

МЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.5 (571) +582.2+524.31

О.С. Литвинова, Н.В. Гуляева
СТРУКТУРА ФАЗ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ*Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск*

Приводятся результаты анализа временных границ структурных единиц (фаз) летнего сезона в северной лесостепи на юго-востоке Западной Сибири. Анализ выполнен на основе расчета по данным о среднесуточной температуре воздуха за 1950–2012 гг. Установлено, что за рассматриваемый период в исследуемом регионе в летнем сезоне наблюдается смещение дат активных температур на более ранние сроки и увеличение продолжительности фазы «умеренно-прохладное лето» (2 дня/10 лет). Полученные данные использованы для определения временных колебаний сумм осадков в каждой структурной фазе лета. Определены типы фаз по продолжительности, характеру изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков. Затяжная по продолжительности фаза «умеренно-прохладное лето» формируется при выпадении большой суммы осадков ($\sum O \geq 120\%$) и отрицательной аномалии средней температуры воздуха ($\Delta t = -1-2^\circ\text{C}$). Короткие по продолжительности фазы «умеренно-прохладное лето» и «спад лета» характеризуются дефицитом осадков ($\sum O \leq 80\%$) и положительной аномалией средней температуры воздуха ($\Delta t = +1-2^\circ\text{C}$). Раннее наступление фазы «умеренно-прохладное лето» обусловлено развитием атмосферных процессов меридиональной и западной форм циркуляции, фазы «спад лета» – восточной и западной форм циркуляции. Статья будет полезна при оценке агроклиматических ресурсов территории.

Ключевые слова: средняя суточная температура воздуха, атмосферные осадки, фазы летнего сезона, лесостепь, Западная Сибирь.

O. S. Litvinova, N. V. Gulyaeva
THE STRUCTURE OF THE SUMMER SEASON PHASES IN THE SOUTHEAST OF WESTERN SIBERIA DURING 1950-2012*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk*

The article deals with the results of the analysis performed on the duration of the summer season phases in the southeast of Western Siberia according to the data calculations on the mean daily air temperature from 1950 to 2012. We have defined types of the phases based on their duration, changes in air temperature and precipitation. The study has shown that the duration of the «medium cool summer» phase tends to increase (2 days/10 years), which is caused by the high precipitation ($\sum O \geq 120\%$) and negative mean air temperature anomaly ($\Delta t = -1-2^\circ\text{C}$) in the period and region under study. The duration of the «medium cool summer» and «summer decay» phases is shorter. Both phases are characterized by a depletion of precipitation ($\sum O \leq 80\%$) and positive mean air temperature anomaly ($\Delta t = +1-2^\circ\text{C}$). The earlier «medium cool summer» phase is caused by the atmospheric processes of the meridional and western circulations whereas the earlier «summer decay» phase results from the eastern and western circulations. The article is believed to be of use for assessing agroclimatic resources of a territory.

Key words: mean daily air temperature, precipitation, summer season phases, forest steppe, Western Siberia.

doi 10.17072/2079-7877-2016-4-57-69

Исследования, посвященные изучению структуры сезонов года, в отличие от изучения годового цикла в целом, проводились Н.Н. Галаховым [2], Н.В. Рутковской [16], Л.Б. Филандышевой [17; 18], О.Н. Барышниковой [1].

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» [2].

Н.В. Рутковская [17] 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. Филандышева, Л.Н. Окишева, Д.С. Мухина [12; 18] изучали многолетние изменения временных характеристик сезонов года и их структурных единиц для юго-запада Западно-Сибирской равнины по периодам (1936–1970, 1971–2006). В работе [12] выявлена тенденция смещения даты конца сезона на более поздние сроки в период 1971–2006 гг. Рассчитанные климатические характеристики для каждой структурной единицы годового цикла отражают реальные условия функционирования ландшафтов и проявления глобальных климатических изменений на региональном уровне [18].

О.Н. Барышникова и другие [1], проанализировав многолетние изменения структуры климатических сезонов годового цикла по данным метеостанций Северной Евразии, выявили связь с ритмами солнечной активности и установили увеличение продолжительности фаз летнего сезона в начале второй четверти 11-летнего цикла солнечной активности.

Изучение режима многолетних колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков представляет собой одну из важнейших проблем. Температура воздуха и атмосферные осадки, как и другие элементы климата, испытывают значительные пространственные и временные изменения в течение года, в том числе и в летнем сезоне.

Изменчивость средних и аномальных величин температуры воздуха, атмосферных осадков связана с особенностями атмосферной циркуляции, физико-географическими особенностями и временем года. Эти факторы, действуя в тесной взаимосвязи, определяют особенности распределения температуры воздуха, атмосферных осадков в пространстве и во времени как в течение года, так и от года к году. Особенностью климата вегетационного периода XX начала XXI вв. на юго-востоке Западной Сибири является значительная межгодовая изменчивость атмосферного увлажнения [4].

Представляется актуальным изучение изменчивости температуры и осадков в летнем сезоне для дальнейшей оценки агроклиматических ресурсов территории.

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

Материалы и методы исследования

Исследование охватывает территорию лесостепной зоны юго-востока Западно-Сибирской равнины, характеризующейся континентальным климатом умеренных широт. В годовом режиме осадков четко выражен максимум в теплый период, когда выпадает до 75% годовой суммы осадков. Основным источником влаги, определяющим выпадение основной суммы осадков, являются континентальные умеренные воздушные массы, поступающие с запада и юго-запада [15].

Исходными данными послужили значения средней суточной температуры воздуха и суточных сумм осадков для летнего сезона по метеостанции Барабинск за период 1950–2012 гг. из базы данных ВНИИГМИ-МЦД [23]. Настоящая статья представляет собой продолжение работ [7; 8], где рассматривалась климатическая структура переходных сезонов года.

В исследовании использовалась типизация атмосферных процессов Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса [3], 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 и атмосферных осадков изучались методами математической статистики: рассчитаны средние многолетние значения температуры воздуха и количества атмосферных осадков для месяцев летнего сезона и его фаз, применялись корреляционный метод и тренд-анализ.

Для определения типов фаз летнего 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 [6]. Фазы летнего сезона относились к избыточно влажным, если сумма осадков превышала 120% средней многолетней (т.е. $\sum O \geq 120\%$), и к сухим, если сумма осадков составляла 80% и меньше средней многолетней нормы (т.е. $\sum O \leq 80\%$) [11].

Тенденции многолетних изменений температуры воздуха, атмосферных осадков, продолжительности фаз летнего сезона определялись стандартным способом – путем расчета линейных трендов (рис. 1–2).

Тренд – это выраженная направленность тенденции изменений показателей временного ряда. Уравнение линейного тренда температуры воздуха и атмосферных осадков имеет вид

$$\bar{X}(t) = a_x t + b_x, \quad (1)$$

где $\bar{X}(t)$ – линейная временная функция, описывающая «среднее поведение» многолетнего ряда наблюдений; a_x – коэффициент тренда, характеризующий изменение температуры воздуха, атмосферных осадков за единицу времени; t – время (годы наблюдений); b_x – свободный член уравнения регрессии. При уровне значимости 0,05 значение коэффициента корреляции равно 0,25 [20].

Положительная величина a_x отражает увеличение среднемесячной температуры воздуха, суммы атмосферных осадков в рассматриваемом периоде, отрицательная a_x – их уменьшение.

Тенденция изменения среднемесячной температуры воздуха в апреле-сентябре характеризуется преобладанием положительного тренда. Статистически значимые тенденции увеличения среднесуточной температуры воздуха (рис. 1) отмечаются в апреле и мае ($r=0,32$ и $r=0,26$).

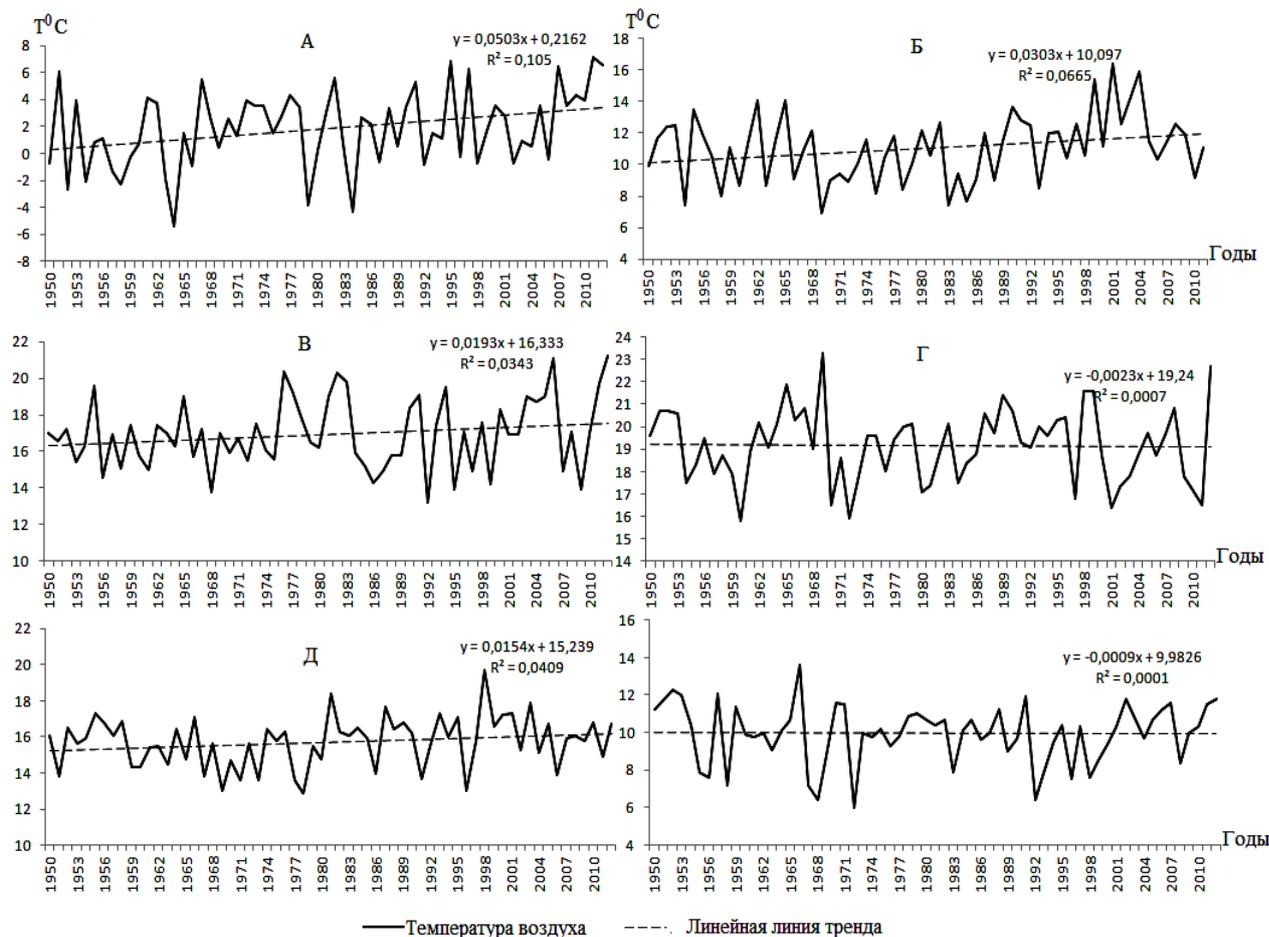


Рис. 1. Динамика и линейные тренды среднемесячной температуры воздуха за период 1950–2012 гг. в Барабинске: А – апрель, Б – май, В – июнь, Г – июль, Д – август, Е – сентябрь

Градиенты трендов среднесуточной температуры воздуха составляют в апреле $0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет, в мае $0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет. В период 1970–2012 гг., который характеризуется значительной изменчивостью глобального и регионального климата, наибольшие градиенты характерны для мая – $0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет [7]. В летние месяцы (июнь–август) и в сентябре статистически значимые изменения среднесуточной температуры воздуха не выявлены. В осеннем сезоне значимые тенденции увеличения среднесуточной температуры воздуха за 1950–2012 гг. отмечаются в октябре $0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет ($r=0,45$) [8].

Полученные данные свидетельствуют о наиболее заметном потеплении весенних месяцев в лесостепной зоне юго-востока Западной Сибири, что согласуется с выводами И.О. Лучицкой [9].

Тенденция изменения суммы осадков в апреле–мае характеризуется преобладанием положительного тренда, в июне–сентябре – отрицательного тренда. Статистически значимые тенденции уменьшения атмосферных осадков (рис. 2) отмечаются в августе ($r=0,29$). Градиенты трендов суммы осадков составляют в июне $-0,5$ мм/10 лет, в июле $-3,6$ мм/10 лет и в августе $-3,8$ мм/10 лет.

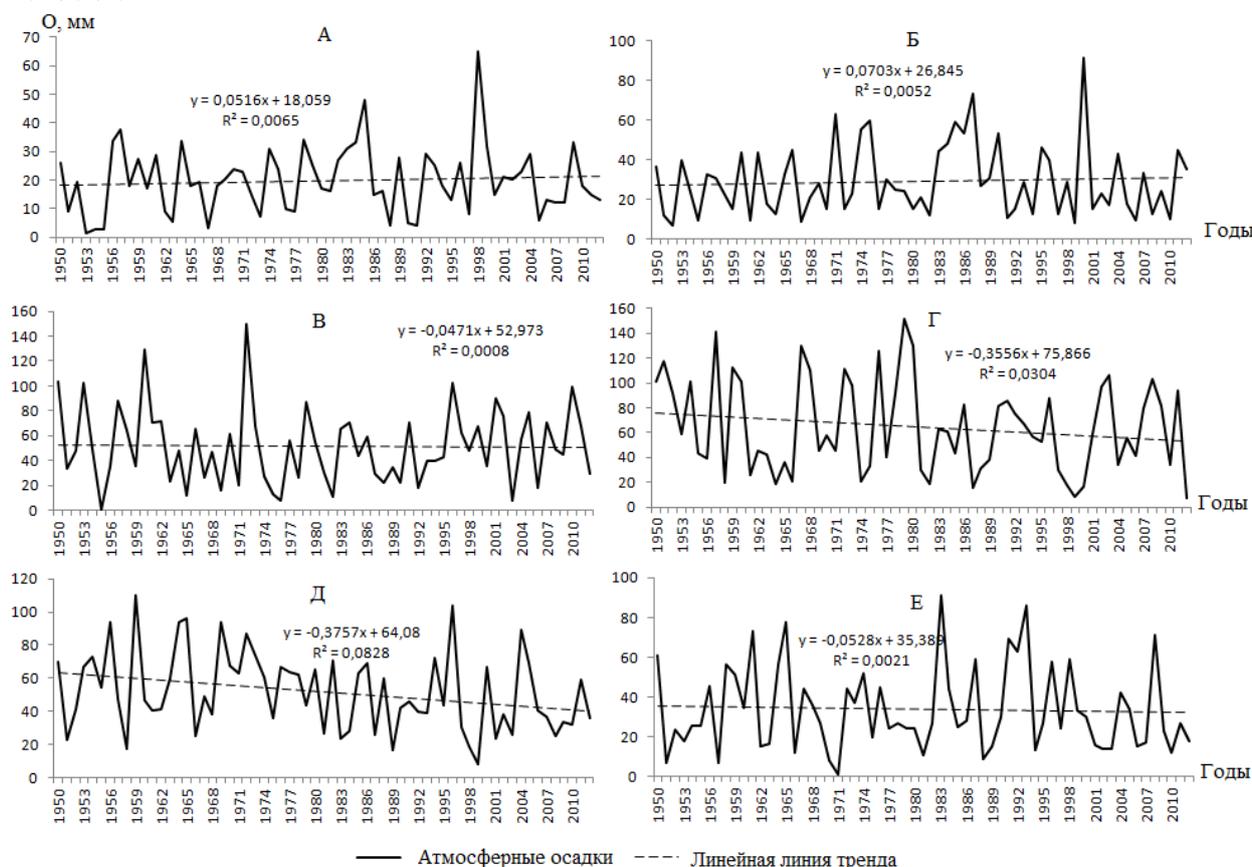


Рис. 2. Динамика и линейный тренд суммы атмосферных осадков за период 1950-2012 гг. в Барабинске: А – апрель, Б – май, В – июнь, Г – июль, Д – август, Е – сентябрь

Результаты и их обсуждение

Зональная структурная модель естественных сезонных ритмов годового цикла для исследуемой территории была установлена и обоснована с использованием комплексно-генетического метода [2]. Для разграничения сезонов в конкретном году используются два показателя, один из которых характеризует термический режим территории, другой – режим увлажнения.

Средняя многолетняя структура летнего сезона в лесостепной зоне на юго-востоке Западной Сибири трехфазная. Она включает в себя следующие структурные единицы: «умеренно-прохладное лето», «умеренно-теплое лето» и «спад лета» [17; 18].

Началу лета (фаза «умеренно-прохладное лето») соответствует переход среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ и к концу этой фазы дата перехода через $+15^{\circ}\text{C}$. В этот период увеличивается приток солнечной радиации, повышается температура воздуха, прекращаются заморозки на почве и в воздухе. Средние многолетние даты начала и окончания фазы – 12.05–04.06 (табл. 1).

Таблица 1

Средняя продолжительность фаз структурных единиц лета на юго-востоке Западной Сибири за период 1950–2012 гг.

Структурные единицы						Лето	
Умеренно-прохладное лето		Умеренно-теплое лето		Спад лета			
Дата начала	Δl	Дата начала	Δl	Дата начала	Дата окончания	Δl	$\Sigma \Delta l$
12.05	23	5.06	79	22.08	12.09	22	125

Примечание: Δl – средняя продолжительность, дн.

Вторая фаза лета («умеренно-теплое лето») характеризуется устойчивым переходом среднесуточной температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ как в начале, так и в конце. Средние многолетние даты начала и окончания фазы – 5.06–21.08.

Начало третьей фазы («спад лета») выделяется по дате перехода средней суточной температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$, ее окончание – по дате перехода через $+10^{\circ}\text{C}$. Средние многолетние даты начала и окончания фазы – 22.08–12.09.

Таблица 2

Временные характеристики структурных единиц летнего сезона года в северной лесостепи юго-востока Западной Сибири (1950–2012 гг.)

Умеренно-прохладное лето					
Раннее наступление фазы			Позднее наступление фазы		
Экстремальная дата	Число случаев	%	Экстремальная дата	Число случаев	%
15.04.1995 19.04.1967	19	30	03.06.1979 05.06.1958	17	27
Умеренно-теплое лето					
08.05.1962 11.05.2004	21	33	26.06.1995 04.07.2009	19	30
Спад лета					
27.07.1980 01.08.1991	15	24	11.09.1981 22.09.1994	20	32

Самая ранняя дата начала фазы «умеренно-прохладное лето» отмечалась 15 апреля 1995 г. (табл. 2), температура воздуха в апреле была выше средних месячных значений на 5°C . В 19 случаях (30%) фаза «умеренно-прохладное лето» начиналась на 10 и более дней раньше. Самые поздние даты начала данной фазы отмечались 5 июня 1958 г. В 17 случаях (27%) фаза «умеренно-прохладное лето» начиналась на 10 и более дней позже. Наибольшая продолжительность фазы составила 72 дня в 1995 г., наименьшая – 1 день в 1998 и 1993 гг. В двух случаях фаза «умеренно-прохладное лето» отсутствовала в 1952 и 2004 гг. (рис.3).

Самая ранняя дата начала фазы «умеренно-теплое лето» отмечалась 8 мая 1962 г. Наибольшая продолжительность фазы «умеренно-теплое лето» составила 112–110 дней в 1952 и 2012 гг., наименьшая продолжительность – 43 дня в 1980 г. Продолжительной фазе «умеренно-теплое лето» соответствовала короткая фаза «умеренно-прохладное лето».

Самая ранняя дата начала фазы «спад лета» соответствует 27 июля 1980 г. Во второй декаде июля произошел переход средней суточной температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ в сторону ее понижения. Среднемесячная температура воздуха составила $+17,1^{\circ}\text{C}$, что на 2°C ниже средних многолетних значений. Самая поздняя дата начала фазы «спад лета» отмечалась 22 сентября 1994 г. В 20 случаях (32%) фаза «спад лета» начиналась на 10 дней позже. В одном случае (2012 г.) фаза «спад лета» отсутствовала. В целом лето 2012 г. было очень тёплым на территории РФ, крупные положительные аномалии температуры отмечались в азиатской части страны [5]. Экстремально высокие температуры воздуха наблюдались на Южном Урале, на юге Западной Сибири (температурные аномалии составили от $+3^{\circ}\text{C}$ до $+4^{\circ}\text{C}$).

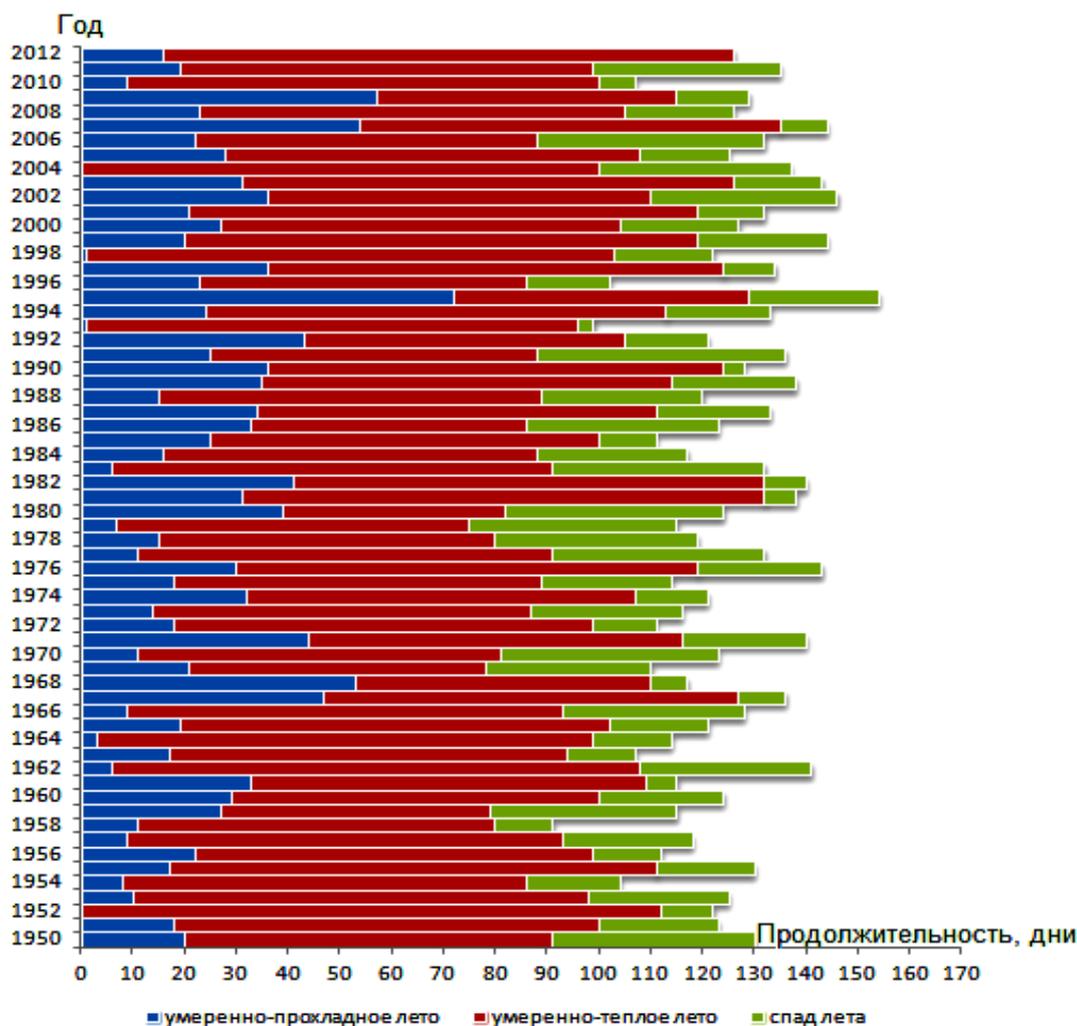


Рис. 3. Структура летнего сезона за 62–летний период (по данным метеостанции Барабинск, 1950–2012 гг.)

Типы фаз летнего сезона по продолжительности, характеру изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков. Затяжная фаза чаще всего (11% случаев) отмечалась в конце летнего сезона, короткая (10%) – в фазу «умеренно-теплое лето» (табл. 3). За рассматриваемый период (1950–2012 гг.) выявлена статистически не значимая тенденция увеличения продолжительности фазы «умеренно-теплое лето» и уменьшения продолжительности фазы «спад лета» (рис. 4).

Таблица 3

Повторяемость типов фаз летнего сезона по продолжительности

Фаза	Короткая		Затяжная	
	Число случаев	%	Число случаев	%
«Умеренно-прохладное лето»	4	6	5	8
«Умеренно-теплое лето»	6	10	5	8
«Спад лета»	3	5	7	11

Положительный статистически значимый тренд получен для фазы «умеренно-прохладное лето». Градиент тренда продолжительности фазы «умеренно-прохладное лето» составляет 2 дня /10 лет и, таким образом, за 63 года продолжительность данной фазы увеличилась на 13 дней.

За рассматриваемый период дата начала фазы сместилась на 11 дней в сторону весеннего сезона и на 2 дня в сторону фазы «умеренно-теплое лето» (рис. 5). Третья фаза лета за 63-летний период стала завершаться на 3 дня позже.

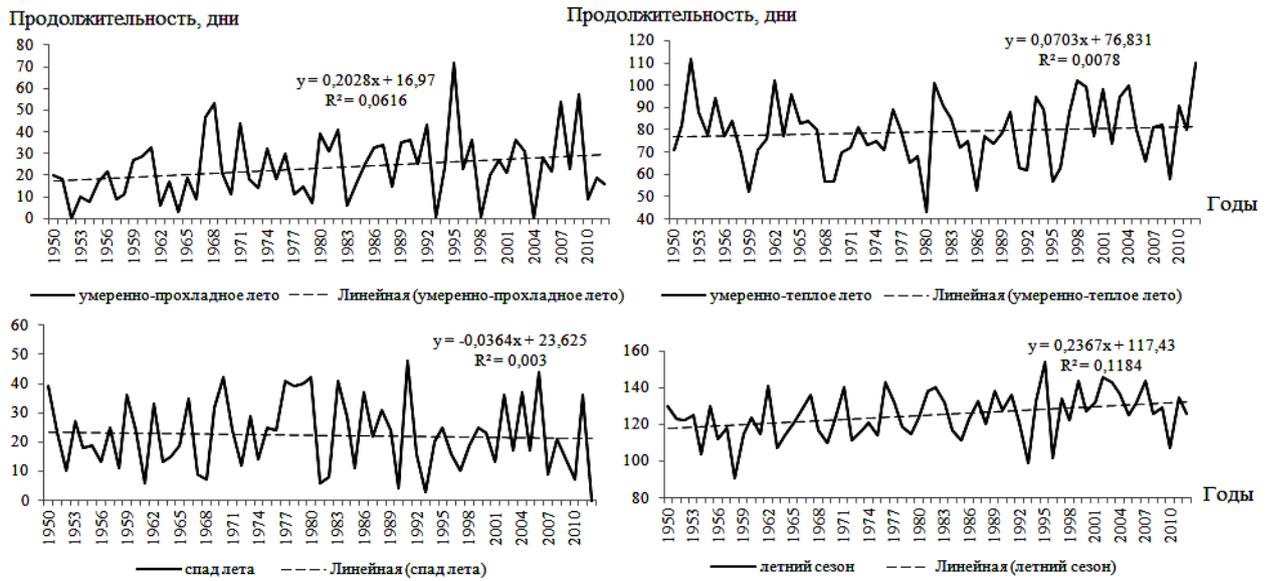


Рис. 4. Динамика и линейный тренд продолжительности фаз летнего сезона на юго-востоке Западной Сибири (1950–2012 гг.)

Данные выводы согласуются с результатами работ, проводимых по территории Урала, Алтая, Западной Сибири, Тибета [10; 19; 22]. В.А. Шкляев, Л.Н. Ермакова и Л.С. Шкляева выявили увеличение продолжительности вегетационного периода в Пермском крае на 13 дней [19]. Н.Б. Максимова и другие (2014) отмечают, что за период 1964–2009 гг. в Алтайском крае произошло увеличение продолжительности вегетационного периода на 6 суток и смещение даты его начала на более ранний срок со второй на первую декаду мая [10]. В работе [22] отмечается увеличение продолжительности вегетационного периода в Тибетском автономном районе Китая на 3,29 дней/десятилетие.

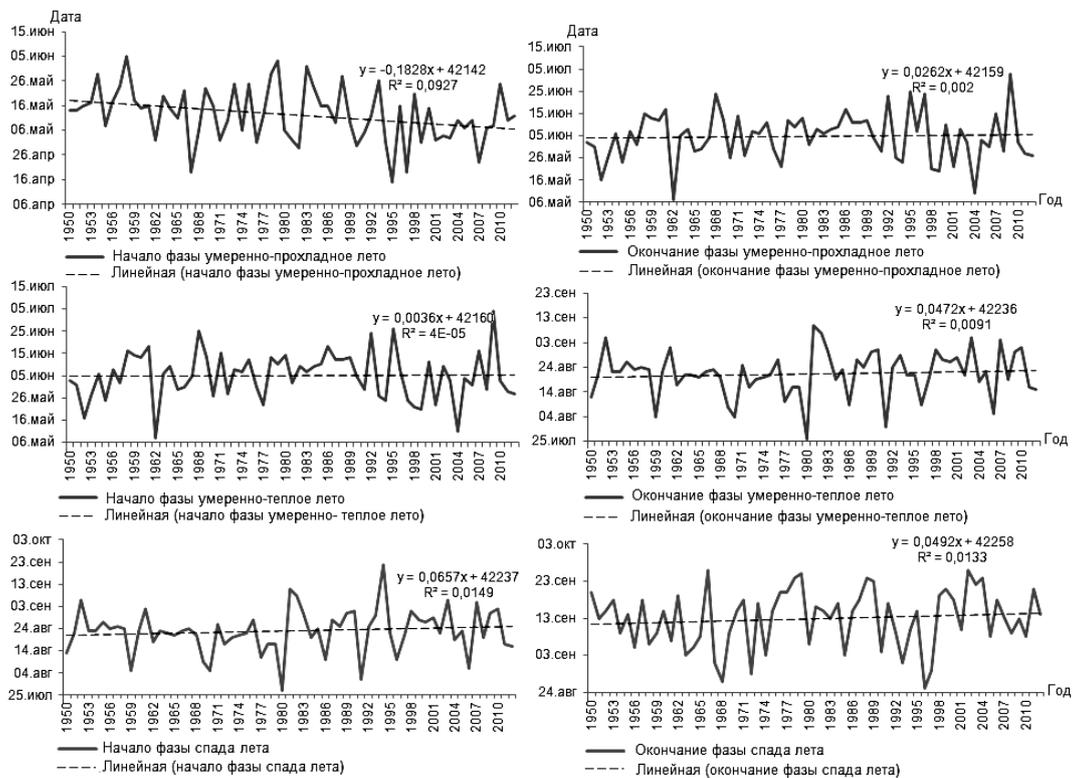


Рис. 5. Хронологический ход дат и линейный тренд начала и окончания летнего сезона на ст. Барабинск с 1936 по 2012 г.

Фазы, когда температура отклонялась от средней многолетней не более чем на 1°C в летнем сезоне, наблюдаются в 40-75% случаев (табл. 4). В 17-22% случаев фазы «умеренно-прохладное лето» и «спад лета» относились к теплым и холодным.

Таблица 4

Фаза	Повторяемость типов фаз				
	I	II	III	IV	V
«Умеренно-прохладное лето»	8	21	40	22	9
«Умеренно-теплое лето»	6	5	75	8	6
«Спад лета»	8	18	52	17	5

Примечание: I – экстремально теплая фаза ($>+2^{\circ}\text{C}$), 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 ($> -2,0^{\circ}\text{C}$)

В 8% случаев формировалась экстремально теплая фаза «спад лета», в 9% случаев – экстремально холодная фаза «умеренно-прохладное лето». Экстремальные холодные фазы лета обуславливаются вторжением с Карского и Баренцева морей антициклонов по полярной оси [10]. По восточной периферии высотного гребня, направленного из Средней Азии на Новую Землю, происходит заток холодного воздуха. Экстремально теплые фазы летнего сезона формируются при перемещении у поверхности Земли в северо-восточном направлении антициклонических образований из Казахстана и Средней Азии и расположении над рассматриваемой территорией западной периферии высотного гребня [14].

В работе исследованы временные колебания температуры воздуха в каждой структурной фазе лета. В фазах «умеренно-прохладное лето» и «спад лета» отмечается тенденция понижения температуры воздуха. Статистически значимое понижение температуры воздуха на $0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет выявлено в фазе «умеренно-прохладное лето» (рис. 6). В фазе «умеренно-теплое лето» температура воздуха не изменилась.

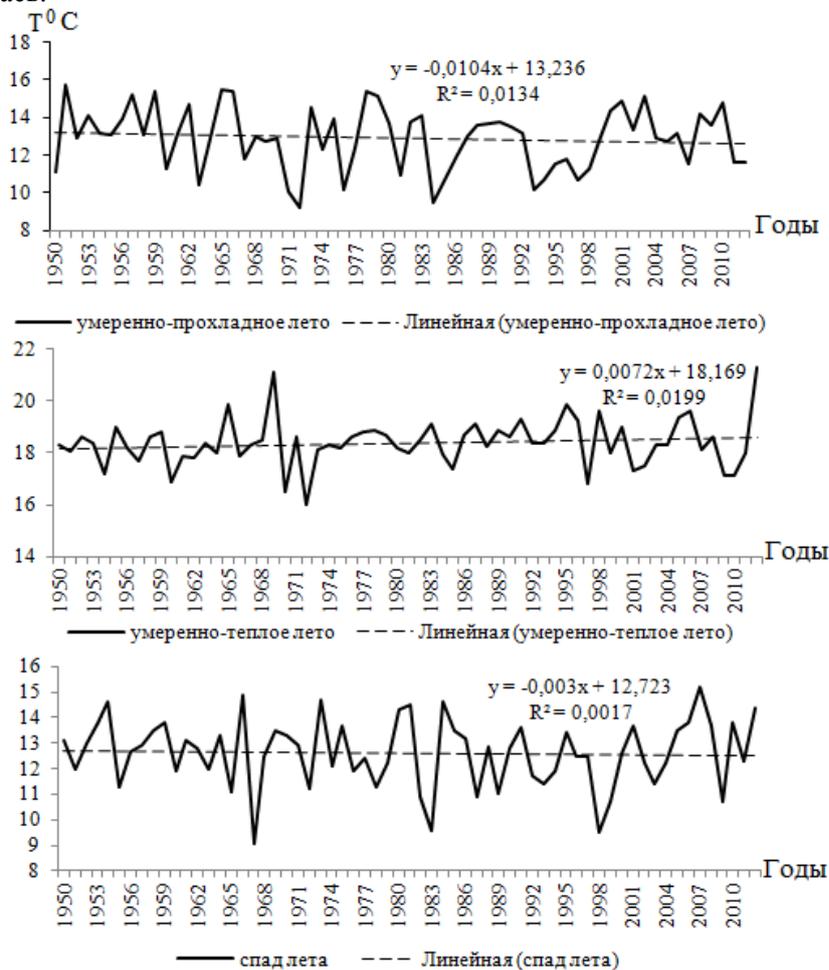


Рис. 6. Динамика и линейный тренд температуры воздуха летнего сезона на юго-востоке Западной Сибири (1950–2012 гг.)

В работе так же исследованы временные колебания суммы осадков в каждой структурной фазе лета. Наибольшее количество атмосферных осадков приходится на фазу «умеренно-теплое лето», наименьшее – на фазу «умеренно-прохладное лето». По данным М.Г. Петровой (1966), в период с 1940 по 1958 г., в 81% случаев количество осадков выпадало меньше нормы в весенне-летний период в первой и второй декадах апреля.

Аномалии осадков рассчитывались по отношению к средним многолетним значениям за период 1950–2012 гг. За исследуемый период во всех фазах лета отмечались как избыточно влажные периоды ($\sum O \geq 120\%$), так и сухие ($\sum O \leq 80\%$) (табл. 5).

Таблица 5

Повторяемость влажных ($\sum O \geq 120\%$), «нормальных» ($81 > \sum O < 119\%$) и сухих ($\sum O \leq 80\%$) периодов в фазы лета в 1950–2012 гг.

Фаза	$\sum O \geq 120\%$		$81 > \sum O < 119\%$		$\sum O \leq 80\%$	
	Число случаев	%	Число случаев	%	Число случаев	%
«Умеренно-прохладное лето»	17	27	10	16	36	57
«Умеренно-теплое лето»	20	32	18	28	25	40
«Спад лета»	25	40	8	13	30	47

Дефицит атмосферных осадков чаще отмечался (57% случаев) в фазе «умеренно-прохладное лето», избыточно влажные периоды (40% случаев) – в фазе «спад лета».

Статистически значимое увеличение атмосферных осадков на 3 мм/10 лет выявлено в фазе умеренно-прохладного лета (рис. 7).

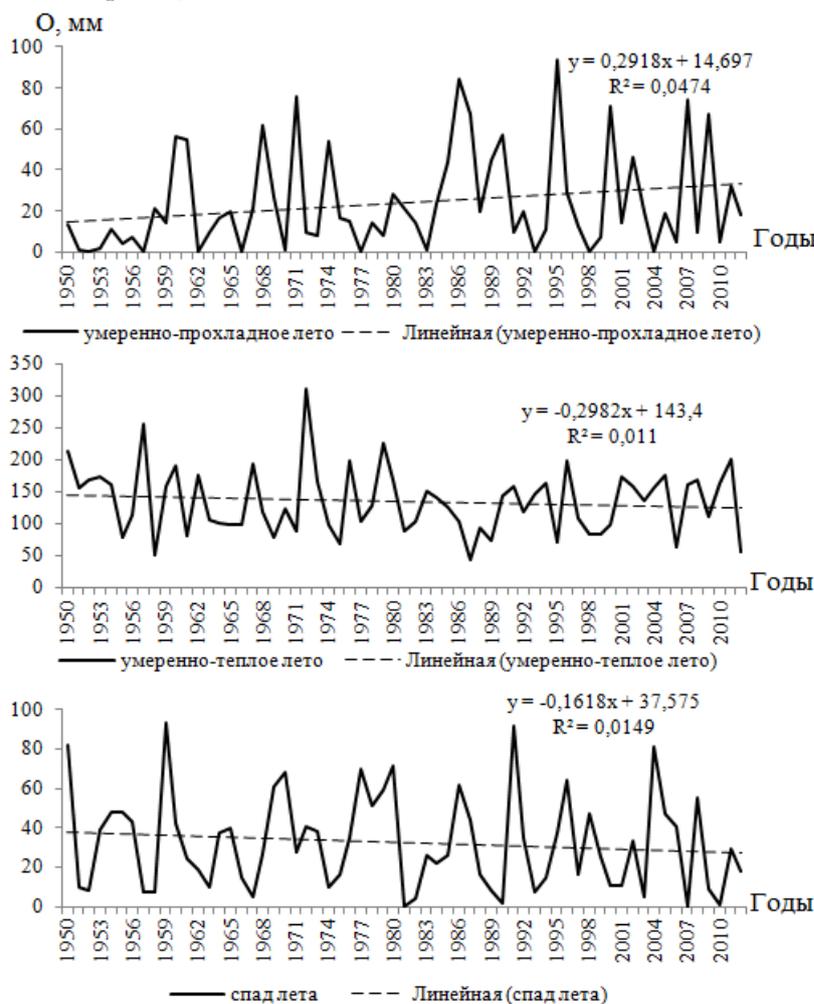


Рис. 7. Динамика и линейный тренд атмосферных осадков в фазы лета на юго-востоке Западной Сибири (1950–2012 гг.)

Наибольшее количество осадков в фазе «умеренно-прохладное лето» отмечалось в 1995 г. (в период с 15 апреля по 25 июня выпало 95 мм, что превысило среднее многолетнее значение в 4 раза).

Необходимо отметить, что в 59% случаев в годы, когда отмечалась продолжительная фаза «умеренно-прохладное лето», осадков выпадало в 2–3 раза больше нормы, температура воздуха была ниже средних многолетних значений на 1–2°C.

Короткие фазы «умеренно-прохладное лето» и «спад лета» в 42–72% случаев характеризовались дефицитом осадков и превышением температуры воздуха на 1–2°C. В затяжной фазе «спад лета» в 67% случаев отмечалось избыточное выпадение осадков ($\sum O \geq 120\%$).

Анализ циркуляционных процессов. Процессы западной формы циркуляции (W) отличаются наличием в тропосфере волн малой амплитуды и смещением барических образований с запада на восток. Циклоны поступают с Атлантического океана через Баренцево море и далее движутся через рассматриваемую территорию на восток [3]. При развитии процессов восточной (E) и меридиональной (C) форм циркуляции в тропосфере образуются стационарные волны большой амплитуды, в результате наблюдается развитие меридиональных составляющих циркуляции.

При процессах формы E над исследуемым регионом развивается циклоническое барическое поле и формируется область избытка осадков. В период активизации процессов формы C над рассматриваемой территорией формируется антициклональное барическое поле.

При увеличении повторяемости атмосферных процессов меридиональной и западной форм циркуляции в апреле наступление фазы «умеренно прохладное лето» отмечается в конце апреля – начале мая. Коэффициент множественной корреляции составляет 0,88, t – значения равны 1,96 (табл. 6). При уровне значимости 0,05 значение коэффициента корреляции равно 0,48.

Таблица 6

Значимые коэффициенты парной корреляции (R) для связей дат начала фаз летнего сезона с формами циркуляции за период 1950–2012 гг.

Фаза	Средние многолетние даты начала фазы	Форма циркуляции	Число случаев, %	Коэффициент множественной корреляции (R)	t - значение коэффициента корреляции
«Умеренно прохладное лето»	12.05	$C_{IV}+W_{IV}$	62	0,88	1,96
«Умеренно-теплое лето»	5.06	C_V+E_V	70	0,89	1,82
«Спад лета»	22.08	$E_{VIII}+W_{VIII}$	62	0,85	2,52

При увеличении повторяемости атмосферных процессов восточной и западной форм циркуляции в 60% случаев наступление фазы умеренно прохладное лето» смещается на третью декаду мая – начало июня. Коэффициент множественной корреляции составляет 0,74, t – значения равны 2,05. При уровне значимости 0,05 значение коэффициента корреляции равно 0,48 [20]. Так, в 2010 г. дата начала фазы «умеренно прохладное лето» сместилась на конец мая (25.05), с 6 по 8 и 12 по 22 мая отмечалось развитие атмосферных процессов формы циркуляции E, с 23 по 29 – формы циркуляции W [13].

Раннее наступление фазы «умеренно-теплое лето» обусловлено развитием в мае атмосферных процессов C+E. Ранее наступление фазы «спад лета» отмечается на фоне развития атмосферных процессов в июле E+C, в августе – E+W.

Выводы

1. За исследуемый 63-летний период определены многолетние показатели дат начала, конца, продолжительности структурных единиц летнего сезона в лесостепной зоне юго-востока Западной Сибири.
2. В северной лесостепи на юго-востоке Западной Сибири в летнем сезоне выявлена тенденция увеличения продолжительности фазы «умеренно-прохладное лето» (2 дня/10 лет).
3. Продолжительная фаза «умеренно-прохладное лето» характеризуется избыточным выпадением осадков ($\sum O \geq 120\%$) и отклонениями средней температуры воздуха на 1–2°C.
4. Короткие фазы «умеренно-прохладное лето» и «спад лета» характеризуются дефицитом осадков ($\sum \leq 80\%$) и отклонениями средней температуры воздуха более чем на +1...+2°C.
5. Ранее наступление фаз летнего сезона обусловлено развитием атмосферных процессов форм циркуляции: в апреле C+W – «умеренное прохладное лето», в мае C+E – «умеренно-теплое лето» и в августе E+W – «спад лета».

Библиографический список

1. Барышникова О.Н., Окишева Л.Н., Неприятель Р.С., Зяблицкая А.Г. Многолетние изменения структуры климатических сезонов годового цикла по данным метеостанций Северной Евразии // Известия Алтайского государственного университета. 2014. №3-1 (83). С. 139–144.
2. Галахов Н.Н. Изучение структуры климатических сезонов года. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 41.
3. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 280 с.
4. Гуляева Н. В., Костюков В. В., Костюкова Н. И. Климат г. Барабинска в XX веке // Известия РАН. Серия географическая. 2006. № 6. С.106–113.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. М., 2013. С. 14–16.
6. Климат Новосибирска. Л.: Гидрометеоздат, 1979. С. 121–126.
7. Литвинова О.С., Гуляева Н.В. Изменение продолжительности весеннего сезона на юго-востоке Западной Сибири за период 1970–2012 гг. // Географическая наука и образование: современные проблемы и перспективы развития. Новосибирск, 2014. С.18–26.
8. Литвинова О.С., Гуляева Н.В. Климатическая структура осеннего сезона на юго-востоке Западной Сибири за период 1950–2012 гг. // Географическая наука и образование: современные проблемы и перспективы развития. Новосибирск, 2015. С.7–14.
9. Лучицкая И.О., Белая Н.И., Арбузов С.А. Климат Новосибирска и его изменения / под ред. Р.А. Ягудина. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 43–50.
10. Максимова Н.Б., Арнаут Д.В., Мордкович Г.Г. Оценка изменения продолжительности вегетационного периода по агроклиматическим районам Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. №10(120). С. 49–53.
11. Месячные суммы осадков в процентах от нормы: справочное пособие ВНИИГМИ МЦД / под ред. А.И. Неушкина. М.: Гидрометеоздат, 1977. С. 5–6.
12. Мухина Д.С., Филандышева Л.Б. Многолетние изменения временных характеристик летнего сезона и его структурных единиц в подтайге юго-запада Западно-Сибирской равнины // Современные достижения и проблемы в области изучения окружающей среды. Томск, 2014. С. 235–237
13. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане. СПб.: ААНИИ, 2011. С. 15–20.
14. Петрова М.Г. Синоптические условия декад весенних месяцев с резким дефицитом осадков на территории крайнего юго-востока Западной Сибири // Сб. Новосибирской гидрометеорологической обсерватории. Вып. 1. М.: Гидрометеоздат, 1966. С. 45–62.
15. Попова К.И. К вопросу о циркуляции атмосферы над Западной Сибирью в летний период // Тр. ГГО. Вып. 164. Л.: Гидрометеоздат, 1964. С. 64–73.
16. Рутковская Н.В. Климатическая характеристика сезонов года Томской области. Томск: Изд-во ТГУ, 1979. 116 с.
17. Филандышева Л.Б. Обоснование зональных структурных моделей сезонных ритмов годового цикла на юго-западе Западно-Сибирской равнины // Вопросы географии Сибири. 2009. Вып. 27. С.148–156.
18. Филандышева Л.Б., Окишева Л.Н. Сезонные ритмы природы Западно-Сибирской равнины. Томск: Пеленг, 2002. 402 с.
19. Шкляев В.А., Ермакова Л.Н., Шкляева Л.С. Особенности долговременных изменений характеристик вегетационных периодов в Пермском крае // Географический вестник. 2012. №2(21). С. 68–73.
20. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. М.: Мир, 1970. С. 344.
21. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения: 01.04.2016).
22. Dong, Manyu Trends in the thermal growing season throughout the Tibetan Plateau during 1960–2009 / Dong, Manyu Jiang, Yuan Zheng, Chutao Zhang, Dayong // Agricultural and Forest Meteorology. Volumes 166-167, 15 December 2012, Pages 201-206. Doi: 10.1016/j.agrformet.2012.07.013.

References

1. Baryshnikova, O.N., Okisheva, L.N., Nepriyatel', R.S., and Zuablitskaya, A.G. (2014), "Long-term structure changes in the climatic seasons of the annual cycle according to the data collected by the weather stations in Southern Eurasia", *Izvestiya Altajskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of the Altai State University]. №3–1 (83). Barnaul, Russia, pp. 139–144.
2. Galahov, N.N. (1959), "Izuchenie struktury klimaticheskikh sezonov goda" [The study of the climatic season structure], The Academy of Sciences of the USSR, Moscow, USSR.
3. Girs, A.A. (1971), Long-term fluctuations of the atmosphere circulation and long-range hydro-meteorological forecasts. Leningrad: Gidrometeoizdat
4. Gulyaeva, N.V., Kostuyukov, V.V., and Kostuyukova, N.I. (2006), "The climate of Barabinsk in the XX-th century", *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geography], no. 6, Moscow, Russia, pp. 106–113.
5. "The report on the climate peculiarities in Russia in 2012", (2013), Institute of Global Climate and Ecology of Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring and Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. pp. 14–16.
6. Koshinskij, S.D., Khajrullin, K.Sh., Shver, Ts. A. (ed.) (1979), "Klimat Novosibirsk" [The climate of Novosibirsk], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.
7. Litvinova, O.S., and Gulyaeva, N.V. (2014), "The change in the duration of the spring season in the southeast of Western Siberia during 1970–2012", *Geograficheskaya nauka I obrazovanie: sovremennye problemy I perspektivy razvitiya* [Geography and Science: modern challenges and future prospects], *Materialy 3-ey vserossijskoj nauchno-prakticheskoy Internet konferentsii* [The Collection of articles of the 3rd All-Russian Research Internet Conference] Novosibirsk, Russia, pp. 18–26.
8. Litvinova, O.S., and Gulyaeva, N.V. (2015), "The structure of the climate in the autumn season in the southeast of Western Siberia during 1950–2012", *Geograficheskaya nauka I obrazovanie: sovremennye problemy I perspektivy razvitiya* [Geography and Science: modern challenges and future prospects], *Materialy 4-oj vserossijskoj nauchno-prakticheskoy Internet konferentsii* [The Collection of articles of the 4th All-Russian Research Internet conference], Novosibirsk, Russia, pp. 7–14.
9. Luchitskaya, I.O., Belaya, N.I., and Arbuzov, S.A. (2014), "The climate of Novosibirsk and its variability" in Yagudin R.A. (ed.). The Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, pp 43–50.
10. Maximova, N.B., Arnaut, D.V., and Mordkovich, G.G. (2014), "The assessment of changes in the duration of the vegetation period for agricultural climatological areas in Altai Krai", *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Herald of the Altai State University], no. 10 (120), Barnaul, Russia, pp. 49–53.
11. Neushkin, A.I. (ed.), (1977), "Mesyachnye summy osadkov v protsentakh ot normy: spravochnoe posobie VNIIGMI MTsD" [Monthly precipitation in percentage compared with normal: reference book of All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information –World Data Center], Gidrometeoizdat, Moscow, USSR, pp. 5–6.
12. Muhina, D.S., and Filandysheva, L.B. (2014), "Long-term changes in timing data of the summer season and its structural units in sub-taiga of the southwest of the West Siberian Plain", *Sovremennye problem I dostizheniya v oblasti izucheniya okruzhayushej sredy* [Modern achievements and challenges for environmental studies], *Sbornik materialov XIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The Collection of articles of the XIV-th International Research Conference], Tomsk, Russia, pp. 52–55.
13. Frolov, I.Ye. (ed), (2011), "Obzor gidrometeorologicheskikh protsesov v Severnom Ledovitom okeane" [The survey on hydro-meteorological processes in the Arctic Ocean], Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia.
14. Petrova, M.G. (1966), "Weather conditions of spring month decades characterized by precipitation deficit in the southeast of Western Siberia", *Sbornik novosibirskoj gidrometeorologicheskoy observatorii* [The Collection of articles of Novosibirsk Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring], Issue 1, Gidrometeoizdat, Moscow, Russia, pp. 45–62.
15. Popova, K.I. (1964), "On the problem of the atmospheric circulation of Western Siberia in summer" [The Collection of articles of Main Geophysical Observatory], Issue 164, Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR, pp. 64–73.
16. Rutkovskaya, N.V. (1979), "Klimaticheskaya kharakteristika sezonov goda Tomskoj oblasti" [Climatic characteristics of seasons in Tomsk oblast'], Tomsk State University, Tomsk, USSR.

17. Filandysheva, L.B. (2009), "The basis for zonal structural models of annual cycle seasonal rhythms in the southeast of the West Siberian Plain", *Voprosy geografii Sibiri* [Problems of Geography of Siberia], Issue 27, Tomsk State University, Tomsk, Russia, pp. 148–156.
18. Filandysheva, L.B., and Okisheva, L.N. (2002), "Sezonnnye ritmy prirody Zapadno-Sibirskoj ravniny" [Seasonal climatic rhythms in the territory of the West Siberian Plain], Peleng, Tomsk, Russia.
19. Shklyayev, V.A., Ermakova, L.N., and Shklyayeva, L.S. (2012), "Long-term changes in vegetation periods in Perm krai", *Geograficheskiy Vestnik* [The Geographical Bulletin], №2 (21), Perm, Russia pp. 68–73.
20. Shtorm, R. (1970), "Teoriya veroyatnostej. Matematicheskaya statistika. Statisticheskij control kachestva" [Probability theory. Mathematical statistics. Statistical quality control], Mir, Moscow, Russia.
21. "All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information –World Data Center", in available at: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (Accessed 01.04.2016).
22. Dong, Manyu (2012), "Trends in the thermal growing season throughout the Tibetan Plateau during 1960–2009", *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 166–167, pp. 201–206. Doi: 10.1016/j.agrformet.2012.07.013.

Поступила в редакцию: 04.05.2016

Сведения об авторах

Литвинова Ольга Сергеевна

кандидат географических наук, доцент кафедры географии, регионоведения и туризма Новосибирского государственного педагогического университета; Россия, 630126, г. Новосибирск, ул. Вилюйская, 28; e-mail: olg.litwino2011@yandex.ru

Гуляева Нина Васильевна

кандидат географических наук, профессор кафедры географии, регионоведения и туризма Новосибирского государственного педагогического университета; Россия, 630126, г. Новосибирск, ул. Вилюйская, 28; e-mail: gulyaeva_06@mail.ru

About the authors

Olga S. Litvinova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Novosibirsk State Pedagogical University; 28, Viluyskaya st., Novosibirsk, 630126, Russia; e-mail: olg.litwino2011@yandex.ru

Nina V. Gulyaeva

Candidate of Geographical Sciences, Professor, Novosibirsk State Pedagogical University; 28, Viluyskaya st., Novosibirsk, 630126, Russia; e-mail: gulyaeva_06@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Литвинова О.С., Гуляева Н.В. Структура фаз летнего сезона на юго-востоке Западной Сибири // Географический вестник = Geographical bulletin. 2016. № 4 (39). С. 57–69. doi 10.17072/2079-7877-2016-4-57-69

Please cite this article in English as:

Litvinova O.S., Gulyaeva N.V. The structure of the summer season phases in the southeast of Western Siberia during 1950–2012 // Geographical bulletin. 2016. № 4 (39). P. 57–69 doi 10.17072/2079-7877-2016-4-57-69