

УДК 551.581

*А.Д. Крючков, О.В. Истомина***ДИНАМИКА СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ
ЗА ПЕРИОД 1988–2018 гг.**

Рассмотрены особенности залегания снежного покрова на территории Пермского края за тридцатилетний период. Приведены данные об установлении, разрушении, продолжительности залегания устойчивого снежного покрова и высоте снежного покрова; рассчитаны статистические параметры для отдельных станций и всего края в целом. Проанализирована пространственно-временная изменчивость основных характеристик снегонакопления. Показано, что за период 1988–2018 гг. даты установления и разрушения устойчивого снежного покрова сместились к более поздним срокам. Определено, что после продолжительного сокращения в последние годы отмечен рост количества дней с устойчивым снежным покровом. Выявлены особенности пространственной структуры распределения снежного покрова на территории региона. Установлено, что высота снежного покрова уменьшалась до конца 00-х гг. XXI в., в последние годы наметилась тенденция к увеличению значений.

Ключевые слова: устойчивый снежный покров, образование и разрушение устойчивого снежного покрова, продолжительность залегания устойчивого снежного покрова, высота снежного покрова.

DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-2-243-251

Исследование снежного покрова является одной из важных задач при изучении параметров климатической системы, так как он оказывает существенное влияние на радиационный и циркуляционный режим территории. Данные о снежном покрове используют при оценке водных и почвенных ресурсов в качестве предикторов климатических и прогностических численных моделей, а также при решении отдельных научно-прикладных задач в хозяйственной и экономической деятельности человека.

Материал и методы исследования

Изменения климата, усиливающиеся в последнее время, оказывают прямое воздействие на пространственно-временную изменчивость снежного покрова, что в свою очередь влияет на климат, поэтому необходим постоянный мониторинг подобных изменений как на глобальном, так и на региональном уровне. Для территории Пермского края исследуемый вопрос ранее рассматривался в работах С.Х. Куликовой [1], В.А. Шкляева и Л.С. Шкляевой [2], О.В. Суховой [3] и является переработанным продолжением ранее выполненной автором работы [4].

В настоящей работе проанализирован материал, касающийся образования, разрушения и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, а также высоты снежного покрова. Были использованы данные наблюдений на 25 метеорологических станциях Пермского края за период 1988–2018 гг. [5].

Расчет характеристик устойчивого снежного покрова произведен в соответствии с методикой Главной геофизической обсерватории [6]. Построение карт, рисунков, таблиц производилось на персональном компьютере с применением табличного редактора Microsoft Excel и геоинформационной системы ArcMap.

Результаты и их обсуждение***Образование и разрушение устойчивого снежного покрова***

Важными характеристиками устойчивого снежного покрова (УСП) являются процессы его образования и разрушения. Как правило, формированию и сходу УСП сопутствуют периоды временно-го снежного покрова, который под воздействием осенних оттепелей и весенних заморозков, характерных для переходных сезонов, появляется на непродолжительное время и вскоре исчезает.

Территориальное расположение Пермского края, а именно большая протяженность с севера на юг и наличие на востоке Уральских гор, приводит к тому, что установление снежного покрова происходит с северо-востока на юго-запад, сход – в обратном направлении.

Средняя дата образования УСП на территории края приходится на 3 ноября (рис. 1а). Для сравнения, по данным 1957–1987 гг. формирование устойчивого снежного покрова происходило в среднем 30 октября. Таким образом, средние значения за последние 30 лет сдвинулись на 4 дня в сторону более позднего образования. При подробном рассмотрении становится понятно, что наибольшее влияние на данное смещение оказал период с 1998 по 2008 гг., когда устойчивый снежный покров формировался в среднем 8 ноября. В последующие годы наблюдается тенденция к более раннему образованию УСП. Самый ранний срок установления снежного покрова – 2 октября (Бисер), самый поздний – 13 декабря (Кунгур, Чернушка, Оханск). Средняя величина ежегодной изменчивости составляет 8 дней, при этом отклонения в 15 и более дней встречаются в 6 % случаев.

Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в среднем 20 апреля (рис. 1б), что на три дня позднее, чем в предыдущие годы (17 апреля для выборки до 1988 г.). В первое десятилетие XXI в. наблюдалась тенденция к более раннему сходу УСП, что отразилось на общем тренде, но в последние годы серьезных сдвигов не отмечается. В целом линия тренда имеет более сглаженный характер, чем на диаграмме образования устойчивого снежного покрова.

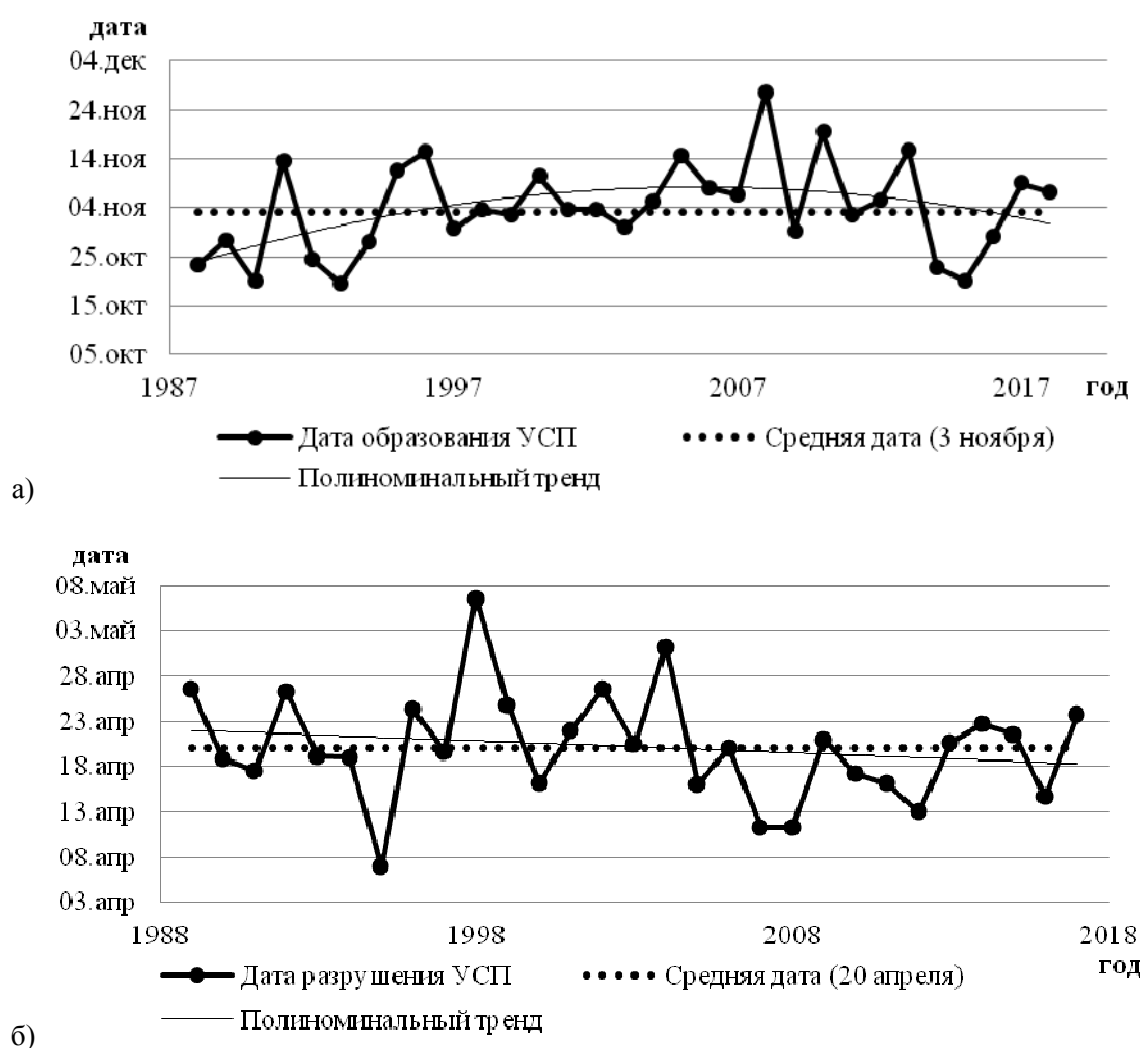


Рис. 1. Средние по Пермскому краю даты образования (а) УСП (1988–2018 гг.) и разрушения (б) УСП (1988–2018 гг.)

Отклонения в сроках схода УСП не превышают 10 дней в 90 % случаев, максимальная величина – 16 дней. Самый поздний срок разрушения устойчивого снежного покрова зафиксирован на станции Вая – 15 мая, самый ранний – 1 апреля – на станциях Гайны и Оса.

Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова

Средняя продолжительность залегания снежного покрова в Пермском крае составляет 168 дней, значения варьируются от 152 дней на юго-западе до 190 дней на северо-востоке края (табл. 1). Максимальные величины (свыше 200 дней) характерны для северных и северо-восточных станций, а также станций, расположенных ближе к Уральским горам. Так, на станции Вая зафиксирована продолжительность УСП 216 дней, станция Чердынь показала 211 дней, станция Бисер – 210 дней. Минимальные значения (менее 120 дней) отмечаются на южных и юго-западных территориях, а также в крупных городских агломерациях. На станциях Чернушка, Чайковский, Кунгур зарегистрирована длительность залегания снежного покрова 112 дней, на станциях Пермь и Ножовка – 113 дней, Оса – 114 дней. Зимы с периодом УСП более 216 и менее 112 дней с 1988 по 2018 гг. на территории Пермского края не встречались.

Таблица 1

**Статистические характеристики продолжительности УСП
на метеостанциях Пермского края (дни)**

Метеорологическая станция	Продолжительность УСП			СКО
	Средняя	Максимальная	Минимальная	
НЫРОБ	183	206	150	13
ВАЯ	190	216	154	14
У-ЧЕРНАЯ	172	197	144	14
ЧЕРДЫНЬ	182	211	153	14
ГАЙНЫ	172	195	142	14
КОСА	171	193	143	14
КОЧЕВО	171	191	143	13
БЕРЕЗНИКИ	174	192	146	12
КУДЫМКАР	167	194	142	12
ГУБАХА	180	199	149	14
ЧЕРМОЗ	164	187	139	12
ДОБРЯНКА	163	190	127	15
БИСЕР	188	210	150	14
ВЕРЕЩАГИНО	163	186	140	12
ЛЫСЬВА	166	194	134	15
ПЕРМЬ	162	191	113	16
КЫН	171	194	125	16
Б.СОСНОВА	161	189	123	15
ОХАНСК	159	184	121	14
КУНГУР	157	190	112	16
ОСА	156	188	114	15
НОЖОВКА	158	188	113	16
ЧАЙКОВСКИЙ	152	179	112	15
ЧЕРНУШКА	162	189	112	14
ОКТЯБРЬСКИЙ	172	193	148	12
Средняя по краю	169			–

Расчет среднеквадратического отклонения (СКО) для продолжительности залегания устойчивого снежного покрова показал, что значения данной характеристики находятся в интервале от 12 до 16 дней.

Временная изменчивость средней продолжительности залегания устойчивого снежного покрова проиллюстрирована на рис. 2. С конца 80-х гг. XX в. до конца 00-х гг. XXI в. отмечалось постепенное уменьшение числа дней с УСП. Так, превышение среднего по краю значения устойчивого снежного покрова в период 1988–1998 гг. наблюдалось в 6 из 10 случаев, а в следующие 10 лет подобные отклонения отмечались только три раза (рис. 2). Минимальный период залегания УСП составил 145 дней в холодный период 2008–2009 гг. В последующие годы наметилась тенденция к увеличению средних сроков залегания УСП.

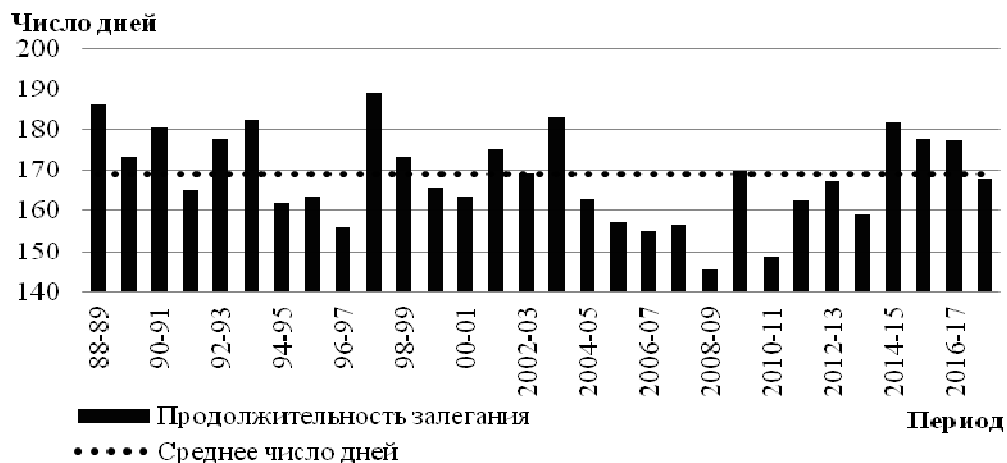


Рис. 2. Продолжительность залегания УСП в Пермском крае

На протяжении исследуемого периода в пространственном отношении на территории Пермского края происходило изменение характера распределения снега. Для более детального анализа динамики продолжительности залегания УСП были построены карты с разделением данных по десятилетиям (рис. 3. а, б, в).

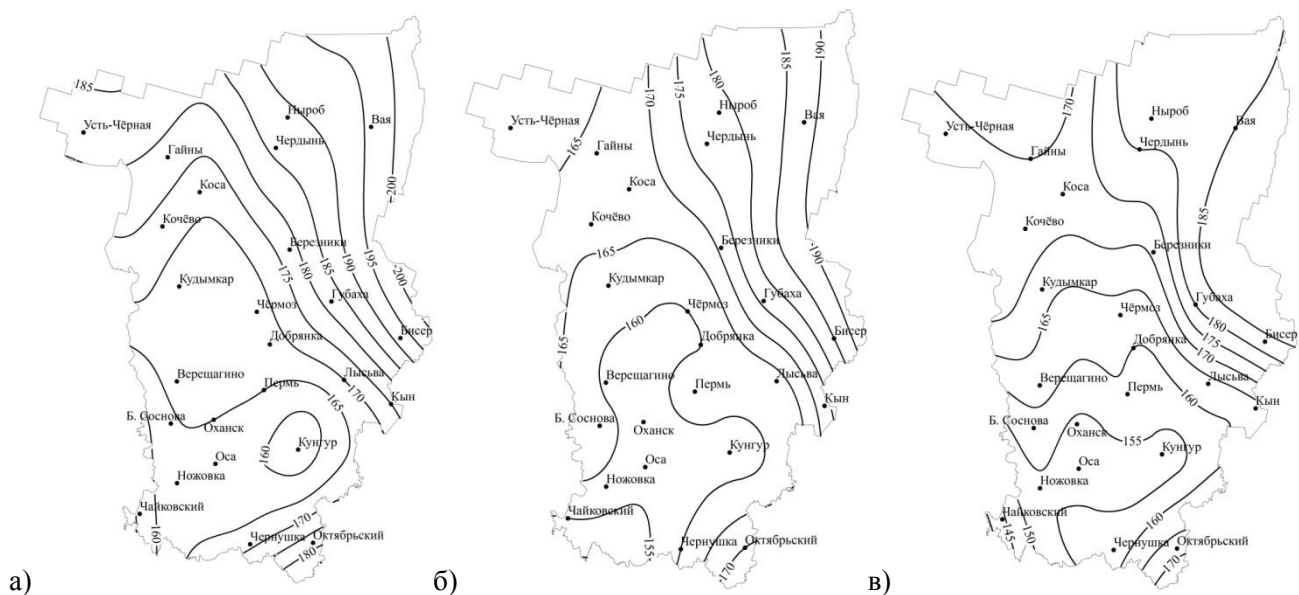


Рис. 3. Изменение средней продолжительности залегания УСП (дни) на метеостанциях Пермского края: а) 1988–1998 гг.; б) 1998–2008 гг.; в) 2008–2018 гг.

Карта, представленная на рис. 3б, показывает, что сокращение сроков залегания УСП по всем станциям, кроме Кунгура, составляет от 1 (Чайковский) до 16 (Усть-Черная) дней по сравнению с рис. 3а. В Кунгуре изменений не зафиксировано.

На рис. 3в видно, что на 10 станциях в центральных областях и на северо-западе Пермского края за последние 10 лет отмечен рост числа дней с устойчивым снежным покровом после продолжительного снижения в предыдущие годы. На трех станциях изменений определено не было.

В целом непрерывное уменьшение средней продолжительности залегания УСП во все три десятилетия наблюдалось на 11 станциях, расположенных на северо-востоке, востоке, юго-востоке, юге и юго-западе края. Величина уменьшения составила от 6 до 12 дней. Несмотря на увеличение сроков залегания устойчивого снежного покрова в период с 2008 по 2018 г. только по данным двух пунктов наблюдений (Коса, Кочевье) показатели вернулись к начальным значениям, по остальным станциям показано сокращение числа дней с УСП.

На всех картах выделяется область изолиний, которая охватывает территорию с юго-запада на северо-восток от станции Чайковский до станции Кунгур. Данная зона вызывает колебания изолиний, которые прослеживаются в северном направлении, что особенно заметно на рис. 3в, где изменение продолжительности залегания снежного покрова в центральной части Пермского края приобретает зональный характер. Вероятно, возникновение области минимальных значений связано с влиянием Воткинского и Камского водохранилищ, обуславливающих метелевый перенос на огромных открытых пространствах. На северо-востоке орографический фактор является преобладающим по влиянию на изменение количества дней с УСП, поэтому изолинии сгущены и расположены преимущественно меридионально.

Высота снежного покрова

Высота снежного покрова (СП), в зависимости от местоположения метеостанции от года к году имеет большую амплитуду колебаний. Кроме того, различия просматриваются и при выборе того или иного периода наблюдений.

Пространственное распределение средней высоты снежного покрова на территории Пермского края проиллюстрировано на рис. 4. Как видно на карте, закономерности, выявленные при анализе продолжительности залегания УСП, прослеживаются не так отчетливо. Как и в случае распределения числа дней с устойчивым снежным покровом, влияние орографии на снегонакопление заметно на северо-востоке. Однако в центральных и южных областях наблюдается слабоградиентное поле величин. Исключением являются две области низких значений. В районе Чермоза виден ярко выраженный минимум (25 см), очерченный замкнутыми изолиниями, что можно объяснить географическим положением и ветровым режимом станции. Другая область низких значений, очерченная 1 изолинией, относится к Осе (32 см).

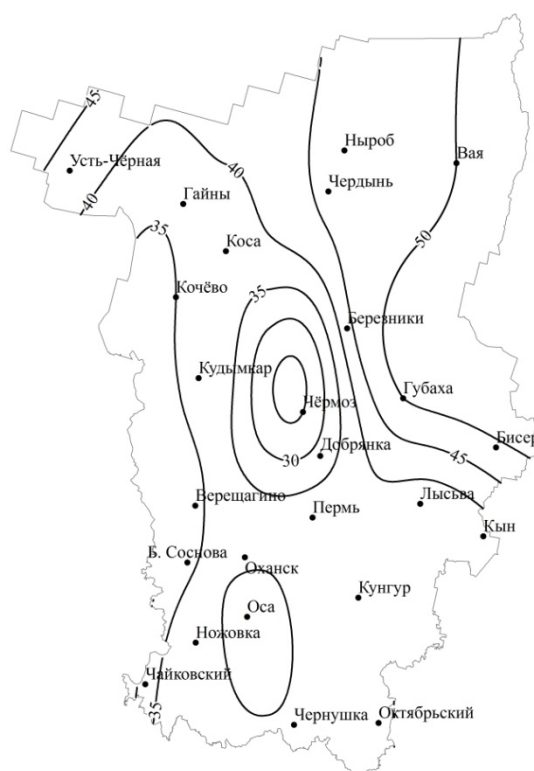


Рис. 4. Средняя высота снежного покрова (см) в Пермском крае, 1988–2018 гг.

Наибольшая средняя высота наблюдается на станциях Вая, Губаха (50 см) и Бисер (49 см). Наименьшая высота, кроме упомянутых ранее минимумов в Чермозе и Осе, отмечена в Чайковском (32 см). Среднее многолетнее значение высоты снежного покрова на территории Пермского края составляет 38 см.

Более подробные характеристики приведены в табл. 2. Кроме средних многолетних значений высоты снежного покрова за весь исследуемый период, рассчитаны экстремумы и средние величины наибольшей высоты СП за зиму. Как можно заметить, наибольшая из максимальных высот снежного покрова зарегистрирована на станции Бисер – 150 см, наименьшая – в Осе (28 см) и Чермозе (26 см). На станции Оса максимальные значения высоты СП не достигли средних многолетних значений в холодные периоды 2014–2015 (–1 см) и 2015–2016 (–4 см) гг. Аналогичная картина наблюдалась зимой 1996–1997 гг., наблюдалась в Чернушке, разница составила –3 см. Стоит отметить, что для Чернушки такая малоснежная зима является скорее аномалией, чем закономерностью, в то время, как для Осы – определенной тенденцией последних лет.

Таблица 2

**Статистические характеристики высоты снежного покрова
на метеостанциях Пермского края (осреднение по декадам)**

Метеорологическая станция	Наибольшая высота за зиму, см			Средняя высота, см
	Средняя	Максимальная	Минимальная	
НЫРОБ	88	113	66	46
ВАЯ	94	121	70	50
У–ЧЕРНАЯ	81	104	50	43
ЧЕРДЫНЬ	91	119	53	46
ГАЙНЫ	72	95	44	37
КОСА	73	99	42	38
КОЧЕВО	68	91	42	35
БЕРЕЗНИКИ	79	126	49	43
КУДЫМКАР	71	97	45	37
ГУБАХА	91	133	67	50
ЧЕРМОЗ	46	84	26	25
ДОБРЯНКА	62	85	43	32
БИСЕР	96	150	64	49
ВЕРЕЩАГИНО	64	100	38	34
ЛЫСЬВА	64	91	38	37
ПЕРМЬ	70	106	47	38
КЫН	71	107	45	37
Б.СОСНОВА	65	93	46	34
ОХАНСК	66	96	48	36
КУНГУР	73	106	43	39
ОСА	60	94	28	32
НОЖОВКА	70	99	44	38
ЧАЙКОВСКИЙ	62	85	37	32
ЧЕРНУШКА	74	115	34	37
ОКТЯБРЬСКИЙ	73	99	48	37
Средняя по краю	73	104	46	38

Самые большие значения межгодовой изменчивости максимумов снежного покрова свойственны Бисеру (86 см), Чернушке (81 см) и Березникам (77 см), самые малые – Добрянке (42 см), Ныробу и Б. Соснове (47 см).

Наличие нескольких экстремумов при изучении снежного покрова на станции Бисер объясняется близким расположением данного пункта наблюдений к Уральскому хребту. Известно, что увеличение высоты местности приводит к увеличению снегонакопления [7]. В целом причины подобных вариаций высоты СП на метеостанциях Пермского края носят локальный характер и не имеют общих закономерностей.

Чтобы более тщательно проследить динамику высоты снежного покрова данные снегомерных наблюдений были разделены по десятилетиям и осреднены. На основе полученных значений была построена диаграмма средних высот за выбранные периоды (рис. 5).

Как показывает диаграмма, первое десятилетие стало наиболее снежным для 15 станций (в 60 % случаев), из них на четырех зафиксирована средняя высота снежного покрова, равная или выше 50 см: Вая (56 см), Бисер (54 см), Березники (51 см) и Губаха (50 см). 10 пунктов наблюдений в последующие два периода показали постепенное падение средней высоты снежного покрова, при этом в Кунгуре и Осе наблюдается максимальное изменение (-15 см) с конца первого десятилетия XXI в. Две станции, Губаха и Пермь, изменений не зафиксировали.

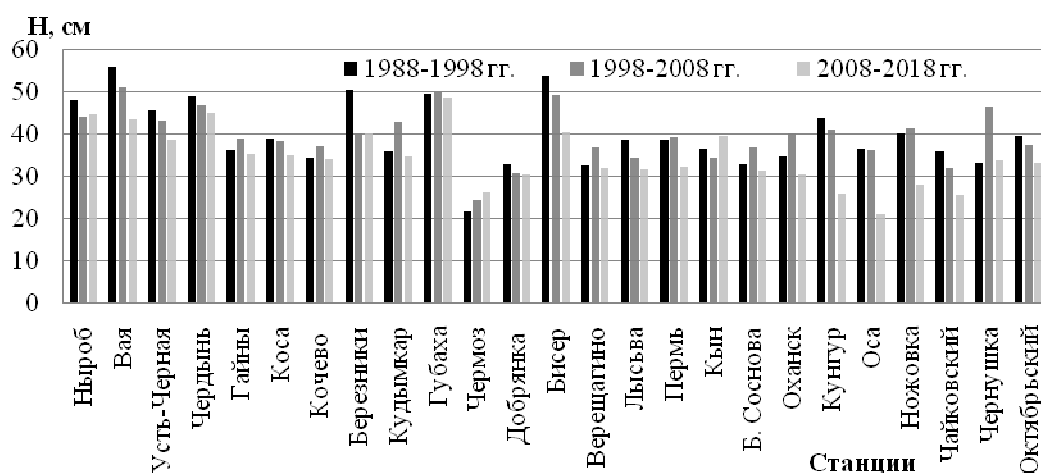


Рис. 5. Средняя высота снежного покрова на метеостанциях Пермского края в периоды 1988–1998, 1998–2008 и 2008–2018 гг.

В Ныробе отмечен рост средней высоты СП в последнее десятилетие после падения в период 1998–2008 гг., а в Березниках исследуемая величина после существенного снижения при переходе от первого ко второму столбцу (-11 см) не изменялась.

Максимальный прирост высоты СП во второй период показала Чернушка (+14 см). Средние значения с 1998 по 2008 гг. увеличились на 9 станциях (36 %), при этом только на одной (Чермоз) рост продолжился и в следующее десятилетие.

В целом уменьшение средней высоты снежного покрова в течение трех десятилетий наблюдалось на большей части Пермского края, только в трех пунктах исследуемая характеристика увеличилась и в одной точке вернулась к начальным значениям.

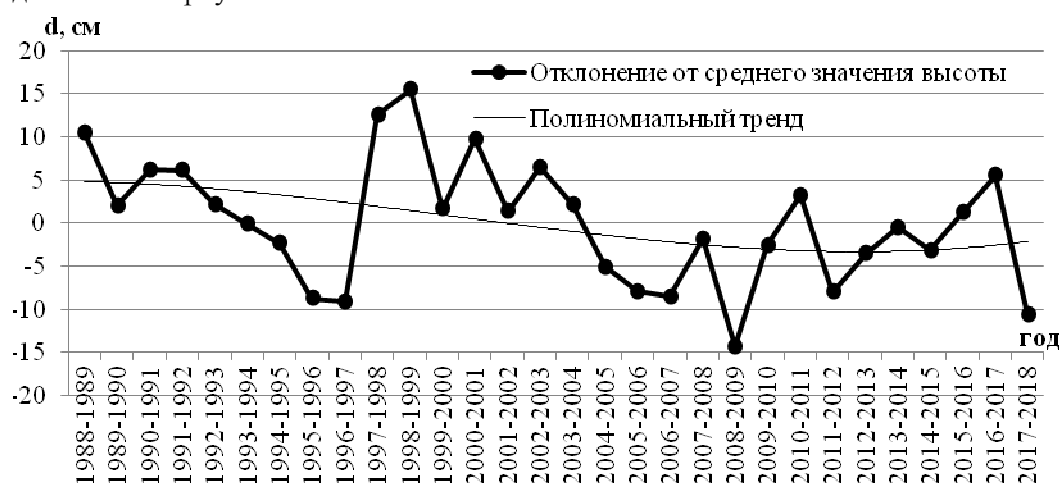


Рис. 6. Временная изменчивость высоты снежного покрова (см) в Пермском крае, 1988–2018 гг.

Отклонения от средней высоты снежного покрова по Пермскому краю, рассчитанные за период 1988–2018 гг., представлены на рис. 6. Как видно из диаграммы, положительный характер отклонений преобладает в первую половину исследуемого периода, отрицательный – во вторую. Максимальная положительная аномалия высоты снежного покрова (+16 см) зафиксирована зимой 1998–1999 гг., в холодный период 2008–2009 гг. наблюдается максимальная отрицательная аномалия (–14 см).

Линия тренда находилась в области положительных значений с 1988 по 2001 гг., в области отрицательных значений – в последующие годы. В то же время тенденция к уменьшению высоты снежного покрова, наметившаяся с конца 80-х гг. прошлого столетия, в конце 00-х гг. XXI в. сменилась на обратную.

Выводы

1. Физико-географические особенности территории Пермского края, в частности наличие водохранилищ и Уральских гор, оказывают существенное влияние на условия образования, разрушения и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова.

2. За исследуемый период произошло смещение дат установления и разрушения устойчивого снежного покрова к более поздним срокам, при этом в последнее десятилетие имеется тенденция к более раннему установлению УСП и, следовательно, к увеличению продолжительности залегания УСП.

3. Пространственная структура распределения снежного покрова выражена не так явно по сравнению с числом дней с устойчивым снежным покровом. Наибольшие значения средних и максимальных высот СП приурочены к Уральским горам, постепенное уменьшение с северо-востока на юго-запад нарушается локальным минимумом, сформированным станцией Чермоз.

4. Тенденция к уменьшению высоты снежного покрова, наметившаяся с конца 80-х гг. прошлого столетия, в конце 00-х гг. XXI в. сменилась на обратную. Отрицательные аномалии в последние годы носят неустойчивый характер и уменьшаются со временем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Статистические характеристики устойчивого снежного покрова в Пермском крае // Географический вестник. Пермь, 2010. № 4. С. 68-74.
3. Сухова О.В. Пространственно-временная изменчивость основных характеристик снежного покрова на территории Пермского края // Географический вестник. Пермь, 2012. № 3. С. 64-71.
4. Крючков А.Д. Динамика основных характеристик снежного покрова на территории Пермского края за период 1950–2017 гг. // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск, 2018. С. 157-162.
5. Метеорологические ежемесячники. 1988–2018 гг. Ч. 2, вып. 9. № 1-5, 10-13.
6. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология: учебник. Л., Гидрометеоздат, 1989. 568 с.
7. Калинин Н.А., Фрик Л.В., Смирнова А.А. Исследование влияния рельефа Пермского края на распределение полей осадков // Географический вестник. 2008. № 2 (8). С. 187-195.

Поступила в редакцию 23.04.2019

Крючков Андрей Дмитриевич, ассистент кафедры метеорологии и охраны атмосферы

E-mail: candy55man@yandex.ru

Истомина Оксана Владимировна, магистрант

E-mail: meteo@psu.ru

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

A.D. Kryuchkov O.V. Istomina

SNOW COWER DYNAMIC ON THE TERRITORY OF THE PERM REGION IN THE 1988–2018 PERIOD

DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-2-243-251

The article examines the features of snow cover occurrence in the Perm region for the 30 year period. Data about the onset, destruction, duration of steady snow cover and snow depth are given. Statistical parameters for single stations and the entire region are calculated. Spatio-temporal variability of basic snow cover characteristics is analyzed. It is shown that the dates of onset and destruction of steady snow cover have shifted to later terms during 1988–2018 period. It is determined that the increase in the number of days with a stable snow cover was observed after a long reduction in recent years. The features of the spatial structure of snow cover distribution in the region are revealed. It is established that the snow depth decreased until the end of the 00-ies of the XXI century, in recent years there has been a tendency to increase in values.

Keywords: steady snow cover, onset and destruction of steady snow cover, duration of steady snow cover, snow depth.

REFERENCES

1. Kulikova S.Kh. [About duration of the existence of a steady snow cover in the Middle and Southern Urals], in *Gidrologiya i meteorologiya*, 1970, vol. V, pp.150–158 (in Russ.).
2. Sklyayev V.A., Sklyayeva L.S. [Statistical characteristics of the steady snow cover in the Perm region], in *Geograficheskiy Vestnik*, Perm: Perm State University, 2010, no. 4, pp. 68–74 (in Russ).
3. Sukhova O.V. [The spatial and temporal variability of the main characteristics of snow cover in the Perm region], in *Geograficheskiy Vestnik*, Perm: Perm State University, 2012, no. 3, pp. 64–71 (in Russ).
4. Kryuchkov A.D. [Dynamics of the main characteristics of snow cover in the Perm region for the period 1950–2017], in *Mater. Vseross. nauch.-prakt. konf. «Sovremennye tendencii i perspektivy razvitiya gidrometeorologii v Rossii»*, Irkutsk, Irkutsk State University, 2018, pp. 157–162 (in Russ).
5. *Meteorologicheskie ejemesyachniki*, 1988–2018, vol. 2, iss. 9, no. 1–5, 10–13 (in Russ).
6. Drozdov O.A., Vasil'ev V.A., Kobysheva N.V. and oth. *Klimatologiya. Uchebnik*, L: Gidrometeoizdat, 1989, 568 p. (in Russ).
7. Kalinin N.A., Frik L.V., Smirnova A.A. [Study of the influence of the relief of the Perm region on the distribution of precipitation fields] in *Geograficheskiy vestnik*, 2008, no. 2, pp. 187–195 (in Russ.).

Received 23.04.2019

Kryuchkov A.D., assistant at Department of meteorology and air protection

E-mail: candy55man@yandex.ru

Istomina O.V., 1st year Master's Degree Student

E-mail: meteo@psu.ru

Perm State University

Bukireva st., 15/1, Perm, Russia, 614990