

УДК 551.5

*Ю.П. Переведенцев, Т.Р. Аухадеев***ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ**

Рассматриваются пространственно-временные изменения и взаимосвязи в поле приземного атмосферного давления на территории Приволжского федерального округа по данным измерений на 183 метеостанций в период 1966-2009 гг. Дана оценка периодическим (суточные и годовые колебания) и непериодическим изменениям давления, обусловленным циклонической деятельностью. Рассмотрены статистические связи между атмосферным давлением, температурой воздуха и облачностью в различные сезоны. Выявлена общая тенденция понижения давления в период 1966-2009 гг. на территории всего региона.

*Ключевые слова:* атмосферное давление, периодические и непериодические изменения, дисперсия, корреляционные связи, аномалии давления, тренд атмосферного давления.

Согласно определению из метеорологического словаря [1], атмосферное давление – это давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы и на земную поверхность. В горизонтальном направлении атмосферное давление (АД) распределяется неравномерно (барическое поле), и это распределение всё время меняется. Согласно работе [2], поле давления на уровне моря – одна из важнейших характеристик состояния и движения атмосферы. Это поле связано с направлением и скоростью ветра, а также с изменениями температуры и всех явлений погоды. Не исключается зависимость АД и от солнечной активности [3]. В трудах известных российских теоретиков-метеорологов А.М. Обухова, И.А. Кибеля, А.С. Мониной создана теория взаимодействия и адаптации полей атмосферного давления и скорости ветра как для баротропной, так и бароклинной атмосферы [4], используемая при разработке прогностических моделей погоды различной заблаговременности.

И если изучению изменений температурно-влажностного режима отдельных крупных регионов Северного полушария (включая Северное полушарие в целом) авторами статьи и их коллегами уделялось достаточно большое внимание [5-7], то динамике атмосферного давления – явно недостаточное. Цель данной статьи – восполнить этот пробел для территории Приволжского федерального округа (ПФО), при этом главное внимание уделено изучению изменчивости АД на различных временных масштабах и установлению пространственно-временных взаимосвязей в поле приземного давления.

**Материалы и методы исследований**

В качестве исходного материала использовались данные срочных измерений атмосферного давления, приведенных к уровню моря, на 183 станциях ПФО в период 1966-2009 гг. (фонд ВНИИГМИ-МЦД), что позволило изучать изменчивость АД на различных временных масштабах.

Рассчитывались средние значения, средние квадратические отклонения  $\sigma$  и коэффициенты вариации  $s_r$ . Для оценки связности во временных рядах строились автокорреляционные функции, оценивались междусуточные изменения АД, месячные аномалии.

Для характеристики пространственной изменчивости АД использовались параметр дисперсии и корреляционные связи между станциями.

Рассчитывались также коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ) рядов АД, что позволило выявить в них тенденции долговременных изменений.

Все расчеты выполнялись с использованием известных статистических формул, представленных в книгах [8; 9].

**Результаты и их обсуждение**

**Распределение средних значений атмосферного давления на территории ПФО и его долгопериодные изменения.** Атмосферное давление в каждой точке земной поверхности все время меняется. Эти изменения имеют сложный характер, так как слагаются из периодической составляющей – суточного хода и непериодических изменений, обусловленных циклонической деятельностью [10].

Рассмотрим вначале годовой ход и пространственное распределение АД с использованием многолетних средних месячных значений. Как видно из табл. 1 и рис. 1, наибольшие значения АД возникают на станциях в зимний период (до 1026 гПа), что обусловлено увеличением плотности воздуха в результате выхолаживания земной поверхности. Наименьшие значения отмечаются в летний период (1009-1012 гПа). Годовая амплитуда колебаний АД достигает 16-17 гПа. Следовательно, давление атмосферного воздуха на территории ПФО соответствует континентальному типу климата. При этом максимальная годовая амплитуда АД достигает 17,4 гПа на ст. Зерносовхоз «Озерный» (Оренбургская обл.), минимальная – 6,0 гПа зафиксирована на ст. Лальск (Кировская обл.).

Таблица 1

**Климатические нормы атмосферного давления (гПа) на территории ПФО**

Станция	Месяцы												Ср-е за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	1015,9	1017,2	1016,2	1015,3	1014,8	1011,2	1011,2	1012,4	1013,8	1013,1	1015,5	1013,9	1014,2
Ныроб	1017,0	1018,6	1017,3	1015,9	1014,0	1010,2	1010,1	1011,7	1013,4	1013,8	1016,9	1016,5	1014,6
Киров АМСГ	1017,4	1019,0	1018,3	1016,2	1014,8	1011,0	1010,9	1012,7	1014,6	1015,4	1017,7	1017,0	1015,4
Пермь	1018,7	1020,6	1019,9	1017,1	1014,5	1010,6	1010,1	1012,2	1014,7	1016,1	1019,3	1019,4	1016,1
Ижевск	1019,8	1021,1	1020,5	1017,7	1015,0	1011,1	1010,6	1012,8	1015,3	1017,0	1020,1	1019,8	1016,7
Н.Новгород, Мыза	1017,5	1019,1	1018,5	1016,2	1015,3	1011,6	1011,3	1013,3	1015,4	1016,8	1018,2	1017,3	1015,9
Чебоксары	1018,7	1020,2	1019,1	1017,1	1015,3	1011,2	1011,2	1013,1	1015,4	1017,0	1019,2	1018,3	1016,3
Казань ЦГМС	1019,3	1020,9	1020,3	1017,5	1015,6	1011,5	1010,9	1013,2	1015,8	1017,6	1020,1	1019,6	1016,9
Саранск	1019,7	1020,9	1019,9	1017,3	1015,7	1011,6	1011,5	1013,5	1016,1	1018,5	1020,3	1019,5	1017,0
Ульяновск	1018,8	1020,8	1020,8	1017,6	1015,6	1011,5	1011,1	1013,1	1015,9	1019,0	1021,1	1019,9	1017,1
Бугульма	1021,2	1022,3	1021,8	1018,3	1015,4	1011,3	1010,6	1013,1	1016,2	1018,7	1021,7	1021,2	1017,6
Улу-Теляк	1022,4	1023,3	1022,5	1018,7	1015,2	1011,1	1010,2	1012,9	1016,4	1019,0	1022,5	1023,1	1018,1
Учалы	1021,6	1021,7	1021,9	1019,2	1014,8	1010,8	1009,9	1012,5	1016,6	1019,1	1022,7	1022,9	1017,8
Пенза	1022,1	1023,2	1022,3	1018,7	1015,4	1011,1	1010,3	1013,0	1016,7	1019,0	1022,3	1022,8	1018,1
Самара	1021,6	1022,6	1021,9	1018,2	1015,8	1011,6	1010,9	1013,3	1016,6	1019,5	1022,1	1021,9	1018,0
Балашов	1020,9	1021,6	1020,8	1017,0	1015,7	1012,1	1011,5	1013,7	1016,8	1020,2	1021,5	1020,9	1017,7
Саратов	1021,4	1022,5	1021,6	1017,5	1015,8	1011,8	1011,1	1013,5	1016,9	1020,3	1022,1	1021,7	1018,0
Перелюб	1022,0	1022,5	1022,1	1018,0	1015,6	1011,2	1010,3	1012,9	1016,6	1020,1	1022,9	1022,5	1018,0
Оренбург	1024,1	1024,8	1023,7	1019,2	1015,9	1011,3	1010,2	1013,0	1017,4	1021,0	1024,5	1024,7	1019,2
Зерносовхоз «Озерный»	1026,0	1026,6	1025,3	1019,9	1015,6	1010,8	1009,1	1012,5	1017,6	1021,4	1025,7	1026,1	1019,7
СРЕДНЕЕ	1020,3	1021,5	1020,7	1017,6	1015,3	1011,2	1010,7	1012,9	1015,9	1018,1	1020,8	1020,5	1017,1
МАКСИМУМ	1026,0	1026,6	1025,3	1019,9	1015,9	1012,1	1011,5	1013,7	1017,6	1021,4	1025,7	1026,1	1019,7
МИНИМУМ	1015,9	1017,2	1016,2	1015,3	1014,0	1010,2	1009,1	1011,7	1013,4	1013,1	1015,5	1013,9	1014,2
Разность МАКСИМУМ–МИНИМУМ	10,1	9,3	9,1	4,6	1,9	1,8	2,4	2,1	4,2	8,4	10,2	12,2	5,5

На рис. 1 представлен годовой ход величины атмосферного давления, осредненного по всей территории ПФО. Как видно из этого графика, в феврале достигается максимум давления (1021,5 гПа), а в июле – минимум его (1010,7 гПа), годовая амплитуда АД составляет 10,8 гПа.

Пространственное распределение средних многолетних значений давления воздуха носит неоднородный характер – для холодного периода характерно повышенное давление на юго-востоке (влияние Сибирского антициклона) и низкое на северо-западе округа (циклоническая активность). В

теплое время года поле атмосферного давления становится малоградиентным. Наблюдается незначительное повышение давления с востока на запад, возможно, под влиянием гребня Азорского антициклона (рис. 2).

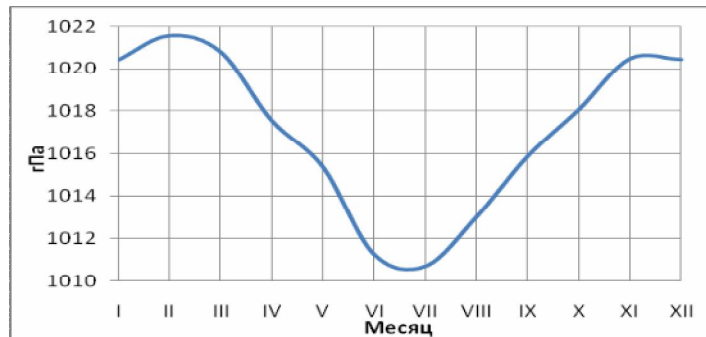


Рис. 1. Годовой ход среднего для территории ПФО атмосферного давления (гПа)

Давление испытывает значительные межгодовые колебания. Так, среднее месячное значение АД в феврале 1984 г. (ст. Ульяновск) достигло 1045,8 гПа, а в 2008 г. оно опустилось до 1002,6 гПа. Разница составила 43,2 гПа. В теплый период размах колебаний не столь велик: среднеиюльское значение в 1994 г. на той же ст. Ульяновск опустилось до минимальной отметки 1006,7 гПа, а максимум этого показателя на данной станции (1017,3 гПа) наблюдался в июле 2002 г. Разница составила 10,6 гПа.

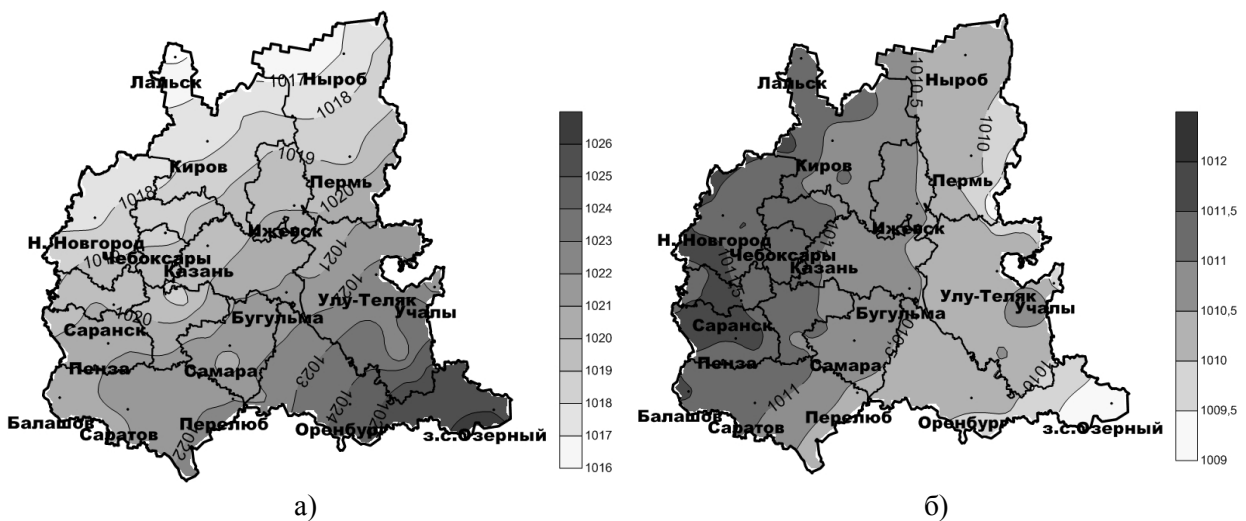


Рис. 2. Пространственное распределение средних многолетних значений атмосферного давления (гПа): а) январь; б) июль

Величина среднего квадратического отклонения (СКО)  $\sigma$ , рассчитанная по средним месячным значениям, характеризует межгодовую изменчивость атмосферного давления. Анализ табл. 2 показывает, что величина  $\sigma$  меняется в годовом ходе от минимальных значений летом (1,7-3,3 гПа) до максимальных зимой 4,9-8,5 гПа.

Величины  $\sigma$  больше в северной части региона, чем в южной, что обусловлено более активной циркуляционной деятельностью.

Если  $\sigma$  служит показателем межгодовой изменчивости, то в качестве показателя пространственной изменчивости используется пространственная дисперсия, которая рассчитывается по формуле

$$\sigma^2(P) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2,$$

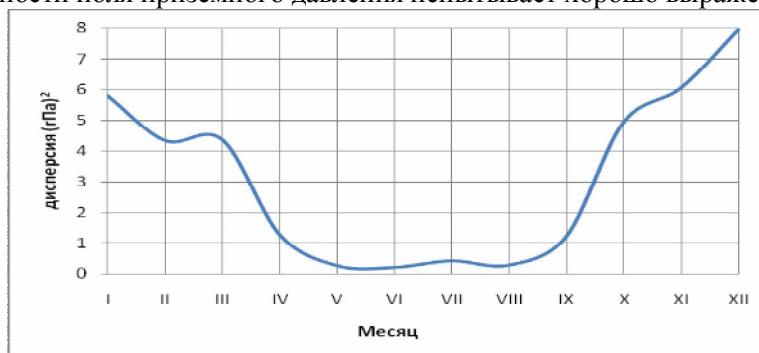
где  $P_i$  – среднемесячное давление на  $i$ -й станции,  $\bar{P}$  – давление, осредненное по всем станциям округа в конкретный месяц,  $N$  – число станций.

Таблица 2

Средние квадратические отклонения  $\sigma$  (гПа)

Станция	Месяцы												Среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	8,5	8,5	7,3	3,9	3,0	3,0	2,6	2,8	3,6	4,6	7,3	7,2	5,2
Ныроб	8,1	8,2	7,2	4,4	3,3	3,1	2,7	3,0	3,7	5,2	7,1	8,1	5,4
Киров АМСГ	8,5	8,1	7,5	3,9	3,0	3,2	2,6	2,7	3,5	5,6	6,9	7,5	5,2
Пермь	7,4	7,5	7,3	4,2	3,1	3,1	2,8	2,8	3,7	5,3	6,6	7,8	5,1
Ижевск	8,2	7,6	7,1	4,0	3,1	3,2	2,5	2,8	3,5	5,3	6,3	7,3	5,1
Н.Новгород, Мыза	7,8	7,9	6,6	3,1	2,8	3,3	2,4	2,7	3,2	5,5	6,9	6,3	4,9
Чебоксары	8,1	8,1	6,6	3,5	2,8	3,2	2,4	2,8	3,3	5,5	6,5	6,6	5,0
Казань ЦГМС	7,8	7,7	6,8	3,6	2,9	3,2	2,5	2,7	3,3	5,5	6,5	6,9	5,0
Саранск	7,5	7,7	6,1	3,1	2,7	3,1	2,0	2,5	2,8	5,2	6,3	5,8	4,6
Ульяновск	7,3	7,2	6,9	3,4	2,9	3,3	2,3	2,4	3,0	5,4	5,9	5,9	4,7
Бугульма	7,8	7,3	6,7	3,6	2,9	2,9	2,3	2,7	3,2	5,1	5,9	6,6	4,7
Улу-Теляк	7,4	7,1	6,6	3,8	2,9	2,9	2,5	2,7	3,3	4,8	5,8	6,9	4,7
Учалы	7,4	5,7	6,8	4,0	3,2	3,2	2,9	2,1	3,2	4,2	5,9	6,6	4,6
Пенза	7,3	7,2	6,4	3,5	2,8	2,8	2,3	2,7	2,8	4,2	5,7	6,6	4,5
Самара	7,3	7,1	6,2	3,2	2,7	2,8	2,0	2,4	2,8	4,8	5,6	6,2	4,4
Балашов	6,6	6,7	5,3	2,7	2,4	2,5	1,7	1,9	2,2	4,3	5,6	4,9	3,9
Саратов	6,8	6,9	5,6	2,9	2,5	2,4	1,9	2,1	2,3	4,4	5,4	5,2	4,0
Перелюб	6,8	6,1	5,8	3,1	2,5	2,6	1,9	2,1	2,5	4,5	5,1	5,6	4,0
Оренбург	6,4	6,5	5,8	3,2	2,6	2,4	1,9	2,3	2,5	4,3	4,8	5,9	4,1
Зерносовхоз «Озерный»	6,4	6,1	5,6	3,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,7	4,1	4,3	5,6	3,9
СРЕДНЕЕ	7,5	7,3	6,5	3,5	2,8	2,9	2,3	2,5	3,1	4,9	6,0	6,5	4,6
МАКСИМУМ	8,5	8,5	7,5	4,4	3,3	3,3	2,9	3,0	3,7	5,6	7,3	8,1	5,4
МИНИМУМ	6,4	5,7	5,3	2,7	2,3	2,3	1,7	1,9	2,2	4,1	4,3	4,9	3,9
Разность МАКСИМУМ–МИНИМУМ	2,1	2,7	2,1	1,7	1,0	1,0	1,2	1,1	1,6	1,5	3,0	3,3	1,5

На рис. 3. представлен годовой ход величины  $\sigma^2(P)$ , из которого следует, что показатель пространственной неоднородности поля приземного давления испытывает хорошо выраженный годовой ход.

Рис. 3. Годовой ход пространственной дисперсии атмосферного давления (гПа)<sup>2</sup>

Для оценки максимальных контрастов межгодовой изменчивости давления рассчитывался также размах вариации  $A = \bar{P}_{\max} - \bar{P}_{\min}$ , где  $\bar{P}_{\max}$  – максимальное среднемесячное значение АД во временном

ряду конкретной станции за конкретный месяц, состоящем из 44 членов, а  $\bar{P}_{\min}$  – соответственно минимальное значение этого ряда.

Среднее значение величины  $A$  по округу составило 20,8 гПа, максимальное значение отмечено в декабре на ст. Ныроб (Пермский край) и составило 41,5 гПа, минимальное значение 7,0 гПа – в августе на ст. Новоузенск (Саратовская область). Пространственное распределение показателя  $A$  приведено на рис. 4.

Как и следовало ожидать, в зимний период пространственная неоднородность многократно превышает летнюю.

Сравнение январских и июльских карт величин  $A$  показывает, что зимой эти перепады возрастают от 22 гПа на юге и юго-востоке до 34–36 гПа на севере. По своей структуре поля для величин  $A$  и СКО сходны. В июле разности между наибольшими и наименьшими значениями выражены менее ярко и разброс значений по территории не выходит за пределы 7–14 гПа (с максимумом в восточной части округа).

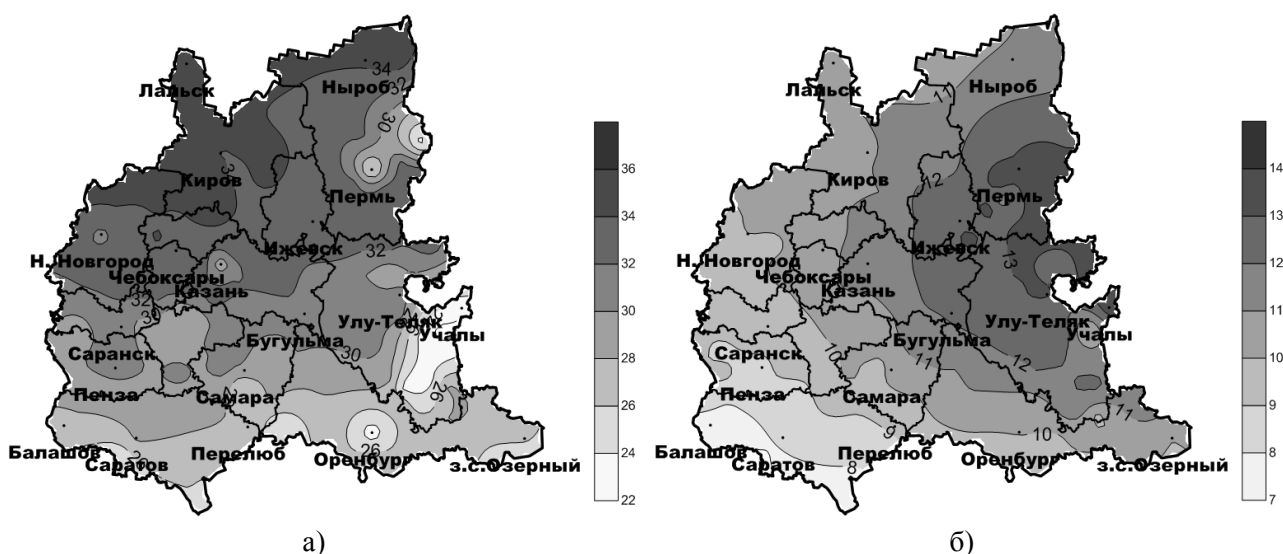


Рис. 4. Размах колебаний ( $A$ ) среднемесячного АД по территории ПФО (гПа): а) январь; б) июль

Если сравнивать годовой ход величин  $A$ , СКО и средних месячных значений АД, то выявляется их заметное сходство.

Для оценки относительной устойчивости барического режима, для территории ПФО рассчитывалась величина коэффициента вариации  $C_p = \sigma / \bar{P}$  (%) для каждой из станций и всех месяцев года. Небольшие значения  $C_p$  (0,2–0,8%) свидетельствуют о достаточно однородном распределении давления по территории ПФО.

В связи с происходящими в настоящее время значительными изменениями климата представляет интерес оценка долговременных тенденций изменения АД с помощью рассчитанных коэффициентов наклона линейного тренда (КНЛТ) (гПа/10лет). Результаты расчетов картированы (рис. 5).

Анализ карт показывает, что для всей территории ПФО знак КНЛТ отрицательный, что свидетельствует о понижении атмосферного давления. Наибольшие значения КНЛТ наблюдаются в холодное время года на севере округа. Так, максимальное (по модулю) значение наблюдалось в январе на ст. Лальск (Кировская область) и составило 2,26 гПа/10 лет. Также к зимним месяцам относится и максимальный контраст в распределении КНЛТ по территории. Так, в период декабрь–февраль значения КНЛТ находятся в пределах 1,8–2,4 гПа/10 лет, в то время как в период май–сентябрь разброс КНЛТ составляет лишь 0,7–0,9 гПа/10 лет.

Выполненный авторами ранее анализ ветрового режима на территории ПФО показал, что на всей территории региона скорости ветра ослабевают, что связано с глобальным потеплением климата, при котором происходит уменьшение градиентов температуры и давления. Подобное поведение давления связывается также с усилением циклонической активности в холодный период.

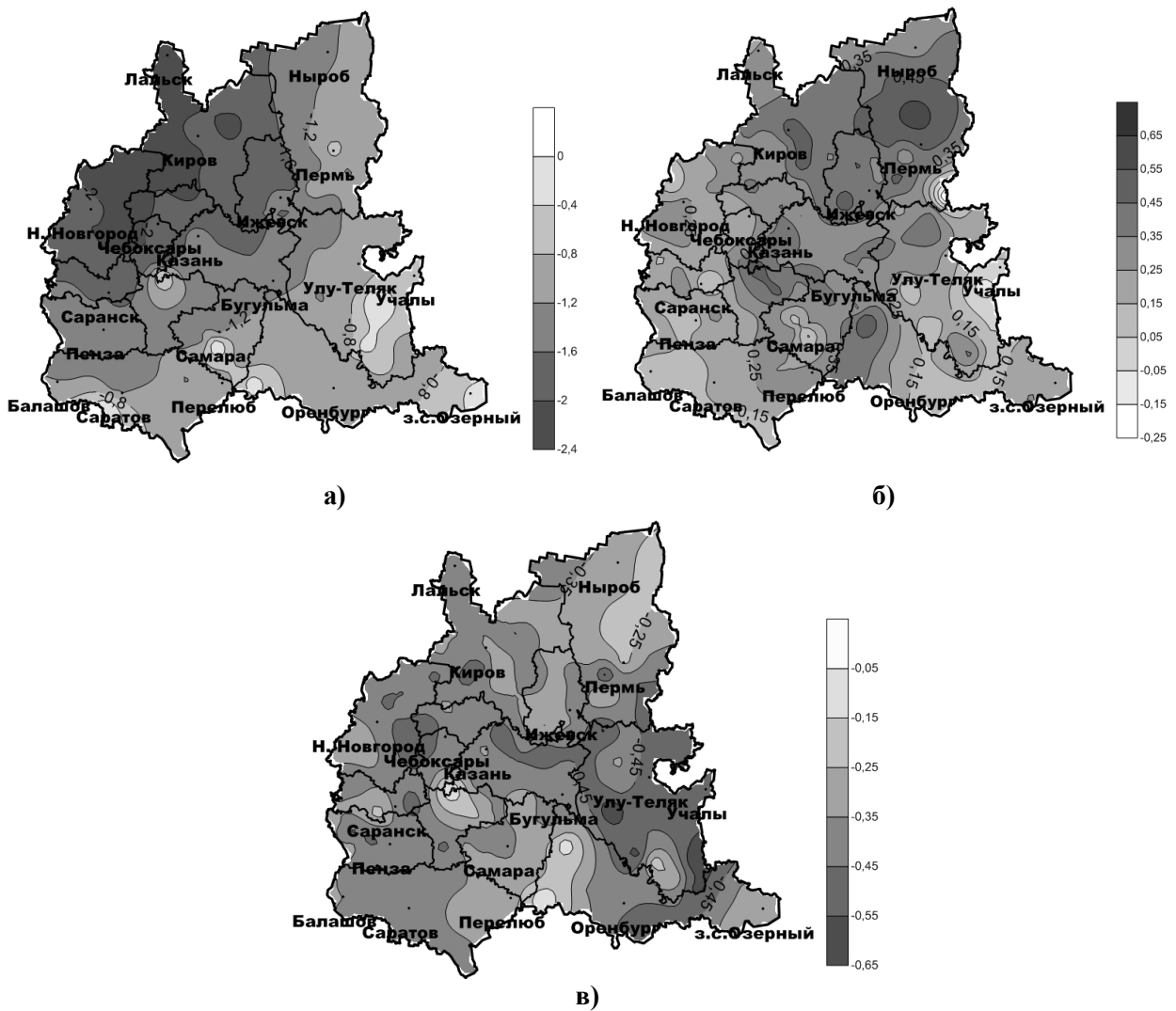


Рис. 5. КНЛТ среднемесячных значений АД на территории ПФО, гПа/10лет: а) январь; б) июль; в) год

Для оценки тесноты связей между отдельными станциями в поле АД рассчитывались коэффициенты корреляции ( $r$ ) между центральной станцией округа (Чистополь) и всеми остальными станциями.

Результаты показывают, что пространственные связи в поле давления очень высоки ( $r$  меняется от 0,8 до 1,0 в течение года). Всё это свидетельствует об однородности и крупномасштабности процесса.

В целях оценки соответствия распределения АД нормальному закону для всех станций и месяцев года рассчитывались асимметрия ( $A$ ) и эксцесс ( $E$ ). Оказалось, что величина  $A$  меняется в пределах от  $-1,3$  до  $1,6$ , при этом  $A$  чаще (в 3 раза) имеет положительный знак, чем отрицательный. Величина  $E$  чаще отрицательная и меняется в пределах от  $1,4$  до  $4,6$ . Таким образом, величины  $A$  и  $E$ , согласно правилам статистики, меняются от малых значений до больших в широком диапазоне, что не дает основания считать, что распределение АД соответствует нормальному закону распределения.

Метеорологические поля тесно связаны друг с другом, поскольку в целом для атмосферы выполняются фундаментальные законы сохранения количества движения, массы и энергии. Поле давления определяет поле вертикальных движений и, следовательно, влияет на формирование полей облачности и осадков. Рассчитанные коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями атмосферного давления и температурой воздуха, с общей и нижней облачностью, подтверждают наличие тесных связей. Выяснилось, что в холодный период (ноябрь-март) коэффициенты корреляции между давлением и температурой на территории округа отрицательны ( $r$  достигает в январе значения  $-0,56$ ), в теплый период (апрель-октябрь) они положительны. Величина  $r$  в июне достигает  $0,62$ . Действительно, в зимний период при активизации циклонической деятельности давление падает, а тем-

пература растет (связи отрицательные), летом, наоборот, с ростом давления в антициклонах растет и температура (связь положительная).

Коэффициенты корреляции между давлением и баллами общей облачности отрицательны и достигают значения  $-0,75$ , что вполне логично: при понижении давления в циклонах облачность растет.

Следует отметить, что временной ход давления включает в себя циклы различной продолжительности, что выявляется при обработке временных рядов методом скользящего 11-летнего осреднения.

На рис. 6 видно, что в январе с 1971 по 1990 г. происходит падение АД, а затем его медленный рост. В июле с 1985 г. происходит сильный рост давления, а начиная с максимальной отметки 2001 г., оно понижается. По-видимому, сказывается влияние процессов общей циркуляции атмосферы, которая также испытывает долговременные колебания, что хорошо прослеживается в поведении форм атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса. Кроме того, необходимо учитывать динамику планетарных барических волн, эволюция которых в XX-XXI столетиях рассмотрена в работе [11].

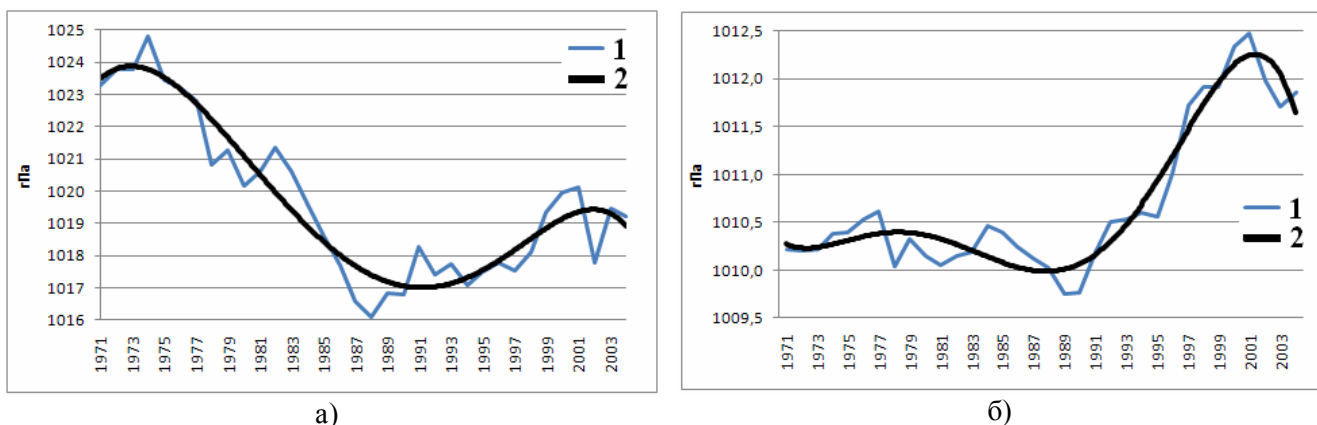


Рис. 6. Многолетний ход АД на территории ПФО (1 – 11-летнее скользящее среднее значение, 2 – нелинейный тренд): а) январь; б) июль

В заключение раздела рассмотрим структурные особенности временных аномалий (отклонений среднемесячных значений от многолетней нормы) атмосферного давления на территории ПФО за период 1966-2009 гг. Аномалии величин давления  $\Delta P_i$  классифицировались по интенсивности и продолжительности. При этом аномалии величиной  $\Delta P_i < \sigma$  считались небольшими, аномалии  $\Delta P_i \geq \sigma$  – крупными, аномалии  $\Delta P_i \geq 1,5\sigma$  – очень крупными и отклонения  $\Delta P_i \geq 2\sigma$  отмечались как экстремалии. Величины аномалий рассчитывались для отдельных станций: Усть-Черная, Емаши, Перелюб, Павлово, Вятские Поляны, характеризующие все части округа.

В табл. 3 приводятся среднемесячные значения АД и данные о СКО для указанных станций.

С использованием полученных значений СКО атмосферного давления проводилась классификация аномалий  $\Delta P_i$  различной интенсивности. В таблице аномалий (размером  $12 \times 44$ , где 12 – количество месяцев в году (по горизонтали), 44 – число лет выборки (по вертикали)) выделялись аномалии различной интенсивности и продолжительности жизни (ПЖА). Таким образом, для каждой из 5 станций строилась матрица из 528 клеток.

Анализ полученных таблиц показал, что примерно 70 % случаев аномалий среднемесячного АД относится к диапазону от  $-\sigma$  до  $\sigma$ , на остальные случаи (крупные, очень крупные и экстремалии) приходится примерно 30 %, что соответствует нормальному закону распределения. Экстремальные ситуации встречаются редко.

Оценка продолжительности жизни аномалий давления ( $\Delta P > |\sigma|$ ) показала, что наиболее вероятна величина ПЖА в 1 месяц ( $\approx 80$  % случаев), около 15 % аномалий имеют ПЖА  $\approx 2$  месяца и ПЖА в 3 и более месяцев наблюдаются не более чем в 5 % случаев (табл. 4). Причем отрицательные аномалии (периоды с пониженным атмосферным давлением) имеют продолжительность жизни несколько большую, чем положительные (периоды с повышенным давлением).

Аналогичная работа проводилась и с данными по скорости ветра. Принципиальных различий по структуре аномалий не обнаружено.

Таблица 3

## Характеристики режима АД (5 станций ПФО)

Среднее многолетнее АД на уровне моря, гПа													
Станция	Месяц												ГОД
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Усть-Черная	1016,5	1018,9	1018,3	1015,9	1014,6	1010,9	1010,8	1012,3	1013,8	1014,4	1016,5	1016,2	1014,9
Емаши	1021,8	1023,0	1022,2	1018,5	1014,9	1010,8	1009,9	1012,6	1015,8	1018,0	1021,7	1022,3	1017,6
Перелюб	1022,0	1022,5	1022,1	1018,0	1015,6	1011,2	1010,3	1012,9	1016,6	1020,1	1022,9	1022,5	1018,0
Павлово	1018,0	1019,0	1018,3	1016,2	1015,4	1011,7	1011,5	1013,4	1015,5	1016,9	1018,1	1017,3	1015,9
В. Поляны	1019,8	1020,8	1020,1	1017,6	1015,1	1011,1	1010,7	1013,0	1015,3	1017,3	1019,8	1019,3	1016,7
СКО среднемесячных значений АД, гПа													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
Усть-Черная	8,4	8,0	7,5	4,2	3,2	3,1	2,6	2,8	3,6	5,5	7,1	8,3	7,4
Емаши	7,7	7,4	7,0	4,1	3,0	3,0	2,6	2,9	3,6	5,0	6,2	7,6	5,0
Перелюб	6,8	6,1	5,8	3,1	2,5	2,6	1,9	2,1	2,5	4,5	5,1	5,6	4,0
Павлово	7,9	7,9	6,4	3,1	2,7	3,2	2,4	2,6	3,1	5,5	6,9	6,1	4,8
В. Поляны	8,0	7,8	6,7	3,7	3,0	3,2	2,5	2,7	3,5	5,5	6,4	6,9	5,0

Таблица 4

## Вероятность продолжительности жизни аномалий АД (%)

Аномалии $\Delta P$ без учета знака					
Станция	Время жизни аномалии (в %)				
	1 М	2 М	3 М	4 М	5 М
Усть-Черная	82	14	2	2	
Емаши	81	13	3	2	1
Перелюб	82	15	2	1	
Павлово	81	15	3	2	
В. Поляны	84	12	2	1	1
Только положительные аномалии $\Delta P$					
Усть-Черная	82	17	2		
Емаши	77	19	4		
Перелюб	75	20	3	2	
Павлово	78	17	5		
В. Поляны	85	13	2		
Усть-Черная	82	11	4	3	
Емаши	84	6	3	5	2
Перелюб	88	10	2		
Павлово	85	12	3	2	
В. Поляны	84	10	3	2	1

Примечание. М – месяц.

**Кратковременные изменения атмосферного давления и связность во временных рядах.** Как уже отмечалось, атмосферное давление испытывает временные колебания различного масштаба: суточные, междусуточные, годовые и т.д. При этом периодические изменения значительно уступают по своей величине непериодическим.



Сами исходные ряды давления, согласно работе [8], не являются безсвязными, то есть не образуют полностью случайной последовательности. Для оценки тесноты связи между членами исходного ряда нами рассчитывались корреляционные функции (КФ). Согласно данным табл. 5, значения давления в первые смежные сутки сильно коррелированы (коэффициенты корреляции  $r$  составляют 0,6-0,8), что свидетельствует о большой инерции процесса. Построенные по средним суточным значениям давления графики корреляционных функций являются убывающими функциями времени  $\tau$ . Через 4-5 суток величина  $r$  становится незначимой. Важно при этом отметить, что затухающий экспоненциальный характер КФ давления свидетельствует о том, что для рядов давления характерна связность по типу марковского процесса (первого порядка). Изменения давления в заданной точке пространства можно рассчитать как простую марковскую цепь. Ранее на это обстоятельство указано в работах [8; 12].

Таблица 5

Значения корреляционной функции давления  $r(\tau)$ 

Станция	Временной сдвиг $\tau$ (сут)				
	$\tau=1$	$\tau=2$	$\tau=3$	$\tau=4$	$\tau=5$
Лальск	0,73	0,40	0,21	0,08	-0,01
Нырб	0,73	0,41	0,23	0,11	0,01
Киров АМСГ	0,74	0,41	0,22	0,09	0,00
Пермь	0,73	0,41	0,22	0,10	0,01
Ижевск	0,74	0,41	0,22	0,09	0,00
Н.Новгород	0,74	0,41	0,20	0,07	-0,01
Чебоксары	0,74	0,42	0,21	0,08	-0,01
Казань ЦГМС	0,74	0,42	0,22	0,09	-0,01
Саранск	0,74	0,41	0,20	0,07	-0,02
Ульяновск	0,75	0,42	0,21	0,07	-0,02
Бугульма	0,74	0,41	0,21	0,08	-0,01
Улу-Теляк	0,74	0,40	0,20	0,08	-0,01
Учалы	0,73	0,39	0,19	0,07	-0,02
Пенза	0,74	0,40	0,19	0,06	-0,03
Самара	0,63	0,20	0,02	-0,04	-0,06
Балашов	0,73	0,41	0,22	0,10	0,01
Маркс	0,74	0,39	0,17	0,04	-0,03
Перелюб	0,74	0,40	0,18	0,05	-0,03
Оренбург	0,74	0,39	0,17	0,05	-0,02
Зерносовхоз «Озерный»	0,72	0,34	0,14	0,03	-0,03

В то же время расчеты показывают, что средние месячные величины давления коррелируют во времени слабо, что усложняет проблему долгосрочного прогнозирования.

В работе [13] отмечается, что и рядом средней месячной температуры воздуха свойственно наличие слабой, но статистически значимой положительной корреляции.

Для практических целей более важны кратковременные изменения АД, в частности межсуточные. Межсуточной изменчивостью давления (МИД) называют среднее многолетнее из суточных разностей давления, взятых по модулю (табл. 6). МИД служит для характеристики неперiodических изменений давления, обусловленных атмосферной циркуляцией. Согласно работе [10], в атмосфере постоянно возникают, эволюционируют, перемещаются и затухают крупные барические системы – циклоны и антициклоны. Следствием этой циклонической деятельности и являются неперiodические колебания давления.

Как известно, междусуточные изменения атмосферного давления в пределах 6-10 гПа и выше становятся весьма ощутимыми для человеческого организма. Обнаружена тенденция совпадения кривой количества резких ( $>8$ гПа) изменений давления воздуха с числом вызовов скорой помощи по поводу заболеваний с диагнозом «стенокардия и гипертония» [14]. В данной статье рассчитывались для 20 станций округа междусуточные перепады давления для всех месяцев года  $\Delta P = P_{i+1} - P_i$ , где  $i$  –

номер суток. Осредненные за 44 года значения  $\Delta P$  испытывают годовой ход от 6 гПа (декабрь-февраль) до 2-3 гПа (июнь-август). По территории округа величина  $\Delta P$  меняется в пределах от 5,1 (север) до 3,5 гПа (юг). При этом численные значения отрицательных и положительных значений примерно одинаковы. Осредненные величины  $\Delta P$  по порядку сопоставимы с величиной СКО давления, рассчитанных по суточным данным.

Таблица 6

**Осредненная межсуточная изменчивость атмосферного давления по модулю (гПа)**

Станция	Месяц												Среднее
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	6,95	6,17	5,90	5,00	4,44	3,47	3,02	3,51	4,46	5,98	5,89	6,36	5,10
Ныроб	6,63	6,03	5,63	5,11	4,56	3,46	3,04	3,60	4,50	5,74	6,02	6,34	5,06
Киров АМСГ	6,64	5,97	5,56	4,70	4,23	3,27	2,95	3,32	4,26	5,81	5,65	6,25	4,88
Пермь	6,32	5,87	5,40	4,83	4,21	3,24	2,92	3,38	4,36	5,57	5,74	6,03	4,82
Ижевск	6,29	5,83	5,35	4,63	4,01	3,19	2,83	3,16	4,17	5,50	5,52	6,08	4,71
Н.Новгород	6,30	5,99	5,53	4,60	3,75	3,05	2,88	3,08	4,07	5,59	5,46	6,14	4,70
Чебоксары	6,08	5,79	5,44	4,59	3,76	2,99	2,80	3,04	4,02	5,53	5,40	6,11	4,63
Казань ЦГМС	6,29	5,76	5,35	4,52	3,79	3,07	2,75	2,99	4,12	5,55	5,28	5,95	4,62
Саранск	5,86	5,67	5,23	4,37	3,49	2,85	2,70	2,90	3,84	5,31	5,20	5,89	4,44
Ульяновск	5,91	5,66	5,16	4,34	3,62	2,98	2,66	2,95	3,92	5,13	5,20	6,10	4,47
Бугульма	5,98	5,62	5,19	4,50	3,71	3,06	2,69	2,98	3,91	5,28	5,30	5,89	4,51
Улу-Теляк	5,88	5,64	5,19	4,65	3,77	3,03	2,73	3,07	3,98	5,18	5,53	5,84	4,54
Учалы	5,55	5,86	5,36	4,72	4,09	2,98	2,69	3,10	4,07	5,19	5,62	5,72	4,58
Пенза	5,79	5,54	5,05	4,18	3,41	2,83	2,62	2,81	3,67	5,08	5,05	5,73	4,31
Самара	4,24	4,17	4,15	3,59	2,73	2,40	2,07	2,14	2,65	3,14	3,60	4,14	3,25
Балашов	5,67	5,38	4,86	3,96	3,25	2,73	2,51	2,69	3,54	4,81	4,94	5,51	4,16
Маркс	5,50	5,26	4,74	4,06	3,37	2,72	2,45	2,65	3,49	4,85	4,93	5,42	4,12
Перелюб	5,57	5,34	4,84	4,23	3,50	2,74	2,45	2,77	3,58	4,78	4,88	5,48	4,18
Оренбург	5,64	5,45	4,95	4,48	3,66	2,77	2,48	2,95	3,53	4,77	5,05	5,50	4,27
Зерносовхоз «Озерный»	5,61	5,68	5,34	4,94	4,12	2,93	2,55	3,27	3,80	4,84	5,37	5,65	4,51
СРЕДНЕЕ	5,93	5,63	5,21	4,50	3,77	2,99	2,69	3,02	3,90	5,18	5,28	5,81	4,49
МАКСИМУМ	6,95	6,17	5,90	5,11	4,56	3,47	3,04	3,60	4,50	5,98	6,02	6,36	5,10
МИНИМУМ	4,24	4,17	4,15	3,59	2,73	2,40	2,07	2,14	2,65	3,14	3,60	4,14	3,25
Разность МАКСИМУМ– МИНИМУМ	2,72	2,00	1,76	1,52	1,83	1,07	0,97	1,46	1,85	2,84	2,42	2,22	1,84

Вместе с тем неосредненные (индивидуальные) междусуточные изменения давления достигают значительных величин.

Периодические колебания АД определяются его суточным ходом, который не столь велик. Он меняется от 4 гПа (лето) к 6 гПа (зима).

**Выводы**

1. Закономерности пространственно-временного распределения характеристик атмосферного давления свидетельствуют о континентальном характере барического поля.

2. Кратковременные непериодические изменения давления, обусловленные циклонической деятельностью, значительно превышают по величине регулярные периодические колебания: более чем в 20% случаев междусуточные изменения превышают 8 гПа.

3. Связность во временных рядах атмосферного давления, составленных из среднесуточных значений, затухает по экспоненциальному закону.

4. Знак корреляционных связей между давлением и температурой воздуха меняется с отрицательного в холодный период на положительный – в теплый, с общей облачностью коэффициенты корреляции отрицательны в течение всего года.

5. Получены отрицательные линейные тренды АД для всего округа, свидетельствующие о его понижении в рассматриваемый период.

6. Аномалии атмосферного давления имеют продолжительность существования, как правило, 1-2 месяца.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 620 с.
2. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 328 с.
3. Герман Дж.Р., Голдберг Р.А. Солнце, погода и климат. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 319 с.
4. Монин А.С. Гидродинамика атмосферы, океана и земных недр. СПб.: Гидрометеиздат, 1999. 524 с.
5. Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Динамика полей температуры воздуха Северного полушария в современный период // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4, №1. С. 73-80.
6. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Мониторинг глобальных и локальных изменений климата в тропосфере и стратосфере Северного полушария // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2011. Т. 24. С. 116-130.
7. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А., Наумов Э.П., Шумихина А.В. Изменение климата Приволжского федерального округа в последние десятилетия и их взаимосвязь с геофизическими факторами // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. Вып. 4. С. 122-135.
8. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 295 с.
9. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
10. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 582 с.
11. Глобальные и региональные изменения климата. Киев: Ника-центр, 2011. 447 с.
12. Борисенков Е.П. Физико-статистические методы анализа и представления метеорологических полей // Тр. ААНИИ. 1963. Т. 263. 243 с.
13. Решетов В.Д. Изменчивость метеорологических элементов в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 215 с.
14. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 456 с.

Поступила в редакцию 31.07.13

*Yu.P. Perevedentsev, T.R. Aukhadeev*

#### **Spatial and temporal variations of atmospheric pressure at the Volga Federal District over the last decade**

We consider the spatial and temporal changes and interactions in the surface atmospheric pressure in the Volga Federal District, as measured at 183 meteorological stations in the period of 1966 to 2009. Evaluated are periodic (daily and annual variations) and non-periodic changes in pressure caused by cyclonic activity. Statistical relationships between atmospheric pressure, air temperature and cloud cover in different seasons are considered. A general trend of reducing the pressure in the period of 1966 to 2009 in the entire region is revealed.

*Keywords:* atmospheric pressure, periodic and non-periodic changes, variance, correlation, pressure anomalies, the trend of atmospheric pressure.

Переведенцев Юрий Петрович,  
доктор географических наук, профессор  
E-mail: Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Аухадеев Тимур Ринатович, аспирант  
E-mail: Timur-Aukhadeev@rambler.ru

ФГАОУ ВПО «Казанский федеральный университет»  
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Perevedentsev Yu.P.,  
doctor of geography, professor  
E-mail: Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Aukhadeev T.R., postgraduate student  
E-mail: Timur-Aukhadeev@rambler.ru

Kazan (Volga) Federal University  
420008, Kazan, Kremlevskaya st., 18