

УДК 551.515.3

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПРЕДИКТОРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

В.П. Закушилов, Т.Н. Задорожная

В работе приведены результаты корреляционного анализа между продолжительностью сложных метеорологических условий, наблюдаемых над Европейской территорией России и сопредельных государств и изменениями температуры, дефицита точки росы и атмосферного давления, наблюдаемые за предыдущие сутки, двое и трое при зональном типе и формах меридионального типа циркуляции. Выявлены районы значимого влияния и параметры приземного слоя атмосферы, которые могут быть использованы в качестве предикторов при прогнозе сложных метеорологических условий.

Ключевые слова: корреляционный анализ, сложные метеорологические условия, формы атмосферной циркуляции, асинхронные связи

ВВЕДЕНИЕ

При планировании различных видов деятельности авиации велика роль прогнозов погоды, составной частью которых являются данные о будущем распределении высоты нижней границы облачности и горизонтальной дальности видимости. Именно эти параметры атмосферы определяют степень сложности метеорологических условий. При этом сложные метеорологические условия (СМУ) существенно ограничивают, а порой делают невозможным выполнение полетных заданий. С практической точки зрения важным является предсказать не только ожидаемую степень сложности метеорологических условий, но и дать прогноз ее продолжительности в течение летной смены.

Известно, что на погодные условия существенное влияние оказывает характер общей циркуляции атмосферы, который обуславливает перемещение воздушных масс, с некоторыми термогигрометрическими характеристиками, в определенные районы рассматриваемой территории. При этом наблюдается соответствующая адвекция температуры и влагосодержания. Эти метеорологические величины, совместно с характером барического поля, и должны влиять на степень сложности метеорологических условий и их продолжительность.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОПИСАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Цель данной работы – по средствам корреляционного анализа выявить набор метеорологических величин, влияющих на формирование сложных метеорологических условий при различных формах атмосферной циркуляции над районами Восточной Европы.

В работе исследуются случаи с продолжительностью СМУ, характеризующихся высотой нижней границы 100 м и менее (при количестве баллов 7 и более) и горизонтальной видимостью 1000 м и менее, наблюдаемые в период светлого времени (летной смены) в холодный период года (месяцах ноябрь, декабрь, январь) на 20 аэродромах европейской территории России и сопредельных государств.

Для диагноза возникновения принятой степени сложности метеорологических условий был определен ряд метеорологических величин приземного слоя атмосферы, оказывающих влияние на это. Ими явились данные по температуре и дефициту точки росы у поверхности земли, атмосферному давлению на уровне моря, для всех 20 станций. Кроме того, для определения характера атмосферной циркуляции, с карт барической топографии AT_{500} снимались среднесуточные значения абсолютного геопотенциала в 25 узлах регулярной сетки точек, охватывающие исследуемую территорию.

В практике прогнозирования и научных исследованиях для характеристики общей циркуляции атмосферы наибольшее применение нашли типизации макропроцессов, предложенные Г.Я. Вангенгеймом, А.Л. Кацем и В.Л. Дзержиевским [1].

В данной работе для учета характера атмосферной циркуляции над рассматриваемой территорией использована типизация атмосферных процессов, предложенная А.Л. Кацем [2]. По ней все процессы, с учетом интенсивности и направленности переноса тепла и влаги на континент, разделяются на зональные и меридиональные. Преимуществом ее является использование

объективных показателей такого разделения, которыми служат индексы зональной J_z и меридиональной J_M циркуляции. Они характеризуют удельный поток массы воздуха за единицу времени над рассматриваемым районом соответственно в меридиональном и широтном направлениях. В данном случае они рассчитаны для атлантико-евразийского сектора Северного полушария (сектор с широтами $\varphi = 35^\circ - 70^\circ$ с.ш. и долготами $\lambda = 50^\circ$ з.д. - 80° в.д.).

В работе для анализа влияния атмосферной циркуляции на продолжительность сложных метеорологических условий над рассматриваемой территорией для каждой формы циркуляции меридионального типа и отдельно для зонального типа по каждой станции рассчитывались повторяемости дней со сложными метеорологическими условиями. Данная информация подробно приведена в [3]. По результатам исследования в рассматриваемом сезоне, на меридиональный тип приходится чуть больше половины (53,8%), на зональный соответственно приходится 46,2%. Что касается форм меридионального типа, то несколько чаще наблюдается центральная форма (16,8%), повторяемость трех других форм примерно одинакова и составляет: восточная – 11,6%, западная – 12,1%, смешанная – 13,3%.

Анализ пространственного распределения рассчитанных значений повторяемости сложных метеорологических условий над исследуемой территорией позволил выявить локализацию зон с максимальными и минимальными их значениями. На основании этого был сделан вывод, что при каждом типе циркуляции формируется поле сложных метеорологических условий со своими особенностями [3].

Для диагноза степени влияния параметров приземного слоя атмосферы на продолжительность СМУ над рассматриваемой территорией, анализировались асинхронные корреляционные связи между рядами продолжительности СМУ и изменениями, произошедшими за последние сутки, двое и трое (для соответствующих временных сдвигов) температуры (ΔT) и дефицита точки росы (ΔD) в приземном слое, а также атмосферного давления (ΔP) на уровне моря, наблюдающихся на станциях исследуемой территории при зональном типе и формах меридионального типа циркуляции. Количественная оценка тесноты взаимно корреляционных связей осуществлялась с помощью парных коэффициентов корреляции [4], рассчитанных по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)\sigma_x\sigma_y}, \quad (1)$$

где n – объем архивной выборки; Y_i – дневная продолжительность СМУ; X_i – значения параметров рассматриваемых метеорологических факторов, используемых в качестве предиктора; σ_x σ_y – среднеквадратические отклонения X_i и Y_i соответственно.

В результате для каждой станции на рассматриваемых временных сдвигах, для зонального типа и форм меридионального типа циркуляции выявлены параметры приземного слоя атмосферы значимо влияющие на продолжительность сложных метеорологических условий. Их перечень представлен в табл. 1-3.

Из анализа таблиц следует, что влияние рассматриваемых предикторов на формирование сложных метеорологических условий зависит от временных сдвигов и формы циркуляции атмосферы. Лучшим временным сдвигом является 72 часа. Связь распространяется на большую часть территории при восточной форме меридионального типа циркуляции (от 30% до 65% исследуемой территории), затем при западной форме (от 35% до 55% территории), затем примерно одинаково при центральной и смешанной формах циркуляции (от 25% до 35% территории) и хуже всего такая связь распространяется для зонального типа (от 20% до 30% территории). Из рассматриваемых предикторов большее влияние на продолжительность сложных условий оказывает адвективное изменение температуры.

Таблица 1

Наиболее информативные предикторы на временном сдвиге 24 часа

№ п/п	Станция	Зональный тип	Формы меридионального типа			
			З	Ц	В	С
1	Таллинн			Т		
2	С.-Петербург		Т			

№ п/п	Станция	Зональный тип	Формы меридионального типа			
			З	Ц	В	С
3	Череповец					
4	Киров		Т	Д		
5	Рига	Д			Д, Т	
6	Осташково	Д				
7	Иваново	Р			Д	Д
8	Внуково				Д	Р
9	Н. Новгород		Т	Т, Р		Т
10	Казань		Р	Т		
11	Вильнюс				Т	
12	Минск					Т
13	Брянск		Д			
14	Самара					
15	Курск			Т		Д
16	Воронеж		Т, Р		Д, Т, Р	
17	Киев					
18	Уральск				Р	
19	Харьков	Р	Р			
20	Донецк					

Таблица 2

Наиболее информативные предикторы на временном сдвиге 48 часов

№ п/п	Станция	Зональный тип	Формы меридионального типа			
			З	Ц	В	С
1	Таллинн					
2	С.- Петербург		Р			Д, Р
3	Череповец			Д		
4	Киров		Д, Р		Т	
5	Рига				Т	
6	Осташково				Р	Т
7	Иваново	Р	Т			
8	Внуково				Т, Р	
9	Н. Новгород			Д, Т, Р	Д, Т	
10	Казань	Т	Р	Т, Р		Д, Т
11	Вильнюс	Р	Д	Т	Д	
12	Минск	Т		Д, Т		Д, Т
13	Брянск		Т		Т	
14	Самара		Р			Д, Т
15	Курск		Т		Р	
16	Воронеж		Т, Р			
17	Киев			Д	Т	
18	Уральск				Т, Р	
19	Харьков			Т, Р	Д	
20	Донецк	Д			Т, Р	

Таблица 3

Наиболее информативные предикторы на временном сдвиге 72 часа

№ п/п	Станция	Зональный тип	Формы меридионального типа			
			З	Ц	В	С
1	Таллинн	Р				
2	С.- Петербург		Р		Т	
3	Череповец		Т	Д		Т, Р

№ п/п	Станция	Зональный тип	Формы меридионального типа			
			З	Ц	В	С
4	Киров				D, T	P
5	Рига				T	
6	Осташково		T		P	T, P
7	Иваново	P	T		T	
8	Внуково		P		T, P	
9	Н. Новгород			D, T	T	
10	Казань	T		T, P	T	D
11	Вильнюс	P		P		
12	Минск	T, P		D, T		T
13	Брянск					
14	Самара		P			
15	Курск		D		D, P	
16	Воронеж		D			
17	Киев	T, P	P	D, T	T	
18	Уральск		T	T	T, P	P
19	Харьков		T		D	
20	Донецк				T, P	

Приведенные в таблицах результаты позволяют территориально выделить районы, на которые значимо влияют рассмотренные метеорологические факторы приземного слоя атмосферы с детализацией форм атмосферной циркуляции и временных сдвигов. Ниже, на рис. 1-5, представлены такие районы при зональном типе и формах меридионального типа циркуляции для временного сдвига 72 часа.

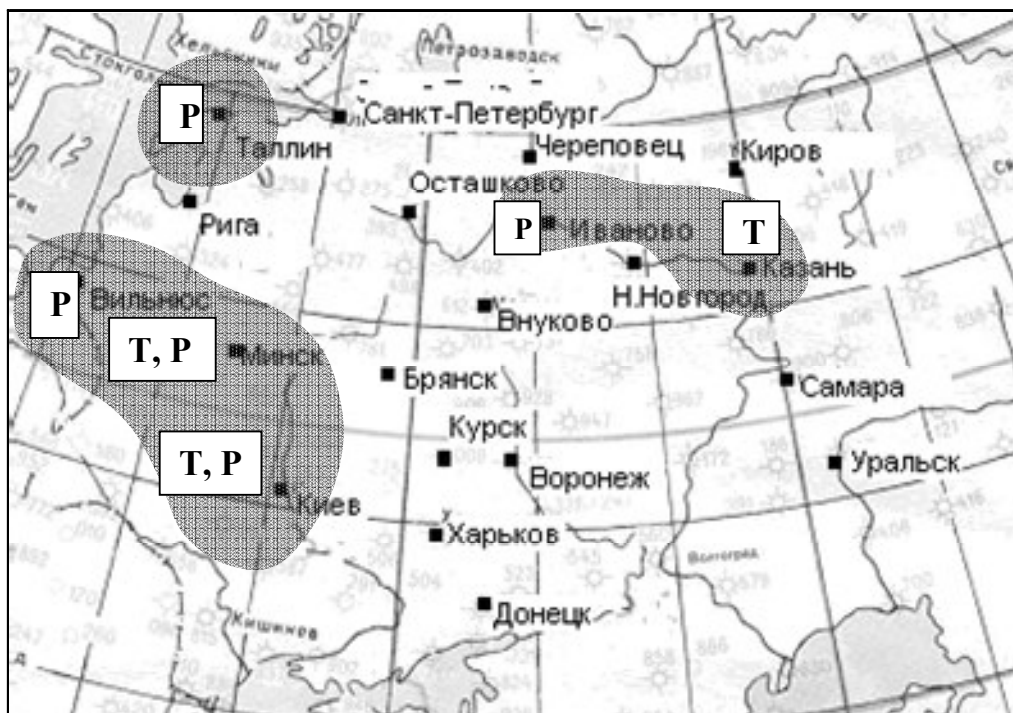


Рис. 1. Районы значимого влияния при зональном типе циркуляции

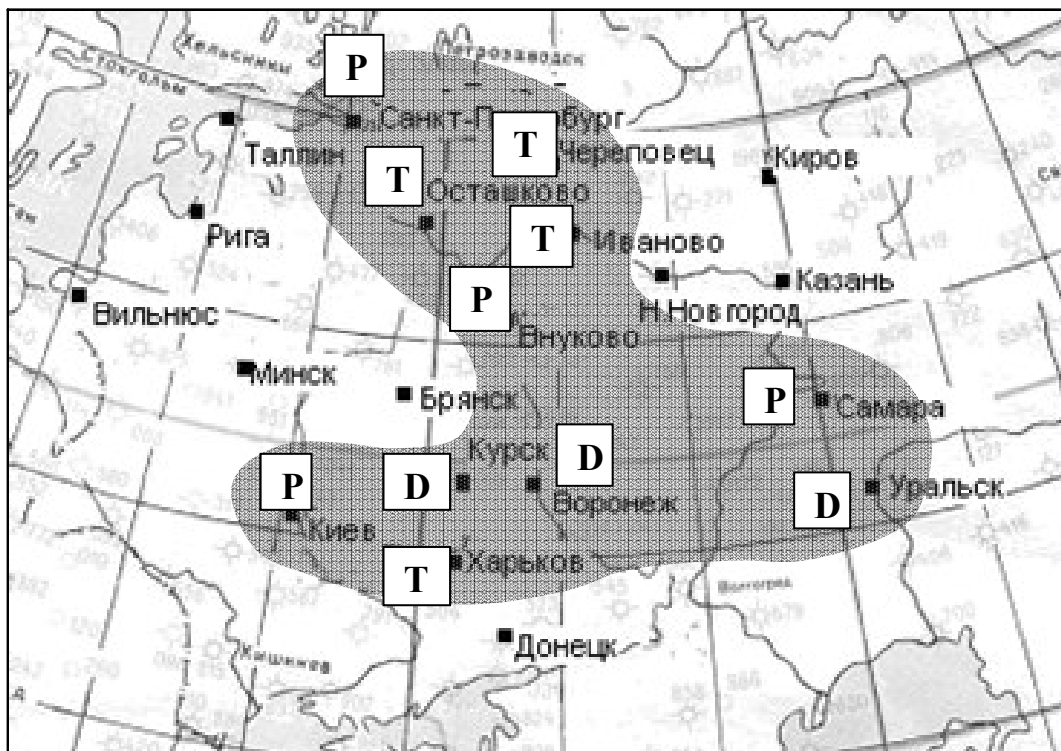


Рис. 2. Районы значимого влияния при западной форме меридионального типа циркуляции

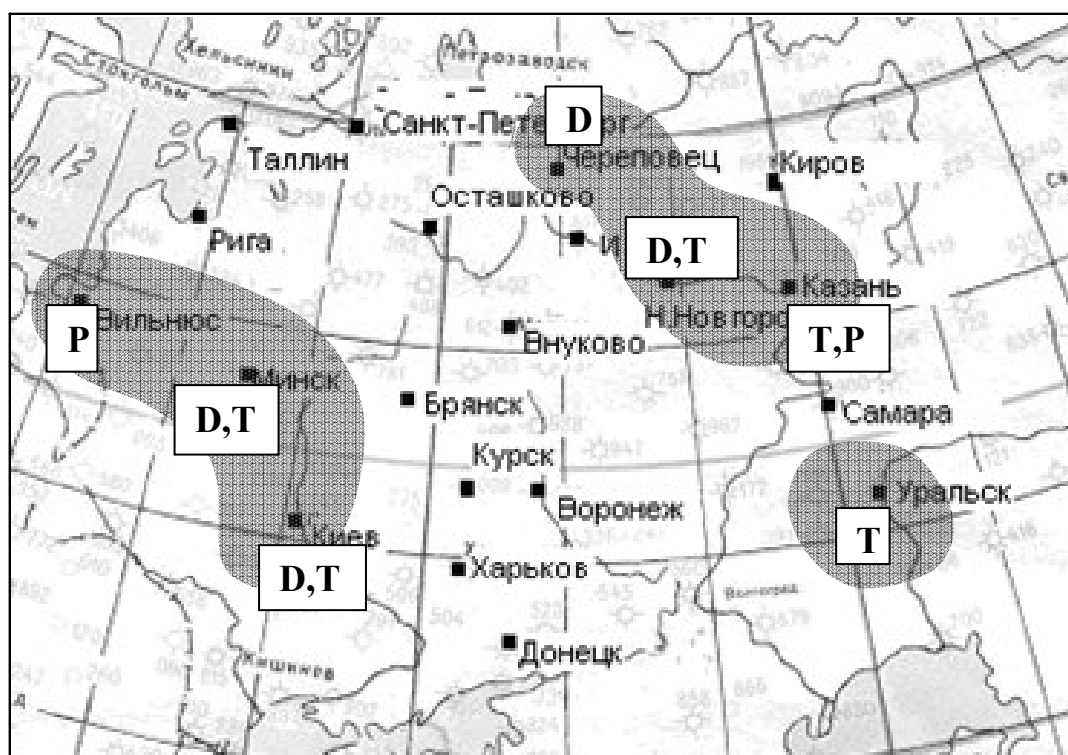


Рис. 3. Районы значимого влияния при центральной форме меридионального типа циркуляции

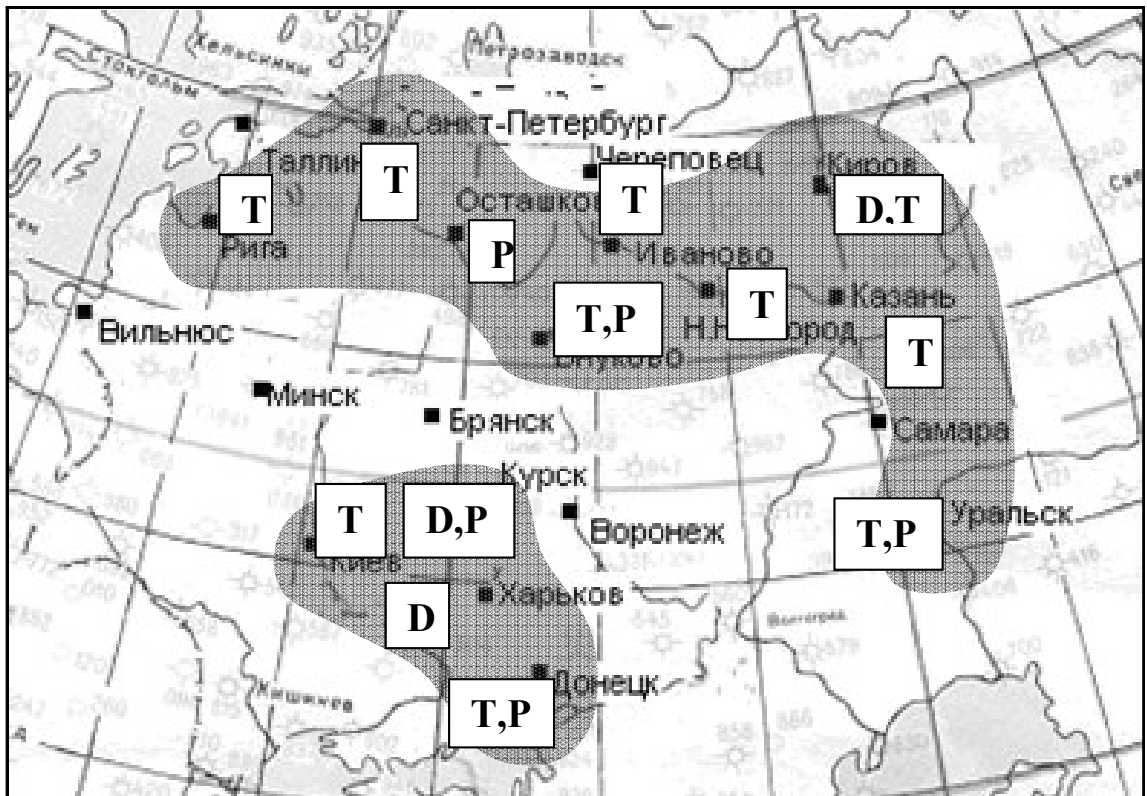


Рис. 4. Районы значимого влияния при восточной форме меридионального типа циркуляции

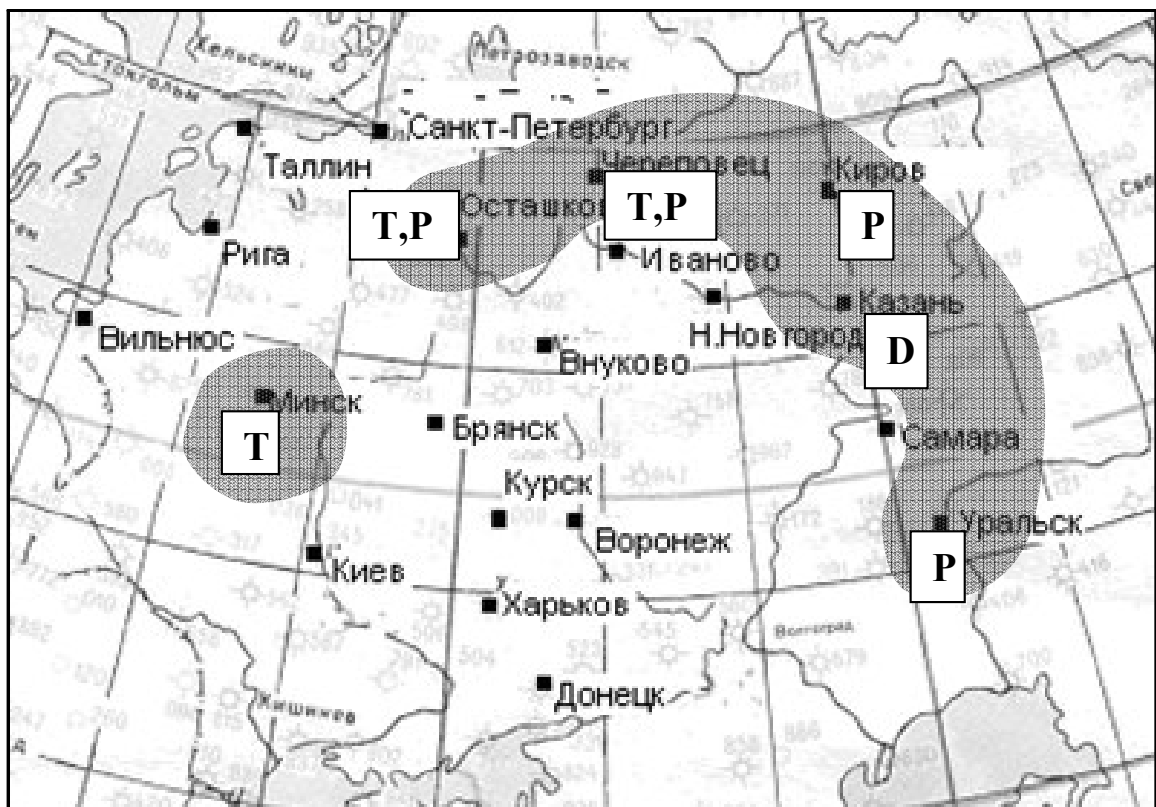


Рис. 5. Районы значимого влияния при смешанной форме меридионального типа циркуляции

ВЫВОДЫ

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Корреляционная зависимость продолжительности СМУ над районом Восточной Европы от значений метеорологических величин приземного слоя атмосферы существует, однако на разных временных сдвигах и при различной циркуляции атмосферы она различна.

2. Лучшим временным сдвигом является 72 часа, когда при зональном типе циркуляции значимая связь прослеживается с 6 станциями, при западной форме меридионального типа - с 10 станциями при центральной форме – с 7 станциями, при восточной форме – с 13 станциями и при смешанной форме – с 6 станциями.

3. В зависимости от временных сдвигов, связь распространяется на большую часть территории при восточной форме меридионального типа циркуляции (от 30% до 65% исследуемой территории), затем при западной форме (от 35% до 55% территории), затем примерно одинаково при центральной и смешанной формах циркуляции (от 25% до 35% территории) и хуже всего для зонального типа (от 20% до 30% территории).

4. Из рассматриваемых предикторов большее влияние на продолжительность сложных условий оказывает адвективное изменение температуры. Оно прослеживается практически на всех временных сдвигах (на сдвиге 24 часа такое влияние проявляется в 12 случаях, на сдвиге 48 часов – в 22 случаях, на сдвиге 72 часа – в 25 случаях).

Полученные в работе результаты могут быть использованы для дальнейших исследований по выбору предикторов для прогноза продолжительности сложных метеорологических условий над районами Восточной Европы при различной циркуляции атмосферы.

THE CORRELATION MODEL SELECTION OF PREDICTORS FOR THE PREDICTION OF ADVERSE WEATHER CONDITIONS IN THE VARIOUS FORMS OF ATMOSPHERIC CIRCULATION

V. P. Zakusilov, T. N. Zadorozhnaya

This paper presents the results of correlation analysis between the duration of difficult meteorological conditions observed over the European territory of Russia and adjacent States and changes of temperature, deficit dew point and atmospheric pressure, observed for the previous day, two or three at the zonal and meridional forms the circulation type. Identified areas of significant influence and the parameters of the surface layer of the atmosphere, which can be used as predictors of the forecast adverse weather conditions.

Keywords: correlation analysis, bad weather conditions, forms of atmospheric circulation, asynchronous communication

ЛИТЕРАТУРА

1. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. Перевод с англ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 3–38.
2. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1960.
3. Закусиллов В.П., Задорожная Т.Н. Пространственное распределение сложных метеорологических условий при различных типах атмосферной циркуляции // Гелиогеофизические исследования // - 2014. - № 9 (9). - С. 59-64.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2002. 479 с.