

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

На правах рукописи



Мустафина Айсылу Билаловна

**СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ПРИРОДНЫЕ И
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ
ТАТАРСТАН**

25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук, проф.
Переведенцев Юрий Петрович

Казань 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН.....	11
1.1. Пространственно - временное распределение приземной температуры воздуха.....	11
1.2. Изменения температуры воздуха в слое 1000 – 10 гПа.....	32
1.3. Долгопериодные изменения температуры воздуха по данным метеостанции Казань, университет	41
1.4. Оценка климатических условий на территории Республики Татарстан до конца ХХІ века	45
1.5. Динамика характеристик отопительного периода	52
1.6. Характеристика пожарной опасности	61
ГЛАВА II. РЕЖИМ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	67
2.1. Атмосферные осадки на территории Татарстана.....	67
2.2. Атмосферные осадки в г. Казани по данным метеостанции Казань, университет.....	77
ГЛАВА III. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	81
3.1. Агроклиматические ресурсы	81
3.2. Динамика дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5, 10, 15°С.....	84
3.3. Урожайность зерновых культур в Татарстане в период 1995-2017гг.....	92
3.4. Оценка влияния ресурсов тепла и влаги на урожайность	100
ГЛАВА IV. БИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМФОРТНОСТИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН.....	111

4.1. Методы оценки биоклиматических ресурсов	111
4.2. Оценка биоклиматической комфортности в Республике Татарстан	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	145
ПРИЛОЖЕНИЯ	158

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Климатические изменения оказывают значительное влияние на состояние природной среды, экономики и общества. Климат Земли за последнее столетие заметно изменился как на глобальном, так и региональном уровне, при этом в последние десятилетия наблюдается наиболее активная фаза потепления. По данным Пятого Оценочного доклада МГЭИК приповерхностная температура воздуха в период 1880-2012гг. повысилась на 0,85°C [IPCC Report, 2013]. Потепление климата сопровождается неустойчивостью в климатической системе, возникновением и усилением опасных явлений, приносящих значительный экономический ущерб населению. На климатической конференции, состоявшейся в декабре 2018г. в Катовице (Польша), был согласован свод правил реализации Парижского соглашения по снижению вредных выбросов с целью удержания потепления на уровне не выше 2°C. Основой для построения и реализации государственной политики в РФ в отношении изменения климата и адаптации к его последствиям служит Климатическая доктрина, принятая в 2009 году.

Республика Татарстан (РТ) является одним из важнейших промышленных и сельскохозяйственных регионов РФ. Ее население составляет 3,885 млн. человек. Разнообразие погодно-климатических процессов на территории РТ определяется разными факторами, которые необходимо постоянно изучать.

Актуальность темы обусловлена:

- недостаточной изученностью современных и будущих изменений климата на территории Татарстана и их роли в природных и социально-экономических системах, необходимостью их долгосрочного прогноза;

- практическими потребностями в достоверной информации о состоянии температурно-влажностного режима региона, влияющего на жизнедеятельность и продуктивность природных и сельскохозяйственных экосистем, здоровье населения и теплоэнергетику.

Целью данной работы является изучение современных (1966-2017гг.) и будущих (до конца 21 века) изменений основных климатических показателей на территории Республики Татарстан и оценка их последствий для природных и социально-экономических систем.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Выявление общих закономерностей пространственно-временного распределения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории РТ.
2. Выявление статистических связей температуры воздуха и атмосферных осадков с циркуляционными факторами.
3. Построение эмпирико-статистической модели вертикального распределения температуры воздуха до уровня 10 гПа.
4. Оценка будущих изменений климатических показателей по результатам ансамблевых расчетов климатических моделей CMIP5.
5. Изучение климатических характеристик отопительного периода.
6. Оценка агроклиматических показателей и влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в РТ в период 1995-2017 гг.
7. Анализ динамики биоклиматических индексов в качестве информативных показателей состояния окружающей среды, влияющих на здоровье населения.

Объектом исследования являются климатические изменения на территории Татарстана в XX-XXI веках и их последствия.

Предметом исследования являются:

- пространственно-временное распределение основных климатических характеристик;
- эмпирико-статистическая модель температуры воздуха в слое 1000-10 гПа;
- прогностические значения температуры воздуха до конца 21 века;
- агроклиматические и биоклиматические ресурсы РТ.

Методы исследования

В работе для обработки и анализа исходных данных использовались современные вычислительные системы. Оценки региональных изменений климата на изучаемой территории получены с использованием апробированных статистических методов, результатов ансамблевых расчетов, корреляционного и тренд-анализа. Пространственный анализ полей метеовеличин и их визуализация выполнялись посредством ГИС-технологий. Достоверность результатов оценивалась с помощью критериев Фишера и Стьюдента.

Методологической основой послужили труды известных российских и зарубежных ученых, разработавших научные основы фундаментальной и прикладной климатологии, научные статьи, посвященные исследованию современных глобальных и региональных изменений климата и их последствий, оценочные доклады МГЭИК и Росгидромета и материалы Всемирной метеорологической организации (ВМО).

Исходные данные:

В качестве исходной информации для проведения исследований послужили данные приземных метеорологических наблюдений с 1966 по 2016 гг. на 13 метеорологических станциях, расположенных на территории РТ (фонд ВНИИГМИ-МЦД); данные метеорологической станции Казань, университет (1901 – 2017 гг.); данные метеорологической станции Казань, ЦГМС (1981 – 2017 гг.); данные National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA, USA) о циркуляционных индексах: Североатлантического колебания (САК), Арктической осцилляции (АО), Скандинавского колебания (SCAND) (1966-2017гг.); данные Solar Influences Data Analyses Center of the Royal Observatory of Belgium (SIDC, Belgium) о числах Вольфа, характеризующих солнечную активность (1979-2016гг.); данные реанализа Era-Interim с шагом регулярной сетки $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ (1979-2017гг.); использовались данные по урожайности зерновых культур (1995-2017гг.) территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- Уточнены количественные характеристики многолетнего режима температуры воздуха и атмосферных осадков на территории РТ для периода 1966-2016гг., а для станции Казань, университет до 2017г.
- Впервые для РТ по данным реанализа построена эмпирико-статистическая модель распределения температуры воздуха до уровня 10 гПа.
- Дана оценка изменения приземной температуры воздуха на территории РТ до конца XXI века по результатам ансамблевых расчетов климатических моделей CMIP5.
- Выявлена тенденция относительного снижения энергозатрат на отопление на 2% с учетом температурных изменений в период 1979-2017гг.
- Составлен каталог аномально холодных и теплых зим в РТ в период 1966-2016гг.
- Выполнена количественная оценка динамики урожайности зерновых культур в период 1995-2017гг.
- Выявлены тенденции изменения тепло- и влагообеспеченности зерновых культур в условиях меняющегося климата в период 1995-2017гг.
- Выявлена зависимость урожайности зерновых культур от количества атмосферных осадков первой половины вегетационного периода.
- Дана оценка изменчивости биоклиматических ресурсов в период 1979-2017гг.

Практическая значимость работы определяется результатами выполненных исследований по оценке современных изменений климата Республики Татарстан до больших высот, которые могут быть полезными при разработке методов сезонных прогнозов погоды, при подготовке справочно-климатических характеристик для организаций, задействованных в сферах сельского и лесного хозяйств, ЖКХ и органов власти; могут быть использованы в целях адаптации различных отраслей экономики и социальной сферы к изменениям регионального климата. Представленные в работе исследования выполнялись по проектам, поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований

(№15-05-06399, 15-05-06349), что подтверждает их научную значимость. Результаты работы используются в работе Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ и в учебном процессе на кафедре метеорологии, климатологии и экологии атмосферы КФУ при чтении лекций по курсам «Прикладная метеорология», «Экологическая метеорология».

На защиту выносятся следующие положения:

1. Современные и будущие климатические изменения, происходящие на территории Республики Татарстан, в значительной степени обусловлены явлением глобального потепления.

2. Выявленная среднегодовая тенденция повышения температуры воздуха в тропосфере и понижения в стратосфере в период 1979-2016гг. на территории РТ соответствует парниковой теории потепления климата. В зимний период в тропосфере изменчивость температуры более интенсивная, чем в летний.

3. Климатические изменения имеют значительные последствия для природных и социально-экономических систем. Продолжительность отопительного периода сократилась за счет повышения температуры воздуха и уменьшения дефицита тепла. Анализ биоклиматических индексов свидетельствует о «комфортных» условиях проживания населения в большую часть года и об улучшении биоклиматических условий на территории Республики Татарстан.

4. Урожайность зерновых культур существенно зависит от метеорологических условий: наибольшее влияние на нее оказывают атмосферные осадки, выпавшие в первую половину вегетационного периода. Наблюдается тенденция изменения характеристик вегетационного периода, что необходимо учитывать в сельском хозяйстве.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов подтверждается следующим:

- использованные в работе подходы базируются на современных научных положениях и количественных методах;

- соответствием полученных результатов основным положениям физической метеорологии и климатологии;
- применением методов статистического анализа и оценкой достоверности полученных выводов.

Личный вклад соискателя

Соискатель совместно с научным руководителем определил цель и задачи исследования. Автором выбраны методы обработки и анализа исходных данных, получены основные результаты и выводы диссертационной работы. Обработка данных метеорологических наблюдений и статистический анализ выполнены автором по апробированным алгоритмам и программам.

Апробация работы

Материалы исследований докладывались и обсуждались на: XV Международном симпозиуме «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» (Казань, 2015г.); Международной конференции «Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата» (Минск, Беларусь, 2015г.); I Международной школе-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Биомедицина, материалы и технологии XXI века» (Казань, 2015г.); XX Международном научном симпозиуме им. акад. М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2016г.); II Республиканской молодежной экологической научной конференции, посвященной 25-летию Академии наук РТ и 15-летию принятия «Хартии Земли» (Казань, 2016г.); Региональной научной конференции «Научно-техническая конференция по итогам совместного конкурса фундаментальных исследований РФФИ-РТ» (Казань, 2017г.); 15-ой сессии Северо-Евразийского климатического форума (Москва, 2018г.); Межрегиональной конференции «Экология родного города» (Казань, 2018г.); II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития» (Санкт-Петербург, 2018г.); итоговых научных конференциях и

семинарах кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского (Приволжского) федерального университета (2015-2019 гг.).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 5 работ опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК для кандидатских и докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы 178 страниц, включая 58 рисунков, 58 таблиц и 12 приложений. Список цитируемой литературы насчитывает 123 источника.

Благодарности

Автор выражает свою искреннюю благодарность за полезные советы и оказанную помощь в подготовке диссертации своему научному руководителю профессору Ю.П.Переведенцеву, а также доцентам кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы КФУ Т.Р. Аухадееву и К.М. Шанталинскому.

ГЛАВА I. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

1.1. Пространственно - временное распределение приземной температуры воздуха

Температурный режим во многом определяет погоду и климат региона, поэтому ему отдается приоритет в климатических исследованиях.

Климатические изменения, по своей сути, являются результатом взаимодействия циркуляции атмосферы и подстилающей поверхности. Невозможно подобрать две абсолютно одинаковые синоптические ситуации из-за множества обуславливающих факторов, тем не менее климатологи выделяют макропроцессы, обуславливающие длительные и хорошо выраженные аномалии температурного режима.

Отечественные и зарубежные климатологи внимательно наблюдают за поведением приповерхностной температуры в условиях меняющегося климата. В значительной части России наблюдается и прогнозируется максимальное потепление [Будыко, 1976; Груза и др., 2007, 2009; Анисимов и др., 2003; и др.].

Свидетельством обеспокоенности широкой общественности изменениями климата также является факт подписания в декабре 2015 г. Парижского соглашения по защите климата с целью недопущения прироста глобальной температуры воздуха на 2°C. Изменение климата представляет собой угрозу устойчивому развитию, в связи с чем ставится задача снизить эмиссию углекислого газа в атмосферу. Поэтому принимаются меры по адаптации к изменениям климата и снижению рисков от экстремальных событий. Современные проблемы международного научного сотрудничества в области изучения изменений климата и его прогноза рассматриваются в статье [Хан, 2017].

Согласно исследованиям, выполненным в различные годы [Колобов и др., 1980; Переведенцев и др., 2008; Мустафина, 2017], территория РТ характеризуется умеренно-континентальным климатом, на который оказывает большое влияние

Северная Атлантика особенно в зимний период, формируя температурно-влажностный режим.

В настоящей работе по данным ВНИИГМИ-МЦД для территории РТ рассчитывались средние месячные значения температуры воздуха для 3-х периодов: 1966-2016 гг., 1966-2000 гг. и 2001-2016 гг. с целью выделения на общем фоне изменчивости температуры воздуха начального периода XXI века, когда, согласно [Второй оцен. доклад, 2014], наблюдалась пауза в глобальном потеплении. Результаты представлены в табл. 1.1-1.3 и на рис.1.1.

Годовой ход температуры воздуха обусловлен сезонностью в притоке солнечной радиации. На территории РТ пространственное распределение многолетних средних месячных температур в период 1966-2016 гг. следующее: средняя температура воздуха января понижается с запада на восток от -11,4 до -13,1 °С, июля – от 20,0 до 18,9 °С, в период 1966-2000 гг. январская температура меняется от -11,9 до -13,7 °С, июльская – от 19,7 до 18,6 °С, в период 2001-2016 гг. -10,2 до -12,0 °С января и от 21,0 до 19,5 °С июля. Средние годовые температуры воздуха на всей территории положительны и колеблются в пределах от 3,4 до 4,4 °С в период 1966-2016 гг., от 3,0 до 3,9 °С за 1966-2000 гг. и от 4,1 до 5,4 °С за 2001-2016 гг.

Колебания средних месячных температур воздуха зависит не только от времени года, но и от физико-географических особенностей территории. На западе и юго-западе республики во все сезоны наблюдается самая высокая температура воздуха, а на северо- и юго-востоке – самая низкая (рис.1.1). Мензелинск и Муслюмово из-за местных орографических условий имеют относительно низкую температуру в зимний период, и относительно высокую весной и летом.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) отражает межгодовую изменчивость температуры воздуха. Наибольшие значения СКО средних месячных температур воздуха наблюдается в зимние месяцы (в период 1966-2000 гг. СКО температуры в январе достигает значений 4,24°). В теплый период СКО в 1,5-2,5 раза меньше, чем в холодный.

Средняя месячная температура воздуха (°С) на территории РТ в период 1966-2016 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
Арск	-12,5	-11,7	-4,9	4,8	13,1	17,4	19,5	17,2	11,0	3,4	-3,8	-9,6	3,6
Большие Кайбицы	-11,7	-11,2	-4,6	5,4	13,6	17,6	19,5	17,4	11,4	4,0	-3,1	-8,8	4,1
Бугульма	-12,8	-11,8	-5,3	4,7	13,1	17,1	18,9	16,9	11,0	3,1	-4,3	-10,1	3,4
Акташ	-12,6	-11,7	-4,7	5,8	13,8	18,0	19,8	17,5	11,6	4,0	-3,3	-9,5	4,0
Вязовые	-11,7	-10,9	-4,3	5,4	13,5	17,7	19,9	17,7	11,6	4,1	-3,1	-8,9	4,2
Елабуга	-12,4	-11,5	-4,4	5,4	13,5	18,0	20,0	17,5	11,5	3,9	-3,3	-9,4	4,1
Казань, ЦГМС	-11,7	-10,8	-4,1	5,5	13,7	18,0	20,0	17,9	11,7	4,2	-3,0	-8,7	4,4
Дрожжаное	-11,4	-10,8	-4,6	5,5	13,6	17,4	19,3	17,5	11,4	3,9	-3,2	-8,7	4,2
Азнакаево	-12,8	-11,8	-4,9	5,2	13,3	17,6	19,3	17,0	11,1	3,5	-3,8	-9,9	3,6
Мензелинск	-13,1	-12,2	-5,3	4,9	13,3	17,7	19,6	17,3	11,2	3,5	-3,9	-10,1	3,6
Муслюмово	-13,1	-12,4	-5,3	5,6	13,7	18,1	19,8	17,5	11,5	3,8	-3,5	-9,9	3,8
Тетюши	-11,9	-11,5	-4,9	5,1	13,6	17,5	19,5	17,7	11,7	4,1	-3,1	-8,9	4,1
Чулпаново	-12,6	-12,3	-5,5	5,6	13,9	17,9	19,8	17,6	11,5	4,1	-3,1	-9,5	3,9
среднее	-12,3	-11,6	-4,8	5,3	13,5	17,7	19,6	17,4	11,4	3,8	-3,4	-9,4	3,9
СКО	4,13	3,86	2,61	2,69	2,16	2,16	1,97	2,05	1,66	2,12	2,78	3,73	2,66

Средняя месячная температура воздуха (°С) на территории РТ в период 1966-2000 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
Арск	-13,2	-12,0	-5,3	4,6	12,6	17,4	19,1	16,6	10,5	3,0	-4,6	-9,9	3,2
Большие Кайбицы	-12,3	-11,4	-5,0	5,3	13,1	17,5	19,1	16,9	11,0	3,6	-3,8	-9,2	3,7
Бугульма	-13,3	-12,0	-5,7	4,5	12,7	17,0	18,6	16,3	10,5	2,7	-5,0	-10,3	3,0
Акташ	-13,1	-11,9	-5,1	5,7	13,5	18,0	19,6	17,0	11,3	3,7	-4,0	-9,6	3,7
Вязовые	-12,3	-11,1	-4,6	5,2	13,0	17,6	19,5	17,1	11,1	3,7	-3,8	-9,3	3,8
Елабуга	-13,0	-11,7	-4,8	5,2	13,0	17,9	19,7	16,9	11,0	3,5	-4,1	-9,7	3,7
Казань, ЦГМС	-12,3	-11,1	-4,5	5,3	13,2	17,8	19,6	17,2	11,2	3,8	-3,8	-9,1	3,9
Дрожжаное	-11,9	-11,0	-4,9	5,4	13,3	17,4	18,9	17,0	11,0	3,6	-3,8	-9,1	3,8
Азнакаево	-13,3	-11,9	-5,3	5,1	12,9	17,5	19,0	16,4	10,6	3,2	-4,4	-10,1	3,3
Мензелинск	-13,7	-12,4	-5,7	4,8	12,9	17,6	19,3	16,8	10,8	3,2	-4,6	-10,3	3,2
Муслюмово	-13,5	-12,4	-5,8	5,4	13,3	18,1	19,6	17,0	11,1	3,5	-4,2	-10,0	3,5
Тетюши	-12,5	-11,6	-5,3	4,9	13,1	17,5	19,2	17,1	11,2	3,7	-3,8	-9,3	3,7
Чулпаново	-13,2	-12,5	-6,0	5,4	13,6	17,9	19,5	17,1	11,2	3,7	-3,8	-9,7	3,6
среднее	-12,9	-11,8	-5,2	5,1	13,1	17,6	19,3	16,9	11,0	3,5	-4,1	-9,7	3,5
СКО	4,24	3,65	2,57	2,93	2,21	2,19	1,92	1,73	1,69	2,21	2,68	3,50	2,63

Таблица 1.3

Средняя месячная температура воздуха (°С) на территории РТ в период 2001-2016 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
Арск	-11,1	-11,1	-4,1	5,2	14,2	17,6	20,3	18,4	12,0	4,2	-2,2	-8,9	4,6
Большие Кайбицы	-10,5	-10,8	-3,8	5,7	14,4	17,6	20,3	18,5	12,3	4,8	-1,5	-8,0	4,9
Бугульма	-11,7	-11,3	-4,5	5,1	13,9	17,3	19,5	18,1	12,0	3,9	-2,9	-9,8	4,1
Акташ	-11,3	-11,4	-3,7	6,1	14,4	17,9	20,1	18,5	12,4	4,7	-1,9	-9,1	4,7
Вязовые	-10,4	-10,4	-3,5	5,8	14,6	17,9	20,8	19,0	12,7	4,9	-1,5	-8,0	5,1
Елабуга	-11,0	-11,0	-3,5	5,8	14,4	18,2	20,7	18,7	12,5	4,8	-1,8	-8,8	4,9
Казань, ЦГМС	-10,2	-10,0	-3,1	6,1	14,8	18,2	21,0	19,2	12,8	5,1	-1,3	-7,9	5,4
Дрожжаное	-10,4	-10,5	-3,8	5,6	14,4	17,4	20,1	18,6	12,3	4,7	-1,7	-8,0	4,9
Азнакаево	-11,7	-11,6	-3,9	5,6	14,1	17,8	19,9	18,2	12,0	4,2	-2,3	-9,7	4,4
Мензелинск	-11,8	-11,9	-4,4	5,2	14,1	17,8	20,2	18,4	12,2	4,3	-2,4	-9,6	4,3
Муслумово	-12,0	-12,3	-4,2	5,9	14,3	18,2	20,3	18,5	12,3	4,6	-1,9	-9,5	4,5
Тетюши	-10,7	-11,1	-4,1	5,5	14,5	17,7	20,3	18,9	12,7	5,0	-1,4	-8,2	4,9
Чулпаново	-11,4	-12,0	-4,6	5,9	14,5	17,9	20,3	18,5	12,2	4,7	-1,6	-9,0	4,6
среднее	-11,1	-11,2	-3,9	5,7	14,4	17,8	20,3	18,6	12,3	4,6	-1,9	-8,8	4,7
СКО	3,69	4,38	2,53	2,10	1,83	2,15	1,95	2,25	1,14	1,71	2,39	4,23	2,53

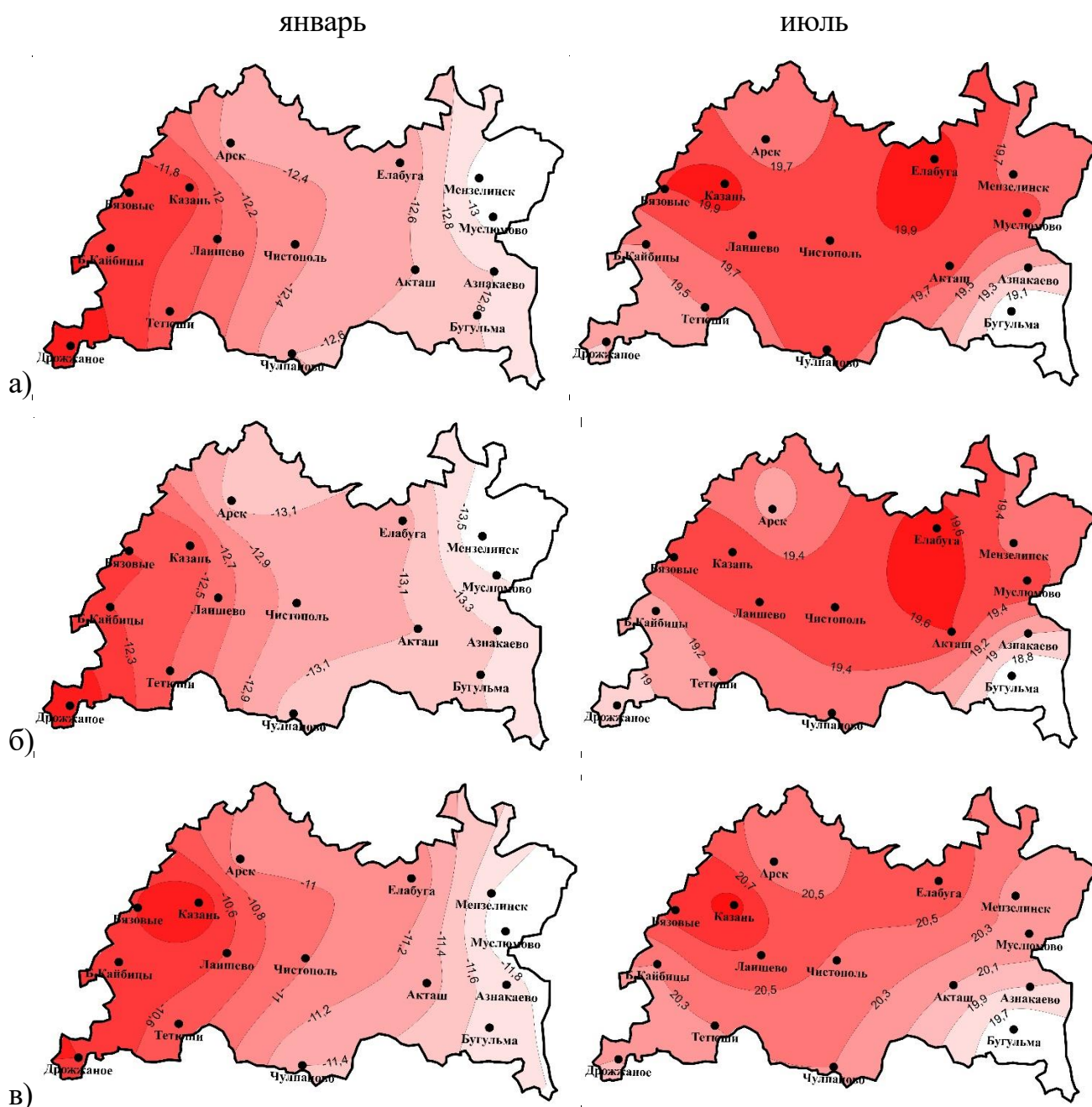


Рис. 1.1. Пространственное распределение средней месячной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) (слева января, справа июля) на территории РТ в периоды: а) 1966-2016 гг., б) 1966-2000 гг., в) 2001-2016 гг.

Сравнивая данные табл. 1.1 - 1.3 видим, что температура воздуха в начале нового столетия выше, чем за вторую половину XX века. По РТ температура воздуха в течение года меняется от $-13,1^{\circ}\text{C}$ до $20,0^{\circ}\text{C}$ в 1966-2016гг., в период 1966 - 2000гг. – от $-13,7^{\circ}\text{C}$ до $19,7^{\circ}\text{C}$, а в период 2000 - 2016гг. – от $-12,0^{\circ}\text{C}$ до $21,0^{\circ}\text{C}$.

Как видно из рис. 1.1, в поле температуры выявляется заметная пространственная неоднородность, что объясняется действием на термический

режим приземного воздуха сложного комплекса факторов местного и внешнего происхождения. К первым из них относятся свойства подстилающей поверхности изучаемой территории, флора, орография и солнечная радиация, поступающая к земной поверхности, ко вторым –адвективно-циркуляционные условия и др.

В работах [Клименко, 2011; Шерстюков, 2011] отмечается, что до сих пор не существует единых взглядов относительно генезиса изменения климата в современный период ввиду сложного взаимодействия естественных и антропогенных факторов. Так, в многочисленных отечественных и зарубежных работах утверждается, что потепление на Земле вызвано ростом концентрации углекислого газа и других парниковых газов в атмосфере [Будыко и др., 1992; Pearce, 1995; Parmesan et al., 2003]. Доклады IPCC и Росгидромета (2013, 2014), климатические модели IPCC строятся на утверждении влияния антропогенного фактора на климат с прогнозом климатических характеристик до конца 21 века и дальше.

В то же время в ряде работ отмечается, что современные климатические изменения происходят также под влиянием солнечной и вулканической активности и других естественных факторов внутреннего происхождения [Дроздов и др., 2000; Folland et al., 2001; Дзюба и др., 2007 и др.]. В годы максимума солнечной активности чаще происходит смена теплых и холодных воздушных масс из-за усиления циркуляции атмосферы.

Исследования климатических изменений в различных географических широтах показывают, что показатели температуры воздуха и их тренды различны в связи с влиянием большого числа региональных факторов [Kukla et al., 1993; Ранькова и др., 1998; Анисимов и др., 2003 и др.].

Ранее характер динамики средних месячных температур воздуха в РТ был изучен в работе [Переведенцев и др., 2008] с помощью линейного тренд-анализа, что позволяет представить характер временного изменения температуры в виде прямой линии:

$$y(x)=\alpha x+b, \quad (1.1)$$

где $y(x)$ – сглаженное значение температуры воздуха на момент времени x (годы), a – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризующий изменение температуры за год, b – свободный член, равный сглаженному значению температуры в начальный период.

Статистическая значимость коэффициента детерминации R^2 линейного тренда оценивалась с помощью критерия Фишера:

$$F = \frac{R^2(n-2)}{1-R^2}, \quad (1.2)$$

где R^2 – коэффициент детерминации, n – объем выборки. Нулевая гипотеза опровергается, если $F > F_{\text{крит}}$ [Ферстер и др., 1983].

R^2 показывает вклад линейного тренда в общую изменчивость параметра. При объеме выборки в 51 лет коэффициент детерминации значим, если $R^2 > 0,08$, при объеме в 35 лет – $R^2 > 0,11$, при объеме в 16 лет – $R^2 > 0,24$ (при уровне достоверности $p \geq 0,95$).

Положительные (отрицательные) значения коэффициента a означают повышение (понижение) средней месячной температуры воздуха.

Результаты расчетов коэффициентов наклона линейного тренда для периодов 1966-2016 гг., 1966-2000 гг. и 2001-2016 гг. приведены в табл. 1.4-1.6.

Наиболее существенной особенностью динамики термического режима в РТ в 1966 – 2016 гг. (табл.1.4) является наличие в ней тенденции потепления.

В период 1966-2016 гг. отмечается положительный КНЛТ температуры воздуха во всех месяцах исследуемых станций (табл. 1.4, рис. 1.2), наибольшая скорость потепления отмечается в январе на ст. Казань, ЦГМС ($a = 1,02^\circ\text{C}/10$ лет), наименьшая скорость потепления наблюдалась на ст. Дрожжаное в апреле ($a = 0,01^\circ\text{C}/10$ лет). При этом процесс потепления как в РТ, так и в России развивается с большей скоростью, чем на Земле. В ряде работ приводится оценка глобальных и региональных изменений температуры воздуха, результаты которых созвучны нашим [Wallace et al., 1996; Jones et al., 1999; Casey et al., 2001; Brohan et al., 2006; Climat change, 2007; Шерстюков, 2008, 2011; Переведенцев и др. 2009; Souza et al., 2012; и др.].

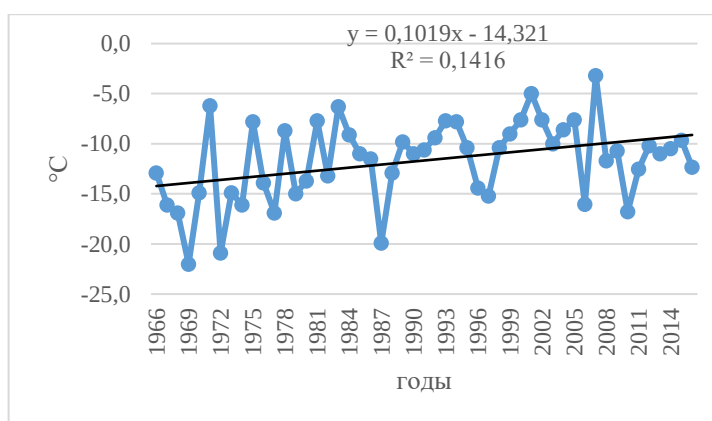


Рис. 1.2. Распределение средней месячной температуры воздуха (°C) января на ст. Казань, ЦГМС в период 1966-2016 гг.

Анализ табл.1.5 показывает, что в 1966-2000 гг. наблюдается положительная тенденция значений температуры воздуха с декабря по март, в июне, июле и октябре, при чем большие скорости повышения температуры наблюдаются в январе, наибольшая равна $1,79^{\circ}\text{C}/10$ лет на ст. Б.Кайбицы (рис. 1.3). В мае, августе и ноябре наблюдаются отрицательные КНЛТ со значениями до $-1,27^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Рост температуры продолжается и в начале 21 века в феврале, июне и декабре, понижение – только в ноябре.

В 2001-2016 гг. наблюдается понижение средней месячной температуры воздуха в январе, марте, июле, октябре и ноябре со скоростью до $-3,79^{\circ}\text{C}/10$ лет (ст. Муслумово) (рис.1.4), в остальные месяцы в большинстве станций КНЛТ положительный и в июне на ст. Акташ и Бугульма достигает до $2,77^{\circ}\text{C}/10$ лет.

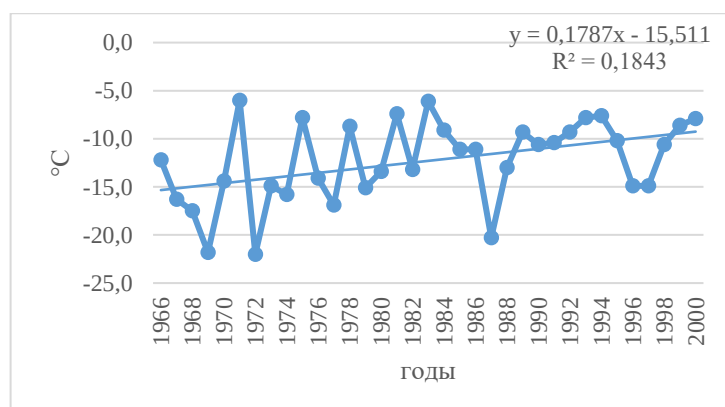


Рис. 1.3. Распределение средней месячной температуры воздуха (°C) января на ст. Б.Кайбицы в период 1966-2000 гг.

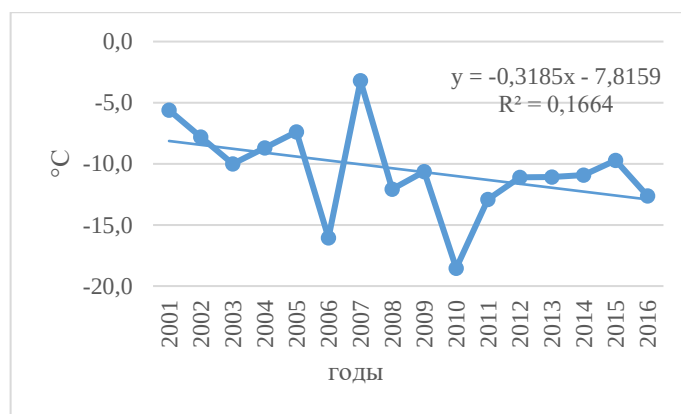


Рис. 1.4. Распределение средней месячной температуры воздуха (°C) января на ст. Муслумово в период 2001-2016 гг.

Таким образом, сравнивая коэффициенты наклона линейных трендов температуры воздуха за различные периоды, пришли к выводу, что уровень трендов и основные сезонные соотношения существенно изменились. Среднегодовая скорость роста температуры уменьшилась с $0,34^{\circ}/10$ лет (1966-2000гг.) до $0,29^{\circ}\text{C}/10$ лет (2001-2016гг.), стали заметнее межсезонные различия трендов.

Сравнение результатов для 1966-2016 гг. с результатами, представленными в работе [Переведенцев и др., 2008] для периода 1966-2004 гг., показывает, что значения КНЛТ в январе для периода 1966-2004 гг. были намного больше, чем в период 1966-2016 гг. Так КНЛТ в январе колеблется по территории РТ от $1,72$ до $1,92^{\circ}\text{C}/10$ лет в период 1966-2004 гг., в 1966-2016гг. - от $0,82$ до $1,02^{\circ}\text{C}/10$ лет. В 1966-2004гг. май, август и ноябрь характеризуются слабым понижением температуры, летний период отличается слабым положительным трендом. В 1966-2016гг. все месяцы имеют положительные величины коэффициентов наклона линейного тренда. Среднегодовые значения КНЛТ меняются от $0,18$ до $0,46^{\circ}\text{C}/10$ лет в 1966-2004гг., от $0,33$ до $0,51^{\circ}\text{C}/10$ лет в 1966-2016гг. Такая заметная разница в скорости изменения средней годовой температуры воздуха объясняется ее повышением во всех месяцах в 1966-2016гг.

Таблица 1.4

**Коэффициенты наклона линейного тренда средней месячной температуры воздуха (°C/10 лет)
на территории РТ в период 1966-2016 гг.**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
Арск	0,97	0,71	0,44	0,21	0,41	0,45	0,40	0,41	0,42	0,52	0,22	0,51	0,47
Большие Кайбицы	0,93	0,60	0,39	0,13	0,30	0,37	0,39	0,32	0,37	0,48	0,22	0,58	0,42
Бугульма	0,83	0,52	0,32	0,10	0,27	0,48	0,28	0,40	0,34	0,51	0,14	0,32	0,37
Акташ	0,91	0,59	0,44	0,18	0,30	0,45	0,31	0,40	0,31	0,48	0,13	0,34	0,40
Вязовые	0,95	0,64	0,37	0,18	0,37	0,41	0,44	0,40	0,42	0,49	0,23	0,58	0,46
Елабуга	0,95	0,66	0,42	0,18	0,34	0,50	0,36	0,38	0,34	0,52	0,18	0,49	0,44
Казань, ЦГМС	1,02	0,74	0,49	0,28	0,40	0,46	0,48	0,45	0,43	0,54	0,28	0,60	0,51
Дрожжаное	0,82	0,47	0,28	0,01	0,17	0,26	0,32	0,30	0,28	0,37	0,13	0,53	0,33
Азнакаево	0,87	0,52	0,41	0,17	0,29	0,50	0,33	0,41	0,30	0,49	0,17	0,39	0,40
Мензелинск	0,88	0,56	0,36	0,13	0,30	0,46	0,35	0,38	0,36	0,52	0,16	0,46	0,41
Муслумово	0,79	0,53	0,41	0,13	0,22	0,43	0,24	0,34	0,27	0,50	0,18	0,38	0,37
Тетюши	0,89	0,57	0,37	0,17	0,33	0,43	0,38	0,40	0,42	0,52	0,25	0,54	0,44
Чулпаново	0,86	0,60	0,36	0,07	0,18	0,36	0,23	0,28	0,25	0,43	0,13	0,37	0,34
среднее	0,90	0,59	0,39	0,15	0,30	0,43	0,35	0,37	0,35	0,49	0,19	0,47	0,41

**Коэффициенты наклона линейного тренда средней месячной температуры воздуха (°C/10 лет)
на территории РТ в период 1966-2000 гг.**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
Арск	1,70	1,40	0,42	0,19	-0,16	0,97	0,37	-0,37	0,09	0,73	-1,14	0,57	0,40
Большие Кайбицы	1,79	1,30	0,26	0,11	-0,29	0,89	0,30	-0,42	0,08	0,65	-1,12	0,64	0,35
Бугульма	1,56	1,01	0,12	-0,14	-0,32	1,00	0,26	-0,40	-0,13	0,78	-1,16	0,46	0,25
Акташ	1,67	1,42	0,32	0,18	0,02	1,22	0,54	-0,08	0,08	0,82	-1,24	0,50	0,46
Вязовые	1,73	1,31	0,31	0,15	-0,27	0,86	0,34	-0,40	0,07	0,68	-1,10	0,62	0,36
Елабуга	1,65	1,40	0,27	0,03	-0,24	1,00	0,35	-0,41	-0,09	0,73	-1,19	0,64	0,35
Казань, ЦГМС	1,77	1,39	0,43	0,19	-0,24	0,89	0,36	-0,41	0,04	0,70	-1,00	0,69	0,40
Дрожжаное	1,66	1,03	0,06	-0,11	-0,57	0,66	0,10	-0,57	-0,16	0,38	-1,27	0,58	0,15
Азнакаево	1,75	1,41	0,27	0,10	-0,19	1,04	0,34	-0,29	-0,11	0,82	-1,09	0,73	0,40
Мензелинск	1,56	1,29	0,13	-0,01	-0,19	1,02	0,44	-0,29	0,02	0,82	-1,20	0,65	0,35
Муслюмово	1,63	1,55	0,13	0,01	-0,23	1,08	0,34	-0,28	-0,06	0,84	-1,20	0,64	0,37
Тетюши	1,69	1,26	0,24	0,11	-0,22	0,90	0,31	-0,38	0,09	0,66	-1,06	0,59	0,35
Чулпаново	1,64	1,44	0,10	-0,18	-0,36	0,85	0,18	-0,40	-0,05	0,62	-1,32	0,44	0,25
среднее	1,68	1,32	0,24	0,05	-0,25	0,95	0,33	-0,36	-0,01	0,71	-1,16	0,60	0,34

**Коэффициент наклона линейного тренда средней месячной температуры воздуха (°C/10 лет)
на территории РТ в период 2001-2016 гг.**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
Арск	-2,98	0,85	-0,37	-0,15	2,00	2,33	-0,52	2,11	0,14	-0,94	-0,33	1,88	0,34
Большие Кайбицы	-3,18	0,88	-0,26	0,10	2,06	2,19	-0,36	1,88	0,07	-0,73	-0,27	2,40	0,40
Бугульма	-2,98	0,22	-0,53	0,61	1,88	2,77	-0,44	1,98	0,07	-1,32	-0,52	1,22	0,25
Акташ	-3,19	0,27	-0,65	0,23	1,74	2,77	-0,46	1,96	0,14	-1,17	-0,45	1,78	0,25
Вязовые	-3,06	0,64	-0,29	-0,22	1,89	2,21	-0,60	1,59	-0,04	-0,89	-0,31	2,02	0,25
Елабуга	-2,92	0,68	-0,36	0,54	2,01	2,69	-0,35	2,04	0,20	-0,95	-0,45	1,85	0,41
Казань, ЦГМС	-2,99	0,72	-0,15	-0,06	2,29	2,55	-0,12	2,27	0,32	-0,82	-0,19	1,99	0,48
Дрожжаное	-3,03	0,77	-0,34	0,07	2,03	2,35	-0,30	1,74	-0,10	-0,79	-0,32	2,46	0,38
Азнакаево	-3,29	-0,04	-0,84	0,47	1,65	2,46	-0,56	1,72	-0,01	-1,29	-0,56	1,68	0,12
Мензелинск	-3,06	0,69	-0,51	0,79	2,06	2,69	-0,49	1,80	0,15	-1,21	-0,54	1,58	0,33
Муслюмово	-3,79	-0,09	-0,96	0,58	1,24	2,11	-1,09	1,48	-0,17	-1,32	-0,75	1,31	-0,12
Тетюши	-3,22	0,55	-0,59	0,21	1,99	2,46	-0,17	2,05	0,11	-0,85	-0,15	2,23	0,39
Чулпаново	-3,50	-0,14	-0,62	0,41	1,88	2,39	-0,34	1,81	0,02	-0,91	-0,42	2,27	0,24
среднее	-3,17	0,46	-0,50	0,28	1,90	2,46	-0,45	1,88	0,07	-1,01	-0,40	1,90	0,29

Согласно [Переведенцев и др., 2015], в начале нового столетия наблюдается определенное замедление (пауза) глобального потепления: однако глобальная температура колеблется на уровне достигнутых высоких значений.

В Оценочном Докладе [2014] отмечается, что причина наблюдаемой “паузы” в росте приземной температуры может быть связана с перераспределением тепла между верхними и глубокими слоями океана, в котором ключевую роль авторы доклада отводят Тихому океану.

В [Kevin, 2012] обращается внимание на 1998 год, который, как точка последнего максимума на кривой глобальной температуры, во многом определил появление последующих нисходящих тенденций.

В работе [Крымская и др., 2012] выявлено, что в 1981-1997 гг. активизировался процесс выхода южных циклонов на территорию ЕЧР, после 1998г. усилились блокирующие процессы.

Как известно, атмосферная циркуляция оказывает существенное влияние на термический режим. С целью оценки влияния циркуляции на температурный режим в Республике Татарстан, рассмотрим корреляционные связи между температурой воздуха осредненной по территории РТ и индексами циркуляции атмосферы САК, АО и SCAND в период 1966-2016 гг.

Северо-Атлантическое колебание (САК) представляет собой изменение атмосферного давления в северных и южных широтах Атлантики, в области исландского минимума и азорского максимума [Нестеров, 2009 и др.].

Арктическая осцилляция (АО) это структура атмосферной циркуляции, в которой атмосферное давление над полярным регионом изменяется в противофазе с давлением над средними широтами на временных масштабах от недель до десятилетий [Моханакумар, 2011].

Скандинавское колебание (SCAND) – индекс, характеризующий барический градиент между Скандинавским полуостровом и югом Европы [Нестеров, 2009].

Из данных, приведенных в табл. 1.7, видно, что связи между индексами циркуляции и температурой воздуха наиболее тесны в холодный период и ослабевают в теплый.

Наблюдается значительная зависимость температуры воздуха на территории РТ от состояния Северной Атлантики, что подтверждается наличием положительной корреляционной связи между температурой воздуха и индексом САК зимой ($r=0,51$). В теплое время года влияние Атлантики ослабевает и также связанные с ним адвекции тепла и влаги в Европейский регион. В летнее время усиливаются радиационные процессы. Поэтому летом связь температуры с САК ослабевает, и остается значимой лишь для мая и июня ($r=-0,42$, $-0,30$ соответственно). Это объясняется тем, что с усилением САК зимой температура повышается, а летом, наоборот, понижается, т.е. при положительной фазе колебания усиливается западно-восточный перенос, т.к. в положительной фазе между исландским минимумом и азорским максимумом увеличены градиенты давления и усилена зональная циркуляция. В отрицательной фазе происходит ослабление зонального переноса и усиление меридиональных процессов.

Статистически значимые связи индексов циркуляции АО и SCAND с температурой воздуха также наблюдаются в зимние месяцы.

Когда АО в положительной фазе, в полярной области давление падает, а температура повышается. Когда АО переходит в отрицательную фазу, наступает период охлаждения Арктики и повышения атмосферного давления в высоких широтах Северного полушария. Т.е. в зимние месяцы, когда АО в положительной фазе, температура в РТ повышается, а когда в отрицательной – понижается.

С индексом SCAND, наоборот, при усилении скандинавского колебания температура в зимние месяцы понижается, при ослаблении – повышается.

Таблица 1.7

Коэффициенты линейной корреляции (r) рядов среднемесячной температуры воздуха и индексов циркуляции атмосферы (1966-2016 гг.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
САК	0,40	0,44	0,35	-0,13	-0,42	-0,30	-0,13	-0,19	0,23	-0,08	-0,18	0,51
АО	0,49	0,37	0,40	0,03	-0,10	-0,11	0,24	-0,08	0,20	0,06	0,21	0,42
SCAND	-0,61	-0,61	-0,33	-0,25	-0,26	-0,05	0,07	-0,10	0,08	-0,43	-0,18	-0,42

Примечание: Статистически достоверными при $p \geq 0,95$, согласно t -критерию Стьюдента, являются значения коэффициента корреляции $|r| \geq 0,23$.

Если допустить, что изменения температуры воздуха всего Северного полушария (СП) происходят под влиянием глобальных процессов, то результаты корреляционных связей температуры воздуха РТ и СП показывают (табл.1.8), что вклад этих процессов в изменчивость температуры воздуха в РТ составляет в некоторых месяцах до 30%.

Таблица 1.8

Коэффициенты линейной корреляции (r) рядов среднемесячной температуры воздуха РТ и СП (1979-2016 гг.)

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r	0,23	0,43	0,55	0,31	0,36	0,36	0,30	0,47	0,43	0,28	0,53	0,37

Примечание: Статистически достоверными при $p \geq 0,95$, согласно t-критерию Стьюдента, являются значения коэффициента корреляции $|r| \geq 0,32$.

Циркуляция воздуха приводит к межгодовым изменениям термического режима, формируя аномалии температуры воздуха (АТВ) различного знака. Поэтому к АТВ обращается большое внимание.

Для каждого месяца года в период 1966-2016 гг. рассчитывались отклонения среднемесячной температуры воздуха от нормы по формуле:

$$\Delta t = t - \bar{t}, \quad (1.3)$$

где t – среднемесячная температура воздуха, $\bar{t}$ – средняя многолетняя температура воздуха конкретного месяца.

Значения АТВ сравнивались с величиной σ , где σ - среднее квадратическое отклонение (СКО) температуры воздуха. К категории слабых АТВ (Δt) были отнесены такие, когда $\Delta t \geq 0,5\sigma$ и $\Delta t \leq -0,5\sigma$, к категории крупных - $\Delta t \geq \sigma$ и $\Delta t \leq -\sigma$, особо крупных - $\Delta t \geq 1,5\sigma$ и $\Delta t \leq -1,5\sigma$, экстремальных - $\Delta t \geq 2,0\sigma$ и $\Delta t \leq -2,0\sigma$.

На рисунке 1.5 представлено распределение аномалий осредненных по РТ среднемесячных температур в январе и июле. Для количественной оценки близости фактического распределения к нормальному рассчитывались асимметрия (А) и эксцесс (Е), свойства которых рассмотрены в [Чичасов, 2013].

В январе наблюдается левая асимметрия (превалируют отрицательные аномалии), в июле возникает правосторонняя асимметрия (превалируют

положительные аномалии). Значения асимметрии и эксцесса равны: $A=-0,49$, $E=0,15$ для января и $A=0,16$, $E=-0,15$ для июля.

В целом, распределение значений ряда среднемесячной температуры воздуха в январе и июле близко к нормальному распределению, более $2/3$ значений в нем не выходят за пределы $[\bar{t} - \sigma; \bar{t} + \sigma]$, поэтому можно считать, что в пределах $\bar{t} \pm 2\sigma$ укладывается около 95 % всех значений. Согласно этому правилу и данным табл.1.1, в 95 % случаев средняя месячная температура января в РТ будет меняться от $-4,1$ до $-20,5$ °С, июля – от $15,6$ до $23,6$ °С.

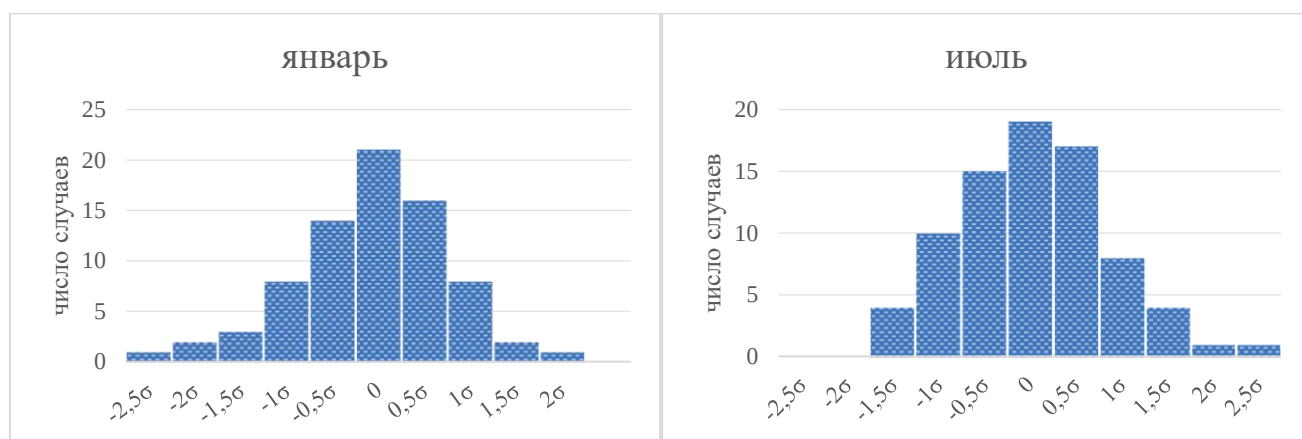


Рис. 1.5. Распределение аномалий среднемесячных температур воздуха, осредненных по территории РТ в январе и июле

Для прогностической практики представляет интерес продолжительность жизни положительных и отрицательных аномалий температуры воздуха, поэтому в работе были выполнены соответствующие расчеты, представленные на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Повторяемость времени жизни аномалий среднемесячных температур воздуха, осредненных по территории РТ (1966-2016гг.)

Согласно данным рис. 1.6, положительные и отрицательные аномалии (при $\Delta t \geq \sigma$ и $\Delta t \leq -\sigma$) среднемесячных температур воздуха с продолжительностью жизни не более одного месяца составляют более 50 случаев ($\approx 70\%$). Аномалии, с продолжительностью жизни 2 месяца, встречаются в 8-18 % случаев, 3 месяца – в 4-5 %. Повторяемость продолжительности жизни аномалий, равной четырем и более месяцам, низкая. Положительные аномалии продолжительностью в 5 месяцев наблюдались в периоды: с февраля по июнь в 1995г., с мая по сентябрь в 2010г. Продолжительность отрицательных аномалий величиной 4 месяца отмечена в период с февраля по май 1971 года. Отрицательных экстремальных АТВ наблюдалось большее число раз, чем положительных. Максимальная продолжительность положительных экстремальных АТВ составляет 2 месяца, отрицательных – 1 месяц.

Для более детальной оценки пространственно-временной изменчивости температуры воздуха находился индекс континентальности климата по Горчинскому (K_G) за периоды 1966-2016, 1966-2000 и 2001-2016 гг., который рассчитывается по формуле [Исаев, 2001]:

$$K_G = C \frac{A_{\text{лок}} - 12 \sin \varphi}{\sin \varphi}, \quad (1.4)$$

где $A_{\text{лок}}$ – локальная годовая амплитуда температуры, выражение $12 \sin \varphi$ тождественно средней годовой амплитуде температуры над океаном в зоне между 30 и 60° широты (φ). Коэффициент C оценивается исходя из предположения, что средняя континентальность над океаном (при $A_{\text{лок}} = 12 \sin \varphi$) равна нулю, а в Верхоянске – 100. После этого формула примет вид:

$$K_G = \frac{1,7 A_{\text{лок}}}{\sin \varphi} - 20,4. \quad (1.5)$$

Резко континентальным климатом считается климат при значениях индекса Горчинского от 67 до 100%, континентальным – от 34 до 65%, морским климатом – от 0 до 33% [Исаев, 2011].

В РТ континентальный тип климата. В работе [Сидоренков и др., 2013] обнаружены квазитридцатипятилетние биения температуры воздуха, которые позволяют объяснить, почему климат на Европейской территории России

характеризуется как «континентальный» с холодными зимами и жаркими летними сезонами.

Континентальность климата увеличивается на территории РТ с юго-запада на северо-восток. Наибольшее значение индекса наблюдается на ст. Муслюмово, наименьшее - на ст. Дрожжаное (рис.1.7).

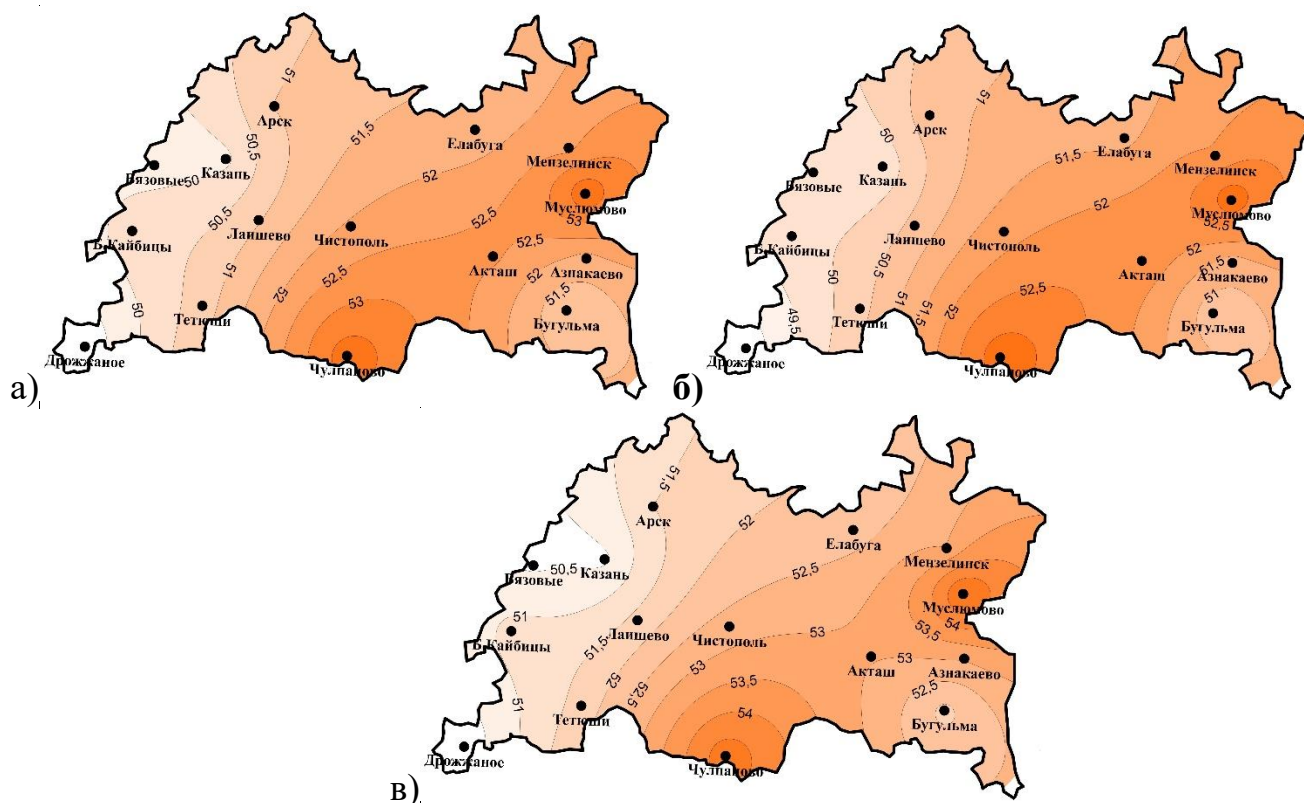


Рис. 1.7. Пространственное распределение K_{Γ} (%): а) 1966-2016 гг., б) 1966-2000 гг., в) 2001-2016 гг.

На территории РТ пространственное распределение индекса Горчинского следующее: в период 1966-2016 гг. индекс континентальности увеличивается с запада на восток от 49,2 до 53,9%, в период 1966-2000 гг. – от 48,7 до 53,4%, в период 2001-2016 гг. – от 50,2 до 55,1%. В начале XXI века в результате похолодания зим и повышения летних температур годовая амплитуда колебания температуры воздуха увеличилась, из-за этого индекс континентальности климата в 2001-2016 гг. больше чем в 1966-2000гг.

На территории РТ отмечается отрицательная тенденция значений КНЛТ индекса континентальности во всех исследуемых периодах (рис.1.8), что

свидетельствует об уменьшении степени континентальности (смягчении) климата РТ, кроме юго-восточной части региона в 2001-2016 гг.

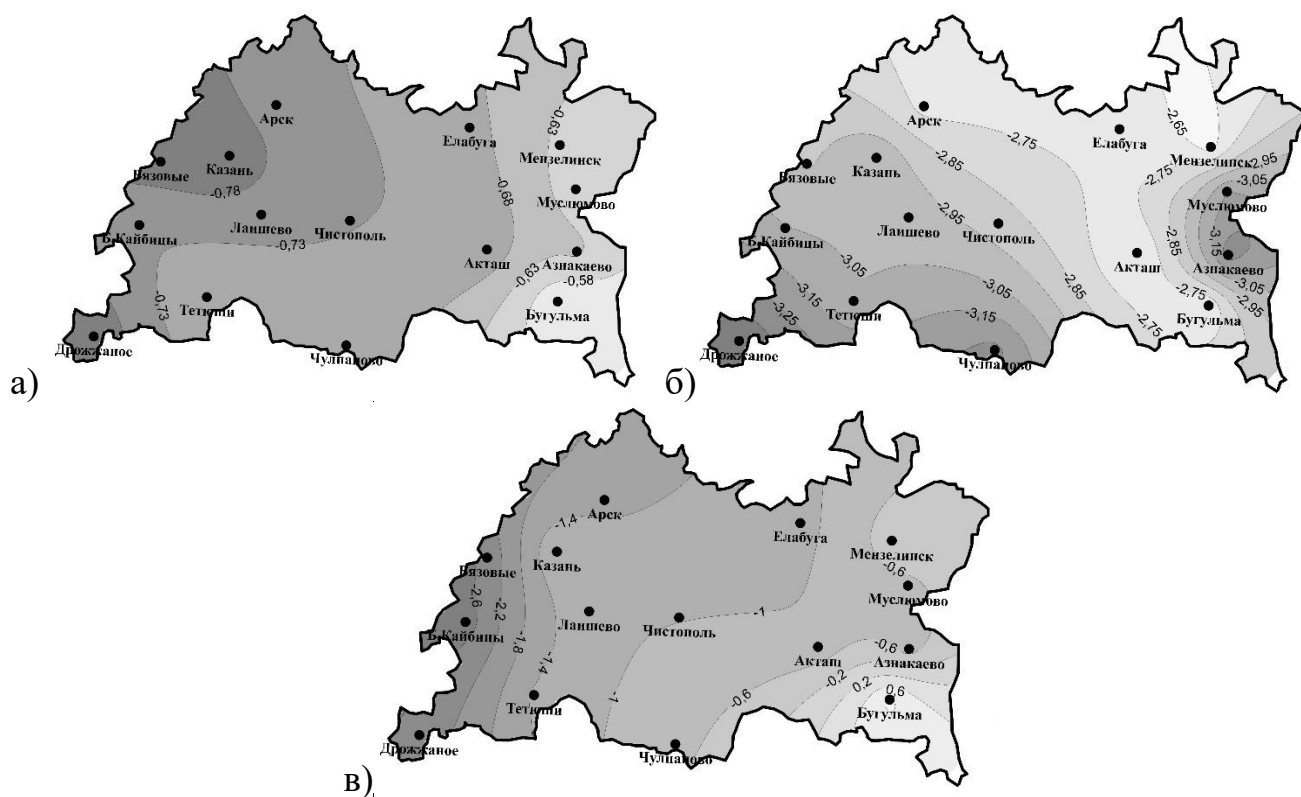


Рис. 1.8. Пространственное распределение КНЛТ Кг (% /10 лет):

а) 1966-2016 гг., б) 1966-2000 гг., в) 2001-2016 гг.

В последнее время количество работ, основанных на данных реанализа, увеличивается. Для дальнейшего использования данных реанализа Era-Interim в нашей работе, было произведено их сопоставление с данными метеорологических наблюдений на территории Республики Татарстан.

Реанализ ERA-Interim (European Interim ReAnalysis) использует модель ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) CY29R1 с 6- часовым шагом по времени, пространственным разрешением 50 км для 60 слоев в атмосфере, а также четырехмерным усвоением данных с 1979 года [ECMWF, 2007].

Были рассчитаны коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями температуры воздуха, осредненных по Республике Татарстан,

полученных из фонда ВНИИГМИ-МЦД и реанализа ERA-Interim за период 1979-2016гг.

Таблица 1.9

**Коэффициенты линейной корреляции (r) между рядами
среднемесячных температур воздуха, полученных из фонда ВНИИГМИ-МЦД
и реанализа ERA-Interim (1979-2016 гг.)**

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
г	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00

Примечание: Статистически достоверными при $p \geq 0,95$, согласно t -критерию Стьюдента, являются значения коэффициента корреляции $|r| \geq 0,32$.

Из табл. 1.9 видно, что коэффициенты корреляции значимы, минимальный коэффициент корреляции равен 0,99, что позволяет использовать данные реанализа ERA-Interim за период 1979-2017гг.

1.2. Изменения температуры воздуха в слое 1000 – 10 гПа

Для рассмотрения особенностей термического режима над Республикой Татарстан в тропосфере и стратосфере была построена вертикальная модель распределения осредненной по исследуемой территории температуры воздуха по данным реанализа ERA-Interim за период 1979-2016гг. Осреднение проводилось для зимы, лета и в целом года.

Для того, чтобы выявить долгопериодные колебания в климатических изменениях, температурные ряды сглаживались с помощью низкочастотного фильтра Поттера. Циклические колебания температуры с периодом менее 10 лет полностью подавлялись. Данный цифровой фильтр существенно не искажает фазы колебаний, чем и обусловлено использование фильтра Поттера с указанной полосой пропускания колебаний [Отнес и др., 1998].

В табл. 1.10 представлено распределение по вертикали низкочастотной изменчивости средних значений температуры воздуха, величины среднего квадратического отклонения и коэффициенты наклона линейных трендов температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на 18 изобарических поверхностях. Как видно из табл. 1.10, зимой средняя температура от поверхности Земли ($-10,41^{\circ}\text{C}$) понижается до уровня 30гПа (23,7 км), где она принимает значение $-65,59^{\circ}\text{C}$ (вертикальный градиент в слое равен $0,23^{\circ}\text{C}/100\text{м}$), затем идет повышение температуры (инверсия) до уровня 10гПа (30,9 км). В летний период температура от поверхности Земли ($18,42^{\circ}\text{C}$) понижается до уровня 70гПа (18,5км) до $-52,81^{\circ}\text{C}$ с градиентом $\approx 0,4^{\circ}\text{C}/100\text{м}$, затем до уровня 10гПа наблюдается инверсия температуры.

В приложении 1 представлен многолетний ход температуры воздуха от земной поверхности до уровня 10гПа для года в целом, зимы (декабрь-февраль) и лета (июнь-август). Построены по исходным данным линейные тренды и низкочастотная компонента (НЧК) с периодом более 10 лет.

Наблюдается расслоение атмосферы по колебаниям температуры. Этот факт хорошо проявляется на высотно-временных разрезах вычисленных первых

разностей НЧК с периодом более 10 лет особенно для средней зимней температуры (рис. 1.9). В периоды 1980-1982гг., 1986-1991гг., 1993-2009гг., 2012-2016гг. в нижней тропосфере наблюдалось повышение среднегодовой температуры воздуха, а в периоды 1982-1986гг., 1991-1993гг. и 2009-2012гг. ее понижение. В верхних слоях также наблюдается в отдельные периоды смена знака первых разностей НЧК температуры, эти изменения более интенсивны в зимнее время.

Особенно хорошо выражена смена знака первых разностей сглаженной температуры в зимний период на высоте выше 25 км, когда значения первых разностей НЧК в очагах потепления и похолодания по абсолютной величине превышают $1^{\circ}\text{C}/\text{год}$. В летний период значение первых разностей НЧК температуры воздуха не превышало значений $0,2^{\circ}\text{C}/\text{год}$, отрицательные значения не были ниже $-0,2^{\circ}\text{C}/\text{год}$.

Для оценки тенденции изменения температуры воздуха в толще атмосферы рассматриваются значения КНЛТ. Как следует из табл.1.10, в среднегодовом плане КНЛТ >0 в слое Земля – 200гПа (с наибольшими значениями у поверхности Земли), а в стратосфере КНЛТ <0 . Летом также в слое Земля – 250гПа КНЛТ >0 в тропосфере и <0 в стратосфере. Выделяется зима своими знакопеременными значениями КНЛТ и в тропосфере, и в стратосфере.

Таблица 1.10

Характеристики низкочастотной изменчивости средних температур воздуха на территории РТ на различных высотах (1979–2016 гг.)

Р, гПа	Н, км	Год					Зима					Лето				
		Т, °С	СКО, °С	КНЛТ, °С/10 лет	R ² L, %	R ² (НЧК) %	Т, °С	СКО, °С	КНЛТ, °С/10 лет	R ² L, %	R ² (НЧК) %	Т, °С	СКО, °С	КНЛТ, °С/10 лет	R ² L, %	R ² (НЧК) %
Земля	0,0	4,18	0,98	0,48	25	44	-10,41	2,29	0,07	-5	43	18,42	1,47	0,55	12	35
1000	0,1	5,38	0,94	0,44	22	40	-9,00	2,13	-0,03	-6	41	19,86	1,55	0,59	13	36
925	0,8	2,84	0,91	0,40	19	37	-8,65	1,68	0,04	-5	26	15,32	1,52	0,56	11	37
850	1,5	-0,37	0,86	0,35	15	38	-9,37	1,54	0,15	-4	28	10,04	1,39	0,45	8	39
700	3,0	-8,08	0,75	0,29	14	38	-15,53	1,38	0,22	-2	33	0,46	1,09	0,40	12	44
600	4,3	-14,77	0,66	0,21	7	33	-22,09	1,22	0,10	-5	31	-6,45	0,97	0,34	10	43
500	5,7	-23,42	0,61	0,15	2	30	-30,64	1,04	-0,01	-6	28	-15,14	1,02	0,34	9	43
400	7,3	-34,94	0,53	0,07	-3	28	-41,80	0,85	-0,13	-3	26	-27,01	1,03	0,30	5	42
300	9,4	-49,10	0,38	0,09	2	26	-54,77	0,62	-0,11	-2	50	-42,65	0,84	0,27	7	43
250	10,6	-55,22	0,49	0,15	6	27	-59,87	1,10	0,02	-5	55	-50,12	0,65	0,14	0	21
200	12,0	-56,53	0,87	0,05	-5	23	-60,76	1,58	0,04	-5	46	-51,74	1,55	-0,27	-2	24
150	13,9	-55,11	0,73	-0,04	-5	27	-59,46	1,33	-0,09	-5	39	-50,27	0,99	-0,10	-4	22
100	16,3	-56,72	0,69	-0,19	3	31	-61,28	1,36	-0,21	-3	27	-52,32	0,88	-0,22	2	24
70	18,5	-57,98	0,65	-0,23	10	34	-63,39	1,54	-0,24	-2	21	-52,81	0,82	-0,26	7	38
50	20,5	-58,44	0,64	-0,31	23	46	-64,91	1,73	-0,29	-2	24	-51,81	0,70	-0,30	17	52
30	23,7	-57,73	0,67	-0,34	26	54	-65,59	2,08	-0,19	-5	27	-49,24	0,58	-0,27	21	45
20	26,3	-55,22	0,82	-0,35	17	47	-63,85	2,59	-0,04	-6	31	-45,25	0,46	-0,19	15	41
10	30,9	-47,60	1,35	-0,41	6	33	-55,87	3,95	0,14	-5	32	-36,68	0,40	-0,26	46	68

Примечание: Т – средняя температура, °С; СКО – среднее квадратическое отклонение, °С; КНЛТ – КНЛТ температуры, °С/10 лет; R²L – скорректированный коэффициент детерминации линейного тренда, R²(НЧК) – коэффициент детерминации низкочастотной компоненты (НЧК).

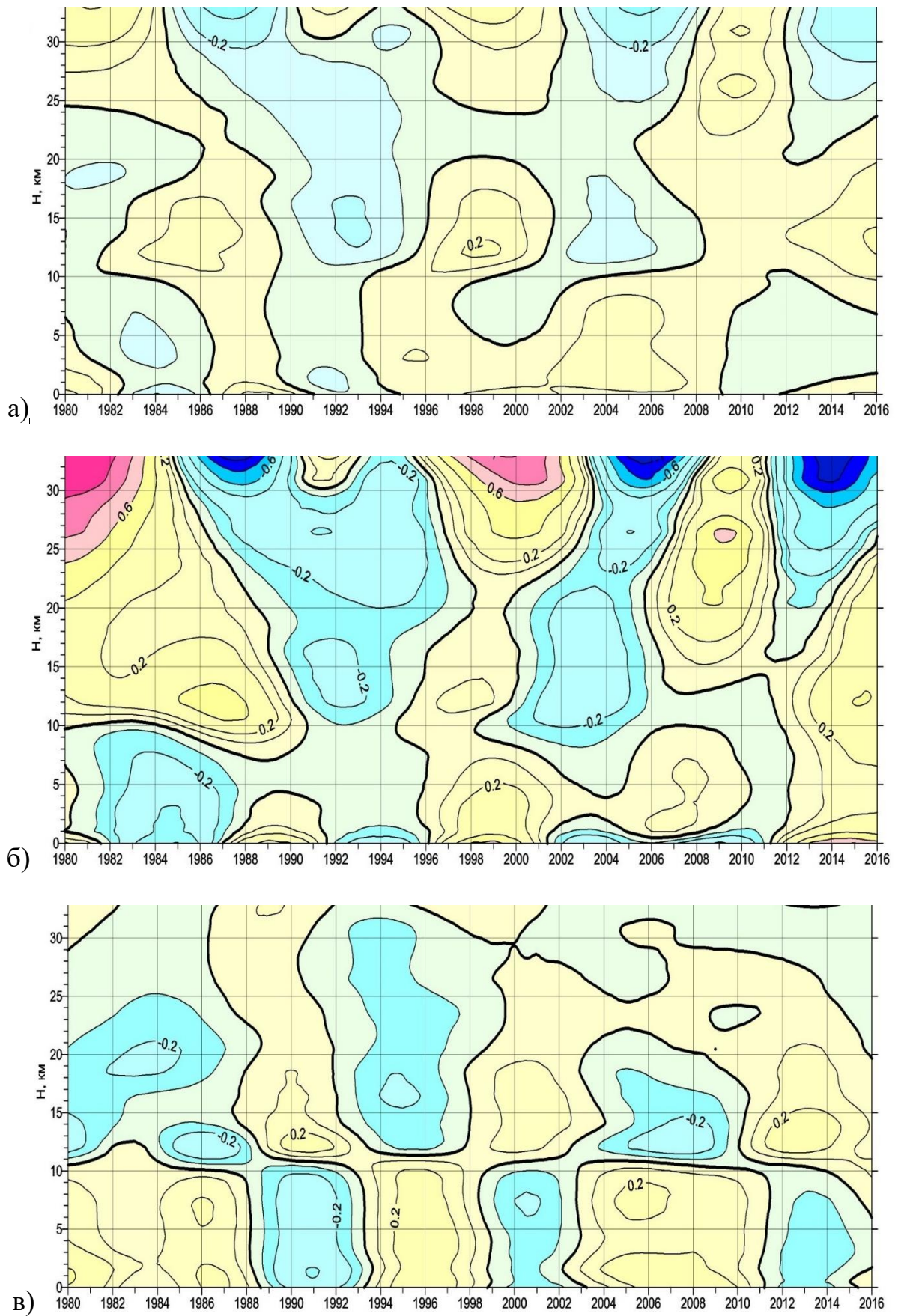


Рис. 1.9. Временной ход вертикального профиля первых разностей НЧК ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$) с периодом более 10 лет средней а) годовой, б) зимней, в) летней температуры воздуха на территории РТ (1979-2016гг.)

По характеру поведения коэффициента корреляции, рассчитанного между уровнями в поле температуры, можно судить о том, насколько между собой связаны процессы, происходящие в различных слоях атмосферы. Анализ полученных данных показывает (табл.1.11), что зимой и летом в тропосфере в слое 1000-400 гПа связи высокие ($r \approx 0,99$), затем в слое 400-250 гПа зимой и 300-200 гПа летом связи резко ослабевают, сказывается влияние тропопаузы, высота которой увеличивается от зимы к лету.

Таблица 1.11

**Коэффициенты корреляции (r) соседних уровней временных рядов
осредненной по территории РТ средней годовой, зимней и летней температур
воздуха (1979-2016 гг.)**

уровни, гПа		год	зима	лето
Земля	1000	0,985	0,983	0,991
1000	925	0,931	0,878	0,995
925	850	0,978	0,952	0,991
850	700	0,958	0,967	0,96
700	600	0,988	0,985	0,991
600	500	0,985	0,981	0,992
500	400	0,971	0,967	0,989
400	300	0,787	0,550	0,961
300	250	0,465	0,681	0,385
250	200	0,716	0,894	0,457
200	150	0,906	0,941	0,853
150	100	0,921	0,919	0,849
100	70	0,910	0,952	0,908
70	50	0,924	0,974	0,937
50	30	0,861	0,914	0,888
30	20	0,859	0,915	0,842
20	10	0,728	0,815	0,646

Примечание: Статистически достоверными при $p \geq 0,95$, согласно t -критерию Стьюдента, являются значения коэффициента корреляции $|r| \geq 0,32$.

Распределение по высоте коэффициентов корреляции временных рядов годовой, зимней и летней температур воздуха нижнего уровня и всех вышележащих слоев представлены на рис.1.10 и в приложении 2. Из анализ данных коэффициентов корреляции следует, что в тропосфере с высотой связи быстро

затухают (r от 0,99 убывает до -0,20 на уровне 10 км), с более высокими стратосферными уровнями нижние слои связаны слабо ($r \approx 0,00$). В летний период в тропосфере связи между уровнями высокие ($r \approx 0,90-0,99$), однако в верхней тропосфере они резко принимают отрицательные значения и начиная с высоты 25 км связь между температурой воздуха над уровнем земли и вышележащими слоями ослабевает и затухает.

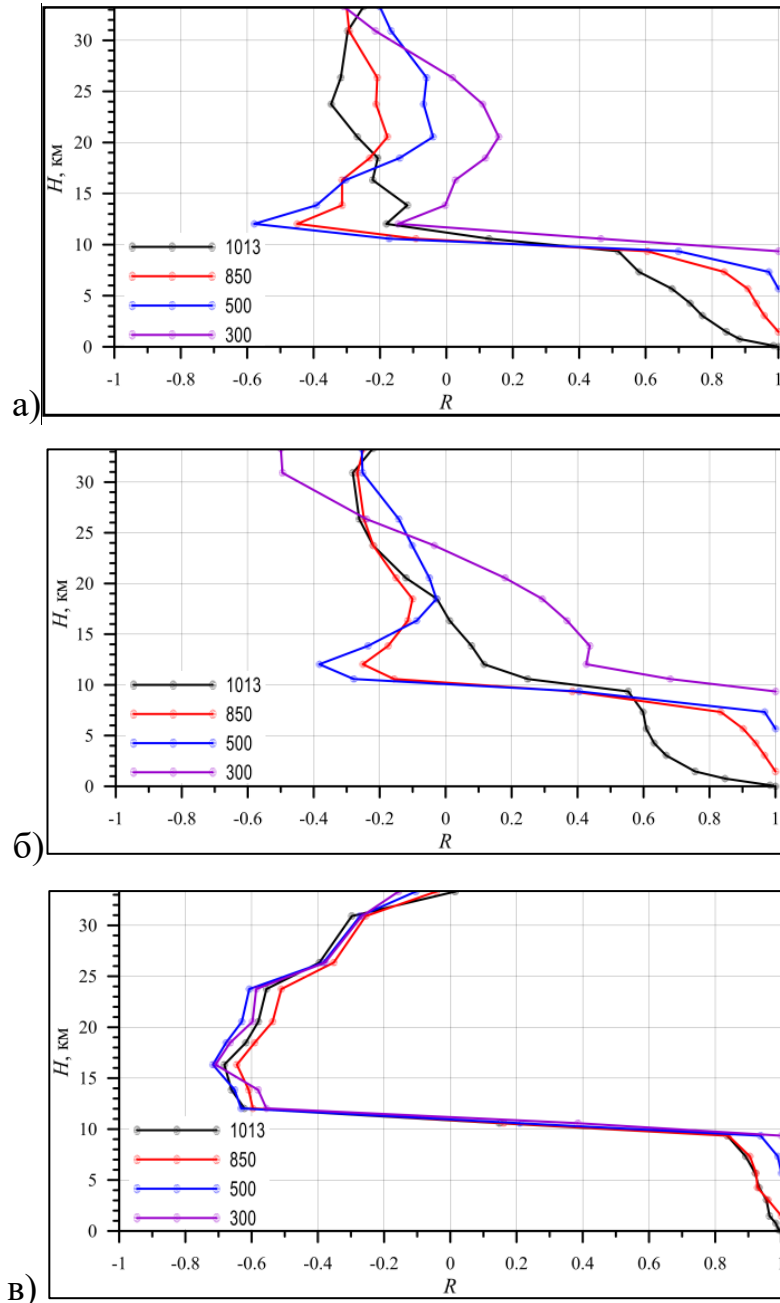


Рис. 1.10. Распределение по высоте коэффициентов корреляции а) годовой, б) зимней, в) летней температуры воздуха уровней 1013, 850, 500 и 300 гПа с вышележащими слоями (1979-2016 гг.)

Тепловой режим и динамика стратосферы контролируются притоком тепла на уровне верхней границы слоя озона за счет поглощения ультрафиолетовой солнечной радиации. Для анализа воздействия солнечной активности (СА) на термический режим в тропосфере и стратосфере была рассчитана корреляция температуры воздуха и чисел Вольфа и построена модель распределения коэффициентов корреляции. Как видно из рис.1.11, отклик термического воздействия СА имеет достаточно выраженную неоднородность по высоте. В тропосфере связь температуры с СА незначимая, кроме августа, когда наблюдается обратная связь со значениями коэффициента корреляции $-0,34$. Однако в летней стратосфере наблюдается значимая положительная корреляция, которая объясняет хорошо выраженное повышение и понижение температуры воздуха в периоды высокой и низкой солнечной активности. Таким образом, анализ полученных результатов, в рамках данной модели, позволяет сказать о влиянии солнечной активности на термические процессы в тропосфере и стратосфере.

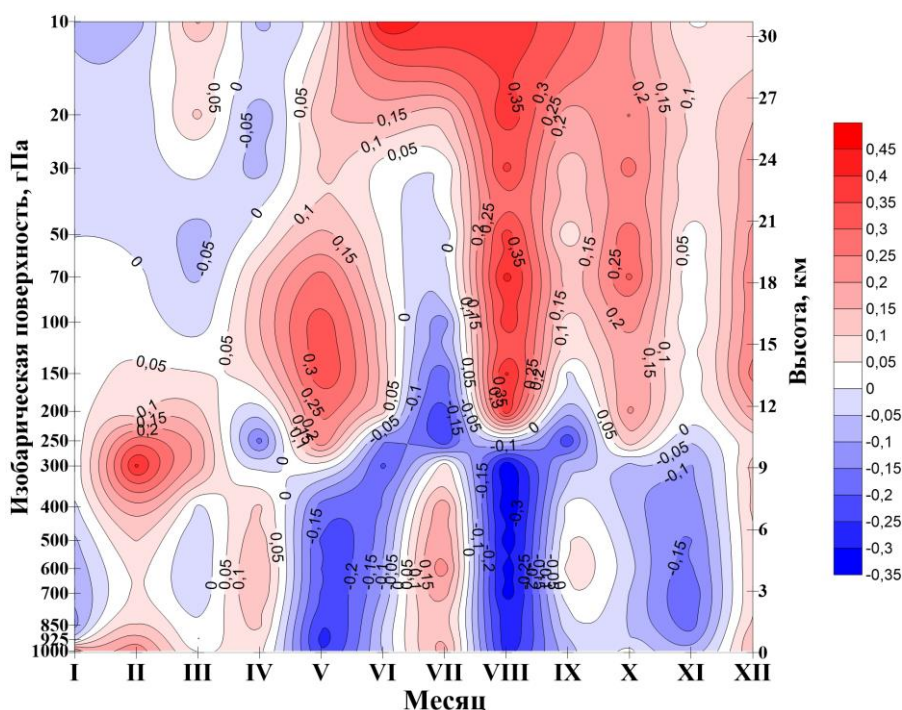


Рис. 1.11. Вертикальный профиль коэффициентов корреляции температуры воздуха и чисел Вольфа (1979-2016гг.)

С целью рассмотрения изменений температуры с высотой построена диаграмма размаха температуры воздуха от земной поверхности до уровня 10гПа для января и июля (рис.1.12).

Диаграмма размаха, также известная как ящик с усами, – это график, компактно изображающий одномерное распределение вероятностей изучаемых характеристик. Такой вид диаграммы в удобной форме показывает медиану, нижний (25%) и верхний (75%) квартили, минимальное и максимальное значения выборки и выбросы. Прямоугольник фиксирует среднее 50 % наблюдений. Внутренняя линия – медиана, а усы, расположенные слева и справа прямоугольника, демонстрируют минимальное и максимальное значения выборки [Мишулина, 2004].

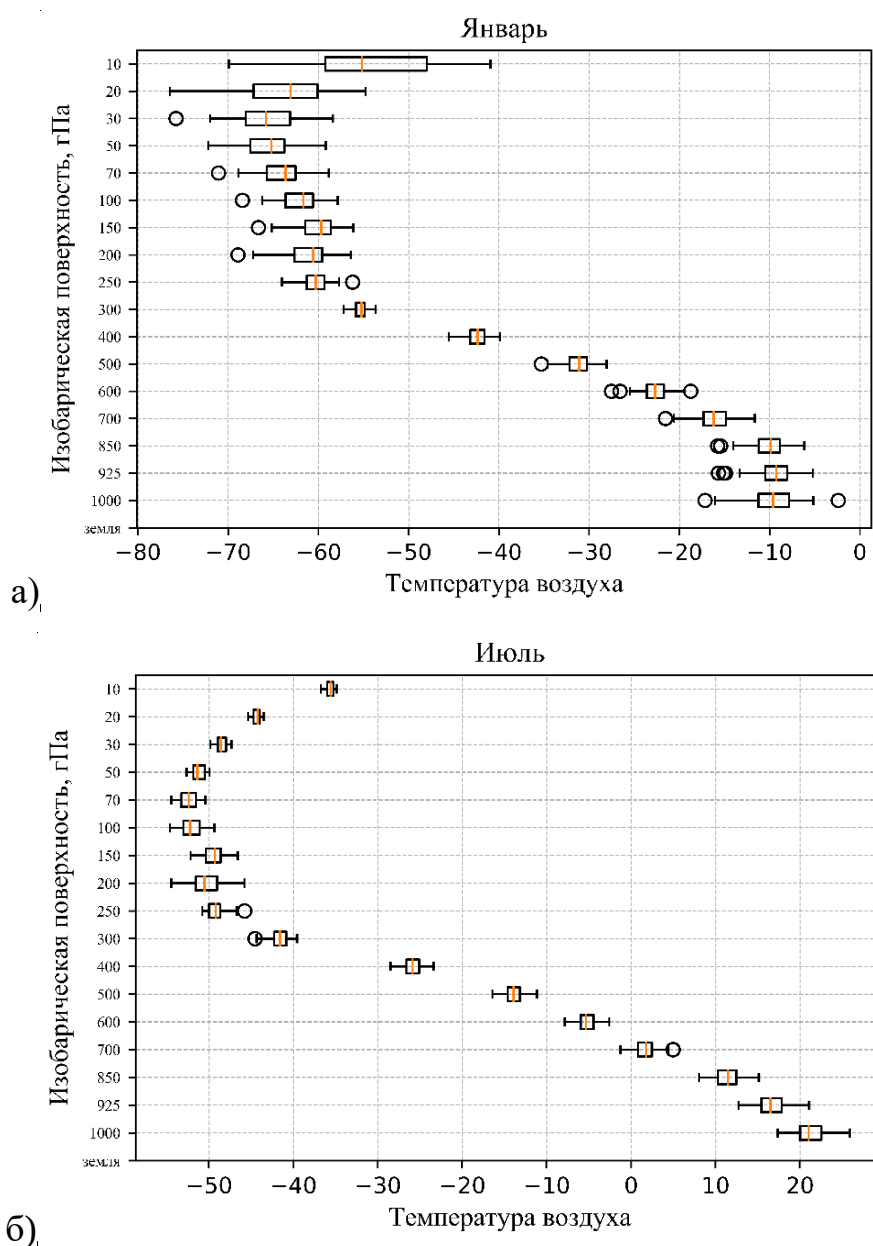


Рис. 1.12. Диаграмма размаха температуры воздуха (°C) от земной поверхности до уровня 10гПа: а) январь, б) июль (1979-2016гг.)

Как видно из рис. 1.12, в январе разница между наибольшим и наименьшим значениями температуры воздуха на всех изобарических поверхностях больше, чем в июле. Величина размаха в январе уменьшается с уровня Земли до уровня 300гПа, затем амплитуда колебаний начинает увеличиваться и достигает 29,0°С на уровне 10гПа. В июле, наоборот, на больших высотах максимальный размах температуры воздуха не превышает 9,0°С, а минимальный равен 2,0°С. Интерквартильный размах также больше зимой, 50% всех значений температуры в январе на уровне 10 гПа превышает 10,0°С. В июле интерквартильный размах мал и не превышает 3,0°С от уровня Земли до 10 гПа. На уровнях 20 гПа и 10 гПа в 1°С вмещается половина значений выборки, что говорит об исключительно малых колебаниях температуры на этих высотах.

Выбросы (точки единичных данных) больше встречаются в январе и они ниже минимального значения выборки, за исключением выбросов на уровнях 1000, 600гПа и 250гПа, когда значения выбросов больше максимума данных уровней. В июле выбросы встречаются на 3 рассмотренных изобарических поверхностях: 700, 300 и 250 гПа.

Большие амплитуды температуры воздуха в январе и малые в июле объясняются преобладанием в зимнее время высотных стратосферных циклонов, в летнее – стратосферных антициклонов. Зимний стратосферный режим циркуляции характеризуется западными ветрами, летний режим – восточными. К значительным колебаниям температуры в стратосфере в зимний период приводят ежегодные внезапные стратосферные потепления, летом, наоборот, в условиях циркумполярного антициклона обстановка стабильная.

1.3. Долгопериодные изменения температуры воздуха по данным метеостанции Казань, университет

С использованием метеорологических наблюдений метеостанции Казань, университет рассчитывались следующие статистические параметры по данным: средние значения, аномалии, СКО, КНЛТ. Расчеты производились за различные периоды: 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-2017 гг. и в целом за период 1901-2017 гг. Это позволяет описать изменения климата в XX веке в целом и по периодам и в начале XXI века.

Как видно из табл. 1.12, с каждым последующим периодом температура воздуха повышается. Однако следует отметить, в июне, августе и сентябре в 1961-1990 гг. температура воздуха в Казани немного ниже, чем в предыдущем периоде. Период 1991-2017 гг. является самым теплым из рассмотренных.

Средняя годовая температура воздуха (СГТВ) в Казани составляет $4,4^{\circ}\text{C}$ за 117 лет с диапазоном колебаний от $1,4^{\circ}\text{C}$ (1941 г.) до $6,9^{\circ}\text{C}$ (2008 г.). Январская средняя многолетняя температура воздуха равна $-11,7^{\circ}\text{C}$, в 2007г. температура повысилась до $-2,1^{\circ}\text{C}$, а в 1942г. опустилась до $-21,2^{\circ}\text{C}$. Средняя многолетняя температура воздуха Казани в июле – в самом теплом месяце года – составляет $20,3^{\circ}\text{C}$. Июль 1926 г. ($16,1^{\circ}\text{C}$) был наиболее холодным, а июль 2010г. ($26,6^{\circ}\text{C}$). – наиболее жарким.

Как видно из табл. 1.12, наибольшая межгодовая изменчивость наблюдается в зимние месяцы: СКО января равна $3,67^{\circ}\text{C}$ (для периодов 1931-1960 гг., 1961-1990 гг. она была выше 4°C), февраля $3,85^{\circ}\text{C}$ и декабря $3,49^{\circ}\text{C}$. В летние месяцы СКО равно $1,70-2,22^{\circ}\text{C}$.

Для выявления тенденции изменения климата рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда. Результаты расчетов представлены в табл. 1.13.

За 117 лет СГТВ в Казани возросла на $2,5^{\circ}\text{C}$, согласно оценкам линейного тренда. В холодный период отмечено повышение температуры на $3,0-3,8^{\circ}\text{C}$, а в

теплый период на 1,3-1,6°C. В промежуточные периоды скорости изменения температуры (a) заметно отличаются от их средних показателей.

Таблица 1.12

Характеристики температуры воздуха (°C) для различных периодов

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред
Температура воздуха													
1901-1930гг.	-12,3	-12,0	-5,9	4,3	12,7	18,0	19,7	17,5	11,3	3,5	-3,4	-10,3	3,6
1931-1960гг.	-12,4	-12,2	-5,8	4,5	12,8	18,5	20,2	18,2	12,2	4,2	-3,0	-9,6	4,0
1961-1990гг.	-12,3	-10,6	-4,2	5,4	13,8	17,9	20,2	17,8	11,8	4,5	-2,7	-8,3	4,4
1991-2017гг.	-9,7	-9,3	-2,8	6,5	14,6	19,1	21,2	19,0	12,9	5,6	-2,0	-7,5	5,6
1901-2017гг.	-11,7	-11,1	-4,7	5,1	13,4	18,3	20,3	18,1	12,0	4,4	-2,8	-9,0	4,4
СКО													
1901-1930гг.	2,31	3,82	2,58	2,74	2,58	1,91	1,78	1,70	1,80	2,33	3,20	2,69	0,88
1931-1960гг.	4,17	3,80	1,85	2,63	2,40	1,89	2,12	2,01	2,14	2,01	3,45	3,60	0,91
1961-1990гг.	4,20	3,24	2,86	2,66	2,08	2,19	1,76	1,85	1,60	2,31	2,12	3,64	1,07
1991-2017гг.	3,15	4,00	2,31	2,37	2,41	2,14	1,98	2,22	1,79	1,65	3,15	3,46	0,86
1901-2017гг.	3,67	3,85	2,72	2,72	2,46	2,06	1,96	2,00	1,91	2,21	3,03	3,49	1,19

Таблица 1.13

Коэффициенты наклона линейного тренда температуры воздуха (°C/10 лет) для различных периодов

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред
1901-1930 гг.	0,473	-1,541	0,109	-0,489	0,337	-0,361	-0,181	0,315	0,497	0,569	1,258	-0,345	0,053
1931-1960 гг.	0,612	0,337	-0,353	-0,320	0,480	0,592	-0,616	-0,186	-0,403	-0,453	-1,146	-0,976	-0,202
1961-1990 гг.	1,027	1,043	0,732	0,385	-0,201	0,534	0,049	-0,129	-0,321	-0,118	-0,632	0,500	0,239
1991-2017 гг.	-0,825	0,686	0,592	-0,105	1,049	0,173	0,817	1,947	0,746	-0,136	1,643	1,133	0,643
1901-2017 гг.	0,259	0,311	0,362	0,230	0,235	0,099	0,132	0,147	0,145	0,209	0,156	0,339	0,219

Из табл. 1.13 видно, что в большинстве месяцев величина КНЛТ положительная. Наибольшие значения КНЛТ в зимние месяцы отмечаются в

период 1961-1990 гг. в связи с началом наиболее активной фазы современного потепления климата. За последние 27 лет температура воздуха (ТВ) повышается с большей скоростью в августе, значение которой равно 1,947 °C/10 лет. Наименьшая скорость потепления - в июне – 0,173 °C/10 лет. Наибольшая скорость понижения ТВ наблюдается в январе (-0,825 °C/10 лет), а наименьшая скорость – в апреле, - 0,105 °C/10 лет. Как уже отмечено, в заключительный период 1991-2017 гг. наблюдается понижение температуры в январе, апреле и октябре и значительное ее повышение в остальные месяцы.

Более подробную информацию о характере долгопериодного изменения температуры воздуха в январе и июле можно получить из анализа рис.1.13.

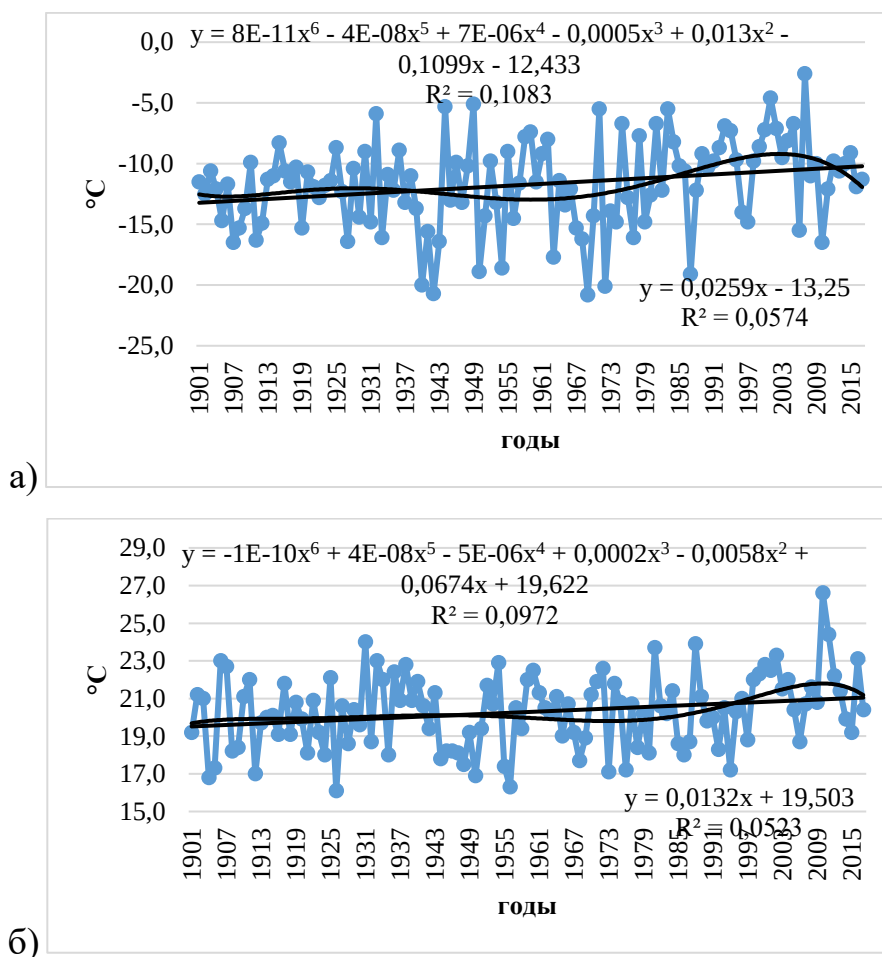


Рис. 1.13. Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха (°C) на ст.

Казань, университет (1901-2017гг.): а) январь, б) июль

Полученные временные ряды сглаживались линейно и полиномиально. При объеме выборки в 117 лет $R^2 > 0,03$ считается статистически значимым. Период повышения среднемесячной температуры воздуха в январе отмечался с 1960 по 2003 гг. Периоды уменьшения температуры – с 1928 по 1960 гг., с 2003 до конца рассматриваемого промежутка времени. Для июля период повышения температуры: 1975-2011гг., уменьшения: 1943-1975гг. и с 2011-2017гг.

Наряду со средней месячной температурой рассматривались также максимальная и минимальная температуры воздуха. Статистические характеристики для них представлены в табл. 1.14.

Таблица 1.14

Характеристики максимальной и минимальной температуры воздуха (°C)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
максимум	-8,5	-7,5	-0,8	9,8	19,2	24,0	25,9	23,6	16,7	7,6	-0,7	-6,2	8,6
абсолютный максимум	5,8	7,2	14,2	30,7	36,6	37,8	39,2	39,5	32,6	25,0	13,8	7,6	-
год	2008	1990	2007	1950	2007	1911	2010	2010	1909	1991	1932	1919	-
минимум	-14,7	-14,4	-8,3	1,3	8,4	13,4	15,5	13,7	8,3	1,7	-5,2	-11,8	0,7
абсолютный минимум	-43,5	-37,2	-30,7	-24,1	-6,5	0,0	4,6	2,7	-5,4	-23,4	-29,7	-44,0	-
год	1942	1930	1902	1963	1918	1916	1914	2005	1901	1920	1902	1978	-

Средняя максимальная годовая температура воздуха в Казани составляет 8,6°C, минимальная 0,7°C. За 117 летний период средняя январская максимальная температура воздуха равна -8,5°C, июльская 25,9°C, средняя месячная минимальная температура воздуха составляет -14,7°C и 15,5°C января и июля соответственно. В 2008 году температура января повысилась до +5,8°C, в 2010 температура июля достигла значений +39,5°C. Самым холодным был январь 1942 года (-43,5°C). В июле в 1914 году столбики термометра опустились до отметки 4,6°C.

1.4. Оценка климатических условий на территории Республики Татарстан до конца XXI века

Для оценки будущих изменений климата на территории Республики Татарстан использованы модельные расчеты, полученные на пятом этапе работы по Всемирной программе исследования климата (CMIP5 – Coupled Model Intercomparison Project) [Второй оцен. доклад, 2014].

В работе [Переведенцев и др., 2018] проведено тестирование 39 климатических моделей последнего поколения CMIP5 с целью прогноза температуры воздуха в Казани до конца XXI века. При сравнении моделей по многолетнему тренду годовой температуры воздуха за период 1891-2005 гг. было выявлено семь моделей, расчетные данные которых во все месяцы года совпадают с реальными по знаку и незначительно отличаются по величине (BNU-ESM, CMCC-CM, MPI-ESM-LR, MPI-ESM-MR, GISS-E2-H, EC-EARTH, FIO-ESM). Поэтому в настоящей работе были использованы данные этих семи моделей.

В использованных моделях учитываются прогнозы эволюции содержания парниковых газов в атмосфере. В качестве эквивалента изменению состава атмосферы служит индекс радиационного воздействия (РВ). Индекс сценария обозначается величиной глобального антропогенного РВ, достигаемого в 2100г., а именно 2,6; 4,5 и 8,5 Вт/м² - RCP 2,6; RCP 4,5; RCP 8,5 соответственно. Здесь RCP – репрезентативные траектории (изменения) концентраций примесей. Отсюда видно, что RCP8.5- сценарий, соответствующий максимальным антропогенным выбросам, а RCP2.6- минимальным. В последнем сценарии предполагается, что максимум РВ, равный 3,0 Вт/ м², будет достигнут во второй половине XXI века, но затем РВ уменьшится до 2,6 Вт/ м² к 2100 г. [Школьник и др., 2014].

В табл. 1.15 и 1.16 представлены данные о средних месячных температурах воздуха на территории РТ и о коэффициентах наклона линейного тренда (°С/10лет), для различных сценариев и периодов времени, воспроизведенных с помощью ансамбля из семи моделей CMIP5.

Как видно из табл. 1.15 по сценарию RCP 2.6 температура января повышается до 2060 гг., далее идет понижение, т.к. по данному сценарию выбросы парниковых газов достигают своего пика в 2040 году, затем снижаются. Разница между средними температурами января периодов 1976-2010 гг. и 2080-2099 гг. составляет 1,2 °С, июля – 0,9°С. По сценарию RCP 4.5, температура января повысится на 3,8°С к концу столетия, а июля – на 2,0°С. Самый «жесткий» (RCP 8.5) сценарий прогнозирует повышение температуры января на 6,9°С в 2080-2099гг. по сравнению с 1976-2010гг., а июля – на 4,7°С. Таким образом, по ансамблевым расчетам видно, что повышение температуры воздуха в холодный период года значительно больше, чем в теплый (рис.1.14).

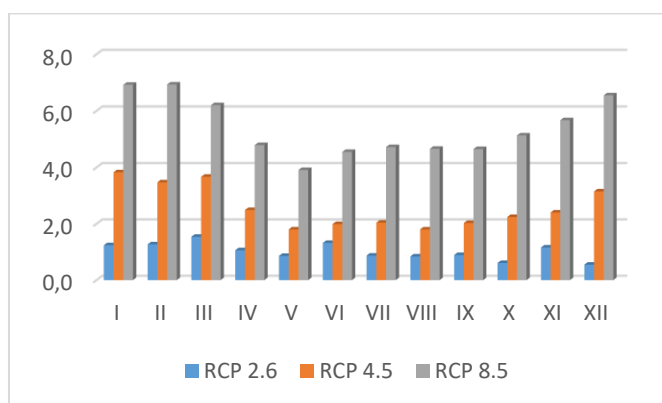


Рис. 1.14. Разница температур воздуха (°С) периодов 2080-2099гг. и 1976-2010гг. для сценариев RCP 2.6, 4.5 и 8.5

В табл. 1.16 представлены скорости изменения средней месячной температуры воздуха (°С/10 лет). Как видно из таблицы, значения КНЛТ при «жестком» сценарии значительно превосходят аналогичные показатели при «мягком» сценарии. Заметен неравномерный характер изменения КНЛТ во времени. Так, для RCP 2.6 и 4.5 значения коэффициента наклона линейного тренда максимальны в период 2011-2030гг., для RCP 8.5 - в период 2061-2080гг. Максимальные значения КНЛТ для рассмотренных трех сценариев наблюдаются в зимние месяцы, минимальные – в летние.

Таблица 1.15

Средняя месячная температура воздуха (°C) на территории РТ

Период		Длина периода	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
RCP 2.6	1976-2010	35	-12,5	-10,6	-4,4	5,1	12,8	17,4	19,2	17,5	11,9	4,4	-2,8	-9,1	4,1
	2011-2030	20	-11,6	-10,0	-3,2	6,2	13,8	18,4	20,6	18,5	13,2	5,7	-1,6	-7,9	5,2
	2034-2053	20	-11,1	-9,6	-2,9	6,6	14,0	18,5	20,3	18,8	13,3	5,5	-1,5	-7,9	5,3
	2041-2060	20	-10,7	-10,0	-3,0	6,3	13,8	18,5	20,2	18,7	13,1	5,6	-1,6	-8,3	5,2
	2061-2080	20	-11,8	-9,2	-3,2	6,4	13,7	18,5	20,2	18,7	12,7	5,3	-1,8	-7,7	5,2
	2080-2099	20	-11,3	-9,3	-2,9	6,2	13,7	18,7	20,0	18,3	12,8	5,0	-1,6	-8,6	5,1
RCP 4.5	1976-2010	35	-13,2	-11,3	-5,4	4,9	12,6	17,2	19,0	17,3	11,5	4,0	-3,5	-10,0	3,6
	2011-2030	20	-12,0	-9,7	-3,5	6,0	13,0	18,0	19,6	17,9	12,3	4,9	-2,2	-9,0	4,6
	2034-2053	20	-10,5	-9,1	-2,5	6,7	14,5	18,9	20,7	18,9	12,9	5,4	-1,9	-8,3	5,5
	2041-2060	20	-10,4	-9,5	-2,3	6,6	14,5	19,0	20,7	19,0	13,0	5,7	-1,6	-7,5	5,6
	2061-2080	20	-10,8	-8,4	-1,7	7,1	14,3	19,1	21,0	19,1	13,1	6,1	-0,8	-6,7	5,9
	2080-2099	20	-9,4	-7,9	-1,7	7,4	14,4	19,2	21,1	19,1	13,5	6,3	-1,1	-6,8	6,2
RCP 8.5	1976-2010	35	-13,3	-11,6	-5,2	4,8	12,6	17,3	19,0	17,3	11,6	4,0	-3,7	-10,0	3,6
	2011-2030	20	-12,3	-9,9	-3,6	6,0	13,4	18,0	19,9	18,0	12,5	5,0	-2,5	-8,7	4,7
	2034-2053	20	-11,1	-8,9	-2,5	6,8	14,5	19,2	21,1	19,1	13,5	6,4	-1,0	-7,3	5,8
	2041-2060	20	-10,3	-8,7	-2,1	7,1	14,6	19,2	21,3	19,2	13,7	6,6	-0,5	-6,5	6,1
	2061-2080	20	-8,1	-7,0	-0,5	8,3	15,5	20,4	22,5	20,8	15,1	8,0	0,6	-5,4	7,5
	2080-2099	20	-6,4	-4,6	1,0	9,5	16,5	21,8	23,8	22,0	16,2	9,1	2,0	-3,4	9,0

Таблица 1.16

КНЛТ средней месячной температуры воздуха (°C/10лет) для территории РТ

Период		Длина периода	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
RCP 2.6	1976-2010	35	0,35	0,65	0,34	0,32	0,45	0,27	0,24	0,42	0,37	0,07	0,07	0,26
	2011-2030	20	1,08	1,02	-0,23	0,17	0,52	0,36	0,68	0,33	0,52	0,71	-0,80	0,06
	2034-2053	20	0,61	-0,49	-0,37	-0,46	-0,03	0,27	-0,04	-0,09	-0,18	0,17	0,25	0,56
	2041-2060	20	0,00	-1,10	-1,05	-0,13	-0,16	-0,27	0,45	-0,05	-0,26	0,59	-0,07	-0,77
	2061-2080	20	-0,76	-0,58	-0,65	-1,34	0,20	0,00	-0,19	-0,85	-0,18	0,09	-0,09	0,38
	2080-2099	20	-0,34	0,50	0,53	0,63	-0,90	-0,06	0,21	0,31	-0,51	0,54	0,42	-0,80
RCP 4.5	1976-2010	35	0,54	0,81	0,42	0,55	0,45	0,27	0,25	0,33	0,44	0,24	0,36	0,25
	2011-2030	20	0,53	0,92	0,15	0,59	0,56	0,44	0,41	0,04	0,20	0,56	0,53	1,13
	2034-2053	20	0,84	-0,11	0,38	0,65	0,10	0,27	-0,16	0,15	0,18	0,14	-0,18	1,45
	2041-2060	20	-0,20	0,43	0,07	-0,54	-0,24	0,40	0,35	-0,16	-0,33	0,08	0,73	1,35
	2061-2080	20	0,54	-0,58	0,41	-0,50	-0,14	0,04	0,31	0,05	0,38	-0,20	0,07	1,67
	2080-2099	20	-0,15	0,93	0,56	0,42	0,11	0,26	-0,51	0,07	0,36	-0,15	-0,20	-0,04
RCP 8.5	1976-2010	35	0,38	0,43	0,73	0,35	0,48	0,37	0,26	0,38	0,64	0,20	0,13	0,26
	2011-2030	20	-0,23	0,75	0,42	0,35	0,53	0,38	0,07	0,16	0,39	-0,11	-0,49	-0,12
	2034-2053	20	1,28	-0,04	0,91	0,50	-0,22	0,36	0,24	0,20	0,32	0,14	0,64	1,19
	2041-2060	20	1,08	0,32	0,57	0,88	0,21	0,21	0,40	0,45	0,67	0,39	0,58	0,98
	2061-2080	20	2,16	0,04	1,10	0,67	0,70	0,52	0,89	1,01	0,64	0,82	0,79	0,70
	2080-2099	20	0,23	0,39	0,73	0,42	0,64	1,03	0,77	0,69	0,66	1,00	1,13	0,55

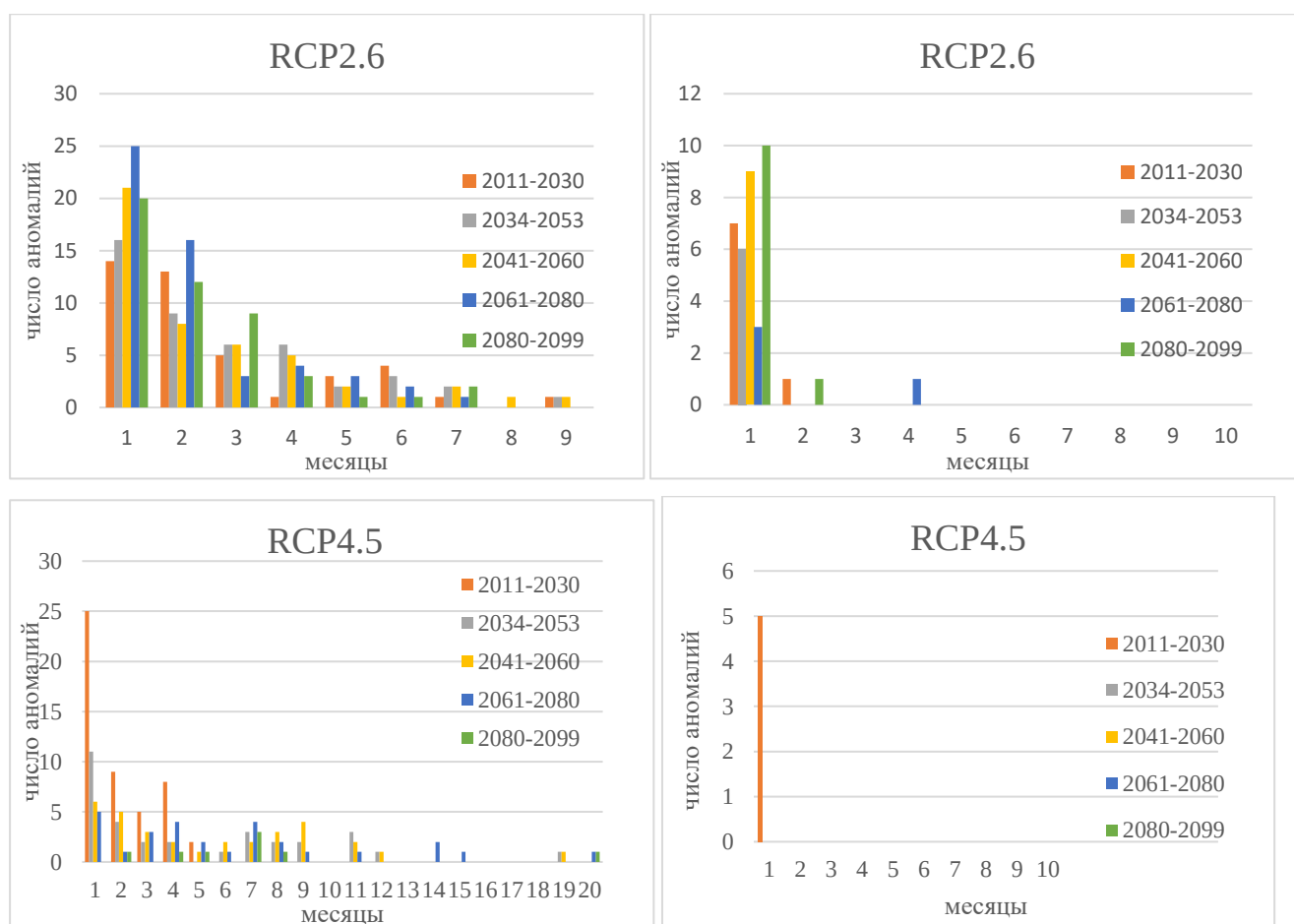
В табл.1.17 представлены индексы континентальности Горчинского (K_G) для РТ. В периоды, когда годовые амплитуды температуры воздуха были большие, т.е. зимы холодные, а летние периоды жаркие, K_G имеет максимальные значения. И наоборот, в периоды теплых зим и прохладных летних периодов, когда годовые амплитуды температуры воздуха уменьшаются, индекс континентальности имеет минимальные значения.

По сценарию RCP 8.5 континентальность климата на исследуемой территории меньше по сравнению с RCP 2.6 и 4.5, что связано с большими повышениями температуры в зимний период. В целом на территории РТ сохранится континентальный тип климата с небольшими отклонениями от среднегодовых норм.

Таблица 1.17

Распределение осредненных по РТ индексов K_G (%) по периодам

Период		Длина периода	K_G
RCP 2.6	1976-2010	35	45,320
	2011-2030	20	46,512
	2034-2053	20	44,658
	2041-2060	20	43,694
	2061-2080	20	45,946
	2080-2099	20	44,571
RCP 4.5	1976-2010	35	46,457
	2011-2030	20	45,099
	2034-2053	20	44,429
	2041-2060	20	44,124
	2061-2080	20	45,447
	2080-2099	20	42,762
RCP 8.5	1976-2010	35	46,669
	2011-2030	20	46,219
	2034-2053	20	46,374
	2041-2060	20	45,093
	2061-2080	20	43,072
	2080-2099	20	42,106



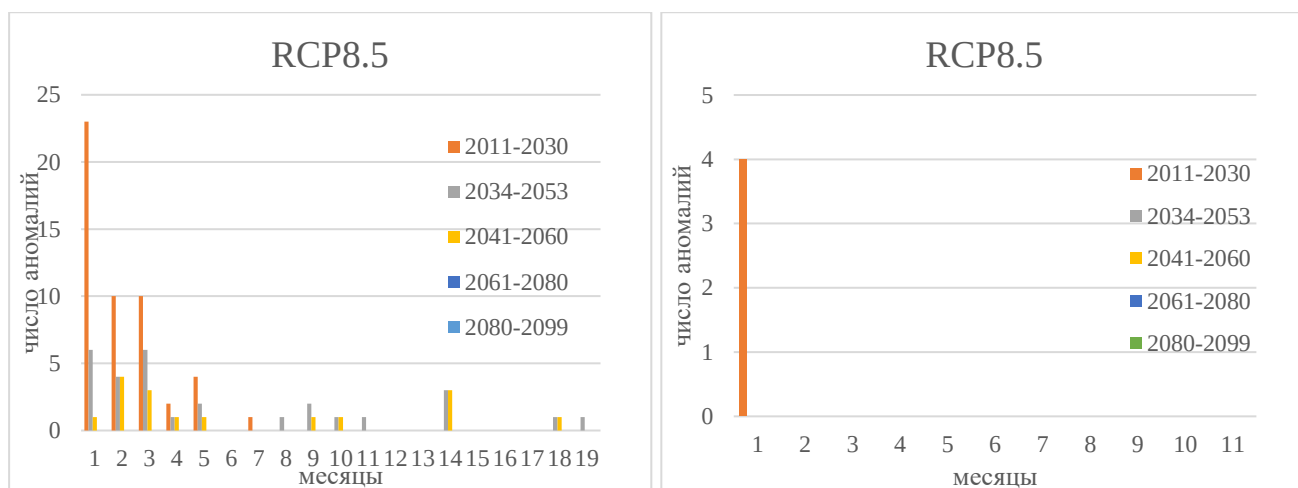


Рис.1.15. Число случаев с аномалиями и их продолжительность (мес) за различные периоды (положительные – слева, отрицательные – справа)

По рассмотренным сценариям положительные аномалии встречаются в несколько раз больше, чем отрицательные. С увеличением продолжительности жизни аномалий уменьшается их количество. Продолжительность жизни аномалий свидетельствует об устойчивом повышении температуры воздуха. По сценарию RCP 4.5 и 8.5 наблюдаются положительные аномалии с продолжительностью 19-20 месяцев, по сценарию RCP2.6 продолжительность жизни положительных аномалий не превышает 9 месяцев. В 2034-2053гг. и 2041-2060гг. положительных аномалий больше, чем в 2061-2080гг. и 2080-2099гг. Отрицательных аномалий с $\tau > 4$ месяцев не выявлено. Следует отметить, по сценариям RCP4.5 и 8.5 отрицательные аномалии встречаются лишь в период 2011-2030гг. с продолжительностью 1 месяц.

1.5. Динамика характеристик отопительного периода

Изменение климата несомненно влияет на теплоэнергетику. При этом потепление климата, очевидно, скажется как на объемах производимой энергии, так и на особенностях ее потребления. В принятой в 2009 году Энергетической стратегии России [Распор. правит., 2009], подчеркивается необходимость максимально эффективного использования природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций.

Как известно, теплоэнергетика – это основная составляющая энергетики и включает в себя процесс производства тепловой энергии, транспортировки, рассматривает основные условия производства энергии и побочные влияния отрасли на окружающую среду, организм человека и животных [Маврищев, 2003].

В окружающей среде наблюдается целый ряд существенных изменений в результате промышленной деятельности человека в области производства тепловой энергии [Сахарова, 2013]. В результате деятельности энергетики происходит ухудшение окружающей среды:

- увеличение количества ядер конденсации;
- увеличение в воздухе газовых примесей;
- увеличение количества облаков;
- рост повторяемости туманов;
- увеличение количества осадков;
- уменьшение относительной влажности;
- повышение температуры воздуха;
- рост скорости ветра.

Наибольшее количество выбросов в атмосферу наблюдается в отопительный период, когда ТЭЦ работают на полную мощность.

Как указано в [Хандожко, 2005], количество тепловой энергии, вырабатываемой на ТЭЦ в целях централизованного отопления, зависит от температуры наружного воздуха и скорости ветра.

В настоящей работе для того, чтобы определить влияние изменения климата на энергетический сектор республики, рассматривались характеристики отопительного периода РТ за 1979-2017 гг. по данным реанализа Era-Interim.

Отопительный период - это холодная часть года со средней суточной температурой воздуха ниже +8 °С. Как известно, непосредственно на отопление расходуются 30-40% общих расходов вырабатываемой тепловой энергии. Параметрами, характеризующими ОП, являются его продолжительность и интенсивность, или индекс потребления (ИП) топлива, который находится по формуле, где в качестве порога комфортности в данной работе принята температура равная 20°С [Борзенкова и др., 2013]:

$$\text{ИП} = \sum |T - 20|, \quad (1.6)$$

где T – среднесуточная температура воздуха, °С.

Основными климатическими характеристиками (КХ) ОП являются: дата его начала осенью (Дн), дата окончания весной (Дк), продолжительность с даты начала ОП до 31 декабря (L1), продолжительность периода с 1 января до момента его окончания (L2), общая продолжительность ОП ($L = L1 + L2$), средняя температура T °С за весь период, сумма средних суточных температур воздуха за период L .

Следует отметить, сумма отрицательных температур, которая рассчитана для каждого отопительного сезона исследуемого периода, имеет тенденцию к уменьшению, что свидетельствует об уменьшении дефицита тепла, что согласуется с результатами [Школьник и др., 2014]. Из рис. 1.16 видно, значение КНЛТ положительное и составляет примерно 4,5 °С/год, т.е. за 39 лет абсолютная сумма отрицательных температур в среднем в РТ уменьшилась примерно на 180 °С. Учитывая, что в межгодовом плане эта сумма изменяется в диапазоне от -1600 °С (сезон 1986-87 гг.) до -460 °С (1982-83 гг.), 180°С существенная величина. Средняя многолетняя сумма составляет примерно -992,6°С.

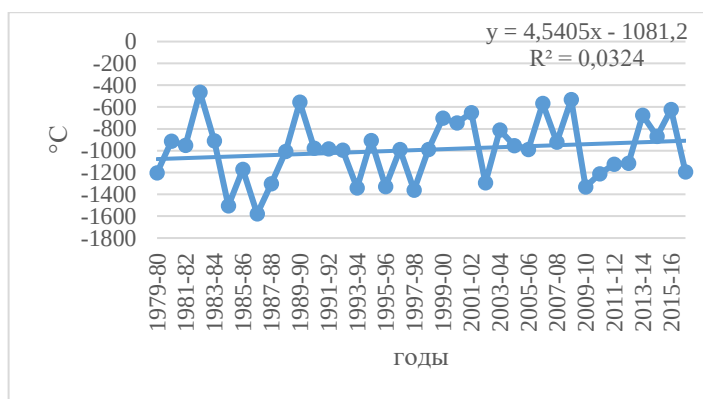


Рис. 1.16. Временной ход суммы отрицательных температур (°C) ОП (1979-2017гг.)

Расчеты показывают также, что величина средней суточной температуры ОП имеет положительную тенденцию. На рис. 1.17 представлено распределение средней суточной температуры воздуха отопительного периода в РТ за весь исследуемый период.

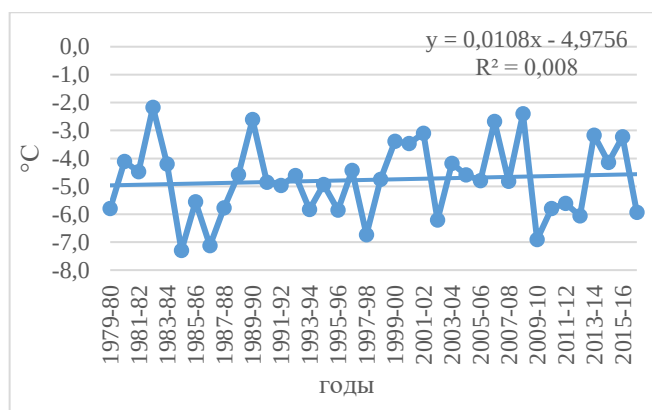


Рис. 1.17. Ход средней суточной температуры (°C) ОП (1979-2017гг.)

В табл. 1.18 представлены данные о продолжительности ОП (в днях), датах его начала (осенью) и окончания (весной). Вся выборка поделена на периоды: 1979-1989 гг., 1989-1999 гг., 1999-2009 гг., 2009-2017 гг., 1979-2017 гг., что позволяет выследить, как меняются характеристики ОП в условиях изменяющегося климата. Действительно, средняя продолжительность ОП в первую декаду (1979-1989 гг.) несколько больше, чем в последующие.

Таблица 1.18

**Распределение осредненных характеристик отопительного периода в
различные периоды наблюдений**

период	начало	конец	продолжительность (дни)	средняя температура (°C)	ИП
1979-1989гг.	23 сен	27 апр	216	-5,1	5411,3
1989-1999гг.	27 сен	27 апр	212	-5,0	5253,0
1999-2009гг.	29 сен	25 апр	208	-4,0	4966,8
2009-2017гг.	02 окт	24 апр	204	-5,1	5019,5
1979-2017гг.	28 сен	26 апр	210	-4,8	5168,4

На рис. 1.18 представлена многолетняя динамика дат начала и окончания ОП по РТ. Как видно из данных графиков, начало отопительного периода смещается на более поздние сроки осенью, весной, наоборот, наблюдается слабовыраженная устойчивая тенденция смещения дат окончания ОП на более ранние сроки.

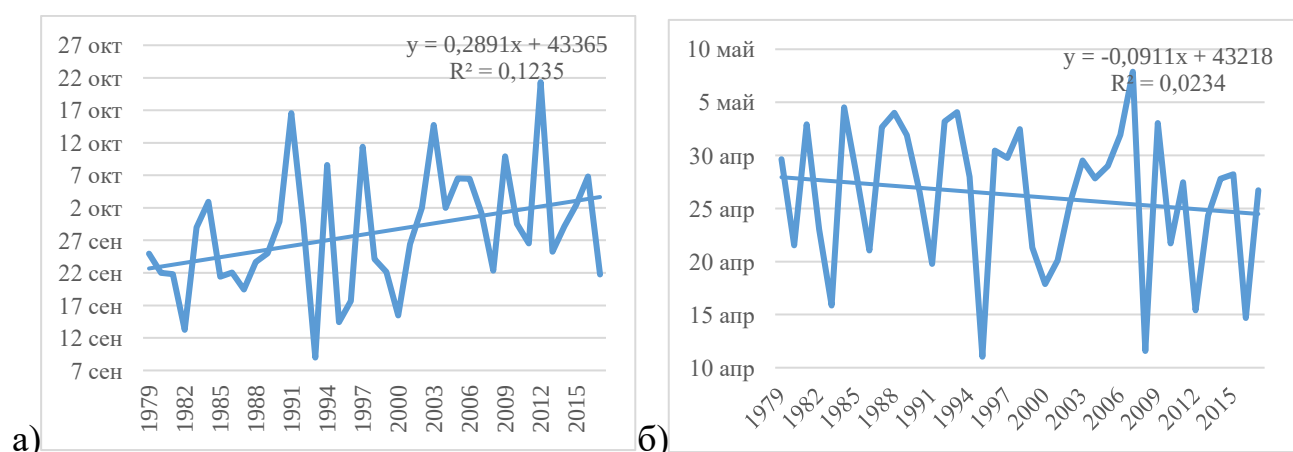


Рис. 1.18. Многолетняя динамика дат начала (а) и окончания (б) ОП (1979-2017гг.)

В целях более детального пространственного анализа переходим к рассмотрению территориальных закономерностей распределения климатических характеристик ОП.

Как видно из рис. 1.19, переход средней суточной температуры через 8°C осенью в РТ раньше всего происходит на северо-востоке рассматриваемой территории (25.09) и несколько позже на юго-западе. Время запаздывания (τ_8) перехода через указанный показатель термического режима относительно северо-востока РТ составляет 6 суток. Весной отопительный период раньше всего

завершается на юго-западе Республики Татарстан (23.04). Самая поздняя дата окончания ОП в РТ 30 апреля на северо-востоке.

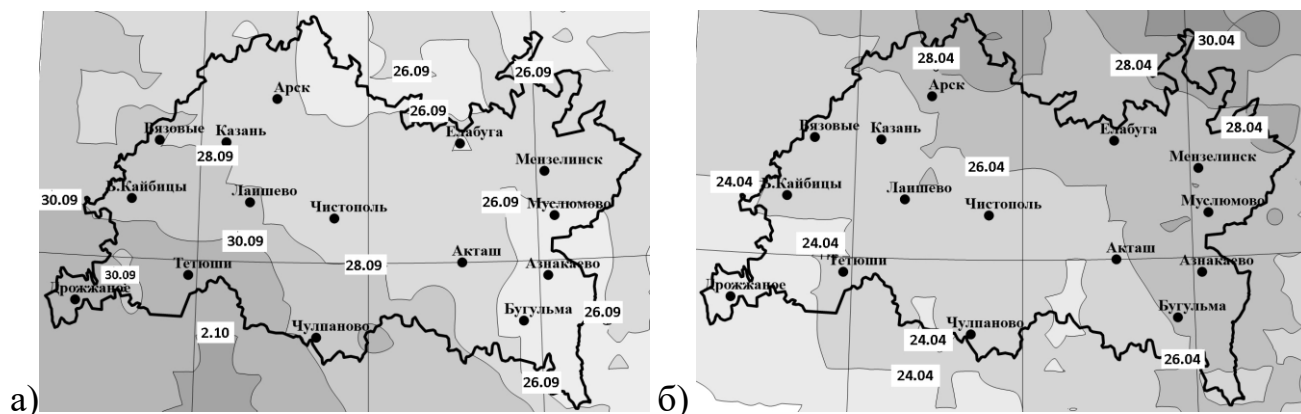


Рис. 1.19. Карты дат начала (а) и окончания (б) ОП

Как следует из рис.1.20, продолжительность ОП уменьшается со скоростью 4сут/10 лет. При этом, в первую часть ОП (до 31 декабря) тенденция весьма заметная (3сут/10 лет), во вторую половину ОП (с 1 января) КНЛТ практически равен 1сут/10 лет, следовательно, существенное уменьшение ОП происходит за счет потепления осенне-зимнего периода.

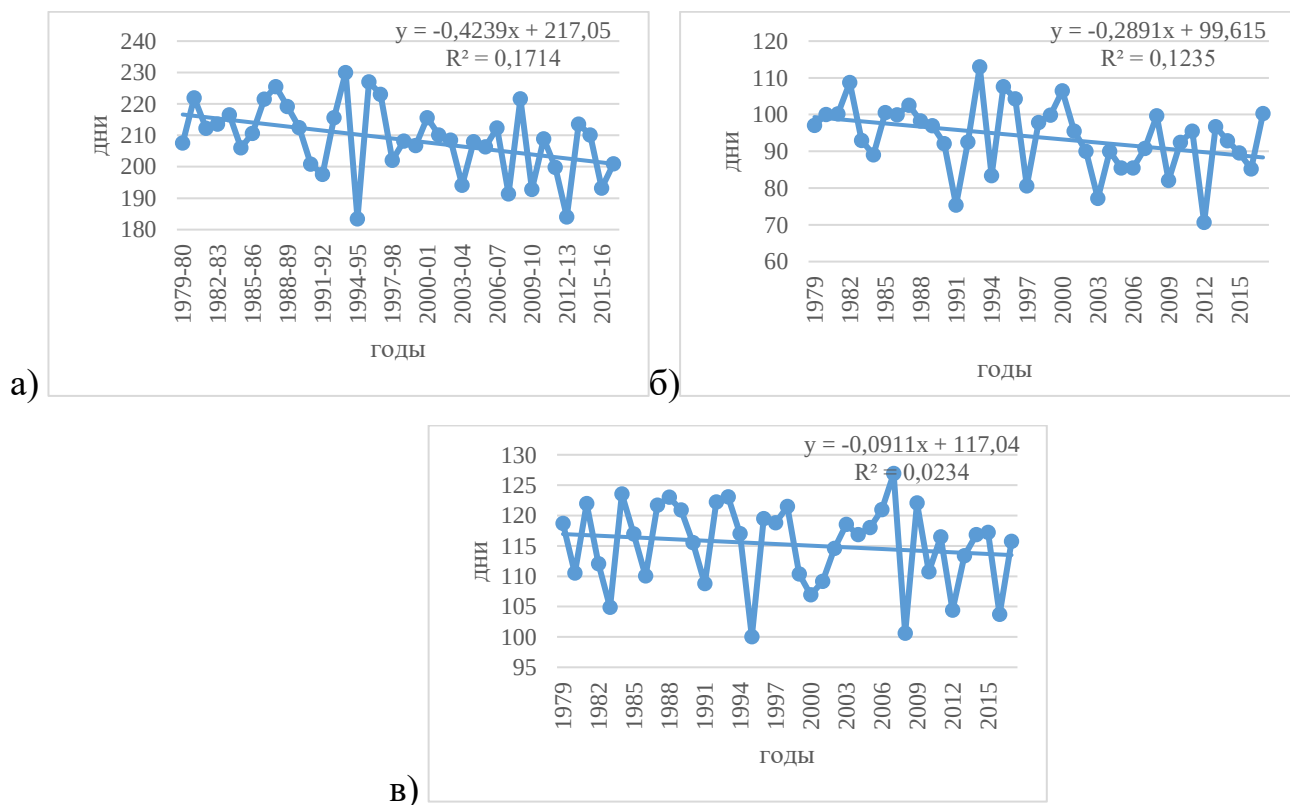


Рис. 1.20. Динамика продолжительности ОП (дни) (1979-2017гг.):

а) L, б) L1, в) L2

На рис. 1.21 представлена средняя многолетняя продолжительность ОП по РТ. Как видно из данного рисунка, минимальная продолжительность ОП наблюдается на юго-западе (203 дня), максимальная – на северо-востоке (215 дней). Разница в продолжительности ОП по территории РТ составляет 12 дней.

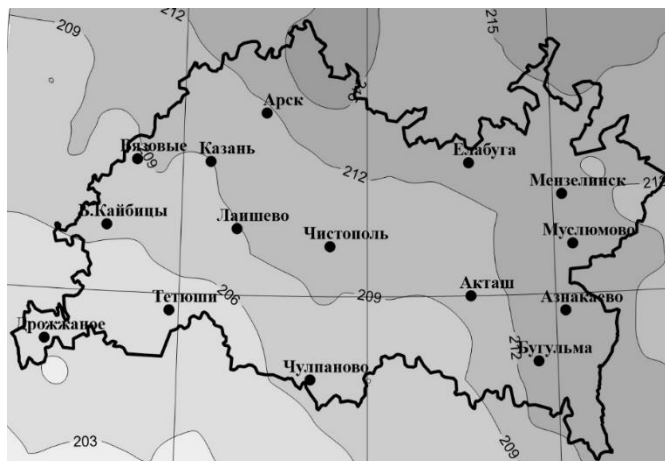


Рис. 1.21. Средняя многолетняя продолжительность (дни) ОП по РТ

Согласно оценкам [Новиков и др., 1999], к концу XXI века ожидается значительное уменьшение длительности отопительного периода в центральных районах Европейской части России до 20-25 дней.

Взаимный корреляционный анализ (табл. 1.19) показал несомненно очевидные связи, в частности продолжительность ОП тесно связана с датой его начала ($r_n = -0,80$). В слабой зависимости от его продолжительности L находится средняя температура ОП ($r = 0,15$). Также имеется слабая отрицательная связь между температурой ОП и датами начала и окончания ОП ($r_{nt} = -0,24$, $r_{kt} = -0,14$).

Таблица 1.19

Матрица взаимных корреляций за 1979-2017 гг.

	Дн	Дк	L1	L2	L	T
Дн	1	0,02	-1	0,02	-0,80	-0,24
Дк		1	-0,02	1	-0,10	-0,14
L1			1	-0,02	0,80	0,24
L2				1	-0,10	-0,14
L					1	0,15
T						1

Для того, чтобы обеспечить тепловые комфортные условия проживания населения, необходимо решить задачу, какое количество тепла требуется для этого.

Об уменьшении индекса потребления топлива со временем говорят полученные расчеты (рис.1.22).

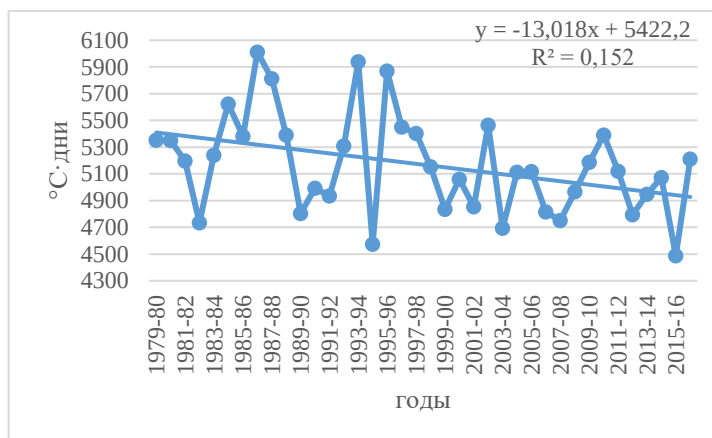


Рис. 1.22. Распределение индекса потребления топлива (°С·дни) в ОП (1979-2017гг.)

Расход энергии на отопление за весь отопительный период вычисляется по формуле [Дегтерев и др., 2002]:

$$E = const \cdot \sum_i (T_B - T_i) \Delta t_i, \quad (1.7)$$

где T_B – температура внутри помещения (18°), T_i – среднемесячная температура, Δt_i – длительность i -го месяца. Суммирование происходит по месяцам ОП. Константа зависит от численности населения, используемых материалов, толщины стен и других факторов. Она не поддается непосредственной оценке, поэтому рассматривают относительное изменение энергозатрат.

Относительное изменение энергозатрат выражается следующим образом:

$$\frac{\Delta E}{E} = - \frac{\sum_i \Delta T_i \Delta t_i}{\sum_i (T_B - T_i) \Delta t_i}, \quad (1.8)$$

где ΔE – изменение затрат энергии на отопление в течение отопительного периода, ΔT_i – изменение среднемесячных температур. Обычно вместо ΔT_i подставляют значения КНЛТ [Дегтерев и др., 2002].

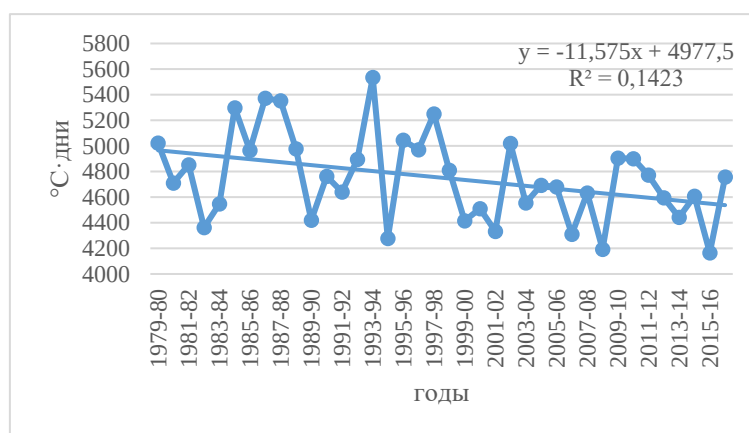
Полученные результаты представлены в табл.1.20 и рис.1.23. Выяснилось, что в РТ в период 1979-2017гг. произошло уменьшение энергозатрат на отопление в среднем на 2% с учетом температурных изменений.

Таблица 1.20

Характеристики энергопотребления в РТ в период 1979-2017гг.

$\frac{\Delta E}{E}, \%$	$\sum_i (T_B - T_i) \Delta t_i, ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$	$\sum_i \Delta T_i \Delta t_i, ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$
-2,0	4751,8	94,4

На рис.1.23 представлен расход энергии на отопление в РТ в период 1979-2017гг. Как видно из данного рисунка, расход энергии на отопление в РТ уменьшается, скорость уменьшения равна $115^\circ\text{C} \cdot \text{дни} / 10 \text{ лет}$.

Рис. 1.23. Динамика расхода энергии ($^\circ\text{C} \cdot \text{дни}$) на отопление в РТ (1979-2017гг.)

Аналогичная работа была проделана для г.Казани по данным метеостанции Казань, университет для периода 1979-2017 гг. Станция Казань, университет находится в центре города (во дворе главного корпуса КФУ) в районе с плотной городской застройкой, что заметно отличает ее климатические показатели от средних по республике [Переведенцев и др., 2014].

В табл. 1.21 представлены данные о продолжительности ОП (в днях) в Казани, датах его начала (осенью) и окончания (весной). Вся выборка поделена также на периоды: 1979-1989 гг., 1989-1999 гг., 1999-2009 гг., 2009-2017 гг., 1979-2017 гг. Самая короткая продолжительность ОП (193 суток) при средней температуре воздуха $-4,6^\circ\text{C}$ наблюдалась в 1989-1999гг. Максимальная продолжительность ОП была отмечена в 1979-1989 гг., как и по всей РТ.

Таблица 1.21

**Распределение осредненных характеристик отопительного периода в
различные периоды наблюдений в Казани (1979-2017гг.)**

период	начало	конец	продолжительность (дни)	средняя температура (°C)	ИП
1979-1989гг.	05 окт	22 апр	199	-4,6	4910,2
1989-1999гг.	07 окт	18 апр	193	-4,6	4734,7
1999-2009гг.	11 окт	24 апр	196	-3,3	4561,9
2009-2017гг.	09 окт	21 апр	194	-4,1	4675,0
1979-2017гг.	08 окт	21 апр	196	-4,2	4722,9

На рис. 1.24 представлены сведения о продолжительности отопительного периода в Казани в период 1979-2017 гг. При этом выявляется тенденция к запаздыванию начала ОП осенью (КНЛТ=1день/10 лет). Таким образом, в среднем продолжительность ОП в Казани сокращается за счет уменьшения его в осенне-зимний период.

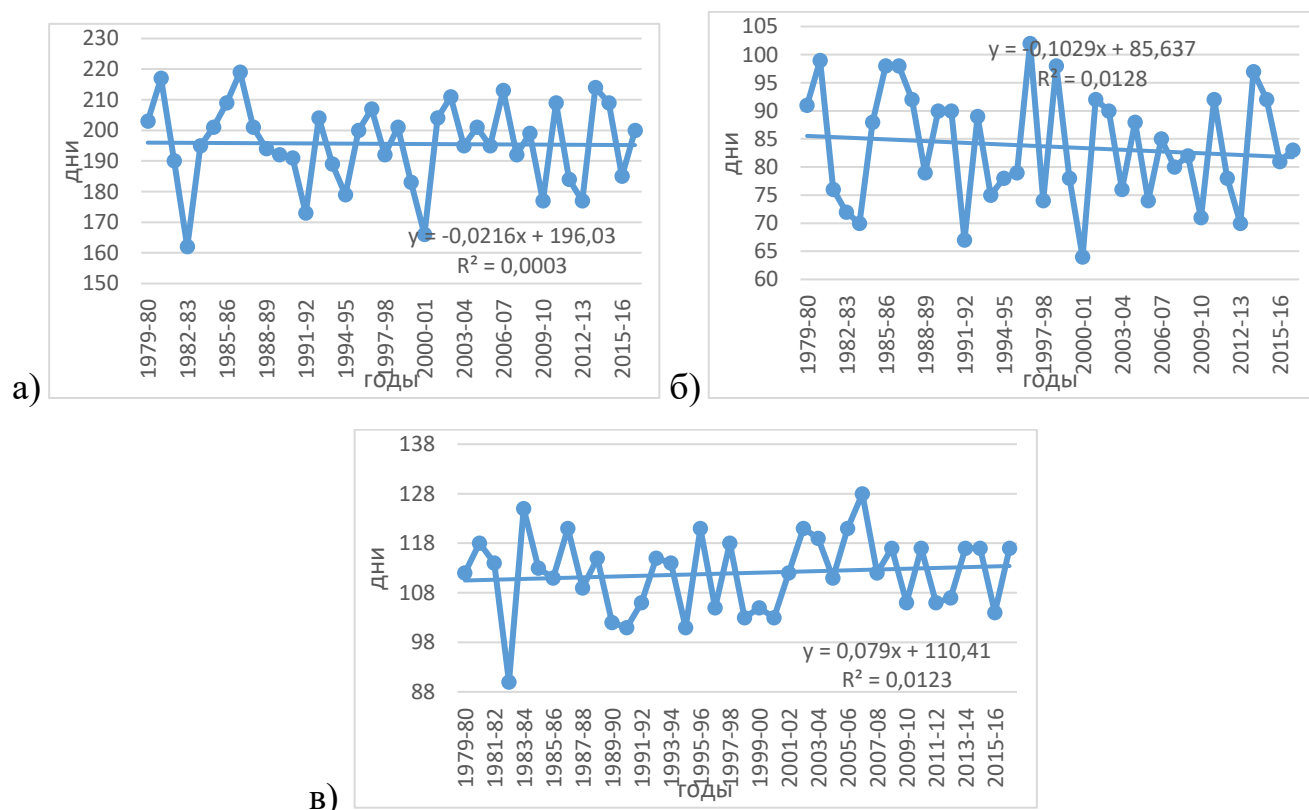


Рис. 1.24. Продолжительность ОП (дни) в Казани (1979-2017гг.): а) L, б) L1,
в) L2

Как следует из рис. 1.25, индекс потребления топлива уменьшается со временем, уменьшение ИП равно $72^{\circ}\text{C}\cdot\text{дней}/10$ лет.

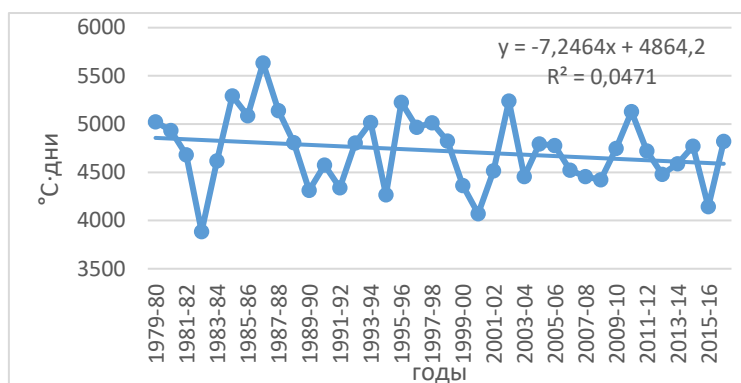


Рис. 1.25. Индекс потребления топлива ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{дни}$) в ОП (1979-2017гг.)

Анализ климатических параметров отопительного периода в РТ и в Казани показал, что для городского хозяйства современное потепление климата является энергосберегающим фактором и имеет важное экономическое значение: продолжительность ОП и индекс потребления топлива уменьшаются.

1.6. Характеристика пожарной опасности

Лесное хозяйство — отрасль производства, которая включает учет, воспроизводство и содержание лесов, их охрану от пожаров, вредителей и болезней.

В последние годы усилилась пожароопасная обстановка в лесах Российской Федерации в связи с потеплением климата. Лесные пожары приносят большой ущерб, с ними необходимо бороться и иметь текущую метеорологическую информацию и прогностическую.

Лесной пожар уничтожает большие материальные ценности, в нем гибнут не только растения, но и животные, также в зависимости от различных природно-климатических факторов огонь может распространяться на населенные пункты, промышленные предприятия и выводить из строя линии электропередачи (ЛЭП), т.е. он сопряжен с большой опасностью. Помимо этого, лесной пожар изменяет

состав атмосферного воздуха задымлением больших пространств. Крупные лесные пожары не только сопровождаются пиковыми эмиссиями CO_2 в атмосферу, но и уменьшают стоки атмосферного CO_2 , что приводит к увеличению его содержания в атмосфере и, соответственно, к усилению парникового эффекта [Второй оцен. доклад, 2014].

В России специалисты в пожароопасный период года проводят постоянный мониторинг и занимаются прогнозированием лесных пожаров. Для этого разработан ГОСТ Р 22.1.09-99 (1999), который введен в действие постановлением Госстандарта России от 25 мая 1999 г. № 181 [Второй оцен. доклад, 2014].

В работе [Хан и др., 2015] впервые предложен метод прогноза пожарной опасности лесов на территории России, который разработан на основе использования расчетного индекса Нестерова, выходных данных гидродинамических сезонных прогнозов и климатической информации. Прогнозы, составляемые по данному методу, имеют значимую практическую ценность для повышения эффективности планирования и решения задач отдельных социально-экономических секторов, в частности подразделений лесного хозяйства.

Индекс горимости находится по формуле В.Г.Нестерова:

$$G = \sum(T \cdot d) , \quad (1.9)$$

где G – показатель горимости, T – температура воздуха в полдень, d – дефицит насыщения в полдень ($d=T-T_d$). Суммирование производится при положительных значениях температуры за n сухих дней (днями без осадков считаются дни с осадками менее 2,5 мм) [Нестеров, 1949].

Для удобства анализа принята шкала, представленная в табл.1.22.

Таблица 1.22

Классы пожарной опасности по условиям погоды

Классы пожарной опасности	Степень пожарной опасности	Величина показателя пожарной опасности
I	Отсутствует	0-300
II	Малая	301-1000
III	Средняя	1001-4000
IV	Высокая	4001-10000
V	Чрезвычайная	>10000

Горимость IV и V классов включена в список особо опасных явлений.

По данным метеостанции Казань-опорная за период 1981-2017 гг. был вычислен ряд характеристик пожарной опасности на каждый день пожароопасного сезона и подсчитано число случаев в каждом месяце с различными показателями горимости.

В табл.1.23 приведено распределение числа случаев с различной пожароопасностью по месяцам с мая по сентябрь в период 1981-2017 гг. Вся выборка поделена на периоды: 1981-2017гг., 1981-1990гг., 1991-2000гг., 2001-2010гг., 2011-2017гг.

Таблица 1.23

Число случаев с различной пожароопасностью (1981-2017гг.)

Класс пожарной опасности	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1981-2017						
I	50	24	33	29	43	73
II	28	38	38	39	47	37
III	17	39	55	57	43	27
IV	3	25	16	17	23	10
V	0	2	4	1	4	0
1981-1990						
I	16	8	10	11	16	29
II	7	9	9	14	19	9
III	5	13	15	19	14	7
IV	0	4	5	3	5	2
V	0	1	2	0	0	0

Продолжение табл. 1.23						
1991-2000						
I	10	7	9	8	11	14
II	7	10	9	6	14	15
III	3	11	17	9	14	5
IV	2	6	3	7	6	3
V	0	0	1	0	0	0
2001-2010						
I	9	8	8	6	11	14
II	5	15	12	12	9	5
III	6	10	16	18	8	9
IV	1	8	4	2	7	3
V	0	1	0	1	2	0
2011-2017						
I	15	1	6	4	5	16
II	9	4	8	7	5	8
III	3	5	7	11	7	6
IV	0	7	4	5	5	2
V	0	0	1	0	2	0

Анализ показал, что большее количество пожароопасных дней выше III класса опасности приходится на июнь и июль, далее идут август и май. За рассмотренные 37 лет было выявлено 338 случаев со средним классом горимости, 94 случая – с высоким классом, в 11 случаях отмечается чрезвычайная пожароопасность, из них 7 в 2000-2017 гг.

В табл. 1.24 представлен реестр случаев с чрезвычайным классом горимости.

Таблица 1.24

Реестр случаев с чрезвычайным классом горимости ($G > 10000$)

G	начало	конец	Продолжительность накопления (дни)
11414,2	25.04.1981	08.06.1981	44
10061,0	07.05.1984	25.05.1984	18
10089,5	04.06.1987	26.06.1987	22
18065,0	26.04.1995	20.06.1995	55
11620,9	04.07.2001	02.08.2001	29
11157,6	16.04.2010	18.05.2010	32

Продолжение табл. 1.24			
11713,0	13.06.2010	08.07.2010	25
26869,3	08.07.2010	19.08.2010	42
13740,6	19.07.2011	21.08.2011	33
11978,6	18.05.2014	11.06.2014	24
11421,1	09.07.2016	04.08.2016	26
Средняя продолжительность			32

Как уже было сказано выше, в период 1981-2017гг. зафиксировано 11 случаев с чрезвычайным классом горимости, средняя продолжительность временного накопления индекса пожароопасности составляет 32 дня. В 2010 году было 3 случая с V классом пожароопасности. Максимальный индекс горимости ($G=26869,3$) также зафиксирован в 2010 году, продолжительность накопления составила 42 дня. В 1995 году наблюдалась вторая по величине чрезвычайно опасная ситуация с индексом 18065,0 с 26 апреля по 20 июня. В приложении 3 представлен реестр случаев с высоким классом горимости.

По итогам главы 1 можно сформулировать следующие выводы:

1. Наиболее важной особенностью многолетних (1966 – 2016 гг.) изменений термического режима в РТ является выраженная тенденция потепления, охватившая все месяцы года. Однако в начале нового столетия (2001-2016гг.) наблюдается похолодание с ноября по март, и потепление в остальные месяцы. Среднегодовая скорость роста температуры уменьшилась с $0,34^{\circ}/10$ лет (1966-2000гг.) до $0,29^{\circ}\text{C}/10$ лет (2001-2016гг.), стали заметнее межсезонные различия трендов.
2. Отмечается значительная пространственно-временная неоднородность в вертикальном распределении термических характеристик, обусловленных различием физических механизмов, регулирующих термический режим в более высоких слоях атмосферы. Наблюдается чередование знака КНЛТ температуры воздуха по вертикали в соответствии с теорией глобального потепления климата: в тропосфере температура растет, в стратосфере

- понижается. С помощью корреляционных связей выявлено влияние солнечной активности на термические процессы в тропосфере и стратосфере.
3. С помощью ансамбля моделей CMIP5 получены оценки будущих значений температуры воздуха для РТ в 21 веке. Так, по сценарию RCP 2,6 разница между средними температурами января периодов 1976-2010 гг. и 2080-2099 гг. составляет 1,2 °С, июля – 0,9°С. По сценарию RCP 4.5 , температура января повысится на 3,8 °С к концу столетия, а июля – на 2,0°С. Сценарий RCP 8.5 прогнозирует повышение температуры января на 6,9 °С в 2080-2099гг. по сравнению с 1976-2010гг., а июля – на 4,7 °С.
 4. Средняя годовая температура воздуха Казани по данным метеостанции Казань, университет за 117 лет возросла на 2,5°С. Наибольшее потепление отмечено в зимние месяцы от 3,0 до 3,8°С, а летние значения температуры повысились на 1,3-1,6 °С. Наибольшие значения КНЛТ отмечаются в период 1961-1990 гг. в связи с началом наиболее активной фазы современного потепления климата. В период 1991-2017гг. наблюдается понижение температуры в январе, апреле и октябре и значительное ее повышение в остальные месяцы.
 5. Выявлено, что в рассматриваемый период 1979-2017гг. наблюдается сокращение продолжительности отопительного периода, суммы отрицательных температур воздуха отопительных сезонов и значения индекса потребления топлива уменьшаются. В целом наблюдаемое современное потепление климата способствует уменьшению расходов ЖКХ в отопительный период.
 6. При оценке потенциальной пожароопасности леса по метеорологическим условиям необходимо учитывать, что условия горимости сильно изменяются по месяцам теплого сезона. Максимум по количеству возникших пожаров с IV и V классом пожароопасности приходится на май, второй, несколько меньший (по сравнению с весенним), пик горимости наблюдается в августе.

ГЛАВА II. РЕЖИМ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

2.1. Атмосферные осадки на территории Татарстана

Атмосферные осадки являются важным метеорологическим явлением, знания о которых, согласно работе [Суркова и др., 2002], необходимы для различных аспектов жизнедеятельности человека (сельское хозяйство, энергетика и транспорт, опасные гидрометеорологические явления, связанные с наводнениями и засухами) и самой климатической системы.

Атмосферные осадки подвержены значительным пространственно-временным изменениям. Изменчивость их связана с особенностями атмосферной циркуляции, физико-географическими особенностями и временем года [Черенкова, 2013].

В свете глобального потепления климата эти данные необходимо учитывать при проведении землеустроительных работ. Организация рационального использования и охраны земель особенно актуальна для сельскохозяйственных регионов, к которым относится и Республика Татарстан.

Проведения мер, направленных на защиту почв от засухи, и разработку мероприятий по улучшению использования имеющихся угодий в землепользовании требуют происходящие изменения температуры воздуха, почвы и уменьшение количества осадков.

С целью более подробного изучения рассмотрим пространственно-временные особенности распределения атмосферных осадков по территории РТ.

В табл. 2.1 - 2.3 представлены средние многолетние значения месячных, сезонных и годовых сумм осадков, вычисленных за период 1966-2013 гг., 1966-2000 гг. и 2000-2013гг. для 12 метеостанций по данным ВНИИГМИ МЦД, достаточно равномерно покрывающих территорию республики.

Как видно из табл. 2.1 - 2.3, основное количество осадков выпадает в теплое

время года. В среднем по территории РТ в период с апреля по октябрь осадков выпадает почти в два раза больше, чем в период с ноября по март.

Определялись средние многолетние значения количества осадков исследуемых периодов по месяцам и в целом за год. Отмечается хорошо выраженный годовой ход атмосферных осадков (рис. 2.1), минимум осадков выпадает в марте в пределах от 18 до 32 мм и максимум в июне от 54 до 70 мм для 1966-2013 гг. Для периода 2000-2013 гг. минимум наблюдается в феврале на ст. Дрожжаное – 18 мм, а максимум на ст.Бугульма в июне – 78 мм.

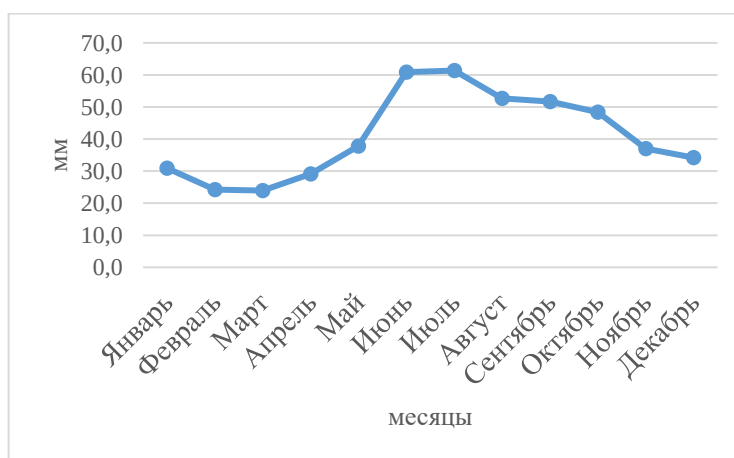


Рис. 2.1. Годовой ход количества атмосферных осадков (мм) по РТ (1966-2013гг.)

Анализ многолетних данных по атмосферным осадкам показывает, что к началу XXI века годовые суммы осадков увеличились по всей территории РТ. В среднем по РТ за период 1966-2013 гг. многолетняя годовая сумма осадков составляет 493 мм, в 1966-2000 гг. – 486 мм, в 2000-2013 гг. – 509 мм. Объяснить увеличение количества осадков можно следующим: увеличение испарения с подстилающей поверхности и возрастание влагосодержания воздуха, вызванных потеплением климата.

Анализ данных таблиц 2.1 - 2.3 позволяет сделать вывод, что основной вклад в устойчивый рост количества годовой суммы атмосферных осадков вносят осадки в холодный период года. В теплый период года в 1966-2013гг. и 1966-2000гг. отмечается незначительная скорость увеличения количества осадков, а в 2000-2013гг. наблюдается их уменьшение со скоростью 23,2 мм/10 лет.

Таблица 2.1

**Средние многолетние (1966 – 2013 гг.) значения месячных, сезонных и годовых сумм
атмосферных осадков (мм)**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год	т.п.	х.п.
Арск	36,4	28,3	28,6	31,5	34,4	59,6	65,8	54,2	48,9	49,0	41,9	40,3	518,9	343,4	175,5
Большие Кайбицы	29,8	23,8	24,8	28,7	36,1	55,7	58,5	51,1	50,2	48,7	36,8	33,5	477,7	329,0	148,7
Бугульма	27,9	22,3	21,5	28,4	42,7	70,2	67,7	56,2	58,1	53,6	38,8	30,9	518,3	376,9	141,4
Акташ	33,1	24,8	25,1	27,3	37,9	61,1	57,5	49,4	51,8	48,6	38,3	36,2	491,1	333,6	157,5
Вязовые	32,0	23,6	23,8	29,3	36,7	54,3	63,9	48,0	48,1	45,6	36,8	34,0	476,1	325,9	150,2
Казань, ЦГМС	39,0	31,9	32,3	32,4	38,5	63,9	68,5	55,3	52,9	52,4	44,9	42,4	554,4	363,9	190,5
Дрожжаное	27,9	22,1	23,5	37,4	40,8	63,2	64,8	49,4	56,4	45,7	33,9	31,8	496,9	357,7	139,2
Азнакаево	28,2	21,4	20,7	26,2	37,9	53,5	59,7	56,4	54,9	47,0	33,2	29,4	468,5	335,6	132,9
Мензелинск	31,7	24,7	23,5	27,4	39,2	65,6	61,3	55,4	50,9	49,7	36,6	36,9	502,9	349,5	153,4
Муслумово	26,1	20,2	18,2	23,9	37,1	55,2	60,2	51,6	46,5	44,7	30,4	29,8	443,9	319,2	124,7
Тетюши	28,9	23,7	22,3	28,0	37,0	60,8	56,2	53,4	51,5	48,4	35,8	32,6	478,6	335,3	143,3
Чулпаново	29,6	24,1	23,1	28,6	35,9	67,7	52,4	51,8	49,9	47,4	36,7	32,9	480,1	333,7	146,4
среднее	30,9	24,2	23,9	29,1	37,8	60,9	61,4	52,7	51,7	48,4	37,0	34,2	492,2	342,0	150,2
КНЛТ (среднее по РТ) (мм/10 лет)	0,6	-0,9	3,6	-1,9	2,2	0,1	-1,6	1,0	2,0	-0,9	0,2	2,8	7,2	0,9	6,3

х.п.- холодный период (ноябрь, декабрь, январь-март);

т.п.- теплый период (апрель-октябрь)

Таблица 2.2

**Средние многолетние (1966 – 2000 гг.) значения месячных, сезонных и годовых сумм
атмосферных осадков (мм)**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год	т.п.	х.п.
Арск	34,6	29,6	24,0	32,8	33,1	57,5	65,4	57,4	49,1	49,0	41,6	36,8	511,0	344,3	166,7
Большие Кайбицы	28,1	24,0	20,5	30,7	33,9	56,6	54,0	53,1	47,5	49,4	36,8	30,0	464,8	325,2	139,6
Бугульма	30,1	23,4	18,3	27,5	40,4	68,5	68,5	58,1	60,3	55,4	38,5	30,7	519,7	378,7	141,0
Акташ	33,0	24,5	19,6	29,1	35,0	62,8	59,2	49,3	53,7	49,9	37,1	34,1	487,3	339,0	148,3
Вязовые	29,4	23,7	19,2	31,1	36,1	50,6	60,5	48,6	46,2	44,1	35,7	31,4	456,5	317,2	139,4
Казань, ЦГМС	35,9	31,9	26,1	34,8	37,8	64,6	66,8	57,9	53,0	52,5	43,4	36,8	541,5	367,4	174,1
Дрожжаное	28,7	23,5	20,8	41,1	37,4	59,8	62,0	52,1	54,4	44,6	34,7	31,3	490,3	351,4	139,0
Азнакаево	29,0	22,4	17,1	27,9	35,2	53,0	60,7	56,5	58,8	48,1	32,9	28,8	470,4	340,2	130,2
Мензелинск	31,8	25,1	19,3	26,9	35,1	62,8	64,2	59,0	51,8	49,5	36,8	35,4	497,7	349,3	148,4
Муслюмово	26,3	20,7	15,0	24,9	34,8	54,4	64,7	54,0	47,8	44,4	30,3	28,9	446,2	325,0	121,2
Тетюши	27,8	23,8	17,4	28,6	34,5	59,7	53,0	56,2	49,9	47,9	35,3	30,1	464,2	329,8	134,4
Чулпаново	30,7	25,7	19,9	31,4	35,2	68,1	52,7	51,8	51,2	48,7	36,7	31,7	483,8	339,1	144,7
среднее	30,5	24,9	19,8	30,6	35,7	59,9	61,0	54,5	52,0	48,6	36,7	32,2	486,1	342,2	143,9
КНЛТ (среднее по РТ) (мм/10 лет)	0,9	0,2	-1,3	-2,1	2,5	-0,9	-5,7	7,0	4,1	-1,1	0,2	1,2	4,9	1,1	3,8

х.п.- холодный период (ноябрь, декабрь, январь-март);

т.п.- теплый период (апрель-октябрь)

Таблица 2.3

**Средние многолетние (2000 – 2013 гг.) значения месячных, сезонных и годовых сумм
атмосферных осадков (мм)**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год	т.п.	х.п.
Арск	41,5	25,4	40,3	27,4	37,8	68,4	67,1	48,7	50,4	46,4	40,8	48,6	542,8	346,2	196,6
Большие Кайбицы	34,2	23,8	35,5	22,3	42,1	55,0	67,4	50,9	59,5	44,2	34,9	43,6	513,4	341,4	172,0
Бугульма	22,7	19,5	29,0	30,1	50,5	79,4	63,4	53,4	53,8	47,1	38,3	33,6	520,8	377,7	143,1
Акташ	33,8	26,0	38,3	22,7	44,9	59,9	52,8	50,0	47,8	43,7	39,8	42,4	502,1	321,8	180,3
Вязовые	38,5	24,5	35,0	23,4	38,1	66,7	70,5	48,0	54,1	47,2	38,2	40,6	524,8	348	176,8
Казань, ЦГМС	48,1	32,5	48,2	25,6	41,4	64,6	69,8	50,5	52,8	49,8	46,6	56,8	586,7	354,5	232,2
Дрожжаное	25,5	18,7	29,5	26,3	48,0	77,1	70,5	44,3	63,2	47,4	30,0	35,0	515,5	376,8	138,7
Азнакаево	25,8	18,8	29,0	21,5	44,2	57,1	56,8	57,7	45,5	42,1	32,9	32,2	463,6	324,9	138,7
Мензелинск	31,5	24,2	33,5	27,6	50,0	74,5	51,5	46,6	49,0	47,9	34,9	42,8	514,0	347,1	166,9
Муслюмово	25,4	19,0	25,9	21,4	43,0	60,3	48,7	47,4	43,8	43,8	29,4	33,3	441,4	308,4	133,0
Тетюши	31,5	23,1	34,1	25,4	43,4	63,3	62,7	48,2	56,9	47,8	35,6	39,4	511,4	347,7	163,7
Чулпаново	26,3	19,8	30,8	21,3	38,7	69,0	51,4	52,9	48,6	42,1	34,5	37,4	472,8	324	148,8
среднее	32,1	22,9	34,1	24,6	43,5	66,3	61,1	49,9	52,1	45,8	36,3	40,5	509,2	343,3	165,9
КНЛТ (среднее по РТ) (мм/10 лет)	-4,0	-16,0	14,9	12,5	-28,2	-30,0	14,4	-10,5	22,0	-3,4	-1,8	16,8	-13,3	-23,2	9,9

х.п.- холодный период (ноябрь, декабрь, январь-март);

т.п.- теплый период (апрель-октябрь)

Динамика среднегодовой суммы атмосферных осадков на ст. Казань, ЦГМС (1966 – 2013 гг.) представлена на рис. 2.2. КНЛТ положительный и равен 14 мм/ 10 лет.

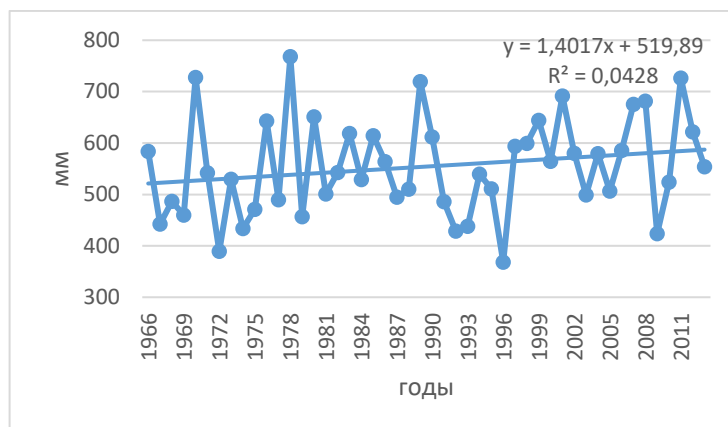


Рис. 2.2. Межгодовая изменчивость среднегодовой суммы атмосферных осадков (мм) на ст. Казань, ЦГМС (1966 – 2013 гг.)

На осадки оказывают влияние как циркуляционные процессы, так и внутренние – характер местности, водные бассейны, реки, леса и др.

На рис. 2.3 представлено пространственное распределение количества атмосферных осадков по территории РТ за 1966-2013гг., 1966-2000 и 2000-2013гг. Как видно из данных рисунков, пространственное распределение осадков целиком отражает орографические особенности территории РТ, максимум осадков наблюдается на северо-западе – в Западном Предкамье, а минимум на востоке – на Бугульминско-Белебеевской возвышенности. На западе повышенные значения формируются за счет осадков холодного и теплого периодов, а на востоке – за счет теплого периода, т.к. на востоке республики в зимний период часто наблюдается влияние отрога Сибирского антициклона.

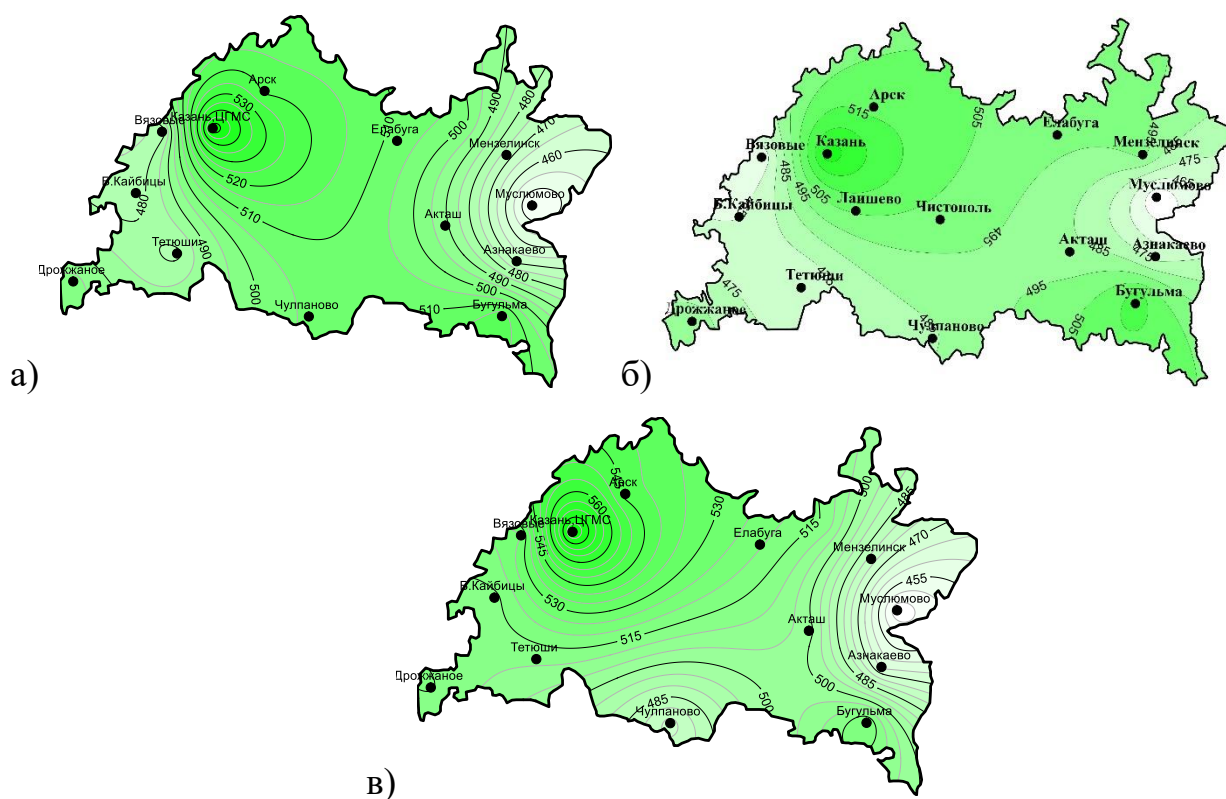


Рис. 2.3. Среднее годовое количество атмосферных осадков (мм):
а) 1966-2013гг., б) 1966-2000гг., в) 2000-2013гг.

Для характеристики временной изменчивости осадков рассчитывались коэффициенты вариации (c_v) за период 1966-2013гг., представляющие собой отношения СКО (σ_p) к средним суммам осадков, выраженных в процентах (табл. 2.4). Если коэффициент вариации меньше 10%, то изменчивость ряда считается незначительной, от 10% до 20% относится к средней, больше 20% к значительной. Анализируя коэффициенты вариации, рассчитанные для годовой суммы осадков, можно сделать вывод, что в РТ наблюдается среднеустойчивый режим выпадения осадков (17-20%). Наибольшей неустойчивостью отличается режим выпадения осадков на ст.Дрожжаное (22%).

Таблица 2.4

**Коэффициенты вариации (1966 – 2013 гг.) месячных, сезонных и годовых сумм
атмосферных осадков (%)**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред.
Арск	43	57	59	53	57	71	54	52	54	48	45	49	18
Большие Кайбицы	48	63	61	61	55	59	65	58	57	59	49	57	19
Бугульма	68	68	56	63	75	59	57	65	62	51	54	54	19
Акташ	47	62	61	66	64	62	56	54	53	52	53	53	19
Вязовые	40	57	59	65	63	68	69	51	57	53	41	47	20
Казань, ЦГМС	44	59	59	51	67	68	48	59	54	51	47	57	17
Дрожжаное	57	60	64	87	62	68	59	61	72	49	44	54	22
Азнакаево	52	56	61	65	70	64	51	57	63	47	54	52	19
Мензелинск	53	68	60	68	70	57	64	60	62	52	58	57	20
Муслумово	49	70	60	66	65	62	59	56	56	50	55	52	19
Тетюши	56	68	74	63	59	58	62	65	60	52	49	57	20
Чулпаново	56	66	58	68	64	58	63	63	59	48	54	57	17
среднее	51	63	61	65	64	63	59	58	59	51	50	54	19
макс	68	70	74	87	75	71	69	65	72	59	58	57	22
мин	40	56	56	51	55	57	48	51	53	47	41	47	17

Количество атмосферных осадков определяется рядом причин, среди которых значительное место занимает атмосферная циркуляция. В целях установления причин межгодовой изменчивости сумм осадков прежде всего изучают характер циркуляции на исследуемой территории.

Корреляционные связи между атмосферными осадками на территории РТ и индексами циркуляции атмосферы САК, АО и SCAND для периода 1966-2013 гг. представлены в табл.2.5.

Таблица 2.5

Коэффициенты линейной корреляции (r) количества атмосферных осадков и индексов циркуляции атмосферы (1966-2013 гг.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
САК	-0,20	-0,10	-0,34	0,22	0,15	0,07	0,20	-0,08	-0,15	-0,12	-0,31	-0,19
АО	0,14	0,04	-0,13	0,22	0,20	-0,02	-0,10	0,22	-0,03	0,07	-0,28	-0,28
SCAND	-0,54	-0,56	-0,54	-0,32	-0,28	-0,18	-0,19	-0,12	-0,22	-0,24	-0,33	-0,23

Примечание: Статистически достоверными при $p \geq 0,95$, согласно t-критерию Стьюдента, являются значения коэффициента корреляции $|r| \geq 0,23$.

Как видно из табл.2.5, статистически значимой связи между осадками и индексами САК и АО нет, кроме ноября и декабря. Однако выявлено, что с октября по май устанавливаются значимые связи (отрицательные) между суммой осадков и индексом SCAND.

Об изменчивости климата, в том числе и осадков, можно судить по частоте повторяемости аномальных периодов увлажнения – избыточно влажных и сухих. Год или период относился к избыточно влажному, если сумма осадков превышала 120% средней многолетней нормы ($\geq 120\%$), и к сухому, если сумма осадков составляла 80% и меньше от средней многолетней нормы ($\leq 80\%$) [Леонова и др.,1975]. Аномалии осадков рассчитывались по отношению к норме, вычисленной за весь исследуемый период – 1966-2013 гг. (табл.2.6).

Таблица 2.6

Число случаев аномальных периодов увлажнения

Станция	год			теплый период		
	$\leq 80\%$	81-119%	$\geq 120\%$	$\leq 80\%$	81-119%	$\geq 120\%$
Арск	5	37	6	9	31	8
Большие Кайбицы	8	33	7	13	28	7
Бугульма	9	32	7	10	30	8
Акташ	9	29	10	12	26	10
Вязовые	6	35	7	10	29	9
Казань, ЦГМС	7	34	7	10	30	8
Дрожжаное	7	35	6	10	28	10
Азнакаево	8	30	10	18	24	6
Мензелинск	8	32	8	9	28	11
Муслимово	9	34	5	10	29	9
Тетюши	7	35	6	11	28	9
Чулпаново	9	33	6	9	27	12

Как видно из данной таблицы, чаще встречались случаи в пределах нормы, в теплый период в Мензелинске и Чулпаново – переувлажненные, чем засушливые, на остальных станциях чаще засушливые, чем переувлажненные.

Были рассчитаны коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями температуры воздуха, осредненных по Республике Татарстан, полученных из фонда ВНИИГМИ-МЦД и реанализа ERA-Interim за период 1979-2016гг.

Таблица 2.7

Коэффициенты линейной корреляции (r) между рядами атмосферных осадков, полученных из фонда ВНИИГМИ-МЦД и реанализа ERA-Interim (1979-2013 гг.)

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r	0,90	0,97	0,96	0,95	0,92	0,75	0,88	0,93	0,96	0,94	0,93	0,94

Примечание: Статистически достоверными при $r \geq 0,95$, согласно t-критерию Стьюдента, являются значения коэффициента корреляции $|r| \geq 0,32$.

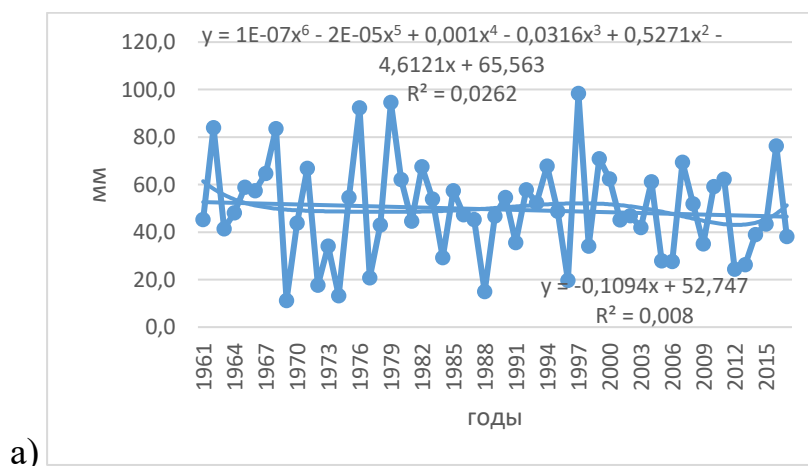
Из табл. 2.7 видно, что коэффициенты корреляции значимы, минимальный коэффициент корреляции равен 0,75, что позволяет использовать данные реанализа ERA-Interim за период 1979-2017гг.

2.2. Атмосферные осадки в г. Казани по данным метеостанции Казань, университет

Станция Казань, университет находится в центре города, что придает особую ценность результатам ее наблюдений, позволяющим изучать воздействие городской среды на многолетние изменения метеорологического режима внутри города [Переведенцев и др., 2006].

В среднем годовая сумма осадков на станции Казань, университет, осредненная за 117 лет (1901-2017 гг.) близка к 514 мм, осредненная за 57 лет (1961-2017 гг.) равна 583мм (т.к. с 1961г. приборы, использовавшиеся для измерений осадков (осадкомер), и положение метеорологической площадки внутри университетского двора оставались неизменными). В теплое время года (апрель – октябрь) осадков выпадает почти в два раза больше (335мм за 1901-2017гг., 358мм за 1961-2017гг.), чем в холодное (ноябрь – март) (179мм за 1901-2017гг, 225мм за 1961-2017гг.). Отличие количества осадков по данным ст.Казань, университет от средней по РТ объясняется тем, что Казань находится в долине рек Волга и Кама, где наблюдается наибольшее количество осадков по территории республики.

Ниже представлены графики годового хода осадков за период 1961-2017 гг.



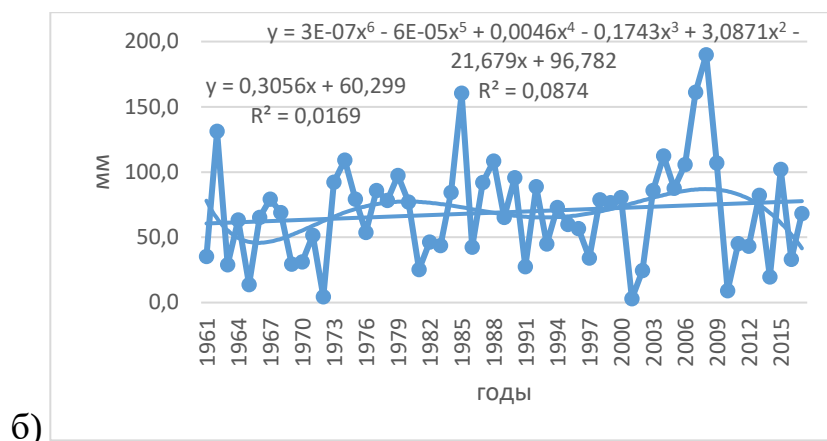


Рис. 2.4. Многолетний ход количества осадков (мм) на ст. Казань, университет (1961-2017гг.): а) январь, б) июль

Как видно из рис. 2.4, по полиномиальной линии тренда в периоды с 1961 по 1967гг., с 1998 по 2012гг. отмечалось уменьшение осадков в январе, их увеличение происходило с 1991 по 1998гг., с 2012 до 2017гг., а с 1967 по 1991 гг. количество осадков не менялось. Для июля периоды увеличения: с 1967 по 1979 гг., с 1994 по 2008 гг., периоды уменьшения: с 1961 по 1967 гг., с 1979 по 1994 гг. и с 2008 по 2017гг.

Согласно вычисленных значений коэффициента наклона линейного тренда за период 1961-2017гг. (табл. 2.8), годовое количество осадков города Казань уменьшилось на 55,2 мм со скоростью 9,7 мм/10 лет. Положительные КНЛТ отмечены в июле, сентябре, октябре и декабре. Наибольшее увеличение за этот период отмечено в июле - на 17 мм, а уменьшение - в апреле на 19,4 мм.

Таблица 2.8

**Коэффициенты наклона линейного тренда количества осадков (мм/10 лет)
для периода 1961-2017гг.**

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	сред
КНЛТ мм/10 лет	-1,1	-1,4	-0,4	-3,4	-0,5	-2,2	3,1	-2,3	0,2	1,2	-3,2	0,3	-9,7

Для периода 1961-2017гг. по месячным данным атмосферных осадков (R) были рассчитаны величины аномалий (ΔR), затем среди них выделены крупные, превышающие величину СКО (табл.2.9).

Таблица 2.9

Число крупных аномалий осадков за период 1961-2017 гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
ΔR	18	15	18	18	12	21	15	19	20	17	17	17	208
$\Delta R > 0$	7	7	12	7	6	7	5	9	8	8	7	8	91
$\Delta R < 0$	11	8	7	11	6	14	10	10	12	9	10	9	117

За 57 лет на станции Казань, университет было 208 случаев с крупными аномалиями. При этом отрицательных аномалий было больше положительных на 26.

На рис. 2.5 представлен временной ход числа крупных аномалий осадков за период 1961-2017гг.

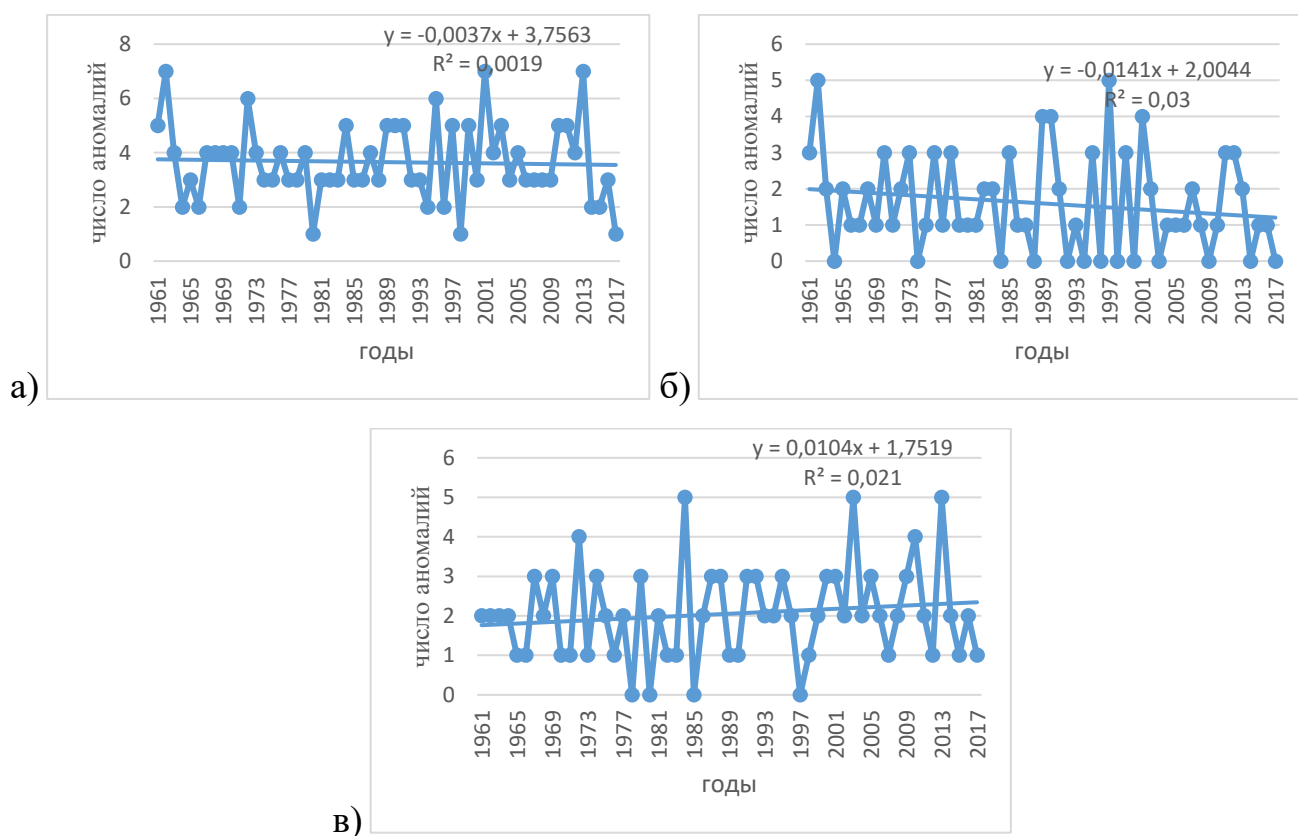


Рис. 2.5. Многолетний ход количества крупных аномалий осадков (мм) (1961-2017гг.): а) ΔR , б) $\Delta R > 0$, в) $\Delta R < 0$

Из рис. 2.5 видно, что общее число аномалий осадков на станции Казань, университет почти не меняется. Число случаев с положительными крупными аномалиями уменьшается, а с отрицательными – наоборот – увеличивается.

По итогам главы 2 можно сформулировать следующие выводы:

1. К началу XXI века годовые суммы осадков увеличились по всей территории РТ. В среднем по РТ за период 1966-2013 гг. многолетняя годовая сумма осадков составила 493 мм, 1966-2000 гг. – 486 мм, в 2000-2013 гг. – 509 мм. Максимум осадков наблюдается на северо-западе, а минимум на юго-востоке РТ. Основной вклад в устойчивый рост годовой суммы атмосферных осадков вносят осадки в холодный период года.
2. Годовая сумма осадков в Казани по данным станции Казань, университет, осредненная за 57 лет (1961-2017 гг.) составляет 583 мм. Отличие количества осадков по данным ст. Казань, университет от средней по РТ объясняется тем, что Казань находится в долине рек Волга и Кама, где наблюдается наибольшее количество осадков по территории республики. Согласно КНЛТ, количество осадков в Казани за рассмотренный период уменьшилось на 55,2 мм со скоростью 9,7 мм/10 лет. Наибольшее увеличение отмечено в июле - на 17 мм, а наибольшее уменьшение – в апреле на 19,4 мм.

ГЛАВА III. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

3.1. Агроклиматические ресурсы

Глобальное изменение климата и его влияние на окружающую среду является одной из главных проблем XXI века. Эти изменения требуют обязательного учета при разработке стратегий и мероприятий, способных обеспечить устойчивую хозяйственную деятельность. Особое место занимает проблема бесперебойного функционирования сельского хозяйства – важнейшей отрасли экономики, наиболее климатически зависимой и уязвимой.

В сельском хозяйстве учитываются следующие климатические условия: температура воздуха в вегетационный период, количество осадков в вегетационный период, годовая сумма осадков, продолжительность безморозного периода и т.д., формирующие агроклиматические ресурсы данной территории.

Продовольственная безопасность крупных регионов зависит от адаптационных изменений сельскохозяйственных ресурсов. В связи с этим чрезвычайно важно заранее предвидеть характер изменения климата, исследовать, оценить и прогнозировать отклик сельского хозяйства на них [Ермакова, 2013].

Агроклиматические показатели, используемые для комплексной оценки влияния климатических изменений на сельское хозяйство и землепользование следующие: ресурсы тепла и увлажненность, биоклиматический потенциал и климатически обусловленная урожайность.

На рост, развитие и урожай сельскохозяйственных растений большое влияние оказывают метеорологические факторы. Из них наиболее важными являются – свет, тепло и влага.

Большую угрозу для ведения успешного земледелия представляют засухи. Данная проблема весьма актуальна, поскольку высока вероятность сильных и очень сильных засух, вызывающих в ряде случаев катастрофическое снижение продуктивности сельскохозяйственных культур [Шарипова и др., 2011].

В целом по России в годы с сильными засухами весьма существенно снижается валовой сбор зерна. Так, за последние десятилетия валовые сборы зерна в отдельные годы снижались на 40-50 % по сравнению с годами, благоприятными по агрометеорологическим условиям [Павлова и др., 2017].

Засуха является сложным агрометеорологическим явлением, в результате которого у растения нарушается водный баланс. Из-за недостатка влаги, который может быть вызван усиленным испарением или отсутствием дождей, растение увядает или гибнет. Главной причиной проявления засух является такой климатический фактор, как соотношение тепла и влаги. Опосредованное влияние оказывают остальные природные компоненты (рельеф, флора, подстилающая поверхность, поверхностные и подземные воды и др.), которые меняют это соотношение в ту или иную сторону в пределах конкретной местности.

Засуха на Европейской территории России (ЕТР) возникает при преобладающем антициклоническом режиме атмосферной циркуляции. Формирование антициклона здесь чаще всего связано с распространением отрога азорского антициклона на юг ЕТР и вторжением сухих быстро прогреваемых над континентом арктических масс воздуха [Черенкова, 2013].

В агрометеорологии для анализа условий увлажнения среды используют комплексные характеристики, наиболее известным из них является гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова [Чирков, 1979].

ГТК Селянинова показывает, что при одном и том же количестве осадков степень влагообеспеченности растений зависит от температуры воздуха: чем выше температура воздуха и, следовательно, непродуктивный расход влаги на испарение, тем меньше влагообеспеченность растений.

$$\text{ГТК} = \frac{10 \sum P}{\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}}, \quad (3.1)$$

где $\sum P$ – сумма осадков за вегетационный период (мм), $\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма активных температур за тот же период ($^{\circ}\text{C}$).

Разной степени увлажнения соответствуют следующие градации ГТК:

ГТК <0,4 – очень сильная засуха; $0,4 \leq \text{ГТК} < 0,5$ – сильная засуха; $0,5 \leq \text{ГТК} < 0,7$ – средне засушливо; $0,7 \leq \text{ГТК} \leq 1,0$ – недостаточно влажно; $1,0 < \text{ГТК} \leq 2,0$ – достаточно влажно; $\text{ГТК} > 2,0$ – переувлажнено [Чирков, 1979].

Для оценки засух широко используется комплексный показатель S_i , предложенный Д.А. Педем. Индекс засушливости Педя определяет засуху на основе анализа аномалий температуры воздуха и осадков с учетом данных об их изменчивости и рассчитывается по формуле [Педь, 1975]:

$$S_i = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta P}{\sigma_P}, \quad (3.2)$$

где ΔT и ΔP – месячные аномалии температуры воздуха и атмосферных осадков, σ_T и σ_P – их среднеквадратические отклонения. Атмосферная засуха формируется при значениях $S_i > 2$, при $1 < S_i \leq 2$ – засушливые условия, $-1 \leq S_i \leq 1$ – нормальные условия увлажнения, $-2 \leq S_i < -1$ – влажные условия, $S_i < -2$ – избыточное увлажнение.

В Казанском университете многие десятилетия проводятся исследования в области изменения климата и агрометеорологии на территории Республики Татарстан и Поволжского региона. В этих работах, например, [Переведенцев и др., 2017], делается вывод о росте температуры воздуха и уменьшении количества атмосферных осадков. Результаты по засухам до 1980 года были обобщены в работе [Колобов и др., 1980].

По адаптации сельского хозяйства к глобальным изменениям климата принята Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы [Пост. Прав-ва, 2012], в которой предусмотрены мероприятия по сохранению и восстановлению плодородия почв, земель сельскохозяйственного назначения, развитие растениеводства и животноводства, поддержка малых форм хозяйствования путем модернизации.

3.2. Динамика дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5, 10, 15°C

Для растений термические ресурсы определяются годовым ходом температуры воздуха и почвы. В настоящее время наблюдается потепление климата, которое сопровождается изменениями годовой и суточной амплитуды температуры воздуха и почвы, что может привести как положительным, так и отрицательным последствиям. Увеличение продолжительности безморозного периода, безусловно, является положительным фактором. Однако быстрое повышение температуры сокращает период налива зерна и, как следствие, урожай сельскохозяйственных культур существенно уменьшается.

Для оптимального возделывания сельскохозяйственных культур с разной степенью чувствительности к температуре воздуха выявляют следующие важнейшие показатели:

- даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0, 5, 10 и 15°C весной и осенью;
- продолжительность периодов календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0, 5, 10 и 15°C;
- сумма температур, превышающих 0, 5, 10 и 15°C [Методы оценки, 2012].

Согласно работе [Климат России, 2001], устойчивый переход температуры воздуха через 0°C делит год (условно) на теплый и холодный периоды. Даты перехода через 5°C весной и осенью характеризуют начало и конец вегетационного периода хладостойких растений, переход через 10 °C – начало и конец активной вегетации для большинства сельскохозяйственных культур. А период с температурой воздуха выше 15 °C характеризует наиболее теплую часть лета, от продолжительности которой зависит успешное возделывание теплолюбивых растений.

Многие ученые занимались изучением дат переходов температуры воздуха через различные пределы для различных времен года (весна, осень) и территорий [Гавриленко, 1962; Деревянко, 1969; Садоков и др., 2012; Тищенко и др., 2015].

В качестве исходной информации для решения поставленной задачи служили данные реанализа Era-Interim по температуре воздуха с шагом регулярной сетки $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ в период 1979-2017 гг. по Республике Татарстан.

Рассмотрим климатические особенности дат весеннего и осеннего переходов температуры воздуха через определенные пределы весной и осенью по РТ.

Из табл. 3.1 следует, что среднее время перехода средней суточной температуры воздуха (ССТВ) через 0°C весной приходится на 31 марта. Самый ранний переход наблюдался в 1990 году (25 февраля), поздний переход отмечен в 1998 году (24 апреля) (прил. 4). Таким образом, максимальная разница между ранним и поздним переходами составила 59 дней.

Что касается устойчивого перехода ССТВ весной через $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$, они приходятся на 20 апреля, 1 мая и 28 мая соответственно. В отдельные годы даты переходов температуры воздуха через установленные пределы существенно отличаются от средних многолетних значений.

22 августа является средней многолетней датой окончания наиболее теплой части лета, 17 сентября – датой окончания активной вегетации для большинства сельскохозяйственных культур, 10 октября – датой окончания вегетационного периода хладостойких растений, 3 ноября – датой окончания теплого периода года.

Таблица 3.1

Даты устойчивых переходов температуры воздуха через 0, 5, 10 и 15°C

Пределы температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Даты весенних переходов			Пределы температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Даты осенних переходов		
	средняя	самая ранняя	самая поздняя		средняя	самая ранняя	самая поздняя
>0	31 мар	25 фев	24 апр	≤ 0	03 ноя	18 окт	11 дек
>5	20 апр	01 апр	02 май	≤ 5	10 окт	21 сен	31 окт
>10	01 май	12 апр	19 май	≤ 10	17 сен	28 авг	05 окт
>15	28 май	04 май	26 июн	≤ 15	22 авг	03 авг	09 сен

Как видно из рис. 3.1, весенний переход ССТВ из области ниже 0, 5, 10 15°C в область больше 0, 5, 10, 15°C начинается на юго-западе РТ и затем следует в северо-восточном направлении с запаздыванием на 5-12 суток.

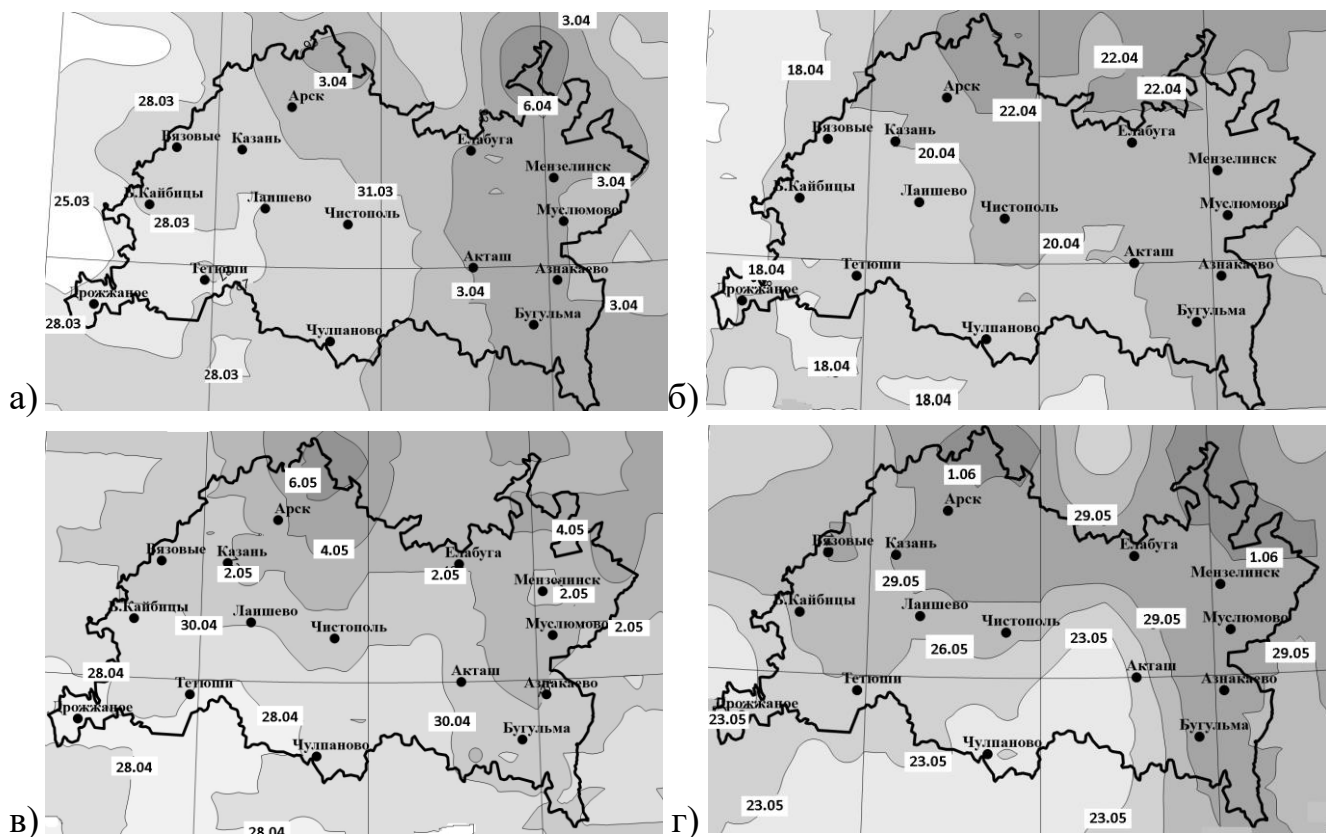
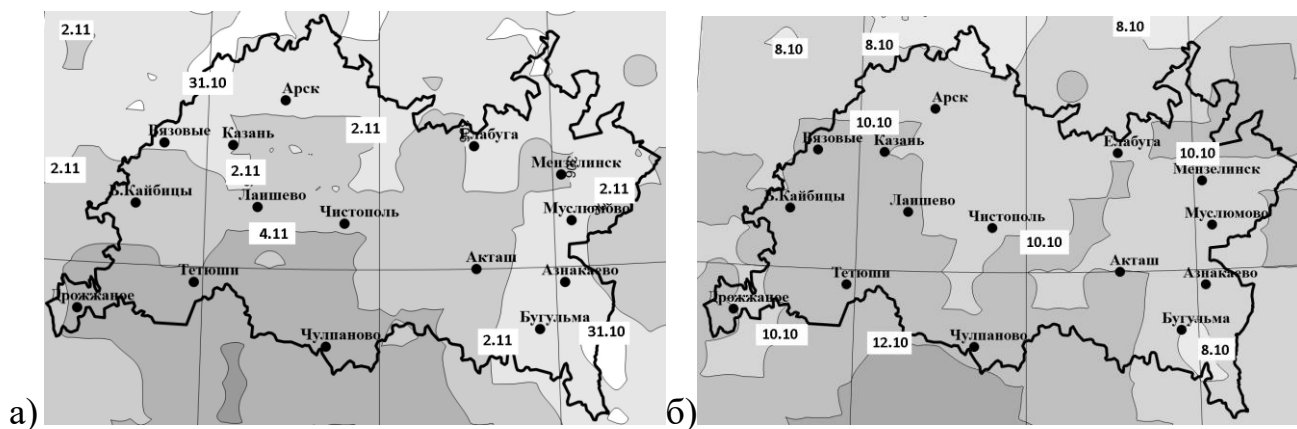


Рис. 3.1. Пространственное распределение дат переходов температуры воздуха весной через: а) 0 °С, б) 5 °С, в) 10 °С, г) 15 °С

Межгодовая изменчивость дат переходов через различные пределы весной и осенью составляет 8-12 дней.

Осенние переходы температуры воздуха через 0, 5, 10 15°C раньше начинаются на северо-востоке РТ и позже наступают на юго-западе (рис. 3.2).



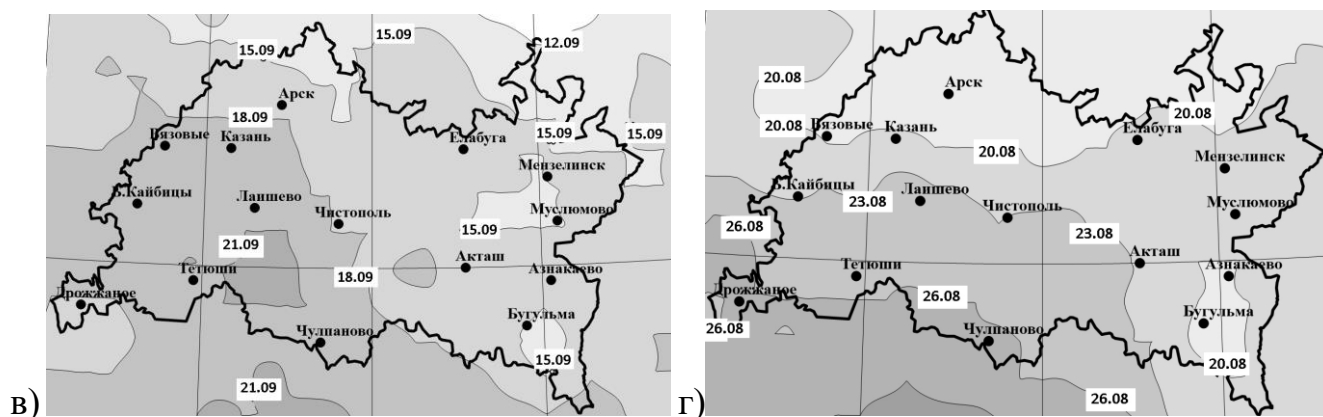
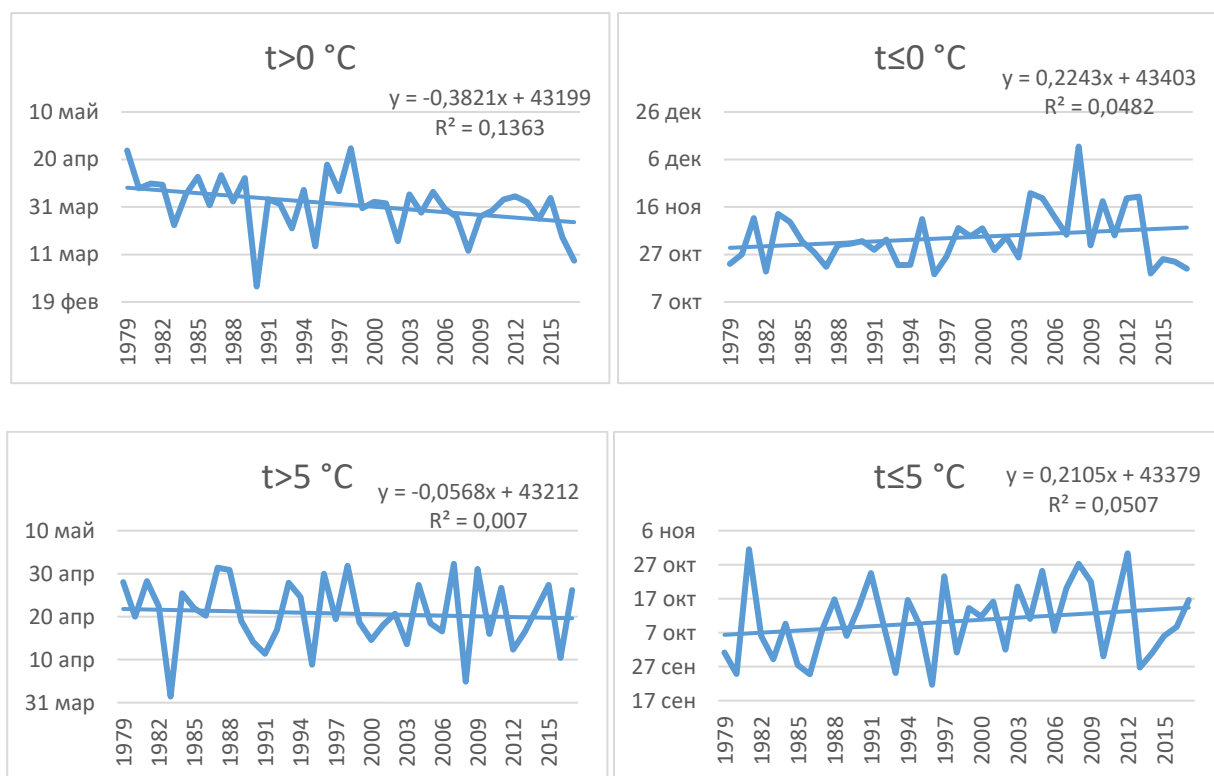


Рис. 3.2. Пространственное распределение дат переходов температуры воздуха осенью через: а) 0°C, б) 5°C, в) 10°C, г) 15°C

На рис. 3.3 представлена многолетняя динамика дат переходов осредненных по территории РТ ССТВ через различные пределы. Весной наблюдается слабовыраженная устойчивая тенденция смещения дат переходов ССТВ на более ранние сроки, осенью, напротив, хорошо выраженное смещение на более поздние сроки, что приводит к увеличению продолжительности периодов с различными пределами.



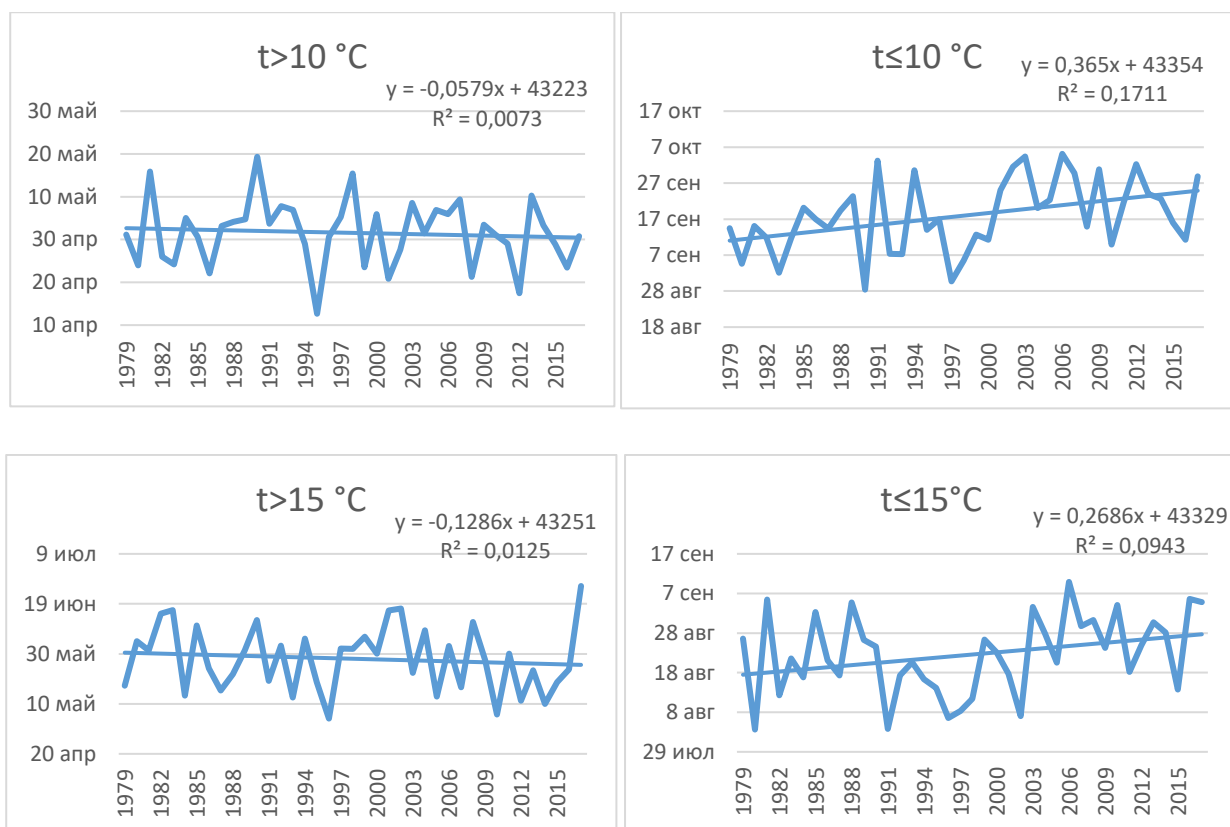
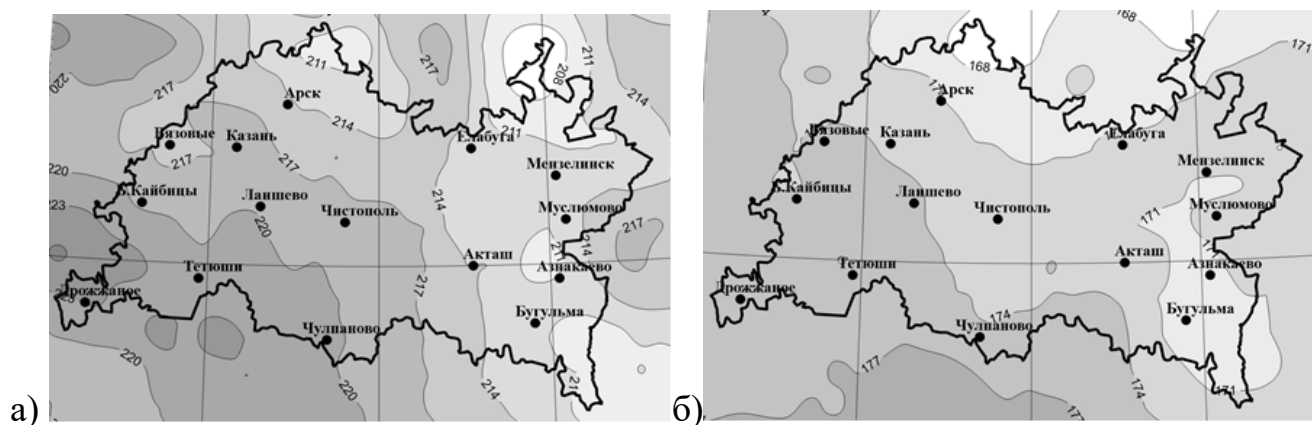


Рис. 3.3. Многолетняя динамика дат переходов температуры воздуха через 0, 5, 10 и 15 $^{\circ}\text{C}$ (1979-2017гг.)

Для сельского хозяйства важно не только констатация роста температур, необходимо еще изучать и продолжительность периодов со средними суточными температурами воздуха выше 0, 5, 10 и 15 $^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3.4 представлены карты продолжительности периодов (в сутках) со средними суточными температурами указанных пределов.



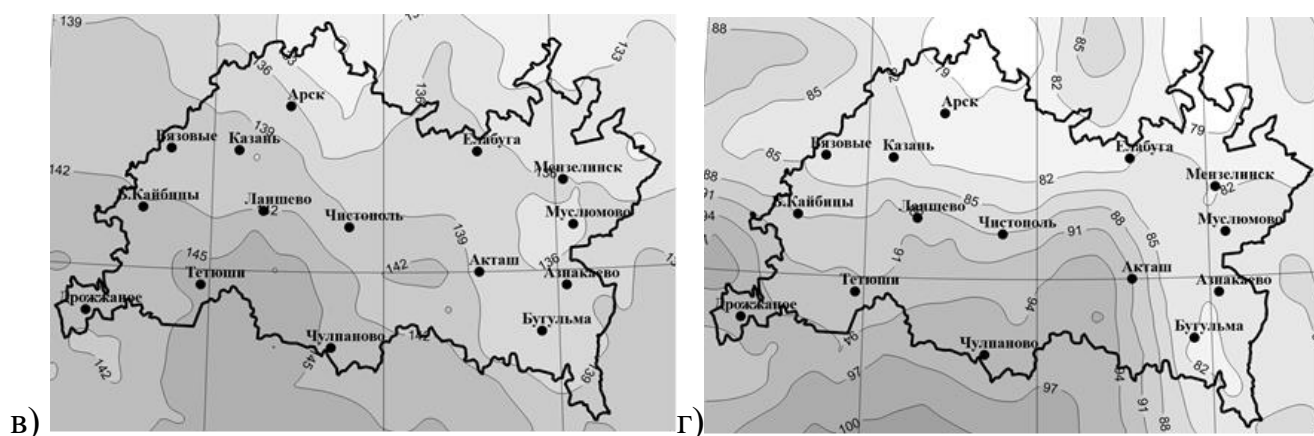


Рис. 3.4. Средняя многолетняя продолжительность периодов (сутки) со ССТВ указанных пределов: а) $t > 0$ °C, б) $t > 5$ °C, в) $t > 10$ °C, г) $t > 15$ °C

Как и следовало ожидать, на северо-востоке продолжительность каждого периода со средними суточными температурами указанных пределов ($t > 0$ °C, $t > 5$ °C, $t > 10$ °C, $t > 15$ °C) намного меньше, чем на юго-западе.

Таблица 3.2

Многолетняя средняя продолжительность периодов (сутки) со ССТВ определенных пределов

Пределы ССТВ, °C	Продолжительность периодов		
	средняя по РТ	минимальная	максимальная
>0	216	184	272
>5	174	149	206
>10	141	107	168
>15	89	53	120

Как видно из табл. 3.2, продолжительность теплого периода года ($t > 0$ °C), составляющая 216 суток, превышает продолжительность холодного периода года ($t \leq 0$ °C).

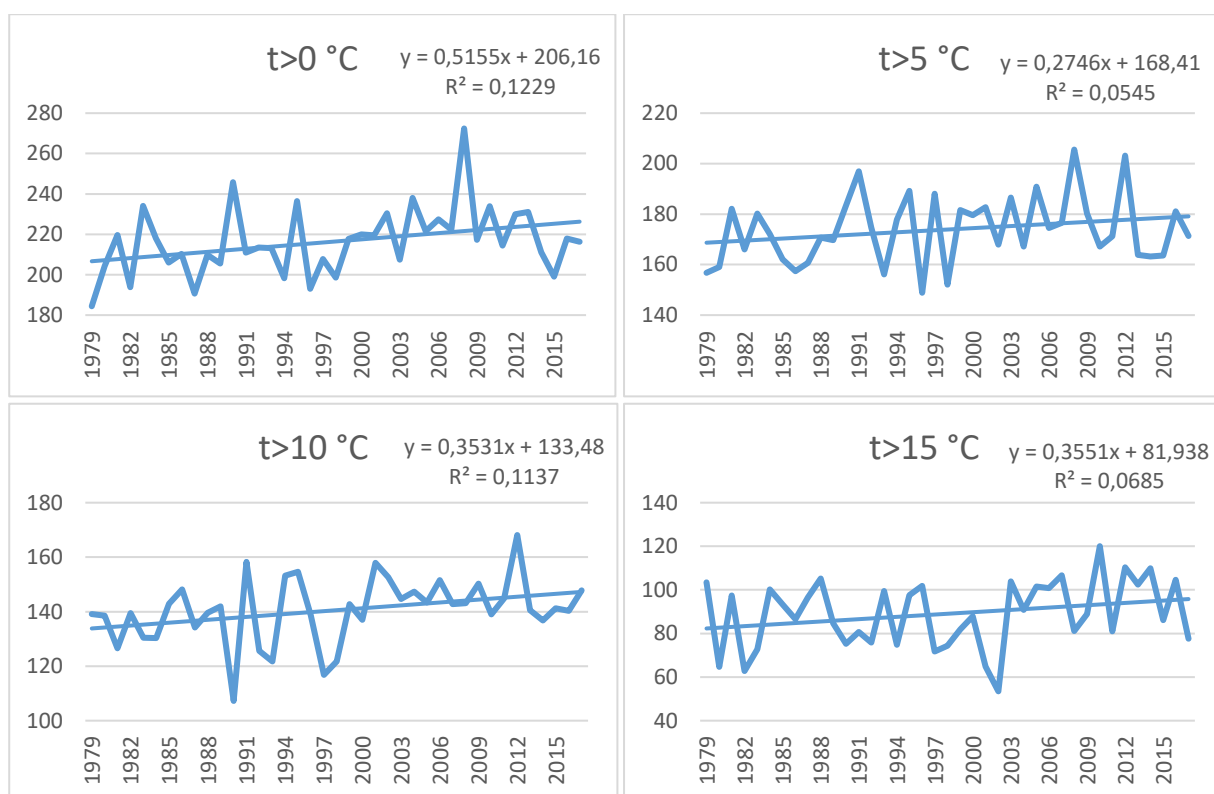


Рис. 3.5. Многолетняя динамика осредненных по территории продолжительности периодов (сутки) со ССТВ определенных пределов (1979-2017гг.)

Из рис.3.5 следует, что за 39 лет продолжительность теплого периода в РТ увеличилась в среднем на 20 суток, а холодного периода года – уменьшилась на то же значение, что говорит об увеличении теплообеспеченности и возможности корректировки посевных площадей и внесения новых сельскохозяйственных культур на территории РТ, т.е. появляется возможность выращивать более позднеспелые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур: кукурузу, подсолнечник и сахарную свеклу.

Увеличилась средняя продолжительность вегетационного периода на 10 дней, при этом разность между максимальным и минимальным значением составляет 57 дней.

Средняя продолжительность периода со ССТВ больше 10°C составляет 141 день, разница между максимальной и минимальной продолжительностью периода равна 61 дню.

Продолжительность периода с температурой выше 15°C является одним из главных параметров лета. Минимальная продолжительность данного периода составляет 53 дня, максимальная – 120 дней, многолетняя средняя – 89 дней.

На рис. 3.6 представлена межгодовая динамика средней суточной температуры воздуха в вегетационный период ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) и сумм активных температур за период 1979-2017 гг.

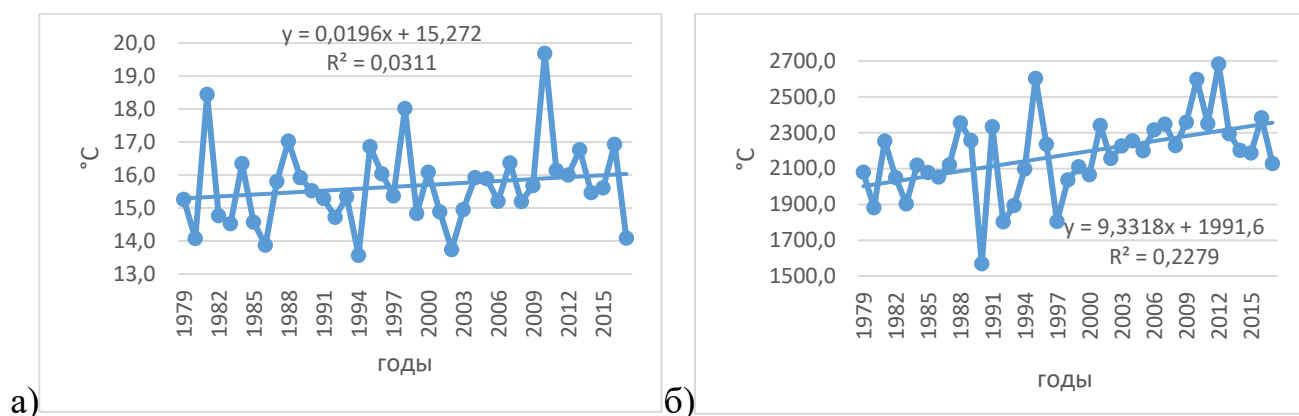


Рис. 3.6. Межгодовые изменения а) средней суточной температуры воздуха в вегетационный период ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) и б) сумм активных температур ($^{\circ}\text{C}$) (1979-2017 гг.)

В период 1979-2017 гг. отмечается положительный тренд средней суточной температуры воздуха в вегетационный период ($\geq 10^{\circ}\text{C}$), скорость повышения равна $0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет. Как известно, растения нуждаются в тепле, которое выражается суммой активных температур (суммой ССТВ больше 10°C). Средняя многолетняя сумма активных температур в РТ за период 1979-2017 гг. составляет $2183,5^{\circ}\text{C}$. СКО равно 223°C , коэффициент вариации – 10% (слабая вариация). Минимальное значение (1598°C) зафиксировано в 1990 г., максимальное (2684°C) – в 2012 г. В последние десятилетия сумма активных температур увеличивается – КНЛТ равен $93^{\circ}\text{C}/10$ лет за период 1979-2017 гг., что создает условия для повышения урожайности за счет внедрения позднеспелых зерновых культур. В прил. 5 представлена таблица средних суточных температур воздуха за периоды выше 0, 5, 10 и 15°C и суммы средних суточных температур за те же периоды за 1979-2017 гг.

3.3. Урожайность зерновых культур в Татарстане в период 1995-2017гг.

Одним из важных показателей сельскохозяйственной отрасли является урожайность. Урожайность является качественным и комплексным показателем, оказывающим влияние на эффективность и финансовое состояние агроотрасли региона. Урожайность определяется как количество продукции растениеводства с единицы площади и выражается в центнерах с гектара [Баранова и др., 1991; Зинченко, 1998; Образцов, 2001 и др.].

На количество и качество урожая оказывают существенное влияние естественные (природные) и производственно-технические факторы. Продуктивность земельных участков, расположенных в разных районах, различна. К природным факторам относятся состав почвы, рельеф, так же и климат. Из-за неблагоприятных климатических условий урожайность зерновых культур в России уступает странам ЕС и Японии [Полковская, 2014].

Исходным материалом для выполнения агроклиматических расчетов послужили данные реанализа Era-Interim за период 1995-2017 гг. и данные по урожайности зерновых культур по Республике Татарстан за период 1995-2017 гг., согласно которым средняя урожайность зерновых культур по Татарстану составляет 26,8 ц/га. Самый высокий урожай в республике собрали в 2001 году (40,2 ц/га). В 2010 году урожайность зерновых культур составила 10,4 ц/га, в 1998 году – 11,5 ц/га (табл.3.3).

Таблица 3.3

Распределение урожайности зерновых культур в РТ, ц / га

Фактическая урожайность в среднем за три последних года (2015-2017 гг.), ц / га	27,9
Фактическая урожайность в среднем за исследуемый период (1995-2017гг., 23 года), ц / га	26,8
Минимальная урожайность, ц / га	10,4 (2010 год)
Максимальная урожайность, ц / га	40,2 (2001 год)

На рис.3.7. приведен график динамики урожайности в РТ.

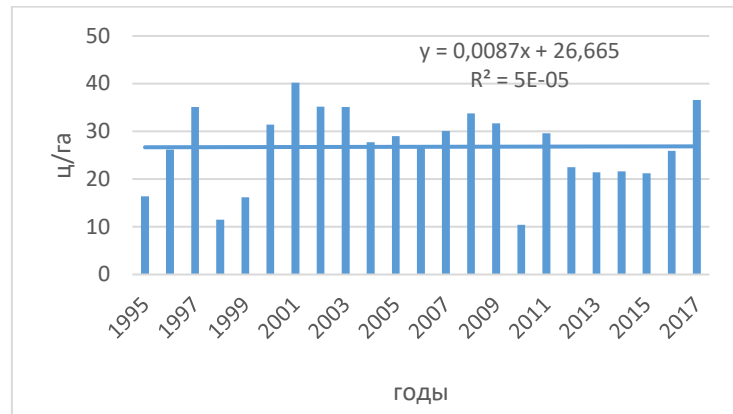


Рис. 3.7. Динамика урожайности зерновых культур в РТ (ц/га) (1995-2017гг.)

На основании уравнения линейного тренда, полученного для урожайности зерновых культур за 1995-2017 гг., можно предположить, что урожайность данных культур имеет слабо выраженную межгодовую изменчивость (0,087 ц/га/10 лет).

Для характеристики интенсивности развития урожайности зерновых культур во времени используем базисные и цепные показатели, которые получаем сравнением уровней между собой: абсолютный прирост, коэффициент роста, темп роста, темп прироста, абсолютное значение 1% прироста. Итоговый результат всех изменений в уровнях ряда от периода базисного уровня до конца рассматриваемого периода характеризуют базисные показатели, а цепные - интенсивность изменения уровня от одного периода к другому в пределах того промежутка времени, который исследуется.

Абсолютный прирост Δt показывает абсолютную величину увеличения (или уменьшения) уровня ряда y_t за определенный временной интервал и находится как разница уровней ряда [Чичасов, 2013]:

базисный прирост:

$$\Delta_t = y_t - y_0, \quad (3.3)$$

цепной прирост:

$$\Delta_t = y_t - y_{t-1}, \quad (3.4)$$

где y_t - уровень сравниваемого периода, y_{t-1} - уровень предыдущего сравниваемого периода, y_0 - уровень базисного периода.

Коэффициент роста находится отношением данного уровня к предыдущему или базисному, показывает относительную скорость изменения ряда. Коэффициент роста чаще называют темпом роста и выражают в процентах [Чичасов, 2013].

Темп роста k_t показывает, во сколько раз уровень y_t больше (меньше) сравниваемого уровня. Он находится по формуле:

базисный темп:

$$k_t = y_t / y_0, \quad (3.5)$$

цепной темп:

$$k_t = y_t / y_{t-1}. \quad (3.6)$$

Темп прироста T_t урожайности зерновых культур функционально связан с темпом роста и всегда выражается в процентах:

$$T_t = 100(k_t - 1). \quad (3.7)$$

Он показывает, на сколько процентов уровень y_t больше (меньше) от уровня, взятого для сравнения.

Для исследования временных рядов целесообразно привлекать еще один показатель динамики – абсолютное значение одного процента прироста (A_t), представляющий собой одну сотую часть базисного уровня, и также и отношение абсолютного прироста к соответствующему темпу роста [Чичасов, 2013]:

$$A_t = \frac{\Delta_t}{T_t}. \quad (3.8)$$

Результаты расчета базисных и цепных показателей динамики урожайности зерновых культур представлены в табл. 3.4 и 3.5. Базисным годом берется 1995 год, т.к. он является начальной точкой исследуемого периода.

Таблица 3.4

Базисные показатели динамики урожайности (1995-2017гг.)

Год	Урожайность, ц/га	Абсолютный прирост, ц/га	Темп роста, %	Темп прироста, %	Абсолютное содержание 1 % прироста, ц/га
1995	16,4				
1996	26,2	9,8	159,76	59,76	0,164
1997	35,1	18,7	214,02	114,02	0,164
1998	11,5	-4,9	70,12	-29,88	0,164
1999	16,2	-0,2	98,78	-1,22	0,164
2000	31,4	15	191,46	91,46	0,164
2001	40,2	23,8	245,12	145,12	0,164
2002	35,2	18,8	214,63	114,63	0,164
2003	35,1	18,7	214,02	114,02	0,164
2004	27,7	11,3	168,90	68,90	0,164
2005	29	12,6	176,83	76,83	0,164
2006	26,9	10,5	164,02	64,02	0,164
2007	30,1	13,7	183,54	83,54	0,164
2008	33,8	17,4	206,10	106,10	0,164
2009	31,7	15,3	193,29	93,29	0,164
2010	10,4	-6	63,41	-36,59	0,164
2011	29,6	13,2	180,49	80,49	0,164
2012	22,5	6,1	137,20	37,20	0,164
2013	21,4	5	130,49	30,49	0,164
2014	21,6	5,2	131,71	31,71	0,164
2015	21,2	4,8	129,27	29,27	0,164
2016	25,9	9,5	157,93	57,93	0,164
2017	36,6	20,2	223,17	123,17	0,164

По базисным показателям за весь анализируемый период урожайность зерновых культур увеличилась на 20,2 ц/га или на 123,17 %. По сравнению с 1995г. в каждый последующий год (за исключением 1998, 1999, 2010 гг.) урожайность зерновых культур была выше (рис.3.8).

Таблица 3.5

Цепные показатели динамики урожайности (1995-2017гг.)

Год	Урожайность, ц/га	Абсолютный прирост, ц/га	Темп роста, %	Темп прироста, %	Абсолютное содержание 1% прироста, ц/га
1995	16,4				
1996	26,2	9,8	159,76	59,76	0,164
1997	35,1	8,9	133,97	33,97	0,262
1998	11,5	-23,6	32,76	-67,24	0,351
1999	16,2	4,7	140,87	40,87	0,115
2000	31,4	15,2	193,83	93,83	0,162
2001	40,2	8,8	128,03	28,03	0,314
2002	35,2	-5	87,56	-12,44	0,402
2003	35,1	-0,1	99,72	-0,28	0,352
2004	27,7	-7,4	78,92	-21,08	0,351
2005	29	1,3	104,69	4,69	0,277
2006	26,9	-2,1	92,76	-7,24	0,29
2007	30,1	3,2	111,90	11,90	0,269
2008	33,8	3,7	112,29	12,29	0,301
2009	31,7	-2,1	93,79	-6,21	0,338
2010	10,4	-21,3	32,81	-67,19	0,317
2011	29,6	19,2	284,62	184,62	0,104
2012	22,5	-7,1	76,01	-23,99	0,296
2013	21,4	-1,1	95,11	-4,89	0,225
2014	21,6	0,2	100,93	0,93	0,214
2015	21,2	-0,4	98,15	-1,85	0,216
2016	25,9	4,7	122,17	22,17	0,212
2017	36,6	10,7	141,31	41,31	0,259

Результаты расчетов цепного прироста показывают непостоянную динамику урожайности зерновых культур в РТ, т.е. за период 1995-2017 гг. урожайность то уменьшалась, то увеличивалась по сравнению с предыдущим годом (рис.3.9). Сделать однозначный вывод о наличии тенденции на основе исходных данных не представляется возможным.

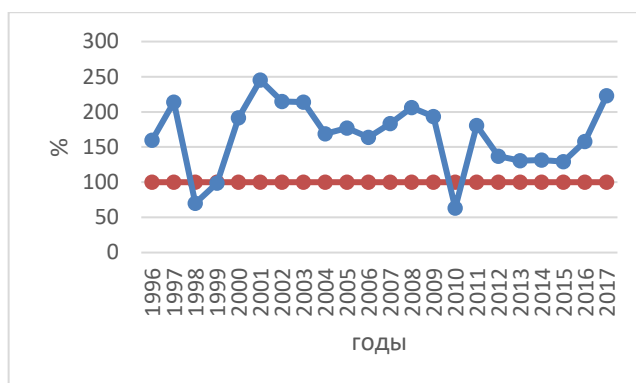


Рис. 3.8. Динамика темпов роста (%) урожайности зерновых культур (базисные показатели динамики) (1995-2017гг.)

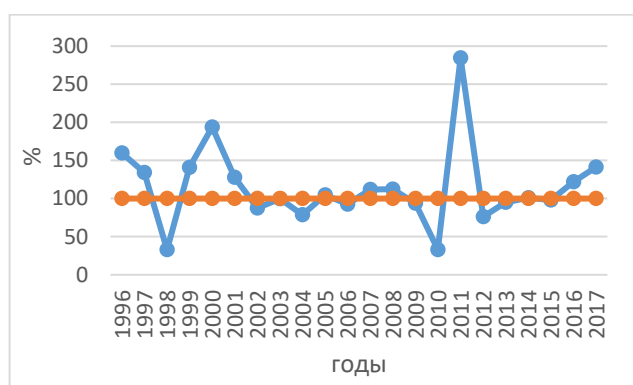


Рис. 3.9. Динамика темпов роста (%) урожайности зерновых культур (цепные показатели динамики) (1995-2017гг.)

Абсолютный прирост по базисному способу имел максимальное увеличение в 2001 г. (23,8 ц/га), когда увеличение валового сбора составило 145,12 %. Абсолютный прирост по цепному способу показывает, что максимальное увеличение было в 2011 г. по сравнению с предыдущим годом на 19,2 ц/га, т.е. увеличение валового сбора достигло 184,62 %.

Темп роста, рассчитанный базисным методом, свидетельствует о том, что в 2001 г. валовый сбор зерновых культур в Республике Татарстан составил 245,12 %, а в 2010 г. 63,41 %. Темп роста по цепному способу характеризует, что наивысший валовый сбор был в 2011 г. 284,62 %. и наименьший процент в 1998 г. 32,76%.

Положительная или отрицательная динамика урожайности зерновых культур зависит не только от почвенно-климатических условий, но и от внедрения в практику достижений науки и техники.

По методике В.М. Пасова можно найти климатическую составляющую изменчивости урожаев [Пасов, 1986]:

$$C_m = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_{\Delta i} - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (3.9)$$

где C_m – климатическая составляющая изменчивости урожаев; $\bar{y}$ – средняя многолетняя урожайность; y_i – урожайность конкретного года; $y_{\Delta i}$ – урожайность по тренду в конкретном году; n – продолжительность временного ряда урожайности.

Средняя квадратическая ошибка C_m вычисляется по формуле:

$$\partial C_m = \frac{C_m \sqrt{1 + C_m^2}}{\sqrt{2(n-1)}}. \quad (3.10)$$

По величине коэффициента вариации в работе [Пасов, 1986] выделены следующие градации изменчивости урожайности зерновых культур:

- менее 0,20 – наиболее устойчивые урожаи;
- 0,21 – 0,30 – умеренно устойчивые урожаи;
- 0,31 – 0,40 – неустойчивые урожаи;
- более 0,40 – наиболее неустойчивые урожаи.

По результатам расчетов можно сказать, что в Республике Татарстан умеренно устойчивые урожаи (климатическая составляющая изменчивости урожаев равна 0,23, СКО составляет 0,04).

Были рассчитаны метеорологические составляющие урожайности Δy_i в отклонениях от тренда:

$$\Delta y_i = \frac{y_i - y_{\Delta i}}{y_{\Delta i}} * 100\%, \quad (3.11)$$

где y_i – урожайность конкретного года; $y_{\Delta i}$ – динамическая урожайность.

Урожайность по тренду $y_{\bar{t}}$ характеризует уровень агротехники, Δy_i указывает на ту часть изменчивости урожайности, связанную с особенностями агрометеорологических условий вегетационных периодов [Ермакова, 2005].

В табл. 3.6 представлена метеорологическая составляющая урожайности зерновых культур в РТ.

Таблица 3.6

Метеорологическая составляющая (%) урожайности зерновых культур в РТ

годы	Δy_i	годы	Δy_i	годы	Δy_i
1995	-18,9	2003	8,3	2011	23,0
1996	22,7	2004	-15,0	2012	-3,4
1997	52,3	2005	-10,0	2013	-8,5
1998	-54,0	2006	-14,4	2014	-12,5
1999	-40,1	2007	-0,3	2015	-23,1
2000	8,6	2008	17,9	2016	-20,2
2001	31,8	2009	17,4	2017	-8,1
2002	11,1	2010	-59,0		

В годы с урожайностью больше 30,2ц/га метеорологическая составляющая была положительной, ниже 30,2 ц/га – отрицательной. Следует отметить, что в годы с минимальной урожайностью (1998, 1999, 2010 гг.) показатель Δy_i ниже -40,0%, что говорит о плохих агрометеорологических и агротехнических условиях вегетационного периода. В годы с максимальной урожайностью (1997, 2001, 2011гг., кроме 2017г.) метеорологическая составляющая больше 23,0%.

3.4. Оценка влияния ресурсов тепла и влаги на урожайность

Для оценки влияния ресурсов тепла и влаги на урожайность зерновых культур в РТ, данные характеристики подверглись статистической обработке. Были рассчитаны средние значения, СКО, среднемесячная температура за апрель-июнь, сумма осадков за год, сумма осадков за апрель-июнь, индекс Педя, ГТК Селянинова, которые представлены в табл. 3.7.

Значение средней температуры воздуха за апрель-июнь 1995-2017 гг. составляет 11,4°C, в 2017 году зафиксирована самая низкая средняя температура (9,0°C), а в 1995 году - самая высокая (14,6°C). Разброс температур больше 5°C, среднеквадратическое отклонение равно 1,4°C.

Среднегодовое количество атмосферных осадков в период 1995-2017 гг. на территории Республики Татарстан составляет 588 мм, с апреля по июнь выпадает 144 мм. Максимум осадков выпало в 1999 г. (706,5 мм), минимум – в 2010 г. (425,7 мм), а за период апрель – июнь максимум наблюдался в 1997 г. (246,7 мм), минимум – также в 2010г. (36,8 мм).

Таблица 3.7

Основные параметры температурно-влажностного режима Республики Татарстан за 1995-2017 гг.

год	осадки (мм)		сред. темп. за апрель - июнь °С	индекс Педя		ГТК
	за год	апр-июнь		май	июнь	
1995	578,7	95,4	14,6	1,4	2,1	0,75
1996	429,2	143,1	10,6	1,2	-0,8	0,95
1997	694,0	246,7	11,2	-2,4	-0,4	1,43
1998	613,8	110,6	10,7	1,0	2,8	0,86
1999	706,5	166,0	10,2	-4,5	0,5	1,43
2000	627,5	185,7	10,9	-2,6	-1,1	1,34
2001	668,4	165,6	11,4	-2,1	-1,2	1,19
2002	627,2	144,2	9,2	-2,3	-1,2	1,11

Продолжение табл.3.7						
2003	542,7	186,0	10,0	-0,2	-3,9	1,42
2004	639,2	177,3	10,2	-0,4	-0,9	1,29
2005	546,7	163,2	11,9	1,7	-1,8	1,36
2006	683,8	169,2	12,2	-0,7	1,2	1,48
2007	649,5	172,3	11,1	0,4	-1,0	1,37
2008	585,0	121,9	11,4	-0,8	-0,6	1,14
2009	444,9	95,2	11,3	0,9	1,8	0,91
2010	425,7	36,8	13,7	2,7	3,6	0,31
2011	601,2	169,5	11,0	0,7	-1,5	1,15
2012	528,8	106,7	14,0	1,5	1,4	0,81
2013	630,5	100,4	12,4	1,2	1,7	1,17
2014	547,1	123,6	11,2	2,7	-1,0	1,01
2015	610,4	130,7	12,5	1,1	2,1	1,06
2016	546,4	126,5	12,4	0,9	0,4	0,77
2017	599,3	175,1	9,0	-1,1	-2,3	1,24
среднее	588,1	144,0	11,4	0,0	0,0	1,1
СКО	78,8	43,5	1,4	1,8	1,8	0,3

Динамика температуры воздуха и атмосферных осадков за апрель-июнь, т.е. за первую половину вегетационного периода, представлены на рис.3.10, 3.11.

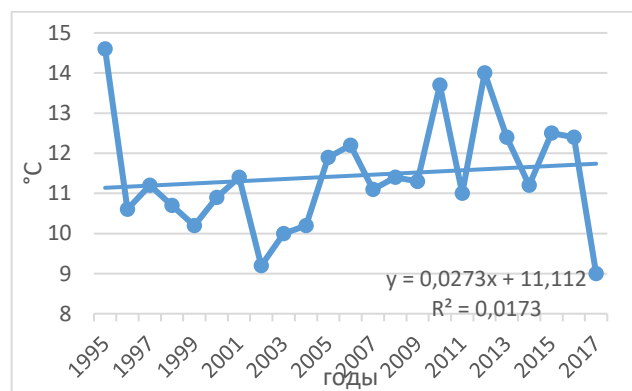


Рис. 3.10. Временная изменчивость температуры воздуха (°C) за апрель-июнь (1995-2017гг.)

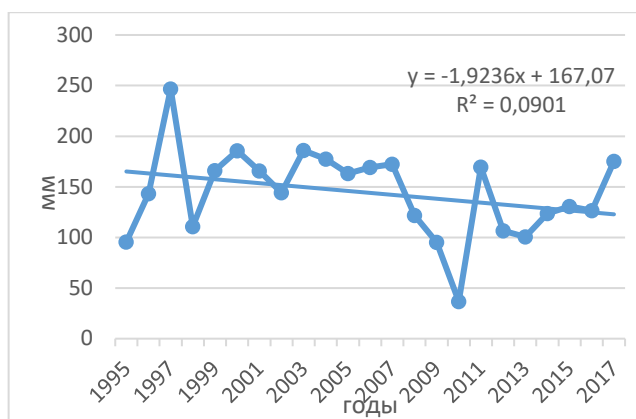


Рис. 3.11. Временная изменчивость количества атмосферных осадков (мм) за апрель-июнь (1995-2017гг.)

Исходя из графиков, первая половина вегетационного периода характеризуется тенденцией повышения температуры воздуха и уменьшения количества атмосферных осадков, что может приводить к сокращению урожайности сельскохозяйственных культур.

Линейное уравнение, описывающее многолетнюю тенденцию изменения температуры воздуха по данным 1995–2017 гг., имеет вид $T = 0,0271\tau + 11,116$. В этом уравнении τ – номер года (1995год=1, 1996 год=2 и т.д.). Каждые 10 лет температура воздуха в Республике Татарстан повышается на $0,27^{\circ}\text{C}$.

Многолетняя изменчивость атмосферных осадков описывается уравнением тренда $P = -1,9228\tau + 167,16$, т.е. количество атмосферных осадков за исследуемый период уменьшалось со скоростью 19,2 мм/ 10 лет.

Корреляционная связь между урожайностью зерновых культур и годовой суммой осадков оказалась незначимой, коэффициент корреляции равен 0,22. Коэффициент корреляции урожайности с осадками за I половину вегетационного периода (апрель –июнь) равен 0,64 (за II половину равен 0,01); с температурой за тот же период – -0,53, то есть наибольшую роль в формировании урожая играет увлажненность в первую половину вегетационного периода. Если вегетационный период начинается высокими температурами, т.е., недостатком атмосферных осадков, урожайность снижается, о чем свидетельствует отрицательный коэффициент корреляции.

Статистически значимыми коэффициентами корреляции (при $p=0,95$), согласно t-критерию Стьюдента, считаются $|r| \geq 0,42$.

На рис. 3.12 представлена зависимость урожайности зерновых культур от атмосферных осадков (апрель-июнь). Связь урожайности зерновых культур с атмосферными осадками (апрель-июнь) описывается уравнением: $y = 0,1196x + 9,5537$. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,41$ показывает, что влияние осадков на урожайность составляет 41 %, а 59% – следствие других факторов. Из анализа уравнения связи следует вывод, что имеется прямая зависимость урожайности зерновых культур от атмосферных осадков за апрель- июнь.

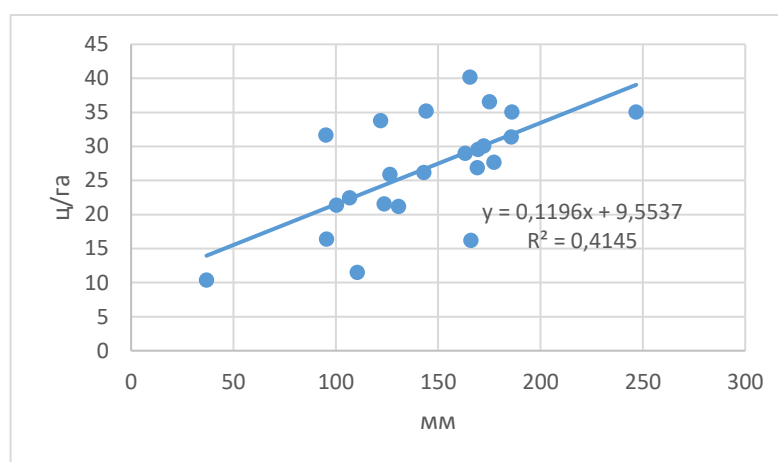


Рис. 3.12. Зависимость урожайности зерновых культур от атмосферных осадков (апрель-июнь)

На фоне текущих изменений климата повсеместно отмечается увеличение числа аномальных погодных явлений, в первую очередь, засух, которые наносят огромный ущерб сельскому хозяйству.

Для выявления более общей зависимости от температуры воздуха и атмосферных осадков, рассчитывались комплексный индекс засушливости Педя и его коэффициенты корреляции с урожайностью. Выявился отрицательный характер связи индекса Педя с урожайностью зерновых культур, что означает, что урожайность была низкая в засушливые годы. Следует отметить, тесная связь обнаружилась только с маем (-0,46) и июнем (-0,77) (с июлем -0,22, с августом -0,03, с сентябрем -0,13), когда у зерновых сельскохозяйственных культур

интенсивно развивается корневая система, они накапливают вегетативную массу, а также в это время происходит колошение.

Сильное избыточное увлажнение было в мае 1999 года, индекс Педя оказался равным -4,5, урожайность данного года составила 16,2 ц/га. Месяц май 2000-2002 гг., согласно рассчитанным индексам Педя, был избыточно увлажненным (-2,6; -2,1; -2,3 соответственно), а июнь (-1,1; -1,2; -1,2 соответственно) – близким к норме. Поэтому в 2000-2002 годах наблюдается самая высокая урожайность зерновых культур в Республике Татарстан.

В пределах нормы были индексы засушливости мая и июня 1997, 2008, 2009 гг., когда также наблюдалась высокая урожайность. В 2010 году, когда наблюдалась экстремальная засуха, индекс Педя был выше 2: в мае 2,7, а в июне 3,6, поэтому урожайность данного года самая низкая.

На рис. 3.13 представлены межгодовые изменения индекса Педя за май в период 1995-2017 гг.

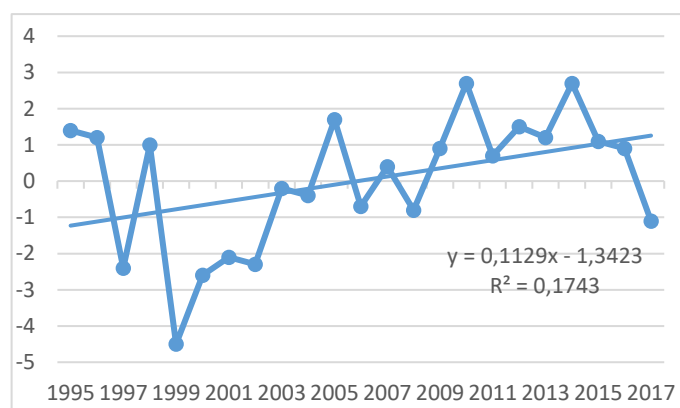


Рис. 3.13. Межгодовые изменения индекса Педя за май (1995-2017 гг.)

Как видно из рис.3.13, КНЛТ индекса Педя на территории РТ положительный, что говорит о наметившейся тенденции к увеличению засушливых условий и снижении увлажненности, что также необходимо учитывать в агрофере.

Гидротермический коэффициент Селянинова является условным показателем увлажненности, которой определяется продуктивность растений в условиях неиспользования оросительных систем при наличии других факторов роста.

Как известно, в 2010 году по классификации ГТК Селянинова наблюдалась очень сильная засуха, что привело к гибели значительной части урожая. Недостаточно влажными по ГТК Селянинова были 5 лет исследуемого периода 1995-2017гг. В 4-х случаях, кроме 2009 года, урожайность была низкая. В остальные годы ГТК Селянинова варьируется в пределах от 1,11 до 1,48, что свидетельствует о достаточной увлажненности.

В [Зоидзе и др., 2006] предложена шкала классификации уровней влагообеспеченности по значениям ГТК. Эта шкала приведена в табл. 3.8 с распределением в ней повторяемости ГТК в РТ в период 1995-2017гг.

Согласно табл. 3.8, достаточная влагообеспеченность из 23-летнего периода наблюдалась 10 раз (43,5%). Засушливые условия с низким и исключительно низким характером влагообеспеченности формировались 2 раза: это 1995 (ГТК=0,75) и 2010 гг. (ГТК=0,31).

Таблица 3.8

Повторяемость ГТК Селянинова (%) в период 1995-2017 гг., согласно классификации авторов [Зоидзе и др., 2006]

ГТК	Характер влагообеспеченности	Количество лет	%
>1,5	Избыточная	0	-
1,5-1,41	Повышенная	4	17,4
1,40-1,11	Достаточная (оптимальная)	10	43,5
1,10-0,76	Недостаточная	7	30,5
0,75-0,61	Низкая (слабая засуха)	1	4,3
0,60-0,41	Очень низкая (средняя засуха)	0	-
0,40-0,21	Исключительно низкая (сильная засуха)	1	4,3
<0,20	Катастрофически низкая (очень сильная засуха)	0	-

Для первой части вегетационного периода (апрель-июнь) были произведены расчеты корреляции между ГТК и температурой воздуха, и осадками. Выяснилось, что связь гидротермического коэффициента с осадками более тесная (коэффициент корреляции составил 0,86), чем с температурой воздуха (-0,57).

Межгодовые изменения ГТК Селянинова представлены на рис. 3.14, откуда видно, что тренд отрицательный и равен -0,087/ 10 лет.

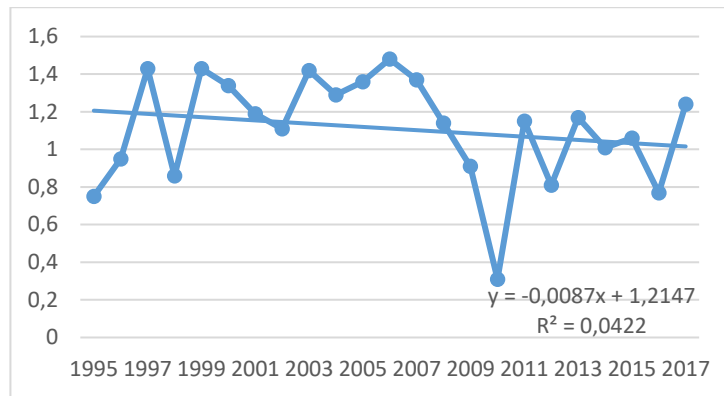


Рис. 3.14. Межгодовые изменения ГТК Селянинова (1995-2017гг.)

На рис. 3.15 представлено распределение ГТК по территории РТ: значения ГТК убывают с севера на юг – от 1,40 до 1,05.



Рис. 3.15. Распределение ГТК по РТ

Анализ показывает, что урожайность значительно подвержена колебаниям вследствие неблагоприятных климатических условий.

Очевидно, что неблагоприятные явления погоды в виде засухи, наносят огромный ущерб экономике сельского хозяйства. В связи с этим является актуальной оценка риска нанесения экономического ущерба от засух. В работе [Павлова и др., 2017] рассматривается оценка климатических потерь урожая в региональных системах земледелия, где климатический риск крупных неурожаев определяется как функция повторяемости засух и уязвимости сельскохозяйственного производства на конкретной территории. Уязвимость

территории определяется соотношением биоклиматического потенциала и средней урожайности сельскохозяйственной культуры.

В настоящей работе климатический риск определяем методом, предложенным ранее в работе [Павлова и др., 2017], как функция повторяемости засух и уязвимости сельскохозяйственного производства на конкретной территории:

$$R = P * V, \quad (3.12)$$

где P – вероятность опасного гидрометеорологического явления, %; V – уязвимость сельскохозяйственного производства на конкретной территории, б/р (безразмерная).

Дефицит агроклиматических ресурсов обуславливает уровень уязвимости территории (V) при возделывании сельскохозяйственных культур, который может быть оценен следующим образом [Павлова и др., 2017]:

$$V = 1 - \frac{Y}{BCP}, \quad (3.13)$$

где BCP – биоклиматический потенциал территории, ц/га; Y – средняя урожайность зерновой культуры за рассматриваемый период, ц/га.

Биоклиматический потенциал (BCP) территории рассчитывается с помощью имитационной системы Климат-Почва-Урожай. Согласно [Долгий-Трач и др., 2015], для Республики Татарстан BCP равен 55ц/га

Таблица 3.9

**Климатический риск недобора урожая зерновых культур в РТ
за 1995-2017 гг.**

Средняя урожайность, Y , ц/га	Биоклиматический потенциал BCP , ц/га	Повторяемость засух P , %	Уязвимость V , б/р	Климатический риск, R , %
26,8	55	8,7	0,51	4,4

Анализ данных показывает, что в Республике Татарстан климатический риск составляет 4,4% с повторяемостью засух 8,7% и уязвимостью 0,51.

Таким образом, для эффективного производства сельскохозяйственных культур необходимо управлять рисками и результативность управления ими может быть оценена через урожайность. Как известно, при достаточном уровне тепло- и влагообеспеченности растений и почвенного плодородия может достигаться максимальное количество урожая, т.е. регулирование тепло- и влагообеспеченности позволит управлять климатическими рисками при возделывании зерновых культур.

Для выявления сходства (географического распределения изолиний, градиентов) урожайности с различными метеопараметрами использовался критерий аналогичности ρ , который находится по следующей формуле:

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{N}, \quad (3.14)$$

где n_+ - число случаев совпадения и n_- - несовпадения знаков аномалий, N – число лет. Результаты представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10

Значения показателя подобия аномалий урожайности и метеопараметров

урожайность	Температура воздуха (IV-VI)	-0,30
	осадки (год)	0,30
	осадки (IV-VI)	0,74
	ГТК	0,74
	индекс Педа (V)	-0,57
	индекс Педа (VI)	-0,65

Как видно из табл. 3.10, аномалии урожайности зерновых культур имеют высокий уровень сходства с аномалиями осадков за апрель-июнь и ГТК ($\rho=0,74$). Между собой слабо связаны аномалии урожайности и температуры воздуха за апрель-июнь, а также урожайности и осадков за год. Высокая отрицательная связь наблюдается между аномалиями урожайности и индексом Педа.

На урожайность озимых культур оказывают большое влияние как условия вегетационного, так и зимнего периодов. Озимые культуры повреждаются опасными явлениями и прежде всего низкими температурами. Степень повреждения у разных культур разная и это объясняется зимостойкостью и состоянием растений, сильно изменяющейся в течение зимы и от года к году.

В работе зимние условия рассматривались как один из факторов перезимовки озимых культур. Для этого аномальность зим оценивалась по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta t_i}{\sigma_i} + \frac{\Delta t_j}{\sigma_j} \right), \quad (3.15)$$

где α — интегральная оценка степени аномальности зимней (январь, февраль) температуры воздуха; N — число метеостанций (число узлов по реанализу); $\frac{\Delta t_i}{\sigma_i}, \frac{\Delta t_j}{\sigma_j}$ — нормированные аномалии температуры воздуха за январь и февраль соответственно [Мещерская и др., 2015].

В выше указанной работе определены условные граничные значения индекса α , согласно которой для Республики Татарстан экстремально холодные зимы наблюдаются при значениях индекса $\alpha < -0,9$; экстремально теплые зимы — при значениях индекса $\alpha > 1,0$.

В табл. 3.11 приведен каталог аномальности зим для периода 1966-2016 гг.

Таблица 3.11

Каталог аномальности зим для периода 1966-2016 гг.

год	α	год	α	год	α	год	α	год	α	год	α
1966	-0,35	1975	0,38	1984	-0,08	1993	0,38	2002	1,64	2011	-1,04
1967	-1,05	1976	-0,95	1985	-0,29	1994	-0,35	2003	0,01	2012	-0,49
1968	-0,71	1977	-0,84	1986	-0,55	1995	1,06	2004	0,52	2013	0,42
1969	-2,27	1978	0,31	1987	-0,53	1996	-0,73	2005	0,15	2014	-0,08
1970	-0,12	1979	-0,46	1988	-0,11	1997	-0,18	2006	-0,99	2015	0,74
1971	0,15	1980	-0,30	1989	0,72	1998	-0,29	2007	0,64	2016	1,01
1972	-1,25	1981	0,82	1990	1,04	1999	0,98	2008	0,54		
1973	-0,05	1982	-0,36	1991	0,29	2000	1,20	2009	0,36		
1974	-0,18	1983	1,14	1992	0,38	2001	0,93	2010	-1,08		

Экстремально холодными были зимы 1967, 1969, 1972, 1976, 2006, 2010 и 2011 гг. Самой теплой за рассматриваемый период оказалась зима 2002 года ($\alpha=1,64$), затем идет 2000-го (1,20), 1983-го (1,14), 1995-го (1,06), 1990-го (1,04) и 2016-го (1,01).

Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых культур и аномальностью зим равен 0,27, т.е. связь между ними незначимая.

По итогам главы 3 можно сформулировать следующие выводы:

1. Установлено, что весной наблюдается слабовыраженная устойчивая тенденция смещения дат переходов через 0, 5, 10 и 15 °C на более ранние сроки, осенью, напротив, хорошо выраженное смещение на более поздние сроки. Продолжительность каждого периода ($t>0$ °C, $t>5$ °C, $t>10$ °C, $t>15$ °C) увеличивается, что говорит об увеличении теплообеспеченности и возможности корректировки посевных площадей и внесения новых сельскохозяйственных культур на территории РТ.
2. Расчет климатической составляющей изменчивости урожаев зерновых культур показал, что в Республике Татарстан умеренно устойчивые урожаи. Метеорологическая составляющая урожайности не превышает 52,3%.
3. Выяснено, что наибольшая роль в формировании урожая принадлежит увлажненности в первую половину вегетационного периода. Положительные тренды изменения температуры воздуха и отрицательные тренды количества атмосферных осадков апреля-июня свидетельствуют об ухудшении условий возделывания в РТ зерновых культур.
4. Составлен каталог аномальности зим для периода 1966-2016 гг. Экстремально холодной была зима 1969 года, самой теплой – зима 2002 года. Корреляционная связь между урожайностью зерновых культур и аномальностью зим незначимая.

ГЛАВА IV. БИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМФОРТНОСТИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

4.1. Методы оценки биоклиматических ресурсов

Метеорологическая обстановка является важным фактором окружающей среды, во многом определяющим проживание, образ жизни и состояние здоровья человека.

Известно, что климатические, метеорологические и гелиогеофизические факторы оказывают постоянное воздействие на человека. К ним относятся как экстремальные колебания погодных условий, так и обычные сезонные и межсуточные колебания метеорологических факторов. На воздействие данных факторов человеческий организм реагирует индивидуально, и эта реакция может меняться в широких пределах: от адекватных физиологических до метеопатических реакций, которые выражаются ухудшением общего самочувствия и настроения, снижением работоспособности, обострением хронических заболеваний, нарушением привычных биологических ритмов и т. д. [Оборин и др., 2014 и др.].

Важнейшей задачей биометеорологии является изучение закономерностей влияния погоды на здоровье человека, факторов, определяющих тепловое состояние человека, которые могут оказаться благоприятными и неблагоприятными (переохлаждение, обморожение, тепловые удары и др.).

Усиленная солнечная радиация или контрастное изменение погоды циклонического и антициклонического типа вызывают сезонное обострение заболеваний. Поэтому необходимо учитывать изменчивость метеорологических условий и своевременно проводить профилактическое лечение [Пиловец и др., 2006].

Исследователями разных стран получены различные биометеорологические индексы (параметры), которые характеризуют погодные условия с медико-

метеорологической точки зрения. Разнообразие этих индексов свидетельствует о сложности их разработки.

Авторы работ [Бокша и др., 1980; Хайруллин, 2005; Переведенцев и др., 2009, 2011, 2013; Исаева, 2010; и др.] уделяют большое внимание взаимодействию человека и климатических условий как одному из наиболее востребованных направлений климатологии, экологии, медицинской географии.

В данной работе рассматривались следующие показатели: эффективная температура (ЭТ), эффективная температура по методам расчета Стедмана (ЕТс), эквивалентно-эффективная температура по методам расчета А. Миссенарда (ЕТм), эквивалентно-эффективная температура, предложенная Б. А. Айзенштадом (ЕТа), индекс патогенности. В качестве температурно-ветровых были выбраны индекс суровости погоды Бодмана, который хорошо отображает совместное действие скорости ветра и низких отрицательных температур, и индекс ветрового охлаждения Сайпла-Пассела, так как он является наиболее показательным с точки зрения физиологии человека.

Индексы рассчитывались по данным реанализа Era-Interim с пространственным разрешением $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ за период 1979-2017 гг.

Эффективная температура является характеристикой, с помощью которой оценивают комфортность – дискомфортность среды в теплый и в холодный периоды года. Температура неподвижного воздуха, насыщенного водяным паром, производит такое же ощущение комфорта, что и весь комплекс метеорологических элементов в среде, для которой находится эффективная температура [Исаев, 2003].

Эффективная температура находится следующим образом:

$$ЭТ = T - 0,4(T - 10)(1 - f/100), \quad (4.1)$$

где f – относительная влажность воздуха, %; T – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$

В зависимости от сезона года категории тепловых нагрузок оцениваются следующим образом [Исаев, 2003]:

Таблица 4.1

Теплоощущения человека в зависимости от значений ЭТ (°С)

диапазон	теплоощущение	нагрузка
более 30	очень жарко	сильная
24-30	жарко	умеренная
18-24	тепло	комфортно
12-18	умеренно тепло	комфортно
6-12	умеренно	
0-6	прохладно	
0 – -12	холодно	умеренная
-12 – -24	очень холодно	сильная угроза обмороживания
-24 – -30	крайне холодно	очень сильная угроза обмороживания
ниже -30	крайне холодно	чрезвычайно высокая вероятность замерзания

Эффективная температура Стедмана. Эта модель эффективной температуры объединяет как физиологические факторы тела и кожного покрова, так и физические особенности одежды и метеорологические факторы окружающей среды. От физических особенностей человека зависит сопротивляемость организма окружающей среде. Поэтому модель разработана для взрослого человека средней комплекции, одетого по погоде, идущего в тени со скоростью 4,8 км/ч [Steadman, 1979; Рук-во по спец.обсл., 2008].

Расчеты индекса Стедмана производятся по формуле:

$$ET_c = 2,719 + 0,994T + 0,016(T_d)^2, \quad (4.2)$$

где T – температура воздуха, °С; T_d – температура точки росы, °С.

Риск термической опасности по значениям ET_c рассчитывается следующим образом: <18 – минимальная опасность, 18 – 22 – средняя, 23 – 28 – высокая, >28 – экстремальная [Рук-во по спец.обсл., 2008].

Эквивалентно-эффективная температура по А. Миссенарду (ЭЭТ) представляет собой сочетание метеорологических величин (температуры воздуха, относительной влажности воздуха и скорости ветра), производящее такой же тепловой эффект на состояние человека, что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуре воздуха. ЭЭТ Миссенарда

характеризует теплоощущения раздетого по пояс человека [Исаев, 2003; Рук-во по спец.обсл., 2008].

Расчеты ЭЭТ производятся по формуле:

$$ET = 37 - \frac{37-T}{0,68-0,0014f+\frac{1}{1,76+1,4v^{0,75}}} - 0,29T(1 - \frac{f}{100}), \quad (4.3)$$

где T – температура воздуха, °С; f – относительная влажность воздуха, %; v – скорость ветра на уровне 1,5м, м/с.

Таблица 4.2

Биоклиматическая классификация тепловой чувствительности по значениям ЭЭТ по Миссенарду

Интервал ЭЭТ, °С	Уровень комфорта
Более +30	Тепловая нагрузка сильная
24...30	Тепловая нагрузка умеренная
18...24	Комфортно тепло
12...18	Умеренно тепло
6...12	Прохладно
0...6	Умеренно прохладно
0...–6	Очень прохладно
–6...–12	Умеренно холодно
–12...–18	Холодно
–18...–24	Очень холодно
Менее –24	Угроза обморожения

Эквивалентно-эффективная температура была также введена Б.А.Айзенштатом как показатель, характеризующий теплоощущения одетого человека. Зона комфорта определяется как совокупность метеорологических условий, в которых человек получает субъективно хорошее теплоощущение, удерживает нормальный теплообмен, сохраняет нормальную температуру тела и не выделяет пота [Айзенштат, 1964; Рук-во по спец.обсл., 2008].

Расчет ЭЭТ Айзенштата производится по значениям температуры воздуха (T , °С), относительной влажности воздуха (f , %) и скорости ветра (V , м/с) по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ЭЭТ} = T[1 - 0,003(100 - f)] - 0,385V^{0,59}[(36,6 - T) + 0,622(V - 1)] + \\ + [(0,0015V + 0,008)(36,6 - T) - 0,0167](100 - f). \end{aligned} \quad (4.4)$$

В таблице 4.3 приведены категории теплоощущений, комфортности, границы зоны охлаждения и перегрева эквивалентно-эффективной температуры Айзенштата.

Таблица 4.3

Категории теплоощущения в градусах ЭЭТ в условиях умеренных широт

Категория теплоощущения	ЭЭТ для раздетого человека	ЭЭТ для одетого человека
Комфортно	17,3 – 21,7	16,7 – 20,6
Зона охлаждения	ниже 17,3	ниже 16,7
Зона перегрева	выше 21,7	выше 20,6

Индекс суровости Бодмана позволяет определять в баллах степень суровости погоды по формуле:

$$S = (1 - 0,04T)(1 + 0,272V), \quad (4.5)$$

где T – температура воздуха, °C; V – скорость ветра, м/с.

Согласно шкале Бодмана, при $S < 1$ – зима несуровая, мягкая; 1–2 балла – зима малосуровая; 2–3 балла – умеренно суровая; 3–4 балла – суровая; 4–5 баллов – очень суровая; 5–6 баллов – жестко суровая; > 6 – крайне суровая [Рук-во по спец.обсл., 2008].

Ветровой индекс охлаждения Сайпла-Пассела характеризует степень охлаждения под влиянием ветра и температуры воздуха в тени без учета испарения, а скорость охлаждения вычисляется с учетом средневзвешенной температуры кожи человека, равной 33°C. В этом индексе результат представлен не в виде поправки к температуре в зависимости от силы ветра, а в виде шкалы величин теплотерь, выражаемых в кДж/ час: 600-800 – прохладно; 800-1000 – холодно; 1000-1200 – очень холодно; 1200-2500 – жестко холодно; > 2500 – невыносимо холодно [Рук-во по спец.обсл., 2008].

Для расчета индекса ветрового охлаждения Сайпла-Пассела использовалось следующее выражение:

$$W = (10,45 + 10 V^{0,5} - V)(33 - T), \quad (4.6)$$

где V – скорость ветра, м/с; T – температура воздуха, °C, 33°C – температура поверхности кожи человека.

Для количественной оценки негативного влияния климатических факторов на организм человека используется общий **индекс патогенности погоды I** (баллы) [Бокша и др., 1980]. Данный индекс представляет собой сумму частных индексов патогенности различных метеорологических величин (среднесуточных температуры и влажности воздуха, скорости ветра, облачности, межсуточного изменения температуры воздуха и атмосферного давления).

$$I = I_t + I_f + I_v + I_n + I_{\Delta p} + I_{\Delta t}, \quad (4.7)$$

при $t \leq 18$ °C:

$$I_t = 0,02(18 - T), \quad (4.8)$$

при $t > 18$ °C:

$$I_t = 0,2(T - 18)^2, \quad (4.9)$$

$$I_f = 10^{\frac{f-70}{20}}, \quad (4.10)$$

$$I_v = 0,2v^2, \quad (4.11)$$

$$I_n = 0,06n^2, \quad (4.12)$$

$$I_{\Delta t} = 0,3(\Delta T), \quad (4.13)$$

$$I_{\Delta p} = 0,06(\Delta p)^2, \quad (4.14)$$

где T – среднесуточная температура воздуха (°C), f - среднесуточная относительная влажность воздуха (%), v - среднесуточная скорость ветра (м/с); n – балл облачности; Δt и Δp – межсуточные изменения температуры воздуха (°C/сут) и атмосферного давления (гПа/сут) соответственно [Бокша, 1980].

Стоит отметить, что индекс патогенности характеризует не изменчивость погоды, а степень ее раздражающего воздействия. Градация значений подразделяется на три ступени условий погоды: «оптимальные» (от 0 до 9,9), «раздражающие» (от 10,0 до 24,0) и «острые» (при значениях индекса патогенности погоды более 24,1 баллов).

4.2. Оценка биоклиматической комфортности в Республике Татарстан

Проанализированы результаты расчетов пространственно-временного распределения биоклиматических показателей по данным реанализа Era-interim за период 1979-2017гг. с оценкой степени комфортности исследуемой территории, представленные в виде таблиц и карт схем.

Эффективная температура

Анализ рассчитанных значений эффективной температуры (табл.4.4) показывает, что на территории РТ среднемесячная ЭТ меняется в пределах от $-10,5^{\circ}\text{C}$ в январе до $18,3^{\circ}\text{C}$ в июле. По ЭТ в зимний период (с ноября по март) на исследуемой территории «холодно» с «умеренной» нагрузкой на организм человека. Теплый период (с мая по сентябрь) по теплоощущениям человека характеризуется как «умеренно» и «умеренно тепло» с нагрузкой «комфортно». В переходные периоды (апрель, октябрь) на территории РТ «прохладно» «комфортно».

Ежедневные значения средней многолетней ЭТ, представленные в табл.4.4, свидетельствует о том, что в Республике Татарстан холодный период с нагрузкой «умеренно холодно» начинается 5 ноября и длится до 29 марта, имея небольшие понижения в третьей декаде января: 22-ого, 25-ого и 26-ого января наблюдается «очень холодная» погода с «сильной угрозой обморожения». С 30 марта по 14 апреля устанавливается «комфортно прохладная» погода. «Умеренно комфортные» погодные условия устанавливаются до 8 мая. С 9 мая по 8 июля на территории Республики Татарстан сохраняется «умеренно теплая» погода с нагрузкой «комфортно». Далее начинаются «теплые комфортные» погодные условия до 3 августа, которые прерываются 27-28-го июля «умеренно теплой» «комфортной» погодой. В период с 4 августа до 13 октября в республике снова устанавливается «умеренно теплая» и «комфортная» погода. Далее до начала «холодной» погоды (5 ноября) на исследуемой территории погодные условия меняются на «прохладно» «комфортные». Безусловно, это средняя климатическая картина, которая в отдельные годы может сильно варьировать.

**Ежедневные значения средней многолетней эффективной температуры (°C)
(1979-2017гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-10,1	-11,2	-7,1	0,9	10,3	15,4	17,6	18,7	14,1	7,9	0,5	-7,3
2	-10,3	-11,5	-7,0	1,0	10,6	15,1	17,9	18,4	13,9	7,3	0,2	-8,0
3	-9,9	-11,5	-6,1	1,3	10,9	14,9	18,1	18,1	13,4	6,6	0,2	-7,7
4	-10,7	-10,7	-6,0	2,0	11,1	14,6	17,7	17,8	13,0	6,6	0,3	-6,2
5	-10,6	-9,7	-5,6	2,3	11,3	14,7	17,8	17,4	13,5	7,1	-0,2	-5,6
6	-10,7	-9,9	-5,1	2,7	12,0	14,5	17,7	17,4	13,5	6,8	-0,8	-6,3
7	-11,2	-10,9	-4,9	2,5	11,9	14,9	17,7	17,5	13,6	6,8	-1,2	-5,8
8	-11,4	-11,6	-4,6	3,0	11,9	15	17,9	17,3	13,1	6,6	-1,2	-5,9
9	-11,1	-11	-4,7	3,5	12,3	15,3	18,3	16,9	12,9	6,8	-1,2	-7,0
10	-10,2	-10,2	-4,7	3,9	12,5	15,6	18,3	16,9	12,5	6,8	-1,2	-7,2
11	-9,5	-10,2	-4,8	4,1	12,2	15,8	18,3	17,3	11,8	6,4	-1,7	-6,8
12	-10,5	-10,7	-5,0	4,5	12,2	16,1	18,2	17,4	11,6	6,1	-2,2	-7,4
13	-10,8	-10,6	-4,7	4,5	12,3	16,2	18,3	17,2	11,7	6,1	-2,7	-7,6
14	-9,1	-10,7	-4,0	5,1	12,0	16,4	18,8	16,9	11,5	5,8	-2,7	-8,5
15	-9,2	-10,1	-3,9	6,0	12,1	16,9	18,8	17,0	11,6	5,5	-3,4	-9,1
16	-9,3	-9,0	-3,6	6,2	12,3	17,3	18,7	16,3	11,3	5,6	-3,0	-9,0
17	-9,4	-9,4	-3,1	6,3	12,3	17,1	18,9	16	11,1	4,9	-3,2	-8,0
18	-10,2	-9,9	-2,4	6,4	12,5	17	18,7	16,2	10,9	4,9	-3,1	-8,0
19	-9,7	-10	-2,3	7,0	12,7	16,9	18,3	16,3	10,5	5,0	-3,4	-8,9
20	-9,6	-10,2	-2,5	7,3	12,9	17,2	18,1	16,1	10,1	4,0	-3,5	-10,0
21	-10,8	-10,1	-2,1	7,5	13,1	17,9	18,4	15,6	9,5	3,8	-4,5	-8,8
22	-12,4	-8,2	-1,9	8,1	13,2	17,9	18,9	16,0	9,9	3,4	-4,2	-9,2
23	-10,7	-7,0	-2,2	8,5	13,2	17,7	18,9	15,9	10,4	2,5	-4,4	-9,4
24	-11,5	-6,4	-1,6	8,1	14,1	17,7	18,9	15,7	10,3	2,6	-4,9	-9,4
25	-13,0	-6,8	-1,4	8,1	14,6	17,8	18,3	15,5	9,6	2,4	-4,9	-9,4
26	-12,2	-6,9	-0,9	8,2	14,6	17,9	18,0	14,9	9,3	1,7	-4,2	-9,6
27	-11,2	-7,9	-0,4	9,0	14,2	18,1	17,9	14,4	8,8	2,0	-4,5	-9,0
28	-10,8	-7,2	-0,5	9,4	13,9	18,2	17,9	14,3	9,3	2,3	-5,3	-9,0
29	-10,0		-0,6	10,0	13,8	18,1	18,2	14,5	9,5	2,1	-6,3	-8,4
30	-10,5		0,2	10,0	14,5	17,8	18,5	14,6	8,5	1,6	-6,8	-8,5
31	-10,4		0,7		15,3		18,7	14,5		1,0		-7,9
среднее	-10,5	-9,6	-3,3	5,6	12,7	16,5	18,3	16,4	11,4	4,8	-2,8	-8,0
КНЛТ(°C /10лет)	0,1	0,2	0,7	0,2	0,5	-0,1	0,4	1	0,6	0	1,5	0,9

Значения КНЛТ среднемесячных значений ЭТ на территории Республики Татарстан во все месяцы имеют положительный знак, кроме июня. Заметное улучшение погодных условий отмечается в марте, мае, августе, сентябре, ноябре и декабре, где величина КНЛТ больше или равна $0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет.

На рис.4.1 представлена диаграмма размаха эффективной температуры на территории РТ в период 1979-2017гг. Размах эффективной температуры в холодный период года ($15,0^{\circ}\text{C}$ в декабре) больше, чем в теплый период ($6,0^{\circ}\text{C}$ в июле), как и интерквартильный размах, в котором находятся 50% значений ЭТ. Данные ЭТ сгруппированы плотнее в теплое время года, что говорит о том, что амплитуда изменения ЭТ в это время мала. Значения ЭТ июля находятся в интервале от $15,5$ до $22,0^{\circ}\text{C}$, в половине случаев от $17,5$ до $19,0^{\circ}\text{C}$. Выбросы ЭТ, т.е. точки единичных данных, встречаются лишь в январе, апреле, сентябре и ноябре.

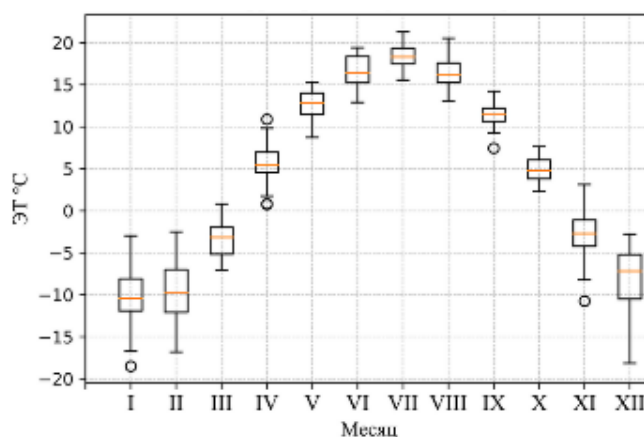


Рис.4.1. Диаграмма размаха эффективной температуры ($^{\circ}\text{C}$) на территории РТ (1979-2017гг.)

Из диаграммы размаха также видно, что в 1979-2017гг. зимой ЭТ не понижалась ниже $-19,0^{\circ}\text{C}$, т.е. не наблюдалась очень сильная и чрезвычайно высокая угроза обморожения, а летом не повышалась выше $23,0^{\circ}\text{C}$, когда по ощущениям жарко и очень жарко.

На рис.4.2 представлено пространственное распределение ЭТ января и июля по территории РТ.

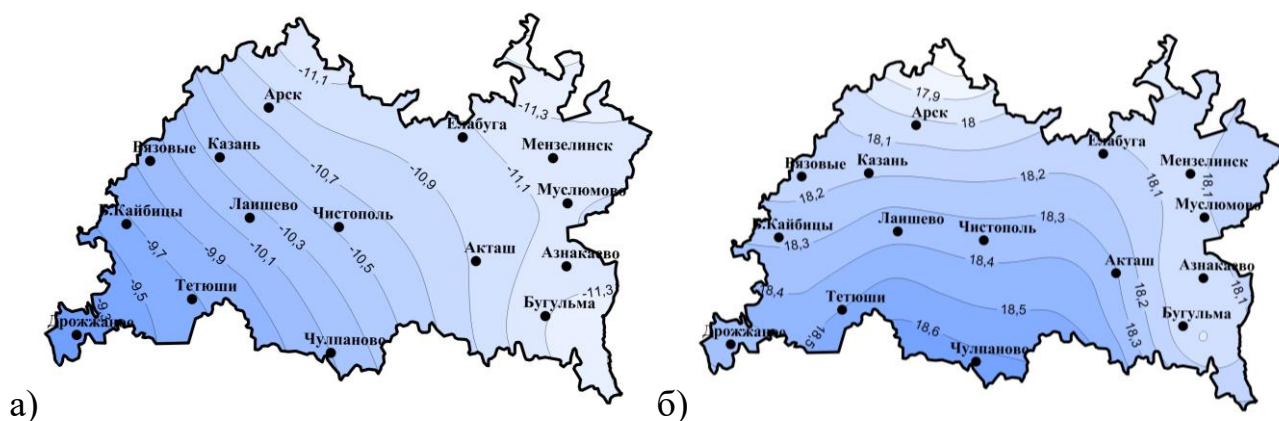


Рис. 4.2. Средние многолетние значения эффективной температуры ($^{\circ}\text{C}$) на территории РТ (1979-2017гг.): а) январь, б) июль

Из рис. 4.2 видно, что распределение изолиний эффективной температуры в январе имеет квазимеридиональный характер с максимумами на юго-западе и минимумами на северо-востоке. В июле расположение изолиний ЭТ, за исключением восточной части РТ, имеет хорошо выраженный зональный характер – наибольшие значения эффективной температуры на юге, наименьшие на севере рассматриваемой территории.

Эффективная температура Стедмана

Анализ средних многолетних ежедневных значений индекса Стедмана (табл. 4.5) показывает, что в среднем по Республике Татарстан обстановка с минимальной термической опасностью наблюдается с 8 сентября по 23 мая. С 24 мая по 15 июня на исследуемой территории устанавливается риск «средней» термической опасности. Начиная с 16 июня до 15 августа формируется «высокая» термическая опасность, далее до 7 сентября в РТ снова устанавливается «средний» риск термической опасности.

**Ежедневные значения средней многолетней эффективной температуры
Стедмана (°C) (1979-2017гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-4,2	-5,2	-2,9	3,0	13,4	20,5	24,2	25,9	19,0	10,9	2,9	-2,7
2	-4,5	-5,5	-3,0	3,2	13,9	20,1	24,7	25,4	18,7	10,1	2,8	-3,2
3	-4,5	-5,2	-2,4	3,4	14,3	19,8	25,0	24,8	18,0	9,2	2,8	-3,2
4	-4,8	-4,6	-2,3	4,0	14,5	19,6	24,3	24,5	17,4	9,2	2,9	-2,3
5	-4,3	-4,3	-2,1	4,4	14,8	19,7	24,5	23,8	18,0	9,9	2,5	-1,9
6	-4,5	-4,5	-1,7	4,7	15,7	19,4	24,3	23,8	18,1	9,5	1,8	-2,3
7	-5,0	-4,7	-1,8	4,6	15,5	19,9	24,4	24,0	18,1	9,4	1,4	-2,0
8	-4,9	-5,0	-1,6	5,1	15,6	20,1	24,7	23,7	17,6	9,3	1,5	-2,0
9	-4,9	-4,9	-1,7	5,6	16,1	20,5	25,3	23,0	17,2	9,5	1,5	-2,7
10	-4,3	-4,6	-1,7	6,2	16,2	20,9	25,2	23,1	16,7	9,5	1,7	-2,9
11	-4,1	-4,6	-1,7	6,4	16,0	21,4	25,2	23,6	15,7	9,1	1,2	-2,8
12	-4,4	-5,0	-1,8	6,8	16,0	21,8	25,0	23,8	15,5	8,7	0,8	-3,2
13	-4,5	-5,0	-1,6	6,7	16,2	21,9	25,2	23,7	15,6	8,8	0,4	-3,2
14	-4,0	-4,9	-1,1	7,4	15,8	22,2	26,0	23,1	15,5	8,4	0,3	-3,6
15	-3,9	-4,7	-1,0	8,4	15,9	22,9	26,0	23,3	15,6	8,1	-0,3	-3,7
16	-4,0	-4,1	-0,9	8,6	16,1	23,5	26,0	22,2	15,1	8,3	0,0	-3,5
17	-4,2	-4,5	-0,4	8,7	16,2	23,3	26,2	21,7	14,9	7,4	0,0	-3,1
18	-4,8	-4,7	0,1	8,9	16,4	23,1	25,9	21,9	14,6	7,4	0,0	-3,3
19	-4,3	-4,9	0,2	9,5	16,8	23,2	25,1	22,2	14,1	7,5	-0,2	-3,8
20	-4,2	-4,7	0,0	9,8	17,0	23,5	24,9	21,9	13,6	6,3	-0,2	-4,5
21	-4,9	-4,6	0,4	10,1	17,3	24,5	25,4	21,2	12,9	6,2	-1,0	-3,9
22	-5,6	-3,5	0,6	10,9	17,6	24,7	26,1	21,7	13,3	5,8	-0,7	-4,0
23	-4,9	-2,9	0,4	11,4	17,4	24,3	26,2	21,6	14,1	4,8	-0,8	-4,2
24	-5,1	-2,6	0,8	10,9	18,7	24,3	26,2	21,3	13,9	4,9	-1,3	-4,1
25	-5,8	-2,8	1,0	10,8	19,4	24,4	25,3	20,9	12,9	4,7	-1,5	-4,1
26	-5,8	-2,8	1,4	11,0	19,4	24,6	24,7	20,1	12,5	4,0	-0,9	-4,2
27	-5,3	-3,4	1,8	11,9	18,9	24,9	24,7	19,4	12,0	4,3	-1,2	-3,7
28	-4,8	-2,9	1,7	12,3	18,5	25,1	24,8	19,2	12,7	4,7	-1,6	-3,6
29	-4,5		1,7	13,0	18,3	25,1	25,2	19,5	12,8	4,5	-2,2	-3,3
30	-4,7		2,3	13,0	19,2	24,4	25,7	19,6	11,5	4,0	-2,5	-3,6
31	-4,6		2,8		20,3		25,9	19,6		3,3		-3,2
среднее	-4,7	-4,3	-0,5	8,0	16,7	22,5	25,2	22,4	15,3	7,3	0,3	-3,3
КНЛТ (°C /10лет)	0,1	0,2	0,5	0,2	0,6	-0,3	0,5	1,4	0,8	-0,1	1,1	0,6

О тенденции к улучшению биоклиматических условий свидетельствуют значения коэффициента наклона линейного тренда среднемесячных ЭТ, которые положительные (кроме июня и октября) и колеблются в пределах от 0,1 до 1,4°C/10 лет. В июне и октябре значения КНЛТ принимает отрицательные значения -0,3 и -0,1°C/10 лет соответственно.

Диаграмма размаха эффективной температуры Стедмана на территории РТ в период 1979-2017гг. представлена на рис.4.3. Данная диаграмма свидетельствует о том, что размах эффективной температуры Стедмана колеблется в пределах от 6 до 11°C, а размах между квантилями – от 2,5 до 4,5°C. В течение года плотность сгруппированных данных меняется по разному, однако в теплый период года плотность меньше. В январе, феврале, мае, июле, ноябре и декабре медиана равна среднему значению ЭТ Стедмана, т.е. медиана находится в центре «ящика» - интерквартильного размаха. Выбросы встречаются в январе, апреле, сентябре и ноябре. Следует отметить, летом - в июле и августе - значения ЭТ достигали 28,0-30,0°C, что соответствует экстремально термической опасности.

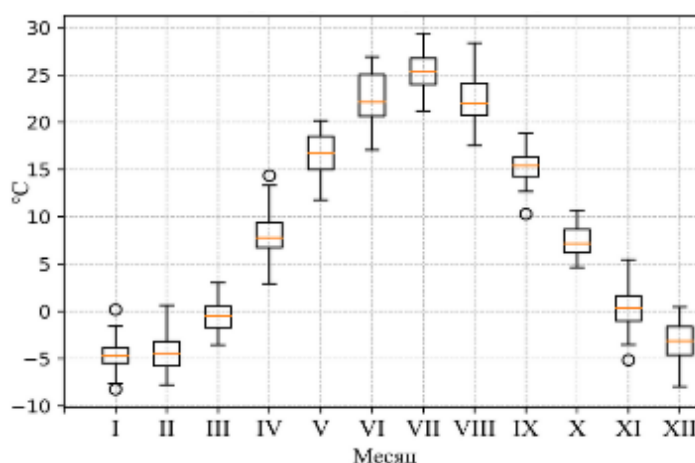


Рис.4.3. Диаграмма размаха эффективной температуры Стедмана (°C) на территории РТ (1979-2017гг.)

В таблице 4.6 представлено количество дней в месяце с различными рисками термической опасности. Минимальный риск термической опасности в среднем за год в РТ наблюдается 264 дня, средняя термическая опасность – 36 дней, высокая

опасность - 46 дней, экстремальный риск термической опасности - 19 дней. С октября по март не встречаются классы средней, высокой и экстремальной термической опасности. На июль приходится в среднем 10 дней с экстремальным риском, на июнь – 5, на август – 4.

Таблица 4.6

**Среднее многолетнее число дней с разными рисками термической опасности
(1979 – 2017 гг.)**

Градации	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
≤18	31	28	31	28	18	6	2	6	22	31	30	31	264
18-22	0	0	0	2	7	8	5	9	5	0	0	0	36
22-28	0	0	0	0	6	11	14	12	3	0	0	0	46
>28	0	0	0	0	0	5	10	4	0	0	0	0	19

Пространственное распределение значений эффективной температуры Стедмана в июле представлено на рис.4.4.



Рис. 4.4. Распределение значений эффективной температуры Стедмана (°С) июля на территории РТ (1979-2017гг.)

На карте пространственного распределения значений эффективной температуры Стедмана в июле видно, что распределение изолиний на большей части РТ имеет квазизональный характер. Однако на Бугульминско-Белебеевской возвышенности наблюдается очаг с более низкими температурами, чем на соседних станциях.

Эквивалентно-эффективная температура по А. Миссенарду

Результаты ежедневных расчетов ЭЭТ представлены в табл.4.7. Анализ данной таблицы свидетельствует о том, что на территории РТ среднемесячная ЭЭТ Миссенарда меняется от $-26,2^{\circ}\text{C}$ в январе до $13,8^{\circ}\text{C}$ в июле. Зимние условия на территории РТ описываются терминами «холодно», «очень холодно» и «угроза обморожения». С мая по сентябрь господствуют «умеренно прохладные», «прохладные» и «умеренно теплые» биоклиматические условия, а в апреле и октябре – «очень прохладные».

С 1 октября на территории РТ «очень прохладно», начиная с 20 октября устанавливается «умеренно холодная» погода и продолжается она до 4 ноября. С 5 по 23 ноября сохраняется «холодная» погода, переходящая с 24 ноября в «очень холодную», которая сохраняется весь декабрь и продолжается до 13 декабря с потеплениями 26 и 27 ноября.

Устойчивая «угроза обморожения» устанавливается на территории Республики Татарстан с 14 декабря до 21 февраля, и только 17-го и 18-го наблюдается «очень холодная» погода. С 22 февраля по 7 марта сохраняется уровень комфорта по классификации Миссенарда «очень холодно». «Холодная» погода продолжается с 8 по 29 марта. Далее начинается «умеренно холодная», продолжающаяся до 10 апреля, которая сменяется «очень прохладной», с длительностью 11 дней. С 22 апреля по 17 мая устанавливается «умеренно прохладная» погода, сменяющаяся «прохладной» до 14 июня. Устойчивая «умеренно теплая» погода начинается 15 июня и продолжается до 15 августа, небольшими понижениями ЭЭТ 19 июня и 14 августа. Далее начинается погода с уровнем комфорта «прохладно», продолжающаяся до 9 сентября, которая сменяется на уровень «умеренно прохладно» и длится до 30 сентября.

КНЛТ среднемесячных значений ЭЭТ имеет положительный знак во всех месяцах года, кроме июня. Максимальные значения КНЛТ в августе, сентябре, ноябре и декабре.

Ежедневные значения средней многолетней ЭЭТ (°С) (1979-2017гг.)

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-25,9	-26,1	-21,1	-10,0	3,0	9,9	12,9	14,4	8,0	-1,2	-11,1	-21,2
2	-26,2	-26,5	-20,8	-10,4	3,4	9,4	13,3	14,0	7,5	-2,5	-11,0	-22,3
3	-25,6	-27,0	-19,7	-9,8	3,8	9,3	13,2	13,4	7,0	-3,0	-11,4	-22,3
4	-26,3	-26,3	-19,0	-8,9	4,5	8,9	12,9	13,2	6,5	-2,4	-11,9	-20,8
5	-25,9	-24,9	-19,0	-8,3	4,3	8,8	13,1	12,6	7,1	-2,0	-12,4	-20,0
6	-25,4	-24,7	-18,3	-8,1	5,1	8,6	12,9	12,6	7,0	-2,5	-13,0	-20,8
7	-26,8	-26,0	-18,0	-8,2	5,4	9,1	13,0	12,6	7,0	-2,3	-13,5	-20,2
8	-27,3	-27,1	-17,7	-7,3	5,3	9,2	13,2	12,3	6,5	-2,8	-13,3	-20,1
9	-26,2	-27,5	-17,9	-7,1	5,9	9,4	13,8	11,7	6,4	-2,5	-13,5	-21,0
10	-25,9	-25,6	-18,2	-6,9	5,9	10,1	13,6	12,0	5,5	-2,3	-13,0	-22,1
11	-25,1	-25,4	-17,9	-5,6	5,5	10,5	13,8	12,5	4,6	-2,7	-13,9	-21,1
12	-26,2	-25,1	-18,0	-5,4	5,5	10,8	13,7	12,9	4,3	-3,1	-14,7	-22,2
13	-26,5	-24,9	-17,9	-5,2	5,4	11,1	13,9	12,5	4,7	-3,8	-15,3	-23,0
14	-24,8	-25,7	-16,8	-4,4	5,5	11,3	14,5	11,9	4,6	-4,0	-15,8	-24,2
15	-25,0	-25,9	-16,6	-3,0	5,5	12,0	14,6	12,2	4,4	-3,8	-16,2	-24,5
16	-24,8	-25,3	-16,5	-2,6	5,6	12,5	14,7	11,0	3,6	-3,4	-15,7	-24,1
17	-25,4	-25,1	-16,0	-2,8	5,6	12,2	15,0	10,5	3,6	-4,8	-16,2	-23,1
18	-25,2	-24,9	-15,0	-2,5	6,3	12,1	14,2	10,9	3,6	-5,4	-16,2	-22,8
19	-24,6	-24,5	-15,2	-1,8	6,1	11,8	13,9	11,3	3,2	-5,4	-16,9	-24,0
20	-24,8	-25,0	-15,3	-1,8	6,7	12,2	13,6	10,9	2,8	-6,6	-17,1	-25,3
21	-26,4	-25,7	-14,9	-1,1	6,8	13,2	13,9	10,0	1,9	-6,5	-18,3	-24,2
22	-28,8	-23,7	-14,1	0,0	6,8	13,1	14,6	10,5	2,0	-6,8	-17,9	-24,0
23	-26,7	-21,4	-13,6	0,6	7,0	12,8	14,9	10,3	2,8	-8,3	-17,8	-24,6
24	-26,5	-20,4	-13,2	0,2	8,4	13,1	14,9	10,0	2,4	-8,2	-18,2	-24,5
25	-28,6	-20,9	-13,2	0,2	8,9	13,1	14,0	9,5	1,6	-8,9	-18,2	-24,3
26	-28,4	-21,0	-12,5	0,6	8,8	13,5	13,3	9,1	1,2	-8,9	-17,5	-24,2
27	-27,0	-22,7	-12,0	1,3	8,3	13,6	13,4	8,6	0,6	-8,8	-17,7	-24,1
28	-27,5	-21,6	-12,3	1,7	7,7	13,7	13,5	8,1	1,1	-8,4	-18,9	-23,8
29	-26,3		-12,6	2,5	7,9	13,4	14,0	8,6	0,9	-9,1	-20,2	-23,0
30	-26,1		-11,4	2,6	9,0	13,1	14,4	8,6	0,0	-9,0	-21,0	-24,1
31	-25,9		-10,4		10,0		14,5	8,2		-10,0		-23,2
среднее	-26,2	-24,7	-16,0	-3,7	6,3	11,4	13,8	11,2	4,1	-5,1	-15,6	-22,9
КНЛТ (°С /10лет)	0,3	0,3	0,7	0,2	0,7	-0,2	0,5	1,4	1,0	0,3	2,0	1,0

Диаграмма размаха ЭЭТ, представленная на рис.4.5, показывает, что разница между наибольшим и наименьшим значениями ЭЭТ Миссенарда больше в холодное время года, чем в теплое, когда размах почти в 2 раза меньше. Данные сгруппированы плотнее в теплое время года, что также указывает на малые отклонения величин внутри этого промежутка. Значения ЭЭТ июля находятся в интервале от 9,5 до 18,0°C, в половине случаев от 12,5 до 15,0°C, в январе соответственно от -33,0 до -17,0°C и от -28,0 до -24,0°C. В феврале, марте, июле и августе медиана находится в середине прямоугольника, который фиксирует среднее 50% значений. Выбросы, которые меньше минимального значения выборки, встречаются в январе, сентябре и ноябре. Значение, которое превышает максимум ЭЭТ, встречается лишь в сентябре. По биоклиматической классификации тепловой чувствительности по значениям ЭЭТ, на территории РТ умеренной и сильной тепловой нагрузки не наблюдалось.

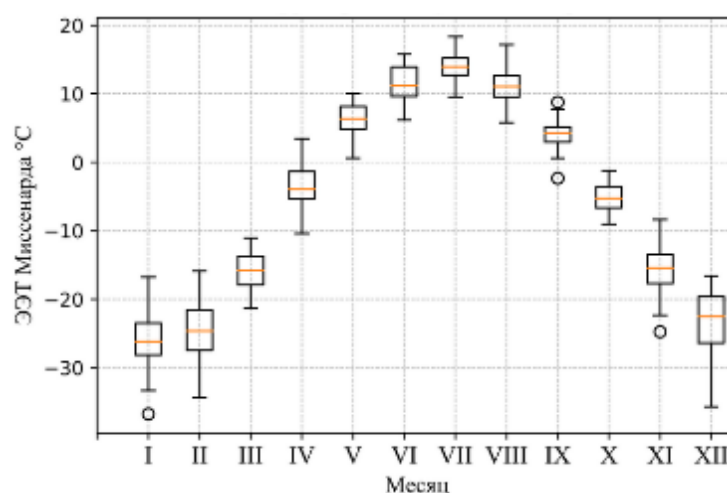


Рис.4.5. Диаграмма размаха ЭЭТ Миссенарда (°C) на территории РТ (1979-2017гг.)

На рис.4.6 представлено пространственное распределение средних многолетних значений ЭЭТ Миссенарда на территории РТ.

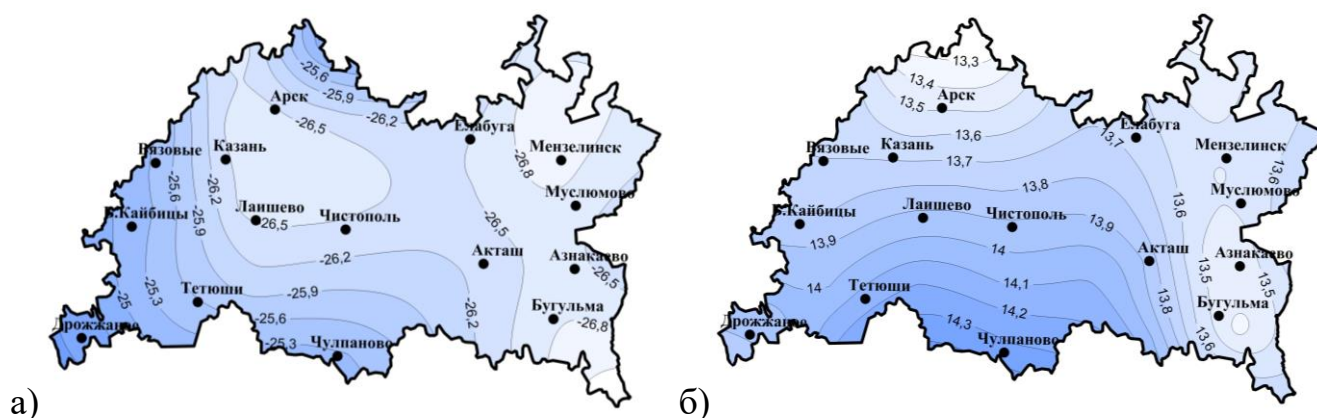


Рис. 4.6. Распределение средних многолетних значений ЭЭТ Миссенарда (°C) на территории РТ (1979-2017гг.): а) январь, б) июль

Из рис.4.6 видно, что расположение изолиний ЭЭТ и в январе, и в июле имеет квазизональный характер с максимумами на юге и минимумами на севере и юго-востоке.

Эквивалентно-эффективная температура по Айзенштату

Анализ полученных данных показывает (табл.4.8), что ЭЭТ Айзенштата находится в пределах от -43,9°C в январе до 13,9°C в июле, что соответствует категории теплоощущения как «зона охлаждения».

Таблица 4.8

Ежедневные значения средней многолетней ЭЭТ по Айзенштату (°C) (1979-2017гг.),

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-41,2	-39,3	-31,3	-15,4	2,3	8,9	11,0	12,7	5,0	-7,2	-20,2	-33,1
2	-41,8	-39,4	-30,8	-16,0	2,9	8,1	11,4	12,3	4,8	-8,9	-20,1	-35,0
3	-40,2	-40,4	-30,3	-15,3	3,4	8,8	10,8	11,4	4,3	-8,4	-21,4	-35,7
4	-41,4	-40,0	-28,3	-13,6	4,8	8,2	11,0	11,5	3,6	-6,8	-22,5	-34,5
5	-41,2	-37,7	-28,5	-12,7	3,5	7,7	11,4	10,8	4,5	-6,7	-22,6	-33,5
6	-39,9	-37,3	-27,9	-13,0	4,9	7,4	11,1	10,8	3,8	-8,1	-22,7	-34,0
7	-41,9	-39,2	-27,4	-12,9	5,3	8,0	11,4	10,8	3,9	-8,0	-23,2	-33,4
8	-42,6	-40,9	-26,8	-11,3	4,9	7,8	11,3	10,5	3,4	-8,4	-22,9	-32,9
9	-40,5	-41,8	-26,2	-11,8	6,0	7,9	12,0	9,7	3,1	-7,9	-23,6	-33,2
10	-40,4	-37,6	-26,6	-12,0	5,9	8,8	11,7	10,4	1,4	-7,8	-22,9	-35,9
11	-39,9	-36,6	-26,0	-9,4	5,4	8,8	12,4	10,7	0,6	-8,1	-24,0	-35,0

Продолжение табл.4.8												
12	-41,4	-36,4	-26,0	-9,8	4,9	9,4	12,3	11,3	0,2	-8,2	-25,3	-36,6
13	-41,2	-36,3	-25,7	-9,1	3,6	10,1	12,4	10,4	0,9	-10,2	-25,8	-37,9
14	-38,6	-38,1	-24,3	-7,5	4,8	10,3	13,2	9,7	0,7	-10,4	-27,0	-39,6
15	-39,7	-39,1	-23,7	-5,9	5,1	10,6	13,3	10,2	0,0	-9,7	-27,1	-39,5
16	-38,8	-38,4	-24,2	-4,6	5,1	11,1	13,6	8,8	-0,7	-9,3	-26,8	-38,7
17	-39,8	-37,2	-24,1	-5,4	5,1	10,6	13,9	8,1	-0,4	-11,7	-28,3	-37,7
18	-38,2	-37,1	-23,1	-4,8	6,0	10,2	12,5	9,0	-0,3	-12,3	-28,0	-36,4
19	-37,7	-36,5	-23,5	-3,5	5,2	9,5	12,6	9,1	-0,7	-12,4	-29,0	-37,4
20	-39,0	-37,3	-23,0	-4,6	7,0	10,3	12,2	8,4	-1,1	-13,5	-29,4	-39,0
21	-41,1	-37,8	-22,9	-3,1	6,4	11,8	12,2	7,6	-2,4	-13,4	-30,0	-38,0
22	-43,9	-35,9	-21,3	-1,7	6,0	11,1	13,1	8,1	-2,0	-14,5	-29,4	-37,8
23	-41,7	-32,7	-20,1	-1,1	6,9	11,0	13,7	7,4	-1,3	-15,3	-28,6	-39,0
24	-39,9	-31,0	-20,1	-1,6	8,5	11,7	13,9	7,2	-2,3	-15,2	-29,3	-39,2
25	-42,6	-31,8	-20,2	-0,8	8,1	11,8	12,5	6,6	-3,3	-17,0	-29,8	-37,9
26	-42,9	-31,3	-18,8	0,2	8,1	12,3	11,7	7,0	-3,5	-15,7	-29,6	-37,3
27	-40,8	-33,6	-18,4	1,1	7,1	12,2	11,8	6,2	-4,1	-16,2	-29,6	-37,9
28	-42,5	-32,6	-18,3	1,7	6,5	11,9	11,7	5,3	-3,6	-16,5	-31,5	-37,1
29	-41,0		-18,2	2,7	7,4	11,1	12,5	6,2	-4,1	-18,3	-32,3	-36,5
30	-39,8		-16,7	2,2	8,9	11,4	12,8	5,8	-4,8	-16,9	-33,3	-39,6
31	-40,1		-15,2		10,1		12,8	4,9		-18,6		-38,2
среднее	-40,7	-36,9	-23,8	-6,6	5,8	10,0	12,3	9,0	0,2	-11,7	-26,5	-36,7
КНЛТ (°C /10лет)	0,4	0,4	0,6	0,4	0,9	0,0	0,8	1,9	1,4	0,8	2,6	0,9

КНЛТ среднемесячных значений ЭЭТ Айзенштата имеют положительный знак и меняются от 0,0 до 2,6°C/10лет, что говорит о смягчении климата. Заметное улучшение биоклиматических условий отмечается в августе и ноябре, когда КНЛТ равен 1,9 и 2,9°C/10лет соответственно.

Диаграмма размаха эквивалентно-эффективной температуры Айзенштата на территории РТ в период 1979-2017гг., представленная на рис.4.7, свидетельствует о том, что в течении года ЭЭТ Айзенштата находится в категории теплоощущения «зона охлаждения», кроме июля, когда значение максимальной температуры доходит до 19,5°C, что соответствует комфортным теплоощущениям как для одетого, так и для раздетого человека. Выбросы, меньшие минимального значения выборки, встречаются в январе, феврале, мае, сентябре и декабре. Выбросы,

превышающие максимальное значение ЭЭТ встречаются лишь в августе и сентябре.

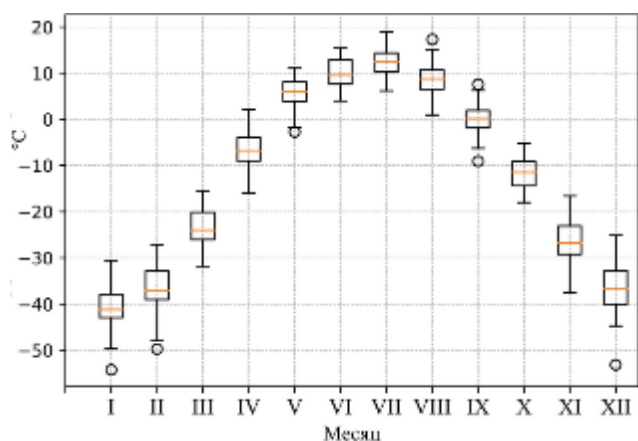


Рис.4.7. Диаграмма размаха ЭЭТ Айзенштата (°C) на территории РТ (1979-2017гг.)

Пространственное распределение значений ЭЭТ Айзенштата по территории РТ представлено на рис.4.8.

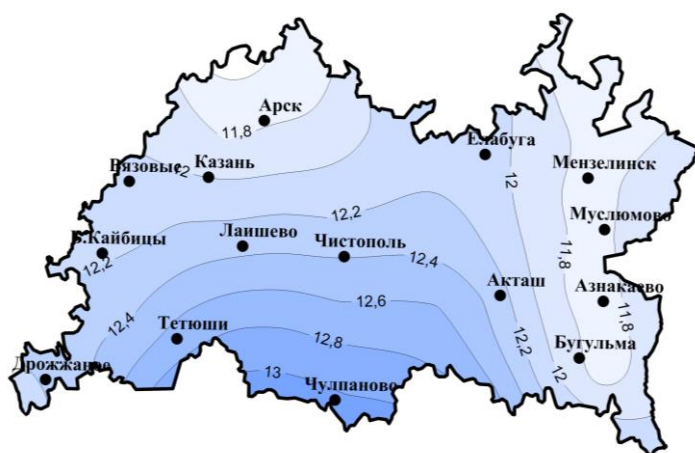


Рис. 4.8. Распределение значений ЭЭТ по Айзенштату (°C) июля (1979-2017гг.)

Максимальные значения наблюдаются на юге исследуемой территории, минимальные на севере и на востоке.

Индекс суровости погоды по Бодману

На исследуемой территории, согласно индексу суровости Бодмана, наблюдается «умеренно-суровая» зима ($S = 2-3$ балла). Класс погоды «мало-суровый» с величиной индекса Бодмана $S = 1-2$ балла преобладает в конце осени

(ноябрь – 23,3%) и в начале весны (март – 9,7%). Следует отметить, что последний месяц осени значительно теплее первого месяца весны.

Класс «умеренно-суровая» зима ($S=2-3$ балла) в январе и феврале встречается с вероятностью 100%, в декабре и марте – выше 90%, в ноябре – выше 70%.

Более подробно статистические параметры индекса Бодмана в холодный сезон года за исследуемый период на территории РТ, представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Статистические параметры индекса Бодмана за холодный период в РТ

Календарный месяц	Параметры, балл				Вероятность, %		
	среднее	максимум	минимум	амплитуда	$S < 2$	$S = 2-3$	$S > 3$
XI	2,1	2,4	1,8	0,6	23,3	76,7	0
XII	2,5	2,6	1,9	0,7	3,2	96,8	0
I	2,7	2,9	2,5	0,4	0	100	0
II	2,6	2,8	2,4	0,4	0	100	0
III	2,2	2,5	1,9	0,6	9,7	90,3	0

Из анализа таблицы 4.9 следует, что наиболее холодными месяцами в РТ, согласно многолетним данным индекса Бодмана, являются январь и февраль со средними многолетними значениями равными $S = 2,7$ и $2,6$ баллов соответственно. Наибольшая амплитуда индекса Бодмана наблюдается в декабре и равна $0,7$ балла, что свидетельствует о большой изменчивости погоды в данный месяц.

В табл.4.10 представлены ежедневные значения среднего многолетнего индекса Бодмана за 1979 – 2017 гг. на территории РТ. Из анализа данной таблицы видно, что с 1 по 13 ноября наблюдается класс погоды «мало-суровый». Далее в РТ начинается «умеренно- суровая» зима и продолжается до 26 декабря. 27 декабря зима на один день меняет класс суровости на «мало-суровый», далее опять господствует «умеренно-суровая» зима. Отношение к данному классу суровости погоды сохраняется на протяжении всей зимы до 22 марта включительно. Далее значение индекса Бодмана уменьшается до $S = 1,9$ балла.

**Ежедневные значения среднего многолетнего
индекса Бодмана (балл) (1979 – 2017 гг.)**

День месяца	Индекс Бодмана				
	XI	XII	I	II	III
1	1,8	2,4	2,7	2,6	2,5
2	1,8	2,4	2,7	2,6	2,4
3	1,8	2,5	2,6	2,7	2,4
4	1,9	2,4	2,6	2,7	2,2
5	1,9	2,3	2,6	2,6	2,3
6	2,0	2,4	2,5	2,5	2,3
7	2,0	2,4	2,6	2,6	2,3
8	2,0	2,4	2,7	2,7	2,2
9	2,0	2,3	2,6	2,8	2,3
10	1,9	2,5	2,6	2,7	2,3
11	1,9	2,4	2,6	2,6	2,3
12	2,0	2,5	2,7	2,6	2,2
13	2,0	2,6	2,7	2,5	2,3
14	2,1	2,6	2,6	2,6	2,2
15	2,1	2,6	2,7	2,7	2,2
16	2,1	2,5	2,6	2,8	2,2
17	2,1	2,5	2,7	2,7	2,2
18	2,1	2,5	2,6	2,6	2,1
19	2,2	2,6	2,5	2,5	2,2
20	2,2	2,6	2,6	2,6	2,1
21	2,3	2,6	2,7	2,7	2,1
22	2,2	2,5	2,8	2,6	2,1
23	2,2	2,6	2,7	2,5	2,0
24	2,2	2,6	2,6	2,4	2,0
25	2,2	2,5	2,7	2,4	2,0
26	2,2	2,5	2,8	2,4	2,0
27	2,2	1,9	2,8	2,5	1,9
28	2,2	2,5	2,9	2,5	2,0
29	2,3	2,4	2,8		2,0
30	2,4	2,6	2,7		1,9
31		2,5	2,7		1,9
Среднее	2,1	2,5	2,7	2,6	2,2
КНЛТ(балл/10лет)	-0,1	0	0	-0,1	-0,1

В целом, за холодный период КНЛТ среднемесячных значений индекса суровости погоды Бодмана на территории Республики Татарстан таковы: с ноября по январь КНЛТ равен -0,1балла/10 лет, т.е. суровость уменьшается, в феврале и марте суровость погоды со временем остается неизменным.

Для обобщения в таблице 4.11 представлена средняя многолетняя характеристика суровости погодных условий в каждом календарном месяце холодного периода. Где также подтверждается тот факт, что январь является самым холодным месяцем года.

Таблица 4.11

Число дней с различной суровостью погодных условий по Бодману в РТ
в период 1979 – 2017 гг.

Характеристика суровости зимы	Календарный месяц года				
	XI	XII	I	II	III
$S < 1$ – мягкая	0	0	0	0	0
$S = 1 - 2$ – мало-суровая	7	1	0	0	3
$S = 2 - 3$ – умеренно-суровая	23	30	31	28	28
$S = 3 - 4$ – суровая	0	0	0	0	0

На рис.4.9 представлена диаграмма размаха индекса суровости Бодмана в холодный период 1979-2017гг. Из данной диаграммы отчетливо видно, что минимальное значение индекса Бодмана наблюдается в ноябре, максимальное – в январе, амплитуда колебаний максимальна в декабре, минимальна – в марте. Однако размах является простейшей мерой изменчивости и указывает только то, насколько отличаются крайние значения выборки, и не указывает насколько велики отклонения величин внутри этого промежутка. Данные сгруппированы плотнее в январе. Точка единичных данных, которая превышает максимальное значение индекса Бодмана встречаются в январе и феврале. Необходимо отметить, что в декабре, январе и феврале встречались года с индексом выше 3 баллов, что соответствует суровой зиме. Значения индекса в ноябре и марте не превышали 2,6 балла.

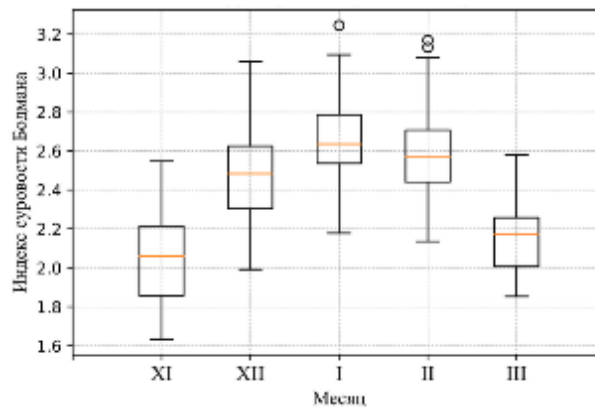


Рис.4.9. Диаграмма размаха индекса Бодмана (балл) в РТ (1979-2017гг.)

Пространственное распределение среднего многолетнего индекса Бодмана на территории Республики Татарстан за январь – март, представлено на рисунке 4.10.

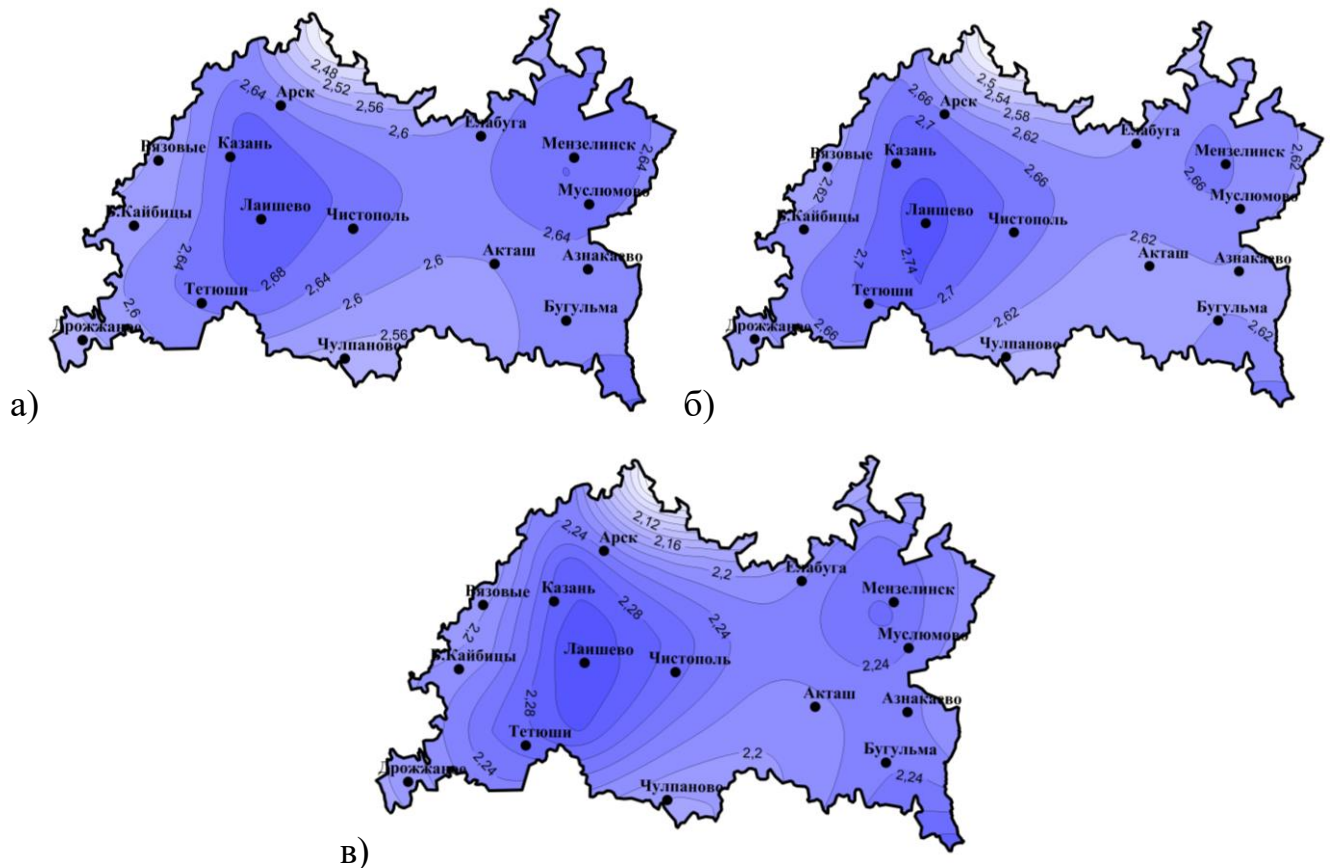


Рис. 4.10. Распределение средних многолетних значений индекса Бодмана (балл) на территории РТ (1979-2017гг.): а) январь, б) февраль, в) март

Из рисунка 4.10 видно, что на всей территории РТ в среднем в период 1979-2017гг. наблюдается выраженная «умеренно-суровая» зима ($S=2-3$ балла).

Отчетливо видны очаги наиболее суровых погодных условий, которые приходится на район Лаишево, Мензелинска и на крайний юго-восток РТ.

Индекс ветрового охлаждения Сайпла-Пассела

Характер многолетнего распределения ежедневного индекса Сайпла-Пассела за каждый календарный месяц холодного периода, включая осенне-весенний период, представлен в таблице 4.12. Анализ данной таблицы по классификации Сайпла-Пассела показывает, что «прохладная» погода на территории Республики Татарстан наблюдается с 1 октября и сохраняется до 31 октября, после чего устанавливается «холодная» погода, которая сохраняется до 11 декабря. Далее вплоть до 2 марта устанавливается «очень холодная» погода, за исключением 24 февраля, когда индекс Сайпла-Пассела понижается до 999,3 кДж/ч. С 3 марта по 3 апреля устанавливается «холодная» погода, которая сменяется на «прохладную» и продолжается до 22 апреля.

Из табл.4.12 следует, что январь самый холодный месяц года с индексом Сайпла-Пассела 1091,5 кДж/ч, далее идут февраль (1072,4 кДж/ч) и декабрь (1029,3 кДж/ч). Март (918,9 кДж/ч) «прохладнее» ноября (893,0 кДж/ч), а апрель (682,0 кДж/ч) теплее октября (698,5 кДж/ч).

Таблица 4.12

Ежедневные значения средних многолетних значений индекса ветрового охлаждения Сайпла-Пассела (кДж/ч) (1979-2017 гг.)

День	Месяц							
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
1	430,8	623,3	810,9	994,6	1086,4	1082,5	1014,3	800,6
2	441,7	656,7	801,3	1011,9	1090,3	1091,7	1003,9	818,2
3	449,9	663,0	808,3	1018,5	1079,6	1105,1	981,8	805,7
4	462,7	646,2	827,3	999,0	1085,6	1099,9	959,4	788,4
5	451,4	641,2	837,0	976,8	1072,5	1074,9	970,5	773,8
6	452,5	648,0	849,5	997,0	1053,7	1062,9	956,1	774,2
7	453,8	642,7	858,8	984,8	1090,2	1085,1	952,5	775,3
8	460,9	655,2	851,3	982,7	1102,5	1104,5	948,2	752,7
9	462,2	648,6	856,5	988,7	1079,3	1132,4	957,0	754,2
10	483,2	641,0	838,4	1017,6	1084,4	1093,1	967,3	753,9
11	500,5	646,4	855,9	990,6	1072,8	1088,5	957,1	719,1

Продолжение табл.4.12								
12	509,0	656,8	870,1	1015,8	1087,1	1069,4	955,8	711,7
13	498,4	675,4	883,7	1039,7	1094,9	1060,5	959,7	710,9
14	499,4	675,4	898,9	1062,3	1077,9	1084,7	934,5	697,0
15	505,0	666,3	901,2	1061,7	1076,1	1103,4	938,1	665,3
16	526,4	658,5	894,9	1048,9	1068,8	1105,9	936,7	660,6
17	523,1	686,3	900,2	1034,7	1091,0	1097,7	922,3	667,4
18	520,8	706,4	903,0	1028,4	1070,4	1078,8	902,5	661,7
19	527,5	709,4	918,2	1054,4	1059,1	1058,4	910,0	647,4
20	535,5	733,3	927,8	1073,8	1061,2	1073,8	908,9	644,5
21	553,1	725,1	951,2	1059,8	1094,7	1102,5	903,6	629,3
22	555,9	722,3	941,4	1047,5	1142,7	1068,0	883,9	601,8
23	537,3	763,7	939,2	1060,9	1104,6	1016,7	867,0	589,8
24	546,9	761,7	943,7	1053,1	1090,0	999,3	858,0	598,3
25	560,1	778,8	939,1	1050,8	1128,9	1008,6	859,9	598,5
26	570,0	772,0	925,2	1049,8	1141,5	1010,4	853,4	591,2
27	582,9	768,9	931,7	1051,6	1118,4	1044,7	843,9	582,5
28	573,4	757,7	949,8	1041,6	1138,7	1023,6	855,5	577,0
29	583,0	771,4	978,2	1023,3	1110,8		864,3	557,4
30	595,9	767,0	996,9	1053,9	1092,9		840,1	551,9
31		785,3		1035,1	1088,7		818,6	
среднее	511,8	698,5	893,0	1029,3	1091,5	1072,4	918,9	682,0
КНЛТ (кДж/ч/10лет)	-20,8	-4,9	-32,7	-17,1	-9,9	-6,9	-10,4	-2,1

В табл.4.12 также представлен КНЛТ среднемесячных значений индекса Сайпла-Пассела. Заметное улучшение биоклиматических условий отмечается во всех месяцах. Большие скорости изменения индекса ветрового охлаждения наблюдаются в сентябре и ноябре (-22,0, -36,0 кДж/ч/10 лет соответственно).

Для более детального анализа индекса охлаждения Сайпла-Пассела в холодный период на территории РТ в период 1979-2017гг. построена диаграмма размаха, которая представлена на рис.4.11. Внимание привлекают зимние месяцы с декабря по февраль, когда усы прямоугольника, указывающие максимальные значения индекса Сайпла-Пассела, находятся выше 1200 кДж/ч, что по шкале теплопотерь соответствует степени охлаждения «жестко холодно». За рассматриваемый период не зафиксирована погода, когда было «невыносимо холодно» ($W > 2500$ кДж/ч). В ноябре 50% случаев находится в интервале от 830 до

940 кДж/ч по шкале теплотерь «холодно», однако минимальное значение равно 720 кДж/ч и попадает в интервал «прохладно». Выбросы больше максимальных значений наблюдаются в январе и феврале, меньше минимальных – в январе.

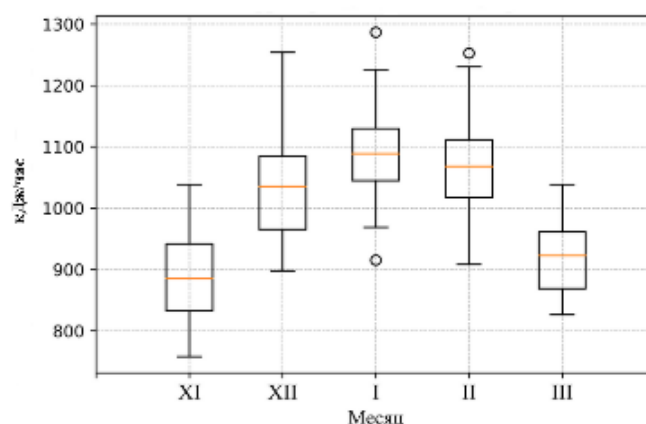


Рис.4.11. Диаграмма размаха индекса охлаждения Сайпла-Пассела (кДж/ч) на территории РТ (1979-2017гг.)

Распределение индекса Сайпла-Пассела января на территории РТ представлено на рис. 4.12.



Рис. 4.12. Распределение индекса Сайпла-Пассела (кДж/ч) января на территории РТ (1979-2017гг.)

Как видно из рис.4.12, индекс Сайпла-Пассела в январе на территории РТ меняется от 1035 до 1115 кДж/ч. Минимальные значения наблюдаются на севере и юго-западе РТ, а максимальные – в районе Лайшево, Мензелинска и на крайнем юго-востоке исследуемой территории.

Индекс патогенности

Для периода 1979-2017гг. рассчитывался индекс патогенности. Согласно исследованию [Головина, 1993], более резкие значения индекса I сочетаются с неблагоприятными сдвигами параметров геодинамики организма (артериального давления, ударного и минутного объема сердца) более низкими средними значениями проницаемости электрических мембран крови и др.

На рис. 4.13 показан годовой ход индекса I, на котором пунктирными линиями выделены две области погоды по значениям I.

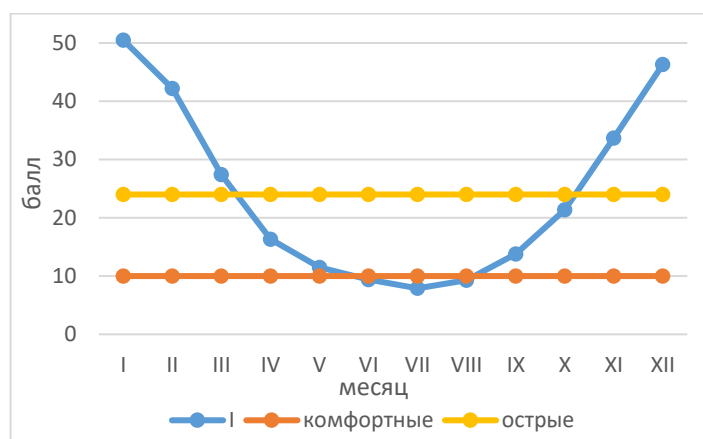


Рис.4.13. Годовой ход средних месячных значений индекса патогенности (балл) метеорологических условий для РТ (1979-2017гг.)

Индекс патогенности имеет годовой ход с наибольшим раздражающим эффектом в зимний период. В этот период наблюдается частая смена циклональной и антициклональной погоды.

Среднемесячные значения индекса патогенности выше 24 встречаются в холодный период года (с ноября по март), в январе они достигают 50,0, в декабре — 46,6, в феврале — 42,3 балла. В категорию «раздражающие» входят апрель и май, когда погодные условия смягчаются - увеличивается количество приходящей солнечной радиации, повышается температура воздуха, уменьшаются облачность и относительная влажность. Погода летнего периода в Республике Татарстан оценивается как наиболее благоприятная —повышается температурный фон, понижается относительная влажность и ослабевает сила ветра из-за ослабления циклонической деятельности и увеличения количества солнечных дней. С июня по

август среднемесячные значения индекса патогенности равны 7,9–9,6. Осенью погода вновь становится переменчивой - усиливается циклоническая деятельность, увеличивается количество облачности, уменьшается высота солнца, усиливается ветер. В сентябре и октябре индекс патогенности принимает значения, которые входят в градацию «раздражающие».

Многолетнее распределение ежедневного индекса патогенности погоды за каждый календарный месяц представлено в таблице 4.13.

Таблица 4.13

**Ежедневные значения средних многолетних значений
индекса патогенности (балл) (1979-2017 гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	52,6	49,5	33,4	19,7	13,9	11,3	8,8	7,7	12,2	19,2	28,0	43,6
2	51,7	46,8	34,2	20,1	12,2	12,7	8,6	7,8	11,9	20,2	29,7	47,7
3	51,1	49,0	33,4	21,2	11,2	10,1	10,4	8,4	12,1	18,8	29,2	45,2
4	55,5	45,7	30,0	19,0	11,8	9,9	8,9	8,3	13,1	16,6	30,8	43,8
5	51,3	43,4	30,9	17,7	11,9	10,9	8,2	8,2	11,3	16,7	31,1	42,6
6	50,4	47,1	32,6	18,4	12,4	11,3	8,7	8,0	11,1	17,5	31,5	43,7
7	55,8	43,7	34,2	18,7	11,0	10,5	8,1	8,8	12,5	18,9	31,2	47,5
8	54,0	46,0	30,0	19,5	10,7	10,1	8,7	8,8	12,4	17,8	31,8	41,2
9	55,5	48,9	28,7	18,4	12,4	11,1	8,4	8,0	12,1	18,1	30,4	45,1
10	50,5	43,6	29,0	19,8	10,8	9,4	9,4	8,3	14,2	19,5	32,4	43,9
11	50,0	39,6	31,3	19,0	13,8	9,7	8,2	7,8	15,3	18,1	33,2	45,4
12	51,2	43,1	28,0	19,2	12,9	9,3	7,7	7,8	15,0	18,0	33,4	43,5
13	53,7	44,0	28,3	17,3	13,2	8,9	7,8	9,2	14,2	22,1	31,9	45,3
14	47,6	43,8	27,0	16,7	10,2	9,8	7,2	8,6	13,6	20,9	33,6	50,6
15	49,7	43,9	27,1	15,6	12,1	8,2	6,8	8,6	14,9	20,2	34,2	48,1
16	50,5	44,2	28,5	14,0	12,6	8,2	7,0	9,5	14,6	19,1	35,8	48,0
17	45,5	41,3	29,1	18,1	12,1	8,7	7,2	9,1	13,8	22,1	36,3	49,1
18	46,7	39,4	26,2	16,6	11,0	9,7	7,9	8,1	14,6	22,5	36,4	48,7
19	47,3	40,1	27,0	15,6	10,9	10,6	7,6	8,5	14,9	22,2	34,9	43,2
20	47,1	40,6	25,3	16,3	10,6	10,0	7,5	9,8	13,1	23,4	35,2	47,2
21	49,0	43,5	27,7	16,2	10,8	8,3	8,1	9,2	13,9	23,0	38,1	46,0
22	52,4	42,9	26,8	14,5	12,3	10,4	7,7	9,3	13,1	24,0	37,9	46,9
23	53,0	37,6	24,4	14,4	10,7	9,3	6,4	10,9	14,2	26,4	36,1	51,0
24	52,4	34,0	25,1	14,6	10,3	7,7	6,5	10,8	15,1	22,2	36,5	46,2
25	51,8	35,1	24,0	12,5	10,9	7,4	8,0	10,8	15,8	25,4	38,4	48,4
26	51,3	36,5	23,9	12,6	9,9	7,6	7,4	11,2	16,7	24,2	37,7	52,4
27	50,6	35,9	24,0	12,2	11,8	7,2	7,2	10,7	16,8	23,2	37,6	46,8

Продолжение табл. 4.13												
28	48,9	35,9	22,5	13,8	11,4	8,7	7,5	11,2	15,7	26,5	41,6	47,6
29	47,4		21,2	12,4	9,5	10,5	7,2	11,3	15,9	27,0	41,4	47,1
30	45,2		20,5	13,5	10,0	9,6	7,6	11,6	17,5	27,6	45,4	51,5
31	46,1		19,6		9,7		8,6	14,9		24,1		48,6
среднее	50,5	42,3	27,5	16,6	11,5	9,6	7,9	9,4	14,1	21,5	34,7	46,6
КНЛТ балл/10 лет	-1,2	-0,6	-0,2	-0,3	-0,4	-0,3	-0,5	-0,9	-1,1	-0,8	-2,8	-1,3

Из таблицы 4.13 видно, что «комфортные» условия погоды в РТ наблюдаются с 10 июня по 22 августа, но, 19-20, 22 и 29 июня погода характеризуется как «слабораздражающая». Уже начиная с 23 августа по 22 октября наблюдаются «раздражающие» погодные условия со значениями индексов патогенности, имеющих тенденцию увеличения до 24,0 (22 октября). С 23 октября до 24 марта на территории РТ индекс патогенности находится в градации «острые погодные условия», достигая максимума 7 января (55,8), 4 и 9 января (55,5). Далее с 25 марта начинаются «сильно раздражающие» условия погоды, которые плавно перетекают в «слабо раздражающие» и длятся до начала «комфортных», т.е. до I декады июня.

Отрицательные значения коэффициентов наклона линейного тренда среднемесячных значений (табл.4.13) свидетельствуют об улучшении биоклиматических условий в Татарстане. Наибольшие скорости изменения значений данного индекса наблюдаются в холодный период года, величина КНЛТ находится в пределах от 1,2 до 2,8 балла/10 лет.

Многолетнее распределение ежедневных значений частных индексов патогенности погоды за каждый календарный месяц представлено в прил. 6-11.

В табл. 4.14, где приведены средние значения частных индексов I_x по месяцам, виден их вклад в общий индекс I .

Таблица 4.14

Средние значения частных I_x и общего I индексов патогенности (балл)

Компонента	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_t	18,5	17,7	10,8	3,9	0,9	0,4	0,3	0,3	1,2	4,1	10,0	15,4
I_f	11,6	7,6	3,7	1,9	0,9	1,5	1,6	2,0	3,3	5,1	9,5	11,5
I_v	4,9	4,8	4,8	4,3	3,6	3,0	2,6	2,9	3,7	4,5	4,7	5,1
I_n	5,1	4,2	3,3	2,6	2,0	1,8	1,5	1,8	2,8	3,6	4,7	5,1
$I_{\Delta p}$	2,8	2,7	2,6	1,9	1,3	0,9	0,7	0,8	1,4	2,2	2,7	3,2
$I_{\Delta t}$	7,6	5,3	2,3	2,0	2,8	2,0	1,2	1,6	1,7	2,0	3,1	6,3
I	50,5	42,3	27,5	16,6	11,5	9,6	7,9	9,4	14,1	21,5	34,7	46,6

Из данных табл. 4.14 видим, что в холодный период основной вклад в общий индекс патогенности I для РТ даёт частный индекс I_t (отклонение температуры воздуха от оптимальной, +18 °С). На втором месте стоит индекс I_f (отклонение среднесуточной относительной влажности воздуха от оптимальной). На последнем месте находится индекс межсуточного изменения атмосферного давления $I_{\Delta p}$. Диаграмма вклада частных индексов в общий индекс патогенности для каждого месяца года представлена в прил. 12.

По итогам главы 4 можно сформулировать следующие выводы:

1. Комфортные погодные условия по эффективной температуре (12,7 – 18,3°С) отмечаются с мая по сентябрь. По индексу Стедмана в среднем по Республике Татарстан условия с минимальной термической опасностью наблюдается с сентября по май. С мая по июнь устанавливается риск «средней» термической опасности. Начиная с июня до августа возникает «высокая» термическая опасность.
2. По эквивалентно-эффективной температуре Миссенарда биоклиматические условия с мая по сентябрь характеризуются как «умеренно прохладно», «прохладно» и «умеренно тепло», переходных периодов апреля и октября – как «очень прохладно». Зимние условия (с ноября по март) на территории РТ характеризуются как «холодно», «очень холодно» и «угроза обморожения».

3. По индексу суровости Бодмана зима на территории РТ характеризуется как «умеренно суровая». По ветровому индексу охлаждения Сайпла-Пассела с начала декабря до начала марта на территории РТ наблюдается «очень холодная» погода.
4. Значения индекса патогенности подтверждают, что комфортные условия для населения в РТ создаются в летние месяцы. В холодный период года формируются дискомфортные условия, которые в зимние месяцы достигают критерия «острые», в переходные периоды индекс патогенности характеризует погодные условия как «раздражающие».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе получены следующие основные результаты:

1. Получена оценка изменения температуры воздуха на территории РТ в периоды 1966-2016гг., 1966-2000гг. и 2001-2016гг. Показано, что среднегодовая скорость роста температуры уменьшилась с $0,34^{\circ}/10$ лет (1966-2000гг.) до $0,29^{\circ}/10$ лет (2001-2016гг.). В начале XXI века прослеживается тенденция заметного уменьшения температуры воздуха в зимние месяцы и повышения – в летние. Выявлена значительная зависимость температуры воздуха на территории РТ от циркуляционных факторов. Показано, что с усилением САК зимой температура повышается, а летом, наоборот, понижается.
2. Выявлен противоположный характер изменения температуры воздуха в тропосфере и стратосфере в последние десятилетия. В тропосфере температура воздуха растет, а в стратосфере с уровня 150гПа понижается. В зимний период в тропосфере изменения температуры происходят более интенсивно, чем в летний. Вертикальные связи в поле температуры ослабевают в области тропопаузы и меняют знак при переходе в стратосферу. С помощью рассчитанных корреляционных связей дана оценка степени влияния солнечной активности на термические процессы в тропосфере и стратосфере.
3. С помощью ансамбля моделей CMIP5 получены оценки будущих значений температуры воздуха для РТ в 21 веке. Так, по сценарию RCP 2,6 разница между средними температурами января периодов 1976-2010 гг. и 2080-2099 гг. составляет $1,2^{\circ}\text{C}$, июля – $0,9^{\circ}\text{C}$. По сценарию RCP 4.5, температура января повысится на $3,8^{\circ}\text{C}$ к концу столетия, а июля – на $2,0^{\circ}\text{C}$. Сценарий RCP 8.5 прогнозирует повышение температуры января на $6,9^{\circ}\text{C}$ в 2080-2099гг. по сравнению с 1976-2010гг., а июля – на $4,7^{\circ}\text{C}$. Максимальные значения скорости повышения температуры воздуха для рассмотренных трех сценариев наблюдаются в зимние месяцы, минимальные – в летние. В целом на территории РТ сохранится умеренно-континентальный тип климата.

4. Выявлено сокращение продолжительности отопительного периода со скоростью 4сут/ 10 лет за счет более позднего его наступления осенью и раннего окончания весной. Расход энергии на отопление в РТ уменьшается со скоростью 115 °С·дни/ 10 лет. Выяснилось, что в РТ в период 1979-2017гг. произошло относительное уменьшение энергозатрат на отопление по данным температурных изменений в среднем на 2%. В целом отмечаемое современное потепление климата способствует уменьшению расходов ЖКХ на отопление помещений в холодный период года.
5. В среднем по РТ в период 1966-2013гг. многолетняя годовая сумма осадков составила 493 мм, в 1966-2000 гг. – 486 мм, в 2000-2013 гг. – 509 мм. Максимум осадков наблюдается на северо-западе, а минимум на востоке РТ. Основной вклад в устойчивый рост годовой суммы атмосферных осадков вносят осадки в холодный период года. В теплый период года в 1966-2013гг. отмечается незначительная скорость увеличения количества осадков, в 2000-2013гг. наблюдается их уменьшение со скоростью 23,2 мм/10 лет.
6. В Республике Татарстан отмечаются умеренно устойчивые урожаи ($C_m=0,23$). Наибольшую роль в формировании урожая играет фактор увлажненности в первую половину вегетационного периода, коэффициент корреляции урожайности зерновых культур с осадками за период апрель –июнь составил 0,64. Первая половина вегетационного периода (апрель-июнь) характеризуется положительной тенденцией изменения температуры воздуха и отрицательной тенденцией изменения количества атмосферных осадков, что свидетельствует об ухудшении условий возделывания зерновых культур в РТ.
7. Комфортные погодные условия на территории РТ по показателю эффективной температуры (12,7 – 18,3°C) отмечаются с мая по сентябрь. По показателям ЭТ Стедмана летний период относится к категории «высокой термической» опасности. ЭЭТ Миссенарда классифицирует зимние условия на исследуемой территории как «холодно», «очень холодно» и «угроза обморожения». По индексу суровости Бодмана зима на территории РТ характеризуется как «умеренно суровая». Значения индекса Сайпла-Пассела позволяют оценить

зимний период по классу «очень холодно». Значения индекса патогенности подтверждают, что комфортные условия для населения в РТ создаются в летние месяцы. В холодный период года формируются дискомфортные условия, которые в зимние месяцы достигают критерия «острые», в переходные периоды индекс патогенности характеризует погодные условия как «раздражающие».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенштат, Б.А. Методы расчета некоторых биоклиматических показателей / Б.А. Айзенштат // Метеорология и климатология. – 1964. – №12. – С.9-16.
2. Айзенштат, Б.А. Оценки радиационного влияния различных элементов городской среды на тепловое состояние человека для целей градостроительства/ Б.А. Айзенштат// Строительная климатология. – М.: Стройиздат, 1987. – № 6. – С. 66-71.
3. Анисимов, О.А., Белолуцкая, М.А., Лобанов, В.А. Современные изменения климата в области высоких широт северного полушария/ О.А. Анисимов, М.А.Белолуцкая, В.А. Лобанов // Метеорология и гидрология. – 2003. – №1. – С.18-30.
4. Баранова, Г. П. Мировые ресурсы продовольствия / Г. П. Баранова, Е. Б. Хлебутин. – М.: МСХА, 1991. – 40 с.
5. Барашкова, Н.К. Характеристика циркуляционных сезонов и их средних температур в Томске/ Н.К. Барашкова // Оптика атмосферы и океана. – 2003. – Т.16. – №7. – С. 598-601.
6. Бокша, В. Г. Медицинская климатология и климатотерапия / В. Г. Бокша, Б. В. Богуцкий. – Киев: Здоровье, 1980. – 256 с.
7. Борзенкова, А.В. Современные изменения климатических характеристик отопительного периода в России и их связь с атмосферной циркуляцией/ А.В. Борзенкова, А.Б. Шмакин // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2013. – № 4. – С. 59–69.
8. Браун, Л. Мы тратим, а платить будут следующие поколения/ Л. Браун// Экология и жизнь. – 2011. – №9. – С.56-61.
9. Будыко, М.И. Глобальное потепление/ М.И. Будыко, К.Я. Винников // Метеорология и гидрология. – 1976. – №7. – С.16-26.
10. Будыко, М.И. Предстоящие изменения климата/ М.И. Будыко, И.И. Борзенкова, Г.В. Менжулин, К.И. Селякова// Изв. РАН. Сер. географическая. – 1992. – №4. – С. 36-52.
11. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2014. – 1009 с.

12. Гавриленко, Н.М. Особенности дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С весной на Украине/ Н.М. Гавриленко // Труды НИГМИ. – 1962. – Вып. 32. – С.18–26.
13. Головина, Е.Г. Некоторые вопросы биометеорологии: Уч. пос./ Е.Г. Головина, В.И. Русанов – СПб.: Изд-во РГГМУ, 1993. – 90 с.
14. Гордеев, А.В. Биоклиматический потенциал России: теория и практика/ А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков и др. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 512 с.
15. Григорьев, Г.Н. Роль изменения климата в землеустройстве/ Г.Н. Григорьев, И.В. Волощенко// Научные ведомости. Серия Естественные науки, 2010. – Вып. 11. – № 9 (80). – с.143-147.
16. Грингоф, И.Г. Агrometeorология и агrometeorологические наблюдения / И.Г. Грингоф, А.Д. Пасечнюк. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 552 с.
17. Грингоф, И.Г. Разработка методологии построения моделей «ПОГОДА-УРОЖАЙ» и оценка ожидаемой урожайности основных сельскохозяйственных культур/ И.Г. Грингоф, А.Д. Клещенко, О.Д. Сиротенко, В.М. Лебедева, В.Н. Павлова// В сборнике: Сборник научных работ лауреатов областных премий и стипендий. – Калуга. – 2016. – С.67-82.
18. Груза, Г.В. Оценка предстоящих изменений климата на территории Российской Федерации/ Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. – 2009. – №11. – С.15-29.
19. Груза, Г.В. Климатические изменения температуры воздуха на территории России по данным инструментальных наблюдений/ Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». – 2007. – №3. – С.25-40.
20. Гущина, Д.Ю. Явление Эль-Ниньо и его влияние на процессы в атмосфере и океане// Д.Ю. Гущина, Б.Дебитт// Труды государственного океанографического института. – 2016. – №217. – С.184-208.

21. Дегтерев, А.Х. Оценка влияния сезонных изменений температуры на энергопотребление Украины в отопительный период/ А.Х.Дегтерев, Л.Н. Дегтерева // Метеорология и гидрология. – 2002. – №12. – С.58-61.
22. Деревянко, А.Н. Расчет сроков начала полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур в нечерноземной зоне Европейской территории РСФСР/ А.Н. Деревянко // Метеорология и гидрология. – 1969. – № 1. – С. 74-77.
23. Дзюба, А.В. Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетии / А.В. Дзюба, Г.Н. Панин // Метеорология и гидрология. – 2007. – №5. – С. 5-27.
24. Долгий-Трач, В.А. Климатическое обслуживание агропромышленного комплекса/А.В. Долгий-Трач, В.Н. Павлова// Доклад на Региональном консультационном совещании по климатическому обслуживанию в Северной Евразии. – 19-20 октября 2015, Сочи, РФ – 27 с.
25. Дроздов, О.А. Естественные и антропогенные изменения климата / О.А. Дроздов, П.П. Арапов, К.М. Лугина // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М.: Геос. – 2000. – С. 54-59.
26. Дымников, В.П. О предсказуемости изменений климата. / В.П. Дымников // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 1998. – Т. 34. – №5. – С.741-751.
27. Ермакова, Л.Н. Климатическая составляющая изменчивости урожаев яровой пшеницы на Урале/ Л.Н. Ермакова // Географический вестник. – 2005. – №1-2. – С. 100-112.
28. Ермакова, Л.Н. Современные изменения климатических и агрометеорологических характеристик в Пермском крае и возможные вариации продуктивности сельскохозяйственных культур/ Л.Н. Ермакова, В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева// Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2013. – № 6-2. – С.104-116.
29. Зинченко, А. П. Сельскохозяйственная статистика с основами социально-экономической статистики / А. П. Зинченко. – М.: Изд-во МСХА, 1998. – 430 с.

30. Зоидзе, Е.К. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности/ Е.К. Зоидзе, Т.В. Хомякова // Метеорология и гидрология. – 2006. – №2. – С.98-105.
31. Израэль, Ю.А. Изменения глобального климата/ Ю.А. Израэль, Г.В. Груза, В.М. Катцов, В.П. Мелешко// Метеорология и гидрология. – 2001. – № 5. – С. 5-21.
32. Исаева, М.В. Особенности биоклиматических условий Приволжского федерального округа/ М.В. Исаева // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2010. – №2 (46). – С.73-77.
33. Исаев, А.А. Экологическая климатология/ А.А. Исаев. – М.: Научный мир, 2001. – 456 с.
34. Кац, А.Л. Циркуляция в стратосфере и мезосфере / А.Л. Кац. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 204 с.
35. Климат России / под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 655 с.
36. Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей / Под ред. К.Ш. Хайруллина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 231 с.
37. Козельцева, В.Ф. Данные о весенних датах устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, ± 5 °С по станциям западной части территории СССР/ В.Ф. Козельцева, Д.А. Педь. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987. – 59 с.
38. Колобов, Н.В. Засухи на территории Татарской АССР/ Н.В.Колобов, С.А. Муракаева. – Казань: Изд-во Казан. ун-та. – 1980. – 140 с.
39. Кононова, Н.К. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX –XXI столетиях и их последствия для климата/ Н.К. Кононова// Фундаментальная и прикладная климатология. – 2015. – №1. – С. 133-162.
40. Крымская, О.В. Тенденции изменения температурного режима на территории Белгородской области/ О.В. Крымская, Д.В. Степанова, С.Ю. Куралесина//

- Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: естественные науки. – 2012. – Т.20. – №15 (134). – С.194-198.
41. Лебедева, В.М. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование/ В.М. Лебедева, А.И. Страшная. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 216 с.
 42. Леонова, Г.В. Аномалия осадков в июле в южной половине Европейской территории СССР, на юге Западной Сибири и в северной части Казахстана и некоторые возможности ее прогнозирования / Г.В. Леонова, Т.А. Богданова// Тр. ГМЦ СССР, 1975. – Вып. 166. – С. 312-315.
 43. Маврищев, В.В. Основы экологии: Учебник / В.В. Маврищев. – М.: Высшая школа, 2003. – 416 с.
 44. Матвеев, Л.Т. Физика атмосферы / Л.Т.Матвеев. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.
 45. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / под.ред. С.М. Семенова. – М.: Росгидромет, 2012. – 510 с.
 46. Мещерская, А.В. Каталоги аномальных зим на территории России / А.В. Мещерская, М.П. Голод // Тр. ГГО. – 2015. – Вып. 579. – С. 129-161.
 47. Мильков, Ф.Н. Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ / Ф.Н. Мильков, Н.А. Гвоздецкий.– М.: Высш.шк., 1986. – 376 с.
 48. Монин, А.С. Колебания климата / А.С. Монин, Д.М. Сонечкин. – М.: Наука, 2005. – 191 с.
 49. Моханакумар, К. Взаимодействие стратосферы и тропосферы/ К.Моханакумар. – М.: Физматлит, 2011. – 452 с.
 50. Мустафина, А.Б. Агроклиматические условия Республики Татарстан/ А.Б. Мустафина // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2018. – Т.28. – Вып. 3. – С. 298-307.

51. Мустафина, А.Б. Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966-2013 гг./ А.Б. Мустафина // Географический вестник. – 2017. – №2 (41). – С.99-108.
52. Нестеров, В.Г. Горимость леса и методы ее определения/ В.Г. Нестеров – М: Гослесбумага, 1949. – 76 с.
53. Нестеров, Е.С. О восточно-атлантическом колебании циркуляции атмосферы/ Е.С.Нестеров // Метеорология и гидрология. – 2009. – №12. – С.32-40.
54. Новиков, А.В. Глобальное потепление шанс для России / А.В. Новиков, П.М.Хомяков. – НГ.: Наука, 1999. – № 1. – 155 с.
55. Оборин, М.С. Оценка степени благоприятности погодных условий Приволжского федерального округа для целей рекреации и санаторно-курортного лечения/ М.С. Оборин, Л.Н. Ермакова, А.Г. Баталова// Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2014. – Вып. 2. – С. 162-170.
56. Образцов, А. С. Потенциальная продуктивность культурных растений / А. С. Образцов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 504 с.
57. Отнес, Р., Эноксон, Л. Прикладной анализ временных рядов: основные методы/ Р. Отнес, Л. Эноксон. – М.: Мир, 1992. – 428 с.
58. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030г. и дальнейшую перспективу / под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. – Москва: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. – 252 с.
59. Павлова, В.М. Оценка климатических рисков потерь урожая в региональных системах земледелия/ В.М. Павлова, С.Е. Варчева // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2017. – Т.3. – С.122-132.
60. Пасов, В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур/ В.М. Пасов – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 152 с.
61. Педь, Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения/ Д.А. Педь // Труды Гидрометцентра СССР, 1975 . – Вып.156. – С.19-38.

62. Переведенцев, Ю.П. Динамика полей температуры воздуха Северного полушария в современный период / Ю.П. Переведенцев, Ф.В. Гоголь, Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский // Проблемы анализа риска. – 2007. – Т.4. – №1. – С. 73-80.
63. Переведенцев, Ю.П., Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан. Казань/ Ю.П. Переведенцев, Б.Г. Шерстюков, Э.П. Наумов и др. – Казань: Изд-во Казанск. Гос. ун-та, 2008. – 288 с.
64. Переведенцев, Ю.П. Теория климата/ Ю.П. Переведенцев. – Казань: Казан. гос. ун-т., 2009. – 504 с.
65. Переведенцев, Ю.П. Характеристика биоклимата Республики Татарстан/ Ю.П. Переведенцев, Н.В. Исмагилов, Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский, Ф.В. Гоголь, М.В. Исаева// Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Естеств. науки. – 2009. – Том 151. – Кн.3. – С.239-246.
66. Переведенцев, Ю.П. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский [и др.]. Под ред. Э.П. Наумова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2011. – 296 с.
67. Переведенцев, Ю.П. Метеорологические условия горимости леса на территории Среднего Поволжья / Ю.П. Переведенцев, Н.А. Важнова, К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2011. – №4. – С. 29-32.
68. Переведенцев, Ю.П. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Ю.П. Переведенцев, Р.Б. Шарипова, Н.А. Важнова // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 2. – С. 120-126.
69. Переведенцев, Ю.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа / Ю.П. Переведенцев, В.В. Соколов, Э.П. Наумов [и др.]. науч. ред. М.А. Верещагин. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 274 с.

70. Переведенцев, Ю.П. Теория общей циркуляции атмосферы: учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, И.И. Мохов, А.В. Елисеев и др.: науч.ред. Э.П. Наумов. – Казань: Казан. ун-т., 2013. – 224 с.
71. Переведенцев, Ю.П. Современные изменения климатических характеристик отопительного периода в Казани / Ю.П. Переведенцев, А.Б. Гимранова, М.М. Шарипова, Т.Р. Аухадеев// Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Т.156. – №4. – С. 123-130.
72. Переведенцев, Ю.П. Изменения приземной температуры воздуха Северного полушария за период 1850-2014 гг./ Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский// Ученые записки Казанского университета. – 2015. – Том 157. – Кн.3. – С.8-19.
73. Переведенцев, Ю.П. Агроклиматические условия Приволжского федерального округа / Ю.П. Переведенцев, Ю.Г. Хабутдинов, А.В. Алтухова, Р.Д. Гизатуллин// Российский журнал прикладной экологии. – 2017. – №1 (9). – С. 3-8.
74. Переведенцев Ю.П. Термический режим в Приказанском регионе за последние 90 лет и его возможные изменения в XXI веке / Ю.П. Переведенцев, Т.Р. Аухадеев, А.А. Николаев, К.М. Шанталинский// Сборник трудов IX международного конгресса «Чистая вода. Казань». – Казань, 2018. – С. 169-173.
75. Пиловец, Г.И. Комплексный индекс патогенности как показатель оценки влияния погодных условий на организм человека/ Г.И. Пиловец, Е.С. Зверева// Веснік віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – Минск. – 2006. – №1 (39). – С.130-135.
76. Полковская, М.Н. Оптимизация структуры посевов с учетом изменчивости климатических параметров и биопродуктивности культур // дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18/ Полковская Марина Николаевна. – Иркутск, 2014. – 138 с.
77. Порфирьев, Б.Н. Экономика климатических изменений/ Б.Н. Порфирьев// Вопросы экономики. – 2009. – №5. – С.150-151.
78. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования

рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы» [Электронный ресурс]. –

<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70110644/#ixzz5X0tBGtnZ>

79. Ранькова, Э.Я. Индикаторы изменений климата/ Э.Я. Ранькова, Г.В. Груза// Метеорология и гидрология. – 1998. – №1. – С.5–17.
80. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р «Об энергетической стратегии России на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://energoeducation.ru/wp-content/uploads/2015/11/LAW94054_0_20151002_142857_54007.pdf
81. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 640 с.
82. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под редакцией Н.В. Кобышевой. – СПб., 2008. – 336 с.
83. Садоков, В.П. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5 °С, их прогноз и оценка/ В.П. Садоков, В.Ф. Козельцева, Н.Н. Кузнецова// Труды гидрометеорологического НИЦ РФ. – М., 2012. – Вып. 348. – С. 144-152.
84. Сахарова, Ю.Н. Влияние теплоэнергетики на окружающую среду/ Ю.Н. Сахарова // Экология России: на пути к инновациям. Межвуз. сб. научн. тр. – Астрахань, 2013. – Вып.7. – С. 99-102.
85. Сидоренков, Н.С. О квазичетырехлетних и квазитридцатипятилетних биениях амплитуды суточных колебаний температуры / Н.С. Сидоренков, Ю.П. Переведенцев, М.М. Шарипова, А.Б. Гимранова, В.Н. Петров // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2013. – Т.155. – №1. – С.171-179.
86. Смирнова, Е. А. Учебно-методический комплекс по курсу «Прогнозирование и планирование развития АПК»/ Е.А. Смирнова, Е.Ю. Чупахина. – Ульяновск, ГСХА, 2007. – 264 с.

87. Справочник эколого– климатических характеристик г. Москвы / Под ред. А.А.Исаева. – М.: Изд– во МГУ, 2005. – Т.2. – 410 с.
88. Суркова, Г.В. Колебания изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков как агрометеорологический фактор/ Г.В. Суркова, К. Пона// Метеорология и гидрология. – 2002. – № 6. – С. 85-99.
89. Тищенко, В.А. Климатические характеристики весенних и осенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C, +5°C, +10°C, +15°C для районов Республики Казахстан/ В.А. Тищенко, Н.Н. Кузнецова, Т.М. Федунова// Труды гидрометеорологического НИЦ РФ. – М.: 2015. – Вып. 357. – С. 98-112.
90. Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов/ Э. Ферстер, Б. Ренц// Перевод с немецкого и предисловие В.М. Ивановой. – М.: «Финансы и статистика». – 1983. – 304 с.
91. Фролов, А.В. О засухе 2010 года и ее влиянии на урожайность зерновых культур / А.В. Фролов, А.И. Страшная // В сб. «Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года». – М.: Триада ЛТД, 2011. – С. 22-31.
92. Хан, В.М. Метод прогноза на месяц показателя пожарной опасности в градациях на территории России (в пожароопасный сезон)/ В.М. Хан, Р.М.Вильфанд, Д.Б.Киктев// Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2015. – №42. – С. 39-49.
93. Хан, В.М. Концепция региональных климатических форумов ВМО и вклад Северо-Евразийского климатического форума в ее реализацию/ В.М. Хан// Труды Гидрометцентра России. – 2017. – Вып. 366. – С. 5-13.
94. Хандожко, Л.А. Экономическая метеорология. Учебник/ Л.А. Хандожко. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 490 с.
95. Чирков, Ю.И. Агрометеорология / Ю.И. Чирков. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 320 с.

96. Черенкова, Е.А. Количественные оценки атмосферных засух в федеральных округах Европейской территории России/ Е.А. Черенкова // Известия РАН. Серия географическая. – 2013. – №6. – С. 76-85.
97. Чичасов, Г.Н. Численные методы обработки и анализа гидрометеорологической информации / Г.Н. Чичасов. – М.: Боргес, 2013. – 235 с.
98. Шарипова, Р.Б. Агроклиматическая оценка атмосферных засух и урожайности на территории ГНУ Ульяновской НИИСХ/ Р.Б. Шарипова, А.Г. Галиакберов, С.Н. Никитин, М.М. Сабитов// Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 35-39.
99. Шерстюков, Б.Г. Изменения, изменчивость и колебания климата / Б.Г. Шерстюков. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 291 с.
100. Шерстюков, Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата / Б. Г. Шерстюков. – Обнинск: ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2008. – 246 с.
101. Школьник, И.М. Влияние изменений климата на производство и потребление энергии в России / И.М. Школьник, В.П. Мелешко, В.В. Стадник и др. // Труды ГГО. – 2014. – Вып. 573. – С. 92-228.
102. Школьник, И.М. Ожидаемые изменения климата на территории РФ в XXI веке/ И.М. Школьник, В.П. Мелешко, И.Л. Кароль и др. // Труды ГГО. – 2014. – Вып. 575. – С. 64-117.
103. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайруллина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 319 с.
104. Brohan, P., Kennedy, J.J., Harris, I. et al. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850 // J. Geophysical Research. – 2006. – Vol. 111.
105. Casey, K. S. Global and regional sea surface temperature trends. / K. S. Casey, P. J. Cornillon. //Climate . – 2001. – vol. 14. – P. 3801-3818.
106. Climate change 2007. Synthesis Report. Summary for Policymakers. – URL: [http:// www. ipcc. ch](http://www.ipcc.ch).

107. Climate change 2007: The Physical science basis / Eds: S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. – Cambridge: New York: Cambridge University Press, 2007. – 996 p.
108. ECMWF Newsletter No. 110 – Winter 2006/07. / Riddaway B. (ed.). Reading: European Centre for Medium-Range Weather Forecast. 2007. – 53 p.
109. Folland, C. K. Global temperature change and its uncertainties since 1861. / C.K. Folland, N. A. Rayner, S. J. Brown // Geophys. Res. Lett., 2001. – vol. 28. – No. 13. – P. 2621-2624.
110. Hansen, J. Global surface air temperatures: update through 1987 / J. Hansen, S. Lebedeff // Geophysical Research Letters. – 1988. – Vol. 15. – № 4. – P. 323-326.
111. IPCC Report. The Physical Science Basis, 2013. – Cambridge: Cambridge Univ. Press. – 2013. – 2216 p.
112. Jones, P.D. Surface air temperature and its changes over the past 150 years / P.D. Jones, M. New, D.E. Parker, S. Martin, I.G. Rigor // Reviews of Geophysics. – 1999. – Vol. 37. – Issue 2. – P. 173-199.
113. Kevin, C., 2012. HadCRUT4: Analysis and critique. Posted on 13 June 2012. URL: http://skepticalscience.com/hadcrut4_analysis_and_critique.html
114. Klimawandel in Sachsen// Geschäftsbereich des Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft. Dresden, 2005. – 109 p.
115. Kukla, G., Karl, T.R. Nighttime warming and the greenhouse effect // Environ. Sci. Technol. – 1993. – V.27. – №8. – P.1468-1474.
116. Met Office, 2015. Our changing climate – the current science. – URL: http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/4/b/Our_changing_climate_-_the_current_science.pdf
117. Parmesan, C. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems / C. Parmesan, G. Yohe // Nature 21: 2003. – 37 p.
118. Pearce, F. Global warming "jury" delivers guilty verdict / F. Pearce // New Scientist. 1995. – 9 Dec. – P. 6- 9.

119. Robins, N., Clover, R., Singh, C. A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green. – HSBC Global Research, 2009. – URL: http://globaldashboard.org/wp-content/uploads/2009/HSBC_Green_New_Deal.pdf
120. Souza Echera, M.P. On the relationship between global, hemispheric and latitudinal averaged air surface temperature (GISS time series) and solar activity / M.P. Souza Echera, E. Echera, N.R. Rigozoc, C.G.M. Brumd, D.J.R. Nordemanna, W.D Gonzalez // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2012. – Vol. 74. – P. 87-93.
121. Steadman, R G. The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity index based on Human physiology and clothing science // Journal of Applied Meteorolgy. July 1979. – V. 18. –P. 861-873.
122. Vitart, F. Coupling issues in monthly forecasting / F. Vitart // ECMWF Workshop on Ocean-Atmosphere Interactions. – 2008. – P. 10-12.
123. Wallace, J.M. Interpretation of interdecadal trends in Northern Hemisphere surface air temperature / J.M. Wallace, J. Zhang, L. Bajuk // J. Climate. – 1996. – Vol. 9. – № 2. – P.249-259.

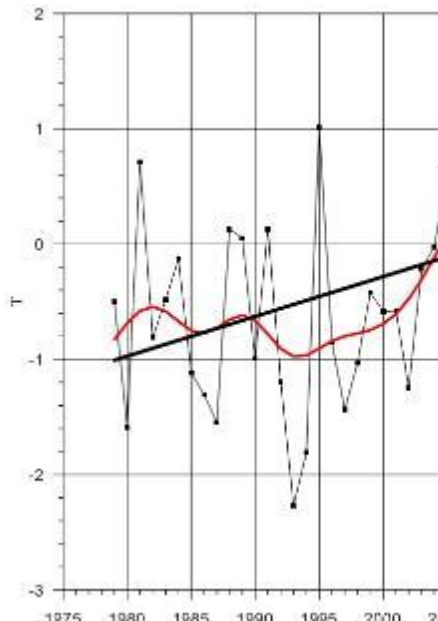
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Многолетний ход средних температур воздуха на территории РТ: а) годовой (январь-декабрь), б) зимней (декабрь-февраль), в) летней (июнь-август). (1979 – 2016 гг.)

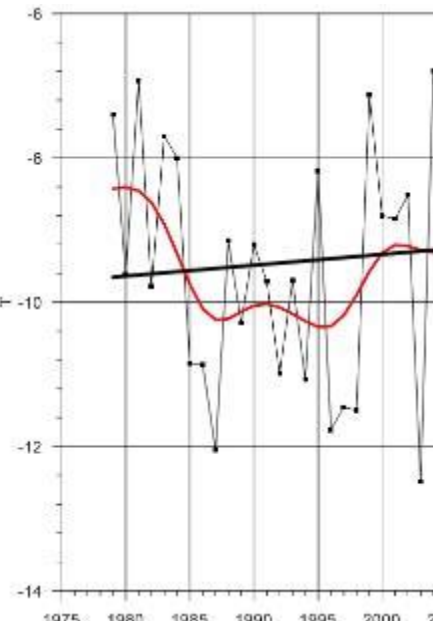
(исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет)

а)



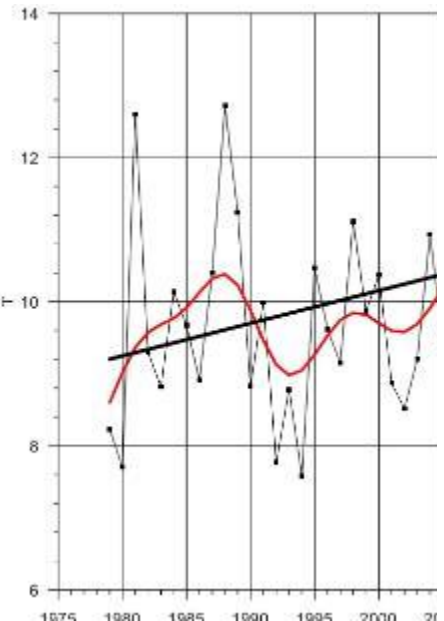
Уровень 850 гПа, год

б)

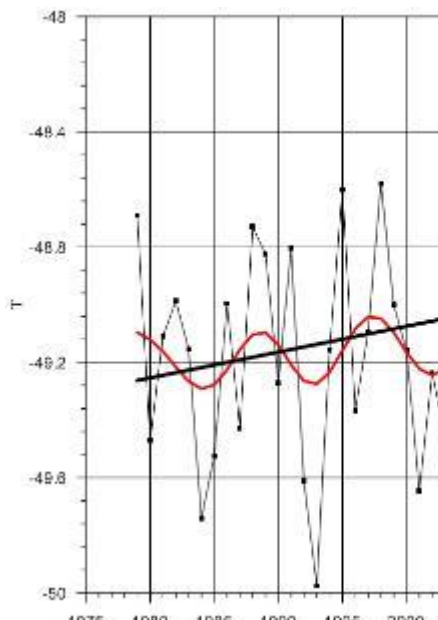


Уровень 850 гПа, зима

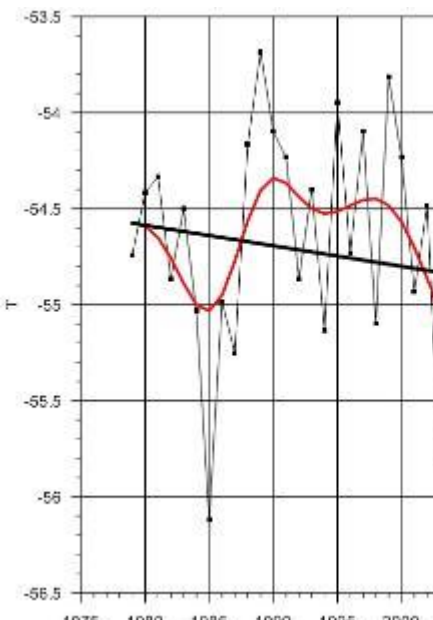
в)



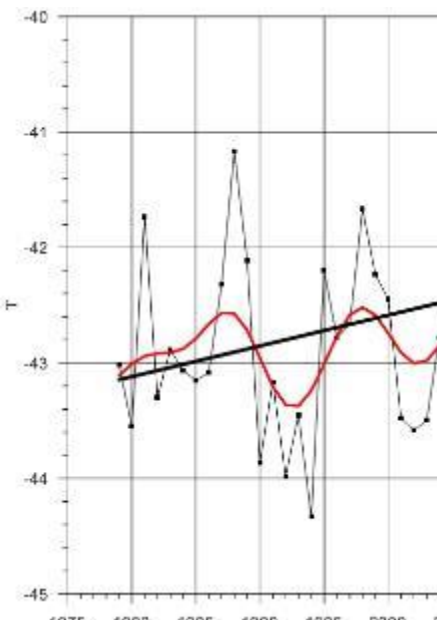
Уровень 850 гПа, лето



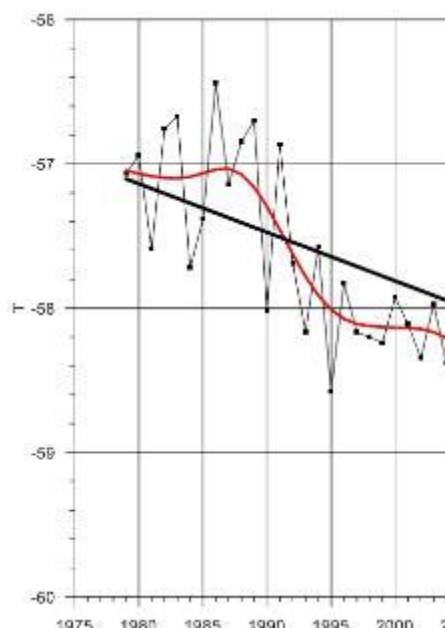
Уровень 300 гПа, год



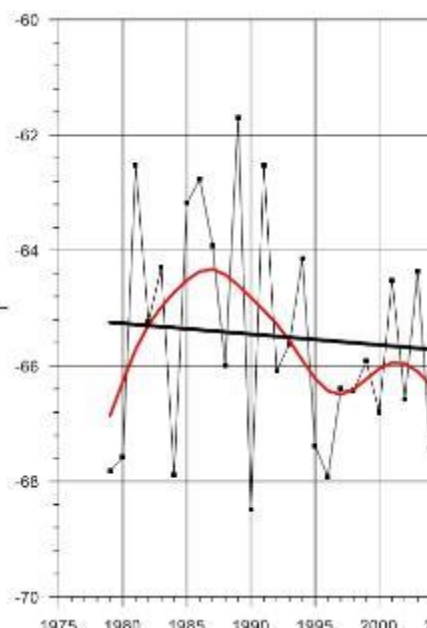
Уровень 300 гПа, зима



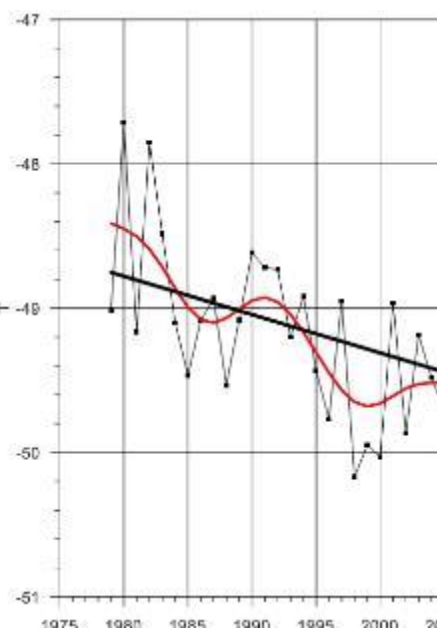
Уровень 300 гПа, лето



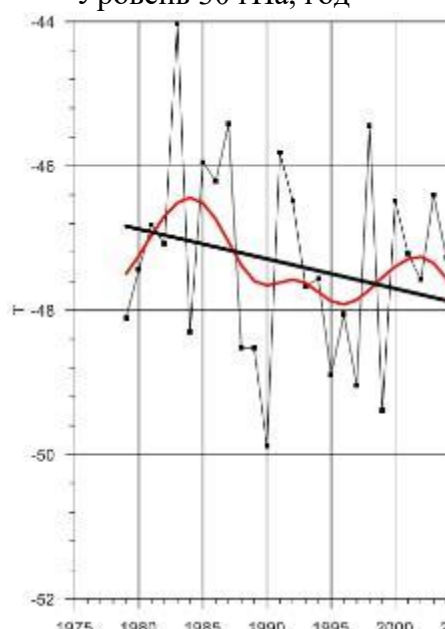
Уровень 30 гПа, год



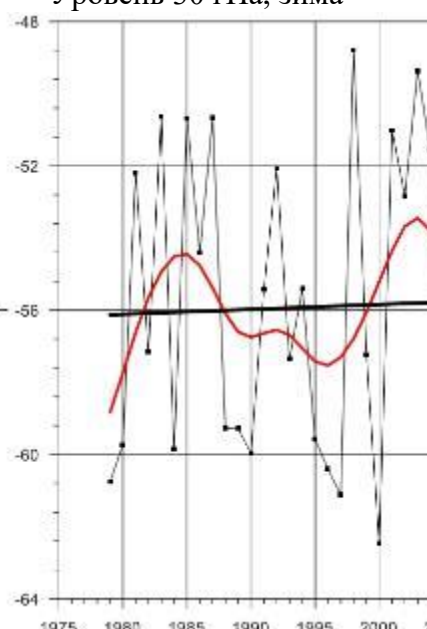
Уровень 30 гПа, зима



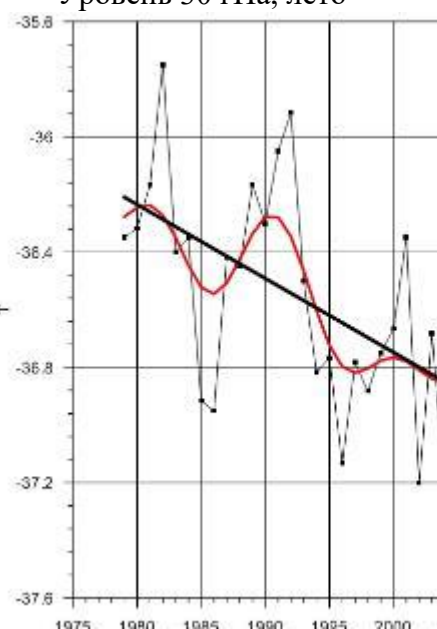
Уровень 30 гПа, лето



Уровень 10 гПа, год



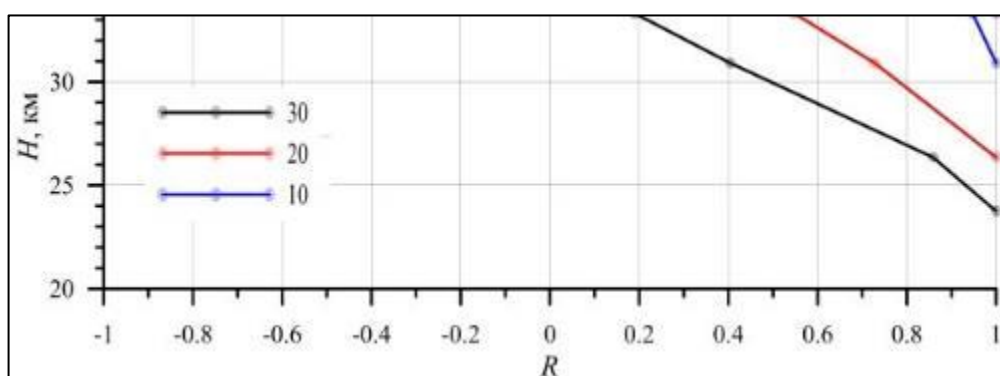
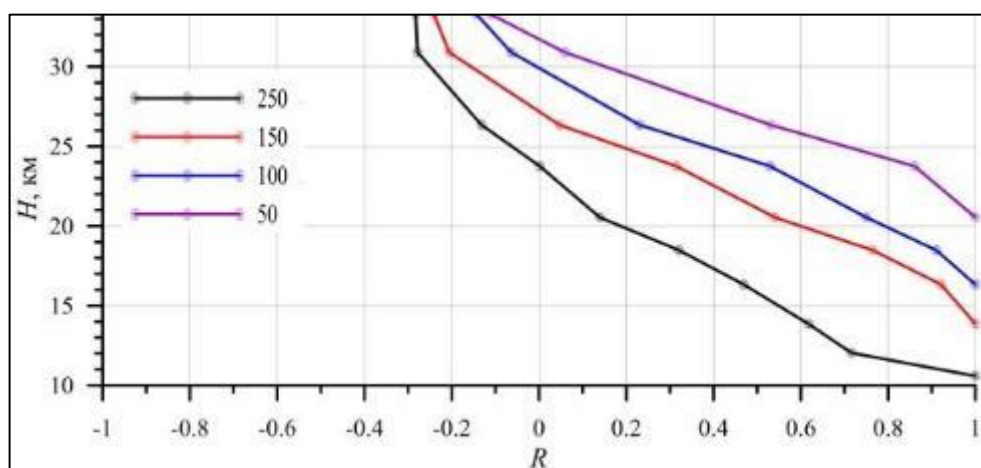
Уровень 10 гПа, зима



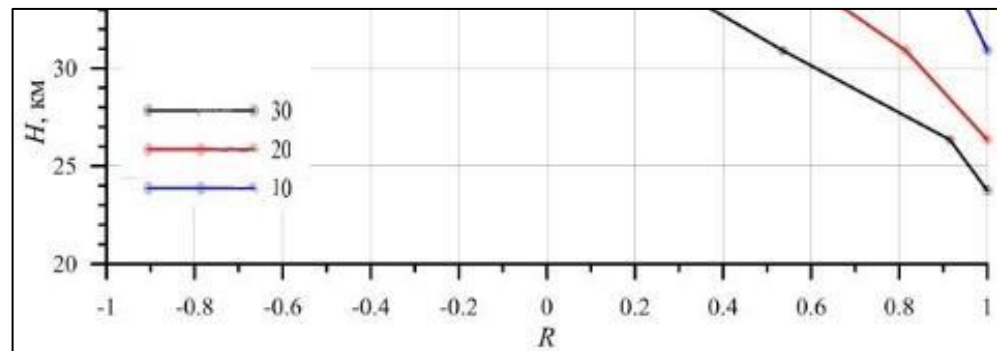
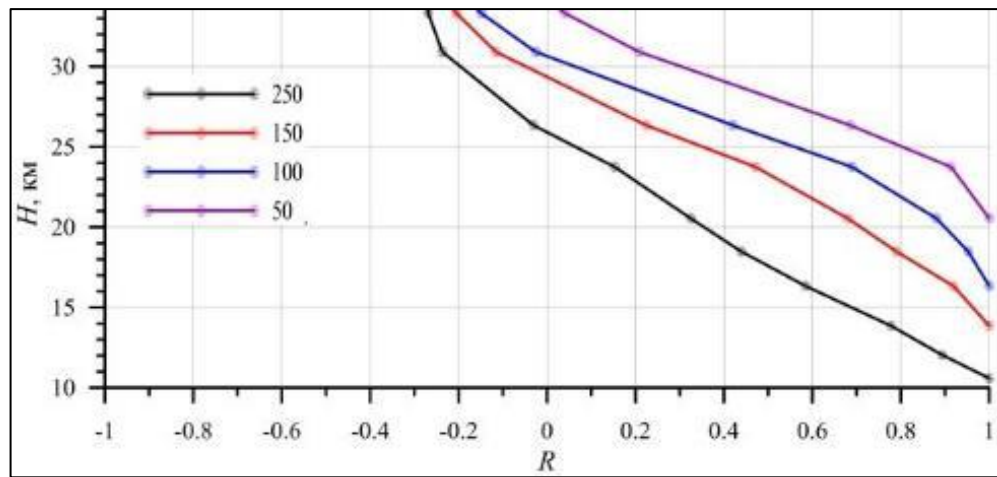
Уровень 10 гПа, лето

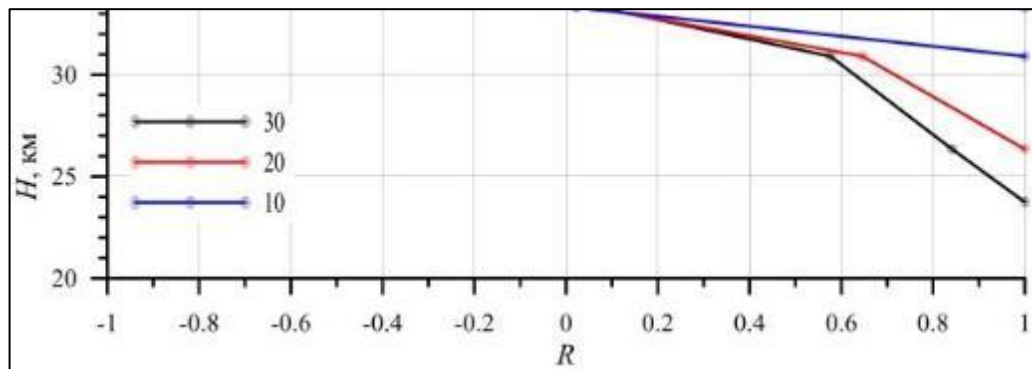
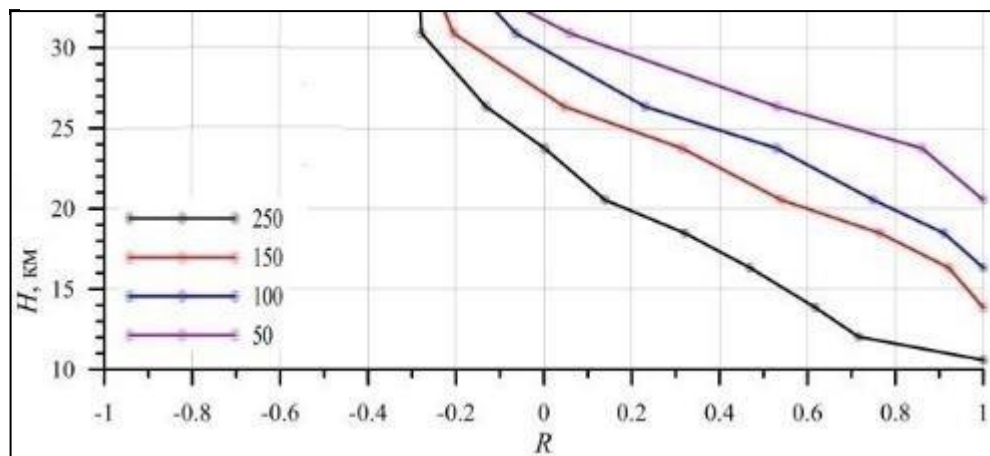
Приложение 2

**Коэффициенты корреляции временных рядов осредненной по территории РТ
средней а) годовой, б) зимней, в) летней температуры воздуха (1979-2016 гг.)
нижнего уровня и всех вышележащих
а)**



6)



B)

Приложение 3

Реестр случаев с высоким классом горимости (4000<G<10001)

G	начало	конец	Продолжительность накопления (дни)
5242,28	17.06.1981	28.06.1981	11
5946,88	02.07.1981	17.07.1981	15
8929,41	17.07.1981	04.08.1981	18
5926,47	14.08.1981	28.08.1981	14
4956,66	05.07.1982	20.07.1982	15
5171,63	20.07.1982	12.08.1982	23
5434,66	24.08.1982	06.09.1982	13
5525,37	26.07.1983	16.08.1983	21
4493,2	27.04.1985	12.05.1985	15
4928,85	02.08.1985	17.08.1985	15
4867,72	17.04.1986	01.05.1986	14
5382,11	18.05.1986	01.06.1986	14
4971,49	01.06.1986	15.06.1986	14
4659,6	13.05.1987	25.05.1987	12
8863,73	24.04.1988	24.05.1988	30
6630,05	26.05.1988	09.06.1988	14
7336,82	05.07.1988	20.07.1988	15
4006,12	18.08.1988	10.09.1988	23
5553,1	08.06.1989	23.06.1989	15
5658,8	07.05.1991	24.05.1991	17
9604,84	14.06.1991	09.07.1991	25
4493,24	09.07.1991	24.07.1991	15
4624,94	28.05.1992	11.06.1992	14
8094,04	11.06.1992	04.07.1992	23
9886,55	23.07.1992	19.08.1992	27
5540,4	04.09.1992	02.10.1992	28
5430,88	12.04.1993	12.05.1993	30
4200,17	16.07.1993	01.08.1993	16
4336,18	20.04.1994	07.05.1994	17
4946,97	08.09.1994	02.10.1994	24
4945,98	02.04.1995	26.04.1995	24
4754,21	16.07.1995	28.07.1995	12
9713,01	23.08.1995	16.09.1995	24
9743,38	25.04.1996	22.05.1996	27
5382,07	04.07.1996	18.07.1996	14
5411,57	18.07.1996	05.08.1996	18
5302,58	05.08.1996	24.08.1996	19
6040,5	24.08.1996	12.09.1996	19

Продолжение прил.3			
9737,34	06.07.1997	06.08.1997	31
6128,28	13.05.1998	30.05.1998	17
8450,85	06.06.1998	23.06.1998	17
9217,1	12.07.1998	07.08.1998	26
4655,56	01.09.1998	25.09.1998	24
5375,69	13.04.1999	01.05.1999	18
5507,71	30.06.1999	18.07.1999	18
4722,55	12.04.2000	30.04.2000	18
4553,58	25.05.2000	09.06.2000	15
8634,21	04.07.2000	27.07.2000	23
7128,85	08.04.2001	04.05.2001	26
8195,79	03.04.2002	13.05.2002	40
4584	24.05.2002	11.06.2002	18
5264,13	23.06.2002	10.07.2002	17
7040,14	17.07.2002	03.08.2002	17
4600,65	03.08.2002	24.08.2002	21
4638,4	24.08.2002	11.09.2002	18
7358,57	05.05.2003	30.05.2003	25
4556,02	07.09.2003	06.10.2003	29
4518,41	25.07.2004	10.08.2004	16
4173,82	13.08.2004	26.08.2004	13
4253,59	02.05.2005	16.05.2005	14
4611,81	16.05.2005	29.05.2005	13
4228,14	11.07.2005	29.07.2005	18
6280,84	04.08.2005	30.08.2005	26
5025,02	22.04.2006	11.05.2006	19
4316,67	24.05.2007	07.06.2007	14
8197,67	26.07.2007	22.08.2007	27
4673,28	24.03.2008	20.04.2008	27
4072,85	20.04.2008	07.05.2008	17
5125,72	08.08.2008	23.08.2008	15
5092,21	19.04.2009	08.05.2009	19
4669,92	06.06.2009	19.06.2009	13
5469,59	29.08.2009	18.09.2009	20
4524,04	01.06.2010	13.06.2010	12
5698,15	29.08.2010	21.09.2010	23
5365,45	05.05.2011	22.05.2011	17
4875,08	21.08.2011	07.09.2011	17
4629,83	24.04.2012	11.05.2012	17
5630,97	11.05.2012	26.05.2012	15
7331,44	04.07.2012	18.07.2012	14
5726,59	27.07.2012	11.08.2012	15

Продолжение прил.3			
8811,65	12.05.2013	05.06.2013	24
6576,26	05.06.2013	23.06.2013	18
6858,95	23.06.2013	08.07.2013	15
4897,27	31.07.2013	16.08.2013	16
4002,98	16.08.2013	02.09.2013	17
5032,08	06.05.2014	18.05.2014	12
6750,61	28.06.2014	17.07.2014	19
4301,16	03.08.2014	14.08.2014	11
6585,89	24.04.2015	17.05.2015	23
7301,54	17.05.2015	05.06.2015	19
9852,23	05.06.2015	05.07.2015	30
6291,75	07.09.2015	02.10.2015	25
5166,06	23.04.2016	12.05.2016	19
6085,7	21.05.2016	07.06.2016	17
5534,42	20.06.2016	05.07.2016	15
6033,68	10.08.2016	22.08.2016	12
4010,13	24.04.2017	07.05.2017	13
7142,97	05.08.2017	25.08.2017	20
Средняя продолжительность			19

Приложение 4

Даты устойчивых переходов ССТВ через 0, 5, 10 и 15°C

Год	Даты весенних переходов				Даты осенних переходов			
	0°C	5°C	10°C	15°C	0°C	5°C	10°C	15°C
1979	23 апр	28 апр	1 май	17 май	23 окт	1 окт	14 сен	26 авг
1980	7 апр	20 апр	23 апр	4 июн	27 окт	24 сен	4 сен	3 авг
1981	9 апр	28 апр	15 май	31 май	11 ноя	31 окт	15 сен	5 сен
1982	9 апр	22 апр	26 апр	15 июн	19 окт	6 окт	11 сен	12 авг
1983	23 мар	1 апр	24 апр	16 июн	13 ноя	29 сен	2 сен	21 авг
1984	5 апр	25 апр	5 май	13 май	9 ноя	9 окт	11 сен	16 авг
1985	12 апр	21 апр	30 апр	10 июн	1 ноя	27 сен	20 сен	2 сен
1986	31 мар	20 апр	22 апр	24 май	28 окт	24 сен	17 сен	21 авг
1987	13 апр	1 май	3 май	15 май	21 окт	7 окт	14 сен	17 авг
1988	2 апр	30 апр	4 май	21 май	31 окт	16 окт	19 сен	4 сен
1989	12 апр	18 апр	4 май	31 май	31 окт	6 окт	23 сен	26 авг
1990	25 фев	14 апр	19 май	12 июн	1 ноя	14 окт	28 авг	24 авг
1991	3 апр	11 апр	3 май	19 май	28 окт	24 окт	3 окт	3 авг
1992	1 апр	16 апр	7 май	2 июн	2 ноя	9 окт	7 сен	17 авг
1993	22 мар	27 апр	6 май	12 май	22 окт	25 сен	7 сен	20 авг
1994	7 апр	24 апр	28 апр	5 июн	22 окт	16 окт	30 сен	16 авг
1995	14 мар	8 апр	12 апр	18 май	10 ноя	9 окт	14 сен	14 авг
1996	17 апр	30 апр	30 апр	4 май	18 окт	21 сен	16 сен	6 авг
1997	6 апр	19 апр	5 май	1 июн	26 окт	23 окт	30 авг	8 авг
1998	24 апр	1 май	15 май	31 май	7 ноя	1 окт	5 сен	11 авг
1999	30 мар	18 апр	23 апр	5 июн	3 ноя	14 окт	12 сен	26 авг
2000	2 апр	14 апр	5 май	30 май	6 ноя	11 окт	11 сен	23 авг
2001	1 апр	18 апр	20 апр	16 июн	28 окт	16 окт	25 сен	17 авг
2002	16 мар	20 апр	27 апр	17 июн	3 ноя	2 окт	1 окт	7 авг
2003	5 апр	13 апр	8 май	22 май	25 окт	20 окт	4 окт	3 сен
2004	28 мар	27 апр	1 май	8 июн	21 ноя	11 окт	20 сен	27 авг
2005	6 апр	18 апр	6 май	12 май	19 ноя	25 окт	22 сен	20 авг
2006	30 мар	16 апр	5 май	2 июн	11 ноя	7 окт	5 окт	9 сен
2007	26 мар	2 май	9 май	16 май	4 ноя	20 окт	29 сен	29 авг
2008	12 мар	4 апр	21 апр	11 июн	11 дек	27 окт	14 сен	31 авг
2009	26 мар	1 май	3 май	27 май	30 окт	21 окт	30 сен	24 авг
2010	29 мар	15 апр	1 май	5 май	18 ноя	30 сен	9 сен	4 сен
2011	3 апр	26 апр	29 апр	30 май	4 ноя	15 окт	21 сен	18 авг
2012	4 апр	12 апр	17 апр	11 май	19 ноя	30 окт	2 окт	24 авг
2013	2 апр	16 апр	10 май	23 май	20 ноя	26 сен	24 сен	30 авг
2014	26 мар	21 апр	3 май	10 май	18 окт	1 окт	22 сен	28 авг
2015	3 апр	27 апр	28 апр	18 май	25 окт	6 окт	15 сен	13 авг
2016	18 мар	10 апр	23 апр	23 май	23 окт	8 окт	11 сен	5 сен
2017	8 мар	26 апр	30 апр	26 июн	21 окт	16 окт	28 сен	4 сен

Приложение 5

**Среднесуточная температура воздуха и сумма среднесуточных температур за
периоды со ССТВ выше 0, 5, 10 и 15 °С**

Год	Среднесуточная температура воздуха от весеннего до осеннего устойчивого перехода средней суточной температуры				Сумма средних суточных температур			
	0-0°C	5-5°C	10-10°C	15-15°C	0-0°C	5-5°C	10-10°C	15-15°C
1979	13,0	14,5	15,3	15,9	2361,0	2270,0	2080,5	1613,9
1980	11,1	13,5	14,1	16,2	2235,1	2127,4	1880,7	978,1
1981	12,8	14,6	18,4	20,1	2761,6	2716,4	2253,4	1953,5
1982	12,6	13,8	14,8	17,7	2438,3	2308,4	2049,9	1029,9
1983	10,6	12,9	14,5	17,0	2482,4	2325,9	1902,2	1122,3
1984	11,6	14,5	16,3	17,7	2526,8	2416,2	2118,9	1693,0
1985	11,2	13,8	14,6	17,0	2278,1	2193,3	2078,1	1428,6
1986	10,9	13,4	13,9	15,6	2295,0	2112,3	2052,5	1391,0
1987	12,2	14,3	15,8	17,3	2343,1	2282,1	2121,1	1627,3
1988	12,6	15,2	17,0	18,9	2674,9	2568,2	2354,5	1996,0
1989	12,8	14,5	15,9	18,4	2584,4	2465,0	2256,2	1595,4
1990	9,1	12,2	15,5	16,7	2279,3	2237,5	1568,9	1222,6
1991	13,2	13,8	15,3	18,6	2744,2	2711,8	2333,9	1423,9
1992	10,8	12,8	14,7	16,1	2321,1	2255,3	1803,2	1223,9
1993	10,8	13,9	15,3	16,2	2315,5	2094,9	1893,2	1616,9
1994	11,7	12,8	13,6	15,8	2328,6	2243,3	2097,6	1143,5
1995	12,1	15,5	16,9	18,6	2932,1	2839,3	2602,5	1621,5
1996	13,2	15,7	16,0	16,8	2419,6	2269,3	2235,5	1586,2
1997	12,0	12,8	15,4	17,6	2427,5	2388,2	1804,7	1202,8
1998	13,2	15,9	18,0	20,4	2585,7	2420,6	2036,3	1455,5
1999	11,5	13,6	14,8	18,1	2512,4	2433,2	2109,6	1479,0
2000	11,4	13,2	16,1	18,1	2483,1	2377,8	2065,1	1540,6
2001	12,1	13,7	14,9	18,3	2551,1	2487,1	2340,8	1138,8
2002	10,0	13,5	13,7	19,1	2323,1	2214,0	2155,8	971,9
2003	12,6	13,3	15,0	16,5	2555,0	2527,5	2226,1	1721,7
2004	10,9	14,9	15,9	18,3	2596,2	2485,3	2255,5	1472,0
2005	11,7	13,7	15,9	17,1	2663,8	2608,2	2199,8	1700,6
2006	11,6	14,2	15,2	17,4	2635,2	2471,8	2314,5	1738,1
2007	11,8	14,8	16,4	18,1	2626,9	2531,2	2348,0	1906,2
2008	10,0	12,8	15,2	18,5	2739,4	2632,7	2228,1	1491,1
2009	12,1	14,6	15,7	17,7	2637,9	2533,7	2357,9	1568,9
2010	13,5	17,7	19,7	20,2	3154,5	2950,7	2596,9	2457,1
2011	12,6	15,0	16,1	18,7	2701,2	2570,6	2351,3	1499,8
2012	13,0	14,6	16,0	18,3	2974,6	2924,9	2683,9	1930,3
2013	12,0	15,5	16,8	18,3	2788,0	2524,1	2293,6	1820,5
2014	11,9	14,5	15,5	16,8	2459,1	2357,6	2201,2	1853,3
2015	12,4	14,9	15,6	17,4	2532,9	2417,4	2186,5	1511,0
2016	12,7	15,2	16,9	18,8	2798,3	2754,0	2383,9	1972,7
2017	10,2	13,1	14,1	17,1	2312,6	2266,7	2128,4	1209,4

Приложение 6

**Ежедневные значения средних многолетних значений
индекса патогенности температуры воздуха (I_t) (балл) (1979-2017 гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	18,1	19	15	6,9	1,5	0,3	0,2	0,4	0,6	2,3	6,9	14,9
2	18	19,6	14,6	6,8	1,4	0,4	0,3	0,3	0,7	2,7	7,2	15,4
3	17,5	19,9	13,5	6,6	1,3	0,5	0,3	0,3	0,7	3,1	7,2	14,9
4	18,3	19	13,5	6,1	1,2	0,7	0,3	0,3	0,6	3,1	7,2	13,1
5	18,6	17,7	13,1	5,9	1,3	0,6	0,2	0,3	0,5	2,8	7,7	12,4
6	18,5	17,8	12,5	5,6	1	0,6	0,3	0,3	0,5	2,9	8,1	13,5
7	19	19,3	12,1	5,7	1	0,5	0,3	0,3	0,6	2,9	8,5	12,9
8	19,5	20,2	11,8	5,4	1	0,5	0,3	0,3	0,6	3	8,4	13
9	19,1	19,3	11,9	5	0,8	0,4	0,3	0,3	0,7	3	8,5	14,3
10	18,3	18,4	12,1	4,8	0,8	0,4	0,3	0,3	0,8	2,9	8,4	14,3
11	17,1	18,6	12,3	4,7	1	0,4	0,3	0,2	0,9	3,1	8,9	13,5
12	18,4	19	12,4	4,4	1	0,5	0,3	0,2	1	3,4	9,3	14,3
13	19,1	18,7	12,3	4,4	1	0,4	0,3	0,3	1	3,3	9,8	14,7
14	16,9	18,9	11,5	3,9	1,1	0,4	0,3	0,3	1	3,5	9,7	15,9
15	16,8	18,2	11,4	3,4	1,1	0,3	0,4	0,3	1	3,6	10,3	16,8
16	17	16,9	10,8	3,4	1	0,3	0,4	0,3	1,2	3,5	10	16,8
17	17,2	17,2	10,3	3,4	1	0,2	0,4	0,3	1,2	4	10,1	15,5
18	18	17,6	9,6	3,3	0,9	0,2	0,3	0,3	1,2	4	10,1	15,5
19	17,6	17,6	9,5	3,1	0,9	0,2	0,3	0,3	1,3	4	10,4	16,5
20	17,2	18,1	9,8	2,9	0,9	0,3	0,3	0,3	1,4	4,6	10,5	17,9
21	18,5	18,4	9,4	2,8	0,9	0,3	0,3	0,3	1,7	4,7	11,7	16,4
22	20,8	16,1	9,3	2,6	1	0,4	0,3	0,3	1,6	4,9	11,4	16,9
23	18,6	14,6	9,6	2,4	1	0,4	0,4	0,4	1,4	5,7	11,7	16,9
24	19,8	14,1	9,1	2,5	0,6	0,4	0,4	0,4	1,4	5,6	12,1	16,8
25	21,8	14,5	8,8	2,5	0,5	0,3	0,3	0,4	1,7	5,7	11,9	17,1
26	20,6	14,7	8,4	2,5	0,5	0,3	0,3	0,4	1,8	6,2	11,1	17,4
27	19,4	15,7	7,9	2,2	0,6	0,3	0,3	0,5	2,1	5,8	11,3	16,9
28	19,2	15,1	8,1	1,9	0,6	0,3	0,3	0,6	1,9	5,6	12,1	16,9
29	18,1		8,2	1,7	0,6	0,3	0,3	0,5	1,8	5,7	13,7	16,1
30	18,6		7,6	1,6	0,5	0,2	0,3	0,4	2,1	6,1	14,3	15,7
31	18,4		7,2		0,4		0,4	0,5		6,6		15,2
среднее	18,5	17,7	10,8	3,9	0,9	0,4	0,3	0,3	1,2	4,1	10,0	15,4

Приложение 7

**Ежедневные значения средних многолетних значений
индекса патогенности влажности воздуха (I_f) (балл) (1979-2017 гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	11,3	10,7	4,7	2,7	1,3	1	2,3	1,9	2,8	5,1	6,9	11,5
2	13,1	11	5,2	2,3	1,1	1,4	1,8	1,7	2,3	4,1	8	12,7
3	12,4	9,8	5,3	3	1,2	0,7	2,2	1,6	2,9	3,8	9,1	11,4
4	13	9,3	5,2	2,3	1,1	1	1,7	1,7	2,3	3	8,5	10,2
5	13,7	8,3	4,8	1,8	1,3	1,1	1,5	2	2,1	3,3	9	10,5
6	14,5	8,8	5,2	1,8	0,5	1,3	1,8	1,8	2,6	3,8	8	10,1
7	14,2	9	4,6	2,2	0,8	1,3	1,6	2	2,4	4,5	8	10,4
8	14,1	10	4,7	2,4	1,1	1,4	1,7	1,3	2,7	3,9	8,8	10,3
9	13	8,3	3,9	2,3	1,1	1,2	1,6	1,6	2,9	3,6	9	11,6
10	12,3	7,5	3,8	3,2	0,7	1,2	1,8	1,6	3,7	4,8	10,4	11,7
11	12	7,3	3,3	2,7	0,6	1,6	1,5	1,5	4,3	4,4	9,3	12,3
12	12,4	8,3	3,5	2,8	1,3	1,1	1,3	1,7	3,4	3,8	10,2	11,8
13	11,8	8,4	3,3	2,5	1,7	1	1,5	2,5	4	5,2	9,2	11,1
14	9,6	8,4	3,2	1,8	1	1,1	1,3	1,9	3,7	5,7	9,3	10,9
15	11,2	7,3	2,7	2,1	0,6	1,1	1,1	2	4,4	5,4	9,1	12,1
16	11,3	6	3,2	1,2	0,9	1,4	1,6	1,6	2,7	5,3	8,8	12,2
17	9,7	5,4	3,8	1,6	0,8	1,6	1,5	1,8	2,9	6,5	10,5	12
18	11,6	6,5	3,9	2	0,8	1,9	1,4	1,9	3,6	4,9	10,2	11,3
19	11,9	7,8	3,5	1,4	1	2,3	1,2	2	3,4	4,5	10,3	10,9
20	11,6	7,3	3,1	1,6	0,7	2,3	1,3	2,9	3,2	5	10	11
21	11,7	6	3,7	2,2	0,8	1,5	1,8	1,8	3,5	5,7	9	10,2
22	11,4	6	3,7	2,2	1	2,3	1,5	2,1	2,4	7	9,8	11,7
23	11,4	6,2	3,3	1,6	0,5	1,6	1,2	3,1	3,1	5,2	8,9	12,3
24	11,7	5,7	4	1,6	0,4	1,5	1	2,5	3,3	4,6	9,4	13,5
25	11,6	6,2	4	0,8	1,5	1,4	1,4	2,4	4,2	5,5	10,2	11,7
26	10,2	6,1	2,9	1,3	0,8	1,4	1,2	1,7	3,5	4,9	12	12,1
27	9,3	5,7	3,5	1,2	1	1,2	1,6	2,1	4	5,5	11,3	11,4
28	8,6	5,6	2,4	1,3	1,1	1,9	2	2,4	3,9	7,8	11,6	11,8
29	9,1		2,1	0,7	0,6	2,7	1,9	2,4	3,6	7,8	10,6	12,5
30	10,2		1,9	1,2	0,7	2,1	2,1	2,3	3,9	7,1	10,8	12,2
31	10,7		1,5		1		2,3	3,3		6,7		11,9
среднее	11,6	7,6	3,7	1,9	0,9	1,5	1,6	2,0	3,3	5,1	9,5	11,5

Приложение 8

**Ежедневные значения средних многолетних значений
индекса патогенности скорости ветра (I_v) (балл) (1979-2017 гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	5,5	4,4	5,5	4,1	3,5	3,5	2,6	2,5	3,6	4,9	4,4	4
2	5,3	4,1	4,9	5,1	3,6	3,5	2,7	2,5	4	5,8	4	4,2
3	4,9	4,4	5,2	4,9	3,7	3	3,3	2,7	3,5	5	4,3	5
4	4,8	5,2	4	4,7	3,2	3,4	3	2,5	3,6	3,9	5,4	5,9
5	4,5	4,8	4,7	4,6	3,6	3,7	2,9	2,6	3,4	4,3	4,9	5,5
6	4,1	4,3	5,1	4,9	4,5	3,3	2,9	2,7	3,7	4,5	4,6	5,6
7	4,3	4,7	5	4,7	3,4	3,4	2,7	2,8	4,1	4,4	4,8	5,7
8	4,4	4,5	4,7	4,2	3,4	3,5	2,8	3,2	3,4	4,7	4,6	5,3
9	4,1	5,7	4,8	5,1	3,4	3,7	2,6	3	3,1	4,8	4,5	4,3
10	4,3	4,5	5	5,5	3,9	3	2,9	2,5	3,7	4,5	4	5,3
11	5,3	4,2	5	4,3	4,4	2,9	2,6	2,7	3,9	4	4,2	5
12	5,1	3,9	4,2	4,3	3,7	2,9	2,8	2,3	4,2	4	4	5,2
13	4,8	3,7	4,5	4,3	3,8	2,8	2,7	2,4	3,3	4,9	4,2	6,2
14	5,2	4,2	4,5	4,4	3,1	3,1	2,5	2,7	3,2	4,7	5,1	6,1
15	5,1	5,1	5	3,7	3,8	2,9	2,7	2,7	3,8	3,7	4,3	5,8
16	5	6,2	5,4	3,9	4	2,9	2,3	3,2	4,4	3,5	4,9	5,1
17	5,3	5,9	5,1	4,7	4,1	3	2,3	3,2	4,1	4	4,8	5,4
18	4,2	4,9	5,3	4,5	3,2	2,9	2,8	2,7	3,6	4,8	4,9	5,2
19	4,4	4,1	5,6	4,4	3,8	3,1	2,5	2,5	3,7	5,6	5,1	5,2
20	4,7	4,6	4,9	4,6	3,5	3	2,5	2,5	3,1	5	5,5	4,4
21	4,8	5,3	5,4	4,3	3,5	2,8	2,7	3,2	3,2	4,7	5,3	5
22	5,1	5,7	4,8	3,7	3,8	3,3	2,6	3,1	3,9	3,7	4,8	4,7
23	5,3	5,4	4	3,9	3,6	3,1	2,2	3,3	3,9	4,4	4,7	5,3
24	4,2	5,3	4,4	3,6	3,4	2,6	2,1	3,4	4,1	4,7	4,8	4,9
25	4,1	5,3	4,4	3,5	3,2	2,7	2,7	3,5	3,5	5,2	4,6	4,7
26	5,3	4,7	4,7	3	3,8	2,3	2,9	3	3,8	4,2	4,8	4,6
27	5,5	4,9	4,8	3,9	3,4	2,7	2,4	3,3	3,8	4,2	5,1	5,1
28	6	5,5	4,8	3,9	3,7	2,7	2,3	3,5	3,9	4,3	4,8	4,5
29	5,1		4,9	3,9	3,5	2,9	2,2	3	4,8	5,1	4,5	4,3
30	4,5		4,7	3,8	2,9	2,8	2,1	3,2	4	4	4,8	5,6
31	5,1		4,7		3,1		2,4	4		4,3		5,6
среднее	4,9	4,8	4,8	4,3	3,6	3,0	2,6	2,9	3,7	4,5	4,7	5,1

Приложение 9

**Ежедневные значения средних многолетних значений
индекса патогенности облачности (I_n) (балл) (1979-2017 гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	4,7	4,7	3,8	2,7	2,5	1,9	1,7	1,6	2,1	3,6	4,1	5
2	5,3	4,8	4,2	2,9	2,2	1,8	1,9	1,7	2,2	3,3	4,2	5
3	5,4	4,4	4,2	2,8	2,2	1,9	1,7	1,7	2,1	2,8	4,4	5,4
4	5,5	4,4	3,9	2,7	2,4	1,8	1,7	1,8	2,4	3,2	4,6	5,2
5	5,6	4,5	3,9	2,8	2	1,8	1,6	1,7	2,5	3,4	4,5	5,5
6	5,3	4,4	3,9	2,6	2,2	2	1,7	1,7	2,3	3,2	4,5	5,1
7	5,7	4,5	4,2	2,6	2	1,9	1,7	1,6	2,8	3,2	4,2	5,2
8	5,2	4,6	3,5	2,8	1,8	2	1,8	1,8	2,5	3,1	4,7	5,1
9	5	4,4	3,4	3	2,4	1,6	1,5	1,3	2,9	2,8	4,9	5
10	5,6	4,1	3,2	2,6	2,1	1,5	1,5	1,3	3,1	3,5	4,8	5,1
11	5,2	3,9	2,6	2,8	2,1	1,9	1,3	1,6	3,1	3,4	4,7	5,3
12	4,8	4,3	3,1	3,1	2,1	1,4	1,2	1,8	3	3,4	4,8	5,2
13	4,7	4,4	3,3	2,8	2,3	1,6	1,3	1,6	2,7	3,9	4,7	5,4
14	5,5	4,3	3,2	2,7	1,9	1,6	1,1	1,8	3,2	3,2	4,9	5,3
15	5,8	4,6	2,8	2,4	2,3	1,7	1	1,6	3,1	3,4	4,8	5,1
16	5,4	4,4	3,5	2,3	2,2	1,6	1,6	1,5	2,9	3,6	4,7	5,3
17	5,2	4	3,5	2,9	2,1	1,8	1,6	1,6	2,7	3,7	5,2	5,1
18	4,9	4,2	3,8	2,5	2,4	2,3	1,5	1,5	2,9	4	5,1	5
19	4,9	4,2	3,5	2,5	1,8	2,4	1,4	1,9	2,8	3,8	4,7	5,1
20	4,9	3,9	3	2,6	1,5	1,9	1,6	2,1	2,5	3,5	4,7	4,6
21	5,2	3,9	3,3	2,5	1,7	1,7	1,4	1,8	2,8	4	4,7	4,9
22	4,9	4,2	3,4	2,6	1,9	2	1,6	1,9	2,5	4,2	4,9	5
23	4,8	4,2	3,2	2,3	1,7	1,5	1,3	2,1	2,7	3,5	4,3	5,3
24	4,7	4	3,2	2,3	1,8	1,7	1,4	1,9	2,9	3,5	4,4	5,2
25	4,8	4,2	3,1	2,2	1,8	1,8	1,7	2,1	2,7	3,7	4,6	5
26	5	4,2	3,1	1,9	1,7	1,7	1,6	2,1	2,9	3,7	5	4,8
27	4,7	3,7	3,2	2,1	2,1	1,5	1,6	1,6	3,2	4,1	5,1	4,7
28	4,9	3,5	2,7	2	2	1,7	1,6	2,1	3,5	4,4	5,2	5,1
29	5,8		2,4	2,1	1,7	2,1	1,4	2,2	2,9	4,5	5,1	5,1
30	5		2,6	2,5	1,5	1,6	1,7	2,3	3,2	4,1	5	5,5
31	4,5		2,5		1,4		1,7	2,3		3,9		5,5
среднее	5,1	4,2	3,3	2,6	2,0	1,8	1,5	1,8	2,8	3,6	4,7	5,1

Приложение 10

**Ежедневные значения средних многолетних значений
индекса патогенности межсуточного изменения давления ($I_{\Delta p}$) (балл) (1979-
2017 гг.)**

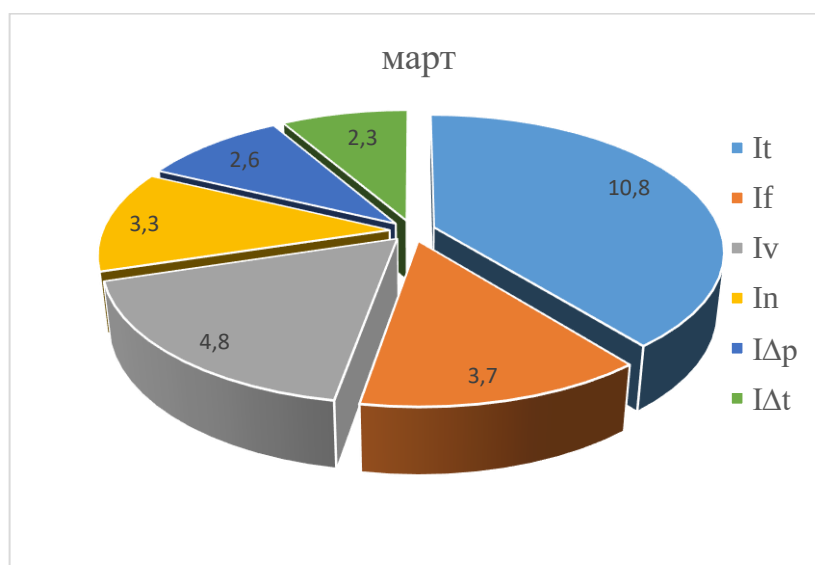
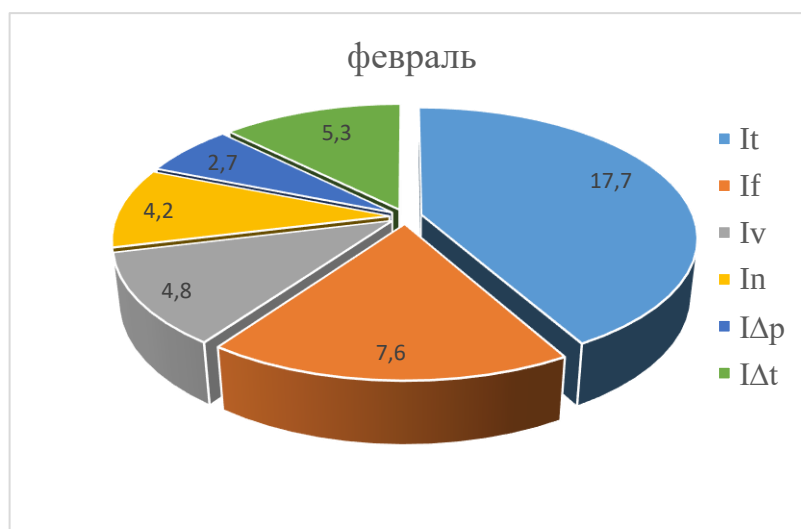
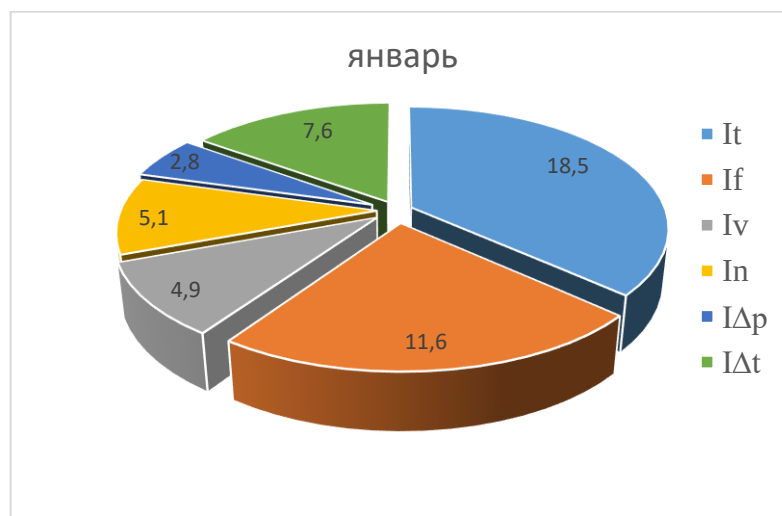
День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	5,2	3,3	1,5	2,2	1,2	1,3	0,6	0,4	1,3	1,8	4	2,4
2	2,8	1,7	2,1	1,5	0,9	0,9	0,6	0,5	1	2,2	4	3,7
3	2,6	2,7	2,1	2,3	1	0,9	0,9	0,5	1,2	2	2,3	3,3
4	2,9	2	2,1	2	1,6	0,8	1	0,6	1,4	2,2	2,6	3,4
5	3,2	2,9	2,5	1	1,2	1,3	0,5	0,5	1,1	1,4	2,3	2,5
6	2,3	2,1	3,1	1,9	1,7	1,3	0,5	0,6	0,7	1,7	3,3	3,8
7	2,5	2,4	4,5	2,2	1,2	0,9	1	0,8	1	1,5	3	2,4
8	2,3	3,3	2,8	2,8	1,1	0,8	0,7	0,5	1,3	2	3	2,3
9	2,9	2,5	2,5	1,5	1,5	1	1	0,7	0,9	2,3	1,5	3,4
10	1,7	2,7	3	2	1,6	1	0,8	0,7	1,5	1,7	2,6	3,4
11	2,4	2,1	3,5	2,1	1,8	0,8	0,8	0,7	1,4	1,8	2,7	3
12	2,1	2,5	2,2	2,4	1,7	1	0,6	0,7	1,3	1,7	2,2	2,1
13	2,7	2,8	2,8	1,6	1,3	0,9	0,7	1	1,3	2,6	2	2,8
14	2,2	3,1	2,3	1,9	1	0,7	0,8	0,8	1,2	2	2,1	3,7
15	2,9	2,6	2,5	1,8	1,2	0,8	0,8	0,6	1,4	2	3,1	2,7
16	2,7	3,7	2,9	1,9	1,1	0,7	0,3	0,9	1,5	1,8	2,9	2,8
17	2,5	3,6	2,8	2,4	1	0,7	0,8	0,8	1,7	2,1	2,5	3,3
18	2,3	2,5	1,4	2,3	1,1	1	0,4	0,6	1,9	2,1	2,9	4
19	2,4	2,3	2,7	2,1	0,9	0,9	0,7	0,7	1,5	2,1	2,4	2,6
20	3,5	2,4	2,9	2,3	1,3	1	0,7	0,5	1,2	2,4	2,7	2,1
21	2,7	4,3	2,8	2,4	1,1	0,6	0,7	0,6	1	2	3,1	2,5
22	3	3,2	3,3	1,3	1,4	1,2	0,6	0,5	1,5	2,1	3,4	3,1
23	4	2,7	2,4	1,6	1,4	1	0,4	0,7	2	3,8	2,8	4,9
24	3,3	1,7	2,5	1,6	1	0,4	0,5	0,7	1,6	2,1	2,9	2,4
25	2,4	1,6	2	1,9	1,3	0,4	0,6	0,9	1,6	2,8	3,2	3
26	3	2,5	2,8	1,6	1,3	0,6	0,4	1,1	2,5	3,1	1,7	4,2
27	2,9	2,9	3,1	0,8	1	0,7	0,5	1,2	1,7	2,4	2,2	3,5
28	3,2	2,3	3,3	1,9	1,1	0,8	0,7	1	1,3	2,3	2,9	3,4
29	2,9		2,1	1,1	1,4	1,2	0,6	1,2	1,6	2,1	2,4	4,2
30	2,2		2,3	1,5	1,3	0,7	0,5	0,9	1,7	3,1	3,6	3,5
31	3		2,4		1,2		0,7	1,5		1,5		4
среднее	2,8	2,7	2,6	1,9	1,3	0,9	0,7	0,8	1,4	2,2	2,7	3,2

Приложение 11

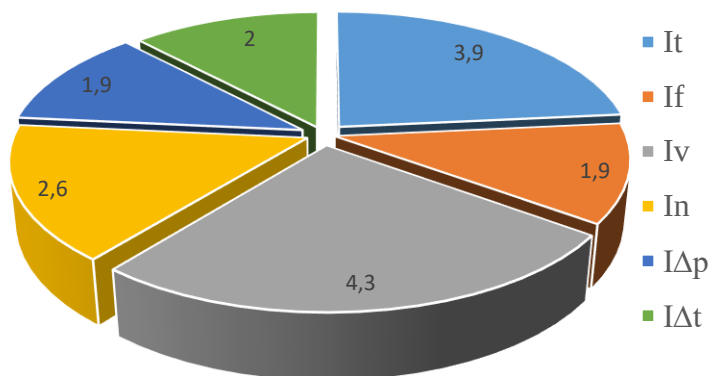
**Ежедневные значения средних многолетних значений
индекса патогенности межсуточного изменения температуры воздуха ($I_{\Delta t}$)
(балл) (1979-2017 гг.)**

День	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	7,8	7,4	2,9	1,1	3,9	3,4	1,4	0,9	1,7	1,5	1,7	5,8
2	7,2	5,7	3,1	1,5	3	4,8	1,2	1,1	1,8	2,1	2,2	6,7
3	8,3	7,8	3,2	1,6	1,8	3,2	2,1	1,6	1,8	2,1	1,9	5,2
4	11	5,8	1,3	1,2	2,3	2,3	1,2	1,4	2,7	1,2	2,6	6
5	5,7	5,2	1,9	1,6	2,5	2,4	1,5	1,1	1,7	1,5	2,7	6,2
6	5,7	9,8	2,7	1,6	2,5	2,7	1,4	0,9	1,2	1,4	2,9	5,6
7	10,1	3,8	3,8	1,3	2,6	2,6	0,8	1,3	1,7	2,4	2,8	10,9
8	8,5	3,5	2,4	1,9	2,3	2	1,3	1,7	1,9	1,1	2,2	5,2
9	11,4	8,7	2,3	1,5	3,2	3,3	1,2	1,1	1,7	1,6	2	6,5
10	8,3	6,4	1,8	1,7	1,7	2,4	2,1	1,9	1,4	2,1	2,2	4,1
11	8	3,4	4,6	2,4	3,9	2	1,8	1,1	1,6	1,4	3,4	6,3
12	8,4	5	2,6	2,2	3,1	2,4	1,6	1,1	2,1	1,7	2,8	4,9
13	10,6	5,9	2,2	1,7	3,1	2,2	1,5	1,4	2	2,2	1,8	5,1
14	8,2	4,8	2,2	2	2,1	3	1,2	1,1	1,3	1,8	2,6	8,7
15	7,9	6,1	2,7	2,2	3,1	1,4	0,9	1,4	1,2	2,1	2,6	5,6
16	9,1	7	2,5	1,3	3,4	1,3	0,9	2	1,9	1,4	4,5	5,8
17	5,6	5,1	3,4	3,1	3,1	1,5	0,7	1,4	1,3	1,8	3,2	7,8
18	5,7	3,7	2,2	2	2,6	1,3	1,4	1,1	1,4	2,7	3,2	7,7
19	6,1	4,1	2,2	2,1	2,5	1,7	1,4	1,1	2,2	2,2	2	2,9
20	5,2	4,2	1,6	2,3	2,7	1,5	1,2	1,5	1,6	2,9	1,8	7,2
21	6,1	5,6	3,1	2	2,8	1,4	1,2	1,5	1,7	1,9	4,2	7
22	7,2	7,7	2,4	2,1	3,2	1,4	1,1	1,4	1,3	2,1	3,4	5,5
23	8,9	4,4	1,9	2,6	2,5	1,6	0,8	1,3	1	3,8	3,7	6,3
24	8,7	3,1	1,9	3	3,1	1,1	1	1,9	1,8	1,7	2,9	3,4
25	7,1	3,3	1,7	1,6	2,6	0,8	1,4	1,5	2,1	2,5	3,9	6,9
26	7,2	4,4	2,1	2,3	1,8	1,3	1	2,9	2,3	2,1	3,1	9,3
27	8,8	3,1	1,5	2	3,7	0,9	0,7	2	2	1,2	2,7	5,2
28	7	4,1	1,2	2,8	2,9	1,2	0,7	1,6	1,2	2,1	4,9	5,9
29	6,4		1,5	2,9	1,7	1,3	0,7	2	1,1	1,8	5,1	4,9
30	4,7		1,4	2,9	3,1	2	1	2,5	2,6	3,2	6,8	9
31	4,4		1,2		2,6		1,3	3,3		1,1		6,4
среднее	7,6	5,3	2,3	2,0	2,8	2,0	1,2	1,6	1,7	2,0	3,1	6,3

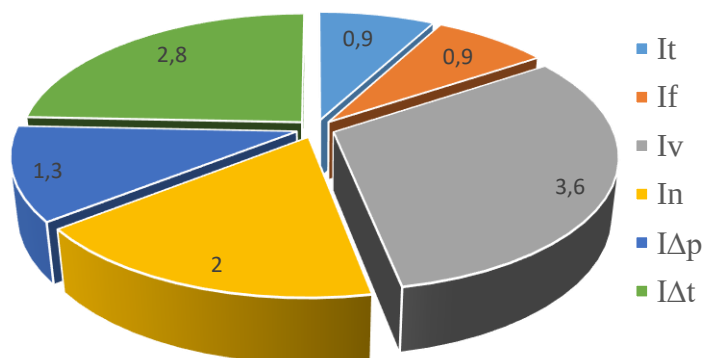
**Диаграммы вклада частных индексов в общий индекс патогенности для
каждого месяца года (балл)**



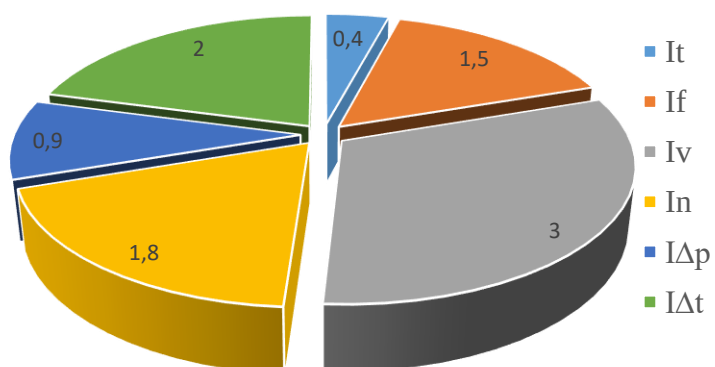
апрель

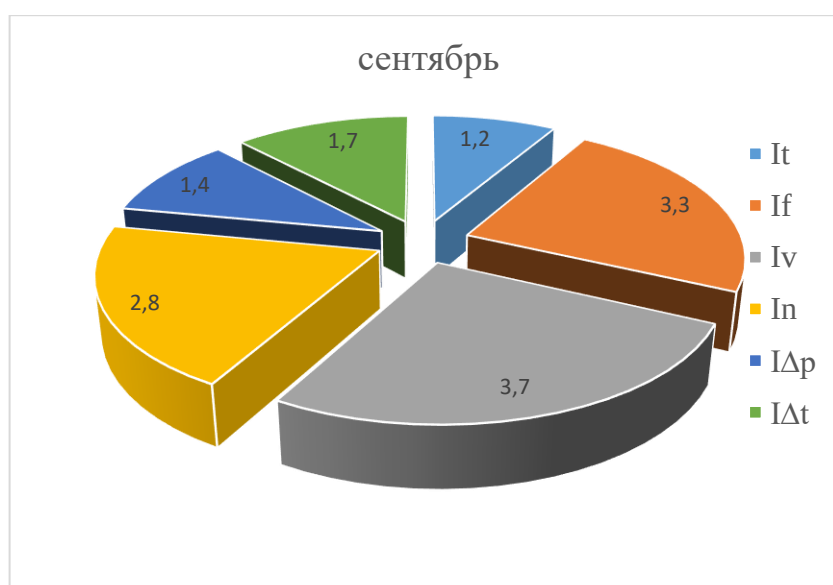
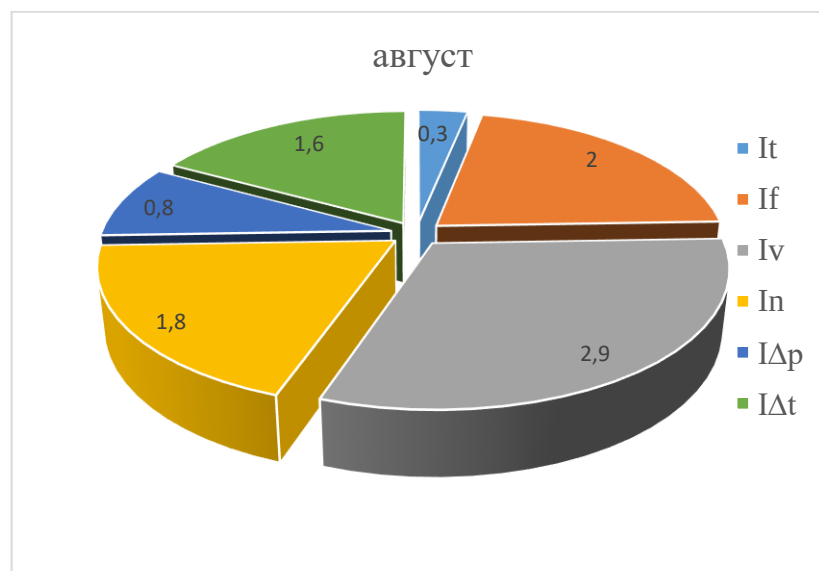
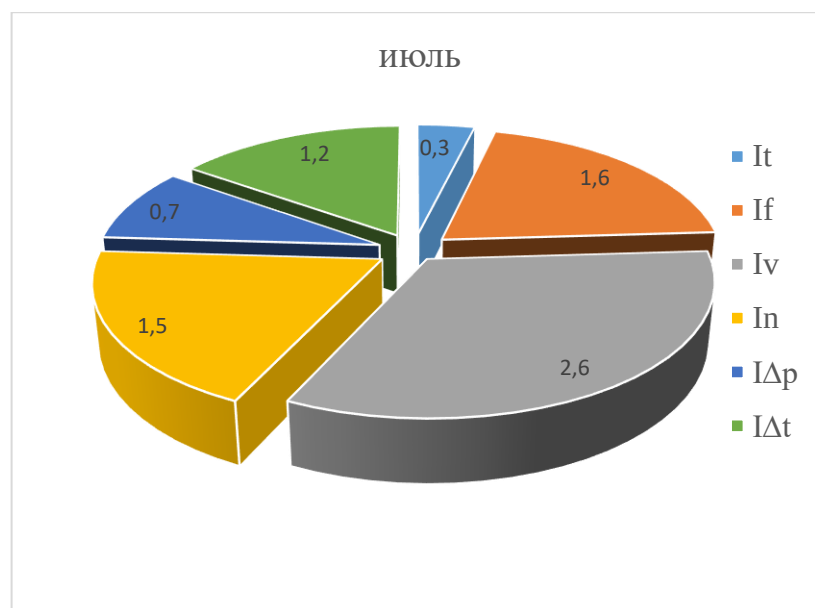


май

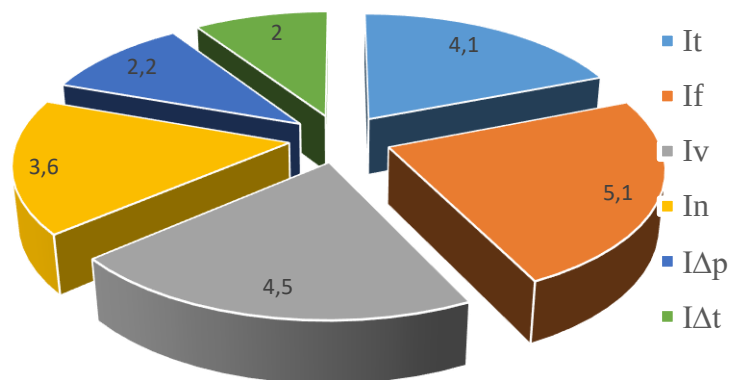


ИЮНЬ

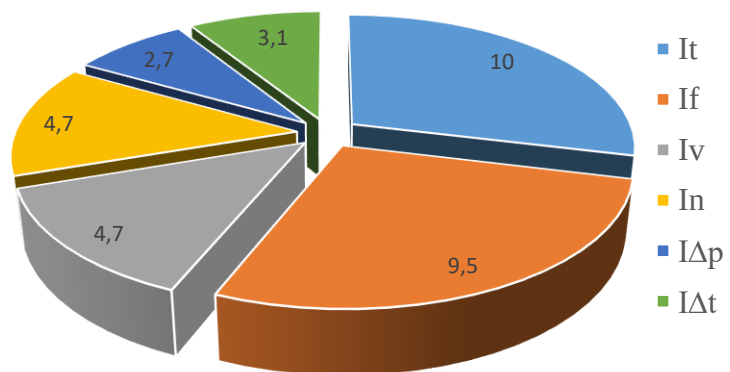




октябрь



ноябрь



декабрь

