

## УЧЕТ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ ВЫБОРЕ ПРЕДИКТОРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Закусилов В.П.<sup>1</sup>, Задорожная Т.Н.<sup>1</sup>, Фадеев М.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия, zakusilov04@yandex.ru

**Аннотация.** В работе выявлена связь между значениями некоторых метеорологических величин приземного слоя атмосферы, наблюдаемыми при различных формах атмосферной циркуляции и продолжительностью сложных метеорологических условий.

Ключевые слова: атмосферная циркуляция, сложные метеорологические условия, атмосферное давление, температура воздуха, точка росы.

Метеорологическое обеспечение авиации направлено на достижение безопасности полетов, их регулярности и эффективности. Велика при этом роль прогноза ожидаемых метеорологических условий на различных этапах полета, а также степени их сложности. Полеты могут проводиться в простых и сложных метеорологических условиях. Сложные метеорологические условия (СМУ) существенно ограничивают, делают порой невозможным выполнение полетных заданий. Характеризуют степень сложности метеорологических условий данные о количестве и высоте нижней границы облачности и горизонтальная дальность видимости. Важным, с практической точки зрения, является спрогнозировать продолжительность СМУ на период выполнения полетного задания, в течение летной смены.

Обязательным этапом при разработке прогностической методики или совершенствования имеющегося метода прогноза является выбор предикторов, ответственных за прогнозируемые условия.

Цель настоящей работы – исследовать влияние некоторых метеорологических величин на формирование СМУ с учетом различных форм атмосферной циркуляции над районами Восточной Европы при различной временной заблаговременности.

В работе исследованы случаи СМУ с высотой нижней границы 100 м и менее (при количестве баллов 7 и более) и горизонтальной видимостью 1000 м и менее, наблюдаемые в светлое время, в холодный период года (месяцах ноябрь, декабрь, январь) на 20 аэродромах европейской территории России. В качестве математического аппарата использовался корреляционный анализ.

В качестве потенциальных предикторов рассмотрены значения температуры и дефицита точки росы у поверхности земли, атмосферного давления на уровне моря. Для учета атмосферной циркуляции использовались среднесуточные значения абсолютного геопотенциала на среднем уровне тропосферы (500 гПа) в узлах регулярной сетки точек. Корреляционный анализ проводился для трех временных сдвигов: 24, 48, и 72 часа.

Для определения циркуляционных особенностей атмосферы над рассматриваемой территорией применялась типизация атмосферных процессов, предложенная А.Л. Кацем [2]. Согласно ее все процессы разделяются на зональные и меридиональные. Ее преимуществом является использование объективных показателей, 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 индексы рассчитаны для атлантико-евразийского сектора северного полушария ( $\phi = 35^\circ - 70^\circ$  с.ш. и  $\lambda = 50^\circ$  з.д. -  $80^\circ$  в.д.) по методике, приведенной в [2].

Общий индекс циркуляции  $J'$ , рассчитывается как отношение меридиональной циркуляции к зональной. При расчете общего индекса принимается условие, что если  $J' \geq 0,75$ , то случай относится к меридиональному типу циркуляции; если  $J' < 0,75$  – к зональному типу.

В зависимости от положения высотного гребня, дополнительно меридиональные процессы, при данной типизации, разделяются на четыре формы циркуляции: западную форму (высотный гребень находится у западного побережья Европы); центральную форму (высотный гребень зимой находится над западной, а летом над центральной частью Европы); восточную форму (высотный гребень находится над Восточной Сибирью); смешанную форму (над первым естественным синоптическим районом находятся два высотных гребня: один у западного побережья Европы, а другой над Западной Сибирью).

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 и дефицита точки росы в приземном слое, а также атмосферного давления на уровне моря, наблюдающихся при зональном типе и формах меридионального типа циркуляции. Количественная оценка тесноты взаимно корреляционных связей осуществлялась с помощью парных коэффициентов корреляции [1].

Результаты корреляционного анализа следующие:

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

2. Лучший временной сдвиг - 72 часа. На нем при зональном типе циркуляции значимая связь прослеживается на 6 аэродромах, при западной форме меридионального типа - на 10 аэродромах, при центральной форме - на 7 аэродромах, при восточной форме - на 13 аэродромах и при смешанной форме – на 6 аэродромах.

3. В зависимости от сдвигов по времени, связь распространяется на большую часть территории при восточной форме меридионального типа циркуляции (от 30% до 65% исследуемой территории), при западной форме (от 35% до 55% территории), при центральной и смешанной формах циркуляции примерно одинаково (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 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 при разработке способов прогноза продолжительности сложных метеорологических условий над районами Восточной Европы при различной атмосферной циркуляции.

#### Литература

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2002. 479 с.
2. Закушилов В.П., Задорожная Т.Н., Берестевич Г.В. Соответствие сложных метеорологических условий различным типам атмосферной циркуляции. Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2018. № 6(6). С. 154-160

**CONSIDERATION OF ATMOSPHERIC CIRCULATION  
IN THE SELECTION OF PREDICTORS FOR THE PREDICTION  
OF COMPLEX METEOROLOGICAL CONDITIONS**

**Zakusilov V.P.<sup>1</sup>, Zadorozhnaya T.N.<sup>1</sup>, Fadeev M.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, Russia,  
zakusilov04@yandex.ru*

**Annotation.** The paper reveals the relationship between the values of some meteorological values of the surface layer of the atmosphere observed in various forms of atmospheric circulation and the duration of complex meteorological conditions.

Keywords: atmospheric circulation, complex meteorological conditions, atmospheric pressure, air temperature, dew point.