

## К ПРОГНОЗУ СРЕДНЕЙ МЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ОТДЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЦИРКУМПОЛЯРНОГО ВИХРЯ

Л. М. Акимов, Т. Н. Задорожная

*Воронежский государственный университет, Россия  
Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина», Россия*

*Поступила в редакцию 14 июня 2015 г.*

**Аннотация:** Исследуется успешность интенсивности циркуляции с центром в районе полюса, рассчитанной на различных широтных зонах Северного полушария и стандартных изобарических поверхностях тропосферы и нижней стратосферы. Оценена степень их влияния на среднемесячные значения температуры воздуха в отдельных пунктах Европейской территории. Выявлен оптимальный набор прогностической информации. Приводятся оценки успешности предложенного подхода.

**Ключевые слова:** интенсивность, циркумполярный вихрь, широтная зона, изобарическая поверхность, Европейская территория, среднемесячная температура, уравнения регрессии, ошибки.

**Abstract:** The success rate of circulation intensity centered near by the polar, calculated within the different latitudinal zones of the Northern hemisphere and conventional constant pressure surfaces of the troposphere and lower stratosphere are considered in the article. The level of its impact on atmospheric temperature monthly means in particular locations within the European territory is estimated. The optimum set of the forward-looking information is revealed. Evaluation of the success rate of the proposed approach is provided.

**Key words:** intensity, polar vortex, latitudinal zone, constant pressure surface, European territory, monthly mean temperature, equations of regression, errors.

Температура воздуха, как один из важных показателей благополучия (или неблагополучия) условий жизни на Земле, всегда находилась в центре внимания основных проблем хозяйственной деятельности государства. Особую остроту этот вопрос приобретает в настоящее время, когда становятся все более заметными колебания температуры, достигающие экстремальных значений. Последствия, которые влекут за собой подобные аномалии, оказывают существенное влияние на все стороны человеческой жизни. Еще свежа в памяти населения Центрального Черноземья ситуация, наблюдавшаяся в летний период 2010 года. Не менее опасны температурные условия, сложившиеся в мае 2014 года, когда в течение всего месяца температура воздуха была выше нормы. При отсутствии осадков, высокая температура оказала пагубное влияние на произрастание зерновых и овощных культур, вызвала опасность возникновения лесных пожаров и ухудшение здоровья населения.

В данной статье исследуется вклад циркумполярного вихря (ЦПВ) в распределение аномалии температуры воздуха на Европейской территории. Этому вопросу было посвящено большое количество исследований [1-10], в которых доказана его информативность. Однако чаще всего в них устанавливались качественные связи. В вышедших в последние годы работах [1-3, 7, 9] показана возможность использования в качестве предикторов структурных особенностей циркумполярного вихря, для прогноза средней месячной температуры воздуха, сглаженной по территории крупных секторов Северного полушария.

Задачей данного исследования является проведение экспериментов по выявлению информативности интенсивности циркумполярного вихря, рассчитанного на различных широтных зонах и изобарических поверхностях, в целях прогноза аномалии средней месячной температуры воздуха в отдельных пунктах Европейской территории.

В этом случае использованы данные наблюдений 31 метеорологических станций, равномерно расположенных на территории, ограниченной долготами 20-60° в.д. и 40-70° с.ш.

Исходная выборка среднемесячных аномалий температуры включала в себя 31 временной ряд одноименных месяцев в виде:

$$DT_{ij} \approx \left\{ \begin{array}{l} DT_{1,1}, DT_{1,2}, \dots, DT_{1,N} \\ DT_{2,1}, DT_{2,2}, \dots, DT_{2,N} \\ \dots \dots \dots \\ DT_{31,1}, DT_{31,2}, \dots, DT_{31,N} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

Здесь вектор-строка описывает временной ряд значений средней месячной аномалии температуры воздуха  $DT$  в конкретной точке  $i$  с шагом по времени, равным одному году. Вектор-столбец составлен из значений среднемесячной аномалии температуры воздуха в отдельных точках в конкретный момент времени  $j$ .

Информационной базой для предиктора являлись значения геопотенциала по данным реанализа [11, 12]. Интенсивность скорости вихря  $W$  [7], рассчитывалась на стандартных изобарических поверхностях 1000, 850, 700, 500, 300, 200 и 100 гПа с различными радиусами охвата территории Северного полушария:  $r = 10, 20, 30, 40, 50^\circ$ , вдоль долготы, с центром в районе полюса.

В результате, в анализе использован 35-мерный вектор-предсказатель значений  $W_j^g$ , который представлен в виде:

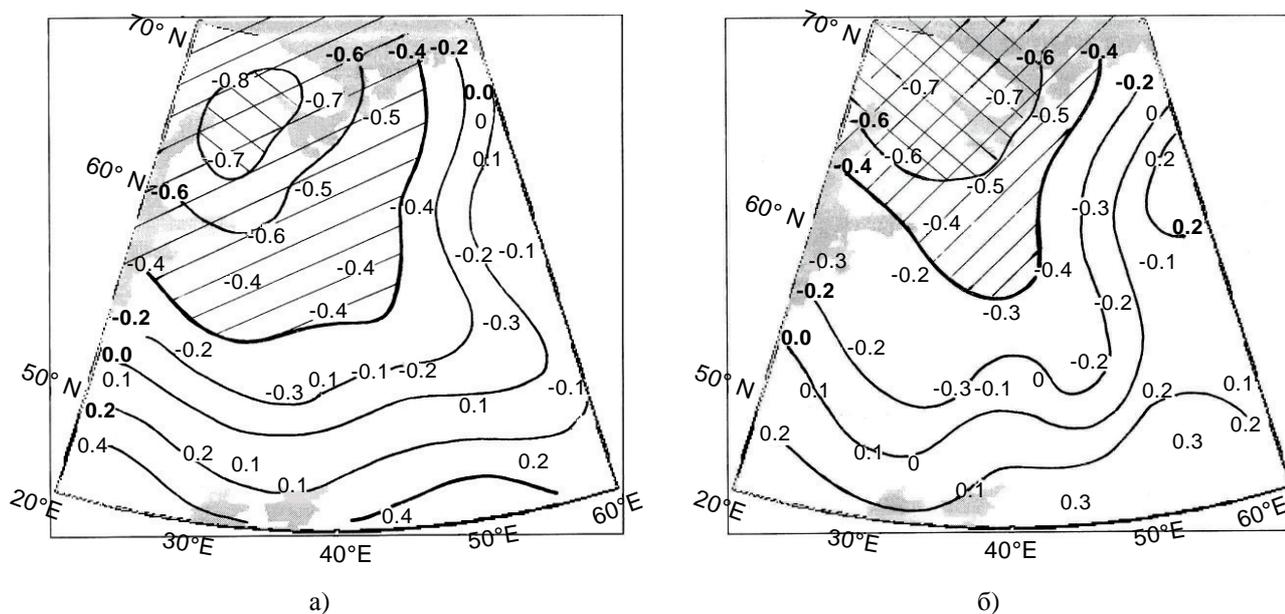
$$W_j^g \approx \left\{ \begin{array}{l} W_{j=40}^{1000}, W_{j=50}^{1000}, W_{j=60}^{1000}, W_{j=70}^{1000}, W_{j=80}^{1000} \\ W_{j=40}^{850}, W_{j=50}^{850}, W_{j=60}^{850}, W_{j=70}^{850}, W_{j=80}^{850} \\ W_{j=40}^{700}, W_{j=50}^{700}, W_{j=60}^{700}, W_{j=70}^{700}, W_{j=80}^{700} \\ W_{j=40}^{500}, W_{j=50}^{500}, W_{j=60}^{500}, W_{j=70}^{500}, W_{j=80}^{500} \\ W_{j=40}^{300}, W_{j=50}^{300}, W_{j=60}^{300}, W_{j=70}^{300}, W_{j=80}^{300} \\ W_{j=40}^{200}, W_{j=50}^{200}, W_{j=60}^{200}, W_{j=70}^{200}, W_{j=80}^{200} \\ W_{j=40}^{100}, W_{j=50}^{100}, W_{j=60}^{100}, W_{j=70}^{100}, W_{j=80}^{100} \end{array} \right\}, \quad (2)$$

Выбор наиболее информативного варианта осуществлялся на основе расчета парных коэффициентов корреляции  $R(W_j^g, DT_i)$ .

Для наглядного представления о характере пространственного распределения взаимно-корреляционных связей строились карты изокоррелят.

С целью удобства дальнейшего анализа обозначим каждый предиктор, рассчитанный для различных широтных зон, через X1, X2, X3, X4, X5, начиная с широты  $j = 80^\circ$  с.ш.

Предварительно заметим, что значимый коэффициент корреляции при данной длине выборки и 95 % доверительном интервале составил 0,27.



а)  $j = 80^\circ$  с.ш.; б)  $j = 70^\circ$  с.ш.

Рис. 1. Пространственное распределение  $R(W_{j=80-70^\circ \text{с.ш.}}^{g=1000}, DT_i)$

На рисунке 1 представлено пространственное распределение коэффициентов корреляции  $R(W_j^{g=1000}, DT_i)$ , описывающее влияние циркумполярного вихря, рассчитанного на поверхности 1000 гПа для северной зоны с радиусом охвата  $r = 10^\circ$  ( $X1 - j = 80^\circ$  с.ш.) и  $r = 10^\circ$  ( $X1 - j = 70^\circ$  с.ш.).

Исходя из установленного уровня значимости парного коэффициента корреляции, можно констатировать, что не случайное влияние циркуляции полярного вихря, рассчитанного с радиусом  $10^\circ$ , наиболее значимо проявляется в северных и центральных районах рассматриваемой территории и распространяется примерно до  $52-54^\circ$  с.ш. При этом знак связей отрицательный. Максимум корреляционной связи наблюдается на крайнем северо-западе рассматриваемой территории и составляет  $R(W_{j=80\text{с.ш.}}^{g=1000}, DT_i) = -0,8$ . При перемещении к югу значения коэффициентов корреляции понижаются и на широте  $j = 50^\circ$  с.ш. близки к нулю.

Исследуя распределение коэффициентов корреляции для вектора X2 ( $j = 70^\circ$  с.ш.), представленного на рисунке 1б, становится очевидным, что по сравнению с X1, зона высоких коэффициентов корреляции несколько уменьшается по площади, кроме того, уменьшается и уровень максимальных корреляционных связей, экстремальное значение

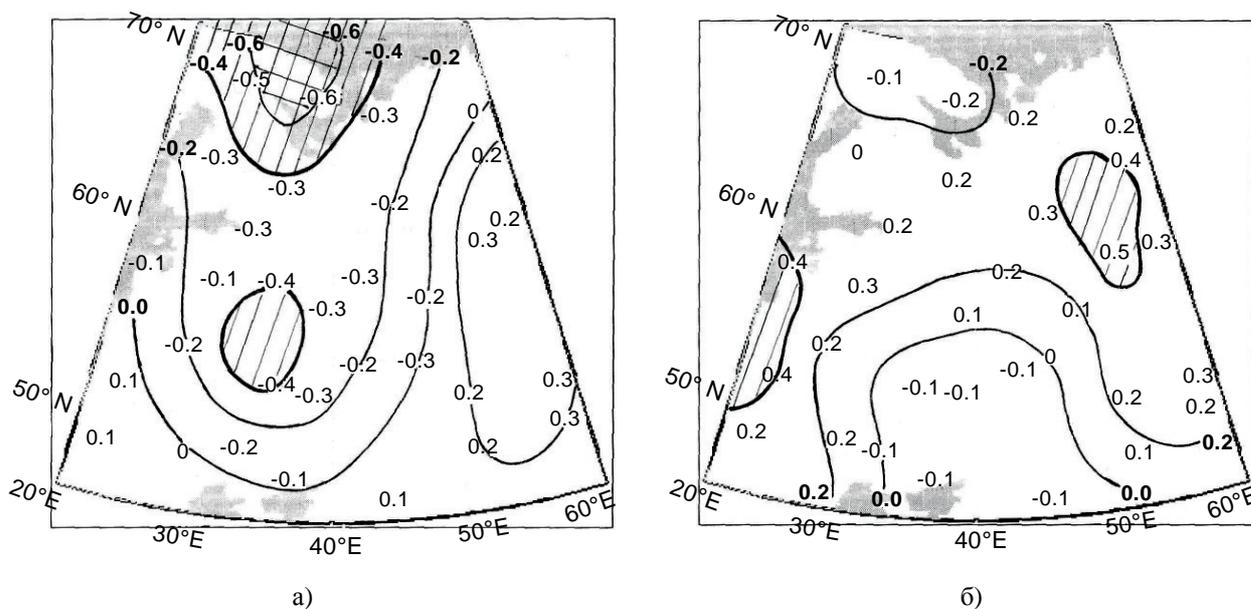
$R(W_{j=70\text{с.ш.}}^{g=1000}, DT_i) = -0,71$ , сохраняя знак отрицательным. Вместе с тем, локализация очагов экстремальной корреляции сохраняется в тех же географических районах.

Еще ниже уровень корреляции наблюдается для вектора X3 ( $j = 60^\circ$  с.ш.), представленного на рисунке 2а.

При этом варианте выборки основной полюс корреляции по-прежнему находится на северо-западе исследуемой территории. Однако максимальные значения  $R(W_{j=60}^g, DT_k)$  не превышают величину  $-0,5$ . Южная периферия данного очага ограничивается  $65^\circ$  с.ш. Второй небольшой значимый очаг коэффициентов корреляции на данном поле находится в центральных районах рассматриваемой территории. Максимальные значения  $R(W_{j=60}^g, DT_i)$  в нем колеблются около  $-0,4$ .

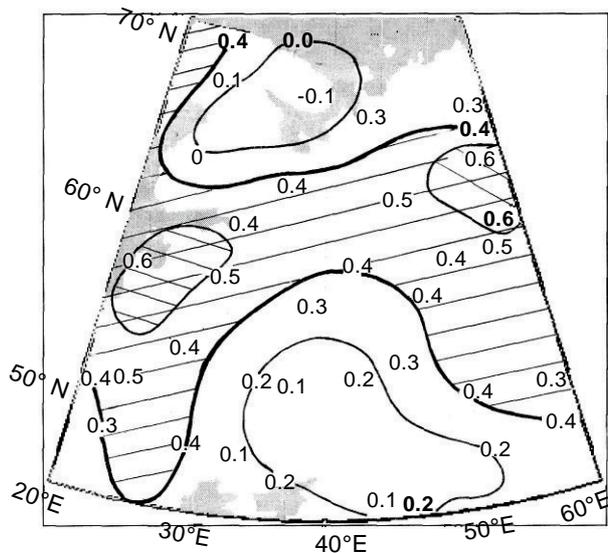
При использовании информации об интенсивности вихря на широте  $j = 50^\circ$  с.ш. (X4) зона значимого влияния приобретает широтное направление с двумя замкнутыми областями, достигающими в центрах величины  $+0,5$ , знак приобретает положительное значение. В тоже время на северные и южные районы рассматриваемой территории заметного влияния не обнаруживается.

На рисунке 3 представлено пространственное распределение корреляционных связей



а)  $j = 60^\circ$  с.ш.; б)  $j = 50^\circ$  с.ш.

Рис. 2. Пространственное распределение  $R(W_{j=60+50^\circ\text{с.ш.}}^{g=1000}, DT_i)$



$j = 40^{\circ}$  с.ш. (X5)

Рис. 3. Пространственное распределение

$$R(W_{j=40^{\circ} \text{с.ш.}}^{g=1000}, DT_i)$$

$R(W_{j=40^{\circ} \text{с.ш.}}^{g=1000}, DT_i)$ , с использованием рассчитанной интенсивности циркумполярного вихря на широте  $j = 40^{\circ}$  с.ш. (предиктор X5).

Поле вектора X5 ( $j = 40^{\circ}$  с.ш.), характеризуется хорошо выраженной широтной зоной значимых положительных коэффициентов корреляции, ограниченной на севере широтой  $j = 60^{\circ}$  с.ш., на юге –  $j = 50^{\circ}$  с.ш. На западе и востоке она опускается до южной границы исследуемой территории. Значение  $R$  в центрах очагов повысилось до 0,6.

Проведенный таким образом анализ пространственных распределений коэффициентов корреляции показал, что использованные данные об интенсивности вихря на поверхности АТ-1000 гПа имеют различную информативность в зависимости от охватываемой площади. Наиболее тесные связи отмечаются при  $j = 80^{\circ}$  с.ш. В этом случае высокие связи регистрируются на северо-западе и в центре рассматриваемой территории.

Использование информации более южных широтных зон приводит к перемещению зоны значимой корреляционной связи к югу, сопровождаясь понижением уровня тесноты связи в центральных районах Европейского континента и последующим повышением в южных широтах.

В статье исследовался также вопрос о том, как влияет интенсивность вихря на термический режим Европейской территории при использовании информации о вихре с более высоких изобаричес-

ких уровней. С этой целью на рисунке 4 представлено пространственное распределение коэффициентов корреляции для высоты 850 гПа.

Исходя из вида рисунка 4а, можно сделать вывод, что характер распределения связей на поверхности АТ-850 гПа, (широта  $j = 80^{\circ}$  – X1) почти не отличается от соответствующего распределения на АТ-1000 гПа. Однако следует отметить, что в этом случае средний уровень связей несколько повысился, хотя максимальные значения в очаге понизились до  $-0,70$ . Район значимой корреляционной связи опустился к югу и занимает, практически, всю рассматриваемую территорию кроме крайнего юго-востока. Область коэффициентов корреляции, ограниченных изолинией 0,40, опустилась к югу и занимает северную территорию вплоть до  $j = 50^{\circ}$ . Полнос корреляции также переместился к югу в район Архангельска.

На рисунке 4б представлены поля коэффициентов корреляции  $r(W_{j=70^{\circ}}^{850}, DT_k)$  для радиуса  $20^{\circ}$  (X2), то есть южная периферия полярной циркуляции ограничивалась широтой  $j = 70^{\circ}$  с.ш. Из рисунка следует, что уровень связи в этом случае несколько понизился и сместился еще более к югу. Максимальные значения в центре составляют  $-0,6$  и находятся в районе Киева. Область, охваченная значимыми коэффициентами корреляции, занимает почти всю рассматриваемую территорию, исключение составляют несколько станций на юго-востоке. Причем, на самом крайнем юго-востоке значения парных коэффициентов корреляции принимают положительный знак, а величина достигает значения 0,4.

Интересно отметить, что если расчет интенсивности вихря на данной поверхности проводить на широтах  $j = 60^{\circ}$ - $50^{\circ}$  с.ш., полюс корреляции опускается в еще более южные широты, как показано на рисунке 5.

Как и на поверхности АТ-1000 гПа, вектор X3 ( $j = 60^{\circ}$  с.ш.) на АТ-850 гПа характеризуется понижением уровня корреляционной связи. В этом случае характер связей положительный. Значимые коэффициенты корреляции занимают южную часть территории, примерно до широты  $j = 50^{\circ}$  с.ш. Максимальные значения корреляции не превышают 0,5 и локализуются на юго-востоке территории.

Степень влияния циркумполярного вихря, рассчитываемого с радиусом  $r = 50^{\circ}$ , показана на рисунке 4а. Здесь, как и в случае  $r(W_{j=60^{\circ}}^{850}, DT_k)$ , пре-

К прогнозу средней месячной температуры воздуха в отдельных пунктах европейской территории с учетом использования интенсивности циркумполярного вихря

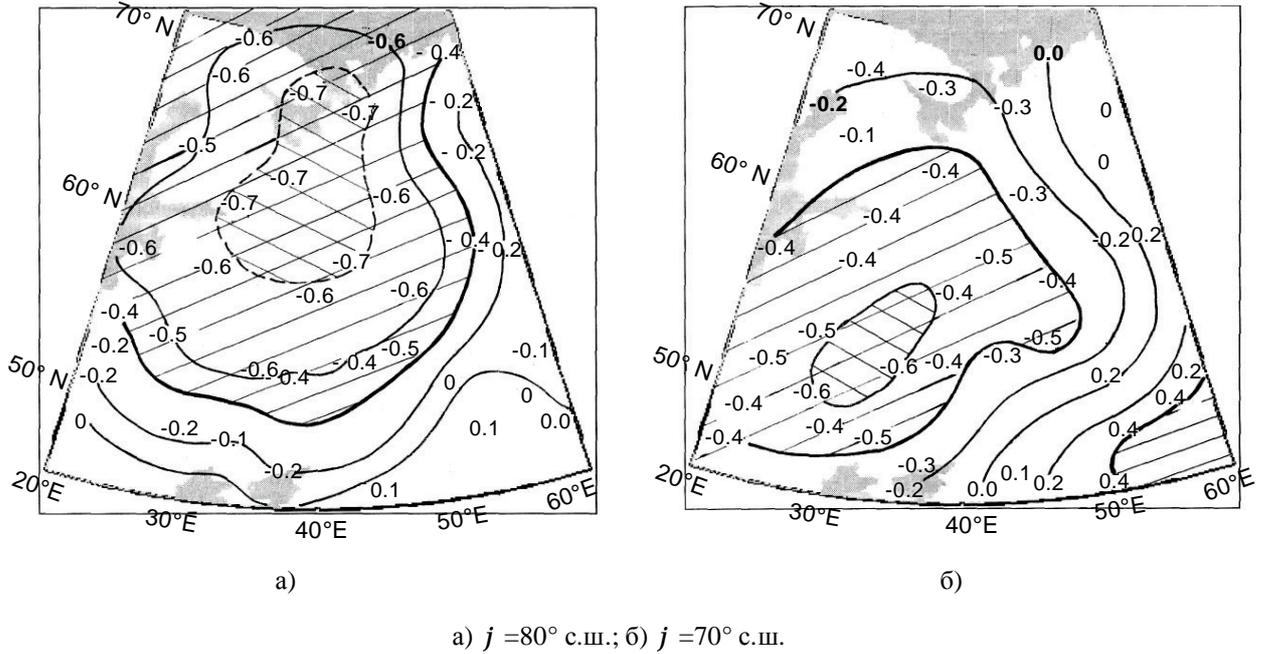


Рис. 4. Пространственное распределение  $R(W_{j=80+70^\circ \text{ с.ш.}}^{g=850}, DT_i)$

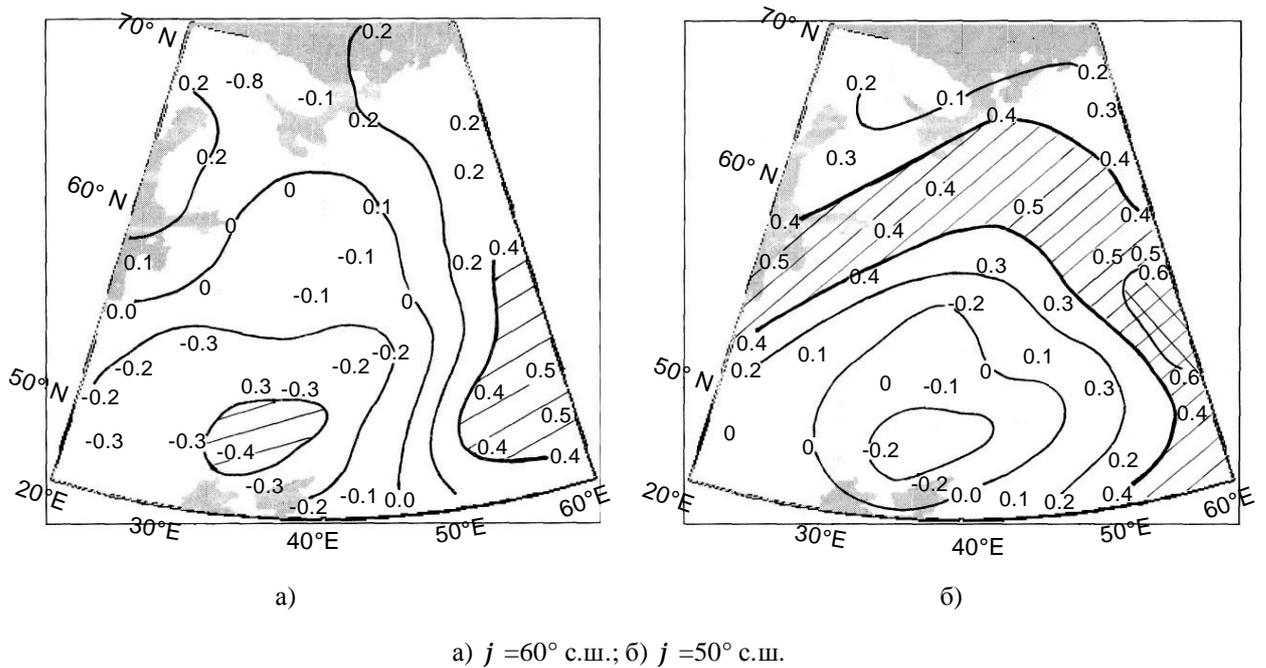


Рис. 5. Пространственное распределение  $R(W_{j=60+50^\circ \text{ с.ш.}}^{g=850}, DT_i)$

обладают положительными корреляционными связями. Область значимого влияния обнаруживается лишь в широтной зоне  $j = 53-66^\circ$  с.ш. Максимальные значения  $R(W_{j=50}^{850}, DT_k) \approx 0,5$ .

Распределение парных коэффициентов корреляции для вихря, южная периферия которого ограничена широтой  $j = 40^\circ$  с.ш., представлена на рисунке б.

Как следует из рисунка, основной вклад в формирование температурного режима обнаруживается в широтной зоне  $57-65^\circ$  с.ш. и преимущественно в юго-восточном регионе, где  $R(W_{j=40}^{850}, DT_k)$  достигает величины  $+0,6$ .

Таким образом, степень влияния интенсивности циркумполярного вихря на распределение тем-

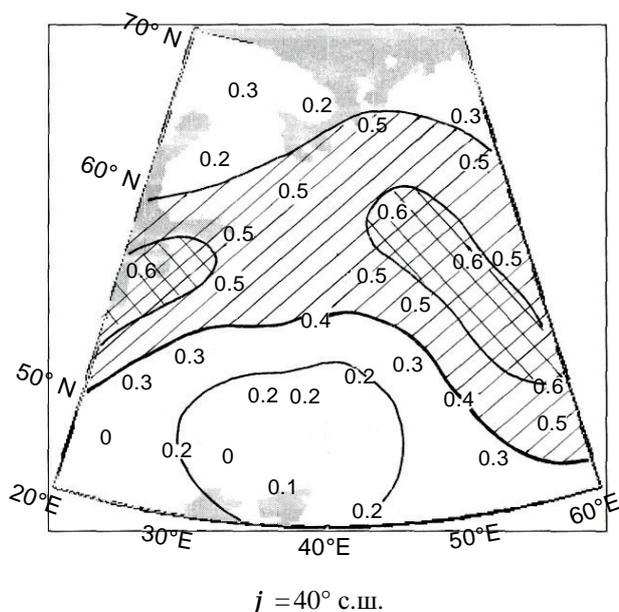


Рис. 6. Пространственное распределение

$$R(W_{j=40^{\circ} \text{ с.ш.}}^{g=850}, DT_i)$$

пературы на Европейской территории зависит не только от расчетной широты, но и от высоты.

Для полного описания успешности циркумполярного вихря как предиктора на различных широтных зонах изобарических поверхностей, в таблице 1 представлена степень покрытия территории значимыми коэффициентами корреляции.

В таблице 1 помещена степень покрытия территории значимыми коэффициентами корреляции  $R[W_j^g, DT_i]$  относительно общего количества исследуемых точек ( $i = 31$ ).

Из анализа таблицы следует, что для прогноза аномалии температуры воздуха в отдельных точ-

ках, с учетом информации об интенсивности вихря на поверхности АТ-1000 гПа, наиболее полно описывается исследуемая территория, если расчет производить на широте  $j = 40^{\circ}$  с.ш. В этом случае, значимый вклад вихря обнаруживается на 68 % площади.

С увеличением высоты изобарической поверхности наблюдается смещение значимых широт. И с высоты АТ-850 гПа, основной вклад вносит информация об интенсивности вихря, рассчитанного на широте  $j = 80^{\circ}$  с.ш. Максимум влияния этого фактора наступает на высоте  $g = 500$  гПа. На этой высоте данный предиктор обуславливает значимые коэффициенты корреляции на 94 % территории. Вихри, рассчитанные на остальных широтах и на различных изобарических поверхностях, вносят лишь дополнительные уточнения.

Таким образом, исходя из проведенного анализа, можно сделать предварительный вывод о том, что характер корреляционных связей на одной и той же широте, но представленных информацией с разных изобарических поверхностей, имеют похожую структуру и распределение, но с высотой уровень связи повышается.

Для полного представления о том, как меняется уровень корреляционных связей  $R(W_j^g, DT_k)$  в зависимости от высоты, на которой производился расчет вихря и его размер. В таблице 2 представлены, осредненные по полю, коэффициенты корреляции.

Из таблицы 2 следует, что, в среднем, наиболее тесные связи отмечаются при использовании информации о приполюсном вихре на широте  $80^{\circ}$  с.ш. Здесь, практически на всех высотах, кро-

Таблица 1

Вероятность покрытия территории значимыми коэффициентами корреляции при использовании различных предикторов

Высоты	Предикторы				
	X1 ( $\varphi=80^{\circ}$ с.ш.)	X2 ( $\varphi=70^{\circ}$ с.ш.)	X3 ( $\varphi=60^{\circ}$ с.ш.)	X4 ( $\varphi=50^{\circ}$ с.ш.)	X5 ( $\varphi=40^{\circ}$ с.ш.)
1000 гПа	42%	13%	45%	32%	68%
850 гПа	55%	32%	10%	16%	48%
700 гПа	61%	13%	26%	45%	52%
500 гПа	94%	23%	23%	19%	16%
300 гПа	77%	16%	16%	23%	26%
200 гПа	81%	35%	23%	16%	35%
100 гПа	52%	23%	10%	32%	13%

ме АТ-100 гПа, коэффициенты корреляции превышают уровень значимости. При этом от поверхности земли до АТ-500 гПа они монотонно растут, достигая максимального значения 0,59, что при 95 % доверительном интервале выше случайного нуля на 0,28, а фактические значения коэффициентов корреляции на данной поверхности в отдельных точках могут достигать 0,8. Выше слоя АТ-500 гПа, средний уровень коэффициентов корреляции снова понижается, хотя и остается довольно высоким (на АТ-200 гПа,  $r=0,41$ ).

Для поверхности АТ-100гПа значимые связи отсутствуют. В широтном распределении наибольшие значения обнаруживаются на широте  $j = 80^\circ$ , несколько ниже – на  $j = 70^\circ$ . На остальных высотах и широтах значения коэффициентов корреляции становятся довольно низкими.

Таким образом, наиболее успешно возможно описание поля температуры, если использовать информацию о вихре на поверхности АТ-500 гПа, причем размер вихря достаточно ограничить широтой  $j = 80^\circ$  с.ш.

Проведенные исследования показали, что использование данных о циркумполярном вихре, рассчитанном для различных широт, дополняют информацию конкретной широты. Поэтому можно предположить, что использование некоторой их совокупности будет более успешным при разработке прогноза.

Используя методику пошаговой множественной регрессии для каждого пункта исследуемой территории, рассчитаны прогностические уравнения регрессии. В качестве ошибок прогноза использовались средняя абсолютная ошибка  $d$ , оценивающая успешность прогноза по величине и параметр  $r$ , который оценивает успешность прогноза по знаку аномалий:

$$r = \frac{n_+ - n_-}{N}, \quad (3)$$

где  $n_+$  – количество пунктов, в которых знаки фактической и прогностической аномалии температуры совпали;  $n_-$  – количество несовпадений знаков аномалий;  $N$  – общее количество случаев. Исходя из общепринятых положений, прогноз считается оправдавшимся, если  $r > 0,3$ .

В таблице 3 представлены средние оценки успешности прогнозов по величине  $d$  и по знаку аномалии температуры  $r$ .

Анализ таблицы 3 показывает, что оценивая прогнозы по параметру  $d$ , наиболее успешным является прогноз, если использовать информацию о циркумполярном вихре на поверхности АТ-500 гПа. Исходя из критерия значимости параметра  $r$ , оправдываемость прогноза аномалии температуры по знаку на всех поверхностях является успешной. Наиболее высокая оправдываемость, отмечается также для поверхности АТ-500 гПа. Об этом сви-

Таблица 2

Средние по полю значения парных коэффициентов корреляции

Высоты (гПа)							
Широты	1000	850	700	500	300	200	100
$\varphi = 80^\circ$	<b>0,31</b>	<b>0,39</b>	<b>0,37</b>	<b>0,59</b>	<b>0,42</b>	<b>0,41</b>	0,18
$\varphi = 70^\circ$	0,25	<b>0,33</b>	0,22	0,30	0,25	0,20	0,15
$\varphi = 60^\circ$	0,23	0,24	0,24	0,22	0,21	0,20	0,16
$\varphi = 50^\circ$	0,19	0,26	0,27	0,20	0,21	0,21	0,18
$\varphi = 40^\circ$	0,32	0,36	0,20	0,18	0,20	0,22	0,19

Таблица 3

Средние оценки успешности прогнозов по величине и знаку аномалий температуры

Оценки	Изобарическая поверхность (гПа)						
	1000	850	700	500	300	200	100
$\delta$	2,61	2,36	2,55	2,30	2,64	2,42	2,89
$\rho$	0,41	0,44	0,44	0,54	0,48	0,47	0,33
Предикторы	5,3,1	1,5,2	1,5,4	1,2,3	1,5,4	1,2,5	1,4,2
R	0,628	0,596	0,586	0,700	0,583	0,515	0,431

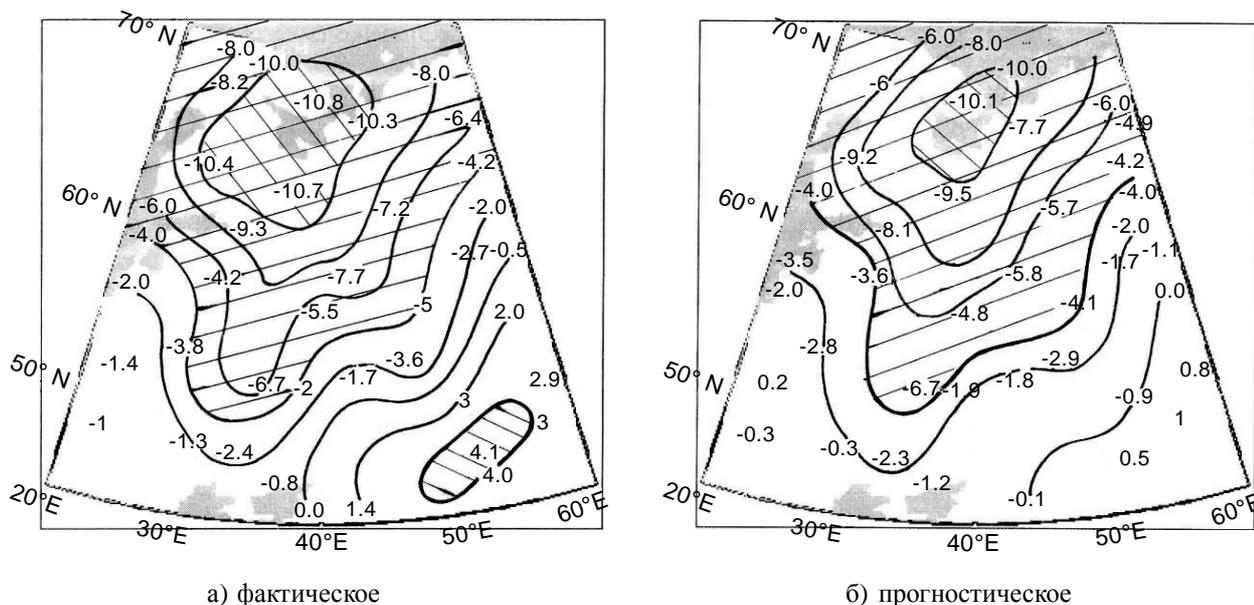


Рис. 7. Поля аномалии температуры (январь, 1968 г.)

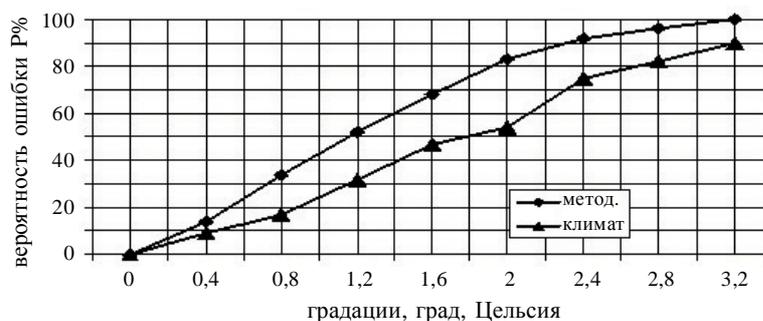


Рис. 8. Обеспеченность ошибок методического и климатического прогнозов

детельствуют коэффициенты корреляции  $R$ . При этом на поверхности АГ-500 гПа основной вклад вносят широтные зоны  $j = 80^\circ$  с.ш.

Для наглядности, на рисунке 7 представлены фактические поля аномалии температуры в январе 1968 года, когда в Европе наблюдались экстремально низкие температуры, и прогностические поля, рассчитанные для этого же месяца и года, по данным интенсивности циркумполярного вихря на поверхности АГ-500 гПа.

Сравнивая оба распределения можно сделать вывод, что как по локализации очагов аномалии, так и по конфигурации изолиний эти поля достаточно хорошо согласуются между собой. Различий не наблюдается даже в интенсивности.

Дополнительно, с целью оценки успешности использования циркумполярного вихря для прогноза аномалии температуры воздуха, сравним обеспеченность ошибок методического и климатического прогнозов, которые представлены на рисунке 8.

Из рисунка следует, что на всем интервале градаций ошибок обеспеченность методического прогноза выше, чем климатического. Наибольшая успешность наблюдается на интервале  $2^\circ\text{C}$ , где разность обеспеченностей прогнозов составляет около 30 %.

Проведенный в работе анализ показал, что использование интенсивности циркумполярного вихря для прогноза аномалий температуры воздуха может быть успешным, при этом использование предикторов должно быть дифференцированным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов Л. М. Оценка геофизических факторов на формирование климатического режима Северного полушария / Л. М. Акимов, Т. Н. Задорожная // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2006. - № 1. – С. 5-8.

2. Акимов Л. М. Использование структурных особенностей циркумполярного вихря для прогноза температуры воздуха в отдельных регионах Северного полушария / Л. М. Акимов, Т. Н. Задорожная // Вестник

Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 67-74.

3. Акимов Л. М. Характеристики вертикальной структуры циркумполярного вихря северного полушария / Л. М. Акимов, Ю. В. Шипко, Т. Н. Задорожная // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2012. – № 1. – С. 89-94.

4. Андрусенко К. А. Учет полюса атмосферной циркуляции в долгосрочном прогнозе погоды. / К. А. Андрусенко // Труды Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института. – 1975. – Вып. 46. – С. 133-139.

5. Громова Г. Г. Особенности циркуляции при значительных похолоданиях на Европейской территории СССР / Г. Г. Громова // Труды Центрального института прогнозов. – 1962. – Вып. 119. – С. 51-69.

6. Дуйцева М. А. Метод прогноза аномалии средней месячной температуры воздуха с учетом информации Северного полушария / М. А. Дуйцева, Д. А. Педь // Труды Центрального института прогнозов. – 1966. – Вып. 147. – С. 68-137.

7. Педь Д. А. Некоторые климатические особенности циркумполярного вихря Северного полушария / Д. А. Педь // Труды Гидрометцентра СССР. – 1973. – Вып. 115. – С. 25-44.

8. Погосян Х. П. О влиянии тропосферных процессов на изменение поля температуры и циркуляции в стратосфере / И. Х. Погосян // Метеорологические исследования. – Москва : Наука, 1965. – № 9. – С. 30-51.

9. Рафаилова Х. Х. Использование характеристик стратосферы тропосферы и подстилающей поверхности в долгосрочных прогнозах погоды / Х. Х. Рафаилова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 317 с.

10. Рафаилова Х. Х. Учет особенностей циркуляции в нижней стратосфере при составлении месячных прогнозов погоды / Х. Х. Рафаилова // Метеорология и гидрология. – 1968. – № 6. – С. 33-38.

11. NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) / M. Kanamitsu [et al.] // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2002. – Vol. 83. – P. 1631-1643.

12. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project / E. Kalnay [et al.] // Bulletin of the American Meteorological Society. – 1996. – Vol. 77. – P. 437-471.

## REFERENCES

1. Akimov L. M. Otsenka geofizicheskikh faktorov na formirovaniye klimaticheskogo rezhima Severnogo polushariya / L. M. Akimov, T. N. Zadorozhnaya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. – 2013. – № 1. – S. 5-8.

Акимов Леонид Мусамудинович  
кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8-951-850-49-82, E-mail: [akl63@bk.ru](mailto:akl63@bk.ru), [deanery@geogr.vsu.ru](mailto:deanery@geogr.vsu.ru)

Задорожная Тамара Николаевна  
кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник 3 научно-исследовательского отдела Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия», г. Воронеж

2. Akimov L. M. Ispol'zovanie strukturnykh osobennostey tsirkumpolyarnogo vikhrya dlya prognoza temperatury vozdukha v otdel'nykh regionakh Severnogo polushariya / L. M. Akimov, T. N. Zadorozhnaya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. – 2013. – № 1. – S. 67-74.

3. Akimov L. M. Kharakteristiki vertikal'noy strukturny tsirkumpolyarnogo vikhrya severnogo polushariya / L. M. Akimov, Yu. V. Shipko, T. N. Zadorozhnaya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. – 2012. – № 1. – S. 89-94.

4. Andrusenko K. A. Uchet polyusa atmosfery tsirkulyatsii v dolgosrochnom prognoze pogody. / K. A. Andrusenko // Trudy Kazakhskogo nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta. – 1975. – Vyp. 46. – S. 133-139.

5. Gromova G. G. Osobennosti tsirkulyatsii pri znachitel'nykh pokholodaniyakh na Evropeyskoy territorii SSSR / G. G. Gromova // Trudy Tsentral'nogo instituta prognozov. – 1962. – Vyp. 119. – S. 51-69.

6. Duytseva M. A. Metod prognoza anomalii sredney mesyachnoy temperatury vozdukha s uchetom informatsii Severnogo polushariya / M. A. Duytseva, D. A. Ped' // Trudy Tsentral'nogo instituta prognozov. – 1966. – Vyp. 147. – S. 68-137.

7. Ped' D. A. Nekotorye klimaticheskie osobennosti tsirkumpolyarnogo vikhrya Severnogo polushariya / D. A. Ped' // Trudy Gidromettsentra SSSR. – 1973. – Vyp. 115. – S. 25-44.

8. Pogosyan Kh. P. O vliyaniy troposfernnykh protsessov na izmeneniye polya temperatury i tsirkulyatsii v stratosfere / I. Kh. Pogosyan // Meteorologicheskie issledovaniya. – Moskva : Nauka, 1965. – № 9. – S. 30-51.

9. Rafailova Kh. Kh. Ispol'zovanie kharakteristik stratosfery troposfery i podstilayushchey poverkhnosti v dolgosrochnykh prognozakh pogody / Kh. Kh. Rafailova. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1973. – 317 s.

10. Rafailova Kh. Kh. Uchet osobennostey tsirkulyatsii v nizhney stratosfere pri sostavlenii mesyachnykh prognozov pogody / Kh. Kh. Rafailova // Meteorologiya i gidrologiya. – 1968. – № 6. – S. 33-38.

11. NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) / M. Kanamitsu [et al.] // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2002. – Vol. 83. – P. 1631-1643.

12. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project / E. Kalnay [et al.] // Bulletin of the American Meteorological Society. – 1996. – Vol. 77. – P. 437-471.

Акимов Леонид Мусамудинович  
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the chair of nature management, Department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-951-850-49-82, E-mail: [akl63@bk.ru](mailto:akl63@bk.ru), [deanery@geogr.vsu.ru](mailto:deanery@geogr.vsu.ru)

Задорожная Тамара Николаевна  
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, senior researcher of 3 Research Division of Military Educational and Scientific Centre of the Air Force, «Air Force Academy», Voronezh