

Т. Н. Осипова, Л. И. Митрошина

ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНЕГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ И СЕКТОРАХ ТИХОГО ОКЕАНА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ¹

Закономерности изменения термического режима Земли, происходившего в течение последнего столетия, изучались многими исследователями. В результате было установлено, что указанные изменения неоднородны как во времени, так и в пространстве [1–3].

Так, повышение средней глобальной температуры у поверхности Земли составило $0,6^{\circ}\text{C}$, изменяясь от $0,4$ до $0,8^{\circ}\text{C}$ в различных регионах [4]. Температуры воздуха, имея в целом тенденцию к увеличению, изменялись волнообразно: похолодание в конце 1880-х годов сменилось потеплением в 1910–1945 гг., затем с 1946 по 1975 г. происходило понижение температуры, сменившееся ростом, который наблюдается по настоящее время. Наибольший рост температуры наблюдался в течение последнего периода (с 1975 г. по настоящее время). Потепление последнего периода достигало $0,17^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, что больше, чем в предыдущий период, которое составило $0,14^{\circ}\text{C}$. Из пятнадцати лет (1981–1995 гг.) девять оказались самыми теплыми за всю историю метеорологических наблюдений. 1998 год был самым теплым за весь период современного потепления [4].

Наиболее четко потепление проявилось в Северном полушарии с ярко выраженными региональными особенностями в многолетнем ходе температур как над сушей, так и над океаном. Однако некоторые авторы отмечают, что при общей тенденции к потеплению в Северной Атлантике обнаруживается противофазность хода аномалий температуры в отдельных частях данного региона в конкретные временные интервалы [5, 6]. Известно, что потепление над поверхностью океана отстает от глобального потепления над поверхностью суши. Океан, покрывающий более 70% поверхности земного шара, является сложной системой, в которой постоянно возникают и исчезают циркуляции различного масштаба, формируются мощные планетарные течения, происходит перенос тепла из одних районов в другие. И все процессы протекают в условиях постоянной связи океана с атмосферой при непрерывном их взаимодействии [7]. Наряду с мощными струйными течениями Гольфстрим и Куроиси особое значение для динамики системы атмосфера — океан имеют экваториальные восточно-западные течения, образующиеся под воздействием пассатов. При уменьшении интенсивности пассатов в Тихом океане наблюдаются более сильный прогрев поверхности экваториальных вод и повышение температуры воздуха в тропической зоне, создается большая разность приземных температур и давления на высотах между экватором и полюсом. В результате происходят интенсификация планетарных атмосферных течений в умеренных широтах над акваторией Тихого океана и одновременное уменьшение интенсивности атмосферных потоков над Атлантикой [8]. Перестройка атмосферной циркуляции, в свою очередь, может вызвать региональные климатические изменения, и на фоне общего потепления в некоторых районах наблюдается похолодание [9].

Поскольку взаимодействие океана и атмосферы играет важную роль в сохранении существующего климата и длительной его эволюции, представляется важным исследование особенностей изменения температуры воздуха в различных секторах и зонах океанов. Цель настоящей работы — детальный анализ многолетнего хода температуры воздуха в разных районах Тихого океана в Северном полушарии.

В процессе расчета глобального хода температур, как правило, используются архивные материалы по отдельным пунктам или регионам, в осреднении по годам и месяцам. В каче-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке программы «Университеты России» (проект № УР.08.01.025).

стве исходных данных применяются сведения о температуре, полученные в результате интерполяции в узлы регулярной сетки, которые исключают мелкокомасштабные особенности поля температуры воздуха.

Для исследования закономерностей термического режима воздуха в Тихоокеанском регионе (Северное полушарие) были использованы материалы наземных станций и судовых наблюдений из базы данных Исследовательского центра Годдард NASA (США). В качестве исходных рассматривались среднегодовые и среднесезонные температуры воздуха. Среднесезонные температуры определялись как средние за три месяца: декабрь, январь, февраль — зима; март, апрель, май — весна; июнь, июль, август — лето; сентябрь, октябрь, ноябрь — осень.

Для анализа были выбраны 34 станции, расположенные на побережье и на островах центральной части Тихого океана в Аляскинском (160° з. д. — 100° з. д.) и Дальневосточном (120° в. д. — 160° з. д.) секторах (табл. 1). Район исследований дополнительно был разделен на широтные зоны: $5-25^\circ$ с. ш., $25-40^\circ$ с. ш., $40-55^\circ$ с. ш., $55-65^\circ$ с. ш.

Исходные временные ряды среднегодовой и среднесезонной температур воздуха рассматривались в пределах следующих временных интервалов: 1) последние 91–100 лет (с 1909 по 2000 г.); 2) 1910–1945 гг. (период потепления по данным ВМО); 3) 1946–1975 гг. (период похолодания по данным ВМО); 4) 1976–2000 гг. (период максимального потепления по данным ВМО).

Особенности пространственной структуры поля среднегодовых температур воздуха были исследованы с помощью корреляционного анализа. Корреляционные связи со значимыми коэффициентами от 0,6 до 0,8 проявляются между значениями на станциях, расположенных близко друг к другу во всех широтных зонах. Как в периоды потепления, так и в период похолодания наибольшие коэффициенты отмечаются в средних широтах Аляскинского сектора. В зоне $5-25^\circ$ с. ш. высокая корреляция с коэффициентами более 0,5 типична для станций, удаленных друг от друга. Также в этой широтной зоне обнаружена особенность в характере связей, которая не свойственна другим зонам. Так, если в период потепления между данными станций обнаруживаются значимые коэффициенты корреляции, то в период похолодания они незначимы, и наоборот. Согласно данным табл. 2, процессы похолодания и потепления проходят с разной интенсивностью в центральной и западной частях Тихого океана в приэкваториальной зоне. Смена знаков коэффициентов корреляции в различных периоды на станциях 15–23, 15–31 и 21–17 свидетельствует о разнонаправленности процессов в разных секторах океана даже на станциях, расположенных близко друг к другу (станции 21–24 и 22–24). Подобное явление объяснить сложно. Можно предположить, что в связи со смещением внутритропической зоны конвергенции (ВЗК) от периода к периоду станции могут оказаться под влиянием разных воздушных масс, что, в свою очередь, определяет интенсивность процессов похолодания и потепления.

Для определения закономерностей изменения температуры воздуха во времени исходные ряды среднегодовых и среднесезонных температур проверялись на наличие линейного тренда. Были выбраны следующие временные интервалы: 1910–1945, 1946–1975, 1976–2000, 1909–2000 гг. Необходимо отметить, что коэффициенты в уравнении регрессии не всегда оказывались статистически значимыми, потому уместно говорить только о тенденции в изменении температуры воздуха.

В период с 1910 по 1945 г. наблюдалась тенденция к повышению среднегодовой температуры на всех станциях. В зоне $55-65^\circ$ с. ш. потепление проявилось наиболее четко и составило $0,10-0,60^\circ\text{C}$ за 10 лет, причем наиболее интенсивно оно проходило в зимние месяцы. Однако на общем фоне потепления зафиксировано понижение как среднегодовых, так и сезонных температур (станции 4, 19, 20).

С 1946 по 1975 г. наиболее интенсивное похолодание выявлено на побережье п-ова Аляска во все сезоны с ярко выраженными различиями в интенсивности процесса даже на соседних станциях ($0,40-0,68^\circ\text{C}$ за 10 лет). В это же время в Дальневосточном секторе в зоне $55-65^\circ$ с. ш. среднегодовые, весенние и осенние температуры увеличивались. Также повышение температур зафиксировано и на ряде станций в зоне $20-28^\circ$ с. ш. в центральной части океана.

Таблица 1. Список метеорологических станций в Тихоокеанском регионе (Северное полушарие)

№ станции	Название станции	Широта, град.	Долгота, град.	Период наблюдений (годы)
<i>Дальневосточный сектор</i>				
1	Nikolskoe	55,2 N	166,0 E	1899–2001
2	Korf	60,4 N	166,0 E	1929–2001
3	Asahikawa	43,8 N	142,4 E	1909–2001
4	St. Paul	57,1 N	170,2 W	1839–2001
14	Midway Island	28,2 N	177,4 W	1921–1991
15	Lihue Kauai	22,0 N	159,3 W	1905–2001
18	Kljuci	56,3 N	160,8 E	1908–1990
19	Choshi	35,7 N	140,9 E	1910–2001
20	Titizima	27,1 N	142,2 E	1907–2001
21	Yap, Caroline	9,5 N	138,1 E	1921–2001
22	Ponape	7,0 N	158,2 E	1941–2001
23	Truk	7,5 N	151,8 E	1949–2001
24	Kwajalein	8,5 N	167,7 E	1946–2001
25	Wake Island	19,3 N	166,7 E	1946–2001
27	Adak/Navy	51,9 N	176,7 W	1942–1990
30	Johnston Isla	16,7 N	169,5 W	1949–1984
31	Minamitorishi	24,3 N	154,0 E	1937–2001
32	Basco	20,4 N	122,0 E	1949–2001
33	Legaspi	13,1 N	123,7 E	1950–2001
34	Mokpo	34,8 N	126,4 E	1909–2001
<i>Аляскинский сектор</i>				
5	Sitka	57,1 N	135,3 W	1828–1993
6	Yakutat	59,5 N	139,7 W	1917–2001
7	Wrangell	56,5 N	132,4 W	1868–1990
8	Cordova/Mile	60,5 N	145,5 W	1909–2000
9	Kodiak	57,8 N	152,5 W	1869–2000
10	Prime Rupert	54,3 N	130,4 W	1908–1990
11	Quatsino	50,5 N	127,7 W	1895–1990
12	Ukiah	39,1 N	123,2 W	1892–2000
13	Petaluma Fire	38,3 N	122,7 W	1893–2000
16	Honolulu	21,4 N	157,9 W	1893–2001
17	Hilo/Genilum	19,7 N	155,1 W	1924–2001
26	Ship P	50,0 N	145,0 W	1945–1981
28	Ship N	30,0 N	140,0 W	1947–1974
29	Oaxaca	17,1 N	96,7 W	1922–1989

В период последнего потепления (с 1976 г. по настоящее время) на всех станциях наблюдается рост среднегодовых температур. Исключение составляют станции 4, 9, 15, 21–23, на которых отмечено незначительное похолодание.

Наиболее интенсивно процесс потепления проходил на береговых станциях. Так, в Аляскинском секторе в зоне 40–65° с. ш. потепление составило 0,30–0,40°С за 10 лет, на станциях 19, 32, 33 Дальневосточного сектора температуры изменялись от 0,20 до 0,40°С за 10 лет. В Аляскинском секторе прослеживается повышение интенсивности потепления с широтой, возможно, за счет зимних и весенних месяцев.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между температурой воздуха на станциях

№ станций	Период наблюдений, годы	
	1976–2000	1946–1975
33–21	0,53	0,37
33–23	0,51	0,17
33–31	0,65	0,57
15–23	–0,02	0,70
15–31	0,23	–0,50
21–22	0,48	0,27
21–23	0,73	0,02
21–24	–0,03	0,66
21–31	0,30	0,57
21–17	–0,16	–0,48
22–23	0,40	0,46
22–24	–0,33	0,48
23–31	0,58	0,05
24–31	0,27	0,48

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции (с 95%-ной доверительной вероятностью).

Анализ трендовой составляющей хода среднегодовых температур за период с 1909 по 2000 г. показал, что из шестнадцати станций только на трех (станции 5, 8, 13) наблюдается понижение температур. Наиболее интенсивно процесс похолодания проходит в зимние и осенние месяцы. На остальных станциях выявляется постепенное повышение температуры с интенсивностью от 0,01 до 0,13°С за 10 лет. Особенно интенсивно оно происходит на станциях 15 и 16 в зоне 5–25° с. ш. На большинстве станций температуры возрастают в зимний и весенний сезоны. Необходимо отметить, что в зоне 55–65° с. ш. на станциях, расположенных близко друг к другу, наблюдаются противоположные тенденции в многолетнем ходе температур.

Для выделения районов, в пределах которых на станциях колебания среднегодовых температур в общих чертах синхронны в течение исследуемых периодов, был применен метод кластерного анализа. В качестве правила объединения или связи использовалась одиночная связь как мера расстояния — величина $d = 1 - r$, где r — коэффициент линейной корреляции между среднегодовой температурой воздуха на станциях. Каждый период анализировался отдельно. В результате можно выделить следующие группы станций:

станции 3, 19, 20, 34 в Дальневосточном секторе: здесь наблюдается синхронное изменение температур во все периоды, исключая период похолодания с 1946 по 1975 г.;

станции 5–8 в Аляскинском секторе: в период с 1946 по 1975 г. и с 1909 по 2000 г. выявлено синхронное колебание температур;

станции 1, 15, 16: в отличие от первых двух групп они территориально удалены друг от друга, находясь в разных широтных зонах и секторах. За последние 100 лет здесь наблюдаются синхронные колебания среднегодовых температур воздуха;

станции 4, 9, 21–23, расположенные на значительном удалении друг от друга: отмечается синхронное понижение температуры за 1976–2000 гг.

Для более детального анализа и выявления синхронности колебаний температуры были построены графики скользящих 3-, 5- и 11-летних среднегодовых температур. При их рассмотрении можно заметить, что для станций 1, 15, 16 характерны незначительные колебания температуры и нечетко выраженная цикличность (рис. 1). На станциях Дальневосточного

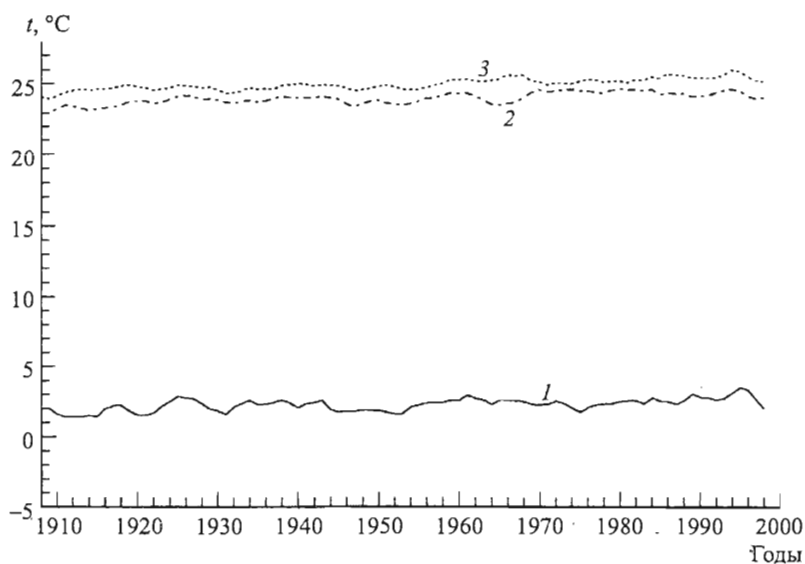


Рис. 1. Скользящие 3-летние среднегодовые температуры воздуха на станциях 1 (1), 15 (2) и 16 (3).

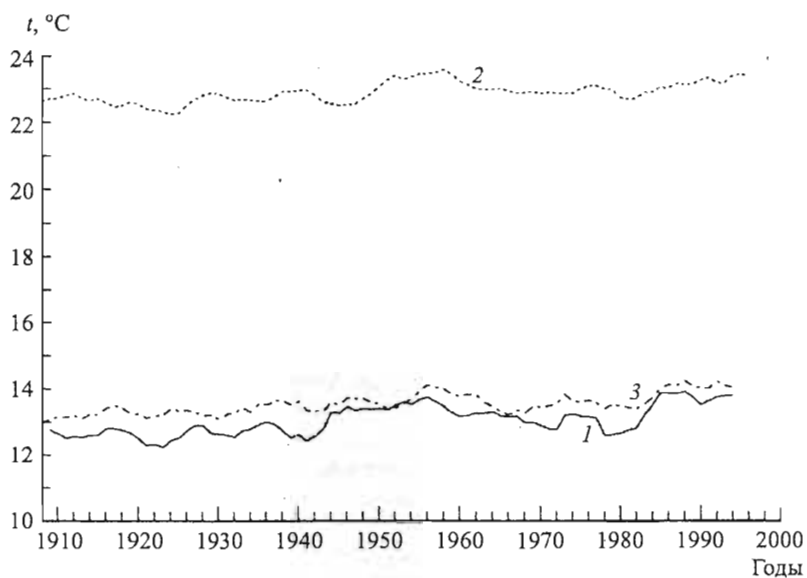


Рис. 2. Скользящие 5-летние среднегодовые температуры воздуха на станциях 19 (1), 20 (2) и 34 (3).

сектора (19, 20, 34) в зоне 25–40° с. ш. колебания температуры имеют большую амплитуду и циклический характер, длительность колебаний около 8–11 лет (рис. 2). Наиболее значительные колебания температур с длительностью циклов около 8 и 20 лет наблюдаются в высоких широтах в районе п-ова Аляска (станции 5, 8, 9) (рис. 3).

В результате проведенного анализа многолетнего хода температур воздуха в Тихоокеанском регионе можно сделать следующие выводы:

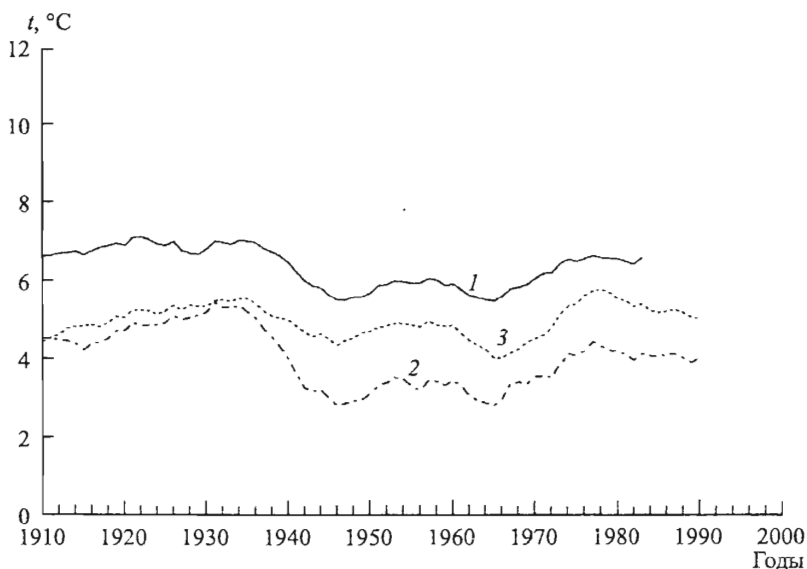


Рис. 3. Скользящие 11-летние среднегодовые температуры воздуха на станциях 5 (1), 8 (2) и 9 (3).

1) особенностью термического режима данного региона является высокая степень неоднородности. Так, на отдельных станциях в периоды потеплений температуры могут медленно понижаться, а в период похолодания — повышаться. Тенденции в изменении сезонных температур не всегда совпадают с тенденциями хода среднегодовых температур;

2) на большинстве станций в секторах каждой зоны отмечается согласованность в ходе температур в различные периоды. Исключение составляют станции Дальневосточного сектора в зоне 5–25° с. ш. Здесь, наряду со значительной, наблюдается слабая согласованность в ходе температуры даже между не слишком удаленными станциями. В отдельные периоды связи могут меняться на противоположные. Это, по-видимому, обусловлено особенностями циркуляции в пограничных районах областей муссонов и изменением положения ВЗК;

3) температура воздуха испытывает многолетние колебания разных длительности и амплитуды, которые в общих чертах синхронны в течение периода наблюдений на значительных территориях как в высоких, так и в низких широтах. Можно выделить три района синхронных колебаний температур: Азиатское побережье в зоне 25–40° с. ш.; центральная часть Тихого океана в зоне 5–25° с. ш.; побережье п-ова Аляска в зоне 40–60° с. ш.;

4) за 1909–2000 гг. на фоне глобального потепления на станциях, расположенных в зоне 55–65° с. ш. Аляскинского сектора, выявлено понижение среднегодовой температуры от 0,07 до 0,10°C за 10 лет;

5) за 1975–2000 гг. рост температуры наблюдается на всех станциях, за исключением отдельных в приэкваториальной зоне и в высоких широтах. Потепление данного периода можно считать наиболее интенсивным за последние 100 лет.

Summary

Osipova T.N., Mitroshina L.I. Changes in annual mean and seasonal means of air surface temperature of different zones and sectors of the Pacific Ocean in North Hemisphere.

Based on the data for the period of 1909–2000, the present investigation revealed changes in annual mean and seasonal means of air surface temperature in the Pacific Ocean (North Hemisphere). It is shown that during the past 100 years the temperature trends differ in various zones and longitude sectors of the Pacific Ocean.

Литература

1. Дроздов О.А., Лугина К.М. Динамика климатической системы и географические условия // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 1997. Вып. 4 (№28).
2. Кондратьев К.Я. Глобальный климат и его изменения. Л., 1987.
3. Современные глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата / Под ред. Ю.П.Переведенцева. Казань, 1999.
4. *Climate change 2001. Third Assessment Report of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge, 2002.
5. Ельчина Л.В., Лугина К.М., Пенязива В.Р. Особенности современных изменений приземной температуры воздуха в приатлантических районах Северного полушария // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 1999. Вып. 2 (№14).
6. Матвеева И.Г. Исследование изменений термического режима в Центральной Атлантике // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2000. Вып. 1 (№7).
7. Кан С.И. Океан и атмосфера. М., 1982.
8. Глобальный климат / Пер. с англ.; Под ред. Дж.Т.Хотона. Л., 1987.
9. Дроздов О.А., Лугина К.М. О неодинаковости проявления колебаний климата в различных секторах и зонах Северного полушария // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 1996. Вып. 1 (№7).

Статья поступила в редакцию 15 декабря 2002 г.