

**МЕТЕОРОЛОГИЯ**

УДК 551.5

**О.В. Сухова****ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Рассмотрены основные характеристики режима снежного покрова на территории Пермского края за последние 60 лет, динамика высоты и запасов воды в снежном покрове за последние 30 лет.

**Ключевые слова:** снежный покров; продолжительность залегания устойчивого снежного покрова; высота снежного покрова; запасы воды в снежном покрове; Пермский край.

Пермский край относится к числу районов России с устойчивым снежным покровом. Снежный покров является одной из важнейших климатических характеристик, активно влияющих на радиационные и циркуляционные механизмы в атмосфере, выступает значимым параметром в численных прогностических и климатических моделях и оценке влагозапасов в почве, а также при отдельных расчетах уровня стока и прогноза паводков [2-7].

Вопрос о характеристиках снежного покрова на территории Пермского края рассматривался в работах С.Х. Куликовой [10], В.А. Шкляева и Л.С. Шкляевой [13]. Однако в последние десятилетия зафиксировано значительное усиление глобального потепления климата, что отразилось на ряде показателей, в том числе характеристиках снежного покрова. Поэтому для выявления современных тенденций проанализирован материал, касающийся высоты снежного покрова и запасов воды в нем за период 1980-2010 гг.

В работе использованы данные, предоставленные Пермским ЦГМС по 17 метеорологическим станциям Пермского края за 1950-2010 гг. Для картографического отображения в программном продукте ArcGis были нанесены границы исследуемой области и точечные объекты в проекции Gauss\_Kruger (Pulkovo\_1942\_GK\_Zone\_10N). Изолинии были построены методом Криге в программном продукте Surfer. Для вычислений и построения графиков использовался MS Excel.

**Образование и разрушение устойчивого снежного покрова**

Датой образования устойчивого снежного покрова (УСП) считается первый день периода устойчивого снежного покрова, в который площадь видимой окрестности станции покрыта снегом на 50% и более.

Процесс установления снежного покрова идет с северо-востока на юго-запад, сход – обратном направлении (рис. 1). Разность по средним многолетним оценкам в территориальном распределении сроков образования УСП составляет 18 дней, сроков разрушения – 22 дня.

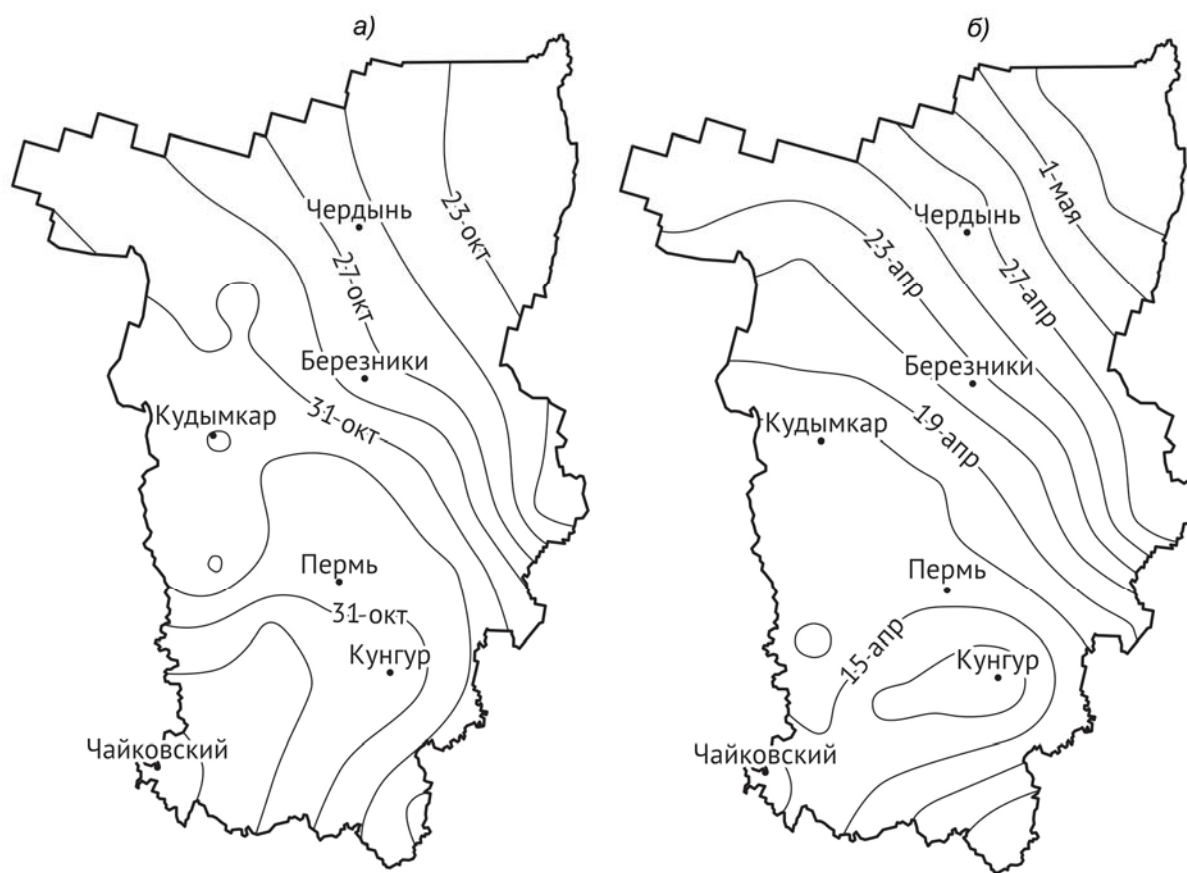


Рис. 1. Средние многолетние даты образования (а) и разрушения (б) устойчивого снежного покрова в Пермском крае, дни (1950–2009 гг.)

Устойчивый снежный покров в Пермском крае образуется в среднем 31 октября. Средняя величина ежегодной изменчивости – 10 дней. Наиболее часто встречаются отклонения до 4 дней (42%). Отклонения в 15 и более дней встречаются значительно реже (менее 5%).

Разрушение снежного покрова происходит в среднем 20 апреля. Отклонения в сроках разрушения снежного покрова не превышают 20 дней, а подавляющее большинство (87%) – 10 дней.

С середины прошлого века до 80-х гг. имелась тенденция к более раннему образованию устойчивого снежного покрова, которая затем сменилась на обратную и сохраняется до настоящего времени (рис. 2 а). Уравнение линий тренда сроков образования УСП имеет вид полинома второй степени и описывается уравнением:  $y = 0,0137x^2 - 0,7887x + 8,2836$ , где  $x$  – период времени, годы;  $y$  – дата образования УСП.

Тенденция к более позднему разрушению снежного покрова сохранялась до 90-х гг. XX в., сменившись затем на обратную, продолжающуюся по настоящее время (рис. 2 б). Линия тренда сроков разрушения УСП описывается полиномом второй степени и имеет вид:  $y = -0,0026x^2 + 0,2292x - 4,4658$ , где  $x$  – период времени, годы;  $y$  – дата разрушения УСП.

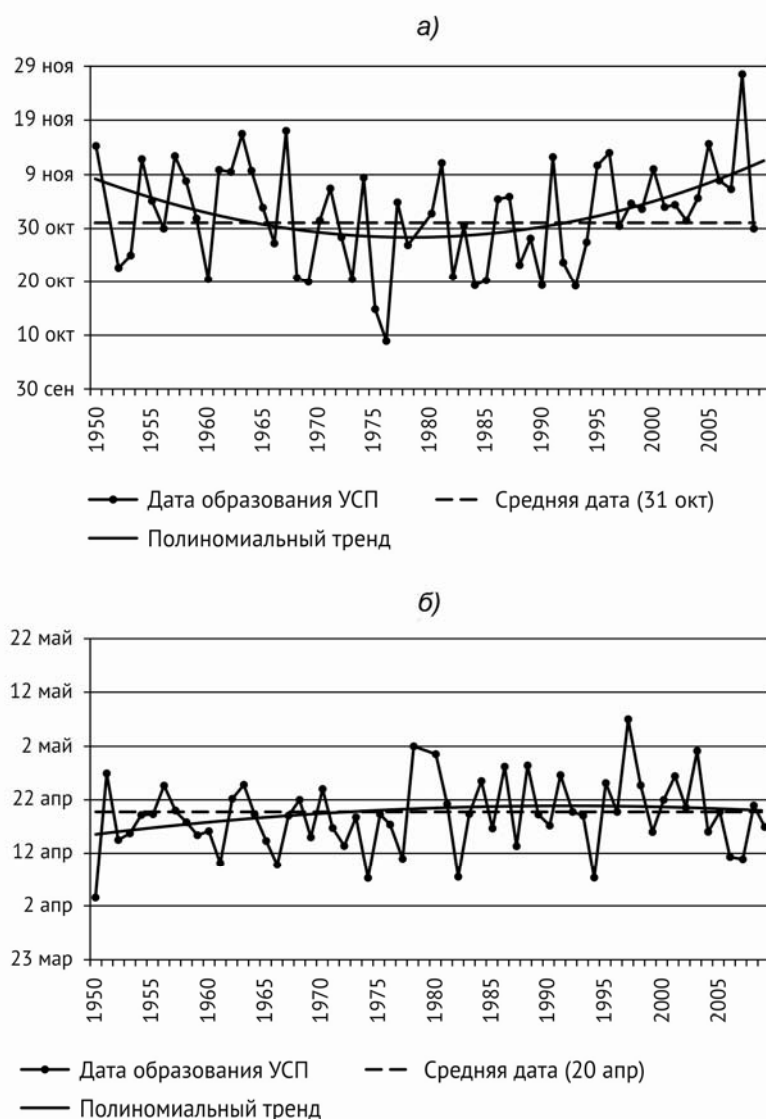


Рис. 2. Средние по Пермскому краю даты образования (а) УСП (1950—2009 гг.) и разрушения (б) УСП (1951—2010 гг.)

### Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова

Средняя продолжительность залегания снежного покрова Пермского края колеблется от 155 до 194 дней. Разброс около 40 дней возник благодаря физико-географическому положению Пермского края: большая протяженность территории с севера на юг, наличие на востоке края Уральских гор (рис. 3).



Рис. 3. Средняя многолетняя продолжительность залегания снежного покрова в Пермском крае, дн. (1950–2010 гг.)

Изменчивость устойчивого снежного покрова также имеет значительные колебания, как и даты установления и разрушения устойчивого снежного покрова. На основании ежегодных данных о продолжительности залегания УСП определена вероятность зим разной продолжительности в целом по краю (табл. 1). С вероятностью 78 % продолжительность залегания УСП в среднем по краю находится в пределах 151–180 дней. Абсолютный минимум 102 дня наблюдался в Оханске в 1975–1976 гг., а абсолютный максимум 220 дней в Бисере в 1978–1979 гг. и в Усть-Черной в 1987–1988 гг.

Таблица 1

**Продолжительность залегания снежного покрова в Пермском крае по градациям (1951–2010 гг.)**

Характеристики	Продолжительность залегания, дн.				
	140–150	151–160	161–170	171–180	181–190
Число зим	3	12	18	17	10
%	5	20	30	28	17

Ежегодная изменчивость продолжительности залегания снежного покрова представлена на рис. 4.



Рис. 4. Продолжительность залегания УСП в Пермском крае (1950—2010 гг.), число дн.

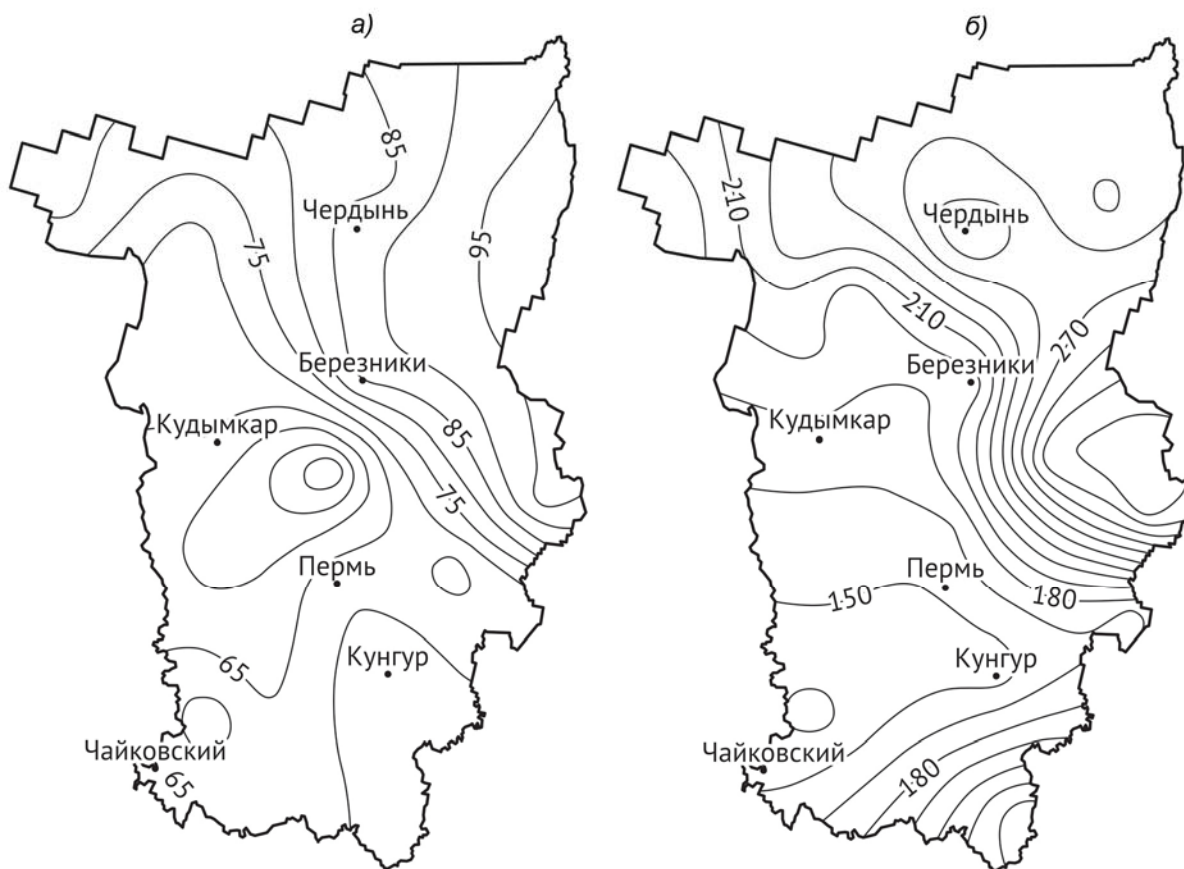


Рис. 5. Средние многолетние значения характеристик снежного покрова, Пермский край (1980—2010 гг.):  
а – высота снежного покрова, см; б – запасы воды в снежном покрове, мм

До начала 80-х гг. XX в. преобладала тенденция к увеличению продолжительности залегания УСП, затем она сменилась на обратную.

Тенденция к уменьшению продолжительности залегания УСП продолжается по настоящее время. Она поддерживается как за счет более позднего образования УСП, так и тенденции к более раннему разрушению. Линия тренда временной изменчивости залегания УСП описывается уравнением полинома второй степени вида:  $y = -0,0168x^2 + 1,052x + 157,6$ , где  $x$  — период времени, гг.;  $y$  — число дн. залегания УСП.

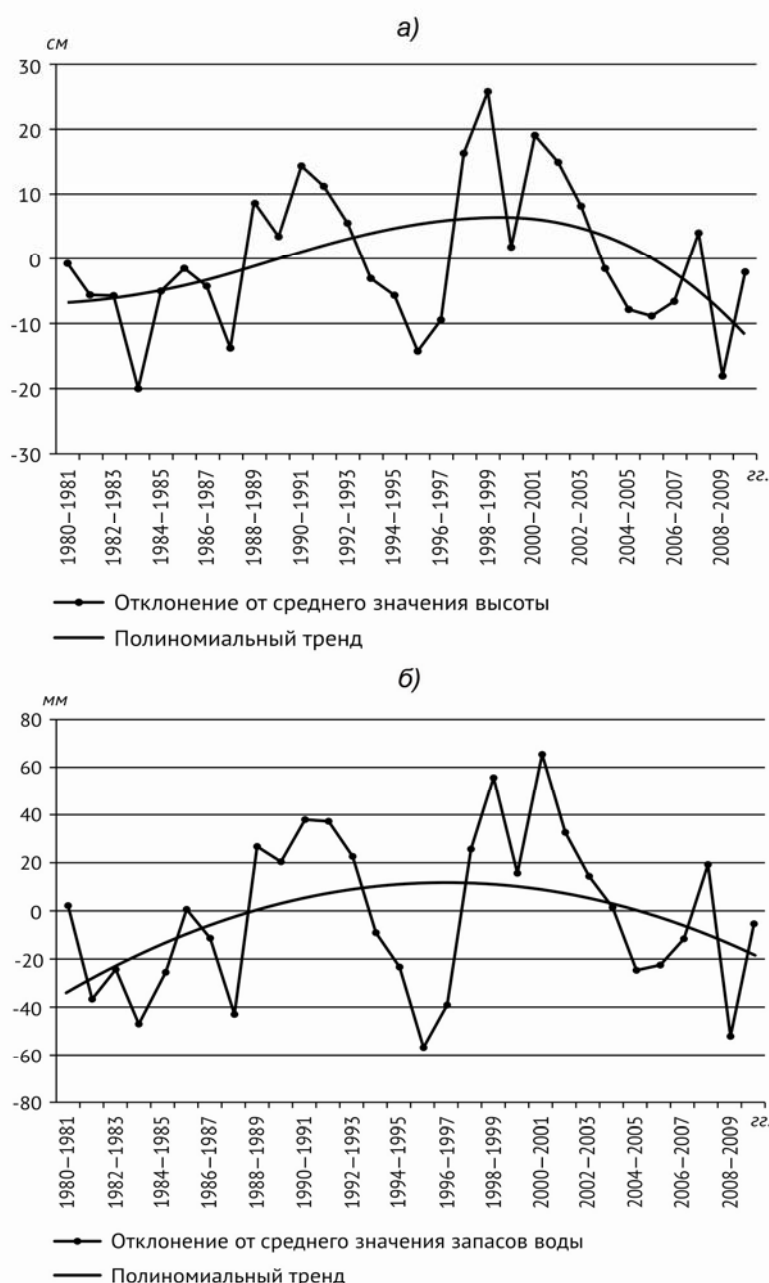


Рис. 6. Временная изменчивость высоты снежного покрова (а) и запасов воды в снежном покрове (б) в Пермском крае (1980—2010 гг.)

### Динамика высоты снежного покрова и запасов воды в нем

По ежегодным данным рассчитано среднее многолетнее значение высоты снежного покрова (СП) и запасов воды в нем (рис. 5). Анализ относительной изменчивости осуществлялся путем

вычисления коэффициента вариации, который изменяется для высоты СП в пределах от 0,14 (Вая, Усть-Черная) до 0,31 (Чернушка), для запасов воды в СП от 0,11 (Березники) до 0,32 (Кудымкар, Оса). Максимальные значения как высоты, так и запасов воды в СП превышают средние многолетние значения примерно в 1,5 раза. Минимальные значения запасов воды в СП отличаются от максимальных примерно в 2,5 раза.

Был рассчитан коэффициент корреляции зависимости продолжительности залегания снежного покрова от высоты снежного покрова, который составил 0,75. Расчет значений среднего квадратического отклонения (СКО) для высоты снежного покрова показал, что они изменяются от 11,02 см в Добрянке до 23,75 см в Березниках. Для запасов воды в СП минимальное значение СКО составило 17,97 мм в Березниках, максимальное — 60,24 мм в Чердыни. Амплитуда колебаний высоты СП и запасов воды в нем минимальна в центральных частях края и увеличивается к северо-востоку и югу. В центральных частях края преобладают отрицательные значения аномалий по высоте и запасам воды в СП, а на северо-востоке и юго-востоке — положительные.

Были вычислены отклонения от среднего многолетнего значения по высоте снежного покрова и по запасам воды в снеге, эти данные были осреднены по всему краю. По результатам вычислений были построены рисунки отклонений для высоты снежного покрова (рис. 6 а) и запасов воды в СП (рис. 6 б).

Как видно из рисунков, отклонения от средних многолетних значений носят как положительный, так и отрицательный характер. Линия тренда описывается полиномом третьей степени, и уравнение для высоты СП имеет вид:  $y = -0,0041x^3 + 0,1243x^2 - 0,1753x - 6,6906$ , где  $x$  — период времени, годы;  $y$  — высота СП, см; для запасов воды в СП:  $y = -0,1769x^2 + 6,0095x - 39,575$ , где  $x$  — период времени, гг.;  $y$  — запасы воды в СП, мм.

Увеличение значений величины СП и запасов воды в СП наблюдалось до 90-х гг. прошлого века. В настоящее время на фоне сокращения периода УСП преобладает тенденция к уменьшению высоты снежного покрова и запасов воды в нем.

### Выводы

1. Распределение дат установления и схода СП, величины СП и запасов воды в нем зависит от географического положения и типа подстилающей поверхности. Зональное распределение данных величин, наблюдающееся в южных и центральных областях края, сменяется под влиянием Уральских гор на меридиональное на северо-востоке.

2. Для Пермского края не соблюдается выявленная в ряде работ [1; 8; 9; 12] тенденция увеличения продолжительности залегания снежного покрова на фоне повышения температуры воздуха холодного периода, которая объясняется изменениями характера атмосферной циркуляции, приводящей к увеличению количества твердых осадков. Хотя ряд авторов [9; 11; 14] утверждает, что меньше чем половина межгодовой изменчивости глубины снега может интерпретироваться с точки зрения ее отношения к атмосферным изменениям циркуляции.

3. Для более детального исследования характера накопления и разрушения снежного покрова Пермского края необходим учет влияния рельефа и местных особенностей циркуляционных процессов.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (проект 2011–1.2.1–220–010/86).

### Библиографический список

1. Батрашина С.Ф., Переведенцев Ю. П. Динамика снежного покрова на территории Татарстана во второй половине XX столетия. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2005. 100с.
2. Калинин Н.А., Ветров А.Л. Генерация доступной потенциальной энергии вследствие крупномасштабной конденсации в циклонах умеренных широт // Метеорология и гидрология. 2002. № 4. С. 17–27.
3. Калинин Н.А., Смирнова А.А., Фрик Л.В. Исследование влияние рельефа Пермского края на распределение полей осадков // Географический вестник. Вып. 3 (6) / Перм. ун-т. Пермь, 2008. С. 187–195.

4. Калинин Н.А., Смирнова А.А., Ветров А.Л. Мезомасштабный анализ и сверхкраткосрочный прогноз погоды // Учен. Зап. Казан. гос. ун-та. Серия Естественные науки. 2009. Т. 151. Кн. 4. С. 209–216.
5. 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.
6. Калинин Н. А., Булгакова О.Ю., Казакова К.А., Пенский О.Г. Условия адаптации транспортных сетей к погодно-климатической неустойчивости на территории Пермского края // Вестник Удмуртского университета. Сер. 6. Биология. Науки о земле. Вып. 4. Ижевск, 2011. С. 127–131.
7. Калинин Н.А., Смородин Б.Л. Редкое явление замерзающего дождя в Пермском крае // Метеорология и гидрология. 2012. № 8. С. 27–35.
8. Китаев Л.М. Пространственно-временная изменчивость высоты снежного покрова в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. 2002. № 5. С. 28–34.
9. Китаев Л.М., Разуваев В.Н., Хейно Р., Форланд Э. Продолжительность залегания снежного покрова в Северной Европе // Метеорология и гидрология. 2006. № 3. С. 95–100.
10. Куликова С.Х. О продолжительности существования устойчивого снежного покрова на Среднем и Южном Урале // Гидрология и метеорология. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1970. Вып. 5. С. 150–158.
11. Попова В.В., Шмакин А.Б. Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий температуры воздуха зимой в Северной Евразии в конце XX столетия // Метеорология и гидрология. 2006. № 12. С. 15–25.
12. Титкова Т.Б., Кононова Н.К. Связь аномалий накопления снега и общей циркуляции атмосферы // Известия РАН. Сер. географическая. 2006. № 1. С. 35–46.
13. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Статистические характеристики устойчивого снежного покрова в Пермском крае // Географический вестн. Пермь, 2010. № 4. С. 68–74.
14. Popova V. Winter snow depth variability over northern Eurasia in relation to recent atmospheric circulation changes // Int. J. Climatol. 2007. Vol. 27. P. 1721–1733.

**O.V. Sukhova**

#### **THE SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF SNOW COVER IN THE PERM REGION**

The main characteristics of snow cover variability in the territory of perm region for the last 60 years, dynamics of snow depth and snow cover water equivalent for the last 30 years are considered.

**Key words:** snow cover; snow cover duration; snow depth; snow cover water equivalent; Perm region

**Oksana V. Sukhova**, Assistant, Department of Meteorology and Atmosphere Protection; Perm State University; 15 Bukireva, Perm, Russia 614990; oks1025@gmail.com