

Как температура воздуха на севере Европейской части России зимой и весной связана с аномалиями температуры поверхности Северной Атлантики и изменениями крупномасштабной атмосферной циркуляции?

Черенкова Е.А.

Данные: 1) данные среднемесячных температур архива CRU TS4.0 Университета Восточной Англии; 2) данные среднемесячных температур поверхности океана (ТПО) северной части Атлантического океана (СА) архива HadISST1.1; 3) данные аномалий высоты геопотенциала на уровне 500 гПа Северного полушария из архива реанализа NCEP/NCAR (Kalnay et al. 1996); 4) архив индексов крупномасштабной атмосферной циркуляции, характеризующие основные режимы изменчивости барического поля внетропической зоны Северного полушария (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>).

Методика: метод линейных сингулярных разложений ковариационных матриц (SVD, Singular Value Decomposition). Согласно методу, ковариационная матрица $C(X, Y)$ временных векторных полей $X(t)$, $Y(t)$ может быть представлена следующей формулой: $C(X, Y) = USV^T$, где S - диагональная матрица сингулярных значений, U - матрица левых сингулярных векторов, V - матрица правых сингулярных векторов.

Цель: исследование пространственной и временной структуры связи между долговременной изменчивостью зимней и весенней температуры на севере европейской территории России (ЕТР), аномалиями ТПО СА и изменениями крупномасштабной атмосферной циркуляции в Северном полушарии.

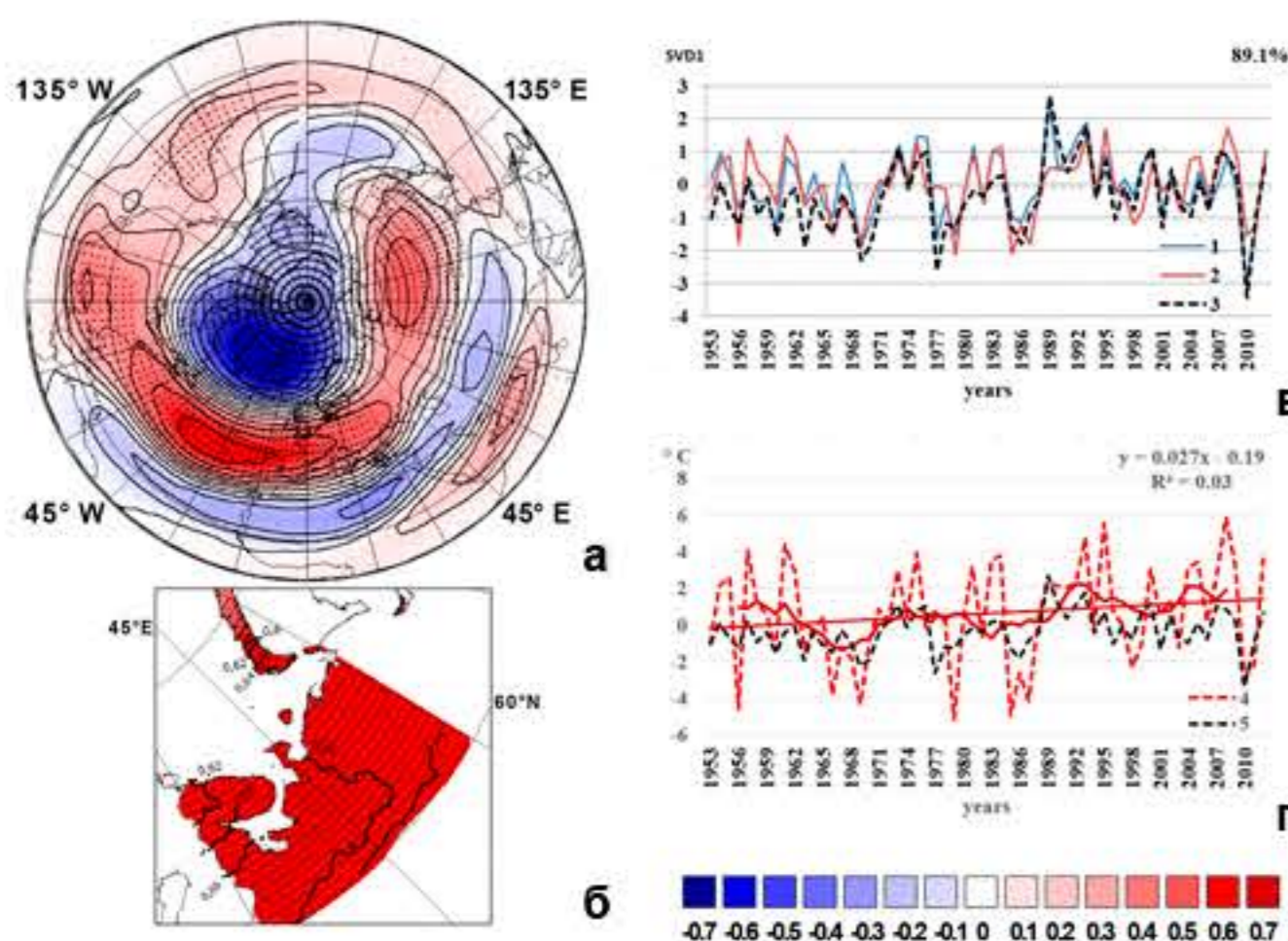


Рис. 1. Пространственная структура первой SVD моды зимой в период 1953-2012: SVDF1(Z:T→Z) (а) и SVDF1(T:T→Z) (б); временная изменчивость SVDC1(Z:T→Z) (1), SVDC1(T:T→Z) (2) и их 9-ти летние скользящие средние, индекс АО-DJF (3), (в); зимняя температура воздуха, осредненная на севере ЕТР (4), АО-DJF (5) (д). Корреляция с SVDF1(Z:T→Z) показаны изолиниями с шагом 0.1. Области значимой корреляции отмечены точками.

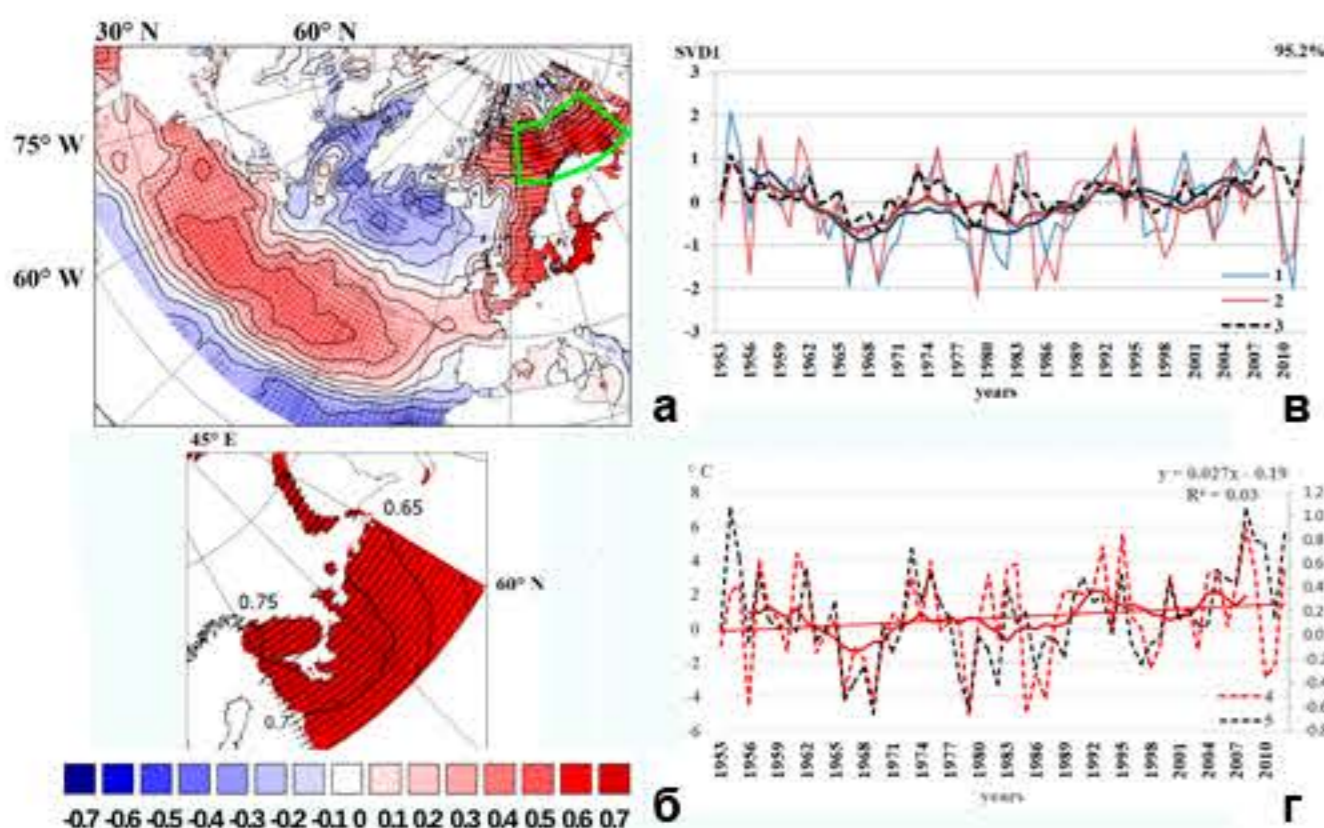


Рис. 2. Пространственная структура первой ведущей SVD моды зимой в период 1953-2012: SVDF1(S:T→S) (а) и SVDF1(T:T→S) (б); временная изменчивость SVDC1(S:T→S) (1), SVDC1(T:T→S) (2) и их 9-ти летние скользящие средние; зимние ТПО СА, осредненные внутри области, очерченной линиями зеленого цвета (3) and (5) (в); температура воздуха зимой, осредненная на севере ЕТР (4) (д). Корреляция с SVDF1(S:T→S) показана изолиниями с шагом 0.1. Области значимой корреляции отмечены точками.

Анализ ковариаций приземной температуры воздуха на севере Европейской территории России зимой и весной попарно с аномалиями ТПО в Северной Атлантике и высоты геопотенциала на уровне 500 гПа в Северном полушарии зимой и весной в период 1953-2012 гг. выявил ведущие режимы сезонной совместной изменчивости рассмотренных параметров. Каждая пространственно-временная структура объяснила более 85% общей совместной изменчивости температуры с каждым рассмотренным параметром. В результате были выделены области наиболее существенной пространственной связи температуры на севере ЕТР с аномалиями ТПО и атмосферного давления, как зимой (рис. 1а-б, 2а-б), так и весной (рис. 3а-б, 4а-б). При этом ведущие режимы изменчивости барического поля формировались под влиянием арктического колебания и североатлантического колебания (рис. 1 в-г, 3 в-г). Теснота связи временных рядов SVDC1(Z:T→Z) с индексом АО весной (рис. 3 в) и в марте подтверждается высокими коэффициентами корреляции 0,79 и 0,66 соответственно. С другой стороны, температура воздуха в Северной Европе коррелирует с индексом АО в январе-марте с коэффициентом корреляции, равным 0,63 (рис. 3 г). Как показано на рисунках 2г и 4г, на флуктуации температуры на севере Европейской России зимой и весной наибольшее влияние оказывали изменения температуры поверхности Норвежского и Баренцева морей. Анализ корреляций показал более сильную связь между изменчивостью температуры воздуха на севере Европейской части России с аномалиями ТПО и давления зимой по сравнению с весной, благодаря чему прогностические оценки температуры воздуха в регионе точнее зимой, чем весной.

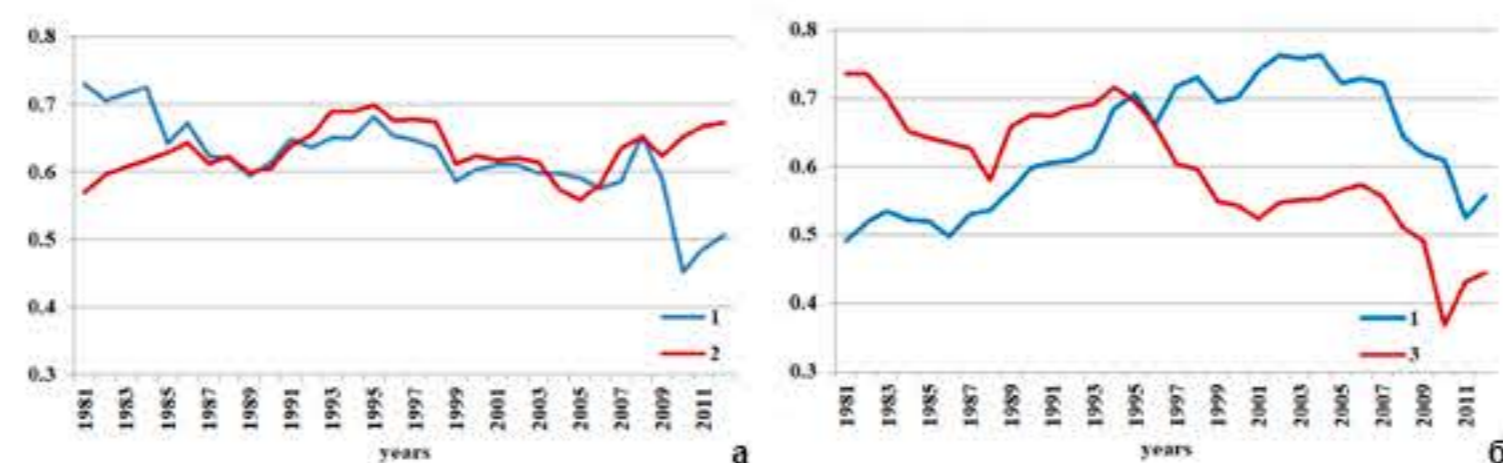


Рис. 5. Скользящие 30-летние корреляции зимой (а) и весной (б) между температурой на севере ЕТР и временными рядами: индекса АО в декабре-феврале (1); ТПО в Норвежском и Баренцевом морях (область показана линиями зеленого цвета на Рис.2а) (2) индекса АО в январе-марте. (3).

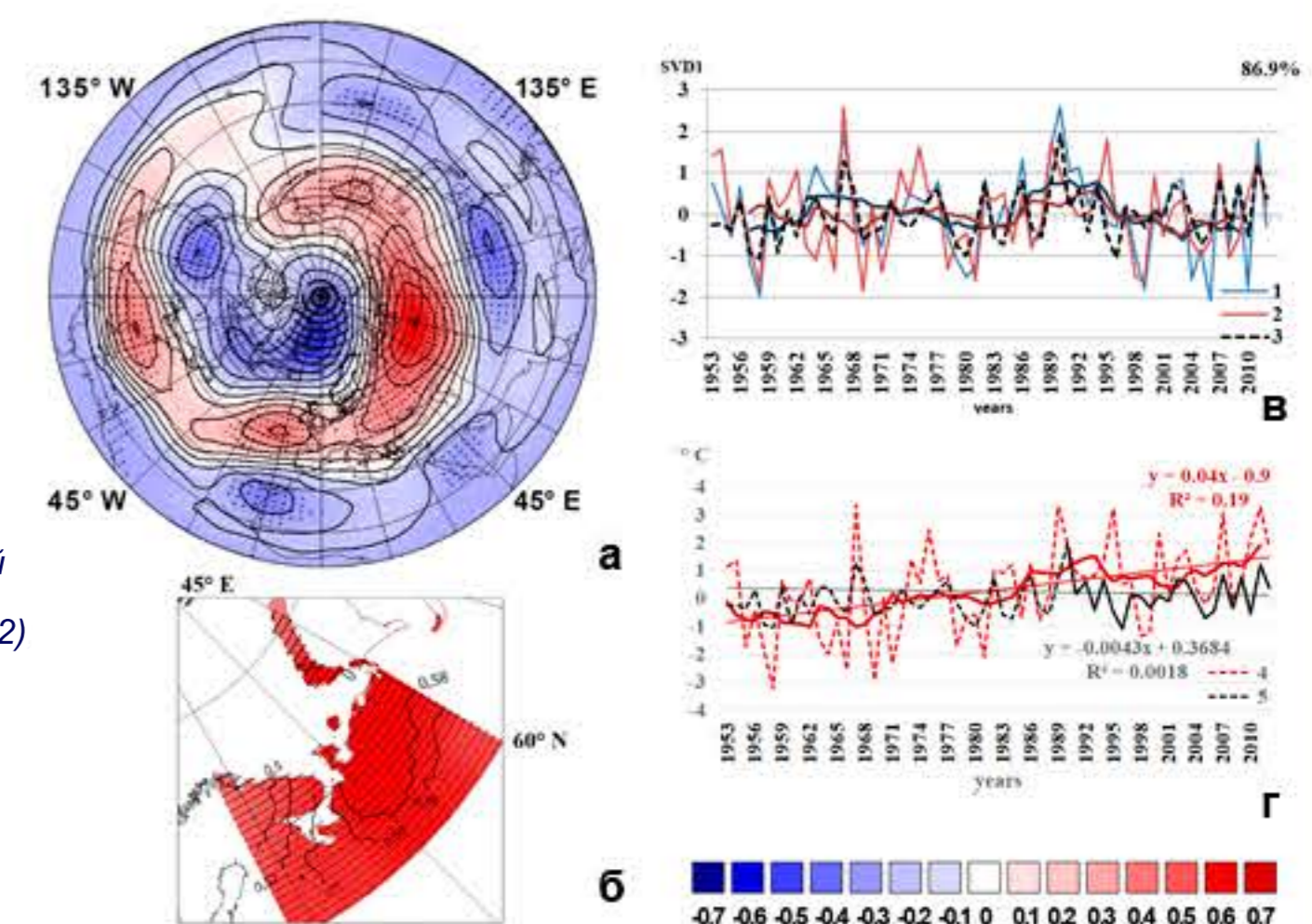


Рис. 3. То же, что на рис. 1 для SVD1 весной и АО-MAM (3), (5).

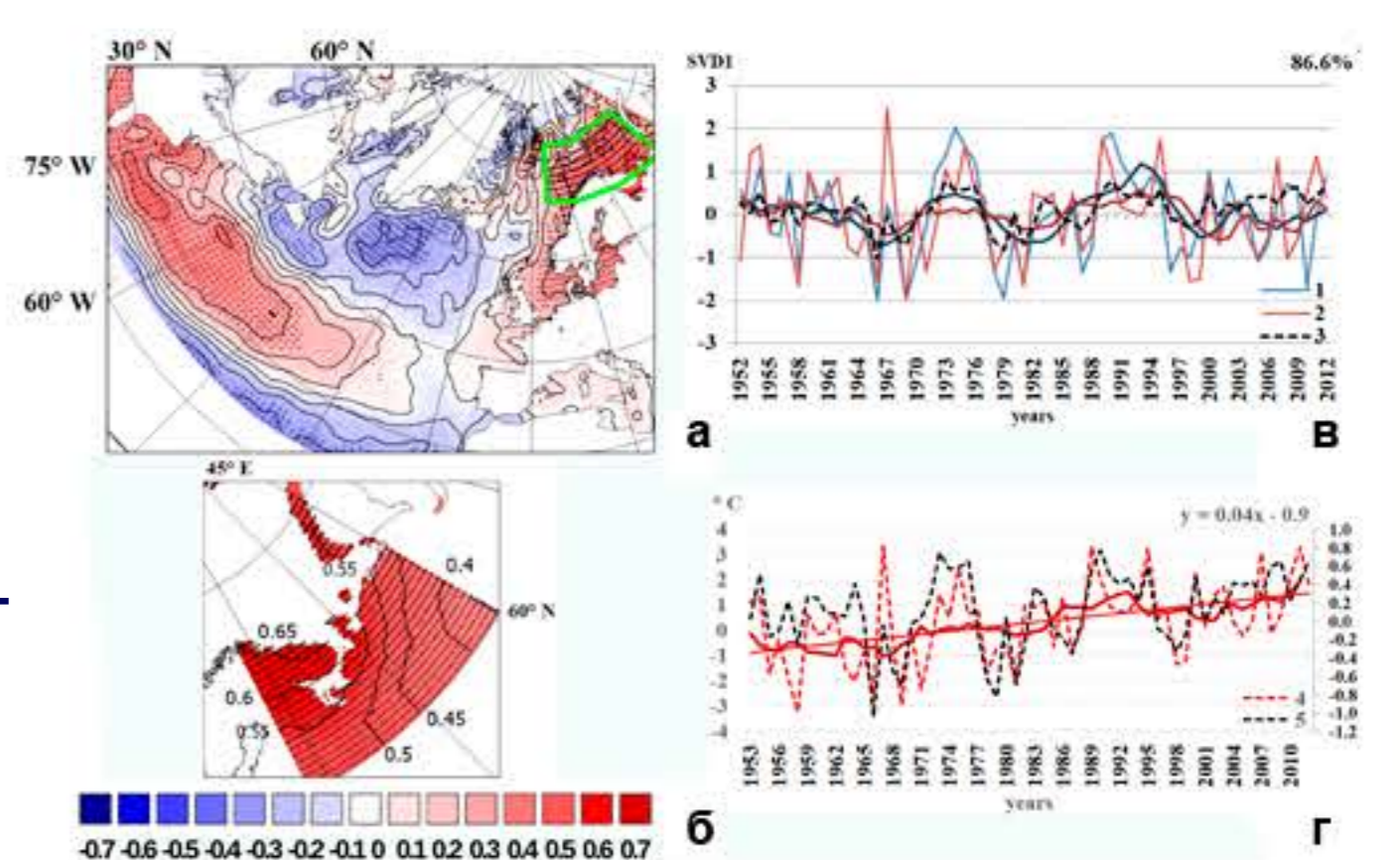


Рис. 4. То же, что на рис. 2 для SVD1 весной и ТПО, осредненной внутри области, очерченной линиями зеленого цвета (5).

Анализ временных рядов ТПО в регионе Норвегии и Баренцева моря (в области, очерченной зелеными линиями на рис. 4а) весной указывают на сильную корреляцию как с температурой на европейском севере России (коэффициент корреляции, равный 0,6, рис. 4г), так и с первой ведущей модой SVDC1(S:T→S) совместного анализа температуры воздуха и ТПО весной (коэффициент корреляции 0,8, рис. 4в). Зимой положительные аномалии ТПО в Норвежском и Баренцевом морях, а также рост повторяемости положительных экстремумов АО с 1970-х годов привели к формированию положительных трендов (0,3° C / 10 лет) температуры воздуха на севере Европейской России в период 1953-2012 гг. (рис. 1в, 2в, 3в, 4в). В тот же период существенный рост температуры весной со скоростью 0,4° C / 10 лет в том же регионе также был связан с изменчивостью АО и ТПО в Норвежском и Баренцевом морях, однако с начала 1990-х годов роль SST увеличилась (рис. 5 а и 5 б).

Благодарности. Исследование температуры на севере Европейской части России проведено при финансовой поддержке РФФИ (№ 17-77-20123). Анализ изменений атмосферной циркуляции в высоких широтах Северного полушария выполнен в рамках проекта РФФИ № 14-17-00647.

ВЫВОДЫ. Исследование выявило ведущие режимы совместной изменчивости приземной температуры воздуха на севере Европейской территории России попарно с аномалиями ТПО СА и высоты геопотенциала на уровне 500 гПа в Северном полушарии, в каждом случае объяснившие более 85% общей изменчивости пар рассмотренных параметров. Принятие во внимание выявленных особенностей пространственно-временной связи аномалий температуры поверхности Норвежского и Баренцева морей с аномалиями зимней и весенней температуры воздуха на севере Европейской территории России наряду с ее связью с Арктической осцилляцией может способствовать улучшению региональных оценок температур воздуха, особенно в Мурманской и Архангельской области, а также в Республике Карелия.