

THE COMPLEX SYSTEMS

SLOZHNYE SISTEMY

Interdisciplinary Scientific Journal

July - September

№ 3 (16), 2015

Editor-in-Chief Ivanov O.P. (MSU, Moscow, Russia)

Deputy chief Editor Knyazeva H.N. (NRU HSE, Moscow, Russia)

Responsible secretary Vinnik M.A. (MSU, Moscow, Russia)

Editorial council

Bogolepova I.N. (Research Center of Neurology RAMS, Moscow, Russia);

Gershenson C. (National Autonomous University of Mexico, Mexico);

Gusev I.V. (MSU, Moscow, Russia);

Erdi P. (Center for Complex Systems Studies of Kalamazoo College, Michigan, United States);

Igamberdiev A.U. (Memorial University of Newfoundland, Canada);

Mainzer K. (Munich Center for Technology in Society, Munich, Germany);

Malinetskii G.G. (Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, Russia);

Melikhov I.V. (MSU, Moscow, Russia);

Panin V.E. (Institute of Strength Physics and Materials Science, SB RAS, Tomsk, Russia);

Pospelov I.G. (Dorodnicyn Computing Centre, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia);

Hofkirchner W. (Bertalanffy Center for the Study of Systems Science (BCSSS), Vienna, Austria)

Editorial board

Belousov L.V. (MSU, Moscow, Russia); Bykov V.I. (R.C.T.U., Moscow, Russia); Gladkov S.O. (Schmidt Institute of Physics of the Earth (IPE), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); Golichenkov V.A. (MSU, Moscow, Russia); Doronin Yu.K. (MSU, Moscow, Russia); Klige R.K. (MSU, Moscow, Russia); Kurkina E.S. (MSU, Moscow, Russia); Magnitskii N.A. (MSU, Moscow, Russia); Melekhova O.P. (MSU, Moscow, Russia); Orynbasarov A.S. (SPA "Innovative nanotechnology of Kazakhstan", Astana, Kazakhstan); Potapov A.A. (Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics (IRE), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); Riznichenko G.Yu. (MSU, Moscow, Russia); Saf'yanov G.A. (MSU, Moscow, Russia); Chernavskii D.S. (Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences (LPI RAS), Moscow, Russia); Chulichkov A.I. (MSU, Moscow, Russia); Schaniavskii A.A. (State Center Air Transport Flight Safety, Khimki, Moscow region, Russia); Kirilishina E.M. (MSU, Moscow, Russia; technical editor)

Publishing company: LIC "PRIYATNAYA COMPANIYA", 2010

Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)

Certificate of registration of mass communication media ПИ No. ФС77-42729 as of November 25, 2010

ISSN No. 2220-8569

Sent for the press 30.09.2015. Format 60×88 1/8. Circulation 100. Publishing company: LIC "PRIYATNAYA COMPANIYA" Address of Editorial office: Stromynka Street, 19/2, Moscow, 107076, Russia. Postal address: Maria A. Vinnik, p/b 41, Moscow, 105318, Russia Tel./Fax: +7(495) 978 62 99 <http://www.slozhnye-sistemy.ru>; E-mail: mail@vinnik.ru Subscription index in the integrated catalog "Press of Russia" 88852

Frequency: Quarterly

Typography: Closed joint stock company "Agromashpro", 5/2, alleya Zhemchugovoy, Moscow, 111402, Russia, <http://www.agromashpro.ru>

© LIC "PRIYATNAYA COMPANIYA", 2015

© Group of authors, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Фундаментальные исследования

Плохотников К.Э. Дискретная стохастико-детерминированная математическая модель идеальной жидкости. **4**

Новые идеи, подходы

Саночкин В.В. О знаках и информации. **30**

Ковалев В.А. Режимы с обострением и локализация горячей плазмы во время солнечных вспышек. **50**

Мавлюдов Б.Р., Кононова Н.К., Захаров В.Г. Взаимосвязь динамики ледовых катастроф в Антарктике и Арктике с циркуляцией атмосферы Южного и Северного полушарий. **61**

CONTENTS

Basic researches

.Plokhotnikov K.E. Discrete stochastically deterministic mathematical model of ideal fluid. **4**

New ideas, approaches

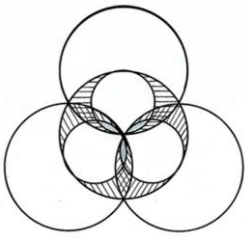
Sanochkin V.V. About the signs and information. **30**

Kovalev V.A. Regims with blowup and localization hot plasma during solar flares. **50**

Mavlyudov B.R., Kononova N.K., Zakharov V.G. Dynamics relationship of ice catastrophe in Antarctic and Arctic with atmospheric circulation of Southern and Northern hemispheres. **61**

УДК 551.590.21/22:551.326.6(99)

ВЗАИМОСВЯЗЬ ДИНАМИКИ ЛЕДОВЫХ КАТАСТРОФ В АНТАРКТИКЕ И АРКТИКЕ С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ АТМОСФЕРЫ ЮЖНОГО И СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЙ



¹ Мавлюдов Б.Р. (к.г.н.), ¹ Кононова Н.К. (к.г.н.),

² Захаров В.Г. (к.г.н.)

¹ Институт географии РАН, Москва, РФ

² Геологический институт РАН, Москва, РФ

bulatrm@bk.ru; ninakononova@yandex.ru; zakharov_vg@mail.ru

Аннотация. Данные о быстрых подвижках морских льдов у побережий Шпицбергена в летние сезоны 2004, 2011 гг. и циркуляционных механизмах, обусловивших эти явления, изложены в работах [7, 8, 9]. Подобные события наблюдались в Антарктике на о. Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова) в апреле 2012 г. [17].

Анализ хронологии этих событий был проведен на основании данных о сопряженности циркуляции атмосферы Северного и Южного полушарий [3, 6, 11, 13-15] и календаря последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) с 1899 по 2012 гг. Это позволило выявить динамику ледовых процессов, происходящих в Арктике в это же время, определить районы их наиболее заметного проявления и оценить масштабы изменений массивов морских льдов.

Ключевые слова: Антарктика, Арктика, подвижки, морские льды, циркуляция атмосферы, элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), сопряженность

1. ВВЕДЕНИЕ

Впервые сравнительный анализ циркуляции атмосферы в Северном и Южном полушариях был проведен Б.Л. Дзердзеевским. На основе сопоставления двух типизаций циркуляционных процессов (для Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому [3], для Южного по П.Д. Астапенко [2]) была доказана синхронность блокирующих процессов в обоих полушариях. Показано также, что в Южном и Северном полушариях велика повторяемость меридиональных форм циркуляции, обуславливающих интенсивный межширотный обмен. Соотношение меридиональных и зональных форм циркуляции в обоих полушариях приблизительно одинаково: 75–80 и 25–20%, соответственно [3, 11, 12].

На рис. 1. приведены типовые схемы планетарной циркуляции атмосферы по [14].

РАЗРАБОТКА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ СХЕМ АТМОСФЕРНЫХ МАКРОПРОЦЕССОВ ДЛЯ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ

В развитие исследований Б.Л. Дзердзеевского была поставлена задача представления всех типовых схем развития атмосферных процессов в Южном полушарии, как это сделано для Северного [13-15].

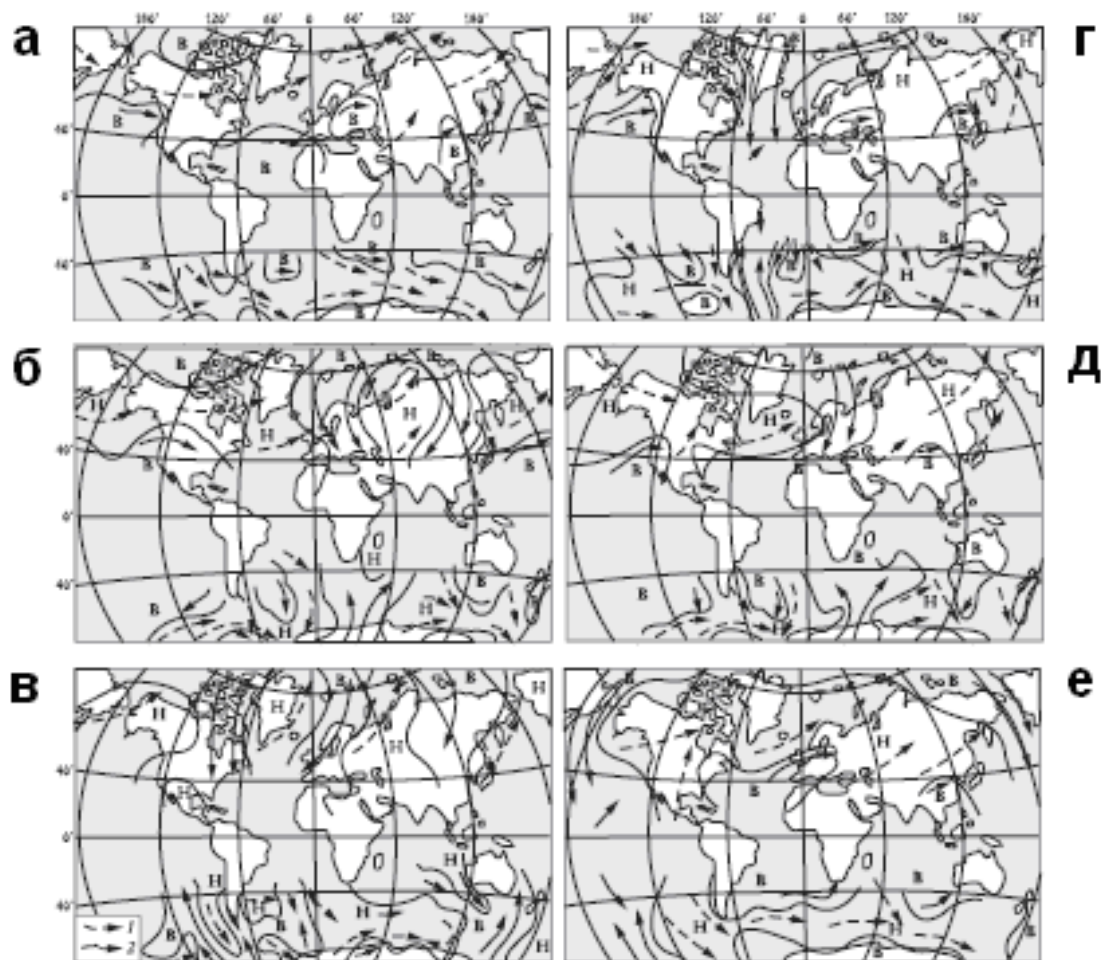


Рис. 1. Сравнение типовых схем циркуляции атмосферы над Северным и Южным полушариями (для Северного по Б.Л. Дзерджеевскому, для Южного по П.Д. Астапенко) [14]: а — зональная циркуляция, б — меридиональная с двумя блокирующими процессами в каждом полушарии, в — меридиональная с тремя блокирующими процессами 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.

По синоптическим картам и картам барической топографии Южного полушария за 1998–2005 гг. 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 [www.atmospheric.circulation.ru]. В результате для каждого типа получены схемы перемещения циклонов и стационарирования антициклонов в Южном полушарии. Анализ схем показал, что зимнему ЭЦМ в Северном полушарии соответствует его летний аналог в Южном и наоборот.

Для анализа сопряженности циркуляционных процессов на полушариях, Южное полушарие (по аналогии с Северным), было разделено на 6 секторов по тем же долготам [14].

Атлантический сектор (-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) [14].

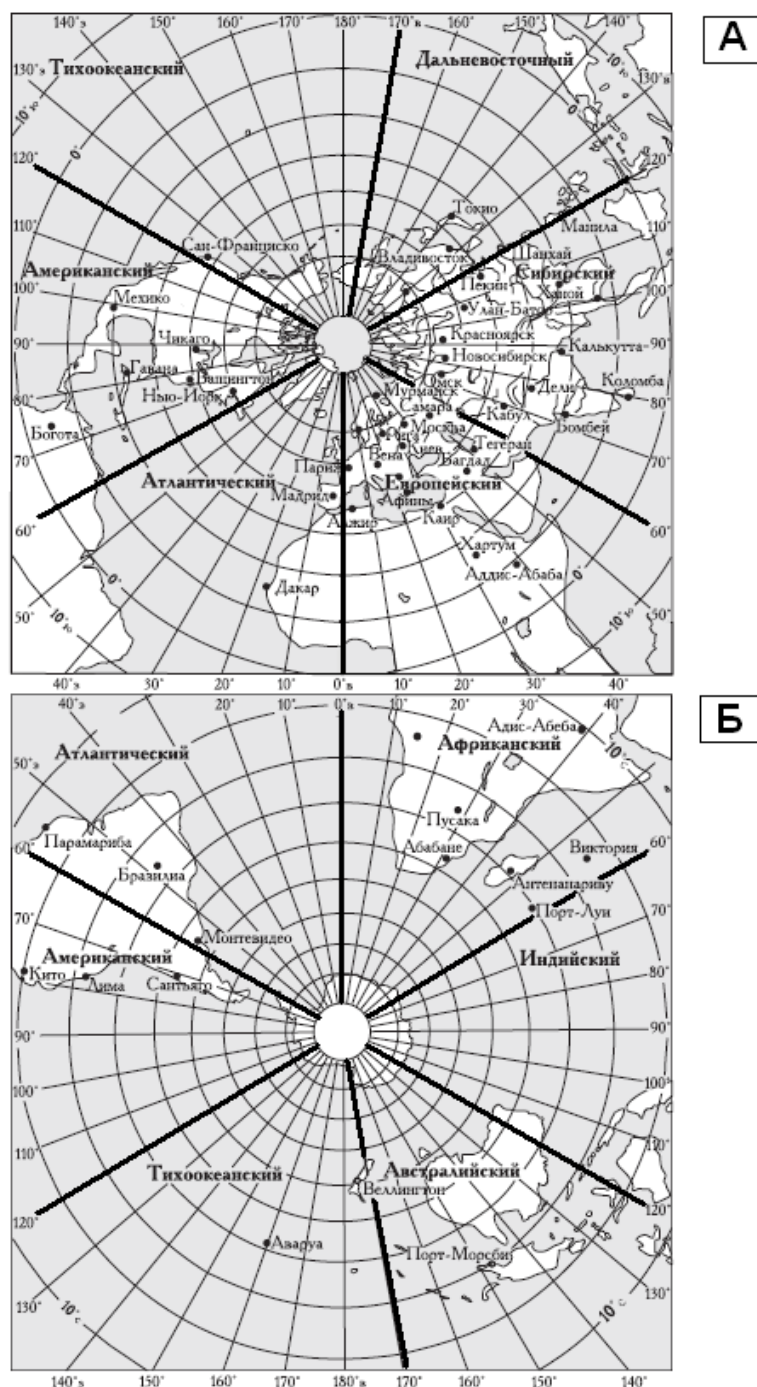


Рис. 2. Сектора Северного (А) и Южного (Б) полушарий по [14]

На основании исследований и анализа приведенных выше типовых схем глобальной циркуляции атмосферы, синоптических, сборно-кинематических карт и других материалов по Южному полушарию и Антарктиде были построены динамические схемы для ЭЦМ различных групп Южного полушария (зональной, нарушения зональности, меридиональной северной, меридиональной южной с циклонической циркуляцией на полюсах).

На рис. 3. приведены динамические схемы элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) для Северного (а) и Южного (б) полушарий [13, 14].

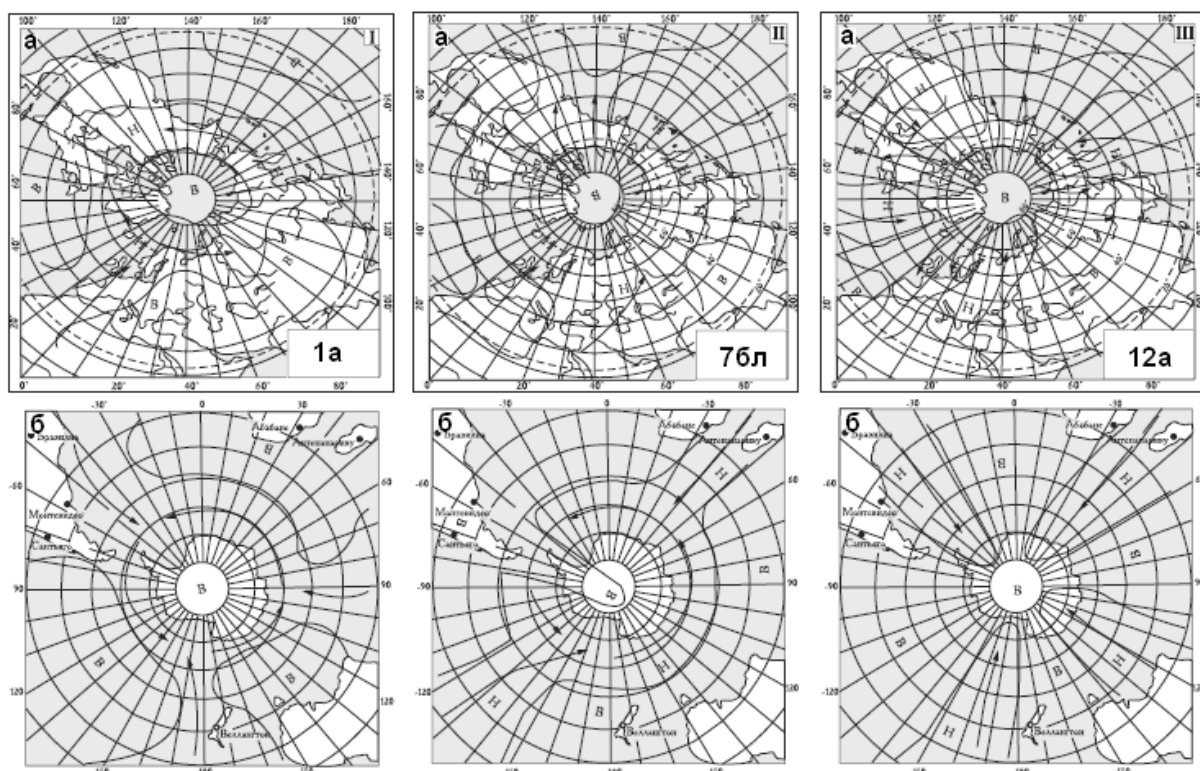


Рис. 3. Динамические схемы ЭЦМ для Северного (а) и Южного (б) полушарий: I — ЭЦМ 1а; II — ЭЦМ 76л (летний); III — ЭЦМ 12а, по [13, 14]. Пунктирные стрелки — генерализованные траектории циклонов, сплошные — антициклонов.

Объединение приведенных выше данных с динамическими схемами Северного полушария [3, 4] позволило создать глобальные динамические схемы всех типов ЭЦМ. Ниже на рис. 4 приведены четыре глобальные динамические схемы ЭЦМ, относящиеся к четырём группам циркуляции.

СОПРЯЖЁННОСТЬ ГЛЯЦИО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕВЕРНОМ И ЮЖНОМ ПОЛУШАРИЯХ

При исследовании сопряжённости гляцио-климатических процессов в Арктике и Антарктике в историческое время привлекались данные по изменениям температуры воздуха в Англии (изотопный анализ) [6] и на станции Комсомольская в Восточной Антарктиде (изотопная кривая интерпретации ледниковых кернов) [16] (рис. 5 а). С 800

по 1920-е годы в многовековом ходе температуры воздуха в обоих районах прослеживается синхронность с коэффициентом корреляции (0,75). Анализ типовых схем глобальной атмосферной циркуляции [3, 13, 14, 15] показал основную причину этой междуполушарной связи - одновременный выход циклонов из низких широт к Англии и в район внутриконтинентальной станции Комсомольская в Антарктиде.

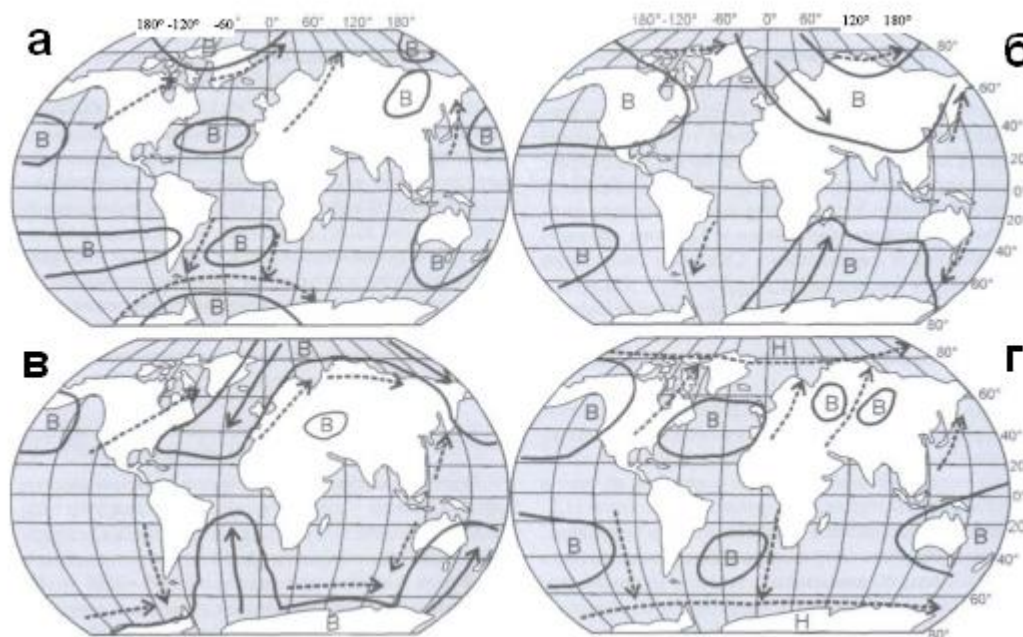


Рис. 4. Глобальные динамические схемы ЭЦМ: а - 2 а; б - 4 а; в - 9 а; г - 13 л; сплошные стрелки - генерализованные траектории антициклонов; пунктирные - циклонов; В - области высокого давления [5,14]

При сопряжённом развитии на полушариях блокирующих процессов в этих районах преобладают периоды с меньшим числом циклонов, а значит, с меньшим количеством тепла и осадков.

На рис. 5, б показана сопряжённость многолетних изменений баланса массы ледникового покрова Новой Земли (1), рассчитанных по данным о снегонакоплении [7], и циклических колебаний скорости аккумуляции снега на куполе С (2) в Восточной Антарктиде (75° ю.ш., 123° в.д.) по изотопным исследованиям снега [20]. Характерно, что самый высокий коэффициент корреляции (-0,54) для рассматриваемых показателей проявился в 1915 –1957 гг. т.е. в зональную циркуляционную эпоху на полушариях.

Рис. 5, в позволяет проследить сопряжённость многолетнего хода сумм положительных температур воздуха в бассейне оз. Таймыр [1] и циклических колебаний скорости аккумуляции снега на куполе С (Конкорд) в Восточной Антарктиде [20].

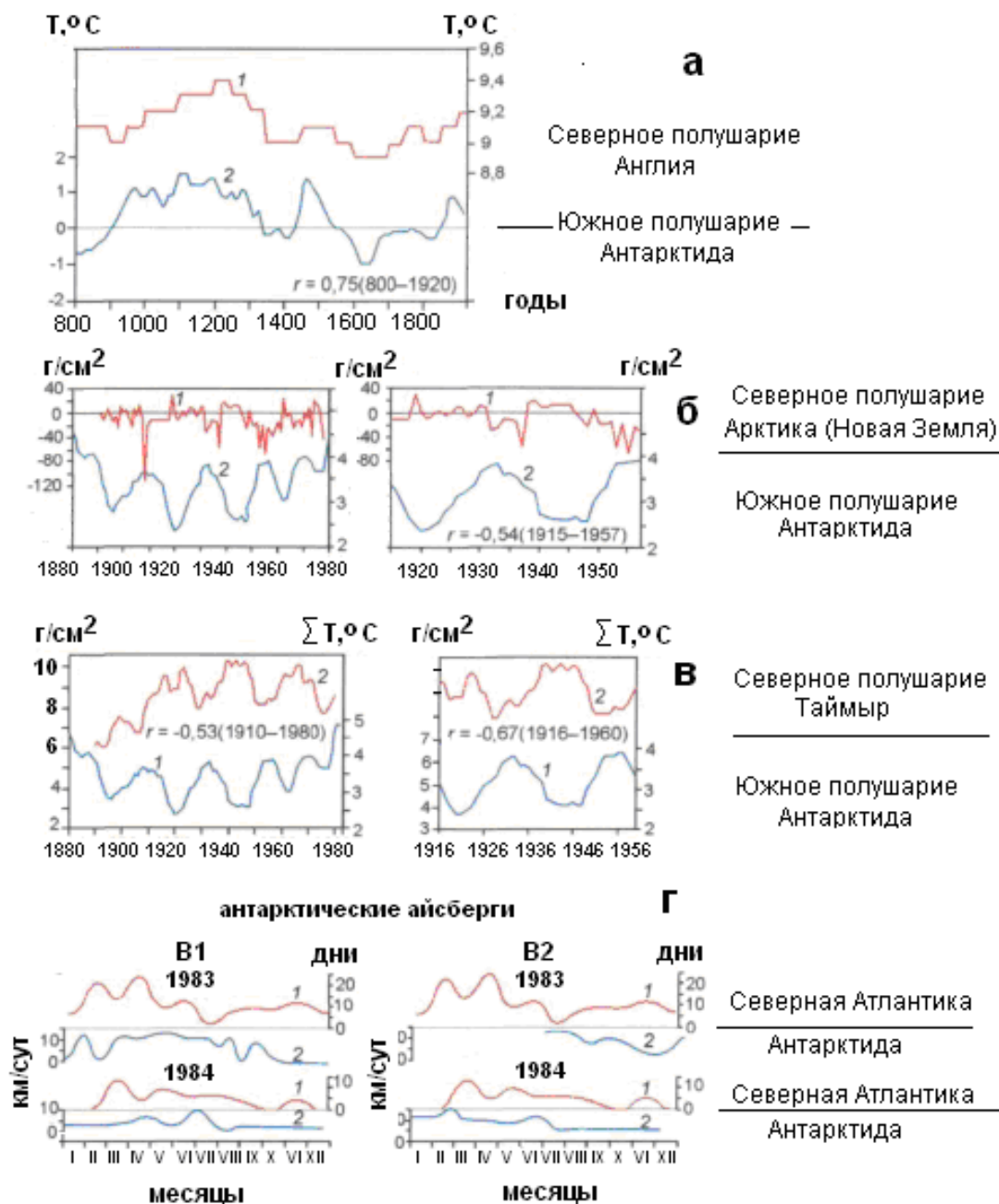


Рис. 5. Сопряжённость природных процессов в Северном и Южном полушариях: а — многолетний ход температуры воздуха по изотопным данным в Британии [6] (1) и в Восточной Антарктиде (станция Комсомольская, изотопные данные) [16] (2), r - коэффициент корреляции; б — изменения баланса массы оледенения Новой Земли [12] (1) и аккумуляции снега на куполе С (Восточная Антарктида) [20] (2); в — изменения аккумуляции снега в Антарктиде на куполе С [20] (1) и сумм положительных температур воздуха на Таймыре [1] (2); г — сопоставление годовой продолжительности блокирующих процессов в Северной Атлантике (1) и средней скорости дрейфа антарктических айсбергов В1 и В2 (2) у побережья моря Уэдделла в Южной Антарктиде в 1983 и 1984 гг. [6, 11].

На рис. 5, г из работы [6] представлены результаты анализа сопряжённости циркуляции атмосферы и океанических процессов в Северной и Южной Атлантике в 1983 и 1984 гг. Показаны изменения годового хода блокирующих процессов в Северной Атлантике (7), рассчитанные по синоптическим картам, и средней скорости дрейфа двух крупных антарктических айсбергов - В1 (12 х 18 км) и В2 (5 х 18 км) в море Уэдделла (2) в Атлантическом секторе Антарктики. Движение айсбергов рассчитывалось по космическим ледовым картам в пределах области гребней высокого давления в море Уэдделла. При этом считалось, что изменения в движении айсбергов, пересекающих приблизительно под прямым углом перемычки высокого давления у побережий Антарктиды, должны были отразить интенсивность развития блокирующих процессов в целом для Атлантического сектора обоих полушарий. Ранее в работе [6] было показано, что скорость дрейфа антарктических айсбергов и морских льдов замедляется в области осей блокирующих гребней высокого давления и возрастает при выходе из неё или при ослаблении самих блокировок. На рис.5, г хорошо выражена контрфазность в ходе синхронно действующих в Атлантическом секторе блокирующих процессов и изменений скорости дрейфа айсбергов, характеризующих динамику вод в Прибрежном Антарктическом течении.

СИНХРОННОСТЬ ХОДА БЫСТРЫХ ПОДВИЖЕК ЛЬДОВ В АНТАРКТИКЕ И РАЗРУШЕНИЙ ЛЕДОВЫХ ПОЛЕЙ В АРКТИКЕ (5 – 13 АПРЕЛЯ 2012 Г.)

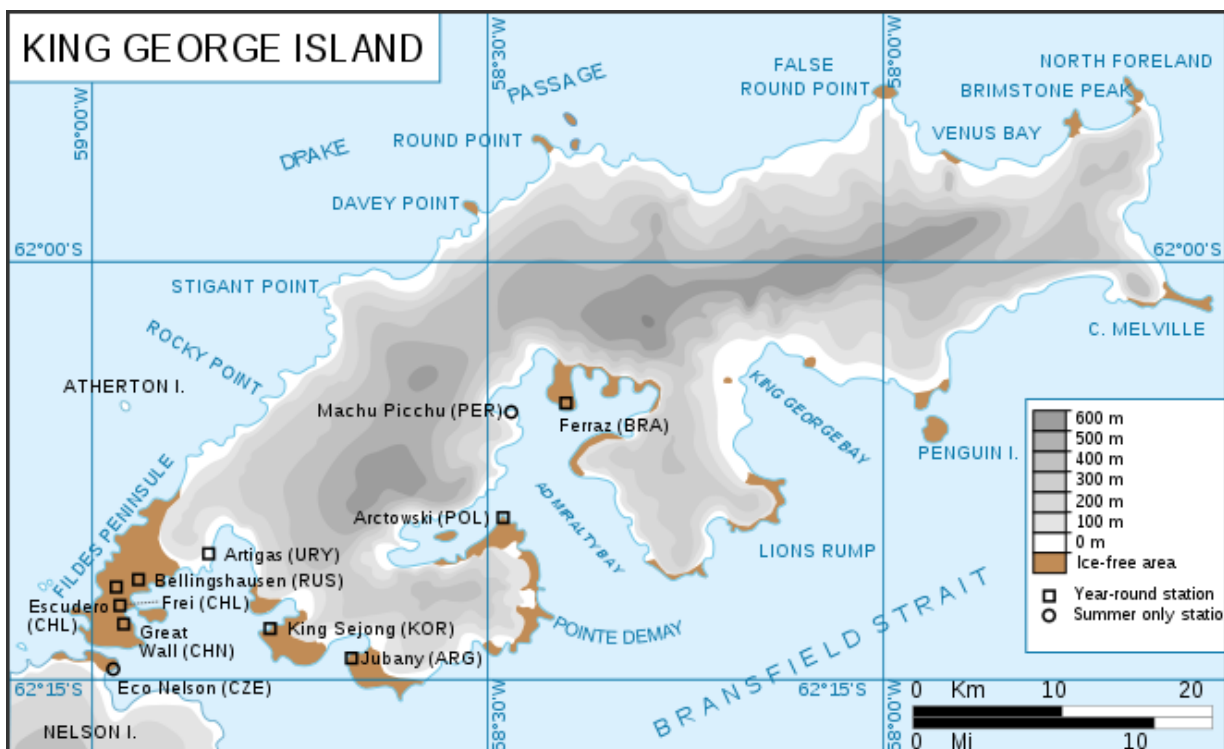


Рис.6. Карта острова Кинг-Джордж (Ватерлоо) в архипелаге Южные Шетландские острова. Бухта Ардли и российская станция Беллинсгаузен в левой нижней части карты.

Антарктика. Согласно ежедневным наблюдениям гляциолога ИГ РАН Мавлюдова Б.Р. (о. Кинг-Джордж, станция Беллинсгаузен) (рис. 6), в марте и первых числах апреля 2012 г. бухта Ардли была свободна ото льда. Однако уже утром 5 апреля бухта стала быстро заполняться морским льдом и айсбергами. Бразильская яхта «Mar Sem Fim» и российская баржа «Амдерма», стоявшие на рейде, оказались в ледовом плену (рис. 7).



Рис. 7. Российская баржа «Амдерма» и бразильская яхта «Mar Sem Fim» в ледовом плену у острова Альбатрос. Фото Руслана Елисеева.



Рис.8. Затонувшая бразильская яхта «Mar Sem Fim» вблизи ст. Беллинсгаузен. На переднем плане видна полоса морского льда, окрашенного соляркой. Фото Руслана Елисеева.

В соответствии с календарем последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) со 2 по 6 апреля 2012 г. в обеих полярных областях действовал ЭЦМ 12а: четыре блокирующих процесса и четыре прорыва циклонов из низких широт в высокие (см. рис. 3 III а, б и рис. 9). При этом Южные Шетландские острова, север Антарктического полуострова и ледовый массив моря Уэдделла оказались в области активной циклонической деятельности.

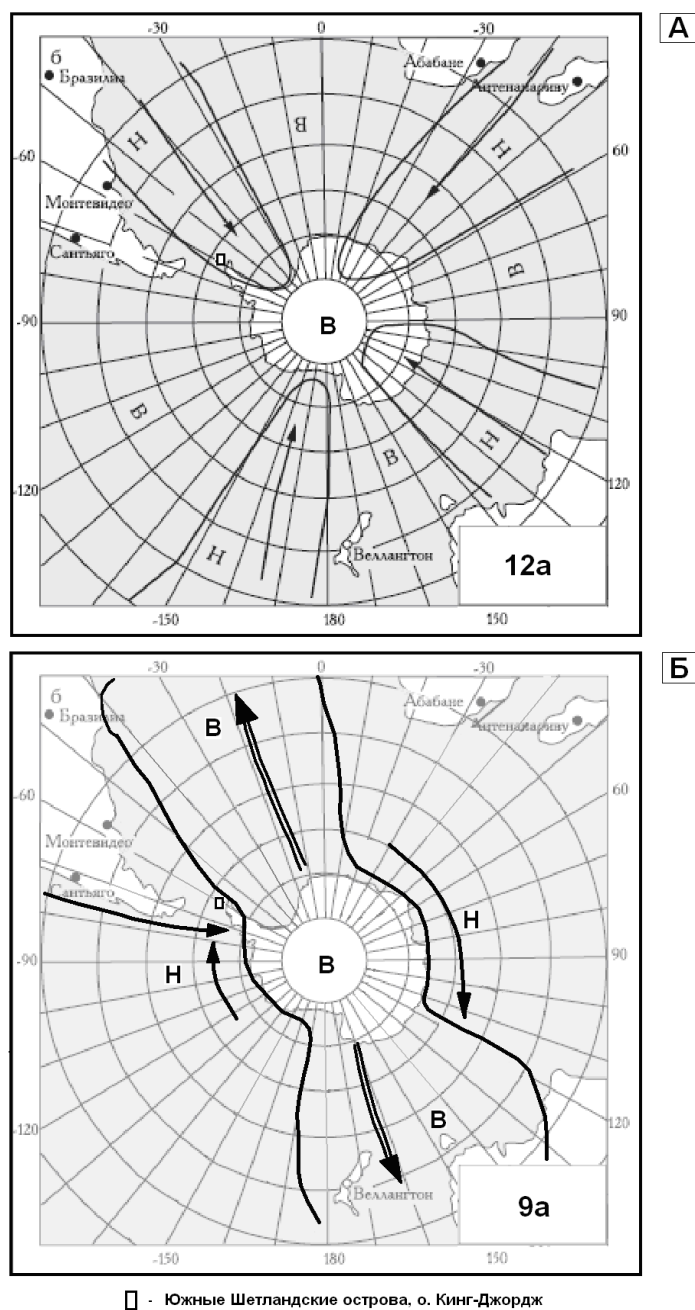


Рис. 9. Динамические схемы ЭЦМ для Южного полушария: А — ЭЦМ 12а; Б — ЭЦМ 9а (летний) [14]

Анализ данных Sea Extent Index NCIDC (сайт ncidc.org) показал, что под действием циклонов от северной части ледового массива стал протягиваться язык,

который достиг Южных Шетландских островов. Ниже кратко изложены этапы изменений ледовой обстановки в бухте Ардли по наблюдениям Б.Р. Мавлюдова.

5 апреля утром: температура $-5,2^{\circ}\text{C}$, ветер ЮЮВ, 12,2 м/с (порывы до 20 м/с), облачно, дымка, временами морось и обледенение. В течение дня преобладали ветра южного направления. В бухту Ардли нагнало много льда (рис. 10).



Рис. 10. Заполнение залива Ардли битым морским льдом и айсбергами 5 апреля 2012 г. Фото Б.Р. Мавлюдова.

6 апреля утром: температура $-5,3^{\circ}\text{C}$, ветер ЮЮВ, 19,2 м/с (порывы до 25 м/с), облачно. Бухта Ардли оказалась забитой льдом и айсбергами до окончания острова Ардли. Бразильская яхта «Mar Sem Fim» стояла, затертая крупными торосами, накренившись на левый борт. Крен на левый борт получили и другие суда в бухте (рис. 11). Максимальные порывы ветра 6 апреля достигали 27 м/сек.

7 апреля утром: температура $-7,7^{\circ}\text{C}$, ветер ЮЮВ 11,9 м/с с порывами до 17,4 м/с, облачно. Бразильская яхта затонула. Из воды торчали только нос и верхушка мачты, рядом обозначилось пятно от вытекающего горючего (рис. 10).

8 апреля утром: температура $-7,8^{\circ}\text{C}$, ветер Ю, 5,6 м/с, облачно. Бухта Ардли по-прежнему заполнена айсбергами и торосенным морским льдом.

В соответствии с календарем последовательной смены ЭЦМ Северного полушария [www.atmospheric.circulation.ru], 7 и 8 апреля в Арктике действовал ЭЦМ 96 (зимний) с двумя блокирующими процессами и двумя прорывами циклонов из низких



Рис. 11. Бразильская яхта «Mar Sem Fim» под водой в заливе Ардли, конец апреля-начало марта 2012 г.. Фото Руслана Елисеева.

широт в высокие. В Южном полушарии синхронно с ним развивался ЭЦМ 9а (летний), являющегося второй разновидностью типа ЭЦМ 9 [13] (рис. 7 Б).

9 апреля: преобладание ветров ЮЮВ направления, сохранение ледовой обстановки и самые низкие температуры воздуха (максимально $-10,1^{\circ}\text{C}$). С этого дня на полушариях снова начал действовать ЭЦМ 12а. Таким образом, в это время произошла смена макропроцессов. Действие ЭЦМ 12а осуществлялось вплоть до 13 апреля.

10 апреля: смена ветрового режима - преобладание ветров ВСВ направления, повышение температуры воздуха в среднем за сутки до -2°C . Практически весь день наблюдалась облачность с прояснениями.

11 апреля утром: температура $0,1^{\circ}\text{C}$, ветер ВСВ, $13,9$ м/с (порыв до $17,9$ м/с), облачно, дождь со снежной крупой. В среднем за сутки температура воздуха составила $1,4^{\circ}\text{C}$. В течение дня преобладали ветра С и ССВ направлений. Ледовая обстановка в целом улучшалась. НЭС «Академик Федоров», ранее находящийся в 45 милях от ст. Беллинсгаузен, прошел во льдах 15 км.

12 апреля утром: температура $1,3^{\circ}\text{C}$, ветер С, $11,4$ м/с, облачно, дымка, временами дождь или снег. Средняя суточная температура составила $1,1^{\circ}\text{C}$. Днем преобладали ветра северных направлений. Лед в бухте оставался.

13 апреля утром: температура $0,0^{\circ}\text{C}$, ветер ССЗ, $7,5$ м/с, облачно, дымка. В 7:45 в заливе появился НЭС «Академик Федоров». На рис. 11 показана затонувшая бразильская яхта.

Арктика. Анализ динамических схем ЭЦМ 12а, ЭЦМ 9б и данных Sea Extent Index NCIDC (сайт ncidc.org) показал, что районы Шпицбергена и Гренландии со 2 по 13 апреля 2012 г. постоянно находились в области антициклона. В связи с этим вблизи Шпицбергена особых изменений в ледовой обстановке обнаружено не было. При этом северные, западные и южные побережья архипелага были свободными ото льда.

В течение рассматриваемого периода атлантические циклоны достигали только южной оконечности Гренландии. Море в этом районе оставалось безледным. Незначительные изменения в очертаниях ледовых массивов наблюдались лишь вдоль канадских побережий.

Наиболее заметными оказались изменения ледовой обстановки в районе Новой Земли в южной части Карского моря. Эта область охвачена северной частью лопасти прорыва южных циклонов, возникающей при действии ЭЦМ 12а. В начале рассматриваемого периода вся акватория моря была практически полностью покрыта льдами за исключением относительно небольших полыней (участков открытой воды) к западу и востоку от о. Вайгач.

Анализ показал, что в этом районе Арктики, как и в Антарктике, кульминационными стали 6, 7 и 8 апреля 2012 г.

4 и 5 апреля: начало увеличения площади полыней у о. Вайгач, отступление кромки льдов к северо-востоку. Действие ЭЦМ 12а.

6 и 7 апреля: более активное увеличение площади уже общей полыни и отступление кромки льдов к северо-востоку вдоль Новой Земли. С 7 апреля начало действия ЭЦМ 9б.

8 апреля: скачкообразное увеличение (почти в два раза) площади полыни и отступление кромки льдов к северо-востоку. Окончание действия ЭЦМ 9б. Столь значительные изменения в динамике ледовой обстановки обусловлены тем, что в данном случае прорыв южных циклонов осуществлялся не только в район Карского моря, но и далее вдоль арктических побережий до п-ва Камчатка и Тихого океана. Разрушение краевой части морских льдов барическими волнами циклонов в Карском море существенно возросло и заметно снизилось при смене ЭЦМ 9б на ЭЦМ 12а. Отступление кромки льдов также замедлилось.

9 – 13 апреля: ледовая обстановка и положение кромки льдов в Карском море практически не менялась. В Байдарацкой губе ледовый покров не нарушался. В течение всего периода действовал ЭЦМ 12а.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ранее в работах [7, 8, 9] рассматривались причины быстрых подвижек морских льдов в фьорды Шпицбергена летом 2004 и 2011 гг. Подвижки были вызваны сериями атлантических циклонов и обусловлены действием в Северном полушарии элементарного циркуляционного механизма 13л (ЭЦМ 13л). Была установлена согласованность периодов действия этого макропроцесса и циклонической циркуляции полей дрейфа льда в Арктическом бассейне.

5 апреля 2012 г. в Антарктике (о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова) также наблюдались быстрые подвижки льдов в залив Ардли, аналогичные шпицбергенским. В короткие сроки бухта заполнилась морским льдом и айсбергами, а суда, находящиеся на рейде, оказались в ледовом плену.

Со 2 по 6 апреля 2012 г. в обеих полярных областях действовал ЭЦМ 12а. Южные Шетландские острова, север Антарктического полуострова и ледовый массив моря Уэдделла были охвачены областью активной циклонической деятельности. При

анализе данных Sea Extent Index NCIDC было установлено, что под действием циклонов (по проливу Брансфилд) от северной оконечности ледового массива Уэдделла стал протягиваться язык, достигший Южных Шетландских островов и залива Ардли 5 апреля.

7-8 апреля при ЭЦМ 9, близость антициклона к о. Кинг-Джордж обусловила усиление ветров южного направления, что способствовало большему сжатию льдов в бухте Ардли и, соответственно, крушению и затоплению бразильской яхты.

Общей чертой ледовых катастроф у побережий Шпицбергена в 2004 и 2011 гг. и о. Кинг-Джордж в апреле 2012 г., было наличие вблизи архипелагов крупных ледовых массивов. Для Шпицбергена это формирование ледовых полей у западных побережий при первой серии атлантических циклонов ЭЦМ 13л. При второй серии циклонов этого макропроцесса льды быстро заполнили шпицбергенские фьорды.

В случае с подвижкой льдов в залив Ардли, такую же роль сыграла северная часть ледового массива моря Уэдделла, близко расположенного к о. Кинг-Джордж.

В Арктике наиболее заметными оказались изменения ледовой обстановки в районе Новой Земли в южной части Карского моря. Эта область была охвачена северной частью лопасти прорыва южных циклонов, возникающей при действии ЭЦМ 12а и 9б. В начале рассматриваемого периода вся акватория моря была практически полностью покрыта льдами. Исключение составляли относительно небольшие полыньи к западу и востоку от о. Вайгач.

К 5 апреля при действии ЭЦМ 12а началось увеличение площади полыней. 7 апреля при развитии ЭЦМ 9б этот процесс протекал более активно с образованием общей полыньи. 8 апреля при этом же макропроцессе произошло скачкообразное увеличение площади полыньи и отступление кромки льдов к северо-востоку. Разрушение краевой части морских льдов барическими волнами циклонов в Карском море заметно снизилось при смене ЭЦМ 9б на ЭЦМ 12а. Отступление кромки льдов также замедлилось.

Анализ показал, что в этом районе Арктики, как и в Антарктике, кульминационными стали 6, 7 и 8 апреля 2012 г.

Таким образом, на основании исследований быстрых подвижек льдов в Антарктике (Атлантический сектор) и катастрофических разрушений массивов южно-карских льдов в Арктике (Сибирский сектор), показана синхронность динамики этих процессов на обоих полушариях в короткие промежутки времени.

Полученные данные позволяют также говорить и о возможности реконструкции динамики подобных ледовых событий Северного полушария по событиям Южного и наоборот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаменко В.Н. Климат и озера. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 264 с.
2. Астапенко П.Д. Атмосферные процессы в высоких широтах южного полушария. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.
3. Дзердзеевский Б.Л. Сравнение главнейших закономерностей циркуляции атмосферы

Над южным и северным полушариями. – Информ. бюлл. САЭ, 1967. – № 65. – С. 58 – 68. (Б.Л. Дзердзеевский. Избранные труды. М., «Наука», 1975, с. 149–158).

4. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии / Материалы метеорол. исслед. – М., 1968. – 240 с.

5. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. науч. исслед. учреждений Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. Синоптическая метеорология. – Вып. 21. Центральный институт прогнозов. – М.: Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 80 с.

6. Захаров В.Г., Кононова Н.К. Глобальная циркуляция атмосферы и сопряжённость гляциологических процессов в Арктике и Антарктике // Лед и снег. – М., 2010. – Вып. 2. – С. 127 – 135.

7. Захаров В.Г., Кононова Н.К. Колебания ледовитости у побережий Шпицбергена в летние сезоны и связь их с циркуляцией атмосферы Северного полушария (2004, 2007, 2011 гг.) // Материалы XI Международной конференции «Комплексные исследования Природы Шпицбергена». – М.: «ГЕОС», 2012. – С. 88-91.

8. Захаров В.Г., Кононова Н.К. Взаимосвязь динамики полей дрейфа льда в Арктическом бассейне и циркуляции атмосферы Северного полушария (летние сезоны) // Сложные системы. – 2013. – № 4(9). – С. 55-67.

9. Захаров В.Г., Кононова Н.К. Особенности дрейфа льдов в Арктическом бассейне и циркуляции атмосферы Северного полушария в начале XXI столетия. – М.: ГЕОС, 2014а. – С. 109-116.

10. Захаров В.Г., Кононова Н.К. Чрезвычайные ситуации в различных регионах Арктики в связи с изменением ледовой обстановки в XXI веке // Доклад на XIII научно-практической конференции МЧС России «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». Сборник материалов конференции. – М., 2014б. – С. 58-59

11. Захаров В.Г., Хмелевская Л.В. Колебания ледников и изменения циркуляционных процессов в полярных районах Атлантики и в Европе // Материалы гляциологических исследований. – М., 1997. – Вып. 83. – С. 32–42.

12. Кислов А.В., Корякин В.С. Пространственные и временные закономерности изменений ледников Евразийской Арктики // Материалы гляциологических исследований. – М., 1986. – Вып. 57. – С. 120-125.

13. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.

14. Кононова Н.К., Луцenco О.В., Макарова М.Е., Орлов И.А. Циркуляция атмосферы в Антарктике в конце XX – начале XXI веков // МГИ. – 2007. – Вып. 103. – С. 142-147.

15. Кононова Н.К., Макарова М.Е. Планетарная циркуляция атмосферы и ее проявление в Антарктике // Науч. конфер. «Россия в Антарктике». Программа и тезисы докладов. – СПб., 2006. – С. 126–127.

16. Котляков В.М., Николаев В.Н., Смирнов К.Е. Изотопные исследования кернa станции Комсомольская в Антарктиде // Материалы гляциологических исследований. – М., 1988. – Вып. 63. – С. 97-102.

17. 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.

18. Dansgaard W, Johnsen S.J., Reeh N. et al. Climatic changes, north men and modern men // *Nature*. 1975. № 5503. V. 225. P. 24-28.
19. 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*. – 1962. – vol. 14. – pp. 328–336.
20. Petit J.R., Jouzel J., Pourchet M., Merlivat L. Detailed study of snow accumulation and stable isotope content in Dome C (Antarctica) // *Journal of Geophysical Researches*. 1982. V. 87. № 6. P. 4031-4038.

**DYNAMICS RELATIONSHIP OF ICE CATASTROPHE IN
ANTARCTIC AND ARCTIC WITH ATMOSPHERIC CIRCULATION
OF SOUTHERN AND NORTHERN HEMISPHERES**

¹ Mavlyudov B.R., ¹ Kononova N.K., ² Zakharov V.G.

¹ Institute of Geography of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

bulatrm@bk.ru; ninakononova@yandex.ru; zakharov_vg@mail.ru

Abstract. Data on the fast motions of sea ice off the coasts of Spitsbergen in the summer seasons of 2004, 2011 and circulation mechanisms that caused these phenomena are set out in [7, 8, 9]. Such events were observed in the Antarctic on about. King George Island (South Shetland Islands) in April 2012 [17].

An analysis of the chronology of these events was held on the basis of data on the contingency of atmospheric circulation of the Northern and Southern Hemispheres [3, 6, 11, 13-15] and the calendar of sequential change of the elementary circulation mechanisms (ECM) from 1899 to 2012. It is possible to reveal the dynamics of the ice processes occurring in the Arctic at the same time, identify areas of their most significant manifestations and to assess the extent of sea ice changes arrays.

Keywords: Antarctica, Arctic, surges, sea ice, atmospheric circulation, elementary circulation mechanisms (ECM), contingency

REFERENCES

1. Adamenko V.N. *Klimate i ozera*. L.:Gidrometeoizdat, 1985, 264 p.
2. Astapenko P.D. *Atmosfernye protsessy v vysokikh shirotax yudznogo polushariya*. M.: Isdatelstvo AN SSSR, 1960, 282 p.
3. Dzerdzeevsky B.L. Sravnenie glavnejshikh zakonov tsirkulatsii atmosfery nad udznym i sevarnym polushariyami. *Informatsionnyj Builleten SAE*. L. 1967, no. 65, pp. 58-68. (Dzerdzeevsky B.L. *Izbrannye trudy*. M.: «Nauka», 1975, pp. 149–158).
4. Dzerdzeevsky B.L. Tsirkulatsionnye mekhanizmy v atmosfere severnogo polushariya v XX spoletii // *Materialy meteorologicheskikh issledovanij*. M., 1968, 240 p.
5. Dzerdzeevsky B.L., Kurganskaya V.M., Vitvitskaya Z.M. Tipizatsiya tsirkulatsionnykh mekhanizmov v severnom polusharii I kharakteristika sinopticheskikh sezonov. *Trudy nauchno-issledovatel'skikh uchredzenij Glavnogo upravleniya gidrometeorologicheskoy sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR – Ser. Sinopticheskaya meteorologiya*: - vyp. 21. Tsentralnyj institute prognozov. M.;L.: Godrometeoizdat, 1946, 80 p.
6. Zakharov V.G., Kononova N.K. Globalnaya tsirkulatsiya atmosfery I copryadzonnost' glatsiologicheskikh protsessov v Arktike i Antarktike. *V kn.: Led I sneg*. M., 2010, Vyp. 2, pp. 127–135.

7. Zakharov V.G., Kononova N.K. Bystrye podvidzki morskikh l'dov v fiordy Spitsbergena i izmeneniya atmosferykh protsessov (letnie sezony 2004, 2011). *XII nauchno-prakticheskaya konferentsiya MChS Rossii «Problemy prognozirovaniya chrezvychajnykh situatsij»*. M. 2012, pp. 150-158.
8. Zakharov V.G., Kononova N.K. Vzaimosvaz' dinamiki polej dreyfa l'da v Arkticheskom bassejne i tsirkulatsii atmosfery severnogo polushariya (letnye sezony) [Relationship of dynamics of ice drift fields in the arctic basin and atmospheric circulation in the northern hemisphere (summer season)] *Sloznye sistemy [The complex systems]* 2013, no. 4(9), pp. 55-67.
9. Zakharov V.G., Kononova N.K. Chrezvychajnye situatsii v razlichnykh regionakh Arktiki v svyazi s izmeneniem ledovoy obstanovki v XXI veke. *XIII nauchno-prakticheskaya konferentsiya MChS Rossii «Problemy prognozirovaniya chrezvychajnykh situatsij»*. Sbornik trudov konferentsii. M., 2014a, pp. 58-59.
10. Zakharov V.G., Kononova N.K. Chrezvychajnye situatsii v razlichnykh regionakh Arktiki v svyazi s izmeneniem ledovoy obstanovki v XXI veke // *XIII nauchno-prakticheskaya konferentsiya MChS Rossii «Problemy prognozirovaniya chrezvychajnykh situatsij»*. – M., 2014b. Sbornik trudov konferentsii. - P. 58-59.
11. Zakharov V.G., Khmelevskaya L.V. Kolebaniya lednikov i izmeneniya tsirkulatsionnykh protsessov v polarnykh rajonakh Atlantiki i v Evrope. *Materialy glatsiologicheskikh issledovanij*. M., 1997, Vyp. 83, pp. 32–42.
12. Kislov A.V., Koryakin V.S. Prostranstvennye i vremennye zakonomernosti izmenenij lednikov Evrazijskoj Arktiki. *Materialy glatsiologicheskikh issledovanij*. M., 1986, Vyp. 57, pp. 120-125.
13. Kononova N.K. Klassifikatsiya tsirkulatsionnykh mekhanizmov Severnogo polushariya po B.L. Dzerdzeevskomu. M.: Voentekhnizdat, 2009, 372 p.
14. Kononova N.K., Lutsenko O.V., Makarova M.E., Orlov I.A. Tsirkulatsiya atmosfery v Antarktike v kontse XX — nachale XXI vekov. *Materialy glatsiologicheskikh issledovanij*. M., 2007, Vyp. 103, pp. 142-147.
15. Kononova N.K., Makarova M.E. Planetarnaya tsirkulatsiya atmosfery i ee proyavlenie v Antarktike. *Nauchnaya konferentsiya «Rossiya v Antarktike». Programma i tezisy dokladov*. SPb., 2006, pp. 126–127.
16. Kotlyakov V.M., Nikolaev V.N., Smirnov K.E. Izotopnye issledovaniya kerna so stantsii Komsomol'skaya v Antarktide. *Materialy glatsiologicheskikh issledovanij*. M., 1988, Vyp. 63, pp. 97-102.
17. Mavlyudov B.R., Kononova N.K., Zakharov V.G. Sinkhronnost' dinamiki ledovykh protsessov v Arktike i Antarktike v aprele 2012 g. *Medzdunarodnaya konferentsiya «Arkticheskoe morskoe prirodopol'zovanie v XXI veke – sovremennyy balans nauchnykh traditsij i innovatsij»*. Sbornik materialov konferentsii. Apatity, 2015, pp. 142-144.
18. Dansgaard W, Johnsen S.J., Reeh N. et al. Climatic changes, north men and modern men. *Nature*, 1975, vol. 225, no. 5503, pp. 24-28.
19. 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*, 1962, vol. 14, pp. 328–336.
20. Petit J.R., Jouzel J., Pourchet M., Merlivat L. Detailed study of snow accumulation and stable isotope content in Dome C (Antarctica). *Journal of Geophysical Researches*, 1982, vol. 87, no. 6, pp. 4031-4038.