Циркуляция атмосферы в Антарктике в конце XX – начале XXI веков

Н.К. Кононова[1], О.В. Луценко[2], М.Е. Макарова[2], И.А. Орлов[2]

[1]Институт географии РАН, Москва; [2]Гидрометцентр РФ, Москва

Рассмотрены характерные черты циркуляции атмосферы в Южном полушарии (в типизации Б.Л. Дзердзеевского) в 1998–2005 гг.

Введение

В работе Б.Л. Дзердзеевского [2] впервые был дан сравнительный анализ циркуляции атмосферы в Северном и Южном полушариях. На основе сопоставления двух типизаций циркуляционных процессов (для Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому, для Южного по П.Д. Астапенко [1]) в ней показана синхронность блокирующих процессов в обоих полушариях. Выявленная сопряженность атмосферных процессов прослежена на протяжении всего их развития — от зарождения до полного затухания. В [2] показано также, что в Южном полушарии, как и в Северном, велика повторяемость меридиональных форм циркуляции, обусловливающих интенсивный межширотный обмен: проникновение антарктических вторжений в субтропики, а

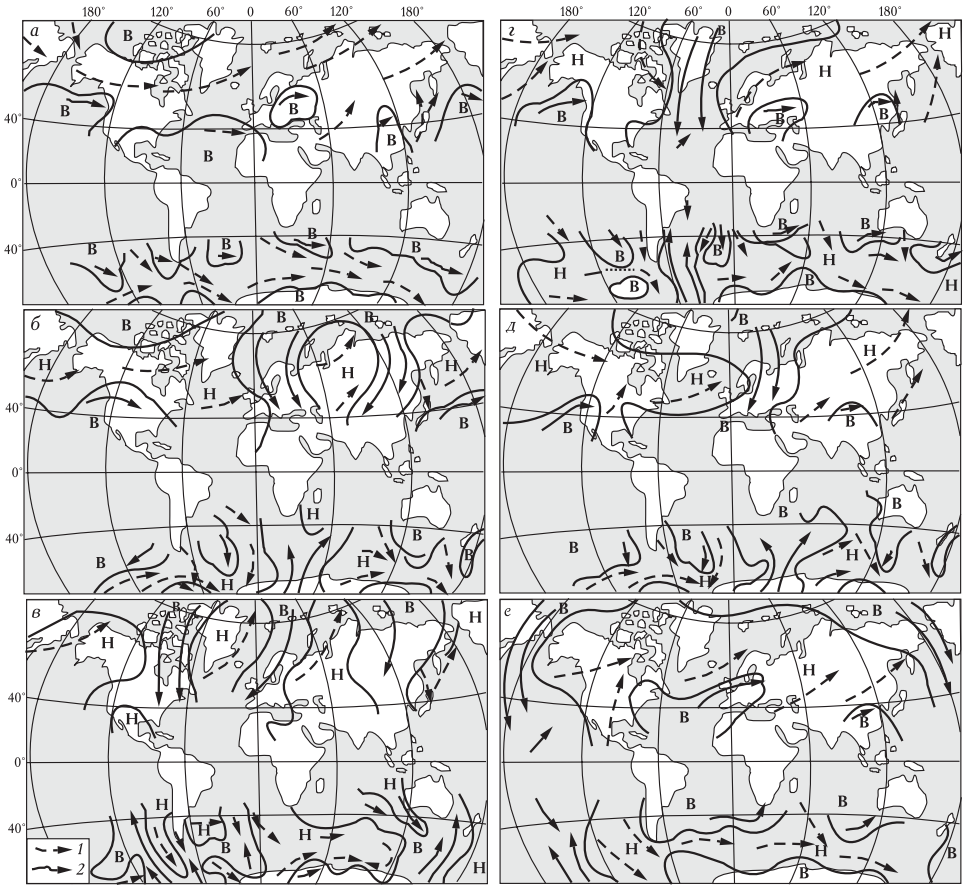


Рис. 1. Сравнение типовых схем циркуляции атмосферы над Северным и Южным полушариями (для Северного по Б.Л. Дзердзеевскому, для Южного по П.Д. Астапенко): а — зональная циркуляция, б — меридиональная с двумя блокирующими процессами в каждом полушарии, в — меридиональная с тремя блокирующими процессами в каждом полушарии. Нарушение зональности: г — блокирующие процессы в каждом полушарии над Атлантикой, д — над Евразией в Северном полушарии и над Индийским океаном в Южном, е — над Тихим океаном. Пунктирные стрелки – генерализованные траектории циклонов, сплошные — антициклонов

Fig. 1. The comparison of the standard schemes of atmosphere circulation over Northern and Southern hemispheres (over Northern according to B.L. Dzerdzeevskii, over Southern accorfding to P.D. Astapenko): а — zonal circulation, б — meridional circulation with two blocking process in each hemisphere, в — meridional circulation with three blocking process in each hemisphere. Disturbance of zonal, one blocking process in each hemisphere: г — over Atlantic in each hemisphere, д — over Siberia in Northern Hemisphere and over Indian ocean in Southern Hemisphere, е — over Pacific in each hemisphere. The dotted arrows are total paths of cyclones, utter are total paths of anticyclones

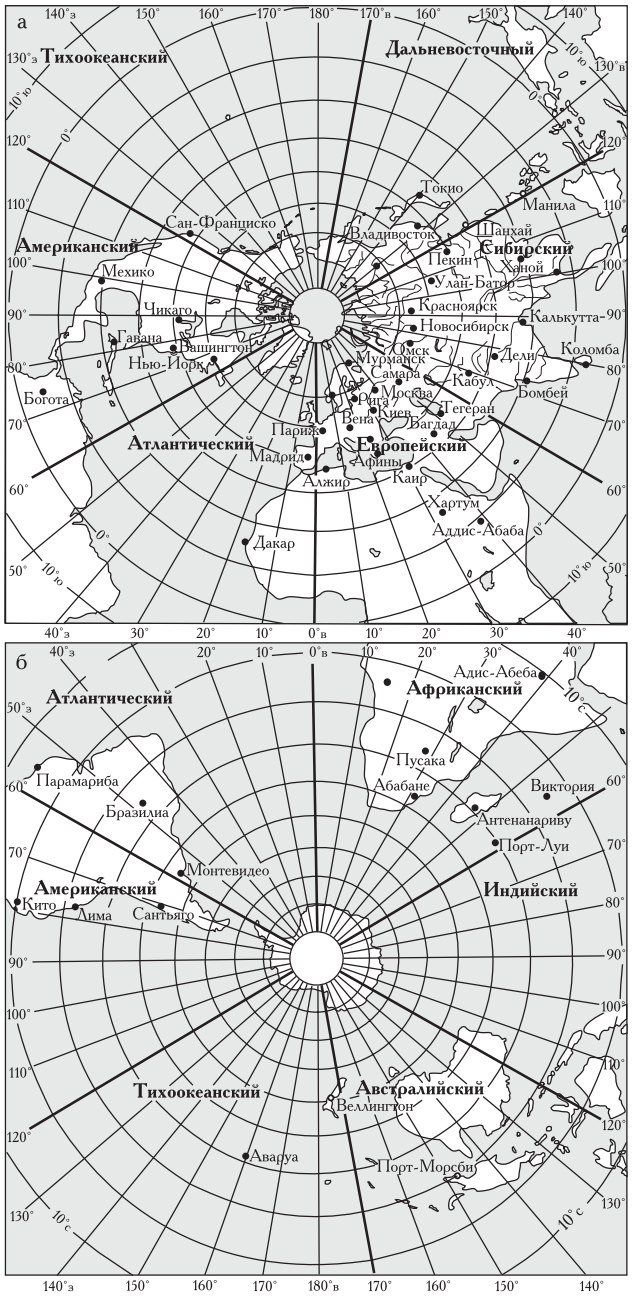


Рис. 2. Сектора Северного (а) и Южного (б) полушарий
Fig. 2. Sectors of Northern (a) and Southern (б) Hemisphere

циклонов – в самые высокие широты Южного полушария. Отмечается пересечение циклонами как Арктики, так и Антарктиды. Соотношение меридиональных и зональных форм циркуляции в обоих полушариях приблизительно одинаково: 75–80 и 25–20%, соответственно. Работа иллюстрирована типовыми схемами планетарной циркуляции атмосферы (рис. 1).

Типовые схемы процессов с циклонической циркуляцией на полюсах без блокирующих процессов, с выходом циклонов из низких широт в высокие с большой меридиональной составляющей в указанной работе не представлены. Описание особенностей формирования таких форм циркуляции в холодное и теплое полугодия в Южном полушарии дано в [8].

В развитие исследований Б.Л. Дзердзеевского мы поставили задачу представить все типовые схемы развития атмосферных процессов в Южном полушарии, как это сделано для Северного [3, 10], на современной картографической основе, применяемой в Гидрометцентре РФ.

В продолжение работы, проведенной Б.Л. Дзердзеевским в 1967 г., по синоптическим картам и картам барической топографии Южного полушария за 1998–2005 гг., составленным в Гидрометцентре РФ, были построены сборно-кинематические карты траекторий циклонов и антициклонов в Южном полушарии для каждого элементарного циркуляционного механизма (ЭЦМ), выделенного в календаре последовательной смены ЭЦМ для Северного полушария. Затем эти карты были систематизированы по типам ЭЦМ, и в результате для каждого типа получены схемы перемещения циклонов и стационирования антициклонов в Южном полушарии.

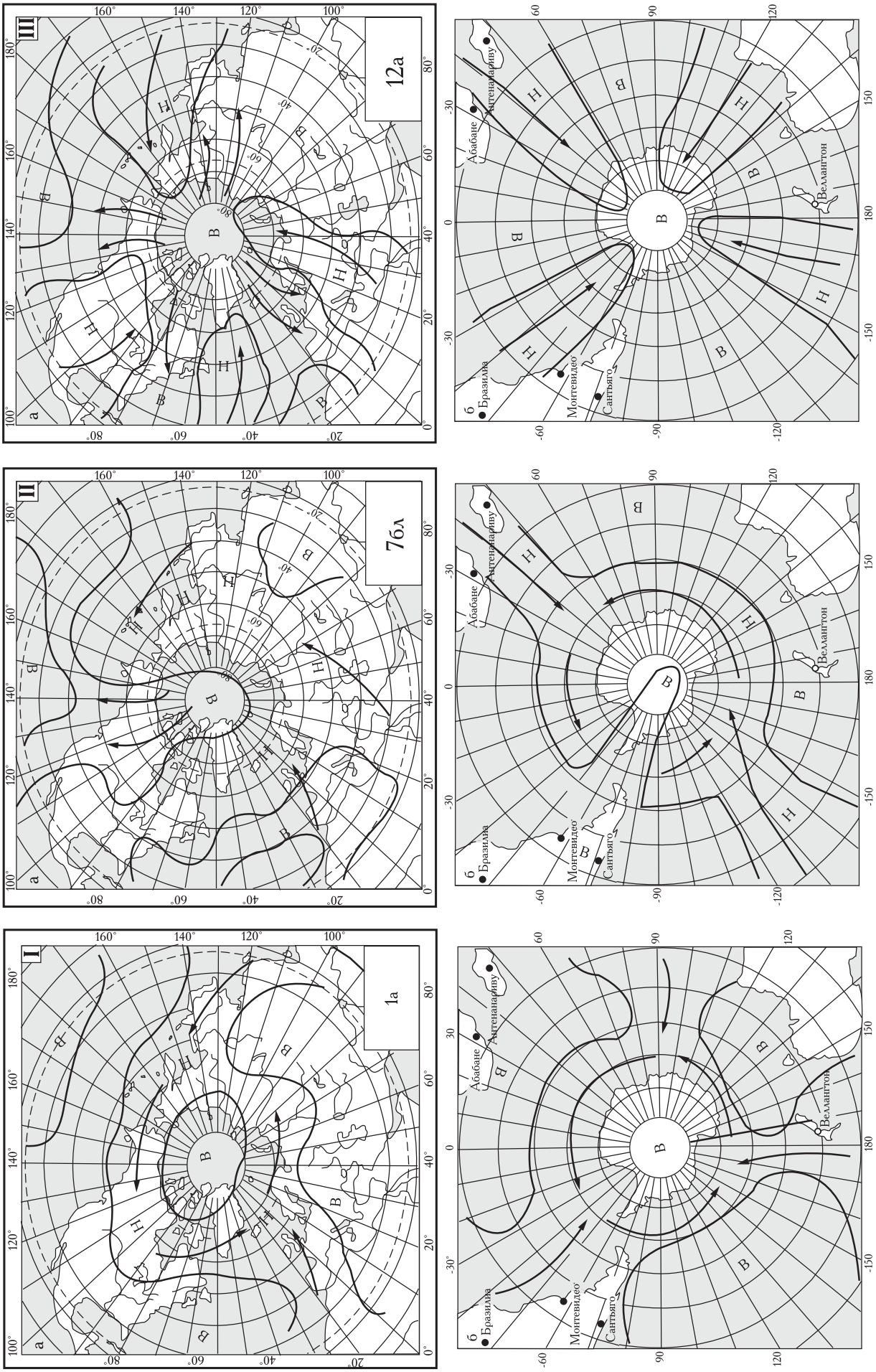
При анализе схем выяснилось, что зимнему ЭЦМ в Северном полушарии соответствует его летний аналог в Южном и наоборот. Различия проявляются в количестве выходов циклонов из низких широт в высокие: в теплое полугодие их больше, чем в холодное.

Для анализа сопряженности циркуляционных процессов в Северном и Южном полушариях Южное, как и Северное, было разделено на 6 секторов и по тем же долготам, как и Северное [2]: Атлантический (-60°–0°), Африканский (продолжение Европейского для Северного полушария, 0°–60°), Индийский (продолжение Сибирского, 60°–120°), Австралийский (продолжение Дальневосточного, 120°–170°), Тихоокеанский (170°–-120°), Американский (-120°–-60°) (рис. 2).

Группа зональной циркуляции

Для пяти ЭЦМ указанной группы характерно наличие антициклона на полюсе, кольца циркумполярных циклонов, пополняемого выходами циклонов из низких широт, и полосы субтропических антициклонов, разрываемой этими циклонами.

На рис. 3 I представлен зимний ЭЦМ 1а. В Северном полушарии при его действии отмечается два выхода южных циклонов: с западной части Средиземного моря на Скандинавию и вдоль тихоокеанского побережья Азии на Курилы, Сахалин и Камчатку. В Южном полушарии, где период действия ЭЦМ этого типа приходится на лето, прослеживаются три выхода циклонов из низких широт в высокие: вдоль атлантического побережья Южной Америки, от Новой Зеландии и Кокосовых островов к о. Кергелен, что связано с понижением давления на полюсе и континентах. Прогревание над континентами обеспечивает быструю трансформацию воздушных масс. Поле деформации над Австралией способствует развитию полярно-фронтовых циклонов


III
12а
II
7бл
I
1а
а
б
Бразилиа
Монтевидео
Сантьяго
Абабане
Антенанариву
Веллингтон
В
Н

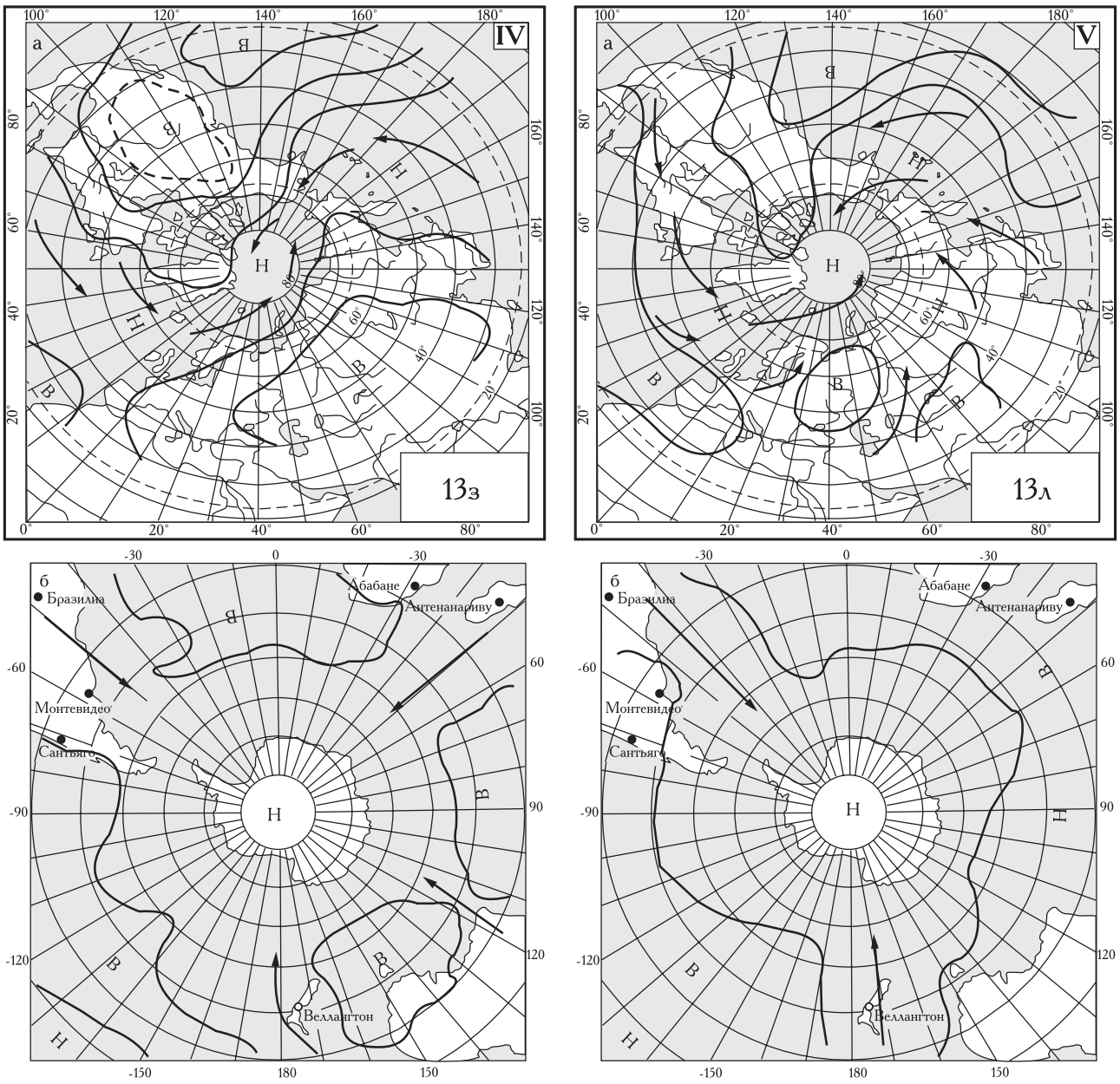


Рис. 3. Динамические схемы ЭЦМ для Северного (а) и Южного (б) полушарий: I — ЭЦМ 1а; II — ЭЦМ 7бл (летний); III — ЭЦМ 12а; IV — ЭЦМ 13з; V — ЭЦМ 13л

Fig. 3. Dynamic schemes of ECM for Northern and Southern hemispheres

восточнее континента и их движению к югу.

Обращает на себя внимание и еще одна особенность. Как и в Северном полушарии, давление в центре субтропических антициклонов в Южном полушарии выше, чем в центре полярного. Однако, если давление в субтропическом поясе обоих полушарий приблизительно одинаково (1020–1035 гПа, наиболее высокое над континентами в Северном полушарии и над океанами в Южном), то давление в центре полярного антициклона в Южном полушарии значительно ниже, чем в Северном. В Северном полушарии среднее давление при ЭЦМ 1а в центре арктического антициклона, по данным С.С. Савиной и Л.В. Хмелевской [9], составляет 1020 гПа, а в центре антарктического оно редко превышает 1005 гПа, что объясняется расположением Южного полюса на высоте более 2000 м.

Группа нарушения зональности

В эту группу входят 13 ЭЦМ с одним блокирующим процессом в каком-либо секторе полушария и двумя-тремя выходами циклонов из низких широт в высокие. На рис. 3 II приводится схема летнего ЭЦМ 7бл.

В Северном полушарии блокирующий процесс развивается над западной частью Северной Америки. Отмечается три выхода южных циклонов: с восточной части Средиземного моря на бассейны Оби и Енисея, вдоль тихоокеанского побережья Азии и на восточную часть Северной Америки (рис. 3 IIа).

В Южном полушарии блокирующий процесс развивается над Южной Америкой. Циклоны из низких широт в высокие выходят в двух секторах:

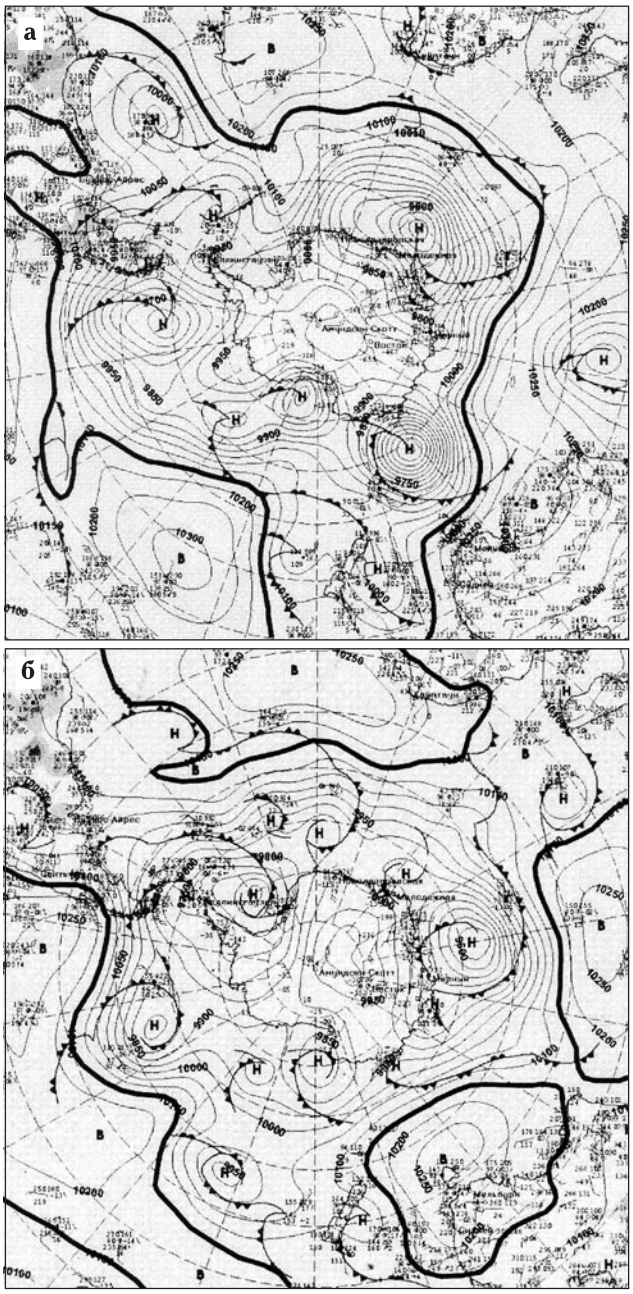


Рис. 4. Синоптические карты Южного полушария за 9 января (ЭЦМ 13з) (а) и 26 мая 2005 г. (ЭЦМ 13л) (б)
Fig. 4. Weather maps in Southern Hemisphere for 09.01.05 (ECM 13w) (a) and 26.05.05(ECM 13s) (б)

Тихоокеанском и Африканском, пополняя кольцо циркумполярных циклонов. Большая часть субтропического пояса занята областью высокого давления (рис. 3 IIб). Меньшее число выходов полярно-фронтовых циклонов в высокие широты в Южном полушарии также связано с сезонными различиями подстилающей поверхности.

Группа меридиональной северной циркуляции

К этой группе относится 21 ЭЦМ с двумя-четырьмя блокирующими процессами и столькими же выходами циклонов из низких широт в высокие. На рис. 3 III представлена динамическая схема ЭЦМ 12а (четыре блокирующих процесса и четыре выхода циклонов из низких широт в высокие).

В Северном полушарии блокирующие процессы развиваются над Сибирью, Атлантическим побережьем Северной Америки, Тихим океаном и Западной Европой. Южные циклоны выходят со Средиземного моря на Европейскую часть России и продвигаются вплоть до Новой Земли, вдоль тихоокеанского побережья Азии на Камчатку, на западную часть Северной Америки и с Атлантического океана на Гренландию (рис. 3 IIIа).

В Южном полушарии блокирующие процессы развиваются в направлении Новой Зеландии, о. Мадагаскар, в западной части Атлантического океана и в центральной части Тихого. Циклоны, выходящие из низких широт в высокие, формируются южнее Австралии, в западной части Индийского океана, у берегов Южной Америки и в Тихом океане, восточнее Новой Зеландии (рис. 3 IIIб).

Поскольку этот ЭЦМ встречается круглый год, сезонных различий по полушариям при его действии не наблюдается.

Циклоническая циркуляция на полюсе

К этой группе относятся два ЭЦМ: 13з и 13л. Были составлены типовые схемы зимних и летних циркуляционных процессов с циклонической циркуляцией над Антарктидой и выходом циклонов из низких широт в высокие (рис. 3 IV и V).

В Северном полушарии среднее давление на полюсе при ЭЦМ 13з составляет 1010 гПа, при ЭЦМ 13л — 1005 гПа [9]. В Южном полушарии при ЭЦМ 13-го типа зимой (в июне–августе) давление равно 995–1000 гПа, а летом (в декабре–феврале) оно опускается до 980 гПа. В зимнее время при этих макропроцессах отмечается два выхода циклонов из низких широт в высокие, в летнее время — четыре. В связи с этим при каждом ЭЦМ такого типа число выходов циклонов в Северном и Южном полушариях различно. В декабре–феврале в Северном полушарии отмечается два выхода южных циклонов (рис. 3 IVа), в Южном полушарии, где в это время лето, — четыре выхода циклонов из низких широт в высокие (рис. 3 IVб). В июне–августе картина обратная: в Северном полушарии происходит четыре выхода циклонов (рис. 3 Va), а в Южном — два (рис. 3 Vб).

На рис. 4 приведены примеры синоптических карт ЭЦМ 13-го типа в холодное и теплое полугодия в Южном полушарии.

Изменение характера циркуляции атмосферы в XX в. в Антарктике восстановлено по динамике ледников [4]. Вследствие сохранения синхронности атмосферных процессов в обоих полушариях [6] такие изменения в Южном полушарии аналогичны изменениям в Северном [7].

Выявлены синхронные вариации толщины снежного покрова и температуры воздуха в зимний период в Северной Евразии с температурным режимом, снегонакоплением и динамикой окраинных

ледников в Восточной Антарктиде [5, 11].

Выводы

Таким образом, составление сборно-кинематических карт каждого ЭЦМ за 1998–2005 гг. и построение на их основе динамических схем ЭЦМ для Южного полушария подтвердило сопряженность циркуляционных процессов внетропических широт обоих полушарий, выявленную Б.Л. Дзердзеевским в 1967 г. При приблизительно равном атмосферном давлении в субтропическом поясе Северного и Южного полушарий при одинаковых ЭЦМ давление на Южном полюсе ниже, чем на северном, что вызвано орографическими условиями.

Выявились также особенности проявления одного и того же ЭЦМ в разных полушариях, обусловленные сезонными различиями: в теплое полугодие число выходов циклонов из низких широт в высокие больше.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты №05-05-64354 и 05-05-64544.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астапенко П.Д. Атмосферные процессы в высоких широтах южного полушария. М., Изд-во АН СССР, 1960.
2. Дзердзеевский Б.Л. Сравнение главнейших закономерностей циркуляции атмосферы над южным и северным полушариями. — Информ. бюлл. САЭ, № 65, 1967, с. 58–68 (Б.Л. Дзердзеевский. Избранные труды. М., «Наука», 1975, с. 149–158).
3. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии. — Материалы метеорол. исслед., М., 1968, 240 с.
4. Захаров В.Г. Колебания ледников Антарктиды. М., Аккоринформиздат, 1994, 128 с.
5. Захаров В.Г., Китаев Л.М. Признаки существования дальних связей между колебаниями климата, снегозапасов и ледников в высоких широтах северного и южного полушарий (Евроазиатский сектор и побережье Восточной Антарктиды). — Криосфера Земли, т. VI, № 2, 2002, с. 82–88.
6. Захаров В.Г., Хмелевская Л.В. Колебания ледников и изменения циркуляционных процессов в полярных районах Атлантики и в Европе. — МГИ, вып. 83, 1997, с. 32–42.
7. Кононова Н.К. Изменение характера циркуляции атмосферы в последние десятилетия как фактор изменения климатических и ледовых условий Арктики. — МГИ, вып. 100, 2006, с. 191–199.
8. Кононова Н.К., Макарова М.Е. Планетарная циркуляция атмосферы и ее проявление в Антарктике — Науч. конфер. «Россия в Антарктике» 12–14 апреля 2006 г., Санкт-Петербург. Программа и тезисы докладов. СПб., 2006, с. 126–127.
9. Савина С.С., Хмелевская Л.В. Динамика атмосферных процессов северного полушария в XX столетии. — Материалы метеорол. исслед., № 9, 1984. 146 с.
10. Dzerdzeevskii B. Fluctuation of climate and of general circulation of the atmosphere in extra-tropical latitudes of the Northern Hemisphere and some problems of dynamic climatology. — Tellus, v. 14, 1962, p. 328–336.
11. Zakharov V.G., Kitaev L.M. The remote connections between climate, snow and glaciers fluctuations in the Northern and Southern hemispheres (Eurasian sector and the East Antarctic coast. — Hydrological Consequence of Global Climate Changes; Geologic and Historic analogs of future conditions, Moscow, 2000, p. 90–94.

SUMMARY

Authors continue the work, called on by B.L. Dzerdzeevskii in 1967, on weather and constant pressure surface maps of the Southern Hemisphere for 1998–2005, formed in Hydrometcentre of Russia, on period, specified in the action of elementary circulation mechanisms (ECM) of the Northern Hemisphere. The composite-cinematic maps for each ECM in the Southern Hemisphere are built and systematized on types of ECM. For each type of ECM dynamic schemes of the trajectory cyclones move and anticyclones displacement in the Southern Hemisphere are received. The findings of B.L Dzerdzeevskii were confirmed: under zonal circulation (without blocking processes) in Northern Hemisphere in Southern one is also noted zonal circulation. At types ECM of zonal disturbance (with one blocking process) in Southern Hemisphere is also noted one blocking process in the same sector. Under ECM with two-four blocking process in Northern Hemisphere — in Southern Hemisphere is noted ditto amount blocking processes in the same sectors. The particularity of the development of circulation processes in Southern Hemisphere is revealed. The pressure in the centre subtropical anticyclones is well above, than in the centre of Antarctic. The other particularity is conditioned seasonal difference hemisphere: winter ECM in Northern Hemisphere corresponds to its summer analogue in Southern one conversely.