

УДК 551.515

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

В.П. Закусилов, Т.Н. Задорожная

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г.Воронеж)*

В статье проведен анализ влияния циркуляционных особенностей атмосферы на повторяемость сложных метеорологических условий над территорией Восточной Европы. Выявлены пространственные особенности распределения при зональном типе и формах меридионального типа циркуляции.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ТИПЫ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ, ФОРМЫ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ, СЛОЖНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.

Основными метеорологическими величинами, по которым делают вывод о степени сложности для авиации метеорологических условий, являются количество и высота нижней границы облаков и величина горизонтальной (посадочной) видимости. Определенное сочетание градаций совокупных значений этих метеовеличин, их распределение во времени и пространстве определяют степень сложности метеорологических условий. Как бы ни совершенны были современные летательные аппараты, учет степени сложности метеорологических условий при их эксплуатации является обязательным.

В связи с этим актуальным является не только прогноз метеорологических величин, определяющих сложность метеорологических условий в отдельности, но и анализ распределения и прогноз комплексной характеристики - ожидаемой степени сложности метеорологических условий, а также их продолжительности в течение летной смены.

Целью работы является исследование влияния циркуляционных особенностей атмосферы на повторяемость сложных метеорологических условий (СМУ) над территорией Восточной Европы.

В работе исследуются случаи с продолжительностью СМУ, характеризующиеся 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 учета характера атмосферной циркуляции над рассматриваемой территорией использована типизация атмосферных процессов, предложенная А.Л. Кацем [4]. 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  $J_3$  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. -  $80^\circ$  в.д.) по формулам:

$$J_3 = \sum_{i=1}^n (\Delta H / \Delta \varphi)_i, \quad (1)$$

$$J_M = \sum_{j=1}^m (\Delta H / \Delta \lambda \cdot \cos \varphi)_j, \quad (2)$$

где  $\Delta H$  – разность геопотенциалов на границах зон каждого из выбранных  $i$ -х меридианов и на границах секторов каждой из выбранных  $j$ -х параллелей;  $\Delta \lambda$  – ширина сектора в градусах долготы;  $\Delta \varphi$  –

ширина зоны в градусах широты;  $k = \frac{1}{\cos \varphi}$  – множитель для перевода длины дуги в градусы на широте  $\varphi$  в длину дуги на экваторе. Общий индекс циркуляции  $J'$  рассчитывается как отношение меридиональной циркуляции к зональной и определяется по формуле:

$$J' = \frac{J_M}{J_3} \quad (3)$$

При расчете индекса принимается условие, что если  $J' \geq 0,75$ , то случай относится к меридиональному типу циркуляции; если  $J' < 0,75$  – к зональному типу.

Дополнительно, в зависимости от положения высотного гребня, 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).

Вышеперечисленные формы циркуляции меридионального типа устанавливаются по соотношению значений геопотенциала на среднем уровне тропосферы (АТ-500) в пунктах Лондон (Л), Киев (К), Оренбург (О). Процесс относится:

- при  $H_L - H_K > 0$  и  $H_K - H_O > 0$  – к западной форме (З);
- при  $H_L - H_K < 0$  и  $H_K - H_O > 0$  – к центральной форме (Ц);
- при  $H_L - H_K < 0$  и  $H_K - H_O < 0$  – к восточной форме (В);

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 рассчитаны повторяемости дней со сложными метеорологическими условиями. Значения повторяемостей приведены в таблице.

Для типов и форм циркуляции были рассчитаны их повторяемости над исследуемой территорией. 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%.

По данным таблицы построены гистограммы повторяемостей дней со СМУ. Их пространственное распределение по территории, приведено на рисунке, на котором прослеживается локализация зон с максимальными и минимальными значениями повторяемости сложных метеорологических условий. Это позволяет сделать вывод, что при каждом типе циркуляции формируется поле сложных метеорологических условий со своими особенностями. Ниже приведена характеристика данных особенностей. Следует отметить, что при западной форме меридионального типа циркуляции в холодные месяцы года повторяемость сложных метеорологических условий погоды почти над всей исследуемой территорией (центральные, северо-восточные и восточные районы) незначительна, несколько выше повторяемость СМУ наблюдается в юго-западных и южных районах.

Такое распределение продолжительности СМУ обусловлено циркуляционными особенностями данной формы циркуляции [3], заключающимися в том, что над Западной Европой формируется высотный гребень, с осью проходящей примерно по Гринвичскому меридиану.

Западная и центральная Европа находятся под влиянием восточной периферии этого гребня, который по своим термодинамическим свойствам является антициклоническим. Под его влиянием, наблюдается перемещение приземных холодных антициклонов через север Скандинавии, Прибалтику и север России, на районы Украины и юг ЕТР. При этом практически на всей рассматриваемой территории происходит адвекция холодного сухого арктического воздуха и, соответственно, формирование простых метеорологических условий с малооблачной погодой и хорошей видимостью. Непродолжительное ухудшение видимости возможно лишь на ближайших к оси гребня станциях или под влиянием местных особенностей. Вторгающийся холод является в то же время причиной

активизации Черноморских и Каспийских термических циклонов, смещающихся вдоль восточной ветви ВФЗ на юго-восток ЕТР и юг Западной Сибири, где наблюдается избыточное увлажнение, что и обуславливает соответственно повышенную повторяемость СМУ в этих районах.

Таблица 1.  
Повторяемость сложных метеорологических условий при зональном типе и формах меридионального типа циркуляции

№ п/п	Станция	Без учета циркуляции	Зональный тип	Формы меридионального типа			
				З	Ц	В	С
1	Таллинн	0,14	0,13	0,15	0,14	0,12	0,19
2	С.-Петербург	0,21	0,19	0,25	0,19	0,12	0,30
3	Череповец	0,08	0,07	0,06	0,11	0,10	0,11
4	Киров	0,14	0,12	0,06	0,07	0,36	0,19
5	Рига	0,17	0,17	0,17	0,14	0,12	0,25
6	Осташков	0,09	0,05	0,15	0,13	0,14	0,11
7	Иваново	0,11	0,09	0,08	0,06	0,30	0,14
8	Внуково	0,20	0,19	0,10	0,14	0,34	0,30
9	Н. Новгород	0,16	0,16	0,12	0,08	0,26	0,19
10	Казань	0,20	0,20	0,12	0,06	0,30	0,26
11	Вильнюс	0,31	0,32	0,38	0,24	0,30	0,33
12	Минск	0,16	0,13	0,19	0,17	0,22	0,18
13	Брянск	0,24	0,24	0,17	0,22	0,32	0,25
14	Самара	0,11	0,13	0,08	0,01	0,18	0,12
15	Курск	0,24	0,24	0,13	0,11	0,44	0,30
16	Воронеж	0,19	0,17	0,23	0,08	0,30	0,26
17	Киев	0,25	0,22	0,21	0,19	0,46	0,23
18	Уральск	0,19	0,22	0,21	0,07	0,12	0,25
19	Харьков	0,21	0,22	0,19	0,10	0,40	0,19
20	Донецк	0,38	0,44	0,40	0,17	0,36	0,39

При центральной форме циркуляции повторяемость СМУ над исследуемой территорией незначительная. При этом территорию можно как бы разделить на две части: западную, с чуть большей повторяемостью и восточную, с чуть меньшей повторяемостью. Данное распределение повторяемости сложных метеорологических условий обусловлено теми синоптико-метеорологическими условиями [3], которые обуславливают центральную форму циркуляции. Для данной формы характерно наличие высотного гребня, расположенного над западными районами ЕТР и Скандинавией. Ось высотного гребня проходит по линии Кишинев – С.-Петербург – Мурманск. Восточная периферия его антициклогенетична. У поверхности Земли здесь, как и при западной форме получает развитие низкий холодный антициклон, однако траектория его смещения проходит несколько восточнее, с Баренцева моря на юго-восток ЕТР, обуславливая в преобладающем большинстве случаев простые метеорологические условия восточной половины (район Воронежа, Уральска, Самары, Казани, Кирова). Западная часть рассматриваемой территории находится под влиянием передней части ложбины, что и обуславливает в этих районах несколько повышенный фон повторяемости сложных метеорологических условий (Прибалтика, район Санкт-Петербурга, Минска, Брянска, Киева).

При восточной форме циркуляции высотный гребень располагается еще восточнее, по отношению к ранее описанным формам [3]. В холодную половину года ось этого гребня проходит по линии Тбилиси – Самара – Нарьян-Мар. Западная ветвь высотного гребня циклогенетическая, в связи с чем над юго-западом, центром и северо-востоком рассматриваемой территории, развивается циклоническая деятельность. По западной периферии высотного гребня происходит вынос относительно теплого воздуха с юга Западной Европы. Этим и обусловлена повышенная продолжительность сложных метеорологических условий при этой форме циркуляции в центральных районах рассматриваемой территории, область большей продолжительности вытянута с юго-запада на северо-восток (район Киева, Курска, Н.Новгорода, Кирова). В то же время на северо-западе рассматриваемого района, за счет усиления Азорского максимума и юго-востоке, за счет усиления и распространения на запад Сибирского антициклона, наблюдается уменьшение повторяемости сложных метеорологических условий. Минимальная продолжительность сложных метеорологических условий отмечается в районах Санкт-Петербурга, Уральска, Самары.

Условия погоды при смешанной форме циркуляции обусловлены наличием двух высотных гребней [3], один из которых располагается над Западной Европой (примерно в тех же районах, что и при западной форме), второй – над Западной Сибирью (примерно как при восточной форме). Между ними имеет место хорошо выраженная высотная ложбина. Несмотря на то, что в западной половине первого естественного синоптического района высотное барическое поле при западной и смешанной формах циркуляции по конфигурации имеют значительное сходство, их термодинамические характеристики различны. Восточная периферия высотного гребня в этом случае является циклогенетической. Вместо полярных антициклонов вдоль этой части ВФЗ смещаются циклоны. Тыловые затоки холода за смещающимися с южной составляющей циклонами лишь усиливают над Западной Европой приземный гребень теплого азорского антициклона. По его периферии в месяцах холодного периода имеет место мощный вынос теплого влажного воздуха с северных районов Атлантики на холодную подстилающую поверхность. Это создает условия для формирования инверсионных слоев с образованием низкой слоистой облачности и ограниченной видимости, а соответственно для повышенной повторяемости СМУ над западными и северо-западными районами (районы Прибалтики, Санкт-Петербурга). В тоже время затоки холода также приводят к активизации Средиземноморских циклонов, которые по циклогенетической ветви восточного гребня смещаются на ЕТР, вызывая здесь повышенную продолжительность сложных метеорологических условий (район Донецка, Харькова, Воронежа, Курска, Казани). Между этими районами имеет место полоса относительно низкой повторяемости СМУ (район Осташково, Череповца).

При зональном типе атмосферной циркуляции отмечается относительное увеличение сложных метеорологических условий над исследуемой территорией. Это объясняется особенностью данного типа [3], выраженной в наличии в средней тропосфере циклонического вихря, охватывающего все северное полушарие с центром в районе полюса. Субтропическая зона высокого давления при этом опоясывает северное полушарие и почти не расчленяется на отдельные ядра.

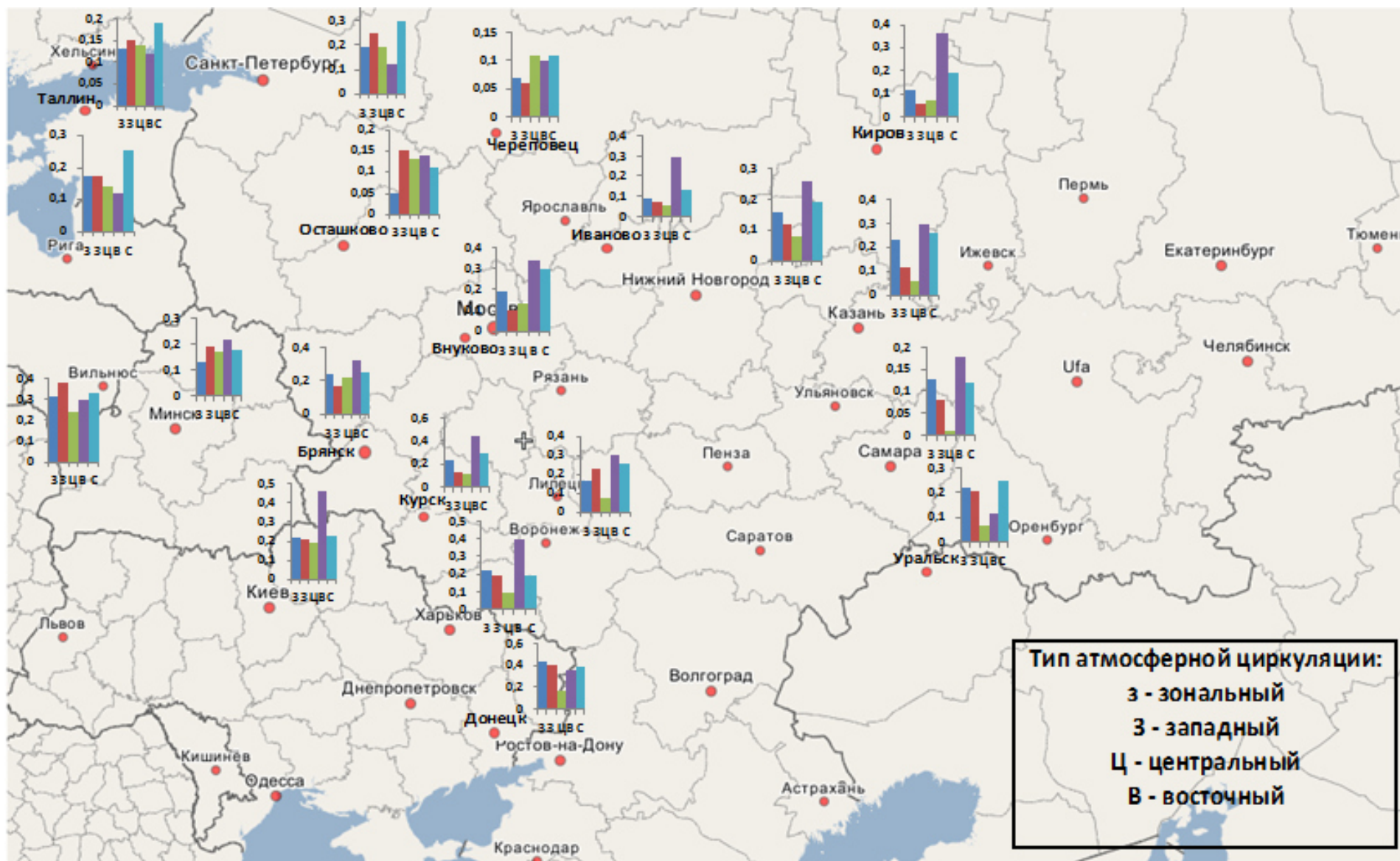


Рис.1. Пространственное распределение повторяемости дней со сложными метеорологическими условиями

В результате, существенно усиливается зональная составляющая атмосферной циркуляции, и ослабевает межзональный воздухообмен. Формируется преимущественно западно-восточное направление перемещения воздушных масс. Это определяет в месяцах холодного периода мощный вынос теплого влажного воздуха с северных районов Атлантики на относительно холодную подстилающую поверхность, что создает условия для формирования инверсионных слоев с образованием низкой слоистой облачности и ограниченной видимости. При этом большая продолжительность сложных условий отмечается на западе рассматриваемой территории (район Риги, Вильнюса, Минска). По мере продвижения на восток их повторяемость уменьшается в связи с постепенной трансформацией поступающих на рассматриваемую территорию воздушных масс.

Уменьшение повторяемости на юге территории (район Киева, Харькова, Донецка) связана с влиянием располагающихся в холодное полугодие в этих районах циклонов термического происхождения с центрами в районе Средиземного, Черного и Каспийского морей.

В приполярных районах, в условиях отрицательного радиационного баланса, происходит прогрессивное охлаждение воздуха, не компенсируемое притоком теплого воздуха с юга. Это приводит к упрощению метеорологических условий (район Череповца, Осташкова, Иванова).

В холодную половину года зональные процессы вызывают повышение температуры воздуха, и положительные её отклонения от нормы, достигающие 12-14°C. Кроме того, при зональных процессах вся рассматриваемая территория находится в зоне нормального или избыточного увлажнения.

В результате проведенного анализа выявлена зависимость продолжительности сложных метеорологических условий от типа и формы атмосферной циркуляции. Выявлено, что при зональных процессах наблюдается существенно большая продолжительность сложных метеорологических условий, чем при меридиональных процессах. То есть в результате проведенного исследования выявлено, что каждая форма атмосферной циркуляции предопределяет конкретное распределение метеорологических условий. Это может быть использовано в прогностических целях: установив заранее форму атмосферной циркуляции можно, уточнить климатический прогноз сложных метеорологических условий для рассматриваемой территории.

## SPATIAL DISTRIBUTION OF ADVERSE WEATHER CONDITIONS IN DIFFERENT TYPES ATMOSPHERIC CIRCULATION

V.P. Zakusilov, T.N. Zadorozhnyia

This article analyzes the impact of atmospheric circulation features repeatability adverse weather conditions over the territory of Eastern Europe. The spatial distribution of features in the zonal type and forms a meridional circulation type.

**KEYWORDS:** TYPES TSYRKULYATSII ATMOSPHERIC CIRCULATION PATTERN OF THE ATMOSPHERE, CHALLENGING WEATHER CONDITIONS.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 248 с.
2. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 270 с.
3. Руководство по долгосрочным прогнозам погоды на 3-10 дней. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 351 с.