

УДК 551.515:551.501

СЕЗОННЫЕ, ДОЛГОТНЫЕ И ШИРОТНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА РОССИИ В ГОДЫ МАКСИМУМА И МИНИМУМА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

© 2011 г. В. А. Лаптухов, А. И. Лаптухов

Учреждение РАН Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн

им. Н.В. Пушкова, г. Троицк (Московская обл.)

e-mail: laptukhov@izmiran.ru

Поступила в редакцию 12.05.2010 г.

После доработки 15.03.2011 г.

В результате анализа большого массива метеорологических данных показано, что различие температур приземного воздуха в годы максимумов и минимумов солнечной активности существенно разное для разных месяцев года, широт и долгот точек наблюдения. Особенно большие величины этого различия наблюдаются на высоких широтах $60\text{--}83^\circ$ в феврале $+2.07 \pm 0.28^\circ\text{C}$ в полосе долгот $170\text{--}190^\circ$ и в ноябре $-1.41 \pm 0.29^\circ\text{C}$ в полосе долгот $150\text{--}170^\circ$.

1. ВВЕДЕНИЕ

В работе [Лаптухов и Лаптухов, 2010] на массиве данных наблюдений за ~ 100 лет некоторых российских, западноевропейских, канадских, австралийских и других метеорологических станций показано, что температура воздуха на средних широтах в годы, близкие к максимуму солнечной активности (СА), в среднем на $DT = 0.11\text{--}0.15^\circ\text{C}$ выше, чем в остальные годы, близкие к годам минимума СА. Вблизи экватора и полюсов параметр DT отрицателен и меньше по величине. Показано, что величина и знак DT зависят от средней скорости глобальной циркуляции воздуха на поверхности Земли. Параметр DT существенно отличается для разных месяцев года.

Цель работы: на основе гораздо большего массива метеорологических данных провести анализ различий температур воздуха DT в годы максимума и минимума солнечной активности по трем независимым параметрам: месяцу (или сезону) года, долготе и широте точки наблюдения. Введение дифференциации DT от трех этих параметров позволит нам существенно уменьшить погрешность расчета и получить достаточно плавные и убедительные зависимости DT от долготы и широты для разных сезонов года и от номера месяца для разных узких диапазонов широт и долгот.

2. МЕТОД РАСЧЕТА И АНАЛИЗИРУЕМЫЕ ДАННЫЕ

Пусть мы имеем данные среднемесячных значений температур воздуха $T_i(t)$ за многие годы на метеорологических станциях с номером $i = 1, 2, \dots$, географической широтой U_i и долготой D_i . Прове-

дем сортировку этих данных каждой станции наблюдения по четырем параметрам: номер месяца года $m = 1, 2, \dots, 12$, номер группы станций по широте $j = 1 + [(U_i - U_0)/H_U]$, $j = 1, 2, \dots, j_k$, номер группы по долготе $k = 1 + [(D_i - D_0)/H_D]$, $k = 1, 2, \dots, k_k$ и номер группы по солнечной активности $n = 1, 2$. Здесь U_0 и D_0 — минимальные значения соответственно широты и долготы рассматриваемых метеостанций, H_U и H_D — ширина ячейки дискретизации соответственно по широте и долготе, квадратные скобки обозначают оператор взятия целой части от числа, стоящего внутри их, например: $[0.63] = 0$, $[3.99] = 3$. При этом, если станции с номером i соответствуют определенные выше числа j и k , а рассматриваемый момент времени t относится к номеру месяца m и удовлетворяет неравенству $t_{\max} + t_1 < t < t_{\max} + t_2$ (где $t_1 = -1$ год, $t_2 = 4$ года, t_{\max} — любой из моментов максимума СА по числам Вольфа в годах), то соответствующая этому моменту времени температура $T_i(t)$ отнесена в ячейку с номерами m, j, k и $n = 2$. Остальные данные измерений отнесены в ячейки с номерами m, j, k и $n = 1$. Пусть максимальный номер группы по широте $j_k = 4$, а по долготе $k_k = 10$. Тогда после такой сортировки всего массива наших данных в каждой из $12 \times 4 \times 10 \times 2 = 960$ ячеек мы можем подсчитать количество данных измерений $K(m, j, k, n)$, сумму температур и среднее для этой ячейки значение температуры $\langle T(m, j, k, n) \rangle$. Наконец, можно найти разность этих средних температур $DT(m, j, k) = \langle T(m, j, k, 2) \rangle - \langle T(m, j, k, 1) \rangle$ для каждого набора чисел m, j, k . Параметр $DT(m, j, k)$ характеризует влияние СА на температуру приземного воздуха. Если бы влияние СА на температуру было пренебрежимо мало, то годы мак-

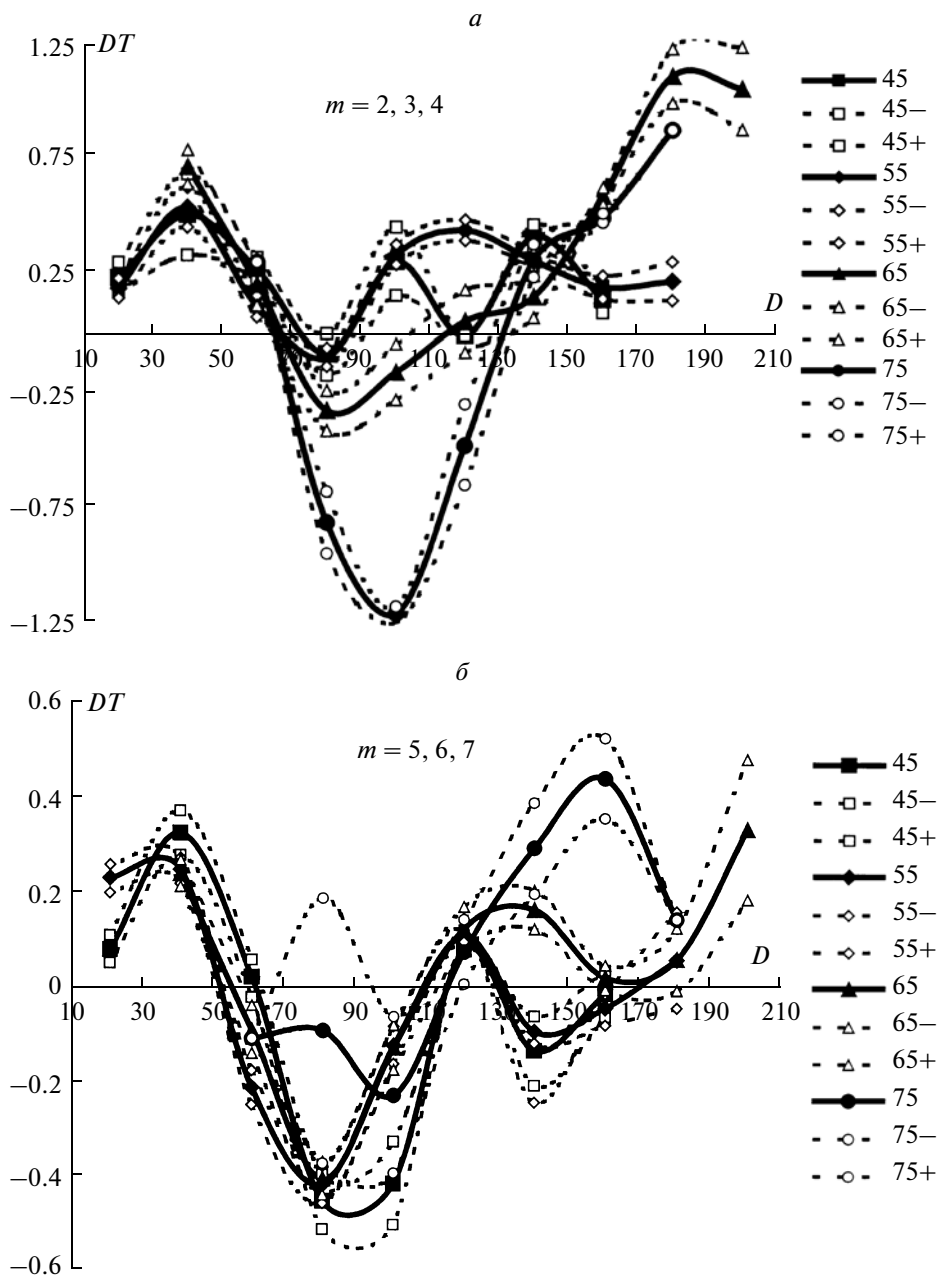


Рис. 1. Зависимость среднего параметра DT от долготы D для четырех интервалов широт $40-50^\circ$, $50-60^\circ$, $60-70^\circ$ и $70-80^\circ$ для: *a* – февраля, марта, апреля; *б* – для мая, июня, июля; *в* – для августа, сентября, октября; *г* – для ноября, декабря и января.

симула и минимума CA не отличались бы заметным образом друг от друга. Тогда параметр $DT(m, j, k)$ был бы равен нулю в пределах погрешности расчета и измерений. Но если величина $DT(m, j, k)$ существенно выше погрешности, то, значит, влияние CA на приземную температуру воздуха реально существует.

В этой работе мы анализировали среднемесячные значения температур воздуха для 333-х метеорологических станций России, взятые в Ин-

тернете с сайта: <http://aisori.meteo.ru/climat>. Каждая из этих станций вела измерения за промежуток времени от 50-ти до 100 лет. К сожалению, на этом сайте не указаны широта и долгота станций, а только их кодовые номера. Поэтому нам пришлось взять географические координаты исследуемых метеорологических станций с известными кодовыми номерами с сайта: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/daily> (программа Global historical climatology network). Однако и здесь для некоторых станций России их географические ко-

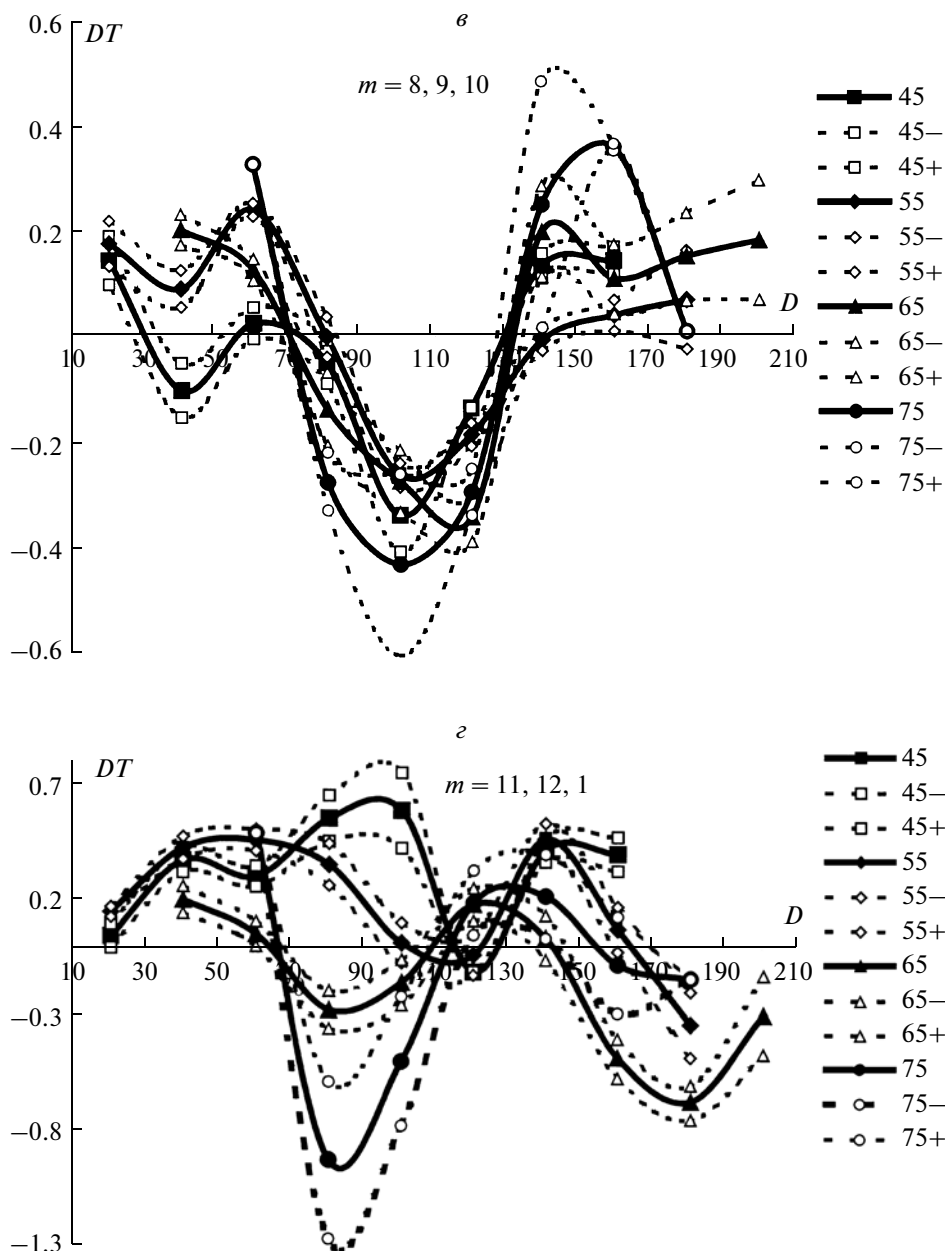


Рис. 1. Окончание.

ординаты отсутствуют, и поэтому мы их не рассматривали. Кстати, большинство из этих ~120-ти станций имеют короткие ряды наблюдений, поэтому, не учитывая их, мы не много потеряли (для наших целей важно использовать длинные временные ряды наблюдений).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Разделим диапазон северных широт от 40° – 80° на 4 равных промежутка с интервалом 10° . Разделим диапазон восточных долгот от 0° – 200° на

10 промежутков с интервалом 20° . Таким образом, для одного промежутка широт существует 10 промежутков долгот, всего 40 ячеек. Для каждой ячейки находим среднее значение $DT(m, j, k)$. Будем вести усреднение по трем месяцам m (по астрономическим сезонам года). Результаты усреднения за месяцы февраль, март, апрель приведены на рис. 1а; за май, июнь, июль – на рис. 1б; за август, сентябрь, октябрь – на рис. 1в; и за ноябрь, декабрь, январь – на рис. 1г. На рисунке 1 толстые кривые 45, 55, 65 и 75 описывают долготные зависимости параметра DT для широт 40° – 50° , 50° – 60° ,

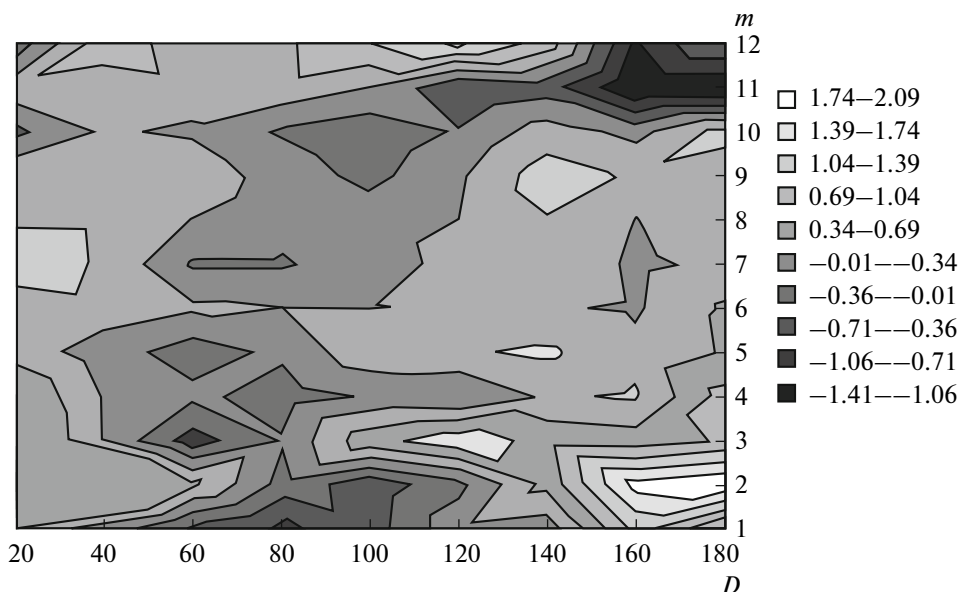


Рис. 2. Зависимость параметра DT в области широт $U = 60\text{--}83^\circ$ от номера месяца года ($m = 1, 2, \dots, 12$) и восточной долготы метеостанции $D = 10\text{--}190^\circ$.

$60\text{--}70^\circ$ и $70\text{--}80^\circ$, соответственно. Тонкие штриховые линии 45_{\pm} , 55_{\pm} , 65_{\pm} , 75_{\pm} обозначают погрешности расчета соответствующих средних значений на величину $\pm\sigma$, рассчитываемых стандартным образом [Корн и Корн, 1978]. К отрицательным (западным) долготам на графиках осуществлена прибавка 360° с целью упрощения масштаба.

Для построения изображенных на рис. 1 графиков мы дополнили данные измерения среднемесячных температур 333-х российских метеостанций 74-мя метеостанциями стран СССР и Европы (Франции, Австрии, Дании, Финляндии). Последние данные были взяты с сайтов: <http://cliware.meteo.ru/inter/data.html> и <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/daily>. Из рисунка 1 видно, что погрешность расчета среднего значения параметра DT существенно меньше самой величины, поэтому зависимость параметра DT от долготы существует, причем она существенно разная как для разных широтных интервалов, так и для разных сезонов года. Именно введение дифференциации параметра DT для разных широт и месяцев года позволило нам значительно уменьшить погрешность расчета, тем самым доказать реальность существования различий температур воздуха в годы максимумов и минимумов СА и, кроме того, выявить сложный характер этих различий как функции месяцев года, широты и долготы точки наблюдения. Если провести усреднение параметра DT по всем месяцам года и/или всем широтам, то при этом истинный шум естественно уменьшится, но возникнет ложный “шум”, обусловленный реально существующей и довольно сильной зависимостью этого пара-

метра как от номера месяца года, так и широты и долготы метеостанции.

На рисунке 2 изображена зависимость параметра DT в области широт от 60 до 83° от долготы D российских метеостанций и номера месяца года ($m = 1, 2, \dots, 12$). Мы выбрали эту полосу широт, так как в ней наблюдаются наибольшие величины параметра DT (см. ниже рис. 3). В этой области широт происходит высыпание частиц из геомагнитного хвоста магнитосферы. Это указывает на влияние процесса высыпания частиц в верхние слои атмосферы на температуру приземного воздуха. Такое утверждение согласуется с работами [Сазонов, 1974; Мустель, 1984], авторы которых считают, что высыпающиеся во время геомагнитной бури из радиационных поясов Земли в атмосферу высокоэнергичные частицы могут быть главным источником энергии, способным влиять на генерацию циклонической деятельности. При этом подчеркивается, что “все четыре основных климатических депрессии северного полушария Земли (Северо-Американская, Исландская, Азиатская, Алеутская) совпадают с основными магнитными аномалиями” [Мустель, 1984]. Различные механизмы влияния СА на климатические параметры атмосферы Земли рассмотрены в работах [Пудовкин и Распопов, 1992; Tinsley, 1996; Жеребцов и др. 2005; Абдусаматов, 2007; Лаптухов и Лаптухов, 2010].

Из рисунка 2 видно: максимальный эффект наблюдается на Чукотке и составляет в феврале $DT = 2.07 \pm 0.28^\circ\text{C}$ для области долгот $D = 170\text{--}190^\circ$ по 10-ти метеостанциям и то же в феврале $DT = 1.87 \pm 0.17^\circ\text{C}$ для области долгот $D = 150\text{--}$

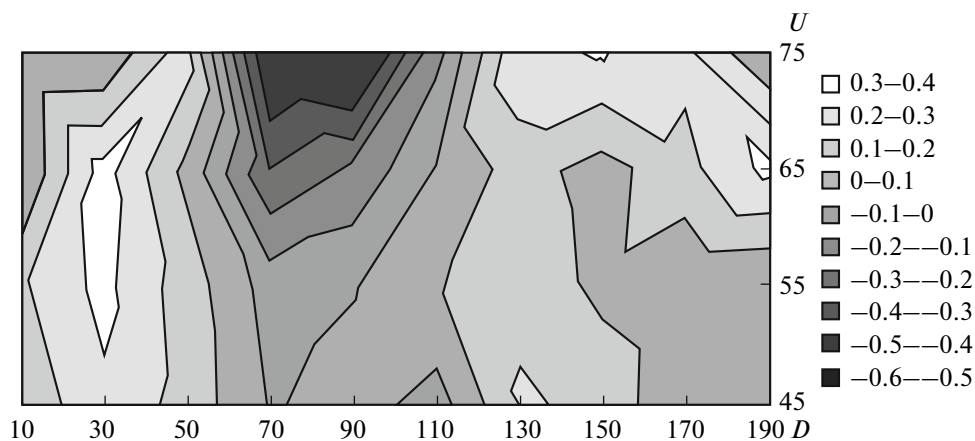


Рис. 3. Зависимость среднего по всем месяцам года значения параметра DT от долготы $D = 0-200^\circ$ и широты $U = 40-80^\circ$.

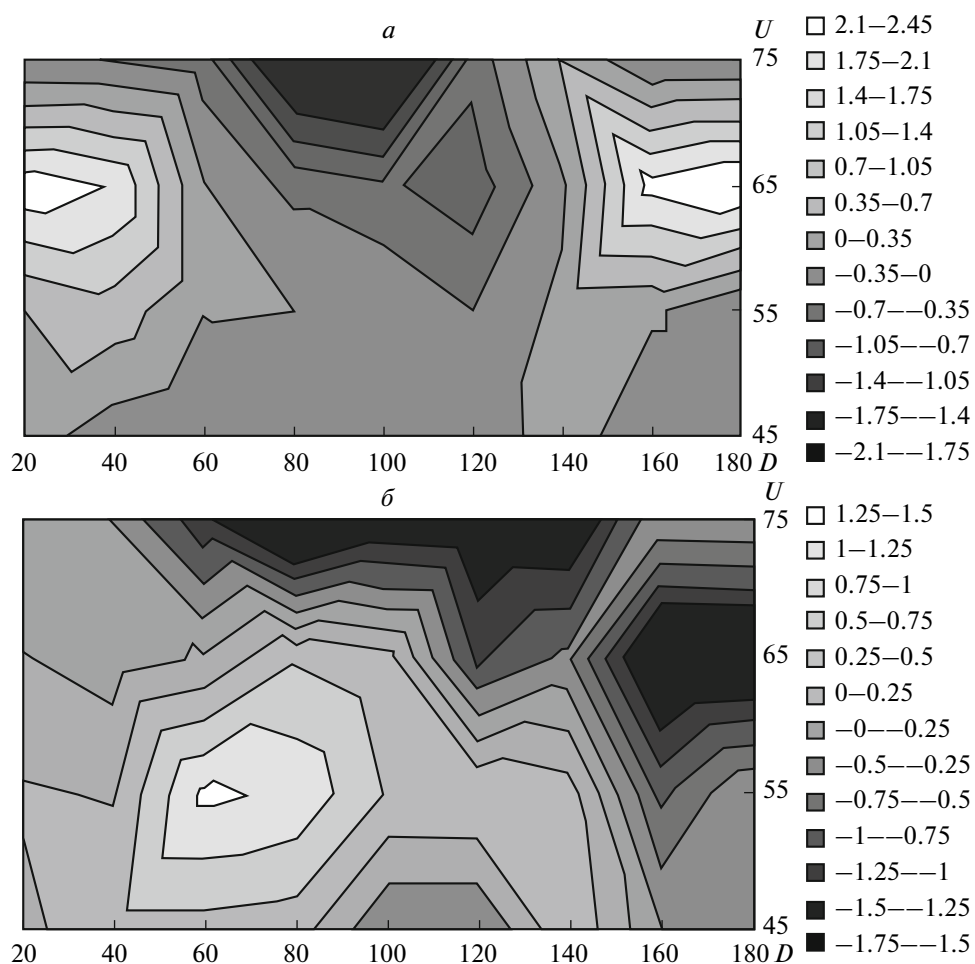


Рис. 4. Зависимость DT от долготы $D = 0-200^\circ$ и широты $U = 40-80^\circ$: a – для февраля; b – для ноября.

170° по 14-ти метеостанциям. Максимальные отрицательные значения наблюдаются в ноябре $DT = -1.55 \pm 0.27^\circ\text{C}$ (14-ти станций) на долготах $D = 150-170^\circ$ и $DT = -1.41 \pm 0.29^\circ\text{C}$ (10 станций)

на долготах $D = 170-190^\circ$. Отметим, что в феврале на долготах $D = 30-50^\circ$ по 22-м станциям также наблюдается большая величина $DT = 1.73 \pm 0.14^\circ\text{C}$. Высокий показатель DT в феврале и ноябре на-

блюдается и у белорусских, эстонских, канадских, российских станций в области широт выше 50° . Такое не наблюдается для австралийских, французских станций в области широт ниже 50° .

На рисунке 3 приведен поверхностный график зависимости среднего по всем 12-ти месяцам года значения параметра DT от долготы $D = 0-200^\circ$ и широты $U = 40-80^\circ$. Из этого рисунка видно, что среднегодовые значения параметра DT имеют наибольшие абсолютные величины для высоких широт: отрицательные в полосе долгот $D = 60-120^\circ$ и положительные в области $D = 130-190^\circ$. Это указывает на то, что области высоких широт более чувствительны к изменениям СА, чем среднеширотные области. Рисунок 3 демонстрирует как сложную зависимость среднегодовых величин параметра DT от долготы и широты, так и достаточно плавный переход от минимальных величин к максимальным во всей области рассматриваемых широт и долгот. Особенно хорошо это видно на поверхностных графиках зависимости DT от долготы и широты для отдельных месяцев года, например, февраля (рис. 4а) и ноября (рис. 4б). Погрешность расчета параметра DT на рисунках 2, 3 приблизительно такая же, как и на рис. 1, а для рис. 4 даже немного меньше.

4. ВЫВОДЫ

1. Средняя по многим (от 5-ти до 10-ти) циклам СА величина различия температур приземного воздуха DT между годами максимальной и минимальной активности Солнца сильно зависит от трех переменных: месяца года, широты и долготы. Введение различий (дифференциации) параметра $DT(m, j, k)$ от трех этих переменных привело к тому, что погрешность расчета существенно уменьшилась и стала значительно меньше самой величины DT . Это позволило убедиться в реальности существования различий температур воздуха в годы максимумов и минимумов СА и установить конкретную зависимость параметра $DT(m, j, k)$ от месяца года, широты и долготы.

2. Сложный характер зависимости $DT(m, j, k)$ как функции месяцев года, широты и долготы точки наблюдения, по-видимому, обусловлен столь же сложной картиной структуры ветров в

атмосфере со сложным рельефом поверхности Земли и ее динамики в цикле СА и в течение года.

3. Отклик температур для высокоширотных областей России на изменение СА более сильный по абсолютной величине, чем для средних широт. По-видимому, это связано с влиянием на климат процесса высыпания космических лучей и частиц плазмы солнечного ветра вдоль силовых линий геомагнитного поля в верхние слои атмосферы.

4. В феврале и ноябре средние по многим циклам СА величины параметра DT в высоких широтах в отдельных долготных интервалах ($150-190^\circ$ и $30-50^\circ$) могут достигать $1.5-2^\circ\text{C}$. Столь большие величины могут представлять интерес и быть использованы для статистического долгосрочно-го прогноза температуры в цикле СА.

Список литературы

- Абдусаматов Х.И. Об уменьшении потока солнечного излучения и понижении глобальной температуры Земли до состояния глубокого похолодания в середине XXI века // Изв. КРАО. Т. 103. № 4. С. 292–298. 2007.
- Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука. 831 с. 1978.
- Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С. И., Рубцова О.А. Модель воздействия солнечной активности на климатические характеристики тропосферы Земли // Оптика атмосферы и океана. Т. 18. № 12. С. 1042–1050. 2005.
- Лантухов А.И., Лантухов В.А. Различия температур воздуха в годы максимума и минимума солнечной активности и его механизм // Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 50. № 3. С. 392–400. 2010.
- Мустель Э.Р. Механизм корпускулярно-атмосферных связей // Астрон. журн. Т. 61. № 6. С. 1179–1183. 1984.
- Пудовкин М.И., Распопов О.М. Механизм воздействия солнечной активности на состояние нижней атмосферы и метеопараметры // Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 32. № 5. С. 1–22. 1992.
- Сазонов Б.И. Энергетика атмосферных процессов и космические лучи // Тр. Гл. геофиз. обсерв. Вып. 316. С. 3–14. 1974.
- Tinsley В.А. Solar wind modulation of the global electric circuit and apparent effect on cloud microphysics, latent heat release, and tropospheric dynamics // J. Geomagn. Geoelectr. V. 48. P. 165–175. 1996.