

УДК 551.518

Канд. геогр. наук
Доктор геогр. наук
Канд. геогр. наук
Канд. техн. наук

Г.К. Турулина*
В.Г. Сальников*
С.Е. Полякова*
Н.Р. Муратова**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЗАЛЕГАНИЯ УСТОЙЧИВОГО СНЕЖНОГО ПОКРОВА В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

*УСТОЙЧИВЫЙ СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ, ДАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И
РАЗРУШЕНИЯ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАЛЕГАНИЯ, ТЕМПЕ-
РАТУРА ВОЗДУХА, ОСАДКИ, ТЕНДЕНЦИЯ, АНОМАЛИЯ, КРИТЕ-
РИЙ АНОМАЛЬНОСТИ Н.А. БАГРОВА, ВРЕМЕННОЙ ХОД*

*Исследована изменчивость сроков установления и схода
устойчивого снежного покрова, продолжительность его залегания
в Северном Казахстане за период 1971...2008 гг. Показана отчет-
ливая тенденция уменьшения числа дней с устойчивым снежным
покровом, происходящая на фоне повышения температуры воздуха
холодного периода. Продолжительность залегания устойчивого
снежного покрова уменьшается за счет более позднего образования
и более раннего его разрушения.*

Изучение снежного покрова занимает важное место в современных исследованиях климата Земли, так как он влияет на климатические изменения и в то же время зависит от них, одновременно воздействуя на характер развития атмосферных, гидрологических и почвенных процессов [3-5, 6, 7, 9, 10].

Высокое значение альбедо снега (0,7...0,8) – в отличие от среднего альбедо земной поверхности (для районов свободных от снега и льда), которое не превосходит 0,15, доминирует над всеми другими составляющими в тепловом балансе. Поэтому колебания сроков установления снежного покрова, влияющие на альбедо подстилающей поверхности, создают значительные аномалии теплообмена: при раннем установлении снежного покрова подстилающая поверхность недополучает тепло и, следовательно, меньше отдает его атмосфере. Весной важны сроки и интенсивность таяния снега, на которые тратится тепло из атмосферы. По данным Сойера

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

** ИКИ им. акад. У.М. Султангазина, г. Алматы

[1], аномалии сроков установления снежного покрова (до 10 суток) приводят к аномалиям теплообмена $7,56 \text{ МДж/м}^2 \cdot \text{сут}$, для аномалий сроков и интенсивности таяния снега характерная аномалия теплообмена составляет $1,68 \text{ МДж/м}^2 \cdot \text{сут}$ и получена в предположении, что за сутки стаивает 5 см снега.

Твердые осадки, (снег, снежная крупа, снежные зерна), выпадающие на земную поверхность при отрицательных температурах воздуха, в процессе накопления создают на ней снежный покров. Известно, что на исследуемой территории осадки распределяются неравномерно, преобладают осадки теплого периода, в холодный период, во время господства сибирского антициклона, осадков выпадает значительно меньше, их количество изменяется от 65...75 мм в северных до 85...95 мм в южных районах. Если рассмотреть соотношение количества осадков в ноябре–декабре и январе–феврале, то повсеместно большая их часть выпадает в первую половину холодного периода, поэтому снежный покров формируется в основном за счет этих осадков.

Накопление снега зависит как от количества выпадающих осадков, так и от характера и частоты их выпадения. На большей части исследуемой территории в зимние месяцы осадки выпадают почти ежедневно до 20...25 суток в месяц, среднее суточное количество таких осадков в редких случаях достигает 2 мм, среднее максимальное суточное количество осадков составляют 3...7 мм [6, 8]. В течение холодного периода наибольшее число суток с осадками также приходится на его начало, что обусловлено развитием активной циклонической деятельности.

Формирование снежного покрова находится в тесной зависимости от температурных условий. Однако и сам снежный покров изменяет тепловой баланс земной поверхности и способствует поддержанию низких отрицательных температур. Впервые роль снежного покрова на формирование климатических условий исследовал А.И. Воейков (1884 г.), который установил, что снежный покров способствует понижению температуры воздуха над его поверхностью.

Снежный покров оказывает особенно большое влияние на климат Северного Казахстана, где он воздействует на характер сезонов, суточную изменчивость погоды в осенне-зимне-весенний период, форму кривой годового хода температуры воздуха. Исходным материалом о снежном покрове служили данные 34 метеорологических станций, относительно равномерно распределенных по территории за период 1971...2008 гг.

Устойчивый снежный покров образуется в Северном Казахстане в среднем в первой-второй декаде ноября, причем его формирование происходит на рассматриваемой территории с севера на юг. В отдельные годы отмечаются значительные отклонения в сроках установления устойчивого снежного покрова по сравнению со средними многолетними. Самые ранние даты образования снежного покрова отмечены во второй декаде октября, самые поздние – в третьей декаде декабря. Амплитуда дат установления устойчивого снежного покрова исследуемой территории составляет около 70 суток, среднее квадратическое отклонение изменяется от 10 до 15 суток.

Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в среднем в первой декаде апреля. Самое раннее разрушение устойчивого снежного покрова на севере республики наблюдалось в первой декаде марта, самое позднее – в последней декаде апреля. Амплитуда колебания дат не превышает 60 суток, значение среднеквадратического отклонения составляет 7...12 дней.

Продолжительность залегания снежного покрова в Северном Казахстане является одной из важных его характеристик, информация о которой используется как в оперативной практике, так и при решении различных научно-прикладных задач.

Продолжительность залегания снежного покрова характеризуют данные табл. 1. Средняя продолжительность залегания снежного покрова составляет 145 суток, изменяясь с севера (Петропавловск, Булаево) на юг (Торгай) от 150 до 116 суток. Минимальное число дней со снегом на исследуемой территории составляет 77 суток, максимальное – 187 суток (Урицкий).

Таблица 1

Продолжительность залегания снежного покрова

Станция	Число суток со снежным покровом			
	среднее	минимальное	максимальное	σ
Акколь	153	127	175	11
Астана	141	106	169	15
Атбасар	150	124	176	13
Балкашино	162	116	183	13
Бестау	136	92	172	18
Благовещенка	147	104	178	16
Булаево	150	113	174	13
Возвышенка	154	123	176	11
Диевская	145	106	185	17
Докучаевка	139	111	163	14
Егиндыколь	141	115	173	15

Станция	Число суток со снежным покровом			
	среднее	минимальное	максимальное	σ
Ерейментау	142	105	178	17
Есиль	137	77	173	17
Жетыгара	147	102	180	17
Карасу	151	118	180	15
Кишкенеколь	145	115	172	14
Кокшетау	137	77	173	17
Комсомолец	145	106	173	15
Коргалжын	144	107	175	16
Костанай	144	109	175	16
Кушмурун	141	96	168	16
Михайловка	147	113	175	14
Петропавловск	150	119	175	13
Пресногорьковка	155	120	181	14
Рудный	141	103	170	15
Рузаевка	151	117	170	14
Саумалколь	154	118	178	14
Сергеевка	147	103	169	16
Степногорск	144	123	166	12
Тайынша	140	92	167	17
Торгай	116	77	164	20
Урицкий	147	116	187	16
Щучинск	153	119	179	14
Явленка	145	112	175	17
Среднее	145			15

Следовательно, продолжительность залегания снежного покрова колеблется в широких пределах и существенным образом зависит от его мощности, интенсивности радиационно-адвективных факторов и особенностей рельефа. Для исследуемых параметров снежного покрова были рассчитаны тренды (рис. 1), которые указывают на тенденцию уменьшения продолжительности залегания снежного покрова (-3,8 сут/10 лет).

Продолжительность залегания уменьшается за счет более позднего образования и более раннего разрушения устойчивого снежного покрова. Изменения продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Северном Казахстане происходит на фоне многолетнего повышения температуры воздуха в холодный период и слабой положительной тенденции к увеличению осадков.

По данным [2] факт изменения температурного режима в Казахстане не вызывает сомнений. Наблюдается рост среднегодовых температур, составляющий в среднем по Казахстану 0,28 °C/10 лет за период

1941...2011 гг. Растут температуры и во все сезоны года, наибольшими темпами в зимний сезон – на 0,35 °С/10 лет. Все тренды статистически значимы. В последние десятилетия температура воздуха холодного периода чаще была выше средних многолетних значений, рассчитанных за 1971...2000 гг. Самая высокая температура холодного периода на рассматриваемой территории наблюдалась в 2002 г., когда она была выше нормы на 3...5 °С (рис. 2), продолжительность залегания снежного покрова в эту зиму составила всего 116 суток. Общую тенденцию повышения средней месячной температуры воздуха в регионе также отражает индекс учитывающий число суток за холодный период с максимумом температуры < 0 °С. На территории Северного Казахстана в холодный период наблюдается устойчивая тенденция уменьшения числа суток с морозами от 140...160 до 80...100.

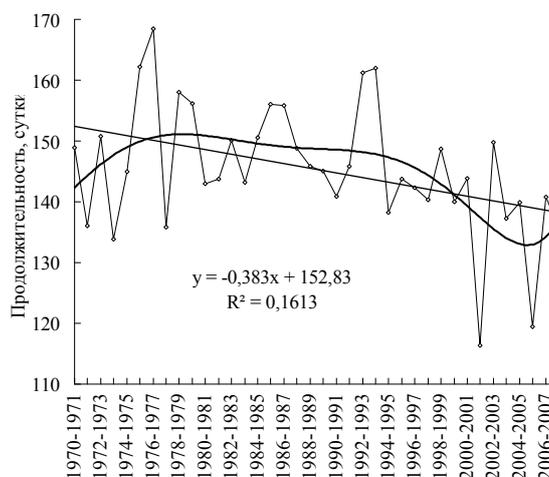


Рис. 1. Многолетняя изменчивость продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, осредненная по территории Северного Казахстана.

Для изучения изменчивости залегания снежного покрова использовался известный критерий Н.А. Багрова, который дает интегральную оценку степени аномальности метеорологических полей:

$$K = \frac{1}{m} \sum_{m=1}^j \left(\frac{\Delta x}{\sigma_x} \right)^2,$$

где Δx – аномалия продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в m пунктах, равномерно расположенных по территории; σ_x – среднее квадратическое отклонение.

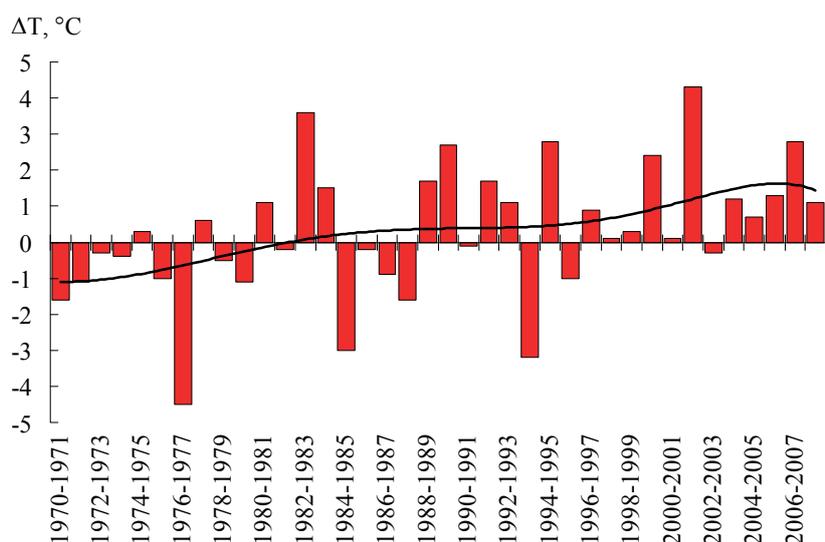


Рис. 2. Изменение аномалий температуры воздуха (°C) холодного периода года, осредненных по территории Северного Казахстана (фактические и сглаженные полиномом шестой степени).

Критерий K представляет собой нормированный коэффициент рассеивания выборки вокруг среднего значения. Он нашел широкое применение еще во второй половине 20 века в научных работах по изучению экстремальной аномальности гидрометеорологических полей.

На рис. 3 показан временной ход критерия K для продолжительности залегания снежного покрова.

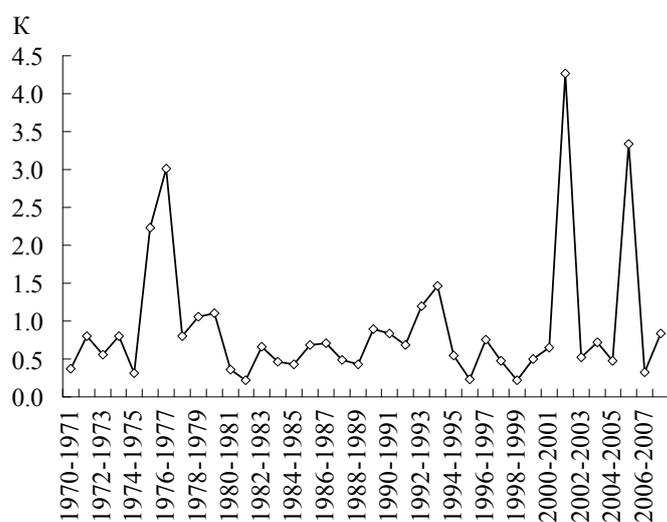


Рис. 3. Временной ход индекса K .

В исследуемом периоде лет при среднем значении $K \approx 1$ можно выделить 6 лет с экстремальными значениями K , из которых 2 года характеризуются продолжительностью залегания снежного покрова меньше средних многолетних значений на 25...30 суток; 4 года – продолжительностью залегания снежного покрова на 15...25 суток больше средних многолетних значений.

В табл. 2 приведены годы с экстремальными значениями K .

Таблица 2

Годы с экстремальными значениями индекса Н.А. Багрова и значения аномалии продолжительности залегания снежного покрова ($\Delta П$)

Год	K	$\Delta П$	Год	K	$\Delta П$
1975...1976	2,2	17	1993...1994	1,5	17
1976...1977	3,0	23	2001...2002	4,3	-29
1992...1993	1,2	16	2005...2006	3,3	-26

Максимальные значения K равны 4,3 (2001...2002 гг.) и 3,3 (2005...2006 гг.), продолжительность залегания снежного покрова в эти годы в среднем по территории была почти на месяц меньше средних многолетних значений. Устойчивое уменьшение продолжительности залегания снежного покрова наблюдается с середины 90-х годов 20 века, особенно значительное в последнее десятилетие.

Отметим, что в работе [4, 5] авторы, напротив, для севера Евразии выявили увеличение продолжительности залегания снежного покрова, обусловленное более ранними сроками образования устойчивого снежного покрова и увеличением количества осадков на фоне потепления.

Присутствие снежного покрова связано с низкими температурами воздуха. Низкая температура воздуха у земной поверхности является одним из условий для установления снежного покрова, вторым условием является количество осадков. Между числом суток со снежным покровом, температурами воздуха и количеством осадков, осредненными за холодный период, значимой корреляционной зависимости на рассматриваемой территории не обнаружено. Однако, в большинстве экстремальных случаев малая продолжительность залегания снежного покрова наблюдается при положительных аномалиях температуры воздуха холодного периода, а большая – при отрицательных аномалиях температуры воздуха (рис. 4). Заметим, что на рис. 4 представлена продолжительность залегания снежного покрова, отличающаяся от средних многолетних значений на 15 суток и более.

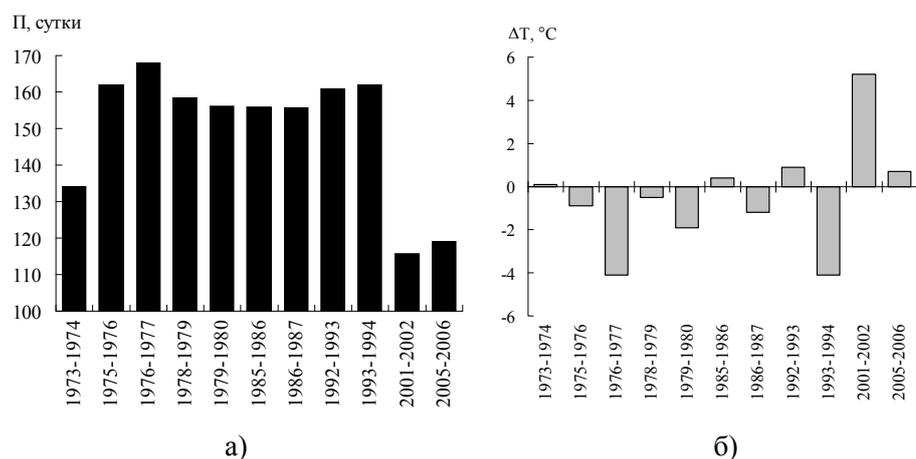


Рис. 4. Экстремальная продолжительность залегания снежного покрова (а) и аномалия температуры воздуха холодного периода (б).

Таким образом, анализ данных наблюдений за снежным покровом в Северном Казахстане показал, что устойчивый снежный покров может наблюдаться с середины ноября до начала апреля. С помощью индекса аномальности Н.А. Багрова выделены годы с экстремальным числом дней со снежным покровом, когда продолжительность залегания снежного покрова в среднем по территории была на 15...30 суток больше или меньше средних многолетних значений. В последние десятилетия наблюдалась отчетливая тенденция к уменьшению продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, происходящая на фоне повышения температуры воздуха и незначительного увеличения осадков холодного периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 248 с.
2. Долгих С.А., Илякова Р.М., Сабитаева А.У. Об изменении климата Казахстана в прошедший столетний период // Гидрометеорология и экология. – 2005. – №4. – С. 6-23.
3. Китаев Л.М. Особенности экстремального снегонакопления в горных и предгорных областях (на примере Большого Кавказа) // Метеорология и гидрология. – 2003. – №11. – С. 78-85.
4. Китаев Л.М., Радионов В.Ф., Форланд Э., Рузаев В.Н., Мартуганов Р.А. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова

- на севере Евразии в условиях современных изменений климата // Метеорология и гидрология. – 2004. – №11. – С. 65-71.
5. Китаев Л.М., Рузаев В.Н., Хейно Р., Форланд Э. Продолжительность залегания снежного покрова в Северной Европе // Метеорология и гидрология. – 2006. – №3. – С. 95-100.
 6. Копанев И.Д. Снежный покров на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 181 с.
 7. Локощенко М.А. Снежный покров и его современные изменения в Москве // Метеорология и гидрология. – 2005. – №6. – С. 71-82.
 8. Научно-прикладной справочник по климату. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Вып. 18. – Книга 2, 3. – 440 с.
 9. Попова В.В. Структура многолетних колебаний высоты снежного покрова в Северной Евразии // Метеорология и гидрология. – 2004. – №8. – С. 65-71.
 10. Попова В.В. Структура многолетних колебаний высоты снежного покрова в Северной Евразии // Метеорология и гидрология. – 2004. – №8. – С. 78-90.

Поступила 5.09.2013

Геогр. ғылымд. канд.	Г.К. Турулина
Геогр. ғылымд. докторы	В.Г. Сальников
Геогр. ғылымд. канд.	С.Е. Полякова
Техн. ғылымд. канд.	Н.Р. Муратова

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА ТҰРАҚТЫ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ЖАТУ ҰЗАҚТЫҒЫНЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ

Солтүстік Қазақстандағы 1971...2008 жж. тұрақты қар жамылғысының тұрақтану және еру мерзімдерінің өзгерісі, оның ұзақтығы зерттелген. Суық мерзімдегі ауа температурасының көтерілуінен болатын тұрақты қар жамылғысымен байқалатын күндер санының төмендеуінің нақты тенденциясы көрсетілген. Тұрақты қар жамылғысының жату ұзақтығы оның өте кеш пайда болуының және өте ерте еруінің арқасында азаяды.