

УДК 551.324"312"

РЕАКЦИИ КОМПОНЕНТОВ ГЛЯЦИОСФЕРЫ НА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.Ф.Грищенко¹, В.Е.Тимофеев^{2,3}, С.В. Клок³

¹ Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, пр. Науки 37, Киев, 03028, e-mail: snowgyf@ukr.net.

² Одесский государственный экологический университет, e-mail: tvvlad@mail.ru

³ Национальный антарктический научный центр, uac@uac.gov.ua

Реферат. Изучаются изменения в динамике оледенения перигляциальной зоны и состояния морских льдов на фоне современных изменений климата в районе Антарктического полуострова. Под влиянием приземного потепления, значительной деградации подверглись не только малые ледники островной зоны (приводятся оценки массбаланса ледника о. Галиндез), но и шельфовые ледники. Подтверждено существование как междесятилетних, так и внутридесятилетних колебаний характеристик морских льдов, причем в Южном океане ледовитость в целом увеличивается в течение последних двух десятилетий. Эта тенденция в наибольшей степени контрастирует при сравнении динамики региональных климатических систем полярных районов: в Арктике под влиянием потепления количество льдов уменьшается. Показано, что важная роль в изменении гляциосферы принадлежит тропосферной циркуляции, которая определяет условия зимней абляции и летней аккумуляции. Найден тип циркуляции, ответственной за формирование восточно-западного течения в северо-западной части моря Уэдделла и пролива Брансфилд, которое приводит к росту ледовитости в этих акваториях.

Реакції компонентів гляціосфери на зміни клімату в районі Антарктичного півострова. В.Ф.Грищенко, В.Є.Тимофеев, С.В. Клок

Реферат. Вивчаються зміни в динаміці зледеніння перигляціальної зони і характеристик морського льоду на тлі сучасних змін клімату в районі Антарктичного півострова. Під впливом приземного потепління значної деградації зазнали не тільки малі льодовики островної зони (приводяться оцінки масбалансу льодовика о. Галіндез), але й шельфові льодовики. Підтверджено існування як між-десятирічних, так і внутрішньо-десятирічних коливань характеристик морського льоду, причому їх розповсюдження в Південному океані в цілому зростає протягом останніх десятиріч. Ця тенденція в динаміці компонентів регіональних кліматичних систем полярних районів відрізняється: в Арктиці під впливом потепління кількість льоду зменшується. Показано, що важлива роль в змінах гляціосфери належить тропосферній циркуляції, яка визначає умови абляції влітку і акумуляції взимку. Виділено тип циркуляції, відповідальний за формування східно-західної течії у північно-західній частині моря Уеддела і протоці Брансфілд, яке призводить до зростання кількості морського льоду.

Impacts of components of glaciopause to climate change at the Antarctic Peninsula region by V.F. Grischenko, V.E. Timofeyev, S.V. Klok

Abstract. Behaviour of the most important components of glaciopause as glaciation and sea-ice in the region of the Antarctic Peninsula in conditions of climate warming is considered. Glaciological study is based on the mass balance measurements commenced by the British in 1960s and continued by Ukrainians scientists on small ice-cap of Galindez Island. General evolution of the glacier state is well-agreed with the decadal changes of the mean air temperatures: accumulation dominated in 1950s and early 60s in conditions of slight cooling; nearly-equilibrium state with first signs of ablation were observed in 1970s, when first indicators of climate warming appeared; then ablation covered 1980s, with further acceleration in 1990s. General trend to the glacier's recession is clearly expressed at present, with the formation of new crevasses and calving of its marginal parts. This coincided with the recent collapse of the Northern part of the Larsen Ice shelf during the recent years and other signs of glaciers' recession at Antarctic Peninsula.

The contribution of the tropospheric circulation to the mass-balance on glaciers is shown, as well as its importance to the formation of ocean currents and sea-ice transport through Bransfield Strait across the coastal zone of Graham Land. The most intensive westward ocean current with sea-ice transport through Bransfield Strait is formed at the southern flank of cyclones migrating through the Drake Passage.

Variability in sea-ice by the data of remote microwave sounder as well as data of local observations showed general growth of its amount and extension during the summer seasons for the last two decades, at the vicinity of Vernadsky base as well as at western coast of Graham Land and Northern Weddell Sea. This tendency of the Antarctic sea-ice to expansion during summer months is in contrast with that in Northern Seas: sea ice in Arctic is significantly reduced on the background of warming. In winter, sea ice remains at some multi-years' average limits, although timing of fast ice preservation is significantly shortened and the amount of icebergs increased in comparison with colder winters in 1950s and 1960s.

Commencement of research into glaciation at the Antarctic Peninsula region in the frames of International Polar Year, 2007-09 is expected to be a new important stage in studying its mass-balance, dynamics and regime in conditions of climate change.

Keywords: glaciation, ice cap, ablation, accumulation, sea ice, climate warming

1. Введение

Климат Антарктического полуострова, как топографически неоднородного района, формируется не только внешними факторами, но и во многом определяется состоянием внутренних компонент климатической системы, таких как оледенение и морские льды.

Процессы функционирования ледников, прежде всего их питания (аккумуляции), расхода (абляции) и движения определяют не только их режим и динамику, но и сезонные особенности регионального климата (Говоруха и др., 2003; Режим ..., 1992; Атлас, 1969). Вследствие этого изучение баланса массы ледников полярных районов в последнее время приобретает особую актуальность в связи с потеплением климата в районе Антарктического полуострова и наметившимися глобальными последствиями, в частности в режиме оледенения (Грищенко и др., 2004; Skvarza et al., 1999; Vaughan et al., 1996; Котляков, 1997).

Морские льды также играют существенную роль в функционировании региональных климатических систем, причем изменчивость таких характеристик, как распространение и сплоченность является важным фактором, учитываемым при планировании и проведении морских операций, будь то туристические, промысловые или исследовательские. Именно в секторе Антарктического полуострова и примыкающей южной оконечности Южной Америки отмечается наиболее удаленная к северу граница распространения морских льдов и айсбергов, как средняя многолетняя, так и максимальная (Атлас, 1969). Район Антарктического полуострова характеризуется наличием особых условий для формирования морских льдов разных типов, учитывая наличие многочисленных архипелагов, внутренних бухт, шельфовых ледников (Говоруха, 1998; Захаров и др., 1986). Зимние припайные льды, разрушаясь, формируют поля мигрирующих мелкобитых льдов, которые в сочетании с айсбергами значительно затрудняют навигацию, а при отколах шельфовых ледников формируются ледовые поля значительной протяженности, сохраняющиеся в Южном океане продолжительное время.

2. Краткая история наблюдений, цель работы и исходные данные

Гляциологические исследования выполнены на основе данных наблюдений массбаланса на леднике острова Галиндез, проведенных британскими исследователями в период с 1960-1991 гг. (Thomas, 1963), и в 1996-1997, 1999-2000, 2000-2001, 2001-2002, 2003-2004 гг. – учеными-зимовщиками станции Академик Вернадский.

Основной целью работы было показать вариации компонентом гляциосферы на фоне регионального потепления, а также исследовать роль атмосферной циркуляции в изменении массбаланса ледников и колебаниях морских льдов, в целях обеспечения проведения навигации, в частности в период проведения морских экспедиций.

Данные о распространении и сплоченности морских льдов взяты из архивов многоканального микроволнового радиометра NSIDC (http://nsidc.org/data/seaice_index/ncdc.noaa.gov/ol/climatedata). Все средние величины рассчитывались по отношению к периоду с января 1979 г. по декабрь 2000 г. Тренды, в процентах за декаду, рассчитывались с использованием метода наименьших квадратов, на уровне значимости 95%. При оценке распространения, край ледового покрова рассчитывался при снижении концентрации морских льдов менее 15%. Кроме того, использованы сведения из ежегодных отчетов ст. Фарадей, данные наблюдений за ледовитостью при проведении украинских морских экспедиций (УМЭ),

описания из (Meteorology, 1954), а также сведения туристических операторов, проводивших навигацию в этом районе.

3. Результаты исследований

3.1 Режим ледника о. Галиндез

Ледник на о. Галиндез под рабочим названием Домашний является типичным для прибрежной зоны Западной Антарктики морским ледником типа ледяной шапки, цельная часть которой имеет размер 400×200 м. Отдельные фрагменты ледника расположены в краевых понижениях рельефа. Из общей площади острова 1,2 км² более 80% покрыты льдом. Толщина ледяной шапки, измеренная в марте 2004 г. Левашовым С.П. и Пищаным Ю.М. (Levashov, 2004) методом вертикального электрорезонансного зондирования достигает 45 м, хотя в районе ледяных обрывов, где из-за трещин измерения невозможны, она очевидно больше. По предположению (Говоруха, 1997), ледник является реликтом шельфового ледника, покрывавшего некогда прибрежные районы Антарктического полуострова, в том числе все острова Аргентинского архипелага, в состав которых входит и о. Галиндез. Было также показано, что изменение уровня ледника коррелирует с циклическими изменениями среднегодовой температуры (Thomas, 1963).

Анализ исторических гляциологических измерений, проводившихся британскими учеными на ледниковом куполе о. Галиндез и прилегающих территориях с 1960-х гг., и украинскими специалистами с 1996 г., показал такие изменения: в 1960-х гг. преобладала аккумуляция, в 1970-х и начале 1980 гг. – равновесие и слабая абляция, с середины 1980 гг. – абляция, усилившаяся в 1990-х гг. В целом, описанная изменчивость соответствует тенденции к потеплению в этом районе. Причем наибольший вклад в деградацию гляциальных объектов вносит расширение временного интервала со средней температурой воздуха выше нулевой отметки в течение теплого полугодия. С конца 1990-х гг. уже 4 месяца года в среднем теплее точки замерзания (рис. 1).

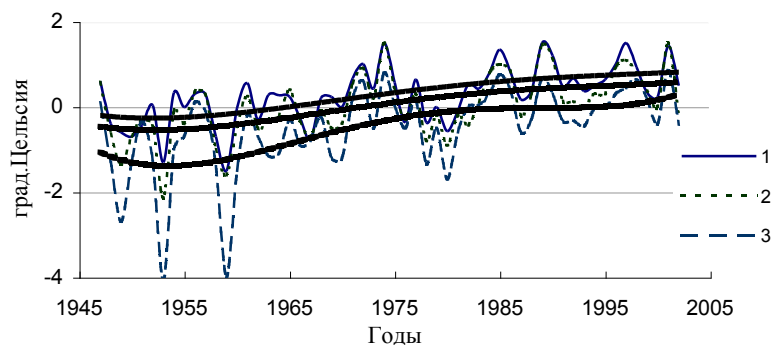


Рис. 1. Многолетний ход средних температур воздуха месяцев теплого полугодия 1947-2002 гг., с линиями трендов, ст. Вернадский, 1 - декабрь-февраль, 2 - декабрь-март, 3-декабрь-апрель.

В соответствии с классификацией П.А. Шумского, уточненной затем в Гляциологическом словаре (1984), ледник расположен в теплой зоне льдообразования (теплой инфильтрационно-конжеляционной), которая характеризуется интенсивным летним потеплением и поступлением в толщу значительного количества талой воды. Основная форма образования льда данной зоны идет за счет замерзания этой воды, заполняющей все поры снега и фирна. В течение теплых зим, которые участились в этом районе в последние годы, происходит трансформация

теплой фирновой зоны льдообразования в зону абляции в случае, когда на поверхность выходит лед, который начинает таять.

Наземные цифровые фототеодолитные съемки подтвердили сокращение объема ледника. Сравнение продольных профилей ледового купола, полученных в 1961 и 2002 гг., свидетельствует о значительной абляции. За сорок лет произошло выполаживание южного края ледникового купола: его высота уменьшилась приблизительно на 1 метр, что соответствует средней эквивалентной скорости абляции за последние десятилетия около 30 мм в год (Глотов и др., 2001).

Главная роль в абляции принадлежит таянию снега и льда под влиянием солнечной радиации и тепла атмосферного воздуха. Заметна роль внутренней и подледниковой абляции, обусловленной в меньшей степени геотермическим теплом и, в большей, теплом воды, омывающей ледник со всех сторон, проникающей в толщу ледника и под ледник по трещинам и ледниковым колодцам, которые присутствуют в теле ледника. Именно вследствие постоянного насыщения льда водой, который становится пластичным, наблюдалось его перемещение на 108 см за год.

Результаты датирования верхних слоев льда по ^{210}Pb , образцы которого были извлечены из ледника о. Галиндез на образцах льда, добытых в 1998 и 2000 гг. (Белявский и др., 2001), показали следующее. Возраст льда в образцах, которые выпиливались из верхних слоев льда толщиной 20-40 см в виде пластин толщиной 1,5-2,0 см находятся в границах от 0-5 до 60-70 лет. То есть за этот период, в результате таяния льда, были уничтожены слои аккумуляции за много лет. Деградация ледника Домашний подтверждается также тем, что его западный край, который был оконтурен в 1998 г. специальной меткой, отступил к 2004 г. более чем на 6 м.

Данные расчетов массбалансовых оценок, проведенных в течение украинских зимовочных экспедиций, приведены в таблице.

Таблица. Результаты массбалансовых наблюдений на куполе Домашний (о.Галиндез), 1996-2005 гг.

Период наблюдений на массбалансовом полигоне	Максимальное снегонакопление: дата, ср.высота, водный эквив.	Число дней наблюдений по рейкам на полигоне	Аккумуляция		Абляция		Годовой баланс (\pm мм)
			дни	+мм	дни	-мм	
01.03.1996–30.03.1997	27.10.1996 $h_{\text{ср.}}=150$ см $W=600$ мм	60	–	+600	–	-800	-200
21.04.1999–13.02.2000	09.11.1999 $h_{\text{ср.}}=119$ см $W=547$ мм	18	117	+378	193	-562	-184
23.03.2000–30.01.2001	31.10.2000 $h_{\text{ср.}}=105$ см $W=441$ мм	13	160	+399	151	-456	-57
09.03.2001–19.03.2002	01.12.2001 $h_{\text{ср.}}=133$ см $W=598$ мм	28	198	+588	118	-457	+131
18.05.2003–14.03.2004	19.11.2003 $h_{\text{ср.}}=112$ см $W=470$ мм	31	128	+378	202	-574	-196
17.04.2004–11.03.2005	10.11.2004 $h_{\text{ср.}}=154$ см $W=678$ мм	56	167	+623	161	-585	+38

Примечание. $h_{\text{ср}}$ - средняя высота снега на полигоне по 30 рейкам; ρ – плотность снега.

Наибольший отрицательный баланс (абляция) отмечен зимой 1996-1997 гг. (-200 мм) и почти столько же - в зимы 1999-2000 и 2003-2004 гг. (-184 и -196 мм соответственно). Максимальные величины аккумуляции зафиксированы в зимы 2001-2002 и 2004-2005 гг. - +588 и +678 мм соответственно, но в связи с более холодной зимой, величина аккумуляции в первую из указанных зим оказалась большей почти на 100 мм. Следует отметить некоторое различие в величинах аккумуляции-абляции, переданных авторами для публикации в трудах XIII симпозиума по гляциологии в Санкт-Петербурге (2004г), связанное с тем, что там расчет выполнялся за два периода: для аккумуляции - от нуля до максимума снегонакопления на леднике, и от максимума до его минимальной величины - для абляции. В данной работе уточнение величин выполнено в связи с довольно частой сменой знаков величин аккумуляции-абляции как в период снегонакопления (за счет оттепелей), так и в период абляции (за счет похолоданий с выпадением снега). Кроме того, следует также отметить, что оценки массбаланса ледника относительно приблизительные, поскольку отсчеты по рейкам на леднике выполняются с различной регулярностью и полнотой, не учитываются осадки в виде дождя, хотя величина таковых, по сравнению с твердыми осадками невелика. Не учитывается также и снос снега с ледника во время метелей, величина которого также небольшая. Тем не менее, впервые получены количественные оценки массбаланса ледника Домашний за несколько лет, свидетельствующие о преобладании абляции за этот период. В отдельные годы зафиксировано нарастание массы ледника.

В заключение по данному разделу следует отметить следующее: общий тренд к сокращению ледника Домашний отчетливо виден - на нем все чаще в последние годы фиксируются новые трещины и откол крупных глыб ледника, а западный край его отступил от его положения в 1998 году более чем на 6 метров; отмечено, что годовой баланс зависит не от продолжительности периода аккумуляции (который рассчитывался как общий период нарастания снежного покрова), а от количества и фазы осадков внутри него.

3.2 Изменчивость ледовитости моря

Исследование проводилось как в акваториях, ближайших к ст. Академик Вернадский, так и в прибрежных частях Антарктического полуострова в целом. Сопоставление характеристик морских льдов в акваториях станции проводилось между 10-летием с 1994 по 2003 гг. и рядом отдельных, более ранних лет наблюдений, с иным, более суровым температурным режимом.

В 1950-ые гг. с более суровыми температурными условиями, чем современные во внутренних проливах между островами Галиндез, Винтер и Скуа преобладал многолетний лед (сейчас лед стаивает каждое лето) и число айсбергов было меньше. Так же, как и в конце тысячелетия, морской лед в открытом море подвергался частым вскрытиям и становлениям (в 1950 г., припай в сумме удерживался чуть более двух месяцев, в холодном 1982 г. - 57 дней, в 1987 г. - 52 дня). С начала 1990-х гг., время сохранения припая значительно сократилось, и не превышало 35 дней, а в некоторые теплые годы (2000 г.) он не становился вовсе. Нерегулярные измерения толщины льдов в окрестности станции показали уменьшение ее максимальных значений с 50-70 см в 1950-ые годы до 15-25 см в последнее десятилетие. Если время становления припая сильно варьирует (май-июль), то типичным временем разрушения припайных льдов (отрыва от берега) в последние годы в районе станции является период 5-15 октября.

Анализ ледовой обстановки по данным наблюдений на ст. Академик Вернадский за период с середины 1990-х по 2003 г. позволил в целом выделить две тенденции: ослабление сплоченности и распространения льдов к 1997-98 гг., сменившееся усилением ледовитости с 1999 г. Летний сезон 1998/99 гг. был одним из наименее ледовитых и благоприятных для навигации; сплоченность в акваториях станции в феврале-марте в среднем была 1-3, редко более 4-6 баллов. Напротив, зимой 1999 г. сформировался устойчивый припайный лед, деградировавший летом медленнее, чем обычно, что вызвало трудности в проведении навигационных операций. Последующие годы были отмечены в основном сложной ледовой

обстановкой летом, с обилием плавучих форм льда, в том числе зимнего, айсбергов и их остатков, вместе с ростом сплоченности морских льдов. Это вызвало значительные трудности при проведении навигации в последние годы, особенно в 2001 и 2003 гг. Летний сезон 2001/02 гг. охарактеризовался необычно большой концентрацией морского льда не только в районе ст. Академик Вернадский, а также в районе пролива Брансфилд, северной акватории моря Уэдделла и море Скотиа. В сезоне 2002-03 гг. северная граница распространения морских льдов достигла практически своей предельной северной климатической широты, а отдельные айсберги отмечены на широте Буэнос-Айреса – около 35° ю.ш.

На рис. 2 показаны тренды распространения морских льдов в секторе 0-100° з.д., охватывающего моря Уэдделла и Беллинсгаузена, для летнего и осеннего сезонов, по данным многоканального микроволнового радиометра. Очевидно возрастание распространения морских льдов в теплое полугодие, с преобладающими 3-5-летними колебаниями. В течение зимних месяцев морские льды находятся в пределах климатических границ. Линия тренда рассчитана методом наименьших квадратов по данным всех 3 пар месяцев.

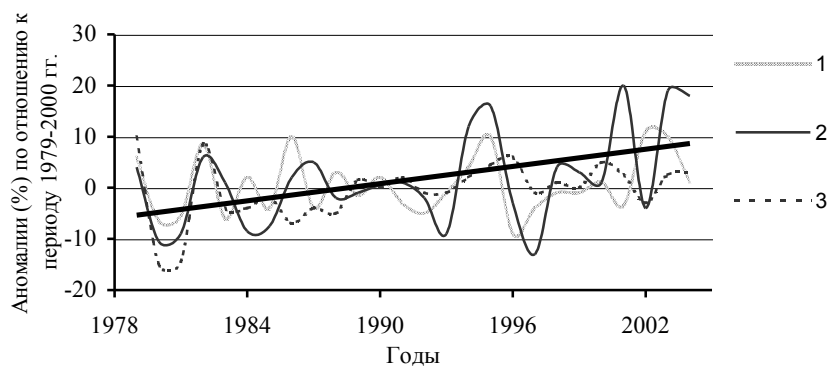


Рис. 2. Аномалии распространения морских льдов в секторе 0-100° з.д. (%), по отношению к периоду 1979-2000 гг.: декабрь-январь (1), февраль-март (2), апрель-май (3).

3.3. Циркуляционные причины изменчивости гляциосферы

Немаловажной причиной изменчивости компонент гляциосферы является тропосферная циркуляция. Главные источники аккумуляции на ледниках – твердые и смешанные осадки, связанные с циклонической деятельностью, преобладающей на севере Антарктического полуострова (Meteorology, 1954; Атлас, 1969; Тимофеев, 1997). В соответствии с типизацией циклонов, представленной в (Тимофеев, 2003), наиболее часто осенью и зимой на Антарктический полуостров выходят северо-западные и западные циклоны. Первые приносят наибольшие потепления и наиболее сильные ветры, а вторые – наиболее продолжительные осадки. Наиболее интенсивная абляция происходит при выходе практически всех СЗ циклонов, а также при выходе циклонов западных траекторий с выпадением осадков в жидкой фазе. С другой стороны, значительная аккумуляция характерна при продолжительных снегопадах в зимних западных циклонах, сформировавшихся в холодном воздухе, а также в малоподвижных циклонах.

Преобладание антициклональных полей ведет к сохранению снежного покрова с одной стороны и меньшему количеству осадков с другой, а также менее интенсивному распаду зимнего морского льда и значительно меньшей аккумуляции, чем в годы с выраженной циклоничностью. Так, годовые суммы осадков на ст. Академик Вернадский колеблются в значительных пределах – от 75 до 680 мм. Это приводит к разнообразию гляциоклиматических условий: от благоприятных к ускоренному разрушению островных ледников (1996-97 и 2001 гг.), до условий слабой (2000 г.) и значительной аккумуляции (2002 г.).

Воздействие региональной тропосферной циркуляции на перераспределение морских льдов состоит в формировании устойчивых течений в приводном слое, вместе с которыми перемещаются массивы льда. Например, в случае выхода западных циклонов через пролив Дрейка (рис. 3) оформляется обратный циркумполярному перенос льдов через пролив Брансфилд, с которым связывается усложнение ледовой обстановки у западного побережья Земли Грейама, в том числе на подступах к ст. Академик Вернадский. Другие примеры влияния циркуляции на миграции морских льдов можно найти в (Turner et al., 2002).

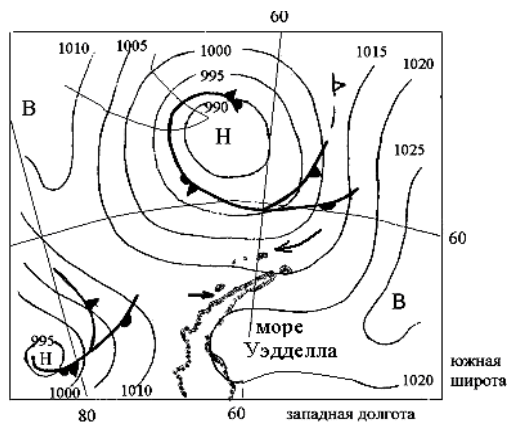


Рис. 3. Приземный анализ 16.03. 2000 г., изобары через 5 гПа, жирными линиями показано приземное положение фронтальных разделов. Направление перемещения воздушных масс показано длинной стрелкой, положение ст. Вернадский - короткой стрелкой.

4. Обсуждение

Поиски закономерностей в колебаниях морских льдов велись давно. Если междесятилетние колебания связаны с изменениями глобального климата, то внутридесятилетние связываются с взаимодействием составляющих региональной климатической системы. Это подтверждается наличием 5-летнего максимума в спектральной плотности температуры воздуха, совпадающей с аналогичным циклом в распространении морских льдов (Romanov et al., 1990), а также другими найденными связями в системе океан-лед-атмосфера (Simmonds, 1991).

В настоящее время фаза нарастания ледовитости занимает несколько больший период, чем обычно – с сезона 1999-2000 г. по настоящее время. Возможно, это связано с тем, что сейчас отмечается общий рост ледовитости в рассматриваемом районе.

Другим важным индикатором изменений климата является состояние краевых ледников Антарктического континента (Саватюгин, 1975). Крупные отколы шельфового ледника Ларсена, произошедшие в течение последних лет, свидетельствуют о реакциях региональной климатической системы на недавние изменения климата и циркуляции. В этом плане интересно провести сравнение с историческими данными о поведении шельфовых ледников Антарктиды, а именно о наличии 30-летних колебаний их краев (Режим..., 1992). В частности, смены фаз отступления-наступления шельфового ледника Ларсена, как и большинства краевых ледников Западной Антарктиды, происходили трижды за последнее столетие, причем в первый раз подвижка датирована 1930-ми годами. Вторая подвижка, отмеченная в конце 1960-х и начале 70-х гг., сменилась медленным наступанием ледника с середины 1970-х гг. по 1986 г. В 1986 г. произошел откол крупного айсберга - ледяного острова (Захаров и др., 1990).

Согласно прогнозам, составленным в (Режим..., 1992), очередное наступание ледника должно было начаться в 1990-ые гг. и продолжиться до 2010 г. Тем не менее, с начала 1995 г., площадь шельфового ледника Ларсена - "Б" уменьшилась на 40%, с 11500 км² до 6800 км², а в

2002-03 гг. произошло разрушение всей северной части шельфового ледника (части "А"). Таким образом, деградация ледника началось раньше прогноза, основывавшегося на почти столетней истории наблюдений за его эволюцией. Немаловажно, что разрушению северной части шельфового ледника Ларсена предшествовал устойчивый циркуляционный процесс, приведший к усилению северо-западных ветров, имевших отжимной характер для краевых частей ледника.

Для получения полной картины о состоянии регионального оледенения необходимо иметь данные с ближайших доступных ледников внутренней части Антарктического полуострова. Ожидается, что режим покровного оледенения на полуострове более устойчив к внешнему потеплению, чем ледники перигляциальной зоны.

5. Выводы

1. Процессы, происходящие в последнее время в региональной гляциосфере Антарктического полуострова, являются очевидным следствием многолетней тенденции к потеплению нижней тропосферы в исследуемом районе. Это подтверждается такими фактами, как сокращение массы и объема как малых островных, так и крупных шельфовых ледников вследствие таяния и откола блоков льда значительного объема, увеличение количества айсбергов с интенсификацией их продуцирования в акваториях, прилегающих к исследуемому району, а также сокращение времени становления зимнего припайного льда.

Планируемые гляциологические исследования оледенения Антарктического полуострова в рамках Международного полярного года 2007-2009 гг. станут новым важным этапом в исследованиях массбаланса, динамики и режима ледников в условиях меняющегося климата.

2. Несмотря на то, что изменения климата привели к общей деградации оледенения в перигляциальной зоне, ледовитость южных морей в летний сезон увеличивается в течение последних двух десятилетий как в районе Антарктического полуострова, так и в ЮПО в целом. В этом плане данные по Южной полярной области контрастируют с данными Арктики, где на фоне потепления количество, сплоченность и толщина морских льдов уменьшаются. Режимы морских льдов в акваториях района Земли Грейама в целом и станции Академик Вернадский в частности, показывают значительную межгодовую изменчивость, с существованием определенных внутридесятилетних циклов колебаний, связанных с взаимодействием компонент климатической системы.

3. Важная роль в изменении гляциосферы принадлежит тропосферной циркуляции, которая ответственна за условия зимней абляции и летней аккумуляции на ледниках прибрежной зоны. Выделен тип циркуляции, на фоне которой формируется восточно-западное течение в северо-западной части моря Уэдделла и проливе Брансфилд, что ведет к усложнению сплоченности морских льдов.

Литература

Атлас Антарктики, т.2. - Л.: Гидрометеиздат, 1969. - 600 с.

Белявский А.В., Богилло В.И., Гожик П.Ф. и др. Предварительные результаты исследований проб льда, отобранных в ходе I и II Украинских антарктических экспедиций 1997-1998 гг. // Материалы гляциологических исследований. - 2001. - Вып. 91. - С. 116-120.

Глотов В.Н., Коваленок С.Б., Милиневский Г.П. и др. Мониторинг малых ледников как индикаторов изменений климата в районе Антарктического полуострова // Укр. антарк. журн. - 2003. - №1. - С. 93-98.

Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. - Л.: ГИМИЗ, 1984. - 528 с.

Говоруха Л.С. Гляциоклиматологическая характеристика Земли Грейама // Бюл. Укр. антарк. центр. - 1998. - Вып. 1. - С. 5-9.

Говоруха Л.С. Гляциологические исследования на острове Галиндез // Материалы гляциологических исследований. - 1997. - Вып. 83. - С. 234-235.

Говоруха Л.С., Тимофеев В.Е. Антарктический ледниковый щит – уникальный физико-географический и гидрометеорологический феномен планеты и его роль в глобальном массо-энергообмене // *Мат. Ювіл. конф. до 70-річчя ОГМІ.* - 2003, ч. 2. - С. 166-176.

Грищенко В.Ф., Говоруха Л.С., Клок С.В. и др. Колебания метеорологического режима и баланса массы ледника острова Галиндез в последние десятилетия // *Сб. докл. XIII Гляциологич. Симп., С.-Петербург.* - 2004. - С. 61.

Захаров В.Г., Хмелевская Л.В. Гляциоклиматические характеристики антарктических ледников - отражение общепланетарных атмосферных процессов // *Мат. гляциологических исследований.* - 1990. - Вып. 70. - С. 23-29.

Котляков В.М. Гигантские айсберги у берегов Антарктиды // *Наука, общество, окружающая среда.* - М.: Наука, 1997. - 409 с.

Режим и эволюция полярных ледниковых покровов / Под ред. Котлякова В.М. - С.-П.: Гидрометеоздат, 1992. - 232 с.

Саватюгин Л.М. Об основных причинах грандиозных обломов шельфовых ледников Антарктиды. // *Инф. бюлл. САЭ.* – 1975. - № 90. - С. 18-22.

Тимофеев В.Е. Практика синоптического прогнозирования в украинской антарктической экспедиции // *Бюл. Укр. антарк. цент.* – 2004. – Вып. 2. - С. 111-118.

Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Usenko V.P. et al. Determination of the Galindez Island ice cap thickness by the vertical electric-resonance sounding method // *Ukr. Antark. Zhurn.* - 2004. - №2 - P. 38-43.

Simmonds I., Budd W.F. Sensitivity of the Southern Hemisphere circulation to leads in the Antarctic pack ice // *Quart. J. Royal Met. Soc.* - 1991. - N 117. - P. 1003-1024.

Meteorology of the Falkland Islands and Dependencies 1944-1950. - London, 1954. - 254 p.

Romanov A.A., Korotkov A.I. The role of sea ice in the system of interacting media in the Southern Polar Region // *Proc. Int. Symp. Glaciers-Ocean-Atmosphere Interactions.* Moscow. - 1990. - P. 101-102.

Skvarza P.W., Pack W., Rott H., Donangelo Y. Climatic trend and the retreat and disintegration of ice shelves on the Antarctic Peninsula // *Polar Res.* - 1999. - 18 (2). - P. 151-157.

Thomas R.H. Studies on the ice cap of Galindez Island, Argentine Islands // *BAS Bulletin.* - 1963. - N 2. - P. 27-43.

Turner J., Haranzogo S Marshall G., King J., Colwell S. Anomalous atmospheric circulation over the Weddell Sea, Antarctica during the austral summer of 2001/02 resulting in extreme sea ice conditions // *Geoph. Res. Letters.* - 2002. - 29(24), N 13. - P. 1-4.

Vaughan D.G., Doake C.S.M. Recent atmospheric warming and retreat of ice shelves of the Antarctic Peninsula // *Nature.* - 1996. - N 379. - P. 328-331.