

**РОЛЬ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ В ИЗМЕНЕНИИ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО
ПОЛУОСТРОВА В XX ВЕКЕ – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА**

*Р. В. Горбунов^{1,2}, Т. Ю. Горбунова¹, П. С. Калиновский^{1,2},
Н. К. Кононова³, О. А. Миронюк¹*

¹Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
295007 Республика Крым, Симферополь, пр. академика Вернадского, 4

²Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
295007 Республика Крым, Симферополь, пр. академика Вернадского, 4

³Институт географии Российской академии наук,
119017 Москва, Старомонетный пер., 29
e-mail: NinaKononova@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.04.2015
Поступила после доработки 21.01.2016

Введение

Крымский полуостров характеризуется обратной широтной зональностью, связанной с барьерным влиянием гор. Это обстоятельство является причиной различий в пространственно-временной дифференциации температурных полей, связанной с инсоляционной и циркуляционной позицией Крымских гор. Роль инсоляции на территории полуострова вполне понятна и чётко дифференцирована по экспозициям (склоны южной и западной экспозиции получают больше солнечной радиации, чем склоны западной и восточной экспозиций) (Боков, Горбунов, 2011; Смирнов,

2009). Роль же циркуляции атмосферы затрагивалась лишь в общих чертах — исследователи как правило ограничивались описанием синоптических процессов над полуостровом, говоря при этом о сезонных погодных отличиях (Климат и опасные..., 1982, Подгородецкий, 1988; Современные ..., 2009), не делая поправку на то, что на протяжении XX века произошла смена нескольких циркуляционных эпох над территорией Северного полушария (Дзержевский, 1956; Кононова, 2014). В работах О. В. Парубец (Парубец, 2009; Парубец, Калиновский, 2009) сделана попытка связать изменения температуры воздуха с выделенными ею периодами землепользования в Крыму, с изменением площадей орошаемых земель. Кроме того, О. В. Парубец совместно с А. В. Холопцевым дан анализ температурных рядов по нескольким метеостанциям Крымского полуострова и сделана попытка прогнозирования изменения температуры воздуха в Крыму (Холопцев, Парубец, 2014а; Холопцев, Парубец, 2014б). Н. К. Кононова (2014) описала роль групп циркуляции в изменении сезонной температуры воздуха в г. Симферополь.

Указанные работы интересны и раскрывают влияние тех или иных факторов на изменение температуры воздуха в Крыму. Однако эти работы не позволяют количественно оценить степень воздействия циркуляционных процессов на формирование температурных аномалий, и, в конечном итоге, на формирование многолетних климатических норм. В связи с этим целью данного исследования стало определение степени влияния циркуляции атмосферы на формирование температуры воздуха на территории Крымского полуострова.

Материал и методика исследований

Влияние циркуляции атмосферы на формирование климатических норм может рассматриваться в двух аспектах: в аспекте пропорции циркуляционного вклада (по В. М. Фёдорову (2011)) и в аспекте степени и устойчивости этого влияния.

Для описания влияния циркуляции атмосферы на формирование климатических норм температуры воздуха и температурных аномалий использовалась классификация элементарных циркуляционных механизмов, предложенная Б. Л. Дзердзеевским с соавторами (Дзердзеевский с соавт., 1946; Дзердзеевский, 1948). 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. С определённым типом ЭЦМ в каждом районе связаны характерные для этого типа ЭЦМ погодные (синоптические) условия с соответствующими температурными показателями. Именно это позволяет на основании типизации циркуляционных механизмов анализировать влияние циркуляции атмосферы на формирование температурных аномалий.

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) (табл. 1). Каждый ЭЦМ длится несколько дней. Смена одного ЭЦМ другим с 1 января 1899 г. фиксируется в Календаре последовательной смены ЭЦМ. (atmospheric-circulation.ru).

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.

Анализ отклонений суммарной годовой продолжительности меридиональной северной, меридиональной южной и обобщенной зональной групп циркуляции позволил выявить длительные (в несколько десятилетий) периоды положительных аномалий продолжительности какой-либо группы циркуляции. Эти периоды получили название циркуляционных эпох (Дзердзеевский, 1956).

Таблица 1

Характеристика групп циркуляции атмосферы Северного полушария в типизации Б. Л. Дзердзеевского (Кононова, 2009)

Группа циркуляции	Типы ЭЦМ, входящие в группу	Атмосферное давление в Арктике	Количество блокирующих процессов	Количество выходов южных циклонов
Зональная (З)	1 и 2	Высокое	0	2–3
Нарушения зональности (НЗ)	3–7	Высокое	1	2–3
Меридиональная северная (МС)	8–12	Высокое	2–4	2–4
Меридиональная южная (МЮ)	13	Низкое	0	3–4

С 1899 г. на Северном полушарии сменились три циркуляционные эпохи (рис. 1): две меридиональные (с 1899 по 1915 гг. и с 1957 г. по настоящее время) и одна зональная (1916–1956 гг.).

Пропорция циркуляционного вклада рассчитывалась по среднемесячным значениям согласно методике, предложенной В. М. Фёдоровым (2011). В основу расчётов были положены официальные данные по температуре воздуха на крымских метеостанциях за весь период инструментальных наблюдений, полученные в Центральной геофизической обсерватории МЧС Украины (г. Киев). Для имеющихся за определенный период (1899—2013 гг.) рядов инструментальных наблюдений по 23 метеостанциям Крымского полуострова рассчитывались отклонения от среднего многолетнего значения (аномалии). Далее определялась пропорция вклада каждого ЭЦМ в формирование величины и знака аномалии.

По данным Календаря последовательной смены ЭЦМ (atmospheric-circulation.ru) определялась продолжительность действия каждого типа

ЭЦМ в пределах каждой циркуляционной эпохи. После этого по данным выборки рассчитывалась среднемесячная продолжительность (в сутках) действия отдельных типов ЭЦМ для случаев с положительной и отрицательной аномалией.

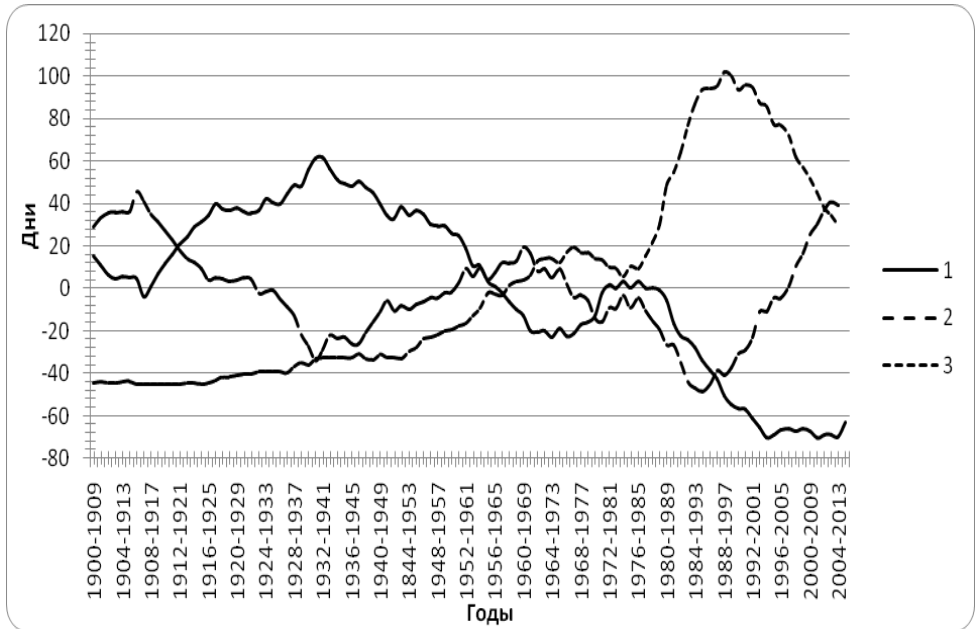


Рис. 1. Отклонения продолжительности групп циркуляции Северного полушария (10-летние скользящие средние) за 1899—2013 гг. от средней за тот же период:

- 1 — зональная + нарушение зональности; 2 — меридиональная северная (блокирующие процессы); 3 — меридиональная южная.

Допуская, что связанные с отдельными типами ЭЦМ характеристики температуры воздуха вносят определённый вклад в формирование как положительной, так и отрицательной аномалии годовых значений температуры, для каждой циркуляционной эпохи рассчитывалась пропорция вклада (весовые отношения) каждого типа ЭЦМ в формирование температурной аномалии. Принимая сумму

продолжительности действия отдельных типов ЭЦМ для случаев с положительной и отрицательной аномалией за единицу, и, произведя деление среднемесячных значений на сумму этих значений, получаем пропорцию циркуляционного вклада каждого типа ЭЦМ в формирование положительной и отрицательной аномалии. Результатом расчётов является ряд пропорций циркуляционного вклада всех типов ЭЦМ в формирование положительной и отрицательной температурной аномалии.

Для оценки степени и устойчивости влияния ЭЦМ на формирование температурных аномалий необходимы данные по среднесуточным значениям температуры. Такие данные с достаточно длинным и непрерывным рядом в распоряжении авторов были только по метеостанциям Симферополь и Феодосия. Эти данные представлены в открытом доступе на сайте (www.cliware.meteo.ru).

На первом этапе оценивали степень влияния общей циркуляции атмосферы на среднесуточную температуру. При этом влияние внутригодовой динамики оценивалось не по абсолютным значениям температуры, а по отклонению среднесуточной температуры от среднемесячной.

В дальнейшем полученные данные подвергались однофакторному дисперсионному анализу, где набор ЭЦМ рассматривали в качестве градаций организующего фактора. В качестве выборки значений результативного признака использовались выборки среднесуточных отклонений за рассматриваемую циркуляционную эпоху.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ пропорций циркуляционного вклада позволил выявить в пределах каждой циркуляционной эпохи типы ЭЦМ, которые характеризуются наибольшей устойчивостью в формировании положительных или отрицательных температурных аномалий. Эти типы ЭЦМ были сгруппированы в таблицу 2. В таблицу занесены только те ЭЦМ, при которых на всех метеостанциях наблюдался одинаковый знак пропорции циркуляционного вклада.

Таблица 2

Наиболее устойчивые типы ЭЦМ по знаку пропорции циркуляционного вклада на территории полуострова Крым

Месяц	Циркуляционные эпохи					
	меридиональная северная		зональная		меридиональная южная	
	+	-	+	-	+	-
1	1б, 5б, 8а, 8гз	1а, 7аз, 10а, 11в, 11г, 12г, 13з	1б, 4б, 5г, 6, 8вз, 8гз, 9б, 10б, 11б, 12бз	1а, 5б, 7бз, 10а, 11в, 11г	4а, 6 11б, 11в, 12бз	8бз, 8гз, 13з, 13л
2	4а, 5г, 7аз, 8а, 8бз, 8вз, 8гз, 9б, 10а, 11б, 12а, 12г	1а, 5а, 5б, 7бз, 11а, 11в, 12бз, 13з	3, 4в, 7аз, 8а, 11б, 12а, 12бз	4а, 5а, 5б, 5в, 8бз, 8вз, 8гл, 11в, 13з	8гз, 11а, 11б, 12а	5б, 5в, 5г, 9б, 10б, 12г
3	1б, 3, 4б, 5а, 11б, 11в, 11г, 12бл	1а, 6, 7бз, 8бз, 8гз, 9а, 9б, 10а, 10б, 12вл	1б, 4в, 5б, 8вз, 11а, 11б, 11в, 11г	3, 4б, 6, 10а	1а, 6, 8вл, 9б, 11б, 12а, 12бз, 12бл	2в, 4а, 4в, 5в, 10б, 11а, 11в, 12вз, 12г, 13з
4	1б, 3, 4б, 4в, 6, 7ал, 8бз, 8бл, 8вл, 9а, 10а, 11г, 12бз, 12г	1а, 5в, 5г, 7аз, 7бз, 7бл, 8вз, 9б, 10б, 11б, 12а, 12бл, 12вз, 12вл	9б, 11б, 12а, 12бл	3, 4в, 6, 8бл, 8вл, 8гл, 11в, 13з	4а, 4в, 12а, 12бз	2б, 2в, 5а, 8гз, 10б, 11б, 11в, 11г, 12вз, 12вл
5	2в, 8бз, 8вз, 8вл, 10а	2б, 7бл, 8гл, 10б, 12г	2б, 5г, 7аз, 7ал, 9б, 10а, 12вл, 12г	1а, 3, 4в, 5б, 8а, 10б	2б, 3, 6, 8вл, 12вз	8бз, 8бл, 8вз, 9б, 10б, 11а, 11г, 12бз, 12г
6	2б, 10а, 10б, 12а	6, 8а, 8бл, 12бл, 12вл	2а, 3, 8гл, 12а, 12бл, 12вл	7ал, 8а, 8бл, 12г	2в, 6, 9а, 10б, 12а	2а, 4а, 4в, 8вл, 8гл, 10а, 11г, 12бз

Месяц	Циркуляционные эпохи					
	меридиональная северная		зональная		меридиональная южная	
	+	-	+	-	+	-
7	2б, 6, 7ал, 8бл, 8гл, 10а, 12а, 13л	2а, 3, 8вл, 9а, 10б	2б, 4в, 8гл, 12а, 12вл, 13л	2а, 3, 9а, 10б	9а, 12бл, 12г, 13л	1б, 2а, 2б, 3, 4а, 4б, 5г, 7бл, 8бл, 8вл, 11а, 11б, 11г 1б, 2б, 4а, 4б, 5а, 5г, 7бл, 8а, 8бз, 8бл, 9б, 10а
8	3, 4б, 10б	2а, 8а, 9а, 12бл	1а, 5б, 7бл, 10а	2а, 2б, 4б, 7ал, 8а	3, 9а, 12а, 12бз, 12бл	1а, 2б, 2в, 4а, 5г, 8бл, 8вз
9	1а, 4в, 5б, 5в, 7ал, 8бз, 8бл, 10а, 11в, 13л	2б, 4б, 7аз, 7бз, 7бл, 12а, 12бл, 12вл, 12г	1а, 1б, 2б, 2в, 4а, 4в, 5б, 5в, 5г, 6, 7аз, 8а, 8гз, 10а, 11б, 12а, 13л	4б, 7ал, 7бз, 7бл, 8вл, 8гл, 11в, 11г, 12вз, 12вл, 12г	5в, 7бл, 8гз, 8гл, 9а, 9б, 12а	1а, 2а, 4б, 5а, 5б, 5в, 5г, 7бл, 8бз, 8вз, 10а, 11в, 13л
10	1а, 3, 5а, 6, 7бз, 8бл, 8гл, 9а, 12а, 12бл, 12г	1б, 7ал, 8а, 8бз, 8вз, 8вл, 8гз, 10б, 11б, 11г	4в, 5б, 5в, 6, 7бз, 9б, 10б, 12бз, 12г	4а, 4б, 5а, 8а, 8вл, 8гз, 10а, 11в, 12а, 12вз	4в, 6, 7бз, 8гз, 9а, 12а, 12бз, 12бл, 12г	1а, 2а, 4б, 5а, 5б, 5в, 5г, 7бл, 8бз, 8вз, 10а, 11в, 13л
11	7аз, 7бз, 8а, 8гл, 10а, 10б, 11б, 12а	5г, 8бз, 11а, 13з	3, 5г, 8вз, 8гз, 9б, 11а, 11б, 11в, 12а, 12вл	1а, 4а, 5б, 7аз, 9а, 10а, 11г, 13з	5б, 8бл, 8вз, 8гз, 11б, 12а, 12бз, 12вз	1а, 3, 4б, 6, 7бл, 8вл, 8гл, 9а, 11в, 12бл
12	6, 11в, 12бз, 12г	1а, 4а, 5г, 8бз, 8гз, 12вз	5а, 8а, 8гз, 10б, 11б, 11г, 12бз, 12г	7аз, 8вз, 11а, 11в, 12а, 12вз	3, 4в, 5а, 5б, 5в, 12бз, 12вл	4а, 4б, 7бз, 8бл, 13з

При этом, учитывая наличие рядов данных, при анализе меридиональной северной циркуляционной эпохи использовались данные 6 метеостанций (Ай-Петри, Алушта, Керчь, Севастополь, Феодосия, Ялта), при анализе зональной циркуляционной эпохи — 7 метеостанций (Ай-Петри, Карадаг, Керчь, Севастополь, Симферополь, Феодосия, Ялта), при анализе меридиональной южной циркуляционной эпохи — 23 метеостанций (рис. 2).

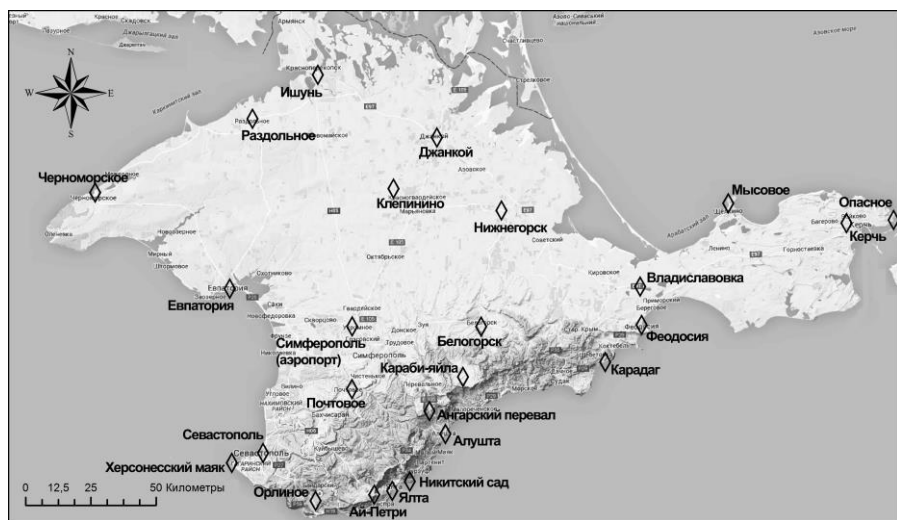


Рис. 2. Метеостанции, использовавшиеся для анализа температурных аномалий в период меридиональной южной циркуляционной эпохи.

На следующем этапе оценки влияния типов ЭЦМ на формирование среднемесячных температур анализировалась степень их влияния и устойчивость. При этом влияние ЭЦМ на отклонения среднесуточных температур демонстрировало статистически достоверный уровень на полном протяжении каждого анализируемого периода, однако при этом степень влияния общей циркуляции атмосферы, рассчитанная по Н. А. Плохинскому (1970), находилась на уровне 4–14 % от величины отклонения. При этом следует отметить снижение роли общей циркуляции атмосферы в формировании

климатических аномалий при смене эпох. Как видно из рис. 3 и 4, меридиональная северная циркуляционная эпоха характеризуется минимальной амплитудой значений коэффициента Н. А. Плохинского.

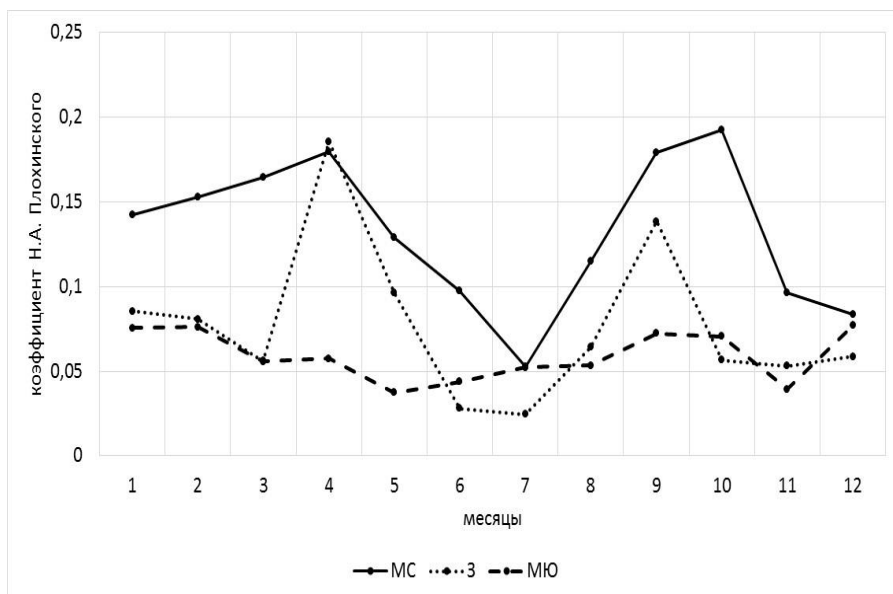


Рис. 3. Внутригодовая динамика степени влияния общей циркуляции атмосферы на формирование температурных аномалий по данным метеостанции Феодосия.

При этом отмечается смещение максимумов влияния общей циркуляции атмосферы на формирование температурных аномалий в зональную циркуляционную эпоху с февраля и октября на апрель и сентябрь при сильном сглаживании пиков в меридиональную южную циркуляционную эпоху. Минимум степени влияния общей циркуляции атмосферы сместился с июля на май — июнь (рис. 3, 4).

Причиной относительно небольшого влияния общей циркуляции атмосферы может быть неодинаковая степень влияния отдельных типов ЭЦМ на исследуемый показатель. В связи с этим представляет отдельный интерес выделение наиболее сильно влияющих на температуру типов ЭЦМ.

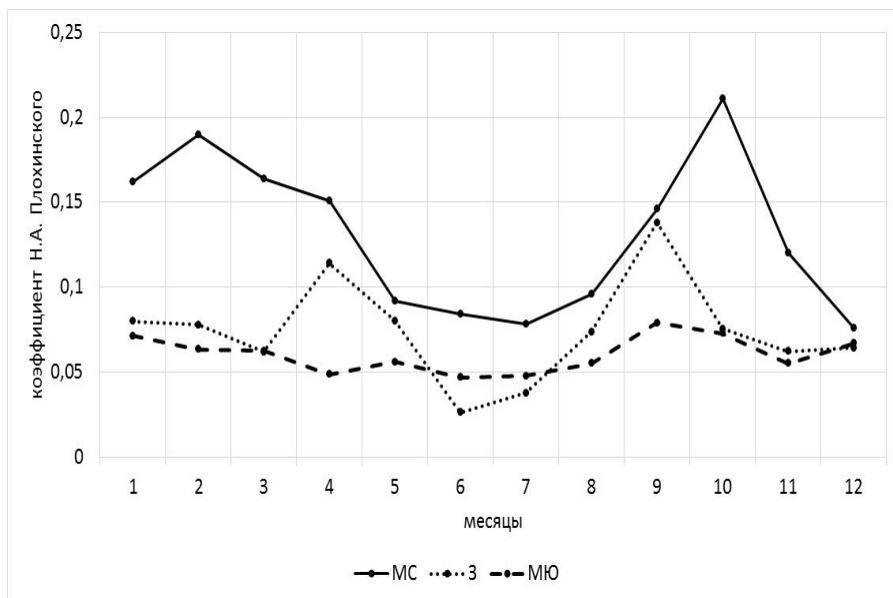


Рис. 4. Внутригодовая динамика степени влияния общей циркуляции атмосферы на формирование температурных аномалий по данным метеостанции Симферополь.

Для этого устанавливали среднюю степень влияния каждого типа ЭЦМ на среднесуточную температуру (ее отличие от среднемесячной для каждого месяца в течение отдельной циркуляционной эпохи), и сравнивали с собственной ошибкой. Полученные показатели были отнесены к 3 категориям: А) неустойчивое влияние (ошибка среднего достоверно больше среднего); Б) устойчивое влияние (среднее достоверно больше своей ошибки); В) промежуточное влияние. Процедура их сравнения принималась аналогичной процедуре проверки гипотезы о равенстве генеральных дисперсий. Для признания различий достоверными соотношение сравниваемых величин должно было превысить табличное значение критерия Фишера.

Физический смысл определения устойчивости влияния заключается в том, что для устойчивого влияния можно утверждать, что в данном месяце данный тип ЭЦМ будет давать отклонения от среднемесячной температуры одного и того же знака; в то же время неустойчивое влияние, когда средняя аномалия температуры для данного типа ЭЦМ близка к нулю, при достаточно большой ошибке означает, что, хотя влияние может быть достаточно большим в каждом конкретном случае, его знак трудно предскажем. Результаты проведенного анализа представлены в таблице 3.

Анализируя конкретные случаи влияния типов ЭЦМ на формирование температурных аномалий, можно выделить следующие особенности: для первой циркуляционной эпохи (1899—1915 гг.) характерно наличие типов ЭЦМ с устойчивым влиянием в весенний и осенний периоды. К типам ЭЦМ, достоверно повышающим температуру, относятся ЭЦМ 1а, 1б, 2а, 4а, 5б, 8вл, 8вз, 9а. В свою очередь, типы ЭЦМ 2в, 4в, 5в, 5г, 6, 8гл, 9б, 11в, 13з приводят к статистически достоверно устойчивому понижению температуры.

Для второй циркуляционной эпохи (1916—1956 гг.) характерно наличие небольшого количества ЭЦМ устойчивого влияния. Статистически достоверным влиянием на повышение температуры воздуха обладают ЭЦМ 2а, 4в, 5г, 8вл, 8гл, 9а, на понижение температуры — ЭЦМ 1а, 5б, 8вл, 9б.

Для третьей циркуляционной эпохи (1957—2013 гг.) характерно наличие ЭЦМ устойчивого влияния в весенне-летний период. К типам ЭЦМ, имеющим статистически достоверное влияние на повышение температуры, относятся ЭЦМ 1а, 2а, 2в, 5в, 5г, 8бз, 8гл. В свою очередь, типы ЭЦМ 1б, 3, 4а, 5г, 8вз, 11а, 12бз, 12бл приводят к статистически достоверно устойчивому понижению температуры.

В дальнейшем анализе подвергалась динамика степени влияния тех типов ЭЦМ, которые продемонстрировали устойчивое по знаку влияние на температуру. Внутригодовая динамика степени влияния устойчиво влияющих типов ЭЦМ отражена в таблицах 4, 5.

Таблица 3

Типы ЭЦМ, характеризующиеся устойчивым и промежуточным влиянием на формирование температурных аномалий (У – устойчивое влияние, П – промежуточное влияние; знаки «+», «-» – знаки температурных аномалий)

знак	Феодосия						Симферополь					
	МС		З		МЮ		МС		З		МЮ	
	У	П	У	П	У	П	У	П	У	П	У	П
	<i>Январь</i>											
+		1б; 8а; 8гз; 11г; 13з		9б				1б; 8а; 8гз; 13з		6; 9б		
-		1а; 10а			12бл			1а; 10а				12бл
	<i>Февраль</i>											
+	1а	12а	4в				1а	7бз	4в			9а
-	5г	8вз; 13з				4б; 8бз	5г					8бз
	<i>Март</i>											
+	1б; 4а	1а; 11в; 12а		8бл; 8гл	2в	7ал		4а; 11в		8гл; 12вл	2в	
-	13з	5а; 6; 7бз; 8бз; 9а; 10б		4в		8вл; 8гл	6	5а; 7бз; 9б; 13з		9б		8вл; 8гл
	<i>Апрель</i>											
+	5б	1а; 3; 8бл; 10б	2а	2б; 8гл; 9а; 9б		4а; 5в; 7бз; 8бз	5б	1б; 5в		2а; 2б; 9б		5в; 7бз; 8бз
-	4в; 8гл	2а; 8вл; 11б; 12вз		1а; 1б; 4а; 5б; 7аз; 8вз; 8вл	5г	2б; 11а	4в	2а; 6; 8вл; 12вз	8вл	5а; 8вз	5г	2б; 2в

знак	Феодосия						Симферополь					
	МС		З		МЮ		МС		З		МЮ	
	У	П	У	П	У	П	У	П	У	П	У	П
	<i>Май</i>											
+	8вл	2б; 2в; 8бз; 8гл; 12вз	5г	8бз	1а	16; 8бз	8вз	2б; 8вл; 8гл; 12г		5б; 5г; 7аз; 8бз	1а	16; 8бз
-	11в	11а; 12бз	1а; 9б	8гз	8вз	8гз; 11г; 12бз; 12вз	11в		9б	1а; 8гз; 11а	8вз; 11а	4а; 12бз; 12вз
	<i>Июнь</i>											
+		2а; 8бл			5в			2б; 8бл		12а	5в	
-		8вл; 12вл		8вл		4а; 12бз		8вл		12г	4а; 12б	
	<i>Июль</i>											
+		13л		12а	5г	7ал		13л			5г	7ал
-		2а; 8вл			1б	4а					1б	4а
	<i>Август</i>											
+		7бл; 8гл		3; 12вл	8бз	8гз; 12г		7бл; 12а		3; 12вл	8бз	8гз; 12а
-	2в	2а; 8бл; 9б; 12в	5б	1а; 12а	1б	1а; 4а; 7бл; 11г		2а; 9б	1а	5б; 12а	1б	1а; 4а; 7бл; 11г
	<i>Сентябрь</i>											
+	2а	2б; 2в; 7ал; 7бз; 8бл; 8вл; 9а	8вл	1б; 4в; 5г; 12б		2в; 5в; 7бз	9а	2а; 2б; 2в; 7бз; 8бл		2б; 4а; 5г; 8вл; 12бл		2в; 5в; 7бз
-		6; 8вз; 11в; 12вз; 13з		2а; 2в; 12г		8гз; 11б		1а; 8вл; 11в; 13з		2в; 11б		7бл; 8гз; 11б

знак	Феодосия						Симферополь					
	МС		З		МЮ		МС		З		МЮ	
	У	П	У	П	У	П	У	П	У	П	У	П
	<i>Октябрь</i>											
+	1а	3; 6; 7ал; 8бз; 8вл		4в; 8гл; 9а		8вл; 8гл		1а; 6; 7ал	8гл	4в		8вл; 8гл
-	5в; 9б	8вз		9б; 12вл		2а; 5в		8вз; 12г		9б; 12вл		2б; 5в
	<i>Ноябрь</i>											
+		8вз; 8гл; 11г			2а; 8г	8вл; 12бл 13л		1б; 11г	9а		2а; 8гл	8вл; 12бл
-		4а; 5в; 9б		5в; 9а		7бл		5в				4в
	<i>Декабрь</i>											
+		1а; 6		9б		5г; 10б		1а		9б		5г
-						3; 4в		6; 8а			3	4в

Таблица 4

Внутригодовая динамика степени влияния устойчиво влияющих типов ЭЦМ на метеостанции Феодосия (среднемесячное значение отклонения от среднемесячной температуры воздуха, °С)

Тип ЭЦМ	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Меридиональная северная циркуляционная эпоха</i>												
1а	-3,68	10,19	1,53	3,45					-1,46	1,77	0,13	3,41
1б	3,95	1,69	4,85	0,38						0,91	-1,37	0,54
2а				-2,65		1,02	-1,11	-1,11	3,10			
2в					1,29		-0,14	-1,12	2,10			
4а		0,21	4,07	0,01						-0,85	-1,38	0,90
4в				-4,99	-1,60	0,37	0,23	0,76	-2,35			
5б	2,74	-0,50	0,04	1,30					-0,81	-2,24	-0,29	1,29
5в		-0,55		0,95					1,71	-4,31	-2,56	
5г	-2,08	-6,44		0,74					1,65	2,73	-2,95	1,10
8вЛ				-2,42	3,01	-1,43	-0,50	-2,73	1,76	1,55		
8гЛ				-0,19	2,88	0,14	0,14	0,80		-0,54	3,63	
9б		-0,28	-0,56	1,39				-2,05		-1,43	-1,85	0,10
11в	-2,70	-0,26	2,44		-3,78				-3,47	-0,47	-0,84	-3,78
13з	7,77	-4,96	-4,78						-1,77	3,33	-0,16	-3,27

Тип ЭЦМ	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Зональная циркуляционная эпоха</i>												
1а	-0,81		0,67	-1,85	-2,02			-3,66	-1,62	-0,61	-1,24	0,52
2а	-2,44			2,41	1,30	-0,14	0,32	0,62	-2,41			
4в		2,22	-1,18	-0,49	0,56	0,15	-0,24	0,00	3,07	1,63		
5б	1,78	0,30	-0,64	-2,85	1,63			-1,79	-0,05	0,11	-0,08	0,81
5г	-0,24	1,21	-1,00	-1,86	0,29				2,47	0,34	3,19	1,22
8вл				-3,31		-2,56	0,35	-1,00	4,27	0,17		
9б	2,97	3,32	-1,70	2,23	-3,23				-0,55	-3,29	0,54	2,83
<i>Меридиональная южная циркуляционная эпоха</i>												
1а	-0,15	-0,85	1,02	-0,63	2,50			-1,21	0,74	0,89	0,24	1,21
1б	1,70	-0,96	0,26	-0,03	0,25		-1,83	-0,90	0,33	1,05	-0,14	0,83
2а	2,38		-0,67	0,22	-0,35	0,35	0,37	0,31	-0,55	-2,61	3,16	
2в			8,20	-0,33	-1,80	1,09	0,47	0,57	4,57	2,20	2,44	
5в	2,51	-1,10	1,11	1,27		5,57			2,29	-3,48	-2,07	-0,43
5г	0,43	2,46	-1,95	-3,43			2,88	-0,10	-0,91	-1,31	-1,24	4,16
8бз	-1,66	-1,70	-0,76	2,44	2,76			1,54	-0,18	0,16	-0,92	-3,85
8вз	-1,18	-1,36		-0,49	-2,60			0,43	0,23	-0,20	0,77	2,91
8гл			-2,77	1,12	-0,54	-0,60	-0,44	-0,33	0,69	5,40	1,96	
12бл	-3,68		0,24	0,27	0,22	-0,38	-0,10	-0,23	0,27	0,15	2,40	

Таблица 5

**Внутригодовая динамика степени влияния устойчиво влияющих типов ЭЦМ на метеостанции
Симферополь (среднемесячное значение отклонения от среднемесячной температуры воздуха, °С)**

Тип ЭЦМ	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Меридиональная северная циркуляционная эпоха</i>												
1а	-3,06	8,98	0,25	2,43					-0,47	2,15	0,21	4,36
4в				-4,10	-0,79	1,21	0,73	0,69	-1,71			
5б	2,17	-0,47	0,10	0,95					-0,92	-2,59	0,49	1,66
5г	-2,20	-8,40		1,83					1,09	2,30	-1,40	-0,51
6			-1,05	-5,08	0,81	-0,29	0,27	-1,37	-1,37	6,11	0,42	-3,23
8вз			0,62		-2,34					-2,05	7,09	
9а				-0,52	1,72	0,58	-0,81	-0,56	3,90	-3,64	-0,26	
11в	-3,74	-0,44	5,56		-4,23				-2,68	-0,91	-2,16	-3,24
<i>Зональная циркуляционная эпоха</i>												
1а	-0,88		1,13	-1,43	-2,22			-4,69	-1,55	-0,97	-0,90	-0,74
4в		3,64	-0,32	-0,84	0,18	-0,06	0,28	0,18	3,21	1,86		
8вл				-2,57				-0,20	4,47	-0,27		
8гл		-1,09	6,87	1,77	0,03		-0,11	-0,36	0,75	0,85		
9а			2,82	2,84	-0,60	0,42	0,58	0,12	0,39	1,09	1,30	
9б	4,65	4,56	-3,13	2,42	-4,07				0,13	-4,55	1,70	3,18

Тип ЭЦМ	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Меридиональная южная циркуляционная эпоха</i>												
1а	0,02	-0,46	1,51	-0,27	6,43			-1,24	0,77	0,83	0,45	1,01
1б	0,78	-0,70	-0,17	-0,06	1,03		-2,07	-1,16	0,08	0,86	0,05	1,40
2а			-0,88	0,53	-0,41	0,29	0,50	0,67	-0,40	-1,94	0,78	
2в			11,32	-1,18	-2,02	1,31	-0,04	0,56	5,39	4,24	2,57	
3	0,08	-0,96	2,78	0,40	0,32	1,43	0,20	-0,17	0,52	2,64	-1,39	-7,57
4а	-0,76	-0,53	-2,67	0,18	-2,56	-2,12	-1,85	-3,27	-2,42	0,49	-2,32	-1,24
5в	3,49	-0,74	2,49	1,59		5,40			2,59	-4,40	-2,45	-0,63
5г	1,08	2,75	-1,96	-4,51			2,74	-0,04	-1,13	-1,73	-0,71	4,86
8бз	-1,52	-1,91	-2,20	3,16	2,81			1,74	-0,65	0,06	-1,10	-2,96
8вз	-0,43	-1,93	0,72	-0,62	-1,55			0,59	0,20	-0,45	1,37	2,52
8гл			-3,47	0,71	-0,51	-0,38	-0,22	-0,71	2,00	7,48	4,09	
11а	-0,75	-0,08	-0,95	-1,77	-5,22		1,61		-0,51	-0,66	0,11	0,43
12бз	2,36	1,06	-0,22	0,71	-5,20	-2,27		-3,40	-0,21	-0,25	-0,39	0,03

Общей для всех случаев тенденцией является повышение абсолютного значения степени влияния в весенний и осенний периоды. При этом указанные закономерности вполне согласуются с уже приведёнными данными по степени влияния общей циркуляции атмосферы.

Если более детально рассматривать случаи устойчивого влияния ЭЦМ на изменение температуры воздуха и проанализировать, какие синоптические ситуации на тот момент действия каждого конкретного типа ЭЦМ развиваются над территорией Крымского полуострова, можно найти в каждой циркуляционной эпохе некоторые общие тенденции.

Если в **меридиональную северную циркуляционную эпоху** Крымский полуостров оказывается на границе циклонической и антициклонической областей, т. е. во фронтальной зоне, над Крымским полуостровом весной и осенью происходит устойчивое понижение температуры воздуха (ЭЦМ 2в, 13з), а зимой — повышение (ЭЦМ 4а). Если весной Крым оказывается в западном отроге сибирского антициклона (ЭЦМ 1а, 5б, 8вз), происходит устойчивое повышение температуры воздуха за счёт повышенной инсоляции. Выходы южных циклонов на полуостров (ЭЦМ 1б, 2а, 5г, 8вл) также приводят к устойчивому повышению температуры зимой, ранней весной и осенью. Для ЭЦМ 8вл характерно повышение температуры воздуха весной. Приход северо-западных циклонов (ЭЦМ 4в, 6, 9б), напротив, приводит к устойчивому понижению температуры воздуха над исследуемой территорией. Установление области высокого давления над полуостровом приводит к повышению температуры воздуха летом (ЭЦМ 9а) и к понижению её зимой (ЭЦМ 5в, 11в). При арктическом вторжении на Западную Сибирь и распространении на Крым отрога антициклона в тёплое полугодие (ЭЦМ 8гл) температура также понижается.

В **зональную циркуляционную эпоху** пути атлантических циклонов смещаются к северу, а антициклоническая область на континенте расширяется. В связи с этим меняется влияние некоторых

ЭЦМ на температуру в Крыму. Так, из-за более низких температур весной в области сибирского антициклона (Кононова, 1963) при ЭЦМ 1а в его западном отроге, в Крыму, также происходит понижение температуры в весенние месяцы. Антициклоническая циркуляция над полуостровом летом (ЭЦМ 2а, 9а) приводит, как и в первой эпохе, к повышению температуры воздуха. В отличие от первой эпохи, повышение происходит и при ЭЦМ 8гл.

При южных циклонах в Крыму (ЭЦМ 8вл, 9б) весной происходит устойчивое понижение температуры воздуха. Из группы северо-западных циклонов выпал ЭЦМ 4в, при котором Крым оказался под влиянием разросшегося восточного отрога Азорского антициклона. При нём происходит устойчивое повышение температуры весной.

В области фронтальных разделов над Крымским полуостровом (ЭЦМ 5б) осенью происходит устойчивое понижение температуры воздуха.

При ЭЦМ 1а в западном отроге сибирского антициклона в **меридиональной южной циркуляционной эпохе**, как и в первой, происходит повышение температуры воздуха весной. При аналогичной ситуации зимой (ЭЦМ 8вз 11а, 12бз) происходит понижение температуры в силу выхолаживания. Понижение температуры происходит и при арктическом вторжении на ЕТР, достигающем Крыма. (ЭЦМ 4а). В тёплое полугодие формирование стационарного антициклона ведёт к устойчивому повышению температуры (ЭЦМ 2а, 2в).

Выход южных циклонов на территорию Крымского полуострова (ЭЦМ 5г) и прохождение через Крым фронтального раздела (ЭЦМ 12бл) приводит к понижению температуры весной и повышению её зимой (ЭЦМ 5в).

Таким образом, смещение траекторий циклонов и изменение мощности антициклонов от одной эпохи к другой влияет на связь температуры воздуха в Крыму с отдельными ЭЦМ.

Выводы

1. В пределах каждой циркуляционной эпохи выявлены типы ЭЦМ, характеризующиеся наибольшим значением пропорции циркуляционного вклада в формирование положительных или отрицательных температурных аномалий. Отмечается нелинейный характер влияния ЭЦМ на знак температурной аномалии.

2. Для каждого месяца в рамках каждой циркуляционной эпохи выявлены 3 категории типов ЭЦМ по устойчивости влияния на формирование температурных аномалий:

А) неустойчивое влияние (ошибка среднего достоверно больше среднего);

Б) устойчивое влияние (среднее достоверно больше своей ошибки);

В) промежуточное влияние.

Определена степень влияния наиболее устойчивых типов ЭЦМ для каждой циркуляционной эпохи. Общей для всех случаев тенденцией является повышение абсолютного значения степени влияния в весенний и осенний периоды. Смещение траекторий циклонов и изменение мощности антициклонов от одной эпохи к другой влияет на связь температуры воздуха в Крыму с отдельными ЭЦМ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Крым в рамках научного проекта 14-45-01616 p_юг_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Боков В. А., Горбунов Р. В. (2011). Климатическая диссимметрия склоновых локальных ландшафтных комплексов Горного Крыма // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «География». Т. 24 (63). № 1. С. 3—14.

Дзержевский Б. Л., Курганская В. М., Витвицкая З. М. (1946). Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Труды научно-исследовательских учреждений ГУГМС СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. — М.: Гидрометиздат. Вып. 21. 80 с.

Дзердзеевский Б. Л. (1956). Проблема колебаний общей циркуляции атмосферы и климата // В сборнике «А. И. Воейков и современные проблемы климатологии» — Л.: Гидрометеиздат. С. 109—122.

Дзердзеевский Б. Л. (1968). Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии / Материалы метеорологических исследований. — М.: Наука. 240 с.

Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма (1982). / Под ред. К. Т. Логвинова и М. Б. Барабаш. — Л.: Гидрометеиздат. 318 с.

Кононова Н. К. (1963). Изменение температуры и осадков в Восточной Сибири в первой половине XX века (в связи с изменением характера циркуляции атмосферы) // Известия ВГО. Т. 95. Вып. 2. С. 164—168.

Кононова Н. К. (2009). Классификация циркуляционных механизмов северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. — М.: Воентехиниздат. 372 с.

Кононова Н. К. Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX – начале XXI века [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://atmospheric-circulation.ru>.

Кононова Н. К. (2014). Циркуляция атмосферы в Европейском секторе Северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. Том 10. Выпуск 1. С. 633—639.

Парубец О. В. (2009). Анализ климатических рядов Крымского полуострова // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. Вып. 1 (20). С. 154—164.

Парубец О. В., Калиновский П. С. (2009). Влияние орошения на температуру воздуха (на примере Крымского полуострова) // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. Вып. 19. С. 191—195.

Плохинский Н. А. (1970). Биометрия. — М.: Изд-во МГУ. 367 с.

Подгородецкий П. Д. (1988). Крым: Природа. – Симферополь: Таврия. 192 с.

Система обслуживания гидрометеорологической информацией CliWare. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cliware.meteo.ru/meteo/>.

Смирнов В. О. (2009). Роль местоположений в дифференциации тепла и влаги в Горном Крыму: Автореферат диссертации кандидата географических наук. — Симферополь. 22 с.

Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий (2009). / Под ред. Е. А. Позаченюк. — Симферополь: Бизнес-Информ. 672 с.

Федоров В. М. (2011). Динамика баланса массы ледников в связи с макроциркуляционными процессами в атмосфере. — М.: Физматлит. 376 с.

Федоров В. М. (2015). Широтная изменчивость приходящей солнечной радиации в различных временных циклах // Доклады РАН. Т. 460. № 3. С. 339—342.

Холопцев А. В., Парубец О. В. (2014а). Прогнозирование климатических норм среднегодовых температур приземного слоя атмосферы на Южном берегу Крыма с использованием метода множественной регрессии // Исследования в области естественных наук. № 8. Режим доступа к журналу: <http://science.snauka.ru/2014/08/8311>.

Холопцев А. В., Парубец О. В. (2014б). Тенденции межгодовой изменчивости климата Горного Крыма и поверхностных температур Средиземного и западной части Черного морей в 1960–2012 гг. зимой // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — М.: Литера. С. 233—238.