

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТА РАЙОНА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ТИКСИ

науч. сотр. Н.Е.ИВАНОВ¹, д-р физ.-мат. наук А.П.МАКШТАС¹,
канд. физ.-мат. наук С.В.ШУТИЛИН¹, нач. отдела Р.М.ГУНН²

¹ ГИЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, e-mail: aaricoop@aari.nw.ru

² Тиксинский филиал Якутского УГМС, г. Тикси, e-mail: meteo_gun@mail.ru

Приведено описание созданного ААНИИ и Тиксинским филиалом Якутского УГМС электронного архива всех доступных данных стандартных метеорологических наблюдений на полярной станции Тикси с августа 1932 г. по декабрь 2007 г. Обоснован поддиапазонный подход к анализу изменчивости характеристик климата, приведены статистические оценки межгодовой изменчивости, годового хода, изменчивости синоптического масштаба и суточного хода. Высказано предположение о влиянии синоптических систем на многолетние тренды температуры воздуха. Выявлена согласованность трендов температуры воздуха и балла общей облачности в летний и зимний сезоны.

Ключевые слова: гидрометеорологическая обсерватория Тикси, электронный архив, изменчивость климата, диапазоны изменчивости, температура и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, облачность.

ВВЕДЕНИЕ

В 2005 г. в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте (ААНИИ) были подготовлены предложения по организации проекта Международного полярного года (МПГ) «Создание атмосферной обсерватории климатического мониторинга в Тикси», которые впоследствии были интегрированы в Кластер МПГ № 196 «International Arctic Systems for Observing the Atmosphere» (Международная система наблюдений атмосферы в Арктике). В 2006 г. окончательное решение о создании в Тикси современной гидрометеорологической обсерватории (ГМО) было принято на первом официальном совещании делегаций Национальной океанической и атмосферной администрации (НОАА) Министерства торговли США и Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации (Росгидромет), состоявшемся в Москве в рамках Меморандума по сотрудничеству в области метеорологии, гидрологии и океанографии.

Одной из основных задач создаваемой ГМО было определено проведение исследований, ориентированных на выявление причин и последствий изменений климата Арктики с особым вниманием к комплексным исследованиям, направленным на понимание взаимосвязанных составляющих арктической климатической системы, включая атмосферные и гидрологические процессы; изменения химического состава атмосферы, таяние вечной мерзлоты, береговую эрозию, радиационный баланс, воздействие облачности и аэрозольной составляющей атмосферы на радиационные процессы, а также процессы газо- и массообмена между подстилающей поверхностью и атмосферой.

Выбор гидрометеорологической станции (ГМС) «Полярка», расположенной в 7 км от поселка Тикси, в качестве основы будущей ГМО был обусловлен следующими обстоятельствами. Наблюдения на станции проводятся непрерывно с 1932 г., что позволяет исследовать многолетнюю изменчивость климата одного из ключевых регионов Арктики. ГМС расположена в зоне влияния на атмосферные процессы как Атлантического, так и Тихого океанов, в районе значительных климатических изменений. ГМС расположена вблизи устья реки Лены, занимающей второе место (после Енисея) по объему пресных вод, сбрасываемых в Северный Ледовитый океан. Кроме того, организация ГМО в Тикси, на одном из стратегических участков Северного морского пути, позволит существенно улучшить качество прогнозов ледовой обстановки для навигации, в значительной степени утраченное в последние годы.

ГМС «Полярка» была открыта 12 августа 1932 г. С 1936 г. на станции выполнялись четырехразовые (с 1932 по 1935 гг. – трехразовые), а с 1970 г. – восьмиразовые измерения атмосферного давления; температуры и влажности воздуха; интенсивности выпадения осадков; высоты снежного покрова; продолжительности солнечного сияния; направления и скорости ветра; температуры поверхности почвы; визуальные определения дальности видимости, количества и форм облачности. Стандартные метеорологические наблюдения на ГМС продолжаются до настоящего времени с помощью практически идентичного комплекса датчиков. Такие наблюдения являются обязательным элементом программы всех полярных станций. Их необходимость как для прогностических, так и для исследовательских задач обусловлена тем, что вплоть до настоящего времени они являются уникальным источником наиболее достоверной информации о состоянии приповерхностного слоя атмосферы в наименее освещенном метеорологическими данными регионе земного шара. Несмотря на развитие в последние десятилетия дистанционных методов получения метеорологической информации с помощью системы автоматических станций, качество такой информации, как и состав наблюдаемых параметров, далеко уступают информации, полученной путем стандартных метеорологических наблюдений, выполненных опытным наблюдателем. Это обусловлено как недостаточной репрезентативностью данных необслуживаемых станций вследствие, например, обледенения или радиационного нагрева датчиков, так и ограниченным набором параметров, измеряемых современными автоматическими станциями. Что касается измерений со спутников, то основная трудность состоит в интерпретации полученных с их помощью данных. Более того, данные стандартных наблюдений служат одним из основных источников для совершенствования алгоритмов обработки спутниковой информации.

Многолетние ряды стандартных метеорологических данных позволяют описывать межгодовую изменчивость, годовую ритмику, изменчивость синоптического масштаба и суточную ритмику. Такой поддиапазонный подход предполагает не только оценку характеристик изменчивости в каждом из диапазонов, но и учет междиапазонного взаимодействия. Ключевым звеном этого взаимодействия является годовая ритмика, которая, с одной стороны, модулирована в диапазоне межгодовой изменчивости, а с другой стороны, сама модулирует процессы синоптического масштаба и суточную ритмику. Таким образом, годовая ритмика не сводима к среднему многолетнему годовому ходу. Термином «годовая ритмика» мы будем обозначать всевозможные проявления процессов с годовой периодичностью во всех диапазонах изменчивости. В рамках поддиапазонного подхода на основе созданного электронного архива метеорологических данных получены оценки большого количества характеристик изменчивости климата. Поскольку полный их анализ в одной публикации не представляется возможным, в настоящей статье дано описание характеристик изменчивости, наиболее информативных для описания основных свойств многолетней изменчивости и наиболее актуальных для организации работы создаваемой ГМО.

ДААННЫЕ

Описание архива метеорологических данных

Основой созданного электронного архива данных срочных метеорологических наблюдений послужили имеющиеся в Фондах ААНИИ и в архиве Тиксинского филиала ЯУГМС рукописные таблицы ТМ-1 и ТГМ-1, а также, начиная с 1970-х гг., электронные таблицы ТМС. Всего архив содержит данные срочных наблюдений за более чем 27000 дней (864 месяца) с августа 1932 г. по 31 декабря 2007 г. Поскольку восьмиразовые измерения были начаты на станции в 1971 г., а до 1936 г. измерения были трехразовыми, в настоящей статье для анализа многолетней изменчивости были использованы ряды четырехразовых наблюдений за период 1936–2007 гг. Статистический анализ был выполнен для следующих метеорологических параметров: температура воздуха на высоте 2 м (T), приземное атмосферное давление (P), абсолютная влажность воздуха (A), скорость ветра (\bar{V}) и балл общей облачности (N).

Полнота созданного архива может быть представлена следующими характеристиками. Количество месяцев с наличием данных менее чем за 25 дней составляет лишь 5 – для T и P , 4 – для N , 3 – для \bar{V} . Количество месяцев с отдельными пропусками также не велико. Это означает, что в статистическом анализе не использованы данные лишь за 0,5 % от числа месяцев, содержащихся в архиве, по такому жесткому критерию, как наличие информации за все 4 срока за 25 и более дней в каждом месяце. Количество пропусков больше только для A (22 месяца с данными менее чем за 25 дней) и для N (по отдельным пропускам без нарушения критерия 25 дней).

Процедуры коррекции архива

Создание столь масштабного электронного архива данных, содержащего более 1,23 млн значений параметров, занесенных с бумажного носителя, часто низкого качества, с большим количеством исправлений, в принципе невозможно без ошибок. Для их коррекции данные были сгруппированы по метеорологическим элементам, по одноименным месяцам (календарным и многолетним) и срокам. К этим рядам была применена последовательность аналитических процедур и экспертных (в том числе визуально-графических) методов. Поскольку так идентифицируются как сомнительные только отскакивающие значения, дополнительно были проанализированы ряды первой производной, что позволило выявить сомнительные значения по критерию аномального изменения от срока к сроку.

МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗМЕНЧИВОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТА

Распределение дисперсии по диапазонам представлено оценками дисперсии данных годового, сезонного, месячного, суточного и срочного разрешения и оценками спектральной плотности в стационарном приближении $S(\omega)$. Дисперсию в полосе частот (ω_1, ω_2) определяет спектральная функция:

$$F(\omega) = \int_{\omega_1}^{\omega_2} S(\omega) d\omega. \quad (1)$$

В настоящей статье основное внимание уделено оценкам, полученным по данным, сгруппированным по месяцам на основе моделей случайной величины и стационарного случайного процесса. Распределение вероятностей $f(x)$ представлено таблицами повторяемости и гистограммами, оценками моментов – среднего значения m , дисперсии D , среднеквадратического отклонения (СКО) $\sigma \equiv D^{0.5}$, асимметрии A , эксцесса E и экстремумов X_{\min} , X_{\max} . Приведены также квантили распределения X_p порядка p , определенные как корень уравнения

$$F(X_p) = p, \quad (2)$$

где $F(X)$ – функция распределения.

Наибольший интерес представляют 5 квантилей – минимум X_{\min} , нижняя квартиль $X_{0,25}$, медиана $Me \equiv X_{0,5}$, верхняя квартиль $X_{0,75}$, максимум X_{\max} , которые удобно представить графически в виде так называемого «ящика с усами» [8]. Верхняя и нижняя крышки «ящика» задают положение квартилей $X_{0,25}$, $X_{0,75}$ и определяют область 50 % значений вокруг центра распределения. Положение медианы (линия внутри «ящика») относительно крышек определяет асимметрию без учета аномальных значений. Верхний и нижний «усы» ($X_{\min} - X_{0,25}$, $X_{0,75} - X_{\max}$) определяют по 50 % наиболее сильных отрицательных и положительных аномалий $X_{0,25}$, $X_{0,75}$. Квантили можно использовать в частности для оценивания моментов распределения без учета аномалий малой обеспеченности. Так, асимметрия определяется как

$$A_p = (X_{1-p} + X_p - 2X_{0,5}) / (X_{1-p} - X_p). \quad (3)$$

Совмещение на одном рисунке годового хода «ящиков» по срочным и среднемесячным данным позволяет наглядно представить основные особенности годового хода с учетом роли синоптических процессов.

Линейный тренд определен по регрессионной модели [4]

$$\zeta(t_i) = \bar{\zeta} + at_i + b + \varepsilon(t_i). \quad (4)$$

Для более подробного описания годового хода среднемесячных значений, процессов синоптического масштаба и суточного хода использованы модели периодически коррелированного случайного процесса (ПКСП) и модель случайного импульсного процесса. Модель ПКСП позволяет, в частности, представить многолетний ряд среднемесячных значений $\zeta(t_i)_j$, $i = 1936, 2007$ – год («медленное» время), $j = 1, 12$ – месяц («быстрое» время) в виде:

$$\zeta(t_i)_j = \bar{\zeta} + \bar{\zeta}_j + m(t_i) + \varepsilon(t_i)_j, \quad (5)$$

где $\bar{\zeta}$ – норма, $\bar{\zeta}_j$ – ряд среднегодовых значений значений, $m(t_i)$ – среднемноголетний годовой ход среднемесячных значений, $\varepsilon(t_i)_j$ – остаток. Компоненты $\bar{\zeta}_j$ и $\varepsilon(t_i)_j$ названы в [2] аддитивной (АС) и модуляционной (МС) составляющими межгодовой изменчивости. Модель (5) позволяет оценить вклады D_{AC} , $D_{m(t)}$ и D_{MC} в общую дисперсию.

Методы оценивания вероятностных характеристик изменчивости изложены в работах [5–7]. Таблицы, приведенные в работе [3], использованы для проверки статистических гипотез о значимости коэффициентов асимметрии, эксцесса, трендов и т.д.

Специфика анализа ветра обусловлена тем, что скорость ветра является векторной величиной. Для ее анализа использован векторно-алгебраический метод, базирующийся на модели евклидова вектора \vec{V} с модулем V и направлением φ [1]. Распределение \vec{V} по градациям φ и V представлено таблицами двумерной повторяемости и розами ветров, а квантили – диаграммами квантилей V по 8 румбам.

В наиболее компактной форме распределение вероятностей повторяемости скорости ветра можно представить моментами распределения. Математическое ожидание скорости ветра есть вектор \vec{m}_V , а СКО – тензор σ_V , инвариантами которого являются числа $\lambda_{1,2}$. Последние можно интерпретировать как длины полуосей эллипса рассеяния, развернутого на угол α относительно направления на север. Линейный инвариант $I_1 = \lambda_1 + \lambda_2$ характеризует общую изменчивость скорости независимо от того, изменяются ли V или φ . Как следствие, сопоставление I_1 с дисперсией D_V модуля скорости V как скалярной величины можно использовать для оценки вклада вращения. Инвариант $\chi = \lambda_2/\lambda_1$ характеризует вытянутость эллипса дисперсии. При $\chi = 0$ происходят только реверсивные изменения скорости, а при $\chi = 1$ интенсивность изменчивости по всем направлениям одинакова.

Тренд во временных рядах скорости ветра \bar{a} определен как

$$\bar{V}(t) = \bar{m}_V + \bar{a}t + \bar{b} + \bar{\epsilon}(t). \quad (6)$$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Общая характеристика поддиапазонной изменчивости

В настоящем разделе выполнен анализ распределения дисперсии по диапазонам изменчивости. В табл. 1 приведены оценки дисперсии в зависимости от масштаба осреднения, при этом для скорости ветра использован линейный инвариант тензора дисперсии. Из таблицы следует, что наиболее сильное уменьшение величины дисперсии происходит при переходе от суточного осреднения к месячному (сезонному) и (или) от месячного (сезонного) к годовому. Резкое ослабление дисперсии среднегодовых значений температуры и влажности относительно среднемесячных и среднесезонных свидетельствует о преобладающей роли годового хода среднемесячных данных и сезонной изменчивости. Резкое ослабление дисперсии среднесуточных значений давления, ветра и облачности относительно среднемесячных свидетельствует о преобладающей роли процессов синоптического масштаба. Вклад суточного хода в дисперсию для всех элементов, за исключением облачности, относительно мал. Заметное уменьшение дисперсии среднесуточных значений скорости ветра по сравнению с дисперсией срочных данных является формальным следствием высокочастотной изменчивости направления ветра.

Таблица 1

Уменьшение дисперсии (%) при увеличении масштаба осреднения исходных данных

Элемент	Масштаб осреднения				
	Срочные	Сутки	Месяц	Сезон	Год
<i>T</i>	100	98	87	68	0,7
<i>P</i>	100	95	35	20	2,0
\bar{V}	100	79	19	12	1,4
<i>A</i>	100	97	80	67	0,6
<i>N</i>	100	64	14	9	1,3

Примечание. Жирным шрифтом выделен масштаб с максимальным ослаблением дисперсии

Графики оценок спектральной плотности в стационарном приближении на рис. 1 подтверждают этот вывод. В спектрах доминирует годовой ход – квазилинейчатые пики на частоте годового колебания и его обертонов, а также внутрисезонные и синоптические колебания – широкополосный спектр с квазимонотонным уменьшением $S(\omega)$ по частоте. У всех метеорологических элементов, кроме температуры воздуха, заметен красный шум и особенности в низкочастотной области. Несмотря на небольшой вклад суточного хода в общую дисперсию, квазилинейчатый пик на соответствующей частоте присутствует во всех спектрах, кроме спектра давления.

Оценки спектральной функции (табл. 2) придают графикам $S(\omega)$ количественную определенность. В таблице приведены распределения дисперсии по диапазонам межгодовой изменчивости, годового хода и внутригодовой изменчивости с выделением 11 поддиапазонов. Из табл. 2 следует, что 90 % и более дисперсии объясняют годовые и высокочастотные колебания. Распределение дисперсии между ними не одинаково – в спектре *T* и *A* явно преобладает годовой ход, а в спектрах *P*, \bar{V} , *N* преобладают высокочастотные нерегулярные колебания. В годовом ходе *A* и *N* заметна роль $1/2$ -годового и $1/3$ -годового обертонов, а в диапазоне высокочастотных колебаний доминируют процессы внутримесячного и синоптического масштабов.

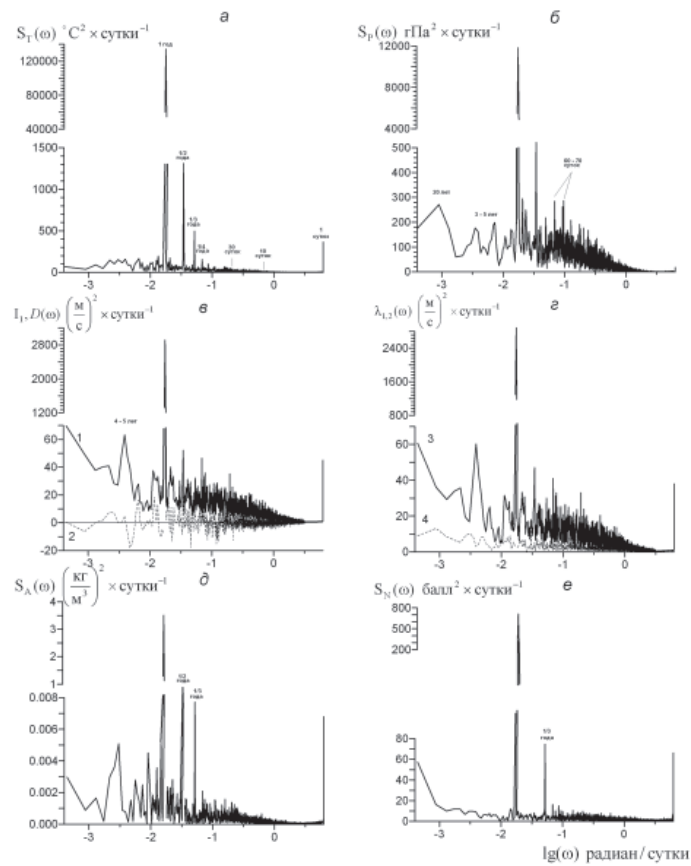


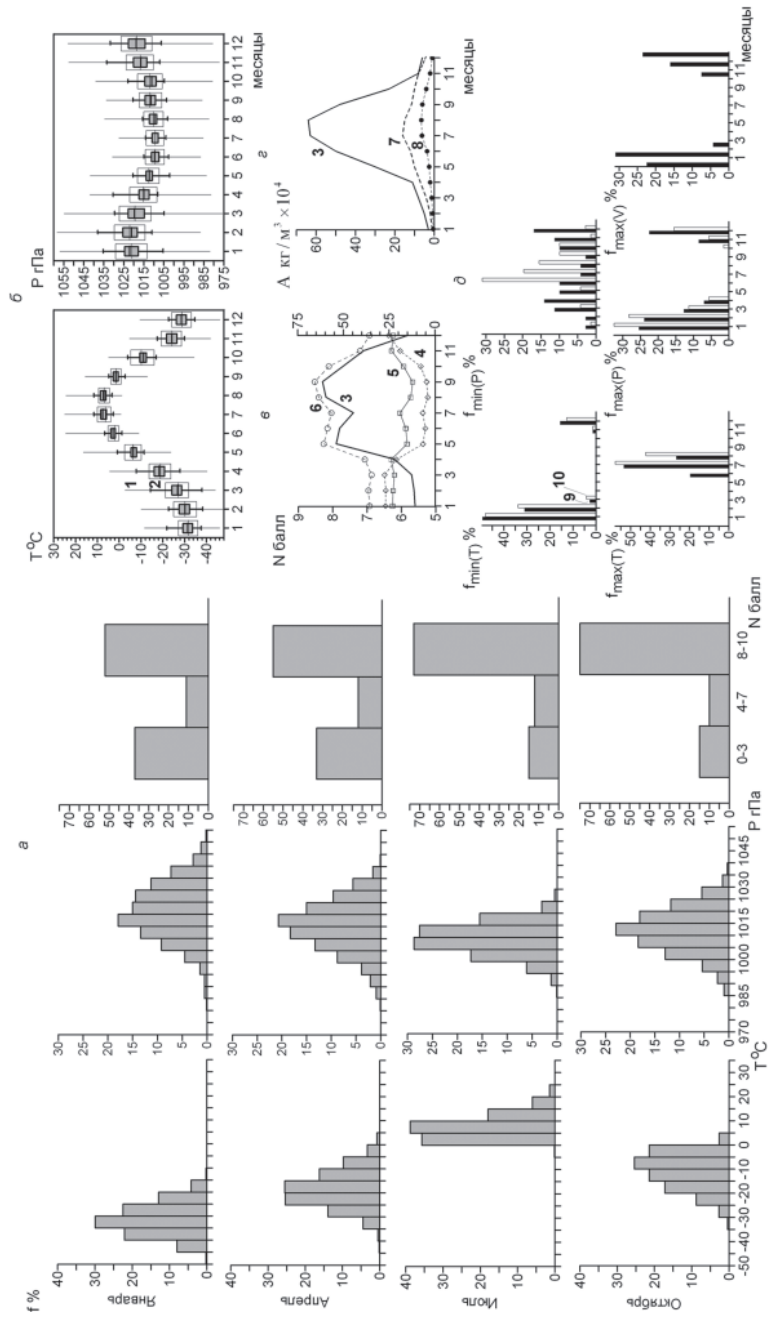
Рис. 1. Оценки спектральной плотности температуры воздуха (а), атмосферного давления (б), скорости ветра (в, г), абсолютной влажности (д), общей облачности (е). Цифры на графиках – периоды колебаний. Инварианты спектрального тензора: 1 – линейный $I_1(\omega)$, 2 – индикатор вращения $D(\omega)$, 3, 4 – большая и малая оси эллипса рассеяния $\lambda_{1,2}(\omega)$

Таблица 2

Распределение дисперсии по частотным диапазонам (%)

Элемент	Частотные диапазоны, период										Суточный ход
	Межгодовой		Годовой ход				Внутригодовой				
	> 10	2–10	1 год	1/2 года	1/3 года	1/4 года	90–360 суток	30–90 суток	10–30 суток	2–10 суток	
T	0,7		83				16				< 0,1
	0,1	0,6	81	1,4	0,4	0,2	3	3	6	4	
P	2,0		22				76				< 0,1
	0,5	1,5	18	1,4	0,5	1,1	10	20	28	18	
\bar{V}	2,2		15				82				0,1
	0,8	1,4	13	0,5	0,5	1,0	3	10	20	49	
A	0,5		84				16				0,3
	0,1	0,4	76	7	0,7	0,3	2	2	4	8	
N	4		12				84				0,1
	1,7	2,3	10	0,3	1,1	0,6	6	10	22	46	

Примечание. Жирным шрифтом выделен диапазон с максимумом дисперсии



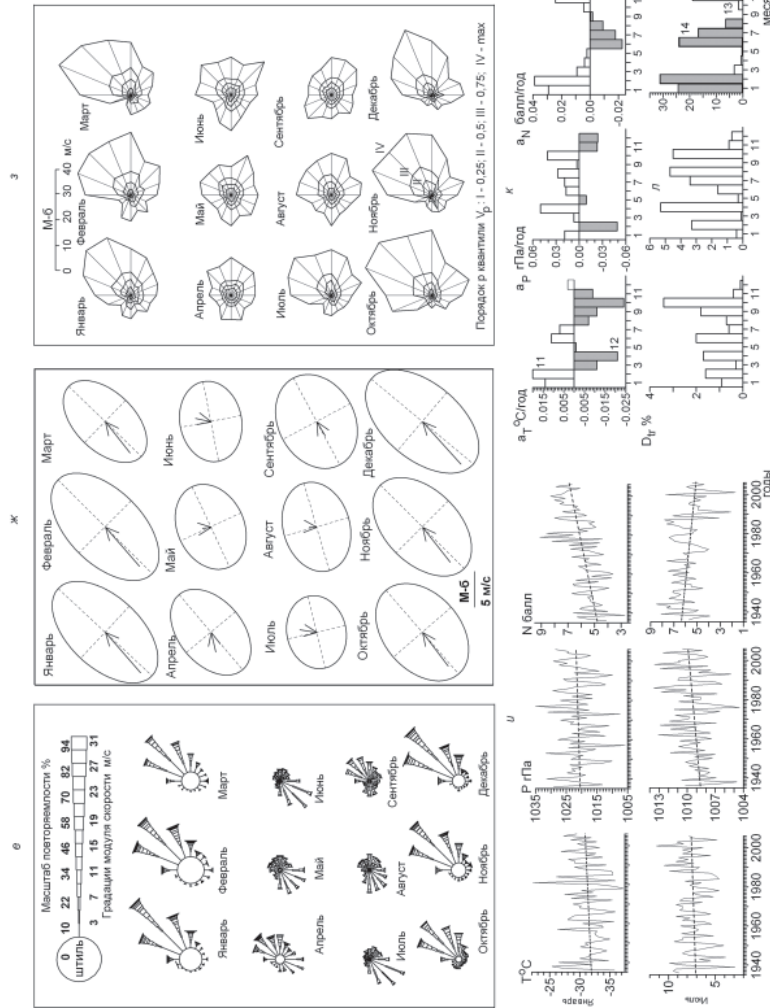


Рис. 2. Оценки характеристик межгодовой изменчивости и годового хода вероятностных характеристик метеорологических величин: *a* – гистограммы (*β*) повторяемости температуры, давления, облачности в центральные месяцы сезона; *б* – годовой ход температуры и давления в форме «вешиков с усам»; *в* – годовой ход среднемесячного балла облачности (3) и повторяемости ясного (4), полупяного (5) и пасмурного (6) неба; *г* – годовой ход среднемесячной влажности с СКО по срочным (7) и среднемесячным (8) данным; *д* – повторяемость годовых экстремумов срочных (9) и среднемесячных (10) значений температуры, давления и скорости ветра по месяцам; *е, ж, з* – годовой ход роз повторяемости скорости ветра, совмещенных векторов среднего переноса и эллипсов рассеяния и квантильных диаграмм; *и* – ряды среднемесячных значений температуры, давления, облачности для января и июля и их аппроксимация трендом; *к, л* – годовой ход коэффициента (*α*) и дисперсионного вклада (D_p) тренда температуры, давления и облачности (тренд положительный и отрицательный и отрицательный и значимый на 95 % уровне 13, 14)

В дальнейшем описанные результаты дисперсионного анализа будут уточнены, поскольку стационарное приближение не позволяет учесть как межгодовую модуляцию годового хода, так и сезонную модуляцию синоптических процессов.

Межгодовая изменчивость и годовой ход

В настоящем разделе межгодовая изменчивость проанализирована по данным, обобщенным за одноименные месяцы. Годовой ход описывают 12 последовательностей вероятностных характеристик. Поскольку использованы не только среднемесячные, но и срочные данные, полученные характеристики относятся также и к масштабу синоптической изменчивости.

Распределение вероятностей T , P , N представлено на рис. 2 а гистограммами для центральных месяцев календарных сезонов. Для облачности N с учетом погрешности визуального определения принято 3 градации: «ясно» – 0–3 балла, «полуясно» – 4–7 баллов, «пасмурно» – 8–10 баллов. Годовой ход для T , P представлен в табл. 3, 4 повторяемостью по градациям за все месяцы. В табл. 5 приве-

Таблица 3

Годовой ход повторяемости среднесуточной температуры воздуха (%)

Месяц	Градации температуры («от», «до»), °С															
	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	
1	0,2	8,0	22,1	29,9	22,5	12,9	4,2	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0,9	7,7	18,5	23,8	23,8	17,1	7,0	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	1,6	11,3	21,7	25,0	18,6	12,0	6,8	2,8	0,1	—	—	—	—	—	—
4	—	0,1	0,5	4,5	13,9	25,4	25,5	16,2	9,8	3,3	0,7	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	0,7	6,8	18,9	32,3	29,2	10,7	1,1	0,2	0,1	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	21,9	50,6	18,6	5,0	1,8	0,4	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	35,7	38,8	17,9	6,0	1,4	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	30,6	47,1	16,8	4,5	0,6	—
9	—	—	—	—	—	—	—	0,1	4,5	28,0	49,9	15,8	1,7	0,1	—	—
10	—	—	—	0,4	2,7	8,8	17,2	21,4	25,4	21,4	2,6	—	—	—	—	—
11	—	0,1	4,0	14,6	26,0	26,2	20,4	6,9	1,7	—	—	—	—	—	—	—
12	—	2,9	13,0	25,9	28,3	19,4	8,7	1,7	0,1	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 4

Годовой ход повторяемости среднесуточного атмосферного давления (%)

Месяц	Градации давления («от» — «до»), гПа																
	975–980	980–985	985–990	990–995	995–1000	1000–1005	1005–1010	1010–1015	1015–1020	1020–1025	1025–1030	1030–1035	1035–1040	1040–1045	1045–1050	1050–1055	1055–1060
1	—	0,1	0,5	0,5	1,4	4,5	9,2	13,4	17,9	15,0	14,4	11,3	7,3	2,8	1,2	0,2	0,2
2	—	—	0,3	0,6	2,3	4,2	6,5	12,7	15,7	17,4	15,7	11,4	8,4	3,2	1,1	0,4	0,2
3	—	0,2	0,5	1,5	2,7	5,6	10,5	14,2	16,5	16,6	15,2	10,3	4,2	1,3	0,4	0,2	—
4	—	0,1	0,9	2,1	3,9	8,8	13,3	18,3	20,7	15,0	9,6	5,6	1,6	0,1	—	—	—
5	—	—	0,4	2,0	4,0	10,3	20,5	24,3	20,8	12,2	4,5	0,8	—	0,1	—	—	—
6	—	—	0,5	2,0	6,9	16,4	27,2	25,1	15,7	5,4	0,7	—	—	—	—	—	—
7	—	—	0,1	1,2	6,1	17,3	28,7	27,6	15,5	3,1	0,5	—	—	—	—	—	—
8	—	—	0,2	1,2	5,7	16,0	25,1	25,8	16,2	7,4	1,5	0,2	—	—	—	—	—
9	—	—	0,4	1,3	6,0	13,1	20,1	22,4	21,0	11,0	4,0	0,8	—	—	—	—	—
10	—	—	1,0	2,3	5,4	12,9	18,4	22,9	18,1	11,8	5,5	1,3	0,3	—	—	—	—
11	0,0	0,2	0,4	1,2	2,5	6,8	13,3	17,8	19,4	16,8	11,6	6,4	2,3	0,8	0,2	—	—
12	—	0,2	0,7	1,4	3,4	6,0	10,6	14,5	18,1	16,3	12,5	8,3	4,8	2,0	0,9	0,3	—

Таблица 5

Годовой ход моментов и экстремумов распределения среднесуточных и среднемесячных значений температуры и давления

Параметр	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T, ^\circ\text{C}$												
m	-31,4	-30,1	-26,3	-18,6	-6,5	2,9	7,3	7,3	1,5	-11,0	-24,0	-28,4
Среднесуточные данные												
σ	6,3	7,1	7,8	7,3	5,7	4,5	4,5	3,9	3,8	7,0	6,5	6,4
A	0,21	0,04	0,37	0,22	-0,07	1,04	0,94	0,90	0,39	-0,44	0,09	0,11
E	-0,52	-0,64	-0,37	-0,21	-0,01	1,95	0,61	0,78	0,39	-0,44	-0,40	-0,39
min	-46,0	-47,9	-44,0	-40,2	-23,7	-9,0	-0,8	-1,2	-12,9	-34,3	-41,9	-46,1
max	-11,6	-10,2	-2,7	4,3	16,4	24,5	24,9	24,4	15,6	4,8	-4,8	-9,6
Среднемесячные данные												
σ	3,1	3,3	4,3	3,4	2,2	1,6	1,7	1,7	1,6	2,6	3,1	3,0
A	0,35	-0,21	0,14	0,09	0,54	0,04	-0,29	0,22	-0,16	0,22	-0,04	-0,09
E	-0,26	-0,51	0,49	0,27	0,77	-0,39	-0,55	-0,60	-0,58	-0,14	-0,94	-0,93
$P, \text{гПа}$												
m	1021,2	1021,9	1018,9	1015,2	1012,3	1009,2	1009,2	1010,1	1011,7	1011,9	1016,9	1018,5
Среднесуточные данные												
σ	11,3	11,3	11,2	10,1	8,1	7,0	6,3	7,1	8,1	8,9	10,1	11,5
A	-0,05	-0,08	-0,26	-0,22	-0,18	-0,15	-0,13	-0,02	-0,11	-0,11	-0,08	-0,06
E	-0,04	-0,17	-0,01	-0,15	0,3,17	-0,12	-0,12	-0,08	-0,25	-0,08	0,17	0,02
min	972,0	983,5	975,1	970,0	977,7	981,0	982,5	979,7	981,6	979,5	974,6	974,1
max	1059,3	1059,7	1059,4	1043,8	1042,4	1031,7	1028,8	1035,7	1034,3	1043,4	1053,5	1055,7
Среднемесячные данные												
σ	6,0	5,6	5,3	4,4	3,0	2,8	2,1	2,7	3,7	3,9	5,1	5,9
A	-0,27	0,54	-0,33	0,67	0,12	-0,08	0,06	-0,18	0,08	0,43	0,42	0,26
E	-0,17	0,23	-0,32	0,5	1,44	-0,60	-0,51	-0,58	-0,71	-0,45	0,21	-0,66

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимо не нулевые коэффициенты асимметрии и эксцесса

ден годовой ход оценок моментов и экстремумов распределений по срочным и среднемесячным данным. Во все месяцы и сроки распределения – одномодальные. Характеристики распределений – мода, ширина диапазона изменчивости, асимметричность, заостренность – заметно изменяются от месяца к месяцу. Годовой ход четко проявляется у P и T как в среднем, так и в дисперсии.

В табл. 5 выделены ячейки, для которых распределение отличается от нормального по критериям $A \neq 0$, $E \neq 0$. Как видно из таблицы, распределения среднесуточной температуры воздуха в большинстве месяцев имеют положительную асимметрию, наибольшие по модулю значения A , E отмечаются летом. Распределение среднемесячных значений в большинстве случаев близко к нормальному.

На рис. 2 б годовой ход и межгодовая изменчивость T и P представлены квантилями распределения среднесуточных, среднемесячных и среднесезонных данных. Совместное представление квантилей суточного и месячного разрешения в форме «ящичков с усами» демонстрирует большой вклад в изменчивость процессов синоптического масштаба. Из него видно, что годовой ход проявляется не только в среднем, но и в параметрах масштаба распределения (в высоте «ящичка» и в длине «усов» для данных как суточного, так и месячного разрешения). Следует отметить, что по этим показателям годовой ход давления проявляется столь же ярко, как и температуры. Заметим также, что для данных суточного разрешения отношение длины «усов» к высоте «ящичка» заметно больше, чем для данных месячного разрешения. Соотношение длин верхнего и нижнего усов в «ящичках» срочных значений температуры летом позволяет утверждать, что особенности коэффициентов A , E в табл. 5 связаны с квантилями очень высокого и очень низкого порядков. Действительно, рассчитанные по формуле (3) оценки коэффициента асимметрии, приведенные в табл. 6, показывают, что левая асимметрия обусловлена положительными аномалиями обеспеченностью менее 0,1.

Таблица 6

Квантильные оценки коэффициента асимметрии среднесуточной температуры в июне

p	min	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
A_p	1,04	0,74	0,56	0,31	0,26	0,24	0,21

Годовой ход характеристик облачности представлен на рис. 2 в кривыми годового хода среднемесячного многолетнего балла облачности N и повторяемостями ясного, полuyaсного и пасмурного неба. Балл общей облачности имеет наименьшие значения в холодное время года и демонстрирует тенденцию к увеличению – в теплое. Отчетливо выражены 2 максимума – в мае и в августе–сентябре. Такой же годовой ход у повторяемости пасмурного неба, а годовой ход ясного и полuyaсного неба находится в противофазе (максимум – зимой и минимум – летом) и имеет существенно меньший размах. Для влажности на рис. 2 г годовой ход представлен графиками $m(t)$, $\sigma(t)$ (5) по срочным и среднемесячным данным. Как видно из рисунка, влажность резко увеличена в теплый сезон, поскольку $m(t) > \sigma(t)$. При этом для нее, как и для температуры воздуха, характерен значительный вклад в дисперсию регулярного годового хода.

Еще одной характеристикой годового хода является распределение годовых экстремумов по месяцам – рис. 2 д. Наиболее сосредоточенным является распределение $\max(T)$, самое размытое распределение имеет $\min(P)$. Максимум V отмечается с октября по март, с максимумом повторяемости в декабре–феврале.

Годовой ход и межгодовая изменчивость скорости ветра представлены графиками роз ветров, векторов $\bar{\mathbf{m}}_{\bar{v}}$, эллипсами $\sigma_{\bar{v}}$ и квантильными диаграммами по месяцам – рис. 2 е–ж. В табл. 7 приведены в инвариантной форме оценки моментов, экстремумов распределений и тренды.

Таблица 7

Годовой ход модуля скорости ветра, вектора средней скорости ветра, инварианты тензора СКО по среднесуточным данным, вектора максимальной скорости ветра по срочным данным и параметры векторного тренда по среднемесячным данным

Месяц	V				\bar{m}_V		$(I_1^{(D)})^{0,5}$	σ_V				a_V	
	m_V	σ_V	$\max V$	φ_{\max}	m	φ		λ_1	λ_2	χ	α	a	φ_a
	м/с	м/с	м/с	румб	м/с	град.		м/с	м/с	—	град.	м/с×год ⁻¹	град.
1	5,2	5,2	40	ЗЮЗ	4,3	229	6,0	5,2	2,9	0,55	43	0,02	119
2	5,2	5,4	38	ЮЮЗ	4,2	229	6,2	5,4	3,0	0,55	45	0,01	139
3	4,3	3,9	40	ЗЮЗ	3,2	232	4,8	4,1	2,4	0,57	44	0,01	151
4	3,6	3,6	34	ЮЗ	1,6	257	4,8	4,0	2,6	0,64	50	0,02	107
5	3,7	2,6	24	ЮЗ	0,7	352	4,5	3,6	2,7	0,74	65	0,01	204
6	3,8	2,2	23	ЗЮЗ	1,3	13	4,2	3,3	2,5	0,76	79	0,02	240
7	3,6	2,0	26	ЮЗ	1,4	9	3,9	3,0	2,4	0,79	77	<0,01	74
8	4,0	2,4	28	ЗСЗ	0,6	3	4,6	3,7	2,7	0,73	74	0,01	64
9	4,4	2,8	34	ЮЗ	1,3	240	5,1	4,0	3,1	0,75	62	0,01	53
10	5,0	4,0	34	З	3,4	233	5,5	4,5	3,1	0,68	49	0,02	107
11	4,8	4,6	37	ЮЗ	3,6	232	5,6	4,8	3,0	0,61	45	0,01	114
12	5,6	5,3	40	ЮЮЗ	4,6	228	6,2	5,4	3,1	0,56	40	0,03	182

Анализ роз ветра показывает, что в холодный сезон преобладают Ю–ЮЗ–З ветры, а в теплый сезон – ветры С–СВ направлений, при этом в холодный сезон распределение по румбам сосредоточено, а в теплый сезон оно ближе к равномерному. В холодный сезон сильные ветры наблюдаются только для преобладающих направлений, а в теплый – почти всех направлений. В холодный сезон повторяемость штиля в несколько раз больше, чем в теплый. Таким образом, в холодный сезон усилена контрастность – максимальный модуль скорости больше, чем в теплый сезон, но при этом велика также повторяемость штиля и слабых ветров $V < 3$ м/с. В теплый сезон более выражена повторяемость слабых и умеренных ветров со скоростью $V = 3–7$ м/с.

Оценки годового хода векторов средней скорости и параметров эллипсов СКО показывают, что в холодный сезон средняя скорость направлена с ЮЮЗ на ССВ, а в теплый сезон – в противоположном направлении. Увеличение модуля средней скорости в холодный сезон по сравнению с теплым в значительной степени связано с большим разбросом направлений ветра в теплый сезон. Направление и модуль СКО более стабильно в течение года, однако и здесь наблюдается годовой ход, проявляющийся в зимнем усилении изменчивости (инвариант I_1 в холодный сезон составляет 5,5–6,2 м/с, в теплый – 4–5 м/с). Форма эллипса СКО в течение года изменяется: в холодный сезон он вытянут и ориентирован примерно в направлении среднего переноса, а в теплый сезон становится близким к окружности.

Изменчивость ветра обусловлена не только усилением или ослаблением, но и вращением. Одной из характеристик вклада вращения в общую дисперсию является отношение $\nu = D_\nu/I_1$. В холодный сезон $\nu = 0,70–0,75$, а в теплый сезон $\nu = 0,25–0,30$, что подтверждает вывод о том, что летом относительная роль вращения возрастает.

Подчеркнем, что сильные и штормовые ветры ($V > 15$ м/с) сосредоточены в относительно узком секторе – от Ю до З, причем штормовые ветры (более 25–30 м/с) – только в ЮЮЗ–ЮЗ секторах. Самые сильные ветры (до 40 м/с) имеют место в холодный сезон.

На рис. 2 и приведены графики среднемесячных значений T , P и N и их аппроксимация трендом, на рис. 2 к – годовой ход коэффициента тренда и его вклад в дисперсию. Для T , P знак коэффициента тренда изменяется от месяца к месяцу, во все месяцы тренд слабый, незначимый на 95 % уровне значимости и

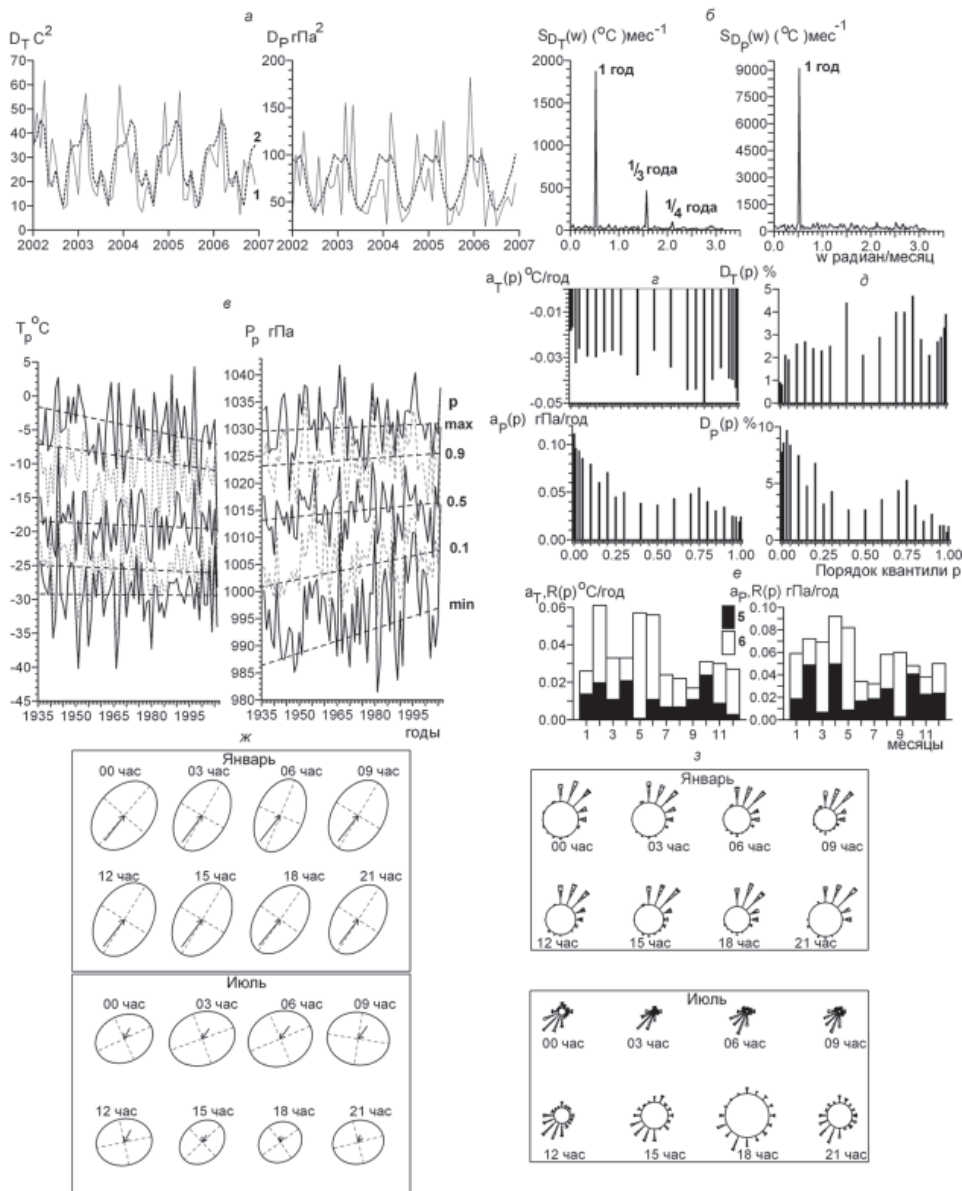


Рис. 3. Оценки характеристик синоптической изменчивости и суточного хода температуры, давления (а–е) и скорости ветра (ж–з):

а – ряды внутримесячной дисперсии (1) и средний многолетний годовой ход (2); б – спектральная плотность внутримесячной дисперсии; в – квантильные трассы (3) и их аппроксимация трендом в апреле; г – зависимости коэффициента тренда от порядка квантили и дисперсии, объясняемой трендом, – д; е – годовой ход коэффициента тренда среднемесячных значений (5) и размаха R_p коэффициентов тренда квантильных трасс (6); $R_p = a_{\min} - a_{\max}$; ж – суточный ход в январе и апреле средней скорости ветра и эллипсов СКО и роз повторяемости скорости ветра – з

объясняет не более 4–6 % дисперсии. Отметим сильные тренды балла облачности, положительные зимой и отрицательные летом, описывающие до 30 % дисперсии. В эти сезоны тренды значимы. Следует обратить внимание на согласованность знаков трендов T и N в основные сезоны.

Тренд скорости ветра, согласно табл. 7, во все месяцы года слабый и статистически незначимый. В большинстве месяцев обнаружена слабая тенденция усиления южной составляющей скорости ветра.

Изменчивость синоптического масштаба и суточный ход

Приведенные выше оценки показывают большой вклад процессов синоптического масштаба в климатическую изменчивость. В предыдущем разделе этот диапазон был проанализирован по данным, сгруппированным по одноименным месяцам. В данном разделе уточнен вклад в общую дисперсию годовой ритмики с учетом сезонной модуляции процессов синоптического масштаба и предпринята попытка оценить роль синоптических процессов в формировании многолетних трендов. Наиболее компактную оценку интенсивности синоптической изменчивости с учетом низкочастотной модуляции можно получить по рядам $D(t)_j$ внутримесячной дисперсии среднесуточных данных, центрированных на среднегодовые значения и годовой ход. Графики отрезков временных рядов $D(t)_j$ для T и P , приведенные на рис. 3 а и оценки спектров $S_D(\omega)$ – на рис. 3 б, указывают на сильный годовой ход, модулированный в диапазоне межгодовой изменчивости.

Ряд $D(t)_j$, наряду с рядами среднемесячных значений $\zeta(t)_j$, можно рассматривать как ПКСП. Модель (5) позволяет уточнить вклад годовой ритмики в общую дисперсию. Годовой ход $\zeta(t)_j$ давления объясняет всего лишь 36 % дисперсии – колонка 1 в табл. 8. Этот вывод согласуется с оценками, полученными в стационарном приближении, в табл. 1, 2 и на рис. 1. Оценки в колонке 2 табл. 8 показывают, что без учета сезонной модуляции синоптических процессов дисперсия годовой ритмики остается недооцененной более чем на 50 %. Таким образом, полный вклад годовой ритмики в дисперсию велик не только для T (95 %), но и для P (75 %). К аналогичному результату приводит анализ и других метеоэлементов – A , N , \bar{V} . Это подтверждает правомерность расширенной трактовки годовой ритмики как совокупности процессов с годовой периодичностью во всех диапазонах от межгодового до внутрисуточного.

Для оценки роли процессов синоптического масштаба в формировании тенденций многолетней изменчивости рассмотрим квантильные трассы $X_p(t)$, представляющие многолетние ряды одноименных квантилей X_p внутримесячного (одноименный месяц) распределения среднесуточных данных. Их анализ показывает вклад положительных и отрицательных аномалий различной обеспеченности в формирование трендов и тенденций межгодовой изменчивости. Графики квантильных трасс T и P и их аппроксимация трендом для апреля приведены на рис. 3 в.

Таблица 8

Вклад в общую дисперсию годовой ритмики температуры и давления без учета (1) и с учетом (2) сезонной модуляции синоптических процессов (%).
Регулярный годовой ход $m(t)$ и его межгодовая модуляция $\epsilon(t)$

Элемент	1 – среднемесячные значения		2 – сезонная модуляция синоптических процессов		Всего
	D_m	D_ϵ	D_m	D_ϵ	
T	87		8		95
	82	5	7	1	
P	36		40		75
	18	18	14	26	

Оценки коэффициентов тренда a_p квантильных трасс

Порядок p квантили X_p	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура воздуха, °C/год												
min	-0,002	0,003	0,003	-0,018	0,003	-0,005	0,012	-0,006	-0,017	0,013	0,003	0,011
0,05	0,019	0,018	-0,019	-0,026	-0,002	-0,015	0,007	-0,002	-0,010	-0,010	-0,000	-0,007
0,10	0,024	0,006	-0,027	-0,029	-0,003	-0,010	0,006	-0,004	-0,011	-0,011	0,001	-0,008
0,25	0,011	0,020	-0,025	-0,027	-0,004	-0,001	0,011	-0,006	-0,000	-0,013	-0,014	0,001
0,50	0,019	0,034	-0,027	-0,27	-0,009	0,005	0,011	-0,005	-0,004	-0,008	-0,010	0,003
0,75	0,016	0,037	-0,009	-0,44	-0,006	0,005	0,002	-0,016	-0,007	-0,014	-0,000	0,020
0,90	0,007	0,033	-0,020	-0,34	-0,007	0,013	-0,006	-0,006	-0,007	-0,019	0,003	0,012
0,95	0,002	0,040	-0,012	-0,39	-0,005	0,011	-0,004	-0,004	-0,005	-0,019	-0,003	0,008
max	0,015	0,064	0,003	-0,049	-0,050	0,27	-0,014	0,006	-0,014	-0,004	0,002	0,006
R	0,026	0,061	0,33	0,033	0,057	0,056	0,024	0,022	0,017	0,031	0,030	0,027
a	0,014	0,020	-0,011	-0,021	0,001	0,011	0,007	-0,007	-0,011	-0,024	-0,009	0,003
Размах годового хода среднемесячной температуры – 0,044 °C/год												

Порядок p квантили X_p	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Атмосферное давление, гПа/год												
min	0,056	-0,026	0,003	0,111	-0,007	0,015	0,024	0,070	0,022	0,050	-0,055	-0,007
0,05	0,012	-0,022	0,000	0,085	-0,043	0,028	0,014	0,035	0,030	0,053	-0,030	-0,004
0,10	0,008	-0,030	0,004	0,079	-0,030	0,019	0,019	0,034	0,025	0,055	-0,029	-0,013
0,25	-0,001	-0,54	0,10	0,045	-0,028	0,020	0,017	0,029	0,017	0,029	-0,024	-0,010
0,50	0,000	-0,067	0,23	0,036	-0,019	0,011	0,020	0,033	-0,001	0,018	-0,021	-0,033
0,75	0,023	-0,63	0,06	0,055	-0,007	0,019	0,014	0,022	-0,009	0,039	-0,025	-0,033
0,90	0,031	-0,063	-0,005	0,034	0,009	0,027	0,008	0,014	-0,011	0,031	-0,023	-0,023
0,95	0,032	-0,041	-0,005	0,025	0,010	0,028	0,012	0,017	-0,016	0,028	-0,023	-0,018
max	0,050	-0,044	-0,031	0,024	0,025	0,041	-0,004	0,012	-0,006	0,046	-0,047	-0,021
R	0,059	0,072	0,069	0,092	0,082	0,034	0,032	0,058	0,060	0,48	0,038	0,050
a	0,019	-0,049	0,007	0,050	-0,009	0,017	0,019	0,028	0,003	0,041	-0,023	-0,024
Размах годового хода среднемесячного давления – 0,090 гПа/год												

Примечание. Значимые на 95 % уровне тренды выделены жирным шрифтом

На рис. 3 *г, д* приведены диаграммы коэффициентов тренда a_p и дисперсии, объясняемой трендом D_p для 21-й квантили. Оценки a_p по месяцам приведены в табл. 9. Для облегчения интерпретации там же приведен размах $R = \max(a_p) - \min(a_p)$ и оценка коэффициента тренда a среднемесячных значений. Сезонная изменчивость значений a и R представлена на рис. 3 *е*.

Основной вывод состоит в том, что a_p сильно зависит от порядка квантили p . Внутримесячный размах R оценки a_p соизмерим с годовым размахом оценки a тренда среднемесячных и многократно превосходит саму оценку a для данного месяца. В ряде случаев тренды квантильных трасс $a_p \gg a$ и значимы на 95 % уровне, например, положительные аномалии давления в апреле обеспеченностью $p \geq 0,2$. Оценки тренда медианы $a_{0,5}$ и среднемесячных значений a совпадают по знаку и близки по величине. Особо отметим, что оценки a_p могут быть знакопеременными, что указывает на определенные тенденции межгодовой изменчивости внутримесячных контрастов. Так, в июне отрицательные аномалии температуры воздуха имеют тенденцию к углублению, а положительные аномалии – к усилению, т.е. внутримесячные контрасты усиливаются. Отсюда следует вывод о значительной роли синоптических процессов в формировании тенденций межгодовой изменчивости. Появляется возможность формулировать гипотезы о механизме формирования этих тенденций. Например, температура воздуха в апреле характеризуется значительными контрастами. В период 1936–2007 гг. минимальная среднесуточная температура изменялась от $-40,2$ °С до $-18,8$ °С, а максимальная от $-20,1$ °С до $+2,7$ °С. Отрицательные аномалии температуры часто связаны с Сибирским антициклоном, а положительные с Алеутским циклоном. Согласно табл. 9 слабый и незначимый тренд среднемесячной температуры обусловлен в основном ослаблением положительных аномалий, а слабый положительный тренд давления – существенными трендами отрицательных аномалий. Таким образом, многолетнюю тенденцию к понижению температуры в апреле можно гипотетически связать с ослабляющимся отепляющим воздействием Алеутского минимума.

Суточный ход наиболее заметен у T и \bar{V} . В табл. 10 приведены оценки суточного размаха средних значений, СКО и экстремумов температуры по данным четырехразовых измерений с 1936 по 2007 г. по месяцам. Размах суточного хода изменяется в среднем от 3,7 до 7,0 °С, главный максимум приходится на апрель, вторичный максимум – на июль, минимум – на сентябрь. Межгодовая изменчивость усилена с марта по август, максимум дисперсии отмечен в июле. Во все месяцы отмечаются ситуации с почти нулевым суточным ходом. Максимальный размах суточного хода в зависимости от месяца изменяется от 16 до 31 °С. Годовой ход максимума и среднего значения согласованы, но имеют некоторые индивидуальные особенности. Так, наибольший максимум отмечается в марте, а второе увеличение приходится на май–июнь.

Суточный ход скорости ветра рассмотрен для периода, когда проводились восьмисрочные наблюдения. На рис. 3 *ж, з* представлен суточный ход векторов средней скорости, эллипсов СКО и роз ветра для января и июля. Как видно из

Таблица 10

Годовой ход моментов распределения размаха суточного хода температуры воздуха

	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m	4,3	4,5	5,9	7,0	5,0	4,2	5,2	4,3	3,7	4,0	4,4	4,2
σ	2,8	2,9	3,2	3,4	3,3	3,6	4,1	3,3	2,6	2,6	2,9	2,7
min	0,3	0,2	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1
max	23,3	21,2	31,2	23,9	28,4	28,6	25,9	19,1	16,1	16,9	21,4	18,6

Таблица 11

**Годовой ход размаха суточного хода средней скорости ветра
и линейного инварианта тензора СКО**

	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
\bar{V}	0,1	0,1	0,6	1,0	1,3	1,4	1,9	1,7	1,3	0,2	0,1	0,1
$I_{\bar{V}}^{0,5}$	0,3	0,2	0,4	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,4	0,3	0,1	0,1

рисунков, зимой суточный ход почти не заметен, в то время как летом он хорошо выражен и проявляется в основном в изменениях модуля средней скорости, интенсивности изменчивости и повторяемости штиля. Годовой ход суточного размаха средней (скалярной) скорости и линейного инварианта тензора СКО в табл. 11 показывает заметный суточный ход с апреля по сентябрь. Это подтверждает и годовой ход суточного размаха повторяемости штиля.

ВЫВОДЫ

На основе статистического анализа электронного архива всех доступных данных стандартных метеорологических наблюдений, проведенных на полярной станции Тикси с августа 1932 г. по декабрь 2007 г., получены оценки характеристик климатической изменчивости температуры воздуха, атмосферного давления, влажности, скорости ветра в диапазонах межгодовой изменчивости, годового хода, изменчивости синоптического масштаба и суточного хода.

Установлено, что наиболее существенным компонентом многолетней изменчивости метеорологических элементов является годовая ритмика. Важнейшими ее элементами, наряду с регулярным годовым ходом, являются межгодовая изменчивость годового хода среднемесячных и сезонная изменчивость синоптических процессов. Это подтверждает правомерность расширенной трактовки годовой ритмики как совокупности процессов с годовой периодичностью в диапазонах от межгодового до внутрисуточного.

Выявлена согласованность слабых положительных трендов температуры воздуха и сильных трендов балла общей облачности, положительных зимой и отрицательных летом.

Высказано предположение о влиянии синоптических образований на многолетние тренды температуры воздуха. Так, в апреле тенденция к понижению среднемесячной температуры обусловлена в основном ослаблением положительных аномалий, что может быть вызвано ослаблением циклонической деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельшев А.П., Клеваницов Ю.П., Рожков В.А. Вероятностный анализ морских течений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 264 с.
2. Бокос В.Н., Клеваницов Ю.П., Рожков В.А. Оценки межгодовой изменчивости скорости ветра над морем // Известия АН. Физика атмосферы и океана. 1993. Т. 29. № 3. С. 253–289.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: ВЦ АН СССР, 1968. 474 с.
4. Дрейтер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика, 1986. Т. 1. 366 с.
5. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. 434 с.
6. Рожков В.А. Теория вероятностей случайных событий, величин и функций с гидрометеорологическими примерами. СПб.: Прогресс-Погода. 1997. 559 с.

7. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Кн. 1. СПб.: Гидрометеоиздат, 2001, 340 с.

8. Тьюки Д. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. М.: Мир, 1981. 693 с.

N.E.IVANOV, A.P.MAKSHTAS, S.V.SHUTILIN, R.M.GUN

LONG-TERM VARIABILITY OF CLIMATE CHARACTERISTICS IN THE AREA OF TIKSI HYDROMETEOROLOGICAL OBSERVATORY

The description of the electronic archive of all available data of standard meteorological observations at polar station Tiksi since August 1932 until December 2007, created in the Arctic and Antarctic Research Institute and Tiksi Branch of Yakutian Administration of Hydrometeorological Service, is presented. The sub-range approach to analysis of climate variability is substantiated. The statistical estimates in ranges of interannual variability, annual course, synoptic scale variability and diurnal course are shown. The assumption about influence of synoptic systems on long-term air temperature trends is stated. The consistency of air temperature and total cloudiness trends during summer and winter seasons is revealed.

Key words: Tiksi hydrometeorological observatory, electronic archive, climate variability, ranges of variability, air temperature and humidity, atmospheric pressure, wind speed, cloudiness.