

УДК 551.32:551.58

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА АНТАРКТИЧЕСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

В.Е. Тимофеев, канд. геогр. наук

*Национальный антарктический научный центр,
Одесский государственный экологический университет, e-mail: tvvlad@mail.ru*

Рассмотрены пространственно-временные характеристики потепления в районе Антарктического полуострова

Просторово-часові особливості регіонального потепління на Антарктичному півострові. В.С. Тимофеев
Розглянуто просторово-часові характеристики потепління в районі Антарктичного півострова.

Spatial and temporal peculiarities of regional warming at the Antarctic peninsula. V. E. Tymofeyev
Spatial and temporal characteristics of warming at the region of the Antarctic Peninsula are described

Введение

Хорошо известно, что Антарктический полуостров является районом наиболее интенсивного роста температуры воздуха в Южной полярной области (ЮПО), причем его временные рамки в целом соответствуют планетарному потеплению второй половины XX столетия [2, 3]. При этом многие авторы считают, что наибольшее возрастание температуры воздуха в этом районе отмечается по данным украинской антарктической станции (УАС) Академик Вернадский [4, 10, 11].

С другой стороны, в плане тенденций климата Антарктический полуостров контрастирует с данными континентальной и Восточной Антарктиды – там средние температуры не изменяются или наблюдаются слабо отрицательные тренды [10]. В немалой степени это связано с физико-географическими особенностями Антарктического полуострова, а именно с его значительной меридиональной вытянутостью (это наиболее удаленная к северу область Антарктики), наличием горной системы и разнообразного оледенения. Такое разнообразие природных объектов обуславливает наличие ряда климатических зон: так, северная часть Антарктического полуострова (Земля Грейама) расположена в зоне влияния тихоокеанских циклонов со значительным потенциалом ветра и осадков, а южная его часть (Земля Палмера) находится под влиянием континентальной антарктической циркуляции. Кроме этого, в пределах одной широтной зоны также наблюдается значительная климатическая неоднородность, связанная с наличием шельфового оледенения у восточного побережья полуострова и отсутствием – у побережья западного.

Цель работы – проанализировать, каким образом во времени происходит процесс потепления на станциях Антарктического полуострова, расположенных в различных физико-географических условиях, в сравнении с климатическими тенденциями соседних районов, и оценить степень аномальности климата посредством анализа отдельных метеорологических величин. Использованы данные стандартных измерений станций: Оркадас (с 1903 г. – наиболее длинный ряд в Антарктике, Академик Вернадский (с 1947 г. по настоящее время), Беллинсгаузен, Розера, Эсперанца, Марамбио (1961–2003 гг.), Пунта-Аренас (1951–1999 гг.), Мак-Мердо, Скотт (1958–2003 гг.). Эти данные являются частью международного проекта READER (<http://www.antarctica.ac.uk/met/READER/surface/stationpt.html>), в рамках которого была проведена оценка исходных рядов на однородность. В целях сравнения привлекались результаты статистической обработки метеорологических рядов из [5].

Результаты работы. Режим температуры воздуха

Соответствие глобальным изменениям прослеживается на примере векового хода температур по ст. Оркадас, в котором присутствуют два периода потепления – в 1930-40-х гг. и с конца 1970-х гг., и периода относительного похолодания между ними (рис. 1). Однако, в рамках вторичного потепления ход температуры воздуха носит колебательный характер. Так, по данным ст. Вернадский, кроме похолодания в 1950-х-начале 1960-х гг., наличествует похолодание с 1975 по 1980 гг., сменившееся фазой современного потепления (рис. 2).

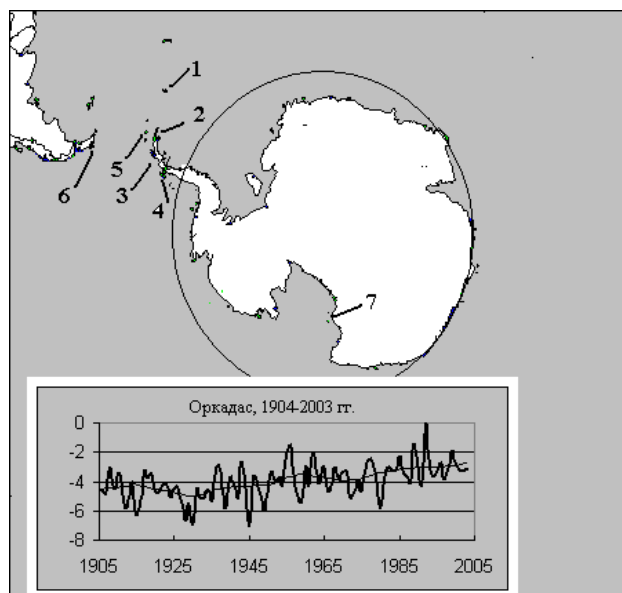


Рис. 1. Расположение отдельных метеорологических станций Антарктиды и Южной Аме-рики: 1 – Оркадас, 2 – Эсперанца, 3 – Академик Вернадский, 4 – Розера, 5 – Беллинсгаузен, 6 – Пунта-Аренас, 7 – МакМердо и Скотт. Врезка: многолетний ход температуры воздуха на ст. Оркадас, 1904–2003 гг.

По данным ст. Академик Вернадский, рост температуры воздуха регистрируется во все сезоны, сопровождаемая снижением амплитуд межгодовых, межсезонных и межсуточных температур воздуха и ростом минимальных температур. Так, наибольшее сглаживание межгодовых амплитуд средней температуры воздуха отмечено для осени и зимы: если в апреле-мае 1950-х и 1960- х гг. (рис. 3) они достигали 6–8°C, то в последнее десятилетие снизились до 2–4°C. Таким образом, характер распределения температур осенних месяцев в 1950-е годы был близок к зимнему режиму. В меньшей степени сглаживание межгодовых амплитуд температур коснулось весенних и летних месяцев, а зимой оно проявилось только с середины 1980-х гг.

Кроме этого, потепление сопровождается также снижением внутрирядной изменчивости и характеристик вариации температуры воздуха (см. таблицу). Значительно снизилась вероятность наступления сильных и продолжительных похолоданий в зимнее время по

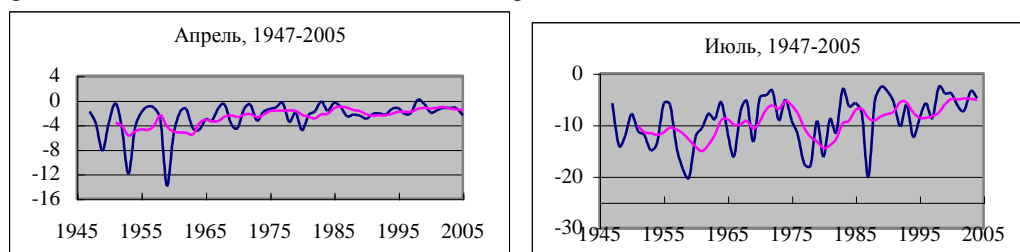


Рис. 2. Ход средних температуры воздуха по отдельным месяцам, с 5-летними сглаживающими средними: апрель, июль, станция Академик Вернадский.

Таблица

Сводка статистических характеристик по отдельным десятилетиям, ст. Академик Вернадский (числитель – январь, знаменатель – июль). СКО – среднее квадратическое отклонение, ВПРИ – внутрирядная изменчивость (изменение среднесуточной температуры со дня на день)

Десятилетия	среднее	СКО	Асимметрия	Эксцесс	ВПРИ
1951-1960	<u>0,3</u> -11,7	<u>2,3</u> 8,4	<u>0,32</u> -0,5	<u>1,8</u> 2,4	<u>1,7</u> 5,3
1961-1970	<u>0,5</u> -10,4	<u>2,1</u> 7,3	<u>0,37</u> 0,45	<u>2,1</u> 2,6	<u>1,5</u> 4,4
1971-1980	<u>0,8</u> -10,2	<u>1,8</u> 7,8	<u>0,45</u> 0,82	<u>2,3</u> 3,1	<u>1,3</u> 3,8
1981-1990	<u>1,1</u> -7,8	<u>1,6</u> 6,5	<u>0,32</u> 1,03	<u>2,1</u> 3,6	<u>1,2</u> 3,2
1991-2000	<u>1,0</u> -6,8	<u>1,5</u> 5,6	<u>0,27</u> 0,88	<u>2,7</u> 3,3	<u>1,2</u> 3,1
2001-2005	<u>1,2</u> -6,0	<u>1,2</u> 5,3	= <u>0,75</u>	= 3,2	<u>1,1</u> 3,0

сравнению с периодом 1951–1960 гг. Возросли значения абсолютных минимумов, и в целом сузился интервал регистрации температур, прежде всего в зимний период. Соответственно значительно снизилась вероятность наступления сильных похолоданий (ниже -30 , -35°C и т.д.).

Если многолетний ход средней годовой температуры воздуха на других станциях исследуемого района в общем согласуется с данными УАС – на них также отмечается потепление, то сезонный ход имеет различия. Наиболее равномерно между десятилетиями рост температуры воздуха (потепление) происходит на станциях западного побережья полуострова – Академик Вернадский, Розера и Беллинсгаузен. При этом, по отношению к УАС, наилучшая связь изменений средней месячной температуры воздуха отмечена для зимнего сезона со станциями Розера и Беллинсгаузен (коэффициенты корреляции 0,92 и 0,78), а в летнее время связь ослабевает (0,71 и 0,26 соответственно).

Наименее равномерно между десятилетиями потепление происходит на станциях крайнего северо-востока Антарктического полуострова (Эсперанца, Марамбио), по данным которых потепление в течение осенних месяцев последнего десятилетия превышает норму зимнего потепления. По отношению к ст. Академик Вернадский коэффициенты корреляции температуры с этими станциями, а также со станцией Оркадас, наименьшие в летнее время, причем со ст. Эсперанца связь практически отсутствует (коэффициент корреляции $-0,08$).

Немаловажно то, что в течение последнего пятилетия для большинства станций исследуемого района характерным явилось снижение нарастания температуры воздуха, в частности после наиболее теплой зимы 1998 г.

Для детализации регионального потепления представляет интерес провести сопоставление изменений температуры воздуха в районах, соседних с Антарктическим полуостровом. Так, временной ход температуры воздуха на ст. Пунта-Аренас контрастирует с тенденциями климата Антарктического полуострова: на крайнем юге Южной Америки наблюдается слабое похолодание с 1960-х гг. (рис. 3). С другой стороны, обнаружено различие с данными станций района моря Росса. Если до середины 1970-х в обоих районах происходил рост температур, то в течение последних 30 лет намечилось похолодание в зимние месяцы, по данным станций Мак-Мердо (рис. 3) и Скотт (в контраст усилившемуся потеплению в районе Антарктического полуострова).

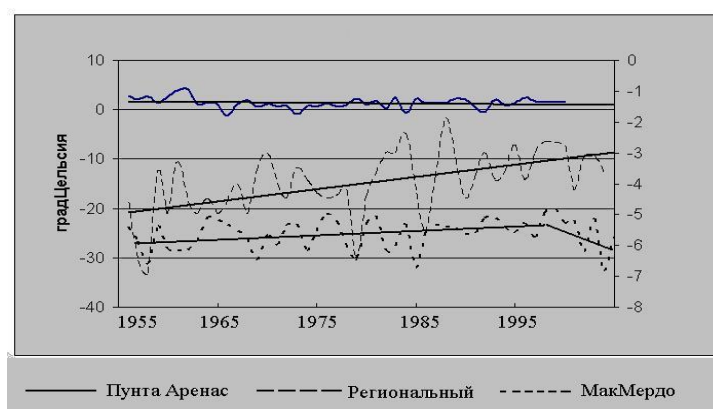


Рис. 3. Многолетний ход температуры воздуха в июле на станциях Пунта-Аренас, Мак-Мердо, и региональный тренд, вычисленный по данным 4-х станций Антарктического полуострова с наиболее продолжительными рядами наблюдений).

По данным ст. Скотт, с середины 1980-х гг. по настоящее время отмечается понижение температуры воздуха в течение года ($-0,45^{\circ}\text{C}$ за 10 лет). При этом сезонные изменения температур существенно различаются: наибольшее похолодание происходит осенью (март-апрель-май), $-1,8^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, а наибольшее потепление – зимой, $+0,61^{\circ}\text{C}$ за 10 лет. Величины и знаки зимних и весенних трендов подобны тем, что наблюдаются в районе Антарктического полуострова, а наибольшее различие обнаружено для осенних и летних сезонов. Таким образом, современное потепление в районе Антарктического полуострова является региональным явлением в пределах ЮПО.

Режим отдельных метеорологических величин по данным станции Академик Вернадский

Скорость приземного ветра в течение последних двух десятилетий в целом растет, хотя имеются значительные межгодовые колебания. Число дней с сильным ветром (более 20 м/с) также возрастает, в том числе и по сравнению с первыми десятилетиями наблюдений. Суммарная продолжительность слабых ветров снижается, особенно после наиболее теплого на станции 1998 года. Число зарегистрированных метелей также растет в течение последнего десятилетия. Ветровой режим существенно изменяется между отдельными аномальными годами и десятилетиями. Так, если в аномально холодном 1959 г. преобладающей была градация 0–4 м/с, то в теплом 1953 г. – 4–8 м/с, причем штилевые условия более характерны для холодных лет (около 25% сроков наблюдений в 1959 г.). В целом для наиболее теплого пятилетия 1996–2000 гг. доля штилей значительно снижается и составляет 7–8%, а распределение средней скорости ветра характеризуется выраженным максимумом в интервале скоростей ветра 0–4 м/с (рис. 4).



Рис. 4. Интервалы изменений скорости ветра по градациям, 1953–1960, 1996–2000 гг., станция Академик Вернадский.

Кроме этого, изменилась направленность розы ветров – от 1950-х к 1990-м гг. произошел «правый поворот» – от меридионально вытянутой розы к преобладанию северо-восточных ветров в современную эпоху. При этом сила СВ ветра уменьшилась, а средние скорости ветров южных румбов практически не изменились, однако произошло усиление В и ЮЗ ветров. Необходимо отметить, что общий вид розы ветров обусловлен направленностью горной системы Антарктического полуострова, а преобладание СВ ветров в течение 1996–2000 гг. – учащением формирования региональных циркуляций в результате преобладания циклоничности. Известно, что при усилении ветра в интервале 50–90° в районе УАС развиваются феновые ветры, являющиеся дополнительным фактором повышения температуры [6].

По данным ст. Академик Вернадский, число дней с осадками, как жидкими, так и твердыми, возрастает с 1947 г., суммарное годовое количество осадков в целом возрастает с 1986 г. до 1998 года, а затем убывает (к сожалению, нет данных с начала периода измерений по ст. Фарадей), с характерными 3–5-летними колебаниями, в общем согласии с фазой Эль-Ниньо-Южного Колебания (ЭНЮК). Так, пик количества осадков 1998 г. отмечен на фоне холодной фазы явления, а их снижение после 2000 г. – сменой знака ЭНЮК в связи с переходом в теплую фазу. В годовом ходе осадков преобладают два максимума – осенний (февраль–март, с месячными суммами более 800 мм) и зимний (июль, сентябрь – несколько чуть менее 800 мм). Наименьшее количество осадков наблюдается с ноября по январь (400–450 мм и менее).

В целом на УАС преобладает облачная погода (в среднем 7–9 баллов), хотя существенные отличия отмечаются между отдельными годами и сезонами. Наиболее облачным сезоном является осень (март–май), а наименее облачным – зима (июнь–август). В течение всего периода наблюдений отмечено увеличение суммарного количества облачности. Так, в течение холодных зим, характерных для первых десятилетий наблюдений, среднее месячное количество облачности снижается и составляет 5–6 баллов. Интересно, что продолжительность солнечного сияния колеблется в противофазе с ходом температуры воздуха: она растет к середине 1970-х гг., ослабевает к середине 1990-х гг, и вновь растет в течение последних 5–7 лет.

Выводы

1. Рост приземной температуры воздуха в районе Антарктического полуострова имеет региональный характер в пределах Южной полярной области, но его временные рамки соответствуют ходу глобального потепления. Наибольший рост температуры воздуха происходит с середины 1970-х по конец 1990-х гг., к настоящему времени отмечается некоторая стабилизация потепления, а на отдельных станциях – незначительное похолодание.

2. По данным станции Академик Вернадский, потепление сопровождается сужением интервала регистрируемых температур за счет роста их минимальных значений, снижением межгодовых амплитуд температуры воздуха, уменьшением частоты значительных похолоданий. Вместе с этим на фоне общего возрастания скорости приземного ветра между десятилетиями изменяются преобладающие направления ветра, а также распределения скорости ветра по градациям, увеличивается количество осадков.

3. Потепление в районе Антарктического полуострова происходит неравномерно, как во времени, так и в пространстве, с наибольшим отличием характеристик сезонных трендов между станциями, расположенными в различных физико-географических условиях. Наиболее ощутимо различие температуры по отдельным сезонам на станциях крайнего северо-востока полуострова Эсперанца, Марамбио.

4. Состояние климата и аномалии погодных условий в рассматриваемом районе находятся в существенной зависимости от фазы явления Эль-Ниньо-Южное Колебание.

Список сокращений:

УАС – украинская антарктическая станция
ЮПО – Южная полярная область

Обсуждение

Современное потепление в районе Антарктического полуострова сопровождается снижением степени аномальности климата по характеристикам температуры воздуха и увеличением аномальности – по данным приземной скорости ветра. Оба эффекта являются следствием усиления зональности в ЮПО в целом. Изменение направления и силы преобладающих ветров с изменениями преобладающих градаций скоростей важно для учета ветроэнергетического потенциала района.

Наилучшая степень пространственных связей температуры воздуха между станциями западного побережья Антарктического полуострова в зимнее время объясняется более однородным циркуляционным режимом в регионе. Кроме того, значительный контраст пространственных корреляций со станциями крайнего северо-востока полуострова, особенно летом, свидетельствует о том, что на станциях Эсперанца и Марамбио большую роль в формировании температурного режима играют местные особенности (близость шельфового ледника и ледовых массивов моря Уэдделла).

Литература

1. **Аверьянов В.Г.** Гляциоклиматология Антарктиды. – Л.: Гидрометеиздат. – 1990. – 198 с.
2. **Алексеев Г.В.** Исследования климата Арктики в XX столетии // С.-П. –Тр. ААНИИ.– 2003. – Т. 446. – С. 6–21.
3. **Говоруха Л.С., Тимофеев В.Е.** О состоянии гляциоклиматической системы Антарктического полуострова // Бюлл. УАЦ. – 1998. – N 2. – С. 70–76.
4. **Кошельков Д.П.** Температурные тренды в Антарктике и смежных районах // Метеорология и гидрология. – 1990. – N 5. – С. 111–116.
5. **Справочник** по климату Антарктиды. Том III. – Л.: Гидрометеиздат. – 1981. – 272 с.
6. **Тимофеев В.Е., Гордиенко С.И.** Местные циркуляции в районе украинской антарктической станции. - Бюлл. УАЦ. – 1996. – N 1. – С. 66–67.
7. **Comiso, J.C.** Variability and trends in Antarctic surface temperatures from in situ and satellite infrared measurements // – J. Clim. – 2000. – N 13. – P. 1674–1696.
8. **van den Broeke, M.** On the interpretation of Antarctic Temperature trends // J. of Climate. 2000. – V. 13. – P. 3885 – 3891.
9. **Kejna M.** Przebieg Roczny temperatury powietrza na Antarktydzie // Problemy Klimatologii Polarnej. – Torun University, Poland. – 2002. – N 12. – P. 5–20.
10. **Turner J., Colwell S., Marshall G., Lachlan-Cope T., Carleton A., Jones P., Lagun V., Reid F., Iagovkina S.** Antarctic climate during the last 50 years // Int. J. Climatol. – 2005. – 25. – P. 279–294.
11. **Thompson D.W.J., Solomon S.** Interpretation of recent Southern Hemisphere climate change // Science. – 296. – 2002. – P. 895–899.
12. **Orheim O., Govorukha L.S.** Present - day glaciation in South Shetland Islands // Annals of Glaciology. – 1982. – Vol. 3. – P. 233–238.