

В.С. Комаров, Ю.Б. Попов, А.И. Попова, К.Я. Синева

Временная статистическая структура метеорологических полей в пограничном слое атмосферы

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 28.02.2001 г.

Обсуждаются результаты статистического анализа временной структуры полей температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра, проводимого по данным станций Варшава и Новосибирск для пограничного слоя атмосферы. Наряду с рассмотрением особенностей временных корреляционных функций температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра дается анализ их аппроксимации для сдвигов $\tau = 1, 2, \dots, 5$ сут с помощью найденных аналитических выражений.

Введение

В последние годы повысился интерес к исследованию временной статистической структуры метеорологических полей в пограничном слое атмосферы, формирующейся в значительной степени под воздействием мезомасштабных атмосферных процессов. При этом особое внимание уделяется анализу временных корреляционных функций и их аналитической аппроксимации.

Такой повышенный интерес к этим проблемам обусловлен тем, что сведения об особенностях временной статистической структуры метеорологических полей в пограничном слое атмосферы (и в первую очередь о корреляционных функциях) необходимы не только для изучения поведения метеорологических величин во времени, но и для решения ряда практических задач. Среди них можно, в частности, отметить следующие задачи:

– объективный четырехмерный анализ мезомасштабных полей температуры и ветра в пограничном слое атмосферы, базирующийся на процедуре комплексирования модифицированного метода группового учета аргументов (ММГУА) с методами оптимальной интерполяции и оптимальной экстраполяции случайного процесса [1], данные которого могут быть использованы при решении задачи численного прогноза процессов загрязнения в ограниченном воздушном бассейне (например, большого города или промышленной зоны);

– построение динамических моделей, описывающих временную изменчивость полей метеорологических величин в пограничном слое атмосферы и применяемых в алгоритме их пространственно-временного прогнозирования на неосвоенную данными наблюдений территорию (на глубину до 250–300 км), основанном на методе калмановской фильтрации [2].

Кроме того, до сих пор еще исследования временной статистической структуры метеорологических полей (в отличие от хорошо изученной пространственной структуры [3–5]) не получили своего должного развития, особенно для пограничного слоя атмосферы.

Все это говорит о необходимости скорейшего проведения специальных исследований по проблеме статис-

тического анализа временной структуры метеорологических полей в пограничном слое атмосферы с целью получения надежных данных об особенностях ее изменения в пределах ограниченных интервалов времени, когда велика роль мезомасштабных атмосферных процессов, а также ответа на вопрос, с помощью каких аналитических выражений можно наилучшим образом осуществить аппроксимацию временных корреляционных функций той или иной метеорологической величины.

В настоящей статье обсуждаются результаты подобных исследований, проведенных для пограничного слоя атмосферы на примере полей температуры, влажности, зонального и меридионального ветра.

1. Некоторые методические вопросы и характеристика исходного материала

Известно, что всякую случайную функцию времени, с которой обычно имеют дело на практике, рассматривают чаще всего с точки зрения возможности ее считать стационарной. Однако для атмосферных случайных процессов предположение об их стационарности обычно оправдывается лишь для сравнительно небольших временных интервалов и оно не выполняется при увеличении этих интервалов. К тому же наличие суточного и годового хода метеорологических величин, а также других систематических факторов, обуславливает непостоянство математического ожидания, т.е. его изменение в зависимости от времени t .

В то же время стационарность в смысле независимости корреляционной функции от начала отсчета сохраняется если и не полностью, то с некоторым допустимым для практики приближением.

В подобных случаях для определения математического ожидания $\bar{\xi}(t)$ необходимо исключить периодическую составляющую. На практике такое исключение осуществляется обычно путем однократного или многократного скользящего сглаживания исследуемого процесса при некотором фиксированном интервале сглаживания n . Процедура такого сглаживания представляется обычно интегральным оператором вида [6]:

$$\bar{\xi}_n(t) = \frac{1}{n} \int_{t-n/2}^{t+n/2} \xi(t) dt, \quad (1)$$

где $\bar{\xi}_n(t)$ – скользящее среднее; $\xi(t)$ – некоторый случайный процесс; n – длина периода скользящего осреднения; $t - n/2$ и $t + n/2$ – текущие пределы интегрирования процесса $\xi(t)$ по этому периоду.

Для оценки же корреляционной функции вместо случайного процесса целесообразно использовать центрированный случайный процесс, т.е. его отклонение от скользящего среднего $\xi^{\circ}(t) = \xi(t) - \bar{\xi}_n(t)$, определяемого последовательно для каждого интервала сглаживания. В этом случае корреляционная функция центрированного случайного процесса $R_{\xi}(\tau_k)$ может быть вычислена с помощью выражения вида

$$R_{\xi}(\tau_k) = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} [\xi(t_i) - \bar{\xi}_n(t_i)] [\xi(t_i + \tau_k) - \bar{\xi}_n(t_i + \tau_k)], \quad (2)$$

где $\tau_k = k \Delta t$ ($k = 0, 1, 2, \dots, m$) – сдвиг во времени; $\xi(t_i)$ и $\xi(t_i + \tau_k)$ – члены последовательности наблюдений; $t_i = i \Delta t$ и $t_i + \tau = (i+k) \Delta t$ (здесь Δt – интервал дискретности наблюдений); N – число членов ряда.

Из выражения (2) нетрудно определить также и значения нормированной корреляционной функции

$$\mu_{\xi}(\tau_k) = R_{\xi}(\tau_k) / R_{\xi}(0). \quad (3)$$

Выражения (1)–(3) были использованы нами для вычисления скользящих средних и нормированных корреляционных функций температуры, влажности и ортогональных составляющих скорости ветра (в дальнейшем слово «нормированный» будет опускаться). При этом длина периода скользящего осреднения, осуществленного для одного стандартного срока (12 ч по Гринвичу) была взята равной 9 сут, в течение которых отмечается постепенное затухание временной корреляции [7].

Здесь следует обратить внимание на одно важное обстоятельство. Нестационарность изменения (в годовом ходе) метеорологических величин (особенно температуры)

в отношении математического ожидания отмечается главным образом в переходные месяцы (весной и осенью) [8] и поэтому она должна учитываться при расчете корреляционных функций. В то же время при расчете подобных функций для зимнего и летнего сезонов обычно допускается стационарность по отношению к математическому ожиданию.

Несмотря на это, нами для подтверждения возможности данного допущения и оценки степени его влияния на величину временной корреляции было проведено сравнение корреляционных функций температуры (этот метеорологический параметр имеет наибольшие изменения в годовом ходе), рассчитанных для случаев нестационарности и стационарности процесса изменения данного метеопараметра в отношении математического ожидания. При этом для расчета корреляционной функции для случая, когда соблюдается условие стационарности по отношению к математическому ожиданию, т.е. $\bar{\xi}(t) = \bar{\xi}$, были использованы выражения вида

$$R_{\xi}(\tau_k) = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} [\xi(t_i) - \bar{\xi}] [\xi(t_i + \tau_k) - \bar{\xi}]; \quad (4)$$

$$\mu_{\xi}(\tau_k) = R_{\xi}(\tau_k) / \sigma_{\xi}^2, \quad (5)$$

где σ^2 – дисперсия метеорологической величины, вычисляемая по всей совокупности данных [8].

В результате проведенных расчетов по данным многолетних (1970–1975 гг.) наблюдений за температурой, осуществленных на станции Новосибирск (ее координаты даются ниже), было установлено (табл. 1), что различия в корреляционных функциях этой метеорологической величины, определенных для января и июля с учетом условий стационарности и нестационарности математического ожидания, действительно довольно малы и находятся на уровне стандартных ошибок их вычисления. Исходя из этого в дальнейшем для расчета временных корреляционных функций всех рассматриваемых метеорологических величин (температуры, влажности и составляющих скорости ветра) в пограничном слое атмосферы было использовано математическое ожидание $\bar{\xi}$ для стационарного процесса.

Таблица 1

Временные корреляционные функции температуры $\mu_r(\tau) \cdot 10^2$, полученные для случаев стационарности (1-я колонка) и нестационарности (2-я колонка) атмосферных процессов

Сдвиг во времени, ч	Высота, м									
	100		400		800		1200		1600	
	Зима									
24	68	67	70	70	71	72	72	75	72	75
48	50	48	54	56	54	56	53	56	52	55
72	44	42	48	48	49	49	48	47	47	47
96	39	36	44	41	45	43	45	43	45	42
120	33	32	40	38	41	39	42	39	42	40
	Лето									
24	62	62	64	64	67	67	71	69	73	70
48	42	42	44	42	46	44	47	43	48	43
72	24	24	26	26	27	26	29	24	30	23
96	15	15	16	14	17	14	18	13	18	14
120	07	07	06	06	06	07	06	06	07	05

Для аппроксимации полученных корреляционных функций (о ней также пойдет речь в настоящей статье) и выбора наилучших аналитических выражений нами использованы аппроксимационные формулы следующих типов [9]:

$$\mu_{\xi}(\tau) = \exp(-\alpha\tau), \quad \alpha > 0, \quad (6)$$

$$\mu_{\xi}(\tau) = \exp(-\alpha\tau^2), \quad \alpha > 0, \quad (7)$$

$$\mu_{\xi}(\tau) = \{\exp(-\alpha\tau)\} \cos \beta\tau, \quad \alpha > 0 \quad (8)$$

$$\mu_{\xi}(\tau) = \{\exp(-\alpha\tau^2)\} \cos \beta\tau, \quad \alpha > 0 \quad (9)$$

$$\mu_{\xi}(\tau) = \begin{cases} 1 - \tau/\tau_0 & \text{при } |\tau| \leq \tau_0 \\ 0 & \text{при } |\tau| > \tau_0 \end{cases} \quad (10)$$

где $\tau = |t_2 - t_1|$ – сдвиг во времени; α и β – эмпирические коэффициенты; τ_0 – масштаб временной корреляции.

В заключение остановимся коротко на характеристике исходного материала. Для статистической оценки эмпирических временных корреляционных функций температуры, удельной влажности, зональной и меридиональной составляющих скорости ветра были использованы данные 15-летних односрочных (12 ч по Гринвичу) радиозондовых наблюдений двух аэрологических станций: Варшава (52°11' с.ш., 20°58' в.д.) и Новосибирск (55°02' с.ш., 82°54' в.д.), расположенных в различных физико-географических районах.

Все использованные при анализе данные относятся к двум центральным месяцам (январю и июлю) зимнего и летнего сезонов и к слою атмосферы 0–1,6 км. Применение для расчета временных корреляционных функций только данных за центральные месяцы, а не зимнего и летнего сезонов в целом, вполне допустимо, поскольку, согласно [7], эти функции идентичны в течение каждого из рассматриваемых сезонов.

Кроме того, исходные данные, представленные на стандартных изобарических поверхностях и уровнях особых то-

чек, были приведены к системе геометрических высот, включающей такие уровни, как: 0, 100, 200, 400, 800, 1200 и 1600 м. Процедура подобного приведения исходных данных к выбранной системе геометрических высот осуществлялась нами с помощью линейной интерполяции индивидуальных значений рассматриваемых метеорологических величин с изобарических поверхностей и уровней особых точек на все указанные высоты.

2. Особенности временной статистической структуры полей температуры, влажности и ветра в пограничном слое атмосферы

В данном разделе основное внимание уделяется рассмотрению результатов статистического анализа временной структуры полей температуры, удельной влажности, зональной и меридиональной составляющих скорости ветра в пограничном слое атмосферы.

В табл. 2 и 3 в качестве примера приведены временные корреляционные функции температуры, удельной влажности, зональной и меридиональной составляющих скорости ветра, полученные по данным станций Новосибирск и Варшава для высот 0, 100, 200, 400, 800, 1200 и 1600 м, представляющих пограничный слой атмосферы, и за различные временные сдвиги $\tau = 1, 2, \dots, 5$ сут.

Таблица 2

Временные корреляционные функции ($\mu_{\xi}(\tau) \cdot 10^2$) температуры, влажности, зонального и меридионального ветра, полученные по данным станций Варшава и Новосибирск для различных сдвигов τ . Январь

Высота, м	Варшава				Новосибирск					
	τ, сут									
	Температура									
0	62	47	39	31	25	67	47	42	37	31
100	66	49	40	35	31	68	50	44	39	33
200	68	49	40	35	30	69	52	45	40	35
400	69	49	38	35	30	70	54	48	44	40
800	71	50	39	34	29	71	54	49	45	41
1200	72	53	41	34	30	72	53	48	45	42
1600	74	56	43	35	31	72	52	47	45	42
	Удельная влажность									
0	62	46	36	26	22	60	40	37	33	30
100	68	49	37	28	25	61	42	37	34	31
200	69	51	37	28	26	62	44	38	34	32
400	70	52	38	29	26	63	47	40	35	33
800	65	44	33	23	20	61	45	39	34	31
1200	58	37	27	18	14	56	43	37	32	28
1600	52	33	23	15	10	50	38	32	28	25
	Зональный ветер									
0	36	28	23	18	15	42	25	20	14	09
100	46	35	27	19	16	47	27	23	18	14
200	49	33	25	20	16	52	32	24	20	15
400	51	35	27	21	17	56	35	27	21	16
800	56	39	30	24	19	62	39	27	21	15
1200	61	44	33	27	22	64	40	27	21	14
1600	66	45	35	28	24	65	43	30	22	14
	Меридиональный ветер									
0	29	16	10	04	02	46	24	22	15	09
100	32	18	11	04	02	47	24	21	17	12
200	36	19	12	05	03	48	24	21	13	11
400	37	20	14	06	04	49	24	20	12	06
800	45	23	19	09	06	50	25	21	16	10
1200	55	34	23	16	14	51	28	23	19	17
1600	61	44	31	24	20	56	34	30	26	23

Временные корреляционные функции ($\mu_{\xi}(\tau) \cdot 10^2$) температуры, влажности, зонального и меридионального ветра, полученные по данным станций Варшава и Новосибирск для различных сдвигов τ . Июль

Высота, м	Варшава				Новосибирск					
	τ , сут									
	Температура									
0	61	41	31	29	27	61	35	21	14	07
100	65	44	34	31	28	62	42	24	15	07
200	67	47	37	33	29	63	43	25	16	07
400	68	48	37	33	29	64	44	26	16	06
800	69	47	36	33	28	67	46	27	17	06
1200	69	46	33	30	26	71	47	29	18	06
1600	70	45	33	29	26	73	48	30	18	07
	Удельная влажность									
0	52	32	27	23	21	55	28	12	06	02
100	53	34	29	25	21	58	32	12	07	03
200	54	36	31	27	24	59	33	12	07	03
400	60	44	37	34	32	61	34	13	08	04
800	58	42	35	33	27	60	34	15	09	05
1200	56	39	34	32	27	54	31	13	07	05
1600	55	37	32	30	27	50	28	10	06	02
	Зональный ветер									
0	36	21	19	17	12	35	16	10	06	04
100	42	24	21	18	13	37	17	11	05	01
200	46	29	25	21	17	39	19	13	05	01
400	48	31	24	21	15	43	22	16	05	01
800	54	36	25	21	13	50	30	17	05	01
1200	64	41	26	20	13	52	33	18	06	03
1600	65	43	30	19	11	57	31	20	07	05
	Меридиональный ветер									
0	31	16	10	07	05	40	25	21	14	07
100	35	17	12	08	07	41	26	22	14	05
200	39	23	14	09	06	42	27	23	15	05
400	43	27	17	10	05	45	30	25	16	06
800	48	30	20	10	07	52	37	28	18	09
1200	54	32	21	11	07	57	43	29	20	12
1600	59	34	22	12	09	62	48	32	23	14

Проанализировав табл. 2 и 3, можно сделать следующие выводы:

– временная корреляция температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра на всех высотах заметно затухает с увеличением сдвига во времени τ , однако она даже при $\tau = 5$ сут остается еще положительной;

– наиболее медленное затухание временных корреляционных связей, причем независимо от сезона и высоты, отмечается у температуры, когда при сдвиге $\tau = 1$ сут (этот сдвиг наиболее интересен для построения динамических моделей, используемых при динамико-стохастическом прогнозе метеорологических полей [2]) значения ее коэффициентов корреляции находятся в пределах 0,62–0,74 зимой и 0,61–0,73 летом, а наиболее быстрое затухание тех же связей характерно для зонального и меридионального ветра (при том же временном сдвиге значения коэффициентов корреляции этих метеорологических величин варьируют от 0,29 до 0,66 зимой и от 0,31 до 0,65 летом, причем даже коэффициент корреляции, равный 0,29, существенно выше его порогового значения 0,08, взятого при вероятности $P = 0,95$);

– теснота временных корреляционных связей температуры, зонального и меридионального ветра возрастает с высотой. Действительно, если на уровне земной поверхности ($h = 0$) значения коэффициентов временной

корреляции при сдвиге $\tau = 1$ сут составляют 0,61–0,67 (для температуры) и 0,29–0,36 (для зонального и меридионального ветра), то к высоте 1600 м значения тех же коэффициентов возрастают до 0,70–0,74 и 0,56–0,65 соответственно;

– в отличие от температуры и составляющих скорости ветра значения коэффициентов временной корреляции удельной влажности при том же сдвиге $\tau = 1$ сут имеют несколько иной характер высотного изменения: вначале они возрастают с высотой, достигая максимума на уровне 400 м, равного 0,60–0,70, а затем уменьшаются, принимая минимальные значения (порядка 0,50–0,55) к уровню 1600 м.

Подобное поведение временной корреляции удельной влажности с высотой связано с тем, что в слое 800–1600 м велика роль процессов облакообразования, нарушающих стабильное изменение концентрации водяного пара во времени и, следовательно, вызывающих ослабление корреляционных связей этой метеорологической величины.

Таковы некоторые особенности поведения временных корреляционных функций температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра, которые были выявлены при анализе временной статистической структуры соответствующих метеорологических полей.

3. Некоторые результаты аналитической аппроксимации временных корреляционных функций температуры, влажности, зонального и меридионального ветра

Известно, что на практике, в том числе и при построении динамических моделей, используемых при разработке алгоритмов динамико-стохастического прогноза, удобнее применять не сами эмпирические временные корреляционные функции $\mu_{\xi}(\tau)$, а различные аналитические выражения, аппроксимирующие эти функции (некоторые из них приведены выше). Учитывая это, мы попытались найти наилучшие аналитические выражения, которые позволили бы описать временные корреляционные функции температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра, полученные для пограничного слоя атмосферы, с минимальной погрешностью.

С этой целью были рассмотрены все вышеприведенные аппроксимационные выражения вида (6)–(10). После тщательного их сопоставления с эмпирическими корреляционными функциями $\mu_{\xi}(\tau)$ было установлено, что ни одна из этих аналитических формул не может быть использована для аппроксимации подобных функций с приемлемой для практики погрешностью. В связи с таким положением для аппроксимации эмпирических корреляционных функций температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра была предложена единая аналитическая формула, а именно:

$$\mu_{\xi}(\tau) = (1 - \alpha\tau) e^{-\beta\tau}, \quad (11)$$

причем параметры этой аппроксимационной формулы зависят от высоты и могут быть найдены из следующих выражений:

$$\alpha(h) = a + bh; \quad (12)$$

$$\beta(h) = c + dh, \quad (13)$$

где $\tau = 1, 2, \dots, 5$ – сдвиг во времени, сут, а h – высота, м.

Коэффициенты a, b, c, d в выражениях (12) и (13) имеют (независимо от сезона и станции) следующие значения:

для температуры

$$a = 0,017; b = -1,706 \cdot 10^{-3};$$

$$c = 0,008; d = -5,125 \cdot 10^{-3};$$

для удельной влажности (при $0 \leq h < 400$ м)

$$a = 0,0019; b = -9,277 \cdot 10^{-3};$$

$$c = 0,009; d = -1,889 \cdot 10^{-3};$$

для удельной влажности (при $h = 400-1600$ м)

$$a = 0,016; b = 3,985 \cdot 10^{-3};$$

$$c = 0,008; d = 1,184 \cdot 10^{-3};$$

для зонального и меридионального ветра

$$a = 0,028; b = -6,804 \cdot 10^{-3};$$

$$c = 0,012; d = -2,327 \cdot 10^{-3}.$$

О точности такой аппроксимации можно судить по данным табл. 4, в которой приведены в качестве примера абсолютные отклонения значений аналитической функции вида (11) от значений соответствующих эмпирических корреляционных функций на высотах 0,800 и 1600 м.

Таблица 4

Величины абсолютных отклонений значений аналитических функций вида (11) от значений эмпирических корреляционных функций температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра при различных сдвигах τ

Высота, м	τ , сут				
	1	2	3	4	5
	Зима				
	Температура				
0	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07
800	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08
1600	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08
	Удельная влажность				
0	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08
800	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
1600	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
	Зональный ветер				
0	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
800	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03
1600	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05
	Меридиональный ветер				
0	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
800	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03
1600	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05
	Лето				
	Температура				
0	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07
800	0,02	0,04	0,06	0,07	0,08
1600	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09

Высота, м	τ , сут				
	1	2	3	4	5
	Удельная влажность				
0	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07
800	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04
1600	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
	Зональный ветер				
0	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
800	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03
1600	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05
	Меридиональный ветер				
0	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
800	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03
1600	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05

Таковы некоторые результаты анализа временной статистической структуры полей температуры, удельной влажности, зонального и меридионального ветра в пограничном слое атмосферы, а также аналитической аппроксимации соответствующих эмпирических корреляционных функций.

Анализ табл. 4 показывает, что величины расхождения аналитических и эмпирических корреляционных функций, независимо от взятой метеорологической величины, сезона и высоты, достаточно малы. Поэтому полученная аппроксимационная формула вида (11) может быть с успехом использована для адекватного описания эмпирических корреляционных функций до $\tau = 5$ сут.

1. Комаров В.С., Креминский А.В. // Оптика атмосферы и океана. 1999. Т. 12. № 8. С. 730–735.
2. Комаров В.С., Акселевич В.И., Креминский А.В., Попов Ю.Б., Синева К.Я. // Материалы Международной научной конф. «Экологические и гидрометеорологические проблемы боль-

ших городов и промышленных зон». Санкт-Петербург, 18–20 октября 2000 г. СПб.: Изд. РГГМУ, 2000. С. 74–75.

3. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 359 с.
4. Статистическая структура метеорологических полей / Под ред. Л.С. Гандина, В.Н. Захариева, Р. Целнай. Будапешт, 1976. 365 с.
5. Комаров В.С., Попов Ю.Б. // Оптика атмосферы и океана. 1998. Т. 11. № 8. С. 801–807.
6. Ворончук М.М., Кулиш Е.В. // Труды III Всес. симп. по применению статистических методов в метеорологии. М.: Гидрометеоздат, 1978. С. 211–217.
7. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 567 с.
8. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 295 с.
9. Казакевич Д.Н. Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 319 с.

V.S. Komarov, Yu.B. Popov, A.I. Popova, K.Ya. Sineva. Temporal statistical structure of meteorological fields in the boundary atmospheric layer.

Results of statistical analysis of temporal structure of the temperature, specific humidity, zonal and meridional winds from the data of Warsaw and Novosibirsk stations for boundary atmospheric layer are under discussion. Peculiarities of correlation functions for the above parameters are treated and their approximations for the shifts $t = 1, 2, \dots, 5$ days are analyzed using the found analytical expressions.