

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Многолетняя изменчивость термического режима на станции Ершов  
в весенне-летний период**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студентки\_\_4\_\_ курса \_\_\_411\_\_\_ группы

направления (специальности) 05.03.05 Прикладная гидрометеорологии  
географического факультета

Налётовой Наталии Владимировны

Научный руководитель  
доцент, к.г.н, доцент

Г.Ф. Иванова

Заведующий кафедрой,  
д.ф.-м.н

М.Б. Богданов

Саратов 2016 год

**Введение.** К неблагоприятным для сельского хозяйства явлениям относят засухи, суховеи, пыльные бури, град, сильные ливни, туманы, сильные морозы, заморозки, малоснежье, многоснежье и другие явления, вызывающие повреждение растений, а также сложные погодные условия во время уборки урожая [1].

Воздух, как и всякое тело, всегда имеет температуру, отличную от абсолютного нуля. Температура воздуха в каждой точке атмосферы непрерывно меняется с изменением времени. Кроме того, в разных местах Земли в одно и то же время она также различна.

Для измерения температуры воздуха в метеорологии в качестве основного термометра принят психрометрический. Термометр устанавливается в психрометрической будке в вертикальном положении.

Психрометрический термометр используется для измерения температуры воздуха, а также при определении влажности воздуха.

В поверочном свидетельстве поправки к показаниям термометра даются через каждые  $10^{\circ}\text{C}$  с точностью до сотой доли градуса. Температура воздуха в метеорологии измеряется в единицах СИ, то есть в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ). Ноль этой шкалы приходится на температуру таяния льда, а  $100^{\circ}\text{C}$  – на температуру кипения воды [2].

К неблагоприятным для сельского хозяйства явлениям относят засухи, суховеи, пыльные бури, град, сильные ливни, туманы, сильные морозы, заморозки, малоснежье, многоснежье и другие явления, вызывающие повреждение растений, а также сложные погодные условия во время уборки урожая [1].

Заморозками называют понижение температуры в приземном слое воздуха или почвы ниже  $0^{\circ}\text{C}$  в теплое время года. Так же как засухи и суховеи, заморозки наносят вред растениям, и могут уничтожить урожай. Засуха – это явление, происходящее в почве и атмосфере, которое возникает при длительном отсутствии осадков, высоких температур воздуха в

сочетании с большой испаряемостью, в результате чего нарушается водный баланс, и растения резко снижают свою продуктивность [1].

Под суховеем в общем смысле понимают ветер (скорость более 5м/с на высоте флюгера), при котором высокая температура воздуха сочетается с низкой относительной влажностью и большим дефицитом упругости водяного пара [1].

Целью настоящей бакалаврской работы являлось изучение термического режима на станции Ершов в весенне-летний период и его многолетней изменчивости. Исходными данными для выполнения курсовой работы являлись среднемесячные температуры воздуха на станции Ершов с 1960 по 2008 гг. в весенне-летний период.

Задачи:

- Рассчитать статистические характеристики среднемесячной температуры воздуха в весенне-летний период на станции Ершов.
- Рассчитать повторяемость различных градаций среднемесячной температуры воздуха в весенне-летний период на станции Ершов.
- Рассчитать многолетнюю изменчивость температуры воздуха в весенне-летний период на станции Ершов.
- Найти отклонение среднемесячной температуры воздуха исследуемого периода на станции Ершов от климатической нормы.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников из 21 наименований.

1 глава: Неблагоприятные агроклиматические условия в весенне-летний период;

2 глава: Статистические характеристики температуры воздуха в весенне-летний период на станции Ершов;

3 глава: Многолетняя изменчивость температуры воздуха в весенне-летний период на станции Ершов.

Основными методами исследования являются статистический и регрессионный анализы.

**Основное содержание работы.** Суточный и годовой ход температуры воздуха в приземном слое атмосферы определяется по данным о температуре на высоте 2 м. В основном этот ход обусловлен соответствующим ходом температуры деятельной поверхности. Особенности хода температуры воздуха определяются его экстремумами, т.е. наибольшими и наименьшими значениями температуры (максимум и минимум). Разность между этими значениями называют амплитудой хода температуры воздуха. Закономерность суточного и годового хода температуры воздуха выявляется при осреднении результатов многолетних наблюдений. Амплитуда суточного хода температуры воздуха над сушей всегда меньше амплитуды суточного хода температуры поверхности почвы. Она зависит в основном от тех же факторов, что и последняя амплитуда, т.е. от времени года, географической широты, облачности, рельефа местности, а также от характера деятельной поверхности и высоты над уровнем моря.

Особенности суточного хода температуры воздуха следует учитывать при размещении культурных растений, выбирая для наиболее теплолюбивых культур те формы рельефа, которые обуславливают меньшую амплитуду хода температуры воздуха и почвы и, следовательно, менее морозоопасны.

Деятельная поверхность в зависимости от ее особенностей в разной степени влияет на амплитуду суточного хода температуры воздуха. Над растительным покровом амплитуда меньше, чем над сухой оголенной почвой, еще меньше она над болотами и водоемами.

По значению амплитуды и по времени наступления экстремальных температур выделяют четыре типа годового хода температуры воздуха: экваториальный, тропический, тип умеренного пояса и полярный тип.

Неблагоприятные для сельского хозяйства явления климата и погоды – это понятия биоклиматические, так как они рассматриваются по реакции растений на погоду и характеризуются сопряженными агрометеорологическими и биологическими показателями.

Засуха – явление, происходящее в почве и атмосфере, которое возникает при длительном отсутствии осадков, высоких температурах воздуха в сочетании с большой испаряемостью, в результате чего нарушается водный баланс и растения резко снижают свою продуктивность.

Засуха представляет собой особую опасность, если она сочетается с неблагоприятными условиями предшествующих осени и зимы (сухая осень, малоснежная зима, глубокое промерзание почвы).

Суховеи – метеорологическое явление, которое характеризуется низкой относительной влажностью, высокой температурой приземного слоя воздуха и ветром, иногда достигающим значительной скорости (более 10 м/с). Это обуславливает высокую испаряемость, вызывает нарушение водного баланса растений, повреждение отдельных органов и в некоторых случаях гибель посевов. С увеличением скорости ветра вредное действие суховея на растения усиливается [5].

В работе по исходному ряду значений среднемесячной температуры воздуха на станции Ершов за период с 1946 по 2002 годы были рассчитаны следующие статистические характеристики [10]:

1. Среднее многолетнее значение воздуха:

$$x_{\text{ср}} = \frac{\sum x_i}{n} . \quad (1)$$

2. Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma_x = \sqrt{\left[ \frac{\sum (x_i - x_{\text{ср}})^2}{(n-1)} \right]}, \text{ при } n > 30. \quad (2)$$

3. Максимальные и минимальные значения за период

4. Размах варьирования:

$$R = X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}}. \quad (3)$$

5. Коэффициент вариации:

$$c_x = \frac{\sigma_x}{x_{\text{ср}}}. \quad (4)$$

Ошибки статистик рассчитывались по следующим формулам:

Среднего арифметического значения:

$$\sigma_{\text{хср}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \cdot \quad (5)$$

Среднего квадратического отклонения:

$$\sigma = \frac{\sigma_x}{\sqrt{(2n-1)}} \cdot \quad (6)$$

Коэффициента вариации:

$$\sigma_c = C_x \frac{\sqrt{(1+C_x^2)}}{\sqrt{2n}} \cdot \quad (7)$$

Среднее квадратическое отклонение показывает, насколько в среднем колеблется величина признака у единиц исследуемой совокупности, и выражается в тех же единицах измерения, что и варианты.

Размах варьирования определяется как абсолютная величина разности между максимальными и минимальными значениями признака.

Коэффициент вариации — это показатель, отражающий разброс значений относительно среднего (отношение стандартного отклонения к среднему значению). Данный коэффициент измеряется в процентах и отражает однородность временного ряда.

Таблица 1 – Статистические характеристики среднемесячной температуры воздуха в весенний период на станции Ершов с 1960 по 2008 гг. (составлена автором)

Статистические характеристики	Март	Апрель	Май
Среднее, °С	-4,3±0,51	7,4±0,41	15,2±0,36
Среднеквадратическое отклонение, °С	3,6±0,05	2,9±0,04	2,5±0,04
Максимальное, °С	2,5	13,7	20,1
Минимальное, °С	-10,8	1,4	11,0
Размах варьирования, °С	13,3	12,3	9,1
Коэффициент вариации	0,9±0,02	0,4±0,006	0,2±0,003

Весной статистические характеристики температуры воздуха следующие: значения среднемесячных температур изменяются от  $-4,3^{\circ}\text{C}$  в марте до  $+15,2^{\circ}\text{C}$  в мае. Среднеквадратическое отклонение составляет в мае  $2,5^{\circ}\text{C}$ , в марте величина наибольшая  $3,6^{\circ}\text{C}$ . Максимальной величины среднемесячная температура в весенний период достигает в мае и составляет  $20,1^{\circ}\text{C}$ . А самые низкие значения из максимальных температур в марте,  $2,5^{\circ}\text{C}$ . Минимальные значения среднемесячной температуры весной также существенно отличаются и составляют в марте  $-10,8^{\circ}\text{C}$ , в мае  $11,0^{\circ}\text{C}$ . В результате размах варьирования достигает наибольшей величины в марте и составляет  $13,3^{\circ}\text{C}$ . В мае размах варьирования наименьший за весну и равен  $9,1^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент вариации в марте максимальный и составляет 0,9, в апреле и в мае значительно меньше и составляет 0,4 и 0,2 соответственно.

Таблица 2 – Статистические характеристики среднемесячной температуры воздуха в летний период на станции Ершов с 1960 по 2008 гг. (составлена автором)

Статистические характеристики	Июнь	Июль	Август
Среднее, $^{\circ}\text{C}$	$19,5\pm 0,41$	$21,7\pm 0,40$	$20,1\pm 0,36$
Среднеквадратическое отклонение, $^{\circ}\text{C}$	$2,9\pm 0,04$	$2,8\pm 0,04$	$2,5\pm 0,04$
Максимальное, $^{\circ}\text{C}$	24,5	25,3	25,8
Минимальное, $^{\circ}\text{C}$	15,2	18,2	17,1
Размах варьирования, $^{\circ}\text{C}$	9,3	7,1	8,7
Коэффициент вариации	$0,2\pm 0,003$	$0,1\pm 0,001$	$0,1\pm 0,001$

Летом статистические характеристики температуры воздуха изменяются слабее, чем в весенние месяцы: наиболее высокая среднемесячная температура отмечается в июле  $21,7^{\circ}\text{C}$ , а самая низкая - в июне  $19,5^{\circ}\text{C}$ . Среднеквадратическое отклонение в летние месяцы мало меняется: в июне составляет  $2,9^{\circ}\text{C}$ , а в августе  $2,5^{\circ}\text{C}$ . Максимальная величина среднемесячной температуры в августе наибольшая за лето  $+ 25,8^{\circ}\text{C}$ , в июне самое низкое значение максимальной среднемесячной температуры  $24,5^{\circ}\text{C}$ .

Минимальная величина среднемесячной температуры в летний период: в июне 15,2°C, в июле 18,2°C. Размах варьирования в июне 7,1°C и в июле 9,3°C. Очень маленькая величина коэффициента вариации во все летние месяцы: 0,1 – 0,2.

Рассчитанная повторяемость различных градаций среднемесячных температур воздуха за период с 1960-2008 гг. показала, что температуры от -12 до 0°C отмечаются только в одном месяце весеннего периода – в марте. В марте наибольшая повторяемость приходится на градацию -6...-3°C, которая составляет 12%. Наименьшая повторяемость приходится на градацию 0...3°C и составляет 3%. В апреле наибольшая повторяемость приходится на градации 3...6°C и 6...9°C и составляет по 11%. А наименьшую повторяемость можно наблюдать в градациях 0...3°C с повторяемостью около 1%. В мае – последнем месяце весеннего периода, наибольшая повторяемость приходится на градацию 15...18°C, когда число случаев составляет 14%. А наименьшая повторяемость на градации 9...12°C, в процентах 2%. В целом за весенний период наибольшая повторяемость приходится на градацию 12...15°C (22 случая/15%), а наименьшая повторяемость в градации -12...-9°C (6 случаев/4%).

В первом месяце лета – июне наибольшая повторяемость приходится на градации 16...19°C и 19...22°C, что соответствует 13%. Наименьшая повторяемость отмечается в градации 13...16°C, что составляет всего 1%. Во втором месяце лета – июле наибольшая повторяемость приходится на градацию 19...22°C, что приблизительно составляет 16%, наименьшая повторяемость наблюдается в градации 25...28°C, составляет 1%. В августе наибольшая повторяемость попадает в градацию 19...22°C и составляет 21% или 30 случаев. В градации 25...28°C наименьшая повторяемость и составляет 1%. В целом за летний период наибольшая повторяемость приходится на градацию 19...22°C 50% случаев.

Основным методом исследования и расчета линейного тренда явился метод наименьших квадратов. Согласно методу наименьших квадратов,

наилучшими коэффициентами аппроксимации или выравнивания считаются те для, которых сумма квадратов невязок будет минимальной [11].

Уравнение линейного тренда имеет вид:

$$y=b_0+b_1*x,$$

где  $x$  - номер года,

$b_0, b_1$ —коэффициенты линейного тренда.

Коэффициенты линейного тренда рассчитываются по следующим формулам:

$$b_0 = \frac{\sum y * \sum x - \sum (y * x) * \sum x}{n * \sum x - (\sum x)^2},$$

$$b_1 = \frac{n * \sum y * x - \sum x * \sum y}{n * \sum x - (\sum x)^2},$$

где  $n$  – число лет,  $y$ —температура воздуха.

В марте наиболее высокие среднемесячные температуры отмечались в 2002 (2,5°C), 2008 (2,3°C). А наиболее низкие температуры отмечались в следующих годах: 1963 (-10,1°C), 1976 (-10,8°C), 1987 (-9,9°C), 1996 (-9,5°C).

В апреле наиболее высокие среднемесячные температуры отмечались в 1975 (13,7°C), 1987 (12,3°C), 1995 (13,2°C), 2000 (11,2°C), А наиболее низкие температуры отмечались в следующих годах: 1964 (2,1°C), 1979 (3,7°C), 1996 (3,6°C).

В мае наиболее высокие среднемесячные температуры отмечались в 1975 (19°C), 1979 (19,1°C), 1984 (20,1°C), А наиболее низкие температуры отмечались в следующих годах: в 1964 и 1969 (12,9°C), 1978 (13,1°C), 2002 (12,3°C).

Как следует из таблицы 3 в марте и апреле отмечается повышение температуры воздуха в Ершове со скоростью в марте 3,00°C/10лет, а апреле 0,01°C/10лет, в мае отмечается понижение температуры воздуха, на -0,05°C/10лет. В целом за 49 лет рассматриваемого периода температура воздуха в Ершове повысилась в марте на 14,7°C, в апреле на 0,1°C, в мае понизилась на -0,2°C.

Таблица 3 – Коэффициенты линейного тренда  $b_1$  ( $^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ ) среднемесячной температуры воздуха на станции Ершов в весенний период и изменение температуры за период с 1960 по 2008 гг. (составлена автором)

Месяц	$b_1$ ( $^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ )	Изменение температуры за 1960-2008гг. ( $^{\circ}\text{C}$ )
Март	3,00	14,7
Апрель	0,01	0,1
Май	-0,05	-0,2

В июне наиболее высокие среднемесячные температуры отмечались в 1975 ( $23,5^{\circ}\text{C}$ ), 1987 ( $23,4^{\circ}\text{C}$ ) 1995 ( $23,9^{\circ}\text{C}$ ) 1998 ( $24,5^{\circ}\text{C}$ ). А наиболее низкие температуры отмечались в следующих годах: 1978 ( $15,8^{\circ}\text{C}$ ), 1982 ( $16,4^{\circ}\text{C}$ ), 1993 ( $17,4^{\circ}\text{C}$ ), 2003 ( $15,2^{\circ}\text{C}$ ).

В июле наиболее высокие среднемесячные температуры отмечались в 1972 ( $25,1^{\circ}\text{C}$ ), 1981 ( $24,6^{\circ}\text{C}$ ), 1984 ( $24,8^{\circ}\text{C}$ ), 1998 ( $24,9^{\circ}\text{C}$ ), 2002 ( $25,3^{\circ}\text{C}$ ). А наиболее низкие температуры отмечались в следующих годах: 1968 ( $18,3^{\circ}\text{C}$ ), 1976 ( $18,2^{\circ}\text{C}$ ), 1994 ( $18,3^{\circ}\text{C}$ ).

В августе наиболее высокие среднемесячные температуры отмечались в 1972 ( $25,4^{\circ}\text{C}$ ), 2007 ( $25,8^{\circ}\text{C}$ ). А наиболее низкие температуры отмечались в следующих годах: 1973 ( $18,0^{\circ}\text{C}$ ), 1980 ( $17,2^{\circ}\text{C}$ ), 1990 ( $17,1^{\circ}\text{C}$ ).

В летние месяцы отмечаются понижения температуры воздуха в Ершове со скоростью в июне  $-0,5^{\circ}\text{C}$  за 10 лет, в августе  $-0,46^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ . В целом за 49 лет рассматриваемого периода температура воздуха в Ершове в июне понизилась на  $-2,4^{\circ}\text{C}$ , в августе на  $-2,2^{\circ}\text{C}$ , в июле из-за повышения на  $0,21^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ , температура воздуха за 49 лет повысилась на  $1,0^{\circ}\text{C}$  (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициенты  $b_1$  линейного тренда ( $^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ ) среднемесячная температура воздуха на станции Ершов в летний период и изменение температуры за период с 1960 по 2008 гг. (составлена автором)

Месяц	$b_1$ ( $^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ )	Изменение температуры за 1960-2008гг ( $^{\circ}\text{C}$ )
Июнь	-0,50	-2,4
Июль	0,21	1,0
Август	-0,46	-2,2

В работе рассчитанные среднемесячные значения температуры воздуха на станции Ершов за период 1960-2008 гг. были сравнены с климатическими нормами по Научно-прикладному справочнику по климату (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнение климатических норм среднемесячной температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на станции Ершов за 2 периода (составлено автором)

Период	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Исследуемый период (1960-2008гг.)	-4,3	7,4	15,2	19,5	21,7	20,1
Климатические нормы по Науч.-приклад. справочнику (1881-1980гг.) [12]	-6,3	6,3	15,0	19,9	22,2	20,5
$\Delta$	2	1,1	0,2	-0,4	-0,5	-0,4

**Заключение.** Сравнение климатических норм за два периода показало, что рассчитанные значения среднемесячной температуры по станции Ершов за 1960-2008 гг. оказались выше в марте на 2°С в апреле 1,1°С, а в мае на 0,2°С. Однако во все летние месяцы, рассчитанные значения оказались ниже климатической нормы по Научно-прикладному справочнику на 0,4 – 0,5°С. Полученные отклонения рассчитанных среднемесячных температур на станции Ершов в целом согласуются с полученными величинами линейных трендов.

В работе проведено сравнение температуры воздуха в Ершове по скользящим 30-летиям с климатической нормой за период 1961-1990 гг., который принят ВМО в качестве стандартного. Оказалось, что в весенние месяцы в первом 30-летии (1960-1989гг.) температура воздуха оказалась ниже климатической нормы. Во втором периоде, 1970-1999гг., температура была близка к норме. А в третьем 30-летии температура воздуха за 1980-2008 гг. оказалась существенно выше нормы.

В летние месяцы во все три периода температура воздуха в Ершове выше нормы, за исключением августа в период 1970-1999гг, когда она была несущественно ниже нормы. Наиболее высокие значения температуры в весенне-летний период отмечались в третьем периоде 1980-2008гг., что свидетельствует о нарастающем потеплении в Ершове.

По результатам проделанной работы можно сделать основной вывод: Как показали исследования многолетней изменчивости температуры воздуха, рассчитанные среднемесячные температуры по станции Ершов за период 1960-2008 гг. оказались по большинству месяцев весеннего периода выше, а летнего периода ниже климатических норм по данным Научно-прикладного справочника и совпадают по знаку с рассчитанными величинами коэффициентов линейного тренда.

Температура воздуха в Ершове наиболее интенсивно начала расти с 70-х годов 20-го столетия, что совпадает с началом глобального потепления.