

# THE COMPLEX SYSTEMS

SLOZHNYE SISTEMY

Interdisciplinary Scientific Journal

---

October - December

№ 4 (13), 2014

---

**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); Orynbassarov 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)

**Technical editor** Kirilishina E.M. (MSU, Moscow, Russia)

---

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 15.12.2014. 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](mailto:mail@vinnik.ru). Subscription index in the integrated catalog "Press of Russia" 88852

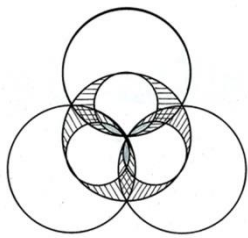
**Frequency: Quarterly**

---

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

---

УДК: 551.590.21/22:551.326.6(99)



## ОСОБЕННОСТИ КОЛЕБАНИЙ ЛЕДНИКОВ ПРИАТЛАНТИЧЕСКОЙ АРКТИКИ (КОНЕЦ XIX – НАЧАЛО XXI ВВ.)

Захаров В.Г. (к.г.н.)

Геологический институт РАН, Москва, РФ

*zakharov\_vg@mail.ru*

**Аннотация.** Многолетние ряды эволюции ледников Гренландии, Исландии, Шпицбергена и Новой Земли 1890-1980 гг. были продолжены по гляциологическим данным 1980-2000-х гг. Показано, что в течение XX столетия в колебаниях ледников Приатлантической Арктики (также как и в Антарктиде) проявлялась периодичность, в среднем равная 18,6 лет изменчивости лунно-солнечных приливных сил. Самое значительное отступление ледников Арктики происходило в зональную циркуляционную эпоху Северного полушария (1916-1956 гг.). В 1980-е - 1990-е гг. меридиональной южной эпохи атмосферной циркуляции возобновились подвижки гренландских, исландских и шпицбергенских ледников, а на Новой Земле и Земле Франца-Иосифа наблюдалось и замедление темпов сокращения оледенений. Эти события происходили на фоне резкого усиления циклонической деятельности в Северной Атлантике и Арктическом бассейне в зимние и летние сезоны.

**Ключевые слова:** ледник, колебания края, подвижка, отступление, лунно-солнечный прилив, циркуляционная эпоха.

### ВВЕДЕНИЕ

Согласно районированию Северного Ледовитого океана [3] в Северо-Европейский бассейн входят архипелаги Гренландия (1 802 400 км<sup>2</sup> льда), Исландия (11 048 км<sup>2</sup>), Шпицберген (35 100 км<sup>2</sup>), Новая Земля (24 400 км<sup>2</sup>), Земля Франца-Иосифа (13 700 км<sup>2</sup>).

Поскольку западное побережье Гренландии омывается морями Баффина и Лабрадорским, указанные архипелаги можно отнести к более обширному географическому району – Приатлантической Арктике. На востоке ее границей является Новая Земля, на западе – восточное побережье Канады и островов Канадского Арктического архипелага [3].

В настоящей статье использованы данные по колебаниям ледников рассматриваемых архипелагов (кроме Земли Франца-Иосифа в силу отсутствия данных по колебаниям) с 1870-1890 гг. по 1970-1980 гг. из работы [10]. Динамика фронтов исследованных ледников была получена по периодам (в среднем около 18-20 лет), выделенным на основании совместного анализа колебаний ледников Арктики и Антарктиды [13].

### ДИНАМИКА ПОЛЯРНЫХ ЛЕДНИКОВ И ЛУННО-СОЛНЕЧНЫЕ ПРИЛИВЫ

Особенности динамики оледенения Шпицбергена и Гренландии (контрфазность колебаний края ледников) и взаимосвязи их с блокирующими циркуляционными процессами в Северной Атлантике и лунно-солнечными приливами отражены в работах [4; 8]. Этому предшествовали данные о влиянии лунно-солнечных приливных сил на динамику ледников Антарктиды, а также циркуляцию атмосферы и изменения уровня морской поверхности [6, 7]. При анализе временных рядов айсбергового стока Антарктиды и дисперсии  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли была установлена высокая их корреляция. Периодичность изменчивости рассматриваемых процессов оказалась в среднем равной 18,6 лет. Дальнейший анализ колебаний ледников Шпицбергена, Исландии, Гренландии и Новой Земли также показал наличие в их ходе периодичности в 18,6 лет, обусловленной вариациями лунно-приливных сил. Отметим, что арктические центры оледенения (в отличие от Антарктиды) не являются околополюсными. В связи с этим, направленность их колебаний зависит также и от смены циркуляционных эпох на полушариях и преобладающих в эти эпохи переносов воздушных масс [4].

### **ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ КОЛЕБАНИЙ ЛЕДНИКОВ ПРИАТЛАНТИЧЕСКОЙ АРКТИКИ**

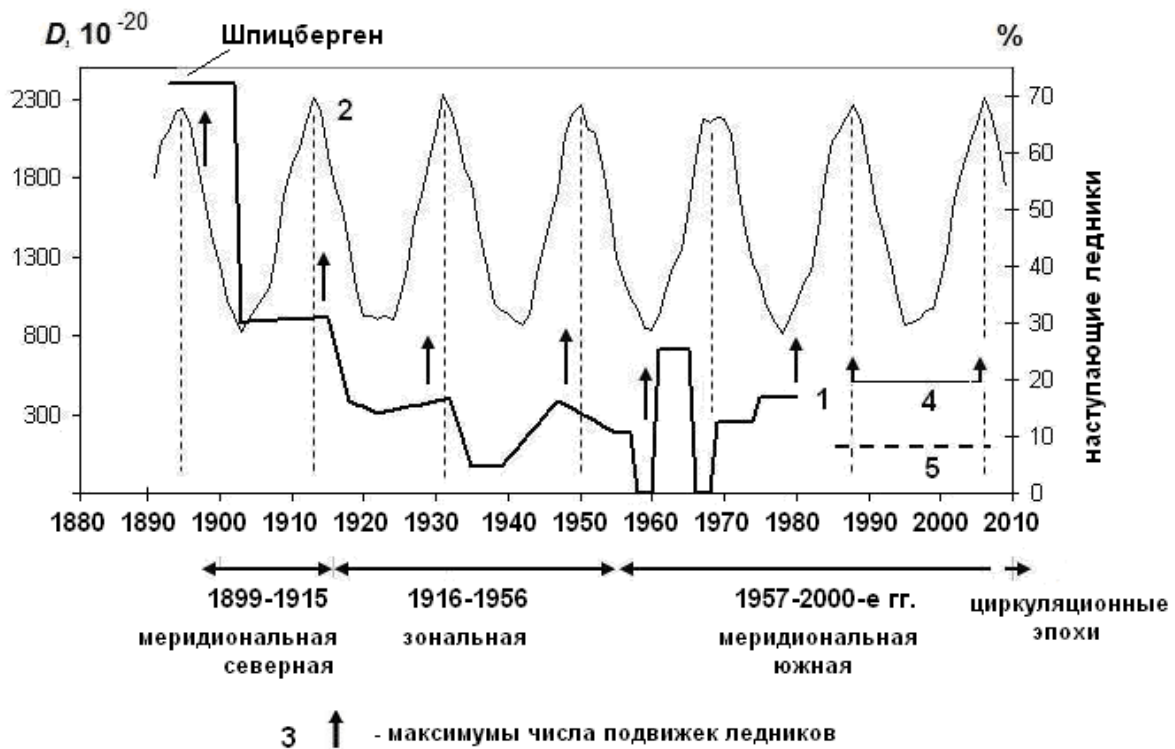
В соответствии с классификацией циркуляционных механизмов Северного полушария Б.Л. Дзердзевского [9] рассматриваемый район представлен полярными областями Атлантического ( $60^{\circ}$  з.д. –  $0^{\circ}$ ) и Европейского ( $0^{\circ}$  –  $60^{\circ}$  в.д.) секторов. Рассмотрение динамики ледников внутри каждого из секторов (в Атлантическом - Гренландии и Исландии, в Европейском - Шпицбергена и Новой Земли), показало согласованность тенденций в их колебаниях. Однако при сравнении динамики ледников одного сектора с динамикой другого попарно были выявлены периоды проявления контрфазности в колебаниях ледниковых фронтов. Исключение составили интервалы времени при смене циркуляционных эпох (в основном во второй половине XX столетия) с проявлением синхронности хода в изменениях положений края ледников (рис. 1, 2, 3).

#### **ШПИЦБЕРГЕН**

Наиболее длительный ряд наблюдений за положением ледниковых фронтов имеется для Шпицбергена. По исследованиям гляциологов ИГАН СССР со второй половины 1960-х гг. было установлено свыше 500 случаев подвижек (серджей) для 250 пульсирующих ледников [10 - 12].

На рис. 1 представлены колебания края ледников Шпицбергена (1) по Корякину В.С. (1988), дисперсия  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли в  $10^{-20}$  (2) по Сидоренкову Н.С. (2008) и циркуляционные эпохи Северного полушария по типизации Б.Л. Дзердзевского [9]. Изменения ледников в 1980-е-2000-е гг. (4) внесены по данным [2, 17, 18, 19, 11, 12].

Из рис. 1 следует, что с 1890 по 1957/1958 гг. все максимумы подвижек ледников Шпицбергена достаточно хорошо выражены и согласуются с максимумами экстремумов дисперсии  $D$  угловой скорости вращения Земли. В 1930-е – 1950-е гг. эта тенденция также наблюдалась, несмотря на заметное отступление ледников в это время.



**Рис. 1.** Динамика ледников Шпицбергена, лунно-солнечные приливы и циркуляционные эпохи Северного полушария. 1 - колебания края ледников Шпицбергена (количество наступающих ледников в %) с 1893 по 1980 гг. [10]; 2 - вариации дисперсии  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли (в  $10^{-20}$ ) с 1891 по 2009 гг. [15]; 3 – максимумы числа подвижек ледников Шпицбергена [10]; 4 – подвижки ледников Шпицбергена в 1980-е – 2000-е гг. [2, 17, 18, 19]; 5 – период роста темпов сокращения оледенения Шпицбергена [12]. Границы циркуляционных эпох Северного полушария приведены в соответствии с типизацией Б.Л. Дзердзеевского [9]

В период нового роста подвижек ледников на рубеже 1960 г. и в 1969-1980 гг., их максимумы приходились уже на минимумы дисперсии лунно-приливных сил. Характерно, что при дальнейшем сокращении оледенения Шпицбергена в 1980-е – 2000-е гг. наблюдались новые проявления подвижек в различных частях архипелага. Отмечена активность ледников Ушербрин в 1978-1985 гг., Аребрин в 1985 г., Осборнебрин в 1987 г. [17], ледника Консвеген в 1987-1994 гг. [18], ледников Паула и Баканинбрин в 1985-1995 гг. с волной в 1985-1989 гг. [17, 19], ледника Фритьоф в 1988-1994 гг. с подвижкой в 1995/1996 гг., ледников Паула, Скобрин с подвижками в 2005 г. [2]. Выделенные максимумы подвижек ледников (около 1985-1989 и 2004/2005 гг.) снова стали совпадать с максимумами дисперсии лунно-солнечных приливов.

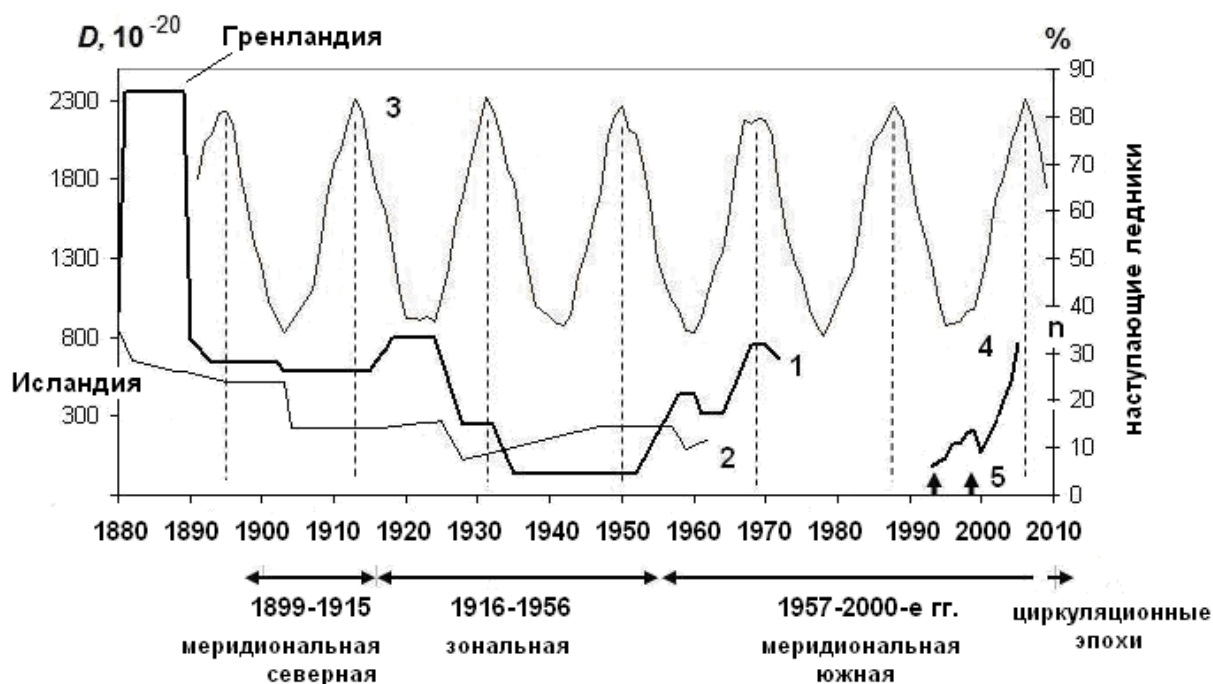
Для подтверждения максимумов подвижек в ходе колебаний ледников Шпицбергена был проведен анализ этих данных и продолжительности действия групп циркуляции для секторов Северного полушария (типизация Б.Л. Дзердзеевского) [9]. В результате было установлено хорошее соответствие динамики ледников и группой

широтной западной и долготной северной циркуляции (Шз-Дс). В лучшей мере эта взаимосвязь проявилась в 1904-1980 гг. Коэффициент корреляции хода кривых составил 0,55.

### ГРЕНЛАНДИЯ И ИСЛАНДИЯ

На рис. 2 показаны колебания края ледников Гренландии (1), Исландии (2) [10], вариации дисперсии  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли (3) [15]. Сведения по изменениям гренландских и исландских ледников (4, 5) заимствованы из работ [16, 12]. Границы циркуляционных эпох Северного полушария приведены в соответствии с типизацией Б.Л. Дзердзеевского [9].

Рассматриваемые центры оледенения располагаются в Атлантическом секторе в непосредственной близости друг от друга. В связи с этим, несмотря на несовпадающую периодичность исследований и частоту картографических съемок ледников Гренландии и Исландии, в целом наблюдается хорошая согласованность тенденций в их колебаниях. Так, корреляция рассматриваемых рядов (9-летние скользящие средние) с 1891 по 1940 гг. оказалась равной 0,69. В силу большой разницы в размерах оледенений Гренландии и Исландии, реакция ледников на одни и те же изменения климата может проявляться с разной скоростью.



**Рис. 2.** Динамика ледников Гренландии, Исландии, лунно-солнечные приливы и циркуляционные эпохи Северного полушария. 1 - колебания края ледников Гренландии с 1890 по 1972 гг.; 2 - Исландии с 1890 по 1963 гг. (количество наступающих ледников в %) [10]; 3 - вариации дисперсии  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли (в  $10^{-20}$ ) с 1891 по 2009 гг. [15]; 4 - подвижки ледников Гренландии ( $n$  - число случаев) [16]; 5 - подвижки исландских ледников [12]. Границы циркуляционных эпох Северного полушария приведены в соответствии с типизацией Б.Л. Дзердзеевского [9]

Отступление ледников Гренландии и Исландии в 1890-е – 1900-е гг. возобновилось в середине 1920-х гг. Гренландские ледники продолжали отступать до 1940-х гг. и только с 1952 г., вплоть до 1958-1960, а затем до 1968-1970 гг. началось их заметное наступание. Ледниковые комплексы Исландии практически восстановились к концу 1940-х гг.

Из рис. 2 следует, что до середины 1930-х годов, а далее с конца 1950-х до 1961 гг., кривые колебаний края ледников Гренландии (1) и вариации дисперсии угловой скорости вращения Земли (3) в основном отражали контрфазность в их многолетнем ходе. Такой же характер колебаний края, но до середины 1940-х гг., наблюдался и у ледников Исландии (2).

С 1960 г. до начала 1970-х годов, при смене зональной циркуляционной эпохи Северного полушария (1916-1956 гг.) на меридиональную южную наблюдалась синхронность хода кривых колебаний гренландских (1) и исландских (2) ледников с кривой лунно-солнечных приливных сил (3).

Для отрезка времени с 1972 по 1992 гг. мы не располагаем сведениями о динамике гренландских ледников. Однако, мониторинг сейсмических волн, записанных в Гренландии, позволил обнаружить новый класс землетрясений, связанных с ледниками. На главных выводных ледниках покрова было установлено, что с 1993 по 2005 гг. число ледотрясений, а значит и ледниковых подвижек, резко возрастало. За последние 5 лет темпы проявления ледотрясений увеличилось вдвое. Наиболее активно эти процессы проявились в динамике северо-западных ледников Гренландии. Этот тип ледотрясений связывается с возрастанием скорости скольжения выводных ледников по ложу, как отклик ледников на изменения климатических условий [16].

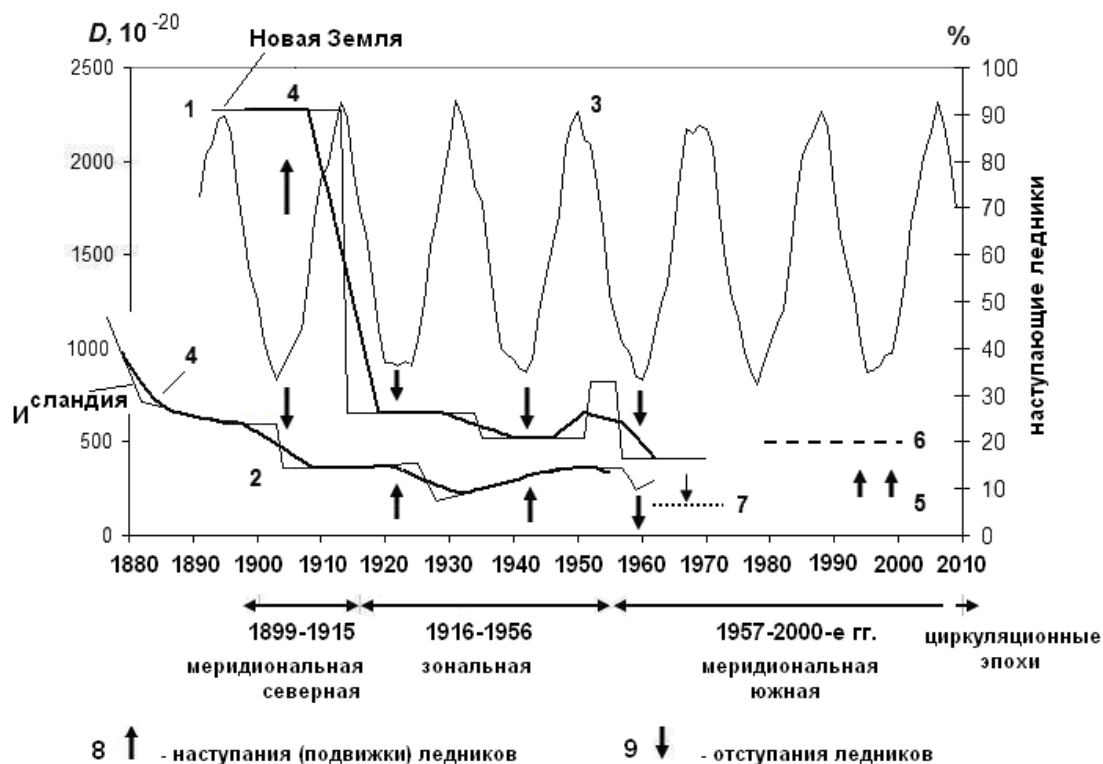
В Исландии в 1990-е на крупнейшей ледниковой шапке острова Ватнайёкудле были зафиксированы быстрые подвижки выводных языков Тунгнар (1994 г.) и Динг (1999 г.) [12].

## НОВАЯ ЗЕМЛЯ

Архипелаг располагается на самом востоке Европейского сектора Приатлантической Арктики на границе с Арктическим бассейном.

На рис. 3 показаны колебания края ледников Новой Земли (1) и Исландии (2) [10] и вариации дисперсии  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли в  $10^{-20}$  (3) [15]. Данные по изменениям новоземельских и исландских ледников в 1980-е – 2000-е гг. (5, 6, 7) заимствованы из работ [10, 11, 12]. Границы циркуляционных эпох Северного полушария показаны в соответствии с типизацией Б.Л. Дзерdzeевского [9].

Кривые колебаний ледников Новой Земли (1) и Исландии (2) приведены вместе для того, чтобы подчеркнуть различия в их динамике, связанные с различиями в характере циркуляции атмосферы и режиме питания ледников этих архипелагов. Несмотря на соседство, одни и те же группы циркуляции этих секторов (широтные, долготные и др.), могут отличаться друг от друга набором элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) [9]. Таким образом, в одно и то же время в динамике края ледников рассматриваемых секторов может проявляться контрфазность (наступления фронтов в одном секторе и отступления в другом).



**Рис. 3** Динамика ледников Новой Земли (в сравнении с Исландией), лунно-солнечные приливы и циркуляционные эпохи Северного полушария. 1 - колебания края ледников Новой Земли с 1893 по 1970 гг.; 2 - Исландии с 1890 по 1963 гг. (количество наступающих ледников в %) [10]; 3 - вариации дисперсии  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли (в  $10^{-20}$ ) с 1891 по 2009 гг. [15]; 4 - 11-летние скользящие средние колебаний ледников Новой Земли и Исландии; 5 – подвижки исландских ледников [12]; 6 – период снижения темпов сокращения площади ледников Новой Земли [11]; 7 – период максимума сокращения площади ледника Ватнайёкудль в Исландии [10, 12]. Границы циркуляционных эпох Северного полушария приведены в соответствии с типизацией Б.Л. Дзердзеевского [9]

Согласно рис. 3 самое значительное отступление ледников Новой Земли произошло в 1907-1911 гг. Один из этапов максимума этого отступления, скорее всего, приходился на конец 1920-х гг. Наибольшее же сокращение площади оледенения произошло при отступлениях новоземельских ледников в 1933 -1952 гг. Далее на рубеже 40-50-х гг. наметилось замедление темпов сокращения оледенения. Эта тенденция продолжилась во второй половине XX и начале XXI вв. На горных ледниках Новой Земли в это время подвижки вообще не отмечались [10, 11].

На рис. 3 стрелками обозначены направления движения края ледников Новой Земли и Исландии (8 - наступания ледников, стрелки вверх; 9 – отступления, стрелки вниз). Как видно, в периоды минимумов дисперсии лунно-приливных сил (3) в колебаниях края новоземельских (1) и исландских (2) ледников наблюдается

котрфазность. Это проявилось в эпоху меридиональной северной циркуляции (1899-1915 гг.) и эпоху зональной циркуляции (1916-1956 гг.) (рис. 3).

Далее после 1957 г. (начало эпохи меридиональной южной циркуляции) тенденции в колебаниях ледников архипелагов приобретают одинаковую направленность. Однако, подвижки исландских ледников 1994 и 1999 гг. (5) уже приходится на минимум вариаций дисперсии лунно-приливных сил (3). На Новой Земле со второй половины XX в. до 2000-х гг. наблюдается замедление процесса сокращения площади оледенения. Это также свидетельствует о некотором улучшении условий существования ледников рассматриваемых архипелагов.

### **ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА**

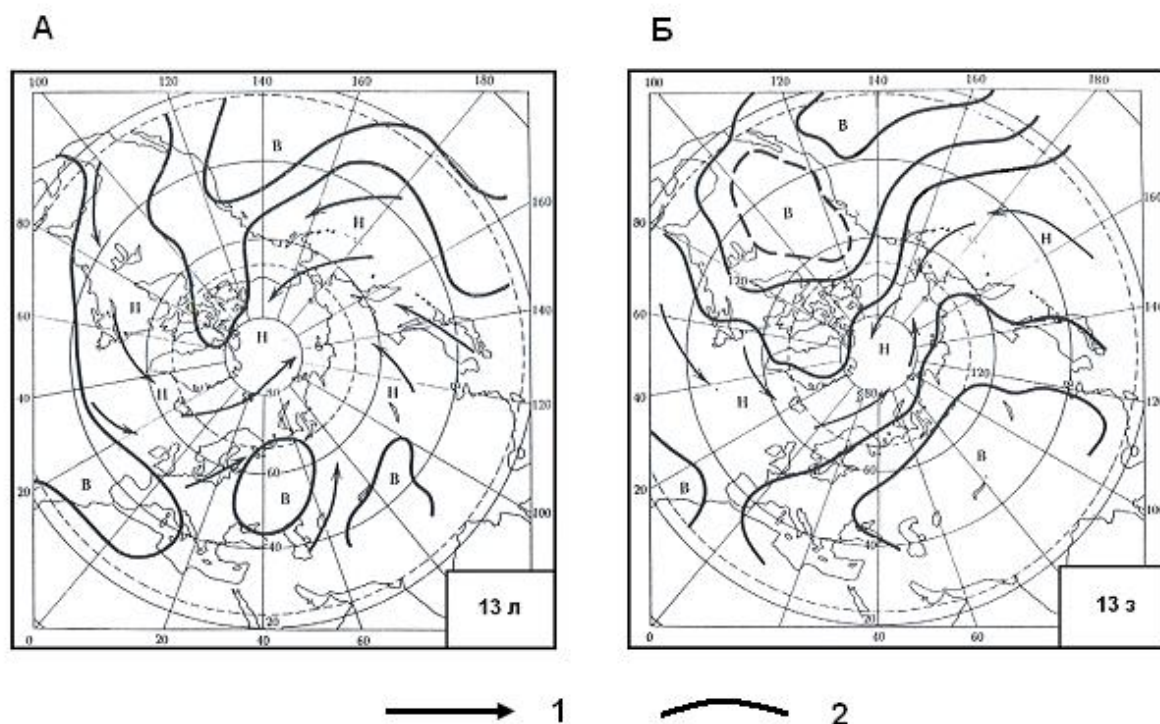
Ледники архипелага располагаются в наиболее высоких широтах Северо-Европейского бассейна Приатлантической Арктики. Интенсивность массоэнергообмена оледенения, а значит и скорость изменения его размеров, здесь существенно меньше, чем на других арктических островах. Это связано со снижением питания при удалении ледников от основных траекторий циклонов, а также уменьшением таяния льда из-за высокоширотного положения. О подвижках ледников Земли Франца-Иосифа сведения отсутствуют. Однако в соответствии с данными [12], сокращение оледенения архипелага с 1953 по 1978 гг. составило  $9,3 \text{ км}^2/\text{год}$ , а с 1978 по 2001 гг.  $6,3 \text{ км}^2/\text{год}$ . Как видно, последняя годовая убыль площадей льда свидетельствует о некотором замедлении скорости сокращения оледенения Земли Франца - Иосифа в последние 20 лет прошлого столетия.

### **КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКОВ ПРИАТЛАНТИЧЕСКОЙ АРКТИКИ И ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ЭПОХИ XX СТОЛЕТИЯ**

Следует отметить, что указанным выше периодам и датам активизации подвижек ледников Гренландии, Исландии, Шпицбергена и замедлению темпов сокращения оледенений Новой Земли и Земли Франца-Иосифа в 1980-1990-х гг., предшествовала самая значительная для XX столетия волна годовой продолжительности действия циркуляционных форм, определяющих эпоху меридиональной южной циркуляции (1957-2000-е гг.). В это время преобладали элементарные циркуляционные механизмы (ЭЦМ) 13л (летний тип) и 13з (зимний тип). Динамические схемы этих ЭЦМ приведены на рис. 4.

Согласно данным из работы [9], отраженным на рис. 5 А, Б, суммарная продолжительность действия указанных макропроцессов в 1983-2008 гг. превышала 100-150 дней в году с максимумом до 200 дней в 1989 г. Характерно, что при действии ЭЦМ 13 над Арктическим бассейном зимой и летом осуществляется циклоническая циркуляция с центром в районе полюса. Дрейф полей арктических льдов в это время также носит циклонический характер. Серии атлантических циклонов при этих макропроцессах осуществляют перенос воздушных масс ко всем рассматриваемым центрам оледенения Приатлантической Арктики и обеспечивают благоприятные условия режима питания ледников [5]. Рис. 5 Б иллюстрирует период максимума продолжительности меридиональной южной циркуляции и активизацию подвижек ледников Шпицбергена в 1980-2005 гг.

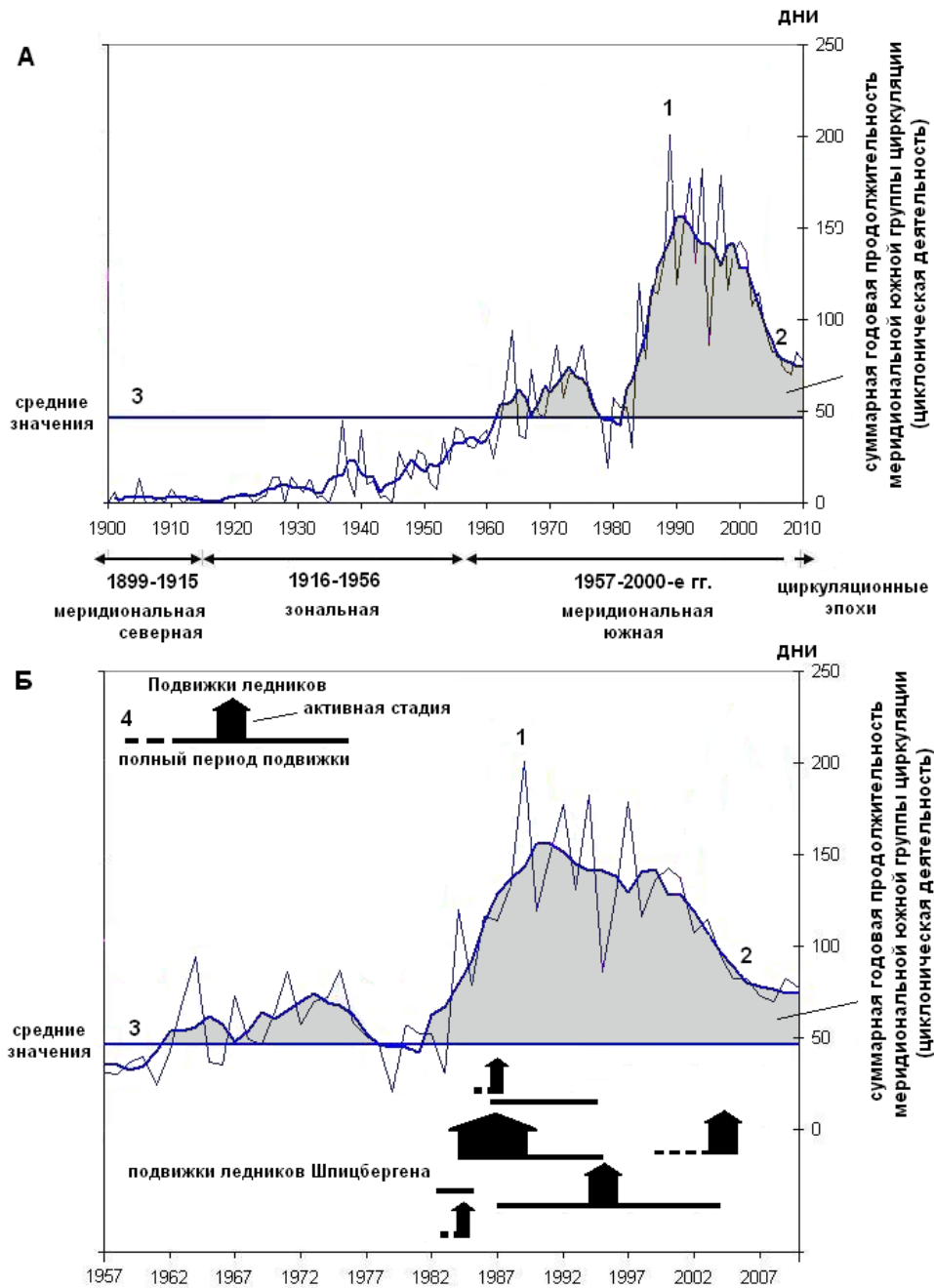




**Рис. 4.** Динамические схемы элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) меридиональной южной циркуляции (типизация Б.Л. Дзердзеевского) [9]: А. ЭЦМ 13л (летний); Б. ЭЦМ 13з (зимний). 1 – генеральные траектории циклонов; 2 – демаркационные линии, разделяющие поля циклонической и антициклонической деятельности

Проведенный анализ также показал, что максимум волны продолжительности действия меридиональной южной циркуляции 1989 г. практически совпал с максимумом дисперсии лунно-солнечных приливов в 1988 г. (между минимумами в 1978 и 1996 гг.). Возможно, что наложение этих двух процессов способствовало резкому усилению циклонической деятельности в Атлантике и Арктическом бассейне и соответственно активизации ледниковых процессов в 1980-х-1990-х гг.

Ранее было показано, что динамика ледников Шпицбергена и Гренландии тесно связана с положением главных центров действия атмосферы (ЦДА) Северного полушария [4]. За период с 1890 до 1970 гг. ЦДА неоднократно смещались от своего многолетнего положения по широте и долготе. При наибольших их смещениях в 1931-1940 гг. траектории циклонов оказались сдвинутыми на  $20^{\circ}$  долготы к востоку по отношению к их положению в 1906-1915 гг. При этом интенсивная циркуляционная деятельность сместилась на  $5-10^{\circ}$  широты с севера Европы на Баренцево и Карское моря [14]. В 1928-1942 гг., помимо взаимного смещения (сближения) исландского минимума и азорского максимума, отмечались минимальные значения мгновенного полюса вращения Земли. Сближение обеих пар ЦДА обусловило усиление зональной циркуляции и интенсивное потепления климата во всех районах Северного полушария [1].



**Рис. 5.** Динамика продолжительности действия меридиональной южной циркуляции [9] и колебания ледников Шпицбергена [2, 17 - 19]: А. 1 - многолетние колебания суммарной годовой продолжительности меридиональной южной группы циркуляции в днях за 1900-2010 гг.; 2 - 5-летние скользящие средние продолжительности меридиональной южной группы циркуляции; 3 - средняя продолжительность действия группы; Б. 1 - многолетние колебания суммарной годовой продолжительности меридиональной южной группы циркуляции в днях за 1957-2010 гг.; 2 - 5-летние скользящие средние продолжительности меридиональной южной группы циркуляции; 3 - средняя продолжительность действия группы; 4 - подвижки ледников Шпицбергена

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенности динамики указанных природных факторов и связанные с ними глобальные перестройки циркуляционных процессов, характеризуют зональную эпоху атмосферной циркуляции Северного полушария (1916-1956 гг., [9]). Максимум суммарной продолжительности групп элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) этой эпохи приходится на вторую половину 1920-х – 1940-е гг. Именно в это время наблюдалось самое значительное для XX столетия отступление ледников и сокращение площади оледенения на всех архипелагах Приатлантической Арктики и в других арктических районах.

В первые два десятилетия меридиональной южной эпохи атмосферной циркуляции (1957-2000-е гг., [9]) колебания приатлантических ледников носили разнонаправленный характер. Этот период обозначился заметным наступанием ледников Гренландии и возрастанием числа подвижек шпицбергенских ледников. Тем не менее, в 1980-е - 2000-е гг. площадь оледенения Шпицбергена продолжала сокращаться, а в Исландии период максимума сокращения площади крупнейшего ледникового комплекса Ватнайёкудль пришелся на 1960 – первую половину 1970-х гг. Одновременно отступали и ледники Новой Земли.

Общая картина динамики ледников рассматриваемых архипелагов достаточно динамично изменилась в 1980-х – 1990-х гг. В эти годы возобновились подвижки гренландских, исландских, шпицбергенских ледников и наметилось замедление темпов сокращения оледенений Новой Земли и Земли Франца-Иосифа.

В течение XX столетия в колебаниях края ледников крупнейших островных ледниковых комплексов Приатлантической Арктики и Арктического бассейна (как и в колебаниях края и айсбергового стока Антарктиды) проявлялись взаимосвязи с вариациями дисперсии  $D$  приливных колебаний скорости вращения Земли. Периодичность в динамике рассматриваемых оледенений оказалась в среднем равной 18,6 г. изменчивости лунно-солнечных приливных сил. Таким образом, можно заключить, что лунно-солнечные приливы влияют на режим, колебания края и айсберговый сток ледников как Южной, так и Северной полярной области.

Установлено, что максимум продолжительности действия меридиональной южной циркуляции XX столетия (1989 г.) практически совпал с максимумом дисперсии лунно-солнечных приливов в 1988 г. (между минимумами в 1978 и 1996 гг.). Возможно, что наложение этих двух максимумов природных процессов способствовало столь резкому усилению циклонической деятельности и более интенсивному поступлению осадков в Северную Атлантику и Арктический бассейн. Это выразилось в подвижках ледников Гренландии, Исландии, Шпицбергена и замедлении темпов сокращения оледенений Новой Земли и Земли Франца-Иосифа в 1980-х-1990-х гг.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Байдал М.Х. Влияние полюса атмосферной циркуляции на синоптические процессы и погоду умеренных широт // Циркуляция атмосферы в полярных областях. Сб. докл. на всес. симп. – Л., 1978. – С.14-27.
2. Жидков В.А., Захаров В.Г. Результаты мониторинга пульсирующего ледника Фритъоф (о. Западный Шпицберген) за период с 1996 по 2006 гг. // IX Международная научная конференция «Комплексные исследования архипелага Шпицберген». – М.: «ГЕОС», 2012. – Вып. 9. – С. 256-265.
3. Захаров В.Ф. Морские льды в климатической системе. – С.-Пб.: Гидрометеиздат. 1996. – 213 с.
4. Захаров В.Г. Влияние изменений уровня моря и циркуляции атмосферы на организацию поморских становищ на Шпицбергене (XVI-XVIII вв.) // Материалы XI Международной конференции «Комплексные исследования природы Шпицбергена» 2012 г. – М.: «ГЕОС», 2012. – Вып. 11. – С. 78-87.
5. 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.
6. Захаров В.Г., Сидоренков Н.С. Лунно-солнечные приливы регулируют айсберговый сток // «Глобальные климатические процессы и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов». Тезисы докладов Международной научной конференции. – Апатиты, 2011. – С. 69-71.
7. Захаров В.Г., Сидоренков Н.С. Влияние лунно-солнечных приливов на айсберговый сток Антарктиды // Метеорология и гидрология. – М., 2013. – № 2. – С. 49-55
8. 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.
9. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзерdzeевскому. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
10. Корякин В.С. Ледники Арктики. – М.: Наука, 1988. – 162 с.
11. Корякин В.С. Ледники Новой Земли в XX веке и глобальное потепление // Природа. – 2013. – №1. – С. 42-48..
12. Корякин В.С. Арктические ледники и глобальное потепление // Природа. – 2013. – № 7. – С. 35-41.
13. Корякин В.С., Захаров В.Г. Колебания ледников в полярных областях // Режим и эволюция полярных ледниковых покровов. – СПб: Гидрометеиздат, 1992. – С. 144-173.
14. Савина С.С., Хмелевская Л.В. Динамика атмосферных процессов северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. Циркуляция атмосферы. – М., 1974. – № 9. – 146 с.
15. Сидоренков Н.С. Лунно-солнечные приливы и атмосферные процессы // Природа. – 2008. – № 2. – С. 23-31.
16. Ekstrom G., Nettles M., Tsai V. C. Seasonality and Increasing Frequency of Greenland Glacial Earthquakes. *Science*, 2006, vol. 311, pp. 1756-1758.
17. Liestol O. Glaciers of Svalbard, Norway. Glaciers of Europe. *U.S. Geological Survey Professional Paper 1386-E-5*. Washington, 1993, pp. 126-151.
18. Melvold K., Hagen J.O. Evolution of a surge-type glacier in its quiescent phase: Kongsvegen, Spitsbergen, 1964-95. *Journal of Glaciology*, 1998, vol. 44, no. 147, pp. 394-404.
19. Myrrey T., Dovdeswell J.A., Julian A., Drewry D.J., Frearson J. Geometric evolution and

ice dynamics during a surge of Bakaninbreen, Svalbard. *Journal of Glaciology*, 1998, vol. 44, no. 147, pp. 263-272.

**PECULIARITIES OF GLACIERS FLUCTUATIONS OF ATLANTIC ARCTIC  
(END OF XIX - BEGINNING OF XXI CENTURIES.)**

**Zakharov V.G.**

Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

*zakharov\_vg@mail.ru*

**Abstract.** A long-term series of the evolution of glaciers in Greenland, Iceland, Spitsbergen and Novaya Zemlya in 1890-1980 were continued on glaciological data 1980-2000's. It is shown that during the XX-th century in the fluctuations of glaciers Atlantic Arctic (just like in Antarctic) periodicity was manifested equal on the average of 18.6 years variability of luni-solar tidal forces. The most significant retreat of glaciers in the Arctic occurred during zonal circulation epoch of the Northern Hemisphere (1916-1956). In the 1980s - 1990s years of the meridional southern epoch of atmospheric circulation the surges of Greenland, Iceland and Spitsbergen glaciers were resumed, and on Novaya Zemlya and Zemlya Frantsa - Iosifa the slowdown in the rate of reduction of glaciations was observed. These events occurred against the background of a sharp increase in cyclonic activity in the North Atlantic and the Arctic basin during the winter and summer seasons.

**Keywords:** glacier, edge fluctuation, surge, retreat, luni-solar tide, circulation epoch.

**REFERENCES**

1. Baidal M.X. Vliyanie polusa atmosfery na sinopticheskie protsessy pogodu umerennykh shirot. *Tsirculatsia atmosfery v polarnykh oblastiakh Sbornic dokladov na vsesouznom simp.* Leningrad, 1978, pp. 14-27.
2. Zhidkov V.A., Zakharov V.G. Rezultaty monitoringa pylsiruyshego lednika Fritiof (ostrov Zapadniy Shpitsbergen) za period s 1996 po 2006. *IX Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsia "Kompleksnye issledovaniya prirody Shitsbergena"* Moscow: Publ. Geos, vol. 9, 2009, pp. 256-265.
3. Zakharov V.F. Morskie ldy v klimaticheskoy sisteme. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1996, 213 p.
4. Zakharov V.G. Vliyanie izmenenii urovnya morya i tsirculatsii atmosfery na organizatsiyu pomorskikh stanovish na Shpitsbergene (XVI-XVIII vv.). *Materalny XI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Kompleksnye issledovaniya prirody Shitsbergena"*. Moscow: Publ. Geos, vol. 11, 2012, pp. 78-87.
5. Zakharov V.G., Kononova N.K. Vzaimosvyaz dinamiki polei dreifa l'da v Arkticheskom basseine i tsirculatsii atmosfery Severnogo polushariya (letnie sezony) [Relationship of dynamics of ice drift fields in the arctic basin and atmospheric circulation in the northern hemisphere (summer season)] *Slozhnye sistemy [The complex systems]*, № 4(9), 2013, pp. 55-67.
6. Zakharov V.G., Sidorenkov N.S. Lunno-solnechnye prilivy reguliruyut aisbergovy stok. *"Globalnye klimaticheskie protsessy i ikh vliyanie na ekosistemy arkticheskikh i subarkkticheskikh regionov"*. *Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii.* Apatity, 2011, pp. 69-71.
7. Zakharov V.G., Sidorenkov N.S. Vliyanie lunno-solnechnykh prilivov na aisbergovy stok Antarktity. *Meteorologiya i gidrologiya*, Moscow, № 2, 2013, pp. 49-55.
8. Zakharov V.G., Khmelevskaya L.V. Kolebaniya lednikov i izmeneniya tsirculyatsionnykh protsessov v polyarnykh rayonakh Atlantiki i v Evrope. Moscow, 1997, vol. 83, pp. 32-42.

9. Kononova N.K. Klassifikatsiya tsirculyatsionnykh mekhanizmov Severnogo polushriya po B.L. Dzerdzeevsky. Moscow: Voentekhnizdat, 2009, 372 p.
10. Koryakin V.S. Ledniki Arktiki. Moscow: Nauka, 1988, 162 p.
11. Koryakin V.S. Ledniki Novoi Zemly v XX veke i globalnoye poteplenie. *Priroda*, no. 1, 2013, pp. 42-48.
12. Koryakin V.S. Arkticheskie ledniki i globalnoe poteplenie. *Priroda*, no. 1, 2013, pp. 35-41.
13. Koryakin V.S., Zakharov V.G. Kolebaniya lednikov v polyarnykh oblastiakh. *Rezhim i evolutsiya polyarnykh lednikovyykh pokrovov*. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1992, pp. 144- 173.
14. Savina S.S., Khmelevskaya L.V. Dinamika atmosferynykh protsessov Severnogo polushriya v XX stoletii. *Materialy meteorol. Issledovaniy. Tsirculatsiya atmosfery*. Moscow, no. 9, 1974, 146 p.
15. Sidorenkov N.S. Lunno-solnechnye prilivy i atmosferynye protsessy. *Priroda*, no. 2, 2008, pp. 23-31.
16. Ekstrom G., Nettles M., Tsai V. C. Seasonality and Increasing Frequency of Greenland Glacial Earthquakes. *Science*, 2006, vol. 311, pp. 1756-1758.
17. Liestol O. Glaciers of Svalbard, Norway. Glaciers of Europe. *U.S. Geological Survey Professional Paper 1386-E-5*. Washington, 1993, pp 126-151.
18. Melvold K., Hagen J.O. Evolution of a surge-type glacier in its quiescent phase: Kongsvegen, Spitsbergen, 1964-95. *Journal of Glaciology*, 1998, vol. 44, no. 147, pp. 394-404.
19. Myrray T., Dovdeswell J.A., Julian A., Drewry D.J., Frearson J. Geometric evolution and ice dynamics during a surge of Bakaninbreen, Svalbard. *Journal of Glaciology*, 1998, vol. 44, no. 147, pp. 263-272.