

В.Е. Тимофеев

ТРОПОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ РАЙОНА АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Исследуются особенности тропосферной циркуляции Южной полярной области, с акцентом на районе Антарктического полуострова, где к концу XX столетия отмечается значительное потепление в нижних слоях тропосферы. Сравниваются возможности использования массивов реанализа NCEP/NCAR и ВНИИГМИ-МЦД для воспроизведения тропосферной циркуляции. Установлено, что потепление в этом районе происходит на фоне понижения давления в ЮПО; что связывается с усилением циклоничности и снижением интенсивности антициклонального блокирования в прибрежной зоне Антарктиды. Обсуждается влияние явления Эль-Ниньо-Южное Колебание на тропосферную циркуляцию и особенности климата исследуемого района.

Введение

Климат полярных областей всегда был под пристальным вниманием исследователей в связи с важностью последних как “холодильников” в формировании глобальной климатической системы. Изменения, происходящие в последние десятилетия в Арктике и Антарктике, вполне могут быть сопоставимы с эффектом известного “полярного усиления” [1], выразившегося в существенном повышении температуры воздуха и отступании морских льдов в начале XX века. Современное (вторичное в пределах последнего столетия) потепление в этих районах с минимальной антропогенной нагрузкой позволяет выделить природу климатических изменений, с оценкой вклада антропогенного фактора, как сделано, например, для Арктики [1].

В Южной Полярной области (ЮПО) рост температуры воздуха в нижних слоях тропосферы во второй половине XX века затронул краевые районы Западной Антарктики с максимумом в районе Антарктического полуострова и прилегающих субантарктических островов [6, 13, 16, 19].

На фоне потепления значительной деградации подверглась гляциосфера района, включая шельфовые ледники и малые ледники архипелагов и отдельных островов в прибрежной зоне Антарктического полуострова. При этом, климатические изменения здесь происходят на фоне не столь выраженных изменений тропосферной циркуляции, как в северном полушарии. С другой стороны, при проведении исследований ученые сталкиваются с недостаточным разрешением или качеством данных для ЮПО даже в массивах современного реанализа [12].

Кроме самой Антарктиды, на климатический режим Южного полушария непосредственно влияет явление Эль-Ниньо-Южное Колебание (ЭНЮК). Оно определяет основной фон циркуляционных процессов, прежде всего интенсивность субтропических максимумов и локализацию районов циклогенеза как в тропических, так и в умеренных широтах.

Цель работы и используемые данные

Цель работы – изучить особенности воспроизведения тропосферной циркуляции ЮПО в массиве данных реанализа NCEP/NCAR (1957-2000 гг.), шаг сетки $2,5 \times 2,5^\circ$, в сравнении с традиционно использовавшимися данными объективного анализа ВНИИГМИ-МЦД ($5 \times 5^\circ$). Использовались оперативные синоптические материалы – приземный анализ Австралийского метеорологического бюро и Чилийской службы погоды с 1997 г. и ААНИИ (С.-Петербург) за 1958-1963 и 1986-1987 гг., а также данные инструментальных измерений на станциях Антарктического полуострова: Академик Вернадский ($65,2^\circ$ ю.ш., $64,2^\circ$ з.д.), Беллинсгаузен ($62,2^\circ$ ю.ш., $58,9^\circ$ з.д.), Оркадас ($60,7^\circ$ ю.ш., $44,7^\circ$ з.д.), Розера ($67,3^\circ$ ю.ш., $68,1^\circ$ з.д.), Сигни ($60,7^\circ$ ю.ш., $45,6^\circ$ з.д.) и другие (рис. 1).

Физико-географические особенности района исследования

1. Крупномасштабная циркумполярность движений в тропосфере, стратосфере и океане.
2. Формирование региональных изменений океанической, тропосферной циркуляции и режима погоды из-за неоднородной орографии Антарктического полуострова (во многих работах полуостров считают гляциоклиматическим разделом [2, 5]).
3. Наличие различных форм оледенения, включая покровные, выводные, шельфовые ледники на самом полуострове и малые ледники

примыкающих архипелагов, а также специфичного распределения морских льдов.

4. Расположение полуострова в краевой зоне так называемой “озоновой дыры”, которая регулярно активизируется в течение весенних сезонов.

5. Функционирование земных и морских экосистем на многочисленных архипелагах и островах прибрежной зоны Антарктического полуострова.

Необходимо отметить также, что разнообразие орографических условий в данном районе приводит к тому, что данные конкретной станции репрезентативны только для ограниченного района, а также к трудностям в сравнении данных даже на рядом расположенных станциях.

Изменения климата района

Влияние Тихого океана является ведущим в формировании климата Земли Грейама, который определен как субантарктический [4] или умеренный (в пределах ЮПО, [2]) с высокими суммами осадков (400-600 мм в год) и высокой влажностью, обусловленными сериями циклонов в пределах циркумполярного пояса низкого давления. Особенно велико влияние океана в теплый сезон (декабрь-март) с незначительными колебаниями средних месячных (при средней температуре около нуля среднее квадратическое отклонение менее $1,5^{\circ}\text{C}$), а с июня по сентябрь активизируются потоки холода с антарктического континента (среднемесячные температуры в пределах $-7... -20^{\circ}\text{C}$, среднее квадратическое отклонение достигает $5-6^{\circ}\text{C}$).

Величины трендов для некоторых станций Антарктического полуострова показаны на рис. 1; при этом на всех станциях потепление происходит в основном за счет повышения температуры в течение зимних месяцев (на Вернадском $+0.68 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$) и сопровождается ростом минимальных температур. Летний рост температур, будучи значительно менее выраженным ($+0.12 \pm 0,07^{\circ}\text{C}$), во многом обуславливает деградацию гляциальных объектов в связи с расширением периода регистрации среднесуточных температур воздуха выше нуля. В течение последних 25 лет этот период увеличился практически на 1 месяц. С другой стороны, немаловажно то, что в течение последнего десятилетия рост среднегодовых температур практически не отмечается.

среднее давление остается тем же, то площадь максимумов значительно сокращается (рис. 2).

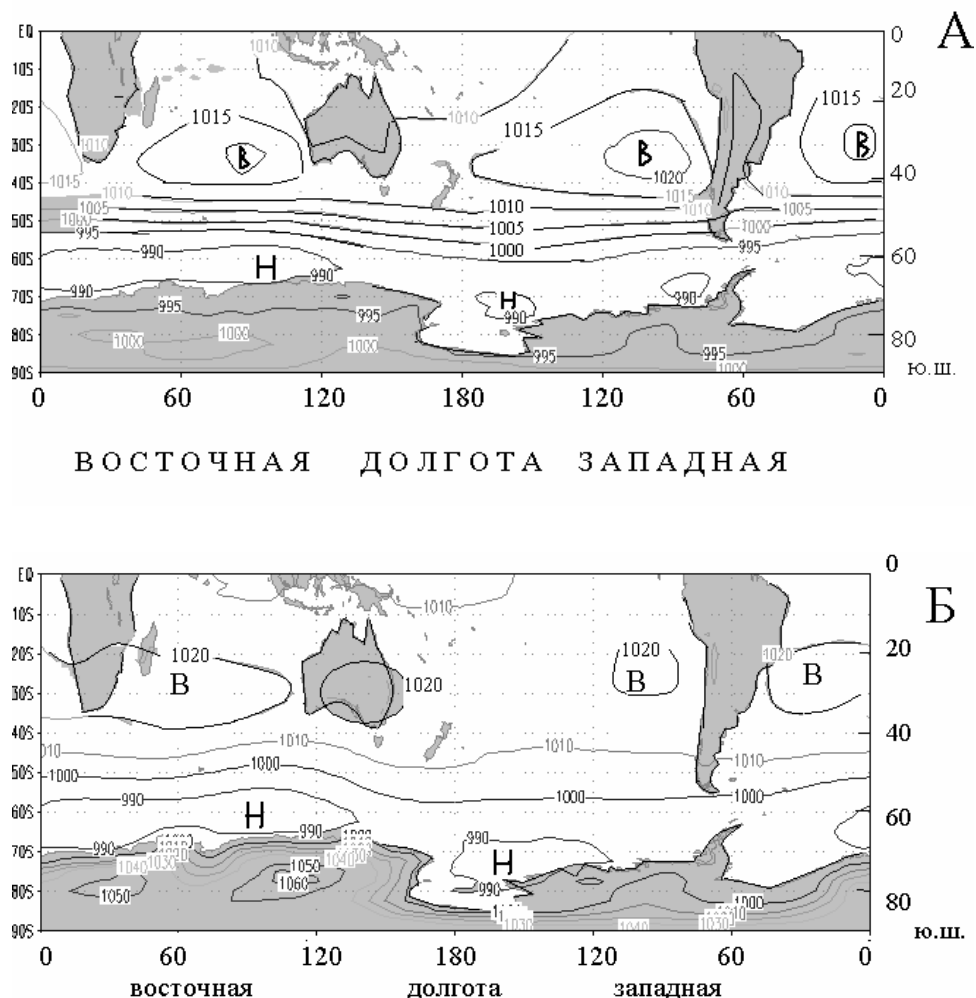


Рис. 2. Средние поля давления 1960-1990 гг. (а – январь, б – июль) и 1975-1998 гг. (в – январь), реанализ NCEP-NCAR

Однако по средним данным ВНИИГМИ-МЦД за аналогичный период в оба сезона четко оформлены четыре тропических центра действия [2, 3]. Наиболее географически стабильным является ЦДА в восточной части Тихого океана (“западный” ЦДА над Тихим океаном может не проявляться в отдельные сезоны), причем в январе давление в центрах ЦДА над океанами одинаковое – 1020 гПа, а зимой наиболее интенсивным становится Индийский ЦДА (1027 гПа), что на 7 гПа выше, чем по данным реанализа. Вторым по интенсивности в июле является Южно-Атлантический ЦДА со средним давлением 1024 гПа, что также выше на 4 гПа, чем по данным реанализа. Соответственно, зональные градиенты южнее 40° ю.ш. резче выражены, чем по данным реанализа.

Наиболее интенсивный циклогенез развивается между 40-70° ю.ш., хотя, подобно Северному полушарию, в отдельные сезоны циклоны развиваются и в тропических широтах. В среднем в июле по данным реанализа 1960-1990 гг. отмечены две обширные области низкого давления: над морем Росса и в восточном секторе ЮПО. А в январе выделяются климатические циклоны над морями Беллинсгаузена и Росса с центральными изобарами 990 гПа. Как зимой, так и летом в районе Антарктического полуострова оформляется барическая седловина или слабо выраженный гребень. С другой стороны, на картах ВНИИГМИ-МЦД климатические циклоны над приантарктическими морями выражены в оба сезона с центральной изобарой 985 гПа в июле и 987 гПа в январе.

Сравнение полей давления реанализа, осредненных за периоды 1977-1998 и 1960-1990 гг., показывает некоторое убывание давления в ЮПО, наиболее интенсивное в районах климатических циклонов над морями Росса (-4 гПа) и Уэдделла (рис. 3), что должно свидетельствовать об усилении циклогенеза в этом районе. Рост давления отмечен только для Южной Африки и отдельных районов Южной Америки. Изменения давления отсутствуют в низких широтах Тихого океана, где развивается явление Эль-Ниньо и стационарируют субтропические максимумы. К сожалению, эти выводы невозможно сопоставить с данными ВНИИГМИ-МЦД в связи с их отсутствием за тот же период. Однако он согласуется с результатом о переходе к отрицательной тенденции давления в ЮПО с начала 1980-х годов как по данным инструментальных измерений, так и других массивов реанализа ERA-40 и ECMWF [11].

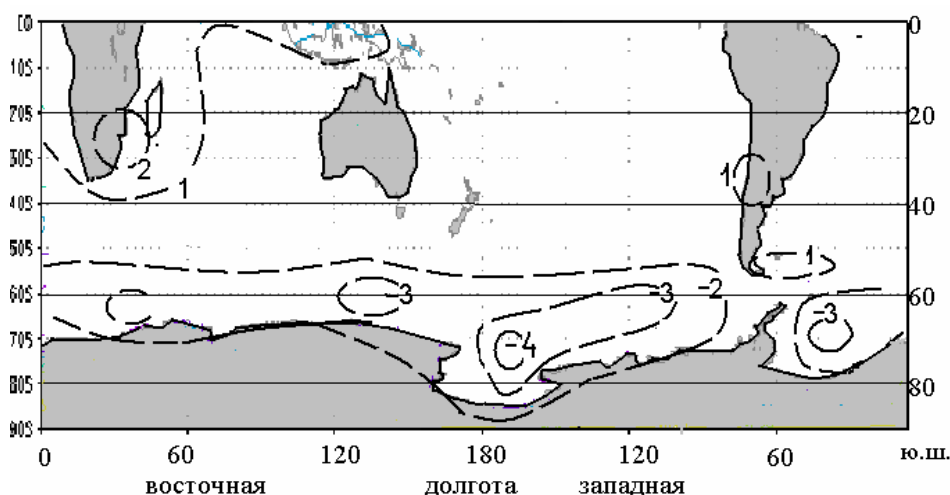


Рис. 3. Аномалии атмосферного давления в Южном полушарии за 1977-1998гг. по сравнению с периодом 1957-1977гг.

Возрастание барических градиентов в прибрежной зоне Антарктиды и положительные аномалии над континентальной восточной Антарктидой, выраженные в июле по данным реанализа, скорее всего не отражают реальной картины циркуляции, будучи связанными с неадекватностью первичного восстановления поля давления в связи со значительными высотами этого района и неизбежными ошибками в процедуре приведения давления к уровню моря в условиях инверсии температуры, интенсивность которой максимальна зимой. Также известно, что при увеличении шага сетки в массиве реанализа (более чем $2,5 \times 2,5^\circ$) в прибрежной зоне Антарктиды количество центров низкого давления неправдоподобно возрастает.

Несмотря на преобладающий западно-восточный перенос и в целом циклоническую завихренность в ЮПО, достаточно часто здесь формируются значительные месячные или сезонные аномалии давления и геопотенциала, связанные с преобладанием специфичных форм циркуляции.

Для анализа были выбраны годы с аномалиями температуры воздуха на станциях Антарктического полуострова (ст. Вернадский см. рис. 1, вставка А) в зимний сезон, т.к. они вносят основной вклад в изменчивость среднегодовой температуры. Дополнительно было проведено сопоставление условий формирования этих аномалий различным фазам явления Эль-Ниньо-Южное Колебание (ЭНЮК) [21, 22]. Наилучшим образом проследить возможное влияние Эль-Ниньо представляется в период с 1982 по 1992 г., когда наблюдались две выраженных теплых (1982-1983, 1986-1987 гг.), и одна холодная (1989-1990 гг.) фазы явления (см. рис. 1, вставка В). Этот же период отмечен отрицательной аномалией температуры в 1987 г. на станциях Антарктического полуострова, выходящей за пределы двух средних квадратических отклонений (рис. 2, вставка А), а также положительными аномалиями: в 1989 г. и 1998 гг. (см. рис. 1, вставка А).

Зима 1987 г., следовавшая за одной из наиболее выраженных в XX столетии теплых эпизодов ЭНЮК, охарактеризовалась аномально холодными погодными условиями: средняя температура зимних месяцев составила $-13,9^\circ\text{C}$, (июнь $-9,2$, июль $-20,1$, август $-12,2^\circ\text{C}$, сентябрь $-14,1^\circ\text{C}$). Барическое поле в июле и сентябре 1987 г. характерно наличием ядра положительных аномалий с максимумом $+12$ гПа) над южными и юго-восточными акваториями Тихого океана (рис. 4 а), а в августе – его

локализацией непосредственно в районе Антарктического полуострова. Области отрицательных аномалий, до -8 гПа, вытянулись в широтном направлении в центральной части Тихого океана севернее 40° ю.ш., захватив также Южную Атлантику и море Уэдделла.

Локализация положительных аномалий давления с центром очагов над юго-востоком Тихого океана и Антарктическим полуостровом свидетельствует об усиленном антициклогенезе в этом районе с установлением меридиональности и преобладающей адвекции холодного воздуха в район Антарктического полуострова. Аналогичная картина аномалий просматривается и в средней (АТ-500 гПа) и в верхней (АТ-200 гПа) тропосфере. В целом, подобная структура аномалий в поле давления характерна для холодных зим 1958, 1977, 1980 и 1992 гг.

Наиболее теплая зима в истории наблюдений ст. Вернадский со средней температурой -3,3°C и среднегодовой -1,1°C, отмечена в 1989 г. на фоне холодной фазы ЭНЮК (Ла-Нинья). Картина аномалий барического поля в целом противоположна той, что характерна для 1987 г.: очаг отрицательных аномалий с максимумом -18 гПа располагается над морем Беллинсгаузена и юго-восточной частью Тихого океана в целом, будучи сопряженной с положительной аномалией на юге Атлантического океана (рис. 4 б). Слабые положительные аномалии давления отмечены в тропической зоне Тихого океана с максимумом в Австрало-Новозеландском секторе. Подобная структура аномалий и на АТ-500 гПа, с равнозначными экстремальными величинами аномалий в очагах: ± 150 гПа·дам.

Также, был проведен анализ аномалий барического поля для теплой зимы 1998 г. (средняя температура -3,5°C, в том числе для отдельных месяцев с июня по сентябрь -1,1; -2,7; -3,9 и -6,1°C), которая соответствует теплой фазе Эль-Ниньо. Подобно 1989 г. очаг отрицательных аномалий давления находится в западном секторе ЮПО, но он более глубокий (до -140 гПа·дам в августе, -120 гПа·дам в июле) и захватывает большее пространство, включая море Беллинсгаузена и Антарктический полуостров (рис. 4 в).

Отметим также, что наличие очага положительных аномалий в тропических районах Тихого океана подтверждается также данными теплых зим 1971, 1983, 1985, 2000 и 2003 гг.

Таким образом, во время теплой фазы Эль-Ниньо очаги положительных аномалий давления формируются над ЮПО, превышая,

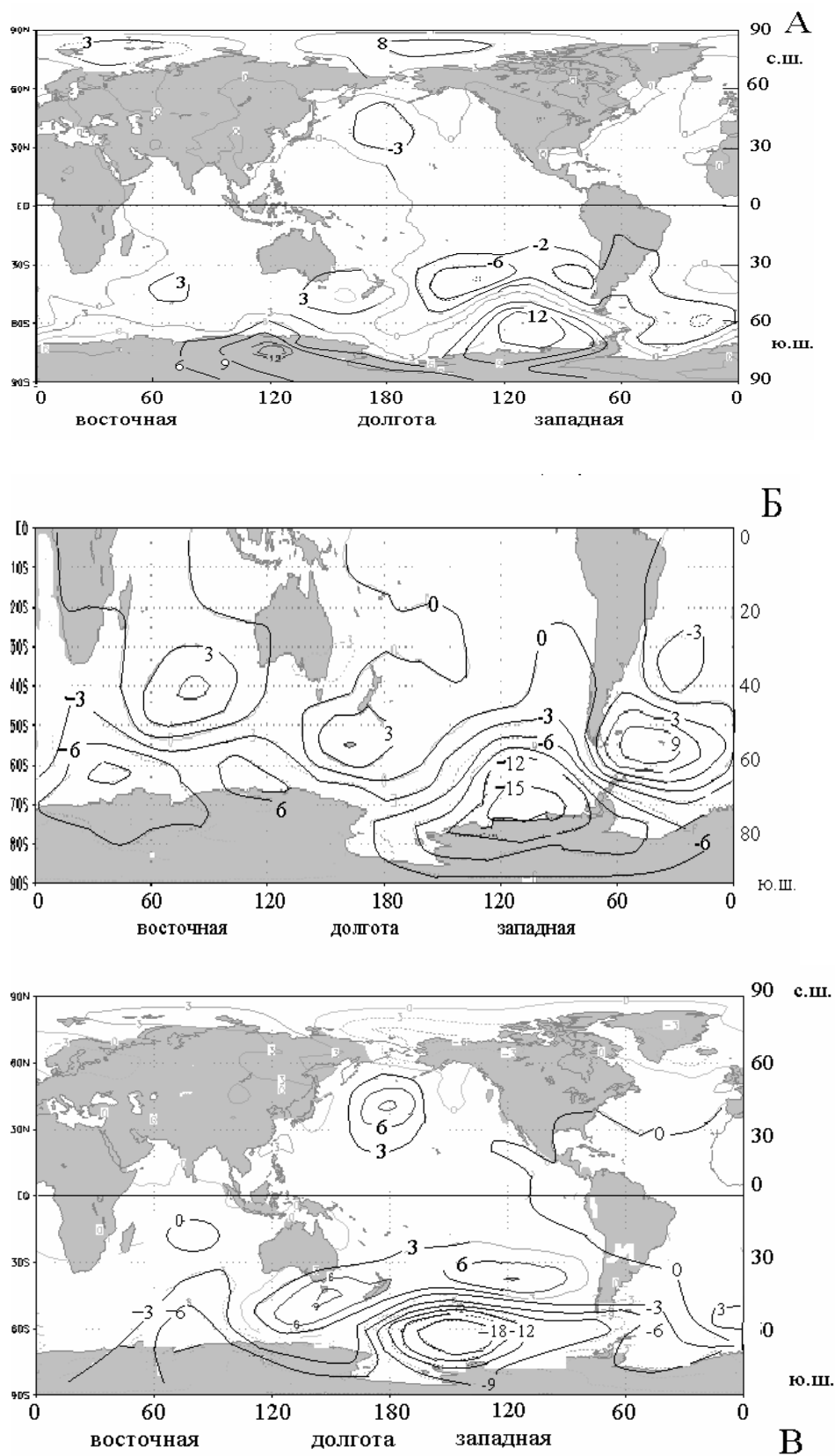


Рис. 4. Аномалии давления для июля 1987 г. (а), августа 1989 г. (б) и августа 1998 г. (в)

как правило, по величине отрицательные аномалии, локализующиеся над тропиками, а во время оформления холодного эпизода (Ла-Нинья) знаки аномалий обращаются, причем отрицательные аномалии обостряются над акваториями западного сектора Антарктики, превосходя по величине положительные аномалии давления и геопотенциала над тропическими районами Тихого океана. То есть, как правило, усиление барических гребней и антициклонов над югом и юго-востоком Тихого океана следует за теплой фазой ЭНЮК, а углубление циклогенеза начинается на фоне холодной фазы явления.

В ходе исследования было также замечено, что характер аномалий в одних и тех же географических зонах разных полушариях подобен: во время теплой фазы ЭНЮК отрицательные аномалии отмечаются как над западным сектором ЮПО, так и в районе Алеутского минимума, а положительные аномалии согласуются с ростом давления над Аляской, севером Канады или Севером Атлантики. Исследования в этом направлении будут продолжены.

Поскольку достаточно часто отмечается расхождение данных реанализа от реальных данных [18], то дальнейший анализ полей давления для тех же месяцев аномальных лет проводится по оперативным синоптическим материалам. Зимние похолодания в районе Земли Грейама по типу 1987 г. связаны, прежде всего, с тыловыми вторжениями и антициклоническими процессами, в частности, с установлением блокирующих ситуаций (схемы приведены в [2]).

Фактически это два разных синоптических процесса, причем, наиболее значительные и устойчивые понижения температуры связаны с антициклонами [20], тогда как похолодания за холодными фронтами имеют менее продолжительный (“пиковый”) характер. Так, абсолютные минимумы ст. Вернадский обусловлены установлением южного или юго-восточного переноса в устойчивом антициклоне с центром южнее 65°ю.ш. (рис. 5), в результате которого континентальный воздух Антарктиды достигает Антарктического полуострова, слабо охлаждаясь над поверхностью покровных и шельфовых ледников. Такой процесс в июле и сентябре 1987 г. обусловил минимальные месячные температуры – 36,3°С и -39,6°С, а также абсолютный минимум -43,3°С в 1958 г.

Значительный рост минимальных температур в последние десятилетия обуславливается отсутствием подобных синоптических процессов. В период с 1994 по 2003 г. наступление минимальных

температур на ст. Вернадский было связано в основном с циклоническими тыловыми вторжениями. Минимум прошедшего десятилетия ($-28,8^{\circ}\text{C}$), зарегистрированный в августе 1999 г., был связан с антициклоном блокирующего типа, но располагавшимся севернее 65° ю.ш. и менее интенсивным и обширным, чем на рис. 5.

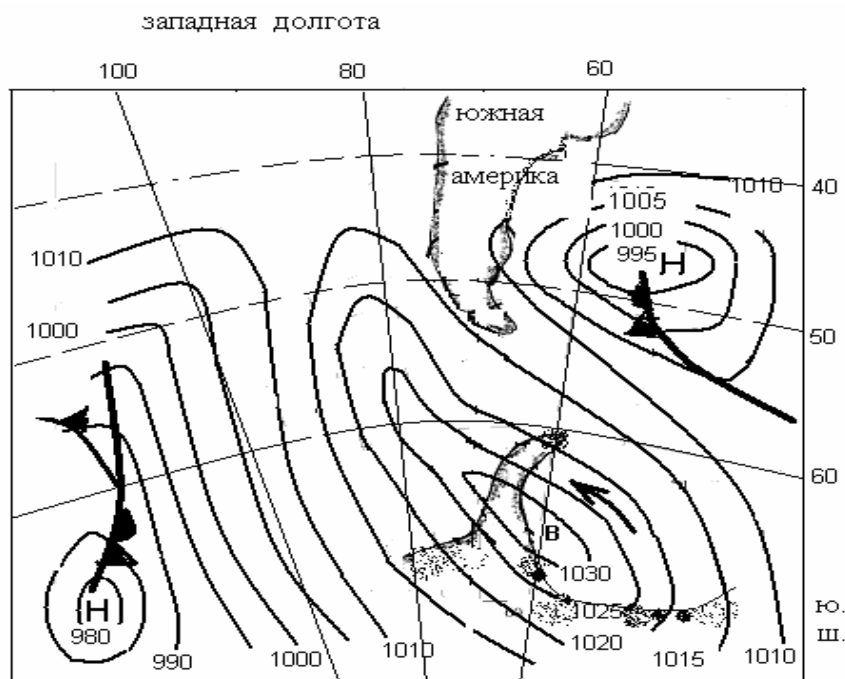


Рис. 5. Приземный анализ 27.07.1987 г., 06 СГВ

В связи с отсутствием синоптических материалов за 1989 г. анализ процессов проводился только для 1998 г. Положительная аномалия температуры и значительные суммы осадков в 1998 г. на станциях Антарктического полуострова обусловлены преобладанием адвекции тепла западными циклонами и их сериями в секторе $60-140^{\circ}$ з.д., включая район моря Беллинсгаузена, причем антициклогенез преобладал к северу от 50° ю.ш. Особенностью циклонических процессов в этом районе является в среднем более низкое давление, большая площадь, чем в северном полушарии, меньшая скорость перемещения. Так в июле-августе 1998 г. над Антарктическим полуостровом прошло 8 циклонов, все они были окклюдированными, а 3 из них углубились после переваливания полуострова. Немаловажно, что все циклоны пришли из района моря Росса, будучи уже либо в максимальной стадии развития, либо в стадии заполнения. Однако, как показал анализ этих и других процессов, в отличие от северного полушария, завершающая стадия

развития циклонов в ЮПО может длиться достаточно долго и зачастую занимает большую часть их жизненного цикла. Этому благоприятствуют постоянно динамически значимая ВФЗ с большими скоростями ведущих потоков и заложи холода с Антарктиды. С другой стороны, не всегда удается четко разделить переходы между разными стадиями развития циклонов, как это принято в классической синоптике, в связи как с недостатком данных, но и также в связи со спецификой самих процессов, когда, например, развивается постоянный процесс окклюдирования в пределах пояса низкого давления [8].

Таким образом, показано, что аномалии давления, выделенные в отдельные годы в массивах NCEP/NCAR, объясняются спецификой тропосферной циркуляции.

Обсуждение

Рост температуры в районе Антарктического полуострова происходит синфазно потеплению в Арктике, Аляске и центральной Сибири [6, 17], причем в районах северного полушария климатические изменения сопровождались определенными изменениями в тропосферной циркуляции, например, смещением к востоку постоянно действующих ЦДА над Северной Атлантикой и ослаблением Сибирского зимнего максимума [7]. На фоне некоторого понижения давления, одной из особенностей изменения тропосферной циркуляции на юго-востоке Тихого океана может быть такое изменение характера блокирования, при котором для последних лет характерны блокирующие ситуации с более северной локализацией антициклонов (гребней) в Южной Атлантике. Кроме переноса теплого влажного воздуха к Антарктическому полуострову, такой процесс летом 2001-2002 гг. обусловил устойчивый северо-западный (отжимной) ветер на северо-восточном побережье Земли Грейама, что, очевидно, привело к отколу значительной части шельфового ледника Ларсена в марте 2002 г.

Однако для оценки изменений климата в ЮПО необходимо знать, что происходит в пределах полушария в целом. Согласно данным реанализа, повышение температуры в районе Антарктического полуострова обычно связано с понижением в соседнем секторе Антарктики, и наоборот. В результате – аномалии температуры воздуха вдоль отдельных широтных кругов в ЮПО оказываются достаточно сглаженными: для июля (августа) 1987 г. вдоль 65° ю.ш. оно оказалось

+0,05°C, а для июля 1998 г. +0,5°C (см. рис. 1, вставка Б). Поскольку инструментальными данными вне района Антарктического полуострова такой вывод подтвердить затруднительно, можно предположить, что, например, если в 1987 г. усиление антициклогенеза обуславливало адвекцию холода в район Антарктического полуострова (отрицательная аномалия в районе 300° в.д на рис.1, вставка Б), то адвекция тепла преобладает как к западу, так и к востоку. В целом, это подтверждается анализом крупномасштабной циркуляции по оперативным синоптическим материалам. В 1998 г., преобладание зональных (циклонических) процессов в целом сгладило аномалии температуры вдоль 65°ю.ш.

Существование определенной зависимости между явлением Эль-Ниньо и циркуляционными условиями в ЮПО подтверждается в годы с его разными фазами, когда формируются альтернативные аномалии в поле давления. С учетом ранее полученных данных [10, 21, 22] считается, что циркуляционные процессы в ЮПО в 1987 г. являются типичными для теплой фазы ЭНЮК с ослаблением тропических ЦДА и усилением антициклогенеза в полярных широтах, что приводит к аномальным похолоданиям в краевых районах Антарктики. Во время Ла-Нинья, наоборот, климатические циклоны в ЮПО усиливаются, формируются положительные аномалии температуры воздуха, растет количество осадков, как в 1998 г.

Однако не во все годы теплой фазы развивались похолодания в районе Антарктического полуострова [15] и не всегда годы с положительной аномалией температуры соответствуют холодному эпизоду ЭНЮК. Так во время теплого эпизода 1982-83 гг. не отмечена холодная зима на Антарктическом полуострове. Многое зависит также и от времени оформления и сохранения одной и той же фазы ЭНЮК: при анализе холодного 1987 и теплого 1998 гг. необходимо учитывать, что 1987 г. был годом оформления теплой фазы ЭНЮК, а 1998 – годом ее завершения.

Таким образом, на данном этапе исследований трудно утверждать об однонаправленном влиянии Южного Колебания на погоду исследуемого района и тем более составлять какие-то прогностические признаки, как, например, это сделано для Южной Америки [22].

Существует ряд показателей изменчивости климата в ЮПО, среди которых чаще всего упоминаются в литературе последних лет южная

кольцевая мода (английская аббревиатура SAM), представляющая собой аналог индекса зональной циркуляции в пределах умеренных широт, рассчитываемая как разность давлений между 45 и 60° ю.ш. Современные изменения климата в ЮПО связываются во многих работах со снижением величины SAM, отражающим интенсификацию западного потока и приводящего к отрицательным региональным аномалиям давления. В целом этот вывод согласуется с данными о некотором понижении давления в ЮПО и с нашим выводом о меньшей интенсивности антициклональных блокирующих процессов в краевой зоне Антарктиды. Однако этот индекс может не отражать реальной картины циркуляционных процессов, ответственных за изменения климата в этом районе; в связи с просеиванием некоторых важных процессов синоптического масштаба между 45 и 60° ю.ш. То же можно сказать в отношении индекса Южного Колебания, который представляет собой разность давлений в значительно удаленных районах Тихого океана.

В отношении важнейшего вопроса об оценке вклада антропогенного фактора в современную изменчивость климата можно отметить, что поскольку в последнее время наметилось ослабление роста температур в районе Антарктического полуострова, то, если в ближайшие 10 лет оно подтвердится или, тем более, начнется похолодание (в особенности синхронное с изменениями во внетропических широтах Северного полушария), то можно будет констатировать, что вторая фаза потепления в XX веке была обусловлена в основном естественными факторами.

Выводы

1. Современное потепление на станциях Антарктического полуострова является наиболее интенсивным в пределах Южной Полярной области, причем оно развивается на фоне некоторого понижения атмосферного давления в Южной полярной области, при котором в целом усиливается циклогенез в ЮПО и изменяется характер антициклонального блокирования.

2. Средние поля давления реанализа NCEP/NCAR характеризуются в целом большей сглаженностью по сравнению с данными ВНИИГМИ-МЦД, с несколько заниженными значениями в центрах тропических максимумов и завышенными — в центрах климатических циклонов в ЮПО. Данные реанализа удовлетворительно воспроизводят сезонные и месячные аномалии давления и геопотенциала в течение зимних сезонов

в ЮПО. Однако анализ конкретных синоптических процессов, особенно южнее 70°ю.ш., следует проводить синхронно с оперативным синоптическим материалом. То же относится к широко используемым индексам климатической изменчивости.

3. Явление Эль-Ниньо имеет определенное влияние на климат исследуемого района, причем, как правило, разное во время формирования различных фаз явления: вслед за холодной фазой характерно усиление антициклогенеза в южной и юго-восточной части Тихого океана, что приводит к отрицательным аномалиям температур воздуха в районе Антарктического полуострова, а для теплых эпизодов ЭНЮК – усиление циклоничности в ЮПО с положительными аномалиями температур и ростом сумм осадков. Для уточнения связей необходимы дальнейшие исследования.

* *

Проводиться дослідження особливостей тропосферної циркуляції Південної полярної області (ППО), з акцентом на районі Антарктичного півострова, де відзначається значне потепління в низьких шарах тропосфери. Порівнюються можливості використання масивів реаналізу NCEP/NCAR і ВНДІГМІ-СЦД для відновлення тропосферної циркуляції. Встановлено, що потепління в цьому районі відбувається на фоні зниження атмосферного тиску в ППО; що пов'язується з посиленням циклонічності і зниженням інтенсивності антициклонального блокування в береговій зоні Антарктиди. Проводиться аналіз впливу явища Ель-Ніньо-Південне Коливання на тропосферну циркуляцію і кліматичні особливості району.

* *

1. Алексеев Г.В., Кузьмина С.И., Анискина О.М. и др. Естественные и антропогенные составляющие изменений приповерхностной температуры воздуха в Арктике в 20 веке по данным наблюдений и моделирования // Тр. ААНИИ. – Т. 446. – 2003. – С. 22 -30.
2. Атлас Антарктики. – Т. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 600 с.
3. Атмосфера. Справочник. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 510 с.
4. Воскресенский А.И., Чуканин К.И. Основные черты циркуляции атмосферы над Антарктидой. Исследования климата Антарктиды. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. - С. 170-176.
5. Говоруха Л.С., Тимофеев В.Е. Антарктический ледниковый щит – уникальный физико-географический и гидрометеорологический

- феномен планеты и его роль в глобальном массоэнергообмене // Сб. Юбил. Конфер. к 70-летию ОГМИ. – Ч. 2. – 2003. – С. 166-176.
6. Кошельков Д.П. Температурные тренды в Антарктике и смежных районах // Метеорология и гидрология. – № 5. – М. – 1990, – С. 111-116.
 7. Мартазінова В.Ф., Свердлик Т.О. Зміни великомасштабної циркуляції повітря протягом ХХ століття та її вплив на погодні умови і регіональну циркуляцію в Україні // Український географічний журнал. – № 2. – 2001. – С. 28-34.
 8. Carleton A.M. Climatology of the "Instant Occlusion" phenomenon for the Southern Hemisphere winter // Mon. Wea. Review. – № 1091. – 1981. – P. 177-181.
 9. Connolley W.M. Variability in annual mean circulation in Southern High latitudes // Climate Dynamics/ № 13. – 1997. - P. 745-756.
 10. Genton C., Cosme E. Intermittent signature of ENSO in west-Antarctic precipitation. Geoph. Res. Letters, 30 (21): 1, 2003/ –P. 1-4.
 11. Govorukha L.S., Timofeyev V.E. 2002, Synoptic circulation types of Antarctic Peninsula and Adjacent South Ocean Regions and Related Phenomena. Problemy Climatologii Polarnei, Torun, Poland, N 10. – P. 159-178.
 12. Hines K. M., Bromwich D.H., G. Marshall. Artificial Surface pressure trends in the NCEP-NCAR Reanalysis over the Southern Ocean and Antarctica. J. Climate, 2000, v. 11. - P. 2940-2952.
 13. Kejna M. 2002. Przebieg Roczny temperatury powietrza na Antarktydzie. Problemy Klimatologii Polarnej, Torun Poland, N 12/ – P. 5-20.
 14. Marshall G.J. Trends in the Southern Annular Node from Observations and Reanalyses. J. of Climate, 2003, v. 16/ – P. 4134-4143.
 15. Marshall G.J., King J.C. Southern Hemisphere circulation anomalies associated with extreme Antarctic Peninsula winter temperatures. Geoph. Res. Letters, 1998, vol. 25, N 13. – P. 2437-2440.
 16. Rogers, J. C., Mosley-Thompson, E. Atlantic Arctic cyclones and the mild Siberian winters of the 1980s. Geoph. Res. Letters, 1995, vol. 22, N 7. – P. 799-802.
 17. 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.
 18. Steven J. Lambert. A comparison of the cyclone event climatologies derived from the NCEP/NCAR reanalyses and the ECMWF/EPA

- Reanalyses. - Proc. of the First Int. Conference on Reanalyses, October 1997. - P. 355-368.
19. *Marshall G.J, Lagun V., Lachlan-Cope N.A.* Changes in Antarctic Peninsula Tropospheric Temperatures from 1956 to 1999: a Synthesis of Observations and Reanalysis Data. 2002, Int. J. Climatol. 22. – P. 291-310.
 20. *Trenberth K.E.* 1985. Blocking in the Southern Hemisphere. Mon. Wea. Rev., 113, 1: 3-21.
 21. *Trenberth K.E. Hoar T.* The 1990-1995 El-Ninos -Southern Oscillation events: Longest on Record. Geoph. Res. Letter, 1996, N 23. - P. 57-60.
 22. *Turner J.* The El-Nino and Antarctica // Int. J. of Climatol., 2004, v. 24, P. 1-32.

*Украинский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, Киев*