

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ ПРИЗЕМНОГО ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ С ВЫШЕЛЕЖАЩИМИ СЛОЯМИ АТМОСФЕРЫ

Л. М. Акимов

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 15 декабря 2011 г.

Аннотация: Проведен анализ связей парных коэффициентов корреляции между фактическими значениями геопотенциала на стандартных изобарических поверхностях: 1000, 850, 700, 500, 300, 200 и 100 гПа в узлах сетки с шагом 10°, на широтах 40, 50, 60, 70 и 80° с. ш. В каждой широтной зоне выявлены особенности, которые важно учитывать при восстановлении полей более высоких уровней и для разработки и корректировки долгосрочных прогнозов погоды.

Ключевые слова: геопотенциал, корреляционные связи, давление, изобарическая поверхность.

Abstract: The article is devoted to analysis of the connections of pair correlation coefficients between the actual values of the geopotential on standard isobaric surfaces: 1000, 850, 700, 500, 300, 200 and 100 hPa in the grid with a step 10°, at latitudes 40, 50, 60, 70 and 80° n.l. In each latitudinal zone special features have been revealed, as well as their importance for the restoration of the fields of higher levels and for the development and adjustment of long-term weather forecasts.

Key words: geopotential, correlation connections, pressure, isobaric surface.

Связь приземного поля с вышележащими слоями исследовалась многими авторами [1, 2, 3, 4]. Проведенные позволили получить новые сведения о структуре общей циркуляции атмосферы, о взаимосвязях процессов в пространстве и во времени. Дальнейшие разработки в этом направлении помогут более полному пониманию закономерностей развития и эволюции циркуляции атмосферы северного полушария.

В данном исследовании предпринята попытка, выявить особенности взаимосвязей между слоями, используя фактические значения геопотенциала на стандартных изобарических поверхностях: 1000, 850, 700, 500, 300, 200 и 100 гПа. Для реализации поставленной задачи использовались данные среднемесячных значений геопотенциала в узлах сетки с шагом 10°, на широтах $j = 40, 50, 60, 70$ и 80° с.ш. Предварительно, в каждом узле для фиксированной широты j рассчитывались нормы $\overline{H}_{1,j}^g(t)$ месяца t и высоты g .

$$\begin{matrix} \overline{H}_{1,j}^{1000}(t) & \overline{H}_{1,2j}^{1000}(t) & \mathbf{K} & \overline{H}_{1,36j}^{1000}(t) \\ \overline{H}_{1,j}^{850}(t) & \overline{H}_{1,2j}^{850}(t) & \mathbf{K} & \overline{H}_{1,36j}^{850}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{H}_{1,j}^{100}(t) & \overline{H}_{1,2j}^{100}(t) & \mathbf{K} & \overline{H}_{1,36j}^{100}(t) \end{matrix}, \quad (1)$$

Между поверхностью по $\overline{H}_{1,j}^{1000}(t)$ и остальными слоями атмосферы для синхронных сроков рассчитаны парные коэффициенты корреляции $R[\overline{H}_{1,j}^{g_1}(t), \overline{H}_{1,j}^{g_2}(t)]$.

Результаты расчетов показали, что степень связи для различных изобарических поверхностей и на различных широтах неодинакова. Для выявления особенностей взаимосвязей на каждой широте в таблице представлены результаты годового осреднения.

Анализируя данные таблицы, можно прийти к выводу, что наиболее тесные связи отмечаются между полями $\overline{H}_{1,j}^{1000}(t)$ и $\overline{H}_{1,j}^{850}$, хотя на различных широтах уровень этой связи различен. Максимумы корреляции наблюдаются на широтах

$j = 80^\circ$ с.ш., где значение $\overline{R}[\overline{H}_{1,j}^{g_1}(t), \overline{H}_{1,j}^{g_2}(t)]$ достигает 0,87 и $j = 40^\circ$ с.ш., со значением $R = 0,86$. Минимальное значимое $R = 0,45$ выявлено на широте $j = 70^\circ$ с.ш.

С увеличением высоты уровень связи монотонно понижается, достигая минимума на высоте $H = 300$ гПа. На этом уровне корреляционные связи на всех широтах или совсем отсутствуют, или принимают небольшие отрицательные значения.

Осредненные за год значения коэффициентов корреляции

	Осредненные значения коэффициентов корреляции					
	$\varphi = 80^\circ$	$\varphi = 70^\circ$	$\varphi = 60^\circ$	$\varphi = 50^\circ$	$\varphi = 40^\circ$	Среднее
1000-850	0,87	0,45	0,72	0,75	0,86	0,75
1000-700	0,63	0,02	0,35	0,53	0,56	0,42
1000-500	0,34	-0,15	0,09	0,31	0,30	0,18
1000-300	0,15	-0,22	-0,09	0,09	-0,02	-0,02
1000-200	0,25	-0,20	-0,17	-0,04	-0,30	-0,09
1000-100	0,38	-0,05	-0,34	-0,39	-0,50	-0,12

Выше уровня 300 гПа величина коэффициентов корреляции немного увеличивается с высотой, но уже с обратным знаком.

Более детальную картину взаимосвязей можно наблюдать при анализе распределения коэффициентов корреляции по отдельным месяцам. При этом параллельно исследуем, как проявляются особенности корреляционных связей на различных широтных зонах. На рис. 1 представлен годовой ход коэффициентов корреляции для различных высот на широте 80° . Здесь кривые, отражающие связи между уровнем 1000 гПа и всеми вышележащими слоями, показаны различными маркерами.

Из рис. 1 видно, что на широте $j = 80^\circ$ с.ш. связь

$R \left[\overline{H_j^{1000}}(t), \overline{H_j^{850}}(t) \right]$ в течение всего года довольно высокая, уровень коэффициентов корреляции не опускается ниже 0,70, а годовой ход практически отсутствует. Наименьшие значения $R = 0,71 \div 0,76$ отмечаются в августе-сентябре, а максимумы наблюдаются в марте и июне с величинами $R = 0,95$. В остальные месяцы уровень значений коэффициентов корреляции около $R = 0,80$. Средний годовой коэффициент корреляции составляет 0,89.

Уровень связей во всех месяцах года, для высоты 700 гПа по сравнению с АТ-850 гПа, заметно уменьшается, но в летние месяцы (май-июль) они могут также достигать высоких значений. Экстремум наблюдается в июле ($R = 0,91$). Относительно высокие значения ($R = 0,7 \div 0,8$) отмечаются в первую половину года. Начиная с августа, коэффициенты корреляции заметно уменьшаются, приобретая в сентябре годовой минимум (0,04), но в октябре теснота связей увеличивается до 0,64, сохраняясь на таком уровне лишь один месяц.

Еще ниже уровень корреляционных связей отмечается для АТ-500 гПа. Характерной особенностью этой поверхности, как и для всех вышележащих слоев атмосферы, является наличие годового

хода. При общем пониженном фоне коэффициентов корреляции, выделяются летние месяцы: май-июнь, в которых коэффициенты корреляции достигают значений 0,79, но, начиная с августа и до конца года, значения R резко уменьшаются и даже приобретают отрицательный знак ($-0,13$). Относительно высокие значения отмечаются с января по март ($R = 0,53 \div 0,57$).

Аналогичный характер связей наблюдается и на АТ-300 гПа с максимальными значениями в мае и в июле, но уровень связей в экстремальных месяцах еще ниже ($0,64 \div 0,66$). В январе-марте коэффициенты корреляции сохраняются на уровне $0,3 \div 0,4$, а во второй половине года переходят в незначительные отрицательные величины.

Для поверхности АТ-200 гПа величина связей зависит от времени года: повышенные положительные значения характерны для первой половины года а, начиная с июля, корреляционные связи приобретают отрицательный знак. При этом в первой половине (январь-март) значения R , по сравнению с АТ-300 гПа, несколько увеличились. Максимум ($R = 0,74$) наступает в мае. Во второй половине года значения коэффициентов корреляции сохраняются низкими, имея аналогичный годовой ход с АТ-300 гПа.

В весенне-зимний период (декабрь-март) на поверхности АТ-100 гПа, наблюдается резкое повышение коэффициентов корреляции с максимумом ($R = 0,87$) в марте. Начиная с июня, величина связей носит отрицательный характер с небольшими величинами.

Распределение коэффициентов корреляции, описывающих взаимосвязь между приземным полем давления и вышележащими слоями атмосферы на широте $j = 70^\circ$ с.ш., представлено на рис. 2.

Характерной особенностью в распределении коэффициентов корреляции на широте $j = 70^\circ$ с.ш., по сравнению с распределением на $j = 80^\circ$ с.ш. яв-

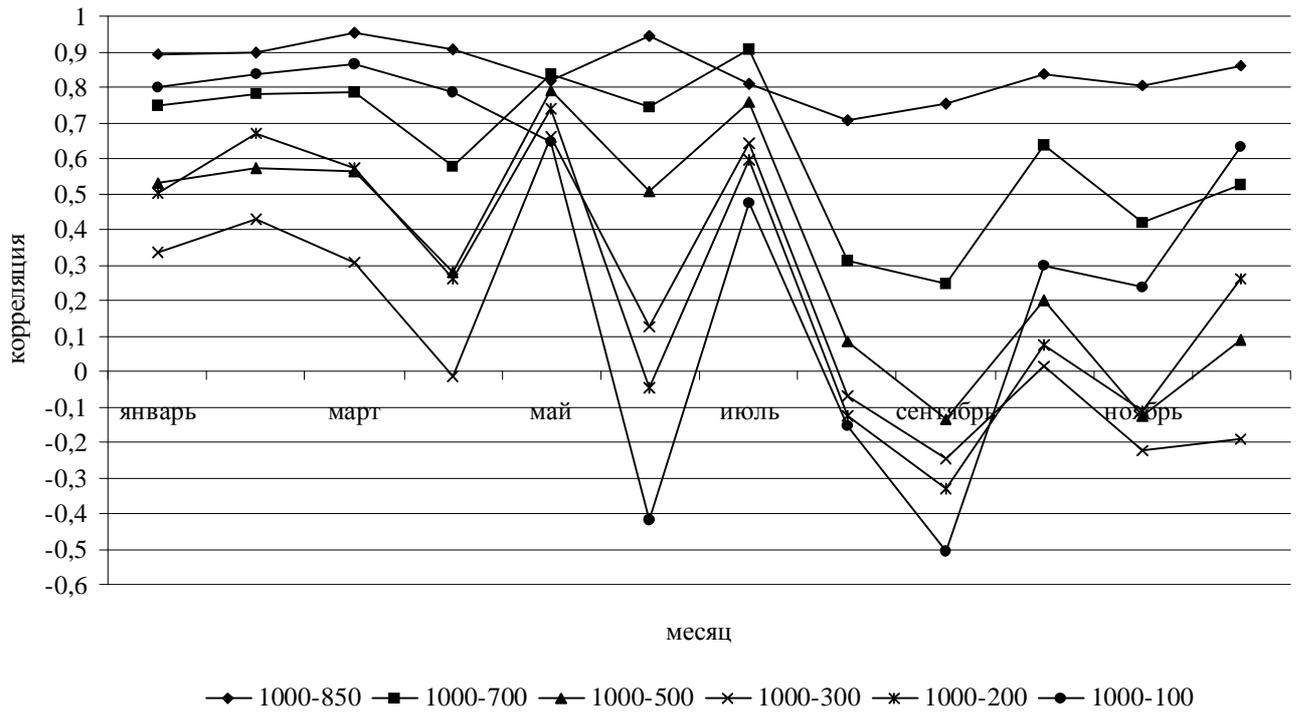


Рис. 1. Годовой ход коэффициентов корреляции на широте $j = 80^\circ$ с.ш.

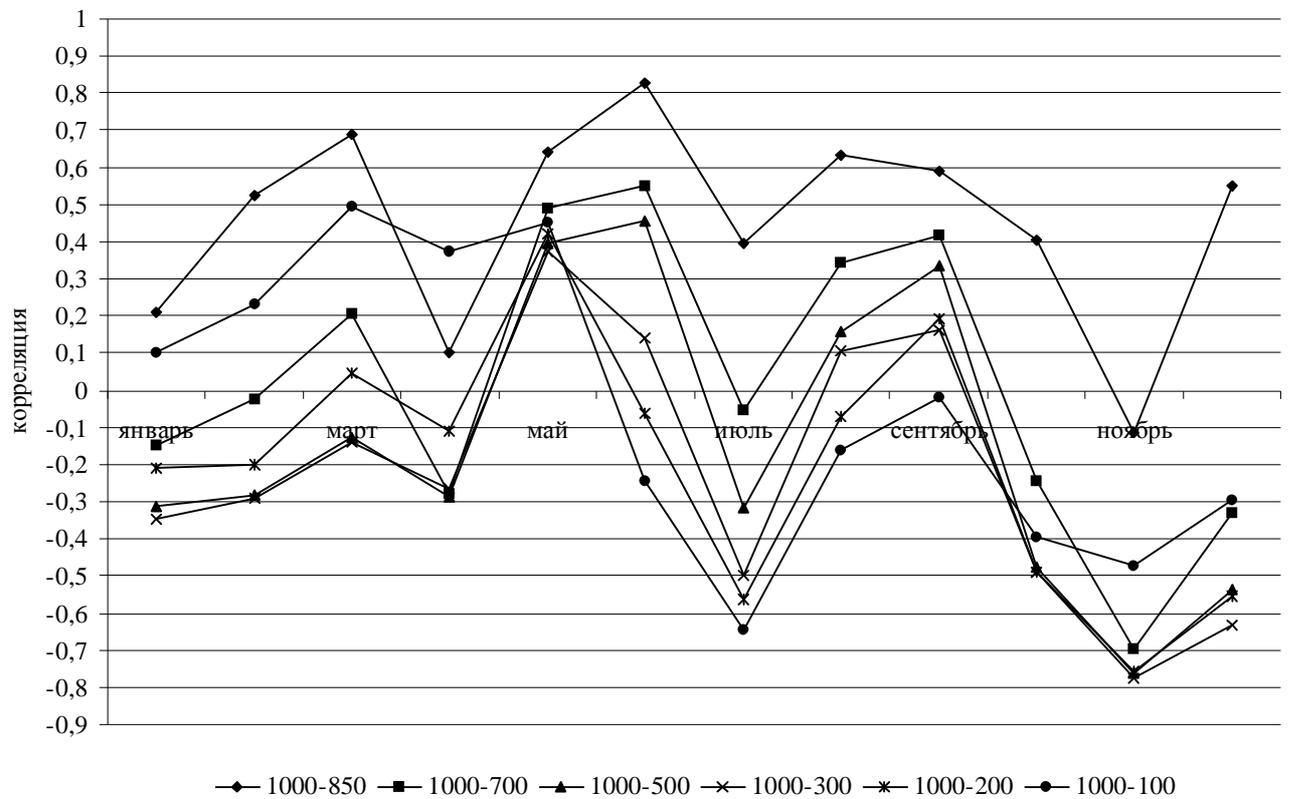


Рис. 2. Годовой ход коэффициентов корреляции на $j = 70^\circ$ с.ш.

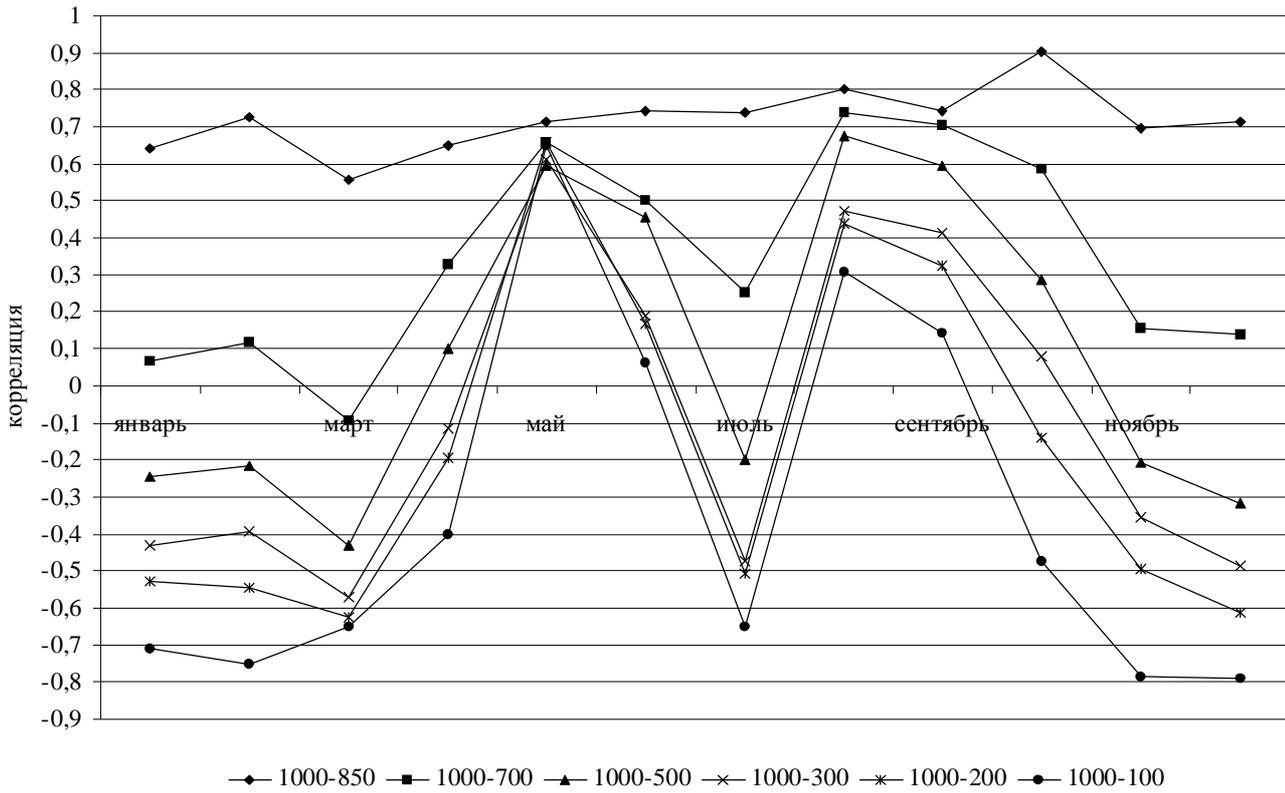


Рис. 3. Годовой ход коэффициентов корреляции на $j = 60^\circ$ с.ш.

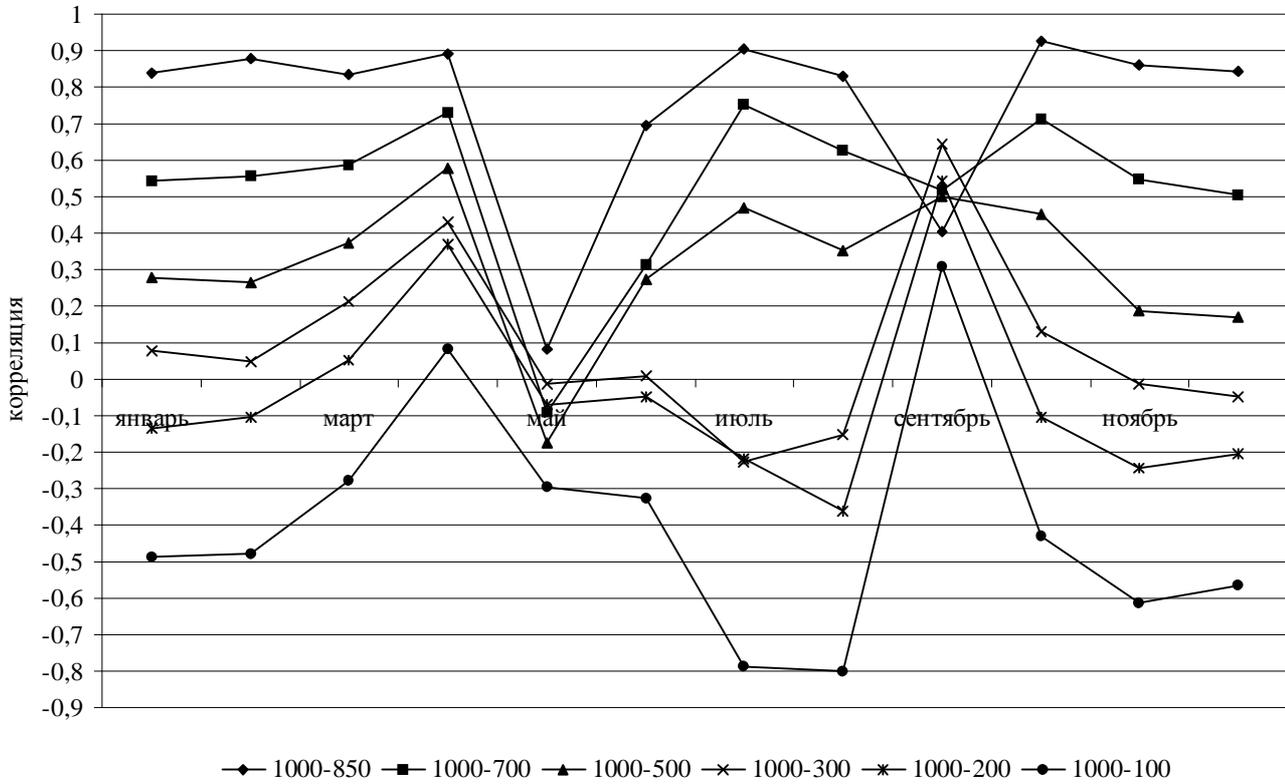


Рис. 4. Годовой ход коэффициентов связи на $j = 50^\circ$ с.ш.

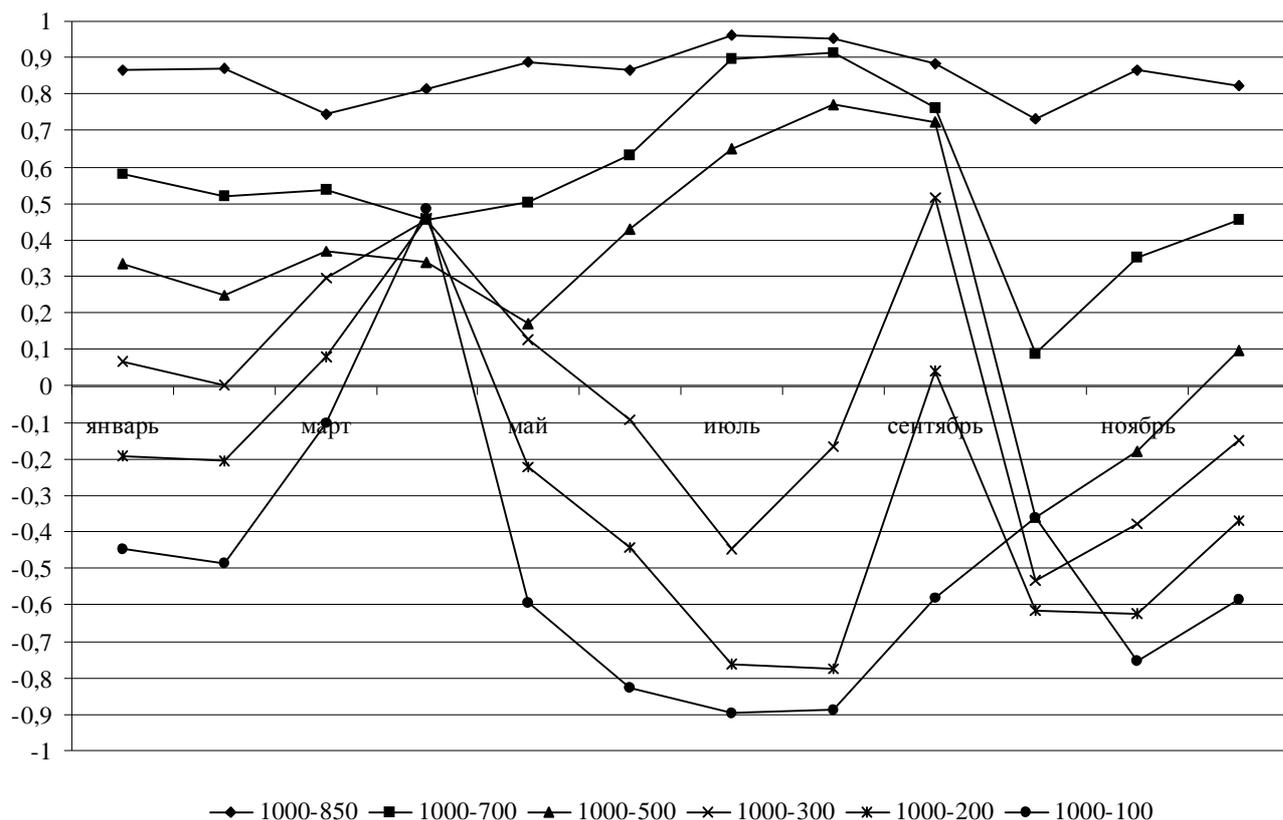


Рис. 5. Годовой ход коэффициентов корреляции на $j = 40^\circ$ с.ш.

ляется то, что в данном случае в их годовом ходе имеет место несколько экстремумов различных по мощности, которые проявляются на всех поверхностях. При этом максимумы более высоких слоев имеют запаздывание на один месяц.

Так, для АТ-850 гПа, АТ-700 и АТ-500 гПа основной максимум связи приходится на июнь, где $R > 0,8$. В тоже время для поверхностей 300, 200 и 100 гПа наибольшие связи наблюдаются в мае. Минимумы на всех высотах синхронно отмечаются в апреле, июле и ноябре. Причем, в ноябре он достигает наибольших значений ($R > -0,78$).

На широте $j = 60^\circ$ с.ш., (рис. 3) на всех высотах, кроме АТ-850 гПа вид кривых имеет однородный характер с совпадением экстремумов.

Четко проявляются два максимума, один из которых приходится на май и август, а минимумы отмечаются в июле и декабре. Однако величина экстремальных значений является значимой не для всех изобарических уровней. Чем выше изобарическая поверхность, тем связь менее тесная. Минимумы с отрицательными значениями приходятся на февраль, июль и декабрь. При этом они могут принимать достаточно высокие значения, особенно на поверхности АТ-100 гПа (в декабре $R = -0,79$).

Характер корреляционных связей на широте $j = 50^\circ$ с.ш. отражен на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что на всех поверхностях имеет место хорошо выраженный годовой ход коэффициентов корреляции с несколькими экстремумами. В холодное время года (ноябрь-март) уровень связей является линейной функцией высоты: чем выше рассматриваемый изобарический уровень, тем менее тесными оказываются корреляционные связи. Наиболее высокие значения R связаны с поверхностью АТ-850 гПа, где коэффициенты корреляции достигают в июле величины 0,89. На вышележащих слоях атмосферы связь уменьшается и для АТ-500 гПа, 300 гПа и 200 гПа она близка к нулю. Коэффициенты корреляций приземного поля давления с поверхностью АТ-100 гПа в октябре меняют знак на противоположный и в ноябре принимают значение $R = -0,61$.

От января к апрелю теснота связи между приземным полем давления и вышележащими слоями растет, коэффициенты корреляции до поверхности АТ-500 гПа имеют положительные значимые связи. Максимум корреляции достигается на поверхности АТ-850 гПа и составляет 0,89. С апреля к маю на всех поверхностях происходит рез-

кое уменьшение коэффициентов корреляции. В мае их величины опускаются почти до нулевых значений. Начиная с мая, ход кривых для слоев выше АТ-850, АТ-700, АТ-500 гПа и ниже этих уровней носят противоположный характер. Так, для АТ-500 гПа и уровней, лежащих ниже, связи имеют положительные значения с максимумом в июле. Наиболее высокие коэффициенты корреляции отмечаются для поверхности АТ-850 гПа. Для вышележащих поверхностей, корреляционные связи имеют отрицательный знак, а их величина с высотой растет. Максимум достигается на АТ-100 гПа в августе ($R=0,80$). В сентябре происходит пересечение кривых всех уровней, а значения R колеблются от 0,3 до 0,63. В ноябре характер кривых снова восстанавливается.

Различие в характере связей между приземным полем давления и поверхностями, лежащими выше и ниже АТ-500 гПа, более четко просматривается на широте $j = 40^\circ$ с.ш. (рис. 5).

Согласно рис. 5, кривые коэффициентов корреляции для высот АТ-850, 700, 500 гПа имеют слабовыраженный годовой ход с максимальными значениями, в зависимости от высоты, с июля по сентябрь. Повторяя конфигурацию, с высотой коэффициенты имеют более заниженный фон.

На высотах, начиная с АТ-300 гПа и выше, в летний период с мая по сентябрь, значения коэффициентов корреляции принимают отрицательный знак, увеличиваясь с высотой, и имеют максимальное значение в июле.

В результате анализа графиков годового хода коэффициентов корреляции, для различных широтных зон, можно сделать следующие выводы

1. Судя по осредненным за год значениям коэффициентам корреляции, наиболее тесные связи наблюдаются между полем давления на 1000 гПа и на поверхности 850 гПа. Это происходит на всех широтах и во всех календарных месяцах. С увеличением высоты значения коэффициентов корреляции монотонно уменьшаются. Это особенно наглядно видно в месяцах холодного полугодия. При этом уже для поверхности 500 гПа коэффициенты корреляции принимают нулевые значения. Наибольший разрыв в величине коэффициентов корреляции наблюдается между поверхностями 850 гПа и 700 гПа.

Акимов Леонид Мусамудинович
кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (473) 266-56-54, 8-951-850-49-82, E-mail: akl63bk.ru, root@geogr.vsu.ru

2. По однородности годового хода кривых распределения коэффициентов корреляции всю рассматриваемую широтную зону $40 \div 80^\circ$ можно разделить на две подзоны: $60 \div 80^\circ$ с.ш. и $40 \div 50^\circ$ с.ш.

3. В северной широтной зоне ($60 \div 80^\circ$ с.ш.) в годовом ходе кривых распределения коэффициентов корреляции на всех высотах имеет место хорошо выраженный годовой ход с двумя максимумами, один из которых отмечается в мае, второй, в зависимости от широты, – в августе или в сентябре. Основной минимум на всех широтах приходится на июль, второй наблюдается в ноябре. Исключением является кривая годового хода R для поверхности 850 гПа, на которой он практически отсутствует.

4. На широтах $40 \div 50^\circ$ с.ш. в холодное полугодие кривые годового хода повторяют конфигурацию кривых, характерную для этого периода северных широт. Однако в теплый период, начиная с мая по сентябрь, кривые для поверхностей, находящихся выше и ниже 500 гПа, имеют противоположные фазы. В мае и сентябре происходит на этих поверхностях пересечение кривых коэффициентов корреляции.

Таким образом, наряду с общими закономерностями, присущими распределению корреляционных связей в пределах года, в каждой широтной зоне имеются свои особенности, которые важно учитывать при восстановлении полей более высоких уровней и для разработки и корректировки долгосрочных прогнозов погоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт северного полушария / М. Ю. Бардин // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 11. – С. 24-37.
2. Воробьева Е. В. Сопряженность атмосферных процессов в северном полушарии. / Е. В. Воробьева. – Л. : Гидрометеоздат, 1962. – 116 с.
3. Кошельков Ю. П. Различия в структуре и циркуляции средней атмосферы между полушариями / Ю. П. Кошельков, Д. А. Тарасенко // Метеорология и гидрология. – 1990. – № 6. – С. 34-40.
4. Переведенцев Ю. П. Некоторые особенности атмосферной циркуляции северного полушария и взаимосвязь между слоями / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Н. В. Исмагилов. – Казань : Магариф, 1999. – 64 с.

Akimov Leonid Musamudinovich
PhD in Geography, associate professor of the department of geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, tel. (473) 266-56-54, 8-951-850-49-82, E-mail: akl63bk.ru, root@geogr.vsu.ru