

Циркуляция атмосферы в Европейском секторе Северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму

Институт географии РАН, г. Москва
e-mail: NinaKononova@yandex.ru

Аннотация. Проанализированы колебания циркуляции атмосферы в Европейском секторе Северного полушария за период 1899-2012 гг. На фоне этих колебаний показаны особенности циркуляции атмосферы в XXI веке по годовым данным и по календарным сезонам. Показано влияние колебаний циркуляции атмосферы на температуру воздуха в Крыму.

Ключевые слова: XXI век, Европейский сектор, Крым, Северное полушарие, элементарный циркуляционный механизм, циркуляция атмосферы, температура воздуха.

Введение

Непосредственной причиной колебаний климата служат изменения характера циркуляции атмосферы. В предлагаемой работе рассматриваются изменения продолжительности групп циркуляции на протяжении 1899-2012 гг. в Европейском секторе Северного полушария в целом за год и по календарным сезонам. На фоне многолетних колебаний показаны особенности циркуляции атмосферы в начале XXI века.

Материалы и методы

Для анализа атмосферных процессов в Европейском секторе использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария, разработанная под руководством Б.Л. Дзердзеевского [1] и традиционно продолжаемая в Институте географии РАН [2].

В типизации выделяется 41 элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), которые различаются между собой направлением и количеством одновременных арктических вторжений (блокирующих процессов) и выходов южных циклонов на полушарии. По направлению перемещения барических образований на полушарии ЭЦМ объединены в 4 группы циркуляции: зональную (без блокирующих процессов), нарушения зональности (один блокирующий процесс на полушарии), меридиональную северную (2-4 блокирующих процесса и столько же выходов южных циклонов) и меридиональную южную (циклоническая циркуляция над Арктикой без блокирующих процессов, 2-4 выхода южных циклонов на полушарии). Каждый ЭЦМ длится несколько дней. Смена одного ЭЦМ другим с 1 января 1899 г. фиксируется в Календаре последовательной смены ЭЦМ.

Важной особенностью этой типизации является наличие динамических схем на каждый тип ЭЦМ, поэтому, характеризуя состояние циркуляции атмосферы над внетропическими широтами всего Северного полушария, она позволяет отслеживать перемещение барических образований в конкретном регионе.

ЭЦМ приурочены к определённому сезону. Зимние ЭЦМ не встречаются летом, а летние зимой. В переходные сезоны наблюдается наибольшее разнообразие циркуляционных процессов: помимо ЭЦМ, характерных для переходных сезонов, встречаются и зимние, и летние.

Для более подробного анализа циркуляционных процессов Северное полушарие разделено на шесть секторов [2]. Европейский сектор занимает 0-60° в.д.

Для Европейского сектора также выделены 4 группы циркуляции (табл. 1).

Таблица 1

Распределение ЭЦМ по группам циркуляции для Европейского сектора

Группы циркуляции	ЭЦМ
Широтная западная	2в, 5а, 5в, 6, 7ал, 7бл, 8вл, 11б, 11а, 11в, 11г, 12г
Долготная северная	4а, 4б, 4в, 10а, 10б,
Долготная южная	1а, 1б, 2а, 2б, 3, 5б, 5г, 7аз, 7бз, 8вл, 8гз, 8гл, 9а, 9б, 12бл, 12вл, 13з, 13л
Долготная северная + долготная южная	8а, 8бз, 8бл, 12а, 12бз, 12вз

Примечание. Для территорий, представляющих собой часть полушария, вместо терминов «зональная» и «меридиональная» применяется «широтная» и «долготная».

К широтной западной группе циркуляции отнесены те ЭЦМ, при которых в высоких широтах Европейского сектора перемещаются атлантические циклоны. Южнее зимой преобладают устойчивые антициклоны, а летом области высокого и низкого давления сменяют друг друга.

К долготной северной группе циркуляции отнесены ЭЦМ, при которых над сектором формируется блокирующий процесс.

К долготной южной группе отнесены ЭЦМ, при которых на Европейский сектор выходят средиземноморские циклоны.

Отдельно выделена группа циркуляции «долготная северная + долготная южная», при которой в одних долготах сектора происходит выход южных циклонов, а в других в их тылу или в тылу южных циклонов соседнего сектора формируется блокирующий процесс.

Для каждой группы циркуляции посчитана суммарная сезонная и годовая продолжительность за каждый год и её отклонения от средней за 1899-2012 гг.

Для сравнения изменений характера циркуляции атмосферы и температуры воздуха в Крыму использовались средние месячные данные станций Симферополь, Феодосия, Керчь, Ялта и Севастополь из базы климатических данных Института глобального климата и экологии [4].

Результаты и обсуждение

Проведен анализ многолетних изменений характера циркуляции атмосферы

В самом начале XX века по годовым данным (рис. 1а) преобладала долготная южная циркуляция (более 100 дней в году), в 20-е годы – широтная западная (120-140 дней в году). С 30-х годов по настоящее время безраздельно господствует долготная южная (с 80-х годов более 200 дней в году). В XXI в. возросла продолжительность группы циркуляции с формированием блокирующих процессов после прохождения южных циклонов (долготная северная + долготная южная). Если же рассматривать отклонения суммарной годовой продолжительности групп циркуляции от соответствующих средних (рис. 1б), то в первой половине XX века наибольшими (20-25 дней в году) были отклонения долготной северной группы циркуляции. В 60-е годы наибольшими были аномалии долготной северной в сочетании с долготной южной и долготной южной групп циркуляции (до 20 дней в году). С 70-х годов до конца века наибольшими были отклонения долготной южной (до 70 дней) и широтной (больше 30 дней) групп циркуляции. В XXI веке отклонения всех групп циркуляции, кроме долготной северной, положительны.

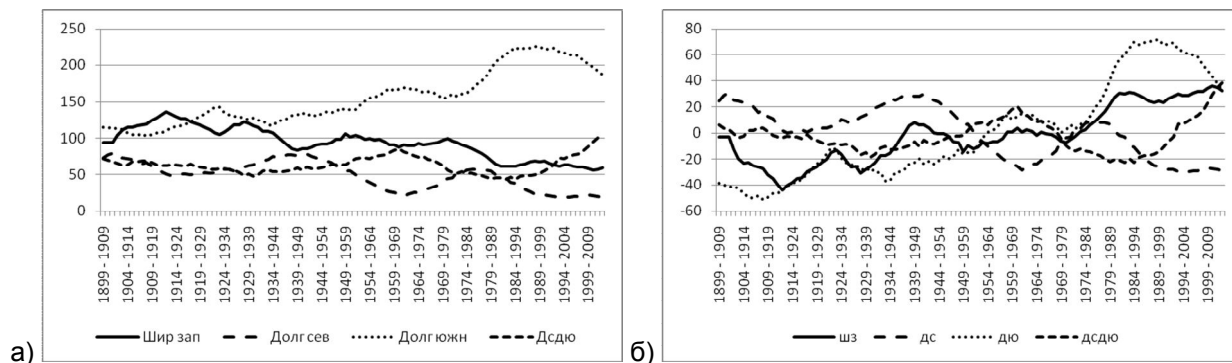


Рис 1. Суммарная годовая продолжительность (а) и отклонения от средней за 1899-2012 гг. продолжительности (б) групп циркуляции в Европейском секторе (11-летние скользящие средние): шир зап – широтная западная, долг сев – долготная северная, долг южн – долготная южная, дсдю – долготная северная в сочетании с долготной южной

Зимой с начала XX века и до конца 50-х годов господствовала широтная западная циркуляция (рис. 2а). Зимой 1903/04 гг. её продолжительность достигала 56 дней за сезон, в 1915/16 и 1921/22 гг. 60 дней, в 1919/20 и 1933/34 гг. 61 дня. При таком характере циркуляции западный отрог сибирского антициклона распространялся на южные и центральные районы Европейского сектора, а по северной его периферии проходили атлантические циклоны. Зимы в континентальной части были суровыми, а на севере мягкими. В январе 1904 г. средняя температура воздуха в Керчи была $-4,8^{\circ}$, в Феодосии была $-3,8^{\circ}$, в Севастополе $-1,8^{\circ}$ и только в Ялте она была положительной: $1,7^{\circ}$. Второй всплеск продолжительности широтной циркуляции отмечался в 70-х годах. Затем до конца XX века господствовали южные циклоны. В последнее 11-летие продолжительность широтных и меридиональных южных процессов почти одинакова: соответственно 32 и 31 день в сезоне. До 25 дней за сезон выросла продолжительность блокирующих процессов, формирующихся в тылу южных циклонов.

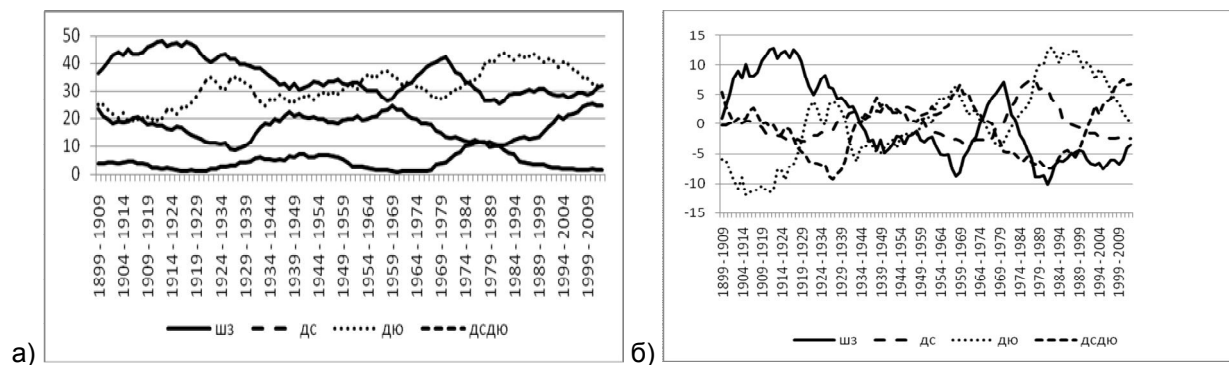


Рис. 2. Суммарная за сезон зимы (декабрь-февраль) продолжительность (а) и отклонения от средней за 1899-2012 гг. продолжительности (б) групп циркуляции в Европейском секторе (11-летние скользящие средние): шз – широтная западная, дс – долготная северная, дю – долготная южная, дсдю – долготная северная в сочетании с долготной южной

В начале XX века наибольшими положительными отклонениями от средней отличалась продолжительность широтной циркуляции, а наибольшими отрицательными – долготной южной. 30-е, 60-е и особенно в 90-е годы характеризуются положительными отклонениями от средней продолжительности долготной южной циркуляции. Они же отличаются существенным зимним потеплением в Крыму. В 1936 г. средняя температура января в Ялте составляла $7,0^{\circ}$, в 1939 г. $7,7^{\circ}$. В 1966 г. в Севастополе она составляла $6,3^{\circ}$, в Феодосии $5,6^{\circ}$. В 1984 г. средняя январская температура в Севастополе составляла $6,1^{\circ}$, в Ялте $6,3^{\circ}$, а в 1992 г. в Керчи $13,4^{\circ}$. Вместе с тем самой тёплой в Крыму оказалась зима 1914/15 гг. В этом сезоне продолжительность южных циклонов достигла средней, а продолжительность формирования блокирующих процессов в тылу южных циклонов была вдвое меньше средней. В результате средняя температура января 1915 г. в Севастополе составила $8,9^{\circ}$, в Ялте $8,8^{\circ}$, в Феодосии $7,9^{\circ}$, в Керчи $6,6^{\circ}$. Самой холодной в Крыму оказалась зима 1949/50 гг., когда продолжительность блокирующих процессов была втрое продолжительнее средней. В январе 1950 г. средняя температура января в Керчи составляла $-7,4^{\circ}$, в Феодосии $-7,8^{\circ}$, в Севастополе $-3,6^{\circ}$, в Ялте $-1,0^{\circ}$.

Весной большую часть времени господствуют средиземноморские циклоны. Особенно велика их продолжительность в конце XX – начале XXI века, более 50 дней за сезон (рис. 3а). В 1986 г. она составляла 60 дней, в 1992 г. 67 дней, в 2000 г. 62 дня, в 2002 г. 64 дня, затем последовало её уменьшение до 35 дней в 2011 г. при средней 36,5 дней за сезон. Широтная циркуляция только в 20-30-е годы составляла более 30 дней в сезоне (в 1920 и 1934 гг. 47 дней). С этого времени она постепенно уменьшалась до 3 дней в 2010 г. при средней 20,5. Продолжительность группы циркуляции «долготная северная + долготная южная» большую часть времени оставалась на уровне, близком к среднему, но в 90-е годы начала расти и в настоящее время достигла максимума (47 дней в 2012 г. при средней 21,7). Долготная северная группа в течение всего времени оказывается наименее продолжительной и в настоящее время находится в минимуме (в 2012 г. 0 дней при средней 12,1).

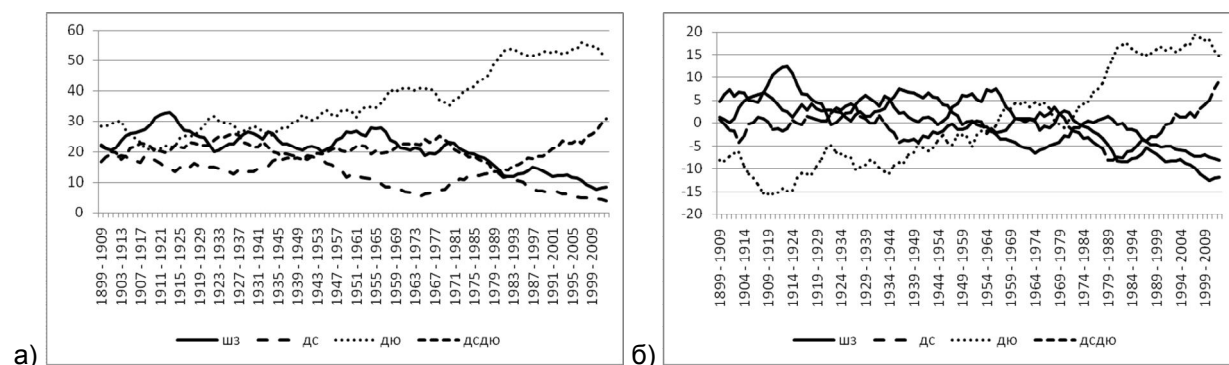


Рис. 3. Суммарная за сезон весны (март-май) продолжительность (а) и отклонения от средней за 1899-2012 гг. продолжительности (б) групп циркуляции в Европейском секторе (11-летние скользящие средние). Условные обозначения см. к рис. 2.

Наибольшими положительными отклонениями весной (рис. 3б) в начале XX века характеризовалась долготная северная циркуляция (16 дней в 1901 г.), наибольшими отрицательными – долготная южная (-24 дня в 1900 г.). В 20-е, 40-е и 60-е годы наибольшими были

положительные отклонения широтной циркуляции (26 дней в 1920 и 1934 гг.). Наибольшие отрицательные приходились на долготную южную (-34 дня в 1914 г.). В 40-е годы наибольшими положительными становятся отклонения долготных северных процессов (в 1937 г. 25 дней, в 1948 г. 21 день), затем они уменьшаются и становятся отрицательными. С 70-х годов наибольшими положительными становятся отклонения долготной южной циркуляции, которые увеличиваются до начала XXI века (в 1992 г. 30 дней, в 2002 г. 28 дней). Положительными в современный период оказываются отклонения продолжительности двух групп циркуляции: долготной южной и долготной северной в сочетании с долготной южной.

Изменение с течением времени продолжительности групп циркуляции меняет структуру сезона, что сказывается на температуре воздуха. Так, наиболее тёплый май (со средней температурой выше 17°) отмечался в Крыму в годы с положительными отклонениями от средней продолжительности широтной циркуляции, при которой в тёплом полугодии в Причерноморье зачастую устанавливается антициклон. Это 1906, 1920, 1921, 1924, 1934, 1937, 1946, 1949, 1950, 1963, 1968 гг. Начиная с 70-х годов, май становился особенно тёплым, если Крым часто оказывался в тёплом секторе средиземноморских циклонов или в сформировавшемся в их тылу антициклоне (1975, 1979, 1983, 1985, 1996, 2003, 2007 гг.).

Летом в течение почти всего XX и начала XXI века наиболее продолжительной оказывается долготная южная циркуляция (рис. 4а), при которой на Причерноморье выходят средиземноморские циклоны. При пасмурной погоде летний температурный фон оказывается преимущественно пониженным. Её продолжительность растёт от 20 дней в 1906 г. до 82 дней в 2002 г. В самом начале XX века и в 40-е годы преобладала долготная северная циркуляция, т. е. в результате арктических вторжений формировались блокирующие процессы. В условиях антициклонической циркуляции при ясном небе подстилающая поверхность, а над ней и воздух интенсивно прогревались. Её продолжительность в первой половине XX века достигала 47 дней в 1901, 1908, 1910 гг., 48 дней в 1911 г., 58 дней в 1934 г., 56 дней в 1941 г., 50 дней в 1944 г., после чего начала быстро уменьшаться и снизилась до 0 в 1998 и 2012 гг. Продолжительность широтной циркуляции, при которой летом над Причерноморьем располагается восточный отрог азорского антициклона и при ясной погоде происходит быстрый прогрев воздушных масс, росла с начала XX века к 30-м годам и в 1933 г. составила почти половину продолжительности сезона (45 дней). Затем продолжительность широтной циркуляции уменьшилась до 7 дней в 1942 г. Новый всплеск продолжительности наступил в 50-е годы (39 дней в 1955 и 1961 гг.) Затем последовало новое снижение продолжительности до 0 в 2009 г. Продолжительность циркуляции «долготная северная + долготная южная» в начале века колебалась между 0 и 17 днями (1909 г.). В 20-40-е годы в большинстве лет она отсутствовала. Всплеск продолжительности произошёл в 60-е годы (28 дней в 1960 г., 29 дней в 1969 г.). Новый всплеск отмечается в последние годы (32 дня в 2009 г. и 31 день в 2011 г.). Однако, даже при наибольших значениях продолжительность этой группы составляет не более трети продолжительности сезона.

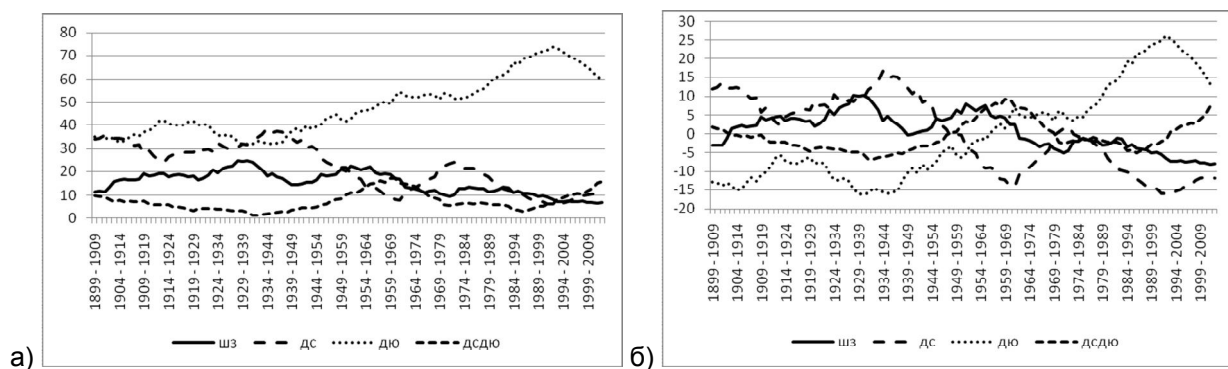


Рис. 4. Суммарная за сезон лета (июнь-август) продолжительность (а) и отклонения от средней за 1899-2012 гг. продолжительности (б) групп циркуляции в Европейском секторе (11-летние скользящие средние). Условные обозначения см. к рис. 2.

В то же время наибольшими положительными отклонениями в первой половине XX века отличалась долготная северная циркуляция (рис. 4б): 25 дней в 1901, 1908, 1910 гг.; 26 дней в 1911 г., 36 дней в 1934 г., 34 дня в 1941 г., 28 дней в 1944 г.

Несколько меньшими, но тоже положительными отклонениями отличалась широтная циркуляция: в 1919 г. отклонение составило 25 дней, в 1933 г. 30 дней, в 1955 и 1961 гг. 24 дня. С 70-х годов отклонения отрицательны, наибольшее отрицательное отклонение отмечалось в 2009 г. и составило -14,6 дня.

Преимущественно отрицательными отклонениями продолжительности отличалась группа циркуляции «долготная северная + долготная южная». Наибольшее отрицательное отклонение

составило -7,9 дня, когда эта группа циркуляции отсутствовала. Такое положение в период 1905-1948 гг. отмечалось. 14 раз. Наибольшие положительные отклонения продолжительности этой группы отмечались в 60-70-е годы и в современный период: в 1960 г. 20 дней, в 1969 г. 21 день, в 2009 г. 24 дня, в 2011 г. 23 дня.

Наибольшими отрицательными отклонениями в первой половине XX века отличалась долготная южная группа циркуляции. Они преобладали вплоть до 60-х годов. Максимальное отрицательное отклонения отмечалось в 1944 г. (-29,7 дня). В 1906 и 1945 гг. отклонение составило -27,7 дня. Максимальное положительное отклонение (33 дня) отмечалось в 1999 г., после чего произошло быстрое уменьшение продолжительности выходов средиземноморских циклонов, и в 2011 г. отклонение от средней составило всего 3 дня.

Если рассматривать циркуляционную структуру летнего сезона по величине отклонений продолжительности от средней (рис. 4б), то видна её полная противоположность в первой половине XX века и в начале XXI века. Если в первой половине прошлого века отклонения от большего к меньшему располагались в следующем порядке: долготная северная, широтная, долготная северная + долготная южная и долготная южная, то сейчас – долготная южная, долготная северная + долготная южная, широтная и долготная северная. В то же время изменение соотношения продолжительности групп циркуляции в сезоне (рис. 4а) носит несколько иной характер. Посмотрим, что и как сказалось на температуре воздуха.

Наиболее высокая средняя температура июля отмечалась в Крыму в 30-е годы: в Феодосии в 1931 г. она составляла 26,6°, в 1936 г. 27,1°, в 1938 г. 27,4°. Второй всплеск средней температуры июля происходит в начале ХХТ века: в 2001 г. 27,5°, в 2002 г. 27,0°. Аналогичные изменения отмечались в Керчи: в 1936 г. 26,2°, в 1938 г. 26,6°; в 2001 и 2002 гг. 26,6°. В Ялте наиболее высокая средняя июльская температура отмечалась в 1936 г. (27,5°). В 2001 г. она составляла 27,4°, в 2002 г. 26,7°. Наиболее высокая средняя температура июля в Севастополе отмечалась в 1938 г. (25,6°). В Симферополе наиболее высокая средняя температура июля с 1940 г. (за более ранние годы нет данных) отмечалась в 2001 г. (25,9°) и 2002 г. (25,8°). К 2010 г. она снижается до 23,8°.

В 30-е годы, как и в начале XXI века, распределение групп циркуляции по продолжительности оказывается одинаковым: наиболее продолжительна долготная южная группа, средиземноморские циклоны выносят в Крым тёплый воздух. Затем следуют долготная северная в сочетании с долготной южной, широтная западная и наименее продолжительна долготная северная группа. В начале XXI века продолжительность долготной южной циркуляции существенно больше, потому и температуры выше. К 2010 г. её продолжительность уменьшается, температура также несколько понижается.

Осенью почти в течение всего времени преобладала долготная южная циркуляция (рис. 5а). В 1899 г. её продолжительность составляла 43 дня, т. е. почти половину сезона, в 1914 г. 45 дней, в 1927 г. 58 дней и продолжала расти. В 1994 г. она составляла уже 71 день, после чего начала уменьшаться до 30 дней в 2010 г., что составляет тем не менее треть сезона.

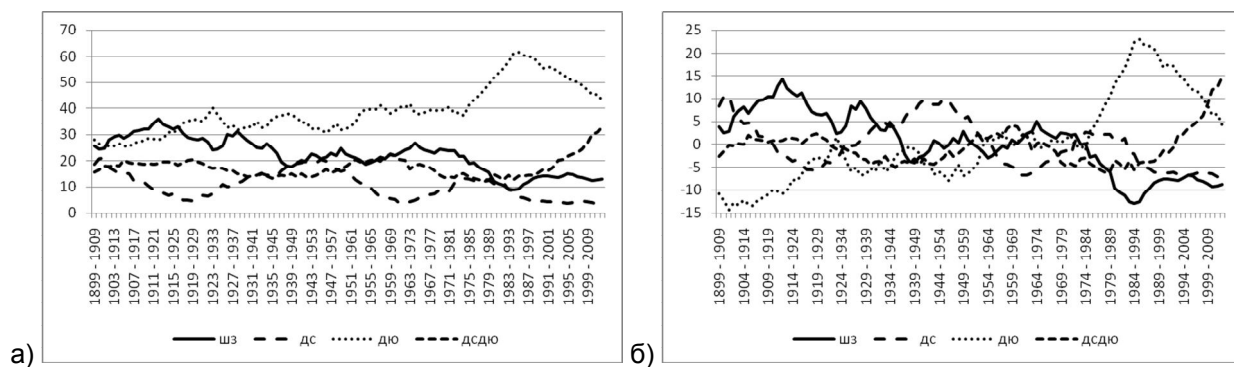


Рис. 5. Суммарная за сезон осени (сентябрь-ноябрь) продолжительность (а) и отклонения от средней за 1899-2012 гг. продолжительности (б) групп циркуляции в Европейском секторе (11-летние скользящие средние). Условные обозначения см. рис. 2.

На втором месте по продолжительности в начале XX века была широтная западная циркуляция. В период 1899-1922 гг. в 10 годах она оказывалась самой продолжительной (49 дней в 1912 и 1917 гг. и 46 дней в 1921 г.). Затем её продолжительность сильно уменьшилась и составила в 1987 г. 0 дней, а в 2012 г. 8 дней.

Приблизительно на таком же уровне до начала XXI века находилась продолжительность группы «долготная северная в сочетании с долготной южной», но с 1998 г. она начала быстро расти и достигла к 2010 г. 56 дней, а в 2012г. составляла 48 дней.

Наименьшая продолжительность характерна для долготной северной циркуляции. Всплеск её продолжительности отмечается только в 50-е годы (44 дня в 1953 г.). В XXI веке она не превышает 23 дней (2002 г.).

Наибольшими положительными отклонениями в начале XX века и в 50-е годы отличалась долготная северная циркуляция (рис. 5б), в 20-30-е и 70-е годы – широтная западная, в последнюю четверть XX века – долготная южная. В 2002-2012 гг. структура сезона по отклонениям выглядит следующим образом: долготная северная в сочетании с долготной южной на 15 дней продолжительнее средней, долготная южная – на 5 дней, а долготная северная и широтная меньше средней соответственно на 7 и 9 дней.

В соответствии с изменениями характера циркуляции атмосферы наиболее высокая среднемесячная температура воздуха осенью отмечалась при большой повторяемости ясной солнечной погоды, т. е. в конце второго десятилетия XX века, в 30-70-е годы и начале XXI века. Так, в 1918 г. в Феодосии среднемесячная температура октября была 17,9°, в Керчи 17,3°, в Ялте 18,2°, в Севастополе 17,5°. В 1974 г. она составляла в Симферополе 15,9°, в Феодосии 17,4°, в Керчи 16,4°, в Ялте 17,6°, в Севастополе 17,1°. В 2012 г. в Симферополе средняя температура октября составляла 16° и оказалась самой высокой за весь период наблюдений с 1940 г. К сожалению, по остальным станциям данные с конца XX века в используемом архиве отсутствуют.

Изменения характера циркуляции атмосферы отразились и на очень важном климатическом показателе – годовой амплитуде температуры воздуха, разности между максимальной суточной температурой летом и минимальной зимой. За неимением суточных данных амплитуда посчитана как разность между средней месячной температурой самого тёплого и самого холодного месяца в каждом году по данным станции Симферополь, освещающей начало XXI века (рис. 6). Видно, что наибольшая годовая амплитуда температуры с 1940 г. наблюдалась в 1954 г., в период преобладания в целом за год, а также в зимний и летний сезоны долготной северной циркуляции, т. е. антициклонического режима погоды с высокой температурой летом и низкой зимой. Немного уступает ей амплитуда 1972 г. (29,8°) и 1985г. В этот период при общем преобладании южных циклонов зимой заметную роль играла широтная циркуляция с распространением на юг Европейского сектора западного отрога сибирского антициклона, а летом несколько возросла продолжительность блокирующих процессов, что увеличило повторяемость антициклонической погоды. После уменьшения годовой амплитуды температуры в 90-е годы, связанного с интенсивным ростом продолжительности южных циклонов и уменьшением продолжительности антициклонических групп циркуляции, в XXI веке начался её новый рост, согласующийся с ростом продолжительности группы долготная северная в сочетании с долготной южной. В 2012 г. годовая амплитуда температуры составила 31°.

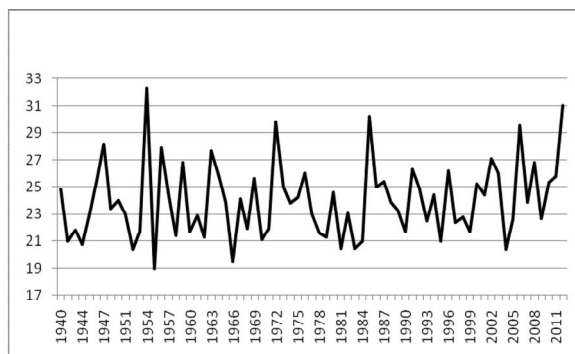


Рис. 6. Годовая амплитуда температуры воздуха в Симферополе

Выводы и рекомендации

Проведенное исследование показало, что многолетние колебания циркуляции атмосферы Северного полушария проявляются в изменении со временем годовой и сезонной продолжительности групп циркуляции в Европейском секторе. Изменение соотношения продолжительности групп циркуляции циркуляционной структуры сезона) отражается на температурном режиме территории, что показано на примере Крыма. Температура разных сезонов меняется не одинаково, в связи с чем растёт годовая амплитуда температуры воздуха, что негативно отражается на состоянии горных пород, сельскохозяйственных растений, трубопроводов и др.

Литература

1. Дзердзеевский Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов / Б. Л. Дзердзеевский, В. М. Курганская, З. М. Витвицкая // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология; Центральный институт прогнозов. – М. : Гидрометиздат, 1946. – Вып. 21. – 80 с.

2. Кононова Н. К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века / Н. К. Кононова [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.atmospheric-circulation.ru.
3. Дзердзеевский Б. Л. Сопоставление характеристик атмосферной циркуляции над северным полушарием и его секторами / Б. Л. Дзердзеевский // Материалы метеорологических исследований. – М., 1970. – с. 7-14.
4. База климатических данных Института глобального климата и экологии ((ИГКЭ) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.climatechange.su>

Анотація. М. К. Кононова *Циркуляція атмосфери в Європейському секторі Північного півкулі в XXI столітті і коливання температури в Криму.* Проаналізовано коливання циркуляції атмосфери в Європейському секторі Північного півкулі за період 1899-2012 рр. На тлі цих коливань показано особливості циркуляції атмосфери в XXI столітті за річними даними і за календарним сезонами. Показано вплив коливань циркуляції атмосфери на температуру повітря в Криму.

Ключові слова: XXI століття, Європейський сектор, Крим, Північне півкуля, елементарний циркуляційний механізм, циркуляція атмосфери, температура повітря.

Abstract. N. K. Kononova *Atmospheric circulation in the European sector of the Northern Hemisphere in the XXI century* Fluctuations of atmospheric circulation in the European sector of the Northern Hemisphere for the period 1899-2012 were analyzed. The features of the atmospheric circulation in the XXI century for annual and seasonal data were shown according to these oscillations. Impact of atmospheric circulation fluctuations on air temperature in the Crimea is shown.

Keywords: XXI century, the European sector, Crimea, the Northern Hemisphere, the elementary circulation mechanism, atmospheric circulation, air temperature.

Поступила в редакцію 01.02.2014 г.