

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
СПЛОЧЕННОСТИ МОРСКОГО ЛЬДА АНТАРКТИКИ

© В.Н. Еремеев, Ю.В. Артамонов, А.А. Букатов, Е.А. Скрипалева, 2009

*Океанологический центр НАН Украины, Севастополь, Украина
Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь, Украина*

On the basis of the data set of BADC HadISST ICE for the period of 1969–2002 years seasonal and interannual variability of the Antarctic sea ice closeness is investigated. Interannual variations of the sea ice closeness on the climatic scale are estimated. The cross-correlation between the sea ice closeness, the air temperature at Antarctic stations and atmospheric circulation indices of SOI (Southern Oscillation) and AAO (Antarctic Oscillation) are obtained.

Введение. Морской лед является одним из элементов климатической системы, влияющим на процессы взаимодействия океана и атмосферы. Понимание причинно-следственных связей между изменчивостью ледовых условий и атмосферных процессов принципиально важно для ответа на вопрос: как глобальные климатические изменения влияют на климат полярных широт и какова роль полярных широт в формировании климата Земли. В настоящее время уже накоплен достаточно большой объем информации об особенностях межгодовой изменчивости разных составляющих системы океан–атмосфера, в том числе и ледовых условий на временных масштабах 2–7 лет (события Эль-Ниньо) [1–3]. Еще в начале 20 в. Walker [4] предположил, что существует связь между событиями Эль-Ниньо и процессами, происходящими в южных широтах. Позднее во многих исследованиях было подтверждено, что в изменениях площади и границы морских льдов Антарктики наблюдается периодичность в 2–4 года, близкая к периодам Эль-Ниньо [5–7].

Обычно возникновение событий Эль-Ниньо связывают с экстремальными значениями индекса атмосферной циркуляции Южное колебание (ЮК). Chiu по данным за 1973–1980 гг. обнаружил связь между экстремальными значениями индекса ЮК в марте–апреле и площадью льда в Антарктике в июле–декабре [8]. Zwally, Parkinson, Comiso также пришли к выводу, что существует связь между изменчивостью межгодовых аномалий площади ледяных полей Антарктики и событиями Эль-Ниньо. При этом авторы показали, что сигнал в изменении аномалий площади льда, связанный с Эль-Ниньо, распространяется на восток [9]. Carleton по данным за 1929–1962 гг. установил, что в море Уэдделла событие Эль-Ниньо проявляется в уменьшении сплоченности льдов в летний период Южного полушария (декабрь–январь) [10]. Несколько позднее Нао с

коллегами обнаружили сигнал Эль-Ниньо в поведении морских льдов в море Росса, при этом авторы предположили, что первоначально на состояние льда в море Росса влияет западная часть тропиков Тихого океана, а затем – восточная [11]. Мощное влияние события Эль-Ниньо на состояние морского льда с периодом около 5 лет в морях Росса и Уэдделла было подтверждено Хие и соавторами по данным о сплоченности морских льдов за 1973–1989 гг. [12]. Авторы отметили также, что существует обратная связь между изменчивостью морского льда и аномалиями температуры на поверхности в тропиках Тихого океана.

Анализируя изменчивость морских льдов за период с 1973 по 1992 г., Simmonds и Жаска сравнили связь сплоченности льдов с изменениями индекса ЮК для четырех районов Антарктики: юго-западной части Индийского океана, юго-западной и юго-восточной частей Тихого океана и сектора к западу от моря Росса. Наиболее тесная связь между поведением льдов и индексом ЮК была выявлена для юго-восточной части Индийского океана и Австралийского сектора к западу от моря Росса. Показано, что морской лед в этих районах реагирует на изменения индекса ЮК с запаздыванием почти на год [13]. Yuan и Martinson при сравнении корреляций между событиями Эль-Ниньо и аномалиями границы льдов в морях Росса, Амундсена, Беллинсгаузена и Уэдделла установили, что самые высокие корреляции, запаздывающие от Эль-Ниньо на 6 мес, проявляются в поведении границы морских льдов между морями Амундсена и Росса [14].

Изучив долговременные тенденции в поведении морских льдов на основе спутниковых данных за 30 лет, Cavalieri, Parkinson [15] показали, что с 1968 по 1973 г. площадь льдов Антарктики увеличивалась. Особенно большая положительная аномалия зафиксирована в 1973 г. Затем в период 1973–1977 гг. площадь льда

уменьшалась, а с 1977 по 2002 г. снова увеличивалась.

Таким образом, имеющиеся в литературе сведения указывают на сложную природу связей между поведением антарктического морского льда и событиями Эль-Ниньо. К сожалению, большинство исследований пространственно-временной изменчивости морских льдов Антарктики базируется на данных за относительно короткий временной интервал либо на устаревших массивах данных, не содержащих спутниковых измерений и охватывающих отдельные регионы Антарктики. Поэтому полученные закономерности вряд ли можно считать универсальными. Кроме того, рассматривается преимущественно изменчивость общей сплоченности льдов или их границы, тогда как распределение льдов разной сплоченности на климатических масштабах изучено явно недостаточно.

В настоящее время интенсивное применение спутниковых технологий в океанографии, совершенствование системы наблюдений на полярных станциях и попутных судовых измерений позволили существенно пополнить информацию о поведении морских льдов. По данным спутниковых и контактных измерений создана наиболее обеспеченная база данных о сплоченности льдов Мирового океана [16]. Некоторые шаги по исследованию региональной климатической изменчивости морских льдов Антарктики на основе этой базы отражены в статьях [17–19]. Цель настоящей работы – исследовать сезонную и межгодовую изменчивость морских льдов разной сплоченности вокруг всей Антарктиды, оценить корреляционные связи между сплоченностью морских льдов и индексами атмосферной циркуляции ЮК и Антарктическое колебание (ААК).

В связи с расширяющейся хозяйственной и туристической деятельностью в прибрежных районах Антарктиды повышается актуальность понимания связи ледовых условий с изменчивостью местных факторов, в частности с температурой воздуха на полярных станциях. Поэтому в данной статье рассматриваются также связи ледовых условий с температурой воздуха на полярных станциях в регионе Антарктического полуострова.

Материалы и методика. В работе использованы данные British Atmospheric Data Centre (BADC) HadISST ICE [16] о сплоченности морского льда в процентах (балльности) в одноградусной сетке с 1969 по 2002 г. Сплоченность морского льда приводится с дискретностью 1 %. Для анализа также использованы среднемесячные ряды наблюдений за температурой воздуха, полученные на антарктических станциях “Академик Вернадский” (Украина), “Беллинсгаузен” (Россия), “Rothera” (Великобритания), “Marambio”

(Аргентина), “Orcadas” (Аргентина), а также значения индексов ЮК и ААК.

Для всего Антарктического сектора Южного океана рассчитаны суммарные площади, занимаемые льдом различной балльности. Для сглаживания пространственных неоднородностей в распределении льдов различной балльности с дискретностью 1 % проводилось суммирование площадей льдов с дискретностью 10 % по градациям 11–20 %, 21–30 %, ... , 91–100 %. Льды сплоченностью меньше 11 %, согласно [17], считались открытой водой. За условную единицу площади принята площадь одноградусного квадрата, т.е. $1,2 \cdot 10^4$ км². Затем были вычислены среднемесячные (408 мес) аномалии этих площадей, а также среднегодовые аномалии за 34 года. По среднемесячным значениям аномалий площадей льда каждой балльности рассчитаны их межгодовые среднеквадратические отклонения ($СКО_{бал}$). Кроме того, в каждом узле регулярной сетки были вычислены сезонные ($СКО_{сез}$) и межгодовые ($СКО_{меж}$) среднеквадратические отклонения сплоченности льда с дискретностью 1 %. Далее по тексту размерность СКО опускается, а их значения приводятся в скобках. Для оценок связи среднегодовых вариаций сплоченности морских льдов с индексами атмосферной циркуляции ЮК и ААК, а также с температурой воздуха на полярных станциях вычислялись взаимокорреляционные функции с 95%-й статистической значимостью.

Анализ результатов. Проведенные на основе массива данных [16] расчеты в целом подтвердили существующие представления о сложной пространственно-временной структуре поля льда вокруг Антарктиды.

Сезонная изменчивость сплоченности льдов наиболее ярко выражена в морях Уэдделла, Лазарева, Содружества, на северных границах морей Росса, Амундсена и Беллинсгаузена (рис. 1). Максимальные значения $СКО_{сез}$ (44) отмечаются в морях Уэдделла и Лазарева, где наблюдается интенсивная сезонная динамика вод и происходят наибольшие сезонные смещения границы морских льдов. Необходимо отметить, что области наибольшей сезонной изменчивости сплоченности льдов вытянуты в восточном направлении вдоль движения вод Антарктического циркумполярного течения (АЦТ). Области минимальной сезонной изменчивости сплоченности льдов ($СКО_{сез} < 20$) наблюдаются в прибрежных районах Антарктики, где расположены обширные шельфовые ледники: у восточного берега Антарктического полуострова (ледник Ларсена), в южных частях морей Уэдделла (ледники Ронне и Фильхнера), Росса (ледник Росса), Амундсена (ледник Аббот). Минимальные значения $СКО_{сез}$ наблюдаются также в море Д’Юрвиля и у берегов Земли Уилкса.

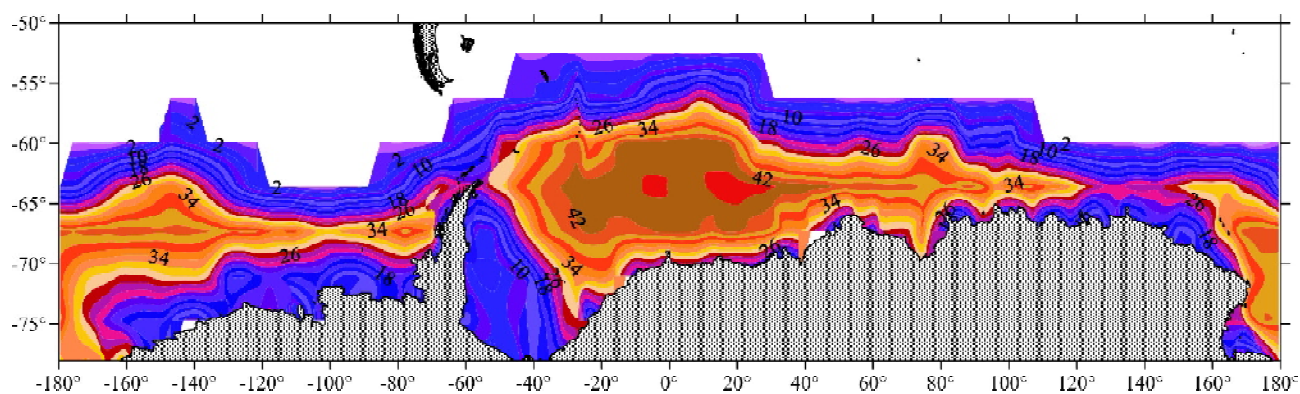


Рис. 1. Распределение $СКО_{сез}$ (%) морских льдов Антарктики

Изменение по месяцам межгодового среднеквадратического отклонения аномалий площадей морских льдов разной балльности показывает, что наибольшие внутригодовые изменения $СКО_{бал}$ наблюдаются для балльности льдов 90–100 % (рис. 2, а). Минимальные значения $СКО_{бал}$, т. е. минимальная межгодовая изменчивость льдов разной сплоченности, отмечаются в конце лета, в период максимального прогрева океана и минимального количества льда вокруг Антарктиды. С марта–апреля наблюдается резкий рост значений $СКО_{бал}$, которые достигают максимума в июне для льдов балльностью 100 %, для льдов балльностью 80–90 % рост значений $СКО_{бал}$ продолжается до сентября. Климатический сезонный цикл аномалий площадей льдов различной сплоченности (рис. 2, б) показывает, что наиболее интенсивное формирование льдов 100%-й сплоченности происходит с мая по июль. Таким образом, их максимальная межгодовая изменчивость приходится

примерно на середину указанного периода и связана с межгодовой изменчивостью условий выхода в период интенсивного ледообразования. Позднее, в августе–сентябре, формирование сплошного льда замедляется, и уровень его межгодовой изменчивости в этот период также изменяется незначительно. В отличие от площади сплошных льдов, площадь льдов 80–90%-й балльности продолжает медленно увеличиваться почти до ноября, их максимальная межгодовая изменчивость отмечается в сентябре.

В октябре–ноябре, с началом интенсивного таяния льдов, межгодовая изменчивость аномалий площадей льдов 90–100%-й балльности уменьшается. Для льдов меньшей балльности (ниже 80 %) максимальная межгодовая изменчивость наблюдается в декабре (см. рис. 2, а), когда в период максимального ледотаяния увеличиваются площади, занятые плавающими льдинами и айсбергами (см. рис. 2, б).

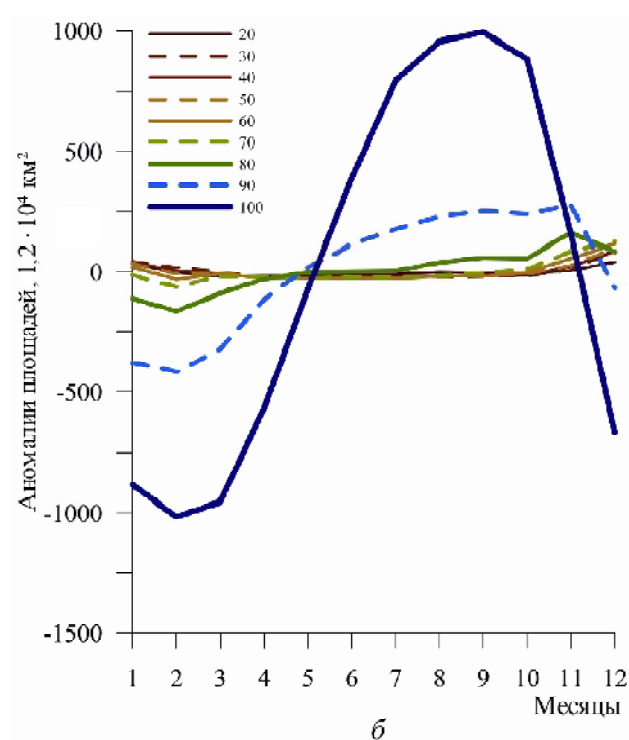
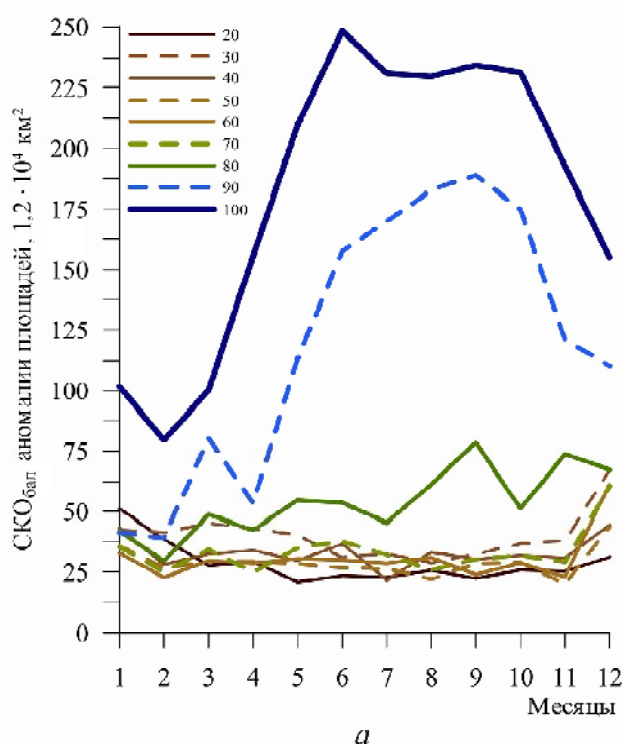


Рис. 2. Изменение по месяцам межгодовых среднеквадратических отклонений (а) и климатический сезонный цикл (б) аномалий площадей морских льдов разной балльности (ед. $1,2 \cdot 10^4 \text{ км}^2$)

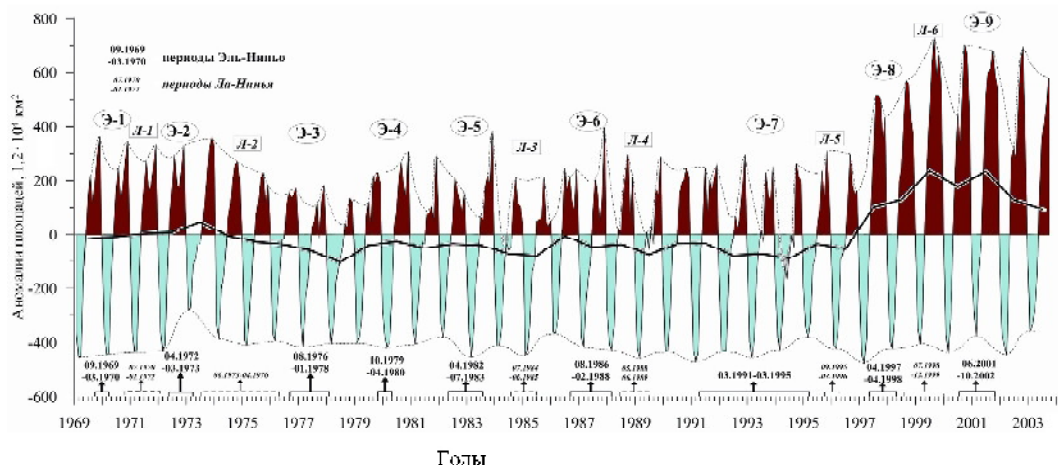


Рис. 3. Межгодовое изменение среднемесячных аномалий площадей морского льда 90%-й бальности (ед. $1,2 \cdot 10^4 \text{ км}^2$). Жирная линия — среднегодовые аномалии

Анализ межгодовых изменений среднемесячных аномалий суммарных площадей морского льда 90–100%-й бальности, рассчитанных для всего региона Антарктики, показывает, что все известные интенсивные события Эль-Ниньо отражаются в поведении сплоченности льдов. При этом для различных событий Эль-Ниньо это проявление происходит по-разному. Согласно [2], в течение 1969–1999 гг. было восемь интенсивных событий Эль-Ниньо. Периоды Эль-Ниньо (Э-1, ...) и Ла-Нинья (Л-1, ...) указаны на рис. 3. Видно, что в межгодовой изменчивости ледовых условий для Антарктики обнаруживаются признаки влияния каждого из событий Эль-Ниньо. Они проявляются в изменении амплитуды колебаний, продолжительности сезонов ледообразования и ледотаяния, форме сезонного сигнала, соотношения положительных и отрицательных аномалий в сезонном цикле. Отмечается следующая тенденция — бимодальная структура (наличие двух пиков) положительных аномалий во вторую половину года в периоды большинства Эль-Ниньо усиливается. В первое полугодие для отрицательных аномалий, вне зависимости от событий Эль-Ниньо или Ла-Нинья, характерен только один пик. В поведении положительных аномалий реакция на события Эль-Ниньо выражена более сильно, чем в поведении отрицательных. Например, в периоды Э-1, 2, 4, 6, 8, 9 отмечается увеличение положительных аномалий, тогда как в периоды Э-3, 5, 7 аномалии уменьшаются. Особенно большие значения положительных аномалий площадей морского льда зафиксированы в периоды двух последних событий Эль-Ниньо (Э-8, 9). Величины отрицательных аномалий в течение анализируемого временного интервала изменяются гораздо слабее. Тем не менее в последние фазы событий Э-2 и Э-7, между событиями Л-3 и Э-6, а также в период Э-9 наблюдается уменьшение абсолютных значений отрицательных аномалий.

Таким образом, анализ современного массива данных еще раз подтверждает вывод более ранних работ о том, что величины положительных и отрицательных аномалий сплоченности морских льдов подвержены значительной межгодовой изменчивости, связанной с периодами Эль-Ниньо или Ла-Нинья. Вместе с тем использование более длительного ряда измерений показало, что на протяжении рассматриваемого периода в целом для Антарктики реакция льдов на разные события Эль-Ниньо проявляется по-разному.

Анализируемый межгодовой ход аномалий площадей морских льдов представляет собой сложную суперпозицию межгодовой изменчивости сплоченности льдов в разных районах Антарктики, которые по-разному реагируют на межгодовые события, происходящие в тропических зонах Мирового океана. Например, в период между августом 2001 г. и августом 1994 г. отмечались экстремальные значения положительных и отрицательных аномалий площадей морского льда (рис. 4). Максимальные межгодовые изменения наблюдались в регионе Антарктического полуострова, морях Уэдделла, Росса и Содружества. Это согласуется с результатами работ [2, 11, 13, 14], в которых показано, что на межгодовые вариации характеристик морского льда существенно влияет сектор Антарктики. Различные орографические условия, удаленность от основных источников генерации межгодового сигнала приводят к тому, что отклик на события Эль-Ниньо в разных районах Антарктики может существенно различаться по форме сигнала, его амплитуде и фазе.

По рассчитанным в каждом узле регулярной сетки значениям ($\text{СКО}_{\text{меж}}$) видно, что распределение уровня межгодового сигнала в изменчивости сплоченности морских льдов имеет пространственно неоднородный характер. Наибольшей межгодовой изменчивости подвержены льды в морях Уэдделла, Амундсена, Беллинсгаузена и в районе между 130° и 150° з. д. Значения $\text{СКО}_{\text{меж}}$

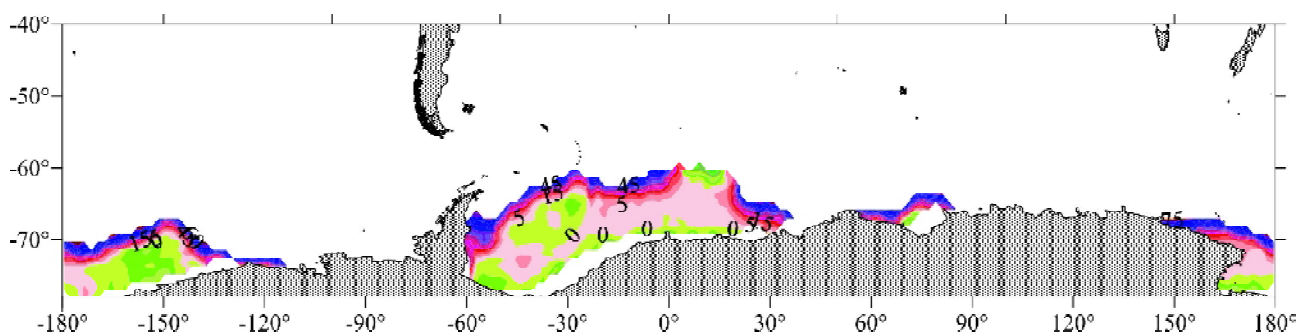


Рис. 4. Пространственное распределение разности среднемесячных значений сплоченности морского льда (%) между августом 2001 г. и августом 1994 г.

здесь почти на порядок выше (18), чем в других регионах (рис. 5). Зона интенсивных межгодовых вариаций сплоченности льдов располагается к югу от основной струи АЦТ — естественной границы распространения морских льдов.

Пространственная структура корреляционных связей между сплоченностью морских льдов и индексами ЮК и ААК еще более сложная, чем распределение $СКО_{сез}$ и $СКО_{меж}$. Отмечается тенденция к вытягиванию областей экстремальных значений коэффициентов корреляции ($R_{ЮК}$, $R_{ААК}$) в меридиональном направлении, что может быть обусловлено направлением господствующих ветров и дрейфа льдов на меридиональных перифериях квазистационарных крупномасштабных циклонических круговоротов в атмосфере и океане, формирующихся у берегов Антарктиды и усиливающихся в аномальные годы.

Максимальная прямая корреляционная связь между сплоченностью льда и индексом ЮК ($R_{ЮК} \sim 0,6$) отмечается в области с наибольшей межгодовой изменчивостью распределения льдов (130–150° з. д., 60–65° ю. ш.). Здесь изменчивость индекса ЮК и сплоченности льда проявляется практически квазисинхронно. Область значимой положительной корреляции ($R_{ЮК} \sim 0,5$) наблюдается к западу от Антарктического полуострова. Реакция льда на ЮК запаздывает примерно на 4 года. Значимые положительные связи выявлены также в море Содружества ($R_{ЮК} \sim 0,3$). Временной отклик морского льда здесь преимущественно запаздывает от ЮК на 2–4 года.

Обратная корреляционная связь ($R_{ЮК} \sim -0,6$) отмечается в море Уэдделла. ЮК оказывает влияние на ледяной покров с задержкой около 2 лет. Отрицательная корреляционная связь ($R_{ЮК} \sim -0,5$) наблюдается и в море Дейвиса. Здесь реакция морского льда преимущественно запаздывает от ЮК на 2–4 года (рис. 6, 7).

Значимые корреляционные связи получены между сплоченностью льдов и индексом ААК. В море Уэдделла отмечаются положительные значения $R_{ААК}$ от 0,2 до 0,4 на сдвиге около 2 лет. В районе между 130°–150° з. д. и 60°–65° ю. ш. наблюдаются такие же значения $R_{ААК}$ с временным откликом сплоченности льда 1 год (рис. 8, 9).

Обратная связь между льдом и ААК выявлена вокруг Антарктического полуострова: к западу от полуострова $R_{ААК} \sim -0,6$ при отсутствии временного сдвига, к востоку $R_{ААК} \sim -0,4$, а временной сдвиг составляет 2 года.

На рис. 10 показаны межгодовой ход индексов ЮК и ААК, температуры воздуха на станции “Академик Вернадский”, расположенной западнее Антарктического полуострова, и сплоченности льда в узле регулярной сетки, наиболее приближенном к этой станции. Как и для Антарктики в целом, временные ряды сплоченности льдов и температуры воздуха в районе станции показывают интенсивную межгодовую изменчивость указанных характеристик. Расчет взаимокорреляционных функций показал, что между этими параметрами существует значимая связь. Между ЮК и поведением льда в районе станции наблю-

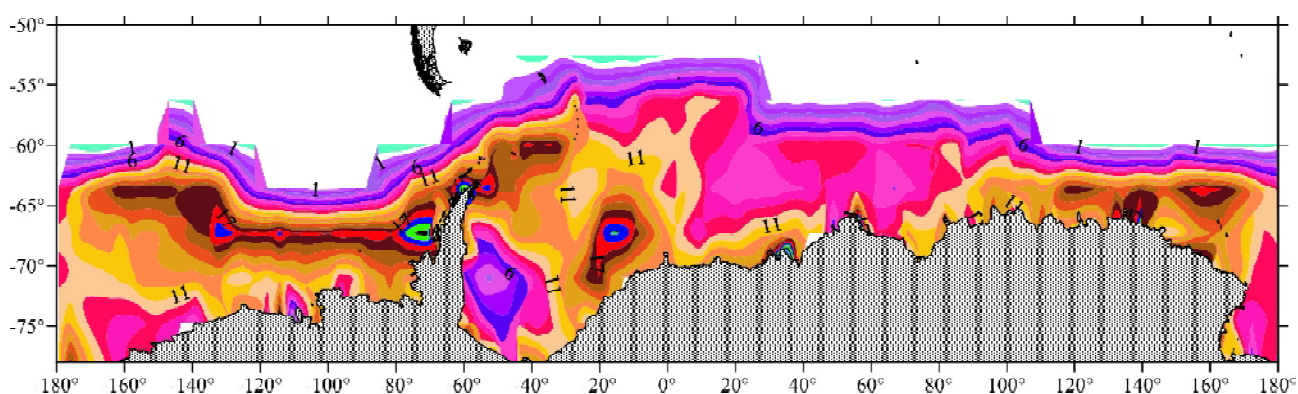


Рис. 5. Распределение $СКО_{меж}$ (%) морских льдов Антарктики

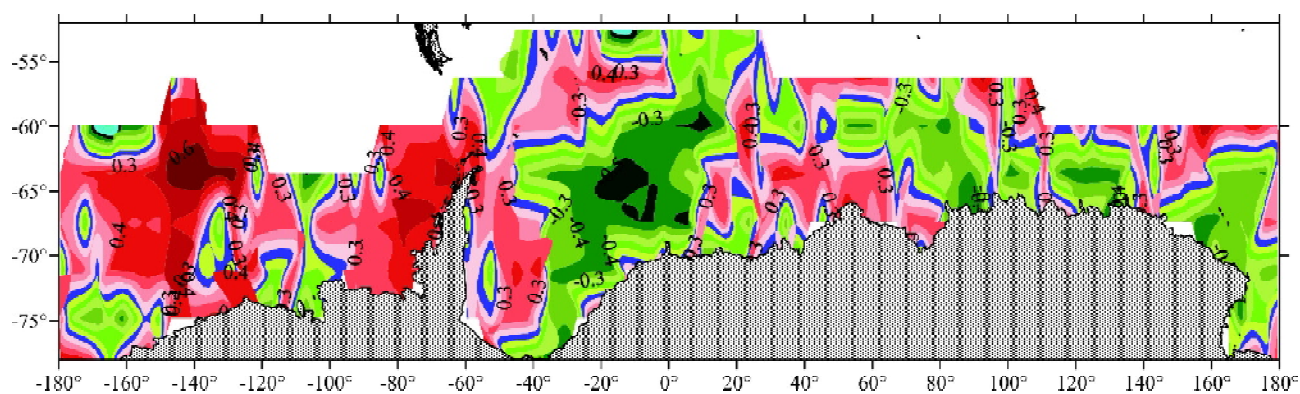


Рис. 6. Распределение коэффициентов корреляции между среднегодовыми значениями балльности морских льдов и индексом ЮК

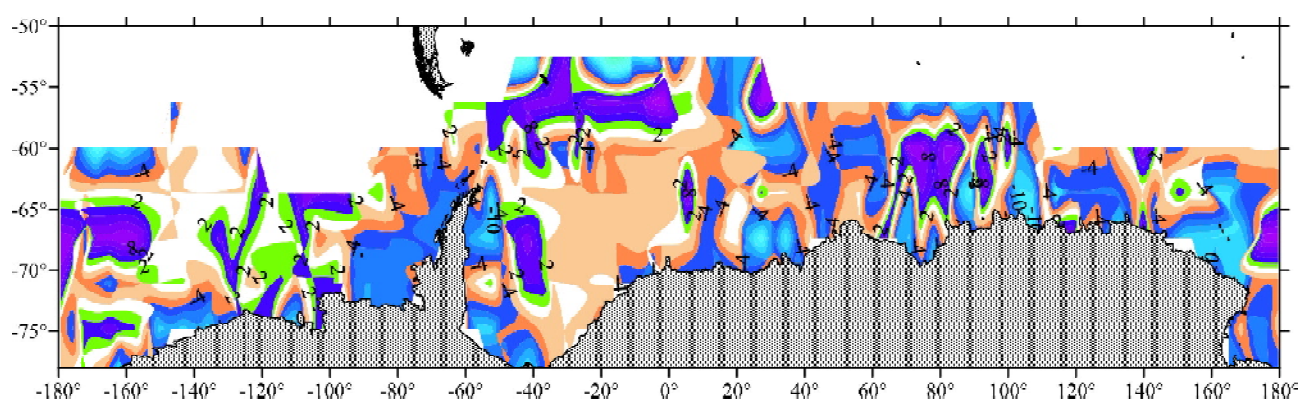


Рис. 7. Распределение фазовых сдвигов коэффициентов корреляции между среднегодовыми значениями балльности морских льдов и индексом ЮК

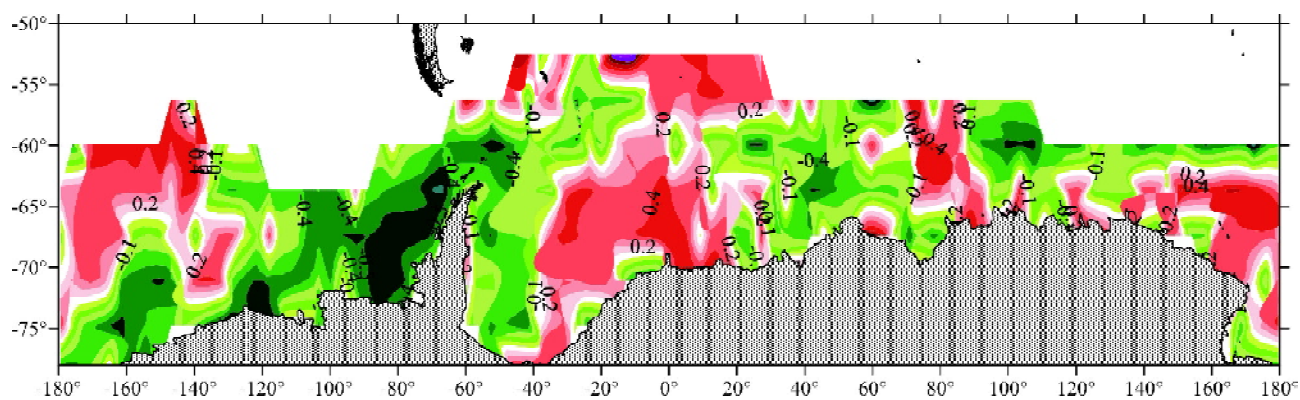


Рис. 8. Распределение коэффициентов корреляции между среднегодовыми значениями балльности морских льдов и индексом ААК

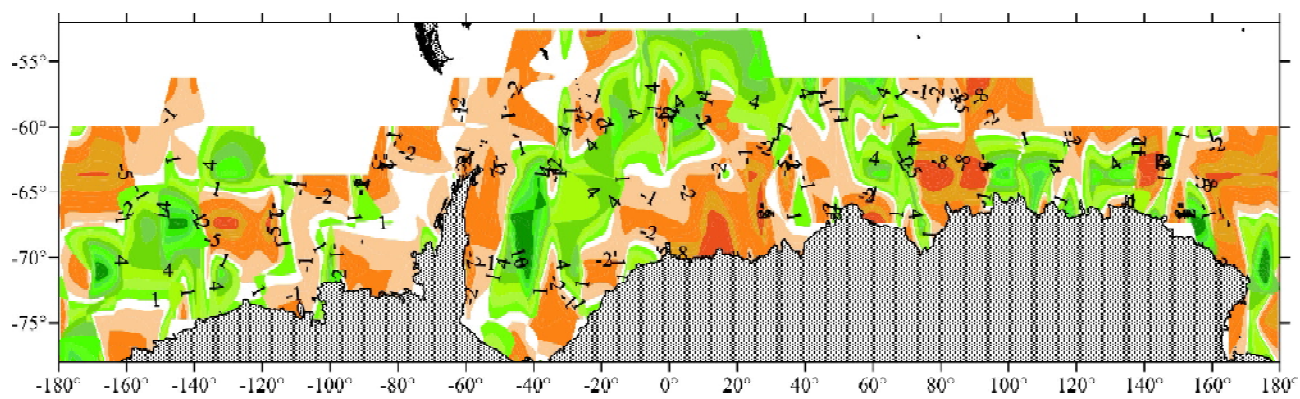


Рис. 9. Распределение фазовых сдвигов коэффициентов корреляции между среднегодовыми значениями балльности морских льдов и индексом ААК

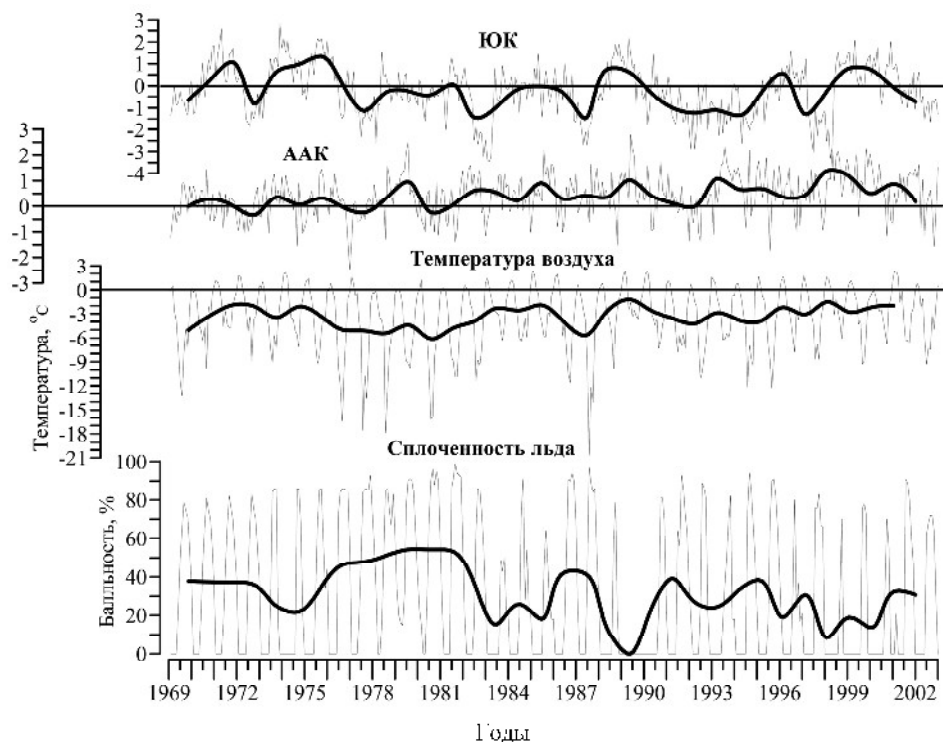


Рис. 10. Межгодовой ход индексов ЮК, ААК, температуры воздуха на станции “Академик Вернадский” и сплоченности льдов в точке 65° з. д. и 64° ю. ш. Жирные линии — среднегодовые значения

дается прямая корреляция с $R_{\text{ЮК}} \sim 0,65$ при сдвиге 6 лет, между ААК и сплоченностью льда, температурой воздуха на станции “Академик Вернадский” и сплоченностью льда — обратная корреляция с R соответственно $-0,50$ и $-0,80$ при отсутствии временного сдвига. Отметим, что между индексами атмосферной циркуляции ЮК и ААК отмечается значимая обратная связь с коэффициентом корреляции $R \sim -0,40$ также на сдвиге 6 лет. Высокие значения R получены между температурой воздуха на станциях “Беллинсгаузен” и “Rothera” ($R \sim -0,76$), станциях “Orcadas” и “Marambio” ($R \sim -0,65$) и сплоченностью льда в районе станции “Академик Вернадский”.

Закключение. Проведенный анализ пространственно-временной изменчивости сплоченности морских льдов Антарктики за период с 1969 по 2002 г. на основе массива данных BADC HadISST ICE показал, что максимум межгодовой изменчивости относится ко льдам 90–100%-й сплоченности. Наибольшие аномалии сплоченности льда в периоды Эль-Ниньо фиксируются в регионе Антарктического полуострова, в морях Содружества и Росса. Межгодовое СКО_{бал} аномалий площадей льдов разной балльности существенно изменяется для различных месяцев года. Реакция на события Эль-Ниньо наиболее выражена в поведении положительных аномалий сплоченности льда. Наибольшей сезонной и межгодовой изменчивости подвержена сплоченность морских льдов в море Уэдделла, а также в районе между 130°–150° з. д. и 63°–70° ю. ш.

Установлено, что наибольшие положительные корреляционные связи между сплоченностью морских льдов и индексом ЮК ($R_{\text{ЮК}} \sim 0,6$) отмечаются в районе между 130°–150° з. д. и 63°–70° ю. ш., а максимальная обратная связь ($R_{\text{ЮК}} \sim -0,6$) наблюдается в море Уэдделла. Наиболее тесная обратная корреляционная связь ($R_{\text{ААК}} \sim -0,6$) между сплоченностью морских льдов и индексом ААК выявлена к западу от Антарктического полуострова.

Получены высокие обратные значения корреляции ($-0,6 \dots -0,8$) с нулевым сдвигом между температурой воздуха на полярных станциях “Академик Вернадский”, “Беллинсгаузен”, “Rothera”, “Orcadas”, “Marambio” и сплоченностью льда в районе станции “Академик Вернадский”.

1. Frankignoul C., Bonjean F., Reverdin G. Interannual variability of surface currents in the tropical Pacific during 1987 – 1993 // J. of Geoph. Research. – 1996. – **101**, № C2. – P. 3629–3647.
2. Turner J. Review the El Niño – Southern Oscillation and Antarctica // Int. J. Climatology. – 2004. – № 24. – P. 1–31.
3. Вязилова Н.А., Гущина Д.Ю. Об особенностях развития аномалий метеорологических величин в тропиках Индийского и Тихого океанов в отдельные годы с Эль-Ниньо // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 10. – С. 24–35.
4. Walker G.T. Correlation in seasonal variations of weather VIII. Memorandum of the Indian Meteorological Department. – Indian Meteorological Department, 1923. – P. 75–131.

5. *Heap J.A.* Antarctic pack ice // *Antarctica* / Ed. by T. Hatherton. — Praeger, 1965. — P. 187 — 196.
6. *Gloersen P.* Modulation of hemispheric sea-ice cover by ENSO events // *Nature*. — 1995. — **373**. — P. 503 — 506.
7. *Джиганин Г.Ф.* Сезонные и межгодовые вариации границы дрейфующих льдов в Атлантическом секторе Антарктики и проливе Дрейка // *Мор. гидрофиз. журн.* — 2003. — № 3. — С. 68 — 80.
8. *Chiu L.S.* Variation of Antarctic sea ice: an update // *Monthly Weather Review*. — 1983. — **111**. — P. 578 — 580.
9. *Zwally H.J., Parkinson C.L., Comiso J.C.* Variability of Antarctic sea ice and carbon dioxide // *Sci.* — 1983. — **220**. — P. 1005 — 1012.
10. *Carleton A.M.* Sea ice atmosphere signal of the southern oscillation in the Weddell Sea, Antarctica // *J. of Climate*. — 1988. — **1**. — P. 379 — 388.
11. *Hao C.J., Zhang L., Xue H., Xie S.M.* Antarctic sea ice and ENSO event // *Acta Oceanolog. Sinica*. — 1990. — **12**. — P. 549 — 561.
12. *Xie S.M., Bao C., Xue Z., Zhang L., Hao C.J.* Interaction between Antarctic sea ice and ENSO events // *Proceed. of NIPR Symp. on Polar Meteorology and Glaciology*. — 1994. — P. 95 — 110.
13. *Simmonds I., Jacka T.H.* Relationships between the interannual variability of Antarctic sea ice and the southern oscillation // *J. of Climate*. — 1995. — **8**. — P. 637 — 647.
14. *Yuan X.J., Martinson D.G.* Antarctic sea ice extent variability and its global connectivity // *J. of Climate*, 2000. — **13**. — P. 1697 — 1717.
15. *Cavalieri D.J., Parkinson C.L.* 30-Year satellite record reveals contrasting Arctic and Antarctic // *Geoph. Research Lett.* — 2003. — **30**, № 18, 1970. — P. CRY 4 1 — 2.
16. <http://badc.nerc.ac.uk/data/hadisst/> (British Atmospheric Data Centre, HadISST ICE).
17. *Rayner N.A., Parker D.E., Horton E.B. et al.* Global analyses of sea surface temperature, sea ice and night marine air temperature since the late nineteenth century // *J. of Geoph. Research*. — 2003. — **108**. — № D14, 4407. — P. ACL 2 1 — 29.
18. *Артамонов Ю.В., Букатов А.А.* Межгодовая изменчивость ледовых условий Антарктики по данным BADC // *Системы контроля окружающей среды*. — Севастополь: Мор. гидрофиз. ин-т НАН Украины, 2006. — С. 251—255.
19. *Еремеев В.Н., Букатов А.А.* Сезонная и межгодовая изменчивость морских льдов Антарктики // *Системы контроля окружающей среды*. — Севастополь: Мор. гидрофиз. ин-т НАН Украины, 2008. — С. 251—256.

Поступила в редакцию 13.01.2009 г.

В.Н. Еремеев, Ю.В. Артамонов, А.А. Букатов, Е.А. Скрипалева

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СПЛОЧЕННОСТИ МОРСКОГО ЛЬДА АНТАРКТИКИ

На основе массива данных BADC HadISST ICE за период 1969—2002 гг. исследована сезонная и межгодовая изменчивость сплоченности антарктического морского льда. Изучены межгодовые вариации сплоченности морских льдов на климатическом масштабе. Оценены корреляционные связи между сплоченностью морских льдов, температурой воздуха на полярных станциях и индексами атмосферной циркуляции Южное и Антарктическое колебания.

В.М. Єремєєв, Ю.В. Артамонов, А.О. Букатов, О.О. Скрипальова

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ СКУПЧЕНОСТІ МОРСЬКОГО ЛЬОДУ АНТАРКТИКИ

На основі масиву даних BADC HadISST ICE за період 1969—2002 рр. досліджено сезонну та міжрічну мінливість скупченості антарктичного морського льоду. Вивчено міжрічні варіації бальності морських льодів на кліматичному масштабі. Оцінено кореляційні зв'язки між бальністю морських льодів, температурою повітря на полярних станціях та індексами атмосферної циркуляції Південне та Антарктичне коливання.