

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Российский государственный гидрометеорологический университет»  
(РГГМУ)

На правах рукописи  
УДК 910:[551.583 + 551.513](99 + 26)

Александров Виктор Яковлевич

**ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ  
В РЕГИОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА  
В СВЯЗИ С КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ПРОЦЕССАМИ  
В АТМОСФЕРЕ ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ  
И МИРОВОМ ОКЕАНЕ**

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Специальность: 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

Санкт-Петербург 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет»

*Научный руководитель:* доктор географических наук, профессор  
Угрюмов Александр Иванович

*Официальные оппоненты:* доктор географических наук, профессор  
Русин Игорь Николаевич  
Санкт-Петербургский государственный университет

кандидат географических наук, доцент  
Дикинис Александр Владиславович  
Российский государственный  
гидрометеорологический университет

*Ведущая организация:* Арктический и Антарктический  
научно-исследовательский институт

Защита диссертации состоится 19 сентября 2013 г. в часов минут на заседании диссертационного совета Д.212.197.01 при Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан 16 августа 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат физико-математических наук, доцент

Л.В. Кашлева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность исследования**

Изучение Антарктики имеет важное научное и экономическое значение, поскольку она является важным климатообразующим регионом планеты. В программе проведения Международного Полярного года (2007-2008 гг.) одной из ключевых задач изучения Антарктики было выявление тенденций климатических изменений в настоящее время и роль антропогенного фактора в этих изменениях. Вместе с тем, наряду с антропогенными на климатическую изменчивость влияют и естественные факторы, наиболее мощные из которых – циркуляция атмосферы и процессы взаимодействия атмосферы с океаном. Влияние этих факторов на климатический режим Антарктики и, главное, на его межгодовые изменения изучены пока недостаточно.

Регионом исследования является Антарктический полуостров, поскольку глобальное потепление, которое наблюдается последние 50 лет, наиболее ярко проявилось в пределах Антарктики именно в этом районе южного полярного материка. Изучение климатической изменчивости (колебания приземной температуры воздуха) на Антарктическом полуострове является одной из важнейших задач климатологии Южной полярной области. Решение этой задачи позволит выявить возможные предикторы короткопериодных колебаний климата Антарктики на основе объяснения механизма формирования колебаний приземной температуры воздуха в исследуемом районе.

**Объектом исследования** являются колебания климата в регионе Антарктического полуострова.

**Предмет исследования** – многолетние изменения среднегодовых значений температуры воздуха как показателя колебаний климата.

**Цель и задачи исследования** – выявить, с помощью методов статистического анализа, закономерности временных изменений аномалий температуры в регионе Антарктического полуострова и установить связь этих изменений с крупномасштабными синоптическими процессами в атмосфере Южной полярной области и колебаниями температуры поверхности океана.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

-определить характер многолетнего изменения температуры воздуха в регионе Антарктического полуострова;

-определить периоды с крупными аномалиями в многолетнем ходе температуры воздуха;

-установить связь температурных аномалий с формами циркуляции атмосферы в Южной полярной области;

-выявить связь климатических изменений в регионе с крупномасштабными колебаниями температуры поверхности океана.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Рекордное потепление климата в регионе Антарктического полуострова за последние 50 лет - рост температуры воздуха на 2.6 °С.

2. Температура воздуха на полуострове существенно зависит от характера атмосферной циркуляции и преобладающих переносов воздуха в нижней тропосфере

3. Основной чертой макросиноптического процесса в экстремально холодные годы является формирование гребней высокого давления, направленных от приполюсной области в сторону Антарктического полуострова, а экстремально теплые годы характеризуются развитием активной циклонической деятельности в тихоокеанском секторе антарктических вод.

4. Циркуляция атмосферы над Южным океаном во многом определяется колебаниями температуры водной поверхности в тропической зоне Тихого океана. Особая роль принадлежит явлению Эль-Ниньо - Южное колебание (ЭНЮК), оказывающему влияние на температурный фон региона Антарктического полуострова. В годы положительной фазы Эль-Ниньо, в районе Антарктического полуострова формируются отрицательные аномалии температуры воздуха, а в годы Ла-Нинья (холодная фаза ЭНЮК) возникают положительные среднегодовые аномалии температуры.

5. Годовые суммы количества осадков также согласуются с ходом Индекса Южного колебания – SOI. Максимум осадков, выпавших в 1998 году, последовал за годом холодной фазы явления (Ла-Нинья), а их снижение в последующие годы – за сменой знака индекса.

### **Научная новизна работы**

В ходе исследования были получены следующие результаты и выводы, определяющие его научную новизну:

- были исследованы в комплексе метеорологические данные шести научных станций Антарктического полуострова, расположенных от 60 до 65° ю.ш.

- проведен статистический анализ температурных рядов, по результатам которого выявлены закономерности изменения температуры по сезонам, определены три временных интервала, в которых имеет место характерная стабильность изменчивости температуры воздуха

- проведен анализ и выявлена статистически значимая связь колебаний среднемесячной температуры воздуха в выделенных временных интервалах с особенностями атмосферной циркуляции в регионе

- выявлена связь климатических колебаний на Антарктическом полуострове с колебаниями температуры поверхности океана (с явлением Южной осцилляции).

## **Научное и практическое значение работы**

Научное значение диссертационного исследования состоит в расширении знаний об изменчивости климата Антарктики за последние 50 лет и выявлении зависимости этой изменчивости от глобальных механизмов климатических изменений (крупномасштабная циркуляция атмосферы, явление Эль-Ниньо – Южное колебание).

Результаты работы являются практическим вкладом в решение проблемы прогнозирования будущих климатических изменений в Антарктике, а также являются дополнительной информацией при решении прикладных задач, связанных с освоением континента.

## **Апробация работы**

Материалы, лежащие в основе работы, докладывались и обсуждались на Итоговой сессии Ученого Совета РГГМУ, на заседании кафедры метеорологических прогнозов РГГМУ, в отделе географии полярных стран ААНИИ, в отделе долгосрочных метеорологических прогнозов ААНИИ и в Российской Антарктической Экспедиции.

## **Структура и объем диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка использованных источников и приложения. Текст диссертации размещен на 96 машинописных страницах и включает 41 рисунок и 4 таблицы. Библиографический список использованных источников содержит 54 опубликованных наименования (в том числе 23 источника на иностранных языках). Приложение содержит 36 графиков.

## **Фактическая основа работы и личный вклад автора**

Фактической основой работы служат данные температуры воздуха шести станций региона Антарктического полуострова за все годы наблюдений, данные количества осадков станций Беллинсгаузен и Вернадский, архив форм циркуляции атмосферы Южной Полярной области, а также данные о явлении Южной осцилляции (Эль-Ниньо).

Автором проведено самостоятельное научное исследование, в котором были определены объект, предмет и задачи. В работе использованы данные шести научных станций, расположенных в регионе Антарктического полуострова, в том числе данные российской станции Беллинсгаузен, на которой автор работал метеорологом в продолжение четырех экспедиций в разные годы, и непосредственно получал данные о погоде. Автором проведен статистический анализ данных, выявлены годы с аномалиями и проанализирована зависимость климатических колебаний в регионе от атмосферной циркуляции в Южной полярной области, а также, от колебаний температуры поверхности океана.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность, формулируются цели и задачи исследования, излагается научная новизна, значимость работы. Определены основные защищаемые положения.

В разделах главы 1 «Физико-географическая характеристика Антарктиды» дается описание антарктического материка, рельефа, климата, современного оледенения, современной растительности и животного мира.

В первом разделе рассматриваются **рельеф и современное оледенение Антарктиды**.

Антарктида делится на Восточную Антарктиду и Западную Антарктиду. Естественной линией раздела являются Трансантарктические горы. Различия в географическом положении и рельефе Западной и Восточной Антарктиды обуславливают и различия в климате. Географическое положение Антарктиды обусловило образование и способствует существованию единственного сегодня в мире материкового покровного оледенения.

Во втором разделе описываются **географические особенности Антарктического полуострова**, который характерен значительной неоднородностью подстилающей поверхности, наличием горного рельефа, сильной изрезанностью береговой линии, многочисленными островами, а также оледенением разного типа. Протянувшись далеко на север, до широты 62 градуса, полуостров является препятствием для интенсивного западно-восточного переноса в тропосфере Южной полярной области.

В третьем разделе дается описание **животного мира и растительности**, наиболее яркая черта которых – эндемизм.

Уровень земного биоразнообразия в Антарктике поразительно мал в отличие от Арктики. По сравнению с 900 видами растений в Арктике, на антарктическом континенте – только два, и около 40 на некоторых субантарктических островах. Также Антарктида и субантарктика не имеют земных млекопитающих, тогда как в Арктике встречается 48 видов.

В главе 2 «Данные наблюдений и методы исследований» приводится список научных станций региона Антарктического полуострова, температурные ряды которых использовались в данном исследовании (таблица 1). Этот материал был обработан и проанализирован автором. Фактический материал – температурные ряды шести научных станций региона Антарктического полуострова за все годы наблюдений, а также данные о количестве осадков станций Беллинсгаузен и Вернадский. Станции репрезентативны (данные наблюдений показательны для общей характеристики климата данного региона). Температурные ряды были исследованы на однородность. Станции удовлетворяют требованиям равномерности распределения по территории, длине и качеству метеорологических рядов.

Для анализа зависимости температуры воздуха в регионе от крупномасштабных синоптических процессов использовались данные архива форм циркуляции атмосферы Южной полярной области.

По данным среднегодовых температур были построены графики среднегодовых аномалий температуры воздуха для каждой из

нижеперечисленных станций (см. таблицу 1) за весь период наблюдений и применено локальное полиномиальное сглаживание. Были подсчитаны среднегодовые температуры воздуха по этим шести станциям (средние по региону). Проведена оценка изменений нашего временного температурного ряда по критерию Фишера и построен обобщенный график среднегодовых аномалий температуры воздуха. Для фильтрации высокочастотных колебаний, связанных с межгодовой изменчивостью, рассматриваемой как климатический шум, были построены графики по методу «скользящее среднее». Вычислены коэффициенты корреляции между парами станций. Были построены карты крупномасштабных синоптических процессов, характерных для экстремально холодных и экстремально теплых лет. Были построены графики сравнения многолетнего хода температуры воздуха в регионе с фазами явления Эль-Ниньо, сравнения количества осадков на станциях Беллинсгаузен и Вернадский с ходом кривой индекса явления Южной осцилляции. Систематизированы данные архива форм циркуляции атмосферы в Южной полярной области, построены таблицы количества случаев данной формы циркуляции для каждого месяца за все годы наблюдений, построены графики сравнения количества случаев каждой формы циркуляции с многолетним ходом температуры воздуха на станции Беллинсгаузен.

Таблица 1 – Станции Антарктического полуострова

Название станции (период работы)	Местоположение станции	Географические координаты
Сигню-Айленд (Великобритания) (с 1947 г. – по настоящее время)	Южные Оркнейские о-ва	60°43' S; 45°36' W
Беллинсгаузен (Россия) (с 1968 г. – по настоящее время)	Южные Шетландские о-ва, о. Кинг-Джордж	62°12' S; 58°58' W
Теньенте-Хубани (Аргентина) (с 1982 г. – по настоящее время)	Южные Шетландские о-ва, о. Кинг-Джордж	62°14' S; 58°40' W
Хенераль Бернардо-О'Хиггинс (Чили) (с 1948 г. – по настоящее время)	Антарктический п-ов	63°19' S; 57°54' W

Продолжение таблицы 1		
Эсперанса (Аргентина) (с 1952 г. – по настоящее время)	Антарктический п-ов	63°24' S; 57°00' W
Фарадей (Великобритания) с 1995 г. – Вернадский (Украина) (с 1947 г. – по настоящее время)	Архипелаг Арджентайн, западное побережье Антарктического п-ова	65°14' S; 64°15' W

В главе 3 «Климат и циркуляция атмосферы» первый раздел посвящен климату Южной полярной области. Особое внимание уделяется климату Антарктического полуострова.

Климатический район Антарктического полуострова следует делить на западное побережье с примыкающими к нему островами и восточное побережье. Западное побережье отличается наиболее мягким и влажным климатом. Среднегодовая температура воздуха здесь от -2.4 до -5.4 °С. Это единственный в Антарктиде район, где средние температуры воздуха летних месяцев имеют положительные значения. Господство климата морского типа подчеркивается незначительной годовой амплитудой температуры от 9 до 13° С. Повторяемость пасмурной (8-10 баллов облачности) погоды за год более 70 %. Особенно это касается северо-западной части полуострова и Южных Шетландских островов, находящихся во власти постоянного чередования систем низкого давления, что приводит к ярко выраженному морскому типу климата. Здесь выпадает наибольшее в Антарктиде количество осадков. Чем дальше к югу, тем чаще наблюдаются устойчивые синоптические ситуации.

Антарктический полуостров не является климатически однородным районом, среднегодовая температура воздуха на его восточной части на 6 °С ниже, чем на западной, так как горы блокируют холодные воздушные массы, движущиеся на запад со стороны моря Уэддэлла. Холодный сухой воздух из центральной Антарктиды переносится вдоль горного хребта Антарктического полуострова на север. Сравнительно низкие летние температуры Южных Шетландских островов – следствие этого.

Во втором разделе рассматриваются барическое поле и его сезонные изменения в регионе Антарктического полуострова.

Господствующей воздушной массой, определяющей погоду в северо-западной части Антарктического полуострова и прилегающих островах до 63° ю.ш. является субантарктический теплый морской воздух. Синоптические процессы отличаются интенсивной циклонической



деятельностью. Характер погоды неустойчивый. Преобладает пасмурная погода с низкими слоистыми и слоисто-кучевыми облаками, часты осадки в виде снега, мороси и дождя.

В январе в море Беллинсгаузена преобладают медленно смещающиеся циклоны, которые в прибрежной зоне приобретают восточные составляющие движения. В этой зоне часто наблюдается стационарирование циклонов. Зимой меридиональные градиенты давления в районе пролива Дрейка ослабевают по сравнению с летом, сказывается повышенная повторяемость антициклональных процессов над Антарктическим полуостровом.

**В главе 4 «Современные изменения климата региона Антарктического полуострова и их причины»** в первом разделе рассматриваются особенности атмосферной циркуляции в Южной полярной области. Здесь все многообразие атмосферных процессов сведено в три основные формы – одну зональную форму и две меридиональных. **Зональная (Z)** – характеризуется смещением циклонов по широтным траекториям, с запада на восток в поясе умеренных и субантарктических широт. **Формы меридиональной** циркуляции (Ma, Mb) связаны с нарушением западно-восточного переноса. Признаки этих форм – выходы циклонов из районов зарождения по меридиональным траекториям. В тылу этих циклонов развиваются гребни высокого давления антарктического антициклона, которые часто соединяются с антициклонами субтропического пояса.

Во втором разделе рассматриваются многолетние колебания температурного режима и их связь с глобальным потеплением климата. По данным среднегодовой температуры воздуха вышеперечисленных станций (таблица 1) был построен график изменения среднегодовых аномалий температуры воздуха для региона (рисунок 1). Из анализа графика следует, что среднегодовая температура воздуха в регионе с 1947 г. повысилась на 2.4 – 2.6 °С.

Таким образом, в Антарктике за последние 50 лет произошло потепление климата. В основном потеплела Западная Антарктида, и наиболее ярко потепление проявилось в регионе Антарктического полуострова. Причем современное потепление наиболее сильно выражено с середины 80-х годов прошлого века.

Трендовое потепление климата Антарктического полуострова протекает в соответствии с глобальным повышением температуры воздуха, которое по версии МГЭИК и ВМО обусловлено антропогенными влияниями на климатическую систему. Однако в последние 7 - 9 лет, по нашим материалам, наметилась тенденция понижения среднегодовой температуры воздуха на Антарктическом полуострове или, по крайней мере, прекращения ее роста. Не претендуя на обоснование или опровержение общепринятой версии, обратим внимание на другие особенности многолетнего хода температуры воздуха на Антарктическом полуострове.

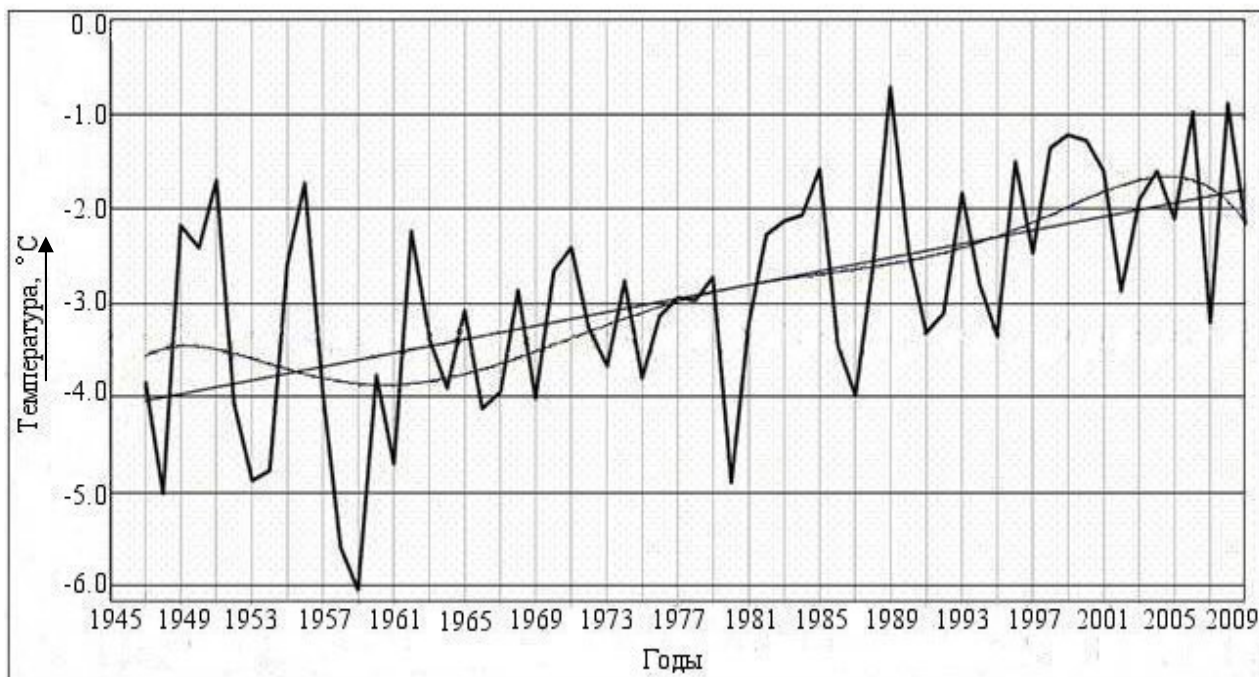


Рисунок 1 – Изменение среднегодовых аномалий температуры воздуха в регионе Антарктического полуострова (с 1947 по 2009 гг.)

Наряду с трендовой составляющей изменения климата, как мы видим, существуют и очень хорошо выраженные циклические колебания температуры. В целях возможного прогноза короткопериодных изменений климата они более важны, чем трендовая составляющая. Поэтому в данной работе основное внимание уделено анализу именно этих циклических колебаний и выявлению их генезиса.

В третьем разделе рассматриваются ледники как индикаторы изменений климата.

Ледники – чувствительные индикаторы изменения климата. Повсеместное сокращение ледников за последние 100-150 лет согласуется с глобальным потеплением (около  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  за этот же период). Согласно рисунку 1, с 1947 года среднегодовая температура воздуха на Антарктическом полуострове повысилась на  $2.4 - 2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Хотя наибольший вклад в потепление вносит повышение температуры в зимние месяцы, именно летний рост температуры во многом обуславливает деградацию оледенения (увеличивается период времени со среднесуточными температурами выше нуля).

Ледниковое покрытие Антарктического полуострова - это более 400 индивидуальных ледников. С 1953 года 212 морских ледников, связанных с островами, показывают общее отступление с их ранее известных позиций. Начиная с 1954 года отступление ледников неуклонно увеличивалось, и к 2004 году достигло 75 % от общего числа ледников, причем границы отступления сместились к югу (рисунок 2).

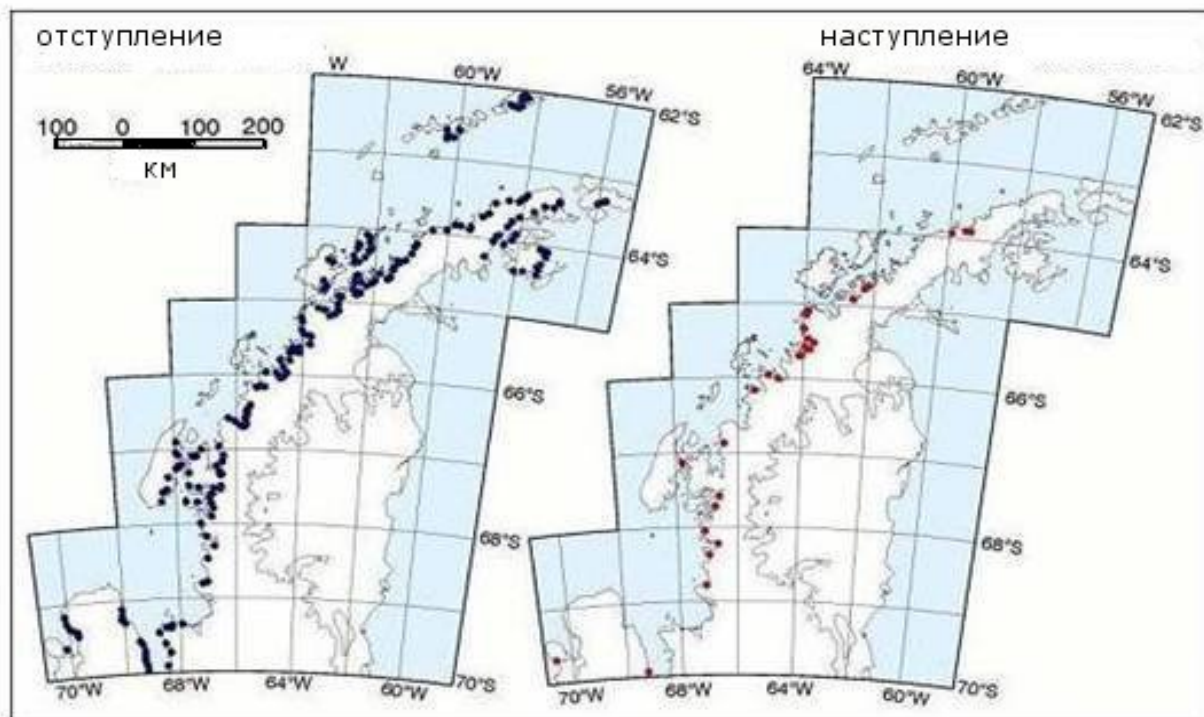


Рисунок 2 – Общее изменение фронтов ледников на Антарктическом полуострове (отступление/наступление) с 1954 года

Четвертый раздел посвящен рассмотрению длительных колебаний циркуляции атмосферы и их связи с короткопериодными климатическими изменениями температурного режима в регионе Антарктического полуострова.

Атмосферная циркуляция является основным фактором, формирующим метеорологический режим. Изменения полей основных метеорологических величин связаны с крупномасштабными атмосферными процессами. Однако следует учитывать, что Антарктический полуостров, протянувшийся на север на расстояние 10 град. широты с высотами гор не менее 1500 м является важным барьером для циркуляции в нижних слоях атмосферы.

В целях иллюстрации связи между характером атмосферной циркуляции и особенностями временного хода температуры воздуха, по данным архива форм циркуляции атмосферы в Южной полярной области была рассчитана повторяемость (число дней) для каждой из трех форм циркуляции – Ма, Mb и Z - для каждого месяца года. Далее временной ход повторяемости форм циркуляции сравнивался с временным ходом температуры воздуха станции Беллинсгаузен за все годы наблюдений (1969 – 2009 г.г.) (для примера на рисунке 3 приведен один из таких графиков). Видно, что в данном случае повышению повторяемости формы циркуляции Ма в основном соответствует относительно высокая температура воздуха.

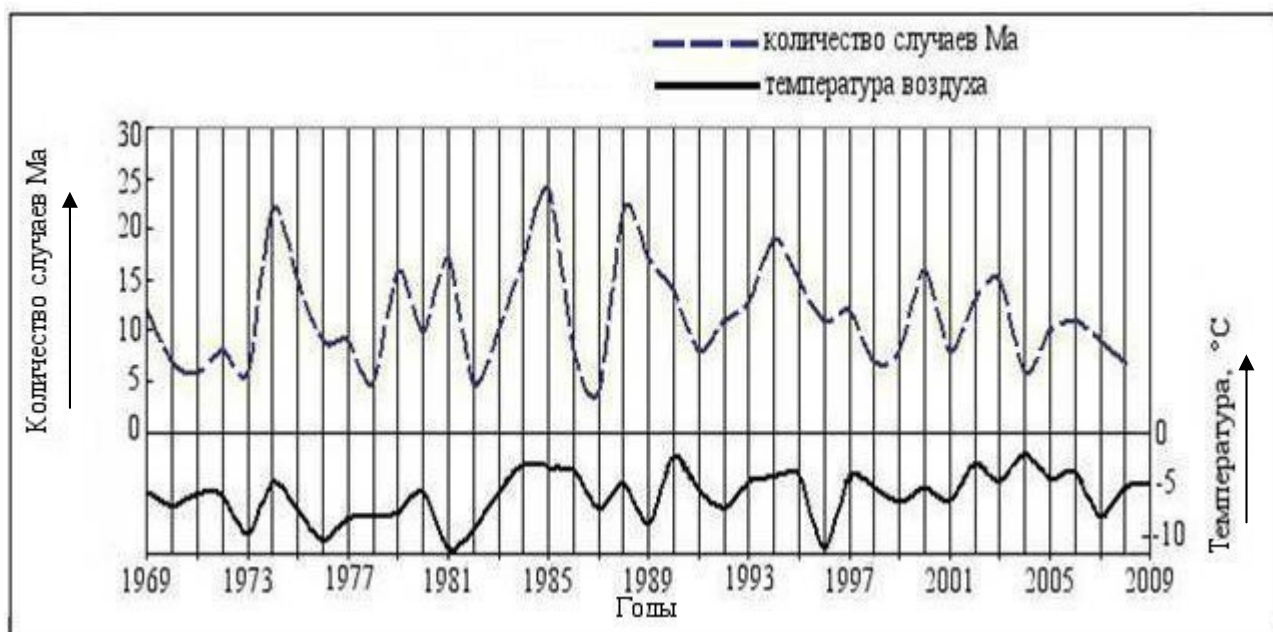


Рисунок 3 – Количество случаев (число дней) формы Ма циркуляции атмосферы и многолетний ход температуры воздуха на ст. Беллинсгаузен для августа месяца

Далее подсчитывалось число совпадений максимумов (минимумов) количества дней с данной формой циркуляции с максимумами (минимумами) значений температуры воздуха на ст. Беллинсгаузен. Полученные результаты представлены в процентах и сведены в таблицу (таблица 2). Из анализа таблицы 2 можно сделать вывод, что для формы Ма максимум соответствия аномалий количества случаев данной формы циркуляции аномалиям температуры приходится на холодный период года (март – ноябрь) и составляет около 80 % (причем в августе и сентябре отмечено практически 100 – процентное соответствие максимальных значений); для теплого периода года соответствие меньше – 47 %. Для формы Mb эти цифры составляют соответственно 66 и 43 %, а для формы Z получены следующие результаты: для холодного периода года – 66 %, для теплого – 7 % (причем в январе наблюдалось практически 100 – процентное соответствие минимальных значений). Следовательно, при форме Ма на ст. Беллинсгаузен наблюдалась зависимость среднемесячной температуры от формы циркуляции в 80% случаев (в холодный период года), при форме Mb – в 66 % случаев (также в холодный период года), а при форме Z в теплый период года эта зависимость несколько выше, чем в холодный – 71 и 66 % соответственно.

На климат и, в частности, на температуру воздуха, кроме циркуляции, оказывают влияние в разной степени еще многие другие факторы. Поэтому можно заключить, что в теплый период года при формах Ма и Mb влияние этих факторов более значимо, чем влияние атмосферной циркуляции. А при

форме Z в течение всего года влияние циркуляции на температуру воздуха значительно превышает влияние остальных факторов.

Таблица 2 – Количество случаев соответствия аномалий повторяемости форм циркуляции аномалиям температуры воздуха на ст. Беллинсгаузен

Месяцы	Количество случаев соответствия аномалий форм циркуляции аномалиям температуры, %					
	Ma		Mb		Z	
	максимум	минимум	максимум	минимум	максимум	минимум
Декабрь	43	36	43	31	70	41
Январь	53	70	60	54	70	100
Февраль	33	46	43	28	66	80
Март	61	77	54	46	57	41
Апрель	38	54	69	73	70	61
Май	85	77	50	33	70	63
Июнь	71	64	77	75	90	66
Июль	84	84	50	50	50	50
Август	100	73	54	59	64	58
Сентябрь	100	84	77	70	43	15
Октябрь	84	71	70	61	69	69
Ноябрь	93	79	71	39	75	75

Теплый период года в Антарктиде отличается наибольшим разнообразием атмосферных процессов. В летние месяцы (декабрь, январь и, в меньшей степени, февраль) преобладают меридиональные формы атмосферной циркуляции, характеризующиеся большой устойчивостью и длительностью синоптических процессов. При форме Mb наблюдаются наиболее высокие значения температуры воздуха на побережье, тогда как при форме Z они, как правило, на 1 – 2 °С ниже. Эти различия объясняются ослаблением межширотного обмена при зональной форме циркуляции и нарушением западно-восточного переноса, обусловленным выходами циклонов по меридиональным траекториям к побережью Антарктиды при меридиональных формах циркуляции. Летом при форме Z наблюдаются отрицательные аномалии средней температуры воздуха, при меридиональных формах – положительные аномалии.

Зимой (апрель – сентябрь), при очень низких потоках прямой солнечной радиации термический режим формируется в зависимости от циркуляционного фактора. С этим, в частности, связаны нарушения плавности годового хода температуры воздуха в центральные зимние месяцы.

На рисунках 4 и 5 приведены схемы локализации приземных барических образований над Южной полярной областью в годы с экстремальными аномалиями температуры воздуха (в те годы, когда абсолютное значение аномалии температуры превышало стандартное отклонение от нормы).

Основной чертой макросиноптического процесса в экстремально холодные годы (рисунок 4) является формирование гребней высокого давления, направленных от приполюсной области континента в сторону Антарктического полуострова. При этом усиливается влияние ледникового щита континента и происходит формирование значительных отрицательных аномалий температуры воздуха на полуострове в течение года.

На рисунке 5 приведена схема среднегодового макросиноптического процесса, который характерен для лет с экстремально высоким фоном температуры воздуха на Антарктическом полуострове и прилегающих островах.

В экстремально теплые годы западно-восточный перенос в нижней тропосфере существенно смещается в сторону Антарктиды, что приводит к активизации циклонической деятельности на Антарктическом фронте вдоль побережья континента. Схема макросиноптического процесса, представленного на рисунке 5 является характерной для всего периода потепления.

Таким образом, периоды потеплений и похолоданий в Антарктике во многом обусловлены изменениями в циркуляции атмосферы над Южной полярной областью.

В четвертом разделе также исследуется связь ледообразования в районе Южных Шетландских островов с потеплением климата в регионе.

Ледовые условия в районе Южных Шетландских островов за последние 40 лет претерпели существенные изменения. Продолжительность ледового периода в районе ст. Беллинсгаузен сократилась с шести до трех месяцев, а толщина образующегося льда уменьшилась с 90 до 30 см. Показано, что продолжительность ледового периода и толщина припая обратно пропорциональны температуре воздуха и связаны с особенностями циркуляции атмосферы.

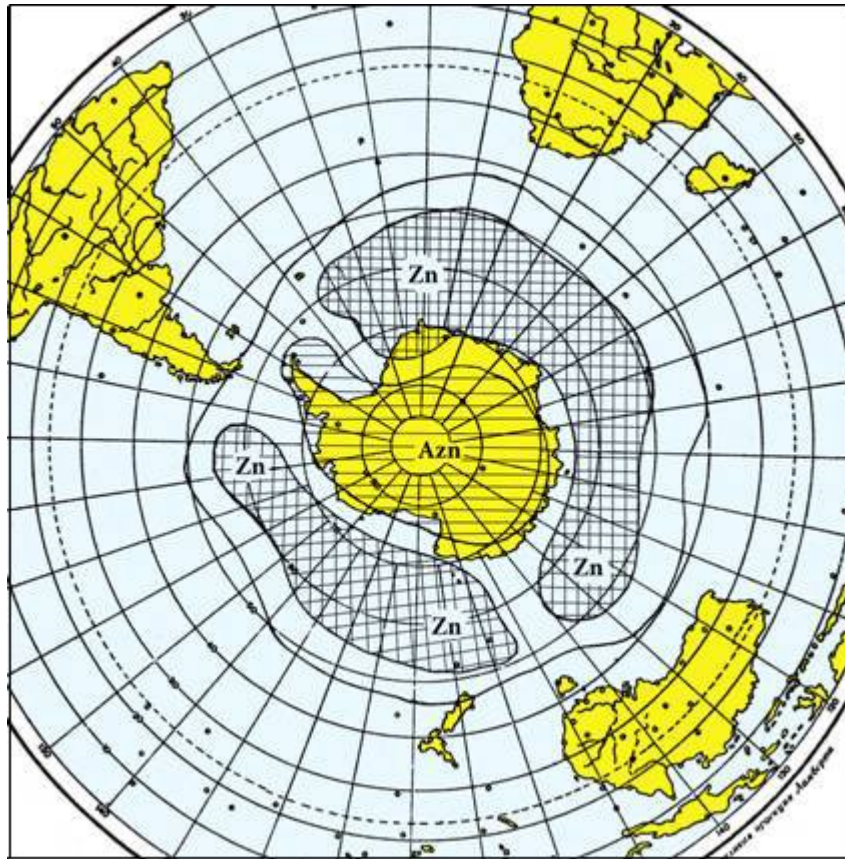


Рисунок 4 – Расположение приземных центров барических образований над Южной полярной областью в экстремально холодные годы

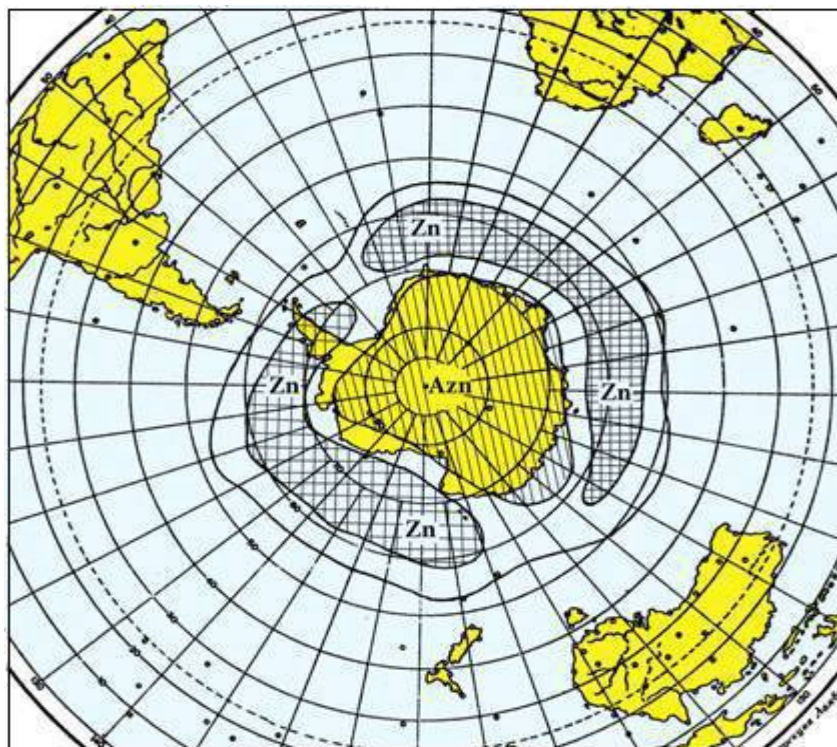


Рисунок 5 – Расположение приземных центров барических образований над Южной полярной областью в экстремально теплые годы

В пятом разделе описывается влияние потепления климата на биосферу. Продолжающееся в течение последних лет значительное потепление в регионе Антарктического полуострова, и связанное с этим таяние ледников, сопровождаются чувствительными изменениями в прибрежных сообществах, так как при таянии льда происходит опреснение поверхностного слоя воды и увеличение концентрации взвеси, губительной для многих животных. Рост температуры, вызывающий эти изменения, может привести также к появлению видов-вселенцев из более теплых регионов, что нарушит баланс в сообществе.

Чуждые микроорганизмы, грибы, растения и животные проникают посредством человеческой деятельности и встречаются на многих субантарктических островах и некоторых частях континента.

Далее, в пятом разделе описывается явление Эль-Ниньо – Южное колебание как одна из глобальных причин колебаний климата Антарктического полуострова.

Во время событий Эль-Ниньо (теплая фаза явления) запад Антарктического полуострова, земля Росса, моря Беллинсгаузена и Амундсена покрываются большим количеством снега и льда, формируются отрицательные аномалии температуры воздуха. В годы Ла-Нинья (холодная фаза явления), наоборот, возникают положительные среднегодовые аномалии температуры (рисунок 6). Количественно явления Эль-Ниньо (Ла-Нинья) описываются как температурные аномалии поверхностного слоя воды приэкваториальной части Тихого океана, продолжительностью не менее пяти месяцев, выражающиеся в отклонении температуры воды на 0.5 °C в большую (Эль-Ниньо), или меньшую (Ла-Нинья) сторону. Для описания Эль-Ниньо также используется индекс Южной осцилляции (Southern Oscillation Index – SOI), вычисляемый как разность давлений над о.Таити и над г. Дарвин (Австралия). Отрицательные значения индекса свидетельствуют о фазе Эль-Ниньо, а положительные – о Ла-Нинья.



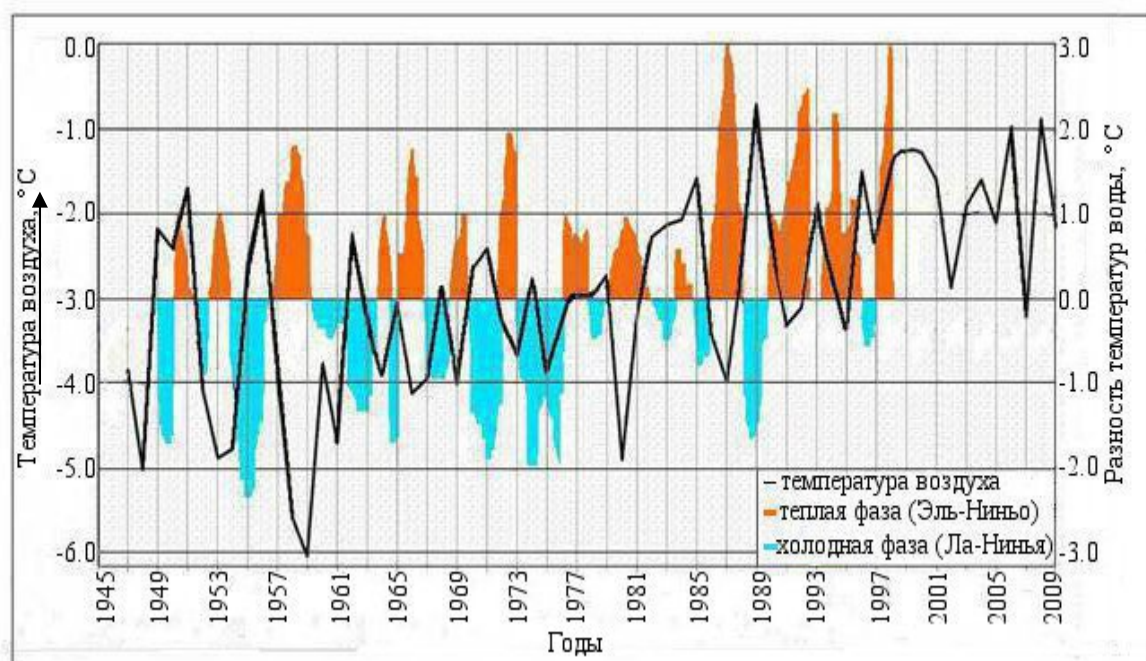


Рисунок 6 – Среднегодовые аномалии температуры воздуха в регионе Антарктического полуострова и фазы явления Южной осцилляции (разность температур воды)

Определенная связь Южного колебания наблюдается и с осадками. Для годовых сумм осадков на полуострове характерны 5-7-летние циклы колебаний. Они находятся в общем согласии с ходом Индекса южной осцилляции (SOI). Пики осадков наблюдаются при его увеличении, а минимумы – при его снижении (рисунок 7).

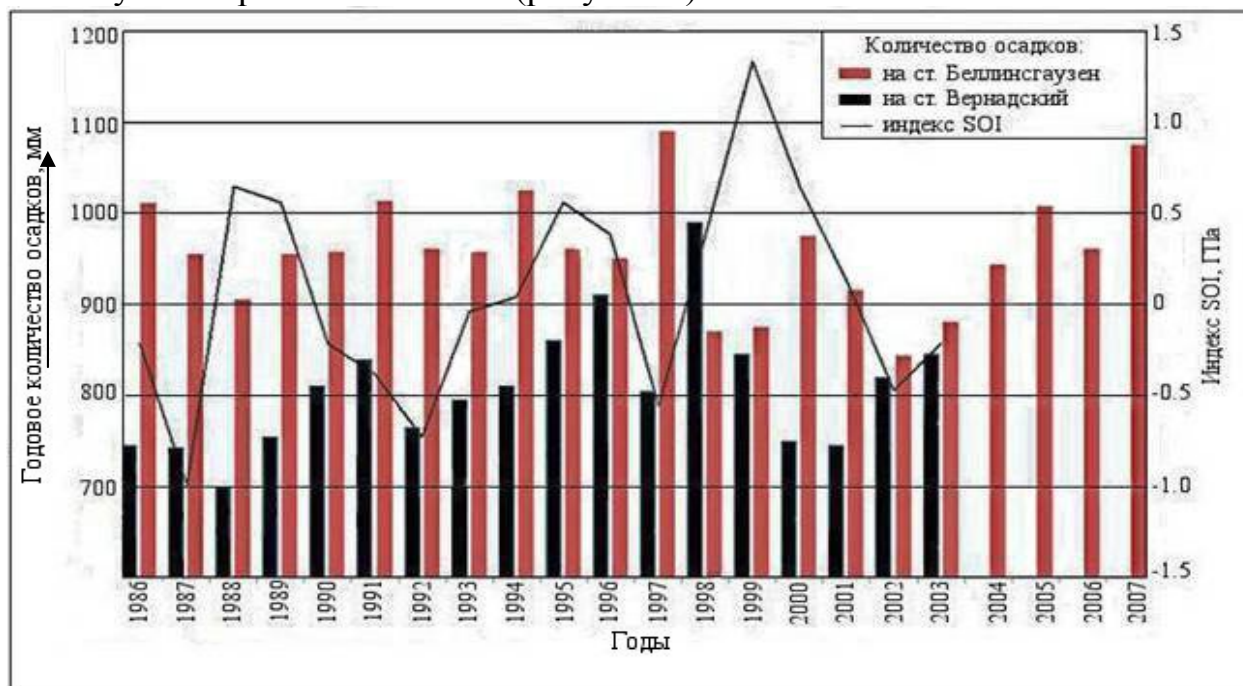


Рисунок 7 – Годовое количество осадков на станциях Беллинсгаузен и Вернадский и индекс Южной осцилляции (SOI)

### **В заключении приведены основные выводы:**

1. В регионе Антарктического полуострова за последние 50 лет произошло потепление климата на 2.6 °С
2. Короткопериодные климатические колебания температурного режима региона в значительной степени зависят от чередования форм циркуляции атмосферы: в экстремально холодные годы доминируют гребни, направленные от приполюсной области континента в сторону Антарктического полуострова; в экстремально теплые годы развивается активная циклоническая деятельность и адвекция теплого воздуха в район Антарктического полуострова.
3. На климат региона оказывают влияние колебания температуры водной поверхности в тропической зоне Тихого океана – явление Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК). В годы теплых событий этого явления (Эль-Ниньо) в районе Антарктического полуострова формируются отрицательные аномалии температуры воздуха, а в годы холодных событий явления (Ла-Нинья) – положительные среднегодовые аномалии температуры воздуха.
4. Годовые суммы осадков в регионе согласуются с ходом индекса Южного колебания. Максимумы осадков наблюдаются при увеличении индекса, и следуют за годом холодной фазы явления (Ла-Нинья), а минимальные годовые суммы осадков следуют за сменой знака индекса.
5. В изменениях климата Антарктического полуострова масштаба десятилетий определяющую роль играют колебания атмосферной циркуляции и влияние глобальных механизмов короткопериодной изменчивости, в данном случае – явление Эль-Ниньо-Южное колебание.
6. Продолжительность периода ледообразования и толщина припая в районе ст. Беллинсгаузен обратно пропорциональны температуре воздуха и связаны с особенностями атмосферной циркуляции.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Александров В.Я., Коржиков А.Я. Колебания среднегодовых аномалий температуры воздуха в регионе Антарктического полуострова в связи с особенностью атмосферных процессов в южной полярной области // Ученые записки РГГМУ.– 2010.–№ 15.–С. 86 – 91.
2. Александров В.Я., Коржиков А.Я.. Экстремальные изменения температуры воздуха на Антарктическом полуострове в связи с крупномасштабными колебаниями температуры поверхности океана.// Ученые записки РГГМУ – 2011.–№ 23. –С. 100 – 104.
3. Александров В.Я.. Ледники Антарктического полуострова и их реакция на климатические изменения.//Ученые записки РГГМУ.–2011.– № 23.– С. 78 – 82.

4. Александров В.Я., Андреев М.П., Курбатова Л.Е. Увеличение площади расселения злака *Deschampsia Antarctica* в окрестностях российской антарктической станции Беллинсгаузен (о-ва Кинг-Джордж и Нельсон, Южные Шетландские о-ва) в связи с общим потеплением климата в регионе.// Проблемы Арктики и Антарктики. – 2012/–№ 2(92).– С. 71 – 83.

5. Александров В.Я., Угрюмов А.И. Связь многолетних колебаний температуры воздуха в районе российской антарктической станции Беллинсгаузен с особенностями циркуляции атмосферы в Южной Полярной области (в печати).