and Ferrel Circulations to the Energetics of the Atmosphere over the Past 32 Years // J. of Climate. 2014. Vol. 27. P. 2656–2666.
- Inoue J., Hori M.E., Takaya K.* The Role of Barents Sea Ice in the Wintertime Cyclone Track and Emergence of a Warm-Arctic Cold-Siberian Anomaly // J. of Climate. 2012. № 25. P. 2561–2568. doi: 10.1175/JCLI-D-11-00449.1.
- Lee S., Gong T.T., Johnson N., Feldstein S.B., Pollard D.* On the Possible Link between Tropical Convection and the Northern Hemisphere Arctic Surface Air Temperature Change between 1958 and 2001 // J. of Climate. 2011. Vol. 24 (16). P. 4350–4367.
- Liptak J., Strong C.* The Winter Atmospheric Response to Sea Ice Anomalies in the Barents Sea // J. Climate. 2014. vol. 27, P. 914–924.
- Meleshko V.P., Johannessen O.M., Baidin A.V., Pavlova T.V., Govorkova V.A.* Arctic amplification: does it impact the polar jet stream // Tellus A. 2016. Vol. 68. doi: 10.3402/tellusa.v68.32330.
- Petoukhov V., Semenov V.A.* A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents // J. of Geoph. Res, 2010. doi: 10.1029/2009JD013568.
- Adam O., Schneider T., Harnik N.* Role of Changes in Mean Temperatures versus Temperature Gradients in the Recent Widening of the Hadley Circulation // J. of Climate. 2014. Vol. 27. P. 7450–7461.
- Sandø A.B., Gao Y., Langehaug H.R.* Poleward ocean heat transports, sea ice processes, and Arctic sea ice variability in NorESM1-M simulations // J. Geophys. Res. Ocean. 2014. T. 19. № 3. P. 2095–2108. doi: 10.1002/2013JC009435.
- Semenov V.A., Martin T., Behrens L.K., Latif M.* Arctic sea ice area in CMIP3 and CMIP5 climate model ensembles – variability and change // Cryosph. Discuss. 2015. № 9. P. 1077–1131.
- Smedsrud L.H. et al.* The role of the Barents Sea in the Arctic climate system // Rev. Geophys. 2013. Vol. 51. P. 415–449. doi: 10.1002/rog.20017.
- Yoo C., Feldstein S., Lee S.* The impact of the Madden-Julian Oscillation trend on the Arctic amplification of surface air temperature during the 1979–2008 boreal winter // Geophys. Res. Lett. 2011. Vol. 38. L24804. doi:10.1029/2011GL049881.

Yoo C., Lee S., Feldstein S.B. Arctic Response to an MJO-Like Tropical Heating in an Idealized GCM // Journal of the Atmospheric Sciences. 2012a. Vol. 69 (8). P. 2379–2393.

Yoo C., Lee S., Feldstein S.B. The impact of the Madden-Julian Oscillation trend on the inter-decadal Antarctic warming during the 1979–2008 austral winter // Atmospheric Science Letters. 2012b. Vol. 13. P. 194–199.

G.V. ALEKSEEV, N.I. GLOK

INFLUENCE OF EQUATORIAL NORTHERN ATLANTIC ON WARMING AND SEA ICE SHRINKING IN THE ARCTIC

The research of the influence of SST anomalies in the low latitudes of the North Atlantic on the sea ice cover and surface air temperature in the marine Arctic was fulfilled. Series of water temperature in the section along the Kola meridian, data of sea surface temperature in the the Atlantic Ocean, series of the average surface air temperature in the marine Arctic, data of extent of sea ice extent in the Arctic Ocean and the North hemisphere were used. Multivariate correlation analysis was used to determine the maximum correlation coefficients between SST anomalies and climate characteristics and corresponding delays (within 33–38 months). The formation scheme of remote SST influence on anomalies in the Arctic Ocean is proposed.

Keywords: Northern Atlantic, SST anomalies, Arctic, sea ice.

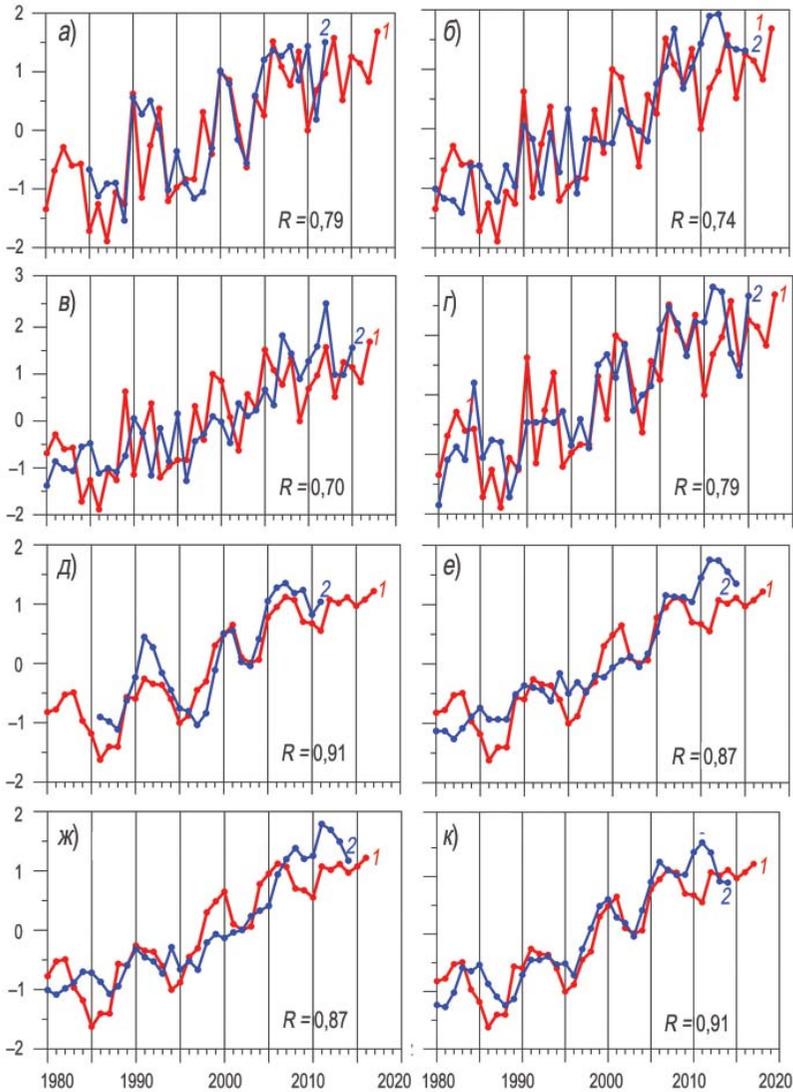


Рис. 3. Аномалии ТПО в приэкваториальной Северной Атлантике, аномалии температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану и аномалии площади морского льда в Северном Ледовитом океане:

a — нормированные аномалии ТПО в октябре в области $0-25^{\circ}$ с.ш., $60-20^{\circ}$ з.д. (1) и температура воды зимой в слое 50–200 м на разрезе по Кольскому меридиану (2) спустя 38 месяцев; *д* — то же после сглаживания рядов скользящим осреднением по 3 года; *б* — нормированные аномалии ТПО в октябре в области $0-25^{\circ}$ с.ш., $60-20^{\circ}$ з.д. (1) и ПМЛ в СЛО в июле (2) спустя 33 месяца; *е* — то же после сглаживания рядов скользящим осреднением по 3 года; *в* — нормированные аномалии ТПО в октябре в области $0-25^{\circ}$ с.ш., $60-20^{\circ}$ з.д. (1) и ПМЛ в СЛО в сентябре (2) спустя 35 месяцев; *ж* — то же после сглаживания рядов скользящим осреднением по 3 года; *з* — нормированные аномалии ТПО в октябре в области $0-25^{\circ}$ с.ш., $60-20^{\circ}$ з.д. (1) и ПМЛ в СЛО в декабре (2) спустя 38 месяцев; *к* — то же после сглаживания рядов скользящим осреднением по 3 года.

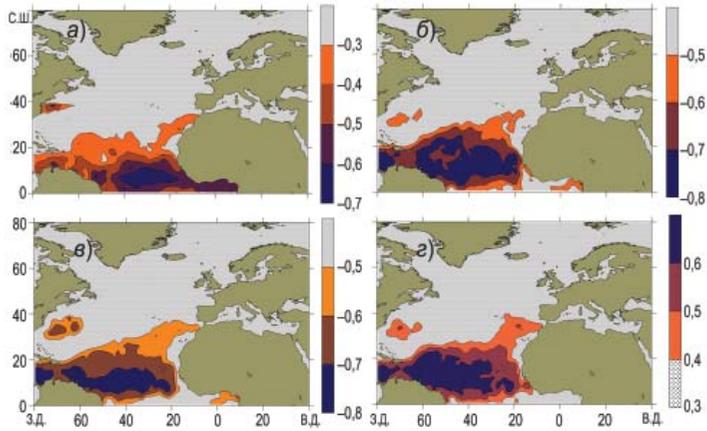


Рис 1. Области в Северной Атлантике, аномалии ТПО в которых влияют на ПМЛ и ПТВ в морской Арктике.

a — коэффициенты корреляции между ТПО в октябре и ПМЛ в Баренцевом море в мае через 2 года; *б* — ТПО в октябре и ПМЛ в СЛО в декабре через 38 мес.; *в* — ТПО в сентябре и ПМЛ в СЛО в июле спустя 33 месяца; *г* — ТПО в октябре и ПТВ в морской Арктике в июле спустя 33 месяца.

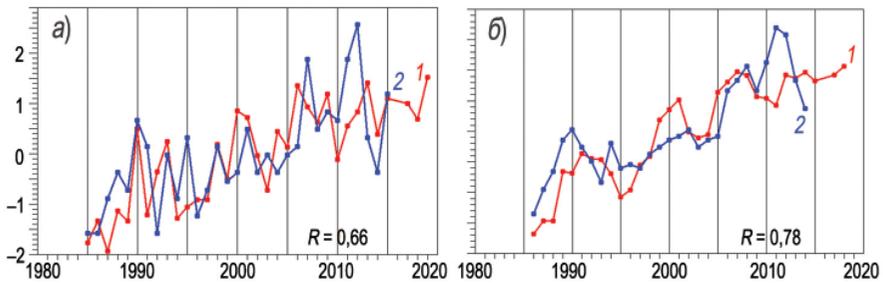


Рис 2. Аномалии ТПО в приэкваториальной Северной Атлантике и приповерхностная температура воздуха в морской Арктике.

a — нормированные аномалии ТПО в октябре в области $0-25^{\circ}$ с.ш., $60-20^{\circ}$ з.д. (1) и ПТВ в июле в морской Арктике (2) спустя 33 месяца; *б* — то же после сглаживания рядов скользящим усреднением по 3 года.

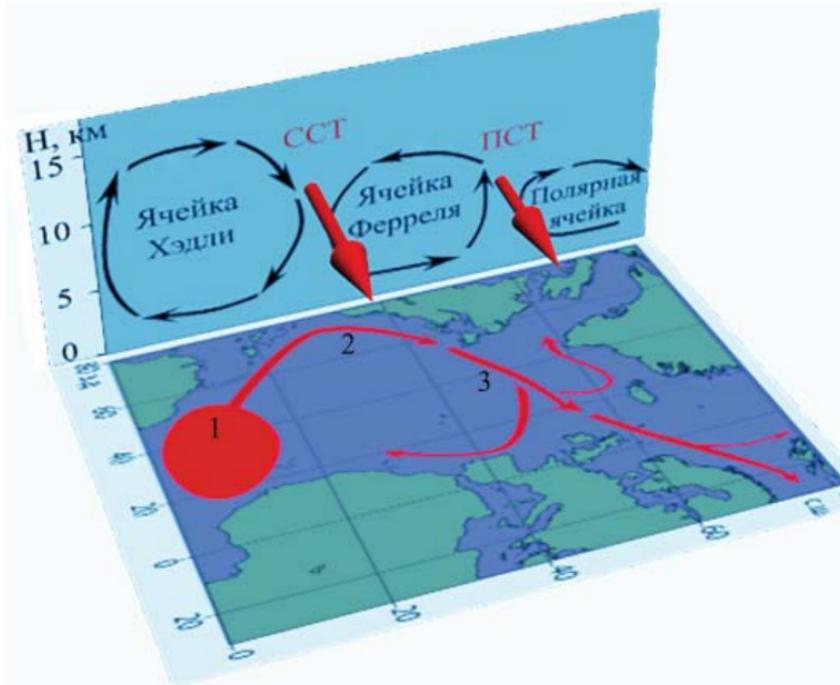


Рис. 4. Схема передачи влияния аномалий ТПО в низких широтах Северной Атлантики в Арктику: 1 — аномалия ТПО, 2 — Гольфстрим, 3 — Северо-Атлантическое течение и его продолжение в виде Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений, ССТ — субтропическое струйное течение в атмосфере, ПСТ — полярное струйное течение.