

25.00.30

УДК 551.524.3:551.524.36

МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Волкова В.И.,Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия,
E-mail: stav.volkova@yandex.ru**Бадахова Г.Х.**

Ставропольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Ставрополь, Россия,

Бареева М.В.,

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, Россия

Каплан Г.Л.

Компания «СторХ», г. Нетания, Израиль

ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА И КОЛЕБАНИЯ ДАТ НАЧАЛА ВЕСНЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

DOI: 10.37493/2308-4758.2021.1.8

Введение.

Работа посвящена исследованию атмосферной циркуляции над Центральным Предкавказьем в переходный период от зимы к весне, а также расчету и анализу температурного режима воздуха в феврале–марте и дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения. Особое внимание уделено изменению указанных характеристик в XX и XXI веках и расчету новых стандартных климатических характеристик по данным за опорное 30-летие 1991–2020 гг.

Материалы и методы исследования.

Информационной базой для анализа особенностей синоптической ситуации в переходный период зима-весна стали синоптические карты из архива Гидрометцентра России и Ставропольского ЦГМС. Материалом для анализа температурного режима февраля–марта и даты наступления весны явились данные наблюдений 16 метеостанций Ставропольского края за 1991–2020 гг., данные Справочника по климату СССР [17] и монографии «Ставропольский край: современные климатические условия» [4]. Исследования проводились методами синоптического, физико-статистического и регрессионного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение.

Выявлена синоптическая ситуация, характерная для момента наступления весны в Центральном Предкавказье. Рассчитаны средние значения температуры воздуха в феврале и марте, даты наступления весны в разных ландшафтах Центрального Предкавказья, рассмотрены их колебания в течение этого периода. Определены наиболее ранние и наиболее поздние даты наступления весны, а также соотношение «дружных» и затяжных весен. Дана характеристика доминирующей тенденции в многолетних изменениях температуры воздуха и оценка тренда смещения даты наступления весны в регионе.

Выводы.

Описаны система атмосферной циркуляции над Центральным Предкавказьем в переходный период от зимы к весне и синоптическая ситуация, которая с небольшими вариациями повторяется во все даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С. Показано, что имеет место повышение температуры февраля и марта, причем значительный рост температуры отмечен в XXI веке. Средняя дата наступления весны, несмотря на значительные колебания от года к году, в каждом из рассматриваемых многолетних периодов смещалась на более ранние сроки и в настоящее время стандартной климатической нормой наступления весны в Центральном Предкавказье является дата 18 февраля.

Ключевые слова:

атмосферная циркуляция, синоптическая ситуация, температура воздуха, устойчивый переход, наступление весны.

**Volkova V.I.,
Badakhova G.Kh.,
Barekova M.V.,
Kaplan G.L.** North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia;
Stavropol center on Hydrometeorology and Environmental monitoring,
Stavropol, Russia;
High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia;
«CropX» Company, Netanya, Israel

Atmospheric Circulation Transitional Period Features and Variations of Springbeginning Dates in Central Ciscaucasia

Introduction. The goal of the present study is to investigate atmospheric circulation over Central Ciscaucasia during the transition period from winter to spring. The second goal of the study is to calculate and analyses the air temperature regime in February and March. The third goal of the study is defining dates of the average daily air temperature stable transition through 0 °C upwards. The article addresses the change in these characteristics in the XX and XXI centuries and the calculation of standard climatic variables for the 1991–2020 reference 30-years period.

Materials and methods of the research. The present study was based on the Hydrometeorological Center of Russia and Stavropol CGMS archive synoptic maps. The weather observation data recorded by 16 meteorological stations in the Stavropol Territory in 1991–2020, data from the Climate Reference Book of the USSR [17] and the monograph "Stavropol Territory: modern climatic conditions" [4] were used for the analyses of the temperature regime and spring onset date estimation. The study based on synoptic, physical-statistical and regression analysis methods.

The results of the study and their discussion. The synoptic situation, typical for the moment of spring onset in Central Ciscaucasia, was revealed. The average February and March air temperature values on spring onset dates in different landscapes of the Central Ciscaucasia were estimated, and their fluctuations during this period were studied. The earliest and latest spring onset dates and the ratio of early and late spring onsets were determined. The characteristic of the dominant trend in long-term air temperature changes and the assessment of spring onset date change in the region were given.

Conclusions. The atmospheric circulation system over the Central Ciscaucasia during the transition period from winter to spring and the synoptic situation, which repeats with slight variations on all dates of the stable transition of air temperature through 0 °C, were described. The present study showed a temperature increase in February and March. The most notable temperature increase was recorded in the XXI century. Despite pronounced fluctuations from year to year, the mean spring onset dates shifted to earlier dates in each of the considered long-term periods. Currently, the standard climatic norm for the spring onset in Central Ciscaucasia is the 18th of February.

Key words: atmospheric circulation, synoptic situation, air temperature, stable transition, spring onset.

Введение

Центральное Предкавказье – относительно южный регион со сложным рельефом, значительным перепадом высот и наличием разнообразных физико-географических условий и различных ландшафтов от полупустыни до альпийских лугов среднегорья. Территория Центрального Предкавказья представлена в основном Ставропольским краем, по массивам метеорологических и синоптических данных для которого проводилось настоящее исследование. Представленная

работа посвящена анализу режима атмосферной циркуляции в переходный период от зимы к весне, выявлению типичной синоптической ситуации в дни устойчивого перехода приземной температуры воздуха через 0°C в сторону повышения, а также расчету средней многолетней даты наступления метеорологической весны в Центральном Предкавказье и анализу колебаний этих дат от года к году. Проводится также сравнительный анализ полученных результатов с данными за предыдущие многолетние периоды.

Датой устойчивого перехода температуры воздуха через определенный уровень считается тот день, после которого обратного перехода не наблюдалось, либо он был, но сумма положительных отклонений от соответствующего уровня превышала сумму отрицательных отклонений (для весны).

Даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные пределы являются очень важными характеристиками климата. Дата наступления устойчивого перехода через 0°C в сторону повышения определяет ранний или поздний сход снежного покрова, вскрытие рек, просыхание почвы и т.д. Так, в сельскохозяйственном секторе экономики знание этой даты необходимо для расчета сроков начала полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур [11, 17]. Последний факт показывает, что для развитого в аграрном отношении Ставрополя значимость знания и возможности прогноза этой даты трудно переоценить. Кроме того, знание этой даты и связанных с нею природных явлений, вплоть до возникновения уровня опасного явления, дает возможность эффективного реагирования на заранее предвиденные погодные изменения. Это обусловило проведение исследований даты наступления весны в разных регионах страны [4, 7, 9, 14, 16 и др.]. Поскольку в настоящее время планета переживает эпоху глобального изменения климата, возникла настоятельная необходимость расчета дат смены времен года, в том числе и даты наступления весны, в новых климатических условиях.

Материалы и методы исследования

Для анализа особенностей атмосферной циркуляции над Центральным Предкавказьем в переходный период зима-весна и синоптической ситуации непосредственно в дни наступления метеорологической весны использовались синоптические карты из архива Гидрометцентра России и Ставропольского ЦГМС. Исследование проводилось методами синоптического анализа. Особое внимание уделялось макросиноптическим процессам, а также характеру проявления меридиональных и зональных процессов, поскольку именно они обуславливают длительные и хорошо выраженные температурные аномалии.

Информационной базой для исследования температурного режима предвесеннего и ранневесеннего периода, а также дат перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C явились эксклюзивные данные наблюдений метеорологической станции Ставрополь за 1991–2020 годы, материалы Справочника по климату СССР [17], содержащего осредненные данные до 1960-х годов, и материалы монографии «Ставропольский край: современные климатические условия» [4], написанной на основе данных метеостанций Ставропольского края за 1961–2000 годы. Первичная обработка данных метеорологических наблюдений осуществлялась при помощи специальной программы PERSONA-MISS, дальнейшая обработка проводилась посредством программы CLICOM. Климатологический анализ обработанных данных проводился стандартными методами математической статистики, принятыми в климатологии.

Результаты исследований и их обсуждение

Положением территории Центрального Предкавказья в средних широтах определяется главная закономерность циркуляционного режима над его территорией – преобладание широтной циркуляции, сочетающейся с большой активностью фронтальных и вихревых процессов. Повторяемость широтно направленных ветров почти в шесть раз выше повторяемости ветров, ориентированных меридионально. Однако даже преобладающие направления ветра несколько изменяются в результате сезонной перестройки барического поля над Евразией и сопредельными пространствами. В осенне-зимний период характерной чертой барического поля является повышенное давление над всем материком. Азиатский барический максимум является следствием сезонного увеличения массы воздуха над континентом и связанного с ним активного циклогенеза. От этой обширной области высокого давления по югу Сибири и Казахстану простирается отрог, достигая среднего Дона и нередко Украины. Ось полосы повышенного давления располагается над широтами $50\text{--}52^{\circ}$. К югу от этой полосы, над Калмыкией и Ставропольским краем, преобладают восточные ветры, свойственные южным перифериям антициклонов. Особенно хорошо выражена широтная циркуляция в холодное полугодие. Для весны характерно ослабление азиатского антициклона (максимума) и отступление к востоку его западного отрога. Над Атлантикой усиливается азорский антициклон. Средиземноморские циклоны получают возможность продвигаться к востоку и северо-востоку. Для атмосферной циркуляции весеннего периода характерны большая изменчивость синоптических процессов и быстрая смена воздушных масс.

Сроки перехода к весне определяются синоптической ситуацией, которая складывается в регионе и благоприятствует этому событию. Структура барического поля в переходные периоды изучалась в работах [5, 6, 12, 13, 15], при этом рассматривались стратосферные барические поля в связи с переходом температуры через 0°C , а сроки перехода делились на ранние, средние и поздние.

В настоящей работе мы рассматривали характер приземного барического поля в регионе Северного Кавказа и его связь с датой наступления весны на метеостанциях региона – ранняя, средняя и поздняя. Для анализа использован архив синоптических карт сайта Meteoweb.ru. Исследование показало, что, независимо от конкретной даты, к моменту наступления весны синоптическая ситуация в регионе складывается одинаковая: широтно расположенная область высокого давления южнее 50° с.ш., включая Северный Кавказ и Закавказье, и далее к югу. По северу Европы и ЕТР – серия циклонов Исландского минимума, по югу – серия антициклонов Азорского максимума (рис. 1, а). В некоторых случаях перемычка высокого давления располагается меридионально (рис. 1, б).

С небольшими вариациями эти ситуации повторяются во все даты перехода к весне в рассматриваемом периоде с 1991 по 2020 г. При этом следует отметить, что величины приземного давления в регионе Северного Кавказа значительные: от 1016 до 1030 гПа. Одной из причин этого является высокое давление в ядре антициклона, стационарирующего над востоком Турции и Закавказьем: от 1033 гПа до 1043 гПа. Гребень этого антициклона распространяется на Северный Кавказ. Описанный стационарирующий антициклон в этом районе наблюдается в 80 % случаев рассмотренных дат наступления весны в Центральном Предкавказье.

Климат Центрального Предкавказья в целом достаточно комфортен, однако характеризуется довольно нестабильным режимом погоды. В большей степени, конечно, это относится к переходным периодам года, причем переход от зимы к весне значительно более нестабилен, чем переход от осени к зиме.

С середины 90-х годов в регионе отмечается заметное потепление [3, 10]. Долгое время считалось, что это в основном является результатом повышения температур зимнего периода [2]. Более поздние исследования показали, что в настоящее время имеет место и повышение температурного фона летнего периода [8]. Одним из результатов явилось увеличение продолжительности безморозного периода. Однако это увеличение произошло в основном за счет смещения первых заморозков на более поздние сроки, даты последних весенних заморозков изменились мало [1]. Тем не менее, температурный фон весенних месяцев так-

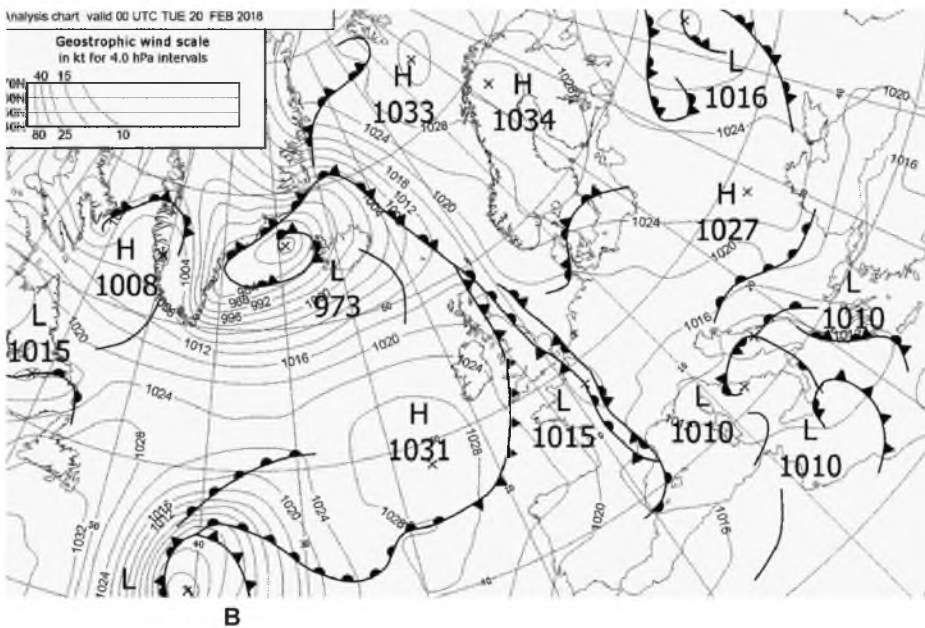
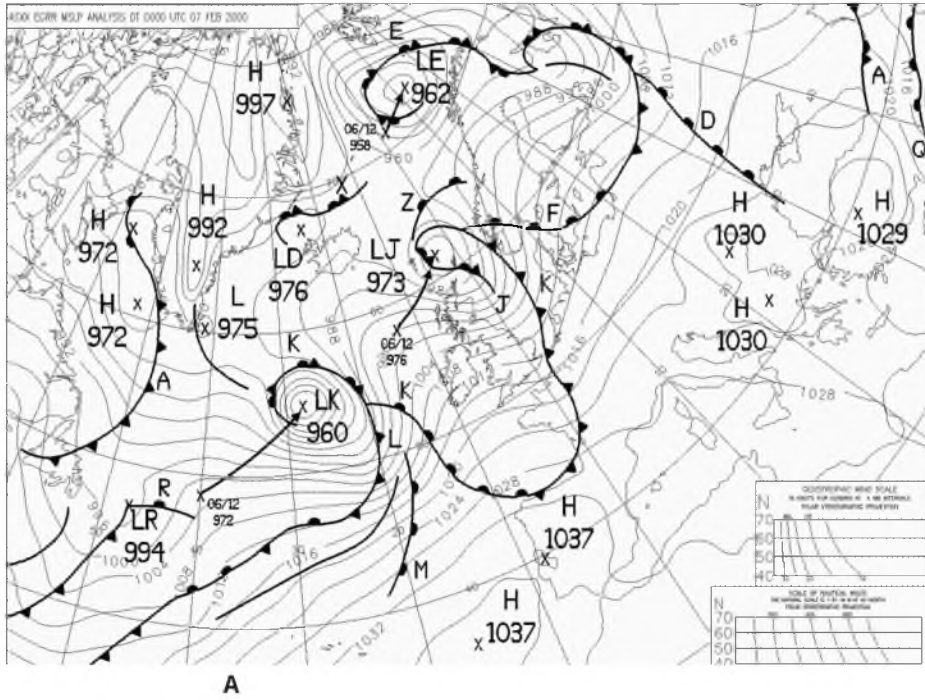


Рис. 1. Типичная структура приземного барического поля на дату перехода к весне (а – 07.02.2000; в – 20.02.2018)
Fig. 1. Typical structure of the baric near-surface field on the date of transition to spring (а – 07.02.2000; в – 20.02.2018)

же повысился. В таблице 1 приведены данные о средних температурах смежных месяцев зимы и весны для трех многолетних периодов XX и XXI веков. Из таблицы следует, что в целом за многолетние периоды по всем станциям отмечается потепление и февраля, и марта. Однако если между двумя 40-летними периодами XX века разность осредненных по территории средних месячных температур февраля составила $0,8^{\circ}\text{C}$, а марта $0,7^{\circ}\text{C}$, то разность между данными за 1961–2000 и 2001–2020 годы составила $1,7^{\circ}\text{C}$ для февраля и $2,1^{\circ}\text{C}$ для марта.

Таким образом, можно считать, что за 1961–2000 годы прирост температуры составлял $0,20^{\circ}\text{C}/10$ лет в феврале и $0,18^{\circ}\text{C}/10$ лет в марте. В новом веке прирост температуры составил $0,85^{\circ}\text{C}/10$ лет для февраля и $1,05^{\circ}\text{C}/10$ лет для марта.

При этом, однако, температурный режим этих месяцев остался крайне нестабильным. К примеру, в марте 2020 года средняя температура по краю составила $7,3^{\circ}\text{C}$, средний из абсолютных максимумов равен $23,3^{\circ}\text{C}$ (от $21,7^{\circ}\text{C}$ в Рощино до $26,1^{\circ}\text{C}$ в Новоалександровске), средний из абсолютных минимумов составил $-5,0^{\circ}\text{C}$ (от $-1,7^{\circ}\text{C}$ в Рощино до $-8,7^{\circ}\text{C}$ в Красногвардейском). Средняя по региону амплитуда мартовских температур составила $28,3^{\circ}\text{C}$ (от $23,1^{\circ}\text{C}$ в Рощино до $33,3^{\circ}\text{C}$ в Красногвардейском).

По массивам среднесуточных температур января-апреля 1991–2020 гг. были определены даты устойчивого перехода для всех метеостанций края, расположенных в разных физико-географических условиях (табл. 2).

Естественно, результатом повышения температуры воздуха в феврале и в марте явился переход даты наступления весны на более ранние сроки. По всем метеостанциям региона даты наступления весны существенно сместились на более ранние сроки по сравнению с предыдущими многолетними периодами. Однако если разность между средними датами 40-летних периодов составила в среднем 5 дней, то разность между последним 40-летним периодом и только что закончившимся 20-летним периодом – 14 дней.

В XXI веке средняя по региону Центрального Предкавказья дата наступления весны – 16 февраля, от 11 февраля в Новоалександровске до 25 февраля в Кисловодске. В новом веке четырежды средняя по региону дата устойчивого перехода средней суточной температуры через 0°C пришлась на январь, 7 раз – на февраль и 9 раз – на март. Наиболее раннее наступление весны отмечено в 2013 году – 19 января, наиболее позднее – 16 марта – в 2012 году.

Наиболее дружная весна за прошедшие 20 лет нового века была в 2008 году – на всей территории переход совершился в один день 22 февраля. Дружными также были весны в 2004, 2007 и 2017 годах,

Таблица 1. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА В ФЕВРАЛЕ И МАРТЕ В РАЗЛИЧНЫЕ МНОГОЛЕТНИЕ ПЕРИОДЫ (°С)
Table 1. Average monthly temperature of March and February in various long-term periods (°C)

| Метеостанция | 1921–1960 | | 1961–2000 | | 2001–2020 | |
|-------------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| | II | III | II | III | II | III |
| Александровское | -4,0 | 0,9 | -3,2 | 1,8 | -1,3 | 4,1 |
| Арзгир | -3,8 | 1,3 | -3,2 | 2,2 | -1,4 | 4,4 |
| Благодарный | -4,3 | 1,7 | -3,2 | 2,0 | -1,4 | 4,3 |
| Буденновск | -3,9 | 1,5 | -3,0 | 2,6 | -1,3 | 4,5 |
| Георгиевск | -3,3 | 1,5 | -2,7 | 2,3 | -0,6 | 4,9 |
| Дивное | -4,4 | 1,0 | -3,3 | 2,2 | -1,4 | 4,3 |
| Зеленокумск | -2,6 | 2,1 | -2,4 | 2,8 | -0,9 | 4,9 |
| Изобильный | -2,1 | 2,7 | -1,0 | 3,4 | 0,5 | 5,7 |
| Кисловодск | -2,6 | 1,4 | -2,3 | 1,5 | -0,8 | 3,2 |
| Красногвардейское | -3,3 | 2,3 | -2,1 | 3,1 | -0,3 | 5,1 |
| Минеральные Воды | -3,7 | 1,5 | -2,8 | 2,3 | -1,1 | 4,4 |
| Невинномысск | -3,6 | 2,1 | -2,6 | 2,4 | -0,7 | 4,5 |
| Новоалександровск | -2,6 | 2,9 | -1,3 | 3,7 | 0,3 | 5,5 |
| Рощино | -3,2 | 2,0 | -2,2 | 3,0 | -0,4 | 5,1 |
| Светлоград | -2,6 | 2,0 | -2,1 | 3,1 | -0,4 | 5,1 |
| Ставрополь | -3,0 | 1,6 | -2,8 | 1,7 | -1,2 | 3,7 |
| Среднее по краю | -3,3 | 1,8 | -2,5 | 2,5 | -0,8 | 4,6 |

когда весна наступила на всей территории за два дня: 25–26 февраля, 1–2 марта и 19–20 февраля соответственно. Самыми затяжными были весны в 2003 и 2015 годах, когда переход средней суточной температуры через 0 °С в разных районах края длился более месяца.

Особый интерес представляет дата наступления весны, рассчитанная за опорное 30-летие 1991–2020 гг., поскольку она представляет собой новую стандартную климатическую норму. Средняя по региону дата устойчивого перехода средней суточной температуры через 0 °С – 18 февраля. Отрицательный коэффициент эксцесса свидетельствует о большой разбросанности членов ряда и о том, что распределение вариационного ряда является плосковершинным. Асимметрия умеренная, левосторонняя. Среднее значение меньше медианы, а та, в свою очередь, меньше моды (табл. 3).

Таблица 2. СРЕДНИЕ ДАТЫ УСТОЙЧИВОГО ПЕРЕХОДА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ 0 °С

Table 2. Diurnal temperatures crossing 0 °C

| Метеостанция | 1921–1960 | 1961–2000 | 2001–2020 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Александровское | 11,03 | 07,03 | 18,02 |
| Арзгир | 10,03 | 05,03 | 16,02 |
| Благодарный | 08,03 | 04,03 | 17,02 |
| Буденновск | 10,03 | 03,03 | 17,02 |
| Георгиевск | 07,03 | 05,03 | 16,02 |
| Дивное | 11,03 | 04,03 | 16,02 |
| Зеленокумск | 02,03 | 28,02 | 18,02 |
| Изобильный | 28,02 | 24,02 | 12,02 |
| Кисловодск | 07,03 | 08,03 | 25,02 |
| Красногвардейское | 07,03 | 26,02 | 12,02 |
| Минеральные Воды | 08,03 | 03,03 | 16,02 |
| Невинномысск | 08,03 | 02,03 | 16,02 |
| Новоалександровск | 03,03 | 23,02 | 11,02 |
| Рощино | 07,03 | 26,02 | 14,02 |
| Светлоград | 06,03 | 26,02 | 12,02 |
| Ставрополь | 08,03 | 08,03 | 21,02 |
| Среднее по краю | 07,03 | 02,03 | 16,02 |

На рисунке 2 представлен график 30-летнего хода дат наступления весны в Центральном Предкавказье. Из графика видно, что даты наступления весны в регионе сильно варьируют от года к году. За рассматриваемый 30-летний период амплитуда средних по региону дат составила более двух месяцев: от 11 января в 1999 году до 16 марта в 2012 году. Если рассматривать данные по конкретным станциям, то колебания будут еще более значительными. Так, самый ранний приход весны отмечен 4 января 1999 года в Светлограде, Благодарном, Зеленокумске и Рощино, а самый поздний – 5 апреля 2005 года в Кисловодске. Тем не менее, несмотря на вариации дат устойчивого перехода средней суточной температуры через 0 °С в отдельные годы, имеет место выраженное их смещение на более ранние сроки.

Таблица 3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЫ НАСТУПЛЕНИЯ ВЕСНЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ В 1991–2020 Г.
Table 3. Statistical characteristics of terms of spring commencement over the Central Pre-Caucasus in 1991–2020

| Параметр | Значение |
|-----------------------------------|------------|
| Среднее значение | 18 февраля |
| Среднее абсолютное отклонение | +11 |
| Среднее квадратическое отклонение | 17 |
| Медиана | 20 февраля |
| Самое частое значение | 28 февраля |
| Самая ранняя дата | 11 января |
| Самая поздняя дата | 16 марта |
| Эксцесс | -0,52963 |
| Асимметрия | -0,44852 |

Выводы

Описаны система атмосферной циркуляции над Центральным Предкавказьем в переходный период от зимы к весне и синоптическая ситуация, которая с небольшими вариациями повторяется во все даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C : широтно расположенная область высокого давления южнее 50° с.ш., включая Северный Кавказ и Закавказье, и далее к югу; по северу Европы и ЕТР – серия циклонов Исландского минимума; по югу – серия антициклонов Азорского максимума.

Показано, что с середины XX века имеет место повышение температуры февраля и марта, причем наиболее значительный рост температуры отмечен в XXI веке. Средняя дата наступления весны, несмотря на значительные колебания от года к году, в каждом из рассматриваемых многолетних периодов смещалась на более ранние сроки и в настоящее время стандартной климатической нормой наступления весны в Центральном Предкавказье является дата 18 февраля.

Результаты данного исследования способствуют лучшему пониманию динамики и особенностей атмосферной циркуляции над Центральным Предкавказьем в переходный период от зимы к весне. Выявленная характерная синоптическая ситуация, при которой происходит устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0°C , может быть применена для уточнения прогноза даты наступления весны и долгосрочного прогноза условий погоды на начало весны в рассматриваемом регионе.

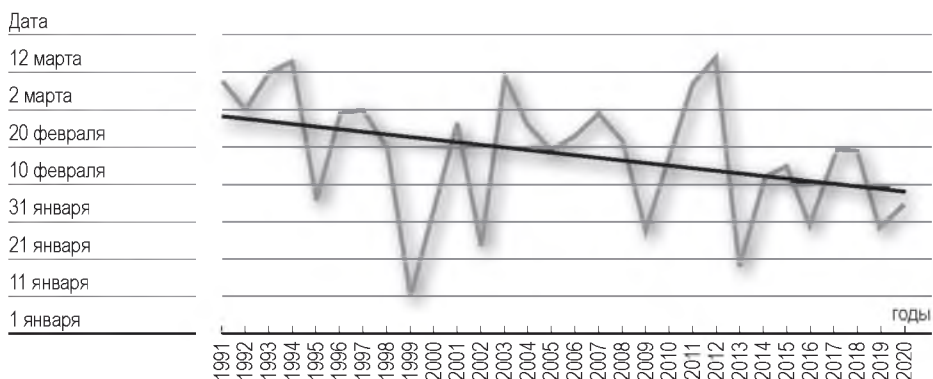


Рис. 2. 30-летний ход дат наступления весны в Центральном Предкавказье

Fig. 2. 30-years variation of the terms of spring commencement over the Central Pre-Caucasus

Для практического использования также предлагаются характеристики температурного режима переходного зимне-весеннего периода в различных ландшафтах Центрального Предкавказья в современных климатических условиях.

Библиографический список

1. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. Мониторинг, анализ и прогноз продолжительности безморозного периода в различных агроклиматических зонах Ставропольского края // Материалы 74-й регион. научно-практ. конф. «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа». Ставрополь, 2010. С. 118–122.
2. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. Тенденции изменения зимних температур в Центральном Предкавказье // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. НИЦ «Академический», 2017. С. 45–48.
3. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. Изменение режима температуры и осадков в Ставропольском крае за последние 30 лет // «Международный обмен научными знаниями, инновациями, технологиями»: Сб. статей по мат. межд. научно-практ. конф. Иркутск: Апекс, 2018. С. 5–9.
4. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: Краевые сети связи, 2007.
5. Байдал М.Х., Рафаилова Х.Х., Семенов В.Г., Храбров Ю.Б. Колебания общей циркуляции и долгосрочные прогнозы погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1967.
6. Бакулина Е.А., Угрюмов А.И. Весенние перестройки циркуляции в стратосфере в 1958–2003 годах // Ученые записки РГГМУ 2008. № 6. С. 38–44.
7. Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Носырева О.В. Переход температуры через 0 и 5 °С на юге Западной Сибири // Вестник Томского университета. 2009. № 325. С. 191–195.

8. Волкова В.И., Бадахова Г.Х., Кравченко Н.А., Каплан Г.Л. Динамика и современный температурный режим календарного лета на Ставропольской возвышенности // Наука. Инновации. Технологии. 2020. № 4. С. 149–160.
9. Гавриленко Н.М. Особенности дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С весной на Украине // Труды НИГМИ. 1962. Вып. 32. С. 18–26.
10. Каплан Г.Л. Исследование современных изменений регионального климата и их влияния на ландшафты Ставропольского края: дис. ... канд. географ. наук, Высокогорный геофизический институт. Нальчик, 2010.
11. Каплан Г.Л., Бадахова Г.Х., Вережкина С.И. Влияние регионального изменения климата на урожайность озимых культур в Ставропольском крае // Материалы международной научно-практ. конф. «Рациональное использование природных ресурсов и экологическое состояние в современной Европе». Ставрополь, 2009. С. 246–249.
12. Кац А.Л. Циркуляция в стратосфере и мезосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1968.
13. Козельцева В.Ф., Алешина А.М., Кузнецова Н.Н. Весенняя перестройка циркуляции стратосферы и устойчивый переход температуры воздуха через 0, +5 °С весной // Труды Гидрометцентра России. 2015. Вып. 353. С. 88–105.
14. Козельцева В.Ф., Педь Д.А. Данные о весенних датах устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, +5 °С по станциям западной части территории СССР. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987.
15. Педь Д.А. Смена типов циркуляции циркумполярного вихря в стратосфере // Тр. ГМЦ. Вып. 15. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 26–35.
16. Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5 °С, их прогноз и оценка // Труды Гидрометцентра России. 2012. Вып. 348. С. 162–172.
17. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Ч. 2. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1966.
18. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L., Knutas A.V. Agriculture adaptation of the south region of Russia to conditions of present climate change // VII European Conference on Applied Climatology. Holland, Amsterdam. 2008.
19. Meteoweb.ru.

References

1. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L. Monitoring, analysis and forecast of the duration of the frost-free period in various agroclimatic zones of the Stavropol Territory // Proceedings of the 74th regional scientific and practical conf. "State and prospects for the development of the agro-industrial complex of the Southern Federal District." Stavropol. 2010. P. 118–122. (in Russ)

2. Badakhova G. Kh., Kaplan G.L. Tendencies of change of winter temperatures in Central Pre-Caucasus // Actual directions fundamental and applied researches. Science-publish center «Academic», 2017. P. 45-48. (in Russ)
3. Badakhova G. Kh., Kaplan G.L. The dynamic of temperature and precipitation regimes in Stavropol region at last 30 years //International knowledge, innovations and technologies exchange. Irkutsk: Apex, 2018. P. 5-9. (in Russ)
4. Badakhova G. Kh., Knutas A.V. Stavropol Territory: modern climatic conditions. Stavropol: Regional communications network publishers, 2007. (in Russ)
5. Baidal M.Kh., Rafailova Kh.Kh., Semenov V.G., Khrabrov Yu.B. General circulation fluctuations and long-term weather forecasts. L.: Hydrometeorological publishers, 1967. (in Russ)
6. Bakulina E.A., Ugrumov A.I. Spring reconstruction circulation in the stratosphere in 1958–2003 // Memoirs of RGGMU. 2008. № 6. P. 38-44. (in Russ)
7. Barashkova N.K., Kuzhevskaya I.V., Nosyreva O.V. Temperature transition through 0 and 5°C in the south of Western Siberia // Bulletin of Tomsk University. 2009. Vol. 325. P. 191–195. (in Russ)
8. Volkova V.I., Badakhova G.Kh., Kravchenko N.A., Kaplan G.L. Dynamics and modern temperature regime of calendar summer over Stavropol Height// Science. Innovations. Technologies. 2020. № 4. P. 149–160. (in Russ)
9. Gavrilenko N.M. Features of the dates of the stable transition of the average daily air temperature through 0°C in spring in Ukraine // Proceedings of NIGMI. 1962. vol. 32. P. 18–26. (in Russ)
10. Kaplan G. L. Research of modern changes of a regional climate and their influence on landscapes of Stavropol Territory: the dissertation on a rank of the candidate of geographical sciences, High-mountainous geophysical institute. Nalchik, 2010. (in Russ)
11. Kaplan G.L., Badakhova G.Kh., Verevkina S.I. Influence of regional climate change on the productivity of winter crops in the Stavropol Territory // Proceedings of international scientific and practical. conf. "Rational use of natural resources and the ecological state in modern Europe." Stavropol. 2009. P. 246–249. (in Russ)
12. Katz A.L. Circulation in the stratosphere and mesosphere. L.: Hydrometeorological publishers, 1967. (in Russ)
13. Kozeltseva V.F., Aleshina A.M., Kuznetsova N.N. Spring restructuring of stratospheric circulation and stable transition of air temperature through 0°C, +5°C in spring // Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia. 2015. Issue. 353. P. 88–105.
14. Kozeltseva V.F., Ped D.A. Data on the spring dates of the stable transition of the average daily air temperature through 0°C, ±5°C at the stations of the western part of the territory of the USSR. Obninsk: VNIIGMI-MCD, 1987.
15. Ped D.A. Change of circulation types of the circumpolar vortex in the stratosphere // GMC, vol. 15. L.: Hydrometeorological publishers, 1973. P. 26-35. (in Russ)

16. Sadokov V.P., Kozeltseva V.F., Kuznetsova N.N. Determination of spring dates for a stable transition of the average daily air temperature through 0, + 5 °C, their forecast and assessment // Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia. 2012. Issue. 348. P. 162–172. (in Russ)
17. Handbook on the Climate of the USSR, No 13, P. 2. Temperature of air and surface soil. L.: Hydrometeorological publishers, 1966. (in Russ)
18. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L., Knutas A.V. Agriculture adaptation of the south region of Russia to conditions of present climate change //VII European Conference on Applied Climatology. Holland, Amsterdam. 2008.
19. Meteoweb.ru.

**Поступило в редакцию 28.01.2021,
принята к публикации 01.03.2021.**

Об авторах

- Волкова** Валентина Ивановна – кандидат физико-математических наук, доцент, декан физико-технического факультета. Северо-Кавказский федеральный университет
Телефон (8652) 33-02-92. E-mail: stav.volkova@yandex.ru
- Бадахова** Галина Хамзатовна – ведущий метеоролог. Ставропольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Телефон (8652) 29-44-20. E-mail: badahovag@mail.ru
- Бареева** Мариника Викторовна – кандидат физико-математических наук, ученый секретарь. Высокогорный геофизический институт. Телефон (8662) 40-74-55. E-mail: mbarekova@mail.ru
- Каплан** Григорий Львович – кандидат географических наук, ведущий специалист по дистанционным исследованиям. Компания «СторХ», Израиль.
Телефон 54-327-8994. E-mail: tomcater14@gmail.com

About authors

- Volkova** Valentina Ivanovna – PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, Head of physical-technical department. North Caucasian Federal University.
Phone (8652) 33-02-92. E-mail: stav.volkova@yandex.ru
- Badakhova** Galina Khamzatovna – Main meteorologist. Stavropol center on Hydrometeorology and Environmental monitoring.
Phone (8652) 29-44-20. E-mail: badahovag@mail.ru
- Barekova** Marinika Viktorovna – PhD in Physics and Mathematics, Science secretary. High-Mountain Geophysical Institute
Phone (8662) 40-74-55. E-mail: mbarekova@mail.ru
- Kaplan** Gregoriy – PhD in Geography, Leading specialist in Remote Sensing. «CropX» Company, Israel.
Phone 54-327-8994. E-mail: tomcater14@gmail.com