

Исследование циклонической и антициклонической активности на территории Западной Сибири по данным реанализа NCEP/DOE AMIP-II и синоптических карт

В.П. Горбатенко, И.И. Ипполитов, С.В. Логинов, Н.В. Поднебесных*

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634021, г. Томск, пр. Академический, 10/3*

Поступила в редакцию 2.10.2008 г.

Внутригодовая и межгодовая изменчивость повторяемости, продолжительности, интенсивности и давления в центре барических образований (циклонов и антициклонов) исследована для Западной Сибири в период 1976–2006 гг. по данным NCEP/DOE AMIP-II реанализа и субъективного анализа синоптических карт. Анализ показал, что реанализ качественно воспроизводит временную изменчивость характеристик барических образований. Число циклонов и антициклонов, выявленных по анализу синоптических карт, в 1,2 раза выше числа барических образований, полученных по данным реанализа. Средняя интенсивность барических образований, вычисленная по синоптическим картам, в 2 раза ниже интенсивности, определенной по данным реанализа. Средняя многолетняя продолжительность влияния одного циклона (антициклона) на территорию полученных из обоих источников данных практически одинакова.

Ключевые слова: циклоны, антициклоны, Западная Сибирь, реанализ, синоптические карты.

Изменчивость как погоды, так и климата региона в целом обуславливается, главным образом, повторяемостью крупномасштабных атмосферных вихрей: циклонов, несущих осадки, и антициклонов, обеспечивающих длительные периоды устойчивой погоды. Изменение крупномасштабной атмосферной циркуляции, вероятно, является одной из причин потепления климата, происходящего в последние десятилетия в Северном полушарии. Однако, как показывают расчеты [1, 2], темпы потепления неодинаковы в различных географических регионах, поэтому изучение особенностей региональной циркуляции имеет существенное значение.

Целью настоящих исследований является сравнительный анализ характеристик циклонов и антициклонов, определявших погоду на территории Западной Сибири в 1976–2006 гг., по данным реанализа и субъективного анализа синоптических карт.

Для анализа циклонической и антициклонической деятельности над Западной Сибирью в исследуемый период были использованы архивы приземных и высотных синоптических карт. В выбранном для исследования районе от 50–70° с.ш. до 60–110° в.д. прослеживались все траектории перемещения центров барических образований за исследуемый период, их повторяемость и оценивались такие

характеристики, как давление в центре, интенсивность и продолжительность влияния на исследуемую территорию. В качестве циклона (антициклона) рассматривалась область пониженного (повышенного) давления при наличии хотя бы одной замкнутой изобары с характерной циркуляцией и структурой метеорологических полей. Результаты анализа синоптических карт сравнивались с результатами реанализа NCEP/DOE AMIP-II (NCEP_Reanalysis 2 data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA) [3].

Проект реанализа начал реализовываться в конце XX в. в ряде крупнейших прогностических центров мира. Суть его заключается в том, чтобы, используя неизменную для всего периода схему усвоения данных наблюдений, выполнить анализ и получить выходные продукты, содержащие глобальные поля метеорологических величин в узлах сетки. В номенклатуре выходных полей реанализа включены полные наборы метеорологических и физических переменных, характеризующих состояние атмосферы и подстилающей поверхности. Получаемые поля обладают временным и пространственным разрешением, достаточным для решения многих геофизических задач. В настоящее время они доступны за длительный (порядка пятидесяти лет) период.

Отличие схем реанализа от действующих оперативных прогностических схем заключается, во-первых, в неизменности схемы четырехмерного усвоения данных (по широте, долготе, высоте и времени) для всего периода обрабатываемых наблюдений,

* Валентина Петровна Горбатенко (gorbatenko@hvd.tpu.ru); Иван Иванович Ипполитов (ceo@iom.tomsk.net.ru); Сергей Владимирович Логинов (ceo@imces.ru); Наталья Владимировна Поднебесных (podnebesnykh@inbox.ru).

во-вторых, в отсутствии так называемого срока отсечения поступающих данных наблюдений, который неизбежно используется в оперативной практике. В результате этого становится возможным включение в реанализ максимально полного комплекта данных наблюдений, в том числе поступающих со значительной задержкой (экспедиционные наблюдения, режимные данные, данные, переносимые на машинные носители, и т.д.) [4]. Параметры данных NCAR/NCEP реанализа подробно описываются в [5–8].

Однако, не умаляя важности результатов проектов реанализа для различных исследований в области взаимодействия компонентов климатической системы и изменений климата, следует подчеркнуть необходимость тщательного сопоставления полей реанализов со значениями наблюдавшихся метеорологических величин. Это важно для получения объективной оценки возможности использования результатов реанализа для определенного класса задач и прежде всего для выявления ограничений их использования.

При проведении расчетов использовались данные реанализа NCEP/DOE AMIP-II, относящиеся к пространственным полям метеовеличин. Они имеют пространственное покрытие от 90° с.ш. до 90° ю.ш. и от 0° в.д. до $357,5^\circ$ в.д. и определены для коор-

динатной сетки в $2,5^\circ$ по широте и долготе. Временной интервал охватывает период с 1979 г. по настоящее время и содержит «срочные» данные, получаемые через каждые 6 ч в основные метеорологические сроки (00, 06, 12 и 18 ч СГВ).

Выполненные трековые анализы центров барических образований по данным субъективного анализа синоптических карт [9] и по данным реанализа показали неоднозначный характер связей результатов. Результаты сравнения представлены на рис. 1.

Очевидно, что количество как циклонов, так и антициклонов по архивным материалам синоптических карт превышает в среднем в 1,2 раза число барических образований по данным реанализа. Среднегодовое число циклонов за исследуемый период по архивным материалам равно 46 ($\sigma = 11$, σ – стандартное отклонение), по данным реанализа 38 ($\sigma = 6$), а для антициклонов 39 ($\sigma = 11$) и 32 ($\sigma = 4$) соответственно.

Данная тенденция может быть связана с тем, что в целом реанализ NCEP/DOE AMIP-II, как и другие виды реанализов, лучше воспроизводит более крупные барические образования, что согласуется с работами других авторов [10, 11]. При наличии несовпадений числа циклонов и антициклонов, полученных в результате двух видов анализа, их изменчивость на всем интервале имеет одинаковые тенденции.

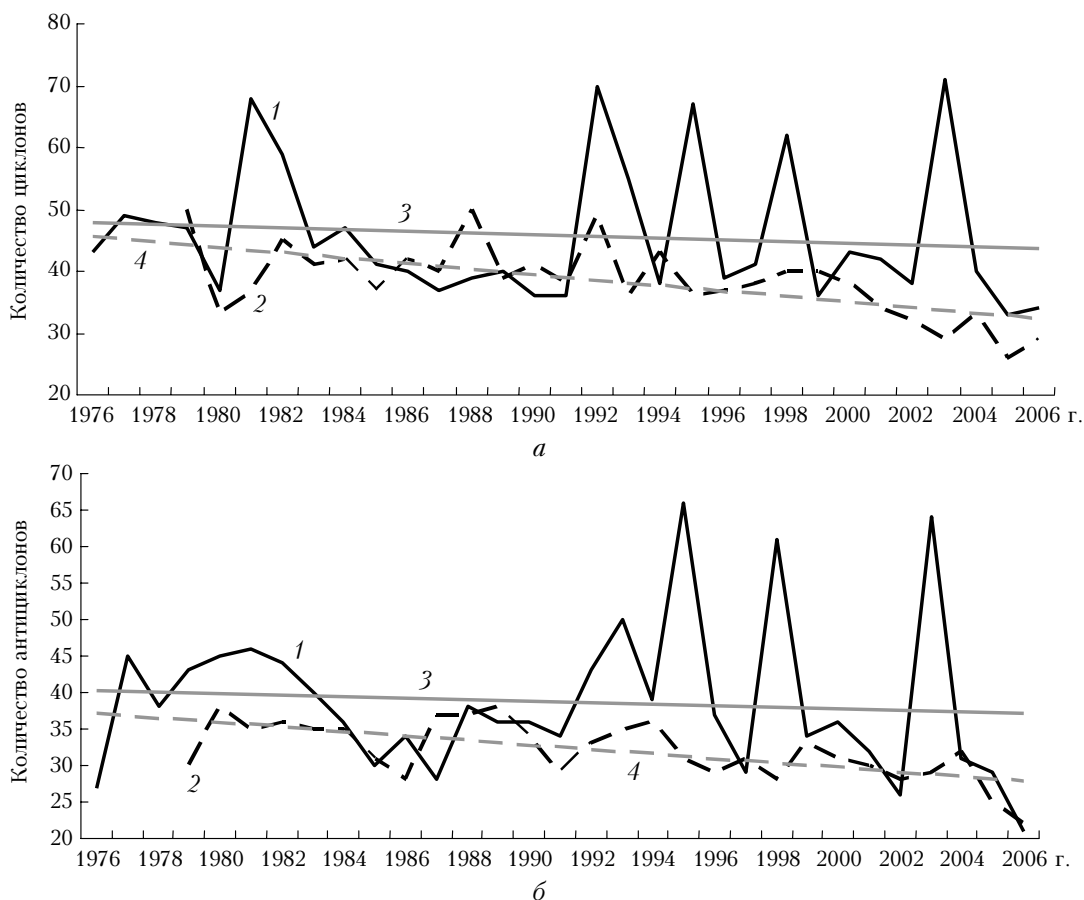


Рис. 1. Число циклонов (Zn) (а) и антициклонов (Az) (б), вычисленных по архивным данным (1976–2006 гг.) (1) и данным реанализа (1979–2006 гг.) (2) NCEP/DOE AMIP-II, и их тренды (3 – синоптические карты, 4 – реанализ) над Западной Сибирью

Кроме того, из рис. 1 видно, что до начала 90-х гг. число барических образований (как циклонов и антициклонов) было несколько меньше, чем после указанного периода. Это можно связать как с тем, что с начала 90-х гг. резко уменьшилось число метеорологических, актинометрических и аэрологических станций и постов в России и сопредельных государствах, так и с наличием некоторой периодичности (например, полувековой или 30-летней) в рядах повторяемости циклонов и антициклонов.

Во внутригодовом ходе повторяемости циклонов, проходивших над территорией Западной Сибири, максимум наблюдался весной (май), минимум — зимой (февраль). У антициклонов максимум — весной (апрель), минимум — зимой (декабрь) (рис. 2).

Коэффициенты корреляции между циклонами и антициклонами по данным реанализа и субъективного анализа синоптических карт составляют 0,7 и 0,9 соответственно (уровень значимости 0,01).

Дополнительно была проанализирована величина интенсивности циклонов и антициклонов, господствовавших над Западной Сибирью за исследуемый период. Получено, что средняя величина интенсивности циклонов по материалам синоптических карт равна 6,4 гПа ($\sigma = 1,4$), антициклонов — 4,0 гПа ($\sigma = 1,0$), а по данным реанализа — 12,1 гПа ($\sigma = 1,2$) для циклонов и 11,8 гПа ($\sigma = 0,9$) для антициклонов. Данный факт еще раз подтверждает вывод о том, что в реанализе лучше воспроизводятся более крупные барические образования и более интенсивные. Местные барические образования, как правило, имеют меньшую интенсивность и геометрические размеры, поэтому не учитываются реанализом.

Кроме того, сравнивались продолжительности воздействия барических образований на исследуемую территорию по результатам как реанализа, так и анализа синоптических карт. Получено, что средняя многолетняя продолжительность влияния единичного циклона по данным архива карт составляет 2,9 сут ($\sigma = 1,4$), а по данным реанализа 2,2 сут ($\sigma = 1,6$). Для антициклона продолжительность влияния составляет 2,4 сут ($\sigma = 2,5$), и 1,8 сут ($\sigma = 1,4$) соответственно. Средняя годовая продолжительность общего воздействия на исследуемую территорию циклонов меньше, чем антициклонов. В то же время замечена отчетливая тенденция к увеличению продолжительности влияния на исследуемую территорию антициклонов к концу исследуемого периода (рис. 3).

Тренд на увеличение продолжительности влияния Az на территорию Западной Сибири обнаруживается и по результатам реанализа, и по синоптическим картам региона. Коэффициент корреляции значим с вероятностью не менее 99%.

Таким образом, в результате проведенного сравнения получена объективная картина наличия внутригодовой и межгодовой изменчивости повторяемости барических образований, определяющих погоду Западной Сибири, и некоторых их характеристик:

1. При наличии количественных различий между числом барических образований реанализ достаточно хорошо отражает качественную картину их временной изменчивости;

2. Число циклонов и антициклонов, выявленное по архивным материалам, превышает их число по данным реанализа в 1,2 раза. По-видимому, реанализ

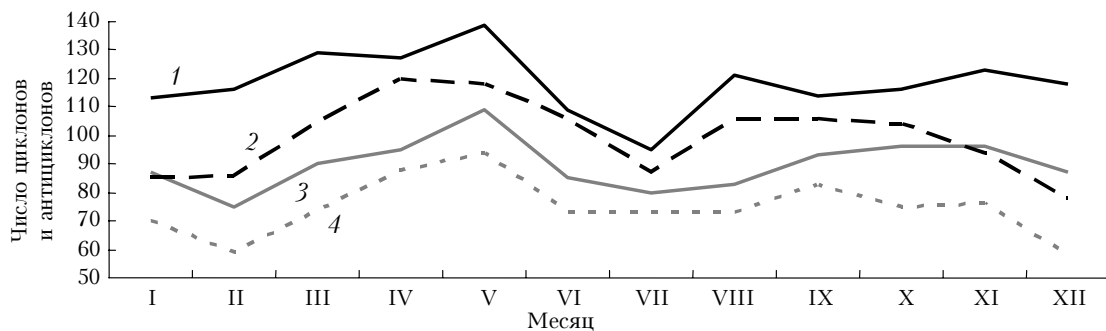


Рис. 2. Внутригодовой ход числа циклонов и антициклонов над Западной Сибирью за исследуемый период по данным реанализа и архивным материалам (обозначения см. рис. 1)

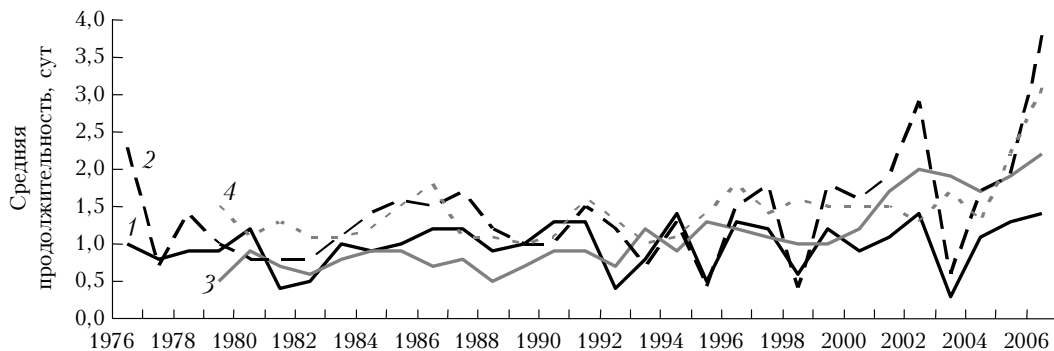


Рис. 3. Средняя межгодовая продолжительность воздействия циклонов и антициклонов на Западную Сибирь за период 1976–2006 гг. по данным реанализа и архивным материалам (обозначения см. рис. 1)

NCEP/DOE AMIP-II, как и другие виды реанализов, лучше воспроизводит более крупные барические образования, чем мелкие;

3. Факт, что до начала 90-х гг. количество барических образований было несколько меньше, чем после, можно объяснить, во-первых, тем, что с начала 90-х гг. резко уменьшилось число метеорологических станций и постов, во-вторых, вероятностью наличия периодов в структуре рядов повторяемости барических образований;

4. Средняя величина интенсивности барических образований по архивным материалам в два раза меньше, чем по данным реанализа;

5. Средняя многолетняя продолжительность влияния на территорию одного циклона и одного антициклона по архивным данным и реанализу практически одинакова;

6. Замечено увеличение продолжительности пребывания над Западной Сибирью антициклональной погоды к концу исследуемого периода по данным обоих анализов.

В заключение можно сказать, что в результате проведенного сравнительного анализа получена объективная картина наличия внутригодовой и межгодовой изменчивости повторяемости барических образований, определявших погоду на территории Западной Сибири в 1976–2006 гг., и некоторых их характеристик как по данным реанализа NCEP/DOE AMIP-II, так и по данным субъективного анализа синоптических карт.

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорол. и гидрол. 2004. № 4. С. 50–67.
2. *Современные* природно-климатические изменения в Сибири: ход среднегодовых приземных температур и давления / И.И. Ипполитов, М.В. Кабанов, А.И. Комаров, А.И. Кусков // Геогр. и природ. ресурсы. 2004. № 3. С. 90–96.

3. <http://www.cdc.noaa.gov/PublicData/> (дата обращения: 22/07/2008).
4. Хан В.М., Стерин А.М., Рубинштейн К.Г. Оценка трендов температуры в свободной атмосфере по данным реанализа и радиозондовым наблюдениям // Метеорол. и гидрол. 2003. № 12. С. 5–18.
5. Рубинштейн К.Г., Игнатов Р.Ю., Егорова Е.Н. О связи температуры поверхности океана и характеристик азиатского муссона // Метеорол. и гидрол. 2001. № 8. С. 18–27.
6. Рубинштейн К.Г., Егорова Е.Н. Влияние межгодовой аномалии температуры поверхности океана на изменчивость циркуляции атмосферы (Результаты численных экспериментов с моделью общей циркуляции атмосферы Гидрометцентра России) // Метеорол. и гидрол. 2002. № 2. С. 5–15.
7. Burlutskiy R.F. Diagnosis of the energy cyclo of the northern hemisphere from the analysis of Hydrometcenter of Russia and the ECMWF reanalysis // Proc. the second WCRP international conference on reanalyses (Wokefield Park, nr. Reading, UK, 23–27 August 1999). January 2000. WCRP-109, WMO/TD-NO. 985. P. 390–393.
8. Gulev S., Jung T., Ruprecht E. Intercomparison of the climate variability in the ocean – atmosphere flux fixed field derived from the NCEP/NCAR reanalysis and COADS // Proc. the second WCRP international conference on reanalyses (Wokefield Park, nr. Reading, UK, 23–27 August 1999). January 2000. WCRP-109, WMO/TD-NO. 985. P. 119–122.
9. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Поднеbesных Н.В. Циркуляция атмосферы над Западной Сибирью в 1976–2004 гг. // Метеорол. и гидрол. 2007. № 5. С. 28–36.
10. Рубинштейн К.Г., Стерин А.М. Сравнение результатов реанализа с аэрологическими данными // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 2002. Т. 38. № 3. С. 301–315.
11. Manning D.M., Hart R.E. Evolution of North Atlantic ERA40 tropical cyclone representation // Geophys. Res. Lett. 2007. V. 34. N 5. L05705, doi: 10.1029/2006GL028266.

V.P. Gorbatenko, I.I. Ippolitov, S.V. Loginov, N.V. Podnebesnykh. The study of cyclonic and anti-cyclonic activity in the West Siberia by NCEP/DOE AMIP-II data reanalysis and synoptic maps.

The interannual and intraannual variability of repeatability, intensity, duration, and pressure in the centre of baric formations (cyclones and anticyclones) was investigated for the Western Siberia during 1976–2006 years with the use of NCEP/DOE AMIP-II data reanalysis and the subjective analysis of synoptic maps. The analysis has shown that reanalysis qualitative reproduce the temporal variability of characteristics of the baric formations. The number of cyclones and anticyclones revealed from the analysis of synoptic maps is 1.2 times higher than the number of formations according to the reanalysis. The average intensity of baric formations calculated from the synoptic maps is 2 times lower than the intensity according to the reanalysis. The average long-term duration of cyclone (anticyclone) influence on the territory obtained from both sources is practically identical.