

УДК 551.501.774, 551.501.777

*Е.В. Пицальникова, А.Н. Шихов***ОБЩЕЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ АТМОСФЕРЫ КАК ФАКТОР ОБРАЗОВАНИЯ
ОЧЕНЬ СИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ В ПЕРМСКОМ КРАЕ***

В данной работе рассмотрено общее влагосодержание атмосферы при выпадении очень сильных снегопадов в Пермском крае за период 1979–2013 гг. Проведена оценка пространственно-временной изменчивости содержания влаги с учетом циркуляционных условий и рельефа местности. Данные об общем влагосодержании атмосферы PWAT (precipitable water, кг/м²) были получены из архива реанализа по моделям CFS и CFSv2 (Climate Forecasting System). Установлено, что опасные снегопады в большинстве случаев выпали при содержании влаги от 4,0 до 7,9 кг/м². При этом сезонная изменчивость влагосодержания хорошо согласуется с их интенсивностью. Выявлены особенности пространственного распределения влагосодержания. Показано, что на всех стадиях развития циклонов очаги максимального значения влаги соответствуют их теплому сектору, минимального – тыловым частям, в то время как фронтальные зоны циклонов характеризуются наибольшими горизонтальными градиентами влагосодержания, особенно на стадии их максимального развития.

Ключевые слова: общее влагосодержание, очень сильный снегопад, опасное природное явление, синоптические условия, Пермский край.

Количество осадков и их фазовое состояние находятся в непосредственной связи с местными природно-климатическими условиями – с наличием необходимого количества влаги в атмосфере, циркуляционными факторами, рельефом местности. Влияние этих факторов над разными территориями бывает неодинаковым, чем объясняется довольно сложное распределение осадков. Анализ пространственно-временного распределения осадков в Пермском крае посвящен ряд работ [1-4], в которых особое внимание уделено влиянию на них режима атмосферной циркуляции и рельефа. Известно, что наличие влаги в атмосфере приводит к формированию облачности и выпадению осадков разной интенсивности. Однако в зависимости от времени года, места зарождения и стадии развития барического образования поле влагосодержания может существенно изменяться [5-8].

Представляет интерес изучение общего влагосодержания атмосферы как фактора формирования очень сильных снегопадов в Пермском крае, в частности оценка пространственно-временной изменчивости содержания влаги с учетом циркуляционных условий и рельефа местности. В целях уточнения прогноза очень сильных снегопадов необходимо также оценить минимальное значение влагосодержания, достаточное для формирования снегопадов опасной интенсивности.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследования послужила информация о случаях очень сильных снегопадов на территории Пермского края за период 1979–2013 гг. Очень сильным называется снегопад с количеством осадков 20 мм и более, выпавших за 12 ч. Осадки такой интенсивности считаются опасным природным явлением (ОЯ). За исследуемый период из метеорологических ежемесячников было отобрано 29 дней с очень сильным снегопадом. За день с явлением принят день, когда оно было зарегистрировано на одной или нескольких метеорологических станциях (МС); одно явление, продолжающееся 36–48 часов, рассматривалось 1 раз¹.

Информация об общем влагосодержании атмосферы PWAT (precipitable water, кг/м²) была получена из архива реанализа по моделям CFS и CFSv2 (Climate Forecasting System) [9; 10]. Извлечение данных реанализа производилось при помощи программных пакетов tkdegrib и ArcGis 10.1. Значения влагосодержания сопоставлялись с данными о количестве выпавших осадков по метеостанциям, расположенным на территории Пермского края.

Изменение общего влагосодержания при формировании опасных снегопадов рассматривалось с учетом синоптической ситуации, стадии развития и скорости смещения барического образования.

* Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ (проект № 14-05-96000-Урал-а).

¹ Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.27.724-2009. Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. 66 с.

Описательная статистика распределения общего влагосодержания выполнена на базе пакета MS Excel. При анализе синоптической ситуации использовался полный комплект синоптических карт, полученных с помощью программного комплекса «ГИС Метео».

Результаты и их обсуждение

Общее влагосодержание атмосферы при выпадении очень сильных снегопадов в Пермском крае изменялось от 3,2 до 20,4 кг/м². Распределение общего влагосодержания имеет значимую асимметрию с преобладающим положительным отклонением от среднего [11]. Основная часть случаев очень сильных снегопадов наблюдается при общем влагосодержании от 4 до 16 кг/м², при этом наибольшая совокупная повторяемость (47 % случаев) наблюдается при величине влагосодержания от 4,0 до 7,9 кг/м². Таким образом, в качестве средней величины общего влагосодержания при выпадении опасного снегопада следует считать моду со значением в 7,1 кг/м². Отдельные случаи с повторяемостью 1–2 % отмечаются как при пониженных (менее 3,9 кг/м²), так и при повышенных (более 16,0 кг/м²) значениях количества влаги в атмосфере (см. табл.).

Содержание водяного пара в земной атмосфере за короткие промежутки времени претерпевает существенные временные изменения. Экстремальные величины (максимум и минимум) общего влагосодержания атмосферы могут различаться в одном и том же физико-географическом районе в несколько раз. Так, зимой величина общего влагосодержания варьируется от 0,3 до 20 кг/м², летом – от 1 до 55 кг/м² [5]. Временная изменчивость общего влагосодержания атмосферы при выпадении очень сильных снегопадов на территории Пермского края главным образом определяется циркуляционными условиями.

Статистическое распределение общего влагосодержания (кг/м²) при выпадении очень сильных снегопадов в Пермском крае за период 1979–2013 гг.

Номер градации	Интервал общего влагосодержания	Срединное значение интервала	Частоты	Накопленные частоты	Повторяемость, %
1	2,0–3,9	3,0	3	3	2
2	4,0–5,9	5,0	31	34	24
3	6,0–7,9	7,0	30	64	23
4	8,0–9,9	9,0	15	79	12
5	10,0–11,9	11,0	15	94	12
6	12,0–13,9	13,0	18	112	14
7	14,0–15,9	15,0	11	123	8
8	16,0–17,9	17,0	3	126	2
9	18,0–19,9	19,0	1	127	1
10	20,0–21,9	21,0	3	130	2
Объем выборки		130	Мода		7,1
Минимальное значение		3,2	Стандартная ошибка		0,36
Максимальное значение		20,4	Стандартное отклонение		4,05
Среднее значение		9,3	Дисперсия выборки		16,39
Размах выборки		17,2	Экссесс		–0,26
Медиана		8,2	Асимметричность		0,67

Внутригодовая изменчивость общего влагосодержания для территории Пермского края представлена на рис. 1. В осенне-зимний период (октябрь–февраль) опасные снегопады наблюдаются при минимальных значениях влагосодержания от 4,5 до 6,9 кг/м², в весенний (март–май) – от 7,0 до 9,8 кг/м².

Максимальные значения общего влагосодержания аналогичного распределения не имеют, но можно выделить минимум в феврале (5,2 кг/м²) и максимум в апреле (20,4 кг/м²) на фоне преобладания значений от 10,1 до 17,4 кг/м². Самый широкий интервал значений влагосодержания отмечается в апреле и равняется 7,0–20,4 кг/м², самый узкий – в феврале (4,0–5,2 кг/м²). Сезонная

изменчивость влагосодержания хорошо согласуется с внутригодовой вариацией интенсивности опасных снегопадов [12]. На основании этого можно заключить, что очень сильные снегопады, выпадающие в апреле (феврале), имеют максимальную (минимальную) интенсивность в связи с наличием высокого (низкого) содержания влаги в атмосфере.

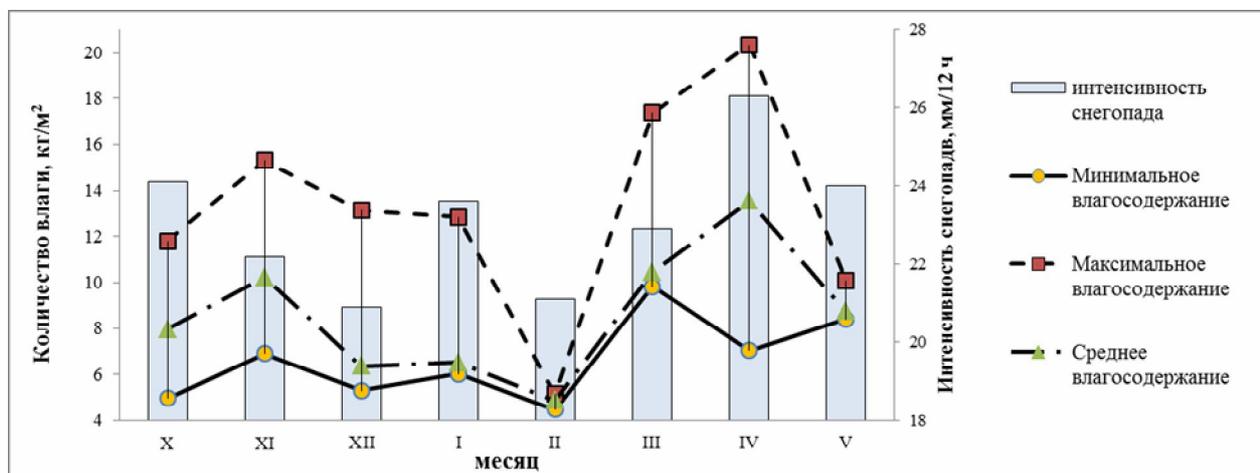


Рис. 1. Интервалы общего влагосодержания в атмосфере и интенсивность опасных снегопадов за период 1979–2013 гг. в Пермском крае по месяцам

Пространственное распределение общего влагосодержания по земному шару характеризуется закономерным возрастанием значений от полюсов к экватору, однако простого зонального распределения не получается в связи с влиянием физико-географических и циркуляционных условий. Так, зимой в умеренных широтах суммарное содержание водяного пара над континентами составляет около 3 кг/м^2 и близко по значению к влагосодержанию в полярных широтах. В то же время над умеренными широтами океанов количество влаги достигает 20 кг/м^2 [5].

Территория Пермского края имеет сложный рельеф, что сказывается на характере распределения полей влаги и осадков. Исследуемая территория расположена в северо-восточной части Восточно-Европейской равнины (около 80 %) и на западных склонах Среднего и Северного Урала (около 20 %). Западная и центральная части региона представляют собой всхолмленную равнину, которая плавно повышается в восточном и южном направлениях. Равнинная часть края имеет высоту 200–400 м над уровнем моря. Северный Урал является среднегорной областью с преобладающими высотами 800–1400 м и состоит из нескольких параллельных горных хребтов общей шириной 50–60 км. Средний Урал является низкогорной областью с высотами 600–800 м и отличается грядово-увалистым сглаженным рельефом [13; 14].

Пространственное распределение общего влагосодержания при очень сильных снегопадах в Пермском крае характеризуется уменьшением его значений с юго-запада на северо-восток от $10,2 \text{ кг/м}^2$ на МС «Чайковский» до $7,4 \text{ кг/м}^2$ на МС «Вая».

Проанализируем пространственное распределение общего содержания влаги в Пермском крае по месяцам. Интересно то, что экстремальные значения общего влагосодержания в период формирования очень сильных снегопадов отмечаются только на 6 из 25 МС, расположенных на рассматриваемой территории. Так, в ноябре, декабре, марте и апреле наименьшее содержание влаги в атмосферном воздухе фиксируется на МС «Вая» (северо-восточная часть территории), в октябре и феврале – на МС «Усть-Черная» (северо-западная часть), в январе и мае – на МС «Октябрьский» (юго-восточная часть). В период с ноября по январь и в марте наибольшее общее влагосодержание воздуха отмечается на МС «Чайковский» (юго-западная часть), в октябре, феврале и апреле – на МС «Чернушка» (крайний юг), в мае – на МС «Березники» (центральная часть). При этом наименьшие значения общего влагосодержания соответствуют метеостанциям, расположенным на высоте 180–333 м над уровнем моря, в то время как максимальные – на высоте 98–176 м над уровнем моря. Таким образом, очень сильный снег фиксируется на МС, находящихся на большей высоте, при меньшем содержании влаги в столбе атмосферного воздуха.

Однако надежной обратной связи между количеством влаги и высотой местности не выявлено: величина парного коэффициента корреляции (r) равняется $-0,28$. Если рассмотреть изменчивость связи по месяцам, то увидим некоторую неоднородность (рис. 2). С ноября по март установлены отрицательные значения r ; при этом наиболее тесная обратная взаимосвязь наблюдается в ноябре ($r = -0,52$). В апреле, мае и октябре прослеживается слабая положительная связь ($0,05 \leq r \leq 0,19$). Закономерность нарушает МС «Октябрьский», которая располагается на высоте 333,6 м над уровнем моря, но в октябре и апреле на ней наблюдаются значения общего влагосодержания, осредненные за период 1979–2013 г., близкие к максимальным значениям, отмеченным на МС «Чернушка», расположенной на высоте 147,5 м над уровнем моря. Если исключить данные МС «Октябрьский» из статистического ряда, то величина r в октябре и апреле примет отрицательные значения на уровне февраля, то есть установится слабая обратная связь.

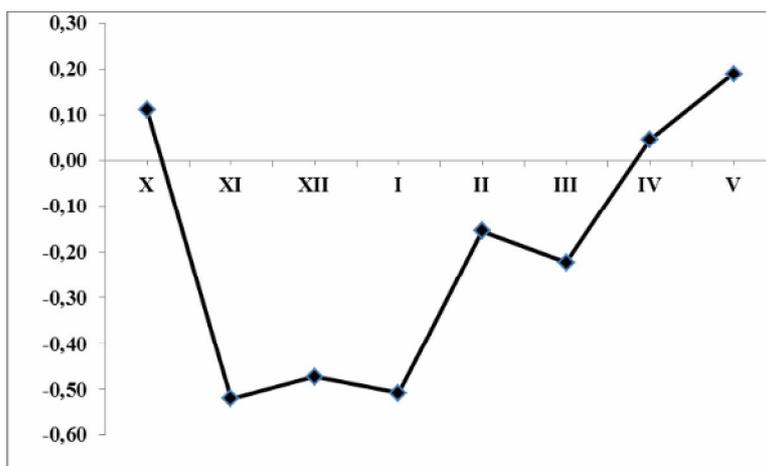


Рис. 2. Изменение парного коэффициента корреляции между общим влагосодержанием атмосферы при выпадении очень сильных снегопадов в Пермском крае и высотой местности по месяцам за период 1979–2013 гг.

Выявить причину нарушения общей закономерности данными, относящимися к маю, весьма затруднительно, так как при выпадении опасных снегопадов примерно одинаковые значения количества атмосферной влаги фиксируются как в пониженных формах рельефа, так и в повышенных, причем имеет место положительная связь ($r = 0,57$). В то время как зависимость убывания влаги в атмосфере при формировании ОЯ с увеличением высоты местности ($r = -0,31$) установлена только для метеостанций, расположенных на высоте 95–150 и 180–245 м над уровнем моря.

Для изучения трансформации общего влагосодержания в процессе перемещения и эволюции барического образования, рассмотрим 2 случая очень сильных снегопадов в Пермском крае, которые наблюдались 16 марта и 14 октября 2013 г.

Очень сильный снегопад 16 марта 2013 г. Циклон, с которым был связан очень сильный снегопад, сформировался 13 марта над севером Италии на волне холодного фронта южной ветви полярной системы. На начальной стадии развития циклонического вихря очаг максимального общего влагосодержания соответствовал южной периферии теплого сектора (рис. 3, а) и располагался над Тирренским морем (более 20 кг/м^2). В центральной части циклона в районе Паданской низменности общее влагосодержание равнялось $16\text{--}20 \text{ кг/м}^2$. В зоне теплого фронта влагосодержание составляло $12\text{--}16 \text{ кг/м}^2$. Минимальное содержание влаги отмечено за холодным участком фронта — $4\text{--}8 \text{ кг/м}^2$.

В первые сутки движение циклонического вихря происходило согласно ведущему потоку с северо-запада на юго-восток со скоростью 23 км/ч . По мере перемещения и эволюции барического образования в теплом секторе молодого циклона увеличилось содержание влаги за счет адвекции тепла и влаги со Средиземного моря и достигло $25\text{--}30 \text{ кг/м}^2$ (рис. 3, б). Очаги минимального общего влагосодержания ($2\text{--}8 \text{ кг/м}^2$) соответствовали тыловой части циклона и располагались над сушей (Альпийские горы), в то время как над водной поверхностью содержание влаги в атмосфере составляет $12\text{--}16 \text{ кг/м}^2$.

В течение суток 15 марта в циркуляцию циклонического вихря втянулась северная ветвь полярного фронта, что сопровождалось приземным и тропосферным цикло- и фронтогенезом. В результате ведущий поток, обуславливающий перемещение циклона, перестроился. Траектория движения циклонического образования приобрела северо-восточное направление, а скорость возросла до 63 км/ч. Циклон достиг стадии максимального развития в районе Киева с минимальным давлением в центре 981,1 гПа, представляя собой вихрь диаметром около 1500 км с начинающимся процессом окклюдирования в системе северной ветви полярного фронта. Благодаря юго-западным ветрам в средней тропосфере на ЕТР осуществилась мощная адвекция теплого и влажного тропического воздуха. Возрос горизонтальный градиент общего влагосодержания в передней части циклона в области теплового фронта, который достигал 4–6 кг/м²/100 км. В теплом секторе циклона в стадии максимального развития содержание влаги составляло более 16 кг/м². Очаг наибольшего значения количества влаги 20–25 кг/м² представлен в виде зоны с шириной около 400 км перед холодным фронтом от центра барического образования до черноморского побережья Турции (рис.3, в). В то время как в тыловой части циклона содержание влаги уменьшилось до 4–8 кг/м².

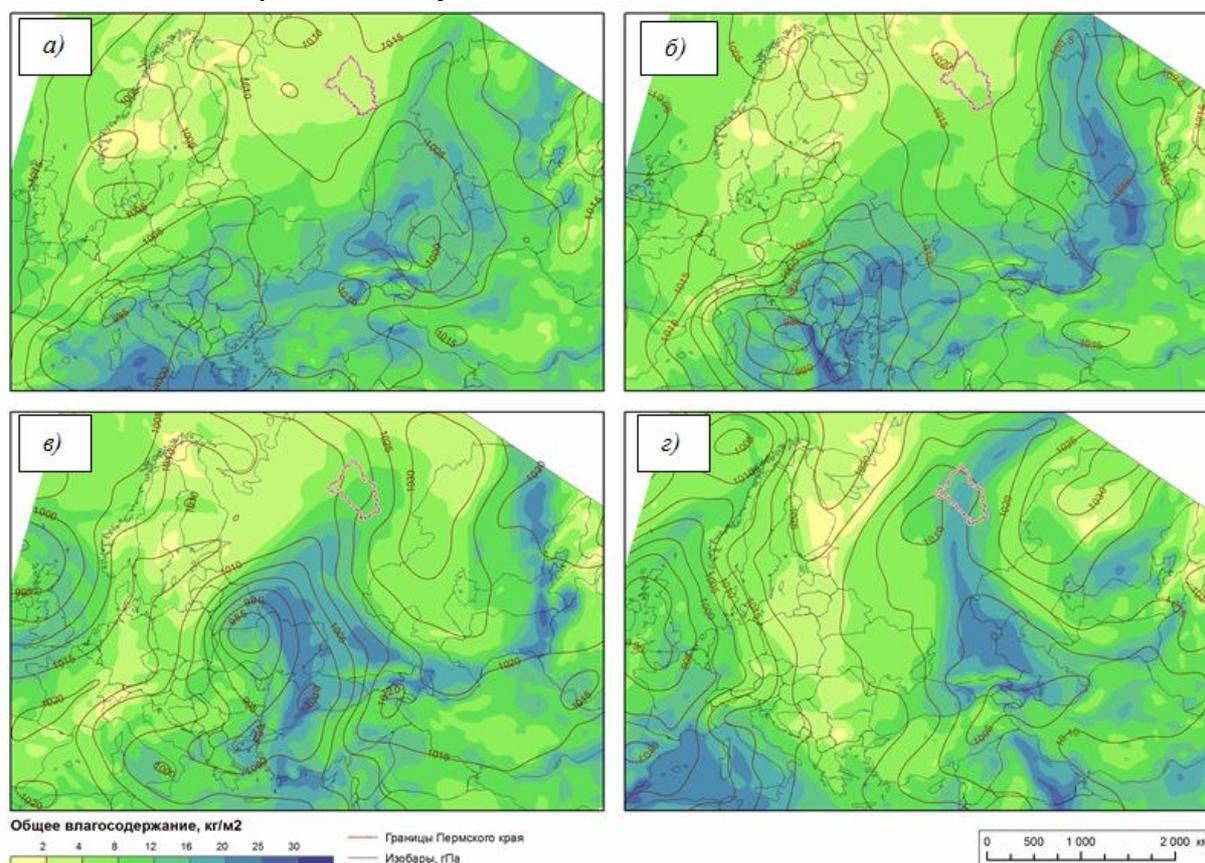


Рис. 3. Поле общего влагосодержания в процессе эволюции и перемещения циклона, обусловившего выпадение очень сильного снегопада в Пермском крае 16 марта 2013 г.: а) 0 ч ВСВ 13.03.2013; б) 0 ч ВСВ 14.03.2013; в) 0 ч ВСВ 15.03.2013; г) 0 ч ВСВ 17.03.2013

Центральная часть циклона 16 марта находилась около Москвы. В вытянутой на восток барической ложбине циклона располагалась система полярного фронта. Теплые участки северной и южной ветви были разделены расстоянием в 350 км. Под влияние облачной системы теплового фронта северной ветви попала обширная территория. По данным Гидрометцентра России [15], в ночное время выпадение очень сильных снегопадов фиксировалось в Московской и Владимирской (до 26 мм), Ивановской (до 28 мм), Ярославской (до 20 мм) и Костромской (до 22 мм) областях при общем влагосодержании воздушной массы от 12 до 26 кг/м², в дневное – в Кировской области (до 25 мм) и Пермском крае (до 26 мм). Влияние облачного массива теплового фронта южной ветви проявилось в выпадении сильного снегопада в Новгородской (до 11 мм), сильного мокрого снега в Тверской (19–23 мм) и сильного дождя в Нижегородской (до 17 мм) областях.

Температурный контраст в зоне теплого фронта над северными районами Пермского края по приземной карте в 0 ч ВСВ 16.03.2013 составлял 5,5–6,5 °С/100 км, по карте ОТ⁵⁰⁰₁₀₀₀ – около 18 °С/1000 км. Значения барической тенденции перед теплым фронтом достигали –5,4 гПа/12ч. Днем при максимальной температуре воздуха 0...+2°С и содержании влаги в атмосферном воздухе 19,3–21,1 кг/м² (рис. 4) на МС «Ныроб» наблюдался очень сильный снег с количеством 26 мм.

Фронт окклюзии отчетливо просматривается в поле общего влагосодержания (рис. 4): вытянутая зона с количеством влаги 8–12 кг/м² соответствует приземной линии фронта.

В течение суток 17 марта северная и южная ветви полярного фронта слились, циклон начал интенсивно заполняться над севером Кировской области и к 18 марта исчез с приземной карты. В заполняющемся циклоне очаги с максимальным общим влагосодержанием 15–20 кг/м² шириной около 200 км соответствуют фронтальной зоне. В центре циклона влагосодержание несколько меньше – 8–12 кг/м². Минимальное влагосодержание наблюдалось в теплом секторе с антициклональной кривизной изобар и тыловой части циклона, занимающей большую часть ЕТР, и равнялось 4–8 кг/м² (рис.3 з).

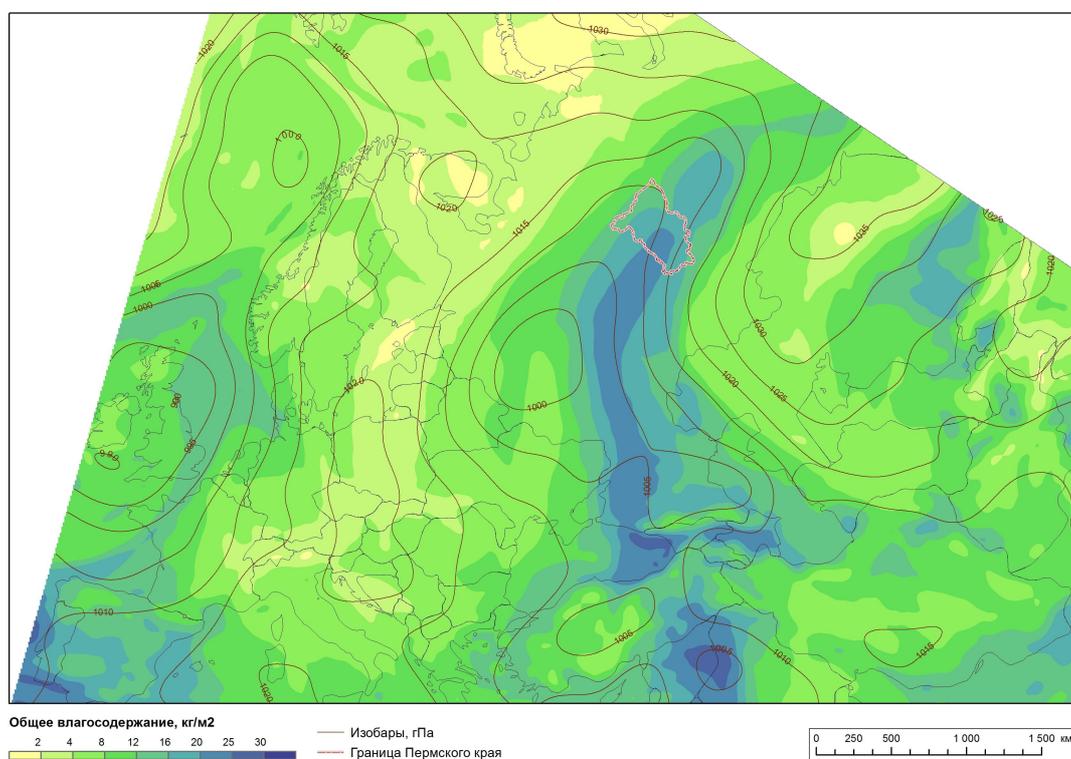


Рис. 4. Фрагмент поля общего влагосодержания над Европой 12 ч ВСВ 16.03.2013

Очень сильный снегопад 14 октября 2013 г. Рассматриваемый циклон оформился 13 октября над Архангельской областью около Койнаса. Это было второе циклоническое образование в серии из четырех циклонов, зародившихся на арктическом фронте и смещающихся с северо-запада на восток. Движение циклона происходило согласно ведущему потоку: в первые 12 часов – с северо-запада на юго-восток, во вторые – с запада на восток со скоростью 40 км/ч.

На начальной стадии развития циклона очаг максимального общего влагосодержания соответствовал обширному теплему сектору, в котором количество влаги равнялось 13–20 кг/м² (рис. 5, а). В зоне теплого фронта содержание влаги составляло 10–13 кг/м². Минимальное общее влагосодержание отмечено за холодным фронтом от 3 до 10 кг/м². При этом над сушей количество влаги меньше, чем над водной поверхностью.

Эволюция циклонического вихря протекала быстро. Однако трансформация поля общего влагосодержания к стадии развития «молодой циклон» не произошла и, как видно на рис. 5, б, мало отличается от распределения влаги в циклоне, находящемся на начальной стадии развития. Зародившись днем 13 октября, в 0 ч ВСВ 14.10.2013 циклоническое образование достигло стадии максимального развития над севером Свердловской области в районе Ивделя. Минимальное давление в центре

составило 982,8 гПа. Барическое образование развилось до изобарической поверхности 500 гПа и представляло собой вихрь диаметром около 1800 км. В течение суток 14 октября за счет интенсивного циклогенеза произошла деформация ВФЗ. Направление ведущего потока изменилось, что обусловило движение циклона в северо-восточном направлении со скоростью 25 км/ч.

В стадии максимального развития холодный фронт хорошо выражен в поле общего влагосодержания, за ним находится очаг с минимальным количеством влаги в атмосферном воздухе (3–4 кг/м²) в области с антициклональной кривизной изобар (рис. 5, в). Приземная линия фронта проходила через города Ивдель – Пермь – Ульяновск – Москва. Горизонтальный градиент общего влагосодержания в зоне фронта составил в среднем 5 кг/м²/100 км. Очаг максимального содержания влаги (13–20 кг/м²) соответствовал теплему сектору циклона и представлял собой узкую полосу шириной 300 км, вытянутую вдоль холодного фронта.

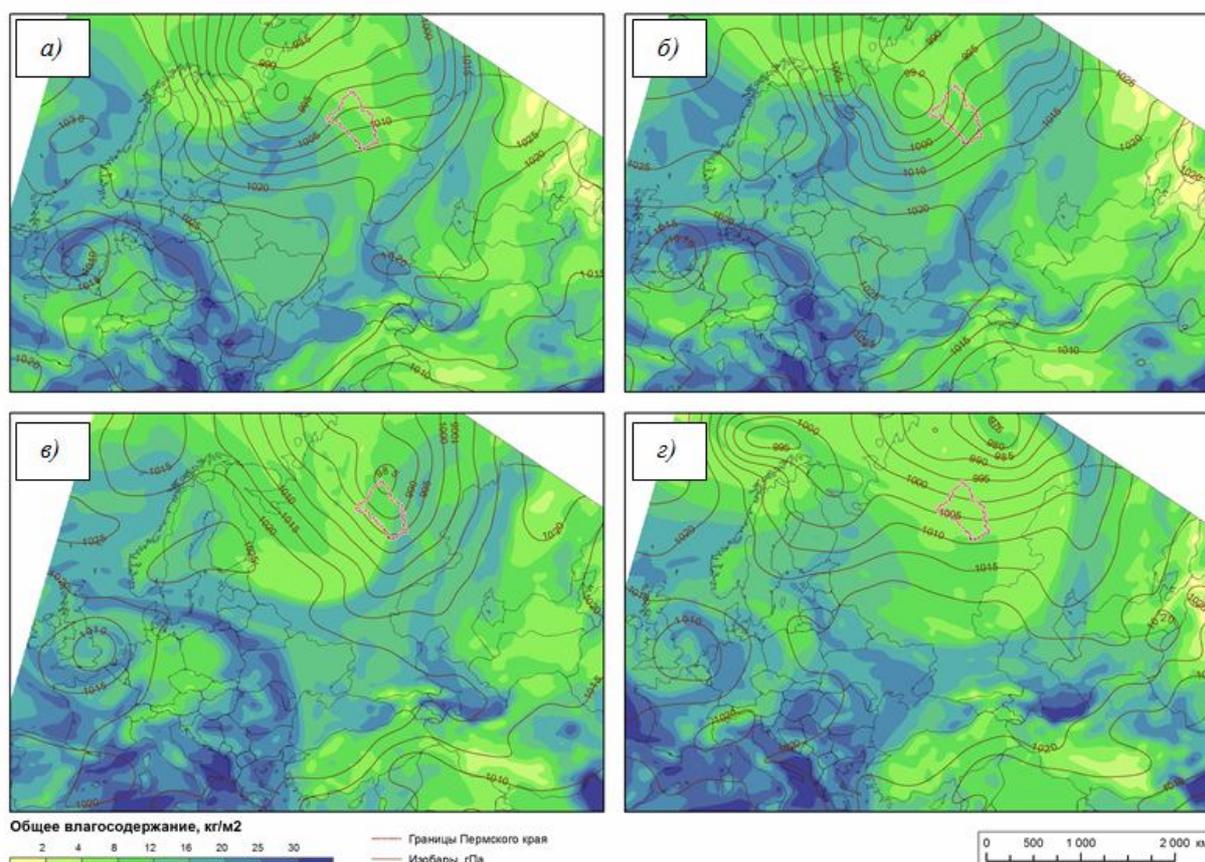


Рис. 5. Поле общего влагосодержания над Европой в процессе эволюции и перемещения циклона, обусловившего выпадение очень сильного снегопада в Пермском крае 14 октября 2013 г.: а) 6 ч ВСВ 13.03.2013; б) 12 ч ВСВ 13.10.2013; в) 0 ч ВСВ 14.10.2013; г) 0 ч ВСВ 15.10.2013

Можно отметить, что зоны с наибольшим влагосодержанием соответствуют передним и центральным частям циклонов, их теплым секторам, ложбинам с фронтальными разделами, в то время как зоны с наименьшим содержанием влаги отмечаются в тыловых частях циклона, гребнях и антициклонах.

Заключение

В результате изучения общего влагосодержания атмосферы при выпадении очень сильных снегопадов в Пермском крае за период 1979–2013 гг. можно сделать следующие выводы.

1. Снегопады опасной величины формируются при общем влагосодержании атмосферы, изменяющемся от 3,2 до 20,4 кг/м². Около половины случаев отмечается при значениях количества влаги 4,0–7,9 кг/м².

2. Временная изменчивость общего влагосодержания атмосферы главным образом определяется местом зарождения циклона, его эволюцией и скоростью перемещения, горизонтальными и вертикальными размерами циклонического вихря.

3. В осенне-зимний период опасные снегопады наблюдаются при минимальных значениях влагосодержания, изменяющихся от 4,5 до 6,9 кг/м², в весенний – от 7,0 до 9,8 кг/м². Сезонная изменчивость влагосодержания хорошо согласуется с интенсивностью очень сильных снегопадов.

4. Сложный рельеф территории Пермского края оказывает существенное влияние на распределение полей влагосодержания и осадков. Так, пространственное распределение общего влагосодержания характеризуется уменьшением значений с 10,2 кг/м² на юго-западе до 7,4 кг/м² на северо-востоке. При этом чем больше высота местности, тем меньше содержания влаги в атмосфере требуется для формирования очень сильного снегопада.

5. В процессе эволюции циклонического образования содержание влаги в атмосферном воздухе уменьшается. При этом воздушная масса, сформированная в системе юго-западного циклона в начале жизненного цикла, содержит больше влаги, чем в системе северо-западного. Однако на стадии заполнения циклона влагосодержание выравнивается.

6. На всех стадиях развития циклонов очаги максимального значения общего влагосодержания соответствуют их теплому сектору, очаги минимального – тыловым частям.

7. Данные о влагосодержании могут использоваться при фронтологическом анализе. Фронтальным разделам соответствуют наибольшие горизонтальные градиенты влагосодержания, особенно на стадии максимального развития циклона.

В целом распределение общего влагосодержания в процессе перемещения и эволюции рассматриваемых циклонов хорошо согласуется с физическими процессами, происходящими в циклонических вихрях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билинкис Е.Д. Особенности распределения атмосферных осадков и их аномалий на территории Пермской области // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы: межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 2000. С. 59-64.
2. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Климатические ресурсы Уральского Прикамья // Географический вестник. 2006. № 2. С. 76-90.
3. Калинин Н.А., Фрик Л.В., Смирнова А.А. Исследование влияния рельефа Пермского края на распределение полей осадков // Географический вестник. 2008. № 2 (8). С. 117-125.
4. Калинин Н.А., Поморцева А.А. Влияние орографии на поля облаков и осадков в Пермском крае // Учен. записки Росс. гос. гидрометеорологического ун-та. 2014. № 37. С. 84-93.
5. Зуев В.Е., Комаров В.С. Статистические модели температуры и газовых компонент атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. Т. 1. 264 с.
6. Домрачева И.П., Капитанова Т.П., Сергеев Б.Н. Связь ресурсов водяного пара и осадков в зарождающихся циклонах с тенденцией их развития // Активные воздействия на гидрометеорологические процессы: тр. всесоюз. конф. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. С. 60-64.
7. Калинин Н.А. Поле влагосодержания в циклонах на разных стадиях их развития // Макросиноптические процессы и состояние приземной среды: межвуз. сб. науч. тр. Казань: Казан. ун-т, 1993. С. 49-61.
8. Калинин Н.А. Энергетика циклонов умеренных широт. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1999. 192 с.
9. Saha S. and coauthors. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis // Bull. of the American Meteorological Society. 2010. Vol. 91. P. 1015–1050. DOI: 10.1175/2010-BAMS-3001.1
10. Saha S. and coauthors. The NCEP Climate Forecast System Version 2 // Journal of Climate. 2014. Vol. 27. P. 2185-2208. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00823.1
11. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Изд-во МГУ, 1988. 248 с.
12. Пищальникова Е.В. Динамика опасных снегопадов в Пермском крае за период 1969–2013 гг. // Вестн. Удм. ун-та. 2014. Вып 3. С. 119-124.
13. Назаров Н.Н., Шарыгин М.Д. География. Пермская область. Пермь: Книжный мир, 1999. 247 с.
14. Назаров Н.Н. География Пермского края: учебное пособие / Перм. ун-т. Ч. 1. Природная (физическая) география. Пермь, 2006. 139 с.
15. Официальный сайт ФГБУ «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации». URL: <http://www.meteoinfo.ru> (дата обращения: 17.03.2013).

E.V. Pischalnikova, A.N. Shikhov

THE MOISTURE CONTENT AS A FACTOR OF FORMATION OF VERY HEAVY SNOWFALLS IN PERM REGION

In this paper the authors consider the total moisture content in the atmosphere during the formation of very heavy snowfalls in Perm region for the period 1979–2013. Assessment of spatial and temporal variability of the moisture content was conducted with due account for circulation conditions and relief. Data on the total atmospheric moisture content PWAT (precipitable water, kg/m²) were obtained from the archive of the reanalysis of CFS models and CFSv2 (Climate Forecasting System). It is found that in most cases hazardous snowfalls were formed at the moisture content 4.0–7.9 kg/m². The seasonal variation of the moisture content agrees well with their intensity. Features of spatial distribution of the moisture content were revealed. It is shown that at all developmental stages of cyclones the areas of maximum moisture correspond to their warm sector, minimum – to their rear parts, while the front zone of each cyclone is characterized by the greatest horizontal gradients of the moisture content, especially at the stage of maximum development of the cyclone.

Keywords: total moisture content, very heavy snow, Perm region, natural hazards, synoptic conditions.

Пищальникова Евгения Владимировна, аспирант
кафедры метеорологии и охраны атмосферы
E-mail: evaporova@rambler.ru

Шихов Андрей Николаевич,
кандидат географических наук, старший преподаватель
кафедры картографии и геоинформатики
E-mail: and3131@inbox.ru

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный
национальный исследовательский университет»
614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Pischalnikova E.V., postgraduate student
at Department of Meteorology and Air Protection
E-mail: evapopova@rambler.ru

Shikhov A.N.,
Candidate of Geography, senior lecturer
at Department of Cartography and Geoinformatics
E-mail: and3131@inbox.ru

Perm State University
Bukireva st., 15, Perm, Russia, 614990