

УДК 551.5

Е.В. Пищальникова

**ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ
В ПЕРМСКОМ КРАЕ***

В настоящей статье представлен анализ режима атмосферной циркуляции в период выпадения сильных и очень сильных снегопадов в Пермском крае за 1979–2013 гг. на основе классификации А.Л. Каца и типизации циклонов по направлению перемещения. Рассмотрены повторяемость циклонических образований, обуславливающих выпадение обильных снегопадов в Пермском крае, их глубина, скорость движения, стадия развития, а также интенсивность упорядоченных вертикальных движений. Установлено, что за исследуемый период преобладал меридиональный тип циркуляции по А.Л. Кацу с доминированием западной и смешанной форм над другими. Значительное количество обильных снегопадов образовалось под влиянием северо-западных и западных циклонов, которые, перемещаясь через территорию Урала, находились на стадиях развития «молодой циклон» и «максимальное развитие». Активно углубляющийся или глубокий циклон вне зависимости от направления смещения при наличии в его системе интенсивных упорядоченных восходящих движений является одним из главных условий формирования сильных и очень сильных снегопадов на территории Пермского края.

К л ю ч е в ы е с л о в а : сильный снегопад, циркуляция атмосферы, классификация Каца, опасное природное явление, вертикальные движения, Пермский край.

E.V. Pischalnikova

CIRCULATION CONDITIONS OF ABUNDANT SNOWFALLS FORMATION IN PERM REGION

This article presents an analysis of atmospheric circulation regime on the basis of the classification A.L. Katz and the typing of cyclones in the direction of movement, during heavy and very heavy snowfall in Perm region for 1979–2013. We considered the repeatability of cyclones, that have contributed to the formation of abundant snowfall in Perm region, their depth, speed, development stage, and the intensity of ordered vertical movements. It was found that during the analyzed period prevailed the meridional type of circulation by A.L. Katz with the dominance of the western and the mixed form over the other. The majority of abundant snowfall was formed under the influence of the north-western and western cyclones that moved through the territory of Urals and were at the stage of evolution «young cyclone» and «maximum development». Actively deepening or deep cyclone regardless of the direction of displacement in the presence in his system ordered intensive ascending motion is one of the main conditions for the formation of heavy and very heavy snowfall in Perm region.

K e y w o r d s : heavy snowfall, atmospheric circulation, classification Katz, dangerous natural phenomenon, vertical movement, Perm region.

Циркуляционный режим над Уралом характеризуется разнообразием атмосферных процессов. Одной из особенностей циркуляции является повышенная повторяемость циклонов по сравнению с антициклонами в течение всего года. Погодные процессы определяются в среднем 120–140 циклонами и 40–50 антициклонами за год [1]. Активность атмосферных процессов возрастает с октября и сохраняется в течение зимы, достигая максимума в марте, когда погода определяется 13–15 циклонами и 3–5 антициклонами [11].

В холодное время года одним из неблагоприятных явлений (НЯ) погоды является сильный снегопад с количеством 6 мм и более за период времени не более 12 ч. При достижении 20 мм и более в течение 12 ч. снегопад переходит в разряд опасного природного явления (ОЯ) и определяется как очень сильный снегопад [5; 6]. Максимальное число случаев с обильными (сильными и очень

сильными) снегопадами приходится на ноябрь, что составляет 28 % общего числа; далее – октябрь (17 %), апрель (15 %) и декабрь (13 %) [7].

Особое внимание обратим на влияние крупномасштабных атмосферных процессов на формирование сильных и очень сильных снегопадов на территории Пермского края за 1979–2013 гг.

Материалы и методы исследования

Для изучения влияния циклонической деятельности на образование снегопадов очень сильной интенсивности в Пермском крае использовались следующие материалы: данные об индексах А.Л. Каца, предоставленные Гидрометцентром России за 2005–2013 гг., аэрологический и синоптический архив карт за 2005–2013 гг., который был предоставлен Пермским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Электронный архив накоплен при помощи программного комплекса ГИС Метео. С целью установления более надежной зависимости между синоптическим положением и повторяемостью рассматриваемого явления была увеличена историческая глубина исследуемого периода до 1979 г. за счет использования данных реанализа. Информация получена по модели CFS (Climate Forecasting System), подробное описание которой можно найти в работах [12; 13]. Применение реанализа по модели CFS имеет ряд преимуществ над другими архивами: большая глубина архива (с 1979 г.), высокое пространственное (0,5°) и временное (1 ч.) разрешение, открытый доступ к информации.

Объективная оценка макропроцесса проведена с использованием системы индексов А.Л. Каца, которая характеризует зональную (I_z) и меридиональную (I_m) компоненты атмосферной циркуляции. Удобно использовать общий показатель, который определяется как $I_o = \frac{I_m}{I_z}$. Если $I_o \geq 0,75$, то процесс необходимо отнести к меридиональному типу, если $I_o < 0,75$, то данный тип — зональный [3; 4].

По положению основных высотных ложбин и гребней устанавливают форму меридиональной циркуляции (рис. 1).

Данные о вертикальной скорости на изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа были получены из архива реанализа по модели CFS в изобарической системе координат VVEL (Vertical velocity (pressure), Па/с). Извлечение данных в узлы сетки и их сплайн-интерполяция в координаты МС выполнялись с помощью программного пакета ArcGis 10.1. Для каждого случая очень сильного снегопада получены значения вертикальной скорости в сроки 0, 6, 12, 18 ч / ВСВ на 3 изобарических поверхностях и приведены к размерности гПа/12 ч., применяемой в синоптической практике.

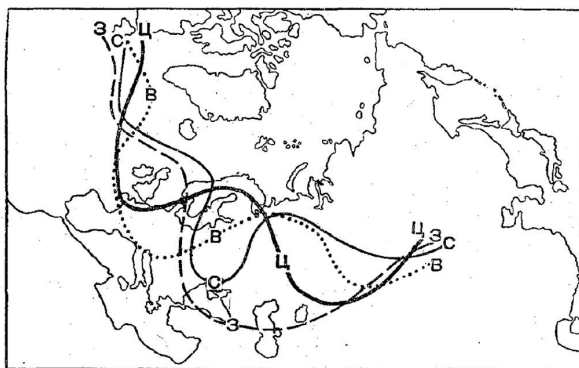


Рис. 1. Среднее положение планетарной высотной фронтальной зоны в меридиональных процессах З, Ц, В и С в холодную часть года [3]: Ц (центральная) – высотный гребень или антициклон зимой находится над восточной частью Европы, а над Уралом располагается высотная ложбина; З (западная) – высотный гребень находится над Западной Европой, а над ЕТР наблюдается высотная ложбина; В (восточная) – высотная ложбина над Западной Европой и высотным гребнем или антициклоном на востоке ЕТР и над прилегающими районами Западной Сибири; С (смешанная) – над ЕТР находится высотная ложбина, к западу и востоку от нее гребни. При этом западный гребень близок по локализации к процессам формы З, а восточный гребень – к процессам формы В

Результаты и их обсуждение

Анализ зависимости формирования обильных снегопадов в Пермском крае от крупномасштабной циркуляции показал, что 37 % случаев связаны с зональной циркуляцией, 63 % – обусловлены меридиональной циркуляцией (рис. 2).

Средняя интенсивность обильных снегопадов при зональном типе составляет 7,5 мм/12 ч., максимальная – 12 мм/12ч. При меридиональных процессах – 7,1 и 10,9 мм/12 ч. соответственно. Таким образом, при зональном типе циркуляции интенсивность снегопадов больше на 5,6 % по средней интенсивности и на 10,1 % по максимальной. Это объясняется тем, что при зональном типе атмосферной циркуляции на территорию Пермского края смещается более влажная воздушная масса, чем при меридиональном типе.

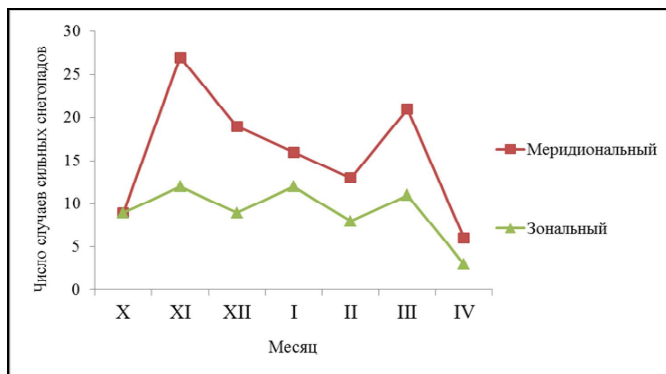


Рис. 2. Внутригодовая изменчивость числа случаев сильного снегопада в зависимости от типа циркуляции за 2005–2013 гг.

Изучение форм меридиональной циркуляции позволило выявить, что наибольшую повторяемость в холодные периоды года имели западная и смешанная формы, которые составляли 21 и 19 % общего числа случаев соответственно. Зимой при меридиональных процессах формы 3 почти на всей ЕТР отмечается дефицит осадков, но на территории Урала, в частности Пермского края, наблюдается избыток осадков в связи с активизацией черноморских и каспийских циклонов вследствие вторгающегося на Европу холода. Однако значения интенсивности обильного снегопада (среднее и максимальное) при данной форме являются минимальными и составляют 6,8 и 9,3 мм/12 ч.

При форме С в передней части высотной ложбины создаются благоприятные условия для циклогенеза. В результате на территорию Урала смещаются черноморские циклоны или циклоны с Нижнего Поволжья. При данной форме меридиональной циркуляции средняя интенсивность обильного снегопада составляет 7,1 мм/12 ч, максимальная – 10,9 мм/12 ч (наибольшая из всех типов).

Наименьшая повторяемость снегопадов отмечена при форме D (10 %), которая характеризуется расположением оси высотного гребня по линии Бухарест – Минск – Мурманск. По обе стороны от высотного гребня располагаются высотные ложбины, которые обуславливают избыток осадков на этих территориях. При данной форме на Урал чаще смещаются низкие холодные антициклоны. Поэтому при форме D редкие северные или северо-западные циклоны приносят с собой обильные снегопады со средней и максимальной интенсивностью в 7,1 и 10,7 мм/12 ч. соответственно.

В холодную часть года при восточной форме циркуляции ось высотного гребня проходит по линии Тбилиси – Самара – Нарьян-Мар, что обеспечивает смещение циклонов с севера и северо-востока, обладающих воздушными массами с малым влагосодержанием. Поэтому при форме B обильные снегопады отличаются наименьшей средней интенсивностью, которая составляет 7,8 мм/12 ч., а максимальная интенсивность, которая больше только при форме 3 и равняется 10,5 мм/12 ч. При данной форме формирование обильных снегопадов отмечено в 15 % случаев.

Формы циркуляции А.Л. Каца характеризуют макропроцессы, поэтому даже при одной и той же форме на региональном уровне возможны разнообразные синоптические ситуации, обусловленные циклонами, которые перемещаются по трем основным траекториям.

Циклоны западного типа зарождаются над Атлантикой под планетарной высотной фронтальной зоной (ПВФЗ), являющейся периферией высокого циркумполярного циклона. В зимний период циклоны перемещаются над Исландией через север Скандинавии на Таймыр, где вливаются в малоподвижный центральный циклон над Западной Сибирью и заполняются. Данный тип циклонов приносит с собой теплые и влажные воздушные массы с Атлантики [9].

К южному типу относятся циклоны, выходящие на Урал с юга и юго-запада. Зарождаются они в бассейнах Черного, Каспийского, Аральского и Средиземного морей, а также над территорией Средней Азии с наибольшей повторяемостью с декабря по март. Направление перемещения южных циклонов зависит от характера высотного барического поля. Необходимым условием для их выхода на Урал является наличие глубокой меридионально ориентированной ложбины, расположенной над Европейской территорией России. Чем южнее образуются южные циклоны, тем меньше вероятность их выхода на юго-восточные районы Урала [8].

К северному типу относятся в основном «ныряющие» циклоны, смещающиеся на Урал с севера или северо-запада. Наибольшая их повторяемость наблюдается зимой и весной. Обычно такие циклоны, достигая южных районов Урала, меняют направление на восточное или северо-восточное. В северный тип входят также циклоны, смещающиеся по ультраполярной оси – с северо-востока. Характерной особенностью ПВФЗ при северном типе является ее меридиональная ориентация, которая способствует глубокому межширотному воздухообмену, в результате чего на исследуемую территорию осуществляется вторжение арктического воздуха. Эволюция циклонов северного типа тесно связана с длительностью существования высотного гребня над Уралом. Ныряние циклона с северо-запада осуществляется при ослаблении или разрушении гребня. В холодное полугодие циклоны данного типа, смещаясь над выхолаженной подстилающей поверхностью, быстро заполняются [9].

Погоду на Урале формируют в основном западные и северо-западные процессы, на долю которых приходится 54 % всех циклонов и около 14% антициклонов [10]. За исследуемый период выпадение очень сильных снегопадов в Пермском крае было обусловлено циклонами различных типов, имеющих сложные траектории перемещения, но связанные в основном с системой полярной ВФЗ (рис. 3).

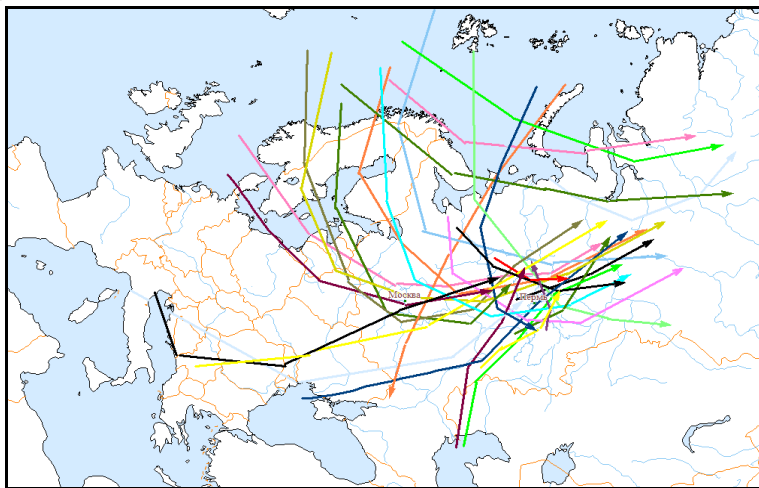


Рис. 3. Траектории циклонов, с которыми связано выпадение очень сильных снегопадов в Пермском крае за 1979–2013 гг.

Подавляющее большинство случаев сформировалось под влиянием циклонов, смещающихся с северо-запада (31 %). На втором месте по повторяемости находятся циклоны, приходящие с запада (21 %), затем – местные (17 %). Меньшую повторяемость имеют южные циклоны (14 %), юго-западные (1 %) и северные (7 %).

Циклоны северо-западного типа представляли собой барические образования, содержащие в среднем три замкнутые изобары с глубиной 994,3 гПа. Они зарождались над Норвежским морем и смещались на территорию Урала, как правило, через центр ЕТР со средней скоростью 40 км/ч (табл. 1).

Западные циклоны имеют самые большие горизонтальные и вертикальные размеры из представленных типов. В среднем они содержали пять замкнутых изобар с минимальным давлением в центре 987,0 гПа. Траектории их перемещения на территорию Урала можно разделить на две группы. Первая, когда циклоны зарождались над Норвежским морем и смещались вдоль побережья северных морей России, а на Урал от них распространялась ложбина с динамически значимым фронтальным разделом. Вторая, когда циклоны зарождались над Северным морем и перемещались через центр ЕТР на Урал. Средняя скорость движения западных циклонов составляла 38 км/ч.

Таблица 1

Осредненные характеристики циклонов, обусловившие выпадение очень сильного снегопада в Пермском крае за 1979–2013 гг.

Тип циклона	Число циклонов	Скорость перемещения, км/ч	Число замкнутых изобар	Глубина циклона, гПа
Северо-западный	9	40	3	994,3
Западный	6	38	5	987,0
Местный	5	19	1	997,0
Южный	4	25	2	979,2
Юго-западный	3	48	3	991,3
Северный	2	39	3	985,0

Местные циклоны формировались над территорией исследования или в непосредственной близости от неё за сутки или в день выпадения очень сильного снегопада в Пермском крае. Они характеризуются самой низкой скоростью движения (19 км/ч), небольшой глубиной (997,0 гПа), малыми горизонтальными размерами и содержат лишь 1 замкнутую изобару.

Южные циклоны, принесшие обильные снегопады в Пермский край, зарождались над Каспийским морем, Нижним Поволжьем и в одном случае у побережья Черного моря. Средняя глубина данных барических образований составила 979,2 гПа. Они отличаются эллиптическими изобарами, в среднем очерчены двумя замкнутыми изобарами и имеют небольшую скорость движения (25 км/ч).

Циклоны юго-западного типа зарождались над Южной Европой и смещались на Урал через центр ЕТР или Нижнее Поволжье. Они отличались самой высокой скоростью движения, которая составила в среднем 48 км/ч, и представляли собой обширные барические образования, очерченные тремя замкнутыми изобарами с минимальным давлением в центре 991,3 гПа.

Северные циклоны, сформировавшиеся около о. Новая Земля, представляли собой обширные барические образования с самой большой глубиной. Минимальное давление в центре составило 985,0 гПа. Их смещение происходило меридионально вглубь материка со средней скоростью 39 км/ч. В одном случае северный циклон опустился до Ростовской области, в другом — до Кировской области и повернул на Южный Урал.

Полный цикл развития циклона как фронтального, так и термического включает в себя четыре стадии: 1) стадия возникновения или начальная стадия; 2) стадия углубления или стадия молодого циклона; 3) стадия максимального развития; 4) стадия заполнения [2]. Изучение связей между повторяемостью очень сильных снегопадов и стадиями развития циклонического образования позволило сделать следующие выводы: на стадии молодого циклона сформировалось 45 % случаев очень сильного снегопада, на стадии максимального развития – 38 %, на стадии заполняющегося циклона – 17 %, на начальной стадии образование снегопадов опасной величины в Пермском крае не наблюдалось (табл. 2).

Таблица 2

Повторяемость стадий развития у циклонов разного типа, обусловивших выпадение очень сильных снегопадов в Пермском крае за 1979–2013 гг.

Тип циклона	Стадия развития барического образования			
	начальная	молодой циклон	максимальное развитие	заполняющийся циклон
Северо-западный	–	4	2	3
Западный	–	2	4	–
Местный	–	4	1	–
Южный	–	2	1	1
Юго-западный	–	1	2	–
Северный	–	–	1	1
Повторяемость, %	–	45	38	17

На стадии максимального развития циклоны всех типов с разной повторяемостью обуславливают образование очень сильного снегопада в Пермском крае. Чаще других на этой стадии благоприятное влияние для развития ОЯ оказывают западные циклоны, реже – южные, местные и северные циклоны. На стадии молодого циклона очень сильные снегопады чаще формируют северо-западные и местные циклоны, реже – юго-западные. Северные циклоны, смещаясь над выхоленной подстилающей поверхностью, быстро эволюционируют.

Таким образом, когда циклоны данного типа оказывают влияние на погоду в Пермском крае, они уже находятся на стадии максимального развития или заполнения. Выпадение снегопадов опасной величины под влиянием заполняющихся циклонов отмечается при их смещении на территорию исследования с северо-запада, юга и севера. С циклонами других типов на данной стадии развития очень сильных снегопадов в Пермском крае не наблюдается.

В зависимости от эволюции барического образования перемещение воздушной частицы по вертикали происходит с разной скоростью и в разном направлении. Так, наибольшая средняя скорость восходящих потоков наблюдается на стадии максимального развития циклона, которая в среднем составляла -124 гПа/12 ч на изобарической поверхности 850 гПа, -33 гПа/12 ч на изобарической поверхности 700 гПа и -81 гПа/12 ч на изобарической поверхности 500 гПа (табл. 3).

Таблица 3

Средняя скорость вертикальных движений (гПа/12 ч) над территорией Пермского края при выпадении очень сильных снегопадов за 1979–2013 гг. в зависимости от типа циклона и стадии его развития

Тип циклона	Стадия развития барического образования									Без учета эволюции		
	молодой циклон			максимальное развитие			заполнение					
	Высота изобарической поверхности, гПа											
	850	700	500	850	700	500	850	700	500	850	700	500
Северо-западный	-170	-114	-178	-57	-25	-42	-66	-8	-1	-98	-49	-74
Западный	-56	-94	-15	-94	-73	-28	–	–	–	-75	-84	-21
Местный	-114	-71	-53	-124	-100	-21	–	–	–	-119	-85	-37
Южный	-197	-133	-65	-148	-218	-151	–	–	–	-173	-175	-108
Юго-западный	-6	30	29	-130	-178	-92	–	–	–	-68	-74	-31
Северный	–	–	–	-188	-202	-156	20	14	27	-84	-94	-64
Без учета типа циклона	-109	-124	-104	-124	-133	-81	-23	3	13	-85	-85	-57

На стадии развития «молодой циклон» средняя скорость восходящих движений была на 6–13 % меньше, а на изобарической поверхности 500 гПа – на 22 % больше. На стадии заполнения циклонических образований вертикальные движения в его системе на разных высотах направлены противоположно. Если на изобарической поверхности 850 гПа воздушная частица поднималась со скоростью -23 гПа/12 ч, то на изобарических поверхностях 700 и 500 гПа наблюдались нисходящие потоки с малыми скоростями перемещения 3 и 13 гПа/12 ч соответственно.

Интенсивность вертикальных движений определяется не только стадией развития барического образования, но и типом циклона. Проанализировав поля вертикальных движений над Пермским

краем в циклонических системах разного типа, под влиянием которых образовались очень сильные снегопады, можно сделать вывод о том, что максимальные скорости восходящих движений на всех изобарических поверхностях были обусловлены деятельностью южных циклонов (табл. 3). Их значения превышали значения скоростей восходящих движений в других циклонах на поверхности 850 гПа на 45–150%, на поверхности 700 гПа – на 70–250%, на поверхности 500 гПа – 50–400%. Можно предположить, что наличие в южных циклонах самых интенсивных вертикальных движений определяется активным, порой «взрывным», циклогенезом.

Если рассмотреть поля вертикальных движений над Пермским краем с учетом типа циклонического образования и его эволюции, то можно отметить, что для северо-западных циклонов характерно уменьшение скорости подъема воздушной частицы в процессе эволюции с –150 до –25 гПа/12 ч. Для остальных типов циклонов была отмечена следующая закономерность: возрастание скорости, как правило, восходящих движений от стадии «молодой циклон» до стадии максимального развития. Исключением стали юго-западные циклоны, с деятельностью которых на стадии развития «молодой циклон» на изобарических поверхностях 700 и 500 гПа отмечались нисходящие движения. При переходе к стадии заполнения циклонического образования наблюдались уменьшение скорости восходящих движений и смена направления потоков на нисходящие. Максимальной скоростью опускания воздушной частицы характеризовались северные циклоны, находящиеся на стадии заполнения.

Выводы

Исследование циркуляционного режима атмосферы при формировании сильных и очень сильных снегопадов в Пермском крае показало, что большая часть случаев рассматриваемого явления связана с меридиональным типом циркуляции по А.Л. Кацу с явным превосходством западной и смешанной форм над другими. В этих циркуляционных условиях, как правило, происходит активизация южных циклонов, которые характеризуются наибольшими скоростями восходящих движений. Это, в свою очередь, способствует формированию мощной облачной системы с обширной зоной осадков и выносу избытка влаги на территорию Урала. Тем не менее подавляющее количество обильных снегопадов образовалось под влиянием северо-западных и западных циклонов, которые находились на стадиях развития «молодой циклон» и «максимальное развитие». Таким образом, активно углубляющийся или глубокий циклон вне зависимости от направления смещения при наличии в его системе интенсивных упорядоченных восходящих движений является одним из главных условий формирования сильных и очень сильных снегопадов на территории Пермского края.

Библиографический список

1. Аликina И.Я. Циркуляционные условия на Среднем и Южном Урале // Гидрология и метеорология. Пермь, 1971. Вып. 6. С. 115–122.
2. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 616 с.
3. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 269 с.
4. Калинин Н.А. Связь аномалий среднесуточной температуры воздуха в г.Перми с формами атмосферной циркуляции Каца // Учен. зап. Казан. гос. ун–та. Серия: Естественные науки. 2012. Т.154. Кн. 1. С. 224–231.
5. Калинин Н.А., Попова Е.В. Численный прогноз опасных и неблагоприятных снегопадов в Пермском крае 15–16 марта 2013 года // Учен. зап. Российского государственного гидрометеорологического университета. 2013. №32. С. 7–16.
6. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.27.724–2009. Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. 50 с.
7. Пицальникова 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.
8. Поспелова В.Ф. Об эволюции южных циклонов // Гидрология и метеорология. Пермь, 1967. Вып. 11. №169. С. 7–15.
9. Руководство по краткосрочным прогнозам. Ч. II. Вып. 2. Урал и Сибирь / под ред. В.М. Ярковой и Н.П. Фадеевой. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 197 с.
10. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Климатические ресурсы Уральского Прикамья // Географический вестник. 2006. №2. С. 76–90.

11. Шкляева Л.С. Перемещение циклонов и антициклонов над территорией Урала // Вопросы прогноза погоды, климата и циркуляции атмосферы: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 1991. С. 3–9.

12. Saha S. and coauthors. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis // Bull. of the American Meteorological Society. 2010. Vol. 91. P. 1015–1050.

13. Saha S. and coauthors. The NCEP Climate Forecast System Version 2 // Journal of Climate. 2014. Vol. 27. P. 2185–2208.

Поступила в редакцию 05.02.2016

Сведения об авторе

Пищальникова Евгения Владимировна,

ассистент 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; Россия, 614030, Пермь, ул. Новогайвинская, 70; e-mail: evapopova@rambler.ru

About the author

Evgeniya V. Pischalnikova,

Assistant Professor of the Department of Meteorology and atmosphere protection; Perm State University; 15, Bukireva Str., Perm, 614990, Russia; forecaster of Department meteorologist weather forecasts; Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring; 70, Novogayvinskaya Str., Perm, 614030, Russia; e-mail: evapopova@rambler.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

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

Please cite this article in English as:

Pischalnikova E.V. Circulation conditions of abundant snowfalls formation in Perm region // Geographicheskij Vestnik. 2016. №1(36). P. 70–77.