References

1. The second assessment report about climate change and their impact on the territory of the Russian Federation, (2014), Moscow, Russia.
2. Gruza, G. V., and Rankova, E. J. (2004), "Detection of Climate Change: Status, variability and extreme climate", *Meteorology and Hydrology*, no.4, pp. 50-67.
3. Kendall, M.G., and Stuart, A. (1973), *Statisticheskie vyvody i svjazi* [Statistical inference and communication], Moscow, USSR
4. Lenskaja, O.J., Bykov, D.V. (2008), "Analysis of the variability of monthly precipitation with atmospheric circulation index", *Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo universiteta*, Russia, no. 17, pp. 53-62.
5. Perevedencev, J.P. (2013), *Klimat i okruzhajushhaja sreda Privolzhskogo Federalnogo okruga* [The climate and the environment of the Volga Federal District], Kazan State University, Kazan, Russia
6. *Guidance document. Manual on short-term forecasts of a general-purpose weather* (2009), Obninsk, Russia
7. Franzke, C., and Feldstein, S.B. (2005), "The continuum and dynamics of Northern Hemisphere teleconnection patterns", *J. Atmos. Sci.*, vol. 62, no. 9, pp. 3250–3267
8. Hurrell, J.W. (2003), "*Climate variability: North Atlantic and Arctic Oscillation. In: Encyclopedia of Atmospheric Sciences*", pp. 439–445.
9. Scaife, A.A. et al. (2008), "European climate extremes and the North Atlantic Oscillation", *J. Climate*, vol. 21, no. 1, pp. 72–83.

Поступила вредакцию: 14.09.2016

Сведения об авторе

Шумихина Алла Валерьевна
аспирантка кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского федерального университета,
руководитель группы метеопрогнозов Удмуртский ЦГМС
426068, Россия, г. Ижевск, ул. Сабурова, 25;
e-mail: kamb2442@gmail.com

About the author

Alla V. Shumikhina
Postgraduate Student, Kazan Federal University,
Head of Weather Forecasts Department of Udmurt CGMS;
25, Saburova st., Izhevsk, 426068, Russia;
e-mail: kamb2442@gmail.com

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:
Шумихина А.В. Динамика режима осадков в Удмуртской Республике и их связь с индексами атмосферной циркуляции // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №1(40). С. 73–85. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-73-85
Please cite this article in English as:
Shumikhina A.V. Precipitation pattern dynamics in the Udmurt Republic and its connection with atmospheric circulation index // Geographical bulletin. 2017. № 1(40). P. 73–85. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-73-85.

УДК 551.589

Е.В. Пищальникова

СИНОПТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОЧЕНЬ СИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ В ПЕРМСКОМ КРАЕ*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

В настоящей статье изложена синоптическая классификация очень сильных снегопадов, выпавших в Пермском крае за 1979–2013 гг., выполненная на основе синоптико-статистического метода. Выявлено, что формирование очень сильных снегопадов отмечалось при 11 видах синоптических ситуаций, каждая из которых обусловлена определенной частью барического образования или типом

© Пищальникова Е.В., 2017
*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 16-35-00410 мол_а)

атмосферного фронта. Установлено, что 53% случаев очень сильных снегопадов в Пермском крае имело фронтальную природу развития, 6% – внутримассовую и 41% – смешанную. Фронтальные очень сильные снегопады выпадают под влиянием полярного теплого фронта, приземная линия которого соответствует изотерме -5°С на изобарической поверхности 850 гПа. Зоны слоисто-дождевых облаков и обложных осадков фронта имеют ширину 200–350 км и смещаются по территории Пермского края со скоростью от 5 до 20 км/ч. В этом случае снегопады опасной величины выпадают в северных и в восточных районах региона. Благоприятные условия для возникновения внутримассовых очень сильных снегопадов создаются в тыловой части и в теплом секторе западных циклонов. При таких синоптических условиях опасные снегопады выпадают в центральных районах Пермского края. Очень сильные снегопады смешанного характера наблюдаются при наложении влияния смещающегося теплого фронта и центра циклона через территорию исследования и выпадают локально по северу региона.

Ключевые слова: снегопад, опасное природное явление, фронтальный процесс, синоптическая ситуация, Пермский край.

E.V. Pischalnikova

SYNOPTIC CLASSIFICATION OF VERY HEAVY SNOWFALLS IN THE PERM REGION

Perm State University, Perm

The article presents synoptic classification of very heavy snowfalls which occurred in the Perm region in the period 1979–2013. This classification is formed on the basis of the synoptic-statistical method. It has been found that the formation of very heavy snowfalls was observed in 11 kinds of synoptic situations, each of which was determined by a particular part of cyclone or type of atmospheric front. It has been found that 53% of very heavy snowfalls in the Perm region were of the frontal nature, 6% – air-mass and 41% – mixed. Frontal very heavy snowfalls are formed under the influence of a polar warm front, whose ground-level line corresponds to the isotherm of –5°C at the pressure level of 850 hPa. The front zones of nimbostratus clouds and precipitation are of 200–350 km in width and are displaced over the Perm region's territory at a speed from 5 to 20 km/h. In this case, very heavy snowfalls are observed in the northern and eastern areas of the region. The favorable conditions for the emergence of air-mass very heavy snowfalls are created in the rear and in the warm sector of the western cyclones. Under these synoptic conditions, dangerous snowfalls occur in the central districts of the Perm region. Very heavy snowfalls of mixed nature are observed when there is superimposition of the influence of the biasing warm front and the cyclone center through the territory under study, they fall locally in the north of the region.

Keywords: snowfall, dangerous natural phenomenon, frontal process, synoptic situation, Perm region.

doi 10.17072/2079-7877-2017-1-85-92

Одним из методов анализа макросиноптических процессов является их классификация, которая позволяет в большом многообразии синоптических ситуаций найти общие черты развития крупномасштабных процессов и использовать их для разработки методов прогноза погоды. Существует несколько десятков различных видов типизации синоптических процессов. Несмотря на разнородность типизируемых объектов: осей, траекторий, барических и метеорологических полей, различного рода переносов и потоков, воздушных масс и разделяющих их атмосферных фронтов в большинстве случаев исследователями используется один единственный подход – принцип аналогичности, который был успешно реализован в большом количестве региональных исследований [4].

В холодное полугодие формирование обильных осадков определяется не только макропроцессом, типом циклона и стадией его развития [2; 5], но и частью барического образования, а также связанной с ним фронтальной системой. На основе синоптико-статистического метода выполнена классификация снегопадов, выпавших на территории Пермского края в градации опасное природное явление (ОЯ) [3], благоприятные условия для образования которых отмечались при 11 видах синоптических ситуаций (таблица). Для проведения данного исследования в качестве информационной базы использовались метеорологические ежегодники и ежемесячники, предоставленные Пермским ЦГМС за 1979–2013 гг.; архив синоптических карт и данные

аэрологического зондирования, предоставленные Уральским УГМС. Обработка синоптических карт и проведение фронтологического анализа проводилась с помощью программного комплекса ГИС Метео.

Согласно синоптической классификации осадки по природе своего происхождения принято делить на внутримассовые и фронтальные. За исследуемый период 53% случаев очень сильных снегопадов в Пермском крае имело фронтальную природу развития. Доля внутримассовых снегопадов составила лишь 6%. Однако за полусуточные временные отрезки, в которые выпадают снегопады, на условия их формирования могут оказывать влияние и те и другие процессы, поэтому 41% случаев имел смешанную природу происхождения.

К фронтальным снегопадам относятся случаи, когда их образование происходило под влиянием следующих атмосферных фронтов: теплого, холодного, холодного с волнами, а также фронта окклюзии, что соответствует указанным в таблице синоптическим ситуациям 1, 5, 6, 10. К внутримассовым снегопадам относятся случаи, когда их формирование происходило в теплом секторе и тыловой части циклона, что соответствует синоптическим ситуациям 4 и 8. Снегопады смешанного происхождения образуются при разных сочетаниях синоптических ситуаций (2, 3, 7, 9, 11), создающихся в результате смещения циклона и связанной с ним фронтальной системой. Рассмотрим условия образования каждого вида снегопада отдельно.

Число случаев очень сильных снегопадов в Пермском крае за 1979–2013 гг.
в зависимости от синоптической ситуации с учетом типа циклона

Тип циклона по траектории смещения	*Синоптическая ситуация*										
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
Северо-западный	3	3	–	–	–	1	1	–	–	1	–
Западный	2	–	–	1	2	–	–	1	–	–	–
Местный	–	2	1	–	–	–	–	–	2	–	–
Южный	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	1
Юго-западный	2	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
Северный	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–
Итого	8	7	1	1	3	1	1	1	2	3	1
Повторяемость, %	28	25	3	3	11	3	3	3	7	11	3

Примечание: 1 – теплый фронт, 2 – теплый фронт в сочетании с центральной частью циклона, 3 – теплый фронт в сочетании с северной частью циклона, 4 – теплый сектор циклона, 5 – холодный фронт, 6 – холодный фронт с волнами, 7 – тыловая часть циклона в сочетании с вторичными холодными фронтами, 8 – тыловая часть циклона, 9 – центральная часть циклона, 10 – фронт окклюзии, 11 – центральная часть циклона в сочетании с фронтом окклюзии.

Фронтальные снегопады. В соответствии с термодинамической классификацией воздушных масс и в зависимости от направления перемещения все атмосферные фронты делятся на теплые, холодные и нейтральные, возникающие в результате окклюдирования [1].

Исследование связи повторяемости опасных снегопадов с прохождением атмосферного фронта показало (таблица), что наибольшее влияние оказывал теплый фронт (28% случаев). Существенно уступали ему фронты холодный и окклюзии, под влиянием которых образовалось 14 и 11% очень сильных снегопадов соответственно.

В холодное время года вне зависимости от времени суток в связи с большим температурным контрастом самые активные процессы происходят на теплом фронте. В период образования очень сильного снегопада в Пермском крае горизонтальный градиент температуры в зоне фронта на приземной карте погоды достигал 2–5°С/100 км, по карте $АТ_{850}$ – 10–16°С/500 км, на карте $ОТ^{500}_{1000}$ – примерно 13–20°С/1000 км. В большинстве случаев приземная линия фронта соответствовала изотерме –5°С на карте $АТ_{850}$ и была ориентирована с северо-запада на юго-восток (рис. 1), реже – меридионально и с юго-запада на северо-восток.

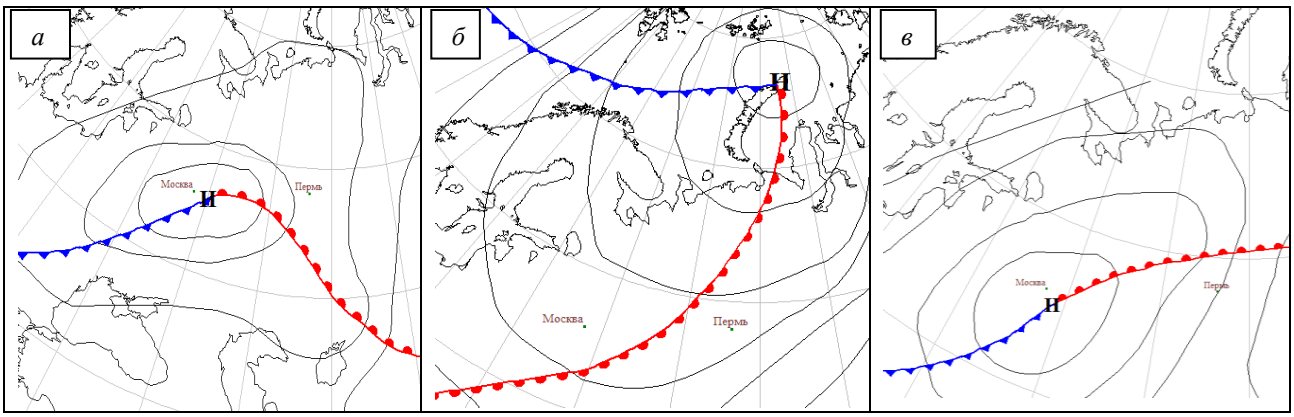


Рис. 1. Схемы барических полей и фронтальных систем при образовании очень сильных снегопадов под влиянием теплого фронта разной ориентации: *а* – с северо-запада на юго-восток; *б* – меридионально; *в* – с юго-запада на северо-восток

Скорость движения теплого фронта по территории Пермского края в период выпадения опасного снегопада составляла от 5 до 20 км/ч. Ширина зоны слоисто-дождевых облаков и обложных осадков теплого фронта в среднем достигала 200–350 км. Обильные снегопады, сформировавшиеся под влиянием теплого фронта, наблюдались преимущественно в северных и в восточных районах Пермского края и фиксировались на нескольких метеорологических станциях (МС) одновременно.

За рассматриваемый период в Пермском крае из 8 случаев очень сильных снегопадов, образовавшихся под влиянием теплого фронта, 3 случая были связаны с северо-западными циклонами, по 2 – с западными и юго-западными, 1 случай – с южным циклоном. Под влиянием теплого фронта, связанного с циркуляцией местного и северного циклонов, выпадение опасных снегопадов не наблюдалось.

В холодное время года и в переходные сезоны развитие конвекции на холодных фронтах зависит от скорости его перемещения. Образование опасных снегопадов под влиянием холодного фронта происходило не часто – отмечено 4 случая за 35 лет.

Если холодный фронт смещается медленно, то осадки выпадают по обе стороны фронта, являются обложными и образование снегопадов опасной величины не происходит. При возникновении волнового возмущения на медленно смещающемся холодном фронте создаются благоприятные условия для развития мощной облачной системы и, как следствие, выпадения снегопада опасной величины. Такие условия за исследуемый период на территории Пермского края сложились однажды в системе северо-западного циклона. Время прохождения фронта через пункт, где отмечался очень сильный снегопад, составило около 12 ч.

Облачность быстро смещающегося холодного фронта состоит из кучево-дождевых облаков и находится перед приземной линией фронта. В этом случае соответствующая им зона ливневых осадков имеет ширину 50–100 км [1]. Холодный фронт, в отличие от теплого, характеризуется значительной скоростью движения (40–70 км/ч) и существенно меньшими горизонтальными градиентами температуры. Так, на приземной карте температурный контраст в зоне фронта не превышал 2°С/100 км, на карте $АТ_{850}$ – 10°С/500 км, на карте $ОТ_{1000}^{500}$ – изменялся от 9 до 17°С/1000 км. В большинстве синоптических ситуаций приземная линия фронта была ориентирована от центра циклона на северо-запад, в единичном случае – от центра циклона на юго-запад (рис. 2). В результате очень сильные снегопады фиксировались на МС, расположенных в горно-восточном районе Пермского края под влиянием западных и юго-западных циклонов и связанных с ними фронтальных разделов (холодным фронтом 2-го рода и холодным фронтом с волнами).

В зависимости от соотношения температуры воздуха перед теплым и за холодным фронтом фронты окклюзии могут быть по типу теплого, холодного или нейтральными [1]. Над ЕТР в холодное полугодие обычно наблюдается фронт окклюзии по типу теплого фронта. В процессе окклюдирования на линии фронта образуется многослойная облачность, которая постепенно развивается в слоистообразную облачную систему, подобную теплому фронту. В каждом рассмотренном случае фронт окклюзии имел разную ориентацию (рис. 3) и на высоте ему соответствовал гребень тепла с изотермой на изобарической поверхности 850 гПа от –5 до –14°С в зависимости от месяца, когда наблюдалось ОЯ.

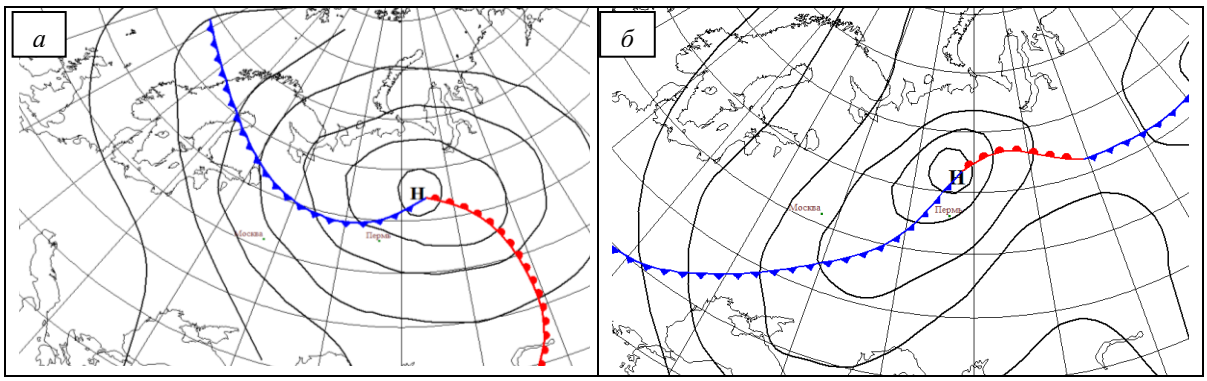


Рис. 2. Схемы барических полей и фронтальных систем при образовании очень сильных снегопадов под влиянием холодного фронта разной ориентации: *а* – от центра на северо-запад; *б* – от центра на юго-запад

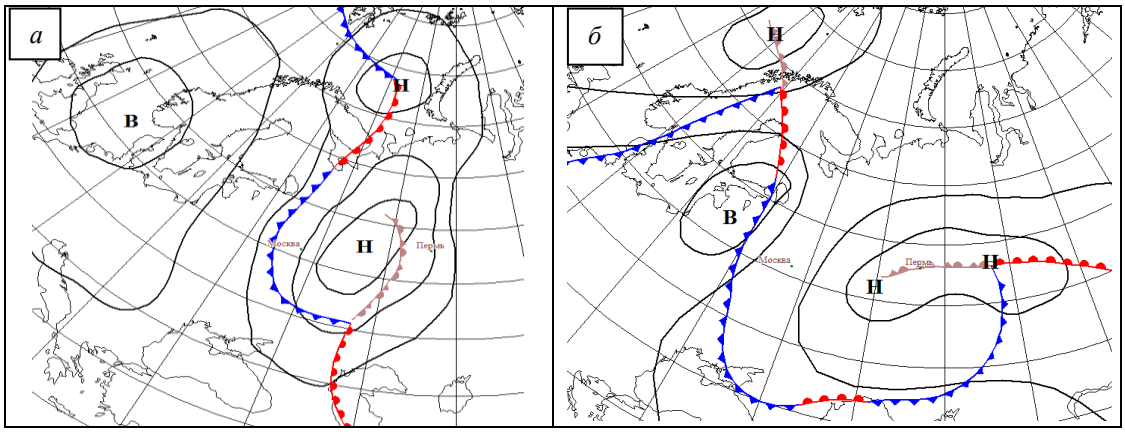


Рис. 3. Схемы барических полей и фронтальных систем при образовании очень сильных снегопадов под влиянием фронта окклюзии разной ориентации: *а* – меридиональная; *б* – широтная

В Пермском крае очень сильные снегопады образовывались под влиянием фронта окклюзии, связанного с циркуляцией северных и северо-западных циклонов (таблица), и выпадали только в восточных районах рассматриваемой территории.

Внутримассовые снегопады. Благоприятные условия для возникновения внутримассовых осадков создаются в северной и тыловой частях циклона, его теплом секторе и в малоградиентном барическом поле [1].

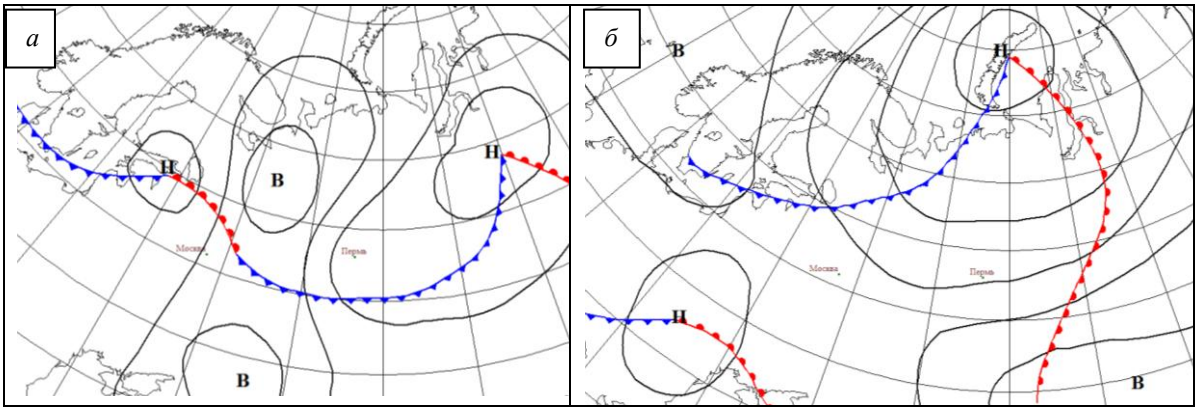


Рис. 4. Схемы барических полей и фронтальных систем при образовании внутримассовых очень сильных снегопадов: *а* – тыловая часть циклона; *б* – теплый сектор

В Пермском крае за 1979–2013 гг. внутримассовые снегопады редко достигали опасной величины. Всего отмечалось 3 случая (таблица) при двух синоптических ситуациях (рис. 4). Первая из них – тыловая часть западного или юго-западного циклона. При этом в тыловой части циклонического образования на приземной карте наблюдалась однородность в поле ветра, облачности и осадков, а в

средней тропосфере над тыловой частью наблюдался высотный центр с понижением геопотенциальной высоты со временем (до 5 гп. дам за 24 ч). В такой ситуации очень сильные снегопады в Пермском крае отмечались только в северо-восточных районах региона.

Вторая синоптическая ситуация – теплый сектор западного циклона с обширной зоной падения давления (3–5 гПа/3 ч), захватывающей переднюю часть циклона и его теплый сектор. На карте $АТ_{850}$ теплому сектору соответствовали гребень тепла с изотермами 0 и –2°С и зона малых дефицитов точки росы, изменяющихся в пределах от 4 до 8°С. При таких синоптических условиях очень сильный снегопад сформировался в центральных районах Пермского края.

Снегопады смешанного происхождения. За исследуемый период формирование очень сильных снегопадов смешанного характера на территории Пермского края происходило при пяти синоптических ситуациях (таблица), которые сложились в результате перемещения и эволюции циклонических образований и связанных с ними фронтальных системах.

Наибольшее число случаев (25%) наблюдалось при наложении влияния смещающегося теплого фронта и центра циклона (северо-западного, южного и местного) через территорию исследования (рис. 5). Вследствие этого очень сильный снегопад наблюдался на 1–2 МС, расположенных на севере региона.

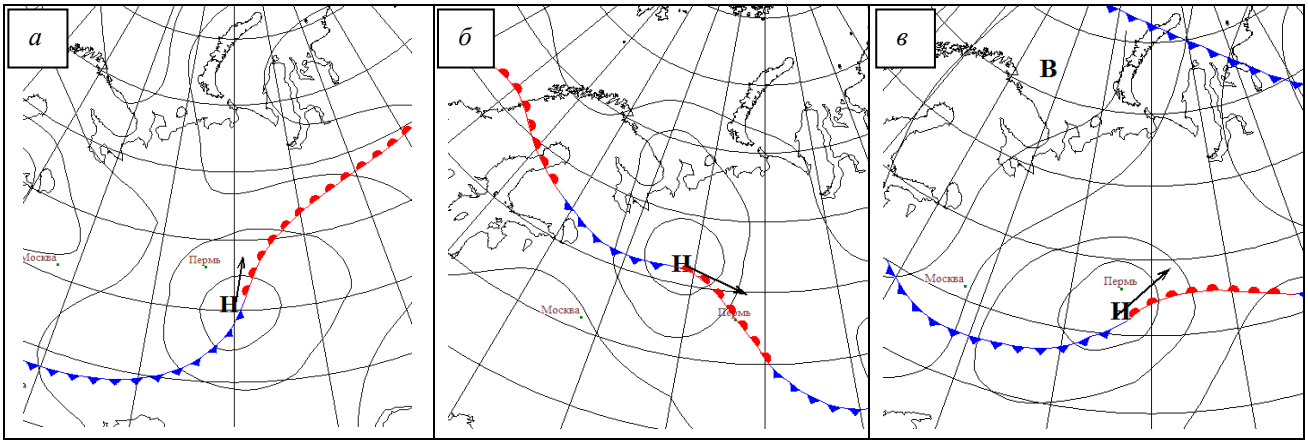


Рис. 5. Схемы барических полей и фронтальных систем при образовании очень сильных снегопадов под влиянием теплого фронта в сочетании с центральной частью циклона:
а – южного; *б* – северо-западного; *в* – местного

Под влиянием центральной части циклонического вихря очень сильный снегопад сформировался дважды. В обоих случаях формирование опасных снегопадов было обусловлено влиянием местных углубляющихся циклонов, зародившихся в Зауралье (рис. 6).

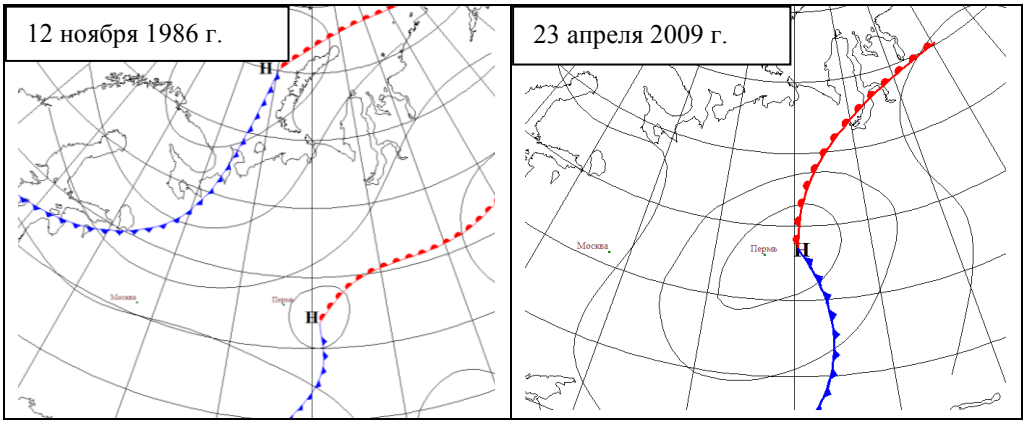


Рис. 6. Схемы барических полей и фронтальных систем при образовании очень сильных снегопадов под влиянием центральной части циклонов

В остальном характеристики циклонических образований отличались следующим образом: в первом случае циклон, обусловивший образование очень сильного снега 12 ноября 1986 г., был

неглубоким и подвижным барическим образованием (минимальное давление в центре составило 1004 гПа, скорость смещения – 15 км/ч); во втором – циклон, обусловивший образование очень сильного снега 23 апреля 2009 г., был глубоким и малоподвижным барическим образованием (минимальное давление в центре составило 985 гПа, скорость смещения – 6 км/ч). В данной синоптической ситуации рассматриваемое ОЯ отмечалось на востоке Пермского края.

По одному случаю очень сильного снегопада наблюдалось при следующих синоптических ситуациях: под влиянием фронта окклюзии в сочетании с центром циклона, теплого фронта в сочетании с северной частью циклона и тыловой части циклона с вторичными холодными фронтами (рис. 7). Последняя из перечисленных синоптических ситуаций явилась следствием процесса сегментации циклона.

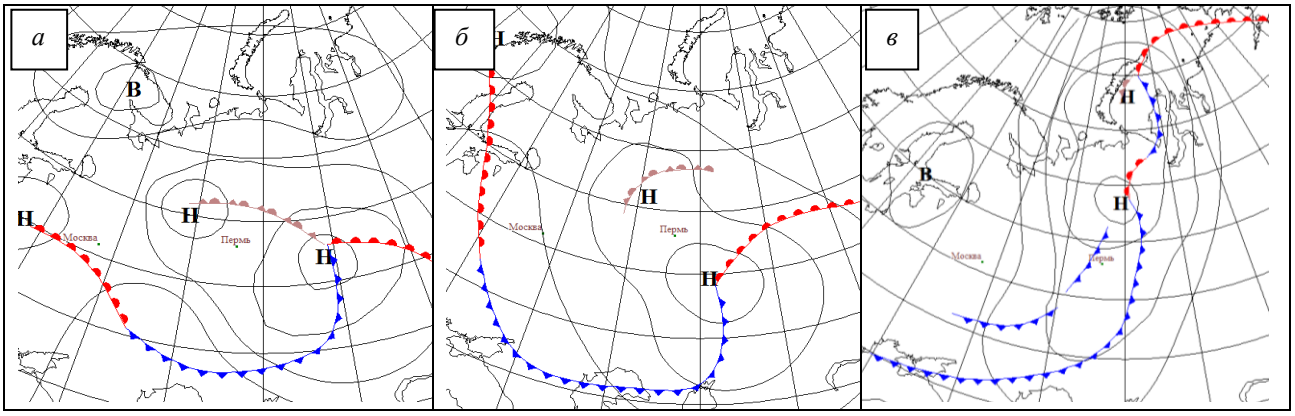


Рис. 7. Схемы барических полей и фронтальных систем при образовании очень сильных снегопадов:
а – под влиянием фронта окклюзии в сочетании с центром циклона;
б – под влиянием теплого фронта в сочетании с северной частью циклона;
в – под влиянием тыловой части циклона с вторичным холодным фронтом

Таким образом, зная будущую синоптическую ситуацию на территории Пермского края, можно качественно оценить возможность образования очень сильного снегопада.

Библиографический список

1. *Воробьев В.И.* Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 616 с.

2. *Калинин Н.А.* Мониторинг, моделирование и прогноз состояния атмосферы в умеренных широтах / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. 308 с.

3. *Наставление* по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.27.724–2009. Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. 50 с.

4. *Пищальникова Е.В.* Аналитический обзор современного состояния проблемы влияния циклонической деятельности на условия формирования обильных осадков в холодный период года // Географический вестник. 2014. № 1(28). С. 69–79.

5. *Пищальникова Е.В.* Циркуляционные условия формирования обильных снегопадов в Пермском крае // Географический вестник. 2016. № 1(36). С. 70–77.

References

1 Vorobev, V.I. (1991), Sinopticheskaya meteorologiya [Synoptic meteorology], Gidrometeoizdat, Leningrad, Russia.

2. Kalinin, N.A. (2015), *Monitoring, modelirovanie i prognoz sostoyaniya atmosfery v umerennyh shyrotah* [Monitoring, modeling and forecast atmospheric conditions in temperate latitudes], Perm state university press, Perm, Russia.

3. Roshydromet and Hydrometeorological Centre of Russia (2009), *RD 52.27.724–2009: Nastavlenie po kratkosrochnym prognozam pogody obshego naznacheniya* [GD 52.27.724–2009: Manual on the short-term weather forecasts of general purpose], IG-SOTSIN, Obninsk, Russia.

4. Pischalnikova, E.V. (2014), “The analytical review of current state of issue of the cyclonic activity influence on the conditions of formation intensity precipitation in the cold season“, *Geographical Bulletin*, no. 1(28), pp. 69–79.

5. Pischalnikova, E.V. (2016) “Circulation conditions of abundant snowfall formation in Perm region“, *Geographic Vestnik*, no. 1(36), pp. 70–77.

Поступила в редакцию: 08.09.2016

Сведения об авторе

Пищальникова Евгения Владимировна
кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета;
Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15;
синоптик отдела метеорологических прогнозов Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
614030, г. Пермь, ул. Новогайвинская, 70;
e-mail: evapopova@rambler.ru

About the author

Evgeniya V. Pischalnikova
Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, Department of Meteorology and Atmosphere Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia;
Weather forecaster, Department of Meteorological Forecasts, Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring;
70, Novogayvinskaya st., Perm, 614030, Russia;
e-mail: evapopova@rambler.ru.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:
Пищальникова Е.В. Синоптическая классификация очень сильных снегопадов в Пермском крае // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №1(40). С. 85–92. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-85-92

Please cite this article in English as:
Pischalnikova E.V. Synoptic classification of very heavy snowfalls in the Perm region // Geographical bulletin. 2017. № 1(40). P. 85–92. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-85-92