

На правах рукописи

Белоусова Елена Петровна

**СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА
НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРСКОГО РЕГИОНА**

Специальность 25.00.30 – метеорология,
климатология, агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Казань – 2010

Работа выполнена на кафедре метеорологии и охраны атмосферы
в ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

Научный руководитель: кандидат географических наук, доцент
Латышева Инна Валентиновна

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор
Калинин Николай Александрович
кандидат географических наук, доцент
Верещагин Михаил Алексеевич

Ведущая организация: Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
г. Иркутск

Защита диссертации состоится 11 ноября 2010 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д.212.081.20 в Казанском (Приволжском) федеральном университете по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, корп.2, ауд. 1512

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. Н.И.Лобачевского ГОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Автореферат разослан « 9 » октября 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук, доцент

Хабутдинов Ю.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

В связи с рядом неблагоприятных климатических явлений (засухи, смерчи, наводнения, снегопады и т.п.), произошедших в отдельных регионах земного шара (в том числе на территории Сибири) в начале XXI столетия и вызвавших большие экономические, социальные и экологические последствия, значительно повысился интерес к проблеме изменений климата, обусловленных естественными и антропогенными факторами. Согласно климатической доктрине России проблема изменений климата стала составной частью обеспечения национальной безопасности страны.

Однако, несмотря на достигнутые успехи в понимании физических и химических основ климатических изменений, огромный прогресс в численном моделировании климатической системы и ее составляющих, современная климатология еще не в состоянии дать с достаточной для практических приложений точностью и надежностью ответ на вопрос: какова главная причина современного изменения климата, и как оно будет развиваться в ближайшем будущем.

Такая неопределенность объясняется исключительной сложностью климатической системы с ее многочисленными обратными связями между компонентами, многомасштабной нелинейной динамикой и дефицитом информации об ее состоянии. Существуют определенные сложности, в том числе, численного воспроизведения межгодовой изменчивости метеорологических величин, что указывает на важность проведения региональных исследований климата.

Водяной пар – самая изменчивая составляющая атмосферы, которая участвует в формировании термического режима на планете, следовательно, погоды и климата. Водяной пар вносит значительный вклад в парниковый эффект с сильной положительной обратной связью. Влияние водяного пара может проявляться также через увеличение облачности и изменение количества выпавших осадков. Отмечается высокая степень коррелированности экстремальных величин содержания водяного пара с изменениями температуры в отдельных регионах и на территории Северного полушария в целом.

В этой связи для диагноза и прогноза региональных изменений климата вместо единичного метеорологического параметра целесообразно использовать комплексные температурно-влажностные показатели, которые, благодаря связанности величин между собой, позволяют более полно отразить характер региональных процессов, влияющих на климат исследуемого региона.

В качестве объекта исследования был выбран Сибирский регион, который наиболее чувствителен к изменениям климата, так как находится на стыке взаимодействия разнородных воздушных масс и в наибольшей степени подвержен влиянию динамики континентальных центров действия атмосферы (Азиатского антициклона и Центрально-Азиатской депрессии).

Цель и задачи исследования.

Выполненная диссертационная работа преследовала две цели. Во-первых, исследовать возможности использования комплексных температурно-влажностных характеристик для диагностики региональных изменений климата. Во-вторых, оценить вклад циркуляционных факторов в формирование современных особенностей температурно-влажностного режима на территории Сибири.

В задачи исследования входило:

1. Формирование массива данных, выбор методологического подхода и программных средств обработки исходных данных.
2. Эмпирическое исследование пространственных и временных вариаций полей температуры и влажности воздуха на территории Иркутской области, Сибирского сектора и Евразии в целом.
3. Использование типизации Б.Л. Дзержеевского для исследования циркуляционных факторов изменения климата на территории Сибирского региона.

4. Оценка крупномасштабного влагообмена, зональных и меридиональных потоков влаги на территории Сибирского сектора и Евразии в целом в различные периоды современной циркуляционной эпохи.
5. Исследование аномальности полей температуры, удельной и относительной влажности воздуха на стандартных изобарических поверхностях на территории Сибирского, Дальневосточного и Европейского секторов за период 1948-2008 гг.
6. Анализ корреляционных связей между температурой, влажностью воздуха, атмосферным давлением и вертикальными движениями в тропосфере.

Научная новизна результатов исследований.

В диссертации впервые ставится и решается задача комплексного исследования температурно-влажностных характеристик в роли индикатора изменений климата Сибирского региона, как по данным непосредственных наблюдений на сети метеорологических станций, так и на основе архивной базы данных NCEP/NCAR Реанализа за период 1948-2008 гг.

Впервые для территории Сибирского сектора:

- получены климатические карты и выявлены основные закономерности в распределении полей температуры, удельной и относительной влажности воздуха за период 1948-2008 гг.;
- построены композиционные карты пространственного распределения результирующих потоков переноса влаги;
- рассчитаны индексы аномальности и выявлены периоды формирования наиболее крупных аномалий температуры и влажности воздуха на разных уровнях тропосферы;
- оценены корреляционные связи температуры и влажности воздуха с полями атмосферного давления, геопотенциала и вертикальных движений.

Использованные данные. В качестве исходных данных использованы данные NCEP/NCAR Реанализа (<http://www.cdc.noaa.gov>) температуры, удельной, относительной влажности, атмосферного давления, приведенного к уровню моря, геопотенциальных высот стандартных изобарических поверхностей, аналога вертикальных токов, зональной и меридиональной составляющей вектора скорости ветра в узлах регулярной географической сетки с шагом по широте и долготе 2,5 на 2,5° (1948-2008 гг.), индексы глобальной циркуляции (АО и SOI), данные приземных метеорологических наблюдений на территории Иркутской области (1963-2008 гг.).

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов обеспечивалась применением для анализа метеорологической информации больших массивов исходных данных (1948-2008 гг.), современных методов, применяемых в климатологии и адекватного математического аппарата (пакетов прикладных компьютерных программ). Полученные научные выводы согласуются с результатами работ отечественных и зарубежных авторов.

Практическое использование результатов диссертационной работы состоит в следующем:

- климатические карты температуры, удельной и относительной влажности воздуха на стандартных изобарических поверхностях включены в курсы: «Метеорология и климатология», «Агрометеорология», «Авиационная метеорология» и «Гидрометеорологические информационные системы», читаемые студентам географического факультета Иркутского государственного университета по специальностям: «Метеорология», «Гидрология» и «География»;
- знание современных особенностей формирования температурно-влажностного режима на территории Сибири позволяет применить результаты диссертации для прогноза аномалий метеорологических полей в отделе климатологии Иркутского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

На защиту выносятся следующие положения и результаты:

1. Установлено, что наблюдаемые изменения температурно-влажностного режима во второй половине XX - начале XXI века на территории Сибирского сектора и Евразии обусловлены увеличением частоты процессов меридиональной южной эпохи циркуляции. Рост атмосферного давления в умеренных и низких широтах и падение в высоких широтах – та основная особенность общей циркуляции атмосферы, которая характерна для теплых и относительно сухих периодов в Сибири в меридиональную южную эпоху циркуляции.
2. Показано, что зональные и меридиональные потоки влаги относятся к важнейшим характеристикам, определяющим современные тенденции регионального климата на территории Сибири, которые проявляются в увеличении вклада западной и южной составляющей в переносе влаги и сопровождаются повышением температур в зимние и летние месяцы на фоне ослабления зимнего и летнего континентальных центров действия атмосферы.
3. Выявлен существенный рост крупномасштабных аномалий среднегодовых значений температуры и удельной влажности в Сибирском секторе, которые тесно коррелируют с температурно-влажностными аномалиями в Европейском и Дальневосточном секторах.
4. Установлено, что в формировании региональных изменений климата на территории Сибири важную роль играют адвективные факторы, что подтверждается высокими значениями коэффициентов парной корреляции ($r=0.8-0.9$) средних суточных значений приземной температуры воздуха на территории Иркутской области и Сибирского сектора с изменениями удельной влажности и значениями геопотенциальных высот в средней и верхней тропосфере над Центральной и Восточной Азией.

Личный вклад соискателя состоял в разработке методики исследований, систематизации, статистической обработке и климатическом анализе полученных результатов. Основные результаты являются оригинальными и получены либо лично автором, либо при непосредственном его участии.

Автор является разработчиком комплекса программ для обработки архива данных NCEP/NCAR для интерактивного языка IDL.

Апробация. Основные результаты докладывались на конференциях различных уровней: Всероссийская научная конференция с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований». Казань, 2009 г.; Международный симпозиум «Оптика Атмосферы и океана. Физика Атмосферы». Томск, 2009 г.; XV Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Красноярск, 2008 г.; Шестой международный симпозиум «Контроль и реабилитация окружающей среды КРОС-2008». Томск, 2008 г.; Российская конференция «Седьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу». Томск, 2007 г.; Международная Байкальская молодежная школа по фундаментальной физике. Конференция молодых ученых. Иркутск, 2007 г.; XIII Научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 2007 г.; XIII Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Томск, 2006 г.; Ежегодная научно-теоретическая конференция молодых ученых. Иркутск, 2006 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, из них 2 статьи в ведущих научных журналах: «Метеорология и гидрология», «Вестник ИРГТУ».

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 180 страниц, включая 88 рисунков, 40 таблиц и 19 приложений. Библиографический список включает 205 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна, практическая значимость и личный вклад автора.

В первой главе содержится анализ современного состояния исследований температурно-влажностного режима и доказывается возможность использования комплексных температурно-влажностных характеристик для диагностики региональных изменений климата.

Показано, что в различные годы большой вклад в развитие современной климатологии в России внесли О.А. Дроздов, И.Л. Кароль, А.С. Монин, И.И. Мохов, Ю.П. Переведенцев, М.А. Петросянц, Д.М. Сонечкин, С.П. Хромов и многие другие. За рубежом в этом направлении активно работали С.К. Folland, С. Nicolis, G. Nicolis, D.E. Parker и другие исследователи.

Показано, что более надежно оцениваются климатические изменения с использованием данных инструментальных наблюдений для последних полутора столетий и, особенно, для последних десятилетий (Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова). Отмечены существующие разногласия по поводу количественной оценки значимости тренда современного глобального потепления. Не решенной остается проблема краевых искажений при аппроксимации временных рядов.

Одним из ключевых направлений в исследованиях климата признано изучение глобального водного цикла в его взаимосвязи с климатическими изменениями в разных регионах земного шара. Отмечается, что в последние годы существенно расширились возможности использования спутниковых измерений и базы данных Реанализов для воспроизведения пространственно-временных изменений метеорологических полей. Однако наличие погрешностей в данных Реанализов, характерных для горных районов и отдельных регионов (в том числе и для территории Сибири) указывает на необходимость тщательного сопоставления интерполированных данных Реанализов с фактически наблюдаемыми на сети метеорологических станций и постов. Акцентировано внимание на проблеме неоднородности рядов метеорологических наблюдений.

Основным итогом первой главы являются параграфы 1.4 и 1.5, где в роли индикатора климатических изменений на территории Сибири предложено использовать температурно-влажностные характеристики, которые тесно связаны с изменчивостью свойств воздушных масс в результате адвекции. Поэтому наряду с местными условиями они учитывают влияние циркуляционных факторов в региональных изменениях климата, которые на территории Сибири наиболее полно и достоверно отражены в типизации Б.Л. Дзердзеевского.

Вторая глава посвящена исследованию сезонных особенности полей давления, температуры и влажности воздуха на стандартных изобарических поверхностях от 1000 до 300 гПа в различные периоды современной циркуляционной эпохи (меридиональная южная) по типизации Б.Л. Дзердзеевского на территории Сибирского сектора (60 °в.д. -119 °в.д.) и Евразии (в пределах 30-90 °с.ш. и 0-180 °в.д.). Согласно календарю смены циркуляционных эпох по Б.Л. Дзердзеевскому в период 1899-1915 гг. наблюдалась меридиональная северная эпоха циркуляции, в 1916-1956 гг. - зональная эпоха и с 1957 года по настоящее время - меридиональная южная эпоха циркуляции, которая в свою очередь подразделяется на четыре периода внутри эпохи.

В работе рассчитывалось интегральное влагосодержание в тропосфере, зональные и меридиональные потоки влаги в различные периоды современной циркуляционной эпохи по данным Реанализа за период 1948-2008 гг. Построение карт проводилось для значений метеорологических величин, усредненных за многолетний период по календарным сезонам и в целом за год.

Результаты проведенного исследования в параграфах 2.1 и 2.2 свидетельствуют о существенном изменении полей температуры, влажности воздуха и атмосферного давления при переходе от одного периода современной циркуляционной эпохи к другому.

В период одновременного увеличения продолжительности меридиональных северных и южных процессов (1957-1969 гг.) развитие блокирующего высотного гребня над Уралом сопровождалось усилением конвергенции холодных арктических воздушных масс над Сибирью,

что способствовало усилению Азиатского антициклона ($\Delta p = +2, +3$ гПа), и, как следствие, интенсивному понижению зимних приземных температур в Сибирском секторе ($\Delta t = -1$ °С).

Интересной особенностью периода быстрого роста продолжительности меридиональных южных процессов (1981-1998 гг.) является понижение геопотенциальных высот на уровне АТ-500 гПа (5 км) над Арктикой ($\Delta H = -18$ дкм) и повышение геопотенциальных высот в субтропиках и умеренных широтах ($\Delta H = +14$ дкм), что сопровождалось значительным потеплением в этот период, которое в Сибирском секторе у поверхности Земли отмечалось в основном зимой и весной ($\Delta t = +1$ °С) на фоне некоторого уменьшения относительности влажности, т.е. увеличения сухости воздуха.

Начиная с 1999 г., в период уменьшения продолжительности меридиональных южных процессов и роста меридиональных северных, происходит дальнейшее повышение геопотенциальных высот на уровне АТ-500 гПа (5 км) ($\Delta H = +20$ дкм) и приземного давления ($\Delta p = +4$ гПа) над Центральной Азией. В Сибирском секторе наблюдается повышение не только зимних, но и летних температур, что сопровождается увеличением сухости воздуха на всех уровнях тропосферы. Интенсивное потепление отмечается в Арктическом бассейне, особенно осенью и зимой.

В параграфе 2.3 определялось интегральное влагосодержание атмосферы – количество водяного пара в килограммах, содержащееся в столбе атмосферы с площадью основания 1 м^2 [кг/м² или мм слоя осаждаемой воды]:

$$W = - \frac{1}{g} \int_{p_0}^p q dp, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с², p_0 и p – давление у поверхности Земли и на верхней границе рассматриваемого слоя атмосферы (300 гПа), Па, q – удельная влажность воздуха, кг/кг.

Учитывая, что потоки влаги тесно связаны с циркуляционными факторами, были рассчитаны отклонения интегрального влагосодержания тропосферы в различные периоды последней циркуляционной эпохи по Б.Л. Дзердзеевскому (меридиональная южная эпоха циркуляции) по отношению к средним многолетним значениям за 1948-2008 гг.

Обнаружено, что в эпоху увеличения продолжительности меридиональных южных процессов (1957-2008 гг.) весовое изменение влагосодержания атмосферы оказалось незначительным в высоких и умеренных широтах Евразии. С уверенностью можно сделать вывод только об уменьшении влагосодержания в субтропических широтах летом, где в условиях пониженных градиентов температуры и влажности воздуха и отсутствия связи между ними, возможно, увеличение сухости воздуха связано с притоком в нижнюю тропосферу сухих воздушных масс из верхней тропосферы на фоне преобладающих нисходящих движений.

Исследование в параграфе 2.4 крупномасштабного влагообмена на территории Евразии включало построение композиционных карт пространственного распределения результирующих потоков влаги для слоя атмосферы 1000-500 гПа, где содержится основное количество влаги, по его зональной и меридиональной составляющим Q_x и Q_y в узлах регулярной сетки с равномерным шагом по широте и долготе:

$$Q_x = - \frac{1}{g} \int_{p_0}^p u q dp, \quad (2)$$

$$Q_y = - \frac{1}{g} \int_{p_0}^p v q dp, \quad (3)$$

где Q_x и Q_y – зональные и меридиональные потоки влаги, кг/(м·с), g – ускорение свободного падения, м/с², p_0 и p – давление у поверхности Земли и на верхней границе рассматриваемого слоя атмосферы (500 гПа), Па, q – удельная влажность воздуха, кг/кг; u и v – составляющие вектора скорости ветра по осям координат, м/с. Из-за ограниченной базы данных (1979-2005 гг.) построение производилось для всех месяцев года и усреднялось только для указанного периода.

Установлено, что в Сибирском секторе результирующие потоки влаги в зимние и весенние месяцы имеют в основном западную составляющую, летом выделяется юго-западная составляющая в потоках влаги, а осенью преобладает северо-западный влагоперенос. В течение года максимальные потоки влаги над Сибирским сектором отмечаются осенью (60 кг/(м·с)) и весной (40 кг/(м·с)) на фоне активизации циклонической деятельности над материком. Минимальные значения (20 кг/(м·с)) наблюдаются летом и зимой на фоне малоградиентных полей пониженного и повышенного давления в условиях господства летнего и зимнего континентальных центров действия атмосферы.

Особо следует отметить изменение потоков влаги в начале и в конце исследуемого периода. Для этого были рассчитаны разности потоков влаги в различных регионах Северного полушария между двумя периодами 2000-2005 гг. и 1980-1985 гг. (табл.1).

Таблица 1

Разность результирующих потоков водяного пара (кг/(м·с))
между 2000-2005 гг. и 1980-1985 гг.

Регион	Месяц			
	январь	апрель	июль	октябрь
Приэкваториальная зона	24	38	-28	-38
Атлантический океан (ср.часть)	50	-10	25	-56
Тихий океан (ср.часть)	-15	-20	16	54
П-ов Индостан	-8	-28	21	17
Сибирский сектор	16	33	-4	58
Тибет	11	11	-4	6
Полярная область	-23	-49	28	-46

Исследование показало, что значительные изменения в потоках влаги происходят в основном над Атлантикой и Тихим океаном, где в последние годы увеличился влагоперенос. При этом перенос влаги в высокие широты над Атлантикой возрос в зимние месяцы, а над Тихим океаном – летом и осенью. Отмечено уменьшение потоков влаги летом над высокогорными районами Тибетского нагорья и в Сибирском секторе (в основном по югу региона), что хорошо согласуется с уменьшением общего влагосодержания в этих регионах.

Так как результирующий перенос не всегда дает исчерпывающую информацию о потоках влаги и может складываться из множества вариантов слагающих его переносов, важно знать не только направление потоков и общее влагосодержание, но и каким образом происходит перераспределение влаги с учетом зональных и меридиональных составляющих ветра. Поэтому в параграфе 2.5 были рассчитаны зональные и меридиональные потоки влаги по формулам вида:

$$F_{x_i} = a_i v_i \sin \varphi, \quad (4)$$

$$F_{y_i} = a_i v_i \cos \varphi, \quad (5)$$

где F_{x_i} и F_{y_i} - зональные и меридиональные потоки влаги, г/(м²·с); a_i - абсолютная влажность воздуха, г/м³; v_i - скорость ветра, м/с; φ - направление ветра, °. При расчетах поток влаги с запада и юга принято считать положительным, а с востока и севера – отрицательным.

Как оказалось, циклические колебания атмосферной циркуляции в современный период проявляются в увеличении вклада западной и южной составляющих в переносе влаги в высоких и умеренных широтах Евразии и их уменьшении над субтропиками (рис.1).

В заключение второй главы сделан вывод: наблюдаемые изменения температурно-влажностного режима на территории Сибирского сектора хорошо согласуются с увеличением частоты процессов меридиональной южной группы циркуляции. Последние могут быть интерпретированы либо как собственные колебания климатической системы, вызванные перераспределением массы атмосферы между высокими и низкими широтами, либо связаны с усилением теплообмена экваториальной области Тихого и Атлантического океанов со средними и высокими широтами.

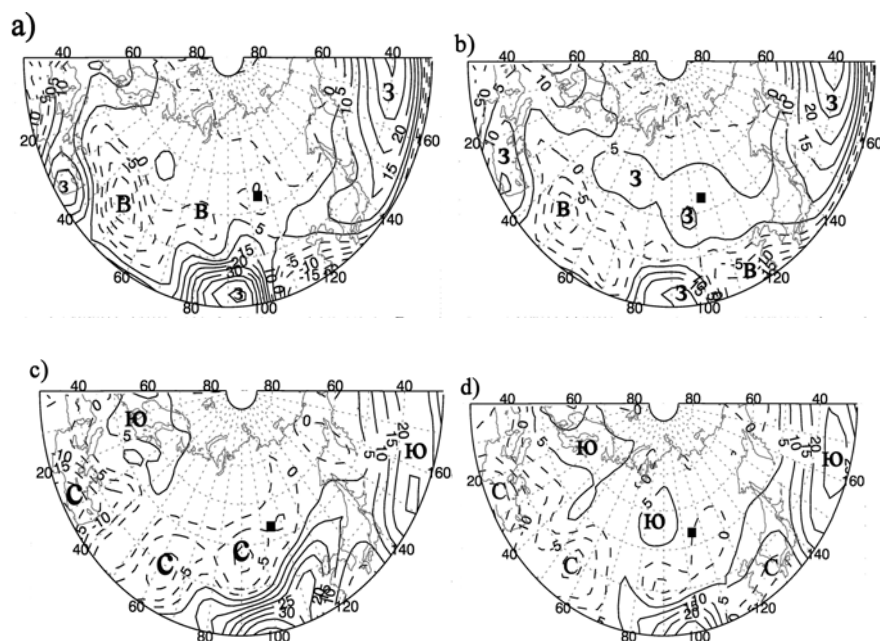


Рис.1 Отклонения зональной (a,b) и меридиональной составляющих (c,d) потока водяного пара у поверхности Земли в период 1957-1969 гг. (a,c) и 1999-2008 гг. (b,d) от средних многолетних значений за 1948-2008 гг. ($\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$).

В третьей главе приведены расчеты средних годовых и средних сезонных значений индексов аномальности (K и P) температуры, удельной и относительной влажности воздуха в различные периоды современной циркуляционной эпохи (меридиональная южная) по типизации Б.Л. Дзержеевского на стандартных изобарических поверхностях (1000- 300 гПа), полученные на основе средних суточных данных Реанализа за 1948-2008 гг. В качестве района исследования был выбран Сибирский сектор ($60^\circ \text{в.д.} - 119^\circ \text{в.д.}$). Для оценки пространственного масштаба выявленных аномалий дополнительно выполнены расчеты по соседним секторам: Европейскому ($0-59^\circ \text{в.д.}$) и Дальневосточному ($120^\circ \text{в.д.} - 169^\circ \text{в.д.}$).

В качестве показателя аномальности температурно-влажностного режима был использован индекс K , предложенный Н.А. Багровым. Это безразмерное среднее нормированное значение аномалии (A), которое определяется через отношение месячной (годовой) аномалии метеорологической величины к ее среднему квадратическому отклонению (σ) и характеризует интенсивность очагов аномалий разных знаков на рассматриваемой территории:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{A_n^2}{\sigma_n^2}, \quad (6)$$

Если значение индекса K равно единице, то на рассматриваемой территории в каждом узле сетки абсолютное значение аномалии равно среднему квадратическому отклонению (σ) и аномалии температуры и влажности воздуха находятся в пределах стандартного отклонения, т.е. естественной изменчивости. Нормирование позволяет исключить влияние сезонности и географической широты на рассматриваемые величины.

Для определения площади, занимаемой аномалией того или иного знака, был использован параметр P , предложенный Н.Н. Мякишевой, который указывает не только на знак, преобладающий в аномалиях, но и на относительную величину площади, занятой этой аномалией (табл.2):

$$P = \frac{n_+ - n_-}{N}, \quad (7)$$

где n_+ - число точек с положительной аномалией, n_- - число точек с отрицательной аномалией, N - общее число точек (узлов сетки) на рассматриваемой территории.

Таблица 2

Соответствие значений индекса Р процентному соотношению суммарных площадей аномалий противоположных знаков на рассматриваемой территории

P	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1
S ₊ (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
S ₋ (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

В многолетних изменениях индексов аномальности средних годовых значений приземной температуры и удельной влажности воздуха, представленных в параграфе 3.1, удалось выделить два аномальных циркуляционных периода (рис.2):

- 1) 1957-1969 гг. (I), когда более 80% площади Сибирского сектора было занято отрицательными аномалиями температуры и удельной влажности воздуха;
- 2) с 1999 г. - по настоящее время (IV), когда практически вся территория Евразии, включая регион исследования, была занята положительными аномалиями средних годовых значений температуры и удельной влажности воздуха.

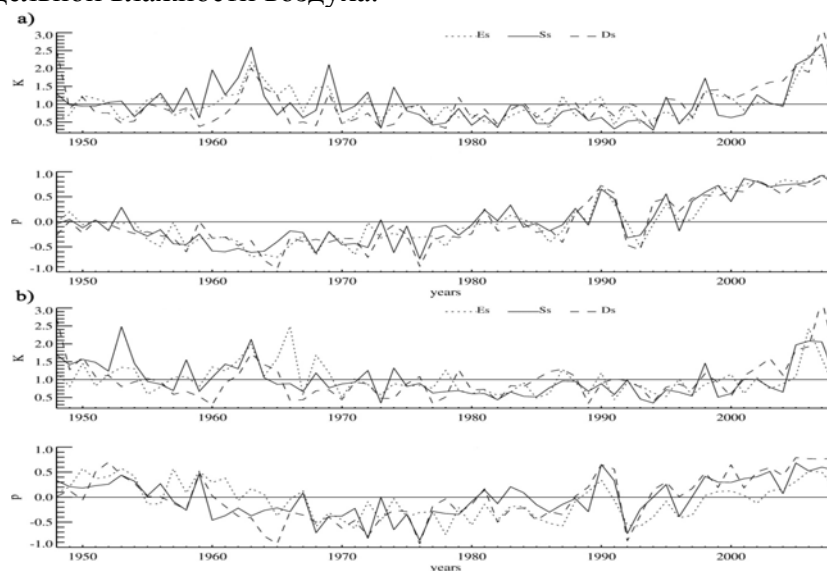


Рис. 2 Изменение индексов аномальности (K и P) средних годовых значений температуры (а) и удельной влажности воздуха (б) у поверхности Земли в Европейском (Es), Сибирском (Sb) и Дальневосточном (Ds) секторах.

Отчетливо видно, что аномалии средних годовых температур воздуха у поверхности Земли носят крупномасштабный характер, на что указывают высокие значения коэффициентов парной корреляции между значениями индексов K в Сибирском и Европейском секторах ($r=0,68$), в Сибирском и Дальневосточном секторах ($r=0,67$). Следует отметить также резкое увеличение в последнее десятилетие величин индексов аномальности K и P на территории Сибири и соседних регионов.

В Сибирском секторе наиболее крупные отрицательные аномалии средних годовых температур воздуха у поверхности Земли отмечались в 1969 г. ($K=2,77$), когда они занимали более 80% площади исследуемого региона ($P=-0,69$). Наиболее крупные положительные аномалии наблюдались в 2007 году ($K=3,25$), когда занимали более 90% площади Сибирского сектора ($P=0,98$).

В средней тропосфере на уровне АТ-500 гПа (5 км) температурный режим со временем становится более сглаженным, что проявляется в уменьшении значений индексов K и P.

На уровне АТ-300 гПа (9 км) наиболее заметно выделяется *IV период* (с 1999 г. - по настоящее время) с аномально низким содержанием водяного пара (рис.3).

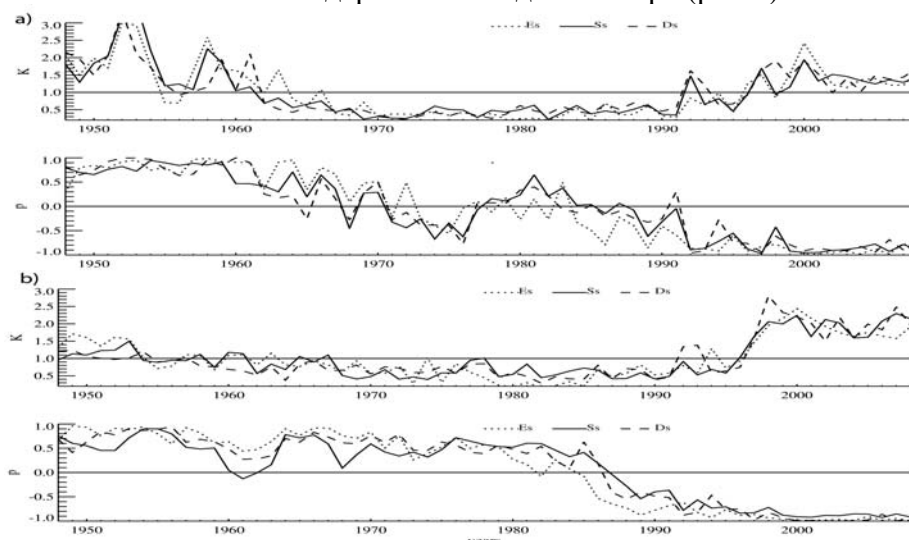


Рис.3 Изменение индексов аномальности (К и Р) средних годовых значений удельной (а) и относительной влажности воздуха (б) на уровне АТ-300 гПа в Европейском (Es), Сибирском (Sb) и Дальневосточном (Ds) секторах.

Для оценки степени тесноты линейной связи между индексами аномальности метеорологических величин на разных высотах была построена корреляционная матрица межуровневых значений коэффициентов парной корреляции, рассчитанных по средним месячным значениям индексов аномальности температуры, удельной и относительной влажности воздуха в Сибирском секторе за период 1948-2008 гг.

В целом, наиболее высокий уровень корреляционной связи ($r=0,55$) установлен между индексами аномальности температуры (t) и удельной влажности воздуха (q) - температурно-влажностный комплекс (t-q). Далее по степени тесноты линейной связи ($r=0,47$) следует коррелированность значений индексов аномальности средних месячных величин удельной и относительной влажности воздуха (f) - влажностный комплекс (q-f) и практически отсутствует линейная корреляционная зависимость между индексами аномальности температуры и относительной влажности воздуха (t-f).

В качестве показателя изменчивости температурно-влажностного режима в Сибирском секторе в параграфе 3.2 были рассчитаны величины среднего квадратического отклонения индексов аномальности (σ_K) и (σ_P) в период 1948-2008 гг. (табл.3).

Таблица 3

Среднее квадратическое отклонение (σ) и его средняя ошибка для индексов аномальности (К и Р) средних месячных значений температуры и влажности воздуха на разных высотах в Сибирском секторе за период 1948-2008 гг.

Характеристика	Уровень			
	Земля	АТ-850 гПа (1,5 км)	АТ-500 гПа (5 км)	АТ-300 гПа (9 км)
индекс К				
температура воздуха	0,69 (0,09)	0,58 (0,07)	0,63 (0,08)	0,83 (0,11)
удельная влажность	0,48 (0,06)	0,49 (0,06)	0,75 (0,10)	0,71 (0,09)
относительная влажность	0,40 (0,05)	0,37 (0,05)	0,46 (0,06)	0,55 (0,07)
индекс Р				
температура воздуха	0,50 (0,06)	0,46 (0,06)	0,45 (0,06)	0,60 (0,08)
удельная влажность,	0,38 (0,05)	0,36 (0,05)	0,45 (0,06)	0,64 (0,08)
относительная влажность	0,31 (0,04)	0,27 (0,03)	0,39 (0,05)	0,63 (0,08)

Выявлено, что наибольший разброс характерен для индексов аномальности температуры и удельной влажности воздуха, особенно в верхней тропосфере (9 км), а наименее изменчивы во времени межгодовые значения индексов аномальности относительной влажности воздуха, особенно на уровне АТ-850 гПа (1,5 км).

На основе спектрального анализа обнаружено, что в изменении индексов аномальности температуры и влажности воздуха на территории Сибирского сектора отчетливо выделяются два вида колебаний: короткопериодные вариации (менее года и от года до 12-15 лет) и циклические колебания (20-30 лет). Наиболее интересным оказалось наличие в вариациях индексов температурно-влажностного режима на территории Сибири хорошо выраженных возмущений с периодами 2-7 лет, совпадающих с периодичностью южных типов атмосферных процессов, частота которых возросла именно в последнюю (южную меридиональную) эпоху циркуляции.

Любопытно, что выделенные квазидвухлетние циклы совпадают по периодичности с изменением тропосферного циклогенеза в районе Баренцева, Карского морей и полуострова Таймыр. Выделим особо, что это именно те районы, которые оказывают наиболее существенное влияние на климатические и циркуляционные условия Сибирского сектора.

Для исследования сезонных особенностей температурно-влажностного режима на территории Сибирского сектора в параграфе 3.3 были рассчитаны средние сезонные величины индексов аномальности температуры, удельной и относительной влажности воздуха по формулам (6,7) в различные периоды последней циркуляционной эпохи.

В заключение третьей главы был сформулирован вывод: на территории Сибирского сектора в эпоху меридиональной южной циркуляции отчетливо прослеживается высокий уровень корреляционной связи между аномалиями температуры и удельной влажности воздуха, который максимально проявляется в нижней тропосфере и указывает на существенную роль адвективных и вихревых факторов в формировании региональных особенностей климата.

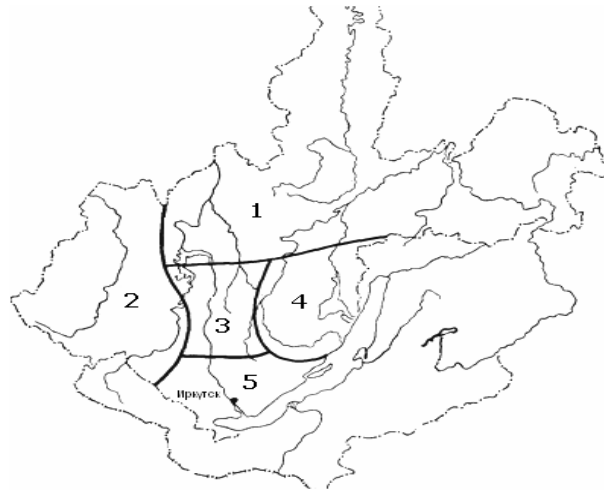
В четвертой главе рассматриваются региональные особенности температурно-влажностного режима на территории Иркутской области. Выбор данного региона объясняется тем, что Иркутская область относится к числу наиболее чувствительных к изменению климата регионов Сибири, и часто попадает под воздействие тропосферных макроложбин и гребней, с которыми связаны адвективные потоки тепла и влаги.

В параграфе 4.1 рассматриваются орографические, климатические и циркуляционные условия территории Иркутской области, которая расположена в южной части Восточной Сибири между $51^{\circ}18'$ и $64^{\circ}15'$ с.ш. и $95^{\circ}38'$ и $119^{\circ}10'$ в.д., почти в центре Евразийского материка, что определяет высокую степень континентальности климата. Большая протяженность территории с севера на юг (1500 км) и с запада на восток (1300 км) обуславливает наличие широтной зональности, которая прослеживается в изменении температуры воздуха и потоков влаги. Орографические особенности территории существенно сказываются как на структуре, так и на характере развития крупномасштабной и местной циркуляции атмосферы.

По климатическому районированию М.И. Будыко рассматриваемая территория относится к области достаточно влажного климата с умеренно суровой, малоснежной зимой и умеренно теплым летом.

В параграфе 4.2 исследуется климатический режим различных районов Иркутской области, выделенных с учетом физико-географических, климатических и специфических проявлений синоптических процессов, согласно синоптико-климатическому районированию, представленному на рис.4.

Учитывая, что температура воздуха подвержена значительным годовым, синоптическим и суточным изменениям, а также зависит от характера подстилающей поверхности, ее мезо- и микромасштабных особенностей, в качестве показателя, более чувствительного к крупномасштабным и локальным изменениям циркуляции, были использованы характеристики влажности воздуха, с которыми связаны изменения климата на территории Иркутской области.



районы: 1 – Северный, 2 – Западный, 3 – Центральный,
4 – Верхне-Ленский (Восточный), 5 – Южный.

Рис.4 Синоптико-климатическое районирование территории Иркутской области

Таким образом, на территории Иркутской области было проведено комплексное исследование температурно-влажностного режима, как по данным непосредственных наблюдений на сети метеорологических станций за период 1963-2008 гг., так и на основе архивных данных NCEP/NCAR за период 1948-2008 гг.

На первом этапе исследования данные Реанализа (NCEP/NCAR) по температуре и удельной влажности воздуха сравнивались с фактическими наблюдениями метеорологических станций, расположенных на территории Иркутской области, местоположение которых попадало непосредственно в узел регулярной сетки. Необходимость сопоставления данных обусловлена тем, что данные реанализа являются результатом полуэмпирической модели, основанной на наблюдениях наземных и морских станций, радиозондовых наблюдениях и спутниковых измерениях. Нерегулярность наблюдений, как во времени, так и в пространстве, заполняется расчетными значениями комплексных моделей реструктуризации метеополей, в связи с чем, могут возникнуть некоторые погрешности в данных.

Для выбранных станций за несколько лет были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между интерполированными и наблюдаемыми значениями метеорологических величин, как в зимний, так и в летний периоды. Для большинства выбранных станций коэффициенты парной корреляции превышали 0,85, т.е. находятся в пределах точности используемых данных реанализа, что позволяет их использовать в дальнейшем для решения региональных задач, в том числе в исследованиях климата выделенных районов на территории Иркутской области.

Сравнительный анализ многолетней динамики средних годовых значений температуры воздуха на территории Иркутской области, Сибирского, Европейского и Дальневосточного секторов показал, что в период 1948-2008 гг. наиболее значимые изменения температуры воздуха наблюдались на территории Иркутской области.

В течение года коэффициенты линейного тренда средних месячных значений температуры воздуха максимальных величин достигали у поверхности Земли и на уровне АТ-850 гПа (1,5 км) - весной, на уровне АТ-300 гПа (9 км) - зимой и осенью. В пространственном отношении наибольшее изменение средних годовых температур в 1948-2008 гг. наблюдалось в южном районе Иркутской области: повышение - у поверхности Земли ($R^2=0,32$), на уровне АТ-850 гПа ($R^2=0,32$) и на уровне АТ-700 гПа ($R^2=0,13$) и понижение на уровне АТ-300 гПа ($R^2=0,44$).

Наряду со значениями средних температур был рассмотрен многолетний режим экстремальных температур воздуха по данным метеорологических станций, расположенных в северном и южном районах Иркутской области, где аналогично средним температурам хорошо выражена тенденция повышения максимальных и минимальных температур, наиболее выраженная по югу региона. Удалось установить, что увеличение экстремумов температур в

холодный период было более интенсивным, чем в теплый период года, и отмечалось примерно на 10 лет раньше. В настоящее время более устойчива тенденция повышения температур в теплый период года.

Несмотря на наблюдаемое повышение средних годовых температур воздуха, степень континентальности климата в Иркутской области в целом не изменилась, что наглядно отражают средние многолетние значения индексов континентальности, рассчитанные по С.П. Хромову и усредненные для разных периодов последней циркуляционной эпохи по Л.Б. Дзердзеевскому (табл.4).

Таблица 4

**Средние многолетние значения индексов континентальности
(по С.П. Хромову) на территории Иркутской области в различные
периоды современной циркуляционной эпохи (по Б.Л. Дзердзеевскому)**

Период	Уровень				
	Земля	850 гПа (1,5 км)	700 гПа (3 км)	500 гПа (5 км)	300 гПа (9 км)
<i>1957-1969 гг. (I)</i>	89	86	84	82	76
<i>1970-1980 гг. (II)</i>	89	86	83	81	75
<i>1981-1998 гг. (III)</i>	89	86	83	82	75
<i>1999-2008 гг. (IV)</i>	89	86	83	82	76

Результирующие потоки водяного пара в северных и южных районах Иркутской области имеют четко выраженный годовой ход с летним максимумом по северу (~67 кг/(м·с)) и осенним и весенним максимумом по югу (100 кг/(м·с) и 85 кг/(м·с)) соответственно. Минимальные значения водяного пара над исследуемой территорией отмечаются в зимние месяцы. В среднем, результирующие потоки влаги по югу Иркутской области оказались вдвое выше, чем по северу области.

В период с ноября по март и в середине лета над Иркутской областью преобладает юго-западная составляющая в переносе влаги, которая связана с господствующими юго-западными потоками в тыловой части высотного гребня, ориентированного с Монголии и Китая. В переходные сезоны года на фоне увеличения температурных контрастов между высокими и низкими широтами увеличивается вклад зональной составляющей ветра в результирующих потоках влаги над Сибирью.

Наибольший интерес вызвало исследование крупномасштабного влагообмена в годы с наиболее крупными ($\Delta t \geq 2-3\sigma_t$) положительными и отрицательными аномалиями зимних температур на территории Иркутской области. Установлено, что в аномально теплые зимние периоды результирующие потоки влаги в среднем в 2-3 раза выше, чем в аномально холодные зимы.

Это наглядно видно на примере зим 2001 и 2002 гг., когда циркуляционные условия были противоположными (рис.5). В аномально теплую зиму 2002 г. над Сибирью происходил интенсивный вынос потоков влаги из экваториальных и субтропических широт и в тоже время осуществлялся частый вынос теплых и влажных воздушных масс в теплых секторах южных и ныряющих циклонов. Это обеспечивало повышение зимних температур и увеличение влагосодержания в нижней тропосфере, что сопровождалось усилением процессов облако- и осадкообразования на территории Иркутской области.

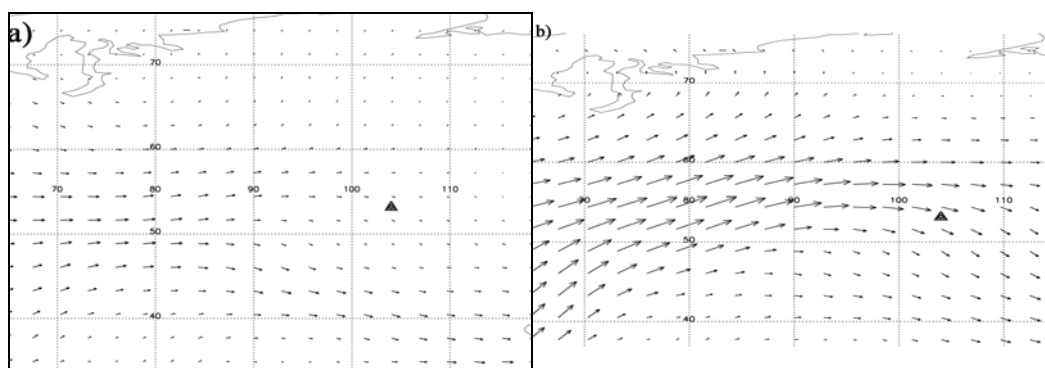


Рис. 5 Карты вертикально интегрированного результирующего потока влаги для холодного января 2001г. (а) и теплого января 2002 г. (b)

Более детальный анализ показал, что на территории Иркутской области на фоне повышения средних температур в тропосфере происходит увеличение влагосодержания воздуха в холодный период (с октября по май) и уменьшение количества влаги в теплый сезон (с июня по сентябрь).

Такая изменчивость может быть связана с откликом крупномасштабной циркуляции на Арктическое и Южное колебание. В частности, для Азиатского региона увеличение индексов Арктического колебания (АО) и Южного колебания (SOI) может служить одной из причин для ослабления Азиатского антициклона, повышения температур и влагосодержания в зимний период. Однако корреляционный анализ показал, что региональные изменения температуры на территории Иркутской области практически не связаны с глобальными индексами циркуляции (АО) ($r=0,53$) и (SOI) ($r=-0,08$).

В тоже время они более тесно коррелируют с глобальной температурой ($r=0,62$), ее аномалиями ($r=0,71$) и средней годовой температурой Северного полушария ($r=0,61$). Поэтому в качестве возможных причин изменений климата на территории Сибири можно рассматривать адвективно-динамические и вихревые факторы, на что указывает наличие тесной корреляционной связи ($r \geq 0,80$) между средними месячными величинами парциального давления водяного пара (e) и дефицитов влаги (d) с максимальной ($T_{\text{макс}}$) и минимальной ($T_{\text{мин}}$) температурой воздуха по данным наблюдений на 57 метеорологических станциях Иркутской области за период 1963-2005 гг. и поля корреляции средних суточных значений приземной температуры и удельной влажности воздуха на разных высотах, рассчитанные в узлах регулярной сетки с пространственным разрешением $2,5 \times 2,5^\circ$ за период 1948-2008 гг.

Для оценки вклада циркуляционных факторов в изменение температурно-влажностного режима на территории Сибири определялись коэффициенты парной корреляции между средними суточными значениями приземной температуры воздуха, усредненной по территории Сибирского сектора в целом, и средними суточными значениями приземного давления и геопотенциальными высотами в узлах регулярной сетки на разных уровнях тропосферы в пределах Евразии (рис.6).

У поверхности Земли структура поля изокоррелят носит дипольный характер, южнее 50-ой параллели устойчивы обратные статистические связи между вариациями приземной температуры воздуха в Сибирском регионе и атмосферным давлением, севернее 60-ой параллели – устойчивы положительные статистические связи. Обращает внимание наличие более высокой положительной линейной связи ($r=0,8-0,9$) между температурой воздуха в Сибирском секторе и изменениями геопотенциальных высот в средней и верхней тропосфере над Центральной и Восточной Азией.

Любопытно, что в последние годы степень тесноты линейной связи между вариациями приземных температур в Сибирском регионе и атмосферным давлением в низких широтах у поверхности Земли и в нижней тропосфере ослабевает, тогда как в средней тропосфере, наоборот, растет. Кроме того, отмечается увеличение радиуса корреляции температур с изменениями давления на Дальневосточном побережье, где, как известно, сказывается влияние муссонной циркуляции и ложбин Алеутской депрессии.

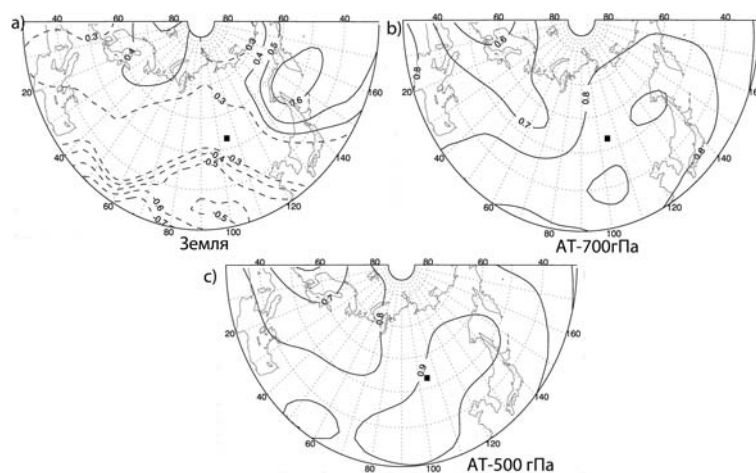


Рис.6 Поля изокоррелят средних суточных значений приземной температуры в Сибирском секторе, приземного давления и геопотенциальных высот в средней и верхней тропосфере в узлах регулярной сетки в период 1999-2008 гг.

В процессе исследования не удалось выявить корреляционных зависимостей на территории Иркутской области и Сибирского сектора между изменениями средних суточных значений относительной влажности воздуха и атмосферного давления, вариациями относительной влажности и приземной температуры воздуха. В то же время, любопытным оказалось, что приземная температура воздуха на территории Иркутской области довольно тесно коррелирует с изменениями относительной влажности в верхней тропосфере ($r=0.5-0.6$).

Так как наряду с адвективными факторами, изменения температуры и влажности воздуха могут носить адиабатический характер и возникать при развитии вертикальных движений в атмосфере, рассчитывались коэффициенты парной корреляции между средними суточными значениями приземной температуры воздуха (относительной влажности) и вертикальными движениями на разных уровнях тропосферы.

Оказалось, что изменения приземной температуры воздуха на территории Иркутской области и Сибирского сектора практически не коррелируют с интенсивностью вертикальных движений на разных уровнях тропосферы ($r \leq 0,3$).

В отличие от температуры воздуха изменения относительной влажности на территории Иркутской области более тесно связаны с интенсивностью вертикальных движений в нижней и средней тропосфере ($r=-0,4$), в верхней тропосфере статистические связи вновь ослабевают.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

1. Наблюдаемые изменения температурно-влажностного режима на территории Сибирского сектора, которые хорошо согласуются с увеличением частоты процессов меридиональной южной группы циркуляции, могут быть интерпретированы как собственные колебания климатической системы, вызванные перераспределением массы атмосферы между высокими и низкими широтами, либо связаны с усилением теплообмена экваториальной области Тихого и Атлантического океанов со средними и высокими широтами.
2. Увеличение повторяемости меридиональных южных процессов в современный период проявляется в увеличении вклада западной и южной составляющих в переносе влаги над Сибирью и сопровождается повышением температуры и удельной влажности воздуха.
3. Наибольшие изменения во влагосодержании воздуха и потоках влаги отмечаются летом, когда их значения максимальны в годовом распределении. В пространственном соотношении эти изменения в наибольшей степени выражены в океанических областях, которые, как известно, являются аккумуляторами тепла.
4. По средним годовым значениям температуры и удельной влажности воздуха на территории Сибирского сектора в эпоху меридиональной южной циркуляции у поверхности Земли и в нижней тропосфере отчетливо выделяются два аномальных периода: с 1957 по 1969 гг. (I) - аномально

- холодный с низким содержанием водяного пара и с 1999 г. по настоящее время (IV) - аномально теплый период с высоким содержанием водяного пара.
5. В средней и верхней тропосфере как аномально холодный выделяется период 1970-1980 гг. (II), как аномально влажный – 1957-1969 гг. (I) и как аномально сухой с низким абсолютным и относительным содержанием водяного пара - период с 1999 г. по настоящее время (IV).
6. Средние годовые температуры воздуха в Иркутской области, для которых характерно повышение в последние десятилетия, наиболее тесно коррелируют с глобальной температурой и ее аномалиями, средней годовой температурой Северного полушария, что указывает на крупномасштабный характер изменения приземной температуры воздуха, и практически не связаны с изменениями индексов глобальной циркуляции (АО и SOI), что затрудняет поиск причин наблюдаемых аномалий.
7. Результирующие потоки водяного пара в северных и южных районах Иркутской области имеют четко выраженный годовой ход с летним максимумом по северу и осенним и весенним максимумами по югу. Минимальные значения водяного пара над исследуемой территорией отмечаются зимой. В среднем значения результирующих потоков влаги по югу Иркутской области вдвое выше, чем по северу.
8. Выявлено, что в период с ноября по март и в середине лета над Иркутской областью преобладает юго-западная составляющая в переносе влаги, в переходные сезоны года на фоне увеличения температурных контрастов между высокими и низкими широтами в результирующих потоках влаги над Сибирью увеличивается вклад зональной составляющей ветра.
9. Обнаружено, что средние суточные значения приземной температуры воздуха в Сибирском секторе тесно коррелируют ($r=0.8-0.9$) с изменениями геопотенциальных высот в средней и верхней тропосфере над Центральной и Восточной Азией. Для последнего периода характерно увеличение степени тесноты линейной связи между вариациями приземных температур в Сибирском регионе и изменениями давления в низких широтах в средней тропосфере.

Основные публикации по теме диссертации:

1. Белоусова Е.П. Исследование термико-влажностного режима как индикатора климатических изменений на территории Восточной Сибири/ С.С. Тимофеева, И.В. Латышева, Е.П. Белоусова, А.С. Иванова // **Вестник ИрГТУ**. - 2007. - № 3 (31). - С.36-39.
2. Белоусова Е.П. Циркуляционные условия аномально холодной зимы 2005/06 г. над Сибирью/ И.В. Латышева, Е.П. Белоусова, А.С. Иванова, В.Л. Потемкин // **Метеорология и Гидрология**. - 2007. - № 9. - С.36-40.
3. Белоусова Е.П. Исследование режима влажности воздуха как индикатора климатических изменений на территории Восточной Сибири / И.В. Латышева, Е.П. Белоусова, А.С. Иванова // **Аэрозоли Сибири. XIII Рабочая группа: Тезисы докладов**. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2006.- С.35-36.
4. Белоусова Е.П. Климатические особенности зимнего периода на территории Иркутской области и их влияние на деятельность авиации / Е.П. Белоусова, И.В. Латышева // **Вестник Иркутского университета: Материалы ежегодной научно-теоретической конференции молодых ученых**. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2006.- С.20.
5. Белоусова Е.П. Аэросиноптические условия выхода южных циклонов на южные районы Предбайкалья и их влияние на деятельность авиации/ Е.П. Белоусова, А.С. Иванова, И.В. Латышева // **Метеоспектр**. 2006.- №1.- С.111-115.
6. Белоусова Е.П. Климатические особенности зимнего периода на территории Иркутской области их влияние на деятельность авиации / Е.П. Белоусова, А.С. Иванова, И.В. Латышева // **Метеоспектр**, 2006.- №2.- С.113-117.
7. Belousova E.P. Mesoklimatic differences of southern regions of Pribaikalye / I.V. Latysheva, V.L. Potemkin, Zn.A. Kiryanova, A.S. Ivanova, E.P. Belousova // **Proceedings of International workshop ISTC «Baikal-2006»**. (August 15-19). Irkutsk. -2006.- P.119-122.
8. Белоусова Е.П. Климатические особенности зимнего периода и их проявление на территории Восточной Сибири / И.В. Латышева, В.Л. Потемкин, А.С. Иванова, Е.П. Белоусова // **Гео-Сибирь-2006**. Т.3. Мониторинг окружающей среды, геоэкология, дистанционные методы зондирования

Земли и фотограмметрия: Сборник материалов международного научного конгресса. Новосибирск: ГОУ ВПО «Сибирская гос. геодезическая академия», 2006. - Ч.2. - С.118-119.

9. Belousova E.P. Circulation conditions of abnormally cold winter over Eurasia in 2005-2006 / I.V. Latysheva, E.P. Belousova, A.S. Ivanova, V.L.Potemkin // Atmospheric and ocean optics. Atmospheric physics. XIII International Symposium. (July 2-6). Tomsk.- 2006.- P.190.

10. Belousova E.P. Circulation conditions of abnormally cold winter of 2005-2006 over Siberia / I.V. Latysheva, E.P. Belousova, A.S. Ivanova, V.L.Potemkin // Proceedings of SPIE.- 2006. 6160. P.65222B-65222B-5.

11. Белоусова Е.П. Циркуляционные особенности холодных и теплых зим над Восточной Сибирью / Е.П. Белоусова, А.С. Иванова, И.В. Латышева // Седьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Материалы Российской конференции. Томск: Аграф-Пресс, 2007.-С.32-35.

12. Белоусова Е.П. Исследование стратосферных потеплений над Сибирью при развитии зимних аномалий температур / Е.П. Белоусова, И.В. Латышева // Международная Байкальская молодежная школа по фундаментальной физике. Конференция молодых ученых: Тезисы докладов. Иркутск.- 2007.-С.93-95.

13. Белоусова Е.П. Циркуляционные особенности аномально теплых и холодных зим над Восточной Сибирью/ Е.П. Белоусова, И.В. Латышева, А.С.Иванова // Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. -Т.1.-С. 67-68.

14. Belousova E.P. Research of long-term variability of moisture content in territory of Eastern Siberia / E.P. Belousova, I.V. Latysheva // Atmospheric and ocean optics. Atmospheric physics. XV International Symposium.(June 22-28). Krasnoyarsk, 2008.- P175-176.

15. Белоусова Е.П. Исследование долговременной изменчивости влагосодержания на территории Восточной Сибири / Е.П. Белоусова, И.В. Латышева // Шестой международный симпозиум «Контроль и реабилитация окружающей среды КРОС-2008» (3-5 июля 2008).Томск. - С.218-220.

16. Белоусова Е.П., Латышева И.В., Олемской С.В. Региональные особенности переноса влаги над территорией Предбайкалья/ Е.П. Белоусова, И.В. Латышева, С.В. Олемской // Труды Всероссийской научной конференции с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследования». Казань. 2009. - С. 25-29.

17. Белоусова Е.П. Исследование динамики струйных течений в различные периоды последней циркуляционной эпохи/ / Е.П. Белоусова, И.В. Латышева, С.В. Олемской //Метеоспектр.М.2010.- С.103-113.

18. Белоусова Е.П. Современные особенности распределения потоков влаги на территории Евразии // И.В.Латышева, Е.П.Белоусова, С.В. Олемской, С.В. Латышев, К.А. Лоценко // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле.-2010.-№1.- С. 62-79.

