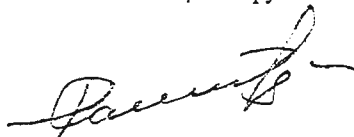


0 - 755287

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Казанский государственный университет  
имени В.И. Ульянова-Ленина»

УДК 551.582.1 (471.43-21)

На правах рукописи



Салахова Рауиле Халимуловна

**МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА  
КРУПНЫХ ГОРОДОВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ  
(НА ПРИМЕРЕ УЛЬЯНОВСКА И КАЗАНИ)**

Специальность 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Казань - 2006

Работа выполнена на кафедре метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета

**Научный руководитель:** доктор географических наук, профессор  
Юрий Петрович Переведенцев

**Официальные  
оппоненты:** доктор географических наук, профессор  
Александр Александрович Васильев

Доктор физико-математических наук,  
профессор Антонина Николаевна  
Фахрутдинова

**Ведущая организация:** Государственное образовательное учреж-  
дение высшего профессионального обра-  
зования «Пермский государственный  
университет»

Защита диссертации состоится 16 февраля 2006 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.20 по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология в Казанском государственном университете по адресу: 420018, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, корп. 2, 15 этаж, аудитория 1512.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского Казанского государственного университета

Автореферат разослан 16 января 2006 г.

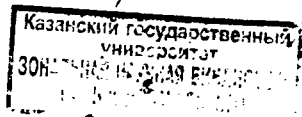
НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000234162

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат географических наук, доцент

Ю.Г. Хабутдинов



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Изучение региональных климатических изменений на фоне происходящего глобального потепления климата в современный период представляет большое научное и практическое значение. Особый интерес в связи с этим проявляется к истории инструментальных метеорологических наблюдений, служащих основой климатического мониторинга. В двух крупных городах Среднего Поволжья – Казани и Симбирске (ныне Ульяновске) эта история насчитывает около двух столетий. Сопоставление данных многолетних наблюдений за погодой и климатом в этих городах с другими известными источниками позволяет выявить общие закономерности и индивидуальные специфические черты, обусловленные как природными, так и антропогенными факторами, роль которых становится все более заметной в последние десятилетия. Современный период характеризуется активными процессами урбанизации, в городах проживает каждый третий житель планеты. В них под влиянием деятельности человека формируется своя экосистема, изменяется состояние воздушного бассейна и климат по сравнению с сельской местностью и т.д. Это делает все более актуальными исследования динамики климата крупных промышленных центров. Тем более, что в отличие от многих крупных городов России, для которых опубликованы климатические описания, до сих пор нет книги «Климат Ульяновска».

**Цель работы** состоит в изучении многосторонней картины метеорологических исследований в Ульяновске (Симбирске), Казани и оценке изменений климата по данным инструментальных наблюдений, в выявлении региональных особенностей климатического режима.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- описание истории метеорологических и геофизических наблюдений и исследований в Ульяновске и Казани выполненных в XIX-XX столетиях;
- восстановление однородности ряда метеорологических наблюдений в Ульяновске за весь период наблюдений;
- оценка долгопериодных изменений климата городов Казани и Ульяновска XIX-XX столетиях;
- расчет прикладных климатических характеристик;
- выявление роли атмосферной циркуляции в изменениях температурного режима городов Ульяновска и Казани;

**Научная новизна работы** состоит в следующем:

- восстановлена объективная картина истории метеорологических наблюдений в Ульяновске;

- получены новые эмпирические оценки изменчивости климата в крупных промышленных центрах Среднего Поволжья – Ульяновске и Казани;
- показана роль атмосферной циркуляции и городского фактора в долгопериодных изменениях термического режима городов.

**Практическая значимость работы:**

- выводы, сделанные в диссертации, позволяют получить более полное представление о физических механизмах формирования изменений городского климата в условиях Среднего Поволжья;
- восстановленный ряд температуры для Ульяновска может быть использован при производстве различных практических расчетов;
- рассчитанные прикладные климатические характеристики имеют социально-экономическое значение для городского хозяйства;

Исторические сведения о метеорологических исследованиях в Ульяновске (Симбирске) использованы в экспозициях и работе единственного в России музея «Метеорологическая станция Симбирска», в вузовских и школьных курсах по краеведению.

**Основные защищаемые положения**

- Восстановленный однородный ряд многолетних наблюдений за температурой воздуха в Ульяновске – научная основа для объективной оценки долговременных изменений климата региона;
- Долгопериодные изменения температуры воздуха в Казани и Ульяновске имеют единую физическую природу;
- Атмосферная циркуляция играет важную роль в формировании термического режима в городах Среднего Поволжья;
- Современное глобальное потепление климата оказало значительное влияние на окружающую среду, отразилось на величине ряда важнейших для экономики прикладных климатических характеристик;

**Апробация работы**

Результаты работы были представлены на следующих конференциях:

1. Итоговой научной конференции Казанского государственного университета (2002-2006 гг.);
2. Первой научной конференции, посвященной ученому и краеведу С.Л. Сытину (Ульяновск, 2003);
3. Всероссийской научной конференции «Современные глобальные и региональные изменения геосистем» (Казань, 2004);
4. Международной научной конференции «Научные реконструкции в экспозиционной и образовательной деятельности музеев» (Москва, 2005);
5. Всероссийской научной конференции «Современные аспекты экологии и экологического образования» (Казань, 2005);

6. Региональной научно-практической конференции «Географические исследования и образование в регионе» (Казань, 2005);
7. Научных чтениях, посвященных 70-летию проф. Ф.В. Аглиуллина: «Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов» (Казань, 2006).

Автором работы разработана научная методология по созданию единственного в России музея подобного профиля «Метеорологическая станция Симбирска», реализованная на практике. В фонде музея собраны уникальные материалы по истории метеорологических наблюдений в Симбирске, коллекция метеорологических приборов XIX-XX столетий. Музей ведет большую познавательную и воспитательную работу среди школьников и студентов Ульяновска.

Основные результаты диссертации опубликованы в 14 работах, в том числе в 1 монографии и 1 очерке.

Результаты работы неоднократно обсуждались на научных семинарах кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского университета в период 2002-2006 гг.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Основной текст изложен на 138 страницах. Работа содержит 18 рисунков, 18 таблиц, список литературы из 91 наименования.

Автор выражает искреннюю благодарность и глубокую признательность научному руководителю д.г.н., профессору Ю.П. Переведенцеву, а также к.г.н., доценту К.М. Шанталинскому, к.г.н., доценту Э.П. Наумову и другим сотрудникам кафедры за оказанную помощь в работе.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формируются цель и задачи, определяется объект и предмет исследования, обосновывается научная новизна результатов исследования и их практическая значимость.

Первая глава посвящена истории развития метеорологических наблюдений и исследований в Ульяновске и Казани в XIX-XX столетиях. Отмечается актуальность изучения истоков зарождения гидрометеорологических наблюдений столь необходимых как для развития самой метеорологической науки, так и практического обслуживания различных отраслей экономики, социальной сферы. Отмечается важная организационно-методическая роль профессоров Казанского университета в становлении метеорологических наблюдений в Симбирске в первой половине XIX столетия. Заложил основы наблюдательной метеорологии в Симбирске выпускник Казанского университета учитель Симбирской гимназии Д.М. Перешоиков (будущий академик, ректор Московского университета) в

1812 г. Метеорологические наблюдения в 30-х годах XIX столетия производились по инструкции профессора Казанского университета Э.А. Кнорра «Наставление учителям Казанского учебного округа для делания метеорологических наблюдений». Материалы наблюдений пересылались в Казанский университет.

С середины XIX столетия большую методическую и организационную помощь в создании сети метеостанций на территории Симбирской губернии оказали сотрудники Главной физической обсерватории (С.–Петербург). Наблюдения стали проводиться по утвержденной в ГФО, ныне ГГО им. А.И. Воейкова, инструкции на стандартных метеорологических приборах и их результаты печатались в бюллетенях обсерватории. В работе приводятся соответствующие исторические сведения об этом периоде и более позднем этапе становления гидрометслужбы региона. Так как наблюдения в Симбирске (Ульяновске) не производились в одном месте (имели место переносы метеостанций, а также перерывы в наблюдениях), то необходимо было решить задачу по воссозданию однородного ряда многолетних наблюдений за температурой воздуха в Ульяновске с использованием методов разностей и корреляционного анализа по данным ряда близлежащих станций (включая ст. Казань, университет). В результате был восстановлен ряд для периода 1877-2000 гг.

В заключении главы дано краткое описание истории становления и развития метеорологических наблюдений и исследований в Казанском университете, сыгравшем важную роль в изучении климата Востока Европейской России в XIX-XX столетиях.

Во второй главе рассматриваются физико-географические и климатические условия городов Казани и Ульяновска. Дается краткая характеристика радиационного и циркуляционного режимов Среднего Поволжья, отмечается роль циклонической деятельности, обстоятельно изученной трудами казанских метеорологов (Н.В. Колобов и др.), в формировании погоды региона.

Физико-географическое описание городов способствует пониманию особенностей формирования в них климатического режима, различий в термическом и влажностном режимах.

В третьей главе рассматриваются изменения климата Казани и Ульяновска за период инструментальных наблюдений (1828-2000 гг.). Для выявления региональных особенностей распределения температуры воздуха рассчитывался ряд статистических параметров за различные периоды XX столетия: 1901-2000, 1961-2000, 1961-1990, 1991-2000 гг., что позволяет охарактеризовать его в целом и по частям, включая самое теплое десятилетие века. Поскольку ведется сравнение полученных результатов для Казани и Ульяновска, то привлекались к рассмотрению дополнительно еще два периода: 1877 – 1938 и 1939 –2000 гг. Естественно, что вначале расчеты

выполнялись для всего периода совместных наблюдений: 1877-2000 гг. (табл. 1). Климатические показатели выражают в компактном виде наиболее важные свойства распределений, облегчают анализ и сравнение между собой метеорологических рядов. В работе рассчитывались следующие статистические характеристики – климатическая норма, среднее квадратическое отклонение (СКО), мода, медиана, коэффициенты асимметрии и эксцесса и др.

Таблица 1  
Основные статистические характеристики температуры воздуха городов Казани и Ульяновска за период 1877 – 2000 гг.

Характеристика	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Казань													
Среднее	-12,51	-11,51	-5,38	4,54	13,18	18,04	20,08	17,75	11,59	4,09	-3,55	-9,55	3,90
Медиана	-12,20	-11,20	-5,40	4,60	13,10	17,90	20,05	17,45	11,50	4,05	-3,20	-9,30	3,93
Мода	-10,60	-14,40	-8,20	3,80	12,90	17,60	21,30	17,30	11,10	3,10	-2,40	-8,40	4,12
СКО	3,70	3,51	2,68	2,74	2,30	1,99	1,83	1,68	1,90	2,21	2,76	3,47	1,05
Дисперсия	13,71	12,31	7,17	7,51	5,30	3,95	3,34	2,83	3,62	4,90	7,64	12,03	1,09
Эксцесс	-0,37	-0,27	-0,50	-0,14	0,04	-0,17	-0,71	0,59	-0,02	-0,24	-0,01	-0,60	-0,07
Асимметрия	-0,23	-0,07	-0,12	0,24	-0,06	0,24	0,07	0,61	0,14	-0,14	-0,52	-0,17	0,11
Размах	16,10	17,20	12,60	13,20	12,00	9,70	7,90	9,40	9,50	10,50	12,80	15,60	5,42
Минимум	-21,20	-20,20	-12,30	-1,20	6,40	13,60	16,10	14,00	7,20	-1,80	-10,80	-18,50	1,39
Максимум	-5,10	-3,00	0,30	12,00	18,40	23,30	24,00	23,40	16,70	8,70	2,00	-2,90	6,81
Ульяновск													
Среднее	-12,76	-12,19	-6,03	4,51	13,03	17,70	19,65	17,59	11,54	3,90	-3,70	-9,72	3,63
Медиана	-12,25	-12,00	-6,20	4,50	12,90	17,50	19,55	17,30	11,45	3,80	-3,40	-9,75	3,63
Мода	-12,00	-12,00	-6,40	3,80	12,50	18,00	18,60	16,60	9,60	3,50	-2,00	-13,70	3,15
СКО	3,83	3,85	2,78	2,66	2,34	1,87	1,79	1,67	1,87	2,17	2,81	3,43	1,02
Дисперсия	14,69	14,84	7,71	7,05	5,47	3,51	3,21	2,79	3,51	4,69	7,89	11,80	1,03
Эксцесс	-0,28	0,02	-0,55	-0,10	0,18	-0,29	-0,25	0,28	0,22	0,05	0,10	-0,79	0,47
Асимметрия	-0,34	-0,18	0,03	0,18	-0,14	0,24	0,27	0,63	0,26	-0,10	-0,55	-0,13	-0,09
Размах	16,80	19,63	12,60	12,94	13,00	9,00	9,00	9,00	9,40	11,70	12,89	14,00	5,61
Минимум	-22,30	-23,00	-11,90	-1,20	5,80	13,50	16,00	14,10	7,30	-2,50	-11,09	-17,20	0,88
Максимум	-5,50	-3,37	0,70	11,74	18,80	22,50	25,00	23,10	16,70	9,20	1,80	-3,20	6,48

Ввиду того, что города Казань и Ульяновск находятся в умеренном поясе, отличающемся активной циркуляцией атмосферы, температурные условия характеризуются здесь большой изменчивостью от года к году, что проявляется не только в средних суточных значениях температуры воздуха, но и в средних месячных величинах. Как видно, зима в Ульяновске несколько суровее, чем в Казани.

Максимальное значение среднеиюльской температуры в Ульяновске выше, что объясняется его более южным расположением и предрасположенностью к весенне-летним засухам. Большие межмесячные

изменения температуры воздуха отмечаются в Казани и Ульяновске в переходные сезоны года, особенно весной, что видно из данных табл. 1. Все это свидетельствует о континентальном характере климата региона.

В теплый период изменчивость средних месячных температур воздуха в 1,5-2,5 раза меньше, чем в холодный, что свидетельствует о большей зависимости средних температур от особенностей и характера циркуляции в холодный период.

Сравнение статистических характеристик температуры двух городов за весь период 1877-2000 гг. указывает на их значительное сходство, что объясняется их географической близостью, однородностью физико-географических условий и общим циркуляционным фоном. Этот вывод относится и к распределению по месяцам года коэффициентов асимметрии и эксцесса.

Так, в Казани за исключением двух месяцев (август  $A=0,61$ , ноябрь  $A=-0,52$ ) асимметрия достаточно мала. В Ульяновске в годовом плане отмечается та же картина (август  $A=0,63$ , ноябрь  $A=-0,55$ ). Интересно отметить, что в период интенсивного потепления климата, начиная с 1976 г., в ноябре стали чаще отмечаться аномалии холода, что и привело к левосторонней скошенности. Коэффициент эксцесса среднемесячной температуры здесь также как и в Казани невелик:  $|E| \leq 0,5$  для большинства месяцев (исключение составляют март (-0,55) и декабрь (-0,79). По годовым данным  $E=0,47$ . Для зимы эксцесс  $-0,26$ . Таким образом, кривая распределения температуры для Ульяновска также достаточно близка к нормальному распределению.

В табл. 1 дано распределение минимальных и максимальных средних месячных значений температуры в 2-х городах Среднего Поволжья. Размах колебаний ( $t_{\max} - t_{\min}$ ) в Ульяновске наиболее велик и составляет  $19,6^\circ$  (февраль), минимум отмечается летом  $9^\circ$  в июле. Величина СКО меняется в пределах от  $1,67^\circ$  (август) до  $3,85^\circ$  (февраль). Заметим, что в феврале температурный режим менее устойчив, чем в январе. В Казани также величина размаха колебаний наиболее значительна в феврале  $17,2^\circ\text{C}$ , минимум перепада отмечается в августе ( $7,90^\circ\text{C}$ ), когда  $\sigma=1,68^\circ$ , т.е. межгодовая изменчивость температуры минимальна.

Из данных таблицы 2 обнаруживается факт возрастания неустойчивости температурного режима в январе и феврале в период 1939 – 2000 гг. по сравнению с 1877 – 1938 гг. как в Казани, так и в Ульяновске, о чем свидетельствует возрастание величин СКО. В то же время, в октябре и ноябре в обоих городах период 1877-1938 гг. был менее устойчивым (значения СКО в Казани достигали соответственно 2,42 и  $2,97^\circ$ , а в Ульяновске 2,38;  $2,97^\circ$ ), чем более поздний период.

Следует также отметить, что среднегодовые температуры воздуха, как в Казани, так и в Ульяновске в период 1939-2000 гг. повысились по отношению

к периоду 1877-1938 гг.: в Казани на 0,75, а в Ульяновске на 0,33°C. Возросло также значение СКО среднегодовых температур соответственно на 0,19 и 0,27°.

Из табл. 2 видны особенности годового хода температуры рассчитанные для 20 столетия в целом для сравниваемых городов, отмечены годы с максимальными и минимальными значениями среднемесячных температур, представлен годовой ход СКО для различных периодов.

Как и следовало ожидать, для Ульяновска самым теплым является десятилетие 1991-2000 гг. Разность между среднемесячными значениями, рассчитанными по этому десятилетию и климатической нормой (1961-1990 гг.) особенно велика в январе (3,01°), в июне 1,36°. Однако, в мае, августе, ноябре температуры были заметно ниже нормы, и эти разности составили соответственно: -0,58° (май); -0,47° (август); -1,70° (ноябрь).

Интересно отметить, что в Казани аналогичные разности составили в январе 2,57°, в июне 1,6°, в мае (-0,45°), в августе (-0,49°), ноябре (-1,45°). Практически все совпадает по знаку и величине.

Таблица 2

Распределение среднемесячных температур воздуха и СКО по периодам

Период	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Казань													
1901-2000(1)	-12,04	-11,39	-5,12	4,96	13,14	18,30	20,09	17,84	11,75	4,13	-3,38	-9,29	4,08
1961-2000(2)	-11,61	-10,34	-3,99	5,71	13,70	18,30	20,20	17,63	11,85	4,54	-3,04	-8,29	4,55
1961-1990(3)	-12,25	-10,64	-4,19	5,42	13,81	17,90	20,16	17,75	11,82	4,17	-2,68	-8,34	4,41
1991-2000(4)	-9,68	-9,44	-3,40	6,55	13,36	19,50	20,32	17,26	11,93	5,63	4,13	-8,11	4,98
1877-1938	-13,02	-12,05	-6,04	3,87	12,95	17,63	20,09	17,70	11,35	3,93	-3,65	-10,49	3,52
1939-2000	-12,00	-10,98	-4,72	5,21	13,41	18,45	20,06	17,81	11,83	4,25	-3,46	-8,60	4,27
СКО													
1901-2000	3,62	3,71	2,55	2,65	2,38	2,03	1,88	1,74	1,90	2,14	2,71	3,33	1,04
1991-2000	2,72	3,79	1,74	3,10	2,53	1,87	1,81	0,68	2,12	1,53	3,39	2,22	0,94
1877-1938	3,11	3,34	2,65	2,62	2,28	1,79	1,84	1,69	1,89	2,42	2,97	3,33	0,88
1939-2000	4,18	3,61	2,56	2,71	2,32	2,10	1,83	1,69	1,90	1,99	2,56	3,37	1,07
Максимумы													
1901-2000	-5,1	-3,0	0,3	12,0	18,4	23,3	24,0	23,4	16,7	8,7	2,0	-2,9	6,8
Год	1983	1995	1990	1975 1995	1906	1921 1948	1931	1972	1909	1905	1923	1960	1995
Минимумы													
1901-2000	-20,8	-20,2	-12,0	-1,2	6,4	13,6	16,1	14,0	7,8	-1,8	-10,6	-18,5	1,4
Год	1942	1956	1963	1923	1918	1930	1926	1980	1956 1973 1993	1976	1993	1955	1941

Продолжение таблицы 2

Период	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Ульяновск</b>													
1901-2000(1)	-12,41	-12,22	-5,96	4,89	12,95	17,88	19,58	17,59	11,65	3,90	-3,57	-9,56	3,73
1961-2000(2)	-11,88	-11,38	-5,16	5,59	13,40	17,76	19,31	17,27	11,68	4,15	-3,18	-8,67	4,07
1961-1990(3)	-12,63	-11,75	-5,33	5,38	13,54	17,42	19,26	17,39	11,66	3,82	-2,75	-8,67	3,95
1991-2000(4)	-9,62	-10,29	-4,65	6,21	12,96	18,77	19,46	16,92	11,74	5,16	-4,45	-8,67	4,46
1877-1938	-13,02	-12,33	-6,26	3,85	12,95	17,49	19,99	17,74	11,44	3,87	-3,72	-10,49	3,46
1939-2000	-12,50	-12,04	-5,79	5,16	13,12	17,91	19,30	17,45	11,64	3,92	-3,68	-8,95	3,79
<b>СКО</b>													
1901-2000	3,83	4,11	2,75	2,57	2,42	1,94	1,80	1,74	1,87	2,12	2,79	3,29	1,06
1991-2000	2,80	4,40	2,37	2,91	2,69	1,91	1,84	0,90	1,98	1,44	3,62	2,40	1,03
1877-1938	3,15	3,48	2,78	2,56	2,38	1,75	1,84	1,68	1,93	2,38	2,97	3,39	0,86
1939-2000	4,42	4,21	2,78	2,60	2,31	1,98	1,68	1,67	1,82	1,95	2,67	3,33	1,13
<b>Максимумы</b>													
1901-2000	-5,5	-3,4	0,7	11,7	18,8	22,5	25,0	23,1	16,7	9,2	1,8	-3,5	6,5
Год	1983	1995	1990	1975 1995	1906	1921 1948	1931	1972	1909	1905	1923	1960	1995
<b>Минимумы</b>													
1901-2000	-22,3	-23,0	-11,9	-1,2	5,8	13,5	16,0	14,1	7,7	-2,5	-11,1	-17,2	0,9
Год	1942	1956	1963	1923	1918	1930	1926	1980	1956 1973 1993	1976	1993	1955	1941

Выявленные отрицательные отклонения температуры в мае и ноябре (похолодание) являются характерными для всего востока Европейской части России. Май – последний месяц весны, ноябрь – осени. Весенний возврат холодов обусловлен циркуляционным фактором – затоком арктического воздуха, что может вызывать заморозки и т.п.

При анализе векового хода температуры более естественно использовать гидрологический год (ноябрь-октябрь). В этом случае сохраняется непрерывность зимнего процесса. Анализ динамики среднегодовых значений температур, начиная с 1877 г., в Ульяновске, показывает на их систематический рост (положительный тренд). Скорость прироста составляет  $0,89^{\circ}\text{C}/100$  лет (коэффициент детерминации порядка 7%).

Для выявления долгопериодной динамики в климатических изменениях температурные ряды подвергались сглаживанию с помощью низкочастотного фильтра Поттера. Пропускающая способность фильтра Поттера регулировалась таким образом, что при этом полностью подавлялись лишь те циклические колебания температуры, длина периодов которых не достигала 30 лет.

При этом важно отметить, что сравнение сглаженных долгопериодных компонент средней за гидрологический год температуры показывает, что приблизительно до 1901 г. в Ульяновске было теплее на  $0,2^{\circ}$ , затем кривые пересеклись, расстояние между ними стало увеличиваться и, начиная с 1965 г., кривые идут параллельно, т.е. процесс стабилизировался (рис. 1).

Таким образом, в XIX столетии естественный фактор в формировании городского климата (Ульяновск расположен южнее г. Казани примерно на 200 км) играл первостепенную роль из-за сравнительной малости этих городов. Более южный Волжский город имел более теплый климат, но в XX столетии из-за интенсивного развития г. Казани на первое место вышел антропогенный фактор, и разность средних температур между городами стала положительной (до  $0,5^{\circ}\text{C}$ ).

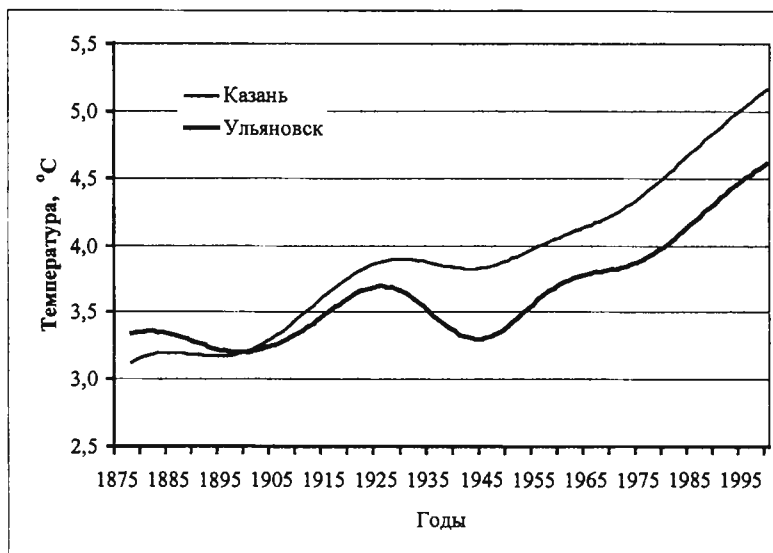


Рис. 1. Долгопериодная компонента (более 30 лет) средней за гидрологический год температуры воздуха на станциях Казань, университет и Ульяновск.

Долгопериодные компоненты (длины периодов более 30 лет) средней температуры холодного периода на ст. Казань, университет и в Ульяновске, вычисленные для января, декабря-февраля, ноября-марта ведут себя синфазно. Начиная с 1895 г., температура в Казани в холодную половину года выше, чем в Ульяновске. Значение разности между городами достигает максимума в 1942 г. Казань теплее Ульяновска в январе на  $1,4^{\circ}$ , зимой на  $1^{\circ}$ , в холодный период на  $0,8^{\circ}$  по сглаженным данным. Антропогенный фактор

однонаправленного действия способствует росту температуры в крупном городе, однако естественный фактор играет первостепенную роль в формировании долгопериодных колебаний климата. Действительно, начиная с 1945 г., отмечается быстрый подъем температуры рассматриваемых двух городов (восходящая ветвь), уменьшение разностей и проявление синфазных колебаний в ее изменениях, что свидетельствует об их общей физической природе. Вероятнее всего это проявление глобального потепления и влияние циркуляции. На графике для января обнаруживаются колебания с периодом 35 лет (рис. 2).

В теплый период складывается аналогичная ситуация. Между городами имеет место устойчивое температурное различие (Казань теплее Ульяновска). Эта разность достигает более  $1^{\circ}\text{C}$  в июле 1995 г.,  $0,65^{\circ}$  в летний период и  $0,5^{\circ}$  в теплый период того же года, т.е. с увеличением временного периода осреднения происходит сглаживание контрастов между станциями. Долгопериодные колебания температуры происходят в обоих городах синфазно во всех случаях: в июле, июне-августе, апреле-октябре. При этом за весь теплый период различия проявляются в меньшей степени, чем в холодный период. Как и зимой, начиная с 1895 г. в Казани теплее; в летний период (июнь-август) температурные различия между городами, начиная с 1920 г., увеличиваются. В июле картина наиболее сложная – выделяются колебания с периодом  $\sim 35$  лет. С течением времени разности температур между Казанью и Ульяновском в июле, июне-августе, апреле-октябре увеличиваются и достигают следующих значений: в июле до  $1,7^{\circ}$ ; в июне-августе до  $1,0^{\circ}$ , в апреле-октябре  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Долгопериодные составляющие температуры изменяются синхронно (период 30 – 35 лет).

В работе также рассмотрен ряд прикладных климатических характеристик, рассчитанных по данным ст. Казань, университет за 1944-2003 гг. Построены уравнения трендов дат перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0$ ,  $5$ ,  $10$  и  $15^{\circ}\text{C}$  весной и осенью, согласно которым весной происходит их сдвиг к началу года, а осенью, наоборот, к более поздним датам. Рассмотрена динамика продолжительности теплого и холодного, вегетационного и отопительного периодов, рассчитаны их средние температуры, суммы активных температур, а также временной ход индекса биологической эффективности климата. Свидетельством формирования острова тепла в городе является обнаруженный факт внутринедельного нарастания температуры от понедельника к выходным в январе на  $1,2^{\circ}$  за счет тепловых выбросов.

Обращает также на себя внимание однотипный характер изменения долгопериодной компоненты средней температуры холодного периода выявленный при дополнительном рассмотрении пяти метеорологических

станций - Казани, Больших Кайбиц, Тетюш, Ульяновска и Сенгилея, протянувшихся с севера на юг.

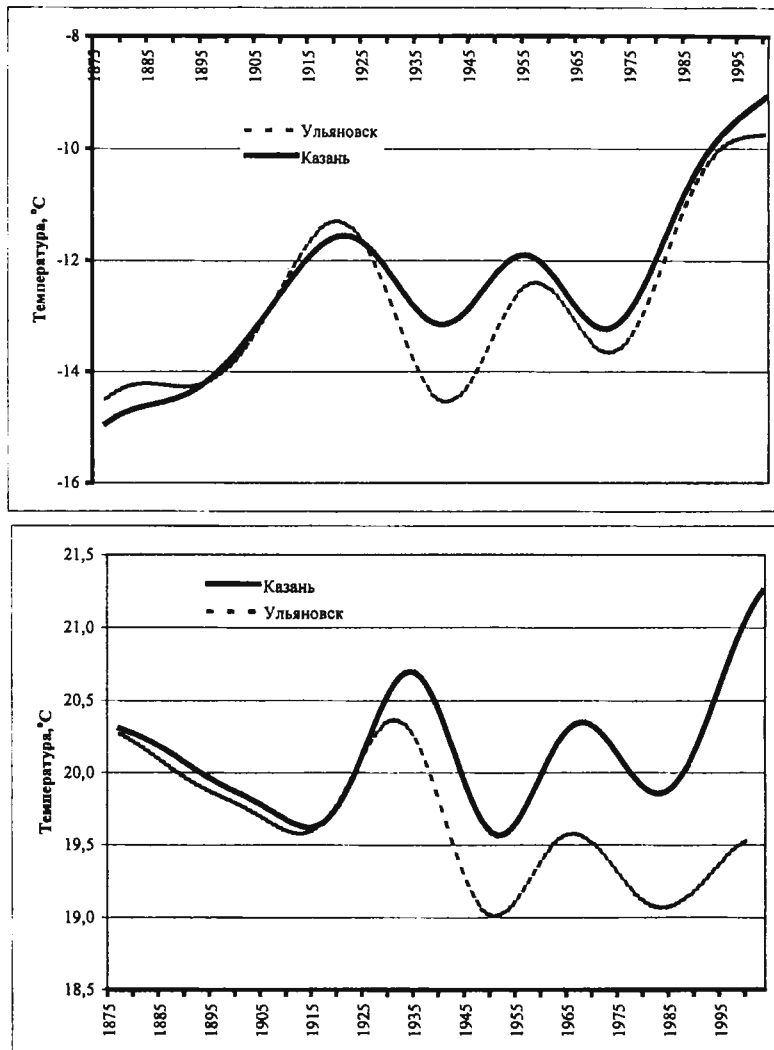


Рис. 2. Долгопериодные компоненты (более 30 лет) средней температуры воздуха на станциях Казань, университет и в Ульяновске в январе (вверху) и в июле (внизу)

Разность между температурами Ульяновска и Сенгилея повсеместно отрицательная (для холодного периода), сказывается более южное географическое положение Сенгилея, а разность между температурами Казани и Б. Кайбиц уже положительная (роль крупного города сказывается более эффективно, чем географическое положение).

Долгопериодные компоненты ( $\tau > 30$  лет) средней температуры теплого периода на всех станциях испытывают колебания ( $\tau \sim 35$  лет). В июле в Казани теплее, причем колебания июльских температур двух городов (Казань, Ульяновск) синфазные, в июне – августе картина сложнее. В целом за теплый период (апрель – октябрь) обнаруживается заметное различие между Сенгилеем, Казанью и Ульяновском с одной стороны и пунктами Б. Кайбицы, Тетюши с другой, где температура заметно ниже.

В 4 главе рассматривается роль атмосферной циркуляции в изменчивости температурного режима региона. Как известно, циркуляционный фактор является одним из климатообразующих. Циркуляция подвержена пространственно-временным изменениям. Для характеристики ее интенсивности и направленности используются различные параметры. К наиболее известным критериям классификации атмосферной циркуляции относятся зональный и меридиональный индексы циркуляции Каца.

В работе были рассчитаны индексы зональной  $I_z$  и меридиональной  $I_m$  циркуляции Каца по известной методике для Приказанского региона  $50 - 60^\circ$  с.ш. и  $40 - 60^\circ$  в.д. для периода 1873 – 2003 гг. по данным о давлении в узлах регулярной сетки  $2,5 \times 2,5^\circ$ . Затем полученные значения  $I_z$  и  $I_m$  подверглись статистической обработке и анализу параллельно с температурой в г. Казани и Ульяновске. Индексы зональной и меридиональной циркуляции испытывают ярко выраженный годовой ход (рис.3).

Для научных и практических целей важно знать степень корреляционной зависимости температуры воздуха от изменений циркуляции. Расчеты коэффициентов линейной корреляции производились между температурой воздуха в Казани и значениями индексов  $I_z$  и  $I_m$  для различных месяцев по трем периодам (табл.3). Как видно из таблицы, связь между температурой и зональной циркуляцией наиболее тесная и положительная по знаку в зимний период и особенно в 1938-2003 гг., значение  $r$  достигает 0,71 (в более ранний период  $r < 0,55$ ). Это неслучайно, т.к. в этот заключительный отрезок времени наблюдалось усиление зональной циркуляции, что привело к росту зимних температур (потеплению). В теплое время года знак коэффициента корреляции отрицателен (летом в случае усиления зональной циркуляции температура понижается). Корреляционные связи температуры с индексами меридиональной циркуляции оказались значительно слабее по величине.

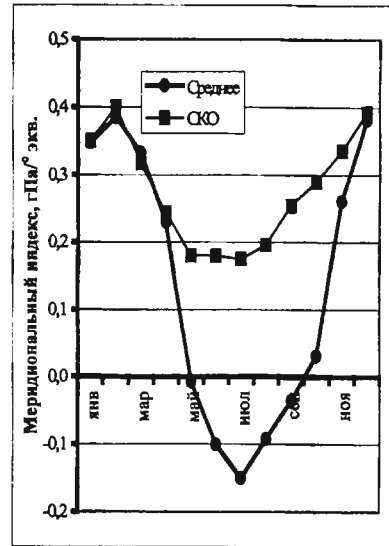
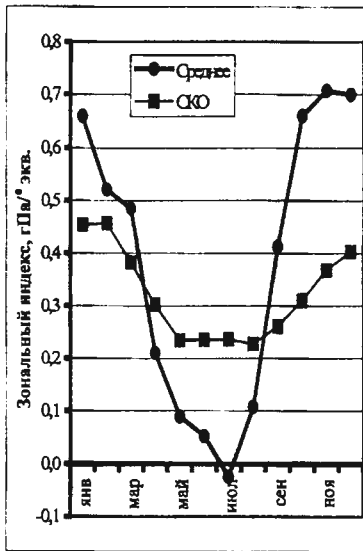


Рис. 3. Годовой ход параметров индексов циркуляции Каца в Приказанском регионе.

Причем в теплый период величина  $r > 0$  и растет по сравнению с холодным периодом. Так, в июле  $r = 0,46$ . Это обусловлено усилением южной составляющей меридиональных потоков в летний период, что приводит к росту летних температур.

Однако, если температура воздуха имеет значительную тенденцию роста особенно в январе ( $3,1^{\circ}\text{C}/100$  лет), то индексы атмосферной циркуляции подвержены более слабым изменениям как в зимний, так и в летний период.

Дифференцированный анализ поведения линейных трендов и низкочастотных компонент  $I_3$  и  $I_M$  в январе, зимой и в холодный период показывает, что произошли существенные структурные изменения в режиме атмосферной циркуляции. Если до 1970-х годов индексы Каца менялись синфазно, то затем зональная компонента значительно возросла, а меридиональная стала понижаться. В январе прослеживается 50-летний цикл колебаний. Коэффициент наклона линейного тренда испытывает слабый рост наиболее заметный в зимний период.

Таблица 3

Коэффициенты линейной корреляции между температурой воздуха в Казани и значениями зонального и меридионального индексов циркуляции в приказанском регионе

	Месяцы	Период		
		1873-2003	1873-1937	1938-2003
$r(T - I_z)$	I	0,57	0,42	0,70
	XII-II	0,62	0,55	0,71
	XI-III	0,53	0,47	0,65
	VII	-0,50	-0,46	-0,55
	VI-VIII	-0,44	-0,44	-0,45
	IV-X	-0,16	-0,10	-0,33
$r(T - I_m)$	I	0,19	0,00	0,26
	XII-II	0,05	-0,15	0,10
	XI-III	0,11	-0,02	0,17
	VII	0,43	0,43	0,46
	VI-VIII	0,31	0,32	0,36
	IV-X	0,31	0,39	0,33

С целью выявления динамики процесса были рассчитаны скользящие 31-летние значения коэффициента линейной корреляции между температурой воздуха в Казани и индексами циркуляции в январе, декабре-феврале и ноябре-марте. В январе имеет место ярко выраженный положительный тренд коэффициента корреляции между температурой и зональным индексом (рис.4). Уравнение тренда  $y = 0,0039\tau + 0,4226$  ( $R^2 = 0,7398$ ). Начиная с 1888 г. по 1988 г., величина коэффициента корреляции возросла от 0 до 0,8 (с меридиональным индексом корреляция более слабая и произошел ее рост от 0 до 0,4). В зимний и холодный период в целом картина более сглаженная, но тенденция усиления отмеченной связи сохраняется.

Корреляционная связь между температурой и зональной циркуляцией в течение всего теплого периода имеет отрицательный знак и со временем происходит ее рост по абсолютной величине, с меридиональной же циркуляцией за исключением июля связь положительная и она несколько возрастает с 1888 до 1988 г.

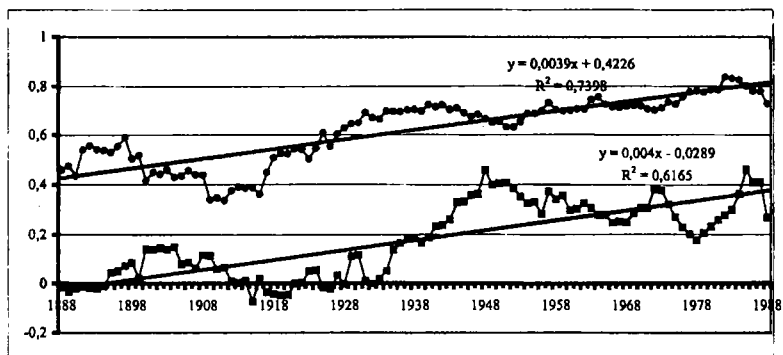


Рис. 4. Скользящие 31-летние значения коэффициента линейной корреляции между температурой воздуха в Казани и индексами циркуляции  $I_3$  (вверху) и  $I_m$  (внизу) в январе

Таблица 4

Коэффициенты линейной корреляции между температурой воздуха в Казани и Ульяновске и значениями зонального и меридионального индексов циркуляции в Приказанском регионе.

	Месяц ы	Период					
		1877-2000		1877-1938		1939-2000	
		Казань	Ульяновс	Казань	Ульяновс	Казань	Ульяновс
$r(T - I_3)$	I	0,60	0,62	0,44	0,44	0,74	0,75
	XII-II	0,63	0,64	0,53	0,55	0,73	0,71
	XI-III	0,53	0,56	0,42	0,46	0,68	0,66
	VII	-0,53	-0,49	-0,55	-0,50	-0,51	-0,52
	VI-VIII	-0,46	-0,44	-0,46	-0,45	-0,46	-0,46
	IV-X	-0,20	-0,21	-0,16	-0,16	-0,33	-0,29
$r(T - I_m)$	I	0,21	0,17	0,02	-0,01	0,31	0,27
	XII-II	0,04	0,04	-0,09	-0,09	0,06	0,07
	XI-III	0,14	0,12	0,04	0,05	0,15	0,15
	VII	0,44	0,42	0,39	0,37	0,50	0,44
	VI-VIII	0,32	0,30	0,28	0,20	0,42	0,38
	IV-X	0,32	0,36	0,38	0,41	0,35	0,35

В табл. 4 приводятся данные, характеризующие тесноту корреляционных связей между изменениями термического и циркуляционного режимов региона для трех временных периодов: 1877-2000, 1877-1938 и 1939-2000 гг. Выявилося, что в более поздний период (1939 – 2000 гг.) связь между

температурным и циркуляционным режимами стала более тесной (табл. 4). Так, для января, зимы и холодного периода в целом величины коэффициентов корреляции между температурой и зональным индексом заметно возросли. При этом различия в значениях коэффициентов корреляции, рассчитанных для Казани и Ульяновска несущественны ввиду их географической близости. Связь между температурой и зональным индексом в холодный период положительная. Западные потоки способствуют росту температуры. Однако в июле и в летний период значения коэффициентов корреляции заметно уменьшаются по величине и становятся отрицательными (как в течение всего теплого периода). В более ранний период (1877 – 1938 гг.) характер связей между температурой и циркуляцией сохраняется (в холодный период  $r > 0$ , в теплый  $r < 0$ ), однако нет существенных различий по величине  $r$  между зимним и летним периодами.

Меридиональная циркуляция оказывает существенно меньшее влияние на термический режим в холодный период по сравнению с зональной. Об этом свидетельствуют небольшие по величине значения коэффициентов корреляции, рассчитанные между температурой и индексом меридиональной циркуляции. В теплый период происходит существенный рост величин  $r$  особенно в 1939 – 2000 гг. При этом значения коэффициентов корреляции положительны, что свидетельствует о преобладающем влиянии южной меридиональной циркуляции на температурный режим.

#### Заключение

Основные выводы, полученные в результате проведенного исследования состоят в следующем:

1. Изучена история метеорологических инструментальных наблюдений и исследований в Симбирске-Ульяновске в течение XIX-XX столетий. Показано благотворное организационно-методическое влияние казанских ученых на первом этапе становления метеорологии в Симбирске (первая половина XIX века) и сотрудников Главной физической обсерватории (СПб), на втором этапе (середина и вторая половина XIX столетия).

2. Восстановлена однородность ряда температуры воздуха для Ульяновска в период 1877-2000 гг. Подсчитаны основные статистические характеристики температуры воздуха городов Казани и Ульяновска как в целом для периода 1877-2000 гг., так и для подпериодов: 1877-1938, 1939-2000, 1901-2000, 1961-2000, 1961-1990, 1991-2000 гг., что позволило охарактеризовать различные этапы формирования климатических условий города, включая экстремальные отклонения. Дан анализ расхождений в основных климатических показателях Казани и Ульяновска, установлена близость эмпирических кривых распределения температуры в 2-х городах к нормальному закону. Выявилось, что в Ульяновске зима несколько суровее, чем в Казани, межгодовая

изменчивость температуры в Ульяновске также несколько превышает казанский уровень.

3. Выявлено, что до 1901 г. среднегодовая температура в Казани была на  $0,2^{\circ}\text{C}$  ниже, чем в Симбирске, к 1990 г. из-за более интенсивного развития Казани ее среднегодовая температура превысила на  $0,54^{\circ}\text{C}$  среднегодовую температуру Ульяновска.

В последние десятилетия XX века (1970-2000 гг.) зимнее потепление климата в Ульяновской области более значительное, чем в Татарстане, в летний период, наоборот, отмечается, некоторое уменьшение температуры воздуха в Ульяновске и его окрестностях.

4. Показано, что в самое теплое десятилетие XX века (1991-2000 гг.) по сравнению с климатической нормой, вычисленной за 30-летний период (1961-1990 гг.), наибольший прирост температуры отмечается в зимний период (в январе в Казани положительная аномалия  $2,57^{\circ}$ , а в Ульяновске  $3,01^{\circ}\text{C}$ ), однако в отдельные месяцы года – в мае, августе и ноябре в обоих городах отмечается похолодание (в ноябре аномалии составили соответственно  $-1,70$  и  $-1,45^{\circ}\text{C}$ ).

5. Для выявления антропогенного фактора в формировании городского климата рассчитывались статистические характеристики температуры для 2-х подпериодов 1939-1969 и 1970-2000 для пяти станций – Казань, Большие Кайбицы, Тетюши, Ульяновск, Сенгилей. Выявилось, что зимний период более позднего подпериода повсеместно стал более теплым, чем более ранний. Изменения температуры в летний период менее однородны, а в Ульяновске и Сенгилее отмечается некоторое похолодание, что свидетельствует о снижении континентальности климата в конце XX столетия.

Выявлены долгопериодные колебания температуры на всех станциях региона примерно с периодом 35 лет. Построены линейные тренды температуры для всех станций по месяцам и сезонам.

6. Анализ прикладных характеристик, рассчитанных для Казани, показал, что наблюдается тенденция к сокращению продолжительности холодного периода со скоростью 19 дней/100 лет и отопительного (6 суток/100 лет) и соответственно увеличение продолжительности теплого и вегетационного периодов. Средняя температура холодного периода возрастает со скоростью  $1,4^{\circ}\text{C}/100$  лет, средняя же температура теплого периода испытывает слабую тенденцию к уменьшению со скоростью  $-0,4^{\circ}\text{C}/100$  лет. В вегетационный период наблюдается тенденция увеличения числа дней с осадками ( $\sim 2$  дня/100 лет) и суммы осадков со скоростью  $79\text{мм}/100$  лет.

7. Вычислен многолетний годовой ход индексов зональной  $J_3$  и меридиональной  $J_m$  циркуляции и величины СКО этих индексов в Приказанском регионе для периода 1873-2003 гг. по данным о приземном давлении в узлах регулярной сетки  $2,5 \times 2,5^{\circ}$ . Индекс  $J_3$  достигает максимума

в ноябре-декабре (0,7 гПа / °экв.), минимума в июле (-0,05 гПа / °экв.). Величина  $I_m$  меняется от 0,4 гПа / °экв в декабре до -1,5 гПа / °экв в июле. Величина СКО для индексов  $I_3$  меняется в пределах от 0,45 (январь-февраль) до 0,23 гПа / °экв в августе. Величина СКО для меридионального индекса циркуляции  $I_m$  изменяется от 0,4 (февраль) до 0,18 гПа / °экв (август).

Тренд – анализ и поведение низкочастотных компонент  $I_3$  и  $I_m$  (отфильтрованы колебания с периодом  $\tau < 30$  лет) показали, что к 1970 г. произошли существенные структурные изменения атмосферной циркуляции: усиление роли зональной компоненты в холодный период.

8. Методами корреляционного анализа установлена статистически значимая зависимость изменений температурного режима региона от характера циркуляции для 2-х подпериодов: 1873-1937 и 1938-2003 гг. В холодный период коэффициенты корреляции ( $r$ ) между зональным индексом циркуляции и температурной положительны и возрастают до 0,70 (январь, 1938-2003 гг.). Летом, наоборот, величина  $r < 0$  (в июле  $r = -0,55$  в 1938-2003 гг.) Меридиональная циркуляция оказывает значительно меньшее влияние на термический режим холодного периода ( $r$  невелики) по сравнению с зональной. В теплый период (особенно в подпериод 1938-2000 гг.) коэффициенты корреляции между индексами меридиональной циркуляции и температурой положительны, что свидетельствует о преобладающем влиянии южной меридиональной циркуляции на термический режим (в июле  $r = 0,46$ ).

Анализ рассчитанных скользящих 31-летних значений коэффициента корреляции между температурой и индексами циркуляции показал, что в январе формируется ярко выраженный положительный тренд коэффициента корреляции между температурой и  $I_3$  ( $r$  достигает 0,8 к 1988 г.) С меридиональным индексом корреляции более слабая ( $r = 0,4$  к концу периода).

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Дом хорошей погоды. – «Мономах», 2004, № 3, с. 36-37
2. История развития метеорологических исследований в Симбирске – Ульяновске. – Материалы первой научной конференции, посвященной ученому и краеведу С.Л. Сытину. Ульяновск, 2004, с. 117-121
3. История развития метеорологических исследований в Симбирске-Ульяновске. Межвуз. сб. научн.трудов «Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы». Пермь, Изд-во Пермск. ун-та, 2003, с. 101-105
4. Образовательная деятельность музея «Метеорологическая станция Симбирск». Материалы Всероссийской научной конференции

- «Современные глобальные и региональные изменения геосистем». Казань, 2004, с. 658-659
5. О создании музея «Симбирская метеорологическая станция». Симбирский вестник. Историко-краеведческий сборник. Ульяновск, 1999, вып. 1, с. 177-189
  6. Современные изменения климата в Среднем Поволжье (на примере Казани и Ульяновска). Казань, КГУ, 2005, 74 с. (соавторы: Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Тудрий В.Д., Шанталинский К.М.)
  7. Первая метеорологическая станция Симбирска. – юбил. сб. науч. Трудов Ульяновск, 2001-2002, с. 7-13
  8. Симбирск заповедный. Мир музея, 2004, №6, с.22-25
  9. К истории метеорологических исследований в Симбирске-Ульяновске. Казань, КГУ, 2005, 26 с.
  10. Современные изменения климата городов Казани и Ульяновска. Материалы региональной научно-практической конференции «Географические исследования и образование в регионе». Казань, ТГТГУ, 2005, с. 50-54 (соавторы: Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Тудрий В.Д., Шанталинский К.М.)
  11. Эколого-климатические характеристики г. Казани, Материалы Всероссийской конференции «Современные аспекты экологии и экологического образования». Казань, КГУ, 2005, с.366-368 (соавторы: Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Тудрий В.Д., Шанталинский К.М.)
  12. Многолетние изменения климата крупных городов Поволжья – Казани и Ульяновска. Материалы Научных чтений, посвященных 70-летию проф. Ф.В. Аглиуллина «Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем», Чебоксары, «Новое время» 2005, с.419-425
  13. Динамика агроклиматических показателей в районе Казани в XX веке. Материалы Научных чтений, посвященных 70-летию проф. Ф.В. Аглиуллина «Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем», Чебоксары, «Новое время» 2005, с.393-398 (соавторы: Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.)
  14. Об изменчивости температурного режима в Казани во второй половине XX века. Материалы Научных чтений, посвященных 70-летию проф. Ф.В. Аглиуллина «Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем», Чебоксары, «Новое время» 2005, с.399-407 (соавторы: Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Шанталинский К.М.)



Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии Издательского центра  
Казанского государственного университета  
им.В.И.Ульянова-Ленина  
Тираж 125 экз. Заказ 1/9

420008, ул. Университетская, 17  
тел.: 231-53-59, 292-65-60



102