

ПОТЕПЛЕНИЕ АРКТИКИ В 2016 ГОДУ: ВЛИЯНИЕ ИЗ НИЗКИХ ШИРОТ ОКЕАНА

Согласно оценке (<http://www.cru.uea.ac.uk/>) 2016 год оказался самым теплым годом на планете с начала наблюдений в 1850 году. Северная полярная область поддержала глобальный рекорд — 2016 год стал самым теплым с начала наблюдений в 1936 году (раздел «Северная полярная область» в «Докладе Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2016 году»). В высоких широтах севернее 70° с.ш. зима и осень также стали самыми теплыми, а весна и лето незначительно уступили предыдущим рекордам. На фоне рекордных показателей 2016 года выделяется зимний сезон в высоких широтах с аномалией +4,8 °С и регион Карского моря с аномалией +9,1 °С.

ного притока тепла (МАПТ) через приатлантическую часть от 0 до 80° в.д. на 70° с.ш. (атлантические «ворота» в высокоширотную Арктику (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*. 2016. Т. 1. С. 43–63)). Этот приток оказывает наибольшее влияние на аномалии ПТВ в районе Баренцева и, особенно, Карского морей (рис. 2а, в).

Приток атлантической воды (АВ) в Норвежское, Гренландское и Баренцево моря в значительной степени контролирует распространение льдов в приатлантической Арктике в хо-

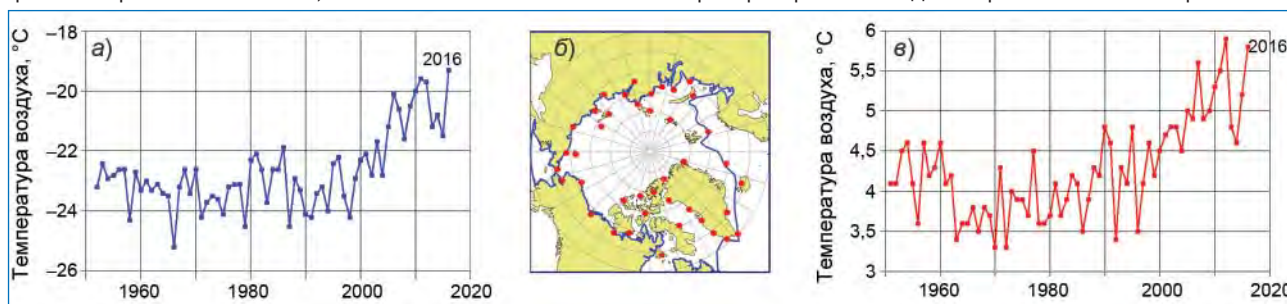


Рис. 1. Средняя за декабрь–февраль (а) и за июнь–август (в) месяцы приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике (б) в 1951–2016 гг. Точки на карте – положение станций.

В области морской Арктики 2016 год также оказался самым теплым за период наблюдений с 1951 года, превзойдя на 0,7 °С самый теплый до этого 2012 год. Средняя приповерхностная температура воздуха (ПТВ) зимой в этой области по данным 41 станции составила –19,3 °С (рис. 1а), что на 3,4 °С выше средней зимней температуры за 1951–2016 годы. Летом средние температуры 2016 и 2012 годов разошлись всего на 0,1 °С (рис. 1в), что отодвинуло 2016 год на второе место в ряду теплых летних сезонов. Средняя температура воздуха весной 2016 года одинакова со средней ПТВ самой теплой весны в 2012 году. Осень 2016 года стала самой теплой с начала наблюдений в 1951 году.

Положительные аномалии температуры воздуха зимой 2016 года (рис. 2а) достигли наибольших значений в северной части Баренцева и Карского морей. В значительной степени это вызвано усилением меридионального атмосферно-лодную часть года. Особенно это проявляется в Баренцевом море, где колебания притока АВ определяют до 80 % межгодовой изменчивости площади льда. Увеличение температуры АВ на разрезе по Кольскому меридиану, являющейся репрезентативным индикатором притока АВ не только в Баренцево море, в последние годы сопровождалось сокращением площади морского льда в приатлантической Арктике в зимний период, которая достигла абсолютного минимума за период наблюдений в декабре 2016 и январе 2017 годов. В результате зимой 2017 года сохранялись значительные пространства открытой воды к северу от Шпицбергена и к северо-востоку от Новой Земли. Зимой 2016 года также сформировалась подобная аномалия, но в меньших масштабах (рис. 3). Открытая вода зимой 2016 года послужила мощным источником тепла, который обеспечил значительный вклад в формирование аномалий температуры воздуха на севере Карского моря.

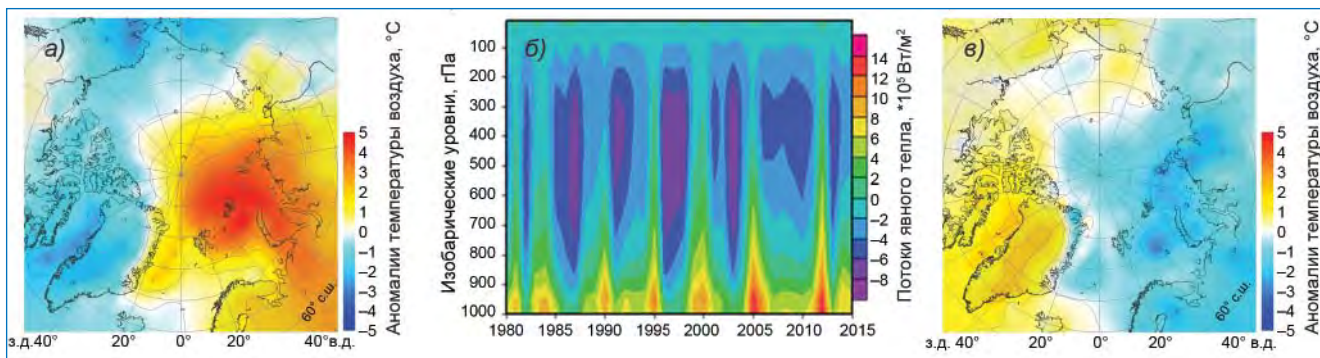


Рис. 2. Влияние меридиональных атмосферных переносов тепла (МАПТ) на аномалии зимней приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в Арктике: а – средние аномалии зимней ПТВ в года больших значений МАПТ; б – средние за зиму МАПТ через 0–80° в.д. на изобарических уровнях за 1980–2015 гг. (Алексеев Г.В., 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*. 2016. Т. 1. С. 43–63); в – средние аномалии зимней ПТВ в годы с малыми значениями МАПТ. Аномалии ПТВ рассчитаны по данным реанализа Interim (www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim) относительно среднего за 1979–2015 гг.

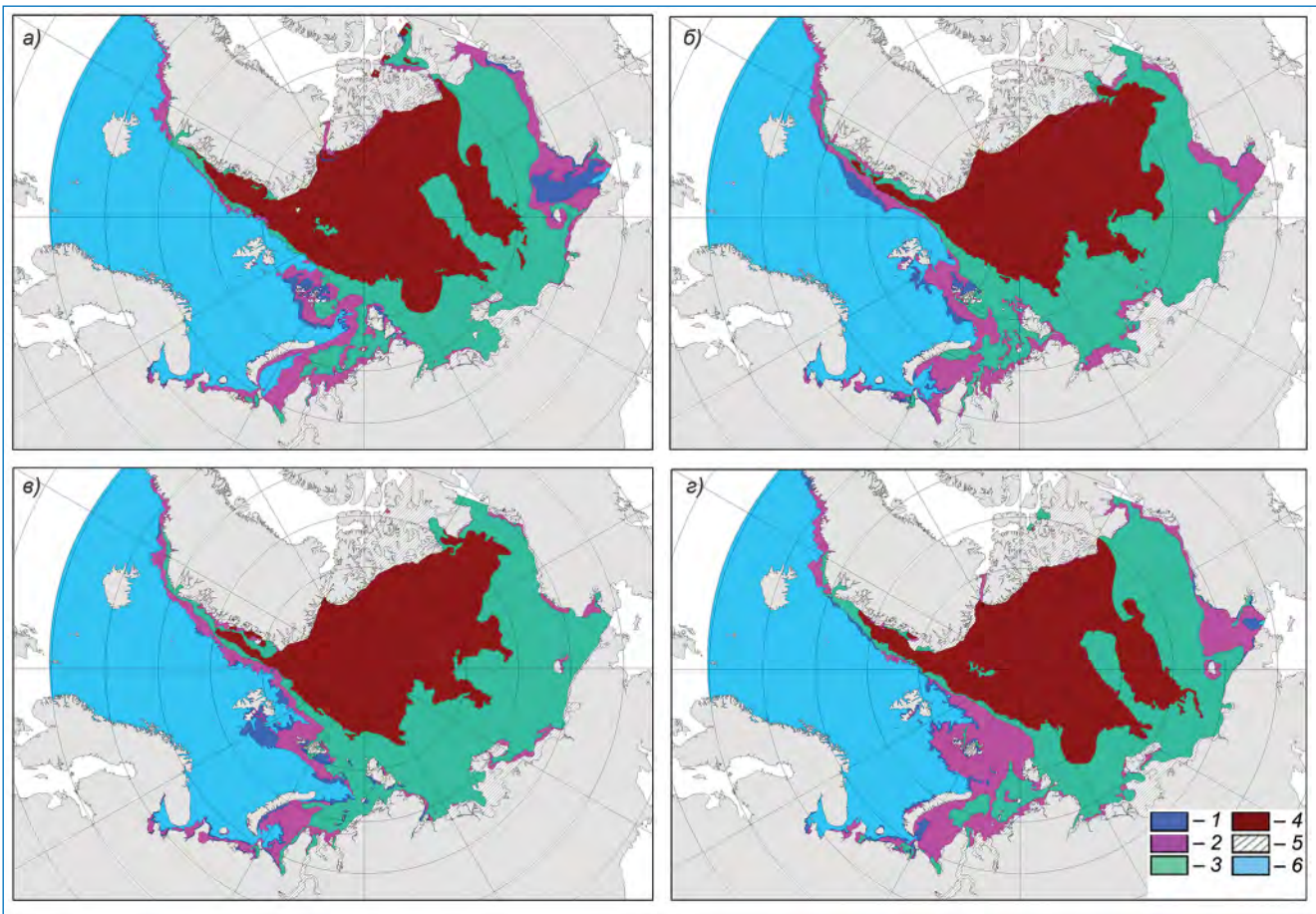


Рис. 3. Распределение морских льдов разного возраста по данным картирования ААНИИ (<http://wdc.aari.ru/datasets/ssmi/data/north/extent/>):
 а – 18–20.12.2016; б – 20–22.12.2015; в – 3–5.01.2016; г – 1–3.01.2017.
 1 – nilas (0–10 см), 2 – молодой лед (10–30 см), 3 – однолетний лед (30–200 см), 4 – старый лед, 5 – припай, 6 – чисто.

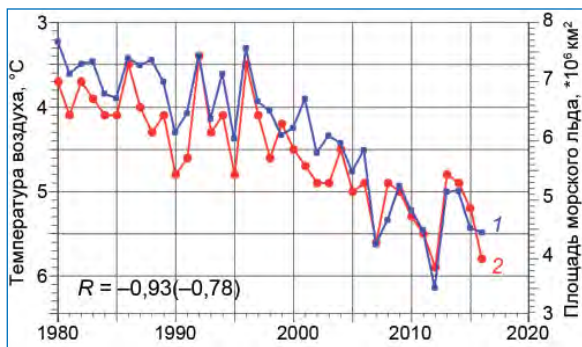


Рис. 4. Средняя площадь морского льда в сентябре в Северном Ледовитом океане по данным ААНИИ (<http://www.aari.ru/datasets>) и летняя приповерхностная температура воздуха в морской Арктике в 1980–2016 гг. R – коэффициент корреляции между площадью льда и температурой воздуха. В скобках – то же для отклонений от квадратичного тренда.

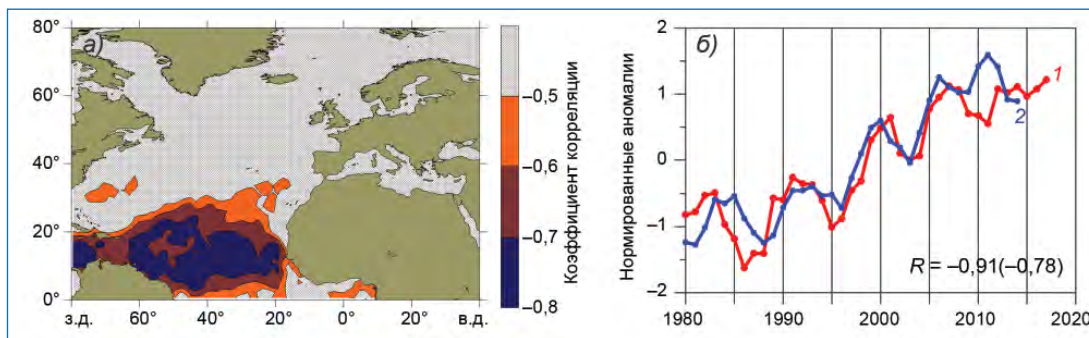


Рис. 5. Влияние аномалий температуры воды на поверхности океана (ТПО) в низких широтах Северной Атлантики в октябре на площадь морского льда в Арктике в декабре спустя 38 месяцев: а – область в Северной Атлантике, октябрьские аномалии ТПО в которой коррелированы с площадью льда в Северном Ледовитом океане в декабре спустя 38 месяцев; б – нормированные аномалии ТПО (1) и площади льда (2), сглаженные скользящим осреднением по 3 года. Годы соответствуют аномалиям площади льда. R – коэффициент корреляции между (1) и (2). Адаптировано из (Алексеев Г.В., Глок Н.И. Влияние приэкваториальной Северной Атлантики на потепление и сокращение площади морского льда в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. № 4 (110). С. 80–87).
 Данные о ТПО взяты из HadISST (<http://hadobs.metoffice.com.hadsst/>), о площади льда в СЛО из (<http://www.aari.ru/datasets>).

Сезонное увеличение площади морского льда в Арктике в 2016 году происходило медленнее, чем когда-либо ранее от начала спутниковых наблюдений в 1978 году. В результате в марте, когда наступает сезонный максимум площади льда, он оказался самым низким за период наблюдений. В последующем, с началом таяния льдов, сезонное сокращение площади также замедлилось, и наступивший в сентябре сезонный минимум площади льда в Северном Ледовитом океане достиг, по данным ААНИИ (<http://www.aari.ru/datasets>), 4,45 млн км², что, однако, является лишь четвертым минимальным значением площади льда в сентябре. По данным центра по снегу и льду (NSIDC) из США, сезонный минимум площади оценен большим значением (4,72 млн км²), которое является пятым в ряду сезонных минимумов. Последовательность сезонных минимумов площади льда в Северном Ледовитом океане находится в тесном соответствии с последовательностью летних температур воздуха в морской Арктике (рис. 4).

ние площади морского льда в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. № 4 (110). С. 80–87). Наиболее сильное влияние оказывают аномалии ТПО в экваториальной области Северной Атлантики (рис. 5а) на площадь льда в Северном Ледовитом океане в декабре (рис. 5б). При этом аномалии площади льда отстают на 3 года от аномалий ТПО, поэтому три последних точки на кривой (1) можно рассматривать как прогноз сохранения отрицательных аномалий площади льда в декабре на ближайшие 3 года.

Механизм этого влияния, согласно предположениям исследователей (Алексеев Г.В., Кузмина С.И., Глок Н.И. Влияние аномалий температуры океана в низких широтах на атмосферный перенос тепла в Арктику // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. Т. 1. С. 107–123), составляет совместное влияние циркуляции океана в Северной Атлантике и циркуляции атмосферы, на которые воздействуют аномалии температуры воды на поверхности океана в низких широтах (рис. 6).

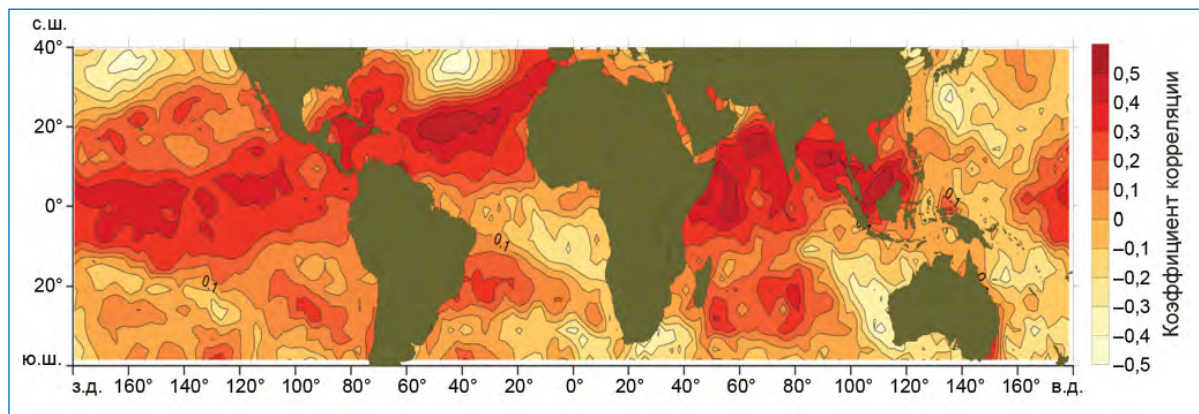


Рис. 6. Распределение коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО в октябре в низких широтах Тихого, Атлантического и Индийского океанов и межгодовыми изменениями зимних МАПТ (рис. 4б) через атлантические «ворота» в Арктику спустя 27 месяцев.

Недавно выполненные в ААНИИ исследования установили влияние на межгодовые изменения площади льда в Северном Ледовитом океане аномалий температуры воды на поверхности океана (ТПО) в низких широтах Северной Атлантики (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. 2016. № 8. С. 38–56; Алексеев Г.В., Глок Н.И. Влияние приэкваториальной Северной Атлантики на потепление и сокраще-

Предполагается, что аномалии ТПО в низких широтах усиливают атмосферные циркуляционные ячейки Хэдли и Ферреля, отражающие увеличение меридиональной атмосферной циркуляции, ослабляют Северо-Атлантическое колебание в атмосфере, что способствует уменьшению потерь тепла океаном, и все это вместе увеличивает океанический перенос тепла в системе Гольфстрим, Северо-Атлантическое, Западно-Шпицбергенское и Норвежское течения (рис. 7). Конечное звено в схеме — усиление океанического притока тепла в Норвежское и Баренцево моря и атмосферных переносов в Арктику.

Начальным воздействием в системе влияния низкоширотных аномалий ТПО на Арктику является практически одновременное их формирование во всех трех океанах, вызывающее усиление меридиональных циркуляций и меридиональных переносов в атмосфере, а в Атлантическом океане — интенсификацию системы циркуляции и увеличение меридионального переноса тепла. На выходе через 2,25 года отмечается рост температуры воды в Баренцевом море и увеличение зимних атмосферных переносов тепла через атлантические «ворота» на 70° с.ш.

Г.В. Алексеев (ААНИИ)

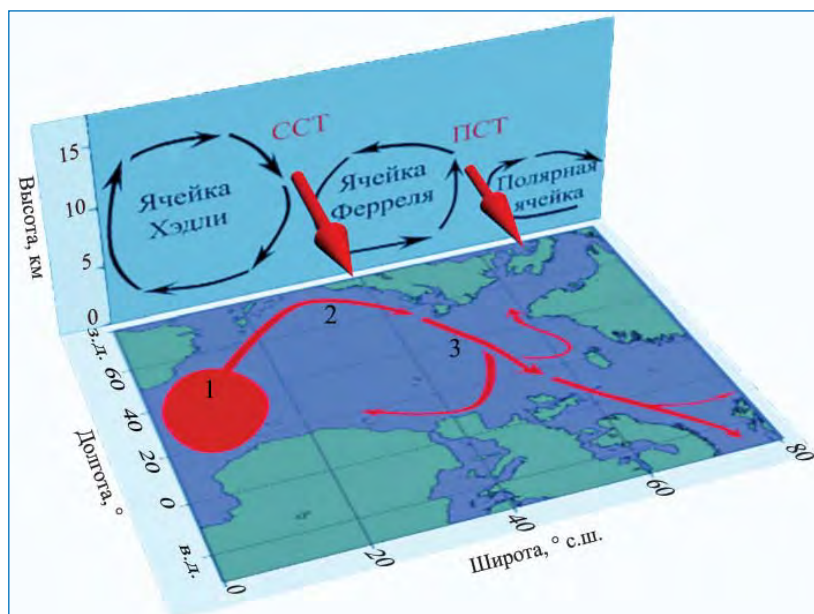


Рис. 7. Схема передачи влияния аномалий ТПО в низких широтах Северной Атлантики в Арктику: 1 – аномалия ТПО; 2 – Гольфстрим; 3 – Северо-Атлантическое течение и его продолжение в виде Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений; ССТ – субтропическое струйное течение в атмосфере; ПСС – полярное струйное течение.