

МЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.501.8

А.А. Поморцева, В.А. Гордина

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ШКВАЛОВ
НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Приведены результаты исследования синоптических условий образования шквалов на территории Пермского края (вид барического поля, периферия барического образования, тип и интенсивность атмосферных фронтов) за 5-летний период. Оценены значения радиолокационных характеристик (отражаемость, высота радиоэха в радиолокационном ядре) в сроки наблюдения, наиболее близкие к срокам регистрации шквалов.

Ключевые слова: шквал; конвективные явления; барические образования; атмосферные фронты; метеорологический радиолокатор.

Одним из наиболее опасных конвективных явлений в умеренных широтах является шквал. Шквал представляет собой резкое усиление ветра у поверхности земли на 8 м/с и более в течение короткого времени (не менее 2 минут), сопровождающееся изменением его направления.

Возникновение шквалов связано с грозовой деятельностью в мощных кучевых облаках. Особенно благоприятные условия для шквалов складываются при упорядоченной конвекции на линиях неустойчивости.

На территории Пермского края в год отмечается 3–4 случая шквала. Шквалы регистрируются как отдельное опасное явление (ОЯ) [4], так и в комплексе с другими метеоявлениями (при скорости ветра меньше критической для ОЯ).

Рассмотрим случаи шквалов и причины их возникновения на территории Пермского края за период 2008–2012 гг. Случаи шквалов были отобраны по данным телеграмм «Шторм» Пермского ЦГМС, описаниям результатов обследований неотмеченных метеостанциями случаев и дополнены обзорами об ОЯ, приведенными в журнале «Метеорология и гидрология».

За период исследования было отмечено 19 случаев шквала (за 1 случай принят 1 день, в течение которого в одном или нескольких населенных пунктах был зафиксирован шквал). Шквалы наблюдаются с мая по сентябрь на всей территории Пермского края от Чернушки до Чердыни, наиболее часто (7 случаев) — вблизи Перми, что может быть связано с большой протяженностью города и наличием нескольких наблюдательных станций в разных частях города (Большое Савино, Бахаревка, Пермь-опытная). Анализ кольцевых карт погоды показал, что шквалы возникают при прохождении циклонов в 89,5 % случаев и лишь в 10,5 % в барических полях повышенного атмосферного давления. Дадим общую характеристику условий образования шквалов по сезонам.

В мае за исследуемый период отмечался 21 % всех случаев шквалов. Данное опасное явление формировалось в полях пониженного атмосферного давления (985–1006 гПа) при температуре воздуха у земли от 7 до 24 °С. Прохождение шквала сопровождалось ливнями, в одном случае отмечались грозы в течение всех суток. Майские шквалы любопытны с точки зрения их формирования. В начале мая конвекция не так развита, как в летние месяцы, поскольку подстилающая поверхность только начинает прогреваться. Кроме того, контрасты температуры в зоне фронта, необходимые для образования шквала, в этот период возможны лишь при встрече арктической воздушной массы с тропическим воздухом, что происходит при расположении фронта в глубокой меридионально ориентированной ложбине. В конце мая или, в случае ранней весны, при

© Поморцева А.А., Гордина В.А., 2013

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 12-05-31425)

Поморцева Анна Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; smirnova@psu.ru

Гордина Владислава Александровна, студентка 3 курса кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; vlada-musechka@yandex.ru

установлении летних процессов к моменту образования шквала они отмечаются при прохождении активных атмосферных фронтов (конвекция холодных фронтов 2-го рода или волновых фронтов в обостренной ВФЗ).

В июне зарегистрировано 47 % всех случаев шквалов. Шквалы сформировались в основном в области низкого давления (979-1012 гПа) при температуре воздуха у земли от 15,0 до 29,4 °С и сопровождались грозами и ливневым дождем. Преобладающее большинство случаев шквалов отмечалось при прохождении динамически значимого холодного фронта, лишь в одном случае конвекция развилась на меридионально ориентированном теплом фронте заполняющегося циклона.

В июле зафиксировано 3 шквала (16 % от всех случаев). Явление отмечалось в области пониженного атмосферного давления (998-1012 гПа) при температуре воздуха до 35 °С. Шквалы сопровождались ливнями, грозами, местами зафиксировано выпадение града. Формированию шквалов способствовало прохождение через территорию края холодных фронтов. Наиболее интенсивными по силе ветра и нанесенному ущербу были шквалы, сформировавшиеся в зоне двух холодных фронтов в обостряющейся ВФЗ над южным циклоном.

К августу частота шквалов уменьшается. Так, было отмечено лишь 11 % случаев данного ОЯ. Шквалы в этот период развивались в слабоградиентном поле повышенного давления при малых контрастах температуры. Синоптические условия: барическая ложбина на периферии обширного стационарного антициклона с малоподвижным волновым фронтом и отрог антициклона с размытым теплым фронтом. В целом развитие конвекции определялось термическими причинами, наличие размытых фронтов создавало дополнительную неустойчивость воздушной массы.

В сентябре зафиксирован один случай шквала (5 %). Он сформировался в тыловой части очень глубокого активного циклона (давление в центре 975 гПа), смещавшегося с района Полярного Урала в сторону Новой Земли.

Поскольку шквал — локальное явление, то при возникновении его между синоптическими сроками и вне зоны ответственности метеостанции он может остаться незамеченным. Диагностировать шквал помогает информация метеорологического радиолокатора (МРЛ). МРЛ установлен в г. Перми на АМСГ Большое Савино и позволяет получать информацию о развитии конвективных явлений с интервалом обновления информации от 30 мин. до 1 часа в радиусе до 200 км от места установки радара [1; 5]. Рассмотрим значения основных радиолокационных характеристик (радиолокационной отражаемости и высоты радиоэха облачности) в кучево-дождевых облаках на момент регистрации шквалов наземными метеорологическими службами. Радиолокационная отражаемость является характеристикой микрофизического состава облачных частиц и зависит от их размера, а высота радиоэха облачности до известной степени может характеризовать высоту распространения кучево-дождевого облака в атмосфере. Поскольку состояние атмосферы, а следовательно, и условия образования шквалов могут отличаться в зависимости от сезона года и барического поля, то целесообразно будет оценить сезонные значения радиолокационных характеристик в сроки со шквалами при разных синоптических ситуациях.

Рассмотрим ход радиолокационных характеристик в сроки со шквалами в течение штормового периода (табл. 1.).

Таблица 1

Ход радиолокационных характеристик при шквалах в зависимости от месяца года

Характеристика	Месяц года				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Высота радиоэха, км	8,9	10,9	12,3	10,3	2,3
Высота уровня с максимальной отражаемостью, км	4,6	4,2	6,0	3,5	3,0
Макс.отраж., dBZ	46	51	53	52	24

Согласно табл. 1, отмечается увеличение высоты радиоэха облачности и максимальной отражаемости в *Cb* от мая к июлю, когда радиолокационные характеристики достигают максимального значения, а затем понижение к сентябрю. В июле отмечается наиболее интенсивная

конвективная деятельность, что связано с совместным влиянием термических и динамических условий развития конвективных процессов.

Интересно отметить, что, хотя максимальные значения характеристик отмечаются в самом теплом месяце — июле, количество самих шквалов гораздо больше в мае и июне. Возможной причиной этого является установление в прикамском регионе в июле антициклонального характера погоды.

Поскольку циклоны по свойствам воздушных масс являются неоднородными барическими образованиями и на разных их перифериях отмечаются различные метеорологические условия, то рассмотрим изменение радиолокационных характеристик в различных частях циклона (табл. 2). При этом чаще всего шквал возникает в теплом секторе циклона перед приближающимся холодным фронтом или линией неустойчивости (67 %), в 12 % случаев он связан с тыловой частью циклона и прохождением вторичных фронтов, с одинаковой повторяемостью (7 %) шквал отмечается в остальных частях циклона (при прохождении через Пермский край центра циклона, перед активным теплым фронтом и на северной периферии циклона при двух меридионально расположенных системах фронтов).

Таблица 2

Средние значения радиолокационных характеристик в различных частях циклона

Характеристика	Периферия циклона				
	Передняя часть циклона	Теплый сектор, ХФ	Теплый сектор, ФО	Тыл циклона	Северная периферия
Высота радиоэха, км	7,7	11,1	8,2	6,6	10,3
Уровень с максимальной отражаемостью, км	4,0	4,5	4,0	3,0	3,0
Макс.отраж., dBZ	41	51	49	39	54

Анализ показывает, что наибольшее развитие конвекция получает в теплом секторе циклона перед холодным фронтом. За счет суточного хода фронты здесь обостряются во второй половине дня, и при достаточной влажности и неустойчивости теплой воздушной массы формируется мощное кучевое облако, быстро достигающее штормоопасного состояния.

Кроме того, активно развитие конвекции осуществлялось на северной периферии циклона. Стоит отметить, что единственный случай шквала в этой части барического образования отмечался при интенсивной циклонической деятельности южного циклона с двумя близко расположенными меридионально ориентированными полярными фронтами. Кучево-дождевая облачность под влиянием синоптических процессов перешла в градоопасное состояние и на ряде метеорологических станций отмечалось выпадение града.

При развитии шквалов в теплом секторе циклона под влиянием холодного фронта окклюзии отмечаются заметно меньшие значения радиолокационных характеристик, чем на холодном фронте, что связано с тем, что фронты окклюзии в целом являются менее активными, так как лежат вне фронтальной зоны и не выражены в контрастах температуры. Однако в процессе окклюдирования и при прохождении фронта в послеполуденные часы происходит обострение холодных окклюзий с формированием конвективной облачности с ливнями и грозами. В нашей ситуации фронт начал оказывать влияние на южную часть территории Пермского края в 18 ч местного времени.

В передней части циклона, под влиянием теплого фронта, кучево-дождевая облачность формируется в ночные часы при обострении фронта. За счет отсутствия термической конвекции *Cb* не достигают значительных высот, однако ядро радиолокационной отражаемости находится выше изотермы 0 °С.

При возникновении шквала в тылу циклона под влиянием вторичных холодных фронтов отмечаются самые низкие значения радиолокационных характеристик. Конвекция здесь не развивается до таких высот, как на холодном фронте, поскольку фронтальная поверхность основного холодного фронта является задерживающим слоем для вертикального развития *Cb*. Кроме того, вторичный холодный фронт не выражен в контрастах температуры. Шквалы здесь возникают за счет увеличения барического градиента под влиянием термодинамических условий в средней атмосфере.

Таким образом, на территории Пермского края в течение всего теплого периода складываются благоприятные условия для развития конвекции и формирования шквалов [2; 3]. Шквалы отмечаются в основном на холодных фронтах активных циклонов при достижении конвективным облаком грозового и градоопасного состояния.

Библиографический список

1. Калинин Н.А., Смирнова А.А. Исследование радиолокационных характеристик для распознавания опасных явлений погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью // Метеорология и гидрология. 2005. № 1. С. 84–95.
2. Калинин Н.А., Смирнова А.А. Определение водности и водозапаса кучево-дождевой облачности по информации метеорологического радиолокатора // Метеорология и гидрология. 2011. № 2. С. 30–43.
3. Калинин Н.А., Смирнова А.А. Совместное использование данных радиолокационных и станционных наблюдений для анализа облачных полей // Метеорология и гидрология. 2002. № 8. С. 53–60.
4. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.88.629–2002. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 42 с.
5. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. РД 52.04.320-91. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 360 с.

A.A. Pomortceva, V.A. Gordina**THE STUDY OF SYNOPTIC CONDITIONS OF FORMATION OF SQUALLS
ON THE PERM REGION**

The article presents the results of the study of synoptic conditions of education squalls on the territory of the Perm region (the type of the pressure field, the periphery of the pressure of education, type and intensity of the atmospheric fronts) over the 5-year period. Estimated values of radar characteristics (reflectivity, height radar echoes in radar kernel) in periods of observation, the most close to the dates of registration of the squalls.

К е у w o r d s : squall; convective phenomena; pressure education; atmospheric fronts; weather radar.

Anna A. Pomortceva, Candidate of Geographical Science, Associate Professor of Department of Meteorology and the Protection of Atmosphere, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, Russia 614990; smirnova@psu.ru

Vladislava A. Gordina, Student of Department of Meteorology and the Protection of Atmosphere, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, Russia 614990; vlada-musechka@yandex.ru

УДК 551.557

Н.И Толмачева, А.Д. Крючков**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОБЛАЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Проведены исследования пространственно-временного распределения облачных структур с использованием информации метеорологических спутников Земли (МСЗ) за многолетний период, анализ скорости, кривизны и траекторий циклонических систем, рассмотрена динамика облачных образований по данным МСЗ, изучено перемещение циклонических образований по космическим снимкам, установлены поправочные коэффициенты, углы разворота, кривизна облачной спирали и рассчитаны схемы экстраполяции для разных стадий.

К л ю ч е в ы е с л о в а : метеорологический спутник; космический снимок; облачная система; динамика облачных образований.

© Толмачева Н.И, Крючков А.Д., 2013

Толмачева Наталья Игоревна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15; nitolmacheva@yandex.ru

Крючков Андрей Дмитриевич, магистр гидрометеорологии, инженер кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15; meteo@psu.ru