

С.В. Махнорылова, А.И. Узрюмов

ФОРМИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВЕСЕННЕ-ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРАТОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

S.V. Makhnorylova, A.I. Ugryumov

SPRING-SUMMER THERMAL ANOMALIES FORMATION OVER EUROPEAN RUSSIA CAUSED BY THE STRATOSPHERIC CIRCULATION

Предлагается способ построения типовых полей аномалии средней месячной температуры воздуха на Европейской территории России в марте-июне при ранних и поздних весенних перестройках стратосферной циркуляции, а также выявление возможности их использования в долгосрочных прогнозах погоды. В частности, было установлено влияние срока барической перестройки в стратосфере на характер погоды (тепло или холод).

Ключевые слова: долгосрочный прогноз погоды, аномалия температуры воздуха, сроки барической перестройки, стратосферная циркуляция.

Author's way of constructing a model field anomalies of mean monthly air temperature in the European part of Russia in March-June, with early and late modifications of the stratospheric circulation, and way of identifying possible of using their in long-term weather forecasting are suggest in this article. In particular, it was determined the effect of the pressure adjustment period in the stratosphere on the weather anomalies.

Key words: long-term weather forecast, the anomaly of air temperature, the pressure adjustment period, stratospheric circulation.

Интерес к взаимодействию процессов в тропосфере и стратосфере определяется не только стремлением к расширению нашего понимания закономерностей общей циркуляции атмосферы, но и практическими потребностями в дальнейшем совершенствовании долгосрочного прогноза погоды (ДПП). В ряде предыдущих работ было показано, что срок весеннего перехода стратосферной циркуляции с зимнего циклонического режима на летний антициклонический оказывает определенное воздействие на формирование длительных аномалий циркуляции и погоды [2, 4, 5, 7, 8]. Однако все эти работы были выполнены на ограниченном материале 10-15 лет, хотя результаты их и были обнадеживающими. Целесообразно проверить

обнаруженную ранее связь между характером весенне-летней погоды и стратосферными перестройками на более полном материале.

Регулярные наблюдения за состоянием стратосферной циркуляции начались в 1957 г., в период Международного геофизического года, и с тех пор не прекращались. Таким образом, к настоящему времени мы имеем материал стратосферных исследований длительностью более 50 лет. Прежде чем перейти к уточнению ранее полученных связей, рассмотрим коротко особенности стратосферной циркуляции и некоторые методы определения ее сезонных характеристик.

Физика формирования циркуляции в стратосфере и мезосфере принципиально отличается от тропосферных процессов. Структура барического поля и ветер определяются здесь преимущественно балансом тепла, который в основном зависит от количества поглощенной озоном ультрафиолетовой радиации в диапазоне длин волн от 180 до 300 нм и излучения длинноволновой радиации диоксидом углерода в спектральном диапазоне, центрированном около длины волны 1500 нм.

В результате в слое атмосферы от 20 до 80 км наблюдаются сезонные изменения циркуляции, которым нет аналога в тропосфере. Это так называемый стратосферный муссон, когда зимой над всем полушарием господствует циркумполярный циклон с выраженным западно-восточным переносом, а летом — циркумполярный антициклон с противоположным восточно-западным переносом воздушных масс.

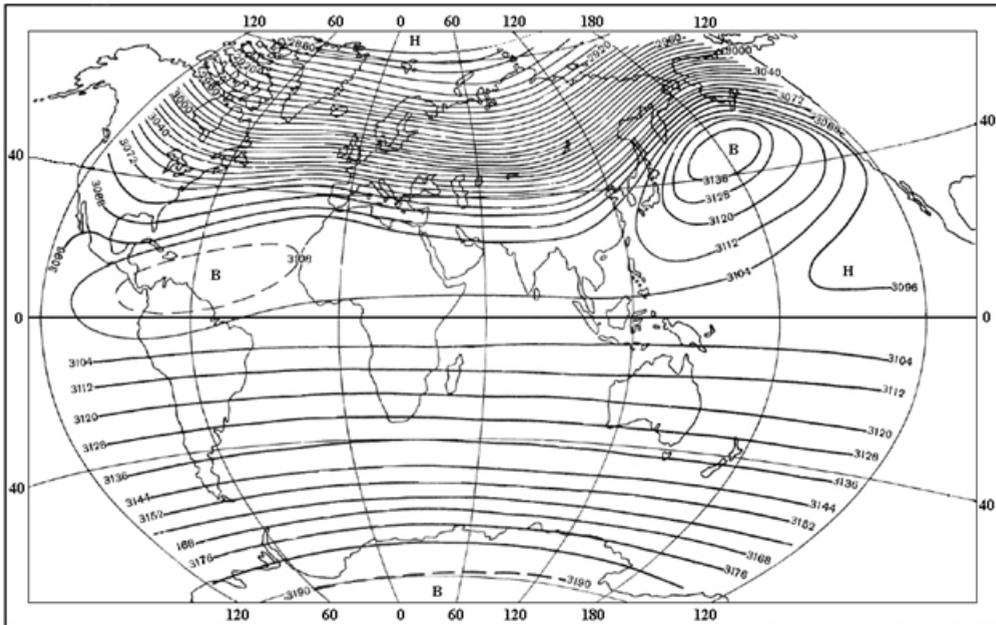


Рис.1. Барическое поле стратосферы на изобарической поверхности 10 гПа (31 км) зимой (Северное полушарие) и летом (Южное полушарие).

Характерной чертой стратосферной циркуляции являются сильные межгодовые изменения сроков весеннего перехода от зимней модели барического поля и ветра к летней. По последним данным сроки весеннего перехода или весенней перестройки барического поля стратосферы могут быть ранними (9 марта-5 апреля), средними (6-26 апреля) и поздними (27 апреля-13 мая) [1, 6].

Ранние перестройки связаны со значительной меридиональностью циркуляции в системе зимнего циклона, в результате чего, помимо радиационного прогрева полярной стратосферы, происходит ее значительное адвективное потепление. Анализируя годы с ранним становлением летнего режима циркуляции в полярной и умеренной зонах, можно заметить, что эти процессы довольно устойчивы: появляясь во второй и третьей декадах марта, восточная циркуляция, как правило, сохраняется в течение всего весеннего сезона. Она несколько меняется по интенсивности, уменьшаясь в конце апреля, а затем вновь усиливается в конце мая [3,6]. Поздние перестройки осуществляются почти исключительно под действием радиационных факторов прогрева полярной стратосферы.

Стратосферный фактор формирования тропосферной циркуляции по современным представлениям является лишь одним из многих, которые могут определять долговременные изменения погоды. Его влияние год от года может затушевываться воздействием других более мощных факторов. Однако если влияние стратосферы все-таки есть, должны существовать некоторые типовые поля приземной аномалии температуры воздуха при ранних, средних и поздних перестройках стратосферной циркуляции, которые этим влиянием определяются.

Цель настоящей работы – построение типовых полей аномалии средней месячной температуры воздуха на Европейской территории России в марте-июне при ранних и поздних перестройках стратосферной циркуляции, а также выявление возможности их использования в долгосрочных прогнозах погоды. Анализ аналогичных полей в годы средних по сроку перестроек является целью дальнейших исследований.

Момент совершения сезонной барической перестройки в стратосфере оценивается количественными критериями, обычно рассчитанными для изобарической поверхности 10 гПа: либо по смене характера барического поля над полюсом (НСЕР), либо по смене знака градиента геопотенциальной высоты в интервале 90-40 с.ш. (УКМО), либо по смене знака индекса зональной циркуляции атмосферы [7] и другими способами [6]. В нашей работе за период 1958 – 1970 гг. были использованы даты перестроек, определенные Росгидрометом по методике Д.А.Педея [3], а с 1971 г. по 2010 г. – по данным НСЕР.

Для того чтобы выделить даты ранних и поздних весенних перестроек, были построены линейные тренды межгодового изменения дат перестройки отдельно для периодов 1958-1975, 1976-1985, 1986-2009 гг. (рис. 2 - 4). Такое разбиение на периоды было вызвано тем, что знак тренда в эти годы различен. В первом периоде он отрицательный, во втором – положительный, в третьем – почти нулевой.

За годы ранних весенних перестроек стратосферной циркуляции были приняты те годы, в которых дата перестройки расположена значительно ниже линии тренда, а за годы поздних – в которых значительно выше ее. Оба класса перестроек приведены в табл. 1.

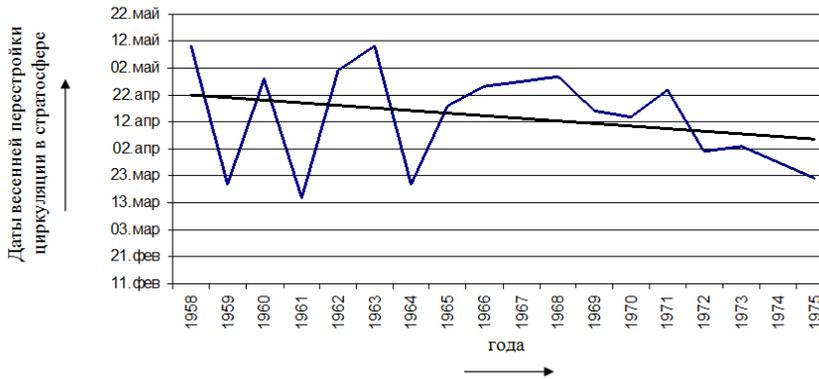


Рис. 2. Линейный тренд межгодового изменения дат перестройки в 1958-1975 гг.

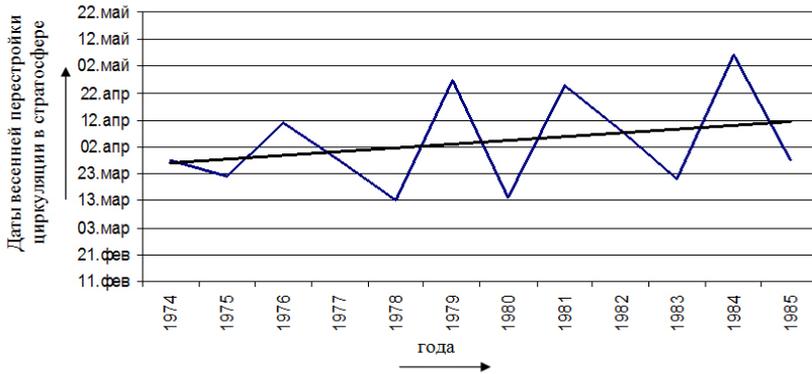


Рис. 3. Линейный тренд межгодового изменения дат перестройки в 1974-1985 гг.

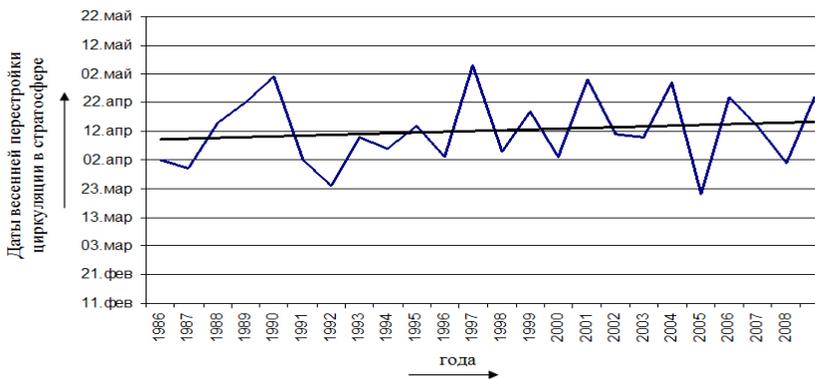


Рис. 4. Линейный тренд межгодового изменения дат перестройки в 1986-2009 гг.

Годы ранних и поздних перестроек стратосферной циркуляции

Ранние перестройки	Поздние перестройки
1959	1958
1961	1962
1964	1963
1972	1966
1975	1967
1977	1968
1978	1971
1980	1976
1983	1979
1985	1981
1986	1984
1987	1990
1991	1997
1992	2001
2005	2004
2008	2006
2010	2009

Последние 52 года, как мы видим из данных табл. 1, и ранние, и поздние перестройки в стратосфере совершались по 17 раз.

Для всех этих лет и для каждого месяца с марта по июнь включительно были построены поля аномалии температуры воздуха на Европейской территории России следующим образом. Мы выделили район размером 30-70° с.ш. и 20-60° в.д., построили сетку с шагом 2,5° x 2,5°, в узлах которой определили значения средней месячной приземной температуры (по данным реанализа NCEP). По временному ряду значений указанной величины в период 1958-2010 гг. в каждой точке были посчитаны ежегодные аномалии приземной температуры для марта, апреля, мая и июня по следующей формуле:

$$\Delta T_a = T_{i,j,k} - T_{срi,j}, \quad (1)$$

где ΔT_a – аномалия температуры в узле сетки; $T_{i,j,k}$ – средняя месячная температуры в узле сетки; $T_{срi,j}$ – средняя месячная температуры в узле сетки, осредненная за период 1958-2010 гг. (климат).

Далее следовало получить для каждого месяца и вида стратосферной перестройки (ранний и поздний) типовые поля аномалии средней месячной температуры воздуха, преобладавшие в течение 17 лет. Для этого сначала была оценена связь между

ежегодными полями внутри каждого вида перестройки (отдельно для каждого месяца). В качестве показателя связи был использован коэффициент корреляции знаков аномалии Фехнера ρ , рассчитанный по формуле:

$$\rho = \frac{n_{\text{совп}} - n_{\text{несовп}}}{N}, \quad (2)$$

где $n_{\text{совп}}$ — количество точек сетки, в которых аномалии 2-х сравниваемых полей совпали по знаку; $n_{\text{несовп}}$ — количество точек сетки, в которых аномалии 2-х сравниваемых полей по знаку не совпали; N — общее количество точек сетки.

Данный коэффициент был выбран вследствие того, что показывает, насколько похожи поля аномалий по пространственному распределению областей температуры «выше нормы» и «ниже нормы», без учета самой величины аномалий. Известно, что все методы ДПП до настоящего времени достигали определенных успехов именно в прогнозе знака аномалии температуры. Величина же ее, как правило, прогнозируется неудовлетворительно.

Таким образом, для марта, апреля, мая и июня по отдельности и двух типов стратосферной перестройки были рассчитаны корреляционные матрицы полей аномалий температуры следующего вида (всего 8 матриц, пример приведен на рис. 5).

Далее в целях типизации полей аномалии температуры в каждом году (строки матрицы) были выбраны поля, для которых $\rho \geq 0,2$ (при этом знак аномалии совпадает более чем в 60 % точек сетки). Таким образом, для каждого года перестройки подобралось несколько лет с неплохо коррелирующимися полями аномалии приземной температуры воздуха. Осреднив эти поля (методом среднего арифметического), мы получили 17 промежуточных типовых полей аномалий температуры для каждого месяца ранних стратосферных перестроек и столько же для поздних.

В зависимости от географического положения очага аномалии и его знака полученные наборы из 17 полей для каждого месяца и каждого вида перестройки были объединены в несколько окончательных типов, которые были получены методом весового осреднения всех сходных по распределению знака аномалии промежуточных. В годы ранних перестроек окончательных типов полей аномалии температуры воздуха получилось: для марта — 3, для апреля — 2, для мая — 3 и для июня — 3. В годы поздних перестроек окончательных типов получилось по 2 для каждого месяца.

Рассмотрим теперь подробно типовые карты аномалий температуры.

	1959.03	1961.03	1964.03	1972.03	1975.03	1977.03	1978.03	1980.03	1983.03	1985.03	1986.03	1987.03	1991.03	2.03	2005.03	2010.03
1959.03	1.000	.363	-.211	.606	.218	-.197	-.405	-.066	-.149	.522	.294	-.253	.024	.516	-.336	-.398
1961.03	.363	1.000	-.716	.066	.702	.322	.190	-.684	.571	.088	.239	-.343	-.232	.751	-.779	-.176
1964.03	-.211	-.716	1.000	.003	-.612	-.211	-.218	.522	-.405	-.073	-.301	.211	.121	.675	.661	-.329
1972.03	.606	.066	.003	1.000	-.050	-.398	-.564	.246	-.156	.412	.093	.502	.017	.301	-.080	-.384
1975.03	.218	.702	-.612	-.050	1.000	.135	.343	-.619	.446	.089	.439	-.502	-.045	.578	-.647	-.218
1977.03	-.197	.322	-.211	-.398	.135	1.000	.383	-.356	.163	-.467	-.287	-.377	-.066	.073	-.121	.495
1978.03	-.405	.190	-.218	-.564	.343	.363	1.000	-.419	.225	-.433	.031	-.571	.211	.031	-.156	.702
1980.03	-.066	-.684	.522	.246	-.619	-.356	-.419	1.000	-.453	.211	-.156	.564	.211	.419	.564	-.509
1983.03	.149	.571	-.405	.156	.446	.163	.423	-.453	1.000	-.211	-.045	-.197	-.107	.391	-.495	.066
1985.03	.522	.088	-.073	.412	.059	-.467	-.433	.211	-.211	1.000	.426	.315	-.149	.273	-.045	-.467
1986.03	.294	.239	-.301	.093	.439	-.287	.031	-.156	-.045	.426	1.000	.163	.170	.446	-.301	-.308
1987.03	.253	-.343	.211	.502	-.377	-.377	-.571	.564	-.197	.315	-.163	1.000	-.073	.093	.322	-.792
1991.03	.024	-.232	.121	.017	-.045	-.066	.211	.211	-.107	-.149	.170	-.073	1.000	.190	.197	.149
1992.03	.516	.751	-.675	.301	.578	.073	-.031	-.419	.391	.273	.446	-.093	-.093	.000	-.744	-.460
2005.03	-.336	-.779	.661	-.050	-.667	-.121	-.186	.564	-.495	-.045	-.301	.322	.197	.744	1.000	-.149
2010.03	-.398	-.433	-.329	-.384	-.218	.190	.356	.100	-.225	-.343	-.308	-.183	.135	.460	.426	1.000

Рис.5. Корреляционная матрица полей аномалий температуры воздуха для марта в годы ранних весенних перестроек стратосферной циркуляции.

Ранние стратосферные перестройки

Март. В I типе марта, к которому относятся поля аномалий приземной температуры воздуха в 1959, 1961, 1972, 1975, 1983, 1985, 1986, 1992 гг. (рис. 6а) отмечается очаг тепла в северной половине и в центре Европейской территории России, на юго-востоке ЕТР, на Кавказе и на западе Средней Азии – аномально холодно.

Во II типе марта (1977, 1978, 2008, 2010 гг.) на рис. 6б практически вся ЕТР и прилегающие районы Азии заняты областью аномального тепла с максимумом в районе плато Устюрт (между Каспийским и Аральским морями), небольшой очаг холода расположен на севере, в районе в Большеземельской тундры.

В III типе марта (1964, 1980, 1987, 1991 и 2005 гг.) на рис. 6в отмечается обширный очаг холода в центре ЕТР, окаймленный с севера и юга слабыми областями тепла.

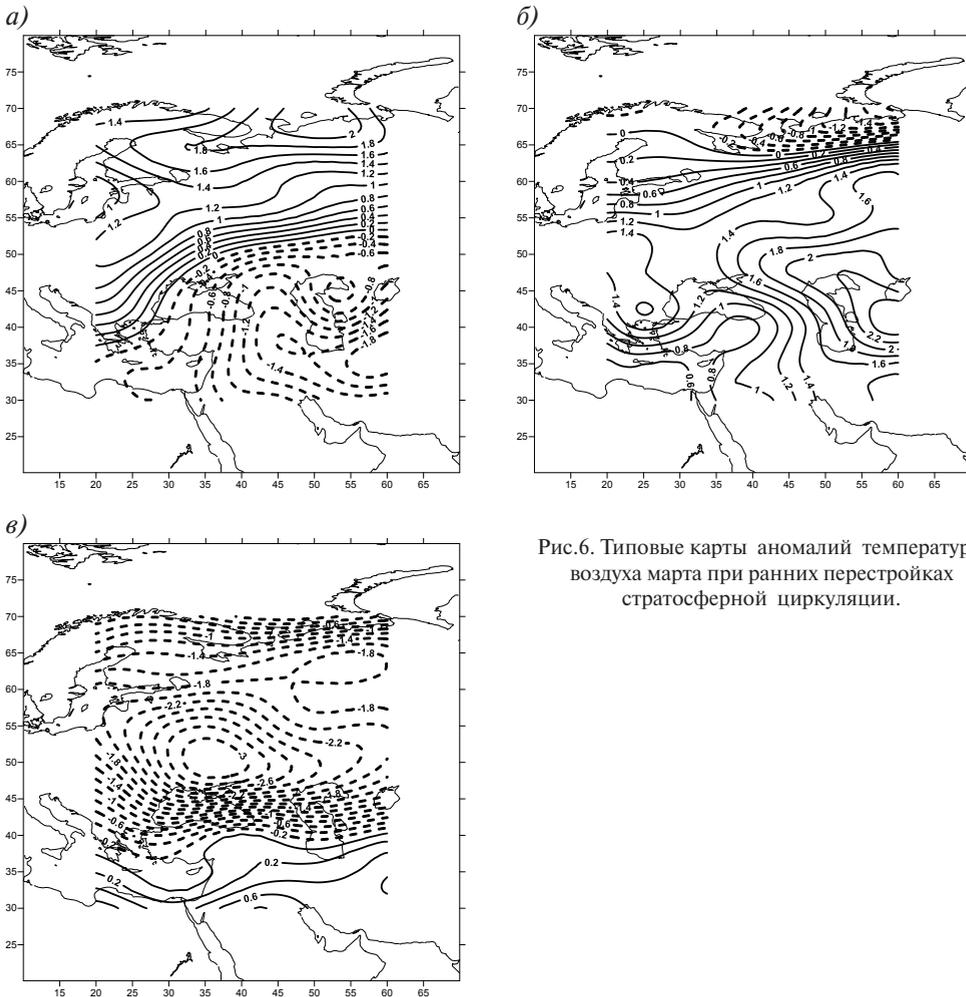


Рис.6. Типовые карты аномалий температуры воздуха марта при ранних перестройках стратосферной циркуляции.

Апрель. В I типе апреля (1959, 1961, 1964, 1978, 1987 и 1992 гг.) на рис. 7а — область холода на всей на всей исследуемой территории с очагом минимальных значений в Арктике и в Нижнем Поволжье.

II тип апреля (1972, 1975, 1977, 1980, 1983, 1985, 1986, 1991, 2005, 2008 и 2010 гг.) — это поле диаметрально противоположное I типу по знаку, в нем наблюдается область тепла на всей ЕТР с максимумом на Среднем Урале (рис. 7б).

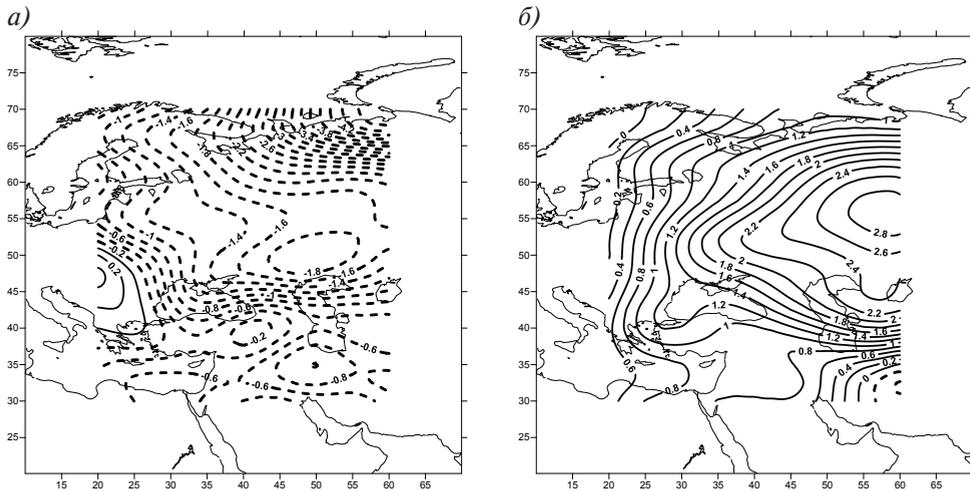


Рис. 7. Типовые карты аномалий температуры воздуха апреля при ранних перестройках стратосферной циркуляции.

Май. I тип мая (1959, 1961, 1964, 1978, 1980, 1992, 2008 гг.) можно назвать холодным — обширная область холода над ЕТР (рис. 8а).

II тип мая (1972, 1975, 1983, 1985, 1986 гг.) — обширный очаг тепла на ЕТР, отрицательные аномалии отмечаются лишь на периферии исследуемого района, в Малой Азии и на севере Западной Сибири (рис. 8б). Это зеркальное отражение I типа, но противоположного знака.

III тип мая (1977, 1987, 1991, 2005, 2010 гг.) — опять теплый, в нем наблюдаются очаги максимального тепла над Северным Уралом и Нижним Поволжьем (рис. 8в).

Июнь. I тип (1959, 1961, 1964, 1972, 1980, 1986 и 1992 гг.) - положительные аномалии температуры над большей частью ЕТР с максимумом над ее северо-западной частью (рис. 9а).

II тип (1978, 1983, 1985, 2005 гг.) — отрицательные аномалии температуры на рассматриваемой территории с центрами в Среднем Поволжье и на севере Балканского полуострова (рис. 9б).

III тип (1975, 1977, 1987, 1991, 2008, 2010 гг.) - область тепла над ЕТР, с хорошо выраженными очагами в районе Каспийского моря и небольшими вторжениями холода со Скандинавского полуострова (рис. 9в).

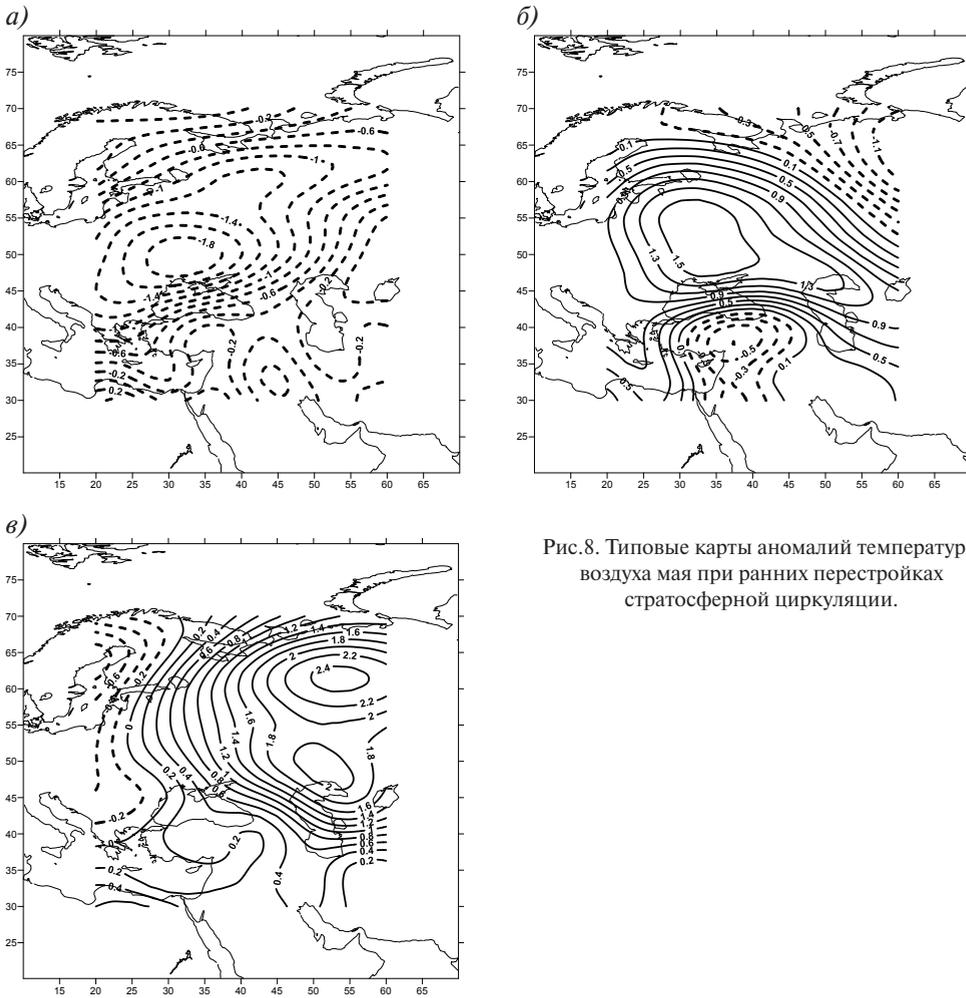


Рис.8. Типовые карты аномалий температуры воздуха мая при ранних перестройках стратосферной циркуляции.

Рассмотрим теперь распределение типов аномалии температуры воздуха по месяцам внутри временного ряда ранних весенних перестроек стратосферной циркуляции. В табл. 2 символами Т и Х обозначены типовые поля, при которых аномалия температуры в целом на ЕТР была выше нормы (Т – тепло) и ниже нормы (Х – холод); цифра при символе обозначает порядковый номер типового поля данного месяца. Из данных табл. 2 следует, что определенная закономерность в годы ранних перестроек имеется, а именно – во всех месяцах без исключения на ЕТР в целом преобладают типы положительной аномалии температуры воздуха, т.е. весна и начало лета проходят под знаком преимущественно теплой погоды.

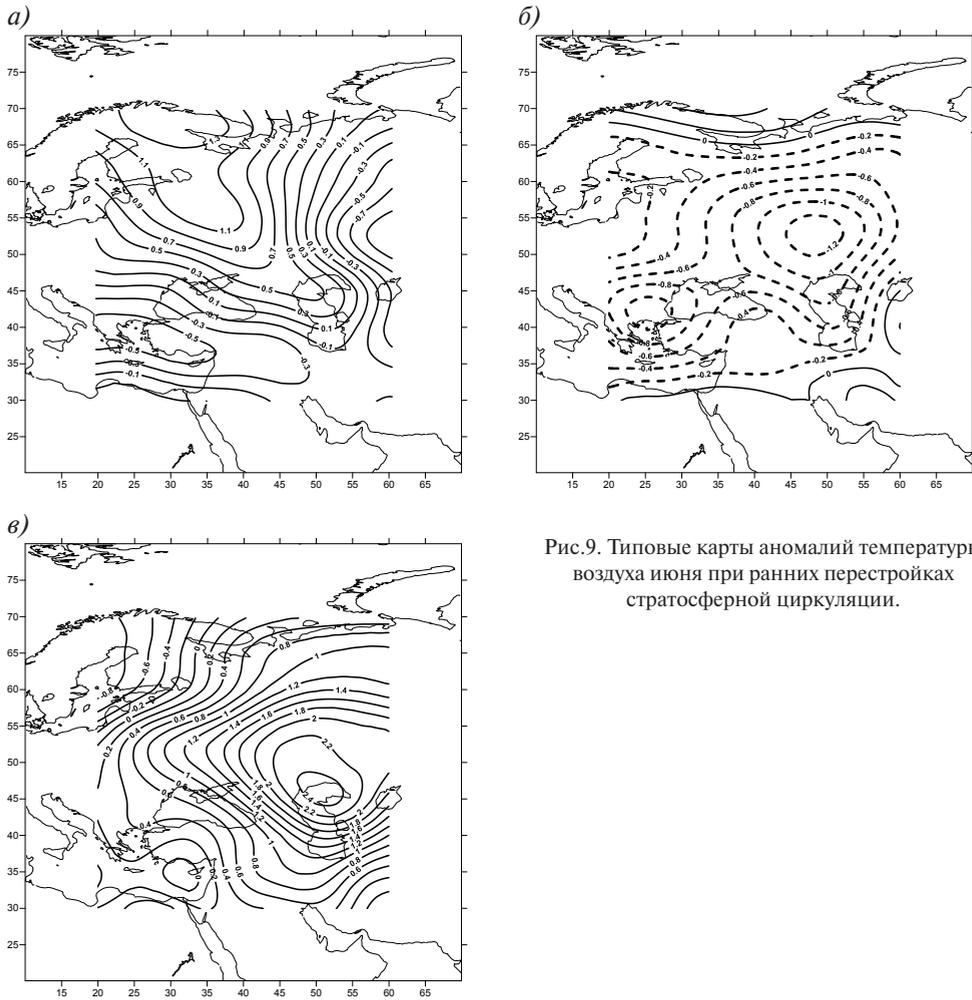


Рис.9. Типовые карты аномалий температуры воздуха июня при ранних перестройках стратосферной циркуляции.

Однако по месяцам данная закономерность выражена с разной степенью вероятности осуществления. В марте типы Т отмечаются в 71 % случаев, в апреле – в 65 %, в мае – в 59 %, в июне – в 76 %. Таким образом, реакция погоды на ранние стратосферные перестройки наиболее заметна в момент самой перестройки (март) и в начале лета (июнь). При этом повторяемость теплой погоды в марте и июне на фоне текущей успешности ДПП достаточно велика, и данный результат вполне можно использовать в качестве вспомогательного указания при подготовке ДПП.

Таблица 2

Типы полей аномалий температуры за период 1959-2010 гг. при ранней весенней перестройке циркуляции в стратосфере.

Годы ранней перестройки	Типовые поля аномалии температуры воздуха			
	март	апрель	май	июнь
1959	T1	X1	X1	T1
1961	T1	X1	X1	T1
1964	X3	X1	X1	T1
1972	T1	T2	T2	T1
1975	T1	T2	T2	T3
1977	T2	T2	T3	T3
1978	T2	X1	X1	X2
1980	X3	T2	X1	T1
1983	T1	T2	T2	X2
1985	T1	T2	T2	X2
1986	T1	T2	T2	T1
1987	X3	X1	T3	T3
1991	X3	T2	T3	T3
1992	T1	X1	X1	T1
2005	X3	T2	T3	X2
2008	T2	T2	X1	T3
2010	T2	T2	T3	T3

Поздние стратосферные перестройки

Как было показано выше, при поздних перестройках для каждого месяца с марта по июнь были получены по 2 типовых карты распределения аномалии температуры воздуха на ЕТР и в прилегающих районах – один тип с положительной аномалией (Т), другой – с отрицательной (Х). Рассмотрим каждый из них.

Март. К I типу были отнесены поля аномалий с очагом холода в районе Ботнического залива Балтийского моря и максимумом тепла на Кавказе (1958, 1962, 1963, 1966, 1971, 1976, 1981, 1984, 2001, 2006 гг.), (рис. 10а).

Ко II типу марта принадлежат поля с преимущественно положительной аномалией температуры воздуха на всей ЕТР и максимумом температуры в районе Южного Урала (1967, 1968, 1979, 1990, 1997, 2004, 2009 гг.), (рис 10б).

Апрель. I тип апреля – холодный, с минимумом температуры на Урале (1958, 1963, 1968, 1971, 1979, 1981, 1984, 1997, 2004, 2009), (рис. 11а).

II тип апреля – теплый (1962, 1966, 1967, 1976, 1990, 2001, 2006 гг.), (рис. 11б).

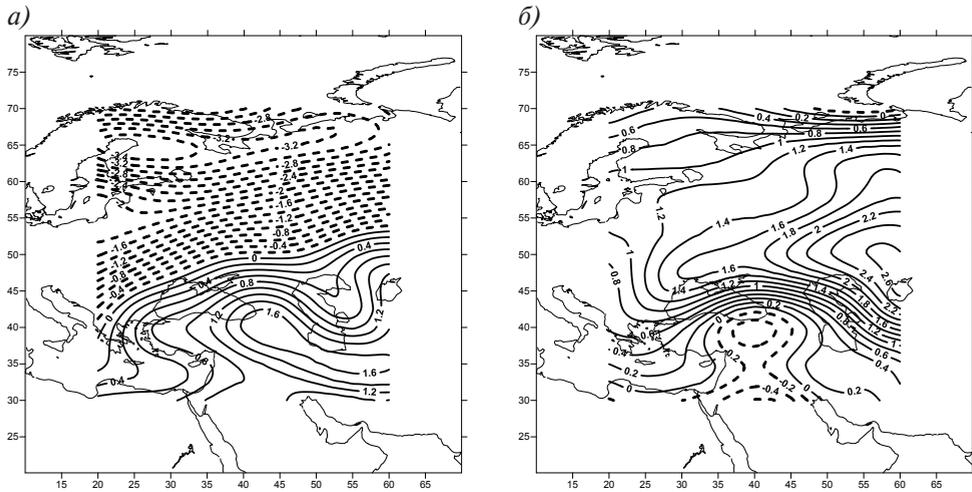


Рис. 10. Типовые карты аномалий температуры воздуха марта при поздних стратосферных перестройках.

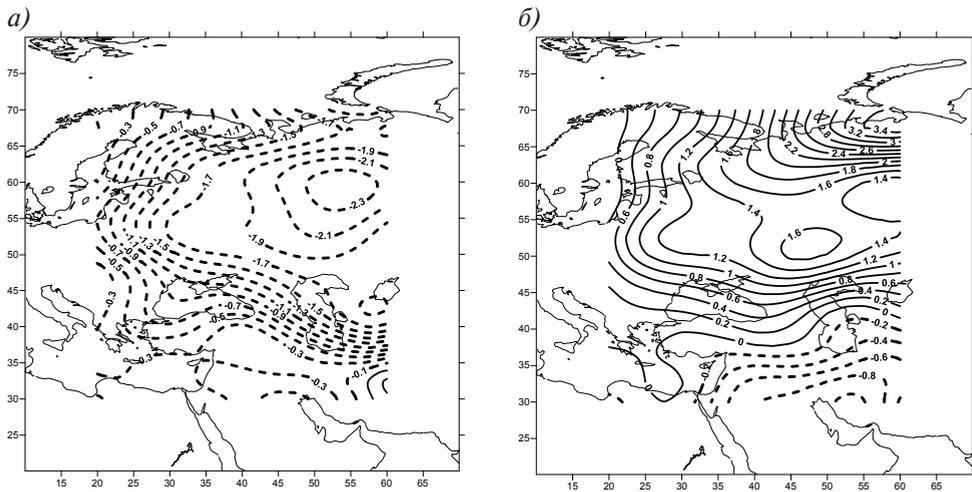


Рис. 11. Типовые карты аномалий температуры воздуха апреля при поздних стратосферных перестройках.

Май. К I типу мая были отнесены поля аномалии температуры, где наблюдается один хорошо выраженный очаг тепла с центром над северной частью Восточно-Европейской равнины; небольшой очаг холода отмечается лишь за пределами ЕТР (1962, 1963, 1966, 1967, 1979, 1981, 1984, 2006, 2009 гг.), (рис. 12а).

Карта для II типа мая противоположна по знаку аномалий типу I, но район их максимума расположен там же (1958, 1968, 1971, 1976, 1990, 1997, 2001, 2004 гг.), (рис. 12б).

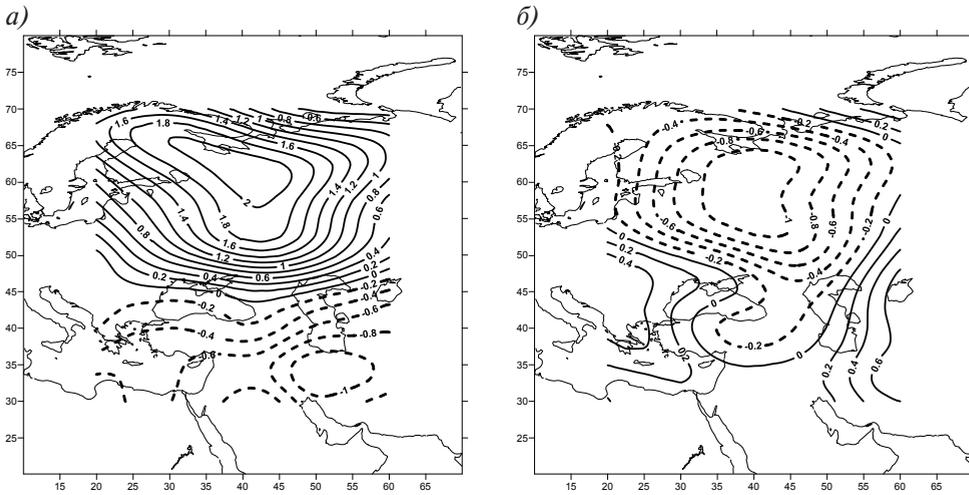


Рис. 12. Типовые карты аномалий приземной температуры воздуха для мая при поздних стратосферных перестройках.

Июнь. I тип июня – холодный, с очагами аномалий температуры в северной части Каспийского моря и на севере Восточно-Европейской равнины; отрицательные отклонения от нормы наблюдаются на всей рассматриваемой территории (1958, 1962, 1963, 1966, 1967, 1971, 1976, 1979, 1984, 1990, 2001, 2004 гг.), (рис. 13а).

II тип июня – теплый, с максимумом температуры на юге Восточно-Европейской равнины (1968, 1981, 1997, 2006, 2009 гг.), (рис. 13б).

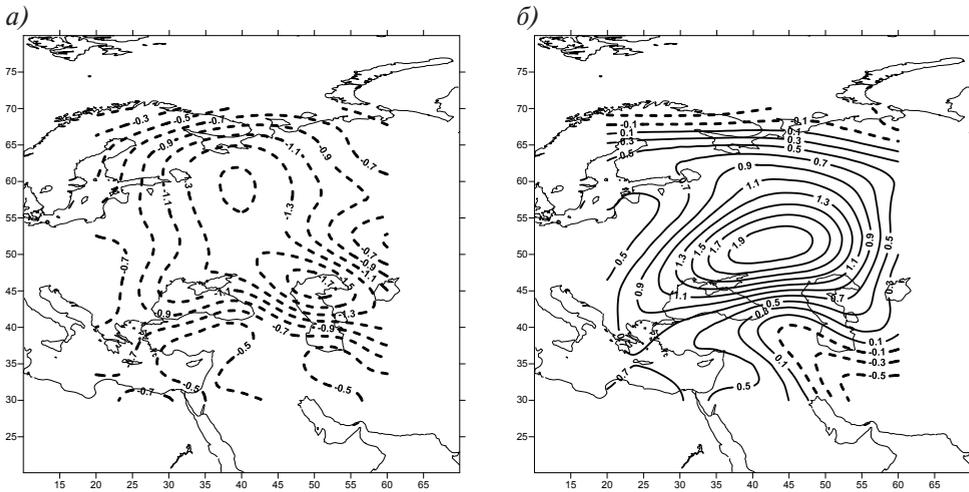


Рис. 13. Типовые карты аномалий температуры воздуха июня при поздних стратосферных перестройках.

Приведем теперь таблицу повторяемости типов аномалии температуры воздуха по годам и месяцам для случаев поздней весенней перестройки стратосферной циркуляции (табл. 3).

Таблица 3

Типы полей аномалий температуры за период 1959 – 2010 гг. при поздней весенней перестройке циркуляции в стратосфере

Годы поздней перестройки	Типовые поля аномалии температуры воздуха			
	март	апрель	май	июнь
1958	X1	X1	X2	X1
1962	X1	T2	T1	X1
1963	X1	X1	T1	X1
1966	X1	T2	T1	X1
1967	T2	T2	T1	X1
1968	T2	X1	X2	T2
1971	X1	X1	X2	X1
1976	X1	T2	X2	X1
1979	T2	X1	T1	X1
1981	X1	X1	T1	T2
1984	X1	X1	T1	X1
1990	T2	T2	X2	X1
1997	T2	X1	X2	T2
2001	X1	T2	X2	X1
2004	T2	X1	X2	X1
2006	X1	T2	T1	T2
2009	T2	X1	T1	T2

Из данных табл.3 мы видим, что при поздних стратосферных перестройках можно отметить преобладание холодной погоды, которое особенно очевидно в июне (71 %). Весной также температура преимущественно ниже нормы, но ее преобладание заметно в меньшей степени: в 59 % случаев в марте и апреле, в мае – всего в 53 % лет. При данном количестве исследованных лет результаты по марту-маю в годы поздних весенних перестроек стратосферной циркуляции можно считать близкими к случайным.

Выводы

В данной работе ставились две задачи: 1) произвести классификацию весенних перестроек стратосферной циркуляции с зимнего циклонического режима на летний антициклонический по срокам осуществления с комплексным использованием наиболее известных методов определения срока перестройки; 2) произвести типизацию полей средних месячных аномалий температуры воздуха на ЕТР и в прилегаю-

ших районах в марте-июне в годы ранних и поздних стратосферных перестроек за 53-летний период (1958-2010 гг.), чтобы попытаться установить возможное влияние срока перестройки на характер погоды (тепло или холод).

Получены следующие выводы:

1. Весенние перестройки стратосферной циркуляции по срокам осуществления подразделяются на три типа: ранние, средние и поздние. В работе основное внимание было уделено ранним и поздним перестройкам как двум экстремальным типам сезонного преобразования стратосферной циркуляции. Приведены определенные в работе годы ранних и поздних перестроек.
2. Анализ повторяемости типовых ситуаций поля аномалий средней месячной температуры воздуха на ЕТР в годы ранних весенних перестроек стратосферной циркуляции обнаружил очевидное преобладание в марте-июне аномально теплой погоды. Наиболее четко данная закономерность проявляется в марте (71 %) и в июне (76 %).
3. При поздних стратосферных перестройках наблюдается общий холодный фон погоды в марте-июне, особенно выраженный в июне (71 %); весной также температура преимущественно ниже нормы, но ее преобладание заметно в меньшей степени.

Нарушения выявленных закономерностей в виде лет с обратными по знаку аномалиями температуры по отношению к преобладающим, по нашему мнению, определяются воздействием иных факторов длительных изменений погоды, влияние которых надо исследовать дополнительно. Среди таких факторов наиболее вероятным представляется тепловое взаимодействие океана и атмосферы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-05-00971).

Литература

1. Бакулина, Е.А., Угрюмов А.И. Весенние перестройки циркуляции в стратосфере в 1958-2003 годах. // Уч. зап. РГГМУ, 2008, № 5, с. 25-32.
2. Бакулина Е.А., Дунаева Е.А., Угрюмов А.И. Связь весенних перестроек циркуляции в стратосфере с характером процессов в тропосфере в марте-июне. // Метеорология и гидрология, 2009, №2, с. 29-37.
3. Педь Д.А. Об определении смены типов циркуляции циркумполярного вихря в стратосфере. // Тр. Гидрометцентра СССР.1973.-Вып. 115.-С.26 – 35.
4. Педь Д.А. Сезонные условия погоды, связанные со сроками весенней смены циркуляции в стратосфере // Тр. Гидрометцентра СССР, 1973, вып.120, с. 57-67.
5. Рафаилова Х.Х. Учет особенностей циркуляции в нижней стратосфере при составлении месячных прогнозов погоды // Метеорология и гидрология, 1968, № 6, с. 33-38.
6. Савенкова Е.Н., Позгорельцев А.И. Межгодовая и климатическая изменчивость сроков весенней перестройки циркуляции стратосферы // Уч. зап. РГГМУ, 2010, вып. 11, с. 53-62.
7. Угрюмов А.И. R.A. Ebdon «A summer predictor?», Weather, July, 1966 (P.A. Эбдон «Предсказание погоды на лето») // Метеорология и гидрология, 1967, №2, с.114-115.
8. Угрюмов А.И. Квазидвухлетняя цикличность весеннее-летней циркуляции атмосферы // Тр. Гидрометцентра СССР, 1971, вып. 77. – 82 с