

УДК551.583:551.524(470.324)

В.А. Дмитриева

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ Г. ВОРОНЕЖА НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Урбанизация территорий оказывает существенное влияние на метеорологические процессы. Оно выражается в уменьшении или увеличении нагревания земной поверхности, изменении режима осадков и увлажнения, температуры и испарения. В городских условиях роль человеческого фактора в этих процессах усиливается. Выделение тепла и выбросы загрязняющих продуктов промышленными и коммунальными предприятиями в атмосферу, городская застройка, твердое покрытие земли создают собственный климат городов. Чем крупнее город, тем больше отличается его климат от окружающей местности. Изучение особенностей метеорологических процессов в городе и климата в целом представляет сложную научную проблему. Исследование климата города Воронежа не является исключением.

Интерес к изучению погоды и климата в г. Воронеже возникает в середине XIX века. Первые визуальные наблюдения погоды отмечает протоиерей Покроводевичьево монастыря Василий Путилин в 1850 г. Инструментальные наблюдения за температурой воздуха, давлением, атмосферными осадками были организованы с 1851 г. при Михайловском кадетском корпусе, а с 1861 г. – при Помологическом рассаднике. Но они носили случайный характер. Регулярные метеорологические наблюдения на стационарных пунктах стали вести только в начале следующего столетия.

Большую роль в организации постоянной метеорологической сети в Воронежском губернском земстве сыграл А.В. Шипчинский. В 1913 году ему, ассистенту Воронежского сельскохозяйственного института, земство по-

ручило создать метеорологическую сеть. При его непосредственном участии и руководстве на территории земства открывались метеостанции, которых к 1930 году насчитывалось уже 358. Сам А.В. Шипчинский активно занимался изучением климата. Монографии “Климат ЦЧО”, опубликованные им в 1929 – 1931 гг., – первые крупные территориальные обобщения по климату, являются ныне библиографической редкостью. Автор рассмотрел важнейшие элементы климата: температуру воздуха, атмосферные осадки, ветер.

Начало XX века характеризуется активным развитием метеорологической сети, научно-производственных и научно-исследовательских организаций. Страна вступила в период грандиозного проектирования и строительства первых гидроэлектростанций, предусмотренных планом электрификации России (ГОЭЛРО). Народное хозяйство нуждалось не только в наблюдениях за погодой, но и в фактической информации о водных объектах. Гидрологических данных о водных источниках и водоемах на тот момент времени было очень мало, и величины речного стока в гидрологических расчетах зачастую определяли по их связям с метеорологическими элементами: атмосферными осадками, температурой воздуха, дефицитом влажности воздуха и др. Потребность в метеорологических наблюдениях была огромна.

Но становление и развитие метеорологической сети осуществлялось сложно. Все события, которые происходили в истории Черноземного края: разделение ЦЧО на Курскую и Воронежскую области, Великая Отечествен-

ная война, образование Липецкой и Белгородской областей, экономического района ЦЧР – отражались на состоянии метеорологической, а с 1929 года – единой гидрометеорологической сети. Головные органы переводились из Курска, где метеорологическая сеть ЦЧО берет свое начало, в Воронеж и обратно. Реорганизации далеко не всегда способствовали совершенствованию сети.

Неблагоприятные метеорологические явления: жесточайшие засухи, неоднократно обрушивавшиеся на территорию России, черные пыльные бури, град, ливневые дожди, ураганные ветры – сводили на нет труд крестьянина-земледельца. Зависимость от стихийных сил природы заставляла землепашцев вести наблюдения за погодой. Народные приметы, связанные с погодой, передавались из поколения в поколение. В народном эпосе сложено немало пословиц и поговорок, отражающих человеческую наблюдательность и мудрость. Из потребностей практического использования сведений о погоде возникла сельскохозяйственная метеорология, которая сегодня составляет основу метеорологического мониторинга Воронежской области.

Огромную роль в становлении агрометеорологии сыграл великий русский географ и климатолог А.И. Воейков. Он придавал исключительное значение знаниям о погоде в сельскохозяйственном производстве. Возглавляя Метеорологическую комиссию Русского географического общества, он только в одном 1885 г. открыл 12 сельскохозяйственно-метеорологических станций. Таких станций не было не только в России, но и за рубежом. Из всех

метеорологических станций г. Воронежа, открывавшихся в разные годы при губернском земстве, кадетском корпусе, помологическом рассаднике, университете, опытном поле – уцелела и продолжает вести наблюдения лишь Воронежская агрометеорологическая станция. Она была создана в 1918 г. при Воронежском сельскохозяйственном институте для учебных целей, но очень скоро, в 1922 г., преобразована в опорную станцию. В настоящее время – это станция I разряда, осуществляющая полный комплекс метеорологического мониторинга. Ее данные вполне пригодны для анализа климата города.

Любые изменения в термическом режиме города, региона, целой страны или континента происходят на фоне глобальных процессов. Изменение газового состава атмосферы должно было привести к повышению приземной температуры воздуха на планете к концу прошлого века на 1,5° С и к середине текущего столетия – на 3-4°С [5, таблица 1].

Планетарное изменение климата, которое прогнозировали ученые два - три десятилетия назад [1, 3, 4, 5], уже отмечается и в умеренных широтах. Рост температуры воздуха большинство климатологов связывают с увеличением концентрации газов, создающих парниковый эффект. Но существуют также и иные точки зрения (Кондратьев, 1995), объясняющие потепление климата астрономическими причинами. Несмотря на некоторые различия в мнениях на причины общего потепления, прогнозы изменения температуры воздуха подтверждаются сегодня высокой оправдываемостью. Глобальное потепление климата уже зак-

Таблица 1

Повышение средней температуры воздуха (°С), обусловленное изменением химического состава атмосферы

Литературный источник	Годы			
	1975	2000	2025	2050
Бабкин, Будыко, Соколов (1986)	0,5	1,5	2,2	2,7
Антропогенные изменения климата, 1987	0,5	1,5	2,5	3-4

Термический режим г. Воронежа на фоне глобального потепления климата

ладывается в потенциальные схемы ведения хозяйства [11].

Существенные изменения, отмечаемые в климате северного полушария в последние десятилетия ушедшего столетия, естественным образом отражаются на климате города, его температурном режиме. Формирование последнего обусловлено не только зональными, макромасштабными процессами, но и характерными региональными особенностями. Рассмотрение термического режима г. Воронежа на фоне глобального изменения климата явилось отправной точкой настоящего исследования. Кроме того, климат города привлек наше внимание еще и потому, что последнее крупное обобщение по климату г. Воронежа относится к 1984 г. [9], а фрагментарные исследования, выполненные в разные годы [8, 6, 7] нуждаются сегодня в уточнении. В основу статистических расчетов и анализа положены наблюдения агрометеостанции Воронеж. Исходными материалами послужили среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха за 1949 – 1999 гг.

Агрометеостанция находится на территории Воронежского агроуниверситета, в 2,5 км к северу от г. Воронежа. Первоначально станция располагалась в 150 метрах от главного учебного здания сельскохозяйственного института. Но институт расширялся, прилегающая территория застраивалась учебно-производственными корпусами. Станция оказалась в зоне застройки. Так как показания станции перестали быть репрезентативными, возникла необходимость переноса станции на новое место. В апреле 1930 г. станция заняла ее сегодняшнее положение. Она находится в 400 м от главного учебного и административного корпуса агроуниверситета, почти в центре обширного пахотного поля. Ближайшее строение, дом высотой 6 м, размещается к востоку, в 43 м от метеоплощадки.

Рельеф окружающей местности в радиусе до 10 км равнинный, пересеченный балками, оврагами, долинами рек. Грунтовые воды залегают глубоко. Почвы – выщелоченные чер-

ноземы. Ближайшие леса расположены от метеостанции к северо-западу, северу и северо-востоку на расстоянии до 0,7–1,0 км и состоят из лиственных пород (преимущественно дуба). Леса идут не сплошным густым массивом, а значительно изрежены.

Абсолютная высота метеостанции 147 м, тип защищенности станции II [5]. Таким образом, показания станции можно считать характерными для окружающей местности и пригодными для обобщения.

Для статистической обработки и анализа принимаются только однородные ряды наблюдений. Однородность исходных материалов может быть нарушена переносом метеоплощадки, заменой прибора, изменением методики наблюдения, переводом станции из одного разряда в другой, перерывом наблюдений на год или несколько лет.

Помимо указанного изменения местоположения в наблюдениях на метеостанции Воронеж был длительный перерыв в годы Великой Отечественной войны. В 1942 году измерения на станции были прекращены и возобновились только в 1949 году. Отсутствие данных наблюдений в течение 7 лет не позволяет считать ряд непрерывным. Попытки восстановить пропуски наблюдений не приводят к желаемым результатам: ошибка определения климатических показателей выходит за пределы значимой. В связи с этим в настоящей статье анализируется температура воздуха за период 1949–1999 гг., который отвечает необходимым условиям. За эти годы нарушений однородности ряда нами не обнаружено. Математическое подтверждение данного постулата дает коэффициент автокорреляции, рассчитанный по критерию Фишера. Для принятых рядов он не превышает 0,22. Невысокое значение коэффициента свидетельствует о том, что члены ряда не зависят друг от друга, их появление – событие случайное в статистической совокупности, а следовательно к данному ряду можно применять аппарат математической статистики.

Температурный режим формируется под влиянием радиационных и циркуляционных факторов, ландшафтных и орографических особенностей земной поверхности. Их сочетание и взаимодействие меняется по сезонам года, создает характерный тип погоды.

Солнечная радиация – ведущий фактор, определяющий тепловое состояние подстилающей поверхности и прилежащих слоев воздуха. Количество поступающего тепла определяется географической широтой места, углом наклона солнечных лучей, прозрачностью атмосферы. Солнечная энергия приходит к земной поверхности суммарно в виде прямой и рассеянной радиации. Максимальное нагревание земной поверхности отмечается летом (22 июня) при наибольшем угле наклона солнечных лучей и наибольшей продолжительности светового дня, минимальное – при наименьшем угле падения солнечных лучей и коротком световом дне (22 декабря). Годовая сумма солнечной энергии для Воронежа составляет 3785 мДж/м², (Климат ..., 1984), основная доля поступления которой приходится на теплый весенне-летний период.

Атмосферная циркуляция характеризуется циклонической деятельностью. На территорию города наиболее часто поступают воздушные потоки с Атлантического океана, с Северного Ледовитого океана, из континентальных

районов Азии. Погоду и климат формируют ветры западного, юго-западного, северо-восточного направлений, частота проникновения которых наибольшая. Роза ветров за многолетний период показывает, что преобладающими являются ветры западного направления.

Характер подстилающей поверхности в значительной степени сказывается на микроклимате города [7]. Но территориальное размещение Воронежа на границе Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменной равнины своеобразно проявляется в термическом режиме города, что особенно заметно в зимний период. Ветры, беспрепятственно пересекающие с востока равнинную территорию, задерживаются возвышенностью. Воздушные массы застаиваются, выхолаживая земную поверхность. Совокупность рассмотренных ведущих факторов определяют режим приземной температуры города.

Анализ термического режима г. Воронежа выполнен по хронологическим графикам, составленным по среднемесячным и среднегодовым значениям температуры воздуха за 1949 – 1999 г.г. Пример графического построения среднегодовых температур приводится на рис. 1.

Среднемноголетняя годовая температура воздуха г. Воронежа составляет 6.0°C. На рис. 1 ее изменение показывает средняя линия. По

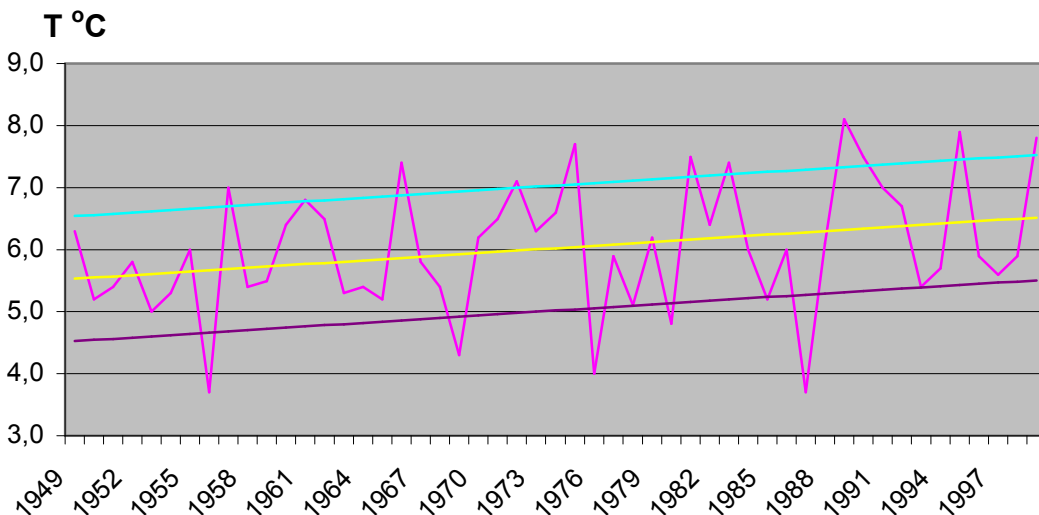


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха г. Воронеж за 1949-1999 гг.

Термический режим г. Воронежа на фоне глобального потепления климата

сравнению с опубликованными ранее данными [10, 9, 6] отмечается увеличение показателя на 0,6° – 0,1° С. Наиболее существенное потепление, на 0,4° С, произошло с 1960 по 1969 гг. и с 1990 по 1999 гг. (таблица 2).

Во внутригодовом распределении температуры наблюдается значительная неоднородность. В холодный период года, с ноября по март, температура воздуха удерживается, как правило, ниже нулевой отметки. Исключения составляют 1970–1979 гг. Средняя температура воздуха ноября оказалась выше нуля градусов и составила 0,6°С. В 1971, 1972, 1974, 1977, 1978 гг. данного десятилетия температура была выше 0°С, в 1970 г. — 0°С, в 1976 и 1979 гг. — на 0,7–0,4°С ниже 0°С. В теплый период года, с апреля по октябрь, отмечается постепенное нарастание температуры воздуха с апреля по июль и затем снижение к ноябрю. Самым теплым месяцем в городе является июль. Наиболее высоких значений среднемесячная температура достигла в 1972 и 1999 гг. – 23,5 и 23,4°С соответственно.

Традиционно считающийся самым холодным месяцем январь в исследуемый период таковым не является. Хотя средняя январская температура на 0,1°С ниже февральской (таблица 2), но в 26 случаях из 51 температура февраля была ниже соответствующего показателя января. Причем абсолютный минимум среднемесячной температуры, составивший (-19,4°С) приходится на февраль 1956 г. Таким образом, можно считать самым холодным ме-

сяцем в Воронеже – февраль. Причина подобной аномалии заключается, на наш взгляд, в особенностях циркуляции атмосферы в феврале, на которые накладывается фактор рельефа. Совместный анализ розы ветров за данные месяцы позволил выявить, что повторяемость ветров северо-восточного и восточного направлений в феврале по сравнению с январем выше. Очевидно, холодный воздух, приходящий из области сибирского максимума давления, застаивается на плоской Окско-Донской равнине, выхолаживает подстилающую поверхность, способствует снижению приземной температуры воздуха. Подтверждением сказанному служит тот факт, что на северо-востоке Воронежской области (метеостанции Анна, Борисоглебск), указанные аномалии температуры отмечаются еще чаще.

Анализ пределов колебания годовой температуры воздуха (рис.1) показывает, что самым теплым за рассматриваемый период был 1989 г., его температура за год составила 8,1°С, а самыми холодными – 1956, 1987 гг. со средней температурой за год 3, 7°С. Повышенное по сравнению со средним значение температуры отмечалось в 1957, 1966, 1972, 1975, 1981, 1983, 1991, 1995, 1999 гг. Аномально низкими по температуре оказались 1969, 1976, 1980 гг. В годы с экстремально холодной или теплой погодой средние температурные параметры выходят за пределы случайных сигма-отклонений, т.е.+1,0°С (рис.1). Отклонения температуры большинства членов ряда укла-

Таблица 2
Температура воздуха по метеостанции Воронеж за 1949 – 1999 гг., °С

Средняя месячная температура воздуха, °С													
Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
1949-59	-8,8	-9,8	-4,5	6,8	14,5	18,7	19,8	18,7	12,8	5,7	-2,1	-5,7	5,5
1960-69	-9,8	-8,7	-3,2	7,1	14,6	17,9	19,8	18,5	12,9	6,5	-0,2	-5,3	5,9
1970-79	-9,6	-7,8	-1,7	8,2	14,1	18,3	19,6	18,4	12,8	5,1	0,6	-5,2	6,2
1980-89	-7,2	-8,5	-2,4	7,4	15,0	18,7	19,6	18,4	12,9	6,2	-1,5	-4,6	6,1
1990-99	-5,7	-5,6	-1,1	8,0	14,3	18,7	20,1	18,4	12,6	6,6	-1,6	-6,1	6,5
Средняя	-8,2	-8,1	-2,3	7,5	14,5	18,5	19,8	18,5	12,8	6,0	-1,0	-5,4	6,0

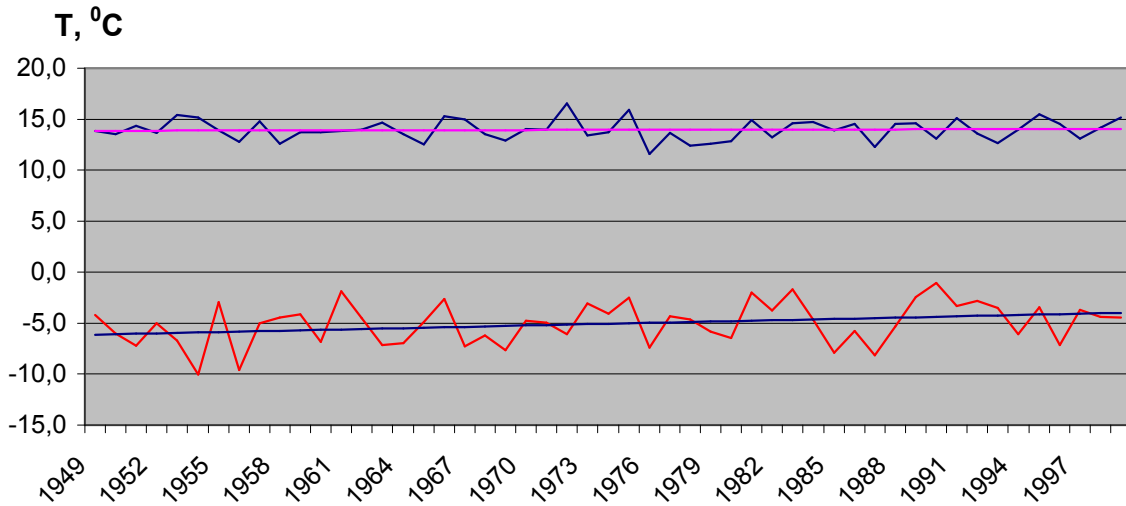


Рис. 2. Средняя температура воздуха за теплый и холодный периоды

дываются в пределы допустимых случайных погрешностей. В очень холодные годы отклонение от климатической нормы выше, чем в теплые. Так, в холодные 1956 и 1987 гг. оно составило $-2,3^{\circ}\text{C}$, в теплый 1989 г. $(+2,1^{\circ}\text{C})$. Но теплых лет, с температурой выше нормы, в рассматриваемом периоде было девять, а холодных, с температурой ниже нормы, – четыре. Чередование ряда лет с повышенным температурным фоном по сравнению со средним создает общее потепление климата. Рост среднегодовой температуры воздуха Воронежа на 1°C согласуется с прогностическими данными глобального потепления в северном полушарии.

Увеличение средней температуры воздуха произошло за счет потепления в холодный период (рис. 2).

Угловой коэффициент в формуле для линейного тренда холодного периода (рис. 2) имеет значение $+0,04$, т.е. происходит нарастание показателя во времени. За период с 1949 по 1999 гг. в 23 случаях средняя температура превышала климатическую норму, в 17 случаях была ниже нормы, в 11 случаях – около нормы. Линия тренда теплого периода имеет низкое значение углового коэффициента $-0,0035$, т.е. почти не меняется во времени (рис. 2). Этот факт свидетельствует об относительной устойчивости процесса, тенденции и характер изме-

нения которых в приземном слое атмосферы определяются основными климатообразующими факторами.

Термический режим, складывающийся в конкретном году или группе лет, зависит не только от зональных факторов (солнечной радиации), но и преобладающих типов атмосферной циркуляции. Так, анализ данных о максимальных среднегодовых температурах воздуха в 1972, 1975, 1989, 1999 гг. и минимальных в 1956, 1976, 1980, 1987 гг. показывают достаточно хорошую согласованность температурного режима с характером атмосферной циркуляции по Г.Я. Вангенгейму (таблица 3).

Для лет со средними климатическими показателями западный тип атмосферной циркуляции является господствующим. Воздушные массы Атлантики являются основными поставщиками влаги и тепла зимой, влаги и холода летом. В годы формирования экстремальных температур характер атмосферных процессов меняется. Наиболее низкие среднегодовые температуры возникают при высокой повторяемости восточного типа циркуляции в холодный период и западного переноса в теплый период года. Так, в 1956 г. в зимние месяцы которого преобладала восточная циркуляция (таблица 3), отмечалась особенно низкая температура за год $(-3,7^{\circ}\text{C})$. Высокие среднегодовые температуры в 1972 ($7,1^{\circ}\text{C}$) и 1975 ($7,7^{\circ}\text{C}$) гг. сформир-

Повторяемость типов атмосферной циркуляции (сутках) по Г.Я. Вангенгейму

Тип атмосферной циркуляции	Годы					
	1956		1972		1975	
	холод.	теплый	холод.	теплый	холод.	теплый
	периоды		периоды		периоды	
Меридиональный	41	74	26	38	39	48
Восточный	72	57	85	161	63	141
Западный	39	83	41	15	49	25
Всего	152	214	152	214	151	214

ровались при господстве восточной составляющей в течение теплого периода и западного в зимние месяцы. Отношение восточного типа циркуляции к сумме западного и меридионального в 1972 г. составило 3,04, а в 1975 г. – 1,9. В аномально жарком 1989 г., среднегодовая температура которого 8,1°C, установился особый режим циркуляции. В январе, феврале, декабре в 50; 42; 30% случаев соответственно доминировал западный перенос, а с марта по сентябрь усилились ветры юго-восточного и восточного направлений. В марте, апреле, июне, августе и сентябре их повторяемость была значительно выше.

Выводы:

1. Среднегодовая температура воздуха (норма) в г. Воронеже составляет 6,0°C.
2. За период с 1949 по 1999 гг. среднегодовая температура воздуха в г. Воронеже повысилась на 1,0°C.
3. Потепление произошло за счет увеличения температуры в холодный период года (ноябрь – март) на 2,1°C.
4. Температура воздуха в теплый период (апрель – октябрь) соответствует климатической норме.
5. В аномальные по климатическим показателям годы нарушается ход атмосферной циркуляции. В холодные годы усиливается восточный перенос воздушных масс в зимние месяцы и западный – в летне-осенние ме-

сяцы. В жаркие годы в холодный период года господствует западная циркуляция, а теплый период доминирует циркуляция с восточной составляющей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения климата / Под ред. М.И. Будыко, Ю.А. Израэля. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 406 с.
2. Бабкин В.И., Будыко М.И., Соколов А.А. Водные ресурсы и водообеспеченность СССР в настоящем и будущем // Генеральные доклады V Всеобщего гидрологического съезда. – Л., 1986. – Т. 1. – С. 84–118.
3. Будыко М.И. Изменения климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 280 с.
4. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 351 с.
5. Влияние увеличения количества углекислого газа на климат. – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 56 с.
6. Дмитриева В.А. Изменение температуры воздуха и осадков в связи с антропогенным изменением климата // Воронежское краеведение: опыт и перспективы развития. – Воронеж, 1991. – С. 38.
7. Дмитриева В.А., Хрипякова В.Я. Исследование динамики микроклиматических процессов в приземном слое атмосферы // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. – Воронеж, 1996. – С. 88–90.
8. Затулей К.С. Климатические ресурсы Воронежской области // Географические аспекты охраны природы. – Воронеж.: Изд-во Воронеж. ун-та, 1990. – С. 85–99.
9. Климат Воронежа / Под ред. Ц.А. Швер, С.А. Павлова. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 104 с.
10. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – Вып. 28. – 234 с.
11. Яншин А.Л., Чесноков В.С. Потенциальные возможности изменения ведения сельского хозяйства в связи с глобальным потеплением климата // Изв. РАН. Сер. геогр. – 1997. – № 3. – С. 7–17.