

*В.А. Белязо, А.А. Дмитриев*

**ЦИКЛИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ  
ЮЖНОГО ОКЕАНА И ФАКТОРЫ, ИХ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ**

*V.A. Belyazo A.A. Dmitriev*

**THE CYCLICAL FLUCTUATIONS OF THE SOUTHERN OCEAN  
SEA ICE EXTENT AND FACTORS, WHICH DETERMINE THEM**

*В работе рассматривается изменчивость ледового режима различных районов Южного океана, обусловленная миграцией центров действия атмосферы под влиянием гравитационной ритмики планет Солнечной системы.*

*Ключевые слова: ледовитость, центры действия атмосферы, ритмика планет.*

*The variability of ice regime of various regions of the Southern Ocean determined by migration of the centers of the atmosphere action under the influence of gravitational rhythmicity of the planets of the solar system is considered in the work.*

*Key words: sea ice extent, centers of atmosphere action, rhythmicity of the planets.*

В последние годы, с увеличением рядов гидрометеорологических наблюдений в Антарктическом регионе, появляется все больше работ, посвященных анализу изменчивости ледовитости морей Южного океана.

Изучение трендов ледовитости Южного океана свидетельствует о том, что в сезон наибольшего распространения ледяного покрова не наблюдается уменьшения площади распространения льдов. Скорее наоборот, есть небольшая тенденция к увеличению их площади. В летний период в тихоокеанском секторе и в целом по Южному океану скорее наблюдается тенденция к уменьшению площади льдов. Отступление кромки льда в районе морей Беллинсгаузена и Амундсена компенсировалось распространением кромки льда к северу в море Уэдделла и в западном секторе моря Росса [6].

В работе [5] было показано, что связь межгодовой изменчивости ледовитости в отдельных районах и сезонах Южного океана неоднозначна. Так, наиболее отчетливо ледовитость всего океана соответствует ледовитости морей Содружества и Росса, а наиболее слабо она проявляется с ледовыми условиями района, прилегающего к Земле Уилкса. В ходе изменчивости ледовитости выявляются периоды 3–4 года, 6–7 лет и около 10–12 лет.

Нами [1, 2, 3] было установлено, что как длительные тренды, так и короткопериодические колебания гидрометеорологических характеристик Южного полушария обусловлены миграцией основных центров действия атмосферы под влиянием внешних факторов, в частности гравитационным влиянием планет Солнечной системы.

Произведя анализ характера связи природных процессов с относительно короткими циклами планеты Юпитер, нами было рассмотрено влияние и более длительных циклов. Так, по данным, рассчитанным по долготным интервалам планеты Уран (период обращения 84 года), индекс Южного колебания имеет

также два максимума, приходящихся на годы нахождения планеты в точках весеннего и осеннего равноденствия ( $\lambda = 0^\circ$  и  $180^\circ$ ) и два периода пониженных значений индекса в периоды, близкие к долготам летнего и зимнего солнцестояния. Продолжительность этих периодов равна длине полуцикла орбиты 42 года [3].

При низких значениях Южного колебания, когда в Тихом океане наблюдается Эль-Ниньо, в полярных регионах, как правило, наблюдается повышенный фон атмосферного давления, отрицательный индекс зональности и пониженная ледовитость. При высоких же значениях Южного колебания, когда в Тихом океане наблюдаются процессы Ла-Нинья, в полярных регионах преобладает пониженный фон давления, положительный индекс зональности и повышенная ледовитость.

Продолжая исследование изменчивости погодного режима циркумполярной зоны Южного полушария, было сосредоточено внимание на рассмотрении колебаний температурного и ледового режимов, обусловленного более короткопериодными планетными циклами, в частности 12-летним циклом обращения Юпитера, а также циклом парных соединений Уран–Юпитер (14 лет).

Для этой цели нами были использованы данные по температурному режиму по российским антарктическим станциям и данные по ледовитости за период 1978–2009 гг. Национального центра данных по снегу и льду США (<http://iup.physik.uni-bremen.de:8084/amsr/amsre.html>).

Группы лет, приходящиеся на последовательные интервалы долгот Юпитера в 12-летнем цикле, представлены в табл. 1.

Первоначально были рассмотрены средние годовые значения ледовитости в целом по всей Антарктике в сопоставлении с индексом Южного колебания. Из рис. 1, на котором помещены эти данные, очевидно, что в 12-летнем цикле обращения выявляется двойная волна максимумов и минимумов ледовитости (по 6 лет), причем минимумы близки к годам прохождения планетой долгот весеннего ( $0^\circ$ ) и осеннего ( $150\text{--}180^\circ$ ) равноденствия. В эти годы отмечаются максимальные значения индекса SOI, характеризующиеся как явлением Ла-Нинья, так и повышенным фоном давления в южной части Тихого океана.

*Таблица 1*

**Группы лет по однородным долготам орбиты Юпитера (в градусах)**

Гелиодолготы Юпитера											
0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022

Как ранее было показано [2], в эти годы южно-тихоокеанский циклон смещается в более высокие широты, что обуславливает в прибрежных районах более высокий фон температуры и уменьшение ледовитости.

Максимальные же значения общей ледовитости отмечаются в годы нахождения Юпитера выше ( $30-60^\circ$ ) или ниже плоскости небесного экватора ( $210-240^\circ$ ).

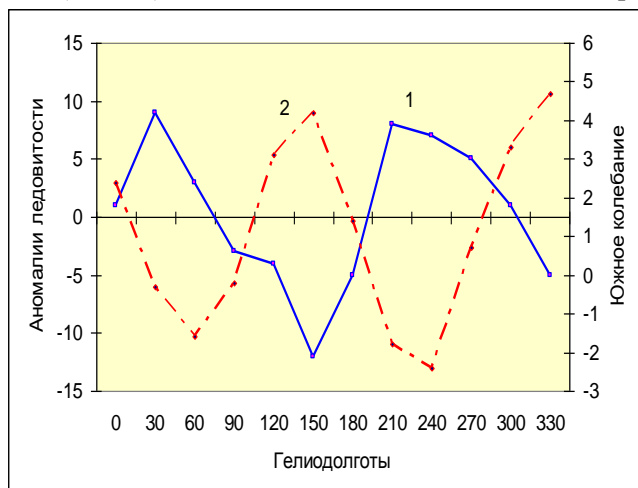


Рис. 1. Средние аномалии годовых значений ледовитости морей Антарктиды (1) и индекса Южного колебания (2) по годам долгот Юпитера

Таким образом, общая среднегодовая ледовитость Южного океана имеет обратный характер связи с индексом Южного колебания и, как было показано в работе [2], с отклонением координаты Хп полюса Земли.

Однако здесь следует заметить, что такой характер связи ледовитости с Южным колебанием отмечается не для всех морских акваторий Южного океана. Наиболее ярко и для всех сезонов такой характер связи отмечается для районов моря Росса (рис. 2), где видно, что в годы малой ледовитости давление в Южно-Тихоокеанском центре (ЮТЦ) растет (февраль).

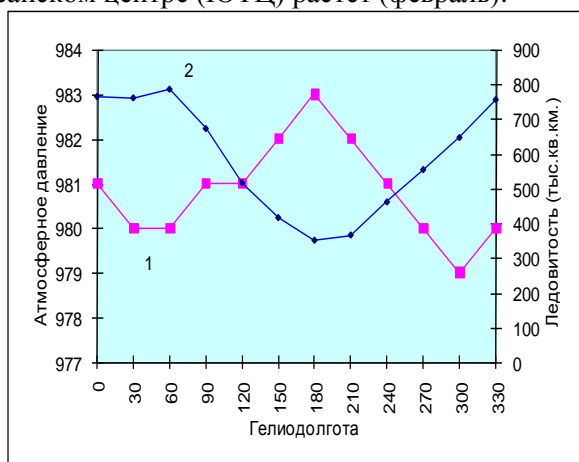


Рис. 2. Средняя величина атмосферного давления Южно-Тихоокеанского циклона (1) и ледовитость моря Росса в феврале для группы лет по интервалам долгот Юпитера (2)

В отличие от общей ледовитости Южного океана для района моря Росса (февраль) отмечается 12-летняя волна максимальных значений ледовитости в годы прохождения Юпитером долгот, близких к периодам весеннего равноденствия ( $0^\circ$ ), а минимальные – к долготам осеннего равноденствия ( $180-210^\circ$ ).

В летний период (декабрь–февраль) индекс Южного колебания также выявляет 12-летнюю волну (сглаженные значения) с максимумами (рис. 3) в годы пересечения орбитой Юпитера плоскости небесного экватора на долготах близких к весеннему равноденствию ( $0^\circ$ ), а минимальные значения SOI отмечаются в годы близкие к прохождению долгот осеннего равноденствия ( $180-210^\circ$ ).

Давление в центре южно-тихоокеанского циклона растет по мере смещения его в сторону экватора и понижается при его смещении в более высокие широты. Индекс Южного колебания имеет большие значения при смещении ЮТЦ к полюсу по широте и наоборот.

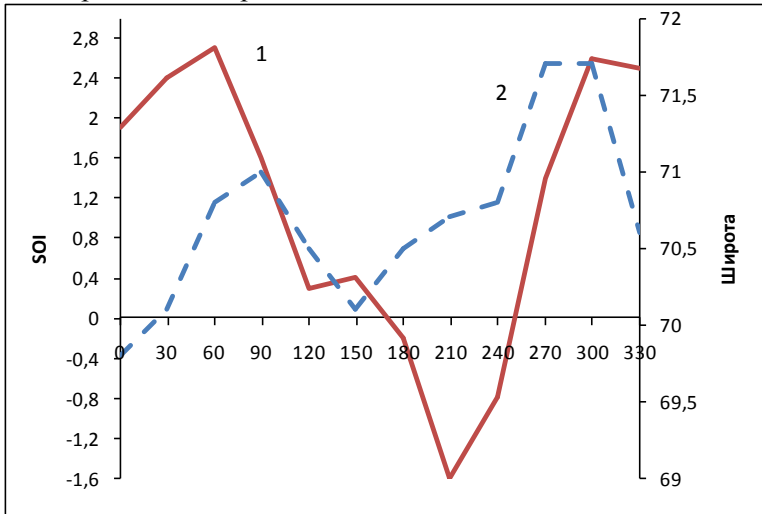


Рис. 3. Изменение индекса SOI (1) и широты южно-тихоокеанского минимума (2) по группам лет однородных интервалов долгот Юпитера

Таким образом, в море Росса в 12-летнем цикле ледовитость летом (декабрь–февраль) больше в период роста значений индекса SOI (Ла-Нинья) и меньше в период низких значений SOI (Эль-Ниньо).

В то же время с ростом давления в центре южно-атлантического циклона (ЮАЦ) в годы прохождения планетой долготы осеннего равноденствия ( $180^\circ$ ) ледовитость в море Беллинсгаузена увеличивается (рис. 4).

Такое различие объясняется тем, что в эти годы активизируется атмосферная циркуляция Mb формы. При ней блокирующий гребень в южной части Тихого океана обуславливает вынос теплых масс в прибрежные районы моря Росса, а в море Беллинсгаузена в тыловой части гребня происходит заток более холодного воздуха с континента.

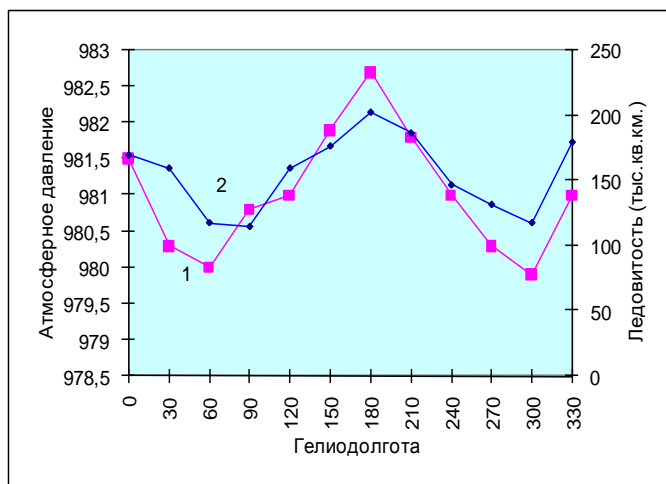


Рис. 4. Средняя величина атмосферного давления ЮАЦ и ледовитость моря Беллинсгаузена в феврале для группы лет по интервалам долгот Юпитера

Температура воздуха в этом районе в феврале этих лет ниже нормы, что обуславливает также в эти годы ранние сроки образования ледяного покрова, большую продолжительность ледового периода, большие толщины льда.

В качестве подтверждения высказанных соображений нами специально были исследованы ледовые условия в бухте Ардли в Антарктиде (у ст. Беллинсгаузен) за период с 1968 по 2009 г. и аномалий температуры воздуха на близлежащей антарктической ст. Фарадей. Все эти материалы были взяты из составляемых РАЭ ААНИИ ежегодников.

Характер изменчивости этих данных с одновременным сопоставлением с атмосферными характеристиками были рассмотрены по 12-летнему циклу Юпитера.

Из рис. 5 следует, что раннее замерзание бухты Ардли и соответственно продолжительность ледового периода (апрель–сентябрь), как отмечалось ранее, происходят в годы преобладания зональных форм циркуляции по 12-летнему периоду Юпитера.

Эти годы приходятся на моменты прохождения планетой гелиодолгот 150–240°.

Кроме того, изменения сроков замерзания бухты Ардли хорошо согласуются с ходом аномалий температуры воздуха с ближайшей станцией Фарадей. Это дополнительно подтверждает, что преобладание зональной циркуляции формирует более холодный температурный фон в данном регионе Южной Атлантики.

К сожалению, ограниченность рядов наблюдений ледовитости по Южному океану не позволяет получить достоверные данные по циклам парных соединений, которые, как было показано в работе [3], выявляют определенную временную характеристику экстремальных аномалий циркуляции и ледовитости в годы соединения и противостояний, а также углового момента (+/-90°).

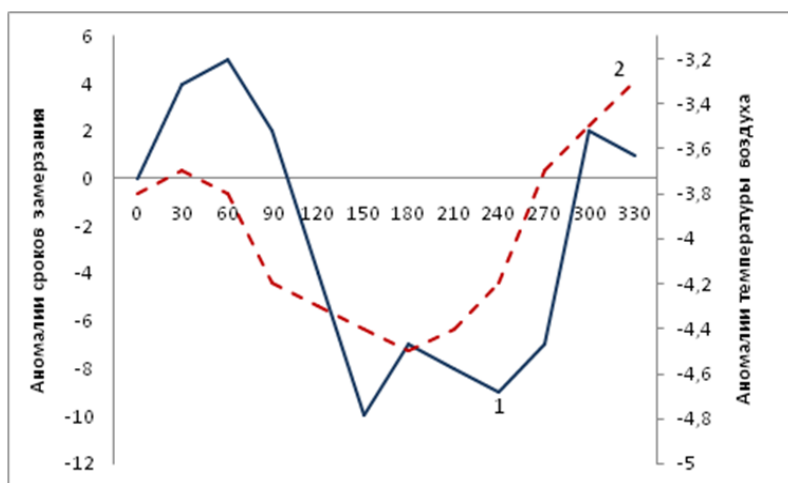


Рис. 5. Сглаженные (по трехлетиям) аномалии сроков образования ледяного покрова в бухте Ардли (1) и аномалии температуры воздуха на ст. Фарaday (2) для лет, приходящихся на последовательность гелиодолгот Юпитера

Однако по данным табл. 2 были подсчитаны средние значения ледовитости морей Беллинсгаузена и Росса, а также индекса SOI по 14-летнему периоду соединений Урана и Юпитера.

Таблица 2

**Группы лет, приходящиеся на последовательные разности долгот Уран–Юпитер (в градусах)**

Разности долгот													
0	25	50	75	100	125	150	-175	-150	-125	-100	-75	-50	-25
1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010

Полученные характеристики (рис. 6) указывают, что минимальные значения ледовитости моря Беллинсгаузена, также как и средние значения индекса SOI, приходятся на годы соединения и противостояния ( $0^\circ$  и  $180^\circ$ ), а максимальные их значения приходятся на годы их углового момента  $\pm 90^\circ$ . В эти годы отмечаются также положительные значения координаты Хп вращения мгновенного полюса Земли.

Таким образом, внутри этого цикла выявляется двойная волна колебаний с периодом 6–7 лет, связанная с определенными взаимными положениями планет.

Аналогичные значения ледовитости по 14-летнему циклу были просчитаны по данным ледовитости моря Росса (февраль), что позволило составить опытный прогноз с учетом двух составляющих по 12- и 14-летним циклам на ближайшие два десятилетия без учета трендовой составляющей (рис. 6).

Очевидно, что основные пики колебаний ледовитости фактических и прогностических значений (с 1985 по 2010 г. на зависимом материале) достаточно хорошо совпадают. Эти обнадеживающие результаты позволили использовать

установленную связь для составления прогноза до 2020 г. Как видно из рис. 7, до 2013 г. должно наблюдаться увеличение ледовитости в море Росса, а в последующие годы до 2020 г. постепенное уменьшение.

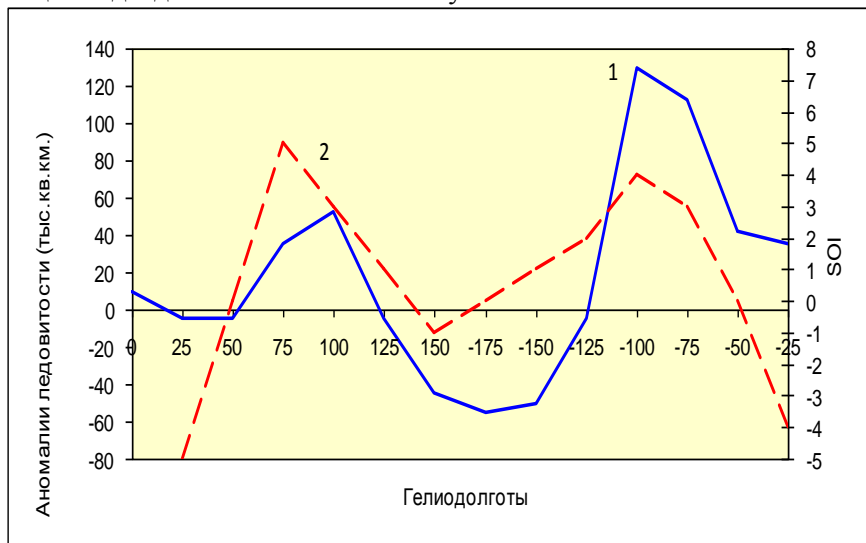


Рис. 6. Средние аномалии ледовитости (1) моря Беллинсгаузена (февраль) и аномалии индекса Южного колебания SOI (2) по годам разности долгот Уран–Юпитер

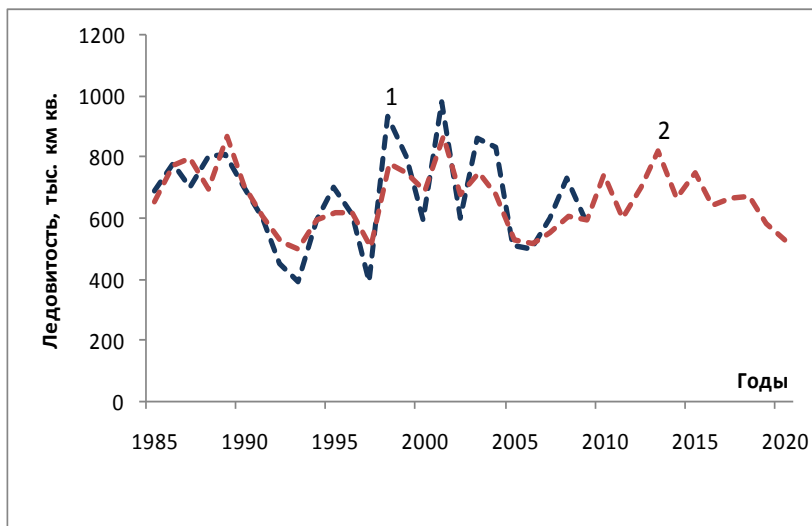


Рис. 7. Оценка прогноза ледовитости моря Росса (февраль) на зависимом (1) и независимом (2) материалах за период 1985–2020 гг.

Исходя из выявленных особенностей связи ледовитости различных районов Южного океана с индексом Южного колебания SOI, можно уточнить ранее представленный [Дмитриев, 2011] фоновый прогноз с учетом векового цикла

Урана (84 года), который указывал на постепенное уменьшение значений индекса SOI до конца 40-х годов текущего столетия и сохранение в море Росса некоторого повышенного фона ледовитости с последующим ослаблением во второй половине столетия.

В районе моря Беллинсгаузена (февраль) характер изменения ледовитости будет иметь обратный характер: до 40-х годов сохранится пониженный фон ледовитости с последующим ее увеличением.

В итоге можно отметить, что проведенное исследование выявило причины изменчивости атмосферной циркуляции, обусловленной миграцией ЦДА под воздействием внешних факторов, что позволило объяснить характер временной изменчивости ледовитости различных районов Южного океана.

Выявленные зависимости позволили представить сценарий как длительных тенденций изменчивости процессов, так и прогностические результаты по регионам на ближайшие годы.

Пополнение гидрометеорологических рядов в дальнейшем позволит выявить большее число прогностических связей, что будет способствовать уточнению прогностических рекомендаций.

### **Литература**

1. *Дмитриев А.А., Беязо В.А.* Космос, планетарная климатическая изменчивость и атмосфера полярных регионов. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2006. – 358 с.
2. *Дмитриев А.А., Беязо В.А.* Многолетняя изменчивость атмосферных процессов Тихого океана и прилегающих к нему регионов Арктики и Антарктики и факторы ее определяющие // Труды ААНИИ, 2009, т. 450, с. 222–240.
3. *Дмитриев А.А., Беязо В.А., Гудошников Ю.П.* Ритмические колебания земных природных процессов и их гравитационная обусловленность. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2011. – 231 с.
4. *Дмитриев А.А., Беязо В.А.* Ритмика атмосферной циркуляции приполярных районов Атлантического океана и их космико-геофизическая обусловленность // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 19, с. 86–100.
5. *Косенко А.В., Смирнов Н.П.* Многолетняя динамика ледового покрова морей южной полярной области и ее связь с атмосферной циркуляцией // Уч. зап. РГГМУ, 2008, № 7, с. 81–91.
6. *Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Розанова И.В.* Циклонические центры действия атмосферы Южного полушария и изменения климата: Монография. – СПб.: РГГМУ, 2004. – 217 с.