

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Изменчивость температуры воздуха в тропосфере и стратосфере по
данным радиозондирования в городе Саратов**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 215 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Цыплухиной Полины Владимировны

Научный руководитель
зав. кафедрой, к.г.н., доцент

подпись, дата

М.Ю. Червяков

Зав. кафедрой
к.г.н., доцент

подпись, дата

М.Ю. Червяков

Саратов 2020

ВВЕДЕНИЕ

Атмосферу подразделяют на три главных слоя. Расслоение атмосферы - в первую очередь результат неодинакового изменения температуры воздуха с высотой. Нижние два слоя сравнительно однородны по составу. По этой причине обычно говорят, что они образуют гомосферу.

Нижний слой атмосферы называется тропосферой. Сам этот термин означает „сфера поворота" и связан с характеристиками турбулентности данного слоя. Все перемены погоды и климата являются результатом физических процессов, происходящих именно в этом слое.

Различные превращения энергии происходят в первую очередь именно в тропосфере. Вследствие непрерывного соприкосновения воздуха с земной поверхностью, а также поступления в него энергии из космоса, он приходит в движение. Верхняя граница этого слоя располагается там, где уменьшение температуры с высотой сменяется ее возрастанием, примерно на высоте 15—16 км над экватором и 7—8 км над полюсами. Как и сама Земля, атмосфера под влиянием вращения нашей планеты тоже несколько сплюснута над полюсами и разбухает над экватором. Однако этот эффект выражен в атмосфере значительно сильнее, чем в твердой оболочке Земли.

В направлении от поверхности Земли к верхней границе тропосферы температура воздуха понижается. Над экватором минимальная температура воздуха составляет около -62°C , а над полюсами около -45°C . Однако в зависимости от пункта измерений температура может быть несколько иной. Так, над островом Ява на верхней границе тропосферы температура воздуха падает до рекордно низкого значения -95°C .

Верхняя граница тропосферы называется тропопаузой. В умеренных широтах более 75% массы атмосферы лежит ниже тропопаузы. В тропиках же в пределах тропосферы находится около 90% массы атмосферы.

Тропопауза была открыта в 1899 г., когда в вертикальном профиле температуры на некоторой высоте был обнаружен ее минимум, а затем

температура незначительно повышалась. Начало этого повышения означает переход к следующему слою атмосферы — к стратосфере.

Стратосфера. Термин стратосфера означает «сфера слоя» и отражает прежнее представление о единственности слоя, лежащего выше тропосферы. Особенностью ее является, в частности, резкое повышение температуры воздуха по сравнению с исключительно низкими значениями ее в тропопаузе. В умеренных широтах температура в стратосфере повышается примерно до -40°C . Это повышение температуры объясняют реакцией образования озона — одной из главных химических реакций, происходящих в атмосфере.

Основная масса озона сосредоточена на высотах примерно 25 км, но в целом слой озона представляет собой сильно растянутую по высоте оболочку, охватывающую почти всю стратосферу [1].

Цель магистерской работы является изучение изменчивости температуры воздуха в тропосфере и стратосфере по данным радиозондирования в городе Саратов.

Задачи магистерской работы:

Анализ температурных характеристик тропосферы и стратосферы по данным радиозондирования в городе Саратов.

1. Анализ данных температуры приземного слоя атмосферы с 2011 по 2018 года по данным радиозондирования в городе Саратов.

2. Анализ данных температуры на изобарических поверхностях (10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 700, 850, 925, 1000 гПа.) с 1988 по 1998, с 2009 по 2018 года, так как с 1999 по 2008 работа станции была приостановлена.

Основное содержание работы

Используя базу данных, было проведено исследование изменчивости температуры воздуха в тропосфере и стратосфере по данным радиозондирования в городе Саратов. В ходе работы было проанализировано 8 лет данных значений температуры приземного слоя воздуха в слое от 100 до 4000 м и 21 год данных температуры на стандартных изобарических поверхностях по данным радиозондирования в стандартные сроки: 00 часов и 12 часов по Гринвичу.

Таблица 1 – Среднегодовые значения температуры с 2011 по 2018 гг. за дневной срок наблюдений.

	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018
100	7,8	9,5	9,7	9,1	9,8	10,4	8,7
200	6,7	8,6	8,8	8,1	8,8	9,3	7,6
300	6,0	7,8	8,1	7,4	7,8	8,4	6,9
400	5,5	7,4	7,6	7,0	7,2	7,8	6,4
500	5,0	6,9	7,2	6,6	6,7	7,2	6,0
600	4,7	6,5	6,7	6,2	6,2	6,7	5,7
700	4,3	6,1	6,3	5,9	5,7	6,2	5,4
800	3,8	5,7	5,8	5,4	5,2	5,6	5,0
900	3,0	4,9	5,0	4,5	4,3	4,7	4,3
1000	2,5	4,5	4,5	4,0	3,8	4,2	3,9
2000	-2,6	-0,7	-0,7	-1,1	-1,6	-1,0	-0,8
4000	-13,9	-12,2	-12,2	-12,2	-12,5	-12,5	-12,1

Были рассчитаны среднегодовые температуры приземного слоя за каждый год с 2011 по 2018 года (см. табл. 1), за исключением 2015 года, так как отсутствовали данные за январь, февраль и март, и отмечены экстремальные значения.

Были рассмотрены температуры на изобарических поверхностях 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10 гПа с 1988 по 2018 года, за исключением периода 1999-2008 включительно, в связи с временным закрытием аэрологической станции.

5

При анализе рисунка 1 видно, что максимальные значения среднеквадратического отклонения за зимний период наблюдались на больших высотах, а именно на изобарических поверхностях от 30 до 10 гПа. Максимальное значение наблюдалось в январе 2009 года – 14,8 на поверхности 10 гПа, температура изменялась от $-22,1^{\circ}\text{C}$ до $-65,5^{\circ}\text{C}$, потепление длилось, примерно, 14 дней. Так же большое значение отмечалось в январе 2012 года – 13,6 на поверхности 20 гПа, продолжительность потепления 10 дней. Температура изменялась от $-31,1^{\circ}\text{C}$ до $-76,1^{\circ}\text{C}$. В 2016 году среднеквадратическое отклонение составляло 13,9, температура варьировала от $-34,1^{\circ}\text{C}$ до $-73,3^{\circ}\text{C}$, потепление отмечалось 14 дней, и в январе 2011 года – 13,8, там отмечалась самая высокая температура из всего рассматриваемого периода на поверхности 10 гПа – $(-12,1)^{\circ}\text{C}$, а минимальная температура была – $(-63,7)^{\circ}\text{C}$, потепление отмечалось 13 дней.

Так же большие значения наблюдались в январе 2014 года – 12,2, январе 2017 года – 12,5 и январе 2018 года – 12,4.

Практически в январе каждого года были обнаружены большие скачки температуры и преимущественно на поверхности 10 гПа, поэтому для более детального анализа была проанализирована изменчивость температуры в период с 2010 по 2012 года на поверхности 10 гПа.

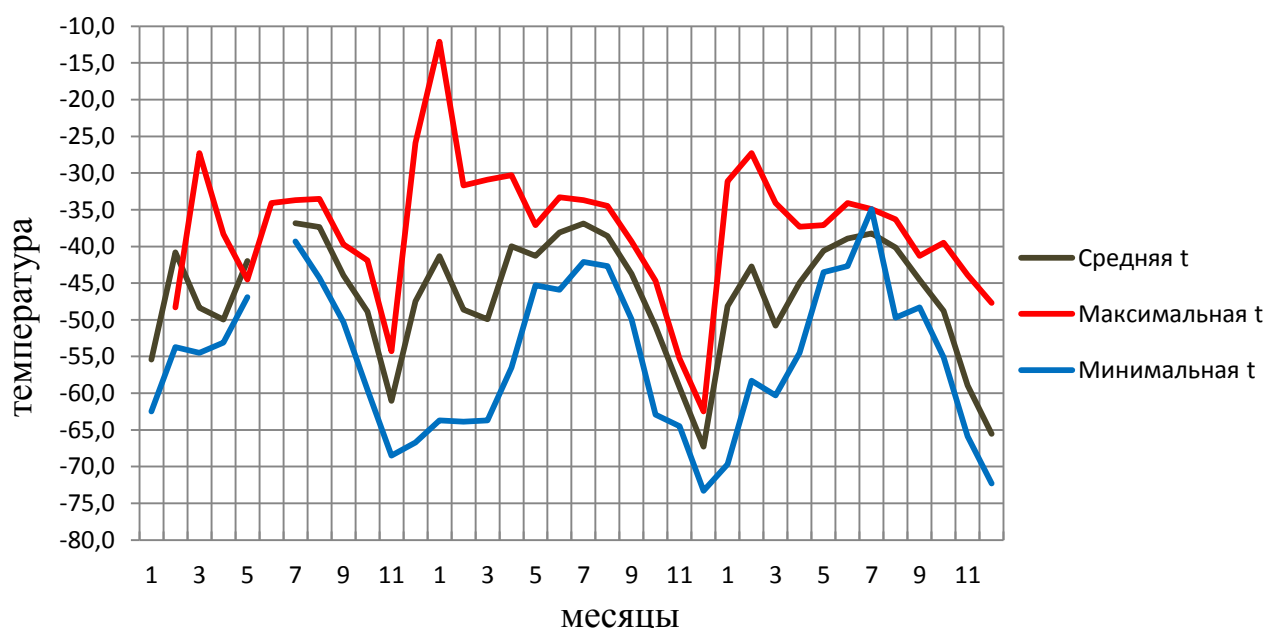


Рисунок 2 – Средняя, максимальная и минимальная температура с 2010 по 2012 годы на изобарической поверхности 10 гПа по данным радиозондирования
(составлено автором)

На рисунке 2 была обозначена максимальная, минимальная и средняя температура каждого месяца с 2010 по 2012 года. Было обнаружено так называемое стратосферное потепление в январе каждого года, особенно ярко оно проявилось в январе 2011 года.

Стратосферное потепление - сильное и внезапное повышение температуры «взрывного характера» в полярной и субполярной стратосфере зимой, иногда на 50°C и более в течение нескольких (порядка десяти) суток.

Стратосферное потепление над Саратовом наблюдается именно в зимний период в январе практически каждого года. Значения температуры в этот период превышают значения летнего периода.

По характеру стратосферного потепления, над Саратовом отмечались незначительные стратосферные потепления, потому что повышение температуры было на $25\text{-}30^{\circ}\text{C}$ и не наблюдалось смены ветра. В январе 2011 года, предположительно, зафиксировано значительное стратосферное потепление, так как была перестройка воздушных масс с западного направления на восточное. Изменение скорости ветра показано на рисунке 3.

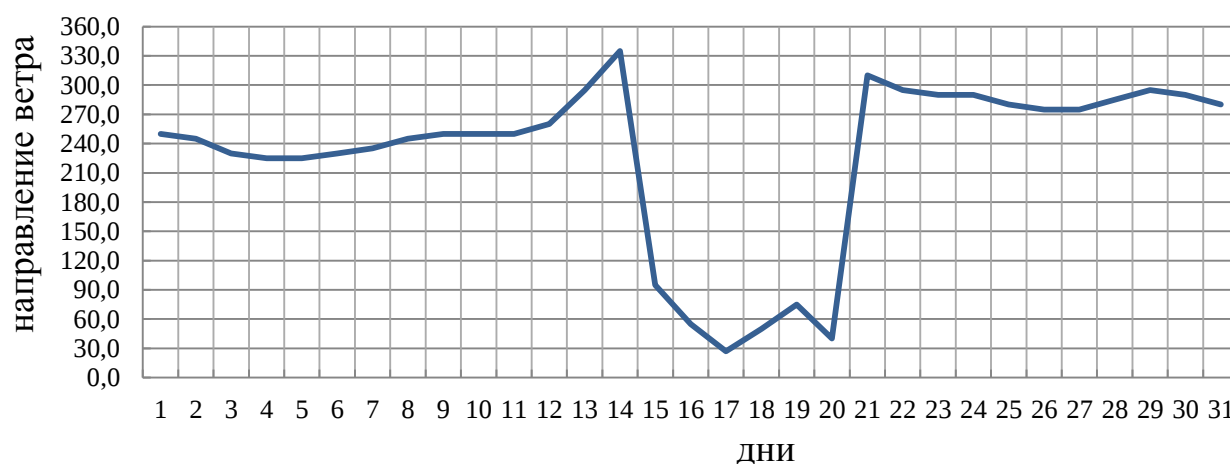


Рисунок 3 – Изменение ветра в январе 2011 года на изобарической поверхности 10 гПа по данным радиозондирования (составлено автором)

Были рассчитаны среднегодовые значения температур на изобарических поверхностях и тренды изменения температуры для каждой поверхности.

Были построены и проанализированы графики изменения температуры на 850, 500, 70 и 10 гПа.

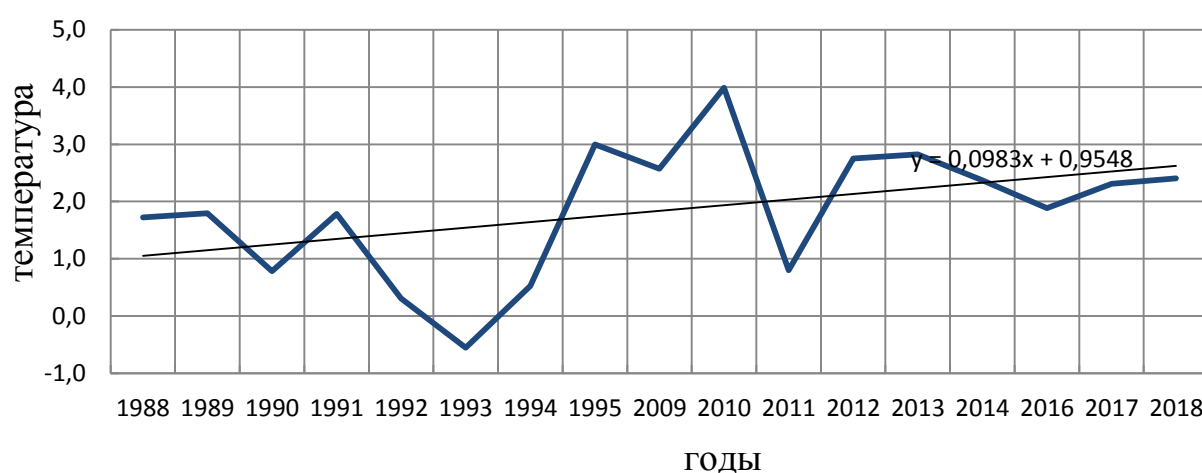


Рисунок 4 – Изменение среднегодовой температуры на поверхности 850 гПа по данным радиозондирования (составлено автором)

На поверхности 850 гПа (1,5 км) видно, что в 1993 году наблюдалось минимальное значение среднегодовой температуры – (-0,6) °C. Максимальное значение отмечалось в 2010 году – 4,0 °C. В целом на поверхности 850 гПа отмечается рост, тренд составил 0,1 (см. рис. 4).

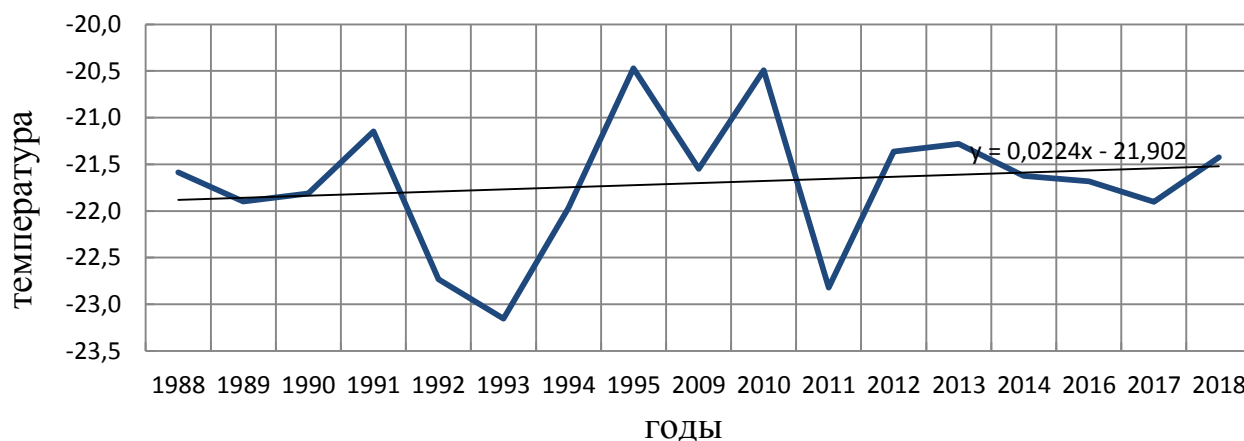


Рисунок 5 – Изменение среднегодовой температуры на поверхности 500 гПа по данным радиозондирования (составлено автором)

На графике изменения среднегодовой температуры на поверхности 500 гПа (5,5 км), как и на 850 гПа, минимальное значение было в 1993 году – (-23,2) °С, а максимальное в 2010 году – (-20,5) °С, что связано в этом году с долгим блокирующим антициклоном. Графики изменения температуры на 500 гПа и на 850 гПа похожи, но на 500 гПа температура менее изменчива. На высоте 5,5 км по-прежнему наблюдается тенденция роста температуры с трендом - 0,02 (см. рис. 5).

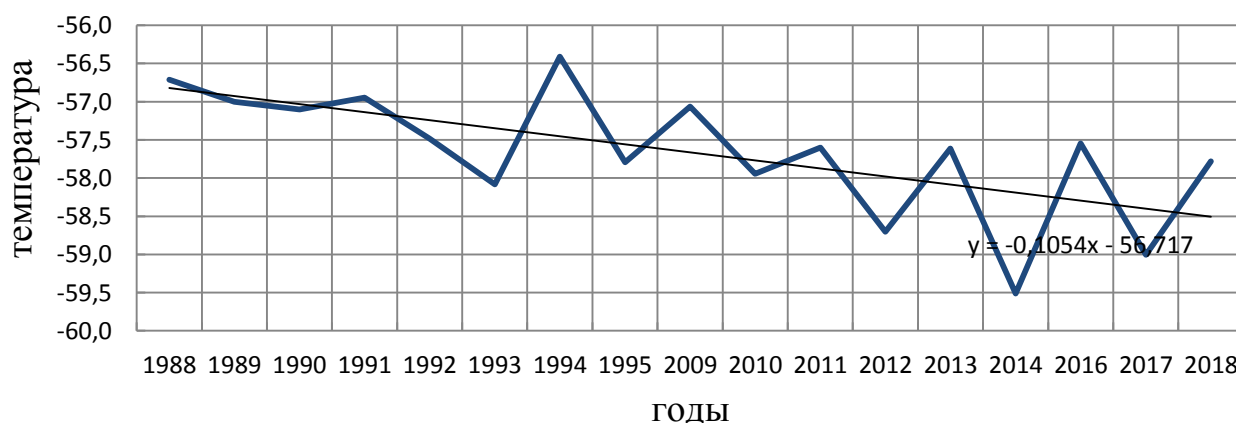


Рисунок 6 – Изменение среднегодовой температуры на поверхности 70 гПа по данным радиозондирования (составлено автором)

На рисунке 6 видно, что наблюдается понижение температуры на поверхности 70 гПа, тренд равен -0,1. Максимальное значение температуры наблюдалось в 1994 году – (-56,4) °С, а минимальное в 2014 году – (-59,5) °С.

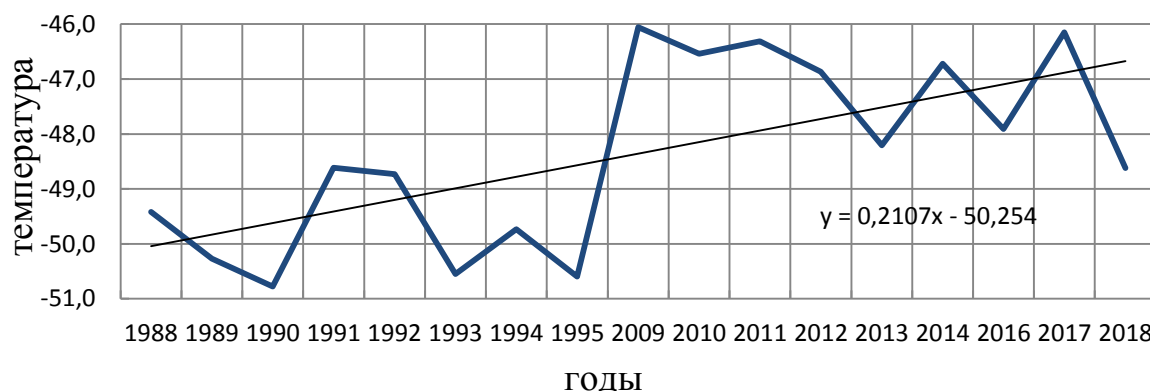


Рисунок 7 – Изменение среднегодовой температуры на поверхности 10 гПа по данным радиозондирования (составлено автором)

На поверхности 10 гПа (30 км) наблюдается рост среднегодовой температуры, тренд составил 0,21. Самое низкое значение было в 1990 году – (-50,8) °С, а самое высокое в 2017 году – (-46,1) °С (см. рис. 7).



Рисунок 8 – Изменение тренда на всех изобарических поверхностях (составлено автором)

На графике изменения значения тренда с высотой (см. рис. 8) видно, что потепление наблюдается до 300 гПа (9-9,5 км), от 300 до 30 гПа (24 км) отмечается похолодание, от 20 до 10 гПа снова потепление.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аэрологические измерения предоставили возможность изучить изменение температуры на разных высотах и на основе исследований, выполненных в магистерской работе, можно сформулировать следующие основные результаты:

Проведен анализ приземной температуры в слое от 100 до 4000 м, выделены экстремальные значения. В зимний период с 2011 по 2018 года самым холодным месяцем оказался февраль 2012 года, а самым теплым февраль 2016 года. В весенний период максимальное значение среднемесячной температуры было в мае 2013 года, а минимальное в марте 2018 года. Летом максимум отмечался в августе 2016, а минимум – июнь 2017 года. В осенний

период максимальные значения среднемесячной температуры осеннего периода были обнаружены в сентябре 2015 года, а минимальные отмечались в ноябре 2011 года. Аномально холодная или аномально теплая температура наблюдается при нестандартной синоптической обстановке.

Проведен анализ температуры на стандартных изобарических поверхностях, выделены экстремальные значения и проанализирована изменчивость на 850, 500, 70 и 10 гПа с 1988 по 2018 годы. В зимний период в нижней тропосфере среднемесячная температура практически не меняется, в средней тропосфере и нижней стратосфере температура понижается, а в верхнем слое стратосферы температура растет. Весной и летом похолодание наблюдается только в нижней стратосфере, выше и ниже этого слоя отмечается потепление. Осенью потепление отмечается в нижней тропосфере и верхней стратосфере, а похолодание в верхней тропосфере и нижней стратосфере.

Было выявлено такое явление, как стратосферное потепление в зимний период: предположительно, в январе 2011 года наблюдалось значительное стратосферное потепление, во все другие остальные случаи – незначительное.

Так же был проведен анализ среднегодовых температур, рассчитан тренд для каждой высоты и сделан вывод, что потепление наблюдается до 300 гПа (9-9,5 км), от 300 до 30 гПа (24 км) отмечается похолодание, от 20 до 10 гПа снова потепление [20-29].