

Литвинова О.С. Климатическая структура зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2017. -№4 (11) октябрь – декабрь. - URL <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2017/4/00474.pdf>. - ISSN 2413-4066

УДК 551.5 (571)+582.2+524.31

Литвинова Ольга Сергеевна

Кандидат географических наук, доцент;

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск

olg.litwino2011@yandex.ru

Климатическая структура зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири

Аннотация. В статье приводятся результаты анализа временных границ структурных единиц (фаз) зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири. Анализ выполнен на основе расчета по данным о среднесуточной температуре воздуха за 1936-2015 гг. Установлено, что за рассматриваемый период в исследуемом регионе наблюдается смещение дат начала и окончания сроков зимы, и уменьшение продолжительности зимнего сезона и фазы «значительно-морозная зима» (4 дня/10 лет). Определены типы фаз по продолжительности, характеру изменчивости температуры воздуха. В 11-25% случаев фазы зимы относились к экстремально теплым и холодным. Экстремально теплые фазы «умеренно-морозная» и «значительно-морозная зима» формируются при развитии атмосферных процессов западной формы циркуляции, экстремально холодные фазы «умеренно-морозная» и «значительно-морозная зима» – восточной формы циркуляции. Полученные данные выявляют региональные особенности изменений климата юго-востока Западной Сибири.

Ключевые слова: средняя суточная температура воздуха, атмосферная циркуляция, Западная Сибирь.

Введение

Климат России, являясь частью глобальной климатической системы, в последнее время испытывает очевидные изменения. Интерес, который вызывают климатические исследования в России объясняется не только ее размерами, но и положением в высоких широтах Северного полушария, в которых в настоящее время происходит наиболее значительная изменчивость климата. За период с 1901 по 2012 гг. общее потепление составило 0,07°C/10 лет в среднем для земного шара, и 0,09°C/10 лет – для России (особенно зимой и весной) [1]. Начиная с середины 1970-х годов средняя температура приземного воздуха на территории Российской Федерации повышается со средней скоростью 0,43°C/10 лет, в Западной Сибири – на 0,33°C/10 лет. Особенностью климата второй половины XX века на юго-востоке Западной Сибири является значительная межгодовая изменчивость метеорологических величин [2]. Происходящие изменения климата не могут не вызывать серьезной озабоченности, поскольку их влияние на природные и хозяйственные системы становится все более заметным. В 2009 г. в связи с ростом продолжительности арктических вторжений и антициклонической погоды зимой максимум чрезвычайных ситуаций

наблюдался в Сибирском федеральном округе, где было зафиксировано 144 опасных явлений, из которых 13 связаны с сильными морозами, метелями [3].

Исследования, посвященные изучению структуры сезонов года, в отличие от изучения годового цикла в целом, проводились Н.Н.Галаховым [4], Н.В.Рутковской [5], Л.Б.Филандышевой [6, 7].

Н.Н.Галахов под естественными климатическими сезонами понимал «обособленные этапы годового цикла климатического компонента географической среды, характеризующиеся однотипностью, единой общей направленностью климатообразующих факторов и явлений и внешне выражающиеся в определенных взаимосвязанных становлениях других компонентов среды, изменениях аспектов ландшафтов» [4].

Н.В. Рутковская [5] рассматривала сезонную структуру годового цикла (количество сезонов, из которых состоит год), структуру сезона – количество фаз (структурных единиц), входящих в него для территории Томской области.

Л.Б. Филандышевой [6, 7] рассмотрены типы структуры зимнего сезона года и их временные показатели для южной тайги и лесостепной зоны юго-запада Западно-Сибирской равнины по периодам (1936-1970 г., 1971-2006 г.). В работах выявлена тенденция уменьшения его продолжительности с семидесятых годов за счет смещения дат начала сезона на более поздние сроки, и дат конца – на более ранние. Рассчитанные климатические характеристики для каждой структурной единицы годового цикла отражают реальные условия функционирования ландшафтов и проявления глобальных климатических изменений на региональном уровне.

Изменчивость средних и аномальных величин температуры воздуха связана с особенностями атмосферной циркуляции, физико-географическими особенностями и временем года. Эти факторы, действуя в тесной взаимосвязи, определяют особенности распределения температуры воздуха в пространстве и во времени, как в течение года, так и от года к году.

Целью данной работы является исследование временных границ структурных единиц зимнего сезона и их продолжительности на фоне изменчивости глобального и регионального климата на юго-востоке Западной Сибири в связи с атмосферной циркуляцией.

Исходные данные и методика исследования

Исследование охватывает территорию Томской, Омской, Новосибирской областей и Алтайского края. Для статистических оценок использованы обобщенные материалы многолетних наблюдений ВНИИГМИ-МЦД [8] за среднесуточными значениями температуры воздуха по 6 метеостанциям: Омск, Барабинск, Томск, Камень-на-Оби, Славгород и Бийск, материалы ЗапСибНИИГМИ и ААНИИ [9] за повторяемостью форм циркуляции W, E, C за период 1936-2015 гг.

В исследовании использовалась типизация атмосферных процессов Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса [10], в которой все многообразие атмосферных процессов в первом естественном синоптическом районе (45° з.д. – 95° в.д.) северного полушария объединено в три формы циркуляции: западную (W), восточную (E), меридиональную (C).

Структурные единицы, типы фаз по продолжительности, характеру изменчивости температуры воздуха изучались методами математической статистики: рассчитаны средние многолетние значения температуры воздуха для месяцев зимнего сезона и его фаз, применялись корреляционный, регрессионный методы и тренд-анализ. Для определения типов фаз зимнего сезона по продолжительности и характеру изменчивости температуры воздуха рассчитано среднее квадратическое отклонение (σ). С продолжительностью $1,5\sigma$, фазы относились к затяжным или коротким в зависимости от знака аномалии. Фазы с отклонениями средней температуры воздуха более чем на $\pm 2^\circ\text{C}$ ($1,5\sigma$) принимались за экстремально теплые или экстремально холодные [11]. Тенденции многолетних изменений температуры воздуха, продолжительности фаз зимнего сезона определялись стандартным способом – путем расчета линейных трендов.

Тенденция изменения среднемесячной температуры воздуха за период 1936-2015 гг. в ноябре-марте на всей рассматриваемой территории характеризуется положительным трендом. Статистически значимые тенденции увеличения температуры воздуха ($r=0,25-0,51$) отмечаются в ноябре, декабре и марте (табл.1). Наиболее значительное повышение температуры воздуха характерно для марта ($0,6-0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет). Процесс роста температуры воздуха в январе – феврале выражен очень слабо, градиенты трендов составляют $0,2-0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет; и является статистически не значимыми.

Изменчивость температурного поля Сибирского региона (между $50-70^{\circ}$ с.ш. и $60-110^{\circ}$ в.д.) во второй половине XX в. (1976-2005 гг.) рассматривалась в работе Горбатенко В.П. [12], в которой показано увеличение температуры воздуха как среднегодовой, так и средних месячных величин. Значимые по уровню 0,05 величины трендов в холодном периоде года отмечались в феврале ($0,83^{\circ}\text{C}/10$ лет) и марте ($0,77^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Таблица 1

Характеристика многолетней динамики температуры воздуха холодного сезона на юго-востоке Западно-Сибирской равнины за период 1936-2015 гг.

Метеостанция	Месяц	t_{cp}	σ	a	R/σ_r	t-критерий Стьюдента
Томск	XI	-9,3	4,0	0,05	0,30/0,10	2,7
	XII	-16,0	4,7	0,05	0,26/0,10	2,4
	I	-18,2	4,6	0,02	0,12/0,11	1,1
	II	-16,1	4,0	0,03	0,17/0,11	1,6
	III	-8,4	3,1	0,07	0,49/0,08	5,0
Барабинск	XI	-9,0	4,0	0,05	0,27/0,10	2,5
	XII	-16,0	4,4	0,05	0,27/0,10	2,4
	I	-19,0	4,5	0,03	0,18/0,11	1,6
	II	-17,4	3,9	0,04	0,21/0,10	1,9
	III	-10,0	3,5	0,08	0,51/0,08	5,2
Омск	XI	-7,8	3,8	0,03	0,20/0,11	1,8
	XII	-14,8	4,3	0,05	0,25/0,10	2,3
	I	-17,9	4,4	0,04	0,21/0,11	1,9
	II	-16,5	3,8	0,04	0,25/0,10	2,3
	III	-8,6	3,4	0,08	0,55/0,08	5,8
Бийск	XI	-7,2	3,9	0,05	0,31/0,10	2,9
	XII	-14,0	4,6	0,05	0,25/0,10	2,3
	I	-17,0	4,3	0,03	0,16/0,11	1,4
	II	-15,6	4,2	0,04	0,21/0,11	1,9
	III	-8,1	3,5	0,06	0,41/0,09	4,0
Камень-на-Оби	XI	-8,1	4,1	0,05	0,30/0,10	2,8
	XII	-15,3	4,7	0,05	0,25/0,10	2,3
	I	-18,4	4,7	0,03	0,13/0,11	1,1
	II	-17,0	4,1	0,03	0,17/0,11	1,5
	III	-9,4	3,4	0,06	0,39/0,09	3,7
Славгород	XI	-7,3	4,2	0,05	0,29/0,10	2,7
	XII	-14,6	4,3	0,04	0,23/0,10	2,1
	I	-18,0	4,4	0,03	0,15/0,11	1,3
	II	-17,0	4,0	0,04	0,25/0,10	2,3
	III	-9,3	3,5	0,06	0,42/0,09	4,1

Примечание: t_{cp} – средняя температура воздуха за период, $^{\circ}\text{C}$; σ – среднее квадратическое отклонение; a – коэффициент линейного тренда, $\%/\text{год}$; R – коэффициент корреляции тренда, σ_r – стандартная ошибка коэффициента корреляции; статистически значимые коэффициенты тренда выделены жирным шрифтом (при уровне значимости $p \leq 0,05$).

Подобные тенденции получены В.А. Шкляевым, Л.С. Шкляевой в XX столетии для Среднего и Южного Урала [13]. Наибольшие положительные коэффициенты линейного тренда выявлены в марте на всей территории Урала ($3,0-3,9^{\circ}\text{C}/50$ лет), за исключением Уфы и Оренбурга – там максимальный рост приходится на февраль. В последние годы появились

публикации о смене в период 1982-2012 гг., в феврале положительной температурной тенденции на отрицательную [14].

Результаты исследований

Зональная структурная модель естественных сезонных ритмов годового цикла для исследуемой территории была установлена и обоснована с использованием комплексно-генетического метода [4]. Для разграничения сезонов в конкретном году используются два показателя, один из которых характеризует термический режим территории, другой – режим увлажнения.

Средняя многолетняя структура зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири трехфазная. Она включает в себя следующие структурные единицы: «умеренно-морозная зима», «значительно-морозная зима» и «предвесенье» [5-7].

Начало зимы (фаза «умеренно-морозная зима») совпадает со средней датой образования устойчивого снежного покрова, уменьшением месячных сумм осадков, и переходом среднесуточной температуры воздуха через -3°C , смещением полярного фронта на юг (в пределы Средней Азии и Ирана), почти полным прекращением южных вторжений, смещением арктического фронта к 70° с.ш. Понижение температуры происходит в результате увеличения повторяемости незональной циркуляции атмосферы и распространением воздуха с востока в связи с развитием азиатского максимума. Юго-восточные районы Западной Сибири охлаждаются быстрее, чем юго-западные, находящиеся под влиянием западной циркуляции [15]. Центром холода на рассматриваемой территории на протяжении всей зимы (ноябрь-март) становятся котловины Барабы и Кулунды, средняя месячная температура воздуха ниже, чем в восточных и западных районах. Средние многолетние даты начала и окончания фазы на севере рассматриваемой территории соответствуют 2 ноября-06 декабря, и на юге – 10 ноября-10 декабря.

Вторая фаза зимы («значительно-морозная зима») характеризуется устойчивым переходом среднесуточной температуры воздуха через -18°C , как в начале, так и в конце. Начало третьей фазы («предвесенье») выделяется по дате перехода средней суточной температуры воздуха через -18°C , ее окончание – по дате перехода через -3°C и момента достижения максимальных запасов воды в снежном покрове, ослабления монгольского центра действия, медленного смещения арктического и полярного фронтов в более северные широты, и увеличения южных вторжений. Средние многолетние даты начала и окончания фазы соответствуют 23 февраля-26 марта.

Самая ранняя дата начала фазы «умеренно-морозная зима» отмечалась на севере рассматриваемой территории 12 октября 1964 г., на юге – 15 октября 1976 г. В 8-10 случаях (10-13%) фаза «умеренно-морозная зима» начиналась на 10 и более дней раньше. Ранее наступление зимы обусловлено арктическими вторжениями с северо-востока, в тылу серии циклонов [16]. Самые поздние даты начала данной фазы отмечались 30 ноября 2008 г. и 6 декабря 2013 гг. В центральных и южных районах в 12-14 случаях (16-20%) фаза «умеренно-морозная зима» начиналась на 10 и более дней позже. Наибольшая продолжительность фазы отмечалась в 1990/91 гг. на юго-востоке, и составила 135 дней, наименьшая во всем регионе – 7 дней в 1994 г. В шести случаях (1941/42, 1953/54, 1954/55, 1984/85, 1987/88 и 2002/03 гг.) фаза «умеренно-морозная зима» отсутствовала на большей части рассматриваемой территории.

Самая ранняя дата начала фазы «значительно-морозная зима» отмечалась 30 октября 1953 г. Наибольшая продолжительность фазы «значительно-морозная зима» составила 136 дней в 1953/54 гг. В 14 случаях (18 %) данная фаза отсутствовала в лесостепной и степной зонах. Из них в 9 случаях (11 %) подобные зимы наблюдались на всей территории. При этом необходимо отметить, что в последние два десятилетия на их долю пришлось около 7-10 % случаев.

Самая ранняя дата начала фазы «предвесенье» соответствует на севере, востоке и юго-востоке рассматриваемой территории 19 декабря 2001 г., на западе – 5 января 1992 г. В 6-13

случаях (10-16%) фаза «предвесенье» начиналась на 10 дней позже. В одном случае (1937 г.) фаза «предвесенье» отсутствовала на западе региона (Омск).

Типы фаз зимнего сезона по продолжительности, характеру изменчивости температуры воздуха. Затяжная фаза чаще всего (13-16% случаев) отмечалась в начале зимнего сезона, короткая (5-12%) – в фазу «значительно-морозная зима» (табл.2).

За рассматриваемый период (1936-2015 гг.) выявлена статистически значимая тенденция уменьшения продолжительности зимнего сезона и фазы «значительно-морозная зима» (рис.1-2).

Таблица 2

Повторяемость типов фаз зимнего сезона по продолжительности за период 1936-2015 гг.

Фаза	Короткая		Затяжная	
	Число случаев	%	Число случаев	%
Томск				
«Умеренно-морозная зима»	1	1	12	16
«Значительно-морозная зима»	7	10	4	6
«Предвесенье»	1	1	6	8
Барабинск				
«Умеренно-морозная зима»	2	3	10	13
«Значительно-морозная зима»	6	9	2	3
«Предвесенье»	3	4	5	6
Омск				
«Умеренно-морозная зима»	2	3	11	15
«Значительно-морозная зима»	4	6	6	9
«Предвесенье»	3	4	5	6
Бийск				
«Умеренно-морозная зима»	1	1	11	15
«Значительно-морозная зима»	3	5	4	6
«Предвесенье»	2	3	7	9
Камень-на -Оби				
«Умеренно-морозная зима»	1	1	10	13
«Значительно-морозная зима»	8	12	4	6
«Предвесенье»	1	1	8	10
Славгород				
«Умеренно-морозная зима»	2	3	10	13
«Значительно-морозная зима»	6	9	5	8
«Предвесенье»	1	1	6	8

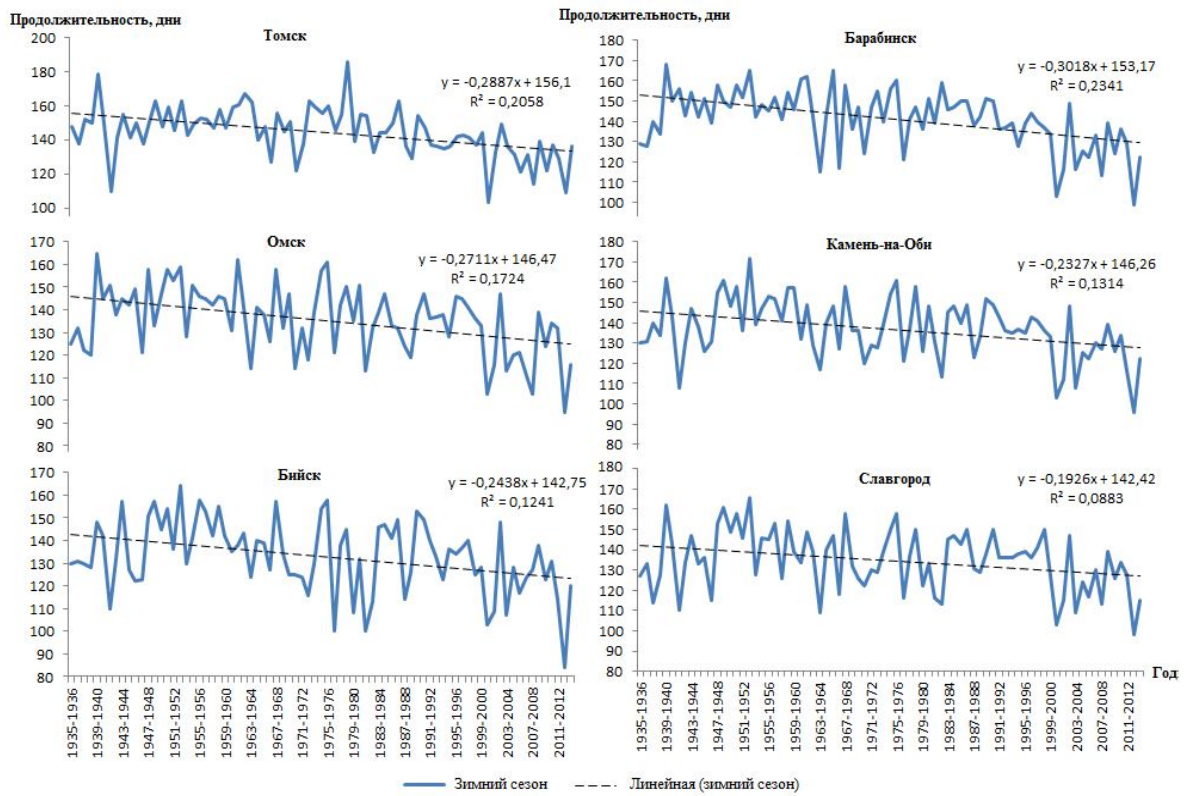


Рисунок 1– Динамика и линейный тренд продолжительности зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири (1936-2015 гг.)

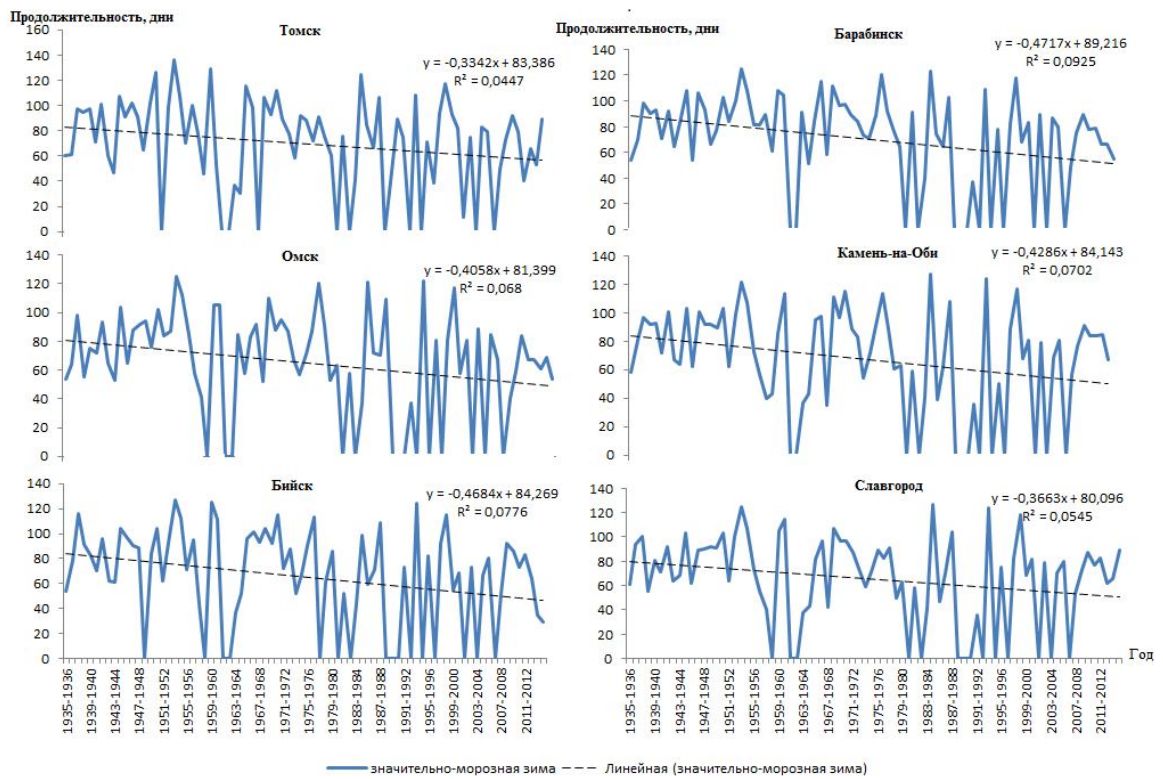


Рисунок 2 – Динамика и линейный тренд продолжительности фазы «значительно-морозная зима» на юго-востоке Западной Сибири (1936-2015 гг.)

Продолжительность зимнего сезона уменьшилась на севере исследуемого региона на 23 дня, на юге – на 15 дней. Коэффициент множественной корреляции составляет 0,30–0,48, t –

значения равны $-2,73 \dots -4,85$. При уровне значимости $0,05$ значение коэффициента корреляции равно $0,25$ [17]. Градиент тренда продолжительности фазы «значительно-морозная зима» составляет 3 дня /10 лет.

За период 1936-2015 гг. выявлено смещение дат начала и окончания сроков зимнего сезона на севере исследуемой территории (Томск) фаза умеренно-морозная зима начинается на 9 дней позже, на юге (Славгород) – на 6 дней (рис. 3). Третья фаза зимы за 80-летний период стала завершаться соответственно на 15-12 дней раньше. Статистически значимое изменение сроков начала зимы характерно для всей территории, за исключением западных и южных районов (Омск, Славгород). Коэффициент множественной корреляции составляет $0,18-0,28$ ($\sigma_r=0,11$), t – значения равны $1,56-2,53$ (табл.3). Наиболее значительное изменение сроков зимнего сезона характерно для окончания фазы предвесенье. Коэффициент множественной корреляции составил $0,37-0,48$ ($\sigma_r=0,09$), t – значения равны $-3,53 \dots -4,78$.

Таблица 3

Характеристика многолетней динамики начала и окончания зимнего сезона на юго-востоке Западно-Сибирской равнины

Метеостанция	N_1		N_2	
	R	t-критерий Стьюдента	R	t-критерий Стьюдента
Томск	0,26	2,31	0,48	-4,78
Барабинск	0,28	2,53	0,41	-3,92
Омск	0,23	1,99	0,45	-4,44
Бийск	0,23	2,08	0,40	-3,83
Камень-на-Оби	0,25	2,22	0,44	-4,34
Славгород	0,18	1,56	0,37	-3,53

Примечание: N_1 – начало фазы умеренно-морозная зима; N_2 – окончание фазы предвесенье; R – коэффициент множественной корреляции (при уровне значимости $p \leq 0,05$).

Данные выводы согласуются с результатами работ, проводимых по территории Северо-Западного региона, Западной Сибири [18, 19]. В работе Д.А. Гурьянова (2013) отмечается уменьшение продолжительности зимы на 27 дней в Санкт-Петербурге в период 1950-2011 гг. за счет увеличения продолжительности других сезонов [18]. Л.И. Дубровкая, Н.Е. Патрушева (2014) выявили, что за период 1970-2010 гг. на заболоченных водосборах подтайги и северной лесостепи Западной Сибири снежный покров устанавливается позже, и разрушается раньше [19].

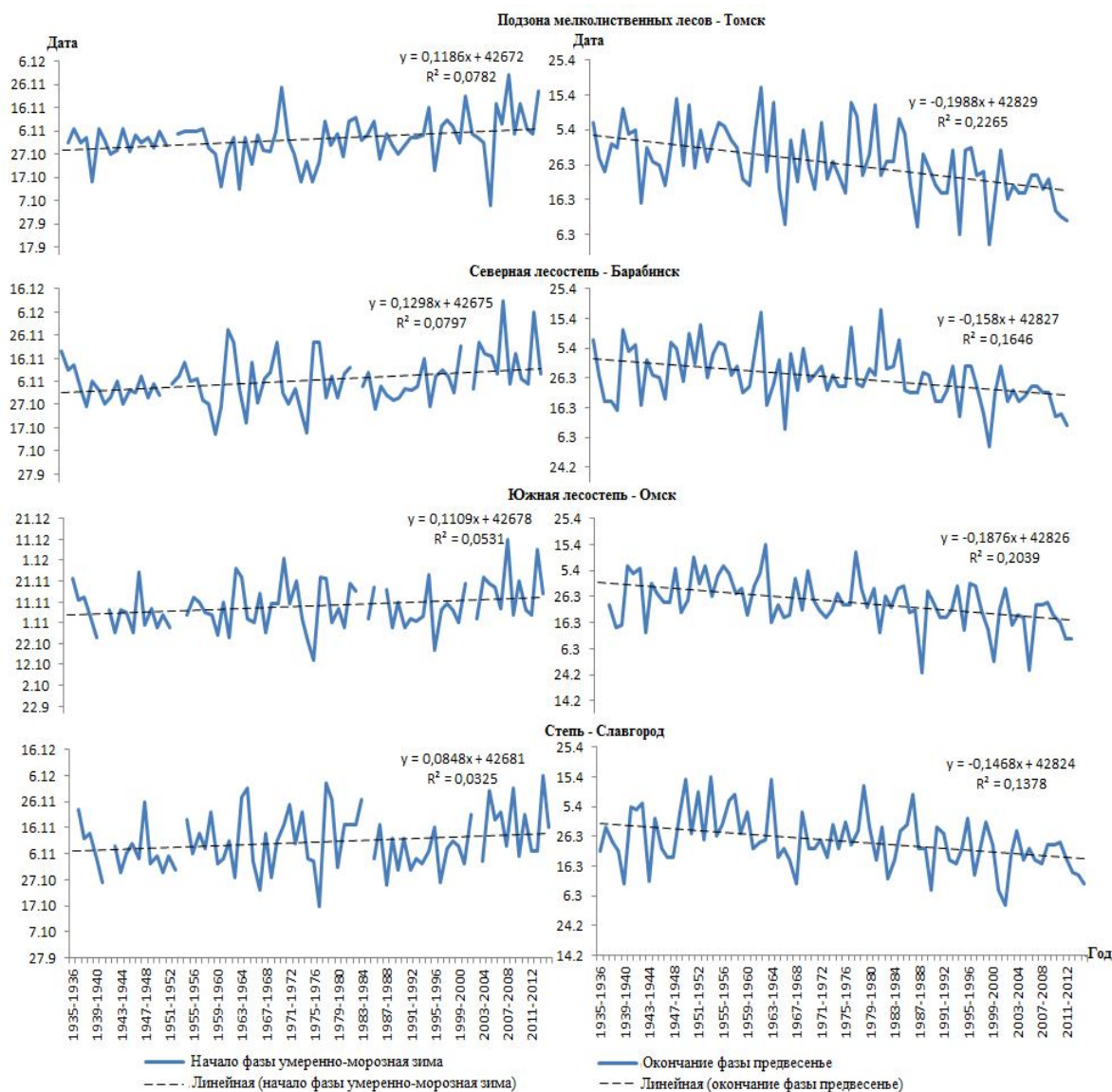


Рисунок 3 – Хронологический ход дат и линейный тренд начала и окончания зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири с 1936 по 2015 гг.

Фазы, когда температура отклонялась от средней многолетней не более чем на 1°C в зимнем сезоне наблюдаются в 22-41% случаев (табл.4). В 15-26% случаев фазы «умеренно-морозная зима» и «значительно-морозная зима» относились к экстремально теплым и холодным.

Анализ циркуляционных процессов. Процессы западной формы циркуляции (W) отличаются наличием в тропосфере волн малой амплитуды и смещением барических образований с запада на восток. Основные пути движения циклонов проходят в центральной части Западной Сибири между $60-62^{\circ}$ с.ш. и $70-80^{\circ}$ в.д. с юго-запада на северо-восток [10, 20]. В результате исследуемая территория часто находится в южной половине циклонических барических областей. При развитии процессов восточной (E) и меридиональной (C) форм циркуляции в тропосфере образуются стационарные волны большой амплитуды, в результате наблюдается развитие меридиональных составляющих циркуляции.

Таблица 4

Повторяемость (%) типов фаз зимнего сезона по характеру изменчивости температуры воздуха за период 1936-2015 гг.

Фаза	Повторяемость типов фаз, %				
	I	II	III	IV	V
<i>Томск</i>					
«Умеренно-морозная зима»	23	17	23	12	25
«Значительно-морозная зима»	20	14	38	9	19
«Предвесенье»	16	15	36	15	18
<i>Барабинск</i>					
«Умеренно-морозная зима»	26	13	20	22	19
«Значительно-морозная зима»	16	16	37	13	16
«Предвесенье»	11	18	41	13	18
<i>Омск</i>					
«Умеренно-морозная зима»	19	17	26	20	18
«Значительно-морозная зима»	17	17	35	11	19
«Предвесенье»	11	20	38	20	11
<i>Бийск</i>					
«Умеренно-морозная зима»	22	8	35	19	16
«Значительно-морозная зима»	16	23	31	8	22
«Предвесенье»	11	20	39	15	15
<i>Камень-на Оби</i>					
«Умеренно-морозная зима»	25	9	30	19	17
«Значительно-морозная зима»	16	21	29	18	15
«Предвесенье»	13	16	41	15	15
<i>Славгород</i>					
«Умеренно-морозная зима»	25	7	33	16	19
«Значительно-морозная зима»	18	14	35	14	18
«Предвесенье»	16	16	40	9	19

Примечание: I – экстремально теплая фаза ($>+2,1^{\circ}\text{C}$), II – теплая ($+1,0\dots+2,0^{\circ}\text{C}$), III – нормальная ($0,0\pm 0,9^{\circ}\text{C}$), IV – холодная ($-1,0\dots-2,0^{\circ}\text{C}$), V – экстремально холодная ($<-2,1^{\circ}\text{C}$)

При процессах формы Е над исследуемым регионом располагается высотная ложбина, при С – гребень. По мнению авторов [21], при восточной форме циклоны смещаются в высокие широты в районах к западу от положения оси гребня и «ныряют» к югу в районах, расположенных восточнее высотных гребней. Струйные течения огибают гребни с севера, а ложбины с юга, поэтому активная циклоническая деятельность в северных широтах проявляется в районах расположения высотных гребней, а в южных – высотных ложбин. Расположение барических полей при типе С особенно благоприятно для прорыва к северу южных полярно фронтальных циклонов. Положение деформационного поля при этом таково, что по западной периферии сибирского антициклона происходит вынос теплого воздуха с юга, по восточной периферии европейского континентального антициклона – вторжение холодного воздуха с севера. При большой повторяемости процессов типа С наблюдаются очень холодные зимы на ЕТС и теплые под влиянием выноса с юга – в Западной Сибири, главным образом на рассматриваемой территории.

Экстремально холодные зимы формируются при частых вторжениях арктических масс, или стационаровании антициклонов на юго-востоке Западной Сибири, экстремально теплые зимы – при прохождении исландских циклонов по северным или средним траекториям [16, 21].

Экстремально теплая фаза «умеренно-морозная зима» формируется в 68 % случаев на севере исследуемой территории (Томск) и юге (Славгород) при развитии атмосферных процессов западной формы циркуляции (W_{XI} и W_{XII}). Коэффициент множественной корреляции составил 0,46-0,49, t – значения равны 2,11-2,22 соответственно. На западе и юго-востоке (Омск, Бийск) в 80-75 % случаев предшествуют атмосферные процессы западной и восточной форм циркуляции в сентябре и октябре (W_{IX+EX}), в центральных районах (Барабинск) при развитии меридиональных форм циркуляции в октябре ($E_{X+C_{X}}$).

Коэффициент множественной корреляции составил 0,46-0,55, t – значения равны 2,19-2,38 соответственно.

Подобные особенности формирования термического режима на юго-востоке Западной Сибири А.П. Сляднев (1965) объясняет влиянием подстилающей поверхности и циркуляции атмосферы. В частности возвышенный, правый берег р. Иртыша является орографической линией в климатических отличиях правобережья от левобережья, к югу от устья Оми постепенно уменьшается роль рельефа, и, возрастает значение циркуляционных процессов [15]. При переносе теплого континентального воздуха с юго-западными или южными ветрами фронтальный раздел приобретает направление с юго-запада на северо-восток по линии Караганда-Томск, и юго-восток Западной Сибири оказывается в более теплой воздушной массе, чем западные районы. При северных затоках воздушных масс, котловинный рельеф способствует длительному застою холодного воздуха в приземном слое.

Экстремально холодная фаза «умеренно-морозная зима» в 69-79 % случаев формируется либо непосредственно при развитии атмосферных процессов восточной формы циркуляции в ноябре (Томск, Барабинск), либо ей предшествуют данные процессы в сентябре и октябре (Омск, Камень-на-Оби, Славгород).

Экстремально теплая фаза «значительно-морозная зима» отмечается в 67-86% случаев при развитии формы циркуляции W_I+W_{II} на всей территории, за исключением юго-востока (Бийск) – в 90% случаев развиваются формы циркуляции C_I+W_{II} . Коэффициент множественной корреляции составил 0,59-0,71, t – значения равны 2,17-2,83 (табл.5). В период 1976-2006 гг., в феврале, рассматриваемая территория находилась под влиянием циклонов (22 случая), смещающихся с северных районов Западной Сибири к югу, и северных циклонов (35 случаев), смещающихся из районов Кольского полуострова, севера ЕТР и Северного Урала (на долю которых приходится 30 % от общего числа в феврале и марте) [12]. Уменьшение давления и повышение температуры воздуха в феврале и марте происходит в основном за счёт увеличения числа циклонов, вторгающихся на исследуемую территорию из районов Кольского полуострова. В годы с экстремально теплой фазой «значительно-морозная зима» продолжительность влияния данных циклонов была выше средних многолетних значений.

Экстремально холодной фазе «значительно-морозная зима» предшествуют на севере, в центральных районах и юге (Томск, Барабинск, Камень-на-Оби, Славгород) процессы меридиональной формы циркуляции ($C_{ХII}$), на юго-востоке (Бийск) – восточной формы циркуляции ($E_{ХII}$); и развитие восточной формы циркуляции в январе на всей территории. Коэффициент множественной корреляции составил 0,55-0,87, t – значения равны -2,25...-5,09. Для западных районов (Омск) получены статистически не значимые связи. В период с 1976 по 2006 гг. рассматриваемая территория в феврале чаще всего находилась под влиянием антициклонов с центром над Тывой, Алтаем, Монголией (31 случай). В годы с экстремально холодной фазой «значительно-морозная зима» продолжительность влияния данных антициклонов была выше средних многолетних значений. В годы, когда отсутствовала фаза «значительно-морозная зима» в феврале развивались атмосферные процессы западной формы циркуляции.

Экстремально теплая и холодная фаза «предвесенье» отличается более сложными циркуляционными механизмами.

Таблица 5

Коэффициенты парной корреляции для связей аномальных значений температуры воздуха фаз зимнего сезона с формами циркуляции*

Фаза	Число случаев	Форма циркуляции	Повторяемость, %	R/σ_r	t-критерий Стьюдента	Число случаев	Форма циркуляции	Повторяемость, %	R/σ_r	t-критерий Стьюдента
<i>Экстремально-теплая фаза ($\Delta t > +2,0^\circ\text{C}$)</i>						<i>Экстремально-холодная фаза ($\Delta t < -2,0^\circ\text{C}$)</i>				
<i>Томск</i>										
1	18	W_{11}	67	0,49/0,18	2,22	19	E_{11}	79	0,44/0,19	-2,03
2	14	W_1+W_2	86	0,61/0,17	2,65	13	$C_{12}+E_1+W_2$	85	0,74/0,13	-3,68
3	13	$C_{11}+C_{12}$	54	0,64/0,17	2,71	14	$(E+W)_{11}+E_{12}$	86	0,58/0,18	-2,44
<i>Барабинск</i>										
1	20	$E_{10}+C_{10}$	80	0,46/0,18	2,19	15	$W_{10}+E_{11}+C_{12}$	67	0,47/0,21	-1,91
2	11	$W_{10}+E_{11}+W_{12}$ W_1+W_2	100 82	0,71/0,16 0,59/0,21	3,00 2,17	11	$E_{11}+C_{12}+E_1$	82	0,65/0,18	-2,53
3	9	$E_{11}+C_{11}$ W_2+W_3	67 56	0,68/0,19 0,69/0,19	2,45 2,51	14	$W_1+C_2+C_3$	79	0,64/0,16	-2,90
<i>Омск</i>										
1	15	W_9+E_{10}	80	0,55/0,19	2,38	14	E_9	69	0,37/0,24	-1,84
2	12	W_1+W_2	67	0,66/0,17	2,78	13	$(E+W)_1+(C+W)_2$	62	0,42/0,24	-1,52
3	9	$W_{11}+C_{12}+C_1$	89	0,65/0,20	2,29	9	$W_{11}+E_{12}+W_1$	33	0,62/0,22	-2,10
<i>Бийск</i>										
1	16	W_9+E_{10}	75	0,54/0,18	2,44	12	$C_{11}+W_{12}$	67	0,54/0,21	-2,03
2	10	C_1+W_2	90	0,71/0,16	2,83	14	$E_{11}+E_{12}+E_1$	71	0,55/0,19	-2,25
3	9	$(C+E)_2+(W+E)_3$	56	0,61/0,22	2,06	12	C_2+E_3	67	0,63/0,18	-2,56
<i>Камень-на - Оби</i>										
1	19	$W_9+C_{10}+E_{11}$	95	0,42/0,19	1,90	13	E_9+E_{10}	77	0,70/0,15	-3,22
2	11	W_1+W_2	82	0,67/0,17	2,70	10	$C_{12}+E_1$	90	0,87/0,08	-5,09
3	10	E_3	50	0,59/0,22	2,07	12	$(E+C)_2+W_3$	58	0,41/0,25	-1,44
<i>Славгород</i>										
1	19	W_{12}	68	0,46/0,19	2,11	14	E_{10}	79	0,70/0,14	-3,36
2	12	W_1+W_2	83	0,67/0,17	2,88	12	$C_{12}+E_1$	83	0,85/0,08	-5,06
3	13	$W_2+(W+E)_3$	54	0,51/0,21	1,99	12	$W_1+W_2+E_3$	58	0,61/0,19	-2,43

*Примечание: 1 – умеренно-морозная зима, 2 – значительно-морозная зима, 3 – предвесенье; R – коэффициент множественной корреляции, σ_r – стандартная ошибка коэффициента корреляции; статистически значимые коэффициенты выделены жирным шрифтом (при уровне значимости $p \leq 0,05$)

Заключение

1. За исследуемый 80-летний период определены многолетние показатели дат начала, конца, продолжительности структурных единиц зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири.
2. Наблюдается смещение дат начала и окончания сроков зимы, и уменьшение продолжительности зимнего сезона и фазы «значительно-морозная зима» (4 дня/10 лет).
3. При развитии атмосферных процессов западной формы циркуляции в ноябре и декабре формируется экстремально теплая фаза «умеренно-морозная зима», в январе и феврале – «значительно-морозная зима».
4. Экстремально холодная фаза «значительно-морозная зима» отмечается при развитии атмосферных процессов восточной формы циркуляции в январе.

Ссылки на источники:

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М., 2014. – С. 8-10.
2. Гуляева Н. В., Костюков В. В., Костюкова Н. И. Климат г. Барабинска в XX веке // Известия РАН. Серия географическая. – 2006. – № 6. – С.106-113.
3. Кононова Н.К. Тенденции изменения повторяемости метеорологически обусловленных чрезвычайных ситуаций в России в связи со сменой характера циркуляции атмосферы // X научно-практическая конференция «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций». – М.: Центр Антистихия, 2010. – С. 56–57.
4. Галахов Н.Н. Изучение структуры климатических сезонов года. М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С.41.
5. Рутковская Н.В. Климатическая характеристика сезонов года Томской области. Томск: ТГУ, 1979. – 116 с.
6. Филандышева Л.Б. Анализ динамических вариантов структуры зимнего сезона года и их климатических характеристик на юго-западе Западно-Сибирской равнины // Вестник ТГУ. – Томск, 2012. – Вып. 364. – С. 196-202.
7. Окишева Л.Н., Филандышева Л.Б. Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири. – Томск: Издательский дом ТГУ. – С. 262-271.
8. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. – Режим доступа: <http://meteo.ru/egfd> (дата обращения 14.01.17).
9. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане. – Санкт-Петербург: ААНИИ, 2011-2015. – С. 15-20.
10. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 280 с.
11. Климат Новосибирска. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С. 121-126.
12. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Логинов С.В., Поднебесных Н.В., Харюткина Е.В. Роль циркуляционных факторов в потеплении климата Сибири // Вестник ТГУ, 2011. – С. 174-180.
13. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Оценка изменений температуры воздуха и осадков Среднего и Южного Урала в XX веке // Вестник Челябинского государственного университета, 2011. – Вып. 5. – №5 (220). – С. 61-69.
14. Ипполитов И.И., Логинов С.В., Харюткина Е.В., Морару Е.И. Изменчивость климата азиатской территории России в 1975-2012 годах // География и природные ресурсы, 2014. – №4. – С. 13-21.
15. Сляднев А.П. Географические основы климатического районирования и опыт их применения на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. В сб.: География Западной Сибири. – Новосибирск, 1965. – С. 51-53.

16. *Коженкова З.П., Рутковская Н.В.* Климат Томской области и его формирование // Вопросы географии Сибири. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1966. – С.29-34.
17. *Шторм, Р.* Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – С.344.
18. *Гурьянов Д.А.* Статистический анализ продолжительности сезонов года в Санкт-Петербурге // Известия российского педагогического университета им. Герцена, 2013. – №163. – С.107-113.
19. *Дубровкая Л.И., Патрушева Н.Е.* Динамика снежного покрова на заболоченных водосборах подтайги и северной лесостепи Западной Сибири // Географический вестник. 2014. – №4 (31). – С.54-61.
20. *Орлова В.В.* Западная Сибирь. Вып. 4. - Л.: Гидрометеиздат. 1962. - 360 с.
21. *Виноградова Г.М. Завалишин Н.Н., Кузин В.И.* Изменчивость сезонных характеристик климата Сибири в течение XX века // Оптика атмосферы и океана, 2000. – Т.13. – №6-7. – С.604-607.
22. *Брок В.А.* Климатическая характеристика аномалий температуры юго-восточной части Западной Сибири // Труды ТГУ, 1957. – Т.147. – С.136-144.

Olga Litvinova

Candidate of Geographic Sciences, Associate professor

FSBEI HE Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk

The Climatic Structure of the Winter Season in the South-East of Western Siberia

Abstract. The article presents the results of analysis of time frames of structural units (phases) in the winter season in the South-East of Western Siberia. The analysis is performed based on the calculation according to the average daily air temperature during 1936-2015. It was found out that during this period in a studied region, the beginning area and ending dates of the winter are shifting and have reducing the duration of winter season as well as phase of "severe frosty winter" (4 days/10 years). The types of phases in duration, and the variability of the air temperature have been analyzed. Approximately, 11-25% of cases were recognized treated as extremely warm and cold. Extremely warm phase of winter known as "moderately frosty" and "severe frosty", are forming in the development of the atmospheric processes in the Western form of circulation. From the other hand, the extremely cold phase of winter known as "moderate frosty" and "severe frosty" in the Eastern forms of circulation. The obtained research data reveal the regional peculiarities of climate changes in the South-East of Western Siberia.

Key words: average daily air temperature, atmospheric circulation, Western Siberia.