Флуктуации глобальной циркуляции атмосферы в XX-XXI вв.

Кононова Н.К.,

Институт географии РАН,

Москва, Россия;

NinaKononova@yandex.ru,

www.atmospheric-circulation.ru

IGU REGIONAL CONFERENCE 2015

Москва. Россия

В 1967 г. Б.Л. Дзердзеевский [2] выявил сопряжённость циркуляции атмосферы внетропических широт Северного и Южного полушарий. При зональной циркуляции без блокирующих процессов в Северном полушарии аналогичный характер циркуляции отмечается и в Южном полушарии. При развитии меридиональной циркуляции с блокирующими процессами их количество одинаково в Северном и Южном полушариях, а оси арктических/антарктических вторжений проходят по одним и тем же долготам (рис. 1).

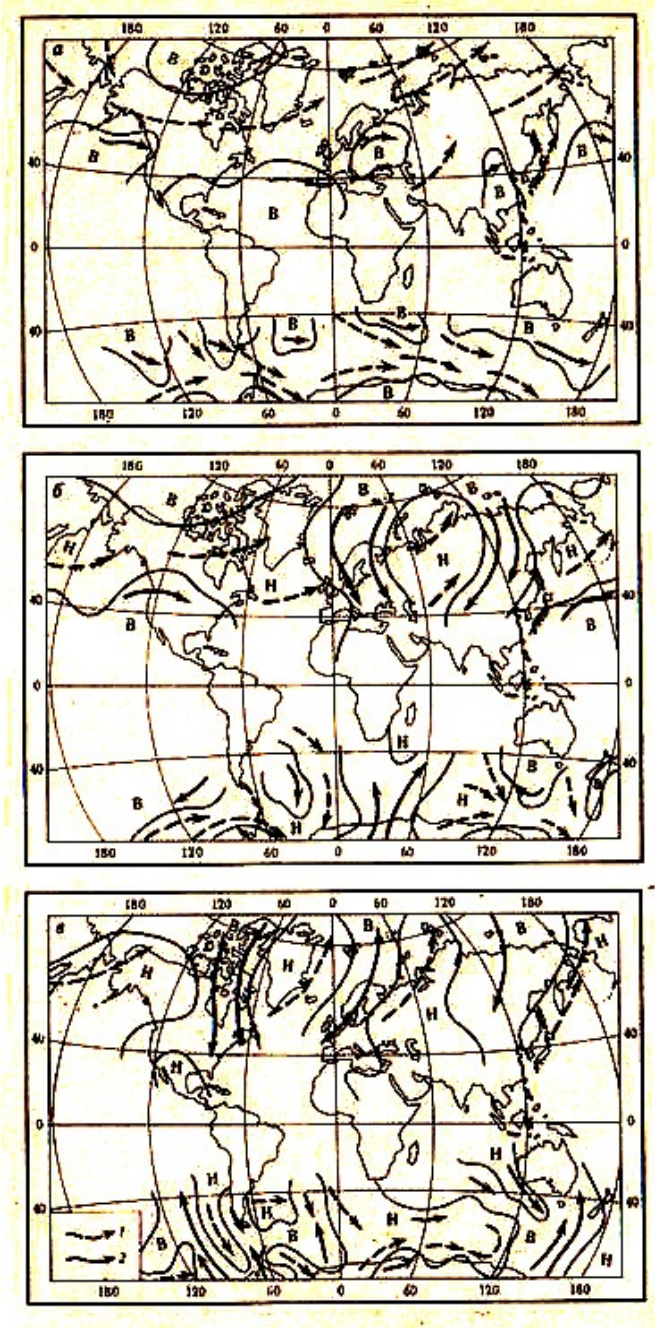
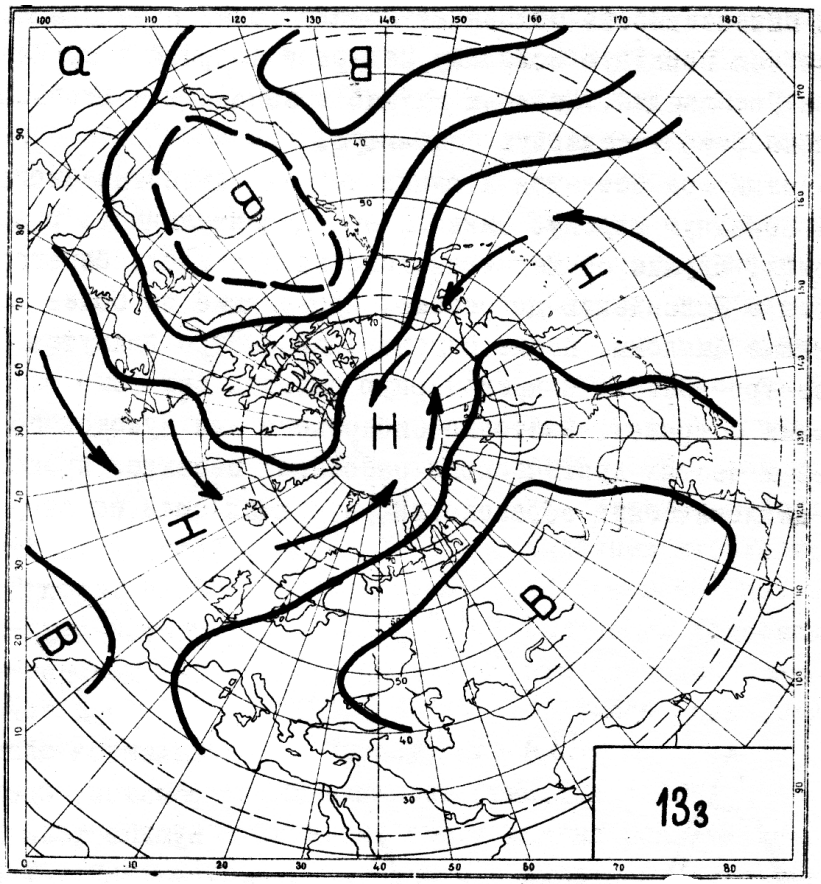


Рис. 1. Сравнение типовых схем циркуляции атмосферы над Северным и Южным полушариями (Северное – по Б.Л. Дзердзеевскому [1], Южное – по П.Д. Астапенко):

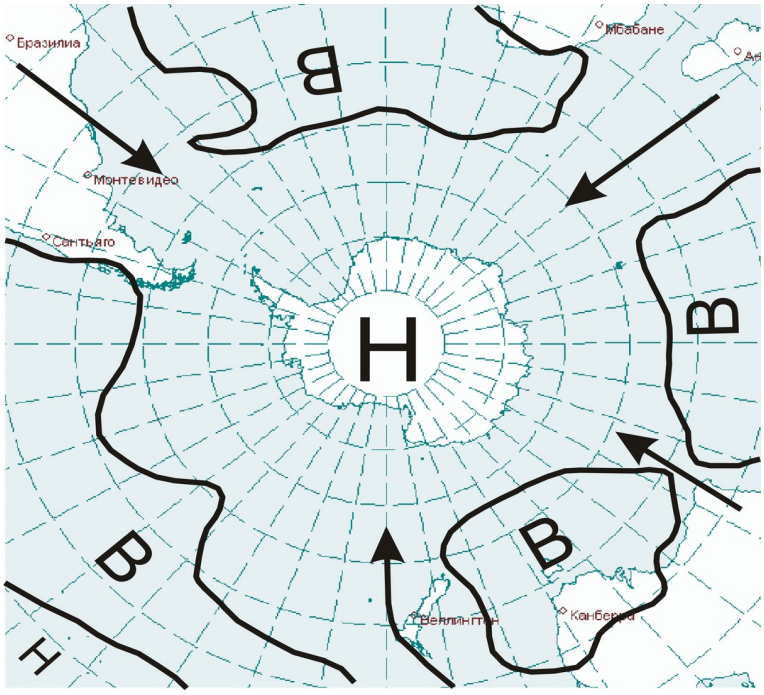
а – зональная циркуляция, б – меридиональная с двумя блокирующими процессами в каждом полушарии, в - меридиональная с тремя блокирующими процессами в каждом полушарии.

Пунктирные стрелки – генерализованные траектории циклонов, сплошные – антициклонов.

Позднее, по сборно-кинематическим картам, построенным за 1898-2005 гг. [4, 5] были выявлены различия в проявлении элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) группы циркуляции с циклонами на полюсах и выходом циклонов из низких широт в высокие в разных полушариях, а также представлены их динамические схемы (рис. 2, 3).

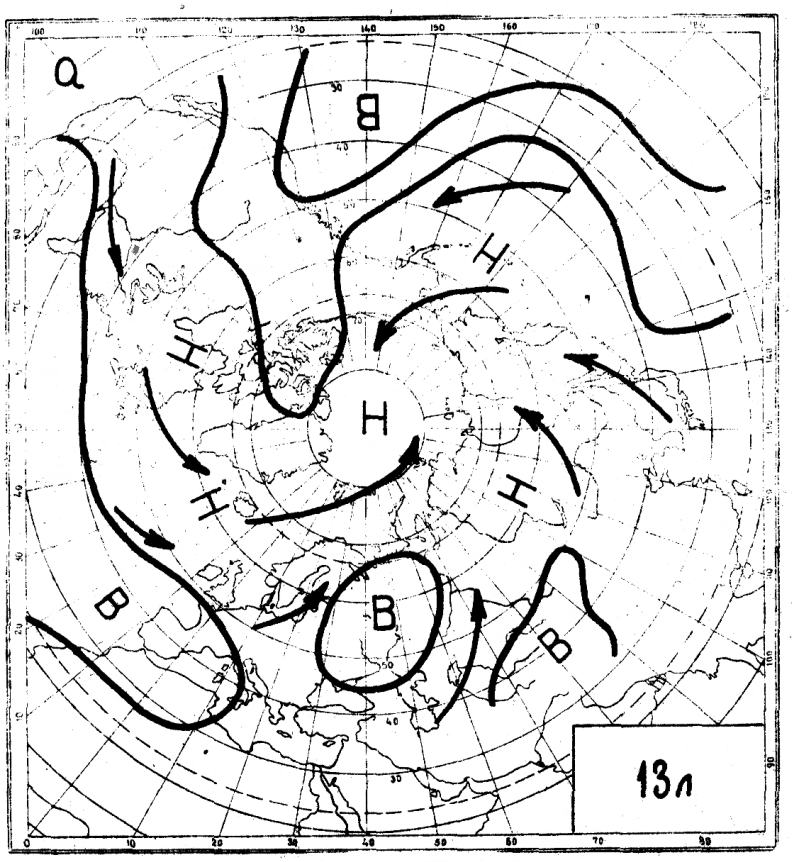


а)

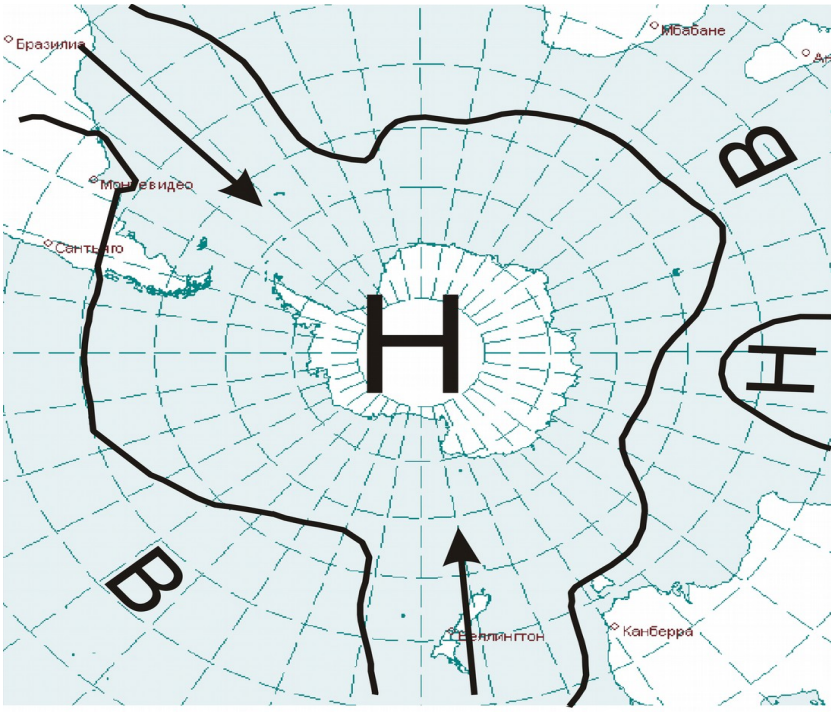


б)

Рис. 2. Динамическая схема ЭЦМ 13з (зимний для Северного полушария):
а) – Северное полушарие (по Б.Л. Дзердзеевскому [1]), б) – Южное полушарие.



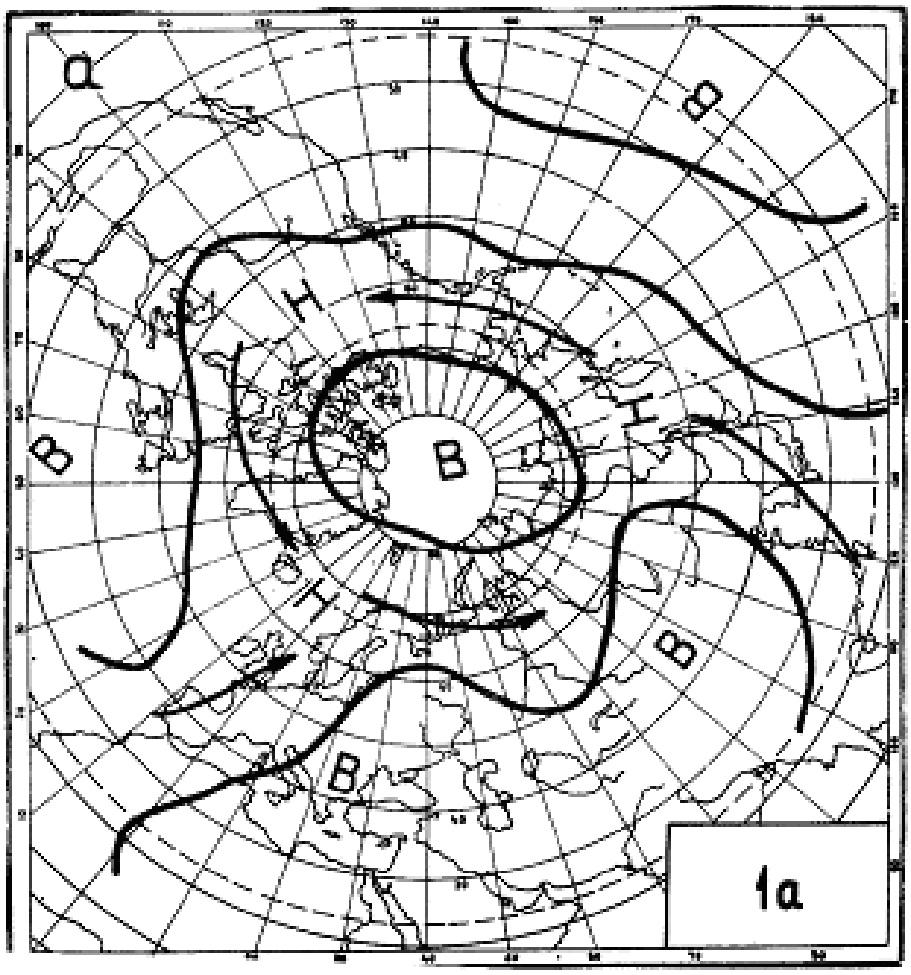
а)



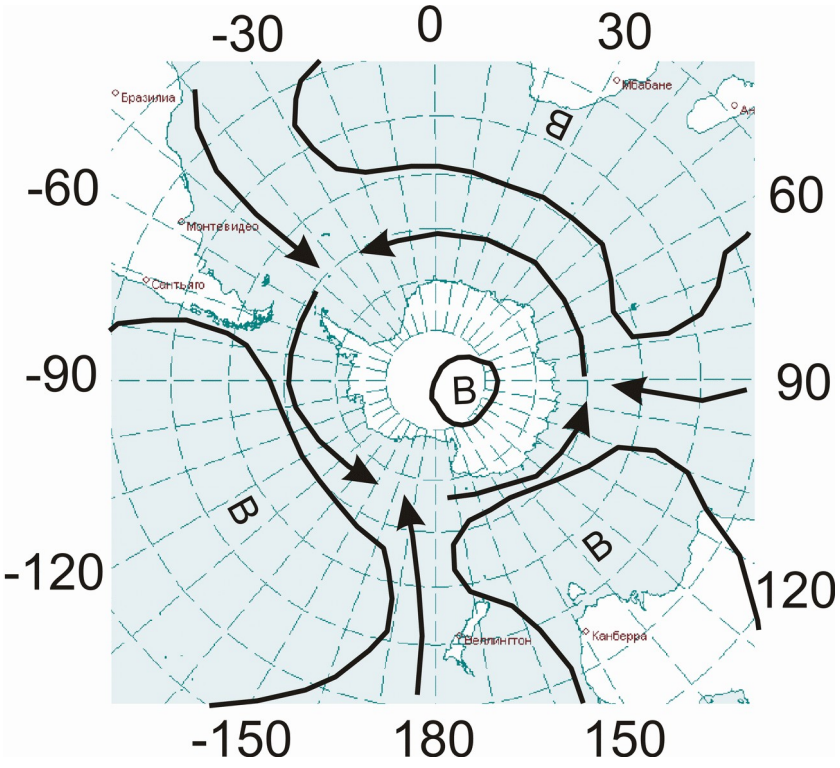
б)

Рис. 3. Динамическая схема ЭЦМ 13л (летний для Северного полушария): а) – Северное полушарие (по Б.Л. Дзердзеевскому), б) – Южное полушарие.

Выявлено также, что при всех макропроцессах в летнем полушарии больше выходов циклонов из низких широт в высокие, чем в зимнем (рис. 4, 5). При ЭЦМ переходных сезонов ситуация в разных полушариях одинакова (рис. 6).



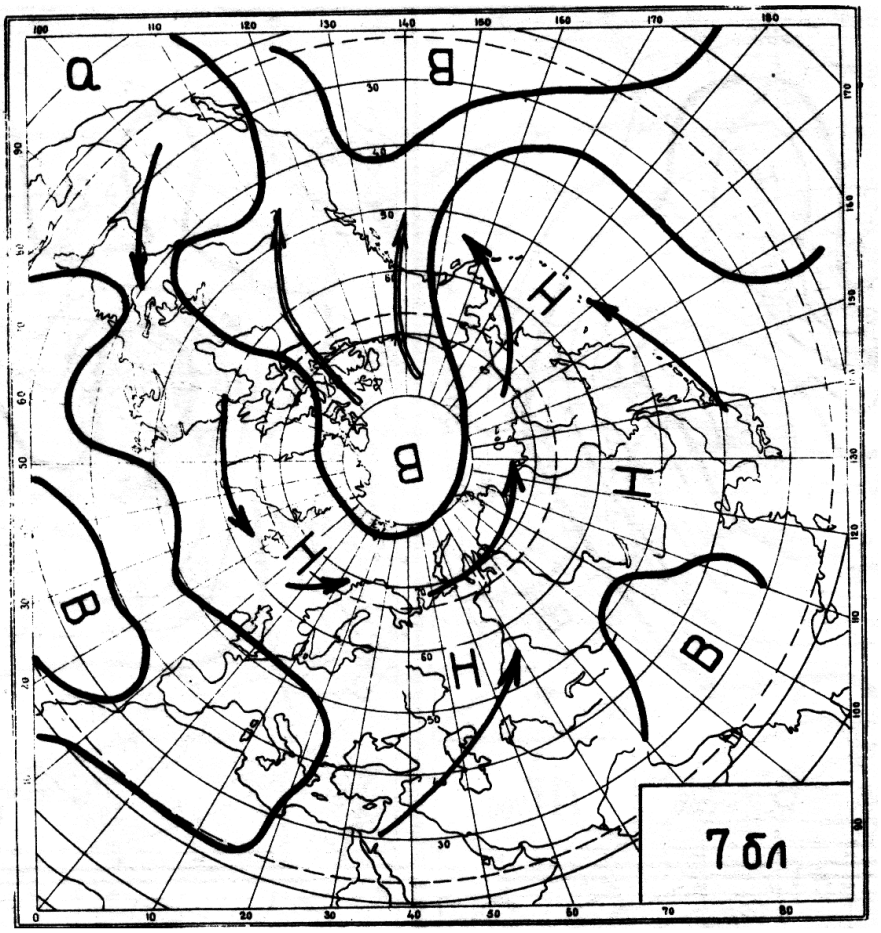
а)



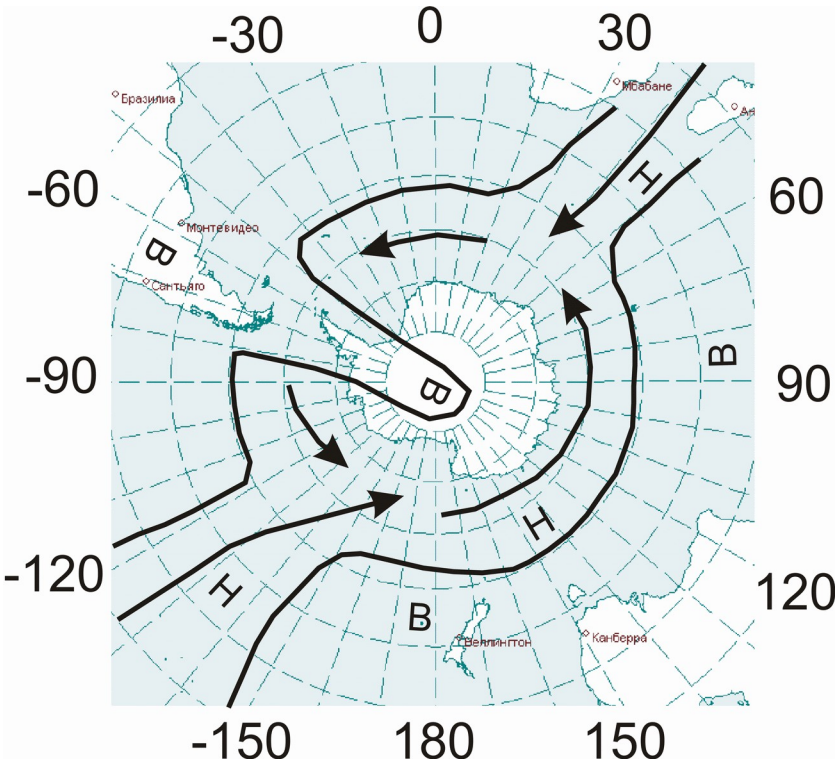
б)

Рис. 4. Динамическая схема ЭЦМ 1а (зональная группа циркуляции, зимний для Северного полушария):

а) – Северное полушарие (по Б.Л. Дзердзеевскому), б) – Южное полушарие.



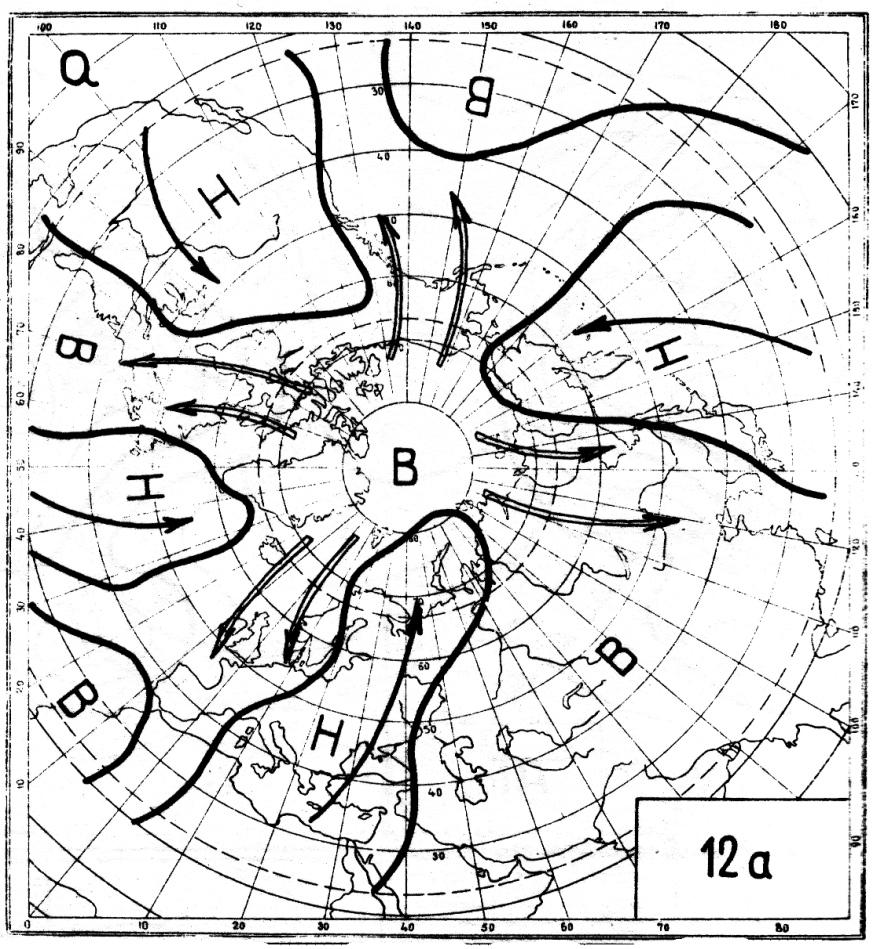
а)



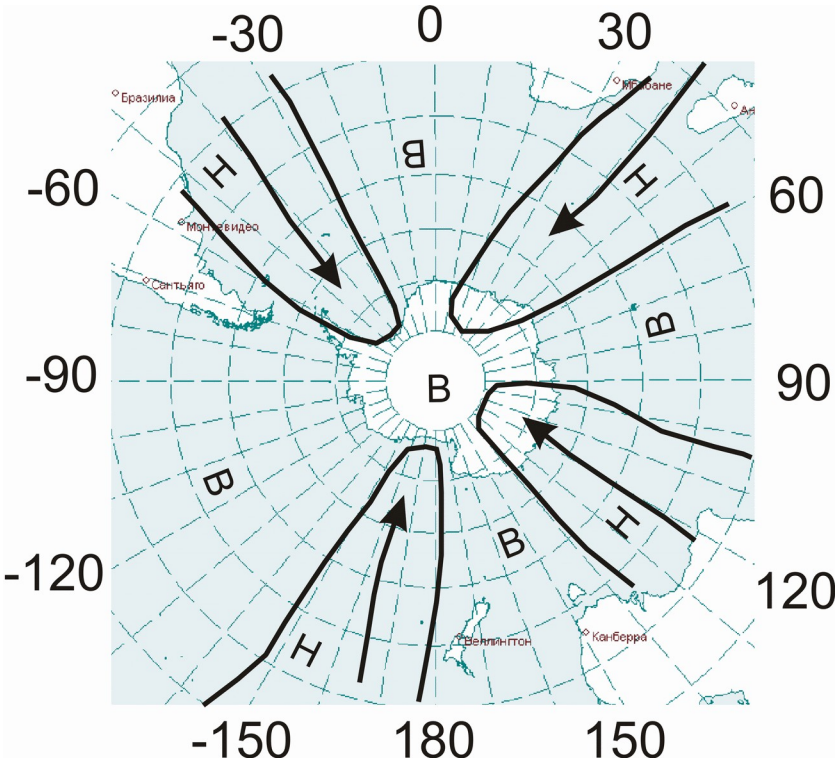
б)

Рис. 5. Динамическая схема ЭЦМ 7бл (группа нарушения зональности, летний для Северного полушария):

а – Северное полушарие (по Б.Л. Дзердзеевскому), б – Южное полушарие.



а)



б)

Рис. 6. Динамическая схема ЭЦМ 12а (группа блокирующих процессов, переходные сезоны):

а – Северное полушарие (по Б.Л. Дзердзеевскому), б – Южное полушарие.

Смена ЭЦМ происходит одновременно в двух полушариях, поэтому и суммарная годовая продолжительность каждого ЭЦМ также одинакова в двух полушариях. Следовательно, и флуктуации циркуляции атмосферы одинаковы во внетропических широтах всей Земли.

Рассмотрены флуктуации глобальной циркуляции атмосферы в 1899-2014 г. в классификации Б.Л. Дзердзеевского. Анализ отклонений суммарной годовой продолжительности зональных (зональные + нарушения зональности) и меридиональных (арктические/антарктические вторжения + выход циклонов из низких широт в высокие) макропроцессов от их средних значений (рис. 7) показал рост с 30-х годов XX века продолжительности межширотного обмена воздушных масс, и в течение XXI века она максимальна за весь период наблюдений.

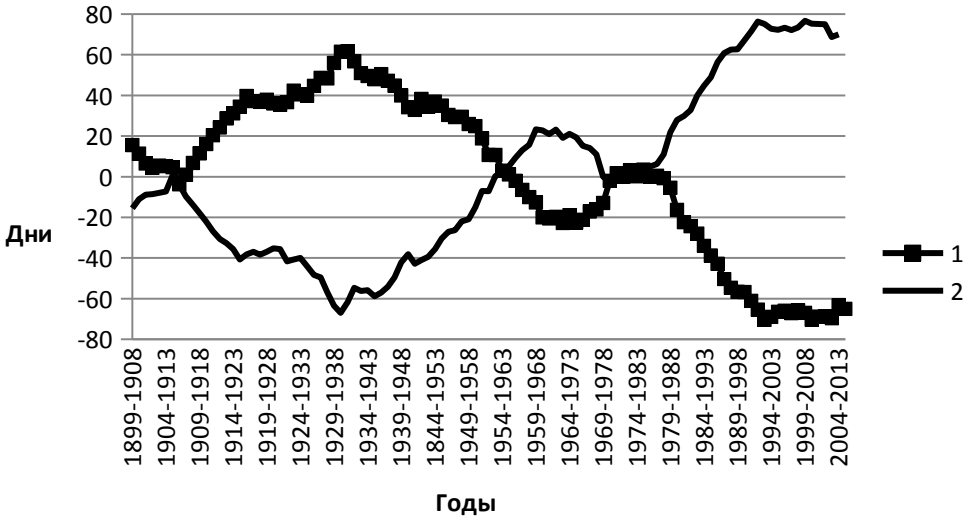


Рис. 7. Десятилетние скользящие средние отклонений суммарной годовой продолжительности групп циркуляции за 1899-2014 гг. от их средних за тот же период: 1-зональная циркуляция, 2-меридиональная циркуляция

Раздельный анализ отклонений от средней суммарной годовой продолжительности формирования блокирующих процессов, соединяющих арктический/антарктический антициклон с субтропическим, и выходов циклонов из низких широт в высокие позволил выделить три циркуляционные эпохи (рис. 8), различающиеся преобладанием положительных отклонений суммарной годовой продолжительности какой-либо одной группы циркуляции от средней за весь период наблюдений.

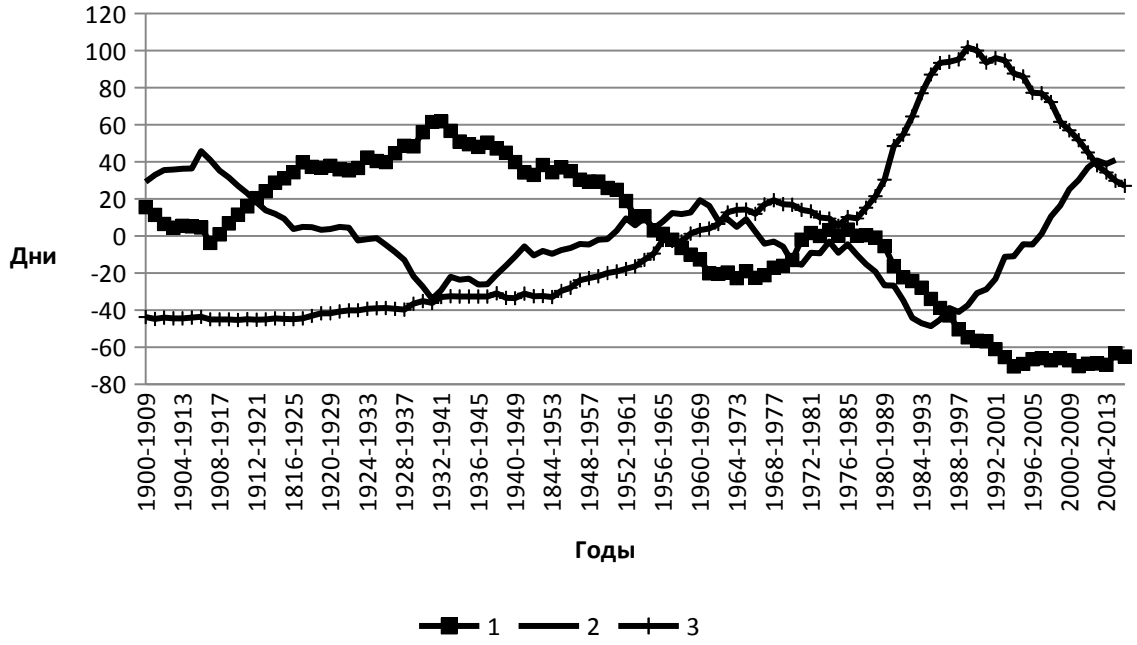
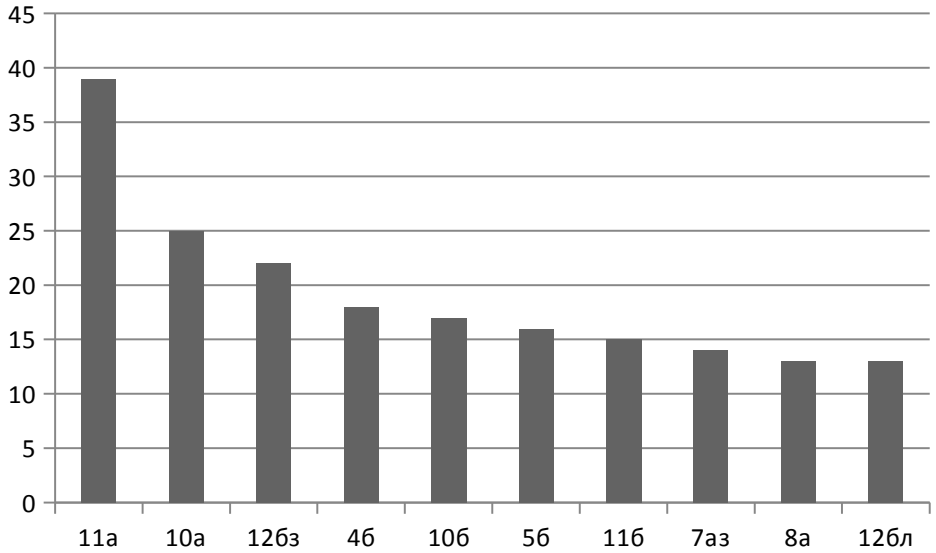


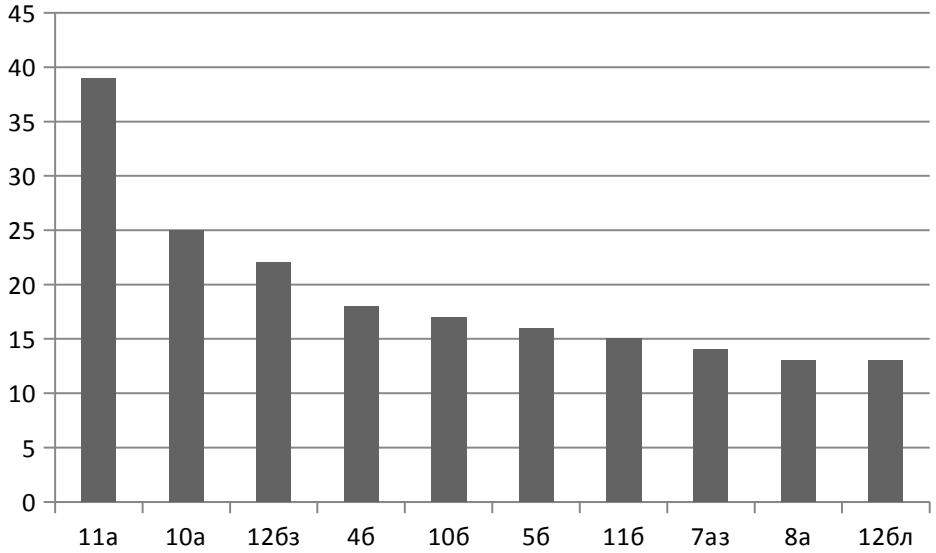
Рис. 8. Десятилетние скользящие средние отклонений суммарной годовой продолжительности групп циркуляции за 1899-2014 гг. от средней за те же годы: 1-зональная циркуляция, 2-блокирующие процессы, 3-выход циклонов из низких широт в высокие.

В первой эпохе (1899-1915 гг.) выше средней за 1899-2014 гг. была продолжительность блокирующих процессов, во второй (1916-1956 гг.) – зональной циркуляции, в третьей (1957 – настоящее время) – выходов циклонов из низких широт в высокие. Третья эпоха распадается на периоды. При общем преобладании положительных отклонений продолжительности выходов циклонов из низких широт в высокие в 1957-1969 гг. отмечается повышенная продолжительность блокирующих процессов (рис. 8). В 1970-1980 тт. продолжительность зональной циркуляции поднимается до уровня средней. В 1981-1997 гг. происходит быстрый рост суммарной годовой продолжительности выходов циклонов из низких широт в высокие. С 1998 г. по настоящее время наблюдается новый всплеск продолжительности блокирующих процессов. Показательно, что именно на этот период приходятся наиболее значительные за весь период наблюдений метеорологически обусловленные опасные природные процессы (наводнения, ледовые катастрофы и т. п. [3, 6-8]).

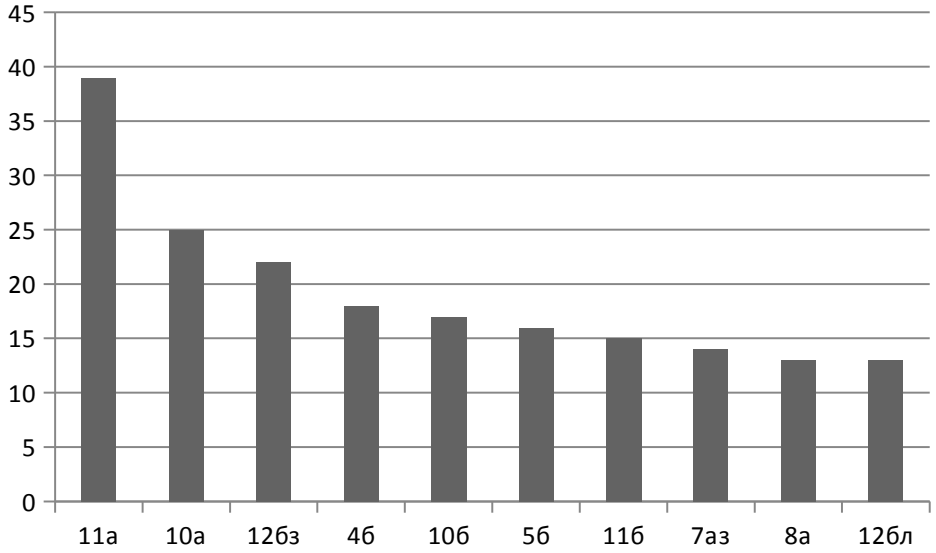
Проанализирована суммарная годовая продолжительность ЭЦМ в каждой эпохе. Выделены ЭЦМ, суммарная продолжительность которых в среднем за эпоху превышает полгода (рис. 9).


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
11а
10а
12бз
4б
10б
5б
11б
7аз
8а
12бл

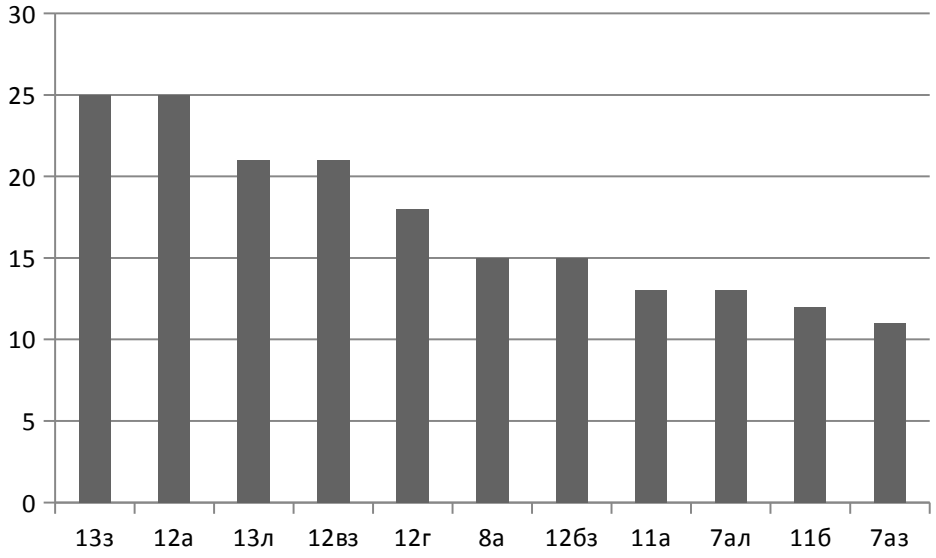
а)


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
11а
10а
12бз
4б
10б
5б
11б
7аз
8а
12бл

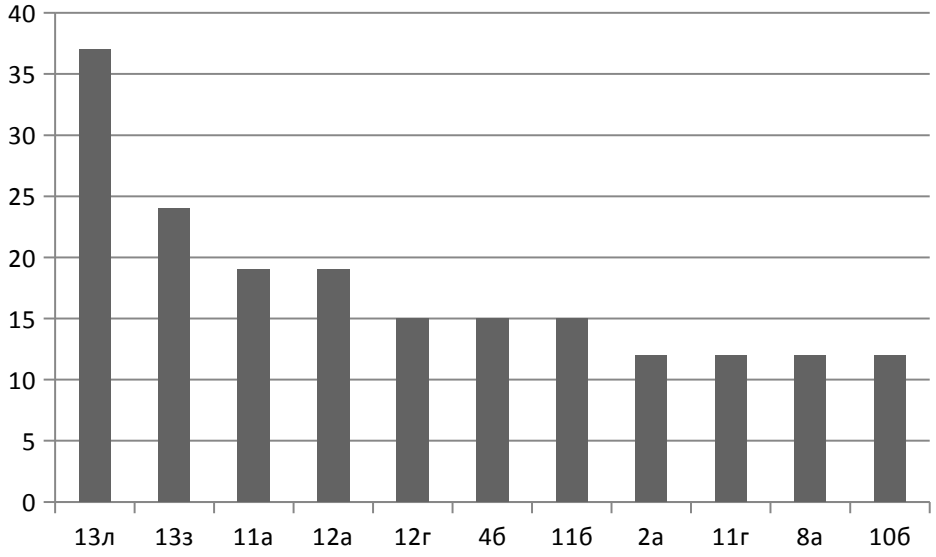
б)


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
11а
10а
12бз
4б
10б
5б
11б
7аз
8а
12бл

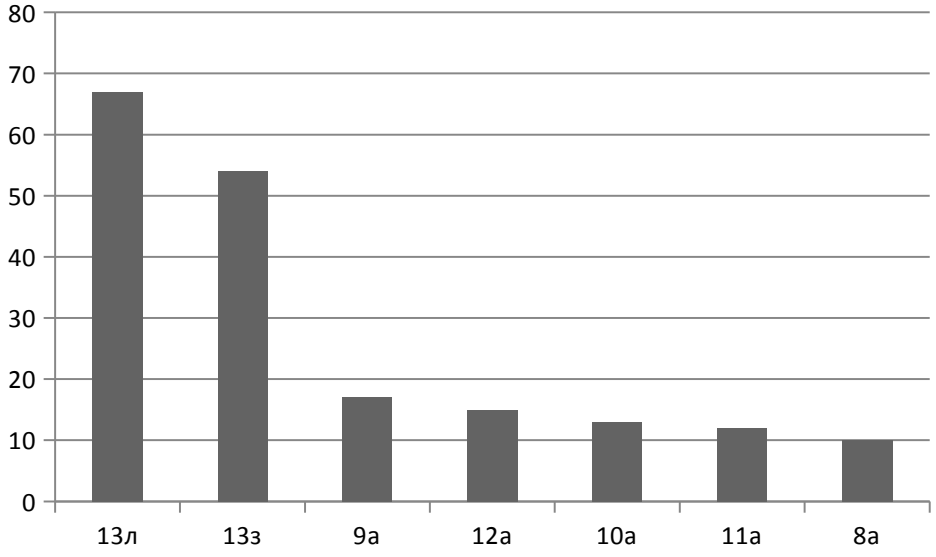
в)


30
25
20
15
10
5
0
13з
12а
13л
12вз
12г
8а
12бз
11а
7ал
11б
7аз

г)


40
35
30
25
20
15
10
5
0
13л
13з
11а
12а
12г
4б
11б
2а
11г
8а
10б

д)


80
70
60
50
40
30
20
10
0
13л
13з
9а
12а
10а
11а
8а

е)

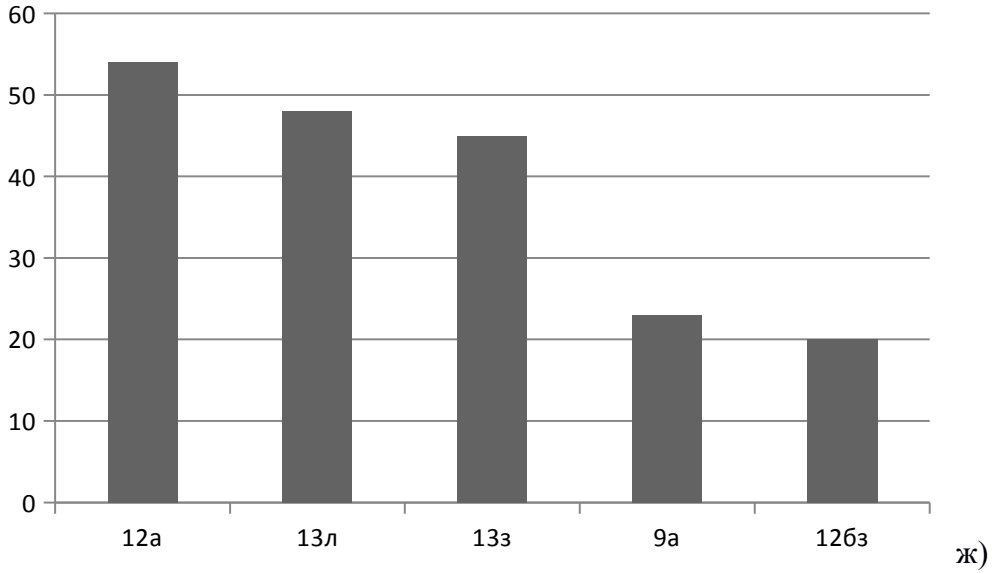


Рис. 9. Наиболее продолжительные ЭЦМ, сумма средних значений которых за указанное время составляет более полугода: а – первая циркуляционная эпоха, б – вторая эпоха, в – третья эпоха, г – 1957-1969 гг., д – 1970-1980 гг., е – 1981-1997 гг., ж – 1998-2014 гг.

Изменение продолжительности циркуляционных процессов сказалось на глобальной среднегодовой температуре воздуха (рис. 10). Она понижается при увеличении продолжительности блокирующих процессов (в конце XIX – начале XX вв. и в 60-е годы XX в.) и повышается в периоды роста продолжительности зональной циркуляции (20-30-е годы) и выходов циклонов из низких широт в высокие (последняя четверть XX века).

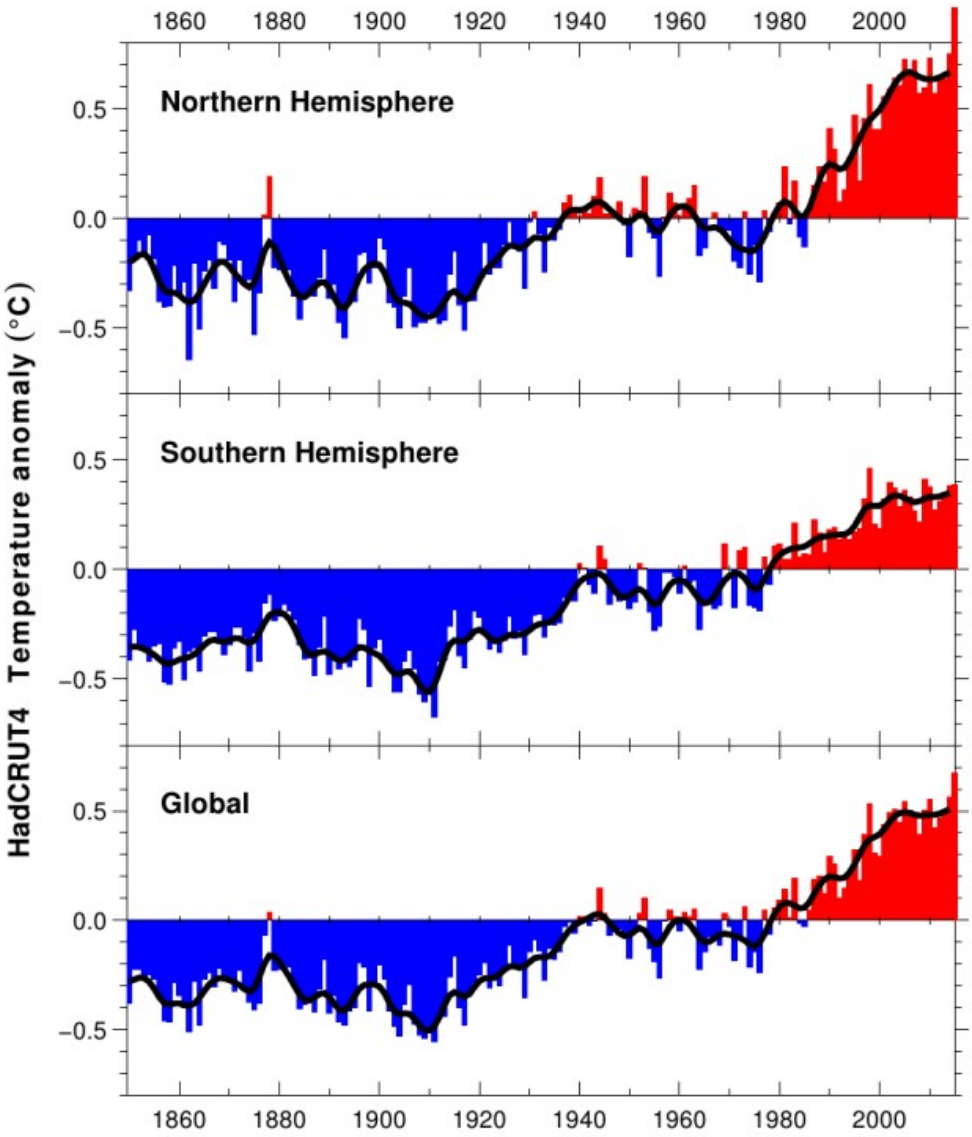


Рис. 10. Отклонения среднегодовой температуры воздуха за 1850-2014 гг. от средней за 1961-1990 гг. по http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/ (HadCRUT4) [9]: а – Северное полушарие, б – Южное полушарие, в – глобальная.

Особого внимания заслуживает современный период (1998-2014 гг.). В этот период в нижней тропосфере достиг максимума меридиональный перенос воздушных масс (в среднем 335 дней в году, рис. 7). Макропроцесс с четырьмя выходами циклонов из низких широт в высокие в каждом полушарии и четырьмя арктическими/антарктическими вторжениями в их тылу, формирующими блокирующие процессы (ЭЦМ 12а, рис. 6), продолжается в среднем 54 дня в году (рис. 9ж). Макропроцессы с циклонами на полюсах, без блокирующих процессов, с тремя выходами циклонов из низких широт в высокие в зимнем полушарии и четырьмя выходами в летнем полушарии (ЭЦМ 13з и 13л, рис. 2, 3) продолжаются в среднем 93 дня в году. Отличительной чертой современного периода является формирование устойчивых антициклонов над континентами и зимой, и летом. Это в свою очередь приводит к

возникновению положительных экстремумов температуры летом и отрицательных зимой. Быстрый рост среднегодовой температуры воздуха прекращается (рис. 10), хотя 2014 г. оказался самым тёплым за весь период наблюдений (аномалия глобальной температуры 0,564° С).

Флуктуации циркуляции атмосферы отразились и на годовой амплитуде приземной температуры воздуха, которая рассчитывается как разность между суточным максимумом и минимумом в конкретном году. За неимением суточных данных я рассчитала годовую амплитуду как разность между среднемесячной аномалией температуры самого тёплого и самого холодного месяца в году (рис. 11).

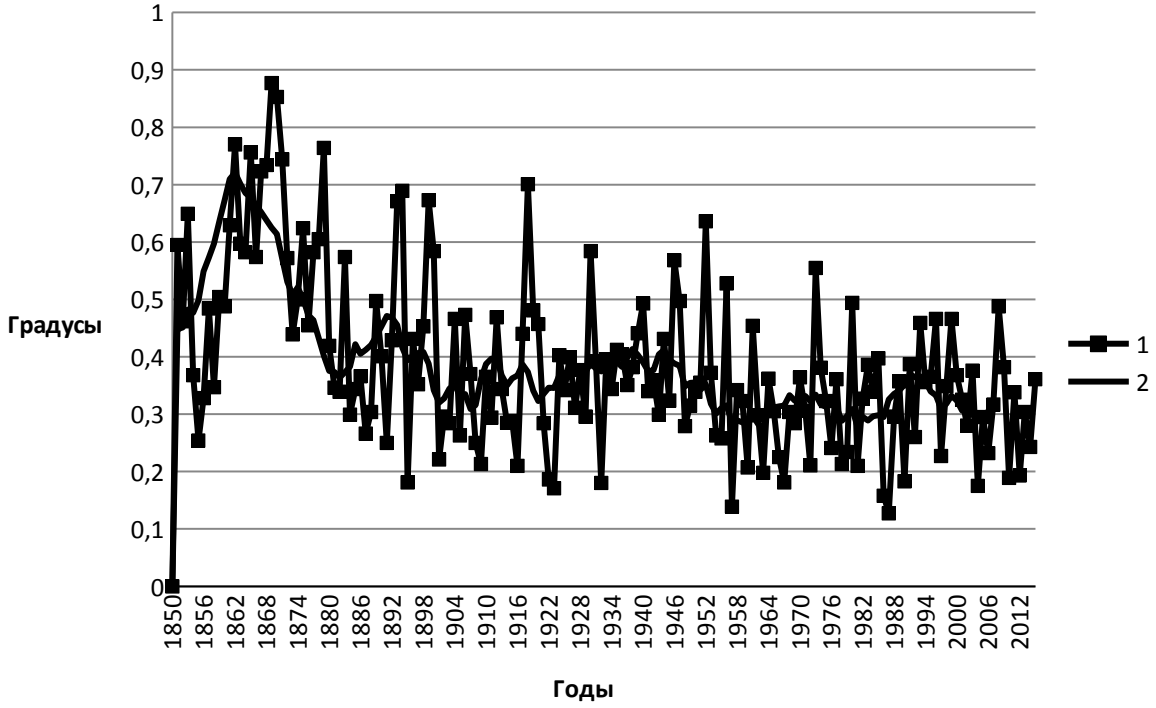


Рис. 11. Годовая амплитуда приземной глобальной температуры воздуха за 1850-2014 гг., посчитанная по данным http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/ (HadCRUT4):
1 – ежегодная амплитуда, 2 – 10-летняя скользящая средняя.

Наибольшая годовая амплитуда температуры отмечалась во второй половине XIX века, максимальная (0.877°) – в 1868 г. С этого года отмечается тенденция уменьшения амплитуды. За 1899-2014 гг. максимальная амплитуда (0,701°) отмечалась в 1917 г., на границе эпох блокирующих процессов и зональной. В течение первой эпохи амплитуда колебалась от 0,21° до 0.584° при средней 0,34° С, во второй – от 0,139° до 0,701° при средней 0,377°, в третьей – от 0,127° до 0,555° при средней 0,312°. В период 1957-1969 гг. годовая амплитуда глобальной температуры воздуха колебалась от 0,181° до 0,454° при средней 0,277° С; в период 1970-

1980 гг. – от 0,21° до 0,555° при средней 0,321°; в период 1981-1997 гг. – от 0,127° до 0,466° при средней 0,32°; в период 1998-2014 гг. – от 0,175° до 0,488° при средней 0,311°.

Таким образом, в период 1899-2014 гг. годовая амплитуда глобальной температуры воздуха была наибольшей в зональную эпоху, когда межширотный обмен воздушных масс был наименьшим, и антициклоны подолгу стояли над континентами, обеспечивая чрезмерное прогревание воздуха летом и выхолаживание зимой. Наименьшей она оказалась в начале третьей эпохи (1957-1969 гг.), когда росла продолжительность и выходов циклонов из низких широт в высокие, и арктических/антарктических вторжений. В современный период после минимума в 1986 г., когда отмечался максимум выходов циклонов из низких широт в высокие, годовая амплитуда температуры воздуха снова увеличивается., что неблагоприятно для всех отраслей хозяйства.

Заключение

Разработка динамических схем ЭЦМ для Южного полушария позволяет анализировать глобальную циркуляцию атмосферы.

В развитии глобальной циркуляции атмосферы в 1899-2014 гг. отмечаются три циркуляционные эпохи: блокирующих процессов, зональная и выходов циклонов из низких широт в высокие, различающиеся преобладанием определённых макропроцессов.

Колебания глобальной среднегодовой приземной температуры воздуха соответствуют колебаниям глобальной циркуляции атмосферы.

Годовая амплитуда приземной глобальной температуры воздуха оказалась наибольшей в зональную эпоху, в период наименьшего межширотного обмена воздушных масс и наибольшей продолжительности стационирования антициклонов над континентами. В последние десятилетия отмечается её рост.

Современный характер циркуляции атмосферы способствует увеличению повторяемости метеорологически обусловленных опасных природных процессов в разных регионах Земли, в том числе и возникновению одновременных ледовых катастроф в Арктике и Антарктике.

Литература

1. Dzerdzeevskii, B. Fluctuations of Climate and of General Circulation of the Atmosphere in extra-tropical latitudes of the Northern Hemisphere and some problems of dynamic climatology. *TELLUS, 1962, XIV, No 3 pp. 328-336*

2. Дзердзеевский Б.Л.. Сравнение главнейших закономерностей циркуляции атмосферы над Северным и Южным полушариями. // *Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции, 1967, № 65, с.58-68.* (Б.Л. Дзердзеевский. Избранные труды. Изд. «Наука», 1975, с. 149-158).

3. Кононова Н.К. Влияние циркуляции атмосферы Северного полушария на формирование стихийных бедствий на территории России в XXI веке.// ГеоРиск, 2014, № 3, с. 22-27.

4. Кононова Н.К., О.В. Луценко, М.Е. Макарова, И.А. Орлов.. Циркуляция атмосферы в Антарктике в конце XX – начале XXI веков. // Материалы гляциологических исследований, 103, 2007, с. 142-147.

5. Кононова Н.К., Макарова М.Е. Планетарная циркуляция атмосферы и ее проявление в Антарктике. // Научная конференция «Россия в Антарктике» 12-14 апреля 2006 г., Санкт-Петербург, ААНИИ. Программа и тезисы докладов. Санкт-Петербург, с. 126-127.

6. Котляков В.М., Асоян Д.С., Кононова Н.К., Осокин Н.И., Рототаева О.В. Особенности катастрофических природных процессов на Северном Кавказе на рубеже XX – XXI вв. // Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы 8 т. / Пред. ред. кол. Н.П. Лавёров, РАН. Т. 3. Опасные природные явления на поверхности суши: механизм и катастрофические следствия/ Отв. ред. В.М. Котляков – М.: ИГ РАН, ИФЗ РАН, 2008, с. 190-209.

7. Мавлюдов Б.Р., Кононова Н.К., Захаров В.Г. Синхронность динамики ледовых процессов в Арктике и Антарктике в апреле 2012 г. // Международная конференция «Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций». Сборник материалов конференции. - Апатиты, 2015. С. 142-144

8. Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. Активность селей на Курильских островах в период современных изменений климата. // ГеоРиск, 2014, № 3, с. 28-33.

9. Climatic Research Unit: Data http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/ (HadCRUT4)