

УДК 551.583

На правах рукописи

Шерстюков Борис Георгиевич

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОГО
ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

Специальность 25.00.30 - метеорология, климатология, агрометеорология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

доктора географических наук

Казань-2008

Работа выполнена в Государственном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»

Научный консультант: Доктор географических наук, профессор
Переведенцев Юрий Петрович

Официальные оппоненты: Доктор географических наук, профессор
Калинин Николай Александрович
Доктор географических наук, профессор
Семенов Евгений Константинович
Доктор физико-математических наук
Гинзбург Александр Самуилович

Ведущая организация: Институт географии Российской Академии
Наук

Защита состоится 17 апреля 2008г в 15 часов на заседании диссертационного совета Д212.081.20 по специальности 25.00.30- метеорология, климатология, агрометеорология в Казанском государственном университете по адресу: 420018, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, корп.2, 15 этаж, аудитория 1512.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И.Лобачевского Казанского государственного университета

Автореферат разослан _____ 2008г.

Ученый секретарь диссертационного совета

Кандидат географических наук

Ю.Г. Хабутдинов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Факты об изменении климата последних десятилетий уже не оставляют сомнений в том, что климат изменяется и это происходит с нарастающей скоростью. Влияния изменений климата на экономику и жизнедеятельность человека становятся все более заметными. Несмотря на то, что вопрос о причинах современного глобального потепления не является до конца решенным, в исследованиях многих ведущих климатологов мира делается вывод об антропогенном характере потепления, связанного с ростом концентрации CO₂, метана и других парниковых газов в атмосфере. Признание антропогенного фактора в качестве главной причины изменения климата означает, что человечество в своем развитии достигло потенциала, способного создавать крупномасштабные и необратимые изменения в климатической и экологических системах Земли. Совместно с естественными колебаниями климата эти изменения проявляются, как на глобальном и региональном уровнях, так и на континентально-океаническом взаимодействии.

Изменения климата могут оказывать как позитивное, так и негативное влияние на естественные и социально-экономические системы, однако, по многим оценкам, отрицательные последствия в большинстве регионов Земли могут оказаться доминирующими.

Угроза необратимости происходящих современных изменений глобального и регионального климата с их негативными последствиями, недостаточная изученность причин и пространственно-временных закономерностей происходящих изменений климата, а также связанная с этим неопределенность в планировании стратегических мер по ослаблению изменений климата делает тему диссертации актуальной.

Проблема изменений климата становится одной из важнейших проблем мировой политики и обсуждается на самом высоком уровне. В июне 2007г. на

саммите «большой восьмерки» одним из главных был вопрос о борьбе с парниковым эффектом и о сокращении выброса углекислого газа в атмосферу. Государства-участники саммита взяли на себя обязательства существенно сократить выброс парниковых газов в атмосферу. Высказана необходимость дальнейших обсуждений проблемы климата в рамках ООН. В сентябре 2007г. на саммите Азиатско-тихоокеанского экономического сотрудничества признана необходимость принятия мер, для того, чтобы «замедлить, остановить и затем повернуть обратно» процесс глобального потепления климата путем ограничения энергопотребления и сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу, несмотря на сопутствующие этому неизбежные задержки темпов экономического развития многих стран. Присуждение Нобелевской премии 2007 г. группе МГЭИК за исследования в области антропогенного воздействия на климат значительно поднимает престижность проблемы.

Цель работы

Описание совокупности региональных и сезонных различий в современных изменениях климата, выявление основных составляющих физического механизма формирования пространственных и сезонных особенностей изменений климата в период интенсивного глобального потепления и разработка статистической модели прогноза его изменений до 2025г.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- Разработка методики проведения статистической обработки данных о состоянии климата Земли для выявления вклада антропогенного и естественных факторов в изменения климата на основе всестороннего анализа «экспериментов» поставленных самой природой в разных сезонах, регионах и во времени.
- описание глобальных, региональных и сезонных особенностей изменения климата за весь период инструментальных

гидрометеорологических наблюдений и, особенно, в последние десятилетия.

- оценка изменений климата в различных физико-географических условиях формирования радиационного баланса. Выделение парникового эффекта при наличии и отсутствии облачности.
- оценка многолетних изменений крупномасштабного теплового взаимодействия отдельных компонент климатической системы;
- описание физико-статистической зависимости между изменениями и изменчивостью климата;
- построение статистической модели климата с целью оценок его состояния на ближайшую перспективу.

Объектом исследования являлись современные изменения глобального и регионального климата.

Соотношения между антропогенными и естественными факторами менялись за последнее столетие, что определяло соотношение глобальных и региональных изменений климата. В этой связи пространственная и сезонная структура и крупномасштабные факторы изменений климата в период интенсивного глобального потепления являются основным предметом защиты. При этом рассматриваются изменения и изменчивость климата, строится статистическая модель предстоящих изменений климата.

Научная новизна результатов.

- Впервые по данным до 2005 года изучены региональные изменения структуры годового хода температуры воздуха на континентах в связи с изменениями глобального климата и показана зависимость этих изменений от географической широты и удаленности от океана.
- Автором предложена методика объективной классификации сезонной структуры трендов температуры воздуха в различных регионах.

- Предложен индекс сезонной инерционности атмосферы, который косвенно оценивает крупномасштабное взаимодействие атмосферы с океаном. Впервые обращено внимание на изменение инерционных свойств климатической системы, определяющих некоторые особенности последующих изменений и изменчивости климата.
- На основе анализа индекса инерционности атмосферы впервые показана многолетняя тенденция ослабления крупномасштабного теплового взаимодействия атмосферы и океана, сопровождающаяся ослаблением демпфирующего влияния океана на антропогенное потепление климата. Получено косвенное подтверждение наличия океанической и парниковой составляющих в изменениях глобального климата.
- Впервые дано объяснение причин усиления изменчивости и экстремальности климата. Описаны региональные и сезонные особенности межгодовой и пространственной изменчивости климата и показано, что изменчивость климата возросла на континентах в районах ослабления влияния океана на атмосферу.
- Получены количественные оценки вклада изменений облачности в общую дисперсию температуры воздуха на различных внутригодовых интервалах с детализацией по пятидневкам и показано, что увеличение количества облачности, обусловленное усилением циклоничности в последние десятилетия на территории России, способствовало дополнительному потеплению климата в холодное полугодие (парниковый эффект облачности) и ослаблению потепления в теплое полугодие (экранирующий эффект).
- Впервые показано влияние парниковых газов на тренды температуры в безоблачной сухой атмосфере. Получены оценки трендов многолетних изменений температуры воздуха не связанных с изменениями количества облачности и влажности воздуха.

- Впервые показано, что антропогенная составляющая потепления климата наиболее заметна в таких физико-географических условиях, при которых естественный радиационный баланс у земли близок к нулю или отрицательный.
- Совокупность представленных результатов впервые описывает основные составляющие физического механизма формирования пространственных и сезонных особенностей современных изменений климата.
- Разработана статистическая модель изменений климата, которая на предстоящие 20 лет описывает климат точнее, чем динамические модели.

Практическая значимость полученных результатов.

С учетом результатов анализа изменений современного климата разработана структура региональных климатических справочников для условий меняющегося климата, подготовлены и изданы (в соавторстве) региональные справочники по четырем субъектам федерации (Калужская и Самарская области, Чувашская Республика, Татарстан) и для семи субъектов справочники подготовлены в электронном виде на компьютерных дисках (Смоленская, Тульская, Ульяновская, Брянская, Саратовская, Ивановская и Орловская области).

Статистическая модель регионального климата, разработанная автором диссертации, использовалась в Федеральном государственном унитарном геологическом предприятии «Гидроспецгеология» (Министерство природных ресурсов РФ) для годового и сезонного прогнозирования региональной активности опасных экзогенных геологических процессов с 2002 по 2007 год при ведении государственного мониторинга состояния недр в различных регионах Российской Федерации. Составленные прогнозы позволили предсказать ряд активизаций опасных экзогенных геологических процессов на Кавказе и в других регионах.

Результаты исследований изменений климата и комплексного применения различных моделей климата Земли использованы при

выполнении НИР Росгидромета №: 1.2.6.10 (2001г); 3.1.38 (2004г); 2.1.1.6, 1.3.2.19, 1.3.3.21, 1.3.4.23, 1.3.4.24 (2005-2007гг.), Федеральных целевых программ "Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий" (2001-2002гг.) и «Мировой океан» (2003-2006гг.)

Многолетняя работа в области статистической обработки и анализа метеорологической информации способствовали подготовке Программы учебного курса для ВУЗов «Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений», утвержденная министерством образования РФ. (Авторы А.А. Исаев, Б.Г. Шерстюков. Программа дисциплины «Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений». -Министерство образования РФ, Учебно-методическое объединение по классическому университетскому образованию. Учебно-методическое обеспечение специальностей 012700-Гидрология, 012800-Океанология. Москва, 2002, с.126-131).

Исходные данные, методы исследования, достоверность и обоснованность результатов

В работе использовались результаты наблюдений на гидрометеорологических станциях Северного и Южного полушарий Земли за весь период имеющихся регулярных наблюдений. В связи с малочисленным количеством длиннорядных станций для анализа климата начала XX века использовались только обобщенные данные. Более подробный пространственно-временной анализ проводился по станциям Земли и особенно Северного полушария, начиная с 1920 года. Достаточно полная сеть станций (более 11000) использовалась для анализа изменений климата с 1970-х годов по 2005 год.

Для обработки применялись классические методы статистического анализа и оценки достоверности полученных результатов, а также методы предложенные соискателем. Визуализация пространственных результатов выполнена на основе геоинформационной системы.

На защиту выносятся:

1. Пространственные и сезонные закономерности изменений и изменчивости климата в период интенсивного глобального потепления.
2. Оценка величины тренда антропогенных изменений климата в зависимости от физико-географических условий формирования радиационного баланса.
3. Оценка парникового эффекта в трендах температуры при безоблачной сухой атмосфере
4. Индекс инерционности атмосферы.
5. Временные закономерности ослабления крупномасштабного теплового взаимодействия атмосферы и океана (по косвенным данным)
6. Соотношения между сезонной инерционностью атмосферы, изменениями и изменчивостью климата.
7. Статистическая модель изменений климата.

В настоящей работе представлены научные результаты, полученные лично автором при выполнении исследований по проблеме изменений климата за период с начала 1970-х годов по настоящее время.

Апробация результатов диссертации

Материалы исследований докладывались и получили положительную оценку на Международных, Всесоюзных и Всероссийских научных конференциях, на семинарах учреждений Росгидромета и университетов России:

- 1-е Всесоюзное совещание "Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозов погоды". (Москва, 1972г).
- Пятое Всесоюзное совещание "Применение статистических методов в метеорологии". (Казань 1985г.).
- Всесоюзная конференция "Космос и метеорология". (Москва, 1985г.)

- International Symposium "Relation of Climatic Variability biological and Physicochemical Processes with Solar activity and other environmental factors". (Pushchino, 1993г.)
- Всероссийская научная конференция по результатам исследования в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды. (Москва, 1996г.)
- Всероссийская Конференция "Атмосфера и здоровье человека". (С.-Петербург, 1998г.)
- Международная конференция "Экспедиционные исследования мирового океана и океанографические информационные ресурсы. (Обнинск, 1998г)
- Совещание представителей УГМС России по проблеме долгосрочных прогнозов погоды и обслуживания потребителей гидрометеорологической информации. ГМЦ России. (Москва, 1998г.)
- Международная научно-практическая конференция «Проблемы гидрометеорологии и экологии». (Алматы, 2001);
- Форум «Великие реки». (Нижний Новгород 2001, 2002, 2007гг.)
- Всемирная конференция по изменению климата. (Москва, 2003г.)
- 5th AMS Symposium on Fire and Forest Meteorology joint with 2nd International Wildland Fire Ecology and Fire Management Congress. (Orlando, Florida, 2003)
- Международная конференция, посвященная 95-летию со дня рождения П.И.Мельникова «Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения». (Пушино, 2003г.)
- Вторая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, 2004)
- Всероссийская научная конференция, посвященная 200-летию Казанского университета «Современные глобальные и региональные изменения геосистем». (Казань, 2004).

- 16th Symposium on Global Change and Climate Variations. (San Diego, California, USA, 2005)
- First CliC International Science Conference. (Beijing, China, 2005)
- Совещание по международному проекту NEESPI. (AGU Fall, Meeting, an San Francisco, USA, 2006)
- Конференция по гидрометеорологической безопасности (Москва 2006)
- 7-й Международный конгресс «Вода: экология и технология», ЭКВАТЭК-2006. (Москва, 2006);
- Межведомственный научный семинар "Глобальные изменения природной среды". Географический факультет МГУ и Секция наук об окружающей среде РАЕН. (Москва, 2007г.)
- Международная научно-практическая конференция «Геоситуационный анализ» посвященная 75-летию кафедры экономической географии и регионального анализа Казанского государственного университета. (Казань, 2007г.)
- Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы современной гидрометеорологии и геоэкологии». (Ростов-на-Дону, 2007г.).
- VII научно-практическая конференция «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан». (Казань, 2007).
- Всероссийская научная Конференция "Природно-ресурсный потенциал Республики Татарстан и сопредельных территорий" (Казань, 2007).

Результаты докладывалась также на семинаре в Институте метеорологии им. Макса Планка в Гамбурге (Германия), где автор проходил стажировку (2003 год), на семинаре метеослужб Евросоюза (2005 год) в Нюрнберге (Германия) и на заседании группы Экспертов ВМО по верификации прогнозов (Токио, 2005г).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 58 научных работ. В том числе 14 работ опубликовано в журналах, рекомендованных ВАК для докторских диссертаций, а шесть работ являются коллективными монографиями, из них в четырех соискатель является первым автором.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Общий объем работы 327 л., иллюстраций 110, таблиц 24, библиография насчитывает 152 источника.

В первой главе кратко описывается состояние исследований по проблеме изменений климата, исходные данные, результаты анализа длительности, полноты и пространственного распределения существующей сети метеорологических станций Земли в разные годы. Показано, что, только начиная примерно с 1920 года, густота сети метеорологических станций на Земле становится удовлетворительной для пространственного анализа изменений климата. Начиная с 1960-х годов, густота станций становится достаточной для получения надежных оценок. Исходя из анализа наблюдательной сети в различные годы, представляется необоснованным проводить пространственный анализ и пространственные обобщения трендов за более ранний период (1 – 2 десятилетия XX столетия). Однако использование обобщенных данных возможно за более ранние годы.

Обращено внимание на известное существование двух эпох потепления климата в течение XX века и на необходимость учета этого обстоятельства при выборе начального года в анализе многолетних трендов температуры. Не рекомендуется за начало ряда для вычисления климатического тренда выбирать конец 30-х или начало 40-х годов, на которые приходится пик первого глобального потепления. В некоторых регионах потепление продолжалось до 60-х годов, что необходимо учитывать при выборе начальных лет для анализа. В противном случае вычисляемый тренд к концу

века будет сильно занижен и может даже изменить знак. С учетом публикаций, в которых указывается на различную природу первого (до 1945г.) и второго глобального потепления (с 1976г.) необходим дифференцированный анализ. Рекомендовано для анализа вековых изменений использовать данные, начиная примерно с 1920 года, а для оценок и анализа изменений в период интенсивного потепления целесообразно использовать данные с середины 1970-х годов.

Описаны как стандартные, так и оригинальные (авторские) методы обработки данных. К последним относятся метод объективной классификации сезонной структуры трендов температуры воздуха в различных регионах, метод выделения ритмов во временных рядах, предложен индекс для оценки тепловой сезонной инерционности атмосферы.

Описаны универсальные методы оценки достоверности результатов, использованные в нескольких последующих главах. Приводятся пояснения по принятой в работе терминологии различных состояний климата, которая еще не вполне утвердилась в научной литературе.

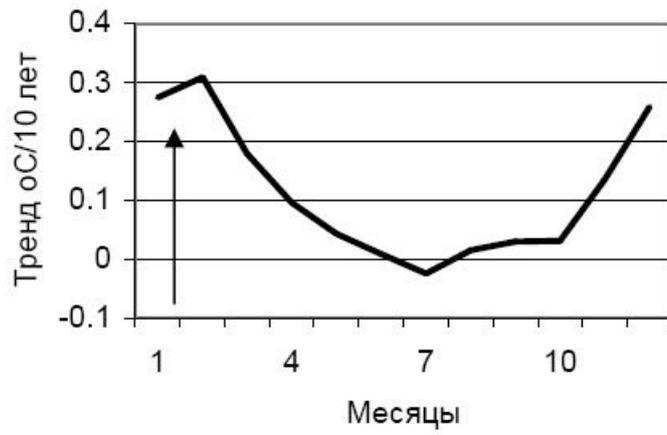
Во второй главе излагаются результаты исследований изменений климата по сезонам и регионам. В первом разделе главы рассматривается изменение зонально-осредненных сезонных аномалий температуры воздуха над континентами и аномалий температуры поверхности океана. По обобщенным данным исследуется годовой ход аномалий температуры воздуха и поверхности океана на различных временных отрезках ряда более, чем за столетнюю историю наблюдений. Выполнено сопоставление изменений сезонных аномалий температуры воздуха и поверхности океана. Показаны согласованные изменения сезонных аномалий температуры поверхности океана и температуры воздуха над континентами с конца XIX века до середины 1970-х годов, а в последующие годы выявлено их рассогласование, совпавшее с началом второго глобального потепления.

Выполнен расчет трендов температуры на метеорологических станциях земного шара, построены карты трендов и подробно изучены пространственные особенности величины и знака трендов температуры по четырем сезонам и за год. Показано, что глобальное потепление сопровождается неоднозначными изменениями регионального климата и сезонными особенностями. На континентах Земли преобладают положительные тренды температуры воздуха, но выделяются также районы заметных отрицательных трендов.

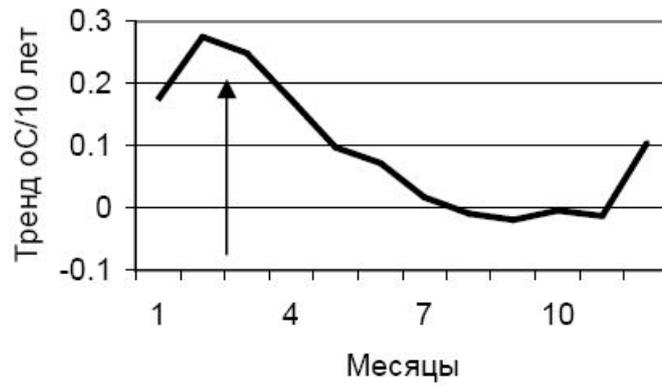
Изменения регионального климата зависят от высоты станции над уровнем моря (обширные возвышенности и горные плато) и пространственной ориентации горных массивов на пути движения воздушных масс. В разных сезонах года влияние рельефа на изменения климата может проявляться с разным знаком. Характер сезонных и региональных различий влияния рельефа на изменения климата согласуется с известными представлениями об атмосферной циркуляции как одним из факторов формирования регионального климата.

Многолетние тренды температуры, вычисленные отдельно для каждого месяца, послужили основой для анализа годового хода трендов температуры на каждой из 11000 станции. Методом объективной классификации обобщены результаты анализа всей информации о трендах температуры воздуха над континентами. Выявлено 6 типов годового хода трендов и характерная структура годового хода трендов температуры воздуха в каждом регионе Земли, которая в графической интерпретации представляется одной полной волной с максимальным трендом в одном сезоне и минимальным (иногда отрицательным) трендом в сезоне, отстоящем на полгода. Главное отличие разных типов сезонной структуры изменений климата в различных регионах земного шара заключается в сдвиге интервалов максимальных и минимальных трендов (рис.1).

Тип 1



Тип 2



Тип 3

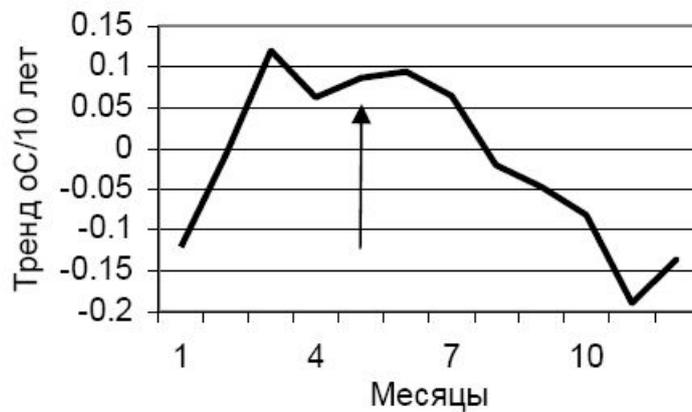
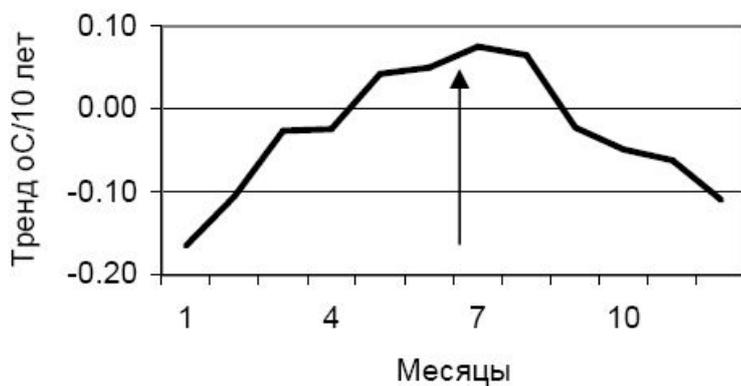
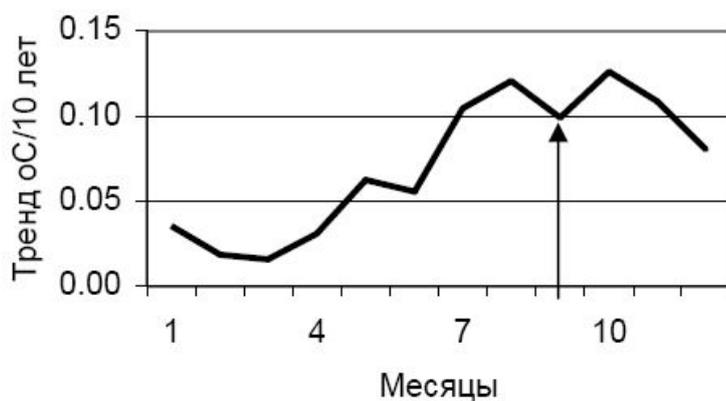


Рис.1. Типовые изменения линейного тренда температуры воздуха по месяцам ($^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$) в различных регионах земного шара. 1920-2005гг.

Тип 4



Тип 5



Тип 6

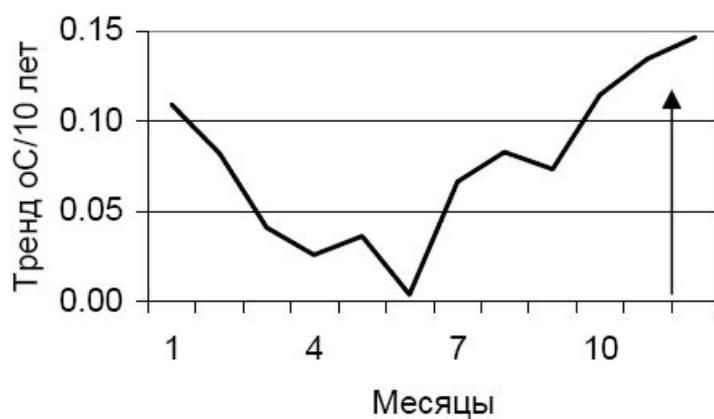


Рис.1 (продолжение). Типовые изменения линейного тренда температуры воздуха по месяцам ($^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$) в различных регионах земного шара . 1920-2005гг.

Построены карты распределения станций с разными типами годового хода трендов. Выявлены регионы наибольших трендов температуры в том или ином сезонном интервале. С учетом географического положения станций с разными типами годового хода трендов получено, что сезонные и пространственные особенности наибольших и наименьших трендов температуры взаимосвязаны. Обнаружено, что географическая широта и, в некоторой степени близость океана, определяют сезон с максимальной величиной тренда температуры и отстоящий на полгода сезон минимальных трендов. За последние три десятилетия повторно выполнена типизация годового хода трендов по эталонам, представленным на рис.1. Вычислена повторяемость по широтным зонам Северного полушария каждого типа годового хода трендов (табл.1).

Таблица. 1

Повторяемость (в %) типов годового хода трендов температуры по географическим широтам Северного полушария по данным за 1974-2005гг.

Географическая широта	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6
0	0	0	0	0	0	0
5	0.7	2.2	0	5.4	10.3	3.8
10	6.1	1.4	1.5	7.1	0	3.8
15	2.7	1.4	1.5	9.7	6.9	7.7
20	3.4	1.4	0	3.6	<u>17.2</u>	<u>9.6</u>
25	6.1	0	4.6	1.8	<u>10.3</u>	<u>13.5</u>
30	4.1	5.1	3.1	<u>12.5</u>	3.4	0
35	6.1	4.3	7.7	<u>14.3</u>	3.4	3.8
40	8.1	5.8	4.6	<u>16.1</u>	3.4	1.9
45	<u>12.8</u>	6.5	7.7	<u>10.7</u>	0	3.8
50	<u>18.2</u>	<u>12.3</u>	3.1	1.8	0	5.8
55	5.4	<u>22.5</u>	7.7	0	3.4	5.8
60	6.8	<u>18.8</u>	9.2	3.6	<u>10.3</u>	<u>11.5</u>
65	8.1	<u>10.1</u>	<u>24.6</u>	1.8	<u>20.7</u>	5.8
70	4.7	6.5	<u>21.5</u>	5.4	6.9	9.6
75	4.1	0.7	3.1	5.4	3.4	5.8
80	2.7	0.7	0	0	0	7.7

Табл.1 показывает, что сезонная структура трендов имеет зональность, каждый из шести типов сезонных изменений трендов преимущественно локализуется в узкой широтной зоне. Из табл.1 видно, что январские потепления (рис.1, тип 1) наиболее часто наблюдаются на широтах 45-50°с.ш. Потепления мартовские (рис.1, тип 2) - преимущественно на широтах 50-65°с.ш. В мае потепления (рис.1, тип 3) наблюдаются еще более севернее, за полярным кругом (65-70°с.ш.). Осенью (рис.1, типы 5 и 6), потепление появляется на широтах 60-65°с.ш., весной на тех же широтах - похолодание. Во всех перечисленных случаях сочетание соответствующего сезона с потеплением и широтной зоны соответствует условиям с малым притоком прямой солнечной радиации (около 150 Вт/м² на верхней границе атмосферы на горизонтальную площадку), при которых радиационный баланс у поверхности земли мал или отрицательный.

Типы 5 и 6, кроме вышесказанного, часто встречаются на широтах 20-25°с.ш. В этой широтной зоне и на всех широтах южнее 45°с.ш. (тип 4) прослеживаются изменения сезонной структуры трендов, имеющие, возможно, другую природу. Главной особенностью в этих районах является наличие похолодания зимой на широтах 30-45° с.ш. (тип 4) или весной на широтах 20-25°с.ш. (типы 5 и 6). Известно, что на указанных географических широтах и сезонах, где зарегистрировано похолодание, приток прямой солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы велик и составляет 300-400 Вт/м². Похолодания в низких широтах при больших значениях инсоляции могут возникать при экранировании облачностью атмосферы от приходящей радиации.

В этой же главе приведены карты пространственной и временной изменчивости климата, выполнено описание и соотношений изменений и изменчивости климата. Показано, что глобальное потепление сопровождается усилением изменчивости климата в средних и высоких широтах в холодные

месяцы года с ноября по февраль и в переходный месяц (июнь) между холодным и теплым полугодиями.

Приведены примеры практического использования результатов исследований при подготовке климатических справочников.

Третья глава посвящена выявлению факторов современных изменений климата на основе анализа результатов наблюдений и проведения специальных статистических экспериментов.

В начале главы показано распределение радиационного баланса нижней атмосферы в зависимости от сезона года и географической широты и утверждается, что парниковый эффект по своему определению должен проявляться наиболее заметно в физико-географических условиях, при которых радиационный баланс близок к нулю или отрицательный. При равновесии приходящей солнечной и уходящей длинноволновой радиации или отрицательном радиационном балансе у земли, даже малое изменение радиационного баланса парниковыми газами будет заметнее, чем при положительном радиационном балансе, когда термический режим воздуха у земли определяется преобладающим притоком солнечной радиации.

Важнейшим регулятором радиационного баланса является облачность, поэтому многолетние изменения климата анализируются в связи с анализом многолетних изменений количества облачности по данным 1400 станций России в широтной зоне 50-70°С за 1966-2004 годы. Особенности изменений климата на разных отрезках года рассматриваются с детализацией до пятидневки. Год разбивается на пятидневки с номерами от 1 до 73. Многолетние данные по каждой отдельной пятидневке используются в качестве временного ряда для анализа изменений климата в соответствующем пятидневном интервале года. На рис. 2 показаны значения линейных трендов температуры воздуха и количества общей облачности по пятидневкам года. Большую часть года (54-е пятидневки из 73-х) тренды количества облачности положительные.

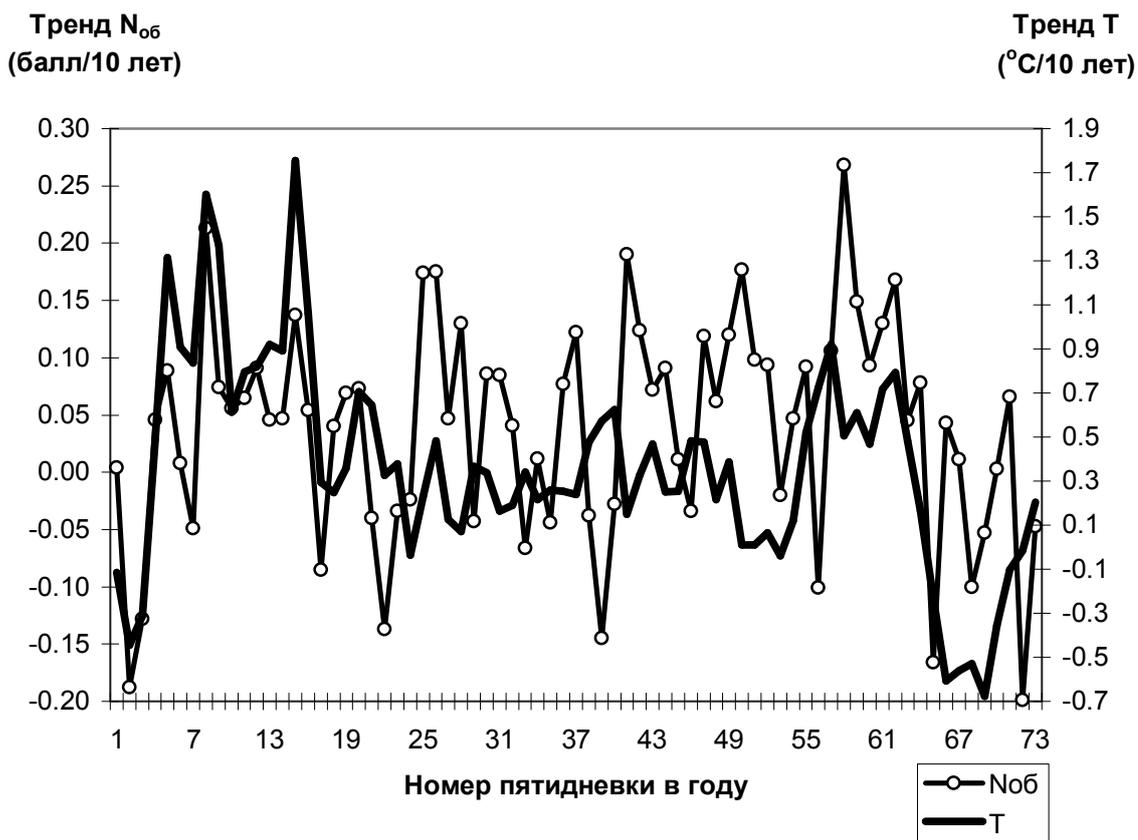


Рис.2. Тренды температуры воздуха (Т) и количества общей облачности ($N_{об}$) по пятидневкам года

Сопоставление трендов облачности с трендами температуры показало, что в холодное полугодие между трендами облачности и температуры положительная корреляция. Коэффициент корреляции $r=+0.46$ на интервале пятидневок №1-26 (январь-апрель) и $r=+0.62$ на интервале пятидневок 57-73 (октябрь-декабрь). Достоверность положительной корреляции в холодном полугодии более 95%. А в теплое полугодие, на интервале пятидневок №27-56 (май-сентябрь), корреляция между трендами количества облачности и температуры отрицательная. Коэффициент корреляции $r=-0.51$. Достоверность отрицательной корреляции в теплом полугодии более 95%.

Вклад межгодовых изменений количества облачности в изменения температуры составил 50% в холодное полугодие и 25% в теплое полугодие. В холодное полугодие облачность создавала парниковый обогревающий эффект. Изменение количества облачности на 0.1 балла в среднем

сопровождалось изменением температуры того же знака примерно на 0.4-0.5°C. В теплое полугодие облачность создавала для нижней атмосферы экранирующий охлаждающий эффект. В этом интервале года изменение количества облачности на 0.1 балла в среднем сопровождалось изменением температуры другого знака примерно на 0.5°C.

Совместный анализ (по пятидневкам) аномалий количества облачности и температуры в 1991-2004 годах от норм за 1966-1990 годы, подтвердил полученные ранее зависимости и показал, что в течение года при всех согласованных изменениях аномалий температуры и облачности с соответствующими различиями по полугодиям наблюдается систематический положительный сдвиг аномалий температуры относительно аномалий количества облачности. Этот сдвиг показывает, что облачность с ее парниковым и экранирующим эффектом является не единственной причиной потепления климата последних десятилетий, для выявления других причин необходимы более подробные исследования изменений климата при безоблачных условиях.

Выполнен совместный анализ изменения радиационного баланса у земной поверхности по наблюдениям на метеорологических станциях России, проводящих актинометрические наблюдения, и трендов температуры воздуха на 1600 станциях России. Обобщение данных проводилось для анализа зависимости трендов от сезона года (рис.3) и для анализа зависимости трендов от географической широты (рис.4) при сухих безоблачных условиях в атмосфере (относительная влажность <40%, количество облачности <2 баллов).

При анализе сезонных особенностей по обобщенным данным на территории России за 1966-2005гг. выявлено и показано на рис.3, что в сухой безоблачной атмосфере наименьшее значение тренда температуры наблюдается в июне на максимуме годового хода радиационного баланса, а

наибольшие значения трендов наблюдаются при радиационном балансе около нуля в холодную часть года. Исключением являются ноябрь-декабрь.

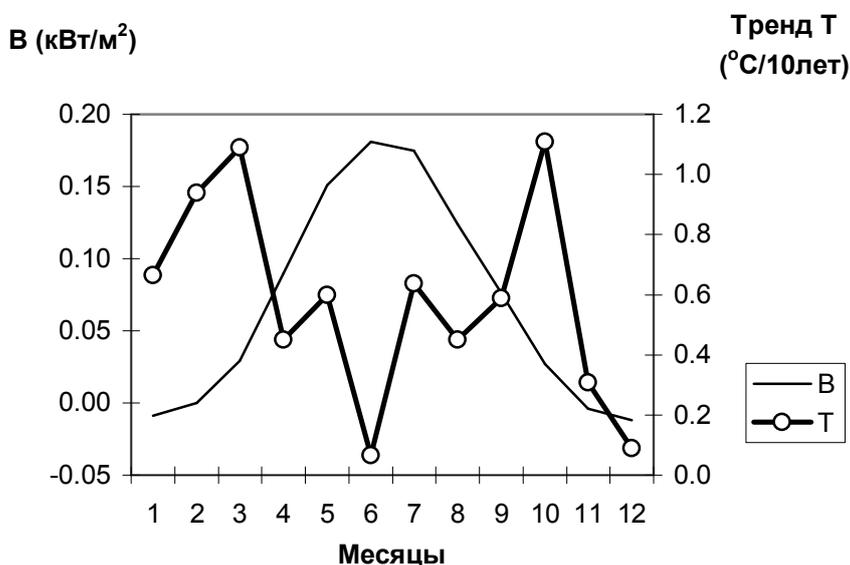


Рис.3. Тренды температуры (Т) сухого воздуха при отсутствии облачности и радиационный баланс (В).

Дополнительный анализ особенностей ноября и декабря показал, что они явились следствием наложения на общие закономерности циклических возмущений с периодом около 10 лет, заметными только зимой. Такая цикличность характерна для естественных факторов (наличие циклических естественных изменений климата подтверждено в этой же главе позднее в результате специального исследования).

При анализе различий по широтным зонам выявлено и показано на рис.4, что уменьшение радиационного баланса с увеличением географической широты от 43°с.ш. до 56°с.ш. (по обобщенным данным на территории России за 1966-2005гг.) сопровождается усилением положительных трендов температуры в сухой безоблачной атмосфере от 0.55°С/10лет до 0.8°С/10лет (относительная влажность <40%, количество облачности <2 баллов).

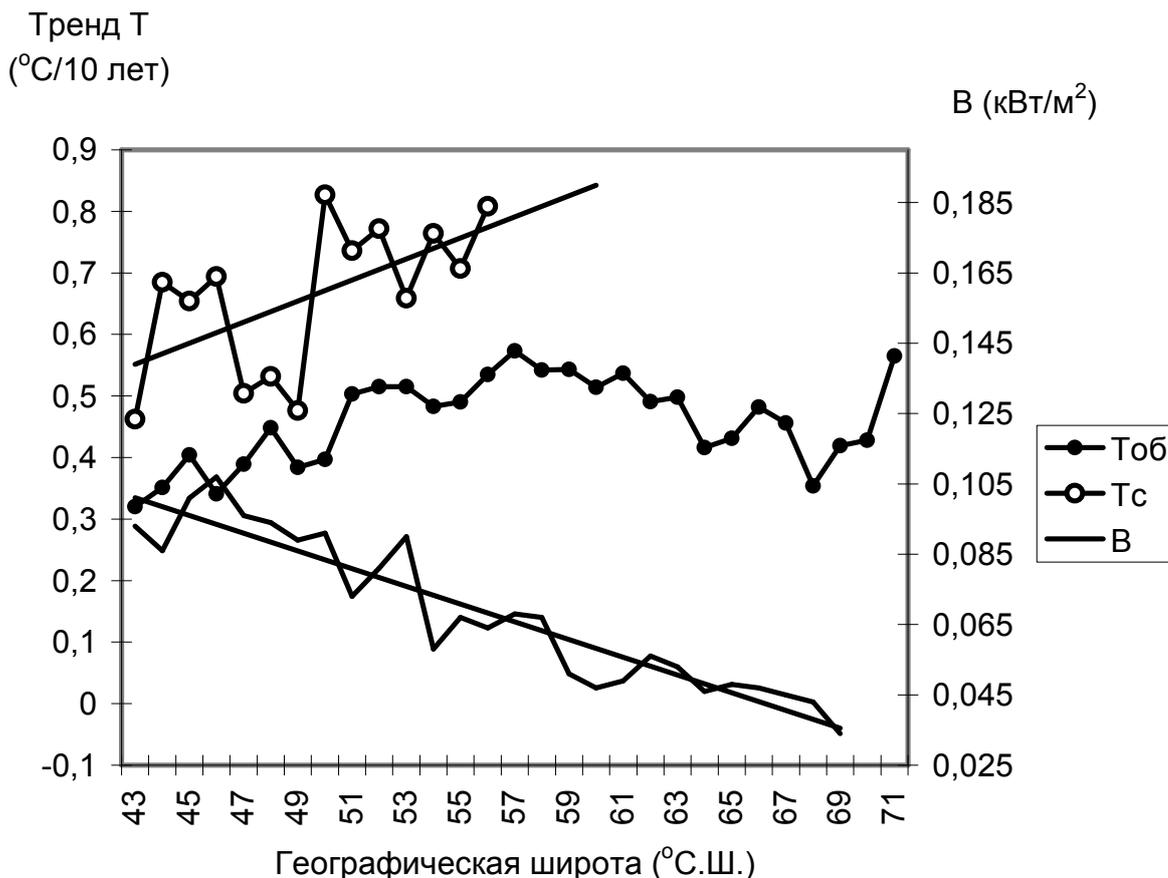


Рис.4. Зонально осредненный радиационный баланс (В) и тренды температуры воздуха при сухой безоблачной (Т_с) и облачной (Т_{об}) погоде по географическим широтам

В более высоких широтах подобных данных нет, так как недостаточно случаев с сухой безоблачной атмосферой. Обратная зависимость величины трендов от радиационного баланса, как в случае сезонных, так и в случае широтных особенностей свидетельствует о парниковой природе потепления по определению. Отсутствие облачности и водяного пара в анализируемых выборках данных позволяет сделать вывод о парниковом эффекте CO₂.

При облачной погоде (количество облачности >6 баллов) на рис.4 (кривая Т_{об}) показано, что положительные тренды температуры также усиливаются с уменьшением радиационного баланса на широтах до 56°с.ш., а в более высоких широтах тренды ослабевают из-за преобладания сплошной облачности.

Исследования трендов по месяцам и по широтам дополнены анализом изменения температуры воздуха по времени при тех же условиях сухой безоблачной погоды (рис.5). За 1966-2005 годы тренд температуры в холодное полугодие составил $0.8^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$, а в теплое $0.38^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$.

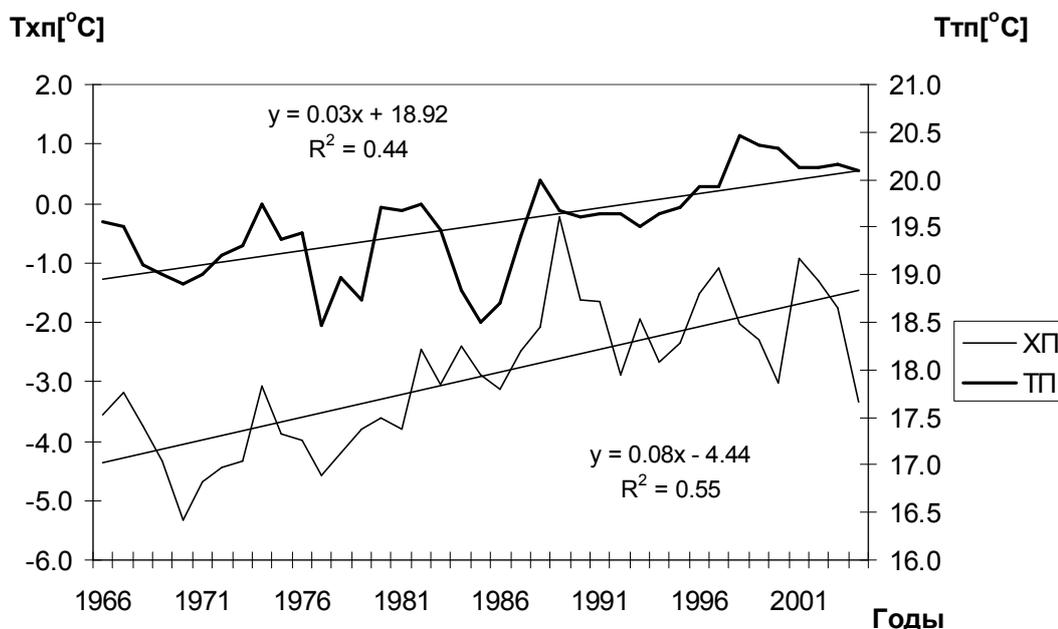


Рис.5. Многолетний ход температуры при сухой безоблачной погоде в холодный (ХП, ноябрь-март) и теплый период (ТП, май-сентябрь) по станциям России в широтной зоне $50-70^{\circ}\text{с.ш.}$. Скользящие средние по 3-м годам.

Выполненный анализ подтвердил наличие в рядах температуры радиационной (парниковой) трендовой составляющей. Отдельно оценена роль облачности в формировании трендов температуры и роль естественных ритмических изменений климата, накладывающихся на парниковый эффект.

В этой же главе на основе авторского индекса тепловой сезонной инерционности атмосферы выполнен анализ многолетнего изменения крупномасштабного теплового взаимодействия атмосферы и океана (изменения демпфирующей роли океана). Индекс основан на учете сдвига фазы годового хода. Указано, что в эпоху антропогенного потепления

амплитуда годового хода температуры и классические индексы континентальности, вычисленные на ее основе, уже не являются достоверной характеристикой континентальности климата. При анализе нового индекса (рис.6) показано многолетнее ослабление теплового взаимодействия атмосферы с океаном, которое уменьшило демпфирующую роль океана в изменениях и в изменчивости климата.

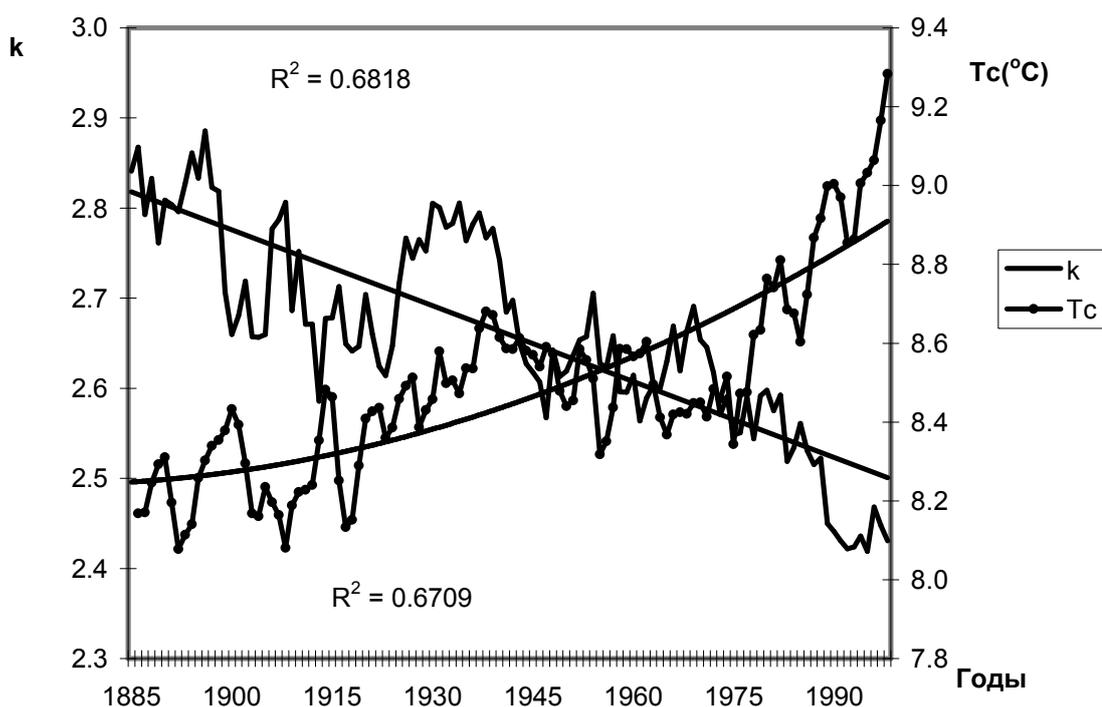


Рис.6. Среднегодовая температура воздуха над континентами северного полушария (T_c) и индекс сезонной инерционности атмосферы (k), скользящие средние по трехлетиям.

Особенно резкое уменьшение индекса произошло, начиная с середины 1970-х годов. Демпфирующая роль океана в изменениях климата ослабла, это привело к более интенсивному проявлению антропогенного потепления в последнее тридцатилетие за счет ранее накопленных парниковых газов и к усилению изменчивости и экстремальности климата.

Полученные результаты подтверждают наличие парниковой составляющей в потеплении глобального климата со всеми возможными

последствиями, однако, это потепление не в полной мере является результатом такого же ускоренного антропогенного воздействия на климат. В последние годы произошло наложение антропогенного фактора потепления на временное ослабление демпфирующего влияния океана, что акцентировало эффект парникового потепления.

Ранее в главе 2 были показаны согласованные изменения сезонных аномалий температуры поверхности океана и температуры воздуха над континентами с конца XIX века до середины 1970-х годов. Их рассогласование в последующие годы совпало с началом второго глобального потепления и с периодом ослабления взаимодействия океана и атмосферы.

В четвертой главе описаны исследования по оценке точности трех наиболее известных динамических полных моделей климата HadCM3, ECHAM4 и CGCM2. Кратко показаны основные принципы построения этих моделей и выделены неопределенности, заложенные в эти модели, которые создают базу для неуверенности полученных на их основе результатов. Такие неопределенности заложены во все существующие модели климата и отражают общий уровень наших знаний о сложных процессах в климатической системе.

Получены оценки точности моделей при обобщении по Северному полушарию, по России и по отдельной станции на примере Москвы. Испытаны варианты совместного использования трех моделей. Описано географическое распределение ошибок каждой из моделей. Показано, что использование этих моделей на региональном уровне приводит к большим неточностям.

В пятой главе предлагается авторская статистическая модель климата, основанная на выявлении и экстраполяции многолетних ритмов в климатической системе, которые могут модулировать в атмосфере серии

непериодических возмущений. Авторская модель сформулирована на основе известных представлений об общей циркуляции атмосферы, выявленных автором закономерностях изменения температуры воздуха и сводится к следующему:

- Характер проявления долгопериодных, внешних по отношению к атмосфере возмущений, зависит от циркуляционных условий сезонов года. Однотипные вынужденные возмущения в атмосфере носят дискретный характер и проявляются преимущественно в одноименных сезонах. В этой связи выделение ритмов осуществляется на основе временных рядов месячных значений температуры с годичной дискретностью.

- Долгопериодное, внешнее по отношению к атмосфере возмущение, проявляется в температуре воздуха в виде последовательности непериодических короткопериодных флюктуаций, сохраняющих свою структуру и фазировку с вышеназванным долгопериодным возмущением.

- Серии непериодических вынужденных короткопериодных флюктуаций формируют прогностический ряд температуры с заблаговременностью несколько лет. Статистическая обработка рядов температуры, выделение идентичных серий температурных колебаний и модулирующего долгопериодного возмущения позволило дать прогноз изменения температуры воздуха на ближайшие 20 лет.

Авторские оценки применимости методики показали ее успешность на территории России и оказались лучше, чем результаты, полученные по динамическим моделям. Показано, что наилучшие результаты в прогнозе погодичного климата достигаются при комплексировании авторской статистической модели и трендов полученных по динамическим полным моделям климата.

На основе совместного использования авторской статистической и указанных динамических моделей климата составлен и описан прогноз климата Северного полушария до 2025 года (рис.7).

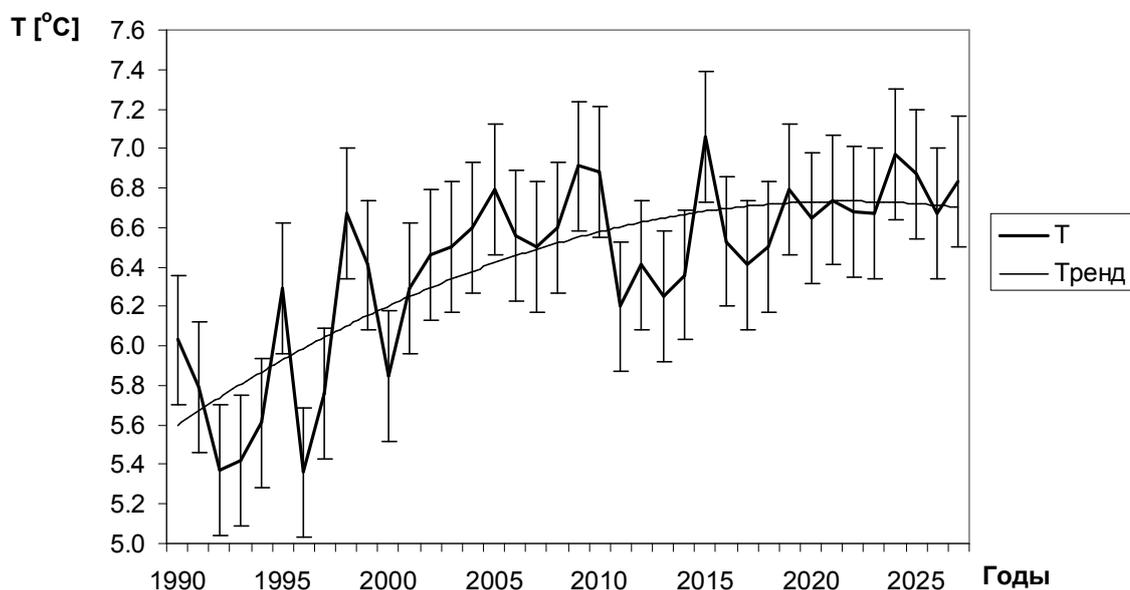


Рис.7. Температура воздуха T над континентами Северного полушария по фактическим данным за 1990-2005гг. и по прогнозу на 2006-2025гг.

Показано, что потепление климата Северного полушария будет продолжаться с некоторым замедлением. В 2009 и 2015 годах ожидаются наиболее заметные положительные отклонения температуры от тренда.

В заключении перечислены основные результаты диссертации, приведен перечень публикаций соискателя по теме диссертационной работы.

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

1. Современное глобальное потепление сопровождается сезонными различиями в изменениях регионального климата. На континентах Земли за последнее столетие и, особенно за последние десятилетия, преобладают положительные тренды температуры воздуха во все сезоны (зима-весна до $1.0^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$; лето-осень до $0.6^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$), но выделяются также районы заметных отрицательных трендов (около $-0.1^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$).

Многолетние изменения климата и сезонные различия этих изменений взаимозависимы.

2. Изменения регионального климата зависят от высоты места над уровнем моря и пространственной ориентации горных цепей и хребтов на пути движения воздушных масс. В разных сезонах года влияние рельефа на изменения климата может проявляться с разным знаком. Характер сезонных и региональных различий влияния рельефа на изменения климата согласуется с известными представлениями об атмосферной циркуляции как одного из факторов формирования регионального климата.
3. На метеорологических станциях земного шара изменение величины температурного тренда в разные месяцы года характеризуется полной волной с одним максимумом в некотором сезоне и одним минимумом в противоположном сезоне года. В разных регионах различные типы годового хода трендов отличаются между собой величиной сдвига фазы наступления максимального потепления и похолодания климата в сезонах года. В середине зимы потепления наиболее часто наблюдаются на станциях в широтной зоне $45-50^{\circ}$ с.ш., в начале весны потепления происходят преимущественно на широтах $50-65^{\circ}$ с.ш., в конце весны потепления наблюдаются еще севернее - за полярным кругом ($65-70^{\circ}$ с.ш.). Осенью потепление также как и весной наблюдается преимущественно в высоких широтах ($60-65^{\circ}$ с.ш.).
4. Перемещение по сезонам наступления максимума положительных трендов на разных географических широтах следует за сезонными и широтными перемещениями условий, при которых естественный радиационный баланс нижней атмосферы близок к нулю или отрицательный (холодное полугодие, высокие широты). Положительный

тренд температуры лучше выражен при отсутствии основного источника тепла (приходящей солнечной радиации).

5. Увеличение количества облачности в последние десятилетия способствовало дополнительному потеплению климата в холодное полугодие (парниковый эффект облачности) и ослаблению потепления в теплое полугодие (экранирующий эффект облачности). За последние 15 лет в холодное полугодие флюктуации аномалий количества облачности в интервале ± 0.4 балла сопровождалась флюктуациями аномалий температуры того же знака примерно $\pm 2^{\circ}\text{C}$, а в теплое полугодие флюктуации аномалий количества облачности в интервале ± 0.2 балла сопровождалась флюктуациями аномалий температуры противоположного знака примерно $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Вклад межгодовых изменений облачности в общую дисперсию температуры воздуха холодного полугодия составил около 50%, а в дисперсию теплого полугодия – около 25%.
6. Выявлены тренды температуры воздуха в условиях безоблачной сухой атмосферы за последние три десятилетия. В широтной зоне $50-70^{\circ}\text{с.ш.}$ на территории России в теплое полугодие тренд составляет $0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет, а в холодное полугодие $0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет.
7. В течение года и на разных географических широтах установлены соотношения значений трендов температуры и радиационного баланса, которые свидетельствуют о наличии парниковой составляющей в трендах температуры воздуха. В среднем в широтной зоне $50-70^{\circ}\text{с.ш.}$ на территории России при условиях безоблачной сухой погоды самые большие тренды температуры, около $1^{\circ}\text{C}/10$ лет, наблюдаются при малом радиационном балансе в январе-марте и октябре. Летом при больших значениях радиационного баланса тренды слабее и составляют от 0.06 до $0.5^{\circ}\text{C}/10$ лет. В среднем за год на широтах $43-50^{\circ}\text{с.ш.}$ при условиях

безоблачной сухой погоды тренды температуры составляют около $0.55^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$. В более высоких широтах $55-58^{\circ}\text{с.ш.}$ с уменьшением радиационного баланса тренды температуры повышаются до $0.8^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$.

8. В течение последних более ста лет происходило ослабление крупномасштабного теплового взаимодействия атмосферы с океаном (ослабление тепловой инерционности атмосферы), что ослабляло сдерживание влияния океана на скорость антропогенного потепления климата. В последние десятилетия произошло наложение усиления парникового эффекта и ослабления инерционности атмосферы, что акцентировало интенсивность потепления. Интенсивное потепление климата последних десятилетий не является следствием только парниковых газов антропогенного происхождения, накапливающихся в эти годы. Не менее важную роль играют естественные процессы, ответственные за перераспределение тепла между атмосферой и океаном.
9. Ослабление взаимодействия океана и континентальной атмосферы и, следовательно, уменьшение инерционности атмосферы происходят неравномерно по Земле. В тех районах Северного полушария, где за последние 30 лет инерционность атмосферы уменьшилась, на 70-90% общего количества метеорологических станций возросла межгодовая изменчивость и экстремальность климата, а в тех районах, где индекс инерционности увеличился за эти годы, на 70-90% общего количества станций изменчивость климата уменьшилась. Рост межгодовой изменчивости и экстремальности климата последних десятилетий происходит по причине ослабления демпфирующего влияния океана на атмосферу.
10. Проведенный комплексный анализ показал, что основными составляющими физического механизма формирования

пространственных и сезонных особенностей современных изменений климата являются следующие:

- зависимость парникового эффекта от естественных сезонно-широтных условий формирования радиационного баланса;
- пространственные и сезонные неоднородности изменения количества облачности за последние десятилетия;
- ослабление демпфирующего влияния океанов на состояние континентальной атмосферы;
- естественные колебательные процессы в климатической системе, сопровождающиеся изменением общей циркуляции атмосферы и изменением региональной адвекции.

11. Статистическая модель климата, построенная на основе ритмов в атмосфере, совместно с обобщенной динамической моделью климата позволила точнее динамических моделей рассчитывать состояние климата на предстоящие 20 лет.

12. В изменениях климата Северного полушария до 2025 года ожидается некоторое замедление скорости увеличения температуры. На этот положительный тренд будут накладываться 4-6 летние возмущения.

13. В 2009 и 2015 годах ожидаются средние значения температуры воздуха Северного полушария Земли выше трендовых значений и выше значений самых теплых 1998 и 2005 годов. В другие годы значимых отклонений от тренда не ожидается.

Автор благодарит всех коллег, сотрудничество с которыми позволило подготовить ряд совместных публикаций и докладов по теме диссертации. В последнее десятилетие наиболее значимым было творческое сотрудничество с профессором МГУ А.А.Исаевым. На более раннем этапе неоценимое влияние на автора оказал академик НАН Беларуси В.Ф.Логинов, которое в

значительной мере определило всю последующую научную деятельность соискателя.

Представленная работа была бы невозможна без поддержки директора ГУ ВНИИГМИ-МЦД д.г.н. М.З.Шаймарданова и заведующего отделом климатологии ГУ ВНИИГМИ-МЦД к.ф.-м.н. В.Н.Разуваева.

Публикации соискателя по теме диссертации,
отражающие основные научные результаты диссертационной работы

1. Зайцев А.Н. О связи рядов наблюдений параметров верхней атмосферы и геомагнитной активности / А.Н. Зайцев, Б.Г. Шерстюков // Труды Всесоюзного совещания "Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозов погоды" 1972г. -М.: МО Гидрометеиздат, 1974.-С.56-61
2. Логинов В.Ф. Календарные особенности температуры в различных частях первого естественного синоптического района / В.Ф. Логинов, Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1975, -вып.37. -С.36-41.
3. Шерстюков Б.Г. Многолетняя и сезонная знакопеременность солнечно-атмосферных связей / Б.Г.Шерстюков // Солнечные данные. -1981. -N8. - С.107-111.
4. Шерстюков Б.Г. Межпланетное магнитное поле и атмосферная циркуляция / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1983. -вып.98. - С.100-106.
5. Шерстюков Б.Г. Короткопериодные циклические изменения в нижней атмосфере и гелиогеофизические процессы / Б.Г.Шерстюков, В.Ф.Логинов. -М.: МО Гидрометеиздат. -1986. -86с.
6. Шерстюков Б.Г. О двух солнечных агентах, возмущающих приземную температуру воздуха / Б.Г.Шерстюков //Труды Всесоюзной конференции

"Космос и метеорология", Москва, январь 1985г. -М.: МО

Гидрометеоздат. -1987. -С.53-56.

7. Рейтенбах Р.Г. О различиях аэрологических величин при ясной и пасмурной погоде / Р.Г.Рейтенбах, Б.Г. Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1988. -вып.143. -С.63-74.
8. Шерстюков Б.Г. Вертикальные профили температуры и влажности атмосферы при различных условиях облачности и циркуляции / Б.Г.Шерстюков, Р.Г.Рейтенбах //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1990, -вып. 153. -С.70-82.
9. Рейтенбах Р.Г. Модели климата атмосферы для решения прикладных задач / Р.Г.Рейтенбах, А.М.Стерин, Р.В.Иванова, О.Б.Радюхина, Т.Ю.Рощина, Б.Г.Шерстюков. //Труды НИИСУ НПО "Квазар", Серия СС "Техника средств связи". -1990. -вып.6. -С.7-11.
- 10.Алдухов О.А. Влажность / О.А.Алдухов, Б.Г.Шерстюков // Справочник «Атмосфера» Редколлегия: Ю.С.Седунов, С.И.Авдюшин, Е.П.Борисенков, О.А.Волковицкий, Н.Н.Петров, Р.Г.Рейтенбах, В.И.Смирнов, А.А.Черников.–Л.: Гидрометеоздат. -1991, Гл.4. -С.75-83.
11. Шерстюков Б.Г. Идентификация облачных полей по цифровым ИК-данным спутника Метеор / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. - 1993. -вып. 157. -С.51-56.
- 12.Шерстюков Б.Г. Влияние условий облачности на приземную температуру воздуха в различных регионах России и государств бывшего СССР / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1996. -вып.161. - С.15-22.

13. Шерстюков Б.Г. Вертикальный градиент температуры в подоблачных слоях / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1996. -вып.161,-С.23-34.
14. Шерстюков Б.Г. О природе квазидвухлетнего цикла в экваториальной стратосфере / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1996. -вып.161. -С.35-42.
15. Шерстюков Б.Г. Аномалии температуры в высокоширотной атмосфере при различных условиях в космосе / Б.Г.Шерстюков //Оптика атмосферы и океана. -1996. -т.9. -№4. -С.504-514.
16. Комаров В.С. Методология прогноза мезоклимата города на примере критериальных оценок холодного периода года / В.С.Комаров, А.А.Исаев, Б.Г.Шерстюков //Оптика атмосферы и океана. 1996. -т.9. -№4. -С.495-503
17. Исаев А.А. Колебания климатических характеристик отопительного периода и исследование возможности их сверхдолгосрочного прогнозирования (на примере Москвы) / А.А.Исаев, Б.Г.Шерстюков //Вестник МГУ. -Серия 5, География. -1996. -вып.2. -С.68-75.
18. Шерстюков Б.Г. Температура воздуха в северном районе при различных условиях в космосе / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1996. -вып.162. -С.38-50.
19. Исаев А.А. Тенденции изменения климата Москвы в конце 20-го века / А.А.Исаев, М.А.Локощенко, Г.М.Абакумова, Б.Г.Шерстюков. //Природа Москвы. -1998. -М.: "Биоинформсервис". -С.36-49.
20. Шерстюков Б.Г. Метод кратной цикличности для анализа ритмов в атмосфере и сверхдолгосрочного прогнозирования погоды на примере

характеристик отопительного периода в Москве / Б.Г.Шерстюков,
А.А.Исаев //Метеорология и гидрология. -1999. -№8. -С.46-54.

21. Шерстюков Б.Г. О природе аномалий температуры поверхности тропической части Тихого океана (Эль-Ниньо) / Б.Г.Шерстюков //Вопросы географии и геоэкологии. -1998. -Вып.2, -С.20-29.
22. Битков Л.М. Изменение климатических параметров и стока рек Калужской области / Л.М.Битков, В.А.Семенов, Б.Г.Шерстюков //Лесное хозяйство. -2001.-№1. -С.33-34.
23. Шерстюков Б.Г. Приземная температура воздуха Северного полушария и изменения орбитальных характеристик Земли в XX столетии / Б.Г.Шерстюков //Материалы «Международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии». -2001. – Алматы: КАЗНИИМОСК. -С.56-58;
24. Шерстюков Б.Г. Многолетние и сезонные изменения глобального климата в связи с колебаниями орбитальных характеристик Земли в XX столетии / Б.Г. Шерстюков // Материалы Международного конгресса «Великие реки 2001». -2002. -Нижний Новгород: ННГАСУ. –С.93-94.
25. Шерстюков Б.Г. Современное состояние климатических условий Калужской области и их возможные последствия в условиях глобального потепления / Б.Г.Шерстюков, О.Н.Булыгина, В.Н.Разуваев. –Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2001. -229с.
26. Исаев АА. Научно-прикладной справочник по климату Москвы / А.А.Исаев, В.А.Гутников, Б.Г.Шерстюков. –М.: МГУ, 2002г. -156с.
27. Шерстюков Б.Г. Летопись погоды, климата и экологии Москвы за 2000г. Разделы: 2.1 - 2.3, 2.6, 7.1 – 7.3, 8.1 – 8.5 (12 разделов) / Б.Г.Шерстюков //Под ред. А.А.Исаева. –М.:МГУ. -2002. -117с.

28. Шерстюков Б.Г. Справочная монография «Современное состояние климатических условий Калужской области и их возможные изменения в условиях глобального потепления» / Б.Г.Шерстюков, О.Н.Булыгина, В.Н.Разуваев //Известия Калужского общества изучения природы. Книга пятая. -2002. -С.19-28.
29. Шерстюков Б.Г. Изменение климата Калужской области и его прогнозирование в условиях глобального потепления / Б.Г.Шерстюков. //Известия Калужского общества изучения природы. Книга пятая. -2002. - С.29-40.
30. Исаев А.А. Программа дисциплины «Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений» / А.А.Исаев, Б.Г.Шерстюков //Географическое образование в университетах России. Учебно-методические материалы. Гидрология, океанология. - Министерство образования РФ, Учебно-методическое объединение по классическому университетскому образованию. Учебно-методическое обеспечение специальностей 012700-Гидрология,012800-Океанология. – Москва. -2002. С.126-131.
31. Исаев А.А. Индекс горимости леса / А.А.Исаев, Б.Г.Шерстюков //Летопись погоды, климата и экологии Москвы 2001 года. -С. - Петербург: Гидрометеоиздат. -2003. -С.88-91.
32. Шерстюков Б.Г. Долгосрочный прогноз среднемесячной температуры воздуха на основе квазиритмов / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -2003. -вып.171. -С.9-50.
33. Шерстюков Б.Г. Сценарии тенденций некоторых характеристик климата Москвы в условиях текущего глобального потепления / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -2003. -вып.171. -С.51-78.

34. Шерстюков Б.Г. Метеорологические факторы горимости леса, засушливости погоды во второй половине XX века и экстремальные условия 2002 года в Московском регионе / Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -2003. -вып.171. -С.79-88.
35. Булыгина О.Н. Особенности изменчивости климата Калужской области / О.Н.Булыгина, Н.Н.Коршунова, В.Н.Разуваев, Б.Г.Шерстюков //Труды ВНИИГМИ-МЦД. -2003. -вып.171. С.3-8.
36. Шерстюков Б.Г. Численное и статистическое моделирование изменений климата, оценки температурно-влажностного режима атмосферы на территории России на период до 2010 года / Б.Г.Шерстюков //Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 200-летию Казанского университета «Современные глобальные и региональные изменения геосистем». -2004. –Казань: КГУ. –С.416-417.
37. Китаев Л.М. Признаки влияния растительности на распределение снежного покрова / Л.М.Китаев, О.Крюгер, Б.Г.Шерстюков, Х.Хобе //Метеорология и Гидрология. -2005. -№7. -С.61-69.
38. Шерстюков Б.Г. Метеорологические условия потенциальной опасности лесных пожаров в Московской области во второй половине XX века и в первой половине XXI века / Б.Г.Шерстюков //Лесное хозяйство, -2005. - №4. –С.47-48.
39. Китаев Л.М. Особенности влияния изменчивости снежного покрова на динамику приземной температуры воздуха /Л.М.Китаев, Б.Г.Шерстюков, О.Крюгер, Х.Хобе //Материалы гляциологических исследований. -2004. - вып.97. -С.132-135.
40. Шерстюков Б.Г. Ошибки описания регионального климата атмосферно-океаническими моделями CGCM2, HadCM3 и ECHAM4 на примере

Московского региона / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. - 2005. -№5. –С.22-26.

- 41.Шерстюков Б.Г. Сценарии климата Московского региона до 2050 года / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология -2005. -№7. –С.26-32.
- 42.Шерстюков Б.Г. Многолетние и сезонные изменения глобального климата в связи с колебаниями орбитальных характеристик Земли в XX столетии / Б.Г.Шерстюков // Сборник материалов конгресса «Великие реки» 1999-2004 «Проблемы гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды в бассейнах великих рек». - С.Петербург: Гидрометеоздат, -2005. -с.210-211.
- 43.Шерстюков Б.Г. Подготовка справочных монографий о современном региональном климате и о сценариях его изменений в предстоящие десятилетия (на примере Калужской области) / Б.Г.Шерстюков, О.Н.Булыгина, В.Н.Разуваев, М.З.Шаймарданов // Сборник материалов конгресса «Великие реки» 1999-2004 «Проблемы гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды в бассейнах великих рек». -С.Петербург: Гидрометеоздат, -2005. -С.296-297.
44. Израэль Ю.А. Статистические оценки изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории Российской Федерации / Ю.А.Израэль, А.В.Павлов, Ю.А.Анохин, Л.Т.Мяч, Б.Г.Шерстюков //Метеорология и Гидрология. -2006. -№5. -С.27-38.
- 45.Шерстюков Б.Г. Тепловая инерция океана и парниковый эффект в современных изменениях климата / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. -2006. -№7. -С.66-72.

46. Климат Чувашской республики и его возможные изменения в условиях глобального потепления / Б.Г.Шерстюков [и др.]. –Обнинск –Нижний Новгород – Чебоксары: «Меркурий», 2006. -231с.
47. Климат Самарской области и его характеристики для климатозависимых отраслей экономики / Б.Г.Шерстюков [и др.]. – Самара:«Артель», 2006, - 168с.
48. Семенов В.А. Климатически обусловленные изменения стока рек юга России и СНГ в конце XX-первой четверти XXI века / В.А.Семенов, Б.Г.Шерстюков //7-й Международный конгресс «Вода: экология и технология», ЭКВАТЭК-2006. Сборник докладов, часть 1, -М.:СИБИКО Интернэшнл. -2006. -С.52-53.
- 49.Исаев А.А. Справочник эколого-климатических характеристик г.Москвы. –Том II «Прикладные характеристики климата, мониторинг загрязнения атмосферы, опасные явления, ожидаемые тенденции в XXI веке / А.А.Исаев, Г.М.Абакумова, Е.В.Горбаренко, М.А.Локощенко, В.А.Гутников, Е.И.Незваль, Б.Г.Шерстюков, О.А.Шиловцева; Под ред. А.А.Исаева. –М.:МГУ, 2005. -410с.
- 50.Шерстюков Б.Г. Моделирование изменений климата / Б.Г.Шерстюков //Ресурсы поверхностных вод России и сопредельных государств. Под ред. В.А.Семенова. -Горно-Алтайск: ГА ГУ, 2007. -С.54-60.
51. Переведенцев Ю.П. Современные изменения температурно-влажностного режима атмосферы в Республике Татарстан / Ю.П.Переведенцев, Н.В.Исмагилов, Б.Г.Шерстюков, Э.П.Наумов, К.М.Шанталинский, Ф.В.Гоголь //Журнал экологии и промышленной безопасности (Вестник Татарстанского отделения Российской Экологической Академии). -2007. -№2. –С.18-23.

52. Переведенцев Ю.П. Региональные изменения климата в современный период (на примере Республики Татарстан) / Ю.П.Переведенцев, Н.В.Исмагилов, Б.Г.Шерстюков, Э.П.Наумов, К.М.Шанталинский, Ф.В.Гоголь //Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы современной гидрометеорологии и геоэкологии» (Ростов-на-Дону, 16-17 мая 2007г.). -2007. -С. 112 –115
53. Groisman Pavel Ya. Potential forest fire danger over Northern Eurasia: Changes during the 20th century / Pavel Ya. Groisman, Boris G. Sherstyukov, Vyacheslav N. Razuvaev, Richard W. Knight, Jesse G. Enloe, Nina S. Stroumentova, Paul H. Whitfield, Eirik Førland, Inger Hannsen-Bauer, Heikki Tuomenvirta, Hans Aleksandersson, Anna V. Mescherskaya and Thomas R. Karl // Global and Planetary Change. -Volume 56.- Issues 3-4. -April 2007. - pp. 371-386.
54. Шерстюков Б.Г. Долгосрочный прогноз месячной и сезонной температуры воздуха с учетом периодической нестационарности / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. -2007. -№9. -С.14-26.
55. Шерстюков Б.Г. Сезонно-широтные особенности парникового эффекта на территории России / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. - 2007. -№12. -С.21-28
56. Шанталинский К.М. Динамика климата Республики Татарстан за последние десятилетия / К.М.Шанталинский, Ю.П.Переведенцев, Н.В.Исмагилов, Б.Г.Шерстюков, Э.П.Наумов, Ф.В.Гоголь //Материалы докладов международной научной конференции посвященной 75-летию кафедры экономической географии и регионального анализа Казанского государственного университета. –Казань: КГУ, - 2007. -С. 114-117
57. Переведенцев Ю.П. Об изменении климата Земли в современный период / Ю.П.Переведенцев, Б.Г.Шерстюков //Материалы VII

Республиканской научной конференции «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан». –Казань. -2007. -С. 146-147

58. Переведенцев Ю.П. Климатические условия Республики Татарстан / Ю.П.Переведенцев, Б.Г.Шерстюков, Э.П.Наумов, К.М.Шанталинский, Ф.В.Гоголь //Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Природно-ресурсный потенциал Республики Татарстан и сопредельных территорий». -Казань: ТГГПУ. -2007. -С. 5-9

Шесть из приведенных работ являются монографиями (5, 25, 26, 46, 47, 49), в четырех из них соискатель является первым автором.

Статьи в журналах

рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук (выборка из общего списка)

1. Шерстюков Б.Г. Аномалии температуры в высокоширотной атмосфере при различных условиях в космосе / Б.Г.Шерстюков //Оптика атмосферы и океана. -1996. -т.9. -№4. -С.504-514.
2. Комаров В.С. Методология прогноза мезоклимата города на примере критериальных оценок холодного периода года / В.С.Комаров, А.А.Исаев, Б.Г.Шерстюков //Оптика атмосферы и океана. 1996. -т.9. - №4. -С.495-503
3. Исаев А.А. Колебания климатических характеристик отопительного периода и исследование возможности их сверхдолгосрочного прогнозирования (на примере Москвы) / А.А.Исаев, Б.Г.Шерстюков //Вестник МГУ. -Серия 5, География. -1996. -вып.2. -С.68-75.

4. Шерстюков Б.Г. Метод кратной цикличности для анализа ритмов в атмосфере и сверхдолгосрочного прогнозирования погоды на примере характеристик отопительного периода в Москве / Б.Г.Шерстюков, А.А.Исаев //Метеорология и гидрология. -1999. -№8. -С.46-54.
5. Битков Л.М. Изменение климатических параметров и стока рек Калужской области / Л.М.Битков, В.А.Семенов, Б.Г.Шерстюков //Лесное хозяйство. -2001.-№1. -С.33-34.
6. Китаев Л.М. Признаки влияния растительности на распределение снежного покрова / Л.М.Китаев, О.Крюгер, Б.Г.Шерстюков, Х.Хобе. //Метеорология и Гидрология. -2005. -№7. -С.61-69.
7. Шерстюков Б.Г. Метеорологические условия потенциальной опасности лесных пожаров в Московской области во второй половине XX века и в первой половине XXI века / Б.Г.Шерстюков //Лесное хозяйство, -2005. - №4. –С.47-48.
8. Шерстюков Б.Г. Ошибки описания регионального климата атмосферно-океаническими моделями CGCM2, HadCM3 и ECHAM4 на примере Московского региона / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. - 2005. -№5. –С.22-26.
9. Шерстюков Б.Г. Сценарии климата Московского региона до 2050 года / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. -2005. -№7. –С.26-32.
- 10.Китаев Л.М. Особенности влияния изменчивости снежного покрова на динамику приземной температуры воздуха / Л.М.Китаев, Б.Г.Шерстюков, О.Крюгер, Х.Хобе. //Материалы гляциологических исследований. -2004. -вып.97. -С.132-135.
11. Израэль Ю.А. Статистические оценки изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории Российской Федерации /

Ю.А.Израэль, А.В.Павлов, Ю.А.Анохин, Л.Т.Мяч, Б.Г.Шерстюков
//Метеорология и Гидрология. -2006. -№5. -С.27-38.

12. Шерстюков Б.Г. Тепловая инерция океана и парниковый эффект в современных изменениях климата / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. -2006. -№7. -С.66-72.
13. Шерстюков Б.Г. Долгосрочный прогноз месячной и сезонной температуры воздуха с учетом периодической нестационарности / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология. -2007. -№9. -С.14-26.
14. Шерстюков Б.Г. Сезонно-широтные особенности парникового эффекта на территории России / Б.Г.Шерстюков //Метеорология и гидрология.- 2007.-№12.-С.21-28