

А.А. Караханян

Долговременные изменения атмосферной циркуляции и климата на территории Сибири

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск

Поступила в редакцию 28.09.2005 г.

Исследуются долговременные вариации циркуляционного и температурного режима на территории Сибири на фоне глобальных климатических изменений. Общая циркуляция атмосферы представлена типизацией Б.Л. Дзердзеевского. Показано, что усиление циклогенеза над Арктикой во второй половине XX в. сопровождается увеличением температуры Северного полушария, особенно с 80-х гг. Изменение атмосферных процессов в Арктическом бассейне проявляется и в вариациях регионального климата. В последние десятилетия на территории Сибири наблюдается рост приземной температуры воздуха, наиболее выраженный в зимний период.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме изменения климата на планете. Данные наблюдений показывают увеличение приземной температуры воздуха как в среднем для земного шара и обоих полушарий, так и для большинства крупных регионов суши за последние десятилетия [1]. Результаты, полученные в работе [2], позволяют предположить, что одной из возможных причин наблюдаемого потепления климата могут быть вариации общей циркуляции атмосферы (ОЦА).

Эффективным инструментом для исследования долговременных изменений ОЦА наряду с индексами циркуляции являются различные варианты типизаций атмосферных процессов. Несмотря на редкое использование, этот метод обладает определенными преимуществами перед традиционными способами анализа усредненных метеополей. Во-первых, гораздо проще анализировать одну комплексную характеристику циркуляции (повторяемость макропроцессов), чем набор графиков метеоэлементов в разных пунктах. Во-вторых, при использовании типизаций атмосферных процессов определяются и изменения в пространственной структуре циркуляции, если меняется повторяемость процессов. Лучше всего этот метод разработан для Северного полушария.

Для исследования долговременных изменений атмосферной циркуляции, как в глобальном, так и в региональном масштабах, использованы типовые схемы элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Б.Л. Дзердзеевского. Типизация Дзердзеевского построена с учетом направления ведущих потоков, согласованных с положением и ориентацией высотных ложбин и гребней. Данная система типизации синоптических процессов распространена на все полушарие, более детально и отличается четкими морфологическими признаками, что позволяет более уверенно выделять периоды с различными режимами циркуляции.

В системе Дзердзеевского выделено 13 основных типовых схем ЭЦМ в Северном полушарии. По признаку степени нарушения зонального переноса в умеренных широтах ЭЦМ объединены в четыре группы: зональную, нарушение зональности, меридиональную северную и меридиональную южную. Группы, в свою очередь, делятся на подтипы. Общее количество подтипов равно 41. Однако при одном и том же ЭЦМ характер атмосферных процессов и направление основных переносов в разных частях (секторах) полушария различны. Для характеристики циркуляции в каждом из секторов используются те же (41) схемы ЭЦМ, установленные для всего полушария. Они делятся на шесть групп по признакам, отражающим характер одного и того же макропроцесса в том виде, как он проявляется в той или иной части полушария. Реальность типов ЭЦМ была предметом многочисленных исследований. По результатам проверок установлено, что вероятность неслучайности последовательной смены ЭЦМ весьма высока и при варьировании секторов Северного полушария и сезонов не опускается ниже 95% [3].

Результаты анализа

Макромасштабная циркуляция характеризуется зональным и меридиональным переносом в атмосфере. Объединение ЭЦМ Дзердзеевского в группы зональной и меридиональной циркуляции позволило выделить три продолжительных периода с разной циркуляцией. Для начала (до конца второго десятилетия) и второй половины XX в. характерно преобладание меридиональной циркуляции. В промежуточном периоде увеличилась роль зональных переносов [4]. Наряду с этим проведенное в работе [5] исследование показало, что в последние десятилетия возрастает неустойчивость циркуляции, выраженная в более частой смене типов атмосферных процессов. Этот результат согласуется с изменениями в динамике индексов циркуляции и поведении центров действия атмосферы [6, 7].

Для исследования вариаций ОЦА в период глобального потепления использовался календарь смены типов ЭЦМ, составленный в Институте географии РАН. В качестве статистической характеристики временного ряда типовых схем применена частота повторяемости каждого процесса, которая определяет структуру циркуляции атмосферы и дает хорошее представление о динамике развития атмосферных процессов во времени.

На рис. 1 приведены изменения повторяемости ЭЦМ 13-го типа и приземной температуры воздуха (ПТВ) Северного полушария в зимний и летний сезоны за период с 1900 по 2002 г. Проведенный анализ показал, что с 80-х гг. наблюдается возрастание как зимой, так и летом 13-го типа циркуляции (циклоничность на полюсе).

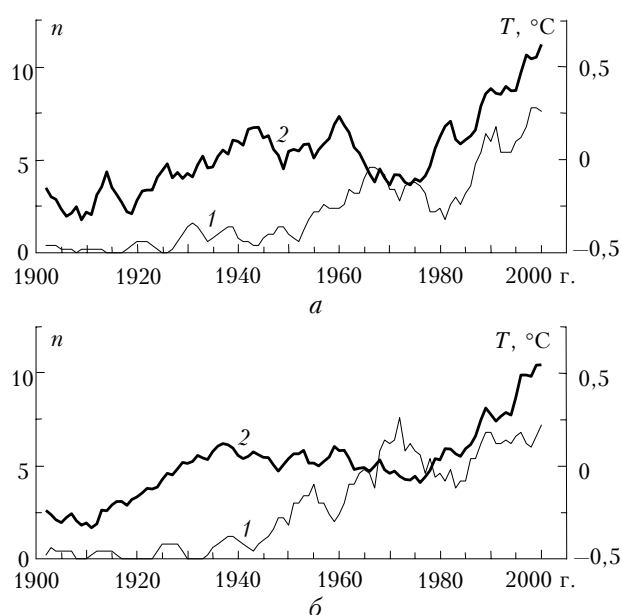


Рис. 1. Изменение повторяемости 13-го типа ЭЦМ (1) и отклонения приземной температуры воздуха (2) Северного полушария в зимний (а) и летний (б) сезоны за период с 1900 по 2002 г. (5-летнее скользящее среднее)

Наибольшее увеличение повторяемости ЭЦМ 13-го типа наблюдается в зимний период, которое сопровождается увеличением ПТВ Северного полушария. При действии ЭЦМ 13-го типа осуществляются выходы циклонов с юга по нескольким направлениям, которые проникают до самых высоких широт и даже пересекают Полярный бассейн. В результате в зимний период наблюдается распространение южных воздушных масс на сильно охлажденную поверхность материков, что препятствует формированию крупных отрицательных аномалий температуры воздуха.

Особый интерес представляют вариации ПТВ Северного полушария в период 1940–1970 гг., когда наблюдалось известное понижение глобальной ПТВ. В этот период также наблюдается возрастание повторяемости ЭЦМ 13-го типа, т.е. происходит интенсивное развитие циклонической деятельности в высоких широтах, а следовательно, в зимний

период температура воздуха должна увеличиваться. Возникшее, на первый взгляд, противоречие исчезает при дальнейшем анализе, который показывает, что в рассматриваемый период наблюдается увеличение повторяемости 11-го и 12-го типов циркуляции, для которых характерны частые вторжения полярных антициклонов (рис. 2).

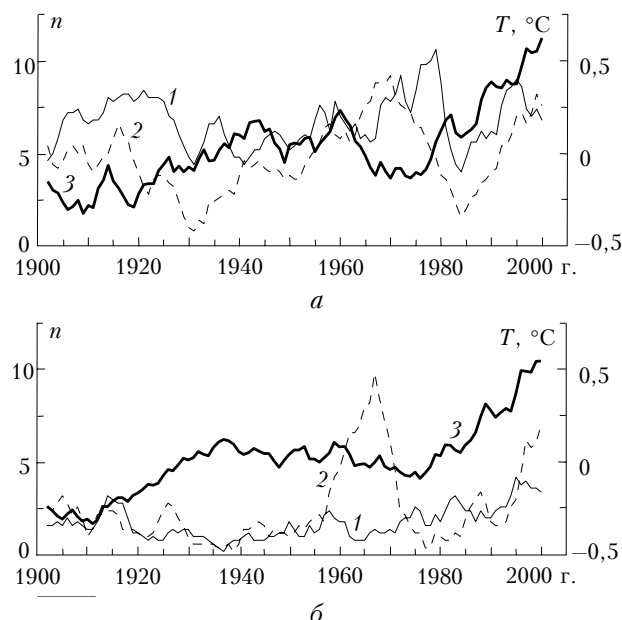


Рис. 2. Изменение повторяемости типов ЭЦМ и приземной температуры воздуха Северного полушария за период с 1900 по 2002 г.: а – зимний сезон: 1, 2 – повторяемости 11-го и 12-го типов ЭЦМ; 3 – отклонения приземной температуры воздуха; б – летний сезон: 1, 2 – повторяемость 9-го и 12-го типов ЭЦМ; 3 – отклонения приземной температуры воздуха (5-летнее скользящее среднее для всех кривых)

При ЭЦМ 11-го типа (характерен для зимнего периода) происходит развитие двух мощных полюс повышенного давления на Северную Америку и Восточную Азию, объединяющих зимние континентальные центры действия атмосферы и блокирующих западный перенос. Интенсивная циклоническая деятельность при этом развита над океанами. ЭЦМ 12-го типа образуются при усилении антициклона в Полярной области, обеспечивающего развитие дополнительной полосы высокого давления и (или) на восточную часть Атлантического океана, и (или) на Тихий океан.

Анализ вариаций ОЦА в летний период показал, что с 80-х гг. XX в. преобладающими являются атмосферные процессы 9-го и 12-го типов ЭЦМ, сопровождающиеся увеличением ПТВ над полушарием. При ЭЦМ 9-го типа происходит развитие двух полюс высокого давления на Атлантический и Тихий океаны. И в том и в другом случае они смыкаются с гребнями субтропических антициклонов. Циклоны проходят через Европу, вдоль Дальневосточного побережья Азии и через Северную Америку. Над Восточной Европой и над Сибирью образуются антициклоны.

В период с 1940 по 1970 г. летний сезон характеризовался резким увеличением 13-го типа циркуляции (см. рис. 1, б), т.е. происходило интенсивное развитие циклонической деятельности, следствием которой являлось понижение ПТВ Северного полушария.

Изменение атмосферных процессов в Арктическом бассейне проявляется и в вариациях регионального климата. Сибирский сектор (60°–119° в.д.) располагается в центральной части материка Евразии и значительно удален как от Атлантического, так и от Тихого океанов, а следовательно, находится в зоне интенсивных климатических изменений [1]. Для оценки климатической изменчивости в регионе использованы среднесуточные данные NCEP/NCAR Reanalysis по температуре воздуха и повторяемость региональных типов циркуляции Дзердзеевского в зимний и летний сезоны за период с 1950 по 2002 г.

Проведенный анализ показал, что региональные изменения атмосферной циркуляции и температуры воздуха наиболее выражены в зимний период. Наблюдаемое повышение температуры воздуха отмечается на фоне возросшей повторяемости зональных процессов, при которых происходят частые смещения циклонов на территорию Сибири (рис. 3).

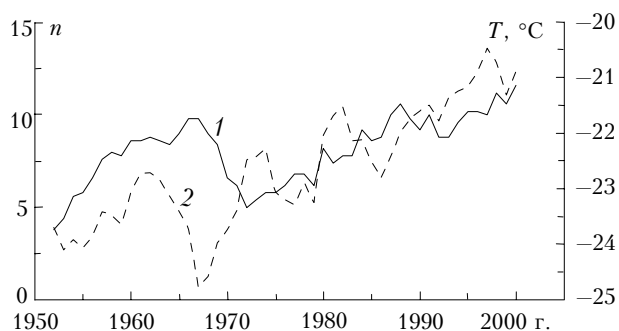


Рис. 3. Изменение повторяемости группы атмосферной циркуляции: зональная западная и стационарное положение (1) и средние месячные значения приземной температуры воздуха в Сибирском секторе (60°–119° в.д.) (2) в зимний сезон за период с 1950 по 2002 г. (5-летнее скользящее среднее)

Характерной особенностью летнего периода является меньшая по сравнению с зимним периодом изменчивость метеовеличин. Следует отметить, что в последние годы в летний период отмечается аналогичная зимнему периоду тенденция некоторого увеличения температуры воздуха, возможно обуслов-

ленная увеличением повторяемости меридиональных типов циркуляции.

Заключение

Исследование циркуляционных особенностей и долговременных вариаций температуры воздуха обнаружилло возрастание неустойчивости циркуляции атмосферы особенно с 80-х гг., выраженное в увеличении повторяемости ЭЦМ 13-го типа (циклоничность на полюсе) типизации Дзердзеевского, который доминирует над остальными типами циркуляции в Северном полушарии. Следствием этого, скорее всего, является повышение приземной температуры воздуха, особенно в зимний период, на фоне устойчивого антициклогенеза над материками.

Наиболее ярко климатические изменения выражены в Сибирском секторе, находящемся на стыке взаимодействия северных и южных процессов. Увеличение вклада зональных процессов в зимний период, скорее всего, служит причиной увеличения температуры воздуха и, как следствие, уменьшения континентальности климата региона.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 30 и Интеграционного проекта СО РАН № 182.

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 2003. Т. 39. № 2. С. 166–185.
2. Thompson D.W.J., Wallace J.M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // Geophys. Res. Lett. 1998. V. 25. N 9. P. 1297–1300.
3. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат: Избр. тр. М., 1975. 285 с.
4. Кононова Н.К. Исследования многолетних колебаний циркуляции атмосферы северного полушария за 1899–2002 гг. и их применение в гляциологии // Мат-лы гляциол. исслед. 2003. № 95. С. 45–65.
5. Karakhanyan A.A., Mordvinov V.I. Interannual changes of general atmospheric circulation according to Dzerdzevsky typification // Proc. SPIE. 2004. V. 5743. P. 616–622.
6. Serreze M.C., Walsh J.E., Chapin III F.S., Osterkamp T., Dyurgerov M., Romanovsky V. Observational evidence of recent change in the northern high latitude environment // Clim. Change. 2000. V. 46. N 1–2. P. 159–207.
7. Вакуленко Н.В., Монин А.С., Шишков Ю.А. Об изменениях общей циркуляции атмосферы в XX веке // Докл. РАН. 2000. Т. 371. № 6. С. 802–805.

A.A. Karakhanyan. Long-period variations in atmospheric circulation and climate at the territory of Siberia.

Long-term variations of circulation and temperature regime at the territory of Siberia were studied against the background of global climatic variations. General atmospheric circulation is presented by B.L. Dzerdzevskii typification. It is shown that the intensification of cyclogenesis above Arctic in the second half of the XX century is accompanied by a temperature increase in the Northern hemisphere, particularly, starting from 80s. The change of atmospheric processes in the Arctic basin manifests itself in variations of the regional climate as well. In the last decade, a growth of the ground air temperature most noticeable in winter period is observed.