

ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В СРЕДНИХ И ВЫСОКИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Г.Н. Панин, Т.Ю. Выручалкина, И.В. Соломонова
Институт водных проблем РАН, e-mail: panin@aquas.laser.ru

Введение

Проблема изменения климата сегодня чрезвычайно актуальна. Климат на нашей планете меняется, и меняется достаточно быстро. В этой связи появляется все больше и больше новых исследований, посвященных данной проблеме.

Наблюдения за климатом по регионам показывают, что атмосферные явления претерпевают более значительные изменения и вариации, чем глобальные. Например, рост среднегодовой температуры воздуха отмечается практически во всех регионах нашей страны, однако из-за большой протяженности территории России и разнообразия ее природных условий климатические изменения проявляются неравномерно по различным регионам и сезонам.

Важнейшая особенность климата в прошедшем столетии – неоднократные его изменения. Потепление климата в XX в. происходило неравномерно в течение двух периодов: с 1911 по 1945 г. и с 1976 по 2006 г. С 1945 по 1975 г. наблюдалось незначительное понижение температуры, которое усиливалось с продвижением на север (в пределах 60–90° с.ш. понижение температуры в этот период превысило 1.5 °С). Стоит отметить, что в последнее десятилетие рост приземной температуры воздуха приостановился, а в некоторых регионах она начала незначительно снижаться.

Существующие объяснения вариации векового хода глобальной и, в особенности, региональной температуры пока не представляются убедительными.

Наблюдаемые изменения в климатической системе Земли ученые связывают с аномальным ростом концентрации в атмосфере так называемых «парниковых газов». Прогнозы учитывают будущие изменения парниковых газов и конкретные параметризации и модели, использовавшиеся при анализе. Основное недоверие к результатам прогнозирования изменений климата связано с тем, что современные модели дают лишь линейную или логарифмическую зависимость температуры воздуха от концентрации парниковых газов в атмосфере. Кроме того, прекращение потепления в Южном полушарии и понижение температуры в Северном в период с 1940-х по 1970-е гг. не

находят физического объяснения, т.к. рост концентрации парниковых газов происходил непрерывно. При толковании этих оценок важно иметь в виду, что по-прежнему сохраняются неопределенности в том, что касается характера, величины и темпов будущего изменения регионального климата.

Поскольку отсутствует единая точка зрения на причины современного потепления, являются весьма полезными эмпирико-статистические оценки пространственно-временной изменчивости метеорологических полей, выяснение региональных особенностей проявления изменений климата на основе данных глобального мониторинга климатической системы.

В предлагаемой статье развивается концепция, позволяющая объяснить вариации температуры в XX в., а также приведены данные, характеризующие возможное начало нового периода похолодания. Значительное внимание уделено анализу полей приземной температуры воздуха в средних и высоких широтах Северного полушария, а также пространственному распределению и влиянию на них климатических индексов. Настоящая работа является продолжением исследований авторов в этом направлении с привлечением более полного банка имеющихся климатических данных для высоких и средних широт Северного полушария.

Методы и материалы

В данной работе основное внимание уделено изучению причин изменения климата, анализу особенностей пространственной изменчивости полей температуры, а также их взаимной связи с индексами циркуляции для территории 49.50–82.50° с.ш. (за последние 100 лет).

База составлена из данных ВНИИГМИ-МЦД, The Global Historical Climatology Network (GHCN) и WMO. Исследованием предусматривалось выявление в долгопериодных изменениях температуры систематических составляющих (тренда) в их региональном проявлении [2, 3]. Соответствующие оценки выполнялись как в целом для всего периода (1900–2006 гг.), так и для отдельных его частей: с 1911 по 1945 г., с 1976 г. по настоящее время (годы потепления в Северном полушарии) и с 1945 по 1975 г. (годы слабовыраженного похолодания).

Поля температуры построены с использованием метода сеточной функции, при котором процесс вычисления значений интерполяционной функции в точках регулярной сети осуществляется по значениям хаотически расположенных экспериментальных точек

данных (наблюдений). Интерполяционные схемы оценивают значения исследуемой поверхности в точках, где нет экспериментальных данных, на основе имеющегося множества исходных точек. Достоинства такого подхода намного превосходят его недостатки. В любом случае, найдется не много задач, для которых построение карты изолиний на основе исходного хаотического множества точек обладает какими-либо преимуществами по сравнению с сеточными методами. Недостатком подходов, основанных на построении регулярной сети, является то, что карты изолиний строятся не по исходным данным, а по значениям интерполяционной функции.

Результаты

Анализ приземной температуры воздуха позволил выделить в Северном полушарии два типа ее распределения. Первый тип характеризуется непрерывным ростом температур в XX в. (рис. 1). Второй – чередованием периодов роста и спада (~ 1945–1975 гг.), особенно в полярных областях и прилегающих к ним районах, что также отмечается в [5, 6] и др. С продвижением на юг большее распространение получает первый тип. Далее с помощью композиционного анализа, используя выше описанные типы распределения температур, было проведено районирование.

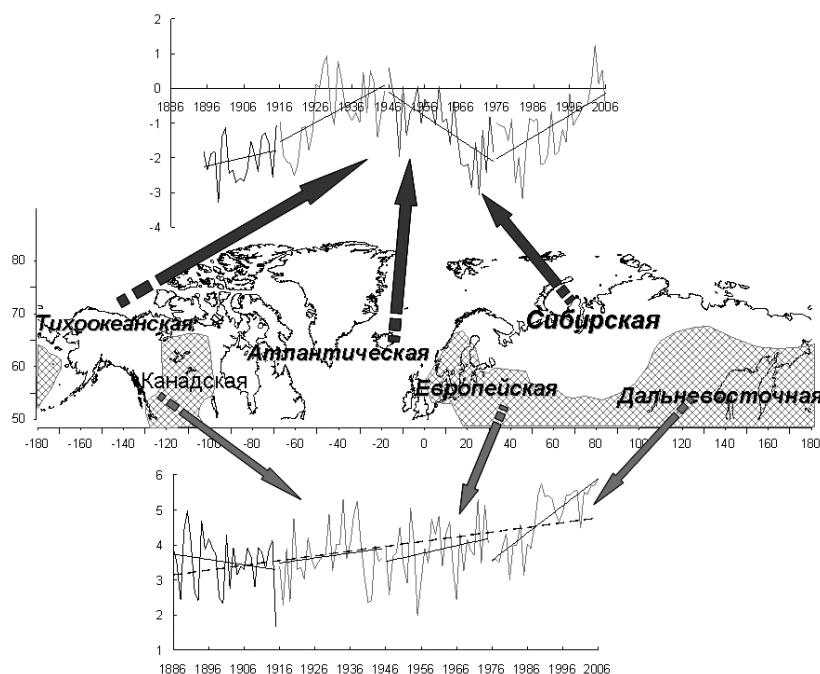


Рис. 1. Схема расположения зон с характерными типами температурных изменений

На территории 60 – 90° с.ш. выделено [2, 3] шесть зон с однотипным изменением климата: Тихоокеанская (Т), Канадская (К), Атлантическая (Ат), Европейская (Ев), Сибирская (С) и Дальневосточная (Д). При продвижении на юг (к 50° с.ш.) число зон сокращается до 5. Внутри каждой зоны пункты хорошо скоррелированы.

Современное глобальное потепление реализуется в виде крупномасштабных положительных аномалий приземной температуры воздуха, повторяемость которых значительно увеличилась в последние десятилетия. В Северном полушарии они наблюдаются главным образом зимой. Непосредственная причина этих аномалий – усиление циклонической активности в высоких широтах, связанное с изменениями крупномасштабной атмосферной циркуляции, которые отражаются на ряде показателей, в частности колебаниями циркуляционных индексов. Для мониторинга климатических изменений и отражения влияния этих изменений на окружающую среду были использованы данные многолетних (1950–2000 гг.) колебаний индексов циркуляции (Northern hemisphere teleconnection patterns), получивших широкое признание как инструмент для изучения изменений крупномасштабной циркуляции и долгосрочного прогноза погоды. Эти циркуляционные индексы получены либо путем вычисления разности нормированных значений давления на уровне моря (SLP), либо разложением по естественным ортогональным функциям (ЕОФ) колебаний поля геопотенциала изобарической поверхности 700 или 1000 гПа для внетропической зоны Северного полушария. В работе использовались материалы Центра прогнозов климата Национального управления по исследованию океана и атмосферы США (NOAA), который проводит мониторинг этих циркуляционных механизмов и вычисление соответствующих индексов.

Анализировались как сезонные (зима, лето), так и годовые значения. Особое внимание было уделено территории Северной Евразии.

В качестве основных составляющих изменчивости поля давления над Северным полушарием выделяются следующие циркуляционные механизмы, названные в соответствии с их географической привязкой: North Atlantic oscillation (NAO) – североатлантическое колебание; Arctic oscillation (AO) – арктическое колебание; Pacific decadal oscillation (PDO) – тихоокеанское декадное колебание; North Pacific index (NPI) – северо-тихоокеанский; East Atlantic pattern (EA) – восточноатлантический; West Pacific pattern (WP) – западно-тихоокеанский; Pacific/North American pattern (PNA) –

тихоокеанско-североамериканский; East Atlantic/West Russia pattern (EA/WR) – восточноатлантический – западно-российский; Scandinavia pattern (SCA) – скандинавский; Polar/Eurasia pattern (POL) – полярно-евразийский; Siberian/Alaskan index – сибирско-аляскинский; Siberian index – сибирский; Alaskan index – аляскинский; Atlantic multidecadal oscillation (AMO) – атлантическое мультидекадное колебание.

Было установлено, что каждой из выделенных нами зон свойствен конкретный набор циркуляционных индексов из 14, характерных для Северного полушария. Наибольшее влияние на климат рассматриваемой территории оказывают следующие 8 циркуляционных индексов: NAO, AO, PDO, NPI, WP, PNA, SCA, Siberian index, что согласуется с [4].

В таблице и на рис. 2–3 (см. Приложение) представлены области распространения циркуляционных индексов (по зимнему сезону), ограниченные по широте и долготе, а также в рамках исследуемых зон и федеральных округов РФ.

Из таблицы и рис. 2 видно, что в районе Тихого океана доминируют индексы PDO, PNA, NPI; в Северной Атлантике – NAO, AO; в Сибири – NAO, AO, SCA, Siberian index; на Дальнем Востоке – AO, SCA, WP. Причем каждый из индексов имеет значимую (0.5–0.7) положительную или отрицательную корреляцию с полями приземной температуры воздуха.

Специальное внимание было уделено изучению влияния циркуляционных индексов на климат Северной Евразии. С середины 70-х гг. в данном районе наблюдалось заметное потепление, особенно в зимние месяцы. В этом аспекте было интересно сравнить, как меняется (или не меняется) зона влияния основных индексов, действующих на территории Северной Евразии. Анализ показал, что зона влияния NAO, AO, SCA (рис. 4, 5а, 5б, см. Приложение) варьирует во времени по масштабу. В частности, в 1973–2000 гг. территория, подверженная их влиянию, была практически в два раза больше, по сравнению с периодом 1943–1973 гг. Обратная ситуация – уменьшение зоны влияния – наблюдается у WP (рис. 5в, см. Приложение).

Современное изменение температуры Земли можно считать одним из самых чутких индикаторов происходящих глобальных изменений. Спутниковые данные показывают, что, начиная с 1960-х гг., произошло уменьшение площади снежного покрова примерно на 10%. С 1950-х гг. в Северном полушарии площадь морского льда сократилась почти на 10–15%, а толщина его уменьшилась на 40%. По прогнозам экспертов Арктического и

Антарктического научно-исследовательского института (Санкт-Петербург), уже через 30 лет Северный Ледовитый океан в течение теплого периода года будет полностью вскрываться из-под льда. Однако следует заметить, что с 2008 г. отмечается увеличение площади его льдов, составившее за два года 20% (Алексеев, 2009 г.). Тенденция к похолоданию сохранялась и в течение первых пяти месяцев 2010 г. (рис. 6, см. Приложение).

Также в последнее десятилетие началось ослабление влияния NAO и АО (со смещением их влияния на юг) на климат Северной Евразии, которое сопровождается понижением температур воздуха.

Заключение

Таким образом, анализ результатов, полученных для территории высоких и средних широт Северного полушария, указывает на неоднородный характер пространственно-временной изменчивости температуры воздуха. Выделено два типа изменчивости температур. В целом можно говорить о периодических изменениях температуры в отдельных зонах и непрерывном направленном потеплении в других зонах.

Проанализированы 16 циркуляционных индексов, влияющих на климатическую ситуацию Северного полушария. Из них выделено восемь (NAO, АО, PDO, NPI, WP, PNA, SCA, Siberian index), оказывающих сильное воздействие на региональный климат.

Показаны (для Северной Евразии) особенности варьирования зоны влияния NAO, АО, SCA во времени по масштабу.

В последнее десятилетие ослабление влияния циркуляционных индексов NAO и АО (со смещением их воздействия на юг) на климат Северной Евразии сопровождалось понижением температур воздуха и увеличением (с 2008 г.) площади льдов Северного Ледовитого океана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г.В., Пнюшков А.В., Ашик И.М., Соколов В.Т. Комплексная оценка климатических изменений в морской Арктике с использованием данных МПГ2007/08 // Тезисы докладов Международного совещания по итогам МПГ, http://www.onlinereg.ru/chugaev/tez_ipy.pdf
2. Панин Г.Н., Выручалкина Т.Ю., Соломонова И.В. Анализ климатических тенденций в высоких широтах Северного полушария // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 6. С. 31-41.

3. Панин Г.Н., Соломонова И.В., Выручалкина Т.Ю. Климатические тенденции в средних и высоких широтах Северного полушария // Водные ресурсы. 2009. № 6.
4. Попова В.В., Шмакин А.Б. Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий температуры воздуха зимой в Северной Евразии в конце XX столетия // Метеорология и гидрология. 2006. № 12. С. 15-24.
5. Johannessen O. M., Bengtsson L., Miles M. W. et al. Arctic climate change – Observed and modeled temperature and sea ice variability. Nansen environmental and remote sensing center, Report No. 218, Bergen 2002; Tellus 56A (2004). P. 328–341, Corr. 559-560.
6. Khorostovsky K., Johannessen O.M., Bobylev L.P. // Arctic environmental variability and global change. Chichester (UK), 2003. P. 270–280.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица

Распространение циркуляционных индексов (по зимнему сезону)

Индекс	Территориальное расположение	Исследуемые зоны	По федеральным округам
NAO	от -10° з.д. до 90° в.д.	Ев, С, Ат	центральный, северо-западный, приволжский, уральский, сибирский
АО	от -15° з.д. до 55° в.д. и от 70° в.д. до 130° в.д.	Ев, С, Ат, Д	центральный, северо-западный, приволжский, уральский, сибирский, дальневосточный
SCA	от 40° в.д. до 130° в.д.	С, Д	уральский, сибирский, дальневосточный
PDO	от -170° з.д. до -120° з.д.	Т, К	-
PNA	от -155° з.д. до -95° з.д.	Т, К	-
NPI	от -160° з.д. до -100° з.д.	Т, К	-
WP	от 150° в.д. до 165° в.д.	Д	дальневосточный
Siberian index	от 50° в.д. до 120° в.д.	С	северо-западный, уральский, сибирский

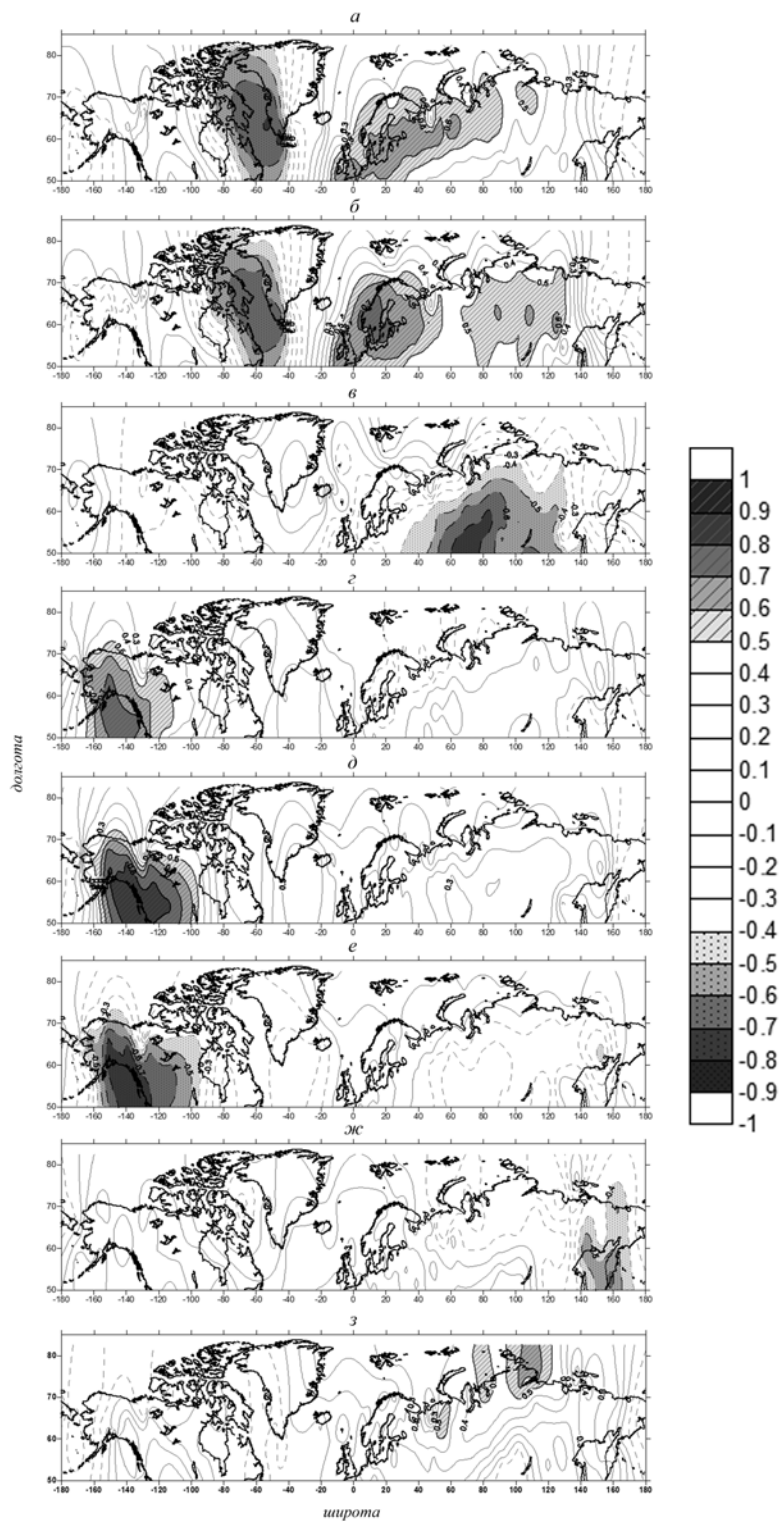


Рис. 2. Взаимосвязь зимней температуры воздуха и зимнего индекса атмосферной циркуляции (по зимнему сезону) соответственно: а) NAO, б) АО, в) SCA, г) PDO, д) PNA, е) NPI, ж) WP, з) Siberian index

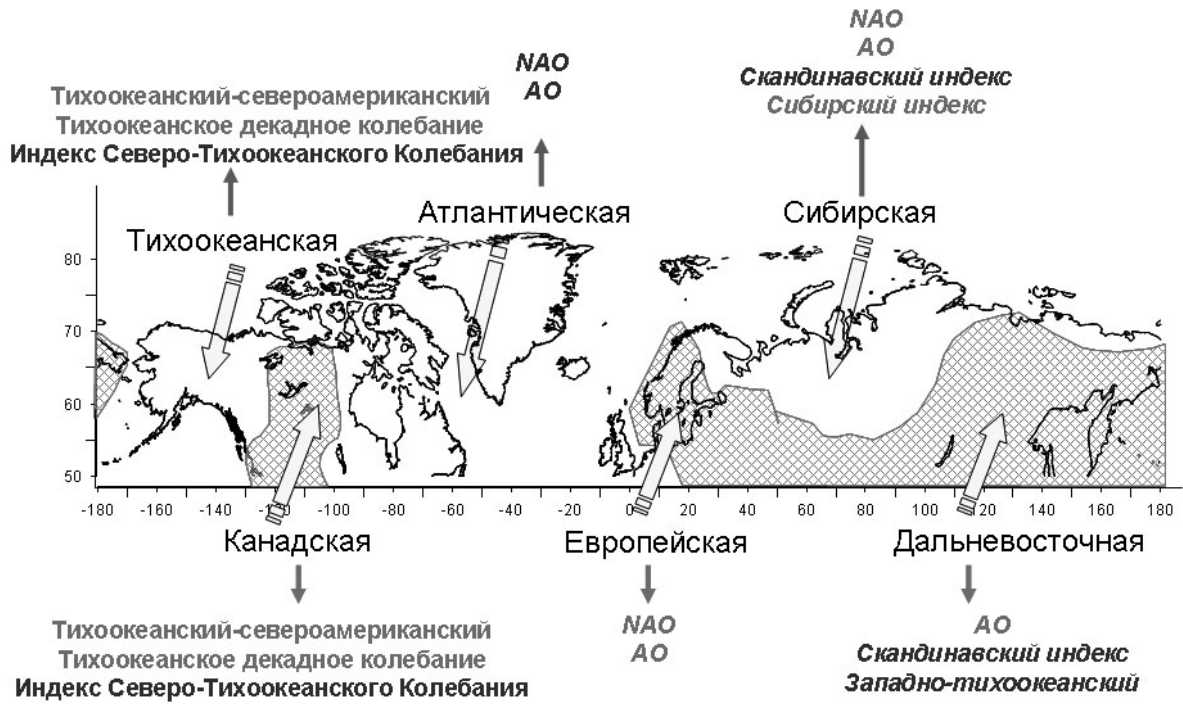


Рис. 3. Распространение циркуляционных индексов в зимний период

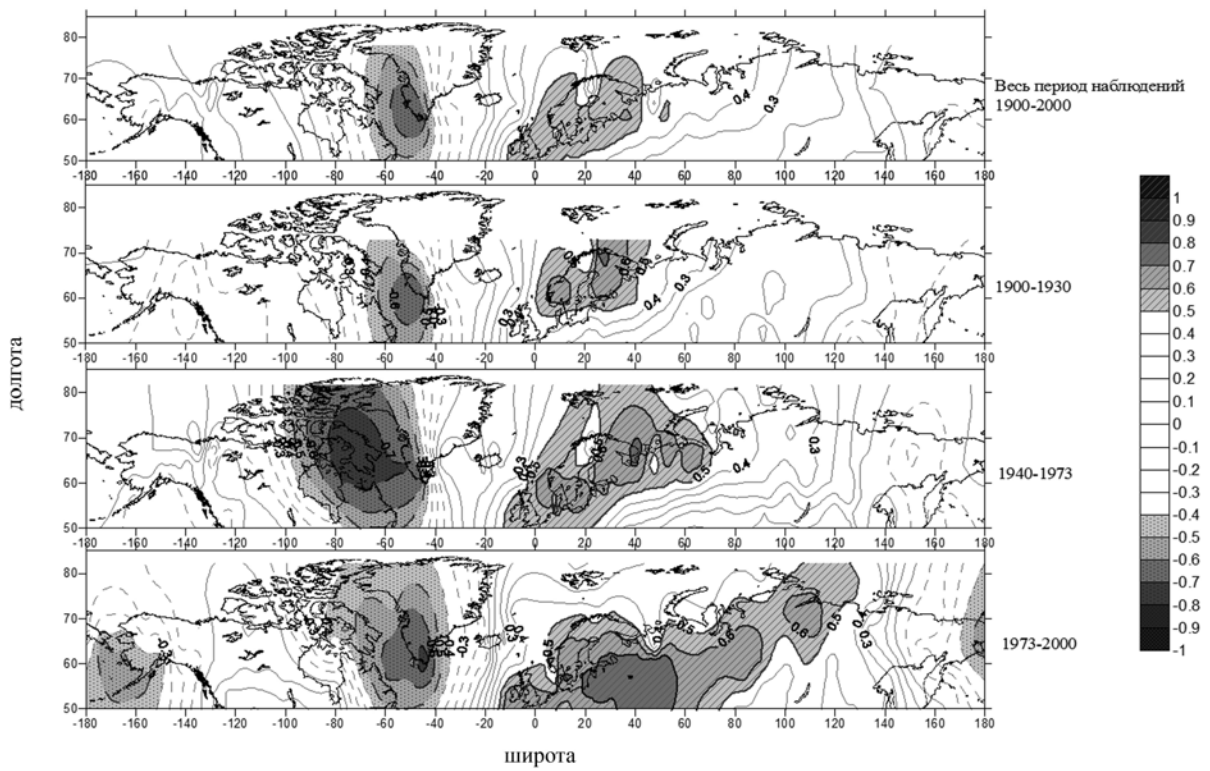


Рис. 4. Корреляция между зимними значениями температуры воздуха и зимними значениями индекса NAO

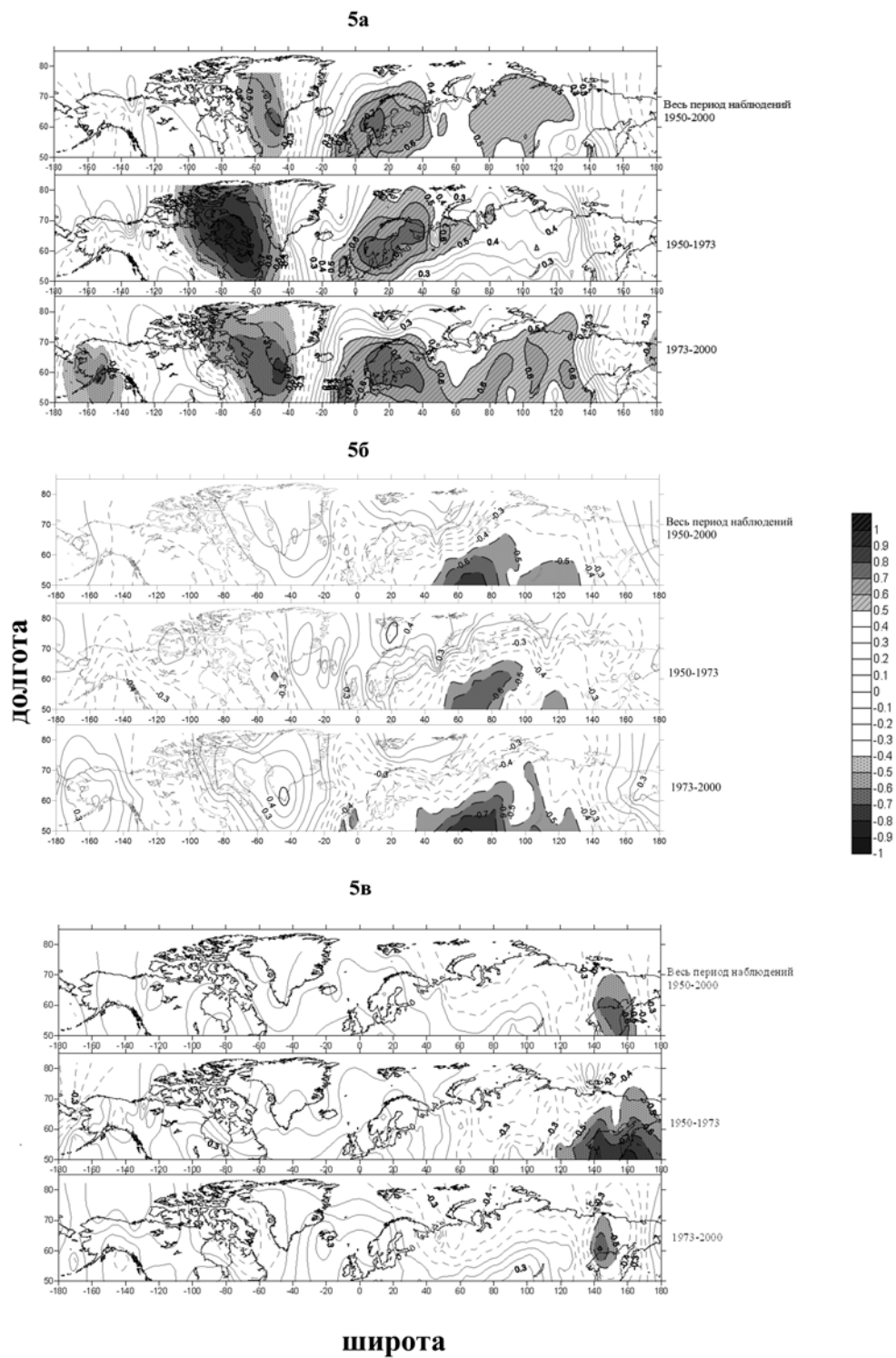
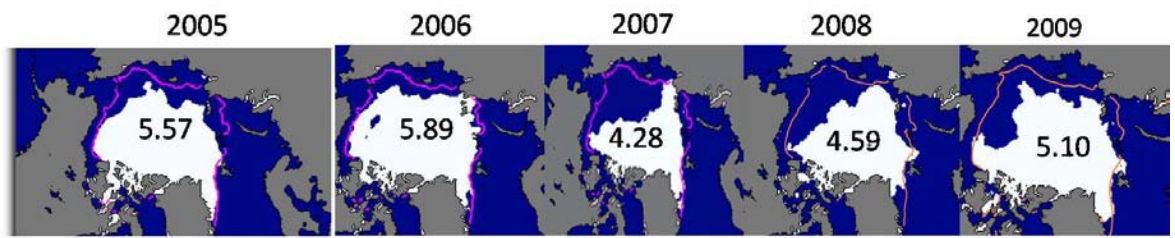


Рис. 5. Корреляция между зимними значениями температуры воздуха и зимними значениями индексов АО (а), SCA (б) и WP (в)



■ средняя граница льда

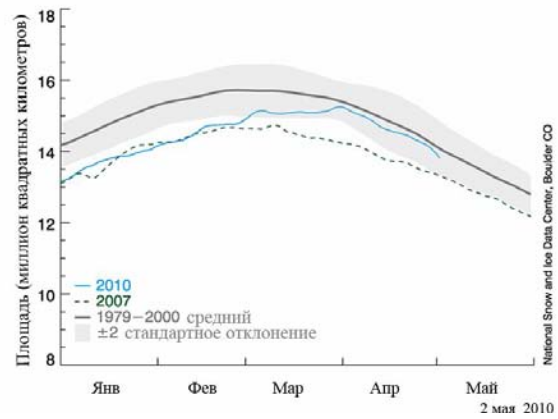


Рис. 6. Изменение площади льдов в Северном полушарии в 2005–2010 гг.