

**Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин,
К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов, В.В. Соколов**

**КЛИМАТ
И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
ПРИВОЛЖСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**



**КАЗАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
2013**

УДК 551.58
ББК 26.23:26.233:26.236
П27

*Печатается по рекомендации Ученого совета Института экологии
и географии Казанского (Приволжского) федерального университета*

Научный редактор –
докт. геогр. наук, проф. Ю.П. Переведенцев

Рецензенты:
докт. геогр. наук, проф. **А.А. Васильев**;
докт. геогр. наук, проф. **Н.А. Калинин**

Переведенцев Ю.П.

П27 Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа /
Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов,
В.В. Соколов [и др.]; науч. ред. Ю.П. Переведенцев. – Казань: Казан. ун-
т, 2013. – 300 с.

Дано описание основных характеристик климата и их пространственно-временных изменений за последние десятилетия в Приволжском федеральном округе на фоне современного глобального потепления по данным регулярной сети метеорологических станций, реанализа и Интернет-ресурсов. Уделено внимание режиму различных прикладных показателей климата и состояния окружающей среды.

Направленность монографии соответствует концептуальным установкам социально-экономического развития региона и представляет интерес для специалистов различных отраслей экономики, муниципальных служб, здравоохранения и туризма, а также для студентов, обучающихся по направлениям «Гидрометеорология», «География», «Экология и природопользование».

Yu.P. Perevedentsev

Climate and Environment in Volga Federal Region / Yu.P. Perevedentsev,
M.A. Vereshchagin, K.M. Shantalinsky, E.P. Naumov, V.V. Sokolov [et al.];
ed. by Yu.P. Perevedentsev. – Kazan: Kazan University, 2013. – 300 pp.

Based on regular meteorological network observations, reanalysis data, and information available via Internet, a description for main characteristics of climate and their spatial and temporal changes during last decades in the Volga Federal Region is given in association with the present-day global warming. Special emphasis is put on various applied indexes characterizing climate and environmental states.

This monograph corresponds conceptual directions of social and economic development of the region and prepared for specialists of different branches of economy, municipal services, health services and tourism services as well as for students studying hydrometeorology, geography, ecology, and natural resources.

УДК 551.58
ББК 26.23:26.233:26.23

© Коллектив авторов, 2013
© Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2013

К 200-летию Казанской метеорологической школы

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы казанские метеорологи значительное внимание уделяют анализу климатических изменений на обширной территории Приволжского федерального округа (ПФО), выделяющегося многообразием природных условий сложившихся на территории Волжского бассейна и Предуралья. Этот интерес обусловлен необходимостью изучения регионального отклика на происходящее глобальное потепление климата и оценки последствий изменения в природных и социально-экономических процессах региона. Проблемам изучения глобальных и региональных климатических процессов посвящен цикл опубликованных авторами работ. В частности, результаты статистического анализа современных изменений климата в тропосфере и стратосфере Земли и в отдельных регионах Северного полушария до 2010 г. представлены в работах (Переведенцев и др., 2011; Переведенцев, Шанталинский, 2011).

Многочисленные факты свидетельствуют, что современные изменения климата оказывают дестабилизирующее воздействие на природные процессы, экосистемы и экономику. Участвовавшие жестокие засухи и лесные пожары (особенно в 2010 г.), наводнения, зимние морозы и другие негативные явления преобразуют привычную среду обитания, увеличивают масштабы социально-экономических потерь и издержки их преодоления. Проблема изменения климата впервые в 2010 г. обсуждалась Советом Безопасности РФ с целью оценки возможной угрозы устойчивому развитию и экономической безопасности России от негативных изменений климата (Оценка..., 2011). Несколько ранее (в 2009 г.) была принята климатическая доктрина РФ. Лето 2012 г. также оказалось исключительно аномально теплым: жестокая засуха в Нижнем Поволжье и на Южном Урале практически погубила урожай зерновых культур, горели леса в Сибири, а катастрофическое наводнение в Краснодарском крае разрушило город Крымск и привело к многочисленным человеческим жертвам. Засухи, наводнения и другие природные катаклизмы произошли в этот период во многих странах мира (США, Китай и Корея, страны Европейского сообщества, где во второй половине августа тепловая волна подняла температуру выше 40°C). По данным NOAA июнь 2012 г. оказался самым жарким месяцем в истории Северного полушария – температура воздуха над сушей была на 1,3°C выше средней за XX столетие. Среднемировая температура воздуха в июне составила 16,13°C, что на 0,63 °C выше средних значений для XX века, что свидетельствует о значительных межгодовых

колебаниях метеорологических параметров. В августе 2012 г. площадь льдов в Арктике сократилась вдвое по сравнению с 1970-ми годами.

Вместе с тем наметилась тенденция некоторого замедления глобального потепления в последние годы. Согласно (Бирман, Бережная, 2012), температура приповерхностного воздуха в 2011 г. оказалась ниже, чем температура в 2010 г. и как отмечено в (Клименко, 2011), впервые за последние 65 лет среднеглобальная за пятилетие 2006 – 2010 гг. температура оказалась ниже температуры предыдущей пятилетки (2001 – 2005 гг.). При этом максимум температуры 1998 г. (в год с экстремальным явлением Эль-Ниньо в экваториальной части Тихого океана, создавшего экстремальные положительные аномалии температуры поверхности океана (ТПО) и тропосферы) остается непревзойденным, несмотря на рост эмиссии углекислого газа. Так, за последние 30 лет антропогенная эмиссия диоксида углерода возросла на 60% - с 5,2 до 8,5 млрд тонн углерода в год, а концентрация CO_2 – с 339 до 390 млн⁻¹ (Клименко, 2011). Следует отметить, что естественные потоки углерода в атмосфере на порядок превышают антропогенные, однако они сбалансированы и прирост CO_2 определяется в основном за счет антропогенного фактора (Нигматуллин, 2012).

При этом в среднем в период 1976 – 2010 гг. глобальная среднегодовая температура росла со скоростью 0,2°/10 лет, а на территории России со скоростью 0,5°/10 лет. Остается открытым вопрос о генезисе современного потепления – вкладе антропогенных и естественных факторов. В частности, в (Клименко, 2011) отмечается, что пик современного потепления (1975 – 2005 гг.) пришелся на период совпадения чрезвычайно интенсивных положительных фаз Северо-Атлантического (САК) и Южного (ЮК) колебаний с рекордными за последние 600 лет уровнями солнечной активности, что и обеспечило скорость потепления в масштабах планеты $\geq 0,2^\circ/10$ лет.

Наиболее развита парниковая теория климата, где главная роль отводится внешнему антропогенному форсингу, позволяющая производить оценки климата будущего с помощью современных математических моделей (Дымников и др., 2012). В частности, для Поволжья, согласно оценкам приведенным в (Оценка..., 2011) для периода 2011 – 2030 гг. ожидаются следующие изменения климата: умеренное потепление (зимой 0,9 – 1,3°С; летом 1,0 – 1,2°С), повышение летних экстремальных температур, небольшое увеличение среднего количества осадков. То есть ожидается прирост годовой температуры воздуха со скоростью примерно 0,5 °С/10 лет.

Настоящая коллективная монография завершает серию подобных книг, подготовленных сотрудниками кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы КФУ в содружестве с ВНИИГМИ-МЦД, Удмуртским и Ульяновским университетами, Верхне-Волжским УГМС в пе-

риод 2006 – 2012 гг., что является хорошим подарком к 200-летию широко известной в России Казанской метеорологической школы. Этому событию была посвящена также Международная научная конференция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (Казань, 2 – 4 октября 2012 г.), в которой приняли участие более 340 ученых и специалистов из Российской Федерации, стран СНГ, Швейцарии, Польши и т.д. В работе конференции принял участие генеральный секретарь ВМО М. Жарро, Руководитель Росгидромета А.В. Фролов, Премьер-министр РТ И.Ш. Халиков.

Основные гидрометеорологические материалы для анализа и написания книги были заимствованы из фондов ВНИИГМИ-МЦД, МО КФУ, Верхне-Волжского УГМС, Интернет ресурсов. Она состоит из 12 глав с многочисленными таблицами и иллюстрациями. В ней представлены история метеорологических наблюдений и исследований в Казанском университете, анализ изменений климатических условий региона, климатических ресурсов, прикладных характеристик климата и загрязнения окружающей среды, представляющих определенный интерес для различных отраслей экономики, населения Поволжья, развития туризма и рекреации и т.п.

Авторами разделов являются: предисловие и заключение – Ю.П. Переведенцев; 1 глава – Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, Э.П. Наумов; 2 глава – А.В. Елисеев; 3 глава – М.В. Исаева; 4 глава – А.А. Николаев; 5 глава – Э.П. Наумов, Т.Р. Аухадеев, Ф.В. Гоголь, В.В. Гурьянов; 6 глава – Ю.П. Переведенцев, Н.А. Важнова, Н.В. Исмагилов; М.О. Френкель; 7 глава – М.А. Верещагин, М.В. Исаева, В.Д. Тудрий; 8 глава – К.М. Шанталинский, Б.Г. Шерстюков; 9 глава – Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский, Н.А. Важнова, Э.П. Наумов; 10 глава – Ю.Г. Хабутдинов, Б.Г. Шерстюков; 11 глава – Ю.П. Переведенцев, Н.А. Важнова, М.В. Исаева; 12 глава – В.В. Соколов.

В подготовке и техническом оформлении монографии участвовали сотрудники кафедры Н.А. Важнова и Э.П. Наумов.

1. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ МЕТЕОРОЛОГИИ В КАЗАНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Созданной трудами многих поколений ученых, широко известной в России и за ее пределами Казанской метеорологической школе исполнилось 200 лет (1812 – 2012). Ее становление неразрывно связано с рядом важных исторических событий и в том числе с открытием в 1804 г. Казанского Императорского университета.

Современные представители Казанской метеорологической школы, анализируя прошлые исторические достижения, строят планы ее дальнейшего развития.

Истоки метеорологии в Казани

Метеорология, как наука, в Казанском университете возникла на основе первых метеорологических наблюдений, и длительное время развивалась как одно из направлений экспериментальной физики. Начало этим наблюдениям было положено в феврале 1805 г. при кабинете физики. Их проводили студенты под руководством адъюнкта физики (впоследствии профессора) И.И. Запольского.

Предысторией к началу метеорологических наблюдений в Казанском университете явились наблюдения, которые еще в 1733 – 1744 гг. проводились учителями городской гимназии В. Григорьевым и С. Куницыным. Эти наблюдения были инициированы академиками – участниками Второй Камчатской экспедиции (руководимой В.Берингом) при их следовании из Санкт-Петербурга через Казань. Они же снабдили наблюдателей измерительными приборами и инструкцией. Однако, вся последующая история метеорологических наблюдений в городе связана исключительно с университетом.

По предложению попечителя Казанского учебного округа (КУО) С.Я. Румовского метеорологические наблюдения с лета 1808 г. были распространены на всю обширную территорию округа, включавшую 15 губерний Поволжья, Урала, Сибири и Кавказа и возложены на учителей народных училищ. Материалы этих наблюдений отправлялись в университет, который становился организационно-методическим центром, где они сосредотачивались.

С 1810 г. руководство метеорологическими наблюдениями было возложено на профессора теоретической и опытной физики Ф.К. Броннера, приглашенного в университет из Швейцарии. По его ини-

циативе результаты наблюдений с августа 1811 г. стали публиковаться в «*повременном печатном органе университета*» - газете «Казанские известия», а с января 1812 г. метеорологические наблюдения стали носить регулярный характер, что дает основание считать это событие началом функционирования Метеорологической обсерватории.

Следует отметить, что профессор естественной истории и медицины университета К.Ф. Фукс воспользовался результатами метеорологических наблюдений в январе 1812 г. для статьи «Состояние здоровья жителей Казани», поместив ее в «Казанских известиях» в феврале 1812 г. Сам же Ф.К. Броннер в 1815 г. опубликовал научную статью «Следствия из метеорологических наблюдений в Казани 1814 года», а в 1816 г. - «Водяной столб, виденный на Волге близ Казани». В первой из них была предпринята попытка обобщения материалов наблюдений и сравнения климата Казани с некоторыми городами Европы, а во второй – было дано описание «*весьма редкого для здешних мест явления*» смерча, наблюдавшегося 6 июня 1816 г., около 10 часов утра.

Тем самым были созданы условия для зарождения Казанской метеорологической школы.

С приездом в 1824 г. в Казань из Петербурга профессора физики и химии А.Я. Купфера, метеорологические наблюдения были дополнены магнитными, а общее руководство ими возложено на него. В 1828 г. началось строительство магнитно-метеорологической обсерватории. К концу 1820-х гг. возник также вопрос о необходимости метеорологического изучения обширной территории Востока России.

Впоследствии академик А.Я. Купфер стал инициатором и организатором сети магнитных и метеорологических наблюдений – основателем гидрометеорологической службы в России (1834), создателем и первым директором Главной физической (ныне – геофизической) обсерватории (1849).

После отъезда А.Я. Купфера в Петербургскую академию наук в 1829 г. функции руководителя метеорологическими наблюдениями принял профессор чистой математики, ректор университета Н.И. Лобачевский. При нем во дворе университета для производства наблюдений за температурой почвы был вырыт колодец глубиной 32 м, а в 1831 г. построено здание Метеорологической обсерватории в ботаническом саду по образцу подобных заведений, относившихся к сети Академии наук.

Магнитные наблюдения в то время курировал профессор И.М.Симонов (в последующем – автор фундаментальных работ о природе геомагнетизма). Будучи в 1819-1821 гг. участником 1-й Русской антарктической экспедиции, он выполнял весь комплекс путевых магнитных и метеорологических измерений.

Собранные материалы позволили ему в 1825 г. опубликовать работу «О разности температуры в Южном и Северном полушариях». Это была первая работа отечественных ученых из области сравнительной климатологии.

1.2. Деятельность Метеорологической обсерватории

С 1833 г. руководство Метеорологической обсерваторией (МО) принял ординарный (штатный) профессор теоретической и опытной физики Э.А. Кнорр, который был рекомендован выдающимся немецким естествоиспытателем и географом А.Гумбольдтом. В 1835 г. он возглавил открывшуюся кафедру физики и физической географии. Главной заслугой Э.А. Кнорра явилось разработанное им впервые «Наставление учителям Казанского учебного округа для делания метеорологических наблюдений», что способствовало их упорядочению и повышению качества. В 1835 г. он опубликовал в «Ученых записках Казанского университета» статью «Ход температуры в Казани из наблюдений 1833 года», где приводится сравнение климатических условий Казани и Москвы и содержатся первые данные о годовом ходе температуры почвы на глубине 1 м. Э.А. Кнорр всячески пропагандировал пользу метеорологических наблюдений «... для человека, занятого хозяйством». В 1838 г. он сконструировал термограф. При нем было завершено строительство магнитной обсерватории.

Историческая роль Метеорологической обсерватории Казанского университета состоит в том, что она внесла большой вклад в формирование общероссийской наблюдательной метеорологической сети и стандартизации производства самих наблюдений. При содействии МО были открыты станции в Н. Новгороде, Симбирске, Пензе, Саратове, Царицыне, Астрахани, Вятке, Екатеринбурге, Оренбурге и в других местах.

По длительности непрерывных рядов наблюдений МО университета занимает одно из первых мест в России, уступая по этому по-

казателю лишь С.-Петербургской (1743) и Московской обсерватории Межевого института (1779).

Накопленные и обработанные материалы наблюдений на метеорологических станциях КУО в последующем были широко использованы в классических трудах академика К.С. Веселовского „О климате России (1857), академика Г.И. Вильда „О температуре воздуха в Российской Империи" (1881) и выдающегося климатолога А.И. Воейкова „Климаты земного шара, в особенности России" (1884) и др.

После учреждения МО развитие метеорологии в университете шло ускоренными темпами. Учеными – физиками были сконструированы новые для того времени измерительные приборы, внедрялись передовые методы изучения атмосферы и были заложены основы новых научных направлений в метеорологии (аэрология, синоптическая метеорология). Много внимания уделялось изданию материалов наблюдений и научных трудов.

После отъезда Э.А. Кнорра в 1846 г. в Киевский университет руководство МО осуществляли профессора физики А.С. Савельев (1846-1855), И.А. Больцани (1855-1876), Р.А. Колли (1876-1886), В.А. Ульянин (1897-1931). Организационно-методическую работу по метеорологическим наблюдениям в крае возглавляли приват-доценты И.Н. Смирнов (1864-1880) и Ф.М. Цомакион (1881-1886), профессора Н.П. Слугинов (1886-1894), Д.А. Гольдгаммер (1894-1897) и др.

При А.С. Савельеве были значительно расширены сеть метеорологических станций КУО и программы наблюдений на них. Воспитанник Н.И. Лобачевского И.А. Больцани увлекался конструированием новых метеорологических приборов и был одним из первых российских исследователей свободной атмосферы. И.Н. Смирнов более всего известен как один из основоположников синоптической метеорологии. Его работа «О предсказании погоды и о весенних бурях в России» (Самара, 1870) явилась крупной монографией по синоптической метеорологии в России. В ней помещены первые синоптические карты для Русской равнины, отражающие особенность Казанской бури в июне 1858 г.

Профессор Р.А. Колли, занявший кафедру физики в 1876 г., явился одним из инициаторов актинометрических исследований. Число наблюдаемых величин в МО при нем было значительно расширено путем добавления к ним температуры почвы, солнечной радиации, количества испаряемой воды. В 1885 г. в Казанском универ-

ситете начали издаваться специальные сборники «Наблюдения магнитно-метеорологической обсерватории Казанского университета». В 1882-1883 гг. ученые Казанского университета приняли участие в мероприятиях Международного полярного года.

В 1886 г. к заведованию кафедрой и МО приступил выпускник Петербургского университета Н.П. Слугинов, который также преподавал студентам кроме физических дисциплин и метеорологию. При нем в 1891 г. было завершено строительство магнитной и метеорологической обсерваторий.

В период руководства МО Д.А. Гольдгаммером много внимания уделялось дальнейшему развитию наблюдательской сети: только в Казанской губернии было открыто 23 метеорологических станции. В это же время было положено начало изданию «Трудов метеорологической сети Востока России», «Ежемесячного бюллетеня Востока России» и активному обмену этими изданиями с зарубежными метеорологическими центрами.

В ноябре 1897 г. для чтения курсов физики, метеорологии и геомагнетизма по кафедре физики и физической географии был назначен приват-доцентом (вскоре он стал профессором) талантливый физик-экспериментатор и магнитолог, прибывший из Московского университета В.А. Ульянин. Вслед за И.А. Больцани В.А. Ульянин внес также большой вклад в дальнейшее развитие аэрологии в Казани: в 1902 г. впервые в МО начались регулярные подъемы метеорографов на воздушных змеях, а с 1925 г. было налажено производство регулярных шаропилотных наблюдений. В 1912 г. руководство сетью Востока России перешло в ведение Казанского губернского земства.

Под руководством В.А. Ульянина сотрудниками МО был выполнен ряд работ по описанию климатических и метеорологических особенностей края: о грозах (Л.Г. Данилов, 1900.; М.В. Ситнов, 1907; Н.Ф.Пушкин, 1912), о ливнях (Э.Ю. Берг, 1921), о комплексных климатических характеристиках края (К.И. Котелов, 1901; А.И. Картиковский, 1902) и др.

Бывший ученик В.А. Ульянина Л.Г.Данилов позднее стал профессором Винницкого университета и руководителем Подольской Гидрометслужбы на Украине, а М.В. Ситнов – директором Тифлисской, а затем – Свердловской обсерваторий. В.А. Ульянин поддерживал, развивал и направлял со студенческой скамьи и до аспирантского периода экспериментальные и научные интересы будущего лауреата

Ленинской премии академика Е.К. Завойского, открывшего явление электронного парамагнитного резонанса.

1.3. Образование и развитие кафедры геофизики

В 1923 г. в Казанском университете для подготовки геофизических кадров по инициативе проф. В.А. Ульянина открывается специальная кафедра геофизики, что положило начало новому историческому этапу развития метеорологии. Подготовка студентов-геофизиков велась по специализациям – метеорология, гидрология и геомагнитология.

Открытие кафедры геофизики имело также большое значение для становления Гидрометеорологической службы Татарской республики. Кадровую основу образованного в 1930 г. Гидрометеобюро (ГМБ) республики составили преподаватели и студенты старших курсов кафедры геофизики: В.В. Фролов, Р.Ф. Усманов, О.А. Дроздов и др. Первым начальником ГМБ был назначен выпускник 1928 г. и аспирант кафедры геофизики (впоследствии профессор и ее заведующий) П.Т. Смоляков.

В 1933 г. для обслуживания авиации была открыта авиаметстанция в Казанском аэропорту, которую в 1936 г. возглавил выпускник кафедры Н.В. Колобов (в последующем заслуженный деятель науки РСФСР, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии, профессор). В 1938 г. в Казани был организован пункт шаропилотных наблюдений, в 1940 г. – пункт самолетного зондирования, а в 1945 г. – пункт радиозондирования. Кадровый состав казанских аэрологов формировался преимущественно из выпускников кафедры геофизики.

Первыми преподавателями кафедры геофизики были сотрудники обсерватории: зав.кафедрой – профессор В.А. Ульянов и ассистенты – И.А. Картиковский, П.Д.Кушников, Н.Ф. Пушкин. В последующие годы преподавательский состав кафедры пополнялся из числа оканчивающих ее студентов. В разные годы на кафедре работали: П.Т. Смоляков, О.А. Дроздов (впоследствии заведующий кафедрой метеорологии и климатологии Ленинградского университета, научный сотрудник ГГО и ГГИ, профессор), В.В. Фролов (впоследствии директор ААНИИ в Ленинграде), Р.Ф. Усманов (впоследствии научный сотрудник ГМЦ СССР в Москве), Н.В. Колобов и др.

После В.А. Ульянина кафедру геофизики возглавляли доцент И.А. Картиковский (1931), известный климатолог, профессор А.В. Шипчинский (1931–1933), профессор астрономии, заслуженный деятель науки РСФСР И.А. Дюков (1934–1936), доцент (с 1945 г. профессор) П.Т. Смоляков (1936–1952). И.А. Картиковский стоял у истоков агрометеорологических исследований при сельскохозяйственной опытной станции (ныне ТатНИИСХ) и опубликовал первый в своем роде труд «Климатический очерк Татарской Республики» (1925).

Из стен Казанского университета в 1928 – 1936 гг. вышла целая плеяда отечественных геофизиков, работавших в различных регионах нашей страны и получивших мировое признание. Ярким представителем этого научного направления является профессор, член-корр. АН СССР (РАН) Ю.П. Булашевич (1911 – 1999) – организатор и первый директор Института геофизики Уральского отделения РАН. Широкую известность получили работы крупных ученых в области земного магнетизма, вошедших в ядро Института ИЗМИ РАН, докторов физ.-мат. наук Н.П. Беньковой (1912 – 1992), Ю.Д. Калинина (1910 – 2001), В.И. Афанасьевой (1909 – 2002).

Огромное влияние на развитие геофизики в нашей стране оказали представители Ленинградской геофизической школы - выпускники КГУ профессора Б.А. Андреев (1910 – 1959) и А.А. Логачев (1898 – 1978) – создатель Института ВИРГ – Рудгеофизика, лауреат Государственной премии. В Казанском университете учился (1926 – 1931 гг.) и начинал работать академик АН УССР, профессор С.И. Субботин (1906 – 1976), являвшийся многие годы директором Института геофизики АН УССР.

С конца 1930-х гг. кафедра геофизики вела подготовку лишь по специальности «метеорология». Почти одновременно на географическом факультете с 1938 г. под руководством П.Т. Смолякова началась подготовка географов–климатологов.

В 1948 г. кафедра геофизики была переведена на географический факультет и получила название «кафедра метеорологии и климатологии», которую возглавил профессор П.Т. Смоляков. Он известен, прежде всего, как геофизик-теоретик. К числу его теоретических работ относятся такие, как «Проблемы дрейфовой циркуляции атмосферы» (предмет защиты его докторской диссертации в 1944 г.), «К теореме о вихревых движениях атмосферы» и др. П.Т. Смолякову принадлежит также ряд работ, относящихся к области синоптической

метеорологии, долгосрочных прогнозов погоды и климатологии (в том числе монография «Климат Татарии», 1947).

Среди выпускников кафедры геофизики видное место принадлежит О.А. Дроздову (выпуск 1930 г.), в последующем выдающемуся российскому климатологу. Как преуспевающий, творческий выпускник он был приглашен В.А.Ульяниным для работы на кафедре ассистентом. Научные интересы О.А. Дроздова во многом определились уже в казанском (непродолжительном) периоде его творческой деятельности, о чем свидетельствуют его самые ранние работы, опубликованные в «Ученых записках Казанского университета», например, такие, как «К вопросу о колебаниях климата» (1933), «К вопросу об обработке ветров» (1933) и первый монографический труд «Снежный покров в Татарской республике» (1934). Творческая деятельность О.А. Дроздова оказала благотворное влияние на последующее развитие научного потенциала кафедры.

К числу ярких представителей Казанской метеорологической школы относится также выпускник кафедры геофизики 1936 г. Н.В. Колобов (1911 – 1993). Будучи участником Великой отечественной войны он возглавлял метеобюро 4-й Воздушной армии. В 1946 г. он вернулся в университет и с 1952 г. в течение 26 лет непрерывно возглавлял кафедру. В 1950-х гг. Н.В. Колобов организовал несколько экспедиций по изучению влияния, строящихся водохранилищ на климатические изменения прибрежных районов.

Среди богатого научного наследия Н.В. Колобова выделяются его монографические работы, связанные с изучением климата края («Климат Среднего Поволжья» (1968), предмет защиты его докторской диссертации) и его экстремальных проявлений («Засухи на территории Татарии», 1980 г., в соавторстве с С.А. Муракаевой), крупномасштабных циркуляционных процессов в атмосфере.

Главной заслугой Н.В. Колобова явилось создание сплоченного коллектива сотрудников кафедры, подготовившей большой отряд высококвалифицированных специалистов-метеорологов, успешно работающих в различных подразделениях Росгидромета. Среди бывших преподавателей кафедры этого периода необходимо отметить доцентов – Е.Д. Федотову, В.М. Степанову, А.И. Мишкарева, Р.И. Гумерову, Р.Ш. Иманаеву, Р.Р. Хайруллина и др. Многие из учеников Н.В. Колобова ныне известны, как доктора наук: Ю.П. Переведенцев (КФУ), М.О. Френкель (Кировский областной ЦГМС), В.А. Боков

(Симферопольский ГУ), В.П. Иванов (Государственный институт прикладной оптики (ГИПО), Казань).

1.4. Современное состояние метеорологии в Казанском университете

Кафедру с 1978 г. возглавляет бывший аспирант Н.В. Колобова доктор географических наук, заслуженный профессор Казанского университета Ю.П. Переведенцев. При нем произошло существенное обновление содержания, направленности всего комплекса научного и учебного процесса на кафедре, развитие сотрудничества с образовательными и научными центрами страны. Серьезные перемены произошли и в работе МО (как структурного подразделения кафедры).

В 1980-е годы сотрудники кафедры вели активную работу по важнейшим научным темам, входящим в Координационный план АН СССР. При финансовой поддержке ГКНТ СССР была создана группа по мониторингу климата. Проводились также работы в рамках международной программы по исследованию средней атмосферы (МАП ГЛОБМЕТ).

С начала 1990-х годов научно-исследовательская работа на кафедре велась в целом в рамках программы исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП), выполнялись работы по грантам: «Мониторинг глобальных и региональных изменений атмосферной циркуляции и климата и их прогноз» (Университеты России – Фундаментальные исследования), «Глобальные и региональные изменения климата в современный период и их прогноз» (Фундаментальное естествознание. Геофизика. Санкт-Петербург) и др.

В 1995 г. кафедра получает новое название - кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы и с 2011 г. входит в состав Института экологии и географии Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ).

В последние десятилетия XX и в начале XXI столетия кафедра главное внимание уделяла изучению особенностей атмосферной циркуляции и энергетических преобразований в тропо-стратосфере, крупномасштабного взаимодействия между слоями атмосферы. Большое внимание уделяется изучению современного глобального потепления климата и его региональных проявлений, экологического состояния воздушного бассейна (гранты РФФИ – 2000, 2009, 2012). Результаты исследований опубликованы в многочисленных моногра-

фиях и научных статьях сотрудников кафедры и обсерватории, докладывались на престижных научных конференциях в том числе на Всемирной конференции по изменению климата (Москва, 2003), на Международной конференции по проблемам гидрометеорологической безопасности (Москва, 2007), на Международной научной конференции «Глобальные и региональные изменения климата» (Киев, 2010), съездах Русского географического общества (1990 – 2010), на Международной научной конференции «Проблемы адаптации к изменению климата» (2011). Вместе с тем, по инициативе кафедры был проведен ряд тематических всероссийских совещаний и конференций (1985, 2000, 2004, 2009).

К числу наиболее заметных публикаций монографического характера относятся: «Метеорология в Казанском университете: становление, развитие, основные достижения» (2001), «Климат Казани и его изменения в современный период» (2006), «Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан» (2008), «Климатические условия и ресурсы Ульяновской области» (2008), «Климатические условия и ресурсы Республики Удмуртия» (2009), «Климатический мониторинг Кировской области» (2012) и др.

Материалы по климату Казани и региона в целом, представлены также в первом атласе Республики Татарстан (2005), атласе «Тартарика» (2005), Энциклопедическом словаре РТ (1999), Энциклопедии РТ, (2002 - 2010) и в монографии «Экология города Казани» (2005). Работы сотрудников кафедры, посвященные климату, всегда пользовались популярностью и часто признавались лучшими на всесоюзных (1979, 1981) и многих университетских конкурсах.

Жизненному пути и научным достижениям А.Я. Купфера, П.Т. Смолякова и Н.В. Колобова посвящены очерки, подготовленные соответственно Э.П. Наумовым (2002); Ю.П. Переведенцевым (2002); М.А. Верещагиным, (2001).

Кафедру метеорологии, климатологии и экологии атмосферы связывает многолетнее плодотворное взаимодействие с Институтом физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН (директор – чл. корр. И.И. Мохов). Профессор кафедры, д.ф.-м.н. А.В. Елисеев (с.н.с. отдела исследования климатических процессов ИФА РАН) участвует в совместных работах с ведущими зарубежными центрами, такими как Институт метеорологии Макса Планка (ИММП; Гамбург, ФРГ), Потсдамский институт климатических исследований (ПИК; Потсдам, ФРГ), факультет математики Свободного университета (Берлин,

ФРГ), а также в работе по международным проектам сравнения различных климатических моделей и их компонент, и в других проектах. Результаты расчётов с моделью CLIMBER были опубликованы в соавторстве в журналах *Climate Dynamics*, *Tellus*, *Nonlinear Processes in Geophysics*.

Кафедра также поддерживает тесные связи с университетами (Саратовский, Пермский, Томский, РГГМУ, Московский, Воронежский, Удмуртский), научными учреждениями РФ (ГГО им. Воейкова, ГМЦ РФ, ВНИИГМИ-МЦД, Институт оптики атмосферы им. Зюева, ИВМ РАН, Институт глобального климата и экологии, Институт географии РАН, ИМКЭС – Томск и др.) и научными центрами Белоруссии и Украины. Осуществляется сотрудничество с кафедрами внутри КФУ. Кафедра позиционирует себя как региональный центр по изучению современного климата.

Много внимания в последние годы кафедрой уделялось и совершенствованию учебно-методической базы учебного процесса, разработке учебно-методических комплексов, совершенствованию учебных занятий. Сотрудниками кафедры был издан ряд учебных пособий, в том числе с грифом УМО в области гидрометеорологического образования и при поддержке гранта ТЕМПУС: Ю.П. Переведенцев «Теория климата» (2004, 2009); Ю.Г. Хабутдинов и др. «Учение об атмосфере» (2010); Ю.П. Переведенцев и др. «Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья» (2011); В.Д. Тудрий, Н.В. Исмагилов «Методы и средства гидрометеорологических измерений» (2011).

Следует отметить, что кафедрой почти за 90 лет своего существования выпущено более 1500 специалистов, среди которых свыше 70 кандидатов и 15 докторов наук. Председателями ГАК в разные годы были известные ученые-профессора: М.А. Петросянц, В.И. Воробьев, Е.К. Семенов, А.А. Васильев, Г.Н. Чичасов, М.О. Френкель, Н.А. Калинин.

С 2011/12 учебного года кафедра перешла на двухуровневую систему (бакалавры, магистры) подготовки студентов по направлению «Гидрометеорология». Учебный план предусматривает фундаментальную подготовку по различным областям метеорологии, климатологии и экологии атмосферы: физической, динамической, синоптической метеорологии, аэрологии, климатологии, численным методам прогноза погоды, теории общей циркуляции атмосферы и климата, космическим методам исследований в метеорологии, методам

гидрометеорологических измерений и статистической обработки гидрометеорологической информации и др. Успешно работает студенческое «Учебное бюро погоды». Студенты ежегодно участвуют в образовательно-научных конференциях КФУ и других университетов, Всероссийской студенческой олимпиаде в РГГМУ (Санкт-Петербург), конкурсах научных работ, удостоиваются именных научных стипендий.

В настоящее время на кафедре работают 2 профессора, 8 доцентов, 2 ассистента и 8 человек учебно-вспомогательного персонала, включая сотрудников метеостанции. Из них 2 доктора и 10 кандидатов наук.

Профессорско-преподавательский состав:

1. Переведенцев Ю.П. – зав. кафедрой, профессор, доктор географ.наук;
2. Елисеев А.В. – профессор, доктор физ.- мат. наук;
3. Верещагин М.А.- доцент, канд. географ.наук;
4. Гоголь Ф.В.- ассистент, канд. географ.наук;
5. Гурьянов В.В. - доцент, канд. географ.наук;
6. Исаева М.В.- ассистент, канд. географ.наук;
7. Исмагилов Н.В., доцент, канд. географ.наук;
8. Наумов Э.П., доцент, канд. географ.наук;
9. Николаев А.А., доцент, канд. географ.наук;
10. Тудрий В.Д., доцент, канд. географ.наук;
11. Хабутдинов Ю.Г., доцент, канд. географ.наук;
12. Шанталинский К.М., доцент, канд. географ.наук.

Выпускники кафедры успешно трудятся в самых разных регионах России, СНГ, дальнего зарубежья. Среди них: зав. лаб. ВНИИГМИ-МЦД, д.г.н. – Б.Г. Шерстюков, зав. лаб. ЦАО, д.т.н. М.Б. Фридзон, начальник Самарского ГМЦ – А.А. Мингазов, начальник Ульяновского Гидрометцентра – В.В. Казакова, начальник Архангельского Гидрометцентра – И.В. Грищенко. Как и прежде, выпускники кафедры формируют основной состав Гидрометслужбы Татарстана: начальник АМСГ Казань Ф.С. Губайдуллина, начальник отдела гидрометеорологических прогнозов УГМС РТ И.Н. Трущина и др. За рубежом трудятся В.А. Ильин (Бразилия), П.Э. Шахт (Германия), А.И. Павлова (Израиль). Многие из них известны как специалисты высокого класса и удостоены почетного звания «Заслуженный метеоролог России» - Р.А. Ягудин, Е.М. Зеленин, Р.Б. Шафикова, А.И.

Ефимов и др. Успешно работают в других сферах деятельности д.э.н., профессор М.И. Муракаев (Совет Федерации РФ), член-корр. АН РТ, генеральный директор ГИПО В.П. Иванов.

Метеорологическая обсерватория является базой учебной практики по метеорологии. Ее материалы используются студентами для написания курсовых и дипломных работ. Сотрудники МО обеспечивают непрерывный мониторинг метеоусловий городской среды, проводят многочисленные экскурсии со школьниками и студентами других вузов г. Казани. Измерительный комплекс обсерватории летом 2011 г. пополнился системой МР-28, предназначенной для автоматической регистрации множества параметров состояния воздушной среды города. Руководителями метеорологических наблюдений в последние десятилетия являлись Л.Г. Павлова, Н.А. Беляева, М.М. Шарипова.

В почетном свидетельстве, выданном метеорологической обсерватории Казанского университета Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, отмечено, что ее «результаты наблюдений входят в состав Государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды и являются достоянием Российской Федерации».

Свое будущее кафедра увязывает с укреплением измерительной базы обсерватории, использованием модельных методов в исследовании атмосферных процессов, климата и состояния окружающей среды, а также с развитием многоуровневой системы подготовки специалистов по направлению «Гидрометеорология» на основе использования новейших информационно-образовательных технологий.

200-летию начала регулярных метеорологических наблюдений и исследований в Казанском университете и 20-летию образования Межгосударственного совета по гидрометеорологии стран СНГ посвящена Международная научная конференция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (Казань, 2012), организаторами которой явились Росгидромет и КФУ (Тезисы..., 2012).

Название фотографий для буклета

1. Франц Ксаверий Броннер (1758 – 1850)
2. Адольф Яковлевич Купфер (1799 – 1865)
3. Николай Иванович Лобачевский (1792 – 1856)
4. Иван Михайлович Симонов (1794 – 1855)
5. Александр Степанович Савельев (1820 – 1860)

6. Дмитрий Александрович Гольдгаммер (1860 – 1922)
7. Всеволод Александрович Ульянин (1863 – 1931)
8. Петр Трофимович Смоляков (1899 – 1952)
9. Николай Васильевич Колобов (1911 – 1993)

10. Коллектив кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы: слева направо сидят – М.А. Верещагин, Ю.П. Переведенцев, Э.П. Наумов, В.В. Гурьянов, М.В. Исаева; стоят – Ф.В. Гоголь, И.А. Холодов, Н.А. Важнова, Н.А. Беляева, Ю.Г. Хабутдинов, М.М. Шарипова, В.Д. Тудрий, О.В. Седых, К.М. Шанталинский, Н.В. Исмагилов, В.С. Холодова, А.А. Николаев.

2. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В XX И НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Рост глобальной приповерхностной температуры T_g отмечается по инструментальным наблюдениям за последние 150 лет (Climate Change, 2007). Линейный тренд температуры атмосферы у поверхности при глобальном осреднении за XX век составляет 0.6 ± 0.2 °C/100 лет. По данным изменения глобальной приземной температуры GISSTEMP 2010 г. был беспрецедентно тёплым за весь период инструментальных наблюдений за климатом (со второй половины XIX века) и одним из самых тёплых по другим данным для глобальной температуры (архивы NCDC, HadCRUT) (Hansen et al., 2010). Регионально и по отдельным сезонам потепление может быть ещё более значительным. Так, в большей части Евразии и Северной Америки коэффициент линейного тренда T_g превышает 1.5 °C/100 лет (Переведенцев и др., 2005; Climate Change, 2007). Потепление оказывается особенно значимым для внутренних регионов суши средних и субполярных широт (Переведенцев и др., 2005; Climate Change, 2007; Arzhanov et al., 2012). В Арктике скорость потепления превышает глобальную более чем в два раза. Следует также отметить, что нагрев отмечается не только в приземном слое, но и во всей толще тропосферы (Climate Change, 2007). При этом следует иметь в виду, что даже на глобальном уровне изменения климата в XX веке происходили немонотонно, характеризуясь общим ростом в первые четыре десятилетия XX века, последующим похолоданием вплоть до начала 1970-х гг. и быстрым ростом температуры в 1970-е-2000-е гг. (Climate Change, 2007). Вклад естественной изменчивости в вариации климата в XX веке оказывается ещё более значимым на региональном уровне (Climate Change, 2007).

Сезонные особенности изменения температуры приземного воздуха могут быть проанализированы в терминах годовой и полугодовой Фурье-гармоник температуры. При этом в большинстве регионов суши отмечается отрицательная корреляция амплитуды годовой гармоник температуры со среднегодовой приповерхностной температурой (Елисеев и др., 2004; Переведенцев и др., 2005). Для ряда океанических регионов (например, на севере Тихого океана) знак корреляции амплитуды годовой гармоник температуры со среднегодовой температурой меняется на обратный, что связывается с влиянием из-

менения количества облаков. Наряду с амплитудными, отмечается изменение и фазовых особенностей годового хода приземной температуры. Так, среднегодовое приповерхностное потепление в большинстве регионов суши приводит к более позднему переходу температуры через её среднегодовое значение весной и более раннему - осенью, эффективно удлиняя холодный (с температурой ниже среднегодовой) период года (Елисеев и др., 2004). Это согласуется с результатами анализа изменения сумм температур за холодный и тёплый периоды годы в зависимости от состояния климата, проведённого в (Переведенцев и др., 2005).

Наряду с изменением характеристик среднемесячной температуры, изменяются и характеристики экстремальности климата. Так, по данным наблюдений за 1950-1995 гг. в большинстве регионов суши средних широт отмечается тренд уменьшения числа экстремально морозных дней в году (Kiktev et al., 2003). Характерные значения коэффициента линейного тренда при этом равны от -1 сут./год до -4 сут./год. Исключением, однако, является регион на севере европейской территории России, где за указанный период число экстремально холодных дней в году увеличивалось со скоростью (1-2) сут./год. Такая тенденция изменения экстремальности климата воспроизводится глобальной климатической моделью в численных экспериментах с глобальной климатической моделью при учёте антропогенного воздействия на климат (Kiktev et al., 2003). В подобном расчёте без учёта антропогенного воздействия пространственные особенности коэффициента линейного тренда для числа экстремально холодных дней в году не воспроизводится.

Важным примером экстремальных погодно-климатических явлений служат периоды экстремальной летней жары (в англоязычной литературе - *heat waves*), связанные с установлением блокирующего антициклона над соответствующим регионом. Примером таких событий служит лето 2010 г. в Европейской части России и лето 2003 г. в Западной Европе.

Существенные изменения отмечаются не только для температуры, но и для других климатических характеристик, в том числе и напрямую влияющих на состояние экосистем. В частности, отмечаются статистически значимые изменения количества осадков и частоты их выпадения (Kiktev et al., 2003; Dai et al., 2004; Climate Change, 2007) и влагосодержания почвы (Dai et al., 2004; Climate Change, 2007). Для России особенно важными представляются тенденции уменьшения

увлажнения в основных регионах сельскохозяйственного производства на юге Европейской части и запада Сибири, а также общий рост осадков в северной части страны (Dai et al., 2004; Climate Change, 2007).

В частности, отмечается общий рост осадков над сушей к северу от примерно 30 оN в XX веке. В тропиках общий рост осадков отмечался в первой половине XX века с последующим переходом к более аридному климату (Climate Change, 2007). В большинстве регионов линейные тренды количества осадков в XX веке и в отдельные подпериоды этого столетия оказываются статистически незначимы. Тем не менее, региональные тренды этой переменной в ряде случаев оказываются статистически значимыми. Так, области статистически значимого роста осадков в 1901-2005 гг. с характерной скоростью 20-40 %/десятилетие выявляются на западе Сибири, севере Казахстана, на юге Дальнего Востока России, на западе Австралии, юге Южной Америки и, менее выраженные - в средних широтах Северной Америки и в экваториальной Африке (Climate Change, 2007). Тенденции значимого уменьшения количества годовых осадков отмечаются в регионе к югу от Сахары и в Карибском бассейне. В обоих случаях коэффициент линейного тренда составляет от -40 %/10 лет до -60 %/10 лет. Частично такое большое относительное изменение осадков вызвано их малым современным значением. Для России статистически значимым оказывает тренд уменьшения осадков в 1901-2005 гг. в центральной части Сибири со скоростью (5-20) %/10 лет. В целом указанные тенденции изменения осадков сохраняются и для периода спутниковых данных 1979-2005 гг., становясь, однако, менее статистически значимыми. В то же время выделяется регион к югу от Сахары, где в этот период уже отмечается общая гумидизация климата. В регионах, подверженных влиянию субтропических муссонов, несмотря на статистически значимые изменения количества осадков по отдельным станциям, в целом статистически значимые тренды осадков не выявляются (Climate Change, 2007).

При относительной малости изменения средних осадков над Европейской территорией России, в Западной Европе, в средних широтах Северной Америки и на юге Южной Америки увеличивается количество дней с ливневыми осадками и, соответственно - доля ливневых осадков в общем количестве осадков (Alexander et al., 2006). При этом уменьшения количества дней с ливневыми осадками и доли

ливневых осадков в общем количестве осадков отмечается на юге Сибири, севере Казахстана и на северо-западе Северной Америки.

По среднемесячным данным наблюдений 1979-2002 гг. в (Trenberth and Shea, 2005) было выявлено, что изменения температуры приземного воздуха и осадков на межгодовых масштабах времени для холодного периода оказываются положительно взаимно коррелированными в средних широтах, в особенности в регионах шторм-треков. В тёплый период при этом в этих регионах выявляется соответствующая отрицательная корреляция между этими переменными. Кроме того, регион значимой положительной корреляции между температурой и осадками отмечается в регионе "холодного языка" на востоке экваториальной зоны Тихого океана.

Общее потепление климата приводит к росту содержания водяного пара в атмосфере. В (Trenberth et al., 2005) по данным спутниковых наблюдений SSM/I было отмечено, что скорость роста содержания водяного пара в тропосфере над океаном составляет 0.4 ± 0.1 мм/10 лет (1.3 ± 0.3 %/10 лет). При этом изменение влагосодержания атмосферы оказывается на единичное увеличение приземной температуры близко к 7.8 %/К, будучи близкой к верхнему пределу, соответствующему соотношению Клаузиуса-Клапейрона. Как следствие для грубых оценок в данном случае можно использовать приближение постоянной относительной влажности атмосферы.

Анализ данных давления на уровне моря для зимних периодов 1948-2005 гг. указывает на уменьшение величины этой переменной в Арктике, Антарктиде и северной части Тихого океана и увеличение - в субтропиках Северной Атлантики, северной Африки и южной Европы (Gillett et al., 2005). Кроме того, выявляется тенденция постепенного заполнения зимнего Сибирского антициклона (Climate Change, 2007). Алеутский минимум при этом углубляется (Переведенцев и др., 2005). Подобный отклик барического поля выявляется не только на уровне моря, но (в терминах геопотенциала) и на больших высотах (Climate Change, 2007). Очень важным для глобального климата является интенсификация меридиональных градиентов давления в средних широтах (Climate Change, 2007). Согласно результатам, полученным в (Gillett et al., 2005), в Северном полушарии изменения барического поля не удаётся воспроизвести без учёта антропогенной изменчивости. В частности, абсолютная величина аномалий барического поля в наблюдениях существенно превышает размах естественной изменчивости этой переменной. В Южном полушарии, с

другой стороны, изменения барического поля по наблюдениям находятся внутри соответствующего интервала естественной изменчивости.

Отмеченное выше увеличение абсолютной величины меридионального градиента давления в средних широтах приводит к увеличению скорости зональной компоненты ветра в этих регионах (Переверденцев и др., 2005; Climate Change, 2007). В Северном полушарии это проявляется, в частности, в развитии положительной фазы Североатлантического и Арктического колебаний в последние десятилетия.

Изменения среднемесячных значений скорости ветра сопровождаются изменением статистических свойств атмосферных вихрей, организованных в шторм-треки средних широт. В частности с использованием данных реанализа NCEP/NCAR и ERA-40 было отмечено смещение шторм-трека в Северной Атлантике на 180 км к полюсу в зимний период во второй половине XX века (Climate Change, 2007). Это смещение сопровождалось общим увеличением кинетической энергии синоптических вихрей в шторм-треках, так что в 1990-х гг. она оказывается на треть больше, чем в 1960-х гг. (Chang and Fu, 2002). При этом дополнительно выявляется высокая взаимная корреляция временных вариаций характеристик шторм-треков в Атлантическом и Тихом океанах Северного полушария. Однако резкое увеличение синоптической кинетической энергии в 1972 г., совпадающее с началом использования спутниковых наблюдений в данных реанализа, указывает на потенциальную возможность завышения такой интенсификации шторм-треков в данных реанализа. В частности, согласно (Harnik and Chang, 2003) по данным радиозондов эта интенсификация оказывается заметно менее выраженной, чем в данных реанализа.

По данным реанализа NCEP/NCAR была отмечена тенденция уменьшения интенсивности блокирующих антициклонов и их длительности в Северном полушарии (Barriopedro et al., 2006). Частота возникновения блокирующих антициклонов увеличивается на западе Тихого океана Северного полушария и уменьшается в Евро-атлантическом секторе. В связи с этим, однако, следует иметь в виду, что, подобно характеристикам шторм-треков, характеристики блокирующих антициклонов в данных реанализа могут быть подвержены влиянию временной неоднородности наблюдательной сети, в том числе связанной с внедрением спутниковых данных в схемы ассимиляции, используемые при подготовке данных реанализа.

По данным ряда спутниковых наблюдений (ISCCP, ERBS, SAGE II) была отмечена общая тенденция уменьшения количества облаков верхнего яруса в последние десятилетия XX века (Climate Change, 2007). Однако общая неопределённость восстановления количества облаков (особенно нижнего яруса не позволяет надёжно выявлять тенденции их изменения на междекадном масштабе времени) по спутниковым данным. В связи с этим в (Chernokulsky et al., 2011) проведён анализ изменения характеристик облачности по данным дневных наземных измерений. При этом получено что в 2001-2010 гг. в большинстве российских регионов в дневное время увеличилось общее количество облаков и количества облаков нижнего яруса. При этом уменьшение значения этих переменных отмечено в зимний период в Западной Сибири. В (Chernokulsky et al., 2011) отмечен также рост повторяемости кучевых и кучево-дождевых облаков, рост повторяемости облаков верхнего яруса и рост повторяемости слоистых не дождевых облаков (Stratus, Altostratus, Stratocumulus). В то же время, повторяемость слоистодождевых облаков (Nimbostratus) становится меньше.

В (Dai et al., 2004) по данным наблюдений для осадков и температуры с использованием индекса засушливости Палмера выявлен общий тренд уменьшения влагосодержания почвы в 1901-2002 гг. Особенно значимым оказывается иссушение почвы в тропиках. В высоких широтах суши это иссушение оказывается значительно менее выраженным. В связи с последним следует отметить, что в целом в расчётах с современными климатическими моделями при антропогенном воздействии на климат в XXI веке изменения влагосодержания почвы высоких широт суши оказываются незначимыми (Arzhanov et al., 2012). Рост влагосодержания почвы в XX веке выявляется по данным наблюдений на юго-западе Европейской территории России, в Поволжье, Западной Сибири, а также в регионе Великих равнин США и на юге Южной Америки (Dai et al., 2004).

По данным наземных актинометрических измерений было выявлено общее уменьшение коротковолновой радиации, приходящей к поверхности суши (Wild et al., 2005). Это уменьшение (в англоязычной литературе - global dimming) продолжалось с начала периода систематических измерений (1950-е гг.) до середины 1990-х гг., после чего в большинстве регионов сменилось увеличением потока приходящей к поверхности солнечной радиации (global brightening). Такие изменения связываются с изменением характеристик облачного по-

крова и содержания аэрозолей в атмосфере, прежде всего антропогенных (Climate Change, 2007).

В (Мохов, Чернокульский, 2010) на основе расчётов с региональной климатической моделью Главной геофизической обсерватории Росгидромета было показано, что в XXI веке можно ожидать рост риска пожароопасности, рассчитанного на основе индекса Нестерова. В целом лесная зона в России соответствует не пожарному режиму либо режиму с малым (в отдельных случаях - с умеренным) уровнем пожароопасности. Исключение – регионы вблизи Байкала, где лес произрастает в условиях высоких и экстремальных уровней пожароопасности (именно здесь и отмечается наибольшее количество лесных пожаров в нашей стране). В конце XXI века можно ожидать рост риска пожароопасности в южных российских регионах. Анализ данных показал, что наряду с ростом температуры существенный вклад в рост риска пожароопасности в южных российских регионах дает увеличение повторяемости длительных бездождевых периодов (Мохов, Чернокульский, 2010), связанных по-видимому с режимами блокирования в атмосфере. Наряду с общей тенденцией увеличения риска летних лесных пожаров в Северной Евразии при потеплении в XXI веке проявляется существенное увеличение длительности пожароопасного периода. Например, в Забайкалье в конце XX века пожароопасный период длится с июля по сентябрь. В XXI веке пожароопасный период в этом регионе может начинаться на месяц раньше. Пик пожароопасности смещается по сравнению с концом XX в. с августа на июль, в то же время в сентябре риск пожароопасности может даже снизиться до непожароопасного уровня, что связано с увеличением количества дней с сильными осадками.

Отмеченное выше потепление суши высоких широт может привести к деградации и сокращению площади распространения вечной мерзлоты (Climate Change, 2007; Мохов, Елисеев, 2012) с существенными изменениями природной среды и значительными экономическими последствиями. Так, уже по данным для второй половины XX века отмечается потепление верхних слоев многолетнемерзлых пород с увеличением глубины сезонного протаивания (Израэль и др., 2002; Climate Change, 2007). По данным стационарных измерений на территории России скорость нагрева многолетнемерзлых грунтов в 1966-2005 гг. увеличилась с 0.022 оС/год до 0.034 С/год, будучи близкой к скорости роста температуры приземного воздуха в соответствующих регионах (Павлов, Малкова, 2010). В общем случае, однако, скорость

роста температуры почвы на данной глубине может заметно зависеть от локальных особенностей ландшафта и типов экосистем (Васильев и др., 2008).

На основе воздушно-мерзлотных индексов было получено, что площадь максимального сезонного распространения мёрзлой почвы также заметно сократилась в XX веке (Climate Change, 2007). Кроме того, были выявлены тренды сокращения площади снежного покрова в различные сезоны (Climate Change, 2007; Dery and Brown, 2007) при возможном увеличении водного эквивалента снега в отдельных регионах из-за увеличения зимних осадков (Китаев, Кислов 2008). Для периода 1972-2006 гг. в (Dery and Brown, 2007) коэффициент линейного тренда уменьшения площади снежного покрова с использованием спутниковых данных оценен величиной 1.28 млн км² за 35 лет. Уменьшение площади снежного покрова в Евразии и Северной Америке составляет 0.48 млн км² за 35 лет и 0.78 млн км² за 35 лет соответственно. Сокращение площади снежного покрова наиболее значительно весной и летом, а зимой, наоборот, площадь снежного покрова в указанный период увеличивается. Это согласуется с результатами (Китаев, Кислов 2008). Потепление климата сопровождается более ранним и более быстрым таянием снежного покрова. В частности, в (Tedesco et al., 2009) с использованием спутниковых данных для яркостной температуры было получено, что целом в субарктических широтах начало снеготаяния в 1979-2008 гг. смещалось к началу года со скоростью 0.5 сут./год, а длительность периода снеготаяния уменьшалась со скоростью 0.6 сут./год. Период залегания снежного покрова на суше (определяемого с даты первого выпадения снега осенью до полного его таяния весной) при этом в 1972-2008 гг. сокращался со скоростью 5.3 сут./десятилетие. (Choi et al., 2010). В то же время, зимний период с непрерывным залеганием снега мало изменился в тот же самый период (Choi et al., 2010).

В свою очередь, рост годовых сумм осадков на водосборах северных рек привёл к росту речного стока в Северный Ледовитый океан с соответствующими изменениями солёности Арктики и условий образования льда в ней (Climate Change, 2007).

По данным зондирования с подводных лодок было выявлено, что толщина морского льда в Арктике уменьшилась в среднем на 1.13 м в 1975-2000 гг. (около 1/3 от первоначальной толщины морского льда). Эти результаты в целом согласуются с результатами по спутниковым измерениям ICESat, которые более полны в пространстве по

сравнению с данными зондирования с подводных лодок, но охватывают более короткий период времени (2003-2008 гг.), см. (Kwok and Rothrock, 2009). По спутниковым данным в 1978-2005 гг. площадь среднегодовой площади морского льда в Арктике сокращалась со скоростью 33 ± 7.4 тыс. км²/год (что эквивалентно 2.7 ± 0.6 %/10 лет), в то время как в Антарктике она увеличивалась со скоростью 5.6 ± 9.2 тыс. км²/год (или 0.47 ± 0.8 %/10 лет) (Climate Change, 2007). Изменение площади морского льда в Арктике в сентябре оказываются ещё более значимыми, так что коэффициент линейного тренда этой величины в указанный период составляет -60 ± 20 тыс. км²/год (или -7.4 ± 0.8 %/10 лет). Согласно расчётам с современными климатическими моделями при дальнейшем антропогенном воздействии на климат в XXI веке можно ожидать полного таяния многолетнего морского льда, так что ледовый покров в Арктике станет сезонным (Climate Change, 2007). Следует отметить, что последнее должно улучшить условия навигации на Северном морском пути (Хон, Мохов, 2010), обеспечивая России определённые экономические преимущества.

В соответствии с результатами синтеза различных эмпирических оценок, проведённым в (Kaser et al., 2006) в 1961-1990 гг. масса ледников и ледовых щитов (на единицу их площади) без учёта периферийных ледников Гренландии и Антарктиды уменьшалась со скоростью 219 ± 112 кг м⁻² год⁻¹. Для 2001-2004 гг. эта величина ещё увеличилась по абсолютной величине, достигнув 510 ± 101 кг м⁻² год⁻¹. В работе (Котляков и др., 2011), что накопление (разность аккумуляции и стока) льда в Антарктиде во второй половине XX века уменьшилась с 298 км³/год до 160 км³/год. При этом баланс массы Западно-антарктического щита стал отрицательным (изменившись соответственно с $+22$ км³/год до -18 км³/год). Замедлилось и накопление массы Восточно-антарктического щита (изменившись соответственно с 241 км³/год до 200 км³/год). В свою очередь уменьшение масса ледового щита Гренландии составляло от 100 ± 70 Гт/год в 1960-е гг. и 97 ± 47 Гт/год в 1996 г., а затем резко увеличилось до 267 ± 38 Гт/год в 2007 г. (Rignot et al., 2008). Следует, однако иметь в виду, что баланс массы этого щита был практически нейтрален в 1970-1980-е гг.

Согласно наблюдениям на станциях рост уровня моря в 1972-2008 гг. в среднем составил 1.8 ± 0.2 мм/год (Church et al., 2011). Эта величина хорошо согласуется с соответствующей оценкой, полученной комбинации таких стационарных данных и данных спутниковой

альтиметрии, которая равна 2.1 ± 0.2 мм/год (Church et al., 2011). В работе (Church et al., 2011) также приведены оценок различных составляющих баланса массы океана. Основной вклад в рост уровня связан с термическим расширением океана (0.8 мм/год) и таянием ледников и ледовых шапок (0.7 мм/год). Вклад таяния ледников Гренландии и Антарктиды в рост уровня океана составляет примерно 0.4 мм/год (близкая к последней оценка приведена также в (Kaser et al., 2006)). При этом относительный вклад изменения состояния криосферы в рост уровня океана быстро увеличивается со временем, особенно с 1990-х гг. Со временем увеличивается также абсолютная величина скорости термического расширения океана, но этот рост происходит медленнее по сравнению со вкладом криосферы. Кроме того, вклад в рост уровня океана связан с опорожнением подземных источников влаги (0.3 мм/год), что полностью компенсируется затратами воды на наполнение искусственных водных резервуаров в этот период (-0.4 мм/год).

По современным представлениям основной вклад в изменения климата XX века связан с антропогенным воздействием на земную климатическую систему (Climate Change, 2007; Мохов, Елисеев, 2012). В свою очередь, основной вклад в антропогенное воздействие на климат даётся антропогенным парниковым воздействием, прежде всего из-за антропогенных эмиссий углекислого газа (Climate Change, 2007). Важным фактом, согласующимся с преимущественно антропогенной природой изменений климата последних нескольких десятилетий является охлаждение стратосферы. Именно такого отклика стратосферы следует ожидать при парниковом воздействии на земной климат (Climate Change, 2007). Влияние естественных внешних факторов, приводящих к изменениям климата (изменение полного проходящего потока солнечного излучения на верхней границе атмосферы, вулканические извержения) приводят к значению стандартного отклонения температуры около 0.1 оС, что на порядок меньше изменения T_g в XX веке, оцененного по данным наблюдений (см. выше) (Елисеев, Мохов, 2008). В частности, вклад изменения полной светимости солнца в глобальное потепление климата в XX веке, по видимому, не превышает 15% (Мохов и др., 2006). В то же время, значительным представляется вклад естественной климатической изменчивости (связанной с внутренними колебаниями климата) в климатические изменения XX века, а в более широком контексте - и в климатические вариации последних тысячелетий (Climate Change, 2007;

Semenov et al., 2010). В частности, с естественной климатической изменчивостью, по-видимому, частично связан период общего похолодания климата 1940-1960-х гг. В регионах преимущественного сельскохозяйственного производства вклад в климатические изменения может быть также обусловлен изменением типов растительности при расширении сельскохозяйственных угодий (Climate Change, 2007).

Следует специально отметить, что полное антропогенное радиационное возмущающее воздействие (РВВ) относительно доиндустриального периода, оцениваемое величиной 1.6 Вт/м^2 (с интервалом неопределённости от 0.6 Вт/м^2 до 2.4 Вт/м^2), заметно превышает соответствующее радиационное воздействие, связанное с естественными процессами (включая изменение приходящего к верхней границе атмосферы потока солнечного излучения, вулканические извержения и вынос минеральной пыли), равное $0.0 \pm 0.4 \text{ Вт/м}^2$. При этом также следует иметь в виду, что лишь относительно небольшая доля современного РВВ ($0.36 \pm 0.06 \text{ Вт/м}^2$) затрачивается на накопление явного тепла в земной климатической системе (Domingues et al., 2008). Последнее должно приводить к тому, что современное потепление климата относительно доиндустриального периода оказывается меньше, чем было бы в случае равновесного отклика системы на современное внешнее воздействие на климат.

3. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Большая часть территории Приволжского федерального округа (ПФО) представляет собой восточную часть Русской равнины, расположенной в Волжско-Камском бассейне (рис. 3.1). Площадь территории составляет 1 млн. 38 тыс. км², что составляет 6,1% площади РФ. Условия рельефа, имеющие большое значение для климата, характеризуются значительным разнообразием (Климат России, 2001; Раковская, 2003).

Неширокая полоса Уральского горного хребта проходит своей осевой линией почти меридионально и, таким образом, служит естественной преградой господствующему западному переносу воздушных масс. В пределах территории Приволжского округа расположены две главные части Уральских гор – Северный и Южный Урал. Восточные склоны Северного Урала сопровождается узкая полоса невысоких (до 350-450 м) и коротких кряжей, протянувшихся параллельно осевой линии, которые называются Восточно-Уральскими увалами. Западные предгорья Северного Урала в пределах Пермского края образуют Полудов кряж, средняя высота которого составляет 400-500 м. Южный Урал наиболее широкий (до 150 км). Главные орографические линии от его северного конца веерообразно расходятся преимущественно в юго-западном направлении (Равнины..., 1974).

Средние высоты основных хребтов большой протяженности составляют 800-1000 м. Отдельными высокими вершинами Южного Урала являются Яман-Тау (1638 м), Зигальга (1425 м) и др. Восточный склон Южного Урала представляет собой слегка наклонную поверхность (Зауральская равнина). Возвышенные западные склоны Южного Урала постепенно переходят в Восточно-Европейскую (Русскую) равнину, которая носит крупнохолмистый характер, благодаря наличию ряда возвышенностей, таких как восточные отроги Северных Увалов, Верхне-Камской возвышенности, Уфимского плоскогорья, восточной части Общего Сырта, Бугульминско-Белебеевской возвышенности.

Правобережье Волги, отличающееся большим разнообразием поверхности и более возвышенным рельефом, чем Левобережье, по всему протяжению изучаемой территории занято Приволжской воз-

вышенностью, образующей высокий берег с наиболее возвышенной частью (Жигули), достигающей 371 м.



Рис. 3.1. Общая географическая карта ПФО

Приволжская возвышенность представляет собой сильно изрезанную речными долинами и оврагами площадь с преобладающими высотами 200-250 м. Самая высокая часть Приволжской возвышенности носит название Приволжского плато и имеет абсолютную высоту 384 м в районе Хвалынского. Орошается Приволжская возвышен-

ность реками бассейна Волги. Северный выступ Приволжской возвышенности относится к Алатырьскому валу, наиболее возвышенная часть которого - Мордовская возвышенность с высотами на юго-востоке 300-320 м. Другая, менее возвышенная часть Алатырьского вала – Чувашская возвышенность – расположена по правобережью р. Суры. Высота отметок здесь не превышает 250 м над уровнем моря. Обе возвышенности на севере и северо-западе обрываются к рекам Волге и Оке крутыми выступами, высотой до 150 м (Воскресенский, 1968).

В противоположность Правобережью Левобережье или Заволжье представляет собой низменность с общим уклоном к югу и высотами 70-165 м, на востоке граничащую с плоской возвышенностью Общего Сырта, с высотами от 100 до 190 м. Понижения перемежаются увалисто-волнистыми повышениями (Северными Увалами, Галичско-Чухломской возвышенностью, Вятским Увалом и Верхне-Камской возвышенностью), наибольшие высоты которых достигают 260-290 м над уровнем моря. Верхне-Камская возвышенность с наибольшей высотой 329 м, являющейся самой высокой точкой Заволжья, представляет собой сильно расчлененное долинами рек плато. Орошается Заволжье также реками бассейна Волги, кроме средней части Оренбургской области, относящейся к бассейну р. Урал. На северо-востоке от Общего Сырта отходит Бугульминско-Белебеевская возвышенность с прилегающими к ней с запада Кинельскими и Сокскими горами (Высокое Заволжье). Наибольшая высота этой возвышенности достигает 482 м над уровнем моря.

По физико-географическим условиям территория Приволжского округа делится на несколько природных зон: на севере расположена зона тайги, далее полоса смешанных лесов и лесостепи, на юге – степи. В районе Уральских гор широтные зоны смещаются на юг. Так, леса по Уралу распространены значительно дальше на юг, чем на прилегающих равнинах. В горной части прослеживаются изменения климатических зон и по высоте, особенно на Южном Урале, от лесостепи у подножия гор до горной тундры вблизи их вершины (Мильков, 1986).

Зона европейской тайги расположена в Заволжье. Основная масса лесов сосредоточена на севере, где лесистость превышает 60% занимаемой территории. Меньше лесов на юге Кировской области, где они покрывают 10-25% площади. Тайга находится в зоне избыточного увлажнения, так как осадки превышают испаряемость. В приун-

женских и приветлужских лесах преобладает сосна, в кировских – ель. Широко распространены береза, осина, ольха.

Зона смешанных и широколиственных лесов захватывает северную часть Татарстана, ограниченную с юга Волгой и Камой, западную часть Приволжской возвышенности. Леса в правобережье занимают не более 25% территории. Во многих местах они уничтожены полностью, значительные массивы сохранились лишь в бассейнах рек Оки, Суры, Мокши, где преобладают лиственные породы деревьев.

Лесостепная зона, умеренно влажная и умеренно теплая, охватывает почти все Правобережье, а в Левобережье Татарстан южнее Камы, Ульяновскую область, северные районы Самарской области, северо-западные и предгорные районы Южного Урала в Оренбургской области. Западная часть лесостепи, увлажненная в большей степени и имеет более богатую растительность, а восточная – полузасушливая с обедненным растительным покровом. Естественная растительность лесостепи почти не сохранилась. Леса здесь встречаются небольшими островами и представлены преимущественно дубравами.

Степная и полупустынная зоны занимают юго-западную и южную часть Правобережья (южнее Балашова и Саратова), все Левобережье и всю западную и восточную часть Оренбургской области. Влаги в степях недостаточно, и древесная растительность встречается лишь в поймах рек. Значительные пространства заняты травянистой луговой растительностью. Степи Русской равнины издавна освоены человеком, распаханы самые плодородные почвы, которые возделываются зерновыми культурами.

4. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Солнечная радиация, поступающая к земной поверхности, является одним из основных климатообразующих факторов. Она является основным источником тепловой энергии почти для всех природных процессов, развивающихся в атмосфере, гидросфере и верхних слоях литосферы и обуславливает влаго- и теплообмен, суточный и годовой ход метеорологических элементов, определяет различия в радиационном нагреве земной поверхности. Наиболее значимым параметром радиационного режима является суммарная радиация и не только потому, что этот элемент характеризует источник энергии атмосферных процессов, но и вследствие того, что он играет главную роль при решении многих научных и прикладных задач (Хабутдинов и др., 2010).

Важной климатической характеристикой является солнечное сияние, его фактическая (при данных условиях облачности) и возможная (при ясном небе) продолжительность. Особенности атмосферной циркуляции и связанной с ней облачности приводят к нарушениям в широтном распределении характеристик солнечного сияния. Основной характеристикой солнечного сияния является суммарное число часов с солнечным сиянием, или его продолжительность.

Наряду с временной структурой рядов солнечной радиации позволяющей получить средние и вероятностные суммы радиации, большое значение имеет также пространственная структура. Мезоклиматическое районирование ресурсов солнечной радиации осуществляется в системе среднемасштабного природно-климатического районирования, которое позволяет дифференцировать территорию на районы, отличающиеся особенностями метеорежима, формирующимися под влиянием мезомасштабных неоднородностей деятельной поверхности. Исследования пространственной структуры рядов солнечной радиации необходимы при выполнении различных научных разработок в гелиоэнергетике, градостроительстве, здравоохранении, сельском и лесном хозяйстве, а также для определения радиационных характеристик в пунктах, где не проводятся актинометрические наблюдения, для расчета средних по площадям, для решения вопроса об автоматическом контроле качества наблюдений.

4.1. Продолжительность солнечного сияния

Одной из важных климатических характеристик является солнечное сияние, его фактическая (при данных условиях облачности) и возможная (при ясном небе) продолжительность. Особенности атмосферной циркуляции и связанной с ней облачности приводят к нарушениям в широтном распределении характеристик солнечного сияния. Основной характеристикой солнечного сияния является суммарное число часов с солнечным сиянием, т.е. его продолжительность.

Продолжительность солнечного сияния в основном зависит от длины дня, т.е. широты места, и возрастает с севера на юг. Однако широтное распределение этой характеристики часто нарушается влиянием облачного покрова, обусловленного особенностями атмосферной циркуляции, и местными условиями, существенное влияние также оказывают условия расположения метеорологических площадок. Уменьшение продолжительности солнечного сияния отмечается в городах из-за наличия большого количества пыли и дыма в атмосфере, а также вследствие большой защищенности горизонта городскими постройками.

Для оценки географического распределения месячных и годовых сумм продолжительности солнечного сияния по территории ПФО построены 13 карт распределения этой величины. В основу, которых положены среднемесячные значения продолжительности солнечного сияния по 48 станциям (Справочник ..., 1966).

На рассматриваемой территории увеличение числа часов солнечного сияния происходит с северо-запада на юго-восток. Если на северо-западе продолжительность солнечного сияния за год составляет 1570-1600 час (рис. 4.1), то на юго-востоке она достигает 2300-2400 час. Уменьшение продолжительности солнечного сияния на северо-западе обусловлено в основном большей повторяемостью пасмурного состояния неба. Наибольшее число часов с солнечным сиянием отмечается в июне - июле, наименьшая в декабре.

В январе (рис. 4.2) на территории ПФО наблюдается в среднем широтное распределение продолжительности солнечного сияния: значения убывают по мере продвижения с юга на север территории. В северо-западной части региона месячные значения продолжительности солнечного сияния наименьшие – 25-30 час. Наибольшие значения наблюдаются на юго-востоке территории – 60-72 час (Будыко, 1956).

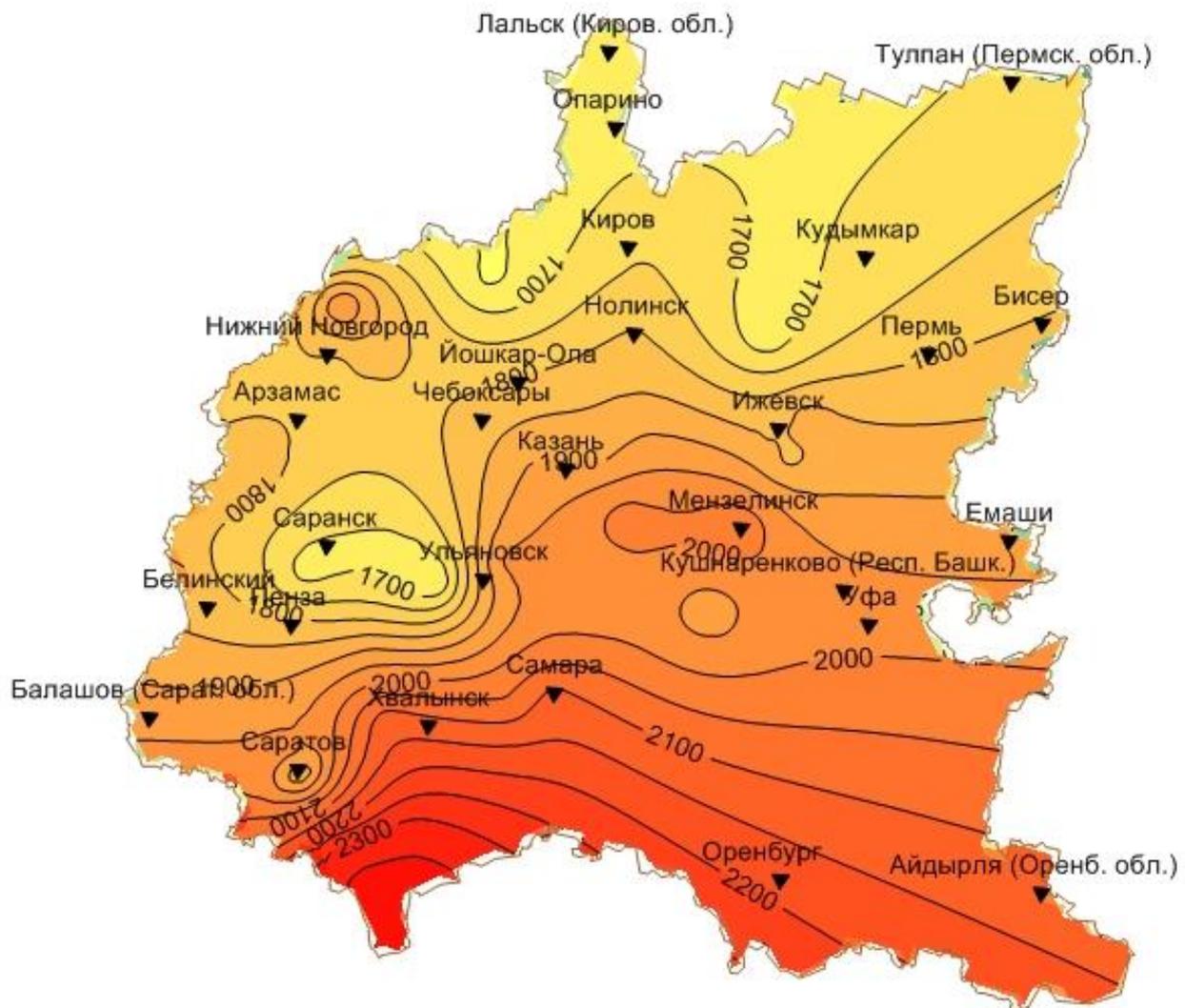
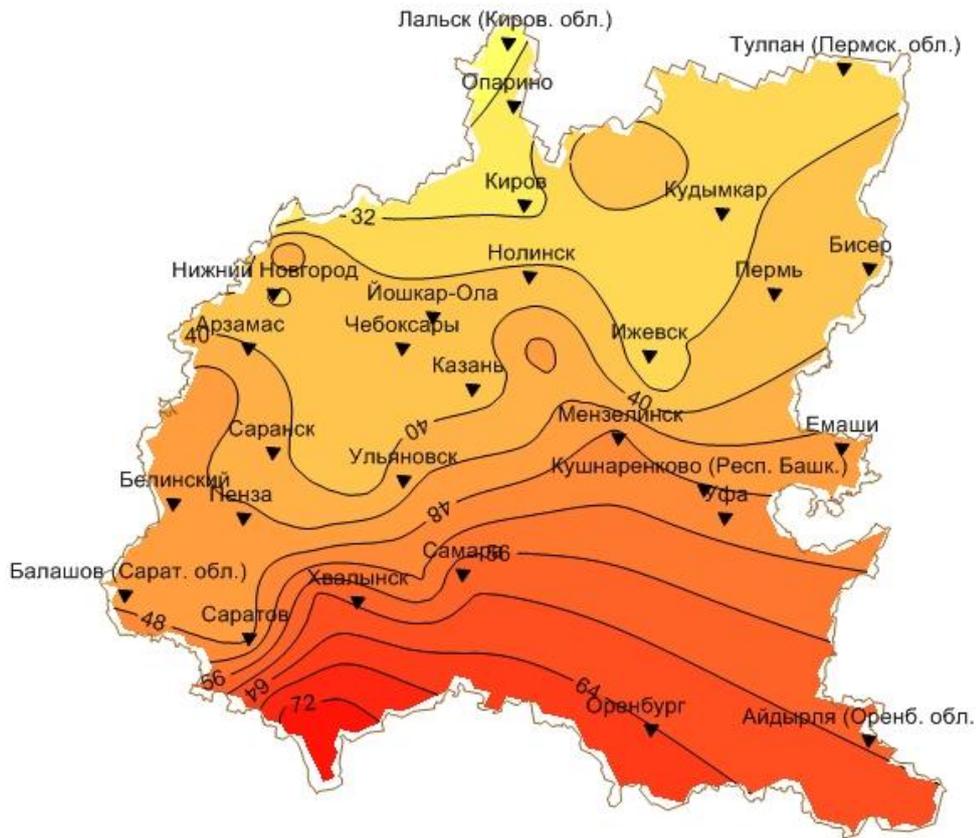


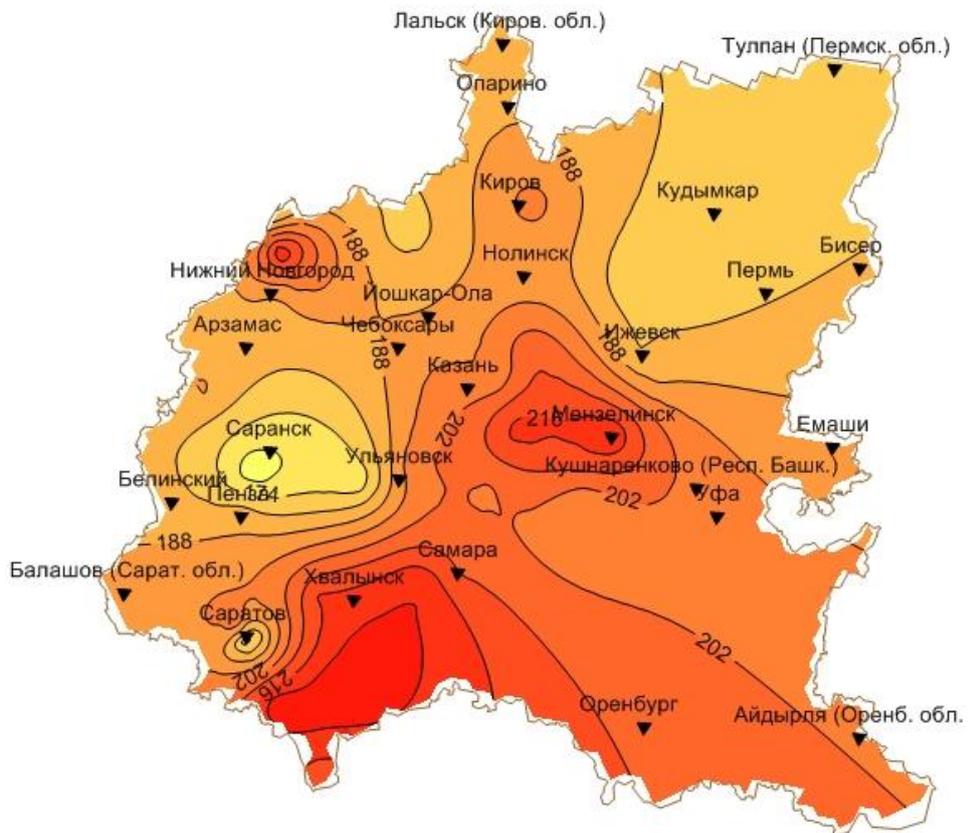
Рис. 4.1. Продолжительность солнечного сияния (час) за год

Резкое возрастание числа часов с солнечным сиянием наблюдается в период от февраля к марту, что обусловлено как увеличением продолжительности дня, так и значительным уменьшением весной повторяемости пасмурных дней. В северо-западных районах число часов с солнечным сиянием в феврале составляет 50-60 час, в марте - 120-130 час. Почти в два раза увеличивается продолжительность солнечного сияния в марте по сравнению с февралем также и в других районах рассматриваемой территории.

В апреле (рис. 4.2) продолжительность солнечного сияния продолжают увеличиваться. На Европейской территории страны влияние астрономических факторов на продолжительность солнечного сияния перекрывается влиянием облачности (Кондратьев, 1954; Переведенцев, Николаев, 2002), в результате чего на севере ПФО отмечается минимум 170-180 час. Максимальные величины (210-220 час) наблюдаются на юге территории.



а)



б)

Рис. 4.2. Продолжительность солнечного сияния (час) в январе (а) и апреле (б)

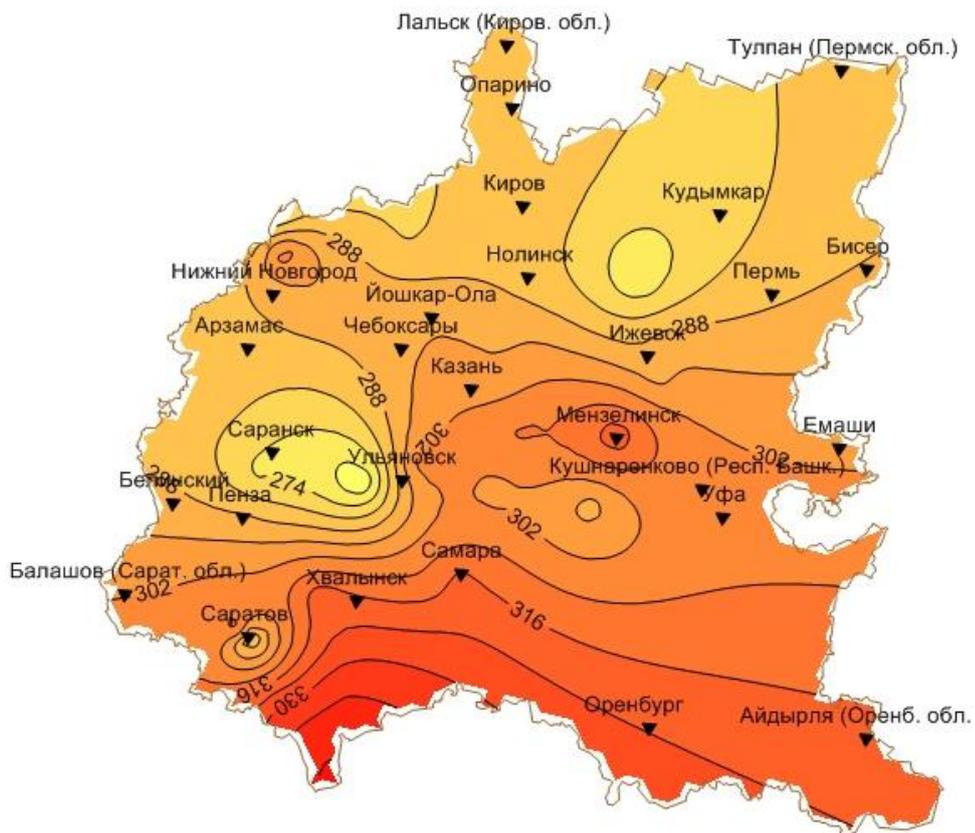
В мае минимальные месячные суммы продолжительности солнечного сияния наблюдаются в северных районах ПФО. Второй дополнительный минимум отмечается на юго-западе Пензенской области. Ярко выраженный максимум (до 300 час) наблюдается на юго-востоке Самарской области. Более резко, чем в мае, выражено возрастание месячных сумм продолжительности солнечного сияния с увеличением широты на севере ПФО в июне.

В июле (рис. 4.3) наибольшая продолжительность солнечного сияния наблюдается на юге территории, 330-345 час, что составляет 70-75% от возможной продолжительности солнечного сияния, наименьшая 260-270 час, т.е. 50-55% от возможного числа часов с солнечным сиянием за месяц. В августе величины продолжительности солнечного сияния увеличиваются с северо-запада на юго-восток. Максимальные суммы продолжительности солнечного сияния отмечаются на юге Самарской области (275-280 час), минимальные на севере региона (235-245 час).

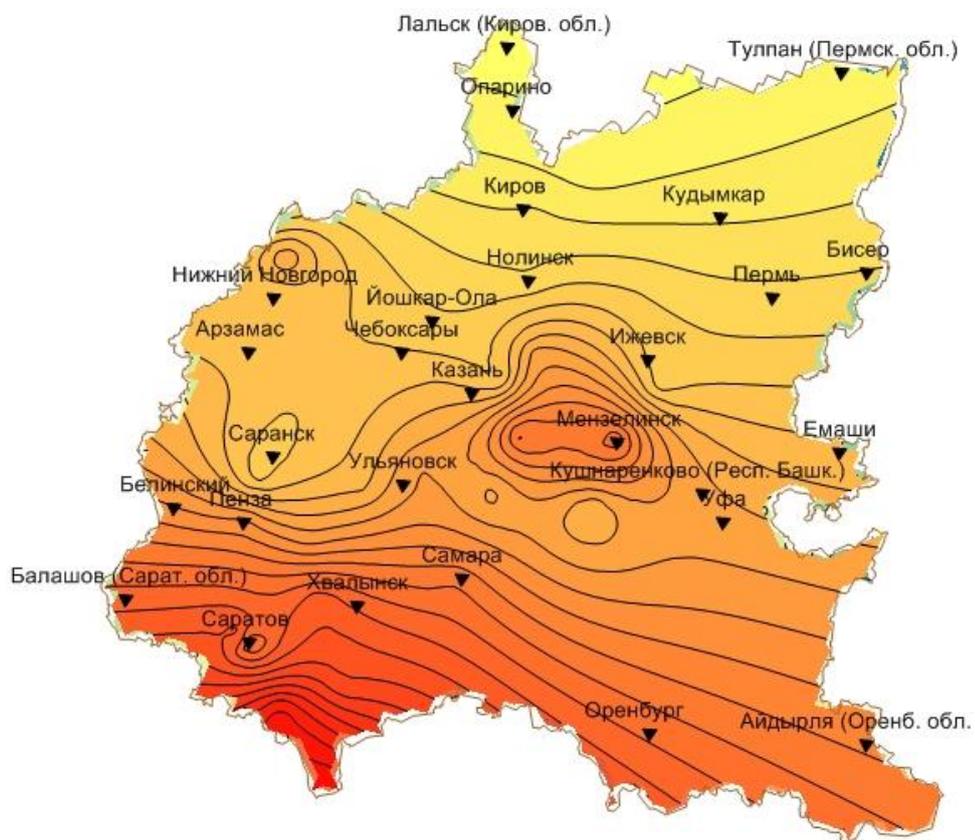
Резкое уменьшение числа часов солнечного сияния наблюдается при переходе от сентября к октябрю. В северных районах Кировской области от 110-115 час в сентябре продолжительность солнечного сияния уменьшается до 40-45 час в октябре, т.е. больше чем в два раза. В других районах рассматриваемой территории обычно продолжительность солнечного сияния в октябре почти в два раза меньше, чем в сентябре (рис. 4.3).

В ноябре характер распределения продолжительности солнечного сияния в основном аналогичен октябрьскому – почти широтный ход изолиний и довольно равномерное увеличение значений числа часов солнечного сияния с уменьшением широты местности. В декабре наименьшая продолжительность солнечного сияния отмечается на северо-западе территории около 15 час (около 10% от возможной продолжительности), наибольшая - на юго-востоке, 50-70 час (25-30% возможной). В это время года продолжительность солнечного сияния больше зависит от облачности. В отдельные зимы продолжительность солнечного сияния составляет только 1-3% от возможной.

Дополнением к данным по продолжительности солнечного сияния по месяцам является продолжительность его по часам суток. В летние месяцы продолжительность солнечного сияния регистрируется в основном с 3 до 21 часа. Максимальная продолжительность более 20 час, в сумме за месяц отмечается около полдня (в среднем от 10 до 12 часов).



а)



б)

Рис. 4.3. Продолжительность солнечного сияния (час) в июле (а) и октябре (б)

Зимой (декабрь - январь) запись солнечного сияния начинается значительно позднее и кончается раньше (в декабре с 8 до 16 час), причем наибольшее число часов солнечного сияния, около 8 - 9 час в сумме за месяц, отмечается в основном после полдня, в интервале между 12 - 14 часами.

Большое прикладное значение имеет знание непрерывной продолжительности солнечного сияния. Повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния по градациям имеется по 12 станциям региона, расположенным в различных районах рассматриваемой территории. В течение всего года наибольшая повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния приходится на градацию от 2 до 6 часов. Осенью это составляет 20-30% всех случаев наблюдений, зимой – 30-40%, весной и летом – несколько меньше, 15-25%. Летом возможны дни с солнечным сиянием 16-18 час подряд.

Соответственно увеличению продолжительности солнечного сияния с северо-запада на юго-восток происходит и уменьшение числа дней без солнца. Больше всего дней без солнца наблюдается в северных районах Нижегородской и Кировской областей, около 120-130 дней в году. По мере продвижения в более южные районы число дней без солнца уменьшается: в Мордовии, Чувашии и на юге Удмуртии составляет обычно около 90-100 дней за год; в Татарстане, Самарской и Пензенской областях 43-53 дней за год, в Саратовской 47-56 дней за год. Летом число дней без солнца мало изменяется по территории и составляет в среднем 1-3 дня. Весной (апрель - май) бывает обычно около 3-6 дней без солнца. В декабре по всей территории наблюдается максимальное число пасмурных дней, от 25 на западе территории (Костромская область) до 15 - 20 на юго-востоке (Саратовская, Самарская области).

4.2. Составляющие радиационного баланса

Солнечная радиация, поступающая к земной поверхности, является одним из основных климатообразующих факторов. В свою очередь она в значительной степени зависит от циркуляции атмосферы (что проявляется через облачность и прозрачность атмосферы), особенностей подстилающей поверхности (высоты над уровнем моря, закрытости горизонта и альбедо поверхности) и, прежде всего, астрономических факторов - продолжительности дня и высоты солнца. Вопросам изучения радиационного режима отдельных территорий, харак-

теристик солнечной радиации и их взаимодействия с атмосферой и земной поверхностью посвящен целый ряд работ.

Средний годовой приход прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе, т.е. возможный приход, изменяется по территории в пределах 4381 - 5099 МДж/м² (Научно-прикладной..., 1988).

Облачность снижает поступление прямой солнечной радиации на 55-67% от возможной и в то же время увеличивает рассеянную радиацию более чем в полтора раза. Таким образом, при реальных условиях облачности годовой приход прямой радиации колеблется в пределах 1611-2427 МДж/м² по территории ПФО, увеличиваясь с запада на восток и с севера на юг. При этом наибольшее количество солнечного тепла 316-412 МДж/м² поступает в июне, а в декабре оно оказывается наименьшим в году 2-22 МДж/м². Таким образом, среднегодовая амплитуда в количестве поступающего к земной поверхности солнечного тепла составляет 355 МДж/м², почти 20% от годовой суммы.

Следует также отметить, что возрастание прямой радиации весной идет более равномерно, чем спад ее осенью. Так, весной возрастание радиации от месяца к месяцу, начиная с марта и до конца июня включительно, составляет 219 - 323 МДж/м². Осенью, начиная с сентября, уменьшение ее более резкое. Так, от августа к сентябрю она уменьшается в среднем на 124 МДж/м², от сентября к октябрю - на 99 МДж/м². В последующие месяцы понижение ее меньше, а начиная с февраля происходит уже возрастание, правда в начале небольшое - от января к февралю в среднем на 35 МДж/м².

Максимум прямой радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, приходится на июнь. В отдельные годы максимум отмечается в мае или июле. Подобные смещения времени наступления максимума прихода прямой солнечной радиации относительно его среднего положения в июне связаны прежде всего с условиями циркуляции, режимом облачности и прозрачности атмосферы.

Осенью, зимой и весной хорошо прослеживается нарастание сумм прямой солнечной радиации с севера на юг. В летние месяцы в пределах рассматриваемой территории эта закономерность выражена слабо. Сопоставление данных о прямой радиации, падающей на горизонтальную поверхность при безоблачном небе и сплошной облачности показывает насколько велико ослабляющее действие на прямую радиацию облачности. Сплошная облачность нижнего и среднего

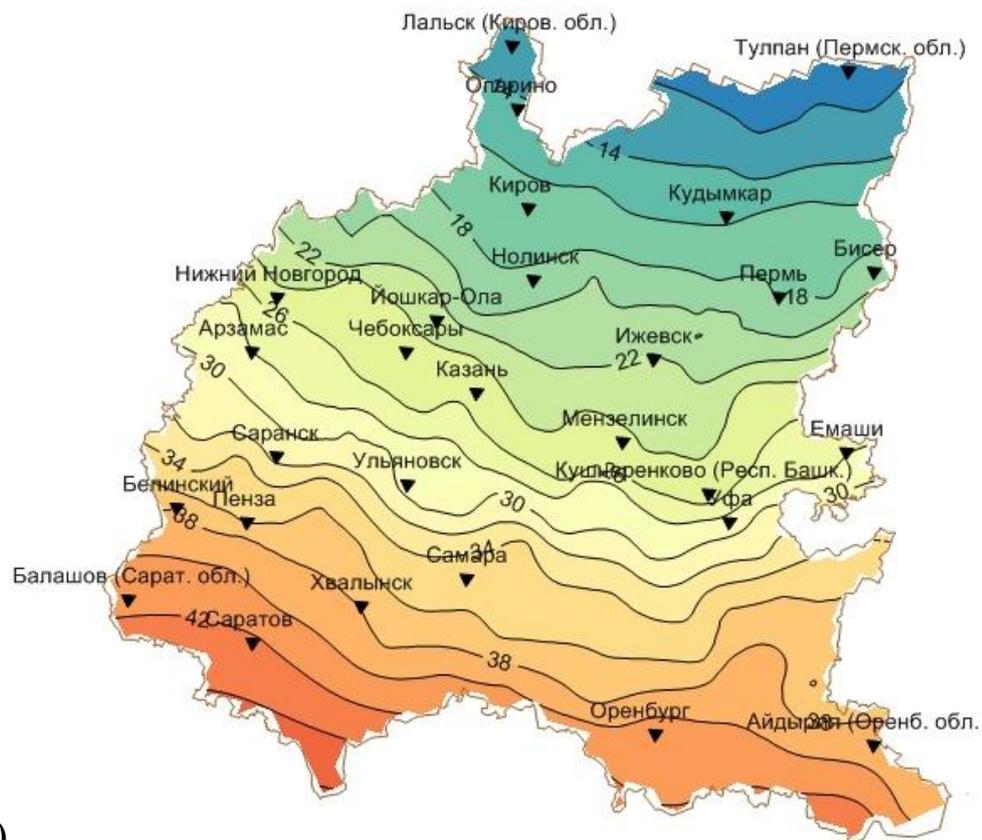
яруса почти не пропускает радиации, облачность верхнего яруса заметно ее ослабляет. По данным наблюдений на станциях ПФО, выяснено, что с увеличением высоты солнца это ослабление уменьшается. Слоистые и слоисто-кучевые (равно как и слоисто-дождевые) облака полностью задерживают солнечную радиацию при всех высотах Солнца (Переведенцев, Николаев, 2002; Пивоварова, 1963).

В суточном ходе прямой солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, максимум во все месяцы года наступает, в среднем, в полдень (срок наблюдений 12 час 30 мин).

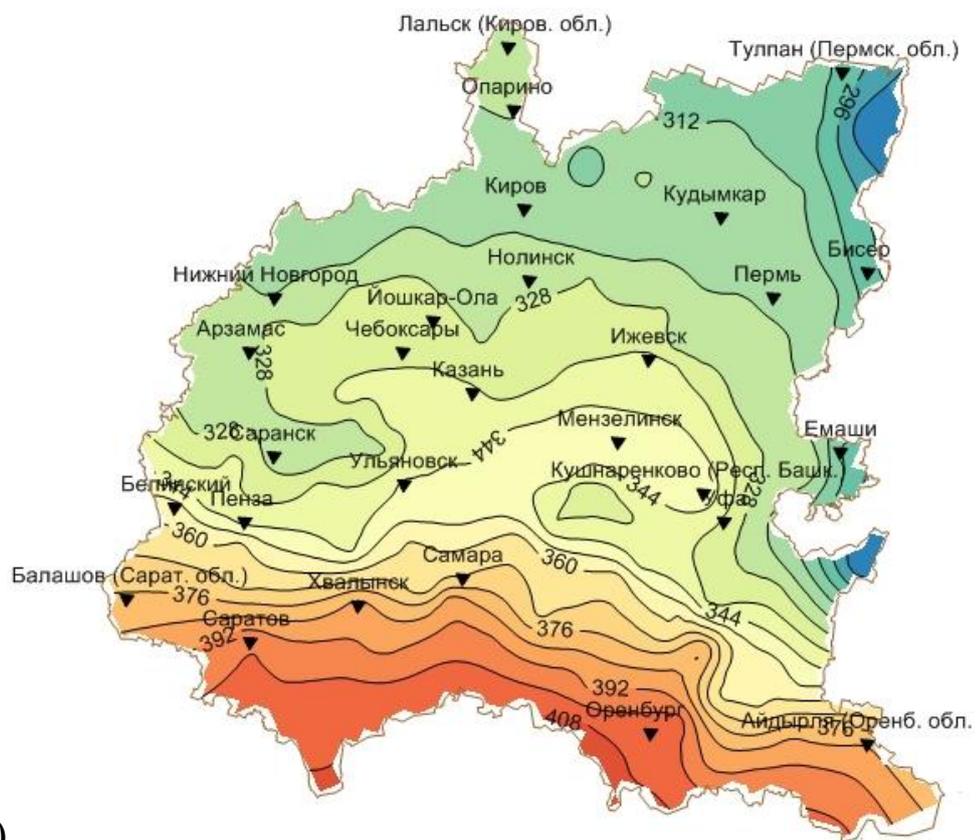
В распределении по территории округа поступающей к земной поверхности солнечной радиации много общего с распределением солнечного сияния, так как обе эти характеристики тесно связаны и определяются в основном одними и теми же факторами. Общий приход солнечной энергии на деятельную поверхность определяется суммарной радиацией, которая представляет собой сумму прямой и рассеянной радиации. Для анализа пространственного распределения этих составляющих радиационного баланса использовались данные NASA Surface meteorology and Solar Energy (The Atmospheric Science Data Center at NASA Langley Research Center) за период 1981 - 2003.

В зимний период на рассматриваемой территории суммы прямой солнечной радиации приходящей на горизонтальную поверхность изменяются в широтном направлении с севера на юг. Минимальные значения отмечаются в декабре в северной части области и составляют 6-8 МДж/м². Максимальный приход прямой радиации наблюдается в южной части региона – 28-33 МДж/м². В январе (рис. 4.4 а) и феврале значения прямой радиации несколько выше декабрьских. Так максимальные значения прямой радиации в январе составили 38-44 МДж/м², а в феврале – 85-89 МДж/м². При этом максимум и минимум в эти месяцы отмечается, так же как и в декабре – на юге и севере соответственно. В центральной части Кировской области, в зимние месяцы, отмечается незначительный перепад в приходе потоков прямой солнечной радиации. Так в каждый из трех месяцев величины прямой радиации в этой части области изменяются на 1-2 МДж/м².

В весенние месяцы характер распределения сумм прямой радиации отличается от зимнего. Если в марте еще прослеживается широтное распределение изолиний с минимумом в северной части региона (116-120 МДж/м²) и максимумом в южной (190-196 МДж/м²), то в апреле уменьшение сумм прямой радиации происходит с юго-востока на северо-запад от 245-250 МДж/м² до 225-230 МДж/м².



а)



б)

Рис. 4.4. Суммы прямой солнечной радиации ($\text{МДж}/\text{м}^2$) в январе (а) и в июле (б)

В июне на большей части территории ПФО отмечаются достаточно небольшие градиенты сумм прямой солнечной радиации. Так в южной и центральной частях суммы прямой радиации меняются от 357 до 411 МДж/м². Тогда как в северной части эти изменения составляют от 278 до 288 МДж/м². В июле (рис. 4.4 б) характер их распределения меняется. На севере региона суммы прямой радиации приходящей на горизонтальную поверхность изменяются мало, а в центральной и южной частях это изменение более существенно с 340 до 410 МДж/м². В августе изолинии приобретают более широтный характер.

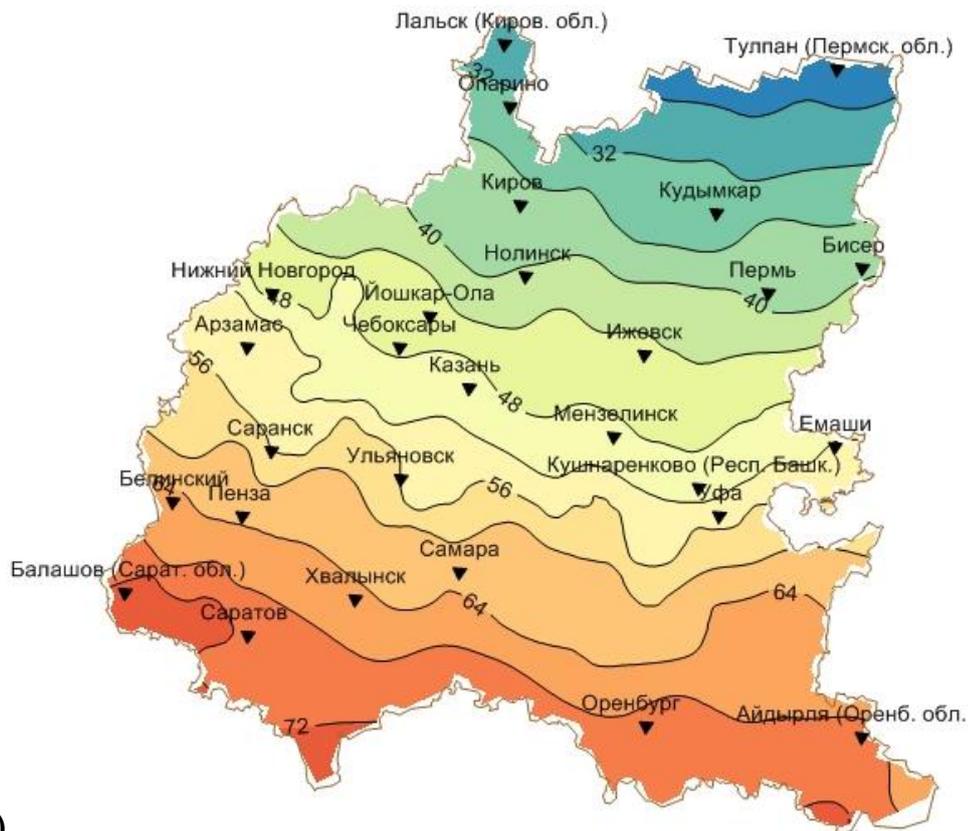
В осенние месяцы поведение изолиний сумм прямой радиации приходящей на горизонтальную поверхность также имеет широтный характер, с максимумом на юге области и с минимумом на севере.

Существенное влияние на приход солнечной радиации оказывает облачность. Так в зимние месяцы (рис. 4.5 а) на рассматриваемой территории отмечается явное преобладание рассеянной радиации на прямой. Распределение сумм рассеянной радиации по территории области носит зональный характер, увеличение значений происходит с севера на юг.

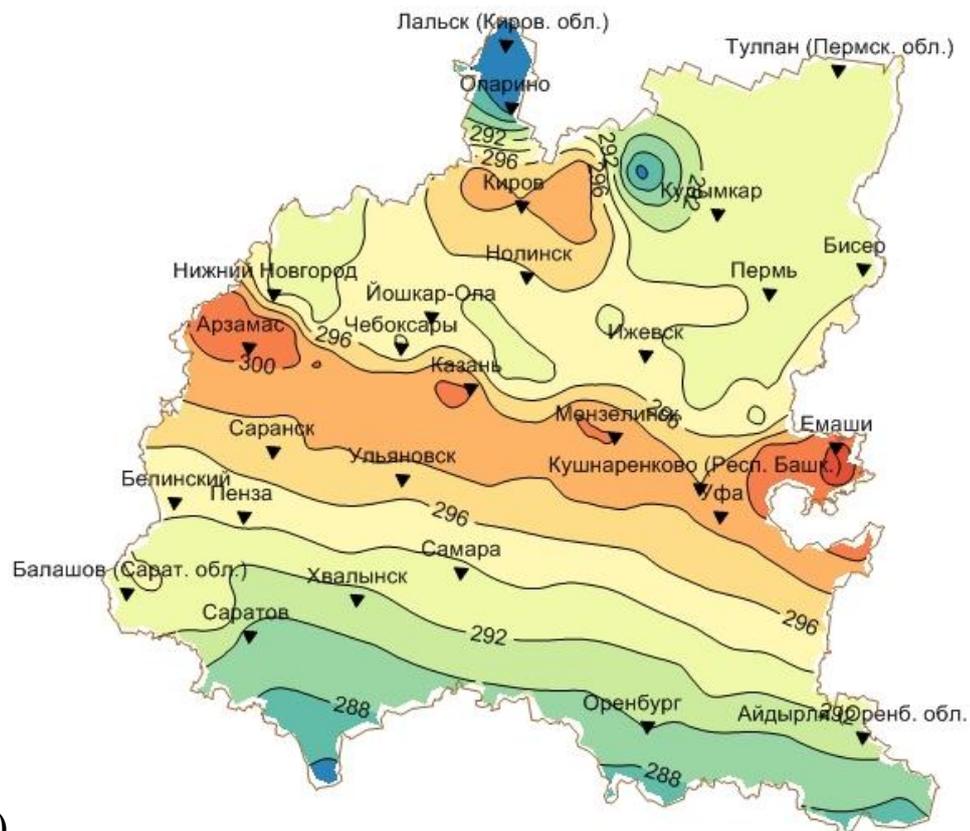
В марте на всей территории ПФО еще сохраняется преобладание сумм рассеянной радиации над прямой. В апреле и мае преобладают уже суммы прямой радиации. Характер распределения рассеянной радиации в эти месяцы сходен с распределением прямой радиации.

В летние месяцы (рис. 4.5 б) значения рассеянной радиации также несколько ниже чем прямой. При этом характер поведения изолиний в июне совпадает с июньским поведением изолиний прямой радиации. А в два других месяца он несколько отличный. В июле, как и в июне, в центральной и южной частях округа отмечается небольшой перепад (294-300 МДж/м²) в значениях рассеянной радиации. В северной части их изменения по территории несколько больше – 288-298 МДж/м².

Начиная с сентября, возрастает доля рассеянной радиации в общем потоке суммарной солнечной радиации. Распределение изолиний рассеянной радиации в осенние месяцы приобретает широтный характер с минимумом на севере рассматриваемой территории и максимумом на юге.



а)



б)

Рис. 4.5. Суммы рассеянной солнечной радиации (МДж/м²) в январе(а) и в июле (б)

В течение года вклад рассеянной и прямой радиации в суммарную изменяется. Так при действительно наблюдаемой облачности в период с ноября по январь включительно (табл. 4.1) вклад прямой радиации в суммарную составляет (в среднем по всей территории ПФО) 21 - 31%, далее повышается, однако с апреля по август остается на уровне 50 - 60%, причем в различных пунктах он оказывается наибольшим в разные месяцы года. В целом же за год суммарная радиация складывается практически из равного участия (48 - 54%) прямой и рассеянной радиации.

Таблица 4.1

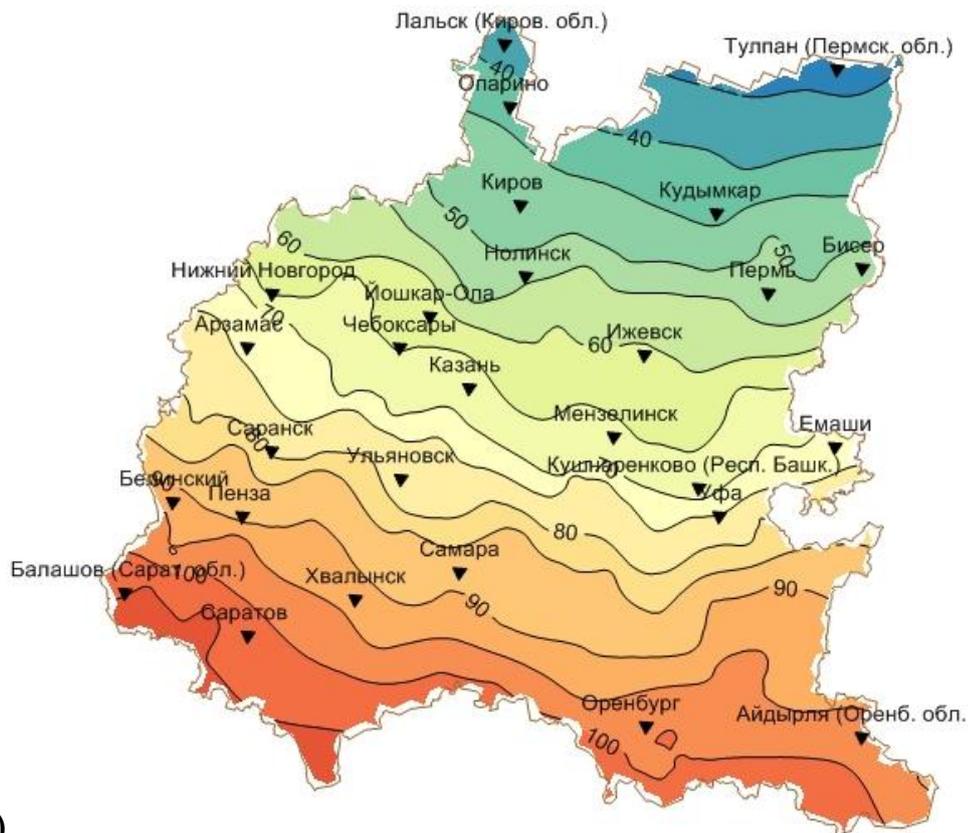
Отношение месячных сумм прямой радиации к суммарной (%)

Станции	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кострома	25	28	38	52	53	54	52	51	39	30	30	15	48
Нолинск	25	27	42	50	56	55	52	53	44	27	24	23	49
Н.- Новгород, Мыза	20	31	41	51	56	56	56	56	47	34	25	7	50
Вязовые	24	32	35	52	55	57	57	58	47	34	30	22	50
Казань	26	35	44	51	56	58	57	57	47	34	30	23	52
Кушнаренково	23	35	34	54	55	57	58	54	51	40	31	25	51
Самара	29	40	45	54	61	63	61	60	56	45	39	33	56
Ростоши	25	33	34	52	54	57	56	59	53	45	30	27	51
Саратов	29	40	41	54	58	59	58	56	57	44	41	27	53
Ершов	31	39	35	54	57	59	63	61	58	51	34	30	54

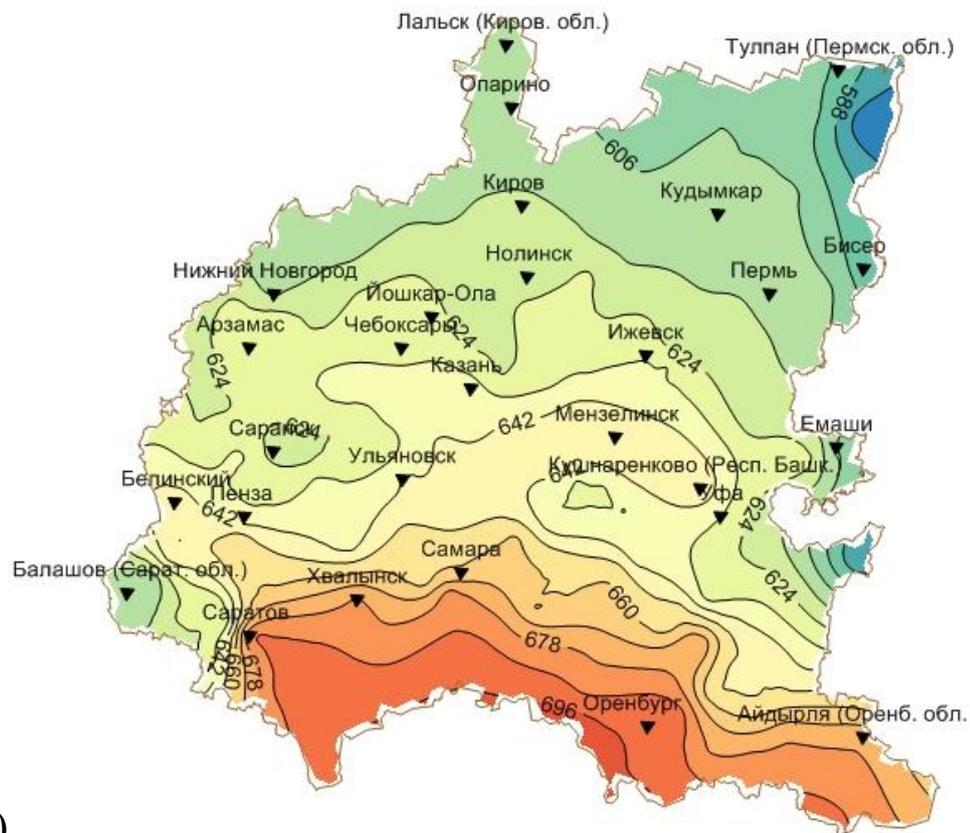
При ясном небе это соотношение изменяется: в течение всего года вклад прямой радиации в суммарную намного значительнее, чем при облачном небе, в декабре - январе он превышает 50%, а в остальное время года оказывается выше 65%. Таким образом, если при реально наблюдающейся облачности суммарная радиация формируется зимой главным образом за счет рассеянной и прямой, то при ясном небе во все месяцы за счет прямой радиации.

При рассмотрении данных о распределении сумм суммарной солнечной радиации в зимние месяцы (рис. 4.6 а) следует отметить понижение ее в направлении с юга на север, что связано с сокращением продолжительности дня и снижением высоты Солнца.

В марте на всей рассматриваемой территории происходит резкое увеличение сумм суммарной радиации по сравнению с зимними месяцами. Если в декабре-январе суммы суммарной радиации изменялись в пределах 20-107 МДж/м², в феврале 118-225 МДж/м², то в марте они достигают 270-375 МДж/м².



а)



б)

Рис. 4.6. Суммы суммарной солнечной радиации (МДж/м²) в январе(а) и в июле (б)

Отличительными чертами распределения среднемесячных значений суммарной радиации в летний период является установление высоких ее значений на всей рассматриваемой территории при малой их географической изменчивости. Максимальное количество солнечного тепла получают южные районы ПФО – 660-700 МДж/м² (рис.4.6 б). В осенние месяцы отмечается понижение сумм суммарной солнечной радиации. Причем наиболее значительно уменьшение происходит от октября к ноябрю от 116-253 МДж/м² к 52-142 МДж/м².

Следует отметить, что распределение сумм солнечной радиации на территории ПФО носит в основном зональный характер, который нарушается неравномерным распределением облачности.

Максимальные величины среднего квадратического отклонения месячных сумм радиации (абсолютная изменчивость) наблюдаются летом и составляют 60 - 100 МДж/м² для прямой и суммарной радиации и 25 – 40 МДж/м² для рассеянной радиации. Зимой значения среднего квадратического отклонения месячных сумм радиации составляет 4-17 МДж/м² для прямой и суммарной радиации, 15-21 МДж/м² для рассеянной радиации. Весной его значения равны 21-70 МДж/м² для прямой и суммарной радиации. Осенью эти значения несколько меньше - 10-50 МДж/м².

Коэффициент вариации C_v позволяет сравнить относительную изменчивость месячных сумм радиации с изменчивостью других метеорологических величин. Наибольшей относительной изменчивостью отличается прямая радиация — 25 - 35% зимой и 15 - 20% летом на большей части территории области. Аналогичные значения изменчивости характерны для продолжительности солнечного сияния. Коэффициент вариации месячных сумм суммарной и рассеянной радиации летом составляет 8 - 12%. Зимой относительная величина изменчивости суммарной радиации увеличивается до 15 – 30.

Приходя на земную поверхность, солнечная радиация (прямая и рассеянная) поглощается ею в той или иной степени в зависимости от альбедо поверхности. Изменчивость альбедо достигает почти двух порядков величины: от нескольких % до почти 90%. Наблюдения показывают (Пивоварова, 1977; Переведенцев, Николаев, 2002; Радиационный режим..., 1961), что альбедо всех поверхностей (исключение составляет снег) изменяются в узких пределах (10 - 30%), альбедо снежной поверхности изменяется в очень широких пределах - от 96% (сухой свежеснеженный снег) до 20 - 30% (грязный влажный снег).

Альbedo зависит от высоты солнца над горизонтом - с ростом высоты альbedo уменьшается. Альbedo в ясную погоду меньше чем при сплошной облачности. Это объясняется многократным отражением между поверхностью и нижней границей облаков (Кондратьев, 1954).

Альbedo естественных поверхностей, встречающихся на рассматриваемой территории, весьма разнообразно. В течение летнего периода (рис. 4.7) альbedo несколько изменяется, увеличиваясь, как правило, для большинства поверхностей с мая (когда поверхность земли и кроны деревьев не полностью покрыты зеленью) к сентябрю (когда указанные поверхности заметно желтеют).

В период со снежным покровом (декабрь - март) альbedo устойчиво и мало изменяется по территории для открытых мест. Альbedo снежного покрова в начале зимы в среднем равно 50 - 60%, увеличиваясь к январю - февралю до 70 - 80%.

В весенние и осенние месяцы значение альbedo сильно варьируют по территории и во времени (от дня ко дню), что связано в основном с наличием или отсутствием снежного покрова и его состоянием.

Первый снежный покров появляется чаще всего в октябре, но быстро тает. Устойчивый снежный покров образуется в ноябре - начале декабря.

В соответствии с этим среднее месячное альbedo в октябре составляет 18 - 26%, в ноябре - 37 - 59%. Наибольшей высоты снежный покров достигает в конце февраля и начале марта на юге, в первой и второй декадах марта - на севере. Альbedo в марте несколько уменьшается по сравнению с февралем (в связи с уплотнением снега), но все же остается повсеместно высоким, 64 - 78%. Наименьшее альbedo в марте отмечается в крупных населенных пунктах (Саратов, Самара), наибольшее на станциях, значительно удаленных от крупных населенных пунктов. Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в апреле, на юге - в первой декаде, на севере - в третьей декаде (Колобов, 1968; Переведенцев и др., 2011). Поэтому среднее месячное альbedo деятельной поверхности в апреле заметно снижается по сравнению с мартом и составляет 47% на севере и 23% на юге (для Самары 14%).

В сумме за год на рассматриваемой территории деятельной поверхностью отражается 25 - 30% проходящей коротковолновой радиации.

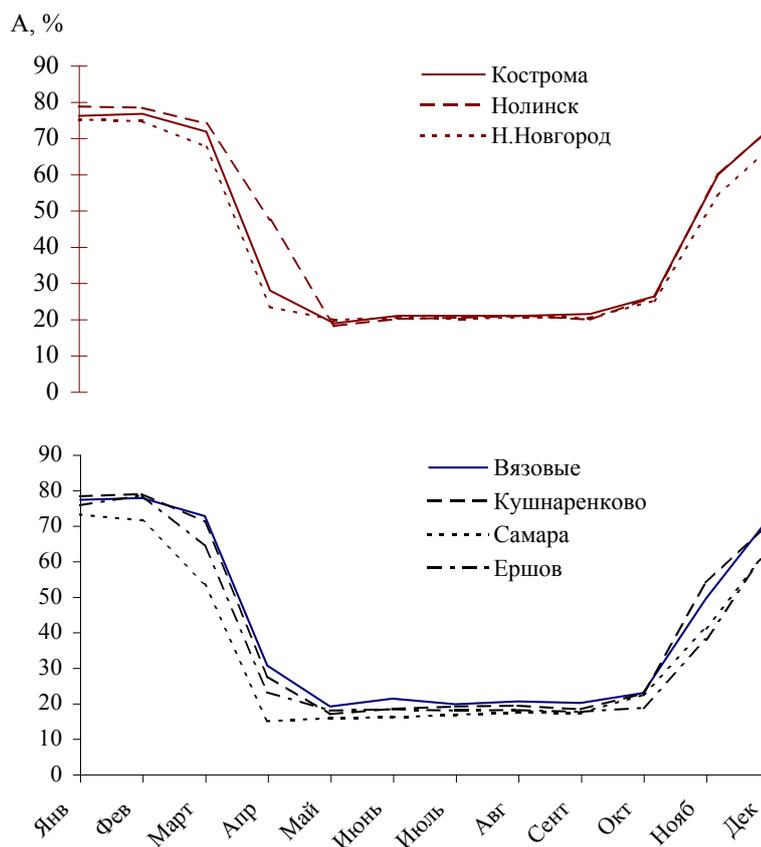


Рис. 4.7. Годовой ход альbedo подстилающей поверхности (%)

Как отмечалось ранее городские условия оказывают влияние на альbedo естественных поверхностей, находящихся в черте города. Так, альbedo метеорологических площадок в Саратове и Самаре в зимние месяцы меньше, чем на станциях, расположенных в небольших населенных пунктах. Разница в значениях альbedo может достигать 10 - 15%.

В отдельные годы могут быть значительные отклонения альbedo от средних величин, приведенных выше. В связи с этим в значениях поглощенной радиации наблюдаются колебания от года к году как за счет изменения прихода радиации, так и за счет изменения отражательных свойств поверхности.

На долю радиационного баланса на большей части территории приходится 40 - 45% суммарной радиации. Средний годовой радиационный баланс в регионе составляет 1359 - 1983 МДж/м². Период с положительным радиационным балансом составляет на большей части территории 8 месяцев, а на севере 7 месяцев.

Переход радиационного баланса от отрицательных значений к положительным происходит в марте (на севере) и в феврале (на остальной части территории) (рис. 4.8).

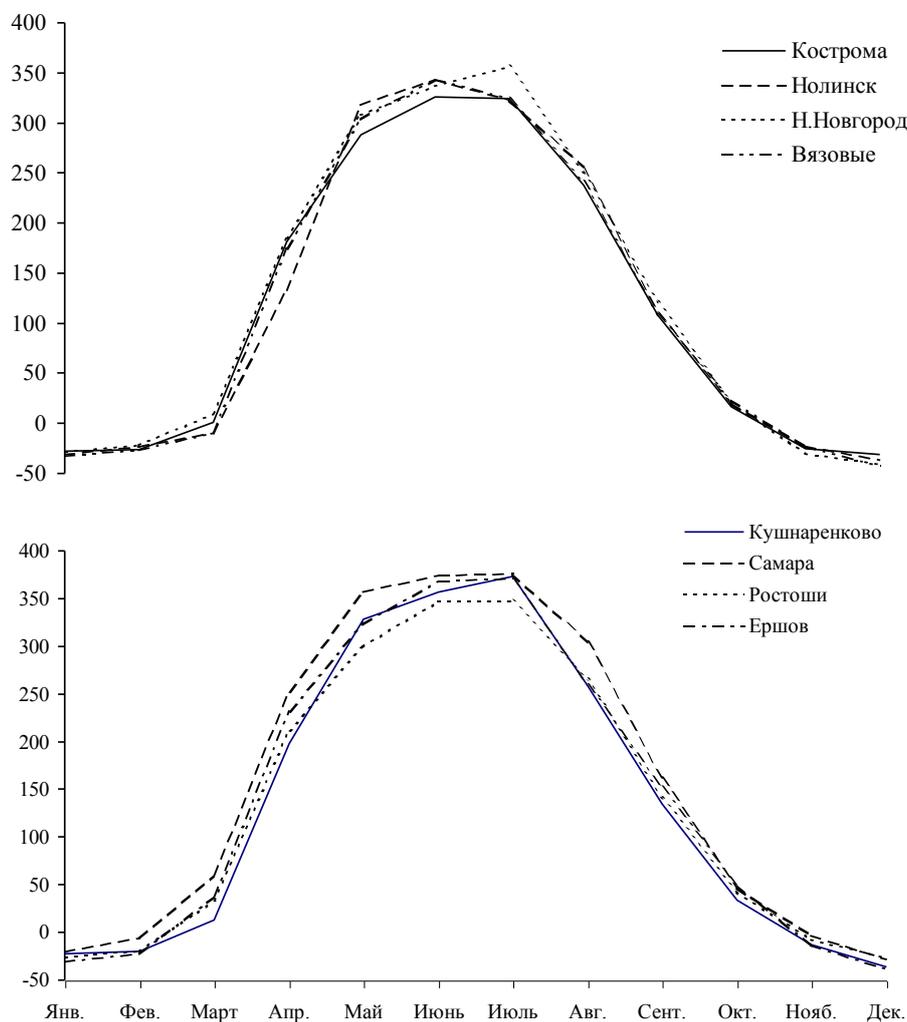


Рис. 4.8. Годовой ход радиационного баланса (МДж/м²)

Смена знака радиационного баланса осенью отмечается в третьей декаде октября. В отдельные годы в зависимости от залегания снежного покрова может быть сдвиг времени перехода радиационного баланса через нуль. Максимальная сумма радиационного баланса наблюдается в июне 325 - 404 МДж/м², однако и в соседние месяцы, мае и июле, радиационный баланс имеет значения близкие к максимальным (287 - 364 МДж/м² - май, 324 - 399 МДж/м² - июль). В эти три месяца на долю радиационного баланса приходится 52 - 58% месячных сумм суммарной радиации. К осени, наряду со снижением прихода солнечной радиации, уменьшается и доля радиационного балан-

са: в августе он равен 237 - 303 МДж/м², в сентябре - 108 - 192 МДж/м². В октябре в связи с увеличением альбедо поверхности и дальнейшим снижением прихода суммарной радиации происходит резкое изменение соотношения месячных сумм баланса - он составляет всего 14 - 30% от суммарного прихода коротковолновой радиации. Наибольший отрицательный баланс отмечается в декабре и чуть меньше в январе. В эти месяцы он достигает величины - 21 - -54 МДж/м². Сумма радиационного баланса за весь период, когда он отрицателен, в среднем составляет -25 МДж/м². В отдельные годы и месяцы могут наблюдаться отклонения от описанного режима радиационного баланса в зависимости от сочетания суммарной радиации, эффективного излучения (определяемых главным образом облачностью и альбедо поверхности). Максимальные суммы радиационного баланса могут превосходить величины, указанные выше.

Суточный ход значений потоков солнечной радиации и радиационного баланса определяется прежде всего изменением высоты солнца в течение дня. Поэтому максимум солнечной радиации при наличии облачности или при ясном небе наблюдается в полдень. Наряду с этим на ход радиации оказывает влияние прозрачность атмосферы, что заметно проявляется в условиях ясного неба (особенно в летнее время). Обычно в летнее время в первую половину дня атмосфера более прозрачна, чем во вторую, что связано с увеличением во вторую половину дня запыленности атмосферы вследствие сильно развитой конвекции и увеличения абсолютной влажности. Поэтому изменения радиации в течение дня несимметричны относительно полудня.

5. БАРИКО-ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ

5.1. Циркуляционные факторы климата

Погодные и климатические условия любого района Земли в большой степени определяются атмосферной циркуляцией – системами воздушных течений, охватывающих значительные по площади географические районы и связывающих условия погоды и климата на очень больших расстояниях. Благодаря циркуляции атмосферы радиационный режим, процессы теплообмена и влагообмена каждой территории оказываются под существенным воздействием окружающего его пространства.

На территории восточных районов Европейской части РФ довольно хорошо проявляется основная черта планетарной циркуляции атмосферы – преобладание западного переноса воздуха в тропосфере и нижней стратосфере (до высоты 15 – 17 км). Это обуславливает существенное влияние на местный климат атлантических воздушных течений, которые смягчают и увлажняют его, несмотря на значительную удаленность территории от океана. Вместе с тем сюда поступают и воздушные массы, сформировавшиеся в других, в том числе и резко континентальных, районах и обладающие специфическими термогигрометрическими свойствами (Колобов, 1968).

«Очагами формирования» воздушных масс, вторгающихся в Поволжье и Предуралье по различным направлениям, являются следующие районы: 1) Земля Франца-Иосифа, Новая Земля – для северных вторжений; 2) Шпицберген, восток Гренландии – для северо-западных; 3) северная Атлантика (к югу от Исландии и к западу от Ирландии) – для западных; 4) притропическая Атлантика (30 – 50° с.ш., 10 – 40° з.д.), север Африки, Средиземное море – для юго-западных; 5) север Аравии, Иранское нагорье – для южных; 6) Казахстан, Средняя Азия – для юго-восточных; 7) районы верхнего и среднего течения Енисея – для восточных; 8) Таймыр, Карское море – для северо-восточных.

По северо-восточным, северным и северо-западным траекториям входит холодный воздух арктического происхождения. Иногда он поступает на изучаемую территорию с юго-востока, пройдя по территории Западной Сибири и обогнув с юга Уральские горы. С юга и юго-запада, а летом и с юго-востока, обычно приходит тропический воздух, обуславливающий резкие потепления, вплоть до оттепелей,

зимой и жаркую иногда «суховейную» погоду летом. Из районов Атлантики, как отмечалось, поступает морской воздух умеренных широт, несущий неустойчивую с осадками погоду и вызывающий некоторое похолодание весной и летом и заметное потепление осенью и зимой. Из районов Сибири зимой вторгается холодный континентальный воздух умеренных широт, приводящий к установлению малооблачной морозной погоды. Теплый континентальный воздух умеренных широт формируется лишь в теплое время года в Европе и Азии; например, весной и осенью он сравнительно часто образуется в районах Казахстана и балканских стран. Наибольшей повторяемостью в течение года характеризуются вхождения воздуха с запада, наименьшей – с северо-востока. В целом же западные и юго-западные потоки преобладают, поэтому климат на территории ПФО становится более континентальным в направлении к востоку и юго-востоку.

Воздушные массы, смещающиеся на данную территорию в системе атмосферной циркуляции, испытывают трансформационные изменения в процессе движения. Характер и величина изменения основных параметров воздушных масс за время передвижения из «очагов формирования» зависят от траектории и скорости их движения, времени года и многих других причин. Так, воздушные массы, приходящие по северным и северо-восточным траекториям, прогреваются во время движения в среднем на $2 - 3^{\circ}\text{C}$ за сутки весной и летом и на $1,5 - 2^{\circ}\text{C}$ осенью и зимой. Воздушные массы, вторгающиеся по южным и юго-западным траекториям, выхолаживаются летом на $1 - 1,5^{\circ}\text{C}$, зимой на $2 - 3^{\circ}\text{C}$ за сутки. Западные и северо-западные массы летомгреваются, а зимой выхолаживаются примерно на $1 - 3^{\circ}\text{C}$ за сутки. Восточные потоки прогреваются зимой, а юго-восточные охлаждаются летом на $0,5 - 1,0^{\circ}\text{C}$ за сутки.

Под влиянием местных условий процессы трансформации продолжаются, и в случае ослабления внешних воздействий пришедшая воздушная масса превращается в так называемую «местную» воздушную массу, приобретая свойства данного географического района. Температура в местной воздушной массе летом выше, а зимой ниже средней климатологической температуры, то есть в ней усиливаются континентальные черты погоды и климата.

На формирование погоды и климата большое влияние оказывают циклонические и антициклонические формы движения атмосферы. Они обуславливают как зональные, так и меридиональные движения воздушных масс. При этом циклоны, вовлекая в свои системы раз-

личные по тепловым и влажностным свойствам воздушные массы, способствуют развитию конденсационных процессов, образованию облачности и осадков. Антициклоны, наоборот, ослабляют конденсационные процессы, разрушают облачность. Циклоны сопровождаются обычно быстрыми и резкими изменениями погоды с сильно развитой облачностью, осадками, порывистыми ветрами. В антициклонах господствует более спокойная малооблачная погода.

Повторяемость циклонических процессов, например, в Среднем Поволжье составляет в среднем за год 173 дня (47%), антициклонических - 192 дней (53%), причем на "местные" циклонические процессы приходится 26 дней, на антициклонические - 17. Наибольшее влияние на климат оказывают западные, северо-западные, юго-западные циклоны и местный циклогенез, а также антициклоны северо-западного происхождения (Климат Казани, 1990). Повторяемость различных барических образований и их соотношение в течение года меняется. При этом примерно в четверти случаев западные циклоны преобладают в переходные периоды, северо-западные – осенью и зимой, юго-западные и местные циклоны – летом, а северо-западные и западные антициклоны – весной, местные антициклоны – в теплое время года (Климат Кирова, 1982).

Циклоны смещаются в среднем со скоростью 39 – 44 км/ч, но в отдельных случаях скорости бывают значительно выше. Антициклоны движутся медленнее – от 18 до 36 км/ч. При этом быстрее обычного смещаются юго-западные, северные и северо-западные циклоны. Антициклоны с большей скоростью выходят с северо-запада и медленнее с востока. Северо-западные и юго-западные процессы, проходя быстрее и активнее, обуславливают более резкие изменения в погоде. Перед Уральскими горами циклоны и антициклоны замедляют свое движение.

Адвективно-циркуляционные процессы в период с октября по март в среднем обуславливают повышение температуры воздуха в данном районе, с апреля по сентябрь - понижение ее. Решающее влияние они оказывают также и на режим влажности и атмосферных осадков.

К циркуляционным особенностям последних лет, наряду с вышеизложенным можно отнести: во-первых – более часто повторяющуюся широкомасштабность атмосферных процессов, захватывающих огромные территории Европейской части России; во вторых – увеличение продолжительности до 4 – 6 естественных синоптических

периодов одной и той же формы циркуляции; в третьих – увеличение повторяемости западной формы циркуляции и блокирующих антициклонов; в четвертых – увеличение повторяемости опасных явлений погоды (Переведенцев и др., 2010).

Эти особенности атмосферной циркуляции оказывают существенное влияние на изменение климатических параметров.

5.2. Атмосферное давление

Распределение атмосферного давления в пространстве (барическое поле) представляется, как известно, изобарическими поверхностями и изобарами. На климатологических картах изобары проводятся для уровня моря по средним значениям давления за отдельные месяцы. При этом давление, наблюдаемое на метеорологических станциях, расположенных на разной высоте, приводится к уровню моря по барометрической формуле. В приземном слое оно уменьшается примерно на 1 гПа (0,75 мм рт. ст.) при поднятии на 8 м.

По густоте расположения изобар на картах можно судить об особенностях изменения давления в горизонтальном направлении. Неравномерность в распределении давления определяется причинами термического и динамического характера, которые действуют совместно и определяют наблюдаемое в действительности распределение давления. Над холодными поверхностями создаются условия, благоприятные для повышения давления вблизи земной поверхности, а над нагретыми наоборот – для понижения. Действие динамических факторов проявляется в нагнетании воздуха и повышении давления в одних районах и оттоке воздуха и понижении давления в других.

Замкнутые барические области высокого и низкого давления на ежегодных и многолетних климатологических картах, называемые климатологическими центрами действия атмосферы, оказывают большое влияние на преобладающие воздушные течения, а следовательно, и климат на значительных территориях. Некоторые из них существуют круглый год, усиливаясь или ослабевая в разные сезоны, другие – существуют в определенных районах в теплое, либо в холодное время года. Кроме того, на картах изобар можно видеть, что горизонтальные градиенты давления зимой значительно больше, чем летом, что обуславливает повышенный уровень скоростей воздушных течений.

На формирование климата ПФО существенное влияние оказывают воздушные течения, связанные с перифериями следующих центров дей-

ствия атмосферы: Исландского минимума, Азиатского (Сибирского) и Азорского максимумов. Структура барического поля над данной территорией и смежных с ней районах в различные сезоны характеризуется определенным преобладающим направлением изобар. Зимой и в среднем за год изобары направлены с запада-юго-запада на восток-северо-восток, весной – преимущественно с запада на восток (влево от изобар давление понижается, а вправо – повышается). Летом изобары проходят примерно с севера на юг, а осенью барическое поле перестраивается и постепенно приобретает зимнюю структуру (Климат России, 2001).

На территории ПФО средние многолетние значения (1966 – 2009 гг.) атмосферного давления, приведенного к уровню моря с октября по март, меняются в пределах 8,4 – 12,2 гПа, а с мая по август – 1,9 – 2,4 гПа, т.е. значительно меньше (табл. 5.1). При этом, в годовом ходе наибольшие его значения отмечаются в холодный период, наименьшие – в теплый. Так, среднее месячное давление меняется от 1017,2 – 1026,6 гПа в феврале до 1009,1 – 1011,6 гПа в июле; амплитуда его годового хода составляет 6,0 гПа на северо-западе территории и 17,4 гПа – на юго-востоке. Среднее годовое давление равно 1014,2 – 1019,7 гПа.

В отдельные годы средние месячные значения давления могут существенно отклоняться от «нормы» как в одну, так и в другую сторону, что свидетельствует соответственно о преобладании циклонической или антициклонической погоды в данном конкретном месяце этого года. Так, за исследуемый период наибольшее среднее значение давления наблюдалось в феврале 1984 г. и оказалось выше нормы примерно на 25 гПа. Наименьшее же его значение в ноябре 1983 г. было ниже нормы на 15 гПа.

Размах многолетних колебаний (амплитуда) среднего давления в зимние месяцы составляет 25 – 40 гПа, а в летние – 8 – 15 гПа, что примерно в три раза меньше. Размах колебаний средних годовых значений давления равен 7 – 13 гПа и увеличивается к северу. Наибольшие средние квадратические отклонения (σ) месячного давления отмечаются в январе – феврале, изменяясь в пределах 7 – 9 гПа, наименьшие в июле – августе – 2 – 3 гПа; для года оно составляет 2,0 – 2,5 гПа.

Таблица 5.1

Атмосферное давление (гПа) на уровне моря (1966-2009 гг)
(Н - высота станции над уровнем моря в метрах)

Станции	Н	Месяцы												Год	Амп.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Лальск	85	1015,9	1017,2	1016,2	1015,3	1014,8	1011,2	1011,2	1012,4	1013,8	1013,1	1015,5	1013,9	1014,2	6,0
Ныроб	175	1017,0	1018,6	1017,3	1015,9	1014,0	1010,3	1010,1	1011,7	1013,4	1013,8	1016,9	1016,5	1014,6	8,5
Киров,	143	1017,4	1019,0	1018,3	1016,2	1014,8	1011,0	1010,9	1012,7	1014,6	1015,4	1017,7	1017,0	1015,4	8,2
Пермь	171	1018,7	1020,6	1019,9	1017,1	1014,5	1010,6	1010,1	1012,2	1014,7	1016,1	1019,3	1019,4	1016,1	10,5
Ижевск	155	1019,8	1021,1	1020,5	1017,7	1015,0	1011,1	1010,6	1012,8	1015,3	1017,0	1020,1	1019,8	1016,7	10,6
Н.Новгород, Мыза	155	1017,5	1019,1	1018,5	1016,2	1015,3	1011,6	1011,3	1013,3	1015,4	1016,8	1018,2	1017,3	1015,9	7,8
Чебоксары	162	1018,7	1020,2	1019,1	1017,1	1015,3	1011,2	1011,2	1013,1	1015,4	1017,0	1019,2	1018,3	1016,3	9,0
Казань,ЦГМС	119	1019,3	1020,9	1020,3	1017,5	1015,6	1011,5	1010,9	1013,2	1015,8	1017,6	1020,1	1019,6	1016,9	9,9
Саранск	195	1019,7	1020,9	1019,9	1017,3	1015,7	1011,6	1011,5	1013,5	1016,1	1018,5	1020,3	1019,5	1017,0	9,4
Ульяновск	170	1018,8	1020,8	1020,9	1017,6	1015,6	1011,5	1011,1	1013,1	1015,9	1019,0	1021,1	1019,9	1017,1	10,0
Бугульма	311	1021,2	1022,3	1021,8	1018,3	1015,4	1011,3	1010,6	1013,1	1016,2	1018,7	1021,7	1021,2	1017,6	11,7
Улу-Теляк	153	1022,4	1023,3	1022,5	1018,7	1015,3	1011,1	1010,2	1012,9	1016,4	1019,0	1022,5	1023,1	1018,1	13,1
Учалы	525	1021,6	1021,7	1021,9	1019,2	1014,8	1010,8	1009,9	1012,5	1016,6	1019,1	1022,7	1022,9	1017,8	12,0
Пенза	169	1020,4	1021,8	1020,9	1017,4	1015,9	1011,9	1011,6	1013,8	1016,7	1019,5	1021,3	1020,4	1017,6	10,2
Самара	136	1021,6	1022,6	1021,9	1018,2	1015,8	1011,6	1010,9	1013,3	1016,6	1019,5	1022,1	1021,9	1018,0	11,7
Балашов	154	1020,9	1021,7	1020,8	1017,0	1015,7	1012,1	1011,5	1013,7	1016,9	1020,2	1021,5	1020,9	1017,7	10,1
Саратов	164	1021,4	1022,5	1021,6	1017,6	1015,8	1011,8	1011,1	1013,5	1016,9	1020,3	1022,1	1021,7	1018,0	11,4
Перелюб	70	1022,0	1022,5	1022,1	1018,0	1015,6	1011,2	1010,3	1012,9	1016,6	1020,1	1022,9	1022,6	1018,0	12,6
Оренбург	117	1024,1	1024,8	1023,7	1019,2	1015,9	1011,3	1010,2	1013,0	1017,4	1021,0	1024,5	1024,7	1019,2	14,7
Зерн. с/х Озерный	312	1026,0	1026,6	1025,3	1019,9	1015,6	1010,8	1009,1	1012,5	1017,6	1021,4	1025,7	1026,1	1019,7	17,4
Среднее		1020,2	1021,4	1020,7	1017,6	1015,3	1011,3	1010,7	1013,0	1015,9	1018,2	1020,8	1020,3	1017,1	10,7
Максимум		1026,0	1026,6	1025,3	1019,9	1015,9	1012,1	1011,6	1013,8	1017,6	1021,4	1025,7	1026,1	1019,7	17,4
Минимум		1015,9	1017,2	1016,2	1015,3	1014,0	1010,3	1009,1	1011,7	1013,4	1013,1	1015,5	1013,9	1014,2	6,0
Разность		10,1	9,3	9,1	4,6	1,9	1,9	2,4	2,1	4,2	8,4	10,2	12,2	5,5	11,4

Межгодовые изменения атмосферного давления за исследуемый период происходили на фоне низкочастотных его колебаний с периодичностью в несколько лет. Прослеживаются также слабые тренды падения давления в зимние месяцы (январь, февраль), что подтверждается соответствующими трендами роста температуры воздуха, обусловленными преобладанием циклонических процессов, особенно в последние годы (рис. 5.1).

Экстремально максимальные и минимальные значения давления, взятые из наблюдений в отдельные сроки, характеризуются значительно большим размахом колебания. С октября по март он может достигать 85 – 100 гПа, тогда как с мая по сентябрь его значения меняются в пределах 45 – 60 гПа. В отдельные дни зимой максимумы давления на уровне моря в стационарных антициклонах могут достигать значений 1065 – 1070 гПа. При прохождении же глубоких циклонов давление может опуститься до 960 – 965 гПа. В летние месяцы, по сравнению с зимними, значения максимального давления в антициклонах значительно меньше – 1030 – 1035 гПа, а минимального в циклонах – больше, около 975 – 980 гПа.

В суточном ходе атмосферное давление меняется незначительно. При этом максимум давления обычно приходится на ночные или утренние часы, когда воздух наиболее холодный и плотный. Минимум же чаще бывает в послеполуденные часы, когда плотность воздуха уменьшается при повышенных его температурах. Среднесуточная амплитуда, полученная по данным за отдельные месяцы, находится в пределах 0,2 – 0,7 гПа с сентября по февраль и 0,5 – 1,6 гПа с марта по август и уменьшается к северу. Амплитуда же суточного хода среднего квадратического отклонения атмосферного давления примерно в два-три раза меньше (0,1 – 0,6 гПа).

Изменение атмосферного давления от суток к суткам обычно составляет несколько гектопаскалей. Однако при резкой смене барических образований с октября по апрель его наибольшие межсуточные изменения могут достигать 18 – 28 гПа, тогда как с мая по сентябрь лишь 10 – 16 гПа.

Как было установлено, быстрые и существенные изменения атмосферного давления (более чем на 10 гПа за сутки) неблагоприятно сказываются на состоянии здоровья людей, особенно страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Поэтому необходимо, чтобы службы погоды своевременно информировали медицинские учреждения и население о возможном резком изменении давления воздуха с целью принятия соответствующих превентивных мер.

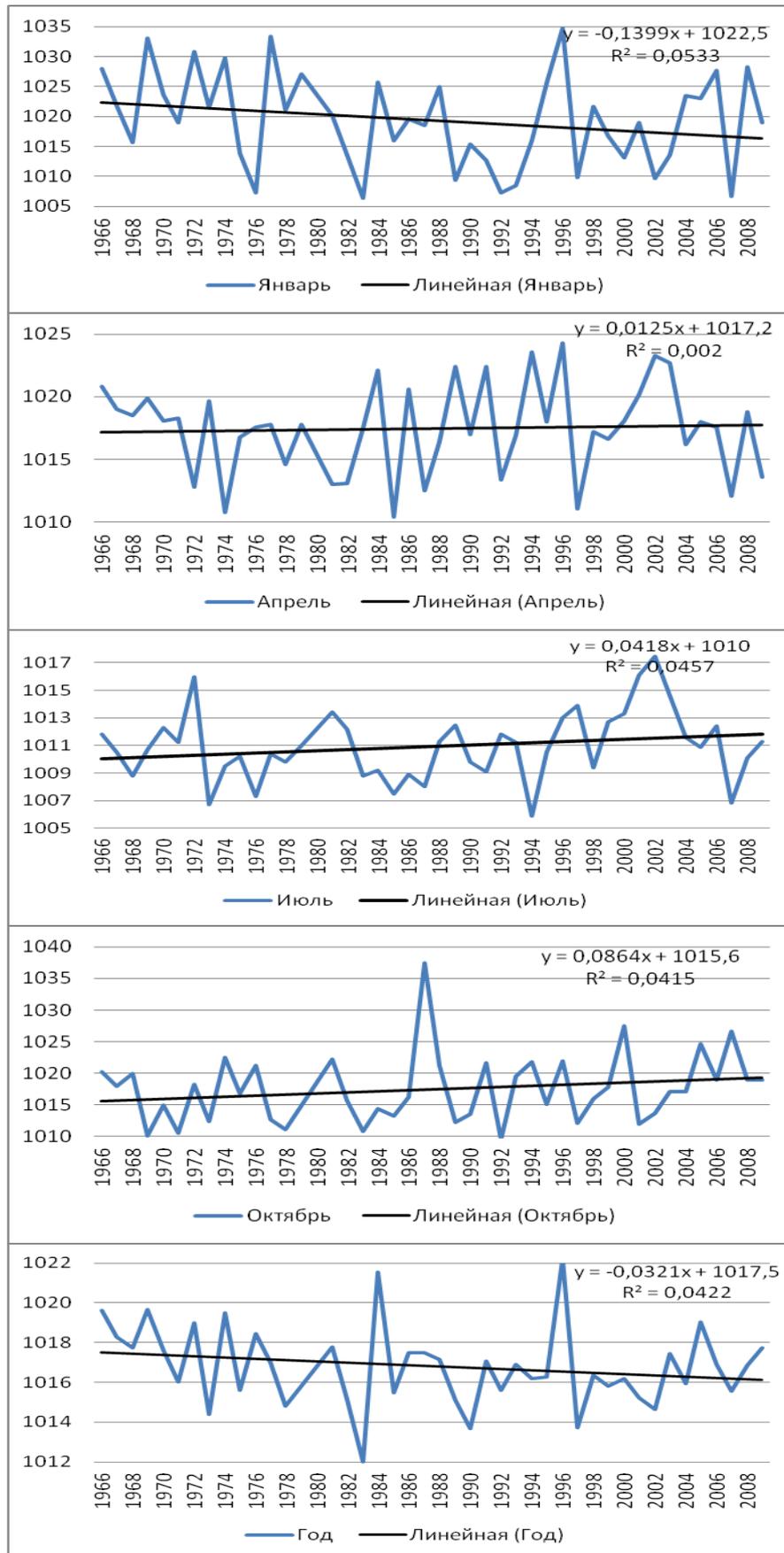


Рис. 5.1. Межгодовые изменения и линейные тренды атмосферного давления (гПа) на уровне моря на ст. Казань ЦГМС

5.3. Направление и скорость ветра

Направление ветра

Режим ветра в основном определяется сезонными особенностями структуры барического поля согласно барическому закону ветра, а также формой рельефа, характером подстилающей поверхности и открытостью места установки приборов. В среднем за год на высоте 10 – 12 м от земной поверхности по данным за 1966 – 2004 гг. преобладающим направлением ветра для четверти горизонта на территории ПФО является юго-юго-западное, его вероятность составляет около 36%. При этом, по восьмирумбовой шкале повторяемость южного и юго-западного направлений ветра составляет по 18% (табл. 5.2).

Преобладание ветров юго-юго-западной четверти горизонта более резко выражено в зимний период (в январе около 44%), когда ось зимнего азиатского максимума давления проходит южнее изучаемой территории, а преобладание западного тропосферного переноса при больших горизонтальных градиентах давления обуславливает большую повторяемость южных и юго-западных ветров с повышенными скоростями (табл. 5.3). Летом перестройка структуры барического поля обуславливает в среднем направление изобар примерно с севера на юг, что приводит к преобладанию повторяемости ветров западно-северо-западной четверти горизонта (32%) при уменьшении частоты юго-западных, южных и юго-восточных ветров (табл. 5.4). Вместе с тем, в летнее время средние значения горизонтальных градиентов давления в тропосфере наиболее низкие, что характеризует наименьшие средние скорости ветра и увеличение частоты штилей. Наибольшая повторяемость штилей в июле наблюдается на ст. Улу-Теляк (37,3%), наименьшая – на ст. Зерн. с/х Озерный (6,0%).

Основные особенности в режиме направления ветра под влиянием неоднородностей форм рельефа и характера подстилающей поверхности (растительность, гидрография) могут испытывать своеобразные отклонения от средних фоновых значений. В этом отношении определяющими показателями рельефа оказываются его абсолютная высота, ориентация и крутизна преобладающих уклонов ложбин (долин) и гребней по отношению к господствующим потокам воздуха, а также его расчлененность, воздействие которой проявляется в создании мезо- и микроклиматических различий в направлении и скорости ветра. При этом могут возникать и местные циркуляции: склоновые, стоковые, бризовые, а иногда и феновые ветры.

Таблица 5.2

Повторяемость (%) направлений ветра и штилей за год (1966 – 2004 гг.)

Станции	Штиль	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ	С
Лальск	17	4,0	3,0	2,9	5,2	6,6	5,8	7,9	7,1	7,2	8,5	10,9	9,1	6,4	5,0	5,3	5,5
Ныроб	7,7	4,9	3,0	1,3	2,7	3,0	6,3	11,0	22,9	7,9	5,0	2,6	4,3	3,3	5,2	5,1	11,7
Киров,	5,6	2,8	2,8	3,4	5,0	5,9	4,5	8,1	8,9	7,5	7,8	10,1	10,2	7,9	4,4	5,9	4,8
Пермь	15,1	3,1	3,7	2,8	3,7	3,1	7,7	8,4	11,0	9,2	12,1	6,8	7,1	5,6	5,8	4,2	5,9
Ижевск	11,9	4,2	4,3	4,9	3,7	3,5	4,1	8,4	8,9	11,0	9,3	9,7	7,5	6,7	4,5	5,1	4,3
Н.Новгород, Мыза	4,7	2,7	2,9	4,5	5,8	6,3	4,7	7,0	7,9	7,8	7,0	10,0	10,7	8,6	4,9	5,5	3,9
Чебоксары	4,5	3,0	2,2	2,6	2,7	3,2	4,6	8,3	9,6	10,6	8,3	9,4	8,7	8,4	5,6	6,9	6,0
Казань,ЦГМС	11,8	3,8	3,4	3,0	5,2	4,0	5,6	10,5	12,1	5,9	6,2	6,9	9,5	7,2	5,5	5,0	6,2
Саранск	7,8	3,8	2,4	3,1	3,6	5,0	5,1	8,9	11,5	12,7	8,4	8,4	6,5	5,3	3,7	5,7	6,1
Ульяновск	8,0	2,2	1,8	2,6	4,3	6,0	2,7	6,0	12,1	11,8	3,8	8,1	13,0	10,2	3,9	6,7	4,9
Бугульма	9,4	3,4	2,9	3,1	4,2	4,6	5,1	8,4	11,2	9,2	7,6	8,3	8,6	6,9	4,8	5,5	5,9
Улу-Теляк	35,8	3,5	5,2	4,4	3,6	1,6	1,8	2,7	6,8	16,5	20,5	8,1	7,7	4,6	4,8	3,9	4,3
Учалы	21,5	1,9	6,4	3,7	3,2	1,5	2,2	2,4	8,8	10,4	13,3	9,1	15,3	6,3	8,0	3,5	3,9
Пенза	7,6	5,1	4,5	4,7	4,8	5,7	6,1	6,7	7,3	7,9	9,6	11,3	7,9	5,1	3,7	4,3	5,2
Самара	4,5	3,6	2,7	4,0	9,4	9,0	5,8	4,1	5,0	5,0	7,3	11,0	10,4	5,2	5,5	5,9	6,1
Балашов	11,4	3,3	3,5	3,6	4,6	4,6	4,6	6,9	9,3	9,7	9,3	9,0	9,5	6,8	5,0	5,2	5,2
Саратов	11,8	3,4	3,5	3,6	4,5	4,5	4,6	6,8	9,4	9,8	9,4	8,9	9,4	6,7	5,1	5,2	5,2
Перелюб	11,6	3,4	3,5	3,7	4,6	4,6	4,4	6,7	9,2	9,9	9,2	9,1	9,6	6,7	5,0	5,3	5,2
Оренбург	6,4	3,8	3,4	8,2	11,6	7,5	3,3	3,9	6,4	7,0	7,6	9,4	7,9	5,5	4,0	5,2	5,4
Зерн. с/х Озерный	7,0	6,1	4,8	4,0	4,0	4,0	3,7	5,4	7,7	8,1	7,6	8,9	10,0	6,2	4,8	6,4	8,3
Среднее	11,1	3,6	3,5	3,7	4,8	4,7	4,6	6,9	9,7	9,3	8,9	8,8	9,1	6,5	5,0	5,3	5,7
Максимум	35,8	6,1	6,4	8,2	11,6	9,0	7,7	11,0	22,9	16,5	20,5	11,3	15,3	10,2	8,0	6,9	11,7
Минимум	4,5	1,9	1,8	1,3	2,7	1,5	1,8	2,4	5,0	5,0	3,8	2,6	4,3	3,3	3,7	3,5	3,9
Среднее по 8 румбам			7,1		9,0		10,4		17,8		17,9		16,8		10,8		8,3

Таблица 5.3

Повторяемость (%) направлений ветра и штилей в январе (1966 – 2004 гг.)

Станции	Штиль	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ	С
Лальск	20,7	2,7	1,8	2,2	5,9	8,3	7,4	10,7	7,8	7,3	10,7	11,6	8,0	4,6	3,2	3,7	4,2
Ныроб	8,5	3,6	1,5	0,8	1,8	2,3	6,9	15,8	33,6	9,0	4,0	1,7	2,1	1,6	2,5	3,5	9,2
Киров,	3,8	1,6	2,1	2,6	5,0	6,7	6,4	11,6	11,0	7,3	7,7	10,3	10,2	7,0	3,9	3,8	2,8
Пермь	13,9	1,4	2,3	2,1	3,4	2,7	9,2	12,2	15,8	12,0	13,3	6,3	6,0	3,2	3,8	2,5	3,8
Ижевск	11,2	3,5	3,8	3,5	3,1	3,9	5,8	12,8	11,5	12,5	9,5	9,1	6,7	5,3	3,1	2,8	2,9
Н.Новгород, Мыза	3,6	1,5	2,0	3,7	5,7	6,1	5,6	8,0	8,4	8,0	8,1	10,9	13,2	10,0	4,3	2,8	1,7
Чебоксары	3,9	2,3	1,6	1,6	1,4	2,0	5,6	12,3	12,2	12,5	9,2	9,3	7,3	7,4	5,8	5,0	4,5
Казань,ЦГМС	10,2	3,2	2,2	1,8	3,2	2,6	7,1	15,3	16,4	7,4	6,2	6,3	9,0	7,3	4,7	3,3	4,0
Саранск	5,8	2,3	1,4	1,9	2,5	3,6	5,3	11,8	15,7	15,9	9,0	8,4	6,3	4,5	2,8	3,9	4,5
Ульяновск	5,7	0,8	0,6	1,1	2,8	5,3	2,8	8,5	18,9	16,9	4,5	7,9	11,4	8,0	2,8	4,4	3,3
Бугульма	11,9	1,0	1,4	1,1	2,0	2,8	6,0	11,1	15,5	17,2	10,8	8,2	9,9	5,9	2,9	2,3	1,9
Улу-Теляк	40,5	1,9	3,3	3,0	1,8	0,9	0,9	2,6	8,2	25,9	28,1	9,3	6,1	2,5	1,8	1,5	2,2
Учалы	28,9	1,2	4,9	2,4	1,4	0,8	1,2	2,1	11,9	14,4	17,2	12,1	17,0	4,8	4,7	1,8	1,9
Пенза	6,0	3,3	3,5	3,6	3,8	5,3	7,2	8,9	8,9	8,5	11,6	13,8	7,7	4,1	2,5	3,4	4,0
Самара	4,1	1,6	1,2	3,0	8,9	11,3	8,1	5,5	6,4	6,6	8,2	12,0	8,9	3,3	4,8	5,8	4,2
Балашов	3,8	2,7	3,1	3,6	5,5	6,4	8,5	9,2	9,8	9,9	7,1	6,8	7,1	6,5	4,9	5,2	3,9
Саратов	8,7	2,9	5,3	9,4	7,0	4,5	3,7	4,9	7,0	8,2	5,9	9,7	10,3	8,8	5,3	4,2	3,2
Перелюб	10,9	3,3	1,4	2,1	3,3	4,1	4,6	10,6	16,0	12,0	6,9	7,3	6,1	5,1	3,3	6,6	7,4
Оренбург	7,1	1,8	1,9	9,1	14,6	7,5	3,1	4,4	8,9	9,6	9,7	10,5	6,4	3,1	2,4	3,3	3,6
Зерн. с/х Озерный	9,1	6,1	3,4	2,1	2,9	3,4	4,0	6,2	12,2	12,3	10,7	8,5	9,3	3,2	2,9	4,1	8,7
Среднее	10,9	2,4	2,4	3,0	4,3	4,5	5,5	9,2	12,8	11,7	9,9	9,0	8,5	5,3	3,6	3,7	4,1
Максимум	40,5	6,1	5,3	9,4	14,6	11,3	9,2	15,8	33,6	25,9	28,1	13,8	17,0	10,0	5,8	6,6	9,2
Минимум	3,6	0,8	0,6	0,8	1,4	0,8	0,9	2,1	6,4	6,6	4,0	1,7	2,1	1,6	1,8	1,5	1,7
Среднее по 8 румбам			5,2		8,1		12,3		23,3		20,3		15,6		8,1		5,9

Так, воздействие холмистого рельефа на ветер наиболее отчетливо прослеживается при антициклонических условиях погоды и небольших скоростях основного потока (Климатология, 1989). Ночью с вершин и склонов охлажденный воздух стекает вниз, что приводит к возникновению термической неоднородности вдоль склонов и скоплению холодного воздуха в бессточных пониженных формах рельефа. В дневное время интенсивный турбулентный обмен приводит к усилению скорости ветра и неустойчивости его направления.

Вместе с тем, в направлении ветра иногда обнаруживается и суточный ход. Как известно, возрастание скорости ветра в приземном слое в дневное время в ясные дни особенно летом под влиянием усиления турбулентности сопровождается правым поворотом направления ветра (по часовой стрелке) в северном полушарии. Убывание же скорости ветра вечером и ночью происходит при одновременном его повороте в обратном направлении, т.е. вращении влево (против часовой стрелки).

Скорость ветра

На территории ПФО средние месячные скорости ветра на высоте 10 – 12 м от поверхности земли характеризуются меньшими значениями в летний период (1,3 – 4,1 м/с) и большими – чаще в зимний (до 5,2 – 5,6 м/с), что обусловлено, как отмечалось, увеличением градиентов давления от лета к зиме (табл. 5.5, рис. 5.2). Средние месячные максимальные скорости ветра примерно на 2 – 3 м/с больше средних скоростей (табл. 5.6, рис. 5.3).

Повышенными средними скоростями ветра в среднем за год отличаются станции Саранск и Чебоксары (что, очевидно, связано с более открытым их положением), пониженными скоростями – станция Улу-Теляк и Лальск. В отдельные годы наибольшие средние месячные максимальные скорости ветра зимой могут достигать 13 – 15 м/с. При этом наибольшие скорости обычно характерны для преобладающих направлений: зимой они отмечаются при южных и юго-западных ветрах, а летом при северо-западных и северных.

Среднее квадратическое отклонение (σ) средних месячных скоростей ветра меняется в годовом ходе от минимальных значений летом (0,3 – 0,9 м/с) до максимальных (чаще зимой), достигающих 0,6 – 1,7 м/с. Средние квадратические отклонения средних максимальных скоростей больше на 0,3 – 0,8 м/с.

Таблица 5.5

Средняя скорость (м/с) ветра (1966-2009 гг.)

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	2,0	2,0	2,1	2,1	2,3	2,1	1,8	1,9	1,9	2,3	2,2	2,1	2,1
Ныроб	2,5	3,5	5,3	3,3	2,0	2,5	2,3	1,8	2,8	3,8	4,1	4,0	3,2
Киров,	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,5	2,3	2,4	2,6	3,1	3,1	3,2	2,9
Пермь	3,3	2,7	4,1	2,9	1,7	2,1	1,8	1,7	2,8	2,8	3,3	3,4	2,7
Ижевск	4,0	3,8	3,8	3,7	3,8	3,2	2,8	2,9	3,3	3,9	4,0	3,9	3,6
Н.Новгород, Мыза	2,9	2,9	2,8	2,9	2,6	2,3	2,2	2,2	2,3	2,8	2,9	2,9	2,6
Чебоксары	5,3	5,1	5,0	4,7	4,6	4,0	3,6	3,8	4,4	5,2	5,2	5,3	4,7
Казань,ЦГМС	4,8	4,6	4,4	4,3	4,3	3,8	3,3	3,5	4,0	4,6	4,6	4,6	4,2
Саранск	5,6	5,2	5,0	4,8	4,5	3,8	3,4	3,5	4,3	5,1	5,3	5,5	4,7
Ульяновск	4,8	4,4	4,1	4,2	4,2	3,6	3,3	3,5	3,9	4,4	4,5	4,6	4,1
Бугульма	5,1	5,0	4,8	4,7	4,5	3,7	3,3	3,4	4,0	4,8	5,1	5,0	4,4
Улу-Теляк	1,9	1,9	1,8	2,0	2,0	1,7	1,5	1,3	1,6	2,0	1,9	1,8	1,8
Учалы	2,1	2,2	2,2	2,7	2,8	2,5	2,1	2,1	2,4	2,7	2,4	2,0	2,3
Пенза	3,7	3,6	3,5	3,5	3,1	2,8	2,5	2,4	2,8	3,5	3,5	3,6	3,2
Самара	3,2	3,1	3,1	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,6	3,0	3,2	3,2	2,9
Балашов	4,2	4,1	4,0	3,9	3,4	3,0	2,8	2,8	3,0	3,5	3,8	4,0	3,5
Саратов	3,2	3,2	3,3	3,1	2,9	2,7	2,7	2,4	2,5	2,9	3,1	3,1	2,9
Перелюб	3,6	3,5	3,3	3,3	3,2	2,9	2,7	2,6	2,8	3,2	3,3	3,3	3,1
Оренбург	4,4	4,3	4,2	4,4	4,3	3,8	3,6	3,5	3,8	4,1	4,2	4,2	4,1
Зерн. с/х Озерный	4,5	4,6	4,3	4,3	4,4	4,1	3,8	3,6	3,8	4,3	4,3	4,4	4,2
Среднее	3,7	3,6	3,7	3,5	3,3	3,0	2,7	2,7	3,1	3,6	3,7	3,7	3,4
Максимум	5,6	5,2	5,3	4,8	4,6	4,1	3,8	3,8	4,4	5,2	5,3	5,5	4,7
Минимум	1,9	1,9	1,8	2,0	1,7	1,7	1,5	1,3	1,6	2,0	1,9	1,8	1,8
Разность	3,7	3,3	3,5	2,8	2,9	2,4	2,4	2,5	2,8	3,2	3,4	3,7	2,9

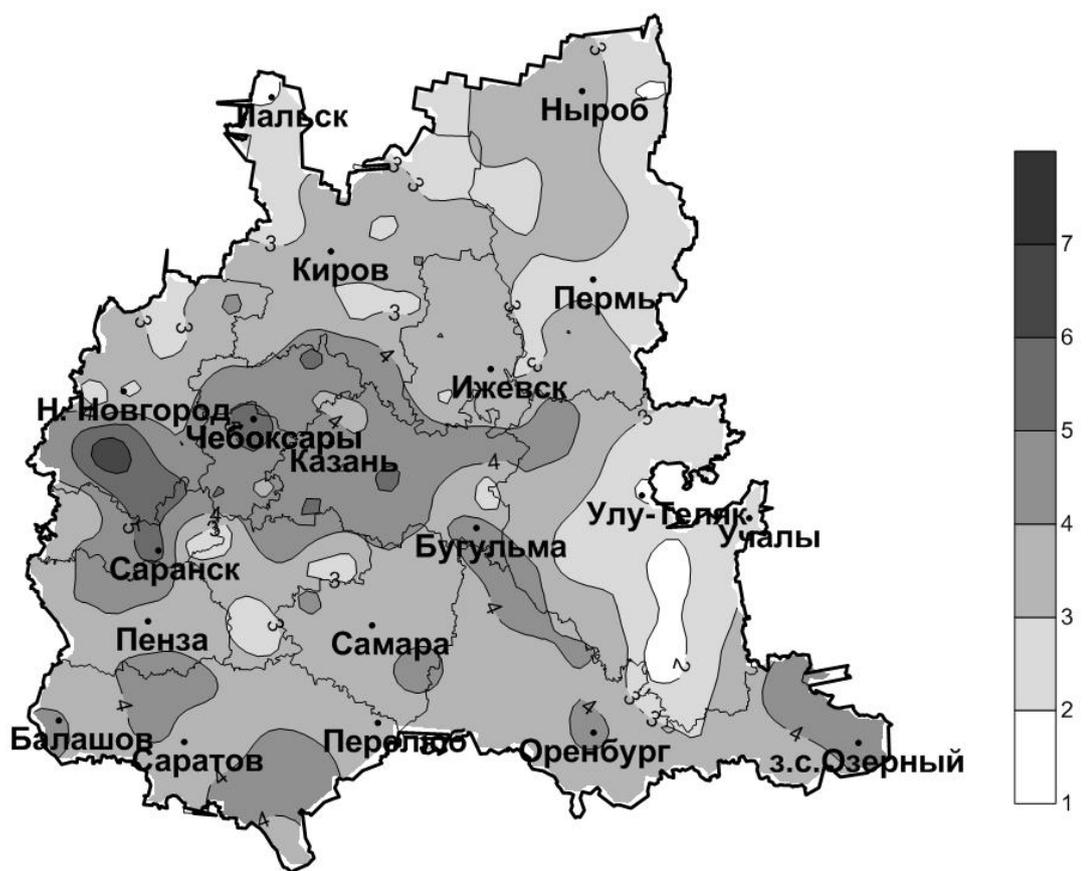


Рис. 5.2. Средняя скорость ветра (м/с) в январе (сверху) и в июле

Таблица 5.6

Средняя максимальная скорость (м/с) ветра (1977 – 2004 годы)

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	4,7	4,8	5,0	5,2	5,7	5,4	4,7	4,7	5,0	5,5	5,2	5,1	5,1
Ныроб	5,6	5,1	5,5	5,4	5,5	5,2	4,5	4,5	4,9	5,3	5,4	5,5	5,2
Киров,	6,4	6,3	6,1	6,4	6,8	6,2	5,6	5,7	6,0	6,6	6,6	6,6	6,3
Пермь	5,5	5,2	5,3	5,3	5,5	4,9	4,1	4,4	5,0	5,8	5,6	5,6	5,2
Ижевск	6,7	6,6	6,5	6,6	7,1	6,3	5,6	5,8	6,1	6,9	6,9	6,8	6,5
Н.Новгород, Мыза	7,4	7,2	7,0	7,2	7,0	6,6	6,0	6,0	6,4	7,1	7,4	7,3	6,9
Чебоксары	8,1	7,8	7,5	7,4	7,6	7,0	6,2	6,6	7,2	8,0	8,1	8,3	7,5
Казань,ЦГМС	6,2	6,1	5,7	6,0	6,0	5,5	5,0	5,3	5,6	6,3	6,4	6,2	5,9
Саранск	7,9	7,5	6,9	6,7	6,5	5,8	5,1	5,4	6,3	7,1	7,5	7,8	6,7
Ульяновск	7,1	6,9	6,5	6,9	7,2	6,5	5,9	6,1	6,5	7,1	7,1	7,1	6,7
Бугульма	8,5	8,4	8,0	7,9	8,1	7,2	6,5	6,6	7,2	8,3	8,4	8,4	7,8
Улу-Теляк	2,9	3,1	3,0	3,2	3,5	3,0	2,4	2,2	2,5	3,1	2,9	2,8	2,9
Учалы	3,7	3,9	3,9	4,8	5,1	4,5	3,9	3,9	4,4	4,8	4,2	3,8	4,2
Пенза	7,2	7,0	6,7	6,8	6,8	6,4	5,7	5,6	6,1	6,8	7,0	7,0	6,6
Самара	6,8	6,8	6,6	6,9	6,6	6,3	5,9	5,7	6,1	6,8	6,9	6,6	6,5
Балашов	8,0	8,1	7,8	7,9	7,5	7,0	6,5	6,5	6,8	7,3	7,8	7,8	7,4
Саратов	7,0	7,0	6,9	7,0	6,8	6,7	6,5	6,0	6,2	6,6	6,9	6,9	6,7
Перелюб	7,3	7,5	6,8	7,1	7,3	6,7	6,3	6,3	6,5	6,8	7,0	7,0	6,9
Оренбург	7,8	7,7	7,4	8,1	8,3	7,7	7,2	7,0	7,4	7,5	7,4	7,5	7,6
Зерн. с/х Озерный	7,3	7,7	7,4	7,6	8,0	7,7	7,1	7,0	7,2	7,4	7,4	7,5	7,4
Среднее	6,6	6,5	6,3	6,5	6,6	6,1	5,5	5,5	6,0	6,5	6,6	6,6	6,3
Максимум	8,5	8,4	8,0	8,1	8,3	7,7	7,2	7,0	7,4	8,3	8,4	8,4	7,8
Минимум	2,9	3,1	3,0	3,2	3,5	3,0	2,4	2,2	2,5	3,1	2,9	2,8	2,9
Разность	5,6	5,3	5,1	4,9	4,8	4,7	4,8	4,8	4,9	5,1	5,5	5,6	4,9

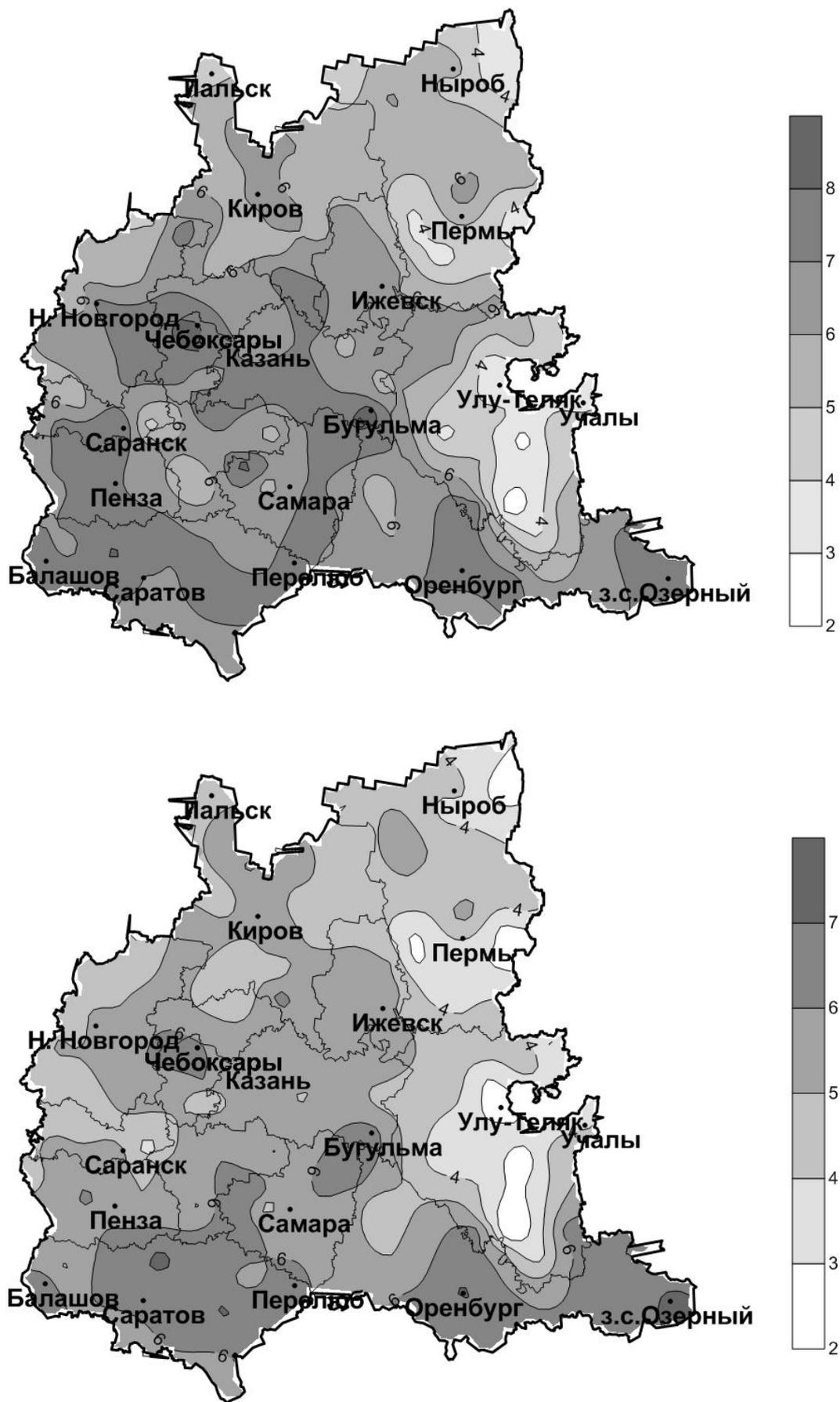


Рис. 5.3. Средняя максимальная скорость ветра (м/с) в январе (сверху) и в июле

Изучая межгодовую изменчивость средних скоростей ветра в центральные месяцы сезонов и за год на большинстве метеостанций, можно заметить общую тенденцию убывания их значений к концу исследуемого периода (рис. 5.4).

В суточном ходе скорости ветра максимум наблюдается после полудня, минимум – ночью. Амплитуда его примерно соответствует половине (иногда больше) среднего суточного значения скорости. Особенно она велика летом в ясную погоду, когда в дневное время происходит усиление турбулентного перемешивания и скорость ветра у земной поверхности становится максимальной. Ночью, при ослабленном турбулентном обмене скорость ветра может уменьшиться до штиля. Дневные средние месячные скорости ветра больше ночных летом на 1,1 – 4,5 м/с, зимой – на 0,1 – 1,5 м/с. При этом среднее квадратическое отклонение дневных скоростей ветра больше ночных на 0 – 0,7 м/с.

Наибольшая повторяемость штилей и слабых ветров со скоростями 3 м/сек и менее наблюдается в летние месяцы в ночное время.

В течение года преобладают ветры со скоростью 2 – 5 м/сек (40 – 65%) при максимуме повторяемости летом. Сильные же ветры по мере возрастания их скорости наблюдаются реже. Так, повторяемость ветров со скоростью более 7 м/с увеличивается от 2 – 15% летом до 4 – 25% зимой (Справочник, 1966).

Среднее число дней за месяц с сильным ветром (со скоростью 15 м/с и более) меняется по территории в пределах 0 – 3 дней летом и 0,1 – 3,7 дней зимой, а наибольшее – 1 – 12 дней. В среднем за год с сильным ветром отмечается 2 – 21 день, а в отдельные годы бывает до 5 – 65 дней (Научно-прикл..., 1989).

Максимальные скорости ветра достигают в ряде случаев 25 – 28 м/с и более с порывами до 30 – 40 м/с и более. Однако ветры такой силы возникают очень редко. Как показали расчеты, проведенные по данным для станций Казань, опорная и Бугульма, наибольшие скорости ветра, возможные 1 раз в год, 5, 10 и 20 лет составляют соответственно 18, 20, 21, 23 м/с и 23, 25, 26, 28 м/с с усилением при порывах на 5 – 10 м/с (Справочник, 1966).

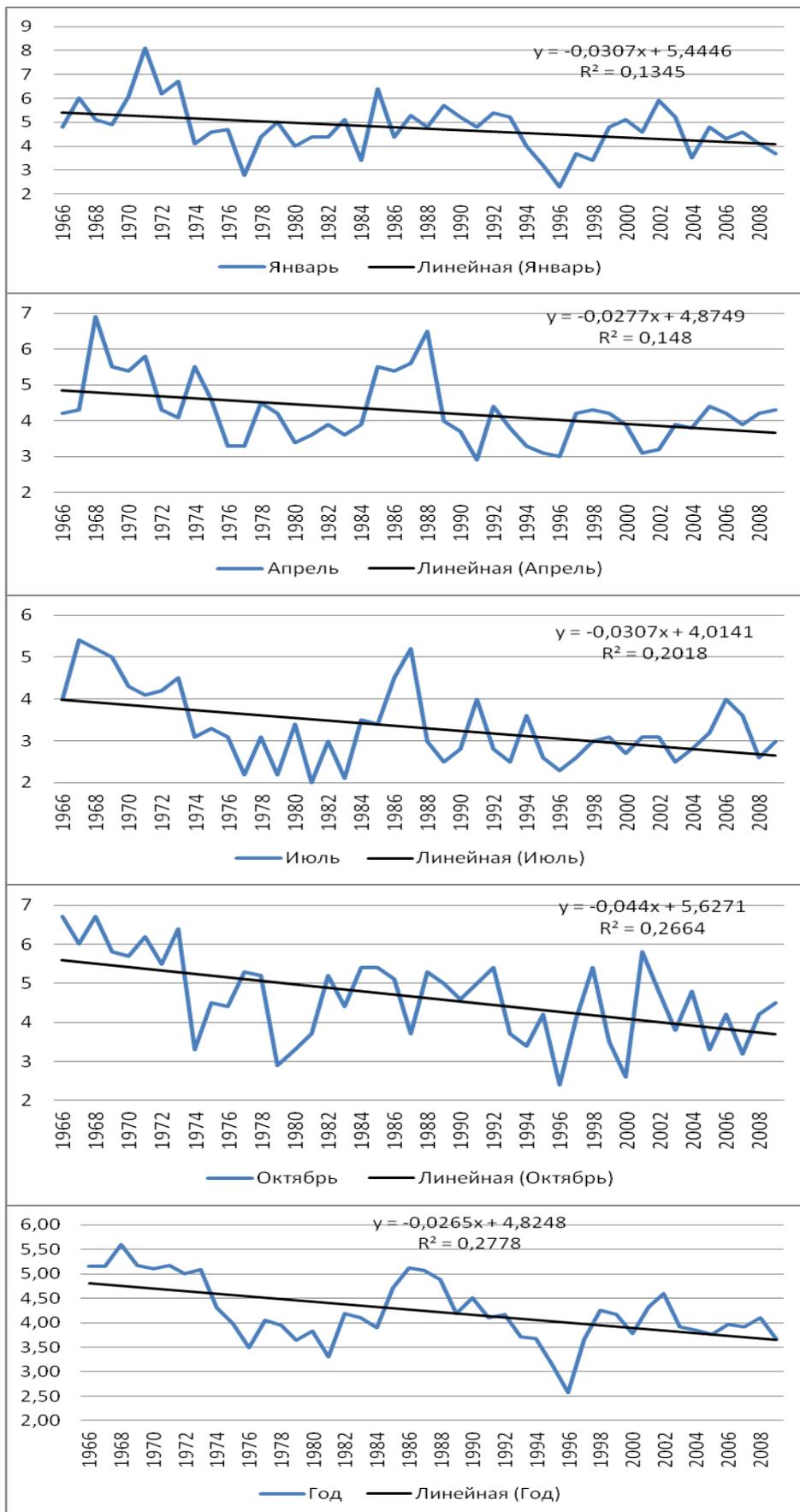


Рис. 5.4. Межгодовые изменения и линейные тренды средней скорости ветра (м/с) на ст. Казань, ЦГМС

Ветры разных скоростей имеют различную непрерывную продолжительность. Слабые ветры более устойчивы, сильные же ветры обычно кратковременны, особенно летом. Так, на станции Казань, опорная по данным за 1966-1975 гг. очень слабые ветры (0-1 м/с) сохраняются в среднем за месяц в течение 6-9 ч., а иногда делятся до 3 суток. Суммарная же их продолжительность составляет в среднем 180-220 ч за месяц, а в отдельные годы может достигать до 250-340 ч (Климат Казани, 1990).

Средняя продолжительность ветров со скоростью не более 4 м/с колеблется в течение года в пределах 15-25 ч, а в отдельных случаях может достигать 11-14 суток. Усиления скорости ветра характеризуются меньшей продолжительностью. Так, ветры со скоростью 8 м/с и более делятся в среднем 3-7 ч. В отдельных же случаях, особенно зимой, их продолжительность может достигать до двух суток. Ветры со скоростью 12 м/с и более сохраняются в среднем в течение 1-6 ч.

Результирующий ветер в тропосфере

В зависимости от сезона структура среднего барического поля тропосферы (1966 – 2009 г.), а, следовательно, и характер воздушных течений над территорией ПФО обладает индивидуальными чертами. Так, например, в холодный период изогипсы изобарической поверхности 700 гПа (примерно на высоте 3 км) направлены не строго с запада на восток, а с запада-юго-запада на восток-северо-восток (передняя часть высотной ложбины), в связи с чем реализуется адвекция из более низкоширотных районов. Этот характер барического поля хорошо иллюстрируется распределением векторов результирующего ветра (рис. 5.5). Наиболее интенсивные потоки наблюдаются на востоке ПФО (в республике Башкортостан и Пермском крае). А самые слабые потоки наблюдаются в юго-восточных и южных областях. Выполненные оценки показывают, что при сохранении общего характера циркуляции, в начале текущего столетия наблюдается 5%-ное усиление скорости воздушных потоков практически над всей территорией ПФО. В зимний период такой перенос способствует поступлению более теплого и влажного воздуха с Атлантического океана, что согласуется с глобальным потеплением климата, начавшимся в конце 70-х годов 20 века.

В теплый период (рис. 5.5) рассматриваемая территория попадает под переднюю часть тропосферного гребня. Изогипсы абсолютного геопотенциала изобарической поверхности 700 гПа направлены в северной половине ПФО с северо-запада на юго-восток.

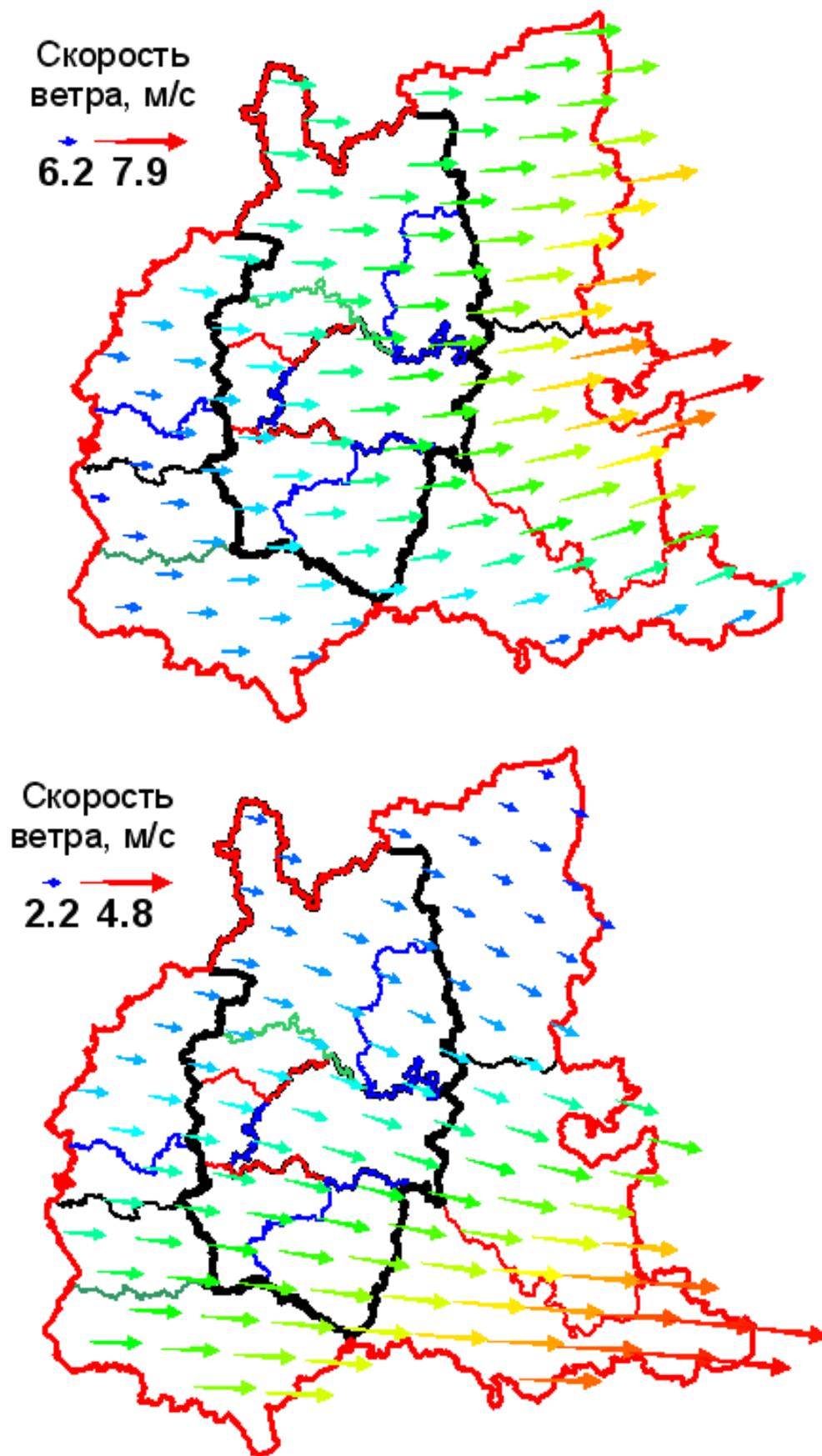


Рис. 5.5. Результирующий вектор ветра (м/с) на изобарической поверхности 700 гПа в январе (сверху) и в июле

В южной части округа более выражена западная составляющая и преобладают потоки, идущие с запада-северо-запада на восток-юго-восток. При этом только южные области ПФО (Пензенская, Самарская и Оренбургская) попадают под влияния адвекции с Черного моря. На территории расположенные севернее воздушные массы поступают из северной Атлантики.

Дополнительные исследования показывают, что в последние годы наблюдается ослабление скорости воздушного потока над территорией ПФО, особенно в южных областях. Это в свою очередь способствует ослаблению влияния Атлантики, что в летний период приводит к усилению антициклонических процессов и более интенсивному прогреву подстилающей поверхности. Таким образом, как в зимний так и в летний периоды циркуляционные условия, формирующиеся над территорией ПФО, создают условия для потепления климата.

6. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ

Как известно, тепловая энергия лежит в основе всех атмосферных процессов, и поэтому температура воздуха является одним из важнейших элементов погоды и климата. Термический режим воздуха формируется под влиянием как макромасштабных, так и местных факторов. К макромасштабным факторам относят атмосферную циркуляцию, радиационный режим и характер подстилающей поверхности, определяемых широтой местности, степенью континентальности и макрорельефом. Кроме них на термический режим оказывают влияние и местные условия: мезо- и микрорельеф, характер растительности и почв, близость водоемов и т.д., что приводит к сложной картине пространственно-временного распределения температуры (Климат России, 2001).

Температурный режим характеризуется рядом показателей, среди которых средние и экстремальные значения температуры воздуха, характеристики ее пространственной и временной изменчивости, даты перехода средней суточной температуры через определенные уровни (например, через 0, 5, 10 и 15 °С), продолжительность периодов с температурой воздуха выше или ниже заданного уровня и т.д.

Температура воздуха является одной из важнейших метеорологических величин, наиболее полно характеризующих физическое состояние атмосферы, погоду и климат данной местности, поэтому с момента изобретения Галилеем первого и далеко не совершенного термометра (1603 г.) методы ее измерения постоянно совершенствовались. В настоящее время температура воздуха на сети измеряется в метеорологической будке, сделанной из дерева и окрашенной в белый цвет, чтобы она максимально отражала солнечные лучи и как можно меньше нагревалась (Хромов, Петросянц, 2004). В будке обеспечивается вентиляция благодаря ее стенкам, сделанным в виде жалюзи, состоящих из отдельных планок. Резервуары термометров помещаются на высоте 2 м над поверхностью почвы, мимо них проходит воздух, который не застаивается в будке. Все это обеспечивает однородный характер температурных наблюдений и их сопоставимость.

Температура воздуха измеряется психрометрическим термометром через каждые 3 часа – 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 гринвичского времени, суточная максимальная и минимальная температура – соответственно по максимальному и минимальному термометрам. Максимальная температура характеризует дневную, наиболее теплую, часть суток,

минимальная оценивает холодную часть суток – несколько часов в конце ночи летом и в предутренние часы зимой (Справочник ... , 2003).

В России регулярные наблюдения над температурой воздуха ведутся в Санкт-Петербурге с 1743 г. (Покровская, Бычкова, 1967), в Москве с 1779 г., в г. Казань с 1812 г. (Переведенцев, 2001), а в г. Киров с 1830 г. (Климат Кирова, 1982). Наиболее же длинные ряды наблюдений восстановлены для центральной Англии – порядка 350 лет, что позволило проследить за колебаниями климата, начиная с малого ледникового периода и до настоящего времени.

Температура воздуха постоянно меняется в пространстве и во времени. В первую очередь следует отметить ее суточный ход, который обусловлен радиационным балансом местности, зависящим от высоты солнца, продолжительности дня, режима облачности и др. Радиационный фактор хорошо проявляется в тихую, ясную погоду (Климат Москвы, 1969). К регулярным изменениям относится и годовой ход температуры, при котором средние месячные температуры в зимние месяцы ниже, а летние – выше. Характеристикой годового хода температуры воздуха является ее годовая амплитуда, то есть разность средних месячных температур самого теплого и самого холодного месяцев. Величина амплитуды годового хода зависит от степени континентальности климата. Благодаря же циркуляционному фактору, приводящему к адвекции тепла или холода, возникают нерегулярные (апериодические) изменения температуры. К их числу относятся в первую очередь межсуточные изменения температуры.

В последние годы в связи с угрозой глобального потепления климата значительно возрос интерес к межгодовым и более длительным колебаниям климата.

Так, согласно данным оценочного доклада Росгидромета (2008), изменения (прирост) температуры приземного воздуха зимой и летом к 2041 – 2060 гг. рассчитанные для Приволжского федерального округа по ансамблям из 16 МОЦАО СМIP3 (сценарий А2), составят соответственно 3,0 и 2,1 °С. Следует отметить, что в настоящее время наиболее развита парниковая теория изменения современного климата и все известные сценарии будущего климата как планеты в целом, так и ее регионов базируются на модельных расчетах. При этом учитываются различные варианты роста концентрации CO₂ в атмосфере в 21 столетии, непосредственно зависящие от многих факторов: экономических, демографических, экологических, правовых и т.п.

6.1. Средние температуры воздуха

Основной характеристикой термического режима местности служат средние месячные и годовые температуры воздуха (Матвеев, 2000). Рассмотрим распределение многолетней средней годовой температуры воздуха по территории Приволжского федерального округа (ПФО), осредненной для 20 станций за период 1966 – 2009 гг. Эта величина по территории региона меняется в пределах от 0,4°C (ст. Ныроб, АМСГ) до 6,9°C (ст. Саратов). Как видно из последнего столбца табл. 6.1, многолетняя средняя годовая температура воздуха (СГТВ) повсеместно положительная и имеет более низкие значения на севере, северо-востоке и юго-востоке (ст. Лальск, Ныроб, АМСГ, Учалы), чем на юге региона (ст. Перелюб, Оренбург). Эти изменения обусловлены особенностями рельефа и высотой места, режимом облачности и радиации. Как известно, наряду с радиационными и циркуляционными факторами необходимо учитывать характер подстилающей поверхности. Правда, на территории региона ввиду небольших разностей высот и преобладания равнинных форм влияние рельефа сказывается главным образом на микроклиматическом режиме. Диапазон колебаний СГТВ в период 1966 – 2009 гг. по территории региона от -3,0°C (ст. Ныроб, АМСГ, 1969 г.) до 8,8°C (ст. Саратов, 1995 г.). Причем колебания более высоких среднегодовых температур происходят в более узком диапазоне, чем низких. Это происходит из-за того, что минимальные температуры воздуха в большей степени зависят от местных, локальных особенностей. Однако различия не столь существенны.

В более ранних исследованиях отмечено, что территория ПФО характеризуется умеренно континентальным климатом с теплым летом и умеренно холодной зимой, где проявляется еще значительное влияние со стороны Атлантического океана, обеспечивающего регион теплом и осадками.

Распределение температуры зимой в условиях отрицательного радиационного баланса поверхности складывается главным образом под влиянием адвекции и радиационного охлаждения. В общем оно сложнее, чем в другие сезоны (Жаков, 1982). Обычно сезоны выделяют по термическим признакам, в которых заметнее всего проявляется смена ритма погоды от сезона к сезону. В качестве критерия могут быть взяты определенные значения средних суточных температур воздуха. Так, за начало и конец зимы принимается период между да-

тами устойчивого перехода этих температур через 0 или через -5°C при их понижении и повышении.

Календарный летний период (июнь-август) не совпадает с фактическим (климатологическим) летним периодом. За начало лета А.Н. Лебедевым и Г.Н. Писаревой (1956) принята средняя дата прекращения заморозков и ослабления интенсивного роста температуры, за конец – средняя дата начала интенсивного понижения температуры и появления ночных заморозков. В эти даты всюду среднесуточные температуры выше 10°C . В средних широтах они равны $13-14^{\circ}\text{C}$.

Климатологическое лето, выделенное по этим критериям, примерно совпадает с календарным в полосе, проходящей через центральные районы ЕЧР. Одна из характеристик лета – продолжительность периода с устойчивой теплой погодой, за которой можно принять период со средними суточными температурами выше 15°C , представляет интерес как важный показатель среды обитания человека, условий сельскохозяйственного производства и формирования экосистем.

Средние температуры июля выше, чем в остальные месяцы. Вследствие тепловой инерции географической оболочки, особенно океанов, и особенностей радиационного и теплового балансов весной, на большей части территории России разность больше между июлем и июнем, чем между июлем и августом (Лебедев, Писарева, 1956).

В январе – самом холодном месяце года средняя многолетняя температура воздуха колеблется по территории региона в пределах от $-16,4^{\circ}\text{C}$ (ст. Нырб, АМСГ) до $-8,7^{\circ}\text{C}$ (ст. Саратов), т.е. перепад температур с севера на юго-восток составляет $7,7^{\circ}\text{C}$. Как видно из табл. 6.1, четко прослеживается годовой ход температуры воздуха. Она быстро начинает возрастать с марта до июня в связи с увеличением продолжительности дня и приходящей солнечной радиации. Так, с марта по апрель многолетние средние месячные температуры возрастают на $9,4 - 13,4^{\circ}\text{C}$ (наибольшее возрастание на юго-востоке региона) и становятся положительными из-за резкого повышения приходящей солнечной радиации, причем увеличение идет с севера на юг. В летние месяцы межмесячные изменения не столь значительны. Самым теплым месяцем года является июль. Распределение многолетней средней июльской температуры по территории региона достаточно однородное и колеблется от $17,1^{\circ}\text{C}$ (ст. Нырб, АМСГ) до $22,4^{\circ}\text{C}$ (ст. Саратов).

Метеостанция Нырб, АМСГ расположена на севере области и поэтому ее температуры заметно ниже температур более южных станций. Далее в годовом ходе температура воздуха вначале постепенно, а затем достаточно быстро понижается. В ноябре ее многолетние среднемесячные значения уже отрицательны. Причем изменение температуры наиболее выражено в переходные периоды, при этом весеннее нарастание температуры несколько более интенсивное, чем ее осеннее понижение.

Для каждого месяца года были построены средние многолетние карты (осреднение проводилось за период 1966-2009 гг.). В январе изотермы направлены с северо-запада на юго-восток, в марте происходит перестройка термического поля и с апреля по сентябрь изотермы принимают зональное направление. Причем в апреле и в мае наблюдается заметный перепад температур между севером и югом ($\sim 8^{\circ}\text{C}$). С октября начинается преобразование температурного поля: изотермы начинают принимать зимнее направление и изменение идет с севера.

На климатической карте (рис. 6.1) средняя годовая температура возрастает с севера на юг от $0,4$ до $6,9^{\circ}\text{C}$, изотермы имеют слабый наклон. На севере картина более простая, чем на юге региона. Эти изменения обусловлены особенностями рельефа и высотой места, режимом облачности и радиации. Как известно, наряду с радиационными и циркуляционными факторами необходимо учитывать характер подстилающей поверхности. На севере региона рельеф представлен Верхнекамской возвышенностью, Вятским и Северным увалами. На юго-западе сказывается влияние Приволжской возвышенности. Однако преобладают равнинные формы рельефа, которые сказываются на микроклиматическом режиме. Данные табл. 6.1 и рис. 6.1 – 6.3 наглядно иллюстрируют отмеченную особенность годового хода температуры воздуха.

Температурный контраст между самым холодным и самым теплым месяцами года характеризуется амплитудой годового хода температуры воздуха, которая в большей степени зависит от континентальности климата и от характера рельефа и в меньшей степени – от широты места. Величина амплитуды годового хода на территории региона меняется от $29,1^{\circ}\text{C}$ (ст. Н.Новгород, Мыза) до $37,2^{\circ}\text{C}$ (ст. Зерн. с/х Озерный), т.е. возрастает в восточной части региона, что свидетельствует об усилении его континентальности. Однако различия между ближними станциями невелики.



Рис. 6.1. Средняя годовая температура воздуха

Если многолетняя картина достаточно сглаженная, то изменения среднемесячных значений температуры в отдельных пунктах по годам весьма значительны.

Так как ПФО находится в умеренном поясе, отличающемся активной циркуляцией атмосферы, температурные условия характеризуются большой изменчивостью от года к году, что проявляется не только в средних суточных значениях температуры, но и в средних месячных величинах, что видно из табл. 6.2, приводимой в качестве примера.

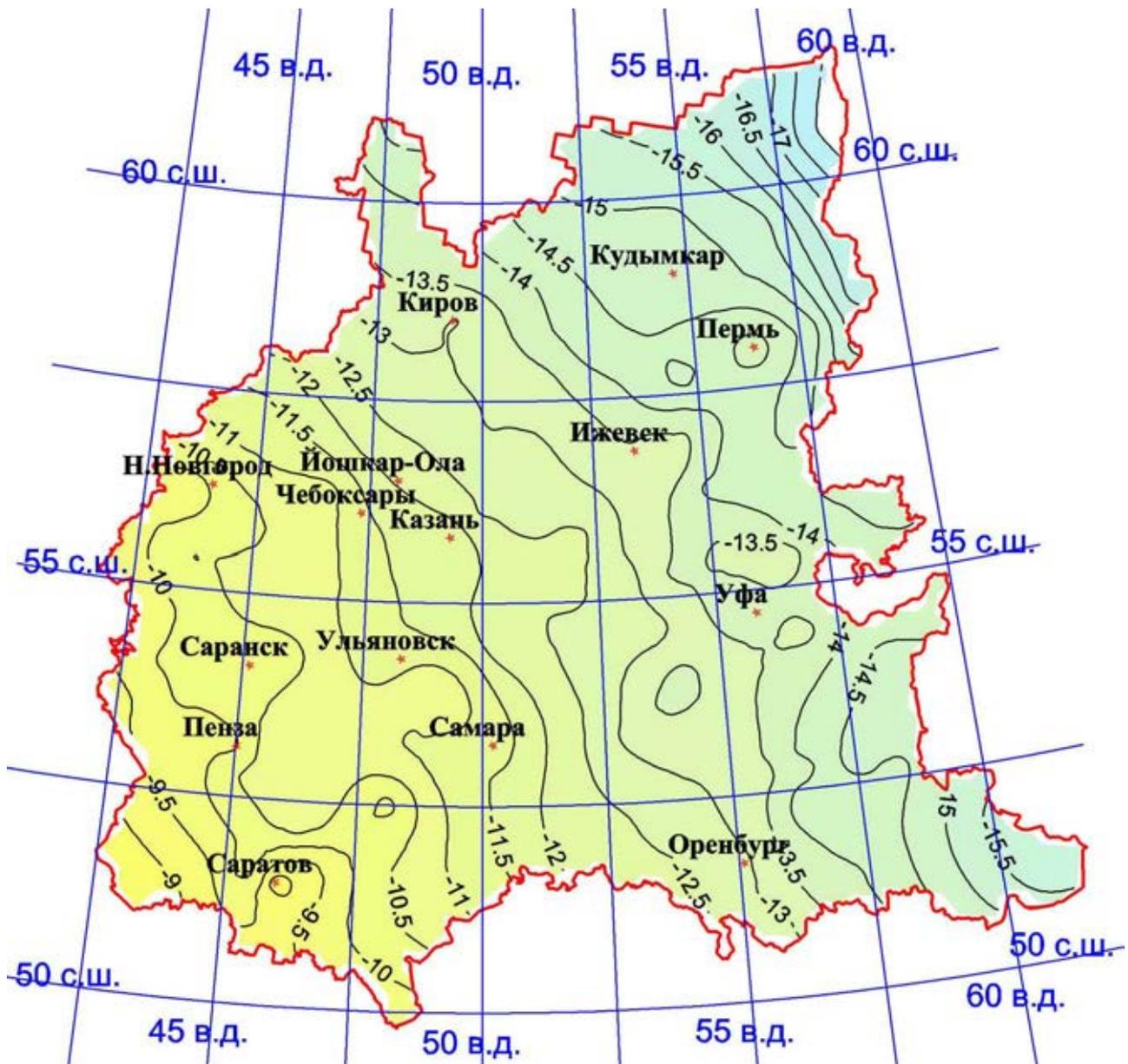


Рис. 6.2. Средняя январская температура воздуха

Анализ данных табл. 6.2 свидетельствует о том, что между многолетними средними месячными значениями температуры воздуха и ее экстремальными значениями в отдельные годы существует большая разница, достигающая максимума в холодный период года (так, средняя январская температура на ст. Казань, оп. составляет $-11,6^{\circ}\text{C}$, максимум ее достигает $-3,2^{\circ}\text{C}$ (2007 г.), а минимум $-22,0^{\circ}\text{C}$ (1969 г.)). Примечательно, что максимум средней январской температуры зафиксирован на этапе потепления климата (2007 г.), а минимум, естественно, в период относительного похолодания климата. Так, в 1969 г. на ст. Казань, оп. средняя январская температура опустилась до $-22,0^{\circ}\text{C}$.

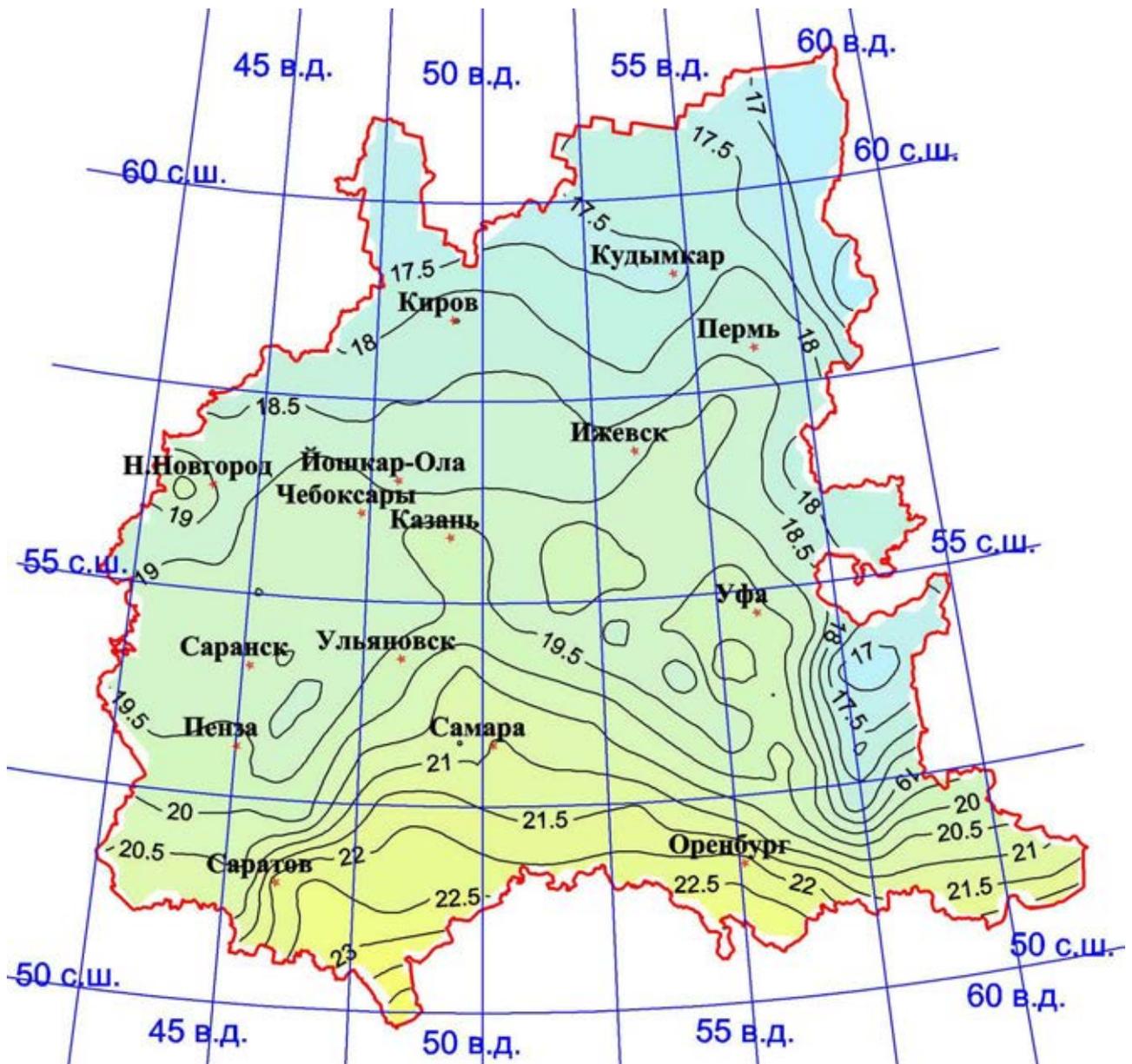


Рис. 6.3. Средняя июльская температура воздуха

Для оценки межгодовой изменчивости температуры, обусловленной действием циркуляции атмосферы, облачности и др., по среднемесячным температурам рассчитывались значения ее средних квадратических отклонений (σ). Величина σ имеет хорошо выраженный годовой ход и достаточно равномерно распределена по территории региона (табл. 6.3). В январе σ изменяется от $3,8^{\circ}\text{C}$ (ст. Учалы) до $4,9^{\circ}\text{C}$ (ст. Нырб, АМСГ), а в августе от $1,6^{\circ}\text{C}$ (ст. Зерн. с/х Озерный, Учалы) до $2,0^{\circ}\text{C}$ (ст. Балашов). В холодный период величина σ максимальна, а в теплый – минимальна. Значение σ , рассчитанное по среднегодовым значениям температуры, наиболее однородно по территории и мало меняется ($0,9^{\circ}\text{C}$ – $1,5^{\circ}\text{C}$).

Т а б л и ц а 6.2

Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С)
на станции Казань, опорная за 1966 – 2009 гг.

Характеристика	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя	-11,6	-10,8	-4,1	5,4	13,3	17,7	19,8	17,5	11,5	4,1	-3,3	-9,0	4,2
Минимум	-22,0	-17,8	-9,4	-1,2	8,3	13,7	16,6	14,3	7,2	-2,5	-9,9	-17,6	1,1
Год	1969	1969	1969	1979	1969	2003	1973	1980	1973	1976	1993	2002	1969
Максимум	-3,2	-2,3	0,1	11,3	17,1	21,9	23,8	23,2	14,9	7,9	2,1	-2,5	6,3
Год	2007	2002	2008	1995	1984	1989	1988	1972	2009	1974	2008	2003	1995
СКО, сут.	7,8	6,8	5	5,3	5,3	4,6	3,7	4,2	4,5	4,6	5,3	6,8	1,1
СКО, мес.	4,2	3,6	2,3	2,8	2,2	2,3	1,9	1,7	1,7	2,0	2,5	3,6	1,1

Визуальный анализ построенных карт распределения величины СКО температуры воздуха по месяцам позволил обнаружить следующие особенности в пространственно-временном распределении этой характеристики: в январе величина σ изменяется более значительно в меридиональном направлении, увеличиваясь с юга на север от 4,3°С до 4,9°С. В марте, картина обратная, величина σ уменьшается с юга на север от 3,2° до 2,5°, что обусловлено более ранним приходом весны в южные широты территории. В июле величина σ возрастает с запада на восток от 1,8°С до 1,9°С. Как видим изменения невелики, но сказывается некоторое увеличение континентальности. В августе и сентябре поле величины по территории σ достаточно однородно, которая изменяется в пределах 1,6 – 2,0°С. В октябре заметно увеличение возмущенности поля σ с запада (1,9 – 2,0°С) на восток 2,2 – 2,4°С. В ноябре, декабре вновь выделяется меридиональная направленность в изменении СКО (в декабре от 3,5 до 4,5°С).

Так как распределение средних месячных температур близко к нормальному, то можно считать, что в пределах $\bar{t} \pm 2\sigma$ укладывается около 95% всех ее значений. Приведем значения σ температуры воздуха для территории ПФО (табл. 6.3).

Таким образом, согласно данным табл. 6.1 и 6.3 и «правилу 2 σ », например, в январе в г. Киров в 95% случаев средняя месячная температура воздуха будет находиться в интервале -5,5°С ÷ -22,7°С; а в июле соответственно: 15,1°С ÷ 22,8°С. Как видим, летний период оказывается несколько более устойчивым, чем зимний.

В климатологии большое внимание уделяется изучению суточного хода температуры воздуха в приземном слое атмосферы, обусловленного ходом радиационного баланса, который в свою очередь зависит от высоты солнца, продолжительности дня, режима облачности и др. (Климат России, 2001). В многолетнем суточном ходе минимальные средние часовые температуры отмечаются после восхода солнца, а максимальные – в послеполуденные часы, что является следствием турбулентного теплообмена между земной поверхностью и атмосферой. Согласно теоретическим и экспериментальным данным, в дневные часы земная поверхность вследствие притока солнечной радиации нагревается, а ночью под влиянием излучения охлаждается. Непосредственно радиационный фактор мало влияет на температуру воздуха ввиду прозрачности атмосферы относительно солнечных лучей (Матвеев, 2000). Отметим также, что знание суточного хода температуры воздуха необходимо для решения многих практических задач, включая прогноз погоды

Т а б л и ц а 6.3

Среднее квадратическое отклонение температуры воздуха
за 1966 – 2009 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	4,6	4,6	2,6	2,5	2,2	2,3	1,9	1,7	1,8	2,3	3,4	4,5	1,2
Ныроб, АМСГ	4,9	4,0	2,5	2,8	2,3	2,3	2,1	1,8	1,7	2,4	3,7	4,5	1,2
Киров, АМСГ	4,2	3,7	2,2	2,6	2,3	2,2	1,9	1,9	1,8	2,2	2,8	3,9	1,1
Улу-Теляк	3,9	3,0	2,6	2,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,6	2,3	2,4	3,1	1,1
Учалы	3,8	2,9	2,6	2,7	1,9	2,0	1,7	1,6	1,6	2,4	2,7	3,5	1,0
Ижевск	4,2	3,4	2,2	2,7	2,2	2,2	2,0	1,8	1,8	2,2	2,8	3,9	1,1
Чебоксары	4,1	3,6	2,3	2,5	2,2	2,3	1,9	1,8	1,8	2,0	2,6	3,6	1,1
Перелюб	4,3	3,9	3,2	2,9	2,0	2,3	1,9	1,7	1,7	2,0	2,5	3,7	1,1
Казань	4,2	3,5	2,4	2,7	2,2	2,3	1,8	1,8	1,7	2,1	2,6	3,7	1,1
Балашов	4,0	3,7	3,0	2,6	2,2	2,2	1,9	2,0	1,8	2,0	2,5	3,2	1,1
Саратов	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,2	1,8	1,8	1,7	1,9	2,3	3,4	1,1
Бугульма	4,1	3,2	2,4	3,0	2,2	2,2	1,9	1,9	1,8	2,4	2,6	3,4	1,1
Ульяновск	4,3	3,9	3,1	2,6	2,1	2,1	1,8	1,8	1,7	2,2	2,7	3,8	1,2
Самара	4,1	3,4	2,6	2,9	2,1	2,3	1,9	1,8	1,8	2,3	2,4	3,5	1,1
Саранск	4,1	3,7	2,8	2,5	2,2	2,2	1,8	1,9	1,8	1,9	2,7	3,4	1,1
Пермь	4,1	3,6	2,3	2,8	2,2	2,2	2,0	1,8	1,8	2,4	3,1	4,0	1,1
Пенза, ГМО	4,1	3,8	2,7	2,6	2,2	2,2	1,8	1,9	1,6	2,0	2,6	3,4	1,1
Оренбург, ЗГМО	4,4	3,7	3,3	2,9	2,0	2,1	2,0	1,8	1,8	2,3	2,6	3,8	1,1
Зерн. с/х Озер- ный	4,4	3,5	3,6	3,1	1,9	2,0	1,8	1,6	1,7	2,4	2,8	3,8	1,1
Н.Новгород, Мыза	4,0	3,6	2,3	2,4	2,2	2,2	1,8	1,8	1,7	2,1	2,5	3,5	1,1

Основной характеристикой суточного хода является его амплитуда. В климатологии принято различать амплитуды, вычисленные как разность между средними значениями температуры наиболее теплого и холодного часа и между максимальными и минимальными значениями температуры за сутки. Первая амплитуда называется периодической и определяется суточным ходом радиации, сменой дня и ночи.

Кроме правильного суточного хода температуры имеют место непериодические, вызываемые сменой воздушных масс при прохождении фронтов. Эти изменения происходят в любое время суток, нарушая суточный ход температур, и определяют непериодическую амплитуду. Разности между периодической и непериодической амплитудой характеризуют внутрисуточную изменчивость, связанную с адвективными процессами. Наибольшие разности отмечаются зимой, когда суточный ход температуры выражен слабо и периодическая амплитуда невелика, а изменения температуры, связанные с усиленной циклонической деятельностью, могут быть значительны (Климат России, 2001).

Рассмотрим суточный ход температуры воздуха по восьми срокам наблюдений (суточный ход). Выявляется четкая зависимость суточного хода, т.е. разности между самым теплым и самым холодным сроком, от времени года. Так, в январе по территории региона он невелик и меняется в пределах $1,2 - 4,4^{\circ}\text{C}$, а в июле изменяется в пределах $5,1 - 10,0^{\circ}\text{C}$. Как видно из табл. 6.4 и 6.5, разница по данному показателю изменчивости температуры воздуха между станциями для конкретных месяцев невелика. В качестве примера рассмотрим распределение температуры по срокам наблюдений для всех месяцев года для ст. Казань, опорная (табл.6.6). Из таблицы видно, что амплитуда (А) суточного хода температуры воздуха постепенно убывает от января к февралю, а затем заметно увеличивается с наступлением весны и достигает своего максимума в период май-июль (более 7°C), а затем медленно убывает до своего минимума в декабре ($1,0^{\circ}\text{C}$).

Амплитуда суточного хода, определяемая как разность между максимальными и минимальными значениями температуры воздуха за сутки распределяется по территории региона достаточно равномерно и испытывает определенный годовой ход (табл. 6.7). Так, в январе она изменяется от $5,3^{\circ}\text{C}$ (ст. Н.Новгород, мыза) до $9,5^{\circ}\text{C}$ (ст. Улу-Теляк), а в мае амплитуда достигает своего максимума и меняется от $9,8^{\circ}\text{C}$ (ст. Н.Новгород, мыза) до $14,3^{\circ}\text{C}$ (ст. Перелюб). Наибольшие значения амплитуды суточного хода отмечаются с апреля по август, причем в весенние месяцы эти значения выше, чем в осенние. В ноябре амплитуда

суточного хода достигает в годовом ходе своего минимума и варьирует в пределах (3,9 – 7,9°C).

Периодичность суточного хода температуры воздуха нарушается адвекцией тепла или холода, наличием или отсутствием облачности, местными условиями, что приводит к существенной изменчивости во времени амплитуды колебаний. Поэтому в годовом ходе величина непериодической амплитуды повсеместно превышает величину периодической средней амплитуды суточного хода температуры воздуха.

Следует отметить, что амплитуда суточного хода температуры воздуха за период 1966 – 2009 гг. менялась в широких пределах. Это наглядно видно из данных табл. 6.8, приведенной в качестве примера. На остальных станциях ситуация примерно та же.

Т а б л и ц а 6.4

Средняя температура воздуха (°С) по срокам наблюдений (суточный ход)
за 1977 – 2009 гг. (январь)

Станции	Сроки наблюдений (час.)								А
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	-13,6	-13,7	-13,8	-12,5	-12,2	-13,1	-13,4	-13,5	1,6
Ныроб, АМСГ	-15,2	-15,6	-15,6	-14,4	-14,2	-14,8	-14,9	-15,0	1,4
Киров, АМСГ	-12,2	-12,2	-12,4	-11,5	-11,2	-11,6	-11,8	-12,1	1,2
Пермь	-12,9	-13,3	-13,2	-11,8	-11,6	-12,4	-12,7	-12,8	1,7
Ижевск	-13,0	-13,1	-13,0	-11,8	-11,5	-12,3	-12,5	-12,9	1,6
Н.Новгород, Мыза	-9,1	-9,3	-9,6	-8,7	-8,3	-8,5	-8,7	-9,1	1,3
Чебоксары	-10,7	-10,8	-10,9	-10,1	-9,6	-10,1	-10,3	-10,5	1,3
Казань, оп.	10,8	-11,1	-11,0	-10,0	-9,8	-10,2	-10,5	-10,9	1,3
Саранск	-9,7	-9,7	-9,8	-8,9	-8,3	-9,0	-9,3	-9,5	1,5
Ульяновск	-10,5	-10,5	-10,5	-9,2	-8,7	-9,7	-10,1	-10,3	1,8
Бугульма	-12,1	-12,2	-12,2	-10,9	-11,0	-11,9	-12,0	-12,1	1,3
Улу-Теляк	-12,9	-13,0	-12,7	-9,9	-8,6	-11,4	-11,4	-12,3	4,4
Учалы	-14,7	-14,8	-13,8	-10,9	-11,0	-12,9	-13,4	-14,3	3,9
Пенза, ГМО	-9,1	-9,3	-9,4	-8,1	-7,4	-8,2	-8,7	-9,0	2,0
Самара	-10,6	-10,9	-10,7	-9,3	-8,9	-9,8	-10,1	-10,5	2,0
Балашов	-8,5	-8,6	-8,7	-7,3	-6,6	-7,4	-7,8	-8,2	2,1
Саратов	-8,3	-8,5	-8,4	-6,9	-6,8	-7,7	-8,0	-8,2	1,7
Перелюб	-11,4	-11,4	-11,2	-9,5	-9,1	-10,3	-10,8	-11,2	2,3
Оренбург, ЗГМО	-12,8	-13,1	-12,6	-10,8	-10,4	-11,6	-12,0	-12,5	2,7
Зерн. с/х Озерный	-16,0	-16,1	-15,3	-13,0	-13,6	-15,2	-15,6	-16,0	3,1

Т а б л и ц а 6.5
Средняя температура воздуха (°С) по срокам наблюдений (суточный ход)
за 1977 – 2009 гг. (июль)

Станции	Сроки наблюдений (час.)								А
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	12,6	14,1	18,5	20,5	21,5	20,7	16,5	14,1	8,9
Нырбоб, АМСГ	12,7	14,5	18,4	20,4	20,9	19,9	15,5	13,7	8,2
Киров, АМСГ	14,7	15,9	19,2	21,4	22,0	21,2	17,2	15,1	7,3
Пермь	13,9	16,4	19,9	21,7	22,1	21,1	16,9	14,4	8,2
Ижевск	14,1	15,8	20,1	22,2	22,8	21,7	16,5	14,4	8,7
Н.Новгород, Мыза	15,7	16,4	19,4	21,5	22,3	21,7	18,6	16,2	6,6
Чебоксары	15,7	16,5	19,8	22,0	22,7	21,9	17,1	15,9	7,0
Казань, оп.	16,3	17,4	20,7	22,7	23,3	22,5	19,2	17,0	7,0
Саранск	14,8	15,1	19,8	22,4	23,4	22,6	17,7	15,2	8,6
Ульяновск	15,2	15,9	20,8	22,8	24,0	23,1	19,4	16,9	8,8
Бугульма	14,6	16,4	20,1	22,1	22,6	21,5	17,2	15,1	8,0
Улу-Теляк	13,5	16,0	20,8	23,0	23,5	22,2	17,2	14,9	10,0
Учалы	12,5	15,1	19,1	20,5	21,1	19,6	15,4	13,3	8,6
Пенза, ГМО	15,5	15,7	20,5	23,3	24,4	23,6	19,6	16,9	8,9
Самара	17,2	18,2	21,5	24,0	24,8	23,9	20,1	18,0	7,6
Балашов	16,5	16,4	21,0	23,8	25,0	24,4	20,4	17,5	8,6
Саратов	18,3	19,4	22,9	25,6	26,5	25,4	21,5	18,9	8,2
Перелюб	16,3	17,6	23,5	25,2	26,9	25,7	20,8	17,9	10,6
Оренбург, ЗГМО	16,3	18,3	23,7	26,1	27,1	25,5	19,9	17,8	10,8
Зерн. с/х Озерный	15,1	18,7	23,5	25,6	26,1	24,5	19,0	16,8	11,0

Т а б л и ц а 6.6
Средняя температура воздуха (°С) по срокам наблюдений (суточный ход)
на ст. Казань, опорная за 1977 – 2009 гг.

Месяцы	Срок наблюдений								А
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Январь	-10,8	-11,1	-11,0	-10,0	-9,8	-10,2	-10,5	-10,9	1,3
Февраль	-11,1	-11,5	-11,1	-9,2	-8,3	-9,2	-9,9	-10,5	3,2
Март	-5,3	-5,8	-4,5	-2,1	-1,0	-1,8	-3,1	-4,2	4,8
Апрель	2,3	2,3	5,1	7,5	8,3	7,4	4,7	2,7	6,0
Май	9,4	10,3	13,8	16,2	17,1	16,1	12,6	10,0	7,7
Июнь	14,3	15,4	18,6	20,6	21,4	20,4	17,3	15,1	7,1
Июль	16,3	17,4	20,7	22,7	23,3	22,5	19,2	17,0	7,0
Август	14,2	14,4	17,7	20,2	21,0	19,6	16,6	14,7	6,8
Сентябрь	9,4	9,0	11,5	14,0	14,5	12,5	10,8	9,7	5,5
Октябрь	3,6	3,3	4,3	6,0	5,8	5,0	4,3	4,0	2,7
Ноябрь	-3,7	-4,0	-3,8	-2,7	-2,6	-3,2	-3,5	-3,7	1,4
Декабрь	-9,0	-9,1	-9,0	-8,3	-8,1	-8,8	-8,9	-9,0	1,0

Т а б л и ц а 6.7

Непериодическая амплитуда суточного хода температуры воздуха
за 1966 – 2009 гг.

Станции	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	8,1	9,5	10,5	10,8	12,5	12,4	12,0	10,8	8,7	5,4	5,3	6,6
Ныроб, АМСГ	7,0	8,2	9,2	9,6	11,1	11,5	11,1	9,6	7,7	5,0	5,3	6,4
Киров, АМСГ	6,2	6,7	7,4	8,5	10,0	9,7	9,4	8,9	7,4	5,1	4,5	5,4
Пермь	6,8	7,6	8,4	9,4	11,3	11,2	10,6	9,5	7,9	5,4	5,2	6,0
Ижевск	7,0	8,0	8,4	9,2	11,8	11,4	11,1	10,5	9,1	6,3	5,2	6,1
Н.Новгород, Мыза	5,3	6,0	6,5	8,1	9,8	9,4	9,1	8,8	7,6	5,6	3,9	4,9
Чебоксары	6,0	6,5	6,6	8,2	10,3	9,8	9,5	9,3	8,2	5,9	4,4	5,4
Казань	6,0	6,6	6,9	8,2	10,5	9,9	9,6	9,5	8,2	5,7	4,4	5,3
Саранск	6,1	7,2	7,0	9,1	11,8	11,0	10,9	11,2	9,7	6,9	4,7	5,6
Ульяновск	6,8	8,3	8,8	10,3	12,8	11,7	11,3	11,4	10,2	7,6	5,3	6,1
Бугульма	6,4	7,0	7,4	8,8	11,5	10,8	10,5	10,3	9,3	6,5	5,0	5,7
Улу-Теляк	9,5	12,0	12,1	11,5	13,3	13,1	12,4	12,2	11,4	7,6	6,6	8,0
Учалы	8,5	10,5	10,5	10,2	12,1	11,7	10,1	10,1	9,9	8,0	7,2	7,6
Пенза, ГМО	6,2	7,8	7,7	9,7	12,2	11,4	11,0	11,4	10,2	7,3	4,7	5,7
Самара	5,9	7,0	7,0	8,9	10,7	10,1	9,8	10,0	9,1	6,7	4,3	5,1
Балашов	6,1	7,0	6,9	10,1	12,0	11,4	11,2	11,7	10,7	8,2	5,3	5,7
Саратов	5,9	6,5	6,7	9,5	11,0	10,5	10,4	10,7	9,9	7,7	4,8	5,2
Перелюб	7,7	8,6	8,3	11,4	14,3	13,4	13,0	13,7	13,0	9,6	5,9	6,9
Оренбург, ЗГМО	7,5	8,8	8,6	11,2	13,7	13,3	13,1	13,6	12,9	9,5	6,1	6,8
Зерн. с/х Озер- ный	8,5	9,7	10,1	11,3	14,0	14,2	13,5	14,2	14,0	11,2	7,9	8,3

Как видно из табл. 6.8, во все месяцы года могут происходить резкие изменения погоды и максимальная амплитуда может достигать 19,1°C и больше, в то же время в отдельные годы суточный ход температуры практически не проявлялся. При этом наиболее ярко суточный ход выражен на северо-западе региона.

Показателем временной изменчивости средней суточной температуры воздуха служит $\sigma_{\text{сут}}$ (табл. 6.9). Эта величина имеет хорошо выраженный годовой ход и изменяется по территории региона в январе в пределах от 6,8 (ст. Учалы) до 9,8°С (ст. Лальск), а в июле от 3,4°С (ст. Ульяновск) до 4,1°С (ст. Пермь, Киров, АМСГ). Летом территориальные различия величины $\sigma_{\text{сут}}$ менее заметны.

Величина $\sigma_{\text{сут}}$ изменяется под влиянием циркуляционных процессов и почти в 2 раза больше более сглаженной характеристики $\sigma_{\text{мес}}$. Эта величина имеет хорошо выраженный годовой ход.

Т а б л и ц а 6.8

Непериодическая амплитуда суточного хода температуры воздуха на ст. Киров, АМСГ; Казань, опорная; Самара ОГМС за 1966 – 2009 гг.

Амплитуды	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Киров, АМСГ												
Средняя	6,2	6,7	7,4	8,5	10,0	9,7	9,4	8,9	7,4	5,1	4,5	5,4
Максим.	16,1	15,5	16,9	17,3	19,1	17,4	16,6	16,2	15,7	12,6	11,8	15,4
Год	1968	1999	1979	2008	1979	1988	2003	2006	1982	1999	2003	1998
Миним.	0,6	0,7	0,9	1,4	1,5	1,2	1,4	1,3	1,1	0,5	0,4	0,5
Год	1988	2002	1995	2006	1991	1982	1973	1991	1998	1986	2002	1971
Казань, опорная												
Средняя	6,0	6,6	6,9	8,2	10,5	9,9	9,6	9,5	8,2	5,7	4,4	5,3
Максим.	15,3	14,6	14,7	16,2	18,3	16,7	15,5	16,2	15,9	12,7	11,3	14,0
Год	1969	2004	1984	1996	2003	1999	1996	1997	1992	1974	2006	1968
Миним.	0,6	0,8	0,6	1,1	1,7	1,8	1,6	1,5	1,4	0,9	0,6	0,6
Год	2007	1973	2008	1997	1970	1982	1994	1991	1990	1974	1982	2009
Самара, ОГМС												
Средняя	5,9	7,0	7,0	8,9	10,7	10,1	9,8	10,0	9,1	6,7	4,3	5,1
Максим.	15,1	15,5	14,8	16,8	17,8	16,9	15,5	16,9	17,5	14,6	10,7	13,9
Год	1972	2007	1998	2009	2002	1982	1969	1966	2002	1974	1980	2001
Миним.	0,5	0,6	0,6	1,2	2,3	1,5	2,9	1,2	1,2	1,0	0,5	0,5
Год	1993	1983	1975	1980	1988	2002	1994	1993	1995	1992	2009	1982

Таблица 6.9

Среднее квадратическое отклонение температуры
воздуха $\sigma_{свт}$ за 1966 – 2009 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	9,8	8,2	5,7	5	5,2	4,9	4	4,1	4,1	4,7	6,8	8,7	1,2
Киров, АМСГ	8,3	6,9	4,8	5,1	5,4	4,8	4,1	4,4	4,4	4,8	5,8	7,4	1,1
Пермь	8,3	6,9	5,1	5,3	5,5	4,9	4,1	4,2	4,5	4,9	6,1	7,6	1,1
Ижевск	8,2	6,9	5	5,3	5,4	4,7	3,9	4,3	4,5	4,8	5,9	7,5	1
Н.Новгород, Мыза	7,6	6,5	4,6	5,2	5,2	4,4	3,7	4,1	4,4	4,7	5,2	6,6	1,1
Чебоксары	7,8	6,6	4,8	5,3	5,3	4,6	3,7	4,2	4,4	4,5	5,4	6,9	1,1
Казань, оп.	7,8	6,8	5	5,3	5,3	4,6	3,7	4,2	4,5	4,6	5,3	6,8	1,1
Саранск	7,5	6,8	5,1	5,3	5,1	4,3	3,5	4,1	4,5	4,6	5,4	6,7	1
Ульяновск	7,5	7,3	5,6	5,3	4,9	4,3	3,4	3,9	4,4	4,7	5,6	7,1	1,1
Бугульма	7,3	6,5	5	5,8	5,6	4,7	3,9	4,4	4,9	5,2	5,4	6,5	1
Улу-Теляк	8,7	7,6	5,8	5,4	5,1	4,5	3,5	3,8	4,3	4,6	6	8	1,1
Учалы	6,8	6,3	5,5	5,4	5,2	4,6	3,5	3,9	4,4	5	5,9	6,8	1
Пенза, ГМО	7,4	6,9	5,2	5,3	4,9	4,3	3,5	4	4,4	4,7	5,2	6,7	1
Самара	7,2	6,5	5	5,7	5,1	4,6	3,8	4,2	4,8	4,8	4,9	6,4	1,1
Балашов	7,1	6,7	5,1	5,1	4,8	4,2	3,5	4,1	4,5	4,6	5	6,3	1,1
Саратов	6,9	6,5	5,3	5,1	4,6	4,2	3,5	3,9	4,4	4,4	4,8	6,1	1,1
Перелюб	7,5	7,3	5,7	5,6	4,8	4,5	3,7	4	4,7	4,6	5,3	7	1,1
Оренбург, ЗГМО	7,8	7,2	6	6	4,9	4,7	3,8	4,2	4,9	4,8	5,6	7,1	1,1
Зерн. с/х Озер- ный	7,7	7	6,4	6,4	5	4,7	3,7	4,1	4,9	4,9	6,2	7,2	1,1

6.2 Экстремальные температуры воздуха

Для решения многих практических задач в области сельского и городского хозяйства, строительства и т.п. большое значение имеют максимальные и минимальные температуры воздуха. Максимальные и минимальные температуры воздуха определяют из рядов наблюдений по минимальному и максимальному термометрам, позволяющим проводить непрерывное слежение за температурой воздуха. К числу показателей, характеризующих ряд экстремальных значений, относятся средние максимальные и минимальные, а также абсолютные максимальные и минимальные температуры воздуха и средние из абсолютных максимумов и минимумов (Климатология, 1989).

Средние минимальные (максимальные) температуры вычисляются для каждого месяца из ежедневных отсчетов по минимальному

(максимальному) термометру и дают представление о средней температуре воздуха в наиболее холодную (теплую) часть суток месяца.

Абсолютные минимальные и максимальные температуры воздуха характеризуют наименьшие и наибольшие пределы, которых достигала температура на данной станции за многолетний период наблюдений за отдельные месяцы и за год в целом.

Средние из абсолютных минимумов (максимумов) вычисляются осреднением самых низких (высоких) ежегодных минимумов (максимумов) температуры. Эти характеристики дают представление о той наименьшей (наивысшей) температуре, которую можно ожидать один раз в два года по отдельным месяцам и за год.

На режим минимальной температуры в большей степени, чем на среднюю месячную температуру воздуха, оказывают особенности местоположения станции (характер рельефа, близость больших водоемов, микроклиматические особенности подстилающей поверхности и т.д.). Влияние форм рельефа на максимальную температуру более сглажено, особенно в теплый период, когда развито турбулентное перемешивание.

Как видно из табл. 6.10, 6.11, годовой ход средних максимумов и минимумов аналогичен годовому ходу средней месячной температуры, так как определяется теми же циркуляционными процессами и особенностями подстилающей поверхности.

Согласно (Климат России, 2001), между значениями средней месячной и средней экстремальной температуры существует достаточно тесная связь, коэффициенты корреляции для Европейской части России в течение года составляют 0,87 – 0,94.

На территории региона в течение года среднемесячные максимальные температуры изменяются в январе от $-12,3^{\circ}\text{C}$ (ст. Нырб, АМСГ) до $28,5^{\circ}\text{C}$ (ст. Оренбург, ЗГМО) в июле, т.е. разница составляет $40,8^{\circ}\text{C}$. Средние минимальные температуры в годовом ходе варьируют от $-20,5^{\circ}\text{C}$ (ст. Зерн. с/х Озерный, январь) до $16,2^{\circ}\text{C}$ (ст. Самара, июль), при разности $36,7^{\circ}\text{C}$.

Ярко выраженный годовой ход на территории ПФО испытывают абсолютный максимум и абсолютный минимум температуры воздуха, дающие представление о самой высокой или низкой температуре воздуха, зафиксированной в отдельные дни (табл. 6.12, 6.13). До самой нижней отметки температура опускается в декабре – январе. Так, в январе значения абсолютного минимума температуры варьируют в пределах: $-51,7^{\circ}\text{C}$ (ст. Улу-Теляк), $-32,3^{\circ}\text{C}$ (ст. Балашов). При этом

почти повсеместно, за исключением июля, абсолютные минимумы температуры отрицательны; в августе положительны на станциях, расположенных ниже Чебоксар.

Абсолютный максимум температуры формируется в летние месяцы. Так, в июле на ст. Зерн. с/х Озерный он достигает $42,1^{\circ}\text{C}$. Наиболее жаркие месяцы июнь-август. В январе (самом холодном месяце года) также возможно появление положительных температур: от $1,6^{\circ}\text{C}$ (ст. Ныроб, АМСГ) до $9,8^{\circ}\text{C}$ (ст. Балашов). Таким образом, на всей территории ПФО в течение всего года на всех станциях отмечаются лишь положительные значения абсолютного максимума температуры. В зимние месяцы это следствие адвекции тепла.

Первоисточником суточных колебаний температуры является солнечная радиация, поглощаемая земной поверхностью. Летом приток солнечной радиации к земной поверхности в околополуденные часы значительно больше, чем зимой. Вследствие этого амплитуда суточного хода температуры воздуха вблизи земной поверхности летом почти в 2 раза больше, чем зимой (Матвеев, 2000).

Данные табл. 6.14 позволяют оценить степень неустойчивости температурного режима на территории рассматриваемого региона за счет значительных изменений температуры (на 5°C и более за сутки). Как видно, наиболее неустойчивая погода формируется в холодный период, а наиболее стабильная, как и следовало ожидать, в теплый.

Данные этой таблицы также свидетельствуют о том, что в декабре – феврале повторяемость резких изменений температуры в течение суток выше 20%. Среди зимних месяцев выделяется январь. Так, повторяемость резких изменений температуры в январе на ст. Лальск достигает 37,3%. На других станциях она колеблется от 20,0 до 32,8%. В теплый период подобные скачки температуры происходят не столь часто. Так, в июле их повторяемость колеблется от 1,2 до 5,6%.

Как отмечено в (Климат России, 2001), межсуточная изменчивость температуры воздуха является одним из показателей изменчивости погоды и зависит главным образом от адвективного фактора. Средняя межсуточная изменчивость колеблется от $2 - 5^{\circ}\text{C}$ зимой до $1 - 2^{\circ}\text{C}$ летом. Наибольшая ее повторяемость приходится на $\pm 2^{\circ}\text{C}$, однако отдельные перепады температуры между соседними сутками могут отклоняться от указанных значений и достигать $\pm 20^{\circ}\text{C}$ в холодный период и $\pm 10, \dots, 15^{\circ}\text{C}$ в теплый.

Таблица 6.10

Средние месячные и годовые максимальные температуры воздуха (°С) за 1966 – 2009 гг.

Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Лальск	-9,9	-7,8	0,1	7,6	15,1	20,7	23,1	19,5	12,9	4,7	-3,0	-7,5	6,4
Ныроб, АМСГ	-12,3	-10,1	-1,5	5,6	13,3	19,7	22,5	18,2	11,8	3,1	-5,1	-10,0	4,7
Киров, АМСГ	-9,8	-8,1	-0,5	8,2	16,1	21,0	23,2	20,2	13,5	5,0	-2,6	-7,6	6,6
Пермь	-10,3	-8,3	-0,3	8,3	16,2	21,4	23,4	20	13,6	5,1	-3,1	-8	6,5
Ижевск	-9,9	-8,4	-1	8,5	17,7	22,3	24,3	21,5	14,9	6	-2,4	-7,8	7,2
Н.Новгород, Мыза	-7,2	-6	0,6	10,1	17,8	21,7	23,6	21,4	15	7,1	-0,7	-5,3	8,2
Чебоксары	-8,3	-7,2	-1	9,1	18,1	22,1	24,2	21,9	15,4	7,1	-1,3	-6,3	7,8
Казань, оп.	-8,5	-7,5	-0,7	9,6	18,5	22,7	24,7	22,5	15,9	7,2	-1,1	-6,3	8,2
Саранск	-7,1	-6,7	-0,6	10,4	19,3	22,8	24,6	23,1	16,7	8,1	-0,4	-5,5	8,8
Ульяновск	-6,8	-6,7	0	11,2	19,8	23,8	25,4	23,3	17,3	8,4	-0,4	-5,3	9,2
Бугульма	-9,5	-8,4	-1,8	9	18,3	22,3	24	21,8	15,7	6,5	-2,1	-7,3	7,4
Улу-Теляк	-6,9	-5,4	1,3	10,8	18,9	23,3	24,9	22,4	16,5	7,7	-0,8	-5,8	8,9
Учалы	-9,8	-7,9	-1,4	8,4	16,6	21,2	21,9	19,7	14,1	6,1	-2,7	-8,4	6,5
Пенза, ГМО	-6,9	-6	0,3	11,6	20,1	23,7	25,3	23,9	17,4	8,8	0,3	-5	9,6
Самара	-8,1	-6,9	-0,1	11,7	20,3	24,3	26	24,3	18	8,9	-0,2	-5,9	9,4
Балашов	-5,7	-5,2	0,7	13,1	21	24,6	26,3	25,3	18,9	10,3	1,6	-3,8	10,6
Саратов	-5,7	-5	1	13,5	21,6	25,8	27,8	26,3	19,6	10,8	1,8	-3,7	11,2
Перелюб	-7,8	-7	-0,5	13,2	22,2	26,3	28,2	26,7	20,2	10,3	0,8	-5,4	10,6
Оренбург, ЗГМО	-9,2	-8,1	-1,2	12,8	22	26,6	28,5	26,9	20,4	10,2	-0,1	-6,4	10,2
Зерн. с/х Озерный	-11,8	-10,5	-3,6	10,5	20,5	26	27,6	25,8	19,5	9,3	-1,6	-8,7	8,6

Т а б л и ц а 6.11

Средние месячные и годовые минимальные температуры воздуха (°С) за 1966 – 2009 гг.

Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Лальск	-18,9	-17,5	-10,4	-3,2	2,6	8,2	11,1	8,7	4,1	-1,1	-8,6	-14,7	-3,2
Ныроб, АМСГ	-20,1	-18,5	-10,8	-4,1	2,2	8,3	11,4	8,5	4,0	-2,1	-10,6	-17,1	-4,1
Киров, АМСГ	-16,2	-15,0	-7,9	-0,3	6,1	11,2	13,8	11,3	6,0	-0,2	-7,2	-13,2	-0,9
Пермь	-17,5	-16,2	-8,7	-1,2	4,9	10,2	12,8	10,5	5,7	-0,4	-8,5	-14,5	-1,9
Ижевск	-17,3	-16,4	-9,5	-0,7	5,9	10,9	13,2	10,9	5,8	-0,5	-7,8	-14,2	-1,6
Н.Новгород, Мыза	-12,9	-12,3	-6	2	7,9	12,2	14,5	12,6	7,4	1,5	-4,9	-10,4	1
Чебоксары	-14,7	-13,9	-7,7	0,9	7,7	12,2	14,6	12,5	7,2	1,1	-5,9	-12	0,2
Казань, оп.	-14,9	-14,4	-7,7	1,3	8	12,7	15	13	7,6	1,4	-5,6	-12	0,4
Саранск	-13,6	-14	-7,7	1,4	7,5	11,7	13,7	11,9	7	1,2	-5,3	-11,3	0,2
Ульяновск	-13,9	-15,2	-8,8	0,8	7	12,1	14	11,9	7,1	0,7	-5,9	-11,8	-0,2
Бугульма	-16,3	-15,6	-9,3	0,1	6,8	11,4	13,4	11,4	6,4	-0,1	-7,3	-13,4	-1
Улу-Теляк	-18,9	-18,6	-11	-0,7	5,5	10,2	12,5	10,1	5,1	-0,1	-8	-15,9	-2,5
Учалы	-18,6	-18,5	-12	-1,8	4,5	9,5	11,8	9,5	4,2	-1,9	-10	-16,3	-3,3
Пенза, ГМО	-13,4	-13,8	-7,5	1,8	7,9	12,2	14,3	12,4	7,2	1,4	-4,6	-10,9	0,7
Самара	-14,3	-14	-7,1	2,8	9,6	14,1	16,2	14,2	8,8	2,1	-4,6	-11,3	1,4
Балашов	-12,1	-12,3	-6,3	2,9	8,9	13,2	15,1	13,5	8,2	2,1	-3,8	-9,7	1,6
Саратов	-11,8	-11,8	-5,7	4	10,5	15,2	17,3	15,6	9,8	3,1	-3	-9,2	2,8
Перелюб	-15,7	-15,9	-8,8	1,8	7,9	12,9	15,2	13	7,2	0,7	-5,3	-12,6	0
Оренбург, ЗГМО	-17,1	-17,1	-9,8	1,5	8,3	13,3	15,3	13,3	7,5	0,7	-6,4	-13,7	-0,3
Зерн. с/х Озерный	-20,5	-20,3	-13,7	-0,8	6,5	11,8	14	11,5	5,4	-1,9	-9,6	-17,2	-2,9

Таблица 6.12

Абсолютный максимум температуры воздуха (°С)

Станции	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	4,0	5,4	15,1	26,8	30,7	34,4	35,4	48,3	28,3	22,3	11,8	6,7
Ныроб, АМСГ	1,6	5,8	12,7	24,8	30,8	33,5	36,4	32,3	28,9	19,6	8,6	4,3
Киров, АМСГ	3,8	4,4	13,9	26,3	31,5	34,5	33,9	34,3	30,1	22,6	11,0	7,0
Пермь	4,3	5,6	15	26,4	31,4	35,4	34,6	33,2	30,7	22,3	11,9	4,5
Ижевск	3,6	4,6	10,1	27,5	31,1	35,6	36,6	34,6	33	22,4	11,1	4,5
Н.Новгород, Мыза	5,7	7	17,3	26,3	32,5	35	35	35,1	30,5	24,2	12,2	8,5
Чебоксары	4,7	4,8	13,5	26,3	32,5	35,2	38,5	34,9	30,2	25	10,6	7
Казань, оп.	4,5	5,2	14	26,9	33,5	36,1	37,9	35,6	32	23,4	11,3	6,1
Саранск	5,2	5,8	16,3	28,7	55,1	86,1	38,7	36	32,3	25	13,8	7,1
Ульяновск	5,6	6,5	16,5	28	36,2	37,5	37,8	36,2	32,5	26	14,3	7,3
Бугульма	2,8	6,7	13,1	28,1	31,5	36,8	36	34,7	32,6	22,3	12,9	4,5
Улу-Теляк	5,7	10,8	18	30,4	31,5	36,4	36,6	34	33,4	24,3	15,5	7,4
Учалы	6	6,7	14,9	26,7	33,5	35,1	34,1	33,6	31,6	21,9	13,4	9,2
Пенза, ГМО	7	8,5	17,3	27,1	35,6	37,7	36,5	37,1	32,4	25,6	14,2	8,5
Самара	5,2	6,8	16,5	29,2	33,7	38,4	39	36,4	33,8	25,5	13,6	7,3
Балашов	9,8	8	18,4	29	36,1	39,1	39,9	37,4	33,5	26,2	15,1	10,3
Саратов	8,5	8,4	18,1	29,8	35,1	39,2	40,8	38,3	35,1	25,5	15,7	11,7
Перелюб	8,7	5,2	19,7	30,6	35	39,4	40,8	40,6	35,9	26,5	15,1	7,5
Оренбург, ЗГМО	3	4,1	18,9	29,9	34,8	39,8	41,4	40,9	38	27	15,9	8,1
Зерн. с/х Озерный	2,6	3	19	28,1	35,9	40,1	42,1	42	35,7	26,8	14,2	9,6

Таблица 6.13

Абсолютный минимум температуры воздуха (°С)

Станции	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	-47,1	-44,9	-37,5	-27,0	-14,2	-4,1	-0,1	-3,7	-8,5	-22,9	-38,6	-47,9
Ныроб, АМСГ	-45,8	-46,4	-36,1	-27,3	-12,2	-3,6	0,3	-2,3	-6,6	23,1	-37,8	-48,3
Киров, АМСГ	-39,3	-39,0	-27,9	-19,7	-8,1	-2,1	3,3	1,1	-5,7	-18,7	-30,5	-44,8
Пермь	-44,1	-40,8	-32,2	-20,9	-10,4	-3,3	1,7	-1,9	-5,6	-25,2	-36,7	-46,8
Ижевск	-46,8	-40,4	-31,9	-19,1	-9,4	-2,4	4,3	-1,7	-5,5	-21,3	-33,5	-47,5
Н.Новгород, Мыза	-37,2	-32,9	-24,8	-15,4	-3,3	-0,2	5,1	0,9	-5,5	-14,3	-26,4	-41,2
Чебоксары	-41,3	-35	-27,3	-16,4	-5,1	-0,6	5	2	-4,1	-15,3	-28,7	-44,3
Казань, оп.	-45,1	-36,3	-29,5	-15,1	-5,6	0,3	5,4	1,7	-4,1	-15,2	-28	-43,7
Саранск	-42,3	-36,4	-29,7	-17,5	-4,8	-0,5	4,4	1	-7	-17,3	-28,7	-42,2
Ульяновск	-43,7	-40,6	-32,8	-20	-6,5	-1,3	3,8	-1,3	-4,9	-16,3	-29,6	-42,7
Бугульма	-45,9	-37,6	-30,2	-17,9	-7,6	-2,4	3,6	-0,9	-5,5	-21,2	-29,9	-46,7
Улу-Теляк	-51,7	-48,2	-38,1	-25,3	-7,8	-4,2	0	-1,9	-7,1	-26,2	-39,1	-51,6
Учалы	-44,9	-43,3	-36,3	-24	-11,6	-3,7	0,4	-0,9	-8,8	-21,9	-35,2	-43,7
Пенза, ГМО	-39,2	-35,9	-29,4	-94	-5,6	-0,8	4,7	1,4	-6,4	-15,2	-29,7	-40,5
Самара	-42	-35	-27,2	-13,2	-2,1	-0,4	6,6	2,3	-3,1	-13,1	-26,1	-42,3
Балашов	-32,3	-34,4	-26,4	-15,1	-4,5	0,5	5,5	2,5	-4,9	-13	-27	-34,1
Саратов	-35,2	-31,9	-25,2	-9,9	-0,8	2,1	8,3	4,8	-1,9	-12,1	-23,8	-31,5
Перелюб	-38,3	-37,7	-29,4	-16,8	-7	0,9	4,2	1,7	-6,7	-16,8	-27	-38,2
Оренбург, ЗГМО	-43,2	-40,1	-31,3	-19,3	-5,7	0,5	5	-0,9	-5,2	-19,4	-32,3	-37,2
Зерн. с/х Озерный	-43,1	-40,4	-32,2	-22,4	-8,9	-1,4	4,1	-0,6	-9,1	-25,6	-34,8	-39,6

Повторяемость (в %) резких изменений температуры воздуха
(на 5 град.и более за сутки) за 1966-2009 годы

Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	37,3	29,7	15,2	10,4	11,1	9,2	5,1	3,4	3,9	6,7	17,7	30,3
Киров, АМСГ	29,4	21,5	7,1	8,0	12,3	9,0	4,4	3,5	5,4	6,2	12,8	23,5
Пермь	28,7	21,5	8,6	10,8	17,2	9,5	4,3	4,5	7,2	6,4	15,6	24,6
Ижевск	31,3	22	8,8	7	13,6	8,9	3,6	4,3	6,3	6	15,2	25,9
Н.Новгород, Мыза	22,1	18,3	5,1	7,7	10,9	6,3	3,2	4	4,5	7,3	9,3	19,5
Чебоксары	23,2	17,6	5,3	6	10,6	6,7	2,7	3,8	4,9	6,8	10,2	21,5
Казань, оп.	25,8	19,8	6,5	6,8	11,1	7	3,4	4,2	5,2	6,6	9,3	20,5
Саранск	21,2	20,2	6,5	5,2	9,2	4,8	2,6	2,9	4,8	8,4	8,9	19,3
Ульяновск	20,5	20,7	7,1	5,8	8,3	5,2	1,2	2,8	3,9	6,8	8,5	18,6
Бугульма	23,8	17,8	6,7	9,6	15,2	8,2	4,1	4,8	6,9	8,9	10,1	20,5
Улу-Теляк	32,8	26,5	10,5	7,5	13,5	6,8	3,2	3,4	6,8	8,2	15,2	29,1
Учалы	24,9	19,1	8,5	9,3	14	6,8	3,2	4	6,9	9,5	17,2	22
Пенза, ГМО	24,1	22,1	7,2	6,2	8,1	5,8	2,3	3,7	4,7	7,9	9,2	19,7
Самара	21,9	18,2	5,4	7,9	9,9	6,7	2,7	4,5	5	6,7	7,4	18,5
Балашов	21,6	20,7	5,6	5,7	6,2	5,2	2,3	3,4	4,5	7,5	9,4	19,9
Саратов	20	18,7	6,3	5,8	7,6	4,8	2,9	3,4	3,9	6,1	6,5	17,5
Перелюб	26,2	24,5	8,6	6,7	8,6	6,4	2,6	4	5,7	7,6	8,6	22,9
Оренбург, ЗГМО	28,5	23	8,1	8,3	10,1	8	3,3	6,2	7,6	8,2	10,6	24,3
Зерн. с/х Озерный	29,2	23,7	11,9	8,4	12,5	10,2	5,6	7,2	9,1	9,8	14,6	26,8

Одним из показателей суровости климата служат сильные зимние морозы. Понижение температуры воздуха ниже -40°C считается опасным явлением, так как оказывает отрицательное воздействие на человека, окружающую его природную среду и объекты сельского и городского хозяйства.

Знаковым событием считается и переход температуры через -30°C . Однако это событие происходит не так часто, а в последние годы отмечено снижение числа морозных дней с температурой -30°C и ниже в связи с тенденцией потепления климата. Согласно данным табл. 6.15, в январе повторяемость сильных морозов (-30°C и ниже) по минимальной температуре достигает 17,0% (ст. Лальск), а по среднесуточной температуре 8,2%.

Т а б л и ц а 6.15

Повторяемость (в %) сильных морозов (-30°C и ниже) за 1966 – 2009 гг.

Станции	Месяцы				
	XI	XII	I	II	III
Лальск	1,2	8,6	17,0	11,6	1,7
	0,2	2,7	8,2	2,7	0,0
Киров, АМСГ	0,1	2,5	7,2	2,9	0,0
	0,0	1,2	3,2	1,3	0,0
Пермь	0,2	4,2	8,7	4,2	0,1
	0,1	1,5	3,6	1,1	0,0
Ижевск	0,2	3,4	8,4	4,2	0,3
	0,0	1,2	3,1	1,3	0,0
Н.Новгород, Мыза	0,0	0,7	2,7	1,1	0,0
	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0
Чебоксары	0,0	1,4	4,1	1,5	0,0
	0,0	0,7	1,5	0,2	0,0
Казань, опорная	0,0	1,5	3,6	2,1	0,0
	0,0	0,3	1,5	1,0	0,0
Саранск	0,0	1,1	2,6	1,8	0,0
	0,0	0,4	0,5	0,3	0,0
Ульяновск	0,0	1,5	2,0	3,2	0,1
	0,0	0,4	0,5	1,0	0,0
Бугульма	0,0	2,1	4,8	2,7	0,1
	0,0	0,6	1,6	1,0	0,0
Улу-Теляк	0,4	5,6	12,8	9,2	0,6
	0,1	1,4	4,0	1,9	0,0
Учалы	0,5	3,7	6,4	5,7	1,0
	0,1	1,2	2,6	0,9	0,0
Пенза, ГМО	0,0	0,8	2,3	1,9	0,0
	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0
Самара	0,0	0,5	1,9	1,5	0,0
	0,0	0,1	0,5	0,2	0,0
Балашов	0,0	0,4	1,0	0,9	0,0
	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Саратов	0,0	0,1	0,4	0,2	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Перелюб	0,0	1,3	3,9	4,0	0,0
	0,0	0,4	1,0	0,6	0,0
Оренбург, ЗГМО	0,2	2,4	6,0	4,4	0,1
	0,0	0,5	1,5	1,2	0,0
Зерн. с/х Озерный	0,5	5,4	11,6	8,1	0,7
	0,1	1,5	3,4	1,6	0,0

Примечание: в верхней строчке по минимальной температуре, в нижней – по среднесуточной

В заключение отметим, что в качестве характеристики неустойчивости метеорологических процессов используются значения $\sigma_{\text{сут}}$. Из табл. 6.16 видно, что $\sigma_{\text{сут}}$ минимальных температур холодного периода превышают $\sigma_{\text{сут}}$ максимальных, а в теплый пери-

од картина обратная, т.е. ночные температуры имеют более стабильный характер, чем максимальные – дневные.

Таблица 6.16

Средние квадратические отклонения $\sigma_{\text{сут}}$ экстремальных температур воздуха (°С) за 1966 – 2009 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя максимальная температура													
Лальск	8,4	6,8	4,7	6,0	6,5	5,8	5,0	5,3	5,1	5,3	6,0	7,6	1,0
Ныроб, АМСГ	8,7	6,8	5,0	5,8	6,5	5,9	5,4	5,2	5,2	5,1	6,3	8,0	1,2
Киров, АМСГ	7,8	6,4	4,5	6,1	6,2	5,4	4,8	5,2	5,3	5,4	5,3	6,9	1,0
Ижевск	7,5	6,3	4,4	6,3	6,4	5,4	4,7	5,2	5,7	5,6	5,3	6,9	1,0
Чебоксары	7,3	6,1	4,3	6,3	6,1	5,2	4,4	5,0	5,5	5,4	5,0	6,4	1,0
Казань, опорная	7,4	6,4	4,5	6,3	6,2	5,3	4,4	5,0	5,5	5,4	5,0	6,3	1,1
Улу-Теляк	6,9	6,0	4,7	6,5	6,2	5,4	4,6	5,0	5,8	6,0	4,9	6,4	1,1
Учалы	6,1	5,8	5,1	6,6	6,4	5,6	5,6	5,9	6,3	6,1	5,7	6,1	1,2
Балашов	6,3	5,7	5,0	6,3	5,6	4,9	4,2	4,8	5,7	5,7	5,0	5,6	1,1
Перелюб	6,9	6,3	5,2	7,0	5,6	5,3	4,4	5,0	6,0	6,0	5,0	6,1	1,2
Средняя минимальная температура													
Лальск	11,0	10,0	8,2	5,6	4,6	4,6	3,8	4,2	4,3	5,0	8,2	10,1	1,2
Ныроб, АМСГ	10,3	9,0	7,4	6,3	4,9	5,0	4,0	4,0	4,1	5,2	8,2	9,7	1,3
Киров, АМСГ	8,9	7,7	5,9	4,8	4,8	4,4	3,5	3,9	4,0	4,7	6,5	8,1	1,0
Ижевск	8,9	7,8	6,3	5,1	4,8	4,4	3,4	3,9	4,2	4,7	6,9	8,2	1,0
Чебоксары	8,4	7,4	5,6	4,6	4,7	4,1	3,2	3,7	3,9	4,3	6,0	7,6	1,0
Казань, опорная	8,5	7,6	5,9	4,7	4,6	4,2	3,3	3,7	4,1	4,4	6,0	7,5	1,2
Улу-Теляк	10,8	9,7	8,5	5,2	4,4	4,2	3,3	3,9	4,2	4,7	7,6	10,0	1,4
Учалы	7,6	7,3	6,9	4,9	4,4	4,0	3,8	3,4	3,9	4,7	6,6	7,4	1,0
Балашов	8,0	7,7	6,0	4,3	4,3	3,8	3,2	3,8	4,0	4,6	5,6	7,3	1,0
Перелюб	8,4	8,5	7,0	4,8	4,4	4,2	3,4	3,7	4,2	4,5	6,1	8,0	1,0

6.3. Межгодовые изменения температуры воздуха

Как известно, в середине 70-х гг. XX столетия в глобальном масштабе произошел устойчивый переход к аномалии температуры воздуха выше 0°C относительно базового периода 1961-1990 гг. Аналогичная ситуация сложилась в целом по России и, в частности, на территории ПФО.

Для выделения систематической составляющей изменений температуры для всех месяцев года были построены линейные тренды для 20 метеостанций, равномерно покрывающих исследуемую территорию:

$$y(\tau) = a\tau + b, \quad (6.1)$$

где $y(\tau)$ - сглаженное значение температуры воздуха на момент времени τ ($\tau = 1, 2, 3, \dots, n$), a – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризует скорость изменения температуры, b – свободный член (начальное значение линии тренда). Положительное значение коэффициента a указывает на рост температуры (потепление климата), а отрицательное – на похолодание климата.

Расчеты показали, что наиболее значительные положительные изменения температурного режима происходят в январе и феврале. Величина КНЛТ в январе меняется по территории региона незначительно (в пределах $1,14 - 1,72^{\circ}\text{C}/\text{год}$) соответственно величина R^2 принимает значения 15 - 21%, что свидетельствует о статистической значимости повышения температуры (табл. 6.17, рис. 6.4). В феврале численные значения величины КНЛТ несколько меньше, чем в январе. Пространственной закономерности в распределении КНЛТ не прослеживается. В теплый период величина КНЛТ заметно ниже, чем в холодный. Следует отметить, что в мае, августе, ноябре значения КНЛТ отрицательны, что указывает на понижение температуры воздуха. Особенно велики значения этого параметра в ноябре (величина КНЛТ меняется от $-0,19$ до $-0,001^{\circ}\text{C}/10$ лет), причем на севере (Кировская область и Пермский край) это похолодание более заметно. Отметим, что в июне и июле температура воздуха имеет тенденцию к повышению. В целом за год для всех станций региона наблюдается четко выраженный положительный тренд.

Таблица 6.17

Коэффициент наклона линии тренда для средних температур (град/10 лет)

Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Лальск	1,58	0,60	0,23	0,15	0,32	0,39	0,40	0,01	0,43	0,68	-0,07	0,70	0,48
Ныроб, АМСГ	1,72	0,87	0,47	0,04	0,48	0,46	0,30	0,06	0,19	0,77	-0,19	0,40	0,42
Киров, АМСГ	1,53	0,77	0,39	0,13	0,21	0,35	0,33	-0,03	0,38	0,70	-0,07	0,62	0,44
Пермь	1,31	0,85	0,53	-0,04	0,33	0,46	0,33	0,08	0,27	0,81	-0,08	0,46	0,44
Ижевск	1,46	0,83	0,53	0,1	0,18	0,37	0,36	0,01	0,28	0,76	-0,08	0,52	0,44
Н.Новгород, Мыза	1,55	0,67	0,47	0,19	0,06	0,23	0,39	0,07	0,37	0,6	0,0002	0,68	0,44
Чебоксары	1,52	0,76	0,45	0,18	0,08	0,33	0,36	0,07	0,4	0,73	-0,04	0,61	0,45
Казань, оп.	1,6	0,94	0,63	0,22	0,05	0,35	0,35	0,07	0,35	0,78	0,02	0,56	0,49
Саранск	1,37	0,66	0,45	-0,02	-0,18	0,14	0,26	-0,03	0,26	0,54	-0,07	0,32	0,3
Ульяновск	1,5	0,84	0,53	-0,001	-0,14	0,34	0,32	0,07	0,29	0,7	-0,07	0,42	0,4
Бугульма	1,38	0,74	0,48	-0,05	-0,02	0,4	0,24	0,1	0,26	0,82	-0,08	0,31	0,38
Улу-Теляк	1,72	1,29	0,63	-0,11	0,12	0,3	0,22	0,22	0,24	0,75	-0,06	0,53	0,49
Учалы	1,14	0,71	0,34	-0,26	0,09	0,42	0,22	0,28	0,19	0,78	-0,03	0,7	0,38
Пенза, ГМО	1,43	0,94	0,49	0,07	-0,12	0,27	0,35	0,13	0,27	0,65	-0,001	0,38	0,4
Самара	1,48	0,98	0,67	0,01	-0,04	0,48	0,35	0,17	0,35	0,83	0,03	0,45	0,48
Балашов	1,37	0,8	0,52	-0,04	-0,22	0,06	0,36	0,14	0,31	0,56	-0,1	0,27	0,33
Саратов	1,39	0,88	0,65	-0,06	-0,18	0,2	0,28	0,12	0,22	0,55	-0,07	0,37	0,36
Перелюб	1,35	1,01	0,62	-0,19	-0,23	0,32	0,14	0,07	0,14	0,6	-0,11	0,24	0,33
Оренбург, ЗГМО	1,28	1,18	0,65	-0,11	-0,19	0,31	0,01	0,1	0,21	0,73	-0,07	0,29	0,36
Зерн. с/х Озерный	1,23	1,05	0,71	-0,24	0,01	0,3	0,001	0,37	0,25	0,83	0,05	0,5	0,42

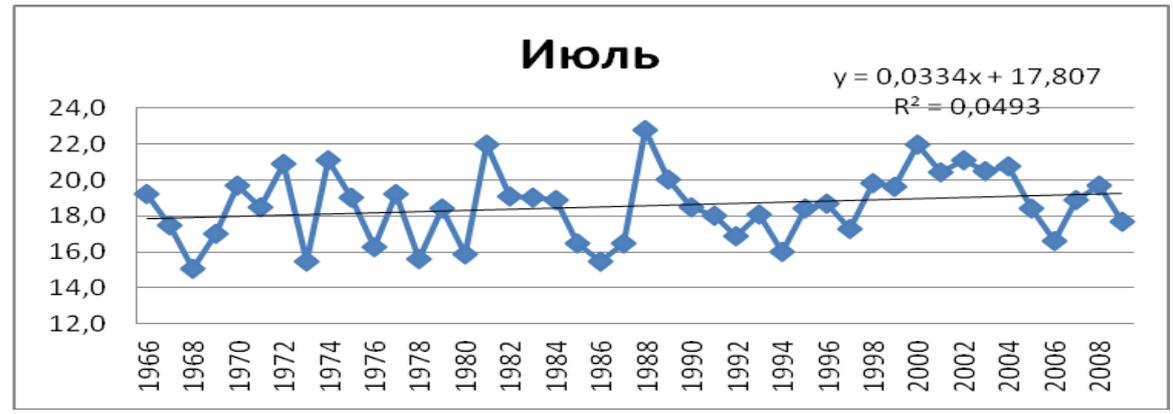
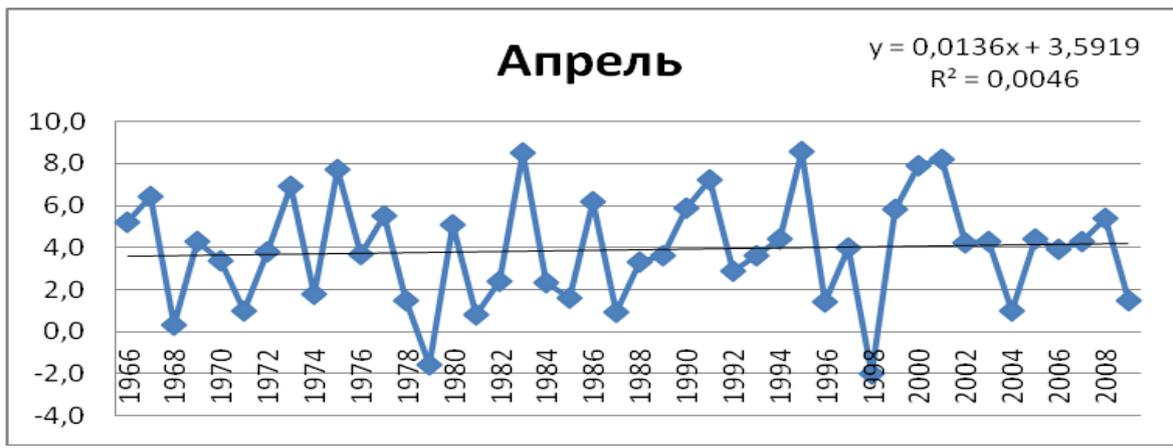


Рис. 6.4. Межгодовые изменения и линейные тренды температуры воздуха на ст. Киров (1966 – 2009 гг.)

Для оценки степени связности в поле температуры на территории ПФО между станциями рассчитывались коэффициенты корреляции для всех месяцев года. В качестве центральной станции была взята Казань, опорная, затем рассчитывались величины r между указанной станцией и всеми остальными. В зимний период расположение изокоррелят носит приблизительно круговой характер, практически на рассматриваемой территории 14 субъектов РФ величина r принимает значения не ниже 0,9 (самые низкие значения на крайнем севере Кировской области). Поскольку коэффициенты r рассчитывались для территории всего ПФО, то обращает на себя внимание ослабление корреляционной связи в северо и юго-восточном направлениях (ближе к границе округа $r \sim 0,8$). Таким образом, в зимние месяцы – декабре, январе и феврале картина весьма однородная и связи на рассматриваемой территории высоки. В марте происходит заметная перестройка во внешнем виде поля изокоррелят, статистические связи в поле температуры несколько ослабевают, а изокорреляты не имеют четко выраженного кругового характера.

В июле изокорреляты имеют овальную форму вытянутую в северном направлении, а изокорреляты $r = 0,98$ оконтуривает незначительную площадь в районе Казани по сравнению с зимой. В ноябре изокорреляты приобретают форму эллипса с главной осью вытянутой с юго-запада на северо-восток.

Таким образом, корреляционный анализ показал, что поле температуры на территории всего ПФО является достаточно однородным, с высокими корреляционными связями и находится под воздействием однотипных циркуляционных, радиационных и других физико-метеорологических факторов.

Анализ линейных трендов максимальных и минимальных температур по территории всего ПФО показывает, что наибольшие значения положительных скоростей отмечаются в январе: для максимальных температур ($0,17 - 0,20^\circ\text{C}/\text{год}$), для минимальных ($0,14 - 0,19^\circ\text{C}/\text{год}$). Наименьшие значения в случае максимальных температур характерны для апреля ($0,02 - 0,07^\circ\text{C}/\text{год}$), а для минимальных температур в апреле устанавливаются отрицательные значения тенденции температуры (правда, достаточно слабые) и для июля близкие к нулевым. В годовом плане для экстремальных температур (максимальных и минимальных) тренд положителен (см. табл. 6.18).

Таблица 6.18

Характеристики линейного тренда ($y=Ax+B$) среднемесячных и годовых температур

Станции	Январь			Апрель			Июль			Октябрь		
	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2
Лальск	0,158	-18,00	0,197	0,015	1,97	0,006	0,040	16,41	0,073	0,068	0,19	0,146
Ныроб, АМСГ	0,173	-20,32	0,209	0,004	0,854	0,0003	0,030	16,43	0,036	0,077	-1,44	0,166
Киров, АМСГ	0,153	-16,40	0,222	0,013	3,59	0,004	0,033	17,80	0,049	0,070	0,70	0,165
Пермь	0,131	-16,68	0,169	-0,004	3,69	0,0005	0,033	17,55	0,045	0,081	0,386	0,192
Ижевск	0,146	-17,11	0,195	0,010	3,29	0,002	0,036	17,37	0,056	0,076	0,19	0,191
Н.Новгород, Мыза	0,155	-13,60	0,244	0,019	5,41	0,010	0,039	18,10	0,081	0,060	2,77	0,141
Чебоксары	0,152	-14,83	0,223	0,018	4,59	0,008	0,036	18,40	0,060	0,073	2,02	0,216
Казань, опорная	0,160	-15,24	0,234	0,022	4,88	0,011	0,035	18,95	0,063	0,078	2,37	0,237
Саранск	0,137	-13,37	0,187	-0,002	6,07	0,00017	0,026	18,60	0,034	0,054	3,16	0,128
Ульяновск	0,150	-14,61	0,198	-0,0001	6,09	0,00001	0,032	19,01	0,058	0,070	2,84	0,176
Бугульма	0,138	-15,86	0,192	-0,005	4,68	0,0005	0,024	18,20	0,027	0,082	1,26	0,188
Улу-Теляк	0,173	-17,63	0,196	-0,011	5,49	0,003	0,022	18,47	0,027	0,075	1,94	0,216
Учалы	0,114	-16,85	0,153	-0,026	4,03	0,015	0,022	16,74	0,028	0,078	0,17	0,180
Пенза, ГМО	0,143	-13,09	0,203	0,007	6,63	0,001	0,035	19,15	0,059	0,065	3,55	0,171
Самара	0,148	-14,48	0,216	0,001	7,14	0,00006	0,035	20,30	0,055	0,083	3,42	0,219
Балашов	0,137	-11,89	0,195	-0,004	7,98	0,0005	0,036	19,89	0,063	0,056	4,63	0,138
Саратов	0,139	-11,82	0,198	-0,006	8,67	0,001	0,028	21,70	0,041	0,055	5,42	0,144
Перелюб	0,135	-14,52	0,163	-0,019	7,89	0,007	0,014	21,62	0,009	0,060	3,93	0,155
Оренбург, ЗГМО	0,128	-15,78	0,141	-0,011	7,46	0,002	0,001	22,26	0,000042	0,073	3,61	0,168
Зерн. с/х Озерный	0,123	-18,68	0,131	-0,024	5,47	0,010	0,0001	21,28	0,000045	0,083	1,76	0,202

Примечание: x –порядковый номер года, где 1966 г. соответствует номеру 1

Таким образом, потепление в ПФО формируется за счет зимних месяцев, летний же период отличается слабым ростом температуры воздуха.

Вместе с тем, в последние годы XXI в. в летний период участились случаи с экстремальными температурами (выше 25 и 30 °С). По данным станции Казань-университет за 46-летний период времени (1966 – 2012 гг.) для июня, июля, августа были выбраны случаи с максимальной температурой $t_{\max} \geq 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ и $t_{\max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$, что позволило сформировать временные ряды и построить линейные тренды. Как видно из рис. 6.5, наметилась четкая тенденция усиления экстремальности климата. Это явление наиболее присуще июлю, для которого коэффициенты наклона линейного тренда имеют наибольшее значение.

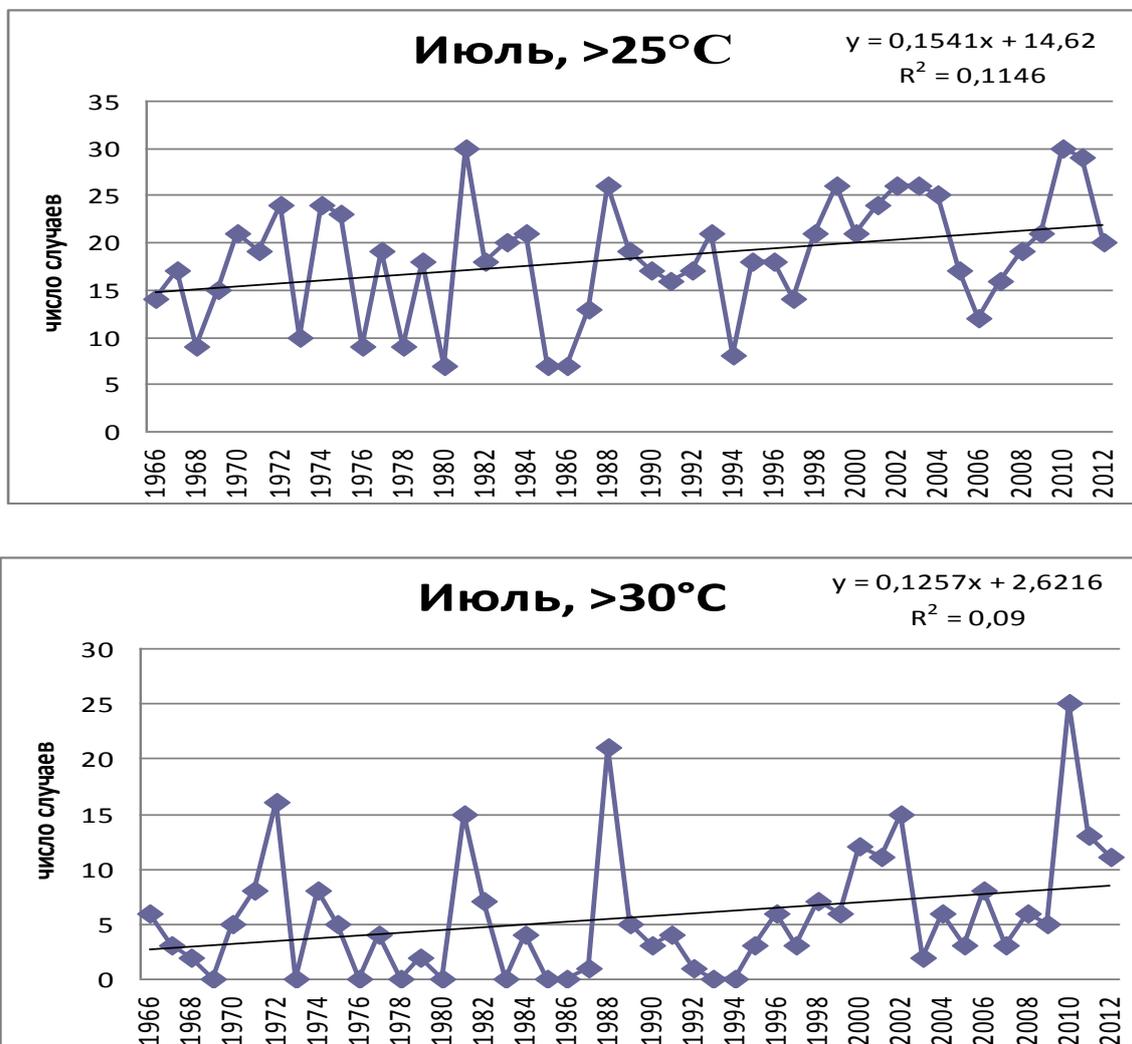


Рис. 6.5. Число случаев с максимальной температурой выше 25 и 30°C на ст. Казань-университет в период (1966 – 2012 гг.)

Следует также отметить значительный перепад температур в зимний период между наиболее теплой (1995 – 2009 гг.) и холодной декадой (1966 – 1975 гг.) рассматриваемого периода, что видно из табл. 6.19. Причем повсеместно наблюдается рост среднегодовых температур. По сути современное потепление климата нашло отражение почти во все месяцы года, кроме августа и ноября. Причем наиболее устойчивым является период январь – март, для которого разности температур (включая максимальную и минимальную) положительны. Менее устойчивы показатели для минимальной температуры.

Таблица 6.19

Средние температуры воздуха (°С) на ст. Киров в холодное (1966 – 1975 гг.) и теплое (1995 – 2009 гг.) десятилетия

Годы	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Средняя температура воздуха													
1995 – 2009	-11,2	-10,5	-3,5	4,2	11,4	16,7	19,3	15,8	10,1	3,5	-4,4	-10,0	3,5
1966 – 1975	-16,1	-12,8	-4,6	4,1	10,7	15,6	18,4	16,3	9,3	1,7	-4,2	-11,1	2,3
Разность	4,8	2,3	1,0	0,1	0,7	1,2	1,0	-0,5	0,9	1,8	-0,2	1,1	1,2
Максимальная температура воздуха													
1995 – 2009	-12,2	-9,1	-0,9	8,8	16,1	20,9	23,3	21,5	13,7	4,7	-1,8	-8,4	6,4
1966 – 1975	-8,4	-7,2	0,1	8,7	16,3	21,6	24,3	20,4	14,3	6,3	-2,2	-7,4	7,2
Разность	3,8	1,9	1,0	-0,2	0,2	0,7	0,9	-1,1	0,7	1,6	-0,5	1,0	0,8
Минимальная температура воздуха													
1995 – 2009	-19,5	-16,5	-8,0	0,3	5,9	10,6	13,9	11,7	6,0	-0,7	-6,5	-13,8	-1,4
1966 – 1975	-14,4	-14,3	-7,7	-0,5	5,9	11,4	13,9	11,3	6,3	0,8	-6,8	-13,0	-0,6
Разность	5,0	2,1	0,3	-0,8	0,0	0,8	0,0	-0,4	0,3	1,4	-0,3	0,8	0,8

Расчет коэффициентов корреляции между температурой воздуха на станциях и индексом Северо-Атлантического колебания по среднемесячным значениям параметров за 1966 – 2009 гг. выявил достаточно устойчивые связи лишь для декабря – февраля, что свидетельствует о заметной роли циркуляционных процессов в формировании температурного региона наиболее холодных месяцев зимы (табл. 6.20).

Таблица 6.20

Коэффициенты корреляции между температурой воздуха на станциях ПФО и индексом САК в период 1966-2009 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	0,54	0,66	0,62	0,06	-0,14	-0,14	-0,09	0,13	0,30	0,10	0,00	0,49
Ныроби, АМСГ	0,48	0,52	0,43	0,01	-0,19	-0,29	-0,13	0,13	0,38	0,01	-0,01	0,47
Киров, АМСГ	0,49	0,56	0,51	-0,03	-0,21	-0,23	-0,05	0,14	0,32	0,02	-0,07	0,53
Пермь	0,41	0,48	0,33	-0,13	-0,28	-0,32	-0,07	0,06	0,34	-0,06	-0,09	0,49
Ижевск	0,41	0,49	0,39	-0,08	-0,28	-0,25	-0,05	0,05	0,32	-0,05	-0,12	0,52
Н.Новгород, Мыза	0,48	0,55	0,56	-0,15	-0,22	-0,20	-0,07	0,04	0,23	0,06	-0,09	0,49
Чебоксары	0,42	0,55	0,46	-0,13	-0,28	-0,24	-0,11	0,04	0,25	0,01	-0,10	0,51
Казань, опорная	0,40	0,53	0,38	-0,11	-0,37	-0,27	-0,13	-0,01	0,29	-0,03	-0,15	0,51
Саранск	0,41	0,48	0,43	-0,26	-0,36	-0,24	-0,09	0,03	0,21	0,01	-0,17	0,44
Ульяновск	0,39	0,49	0,37	-0,17	-0,42	-0,31	-0,13	-0,03	0,27	-0,02	-0,21	0,48
Бугульма	0,30	0,38	0,26	-0,14	-0,38	-0,36	-0,07	-0,02	0,32	-0,09	-0,21	0,50
Улу-Теляк	0,27	0,30	0,23	-0,10	-0,33	-0,34	-0,03	0,02	0,32	-0,19	-0,26	0,44
Учалы	0,24	0,29	0,20	-0,21	-0,40	-0,37	-0,002	0,05	0,32	-0,16	-0,30	0,37
Пенза, ГМО	0,43	0,43	0,39	-0,23	-0,36	-0,29	-0,13	-0,04	0,24	-0,03	-0,27	0,42
Самара	0,37	0,41	0,29	-0,17	-0,44	-0,34	-0,12	-0,02	0,28	-0,09	-0,24	0,48
Балашов	0,39	0,38	0,33	-0,28	-0,32	-0,23	-0,15	-0,06	0,17	-0,02	-0,25	0,39
Саратов	0,44	0,42	0,30	-0,24	-0,42	-0,29	-0,14	-0,08	0,21	-0,04	-0,29	0,44
Перелюб	0,34	0,34	0,24	-0,22	-0,45	-0,37	-0,06	-0,05	0,31	-0,11	-0,28	0,49
Оренбург, ЗГМО	0,29	0,27	0,12	-0,21	-0,45	-0,37	-0,09	-0,05	0,27	-0,15	-0,30	0,47
Зерн. с/х Озерный	0,30	0,20	-0,05	-0,21	-0,48	-0,37	-0,03	-0,02	0,23	-0,16	-0,32	0,33

6.2. Заморозки и оттепели

Заморозки

Заморозки в умеренной зоне – нормальное климатическое явление для переходных периодов года. Однако в отдельные годы заморозки наносят значительный ущерб сельскому хозяйству, особенно если они случаются поздней весной или ранней осенью. К концу весны, когда после теплого периода растения развились, внезапное и сравнительно небольшое охлаждение воздуха может повредить сельскохозяйственные культуры на больших площадях. Кратковременные заморозки могут нанести ущерб и ранней осенью, когда вегетация еще не закончилась и не везде еще снят урожай.

Под заморозком понимается понижение минимальной температуры ниже 0°C на поверхности почвы и в приземном слое воздуха на фоне устойчивых положительных среднесуточных температур.

В зависимости от процесса образования выделяют три типа заморозков: адвективные, радиационные и адвективно-радиационные. Адвективные заморозки образуются в результате вторжения холодных воздушных масс с температурой ниже 0°C , наблюдаются, как правило, в течение нескольких суток подряд и могут охватывать большие районы.

Радиационные заморозки образуются в тихие ясные ночи в результате охлаждения почвы вследствие эффективного излучения земной поверхности. При этом типе микроклиматические различия интенсивности заморозка выражены очень резко в отличие от адвективных заморозков.

Адвективно-радиационные заморозки образуются в результате вторжения холодных воздушных масс с последующим их выхолаживанием за счет ночного эффективного излучения. Заморозки этого типа наблюдаются при достаточно высоких среднесуточных температурах и поэтому являются наиболее опасными для сельскохозяйственных растений.

На образование заморозков большое влияние оказывают местные физико-географические особенности расположения метеостанций (высота над уровнем моря, рельеф, характер растительности, близость водоемов), поэтому в территориальном распределении заморозков отмечается значительное разнообразие.

Среднее многолетнее число дней с заморозками в воздухе на территории ПФО меняется от 11 до 43 дней (табл. 6.21). Наибольшее коли-

чество заморозков отмечается в апреле (7 – 15 дней) и в октябре (7 – 16 дней). В мае и сентябре заморозков меньше (до 10 дней), в июне и августе единичные случаи заморозков отмечаются только на севере и крайнем востоке исследуемой территории. Однако, несмотря на небольшую повторяемость, заморозки в эти месяцы наиболее опасны для сельского хозяйства и садоводства, т.к. растения активно вегетируют и их морозостойкость ослаблена.

Т а б л и ц а 6.21

Среднее многолетнее число дней с заморозками

Станции	Апрель	Май	Июнь	Август	Сентябрь	Октябрь	Всего
Лальск	15	10	1	1	6	10	43
Киров	11	3	0	0	3	9	26
Пермь	13	6	1	0	3	9	32
Ижевск	12	4	0	0	3	10	29
Н. Новгород	9	1	0	0	1	8	19
Чебоксары	9	1	0	0	1	9	20
Казань	8	1	0	0	1	8	18
Саранск	9	2	0	0	1	10	22
Ульяновск	11	2	0	0	1	10	24
Бугульма	10	3	0	0	3	10	26
Уфа	11	3	0	0	3	12	29
Учалы	13	6	1	0	5	13	38
Пенза	9	1	0	0	2	10	22
Самара	7	1	0	0	1	7	16
Балашов	7	1	0	0	1	9	18
Саратов	5	0	0	0	0	6	11
Перелюб	9	1	0	0	2	12	24
Оренбург	9	1	0	0	2	12	24
З.с/х Озерный	10	3	0	0	4	16	33

В целом можно отметить хорошо выраженное увеличение повторяемости заморозков с юго-запада на северо-восток территории ПФО. Наибольшее число дней с заморозками отмечается на северо-западе Кировской области на станции Лальск (43 дня), наименьшее – в Саратовской области (11 дней). При этом в отдельных районах округа эта закономерность нарушается, так как на возникновение заморозков большое влияние оказывают рельеф и характер подстилающей поверхности. Так, на территории Новгородской области, республики Чувашия, западных районов Татарстана и

Самарской области наблюдается локальный минимум повторяемости заморозков (16 -20 дней), что объясняется отепляющим влиянием р. Волга и водохранилищ, расположенных на ней. На крайнем востоке Оренбургской области и Башкортостана выделяется локальный максимум повторяемости заморозков (33-38 дней) на станциях с/х Озерный и Учалы, которые расположены на Тургайском плато и западном склоне Южного Урала и имеют абсолютные отметки 312 м и 525 м, соответственно.

В отдельные годы и месяцы количество дней с заморозками может намного превышать их средние многолетние значения (табл. 6.22). Так, в мае максимальное число дней с заморозками может достигать от 2-4 дней в южных районах до 24 дней в северных районах округа, в сентябре – 2 – 15 дней. В отдельные годы вторжения холодных воздушных масс вызывают заморозки в июне, июле (на севере Кировской области) и августе продолжительностью от 1 до 5 дней, что крайне неблагоприятно для всех сельскохозяйственных культур. Наибольшая морозоопасность в летние месяцы отмечается в северных районах ПФО (ст. Лальск, Пермь, Ижевск) и районах с изрезанным рельефом, характерным для Приволжской, Бугульминско-Белебеевской возвышенностей и предгорий Южного Урала (ст. Ульяновск, Бугульма, Учалы, Оренбург, Озерный). Отрицательные формы рельефа сравнительно небольших горизонтальных размеров с ослабленным проветриванием создают более благоприятные условия для возникновения заморозков.

Т а б л и ц а 6.22

Максимальное число дней с заморозками

Станции	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1	2	3	4	5	6	7	8
Лальск	27	24	6	1	5	15	21
	1974	1999	1969	1996	1983	1973	1986
Киров	24	16	2	0	0	10	23
	1974	1999	1967	-	-	1993	2002
Пермь	25	16	4	0	2	12	22
	1996	1972	1968	-	1986	1973	2002
Ижевск	22	13	4	0	1	11	20
	1996	1986	1979	-	1986	1973	1980
Н. Новгород	23	8	1	0	0	6	20
	1981	1999	1967	-	-	1973	1978

Чебоксары	20	9	1	0	0	8	17
	1968	2000	1967	-	-	1977	1975
Казань	22	6	0	0	0	7	19
	1978	2000	-	-	-	1976	1975
Саранск	21	9	1	0	0	7	19
	2009	2000	1967	-	-	1976	1985
Ульяновск	24	10	1	0	1	8	19
	1978	1999	1978	-	1976	1976	1975
Бугульма	23	11	3	0	1	9	21
	1978	1986	1979	-	1969	1976	1978
Уфа	24	9	3	0	1	8	21
	1996	1969	1992	-	1969	1973	1971
Учалы	26	13	4	0	1	11	23
	1978	1986	2007	-	1978	1972	1980
Пенза	21	8	1	0	0	7	18
	1981	2000	1979	-	-	1973	1977
Самара	17	4	1	0	0	4	16
	1978	1969	1967	-	-	1973	1973
Балашов	20	4	0	0	0	5	18
	1971	2000	-	-	-	1977	1978
Саратов	18	2	0	0	0	2	12
	1979	2000	-	-	-	1973	1968
Перелюб	20	6	0	0	0	8	22
	2009	1969	-	-	-	1973	1978
Оренбург	23	5	0	0	1	6	22
	2009	1969	-	-	1976	1967	1978
З.с/х Озерный	26	9	2	0	1	14	26
	1984	1969	1970	-	1976	1972	2007

Определенную ценность для сельскохозяйственного производства имеют даты последнего заморозка весной, первого заморозка осенью и продолжительность безморозного периода (табл. 6.23).

Средняя дата последнего заморозка весной на севере приходится на 13 – 31 мая, в центре – 28 апреля – 21 мая, на юге -14 апреля – 15 мая. Самые поздние весенние заморозки отмечались в северных районах Кировской и Пермской областях (17-22 июня), а так же в восточных районах Башкортостана и Оренбуржья (11-12 июня). На остальной территории заморозки полностью прекращаются в третьей декаде мая-первой декаде июня.

Осенью разброс в средних датах первого заморозка так же значителен – от 6 сентября на ст. Лальск в Кировской области до 13 октября на ст. Саратов. Самые ранние осенние заморозки наблюдались на севере-западе исследуемой территории на станции Лальск (8 июля 1991 г.), на юге-западе первые заморозки осенью отмечались в третьей декаде сентября (ст. Саратов, 21 сентября 1977г.).

Т а б л и ц а 6.23

Даты первого и последнего заморозка и продолжительность безморозного периода

Станции	Первый заморозок осенью		Последний заморозок весной		Средняя продолжительность безморозного периода (дни)
	средняя дата	самая ранняя	средняя дата	самая поздняя	
1	2	3	4	5	6
Лальск	6.09	8.07.91	31.05	22.06.93	98
Киров	26.09	10.09.94	13.05	6.06.79	136
Пермь	23.09	27.08.96	23.05	17.06.69	123
Ижевск	20.09	27.08.96	17.05	8.06.92	127
Н. Новгород	3.10	17.09.95	30.04	26.05.71	157
Чебоксары	4.10	8.09.68	3.05	3.06.67	154
Казань	4.10	12.09.68	28.04	26.05.71	159
Саранск	3.10	13.09.02	3.05	25.05.96	153
Ульяновск	26.09	28.08.83	4.05	6.06.79	145
Бугульма	23.09	16.08.69	14.05	6.06.92	132
Уфа	26.09	31.08.86	12.05	8.06.92	137
Учалы	15.09	7.08.80	21.05	12.06.66	117
Пенза	2.10	10.09.84	3.05	10.06.08	152
Самара	3.10	18.09.95	23.04	4.06.67	168
Балашов	5.10	18.09.95	21.04	20.05.00	167
Саратов	13.10	21.09.77	14.04	17.05.81	182
Перелюб	27.09	5.09.94	3.05	26.05.92	148
Оренбург	27.09	3.09.97	30.04	26.05.78	150
З.с/х Озерный	18.09	21.08.78	15.05	11.06.70	126

Таким образом, наименьшая средняя продолжительность безморозного периода отмечается на севере Приволжского округа – ст. Лальск (98 дней), Пермь (123 дня) и Ижевск (127 дней). Пониженной продолжительностью безморозного периода выделяется восток и юго-восток региона – ст. Учалы (117 дней) и Озерный (126 дней). Наибольшая продолжительность безморозного периода наблюдается на западе и юго-западе округа - ст. Н. Новгород, Чебоксары, Казань, Саранск (153-159 дней) и ст. Самара, Балашов, Саратов (167-182 дня).

Оттепели

В районах возделывания озимых зерновых культур холодный период года является опасным для жизни растений. Зимой растения, находясь в состоянии вынужденного покоя, непрерывно подвергаются воздействию метеорологических факторов, которые не только прямо влияют на перезимовку растений, но и определяют динамику их устойчивости к неблагоприятным условиям.

Особенно сильно снижают морозостойкость озимых интенсивные и длительные оттепели, при которых у растений нарушается состояние зимнего покоя. Резкие понижения температуры почвы после оттепелей вызывают гибель растений при значительно более высоком уровне минимальной температуры почвы, чем при постепенном похолодании. В отрицательных формах рельефа при интенсивных оттепелях может скапливаться вода, которая, замерзая при последующем понижении температуры, образует ледяную корку. Растения при длительном пребывании под притертой к почве ледяной коркой, покрывающей всю их надземную массу, повреждаются, а иногда полностью погибают.

Под оттепелью понимается повышение температуры воздуха по максимальному термометру до 0°С и выше в холодный период на фоне установившихся отрицательных температур.

Зимой на территории ПФО проявляется влияние Атлантического океана и Средиземноморского бассейна: частые вхождения циклонических барических образований с запада и юго-запада смягчают зиму, делают ее более снежной, с оттепелями и сильными ветрами.

В целом за холодный период среднее многолетнее число дней с оттепелью в Приволжском округе составляет 22 – 40 дней (табл. 6.24). Наибольшее число оттепелей отмечается в периоды слабых отрицательных температур – в ноябре (8 – 11 дней) и в марте (8 – 14 дней).

В зимние месяцы, когда наблюдаются наиболее низкие температуры воздуха, оттепелей меньше – в декабре число дней с оттепелью в среднем составляет 2 – 10 дней, в январе и феврале – 1-7 дней.

Наиболее сильные и частые оттепели на исследуемой территории связаны с меридиональными процессами циркуляции – с выходом интенсивных циклонов со Средиземного и Черного морей. Поэтому в территориальном распределении отмечается хорошо выраженное меридиональное изменение повторяемости оттепелей: с запада на восток число дней с оттепелью, в целом, уменьшается. Повышенной повторяемостью оттепелей выделяются западные и юго-западные районы Приволжского округа, где за холодный период наблюдаются от 33 до 40 дней с оттепелями. В восточной части региона повторяемость оттепелей составляет 22-33 дня; минимальная повторяемость оттепелей отмечается на станциях Озерный (22 дня) и Учалы (24 дня).

Т а б л и ц а 6.24

Среднее многолетнее число дней с оттепелью

Станции	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Всего
Лальск	8	5	3	3	14	33
Киров	8	4	2	3	12	29
Пермь	9	3	2	2	13	29
Ижевск	10	4	2	2	12	30
Н. Новгород	10	6	5	5	11	37
Чебоксары	10	5	4	4	11	34
Казань	10	5	3	4	11	33
Саранск	9	6	4	4	10	33
Ульяновск	10	5	4	4	11	34
Бугульма	9	3	1	2	10	25
Уфа	10	4	2	3	14	33
Учалы	8	2	1	2	11	24
Пенза	8	7	5	4	10	34
Самара	9	5	3	4	12	33
Балашов	9	9	7	6	9	40
Саратов	8	10	7	6	8	39
Перелюб	11	6	4	5	10	36
Оренбург	11	5	3	3	10	32
З.с/х Озерный	10	2	1	1	8	22

В отдельные годы число дней с оттепелью существенно отличается от средних значений (табл. 6.25). Так в ноябре и марте наибольшая повторяемость оттепелей составляет 19 – 28 дней, в декабре 9 – 19 дней, в январе и феврале 5 – 26 дней.

Т а б л и ц а 6.25

Максимальное число дней с оттепелью

Станции	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
Лальск	23	19	12	18	25
	1982	1972	2007	1990	1970
Киров	22	17	12	20	23
	1971	2006	2007	2002	1989
Пермь	26	14	13	14	25
	1971	2006	2007	2002	1989
Ижевск	25	14	13	17	23
	1996	2006	2007	2002	1974
Н. Новгород	28	19	20	23	28
	1982	2006	2007	2002	2002
Чебоксары	24	18	18	22	26
	1971	2006	2007	2002	2002
Казань	25	18	18	24	27
	1971	2006	2007	2002	2002
Саранск	26	19	23	23	27
	1969	2006	2007	2002	2002
Ульяновск	25	19	21	24	21
	1982	1980	2007	2002	2000
Бугульма	24	12	10	8	24
	1971	2006	2007	2002	2002
Уфа	22	15	16	18	26
	1972	2006	2007	2002	1989
Учалы	19	9	10	7	22
	1971	2006	1970	2004	1970
Пенза	20	21	22	23	25
	1979	1980	2007	2002	2000
Самара	23	16	19	21	22
	2003	2006	2007	2002	1989
Балашов	24	21	24	23	24
	1972	1980	2007	2002	2000
Саратов	27	22	26	17	25
	1980	1999	2007	2000	1997
Перелюб	23	17	21	21	20
	1969	1999	2007	2002	1989
Оренбург	24	15	18	17	22
	1969	1999	2007	2002	1984
З.с/х Озерный	27	10	5	5	23
	1971	2008	2007	1966	2002

Интересно отметить, что в декабре, январе и феврале максимальное число дней с оттепелью в большинстве случаев было зарегистрировано в 2002 – 2007 гг., а в остальные месяцы максимумы повторяемости оттепелей были зафиксированы в более ранние годы. По-видимому, это является следствием того, что наблюдающееся потепление климата ПФО наиболее интенсивно происходит в зимние месяцы, что приводит к увеличению повторяемости оттепелей в последнее десятилетие.

7. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Влажность воздуха наряду с температурой, атмосферным давлением является одной из важнейших характеристик его состояния. Содержание водяного пара в атмосфере оценивается с помощью набора различных характеристик (Научно-прикладной справочник, 1988). Наиболее часто используемыми среди них являются парциальное давление (упругость) водяного пара e , относительная влажность воздуха f , дефицит (недостаток) насыщения d , температура точки росы τ .

Концентрация водяного пара в воздухе находится в сложной зависимости от его температуры, состояния подстилающей поверхности, физико-географических условий местности (в том числе от высоты рельефа), времени суток и года, условий циркуляции атмосферы, интенсивности турбулентного перемешивания и др. факторов. Территория Приволжского федерального округа (ПФО) находится в зоне умеренно-континентального климата с ярко выраженными суточными и годовыми колебаниями температуры приземного слоя воздуха и подстилающей поверхности. Она богата значительным разнообразием свойств испаряющих поверхностей, форм и высот рельефа, что влечет за собою значительную изменчивость режима увлажнения воздуха во времени и в пределах региона.

В настоящем разделе ограничимся рассмотрением поведения в основном лишь двух показателей влажности: парциального давления водяного пара (которое ради краткости в дальнейшем будем называть давлением водяного пара или давлением пара (Матвеев, 1984)) и относительной влажности воздуха за период 1966 – 2009 гг.

При этом имеется в виду, что все характеристики влажности взаимосвязаны между собою и по величине одной из них можно оценить и другую. Например, дефицит влажности и относительная влажность находятся в прямой (отрицательной) зависимости друг от друга:

$$d = (1 - f) E = E - e, \quad (7.1)$$

где $0 \leq f \leq 1,0$, а температура точки росы является косвенной характеристикой давления пара, почти полностью определяя его. При этом увеличение τ влечет за собою рост давления пара, и наоборот.

В формуле (7.1) E – давление насыщения, являющееся степенной функцией (положительная зависимость) температуры воздуха (Тверской, 1962; Матвеев, 1984).

7.1. Давление водяного пара

Давление водяного пара измеряется в гектопаскалях (гПа). Его изменения в приземном слое обычно следуют за изменениями температуры воздуха (Климат России, 2001), что вполне объяснимо. С повышением (понижением) температуры воздуха возрастает (уменьшается) скорость испарения (Тверской, 1962; Матвеев, 1984), как одного из основных источников поступления влаги в атмосферу.

На изменения давления водяного пара существенное влияние могут оказывать и процессы горизонтального переноса (адвекции) влаги в системе циркуляции атмосферы. Однако, при изучении режима влажности при его осреднении за большие промежутки времени роль указанного фактора существенно нивелируется и все более возрастает значимость испарения.

Роль испарения в изменениях давления пара еще более возрастает в пониженных и вогнутых формах рельефа, где интенсивность воздухообмена (горизонтальной адвекции), как правило, ослабевает. Напротив, на приподнятых и, в особенности, выпуклых формах рельефа роль испарения уменьшается и возрастает значимость адвекции водяного пара.

Как следует из вышеизложенного (гл.3), территория ПФО по характеру ее рельефа весьма неоднородна. Наиболее низко расположенные ее части с отметками высот $H < 50 \div 100$ м. абс. связаны с долинами рек Волги, Оки, Камы, Печоры, Белой, Вятки, Урала и За-волжской низменностью.

Приподнятые части территории ПФО приурочены к ряду возвышенностей. К ним относятся: Северные ($H = 160 \div 230$ м. абс.) и Вятские (в Республике Марий Эл, Кировской обл., $H = 175 \div 284$ м. абс.) Увалы, Верхнекамская (в верховьях рр.Камы, Чепцы, $H = 232 \div 330$ м. абс.), Бугульминско-Белебеевская (водораздел рр.Белой, Камы и Волги, $H = 230 \div 380$ м. абс.), Общий Сырт (водораздел рр.Волги и Урала, $H \leq 404$ м. абс.), Приволжская (в правобережье р.Волги, $H = 227 \div 370$ м. абс.). Наиболее же высоко расположенной частью ПФО являются горные хребты Среднего и Южного Урала, окаймляющие его с востока. Здесь высшие отметки отдельных вершин могут достигать 1894 (Пермский край, г.Народная) – 1640 м.абс. (Республика Башкортостан, г.Ямантау).

Как видно, перепады высот рельефа в пределах территории могут достигать до 1800 м и более, что неизбежно влечет за собою адек-

ватные изменения давления водяного пара. Согласно данным П.Н. Тверского (1962) давление водяного пара (e) в нижней тропосфере (до высот $z = 3 \div 4$ км) уменьшается с высотой в средних выводах по степенному закону:

$$e(z) = e_0 10^{-\frac{z}{\beta}} \quad (7.2)$$

Здесь $e(z)$ и e_0 – значения давления водяного пара на высоте z и у поверхности земли ($z=0$), $\beta \approx 5000$ м. При этом следует помнить о том, что формула (7.2) применима к условиям плоской равнины.

Если, например, положить $e_0 = 15,0$ гПа, то, согласно выражению (7.2), на высоте $z = 100$ м давление пара составит уже 14,3 гПа, а на высотах $z = 200$ и 1800 м – 13,7 и 6,5 гПа (соответственно). Как видно, изменения высот орографии в летний период могут сопровождаться значительными изменениями давления водяного пара $|\Delta e = e_0 - e(z)|$, которые могут достигать нескольких единиц гПа.

Низко расположенные части территории (Печорская, Верхневятская и Чепецкая, Марийская низменности, междуречье рек Вятки и Пижмы, нижнее правобережье р. Кильмезь) частично заболочены и вместе с речными водоемами представляют собою источники дополнительного увлажнения (в теплое время года) атмосферы (Верещагин, 1963).

Значительная протяженность территории с севера на юг предопределяет хорошо выраженную зональность ее природных условий и ландшафтов. Если северная и северо-восточная части территории представляют собою зону, близкую к таежной, то южнее русла р. Камы (в нижнем ее течении) она переходит в лесостепь, и на крайнем юге и юго-востоке – в степь. Столь значительные различия в физическом состоянии испаряющих поверхностей и перепады высот рельефа неизбежно влекут за собою заметные пространственные изменения в значениях давления пара (Климатология, 1989; Климат России, 2001) по рассматриваемой территории.

Годовой ход средних месячных значений давления водяного пара находится в тесном согласии с годовым ходом температуры воздуха. Годовой максимум давления пара (в средних выводах) повсеместно отмечается в июле, а годовой минимум – в январе (табл. 7.1).

При этом средние значения давления пара в пределах изучаемой территории варьируют в июле от 12,2 (ст. Нырб) до 14,1 гПа (ст. Перелюб (Саратовская обл.)). Первая из указанных станций находится на

сячный показатель (11,8 гПа) оказался ниже средней многолетней нормы на 2,9 гПа.

Заметные нарушения в годовом ходе давления водяного пара могут иметь место и по времени проявлений его годового минимума и максимума (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Повторяемость (%) обнаружений годовых максимумов
и минимумов давления водяного пара
в различные месяцы года

Станции	Время (мес) обнар. год. максимума			Время (мес) обнар. год. минимума				
	VI	VII	VIII	XI	XII	I	II	III
Опарино	5,27	81,58	13,51	0	16,21	54,05	29,72	0
Киров, АМСГ	7,69	82,06	10,25	0	17,50	50,00	32,50	0
Уржум	7,89	86,85	5,26	0	24,32	48,65	27,02	0
Ижевск	5,26	86,84	7,89	0	18,42	47,36	34,21	0
Н.Новгород, Мыза	12,80	76,90	10,20	0	0	47,20	52,80	0
Чебоксары	9,09	84,84	6,06	2,77	19,44	41,66	36,11	0
Морки	10,52	84,21	5,26	0	20,51	53,84	25,64	0
Казань	5,40	89,20	5,40	0	13,50	48,60	37,80	0
Ульяновск	12,50	75,00	12,50	6,70	26,70	56,60	10,00	0
Самара	6,45	93,54	0	0	3,12	50,00	43,75	3,12

Как видно, летний максимум давления пара по времени своего проявления наиболее устойчив: вероятность его обнаружения в июле колеблется в пределах $82 \div 93$ %. При этом указанная устойчивость закономерно возрастает с севера на юг. Годовой минимум водяного пара по тому же признаку менее устойчив: от 16 до 44 % случаев его можно наблюдать в декабре и феврале (соответственно), хотя чаще всего (от 42 до 54% случаев) он фиксируется все же в январе.

Средняя по изучаемой территории амплитуда годовых колебаний давления пара ($A(e)$) составляет 10,7 гПа. Годовой ход давления пара наиболее отчетливо выражен в низко расположенных частях территории: - в долинах рр.Волги, Камы, Урала (юго-запад Оренбургской обл.), Закамье и низменном Заволжье, где $A(e) \geq 10,8 \div 11,6$ гПа. На возвышенностях (Северные Увалы, западные склоны Среднего и Южного Урала) годовые амплитуды ($A(e) \leq 10,2 \div 10,3$ гПа).

Коэффициент линейной корреляции $r(A(e), H)$ по территории составляет - 0,351, что не на много меньше величины наибольшего случайного коэффициента корреляции $r_{0,05} = 0,45$ (Шторм, 1970) при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Однако при этом можно не сомневаться в том, что отрицательная зависимость годовых амплитуд $A(e)$ от высоты рельефа в действительности много теснее, если учесть, что все наиболее высокорасположенные станции, находятся, закономерно, не на гребнях возвышенностей, а всего лишь на их склонах (несколько ниже), что неизбежно приводит к некоторому искажению (ослаблению) зависимости $A(e)$ от H .

Суточный ход давления водяного пара на территории Приволжского округа проявляется по-разному в зависимости от времени года. В наиболее простой форме (с одним суточным максимумом (около 12 ч (редко в 15 ч) и одним минимумом (около 0 ÷ 3 ч по местному времени) наблюдается с декабря по март (на 50% территории) – апрель. Суточный ход давления водяного пара в это время года близко следует за суточным ходом температуры воздуха (табл. 7.3а, 7.3б). Такому типу суточного хода давления пара обычно сопутствует ослабленный турбулентный обмен.

С апреля (мая) по октябрь суточный ход давления водяного пара имеет вид двойной волны (табл. 7.3.б) и характеризуется двумя максимумами (около 6 час. (второстепенный) и 18 час. (основной)) и двумя минимумами (около 0 ÷ 3 час. (наиболее глубокий) и 12 ÷ 15 час. (менее глубокий), когда термическая конвекция и турбулентность наиболее развиты (Тверской, 1962; Матвеев, 1984).

Средние значения дневных (основных) максимумов давления пара варьируются в пределах территории в июле от 12,8 гПа (ст. Ныроб, Пермский край, $H=175$ м. абс.) до 14,5 гПа (ст. Перелюб, Саратовская обл., $H=70$ м. абс.).

Амплитуды суточных колебаний давления пара $a(e)$ в разгар лета (июль) изменяются по территории от 0,7 ÷ 0,8 (ст. Киров, $H = 143$ м. абс.; Чебоксары, $H = 162$ м. абс.) до 1,9 гПа (ст. Лальск на крайнем северо-западе Кировской обл., $H=85$ м. абс.), что указывает на некоторую их отрицательную зависимость от высот рельефа. В целом же для всей территории в июле коэффициент корреляции $r [a(e), H] = -0,238$, который свидетельствует о наличии тенденции некоторого затухания суточного хода давления водяного пара с ростом высот рельефа (на возвышенностях), и наоборот.

Т а б л и ц а 7.3 а

Средние месячные величины давления водяного пара (гПа)
по срокам наблюдений (час. по местному времени) в январе

Станции	Сроки								Ампли туда
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	0,1
Нырб	1,9	1,9	1,9	2	2	1,9	1,9	1,9	0,1
Киров	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	0,1
Пермь	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	0
Ижевск	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	0,1
Н.Новгород	2,9	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	0,1
Чебоксары	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	0,1
Казань	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	0,1
Саранск	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	2,8	2,8	0,1
Ульяновск	2,8	2,7	2,8	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	0,2
Бугульма	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	0,2
Учалы	1,8	1,8	1,9	2,1	2	1,9	1,8	1,8	0,3
Пенза	2,9	2,8	2,8	3	3	2,9	2,9	2,9	0,2
Самара	2,6	2,5	2,5	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	0,2
Балашов	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,2	3,1	3,1	0,2
Саратов	2,9	2,9	2,9	3,1	3,1	3	3	3	0,2
Перелюб	2,5	2,5	2,5	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	0,2
Оренбург	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,3	2,2	2,2	0,2
Зерн. с/х Озерный	1,7	1,7	1,8	2	1,9	1,8	1,7	1,7	0,3
Максимум	2,4	2,4	2,4	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	0,2
Минимум	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,2	3,1	3,1	0,3
Разность	1,7	1,7	1,8	2	1,9	1,8	1,7	1,7	0

В зимнее время (январь) суточные изменения давления пара в большинстве весьма незначительны: $a(e)=0,1\div 0,2$ гПа (табл.7.3а), а их зависимость от высот рельефа становится уже положительной и более тесной - $r [a(e), H] = 0,525$, что не случайно. В зимнее время роль процессов местного испарения в увлажнении воздуха ничтожно мала, и основное значение приобретает другой фактор – суточные колебания адвекции влаги воздушными потоками. Приподнятые части территории становятся при этом более досягаемыми для их обдува изменчивыми потоками влажного воздуха.

Т а б л и ц а 7.3 б

Средние месячные величины давления водяного пара (гПа)
по срокам наблюдений (час. по местному времени) в июле

Станции	Сроки								Ампли туда
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	11,6	12,3	12,9	12,2	12,2	12,6	13,5	12,6	1,9
Ныроб	11,5	12,1	12,5	12,2	12,1	12,4	12,8	12	1,3
Киров	12,6	12,9	13,1	12,6	12,6	12,7	13,3	13	0,7
Пермь	12,5	13,2	13	12,5	12,4	12,7	13,3	12,8	0,9
Ижевск	12,6	13,3	13,5	13	12,8	13,3	13,5	12,9	0,9
Н.Новгород	13	13,3	13,6	13	12,9	13	13,5	13,2	0,7
Чебоксары	12,7	13,3	13,5	13	12,8	13	13,3	13	0,8
Казань	13,3	13,8	14	13,4	13,2	13,5	13,9	13,6	0,8
Саранск	12,6	12,9	13,8	13,1	12,9	13,2	13,6	13	1,2
Ульяновск	12,6	13	13,8	13,1	12,9	13,1	13,8	13,1	1,2
Бугульма	12,2	13	13,2	12,7	12,6	13	13	12,5	1
Учалы	11,6	12,4	12,4	12,2	12,2	12,4	12,5	12	0,9
Пенза	13,1	13,3	14,2	13,4	13,2	13,3	13,9	13,6	1,1
Самара	13,2	13,6	14	13,2	13	13,3	13,5	13,3	1
Балашов	13,2	13,3	14,2	13,4	13,1	13,3	14,1	13,6	1,1
Саратов	13,2	13,7	13,9	13,3	12,9	13,1	13,7	13,4	1
Перелюб	13,9	14,6	14,7	13,7	13,4	13,8	14,5	14,3	1,3
Оренбург	13,6	14,2	14,1	13	12,7	13,2	13,9	13,8	1,5
Зерн. с/х Озерный	12,4	13,4	13	12,2	12,1	12,6	12,9	12,6	1,3
Максимум	12,7	13,2	13,5	12,9	12,7	13	13,5	13,1	1,1
Минимум	13,9	14,6	14,7	13,7	13,4	13,8	14,5	14,3	1,9
Разность	11,5	12,1	12,4	12,2	12,1	12,4	12,5	12	0,7

Географические особенности распределения давления водяного пара по территории в летний период (рис.7.1) определяются в основном контрастностью свойств испаряющих поверхностей и рельефа, а в зимний период - условиями циркуляции атмосферы (Климатология, 1989)



Рис. 7.1. Средние месячные значения парциального давления водяного пара (гПа) в январе (сверху) и в июле (снизу)

Обратим вначале внимание на влияние высот орографии на распределение по территории давления водяного пара (табл.7.4).

Таблица 7.4

Высоты (H , м.абс) метеорологических станций и средние многолетние значения давления водяного пара (e , гПа) в январе [$e(I)$] и июле [$e(VII)$]

Станции	H	$e(I)$	$e(VII)$	Станции	H	$e(I)$	$e(VII)$
Учалы	525	1,9	12,2	Ижевск	155	2,2	13,1
Бугульма	333	2,3	12,8	Балашов	154	3,2	13,5
Зерн. с/х Озерный	312	1,8	12,6	Киров	143	2,4	12,9
Саранск	195	2,8	13,1	Самара	136	2,6	13,4
Ныроб	175	1,9	12,2	Казань	120	2,5	13,6
Пермь	171	2,2	12,8	Саратов	120	3	13,4
Ульяновск	170	2,8	13,2	Оренбург	117	2,2	13,6
Пенза	169	2,9	13,5	Лальск	85	2,3	12,5
Чебоксары	162	2,6	13,1	Перелюб	70	2,6	13,1

В этой таблице метеорологические станции записаны в порядке уменьшения высот их местоположений. Видно, что с ростом высот H в изменениях давления пара прослеживается устойчивая тенденция к их уменьшению, и наоборот. Это положение в наибольшей мере справедливо для летних (июль) условий и подкрепляется величиной коэффициента корреляции $r(e(VII), H) = -0,556$, который по своей абсолютной величине больше порогового значения наибольшего случайного его значения $r_{0,05} = 0,48$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ (Шторм, 1970). Как видно, надежность выявленной отрицательной зависимости давления пара [$e(VII)$] от высот орографии превышает 95%.

Отрицательная зависимость давления пара $e(I)$ от H обнаруживается и в январе, при этом ее теснота несколько меньше: $r(e(I), H) = -0,471$. Это обстоятельство косвенно указывает на то, что зимой в распределении давления пара $e(I)$ по территории влияние высот орографии уменьшается и усиливается значимость циркуляционного (адвекция влаги в системе воздушных течений) и термического фактора.

Действие термического фактора сводится к известному положению о том, что давление пара «следует за температурой воздуха» (Тверской П.Н., 1962).

С учетом сказанного становятся понятными важнейшие черты географического распределения парциального давления водяного пара $e(I)$, $e(VII)$ по территории ПФО.

Конфигурация изолиний $e(I) = const$ (рис. 7.1) близка к конфигурации январских изотерм (Климат России, 2001), что свидетельствует о том, что географическое распределение $e(I)$ связано уже не столько с влиянием местного испарения, сколько с процессами переноса водяного пара через территорию воздушными течениями. При преобладающих зимой юго-западных воздушных потоках (Климатология, 1989; Климат России, 2001) количество переносимой влаги постепенно уменьшается в направлении их следования. В итоге в январе наибольшие значения $e(I)$ ($\geq 2,8 \div 3,0$ гПа) наблюдаются на западных склонах Приволжской возвышенности, откуда они уменьшаются в северо-восточном направлении и достигают наименьших значений ($\leq 2,0$ гПа) на западных склонах Среднего и Южного Урала (рис.1).

Распределение по территории давления пара $e(VII)$ в июле (рис. 7.1) имеет пятнистый характер. «Очаги сухости», как видно, обнаруживаются на западных склонах Урала ($e(VII) \leq 12,4$ гПа), Бугульминско-Белебеевской (< 13 гПа), Приволжской ($< 13,2$ гПа) возвышенностях, а главные «очаги влажности» ($e(VII) > 13,6$ гПа) приурочены к долинам рек Волги, Камы.

В распределениях давления водяного пара по территории ПФО (рис.7.1) легко просматривается также влияние географических координат – широты (φ) и долготы места (λ), о чем свидетельствуют значения коэффициентов корреляции: $r(e(I), \varphi) = -0,398$, $r(e(I), \lambda) = -0,856$; $r(e(VII), \varphi) = -0,589$, $r(e(VII), \lambda) = -0,529$. При этом пороговые значения случайных коэффициентов корреляции составляют $r_{0,05} = 0,53$, $r_{0,01} = 0,66$. Как видно, наиболее достоверно выявляемыми являются тенденция уменьшения $e(VII)$ летом с юга на север, а зимой – наиболее ярко выраженная тенденция уменьшения $e(I)$ с запада на восток.

Таким образом, в зимнее время в географическом распределении $e(I)$ ведущая роль принадлежит изменениям географической долготы.

Интегральными показателями совокупного влияния изменчивости координат пространства (φ, λ) и высот (H) рельефа на географические особенности распределения давления пара $e(I)$, $e(VII)$ могут служить множественные коэффициенты корреляции (МКК) $R_{e(I) \cdot \varphi, \lambda, H} = R(I) = 0,729$ и $R_{e(VII) \cdot \varphi, \lambda, H} = R(VII) = 0,866$.

Пороговое значение наибольшего случайного МКК R_α при числе учитываемых станций $N = 21$ и уровне значимости $\alpha = 0,01$ составляет $R_{0,07} = 0,621$ (Шторм, 1970). Таким образом, определяющее значение комплекса факториальных признаков (φ, λ, H) на формирование полей $e(I)$ и $e(VII)$ (рис. 7.1) постулируется с весьма высокой надежностью $P > 99\%$.

Таким образом, если в июле комплекс признаков φ, λ, H описывает свыше 64% полного разнообразия географического распределения $e(VII)$, то в январе – несколько меньше ($\sim 61\%$). Отсюда также следует, что на долю всех других (помимо φ, λ, H) факторов (циркуляция атмосферы и др.) приходится от 34 (в июле) до 39% (в январе) полной пространственной изменчивости $e(I), e(VII)$.

7.2. Относительная влажность воздуха

Относительная влажность воздуха представляет собою процентное отношение фактического значения давления пара к давлению насыщения $E(t)$ при данной температуре воздуха t

$$f = \frac{e}{E(t)} 100\%, \quad (7.3)$$

и характеризует, таким образом, степень насыщения воздуха водяным паром.

Практическое значение рассматриваемого показателя влажности состоит в том, что он косвенно характеризует скорость потери влаги W испаряющей поверхностью. Последнюю с некоторым приближением можно записать в виде:

$$W \approx \frac{AE}{100} [100 - f] \cdot F(u), \quad (7.4)$$

где A – некоторый множитель ($A > 0$), $F(u)$ – «ветровая функция» ($F(u) \geq 0$), зависящая от скорости ветра u .

Из формулы 7.4 следует, что (при прочих неизменных условиях) потери влаги испаряющей поверхностью возрастают с понижением относительной влажности, и наоборот.

Из наличия прямой положительной связи между e и f следует, что изменения относительной влажности во времени и в пространстве определяются действием той же совокупности факторов, о которых речь уже шла ранее. Вместе с тем пространственно-временное распределение относительной влажности отличается от распределения давления

водяного пара (e) хотя бы уже потому, что относительная влажность воздуха зависит еще и от распределения температуры воздуха.

Годовой ход средних месячных величин относительной влажности почти противоположен годовому ходу температуры воздуха (Тверской, 1962; Матвеев, 1984). На территории ПФО годовой максимум относительной влажности (в средних выводах) наблюдается в ноябре, а годовой минимум – в мае (табл. 7.5). Наиболее устойчивым по времени проявления является годовой минимум, а наименее устойчивым – годовой максимум.

Таблица 7.5

Средние месячные и годовые значения относительной влажности воздуха, %

Станции	Месяцы												Год	Амплитуда
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Лальск	83	81	76	69	65	69	74	80	84	86	87	85	78	22
Ныроб	83	81	75	68	63	67	74	81	84	86	87	86	78	24
Киров	84	81	75	66	60	66	71	75	80	84	87	85	76	27
Пермь	82	79	72	66	61	67	72	76	80	82	85	83	75	24
Ижевск	83	80	77	69	60	67	71	74	78	82	86	84	76	26
Н.Новгород	85	81	75	65	60	67	70	73	78	82	87	86	76	27
Чебоксары	84	81	77	69	59	67	69	71	77	82	87	86	76	28
Казань	83	80	77	68	58	65	69	70	75	80	85	84	74	27
Саранск	83	81	79	70	60	68	70	70	75	81	86	85	76	26
Ульяновск	84	82	80	68	58	67	70	71	74	79	85	84	75	27
Бугульма	83	80	78	68	56	65	70	70	72	79	86	84	74	30
Учалы	79	75	74	65	60	67	73	74	73	74	78	79	73	19
Пенза	84	82	80	68	59	66	69	69	73	79	86	85	75	27
Самара	83	80	78	64	53	60	64	64	67	75	85	85	71	32
Балашов	85	82	81	68	58	64	66	63	68	77	87	87	74	29
Саратов	80	79	78	64	54	58	59	59	65	74	83	83	70	29
Перелюб	82	81	82	69	55	60	61	60	65	75	84	83	71	29
Оренбург	79	78	80	65	52	56	58	56	60	71	81	81	68	29
Зерн. с/х Озерный	81	81	84	70	56	55	57	56	59	71	82	83	70	29
Среднее	83	80	78	67	58	64	68	69	73	79	85	84	74	27
Максимум	85	82	84	70	65	69	74	81	84	86	87	87	78	32
Минимум	79	75	72	64	52	55	57	56	59	71	78	79	68	19
Разность	6	7	12	6	13	14	17	25	25	15	9	8	10	13

Отклонения средних месячных величин относительной влажности от их средних многолетних значений (табл. 7.5) в отдельные годы могут достигать больших значений (табл. 7.7).

Заметные нарушения в годовом ходе относительной влажности могут иметь место и по времени проявления ее годовых минимумов и

максимума (табл. 7.6). Как видно, наиболее устойчивым по времени своего проявления является весенний минимум: вероятность его обнаружения в мае колеблется в пределах от 65,57% (ст. Опарино, Кировская обл.) до 91,66% (ст. Морки, Марий Эл). Временная устойчивость этого признака существенно возрастает с севера территории на юг.

Годовой максимум относительной влажности по тому же признаку менее устойчив: его можно наблюдать в широком интервале времени (чаще всего с октября по февраль), однако, наиболее часто (в 40 ÷ 67% случаев) его можно наблюдать в ноябре.

Амплитуда внутригодовых колебаний относительной влажности по территории ПФО колеблется в диапазоне от 22 % (ст. Лальск, Кировская обл.) до 34% (ст. Самара). Между годовыми амплитудами относительной влажности $A(f)$ и высотами рельефа H прослеживается слабая (статистически незначимая) связь: $r(A(f), H) = -0,382$, выражающаяся в некотором затухании $A(f)$ с ростом высот рельефа.

Таблица 7.6

Повторяемость (%) проявлений годовых максимумов
и минимумов относительной влажности воздуха
в различные месяцы года

Станции	Время обнаружения годового максимума							Время обнаружения годового минимума			
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Опарино	2,63	23,68	39,48	18,43	7,89	7,89	0	8,11	65,57	21,62	0
Киров, АМСГ	0	7,69	51,29	25,64	10,25	5,13	0	10,25	69,24	17,95	2,56
Уржум	0	7,69	51,29	20,51	12,82	5,13	2,56	2,70	78,38	18,92	0
Ижевск	2,70	8,10	51,35	29,72	2,70	5,94	0	2,70	86,48	10,81	2,70
Н.Новгород	0	0	43,18	29,54	27,27	0	0	20,45	68,18	11,36	0
Чебоксары	0	2,85	51,42	20,00	17,14	8,57	0	3,03	81,81	15,15	3,03
Морки	0	8,10	45,94	35,13	8,10	2,70	0	2,77	91,66	5,55	0
Казань, оп	0	0	66,70	19,40	13,90	0	0	5,40	83,80	8,10	2,70
Ульяновск	0	3,40	62,20	17,20	17,20	0	0	0	89,60	10,40	0
Самара	0	0	47,50	40,00	12,50	0	0	0	78,37	13,51	8,10

Таблица 7.7

Наибольшие и наименьшие средние месячные величины относительной влажности воздуха (%), наблюдавшиеся один раз за период 1966-2004 гг.

Станции	Средние месячные величины относительной влажности	
	Наибольшие (месяц, год)	Наименьшие (месяц, год)
Опарино	91 (XI, 1977)	53 (V, 1978)
Киров, АМСГ	91 (XI, 1976)	49 (V, 1973)
Уржум	93 (XI, 1971)	51 (V, 1973)
Ижевск	94 (XII, 1988)	50 (V, 1991)
Н.Новгород	92 (XI, 2003)	49 (V, 1984)
Чебоксары	93 (XII, 1972)	49 (V, 1984)
Морки	90 (XI, 1971; II, 1995; XII, 2003)	51 (V, 1979)
Казань, оп.	92 (XI, 1970)	49 (V, 1984)
Ульяновск	89 (XII, 2000)	42 (V, 1984)
Самара	90 (XI, 1971; XII, 2000)	36 (V, 1984)

Суточный ход относительной влажности на территории ПФО противоположен суточному ходу температуры воздуха. На большинстве станций суточный максимум относительной влажности наблюдается в $0 \div 3$ ч., а суточный минимум почти повсеместно – около 12 ч. по местному времени (табл. 7.8 а, 7.8 б).

Амплитуды суточных изменений относительной влажности воздуха $a(f)$ достигают наибольших значений в мае (табл. 7.8 а). Средняя по территории ПФО амплитуда $a(f)$ в мае составляет 36,5%. Вместе с тем разброс величин $a(f)$ в это время года по территории оказывается довольно значительным: от 25 % на ст. Чебоксары ($H = 168$ м. абс.) до 36,5 % (ст.Зерносовхоз Озерный, Оренбургская обл., $H = 312$ м. абс.). В то же время между майскими суточными амплитудами $a(f)$ (табл.7.8а) и высотами рельефа линейная зависимость практически отсутствует: $[r(a(f), H)] = 0,0327$.

К концу осени (ноябрь) происходит многократное ослабление суточного хода относительной влажности: среднее для всей территории значение амплитуды $a(f)$ составляет всего 10,7 %. (табл. 7.8. б). Крайние же значения амплитуд колеблются от 2,7 % (ст. Ныроб, Пермский край, $H = 175$ м. абс.) до 12,0% (ст. Учалы, Республика Башкортостан, $H = 525$ м. абс.). При этом $r(a(f), H) = 0,458$.

Как видно, и весной, и особенно поздней осенью с ростом (понижением) высот местности обнаруживается тенденция постепенного усиления (затухания) суточного хода относительной влажности воздуха в ноябре.

Важными показателями режима влажности воздуха являются числа дней с относительной влажностью не более 30% и не менее 80 %. В научной литературе первые из указанных дней определяются как «сухие дни», а вторые – как «влажные дни».

Сухим днем считается такой, когда хотя бы в один из восьми стандартных сроков наблюдений относительная влажность не превышает 30%. День, в котором относительная влажность воздуха в 12 ÷ 15 час составляет не менее 80%, считается влажным.

Таблица 7.8 а

Средние месячные величины относительной влажности (%)
по срокам наблюдений (ч. по местному времени) в мае

Станции	Сроки								Ампли туда
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	84,4	78,7	60	50,3	48	51,5	69,2	80	36,4
Ныроб	78,6	74,3	60,2	51,9	49,9	53,1	64,8	73,4	28,7
Киров	73,3	71,3	58	49,9	46,8	49,6	61,2	67,9	26,5
Пермь	76,7	70,1	56,8	49,2	47,1	51,1	65,3	71,2	29,6
Ижевск	76,4	72,8	56,9	47,4	45,1	49,6	63,9	70,9	31,3
Н.Новгород	72,6	71,9	59,8	49,9	47,1	49,1	61,2	68	25,5
Чебоксары	70,9	71,3	59	49,3	46,3	49,4	60,8	66,3	25
Казань	71,8	69,8	56,2	46,7	44,4	47,9	60,9	67,2	27,4
Саранск	73,9	75,9	59,2	47,5	44	47,4	60,9	68,8	31,9
Ульяновск	76	74,3	55,3	44,3	42,4	45,7	60,3	69,4	33,6
Бугульма	69,4	66,5	51,6	43,9	42,5	46,3	59,8	65,3	26,9
Учалы	77,7	70,6	53	46,9	45,7	50,1	63,4	71,1	32
Пенза	75,5	76,3	58,1	46,2	43,8	46,5	59,3	69,1	32,5
Самара	65,4	64,9	52,7	42,1	39,4	43	53,6	59,4	26
Балашов	72,4	74,9	58,8	46,4	42,5	45	58,4	66,3	32,4
Саратов	65,9	65	53,8	43,8	40,6	44	56	61,4	25,3
Перелюб	73,5	70,9	50,8	40,5	38,5	41,9	57,6	67,2	35
Оренбург	69,7	65,9	47,3	37,8	35,6	39,9	53,8	63	34,1
Зерн. с/х Озерный	75,8	66	47,5	40	39,3	47,6	63,4	70,6	36,5
Среднее	73,7	71,1	55,5	46	43,6	47,3	60,7	68,2	30,3
Максимум	84,4	78,7	60,2	51,9	49,9	53,1	69,2	80	36,5
Минимум	65,4	64,9	47,3	37,8	35,6	39,9	53,6	59,4	25
Разность	19	13,8	12,9	14,1	14,3	13,2	15,6	20,6	11,5

Таблица 7.8 б

Средние месячные величины относительной влажности (%)
по срокам наблюдений (ч. по местному времени) в ноябре

Станции	Сроки								Ампли туда
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	88,6	88,5	87,9	85,1	85,6	87,1	87,7	88,2	3,5
Ныроб	88	88	87,6	85,3	85,6	87	87,3	87,7	2,7
Киров	88	88,2	87,7	84,6	84,5	86,4	86,9	87,6	3,7
Пермь	86,4	86,5	85,3	81	82	84,3	85,5	86,3	5,5
Ижевск	87,7	87,6	86,4	82,8	82,9	85,6	86,7	87,2	4,9
Н.Новгород	88,4	89	88,6	85	83,9	86	87,1	87,8	5,1
Чебоксары	88,1	88,6	88	84,7	83,7	86	86,9	87,6	4,9
Казань	86,8	87,2	86,6	82,8	82,5	84,8	85,7	86,2	4,7
Саранск	87,7	88	87,6	83,7	81,8	84,5	85,9	86,9	6,2
Ульяновск	86,7	87,2	86,3	81,3	80,6	84,6	85,9	86,4	6,6
Бугульма	87,3	87,7	86,7	82,7	83,1	85,6	86,4	86,9	5
Учалы	82,5	82,5	78,5	70,5	72,1	78,2	80,7	82	12
Пенза	88,4	89,1	88,7	83,6	81,4	84,7	86,5	87,5	7,7
Самара	87,2	87,8	87	82	81,5	84,4	85,6	86,4	6,3
Балашов	89,6	90,3	89,6	83,5	79,9	84,5	87,1	88,3	10,4
Саратов	85,3	86,1	84,9	79,7	78,4	82,2	83,5	84,4	7,7
Перелюб	86,9	87,4	86,2	80,3	79,1	84	85,4	86,1	8,3
Оренбург	84,9	85,3	82,5	75,9	75,7	80,7	82,8	84	9,6
Зерн. с/х Озерный	86	86,3	82,6	75,6	76,9	82,6	84,4	85,4	10,7
Среднее	87,1	87,4	86,2	81,6	81,1	84,4	85,7	86,5	6,61
Максимум	89,6	90,3	89,6	85,3	85,6	87,1	87,7	88,3	12
Минимум	82,5	82,5	78,5	70,5	72,1	78,2	80,7	82	2,7
Разность	7,1	7,8	11,1	14,8	13,5	8,9	7	6,3	9,3

Из рассмотрения табл. 7.9, 7.10 следует, что частоты повторений сухих и влажных дней находятся в согласии с ранее рассмотренным годовым ходом относительной влажности (табл. 7.5). Видно, что в условиях ПФО наибольшее число сухих дней наблюдается в мае, а наибольшее число влажных дней – в ноябре (декабре).

В мае при осреднении по всей территории ПФО наблюдается около 11 сухих дней (табл. 7.9). При этом наименьшее их число ($N_c = 7$ дней) наблюдается на ст. Чебоксары, а наибольшее ($N_c = 17$ дней) – на ст. Оренбург.

Из сравнения коэффициентов корреляции $r(N_c, H) = -0,031$, $r(N_c, \varphi) = -0,685$, $r(N_c, \lambda) = 0,258$ следует, что в распределении по территории чисел сухих дней решающее значение принадлежит изменениям географической широты (φ). Надежность этого утверждения превы-

шает 99,9%, поскольку $r_{0,001} = 0,61$ (Шторм, 1970). При этом имеет место ярко выраженная тенденция увеличения числа сухих дней при пересечении территории с севера на юг, и наоборот. Если на станциях Кировской области $N_c = 8 \div 10$ дней, то в Самарской и Оренбургской областях $N_c = 14 \div 17$ дней (табл. 7.9).

Таблица 7.9

Среднее многолетнее число дней с относительной влажностью не более 30 %

Станции	Месяцы												Сумма за год	Амплитуда
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Лальск	0	0	1	5	9	4	1	0	0	0	0	0	21	9
Ныроб	0	0	1	3	8	5	1,0	0	0	0	0	0	18	8
Киров	0	0	0	4	9	3	1	1	0	0	0	0	18	9
Пермь	0	0	2	5	9	4	2	1	1	0	0	0	25	9
Ижевск	0	0	0	3	10	4	2	1	1	0	0	0	21	10
Н.Новгород	0	0	1	4	8	1	1	1	0	0	0	0	16	8
Чебоксары	0	0	0	2	7	2	1	1	1	0	0	0	14	7
Казань	0	0	0	3	9	4	1	2	1	1	0	0	20	9
Саранск	0	0	0	3	10	3	2	3	2	1	0	0	21	10
Ульяновск	0	0	0	5	11	4	2	3	2	1	0	0	22	11
Бугульма	0	0	0	4	13	4	2	3	3	1	0	0	30	13
Учалы	0	1	2	5	9	4	1	2	3	2	1	0	29	9
Пенза	0	0	0	4	9	4	2	4	2	1	0	0	26	9
Самара	0	0	0	7	14	6	3	5	4	2	0	0	40	14
Балашов	0	0	0	5	11	5	4	6	4	2	0	0	36	11
Саратов	0	0	0	6	12	6	6	6	5	1	0	0	43	12
Перелюб	0	0	0	5	14	9	8	9	7	2	0	0	54	14
Оренбург	0	0	0	8	17	12	11	13	10	4	0	0	76	17
Зерн. с/х Озерный	0	0	0	6	15	14	11	14	10	4	0	0	74	15
Среднее	0	0,1	0,4	4,6	10,7	5,2	3,3	4	3	1,2	0,1	0	31,8	10,7
Максимум	0	1	2	8	17	14	11	14	10	4	1	0	76	17
Минимум	0	0	0	2	7	1	1	0	0	0	0	0	14	7
Разность	0	1	2	6	10	13	10	14	10	4	1	0	62	10

Заметное влияние на распределение N_c в мае оказывает и географическая долгота (λ): неравенство $r(N_c, \lambda) > 0$ указывает на некоторое увеличение числа сухих дней при пересечении территории в восточном направлении.

Влияние высот орографии (H) на географическое распределение числа сухих дней в мае практически ни в чем не проявляется, о чем

свидетельствует пренебрежимо малое значение коэффициента корреляции $r(N_c, H)$.

Таблица 7.10

Среднее многолетнее число дней с относительной влажностью не меньше 80%

Станции	Месяцы												Сумма за год	Амплитуда
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Лальск	22	16	10	7	5	6	7	9	15	22	26	24	163	21
Ныроб	21	17	11	8	7	6	8	11	16	22	25	23	163	19
Киров	23	15	10	6	5	5	6	7	12	19	24	25	157	20
Пермь	20	14	10	7	6	6	6	9	14	18	22	23	150	17
Ижевск	21	14	11	6	4	5	6	6	12	17	23	22	146	19
Н.Новгород	23	15	10	6	4	6	6	6	9	16	23	25	149	21
Чебоксары	22	15	12	6	4	5	5	5	9	17	23	24	135	20
Казань	21	14	12	6	3	4	5	5	8	15	22	23	132	20
Саранск	20	15	12	6	3	5	5	5	8	15	22	23	122	20
Ульяновск	23	15	12	6	3	4	4	5	8	14	22	23	110	20
Бугульма	21	16	13	7	4	5	6	6	9	17	23	23	148	19
Учалы	16	10	10	5	4	5	7	7	8	11	15	17	113	13
Пенза	20	15	13	6	3	4	4	4	7	13	22	23	128	20
Самара	20	14	11	5	3	3	3	3	6	12	21	23	122	20
Балашов	21	15	13	6	3	4	4	3	5	11	21	24	128	21
Саратов	17	13	13	5	3	2	2	2	4	8	19	20	107	18
Перелюб	18	14	17	6	2	3	2	2	4	11	21	20	120	19
Оренбург	15	12	14	5	2	2	2	2	4	10	18	18	103	16
Зерн. с/х Озерный	17	15	23	10	3	2	2	2	3	10	19	20	125	21
Среднее	20,1	14,4	12,5	6,3	3,7	4,3	4,7	5,2	8,5	14,6	21,6	22,3	133	19,2
Максимум	23	17	23	10	7	6	8	11	16	22	26	25	163	21
Минимум	15	10	10	5	2	2	2	2	3	8	15	17	103	13
Разность	8	7	13	5	5	4	6	9	13	14	11	8	60	8

Среднее по всей территории число влажных дней (N_g) в ноябре составляет 19 дней. Наименьшее число таких дней ($N_g = 17 \div 18$) в ноябре отмечается на ст. Учалы (на крайнем востоке Башкортостана) и Оренбург, а наибольшее ($N_g = 25$) – на севере Кировской и Нижегородских областей.

Из данных о коэффициентах корреляции $r(N_g, H) = -0,542$, $r(N_g, \varphi) = 0,075$, $r(N_g, \lambda) = -0,498$ в ноябре следует, как и в предыдущем случае, что практически все особенности распределения чисел влажных дней по территории определяются действием географической долготы (λ). При этом изменчивость высот рельефа H объясняет

свыше 29% $\approx (0,54)^2 \cdot 100\%$ всего многообразия территориального распределения N_g .

Отклонения чисел сухих и влажных дней от их средних многолетних значений в отдельные годы могут быть весьма значительным (табл. 7.11).

Таблица 7.11

Наибольшее число сухих и влажных дней и годы (в скобках) их наблюдений в периоды активной вегетации и уборки сельхозкультур (1966-2004 гг.)

Станции	период активной вегетации с.-х. культур (мес)			период уборки с.-х. культур (мес)	
	V	VI	VII	VIII	IX
1. Наибольшее число сухих дней					
Опарино	15(1988)	12(2002)	7(1988)	4(1997)	1(1995)
Киров, АМСГ	20(1973)	13(1980)	10(1988)	7(1972)	1(2000)
Уржум	19(1984)	16(1975)	12(1981)	13(1972)	6(1995)
Ижевск	19(1975,1991)	14 (1975)	14(1981)	9(1981)	5(1982)
Н.Новгород	17 (1984)	6 (1992)	5 (1981)	15 (1972)	2 (1974,1998,2009)
Чебоксары	23(1984)	9(1968)	12(1972)	23(1972)	3(1995)
Морки	22(1988)	13(1975)	14(1981)	18(1972)	4(1995)
Казань, оп	18(1988)	16(1973)	11(1972)	20(1972)	8(1995)
Сенгилей	23(1996)	10(1992)	13(1972)	23(1972)	8(1972)
Самара	28(1998)	20(1975)	18(1972)	26(1972)	13(1969)
1. Наибольшее число влажных дней					
Опарино	15(1980)	14(2003)	14(1994)	20(1998)	22(1996)
Киров, АМСГ	13(1980)	12(1983)	14(1994)	15(1998)	19(1990)
Уржум	9(1989)	13(1985)	13(1994)	12(1980)	23(1987)
Ижевск	11(1997)	9(1985)	15(1994)	14(1984)	20(1978, 1980, 1987)
Н.Новгород	9 (1974)	17 (1985)	12 (1994)	13 (1990,2000)	18 (1979)
Чебоксары	9(1978)	12(1985)	13(1994)	12(1980)	17(1987)
Морки	10(2000)	10(2003)	10(1994)	11(1991)	20(1987)
Казань, оп	8(1978)	11(1978)	12(1994)	13(1976)	21(1978)
Сенгилей	8(1989)	12(1978,1985)	10(1989)	15(1994)	18(1987)
Самара	7(1997)	9(1994)	8(1994)	9(1980)	17(1987)

В сухие дни резко возрастает скорость потери влаги испаряющими поверхностями (почва, растительный покров и др.). Большая

сухость воздуха, как правило, сопровождается значительным дефицитом осадков. В итоге создаются неблагоприятные условия для развития сельхозкультур, особенно на стадии их активной вегетации (май-июль). Напротив, в конце лета и в начале осени (август-сентябрь) сухие дни благоприятствуют уборке урожая.

Аномально высоким значениям повторяемостей числа сухих и влажных дней соответствуют, как правило, частые и длительные аномалии циркуляционного режима. Так, например, аномально высокая повторяемость чисел сухих дней в мае 1973, 1984 и 1988 гг. сопровождалась аномально высокой повторяемостью процессов, относимых к восточной (E) форме циркуляции (по классификации Г.Я. Вангенгейма). Количество дней в мае с этой формой в указанные годы составили соответственно 21, 23 и 21 день. Аномально высокая повторяемость влажных дней в сентябре 1987 г. и 1990 г. была обусловлена высокой повторяемостью синоптических процессов, относимых к западной (W) форме циркуляции: месячные суммы чисел дней с W – формой составили в эти годы 19 и 12 (соответственно). Аномально высокая повторяемость влажных дней в сентябре 1996 г. (табл. 7.11) была связана с преобладанием синоптических процессов, относимых к меридиональной (C) форме циркуляции.

Географические особенности распределения относительной влажности по территории ПФО определяются закономерностями пространственно-временного распределения давления водяного пара (о чем речь уже шла) и температуры воздуха.

Как следует из равенства (7.3), относительная влажность воздуха находится в прямой зависимости от давления пара (e) и в обратной зависимости от давления насыщения $E(t)$. В то же время первая из них находится в линейной, а вторая в степенной (положительной) зависимости от температуры воздуха (Тверской, 1962; Матвеев, 1984). С увеличением географической широты (φ) температура воздуха понижается, что влечет за собою понижение как давления пара (e), о чем речь уже шла, так и давления насыщения $E(t)$. При этом понижение давления насыщения происходит опережающими темпами. Поэтому первая наиболее существенная особенность пространственного распределения относительной влажности состоит в ее некотором увеличении при пересечении территории с юга на север. Эта особенность наиболее ярко выражена в мае и несколько слабее в ноябре (рис. 7.2), о чем и свидетельствуют также соответствующие значения коэффициентов корреляции: $r(f(V), \varphi) = 0,823$, $r(f(XI), \varphi) = 0,490$.



Рис. 7.2. Средние месячные значения относительной влажности воздуха (%) в мае (сверху) и в ноябре (снизу)

Значительное влияние на географию распределения относительной влажности в ноябре оказывает и географическая долгота (λ): $r(f(XI)) = -0,490$. Как видно, при пересечении территории в восточном направлении относительная влажность уменьшается.

Роль высот орографии (H) в распределении относительной влажности наиболее отчетливо проявляется также лишь в ноябре ($r(f(XI, \varphi), H) = -0,580$).

Таблица 7.12

Высоты (H , м.абс) метеорологических станций и средние многолетние значения относительной влажности (%) в мае [$f(V)$] и ноябре [$f(XI)$]

Станции	H	$f(V)$	$f(XI)$	Станции	H	$f(V)$	$f(XI)$
Учалы	525	60	78	Ижевск	155	60	86
Бугульма	333	56	86	Балашов	154	58	87
Зерносовхоз Озерный	312	56	82	Киров	143	60	87
Саранск	195	60	86	Самара	136	53	85
Ныроб	175	63	87	Казань, ЦГМС	120	58	85
Пермь	171	61	85	Саратов	120	54	83
Ульяновск	170	58	85	Оренбург	117	52	81
Пенза	169	59	86	Лальск	85	65	87
Чебоксары	162	59	87	Перелюб	70	55	84

Данные рис. 7.3, 7.4 и табл.7.12, показывают, что в ноябре «очаги сухости» по-прежнему «привязаны» в основном к возвышенностям (Вятский Увал, Верхнекамская, Бугульминско-Белебеевская, Общий Сырт, Приволжская), а «очаги влажности» - к понижениям (Верхневятская, Марийская, Заволжская низменности и долина Волги). Так, например, в ноябре относительная влажность на Бугульминско-Белебеевской возвышенности не менее чем на 3% (в среднем) ниже, чем в долине Волги и Низменном Заволжье. Если в том же месяце относительная влажность воздуха на склонах Вятского Увала $\leq 86\%$, то на пространстве Верхневятской низменности она уже несколько выше ($\geq 88\%$) (рис.7.4).

Совокупное же влияние на географию распределения относительной влажности $f(V)$, $f(XI)$ комплекса признаков φ , λ , H оценивается следующими величинами МКК: $R_{f(V) \cdot \varphi, \lambda, H} = 0,855$ ($\sim 73\%$), $R_{f(XI) \cdot \varphi, \lambda, H} = 0,785$ ($\sim 62\%$). Как видно, влияние местных факторов (φ , λ , H) на географическое распределение относительной наиболее полно проявляется

в мае. В ноябре усиливается роль адвективно-циркуляционных факторов, что автоматически приводит к заметному ослаблению значимости местных факторов.

7.3. Дефицит влажности и температура точки росы

Дефицит влажности и температура точки росы тесно связаны с величинами относительной влажности и давления водяного пара (см. формулу 7.1). При этом изменения дефицита влажности находятся почти в полной противофазе по отношению к изменениям относительной влажности. Изменения же температуры точки росы находятся в тесной прямой, (почти в функциональной (в июле)) связи с изменениями давления пара.

В связи с этим надобность в специальных описаниях пространственно-временных изменений дефицита влажности и температуры точки росы отпадает. Справочные данные об этих характеристиках читатель может получить, обратившись к табл. 7.13 и 7.14.

7.4. Многолетняя динамика влажности воздуха

К временным (особенно долгопериодным) изменениям влажности воздуха в последнее время проявляется повышенный интерес. Об этом свидетельствуют работы (Кондратьев, Матвеев, 1999 и др.), в которых за процессом современного потепления климата в качестве одной из основных причин видится длительная тенденция увеличения влажности воздуха.

Многолетняя (1966-2009 гг.) динамика характеристик влажности воздуха на территории Среднего Поволжья имеет весьма сложную циклическую природу: периоды роста ее показателей чередуются с периодами их уменьшения, и наоборот. При этом после фазы роста (уменьшения) показателя влажности происходит возврат системы к состоянию не тождественному с начальным, но близкому к нему, после чего следует новый цикл, близкий к первому, но не всегда совпадающему с ним по его длине и амплитуде (Хромов, Мамонтова, 1974).

Анализ многолетней динамики средних январских значений давления пара на ст. Киров, АМСГ обнаруживает присутствие в ней циклов (разной амплитуды) продолжительностью в 2, 3, 5, 6 и более лет, а в динамике средних июльских значений того же признака – 2, 3, 5, 6 и более лет. Вместе с тем и в том и в другом случае наиболее часто повторяющейся является 2-х летняя цикличность.

Т а б л и ц а 7.13

Средние месячные и годовые значения дефицита влажности, гПа

Станции	Месяцы												Год	min	max	Ампли- туда
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
Лальск	0,4	0,5	1,3	2,9	4,9	7	6,7	4,4	2,3	1,2	0,5	0,4	2,7	0,4	7	6,6
Нырб	0,3	0,4	1,2	2,6	4,7	6,6	6,3	3,6	2,1	1	0,4	0,3	2,5	0,3	6,6	6,3
Киров	0,4	0,5	1,3	3,3	6,2	7,6	7,5	5,3	2,8	1,3	0,5	0,4	3,1	0,4	7,6	7,2
Пермь	0,4	0,6	1,4	3,4	6,1	7,3	7,1	4,9	3,1	1,5	0,6	0,4	3,1	0,4	7,3	6,9
Ижевск	0,4	0,5	1,1	3,1	6,7	7,7	7,5	5,7	3,4	1,5	0,5	0,4	3,2	0,4	7,7	7,3
Н.Новгород	0,4	0,6	1,4	3,9	6,9	7,5	7,5	6	3,4	1,7	0,6	0,4	3,3	0,4	7,5	7,1
Чебоксары	0,4	0,5	1,1	3,3	7	8	8,3	6,8	3,7	1,6	0,6	0,4	3,5	0,4	8,3	7,9
Казань	0,4	0,5	1,1	3,4	7,6	8,3	8,3	7	4,1	1,8	0,7	0,5	3,6	0,4	8,3	7,9
Саранск	0,5	0,6	1	3,6	7,6	7,9	8,4	7,5	4,5	1,8	0,7	0,5	3,7	0,5	8,4	7,9
Ульяновск	0,5	0,6	1	4	8	8,5	8,4	6,8	4,5	2	0,7	0,5	3,8	0,5	8,5	8
Бугульма	0,4	0,5	1	3,5	7,9	8,1	7,9	6,8	4,7	1,9	0,6	0,4	3,7	0,4	8,1	7,7
Учалы	0,5	0,6	1,2	3,4	6,4	7,3	6,4	5,4	4	2,2	0,9	0,5	3,2	0,5	7,3	6,8
Пенза	0,4	0,5	1	4,1	8,2	8,8	8,8	7,9	5	2,1	0,7	0,5	4	0,4	8,8	8,4
Самара	0,4	0,5	1,1	4,7	9,6	10,2	10,3	9,2	6	2,5	0,7	0,4	4,6	0,4	10,3	9,9
Балашов	0,4	0,5	1,1	4,5	8,9	9,8	10	10	5,9	2,5	0,8	0,5	4,6	0,4	10	9,6
Саратов	0,6	0,7	1,2	5	9,9	11,5	12,5	11,2	6,6	2,9	1	0,6	5,3	0,6	12,5	11,9
Перелюб	0,4	0,5	0,9	4,5	9,7	11,8	12,7	11,6	7,1	2,8	0,8	0,5	5,3	0,4	12,7	12,3
Оренбург	0,5	0,5	0,9	4,8	10,4	12,4	13,2	12,4	8,1	3,2	0,9	0,5	5,6	0,5	13,2	12,7
Зерн. с/х Озерный	0,4	0,4	0,5	3,7	8,7	12,8	12,7	11,7	7,5	3	0,8	0,4	5,2	0,4	12,8	12,4
Среднее	0,43	0,53	1,09	3,77	7,65	8,9	8,97	7,59	4,67	2,03	0,68	0,45	3,89	0,43	9,1	8,67
Максимум	0,6	0,7	1,4	5	10,4	12,8	13,2	12,4	8,1	3,2	1	0,6	5,6	0,6	13,2	12,7
Минимум	0,3	0,4	0,5	2,6	4,7	6,6	6,3	3,6	2,1	1	0,4	0,3	2,5	0,3	6,6	6,3
Разность	0,3	0,3	0,9	2,4	5,7	6,2	6,9	8,8	6	2,2	0,6	0,3	3,1	0,3	6,6	6,4

Т а б л и ц а 7.14

Средние месячные и годовые значения температуры точки росы, °С

Станции	Месяцы												Год	min	max	Ампли-туда
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
Лальск	-17,0	-15,0	-8,9	-3,6	1,6	8,1	11,8	9,9	5,3	-0,7	-7,8	-13,5	-2,4	-17,0	11,8	28,8
Ныроб	-18,9	-16,7	-10,2	-5,1	0,0	7,2	11,6	9,4	4,6	-2,1	-10,1	-15,9	-3,8	-18,9	11,6	30,5
Киров	-15,4	-14,1	-8,3	-2,5	2,5	9	12,3	10,3	5,8	-0,6	-7	-12,7	-1,8	-15,4	12,3	27,7
Пермь	-16,5	-15,4	-9,3	-3,1	2,2	8,9	12,3	10,2	5,5	-1,1	-8,2	-14	-2,4	-16,5	12,3	28,8
Ижевск	-16	-15	-8,8	-1,7	3,1	9,5	12,6	10,4	5,7	-0,5	-7,2	-13,3	-1,8	-16,0	12,6	28,6
Н.Новгород	-12,5	-11,9	-7,1	-0,8	4,2	10,1	12,8	11,1	6,6	0,8	-5	-10,2	-0,2	-12,5	12,8	25,3
Чебоксары	-13,7	-13,3	-8,1	-0,9	3,9	10	12,8	10,7	6,4	0,5	-5,8	-11,4	-0,7	-13,7	12,8	26,5
Казань	-14,2	-13,6	-7,8	-0,4	4,1	10,3	13,2	11	6,4	0,6	-5,7	-11,5	-0,6	-14,2	13,2	27,4
Саранск	-12,6	-12,9	-7,5	0,2	4,5	10,4	12,9	10,9	6,4	1	-4,9	-10,6	-0,2	-12,9	12,9	25,8
Ульяновск	-12,5	-13,1	-7,5	-0,2	4,2	10,8	13,4	11,1	6,6	0,7	-5,7	-10,9	-0,3	-13,1	13,4	26,5
Бугульма	-15,3	-14,4	-9	-1,5	2,5	9,3	12,3	10	5	-0,7	-6,9	-12,7	-1,7	-15,3	12,3	27,6
Учалы	-17,0	-16,6	-10,8	-3,3	2,0	8,4	11,5	9,3	3,8	-2,7	-9,9	-15,0	-3,3	-17,0	11,5	28,5
Пенза	-12,4	-12,4	-6,8	0,5	5,1	10,7	13,2	11,2	6,6	1,1	-4,4	-10,2	0,2	-12,4	13,2	25,6
Самара	-13,7	-13,3	-7,4	-0,3	3,9	10,3	13	10,9	6,2	0,7	-4,8	-10,9	-0,4	-13,7	13,0	26,7
Балашов	-11,1	-11,2	-5,9	1,4	5,5	10,9	13,2	10,9	6,7	1,6	-3,4	-8,8	0,8	-11,2	13,2	24,4
Саратов	-11,7	-11,5	-6,0	1,1	5,3	10,8	13,0	11,3	7,0	1,7	-3,4	-9,1	0,7	-11,7	13,0	24,7
Перелюб	-14,1	-13,9	-7,5	1,2	5,0	10,5	12,7	10,4	5,9	0,6	-4,8	-11,4	-0,5	-14,1	12,7	26,8
Оренбург	-15,9	-15,6	-8,7	-0,1	3,8	9,8	12,1	9,6	4,7	-0,4	-6,1	-12,7	-1,6	-15,9	12,1	28,0
Зерн. с/х Озерный	-18,5	-17,9	-11,2	-0,9	3,7	8,6	11,0	8,5	3,5	-2,0	-8,4	-15,3	-3,3	-18,5	11,0	29,5
Среднее	-14,7	-14,1	-8,3	-1,1	3,5	9,7	12,5	10,4	5,7	-0,1	-6,3	-12,1	-1,2	-14,7	12,5	27,2
Максимум	-11,1	-11,2	-5,9	1,4	5,5	10,9	13,4	11,3	7,0	1,7	-3,4	-8,8	0,8	-11,2	13,4	30,5
Минимум	-18,9	-17,9	-11,2	-5,1	0,0	7,2	11,0	8,5	3,5	-2,7	-10,1	-15,9	-3,8	-18,9	11,0	24,4
Разность	7,8	6,7	5,3	6,5	5,5	3,7	2,4	2,8	3,5	4,4	6,7	7,1	4,6	2,4	7,8	6,1

В многолетних колебаниях относительной влажности в мае присутствует близкий к упомянутым набор циклов продолжительностью в 2, 3, 4 и 6 лет, а в ноябре – 2, 3, 4, 5, 6 и более лет. При этом межгодовые колебания относительной влажности в ноябре (по величине амплитуды) выражены значительно сильнее, нежели в мае. В мае наиболее часто проявляющимся являются циклы в 2 и 3 года, а в ноябре – в 3 года.

Другой важной особенностью многолетней динамики показателей влажности воздуха является присутствие в их рядах систематической составляющей их изменений (тренда). Тренд – анализ некоторой временной последовательности $y(t)$ сводится к ее разложению на две составляющие:

$$y(t) = f(t) + \varepsilon(t), \quad (7.5)$$

где $f(t)$ – систематическая (тренд), $\varepsilon(t)$ – остаточная (случайная) составляющая, t – функция времени.

Выявление тренда достигается различными способами. Наиболее простейшим из них является линейный тренд – анализ, при котором систематическая составляющая задается уравнением прямой:

$$f(t) = at + a_0. \quad (7.6)$$

Здесь a – коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ), a_0 – свободный член. Положительные (отрицательные) значения КНЛТ указывают на присутствие в ряду $y(t)$ постоянной тенденции увеличения (уменьшения) его ординат.

Важной качественной характеристикой тренда является коэффициент детерминации, описывающий относительную величину вклада в полную дисперсию ряда той ее части, которая аппроксимируется его систематической составляющей. Не менее важным при этом является и степень надежности выявления тренда.

Из табл. 7.15 следует, что в течение привлекаемого к анализу 44-летнего периода наблюдений (1966 - 2004 гг.) в межгодовых изменениях средних месячных январских значений давления водяного пара присутствовала весьма надежно ($> 95 \div 99\%$) выявляемая на большинстве станций устойчивая тенденция постепенного их увеличения ($a > 0$), что находится в согласии с общим потеплением климата. Наиболее быстрыми темпами влажность воздуха увеличивалась на юге (ст. Самара) и заметно медленнее – на севере территории (ст. Опарино, север Кировской области). Действие систематической составляющей в многолетних изменениях давления пара за указанные

39 лет повлекло за собою его увеличение, на ст. Опарино уже на $0,218 \times 3,9 \approx 0,8$ гПа, а на ст. Уржум – на 1,1 гПа.

Таблица 7.15

Коэффициенты наклона (а), детерминации (в, %) и надежность (с, %) выявления линейных составляющих трендов в многолетней (1966-2004 гг.) динамике влажности воздуха

Станции	Давление водяного пара						Относительная влажность					
	Январь			Июль			Май			Ноябрь		
	а, Гпа/ 10лет	в	с	а, Гпа/ 10лет	в	с	а, %/10лет	в	с	а, %/10лет	в	с
Опарино	0,218	14,7	>95	0,290	5,3	<95	0,277	0,4	<95	- 0,393	2,8	<95
Киров, АМСГ	0,269	20,1	>99	0,325	7,0	<95	1,000	4,4	<95	- 0,457	3,7	<95
Фаленки	0,269	21,9	>99	0,371	8,6	<95	0,935	4,7	<95	0,097	0,2	<95
Шабалино	0,274	18,8	>95	0,575	18,5	>99	0,944	4,4	<95	- 0,457	3,7	<95
Уржум	0,284	21,3	>99	0,266	4,3	<95	0,557	1,3	<95	- 0,765	9,7	<95
Н.Новгород	0,324	24,54	>99	0,559	20,4	>99	0,154	0,12	<95	- 0,249	1,1	<95
Казань,оп	0,330	25,3	<95	0,361	8,4	<95	0,176	0,12	<95	- 1,185	17,3	<95
Самара	0,338	25,41	<95	0,521	18,7	<95	1,793	7,9	<95	-1,75	31,6	>99

Систематическое увеличение давления водяного пара имело место и в июле (табл. 7.15). Однако, надежность выявления положительного тренда в его многолетней динамике меньше 95%. Исключением сказанному является положительный тренд влажности воздуха на ст. Шабалино, надежность выявления которого превышает 99%.

Наиболее важными особенностями многолетней динамики относительной влажности воздуха являются:

- 1) присутствие в ней значительно более слабого (малые значения коэффициентов детерминации) положительного тренда в мае и отрицательного (на большинстве станций) – в ноябре;
- 2) недостаточная (< 95 %) надежность (помимо ст. Самара) выявления линейных трендов.

Преобладающая направленность и скорость многолетней динамики относительной влажности воздуха формируются как результат взаимного наложения соответствующей динамики водяного пара и температуры воздуха, что и следует из формулы 7.3. Если темпы многолетних изменений давления пара опережают темпы роста давления насыщения, то в многолетних изменениях относительной влажности будет также проявляться положительный тренд (что мы и наблюдаем в мае), и наоборот (табл. 7.15).

Действия положительного тренда в изменениях относительной влажности в мае и отрицательного в ноябре (табл. 7.15) за 39 лет уже повлекли за собою увеличение относительной влажности на ст. Киров в мае на $1,0 \times 3,9 \approx 4\%$ и, напротив, ее понижение в ноябре примерно на 2,3 %.

8. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Атмосферные осадки – вода в жидком или твердом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на поверхности земли или на предметах. Из облаков осадки выпадают в виде дождя, мороси, снега, града и др. Непосредственно из воздуха осаждаются роса, иней, изморозь и др. (Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь, 2008).

Одна из важнейших климатических характеристик – атмосферные осадки, представляют весьма сложное атмосферное явление, характеризующееся видом, фазовым состоянием, количеством, числом дней с осадками и т.д.

На большинстве метеорологических станций количество осадков измеряется с помощью прибора называемого осадкомером. Осадкомер представляет собой цилиндрическое осадкомерное ведро снабженное специальной планочной защитой, имеющее приемную площадь 200 см^2 и установленное, так чтобы приемная поверхность (верхний край) находился на стандартной высоте 2 м. Кроме того в состав прибора входит осадкомерный стакан для измерения собранного количества осадков. Таким образом, количество осадков выражают толщиной слоя (мм) выпавшей воды, который мог бы образоваться на горизонтальной поверхности от выпавших жидких и твердых (после их таяния) осадков при отсутствии стока, просачивания и испарения.

При измерении количества осадков имеют место несколько систематических ошибок – потери собранных осадков на смачивание осадкомерного ведра, испарение осадков из ведра за время между окончанием выпадения осадков и сроком измерения, а также ошибки прибора, связанные с влиянием ветра, что особенно сильно сказывается на точности измерения твердых осадков.

Приборы, измеряющие количество выпавших атмосферных осадков, дают наиболее близкие к истинным значения при штиле и слабом ветре. Ближайшее окружение существенно влияет на скорость ветра и деформацию турбулентного потока у прибора. Скорость ветра на метеорологических станциях измеряется не на высоте приемной части прибора (2 м), а на высоте флюгера, как правило, на высоте 10 м. Поэтому необходимо оценить изменение вертикального профиля ветра от высоты флюгера до поверхности земли. С этой целью разработана классификация станций и постов, в основу которой положе-

ны факторы, определяющие это изменение. Всего по этой классификации выделено четыре типа станций (Швер, 1984). Типы станций приведены в Справочниках по климату СССР, часть IV (Справочник по климату..., 1968).

Тип станции	Местоположение прибора
Ia	На площадке, окруженной сплошной непродуваемой защитой (забор), на лесной поляне с густой растительностью, в горной котловине.
Iб	На площадке, окруженной со всех сторон полосой растительности ажурной конструкции или строениями.
IIa	На полузащищенной площадке, в городе, селе, закрытой растительностью или строениями с одной, двух или трех сторон горизонта.
IIб	На окраине населенного пункта, на полузащищенной площадке с препятствиями, имеющими разрывы (отдельные крупные строения или группы деревьев), в узкой долине (тип «трубы»).
III	На открытой площадке, расположенной на равнине, плоскогорье в обширной широкой долине. Вокруг площадки могут быть отдельные небольшие строения.
IV	На открытом берегу моря, залива, в устье большой реки, на острове, на вершине горы.

Первый тип включает станции и посты, расположенные в защищенных условиях, когда полное отсутствие ветра наблюдается не у поверхности земли, а уже на некоторой высоте от нее; практически на высоте прибора (2 м) скорость ветра равна нулю (Ia).

Во второй тип входят все станции, имеющие вертикальные профили ветра, отличные от логарифмического под влиянием окружающих препятствий; это наиболее разнохарактерная группа, так как здесь играет роль плотность препятствий, их высота, расположение по отношению к преобладающему направлению ветра и т.п. (Iб, IIa, IIб).

К третьему типу отнесены станции, расположенные на ровной открытой местности с однородной подстилающей поверхностью, где вертикальное распределение скорости ветра подчиняется логарифмическому закону до уровня земли (III).

Особая группа станций (IV) выделена с учетом факторов рельефа существенно влияющих на вертикальный профиль ветра (холмы, долины, котловины, крупные водные объекты и т.п.).

В наблюдениях за атмосферными осадками также присутствуют, по крайней мере, два крупных нарушения их однородности (Климатология, 1989).

Первое – в 30-е годы XX столетия многие станции переносились на открытое место, репрезентативное для большей части метеорологических величин, но не для осадков, особенно твердых (на открытой местности происходит наиболее интенсивное выдувание снега из осадкомерного ведра, что приводит к занижению количества осадков холодного периода).

Второе – в начале 1950-х годов на сети метеорологических станций был осуществлен переход к новому прибору измерения осадков – осадкомеру с защитой Третьякова, который заменил дождемер с защитой Нифера. Измерение осадков с помощью осадкомера с защитой Третьякова уменьшило, но не устранило полностью недоучет количества осадков. Следует отметить, что, несмотря на предпринятые меры, полностью устранить влияние нарушения однородности не удалось (Урманова, 1996).

По указанным причинам, а также вследствие изменения климата, сведения о режиме осадков на территории субъектов Федерации входящих в Среднее Поволжье опубликованные в разное время существенно различаются. Так, например, для Республики Татарстан (РТ), по данным П.Т. Смолякова (Смоляков П.Т., 1947) (данные осреднены за период с конца XIX века до 1944 г.) годовые суммы осадков в среднем по республике равны 390 – 460 мм. В книге «Климат Татарской АССР» (Климат Татарской АССР, 1983) (период осреднения удлинён до 70-х годов XX века) указывается, что годовая сумма осадков на территории Республики составляет, 430 – 500 мм. В то время как авторами настоящей работы по периоду с 1966 по 2009 гг. установлено, что годовые суммы осадков на территории РТ изменяются в пределах от 450 до 555 мм.

Атмосферные осадки являются результатом взаимодействия атмосферных циркуляционных процессов различного масштаба. В умеренных широтах, где и располагается исследуемый регион, атмосферные осадки в значительной степени определяются циклонической деятельностью. Кроме того, они существенно зависят от высоты, формы и ориентации рельефа местности, наличия на территории крупных лесных массивов, водоемов, речных долин и т.п.

Наряду с циклонической деятельностью рельеф оказывает определяющее влияние на пространственно-временное распределение осад-

ков и на изменение всех их основных характеристик (количество, продолжительность, интенсивность). Увеличение осадков под влиянием орографических препятствий на 100 м поднятия называется плювиометрическим градиентом. В условиях холмистого рельефа (Кузнецова, 1961) плювиометрический градиент составляет 10–15%. На возвышенностях небольшой горизонтальной протяженности увеличение количества осадков обусловлено ростом турбулентности, связанной со значительной изрезанностью рельефа. При очень малых размерах возвышенностей начинает влиять перераспределение осадков ветром, что может привести к увеличению осадков на подветренных склонах.

В горах осадки увеличиваются лишь до некоторой предельной высоты в зависимости от географических условий, времени года, метеорологических условий осадкообразования (положение уровня конденсации и др.), особенностей климата и циркуляционных процессов. Высота зоны максимума осадков и их количество в горах зависят от ориентации склонов по отношению к влагонесущим потокам. Поэтому обычно осадков гораздо больше выпадает на склонах, обращенных в сторону влажных ветров.

Установлено (Климатология, 1989), что под влиянием орографии возникают три специфические зоны трансформации поля осадков, которые существенно отличаются по количеству осадков и характеру термодинамических процессов их обуславливающих:

- область предвосхождения (или «подпруживания»), характеризующаяся образованием максимума осадков у подножия горы (до подъема по склону);
- область увеличения осадков на наветренном склоне, возникающая при вынужденном подъеме воздуха (в основном это западные склоны в умеренных широтах и восточные в тропических);
- «дождевая тень» – область уменьшения осадков вследствие нисходящих потоков на подветренных склонах или внутригорных котловинах.

В умеренном поясе увеличение осадков в зоне предвосхождения не превышает роста осадков по склонам гор, где и выпадает их максимальное количество.

Возрастает количество осадков и над лесами, что связано с увеличением шероховатости подстилающей поверхности и увеличением турбулентности. Существенную роль играет также площадь, занятая лесом. Так, по расчетам Л.П. Кузнецовой, осадки теплого периода в

среднем увеличиваются на 1-3% на каждые 10% площади леса.

Своеобразные условия распределения осадков создаются в прибрежных районах крупных водоемов. На плоских побережьях, например, уменьшается количество конвективной облачности и, как следствие этого, уменьшаются осадки. Однако с удалением от берега на расстоянии 20–30 км над сушей происходит усиление турбулентности и увеличение конвективной облачности и осадков.

Существует также зависимость распределения осадков от макро- и мезоклиматических условий крупных городов. Внутри города и особенно за его пределами существует тенденция к увеличению осадков в подветренной части, причем максимум этого эффекта заметен на расстоянии более 20 км и преимущественно в теплый период.

В силу указанных причин распределение атмосферных осадков, как во времени, так и в пространстве характеризуется значительной неоднородностью.

8.1. Среднее количество осадков

В среднем по Приволжскому федеральному округу годовая сумма осадков осредненная за 44 года с 1966 по 2009 гг., как за календарный, так и за гидрологический год (ноябрь – октябрь) составляет величину около 530 мм. Особенности атмосферных процессов и характера подстилающей поверхности на территории Приволжского федерального округа определяют убывание годовых сумм осадков в направлении с северо-запада на юго-восток. Однако под влиянием Уральских гор количество осадков увеличивается на востоке региона в Пермском крае и в Республике Башкортостан. В результате максимальное количество осадков выпадает на востоке Пермского края (ст. Бисер – 858 мм). Минимальное же количество осадков наблюдается в степной, юго-восточной части региона (ст. Зерносовхоз Озерный Оренбургской области – 278 мм).

Особенности подстилающей поверхности и, прежде всего, рельеф местности определяют формирование локальных областей максимальных значений количества атмосферных осадков в районах наветренных склонов Бугульминско-Белебеевской и Приволжской возвышенностей, Северных и Вятских Увалов, Уфимского плоскогорья и др. (рис 8.1).



Рис. 8.1. Среднее годовое количество осадков (мм)

В зависимости от знака средних месячных температур воздуха и, определяемого температурным режимом, преимущественного вида выпадающих осадков год делят на холодный и теплый периоды. На территории округа холодный период продолжается с ноября по март. В этот период осадки выпадают, в основном, в виде снега (твердые осадки). Максимальное количество осадков холодного периода выпадает в предгорьях Урала на территории Башкортостана (ст. Павловка – 337 мм). Минимальное же количество осадков наблюдается в степной, юго-восточной части региона (ст. Зерносовхоз Озерный Оренбургской области – 84 мм) (рис 8.2).

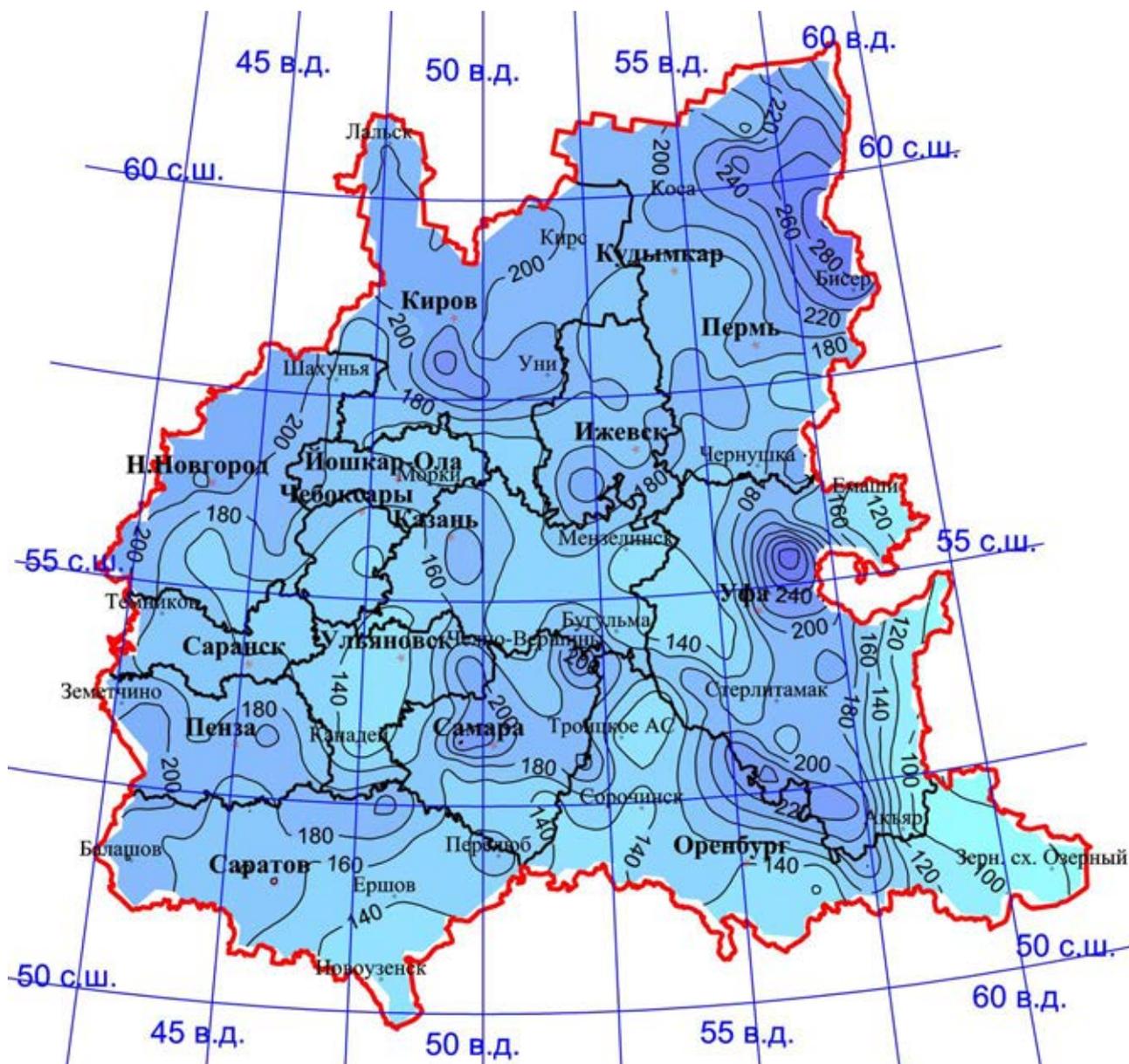


Рис. 8.2. Среднее количество осадков (мм) за холодный период

Теплый период длится с апреля по октябрь, когда атмосферные осадки выпадают преимущественно в жидком виде (дожди). В этот период, как и в среднем за год, максимальное количество осадков выпадает на востоке Пермского края (ст. Бисер – 579 мм), а минимальное количество осадков наблюдается на крайнем юго-востоке региона (ст. Зерносовхоз Озерный Оренбургской области – 195 мм) (рис 8.3).

В табл. 8.1 представлены климатические нормы за период с 1966 по 2009 гг. месячных, сезонных и годовых сумм осадков осредненные по территории Приволжского федерального округа и субъектов Российской Федерации в него входящих. Значения в таблице, начиная со второй строки, расположены в порядке убывания средних годовых сумм осадков.

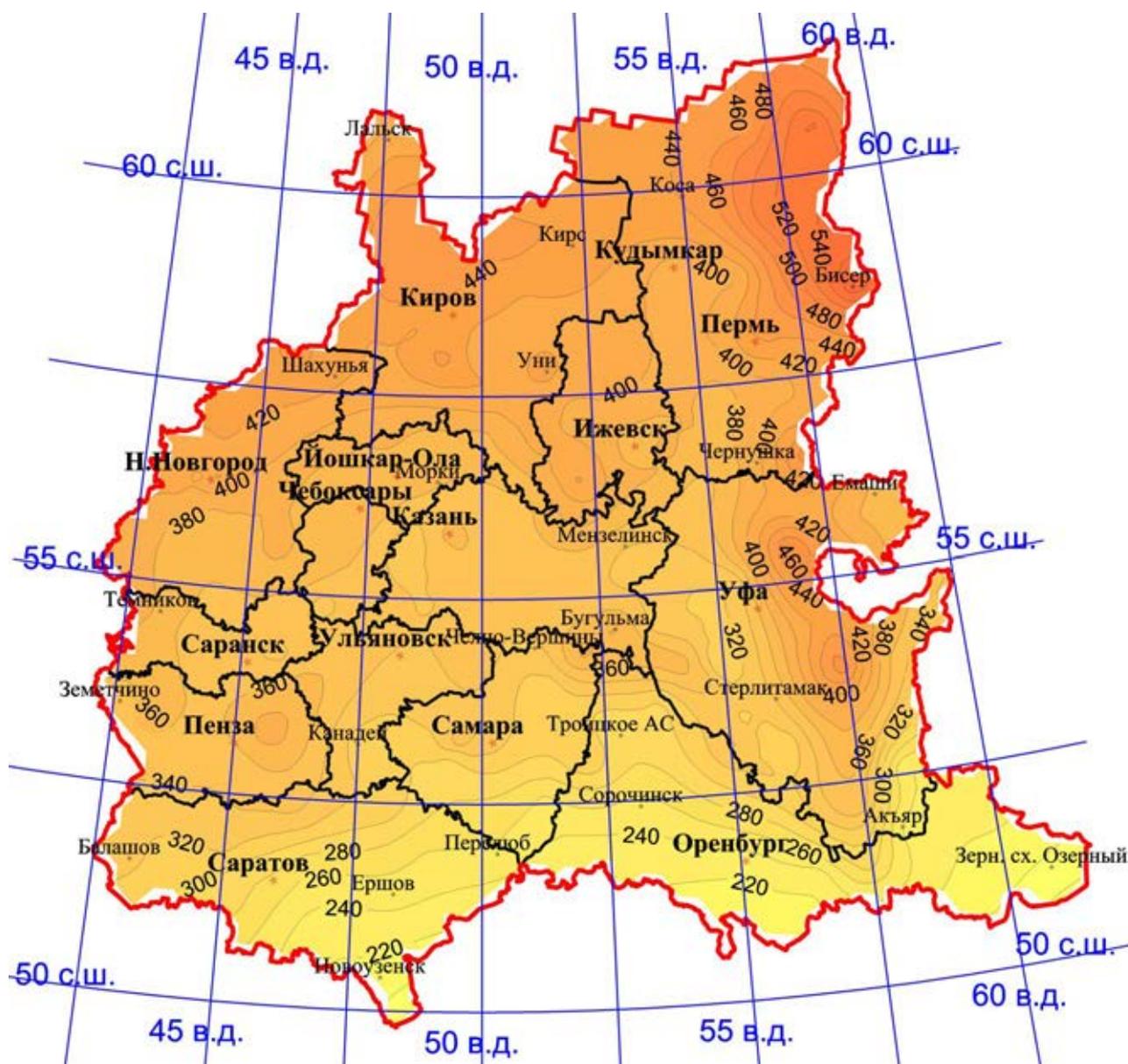


Рис. 8.3. Среднее количество осадков (мм) за теплый период

Наибольшее количество осадков выпадает в Пермском крае, где среднее годовое количество осадков составляет 648 мм. В холодный период в среднем по территории края выпадает 201 мм, а в теплый – 447 мм.

В южной части Северного Урала и северной части Южного в пределах рассматриваемой территории расположено только две станции: Верхняя Косьва и Бисер. Причем Верхняя Косьва расположена на территории Свердловской области почти на границе с Пермским краем. На этих станциях наблюдается самая высокая сумма осадков (858 мм). Однако эти станции по отношению к окружающему рельефу, как и все другие станции, не занимают доминирующего положения, так как находится в долинах.

Таблица 8.1

Средние многолетние (1966 – 2009 гг.) значения месячных, сезонных и годовых сумм атмосферных осадков (мм)

Месяц, сезон	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Г.г.	Х.п.	Т.п.
ПФО	36	28	27	32	42	62	65	55	51	51	44	38	530	531	173	357
Пермский край	43	30	30	37	54	73	79	75	65	63	54	44	648	648	201	447
Кировская область	40	29	31	35	51	70	78	67	60	62	51	43	616	616	194	422
Нижегородская область	37	31	28	34	44	68	74	63	56	58	50	43	585	586	189	396
Удмуртская республика	38	27	27	32	45	66	72	62	60	58	48	37	573	573	178	395
Пензенская область	37	29	30	33	41	64	68	52	50	49	47	41	541	543	186	356
Республика Марий Эл	33	26	26	32	41	65	70	59	54	53	44	34	537	538	164	374
Республика Башкортостан	34	28	26	31	42	61	66	54	49	53	42	38	525	526	168	358
Республика Мордовия	32	26	26	30	40	62	70	54	51	49	44	37	521	522	166	356
Чувашская республика	30	24	24	31	39	66	67	56	53	50	40	33	511	512	151	361
Республика Татарстан	33	27	23	29	40	63	63	55	51	50	41	34	509	510	158	351
Ульяновская область	32	25	24	32	38	63	64	49	49	43	37	32	488	489	151	338
Самарская область	38	30	26	31	33	57	54	42	43	46	42	39	482	483	176	307
Саратовская область	35	26	26	29	33	50	50	37	41	36	39	37	439	440	164	276
Оренбургская область	28	23	24	26	32	44	44	33	31	38	32	32	388	389	140	249

Г.г. – гидрологический год (ноябрь, декабрь предыдущего года и январь – октябрь текущего); Х.п. – холодный период (ноябрь, декабрь предыдущего года и январь – март текущего); Т.п. – теплый период (апрель – октябрь текущего года).

Поэтому на наветренных склонах и вершинах гор следует ожидать большее количество осадков. По расчетным данным О.А. Дроздова (Дроздов, 1957), годовые суммы осадков на наветренных склонах должны превышать 1000 мм.

Ориентировочные годовые суммы осадков могут быть получены с использованием оценок влияния высоты и шероховатости местности на увеличение осадков для Северного Урала полученных еще в работе И.А. Бересневой и Л.П. Даниловой (Береснева, Данилова, 1954).

Так как средняя высота главных орографических линий Северного Урала равна 700–800 м., и на западе от него располагается Полюдов кряж со средней высотой 400–500 м, а на востоке высота основных орографических линий несколько меньше и составляет 350–400 м., то повышение главной орографической линии Северного Урала по сравнению с равниной идет до 600–700 м, а с боковыми основными линиями орографии до 300–400 м.

Поскольку на равнине с западной стороны Северного Урала за год суммы осадков составляют величину около 600 мм, а с восточной – 450 мм, то на Полюдовом кряже годовые суммы осадков должны достигать 900 мм, а на основном хребте – примерно 1100 мм, не говоря уже об отдельных более высоких хребтах. Следовательно, на западных склонах и вершинах гор Северного Урала в пределах Пермского края годовые суммы осадков могут достигать 1100 мм и более, в то время как в долинах они составляют 600 – 750 мм.

Средний Урал является наиболее пониженной и сглаженной частью Уральских гор. В северной возвышенной части Среднего Урала годовые суммы осадков составляют 700 – 800 мм. Максимальное годовое количество осадков, как уже указывалось, наблюдается на ст. Бисер – 858 мм. В пониженной части Среднего Урала вследствие более пестрого чередования скалистых кряжей, мягких увалов и отдельных сопок распределение годовых сумм осадков особенно неравномерно. Здесь за год выпадает от 450 до 650 мм осадков. Наибольшие суммы осадков получают кряжи, сопки, увалы (свыше 600 мм). Между кряжами в широких долинах выпадает 500 – 550 мм. В результате минимальное среднегодовое количество осадков в Пермском крае наблюдается на ст. Кунгур 535 мм, а также на крайнем юго-западе области (менее 530 мм).

В холодный период при среднем многолетнем количестве осадков 201 мм максимальное количество составляет 279 мм (Бисер), а минимальное – 142 мм (Кунгур). В теплый период соответственно 447 мм

, 549 мм (Бисер) и 371 мм (Оса).

На территориях Кировской, Нижегородской, Пензенской областей, Удмуртской республики и Республики Марий Эл годовые суммы осадков превышают среднюю величину по Приволжскому федеральному округу (табл. 8.1), и характер уменьшения осадков в направлении с северо-запада на юго-восток здесь также нарушается влиянием особенностей подстилающей поверхности, в результате чего происходит перераспределение осадков по территории. Суммы осадков несколько увеличиваются на наветренных участках возвышенностей (Северные Увалы, Вятские Увалы, Верхне-Вятская и отроги Приволжской возвышенности) и уменьшаются на подветренных склонах и в долинах рек.

В среднем по Кировской области годовое количество осадков составляет 616 мм. При этом максимальное годовое количество осадков выпадает на ст. Верхошижемье – 714 мм, минимальное – на крайнем юго-востоке области на ст. Вятские Поляны 504 мм. В холодный период при среднем многолетнем количестве осадков 194 мм экстремальные величины годовых сумм атмосферных осадков наблюдаются на тех же станциях. Максимальное количество составляет 263 мм (Верхошижемье), а минимальное – 146 мм (Вятские Поляны). В теплый период при средней сезонной величине 422 мм, максимальное количество осадков наблюдается на станциях Опарино и Мураши – 457 мм, а минимальное опять в Вятских Полянах – 358 мм.

Нижегородская область занимает третье место по количеству осадков в округе. При среднем годовом их количестве в 585 мм, максимум наблюдается на ст. Ветлуга, расположенной на севере области, – 664 мм, минимум – на южной ст. Арзамас – 515 мм. В холодный период при среднем многолетнем количестве осадков 189 мм максимальное количество составляет 223 мм (Н.Новгород, мыза), а минимальное – 152 мм на крайней юго-восточной станции Большое Болдино. В теплый период эти значения соответственно равны 396 мм, 445 мм (Ветлуга) и 361 мм (Арзамас).

На территории Удмуртской республики среднее годовое количество осадков за период с 1966 по 2009 гг. составляет 573 мм. Максимальное количество осадков, как за год, так и в холодный и теплый периоды наблюдается на ст. Можга, соответственно 647, 222 и 425 мм. Минимальное количество годовых осадков и осадков теплого периода выпадает в Ижевске (520 и 363 мм соответственно), а в холодный сезон минимум наблюдается на ст. Дебессы – 153 мм.

В Пензенской области среднее годовое количество осадков составляет 543 мм. В холодный период выпадает 186 мм, а в теплый – 356 мм. Максимальное годовое количество осадков наблюдается на ст. Городище – 603 мм. На этой станции выпадает также максимальное количество осадков теплого периода (395 мм). Минимальная средняя годовая сумма осадков наблюдается на ст. Каменка Белинская 523 мм, где выпадает и минимальное количество осадков холодного периода (174 мм). Максимальное количество осадков в холодный период отмечается на ст. Пачелма (219 мм), а минимальное количество осадков теплого периода – на ст. Кондоль (343 мм).

Наименьшее количество осадков в этой группе субъектов федерации выпадает в Республике Марий Эл. В среднем за год здесь выпадает 538 мм осадков. В холодный период – 164 мм, в теплый – 374 мм. Максимальное среднее годовое количество осадков наблюдается в столице республики Йошкар-Оле – 551 мм, где отмечается также максимальное количество осадков теплого периода 378 мм. Минимальные годовые суммы осадков отмечаются на ст. Новый Торъял 511 мм. Минимум на этой станции достигается за счет осадков холодного периода (138 мм). Минимальные суммы осадков теплого периода 361 мм отмечаются на ст. Морки, а максимальные суммы осадков холодного – в Козьмодемьянске (179 мм).

Территории республик Башкортостан, Татарстан, Мордовия и Чувашской республики, Ульяновской, Самарской, Саратовской и Оренбургской областей характеризуются меньшим среднего по ПФО количеством годовых осадков. Пятнистость в распределении осадков на этой территории связана с влиянием рельефа, лесной и водной поверхности. Возвышенности (Приволжская, Бугульминско-Белебеевская, предгорья Урала) главным образом перераспределяют осадки по территории, почти не увеличивая интенсивности влагооборота территории (Справочник по климату..., 1968).

Количество осадков убывает с северо-запада на юго-восток от 550 до 300 мм за год. Наибольшее количество осадков (более 550 мм в год) выпадает в западных и центральных районах Приволжской возвышенности, в северной половине Татарстана, на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, наименьшее (менее 350 мм) – на юго-востоке Саратовской, юге и юго-востоке Оренбургской областей.

На территории республики Мордовия среднее годовое количество осадков составляет 523 мм. В холодный период выпадает 166 мм, а в теплый – 356 мм. В среднем за год, как и в теплый период макси-

мальное годовое количество осадков наблюдается на ст. Темников - соответственно 555 и 379 мм, а минимальное – на ст. Большие Березники 499 и 337 мм. В холодный период максимальные суммы осадков отмечаются на ст. Краснослободск (178 мм), а минимальные на станциях Саранск и Инсар (161 мм).

На небольшой территории Чувашской республики при среднем годовом количестве осадков 512 мм, 151 мм осадков выпадает в холодный период и 361 мм – в теплый. Максимальное количество осадков, как за год, так и в теплый и холодный периоды наблюдается в Чебоксарах, соответственно 542, 383 и 159 мм. Минимальные суммы осадков за год и в теплый период отмечены на ст. Алатырь 485 и 329 мм. В холодный период минимум осадков выпадает на ст. Канаш, где он составляет 134 мм.

В Татарстане в среднем за год выпадает 510 мм осадков, в холодный период – 158 мм, в теплый – 351 мм. Максимальное количество осадков за год и холодный период наблюдается на ст. Лаишево – 555 и 198 мм, минимальное за год и во все сезоны – на востоке республики на ст. Муслюмово 450, 124 и 327 мм. В теплый период под влиянием особенностей рельефа Бугульминско-Белебеевской возвышенности максимальное значение количества осадков на территории республики Татарстан наблюдается в Бугульме (381 мм).

В Ульяновской области, где среднее годовое количество осадков составляет 489 мм, количество осадков холодного периода равно 151 мм, а теплого – 338 мм. При этом максимальное количество осадков и за год и за холодный период выпадает в Димитровграде 577 и 222 мм соответственно, а минимальное во все сезоны и за год на юге области на ст. Канадей (430, 122 и 308 мм). Максимальное количество осадков теплого периода наблюдается на западе области на ст. Инза (370 мм).

В Самарской области при общем уменьшении сумм осадков с северо-запада на юго-восток присутствуют три территории, где количество осадков существенно больше, чем в среднем по области. Это район Жигулевских гор, юго-западные склоны Бугульминско-Белебеевской возвышенности и Боровое лесничество на границе с Оренбургской областью. В этих районах средние годовые суммы осадков заметно превышают 500 мм. На ст. Сосновый Солонец в Жигулях средняя годовая сумма осадков составляет 607 мм, на ст. Клявлино (Бугульминско-Белебеевская возвышенность) 638 мм, в то время как среднее по области количество годовых осадков осред-

ненное за период с 1966 по 2009 гг. составляет 482 мм. Указанная неоднородность в распределении по территории области количества атмосферных осадков наиболее ярко проявляет себя в холодный период, когда в этих двух районах при средней по области сумме осадков 176 мм они превышают 220 мм. В течение всего года максимальное количество осадков наблюдается на крайнем северо-востоке области (ст. Клявлино 638, 254 и 384 мм), а минимальное на крайнем юго-востоке (ст. Авангард, зерносовхоз – 384, 127 и 257 мм).

Существенно более плавное уменьшение сумм осадков с северо-запада на юго-восток, особенно в теплый период, имеет место в Саратовской области. Среднее годовое количество осадков в области – 440 мм. Максимальное годовое количество осадков наблюдается на ст. Ртищево – 541 мм, минимальное – на ст. Александров Гай 327 мм. В холодный период при среднем многолетнем количестве осадков 164 мм максимальное количество составляет 213 мм (Хвалынский), а минимальное – 129 мм (Новоузенск). В теплый период соответственно 276 мм, 340 мм (Петровск, Карабулак) и 195 мм (Александров Гай).

Наименьшее количество атмосферных осадков среди субъектов федерации входящих в ПФО выпадает в Оренбургской области. Среднее годовое количество осадков здесь составляет 389 мм. В холодный период в среднем выпадает всего 140 мм, а в теплый – 249 мм. В этой области, как и в большинстве регионов округа суммы осадков убывают с северо-запада на юго-восток. Однако резкие изменения в пространственном распределении осадков происходят на северо-востоке западной части области. Здесь на границе с Башкортостаном, под влиянием западных отрогов Южного Урала выпадает максимальное количество осадков, как за год, так и по сезонам (на ст. Троицкое, тюя), средние годовые суммы осадков составляют 560 мм, средние суммы осадков холодного периода – 237 мм, а теплого – 323 мм. Минимальное количество осадков в холодный период выпадает в восточной части области (ст. Айдырля – 82 мм), а минимальные суммы осадков в среднем за год и теплый период – на ст. Зерносовхоз Озерный, расположенной на крайнем востоке области, соответственно 278 и 195 мм.

Особенно резкие изменения в поле атмосферных осадков наблюдаются на территории Башкортостана, где высота гор Урала снова увеличивается. Горная часть здесь достигает наибольшей ширины (до 150 км). Структура рельефа Южного Урала весьма сложна и отлича-

ется большим количеством параллельных хребтов и гряд. Средние высоты основных хребтов составляют 800 – 1000 м. Горные цепи, расположенные к западу от Урала, расчленены поперечными долинами и низинами.

Сложный и изрезанный рельеф этой части территории является причиной значительных различий в величине годовых сумм осадков на рядом расположенных станциях. Так максимальное количество атмосферных осадков выпадает в Башкортостане на ст. Павловка – 828 мм в среднем за год, 337 мм в холодный период и 491 мм в теплый. В то время как на, расположенной несколько севернее, ст. Караидель в среднем за год выпадает всего 572 мм. Наибольшие суммы осадков получают наветренные склоны и вершины гор, где годовые суммы осадков могут достигать 1000 мм, наименьшие – долины.

Повышенные годовые суммы осадков отмечаются на возвышенных западных склонах Урала (от 600 до 700 мм). Изогеты 600 и 700 мм расположены почти меридионально и направлены вдоль Западно-Уральских увалов, прерываясь в отдельных районах долинами рек, где годовые суммы осадков не превышают 600 мм. К западу от Уральских увалов местность понижается, вследствие чего годовые суммы осадков убывают, восстанавливается зональное распределение осадков, т.е. постепенное уменьшение сумм осадков с севера на юг. На более низких плато, в долинах рек осадков выпадает 400 – 550 мм. Возвышенности, такие как восточные отроги Северных Увалов, Сильвинский кряж, Уфимское плоскогорье, получают осадков в год на 70 – 150 мм больше, чем районы, расположенные непосредственно за ними. Так, станции, расположенные на Уфимском плоскогорье, отмечают в год 650 – 680 мм осадков, а на теневой его стороне (по отношению к основному влагонесущему потоку) количество осадков в год не превышает 500 мм (Дуван – 459 мм).

В предгорьях Южного Урала горные цепи, расположенные к западу от гор, расчленены поперечными долинами и низинами, большей частью довольно широкими, и распадаются на отдельные гребни и массивы. Такое строение поверхности способствует увеличению турбулентности в воздухе и потере им влаги в предгорных районах, где создается зона повышенных осадков (более 700 мм). К западу от этой зоны с понижением высоты местности суммы осадков убывают. Пониженные их количества отмечены по долинам р. Белой и ее притокам Сюнь, Чермасан, Дема, где осадков в год выпадает от 400 до 500

мм. На Бугульминско-Белебеевской возвышенности годовые суммы осадков немного возрастают (до 500 мм).

В среднем годовое количество осадков в Республике Башкортостан составляет 526 мм. Максимальное количество годовых осадков, как уже указывалось, выпадает на ст. Павловка, а минимальное на ст. Акъяр (337 мм), где наблюдается и минимальное количество осадков теплого периода 234 мм. Минимальное количество осадков в холодный период выпадает на ст. Баймак 94 мм. Чуть больше, 96 мм осадков выпадает в зимний период на ст. Учалы. Все три станции Акъяр, Баймак и Учалы расположены на восточных подветренных по отношению к основным влагонесущим потокам склонах Южного Урала, чем и обусловлено существенно меньшее количество выпадающих здесь атмосферных осадков.

Годовой ход осадков по всей территории ПФО имеет общие черты, свойственные континентальному климату. Основное количество осадков выпадает в теплое время года (табл. 8.1). В среднем по территории округа в теплое время года (апрель – октябрь) осадков выпадает более чем в два раза больше, чем в холодное (ноябрь – март).

В некоторых регионах (север и центр Пермского края, северо-восток Удмуртии, юг Кировской области и примыкающий к нему север Республики Марий Эл, Чувашия и Ульяновская область, восток Татарстана и запад Башкирии) осадки теплого периода превышают осадки холодного почти в два с половиной раза. На подветренных склонах южной части Уральского хребта (восток Башкортостана и Оренбургской области) орографически обусловленные нисходящие движения воздуха существенно ослабляют обложные осадки, преобладающие в холодный период. Здесь осадки теплого периода превышают осадки холодного более чем в три раза. Максимальное превышение наблюдается на ст. Учалы (восток Башкортостана), где в теплый период выпадает 336 мм, а в холодный всего 96 мм осадков (превышение в 3,5 раза).

В годовом ходе минимум осадков по всей территории отмечается в феврале – марте. Минимальные значения сумм осадков в конце зимы и начале весны связаны с особенностями циркуляционного режима территории округа. В это время года здесь часто наблюдается антициклоническая циркуляция неблагоприятная для формирования атмосферных осадков. На большинстве станций (59%) на территории ПФО минимальное среднее значение количества осадков отмечается в марте. Однако и в феврале минимум количества осадков в годовом

ходе наблюдается на 41% станций.

Разница между средними значениями количества осадков в феврале и марте по субъектам входящим в округ не превышает 4 мм. Среди станций, где минимум осадков в годовом ходе наблюдается в феврале, максимальные различия отмечены на ст. Гайны Пермского края и Белая Холуница Кировской области, где в марте выпадает в среднем 34 и 31, а в феврале 28 и 25 мм осадков соответственно. А также на ст. Оса Пермского края и Аскино (Башкортостан). На этих станциях в марте в среднем отмечается 24 и 29 мм, а в феврале 33 и 38 мм, т.е. большее количество атмосферных осадков отмечается в феврале.

Наибольшее количество осадков выпадает в июле. В среднем по округу норма июльских сумм осадков за период с 1966 по 2009 гг. составляет 65 мм. Однако июньская норма меньше июльской лишь на 3 мм (табл. 8.1), таким образом, в большинстве субъектов входящих в Приволжский федеральный округ количество осадков выпадающих в июле и июне различается незначительно. Максимальные различия имеют место в Кировской области и Республике Мордовия (8 мм). В Чувашской республике и Ульяновской области эти различия не превышают 1 мм, а в Татарстане, Саратовской и Оренбургской областях средние многолетние суммы осадков в июле и июне практически равны. В Самарской области июньские суммы в среднем по территории области даже несколько превышают июльские (табл. 8.1). В августе осадков выпадает в среднем на 10 мм меньше, причем эта разность увеличивается с севера на юг. Так в Пермском крае разность норм июля и августа составляет всего 4 мм, в то время как в Саратовской области 13 мм.

Следует также отметить, что переход от малых осадков конца зимы начала весны к значительным летним совершается заметно быстрее, чем переход от летних к зимним. В среднем по округу скорость изменения сумм осадков на восходящей ветви годового хода (от минимума к максимуму) составляет величину около 10 мм в месяц, в то время как на нисходящей ветви эта величина в два раза меньше.

Другой отличительной особенностью в годовом ходе является наличие на двух третях станций округа вторичного максимума осадков в осенний период. На 95 станциях (50% метеорологических станций на территории округа) этот максимум приходится на октябрь, а на 22 станциях – на сентябрь. Большая часть из последних располагается на востоке Ульяновской и западе Самарской областей (4 станции) и зна-

чительной части Саратовской области (11 станций). Ноябрьский вторичный максимум в годовом ходе осадков наблюдается лишь на 8 станциях округа, пять из которых располагается на юге Пензенской и севере Саратовской области.

Плавный переход от летнего максимума к минимуму осадков происходит на юго-востоке Пермского края, востоке Татарстана и западе Башкортостана, на значительной части республики Марий Эл. Кроме того, не наблюдается осенний максимум в годовом ходе осадков на всей территории Чувашской республики и прилегающих к ней частей Нижегородской и Ульяновской областей и западной части республики Мордовия.

При общем для территории ПФО характере годового хода осадков в отдельных частях территории имеются существенные особенности.

На 12 станциях минимальные значения сумм осадков наблюдаются в апреле. Большинство из этих станций расположены в Башкортостане (5) и Пензенской области (3). На семи станциях, шесть из которых расположены в Пермском крае, максимум в годовом ходе осадков приходится на август.

В результате на некоторых станциях имеют место аномально высокие или низкие значения скоростей изменения сумм осадков в годовом ходе. Так на самых южных станциях региона (юг Саратовской и Оренбургской областей) на фоне низких годовых сумм осадков скорость роста сумм осадков от минимума, который наблюдается здесь преимущественно в феврале, до максимума в июне-июле не превосходит 5 мм в месяц, а скорость понижения не превышает 2 мм в месяц. В центральной части округа (юго-восток Чувашии, юг Татарстана, западные районы Башкортостана) величина роста сумм осадков в годовом ходе превосходит 15 мм в месяц, а скорость понижения составляет величину всего около 5 мм в месяц.

8.2. Временная изменчивость количества осадков

Временная изменчивость, характеризуемая значением среднего квадратического отклонения (σ), также как и средние месячные суммы осадков, имеет хорошо выраженный годовой ход, с минимумом в феврале – марте основным максимумом летом и вторичным максимумом осенью.

Однако для количества атмосферных осадков, величины принимающей только положительные значения, более полно характеризует

временную изменчивость коэффициент вариации, поскольку он представляет собой отношение σ к среднему значению выраженное в процентах. Для сумм осадков осредненных по территории всего Приволжского федерального округа коэффициент вариации в течение года меняется от минимума в декабре (31%) до максимума в марте (44%), далее его значения вновь убывают и достигают абсолютного минимума в июле (30%), затем коэффициент вариации вновь возрастает к сентябрю (38%) после чего вновь уменьшается (табл. 8.2).

Следовательно, на территории Приволжского федерального округа в среднем наиболее изменчивы во времени атмосферные осадки конца зимы и начала весны, а наиболее устойчивы летние осадки, а также осадки конца осени и начала зимы.

Распределение по территории ПФО коэффициента вариации атмосферных осадков характеризуется возрастанием его значений с севера на юг (рис. 8.4 – 8.6). Наименьшая изменчивость наблюдается на севере Пермского края, в Кировской и северо-западной части Нижегородской области, где значения коэффициента вариации сумм осадков за год, холодный и теплый периоды не превосходят соответственно 15, 22 и 20%. Наибольшие значения коэффициента вариации годовых сумм осадков и сумм осадков теплого периода наблюдаются в Ульяновской, Самарской, Саратовской областях, в южной и юго-восточной частях Оренбургской области, а также на юго-востоке Башкортостана (значения коэффициента вариации соответственно больше 20 и 25%). В холодный период обращает на себя внимание существенно большая неоднородность распределения по территории ПФО значений коэффициента вариации сумм осадков. Наблюдается несколько очагов максимальной изменчивости и не только в южных и юго-восточных частях округа, но и в его центре. Так полоса повышенных значений коэффициента вариации (более 24%) простирается от южных районов Нижегородской области и севера Мордовии через южные районы Чувашии и Татарстана далее на север Оренбургской области к центральным районам Башкортостана. Кроме того, повышенными значениями изменчивости отличаются северная часть Республики Марий Эл и юго-восточная часть Удмуртии, где значения коэффициента вариации сумм осадков холодного периода превышают 22%.

Таблица 8.2

Значения коэффициентов вариации (1966 – 2009 гг.) месячных, сезонных и годовых сумм
атмосферных осадков (%)

Месяц, сезон	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Г.г.	Х.п.	Т.п.
ПФО	33	41	44	40	34	31	30	30	38	36	32	31	11	11	17	14
Пермский край	34	38	52	45	33	39	30	27	36	33	30	34	11	10	17	12
Кировская область	35	42	45	45	39	39	39	32	33	40	38	33	10	10	17	13
Нижегородская область	38	50	46	42	48	40	38	50	46	48	37	34	13	12	19	17
Удмуртская республика	39	42	52	52	45	42	42	40	46	40	39	40	13	12	19	16
Пензенская область	42	57	48	47	49	43	42	50	60	45	43	38	16	16	22	20
Республика Марий Эл	42	50	50	52	45	50	40	45	43	47	40	32	15	14	20	18
Республика Башкортостан	46	56	61	56	47	34	42	44	53	45	46	45	16	14	23	18
Республика Мордовия	42	54	49	46	51	42	44	52	56	46	39	40	16	14	21	19
Чувашская республика	43	57	52	56	53	51	42	56	51	50	35	35	16	16	20	20
Республика Татарстан	42	51	51	52	50	43	42	44	49	45	41	40	15	15	20	18
Ульяновская область	43	55	50	55	54	36	49	46	60	44	41	43	16	17	23	21
Самарская область	41	55	50	62	61	43	56	54	58	50	53	46	18	18	25	23
Саратовская область	43	54	48	52	53	41	47	54	57	51	51	41	18	17	21	24
Оренбургская область	47	52	63	53	52	37	42	59	57	48	46	49	17	17	23	21

Г.г. – гидрологический год (ноябрь, декабрь предыдущего года и январь – октябрь текущего); Х.п. – холодный период (ноябрь, декабрь предыдущего года и январь – март текущего); Т.п. – теплый период (апрель – октябрь текущего года).



Рис. 8.4. Коэффициент вариации годового количества осадков (%)

В отдельные годы суммы осадков, выпадающие в отдельных частях территории Приволжского федерального округа, существенно отличаются от средних многолетних значений. Аномальность осадков в сезоне конкретного года по некоторой территории в целом может быть оценена, в частности, с помощью показателя аномальности Токарева (Токарев, 1983), который позволяет оценить как величину, так и преобладающий на исследуемой территории знак аномалии. Показатель аномальности Токарева (K_T) вычисляется следующим образом

$$K_T = \frac{1}{N+M} \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{A_{+i}}{\sigma_i} \right)^2 - \sum_{i=1}^M \left(\frac{A_{-i}}{\sigma_i} \right)^2 \right],$$

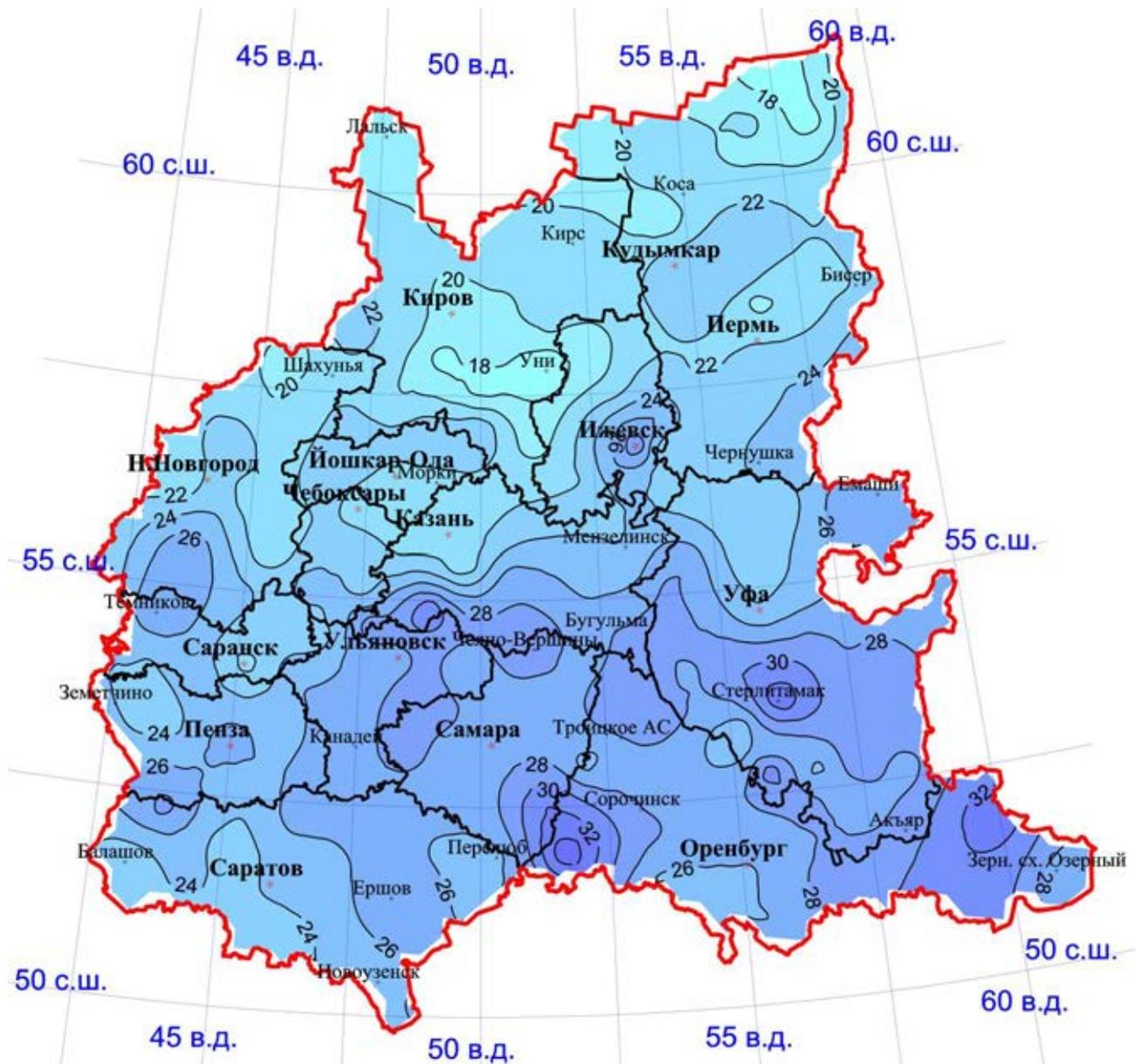


Рис. 8.5. Коэффициент вариации количества осадков холодного периода (%)

где A – аномалия (отклонение от среднего многолетнего значения), а σ – среднее квадратическое отклонение в конкретном пункте территории, N и M – соответственно количество пунктов с положительной и отрицательной аномалией. При преобладании на территории положительных аномалий K_T положителен, в противоположном случае – отрицателен.

Определены значения показателя Токарева для всех субъектов федерации входящих в ПФО и для округа в целом. В период с 1955 по 2009 гг. для территории округа в целом крупные аномалии (показатель Токарева был близок или превосходил значение 2) годового количества осадков (гидрологический год) наблюдались восемь раз (рис. 8.7).



Рис. 8.6. Коэффициент вариации количества осадков теплого периода (%)

Причем четыре первых (1959/60, 1966/67, 1971/72 и 1974/75 гг.) были отрицательными, четыре последних (1977/78, 1989/90, 1992/93 и 2006/2007 гг.) – положительными. Таким образом, для периода с 1955 по 1976 гг. характерно преобладание лет с дефицитом осадков (среднее за этот период значение показателя отрицательно), а период 1977 – 2008 гг. характеризовался преобладанием лет с их избытком.

Большинство экстремальных значений количества осадков гидрологического года определялось экстремумами сумм осадков теплого периода. Исключением являются лишь два года 1966/67 и 2006/2007, когда в первом случае относительно большим был дефицит осадков холодного периода, а во втором положительная аномалия сумм осадков холодного периода была существенно больше, чем в теплом.

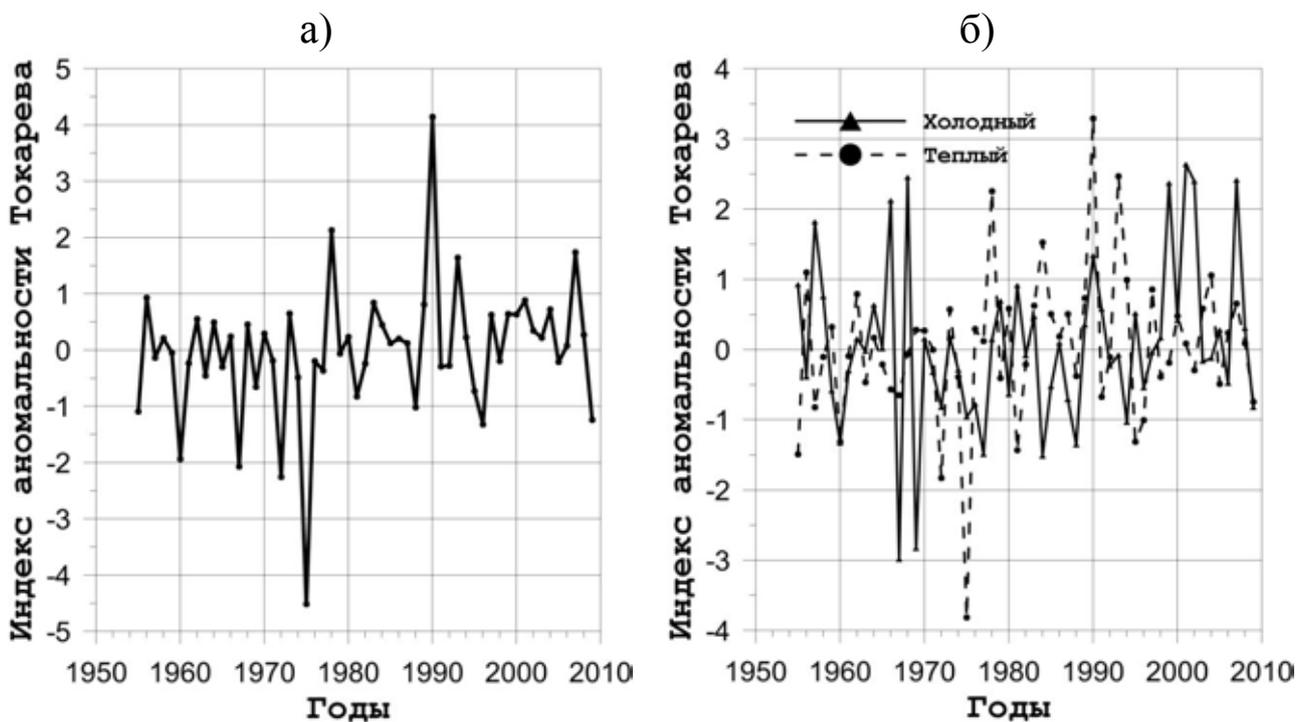


Рис. 8.7. Многолетний ход показателя аномальности Токарева для сумм осадков за гидрологический год (а), холодный и теплый периоды (б) осредненных по территории ПФО

На рис. 8.8 и 8.9 представлено распределение аномалий сумм осадков гидрологического года для двух абсолютно экстремальных лет исследуемого периода 1974/75 (недостаток осадков) и 1989/90 гг. (избыток осадков). В эти годы практически вся территория ПФО за исключением небольшой части крайних северных районов Пермского края была занята аномалией одного знака. Обращает на себя внимание существенная неоднородность в распределении по территории округа величины аномалий, что обусловлено особенностями атмосферных процессов конкретного года в их взаимодействии с подстилающей поверхностью.

В условиях изменяющегося климата несомненный интерес представляет исследование динамики режима осадков. В рамках данной работы исследованы колебания с характерной ритмичностью порядка десятка (или нескольких десятков) лет, так называемые «декадные колебания» в рядах сумм осадков на территории ПФО. Для этого выбраны ряды сумм осадков за теплый, холодный периоды и гидрологический год с 1955 по 2009 годы. Следовательно, длина исследуемых временных рядов составила 55 лет.

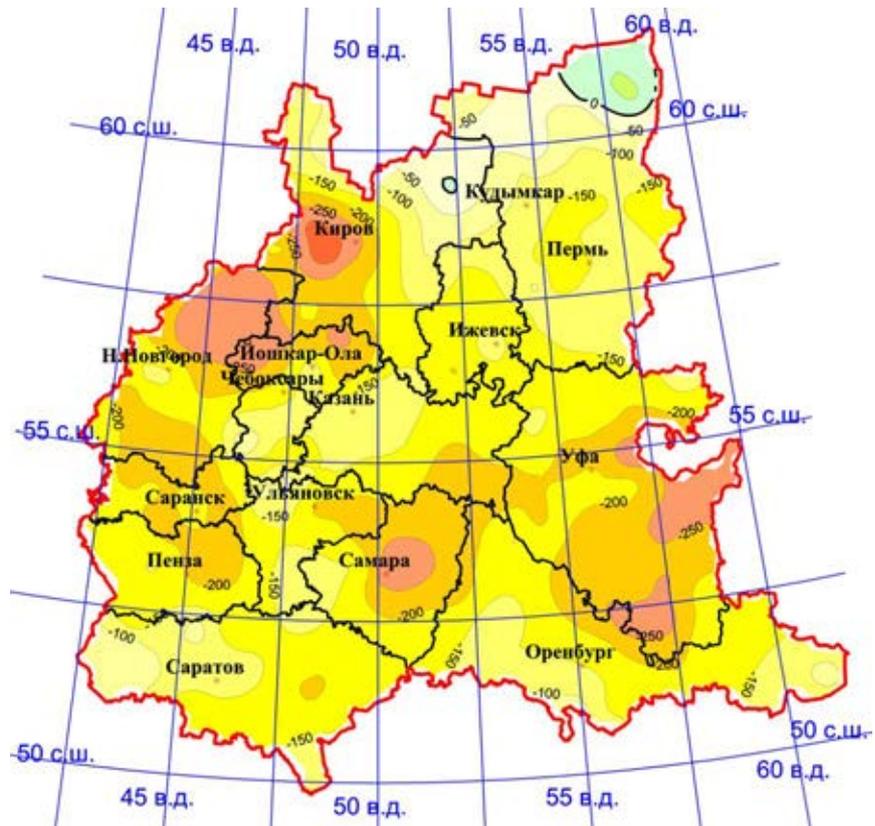


Рис. 8.8. Аномалии сумм осадков за 1974/75 гидрологический год

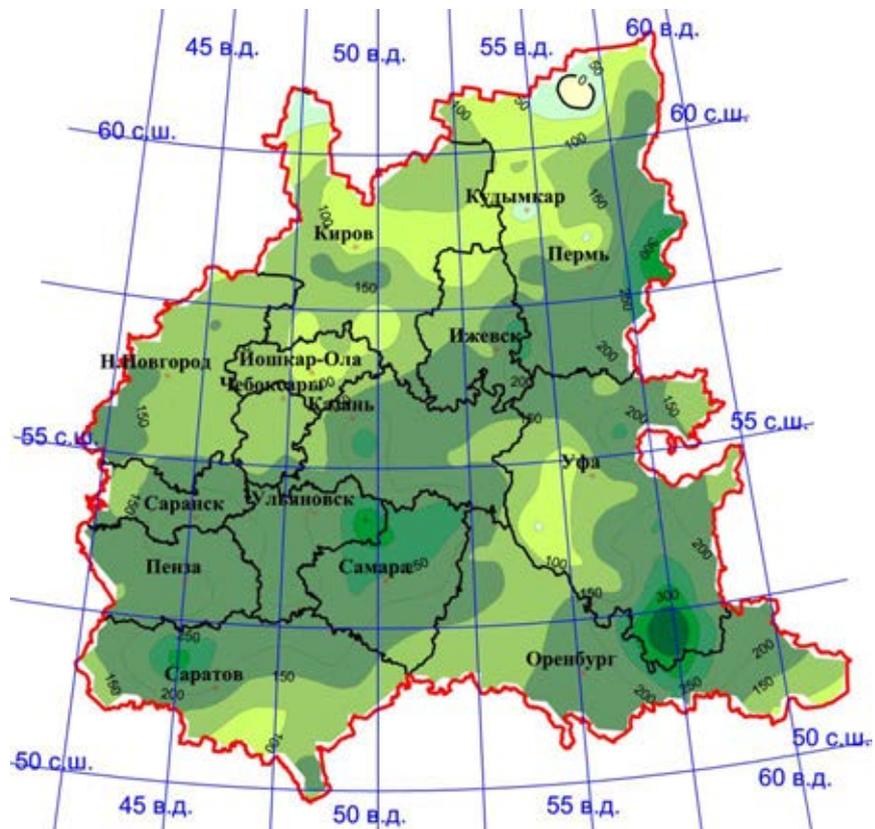


Рис. 8.9. Аномалии сумм осадков за 1989/90 гидрологический год

В этот период на всех станциях территории измерение количества осадков производилось с помощью осадкомера с защитой Третьякова. Таким образом, хотя бы с этой стороны ряды осадков не имеют неоднородности. При проведении анализа полученных результатов предпочтение гидрологическому году перед годом календарным было отдано связи с тем, что осреднение по периоду от ноября до октября является более естественным, так как в этом случае сохраняется целостность обоих экстремальных сезонов летнего и зимнего.

Для выявления долгопериодных изменений ряды сумм осадков осредненных по территории четырнадцати субъектов входящих в Приволжский федеральный округ были подвергнуты цифровой фильтрации с использованием низкочастотного фильтра Поттера (Отнес, Эноксон, 1982) с периодом пропускания 10 и более лет. Использование фильтра Поттера с указанным периодом пропускания колебаний обусловлено тем, что этот цифровой фильтр существенно не искажает фазы колебаний, а также ординаты сглаженного ряда в этом случае максимально близки к ординатам, полученным широко используемым в климатологии методом скользящих средних с интервалом осреднения 11 лет. При этом качество сглаживания фильтром Поттера по сравнению с равновесовым скользящим средним существенно лучше (рис. 8.10).

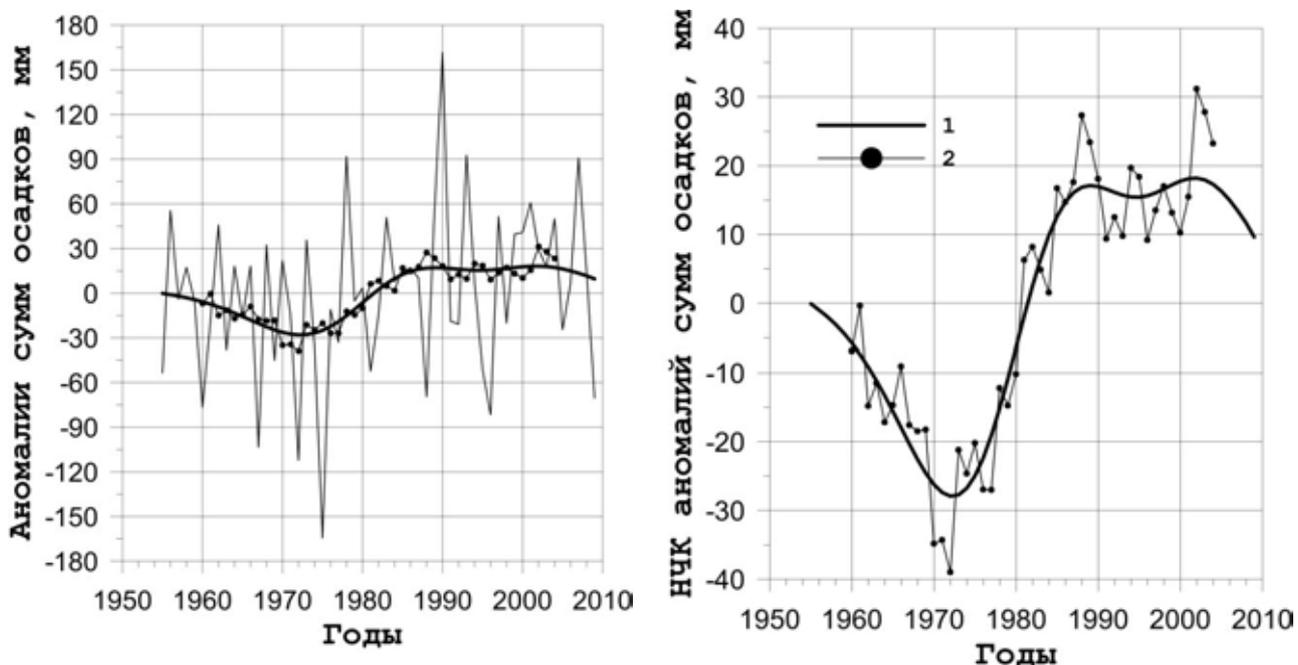


Рис. 8.10. Многолетний ход исходных и сглаженных значений аномалий годовых сумм осадков ПФО
1 – фильтр Поттера, 2 – 11-ти летнее скользящее среднее

Территория ПФО достаточно велика и составляет около 1 млн. 70 тыс. кв. км. Субъекты Федерации входящие в округ существенно отличаются по размерам. Так Пермский край занимает площадь более 190 тыс. кв. км, а Чувашская республика – всего 18300 кв. км, более чем на порядок меньше. Поэтому в целях исследования изменения режима осадков на территории ПФО, территория округа была поделена на районы, характеризующиеся достаточной однородностью этого изменения.

По средним месячным значениям сумм осадков каждой станции за исследуемый период была выполнена цифровая фильтрация низкочастотной компоненты (НЧК) временных рядов указанным выше способом. Далее были построены поля зависимости межгодовых изменений НЧК от года и месяца. Полученные поля представлялись в виде n -мерного вектора $X(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$, а в качестве показателя сходства векторов разных станций X и Y в N – мерном пространстве применялся показатель ξ , определяемый выражением

$$\xi = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 \sum_{i=1}^n (y_i)^2}} + \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 + \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2},$$

где первое слагаемое представляет косинус угла (φ) между сравниваемыми векторами и является мерой параллельности векторов, а второе – является мерой расстояния между ними.

Параметр ξ может принимать значения в интервале от -1 до 2 . При $\xi = 2$ имеет место полная аналогия рассматриваемых полей, при $\xi = -1$ – полная контр аналогия. Для определения границы между аналогичными и неаналогичными полями все пространство делилось на два класса

1. $\varphi < 45$, $\text{Cos } \varphi \leq 0,7$ – аналогичные поля;
2. $\varphi \geq 45$, $\text{Cos } \varphi > 0,7$ – неаналогичные поля.

Рассмотренным методом на территории округа были выделены 7 районов (рис.8.11), в которых долгопериодная динамика сумм осадков за период с 1955 по 2009 гг. имеет сходный характер. По округу в целом и каждому району было произведено пространственное осреднение месячных, сезонных и годовых сумм осадков. Полученные временные ряды также были подвергнуты цифровой фильтрации для выделения НЧК.



Рис. 8.11. Районы ПФО с аналогичной динамикой НЧК сумм осадков

Долгопериодная динамика количества осадков на территории ПФО в период с 1955 по 2009 гг. характеризуется заметными изменениями. С середины 50-х и до 70-х годов XX века на территории округа наблюдалось практически повсеместное уменьшение сумм осадков. В период наиболее активных современных климатических изменений, которые начались с 70-х годов XX века, годовые суммы осадков на территории ПФО несколько увеличились. Причем это увеличение произошло за счет резкого роста осадков теплого периода (около 40 мм за 15 лет) с начала 70-х до конца 80-х гг. и более плавного роста осадков холодного периода (более 30 мм за 26 лет) с середины 70-х и до начала XXI века. С конца 80-х годов суммы осадков теплого периода на территории округа в среднем стали уменьшаться, и уменьшение составило величину более 30 мм за последние 20 лет, а с начала нового столетия стало уменьшаться и количество осадков холодного периода (рис. 8.12а).

Таким образом, в среднем по округу годовое количество осадков в начале исследуемого периода с 1955 по 1972 г. уменьшилось на 28 мм по сглаженной кривой. Затем последовал достаточно резкий рост сумм осадков (на 45 мм за 17 лет), который завершился в конце 80-х годов XX столетия. Далее суммы осадков существенно не менялись,

однако в начале XXI столетия наметилась тенденция к их уменьшению.

В первом районе, занимающем большую часть территории округа, характер изменения НЧК сумм осадков во многом повторяет таковой для всего округа. Однако интенсивность изменения здесь несколько выше (рис. 8.12б). Так в холодный период рост сумм осадков с конца 70-х годов и до начала XXI века составил 35 мм за 23 года, а рост количества осадков теплого периода—48 мм за 15 лет (с середины 70-х и до конца 80-х годов XX века). В результате, несмотря на существенное уменьшение количества осадков в конце исследуемого временного интервала, в период наиболее активных современных изменений климата количество осадков несколько выросло. В холодный период это повышение составило величину около 20 мм, в теплый — около 10 мм. Следовательно, годовые суммы атмосферных осадков увеличились в этом районе на 30 мм, что соизмеримо со средним количеством осадков любого из месяцев холодного периода (табл. 8.1).

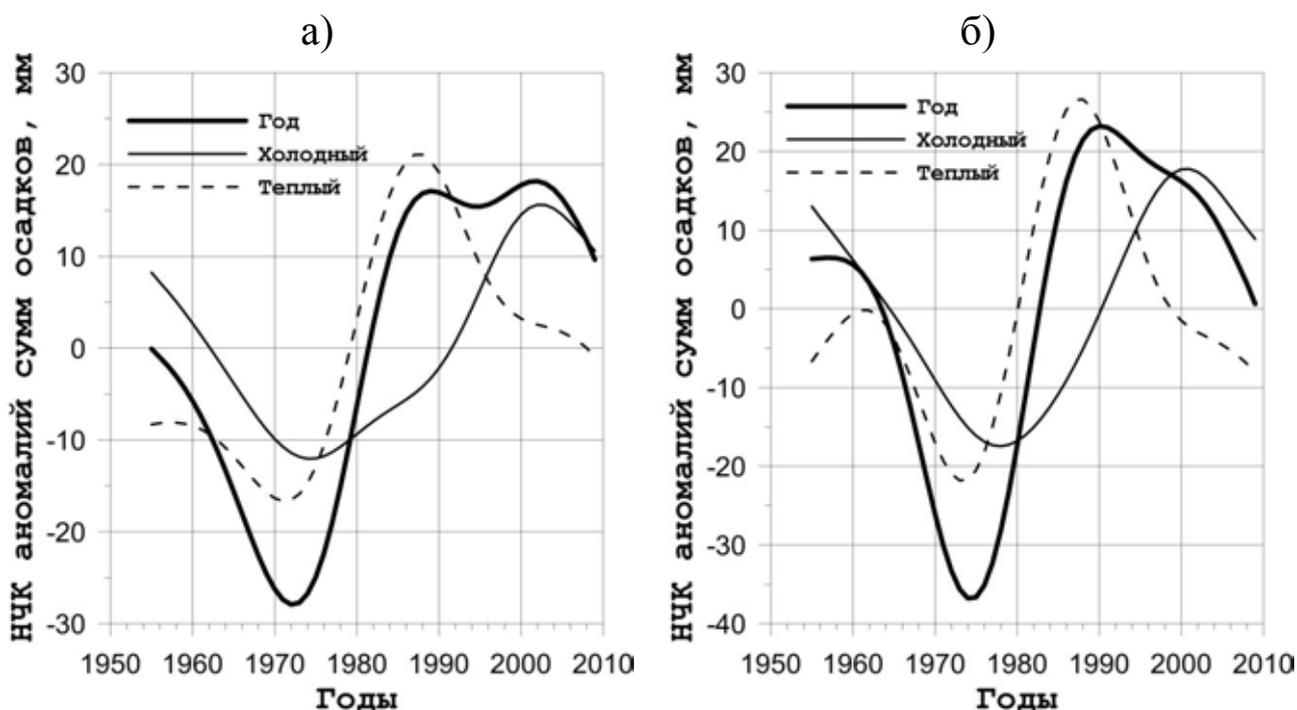


Рис. 8.12. Динамика НЧК сумм осадков осредненных по всей территории ПФО (а) и территории 1-го района (б)

В первом, а также четвертом, шестом и седьмом районах занимающих крайнюю южную и юго-восточные части округа в ходе НЧК сумм осадков наблюдается значительное сходство. Четвертый район занимает большую часть заволжских районов Саратовской области, а

шестой и седьмой – крайний юго-восток Башкортостана и восток Оренбургской области. После понижения количества осадков от начала периода и до 70-х годов, наименее выраженного в седьмом районе, в этих районах также наблюдался его рост, сменившийся в конце 80-х – 90-х годах уменьшением. В результате в этой части ПФО в четвертом районе наблюдался наименьший рост годовых сумм осадков с 70-х годов до настоящего времени (около 10 мм), а в седьмом – наибольший (более 30 мм) (рис. 8.13б, 8.14).

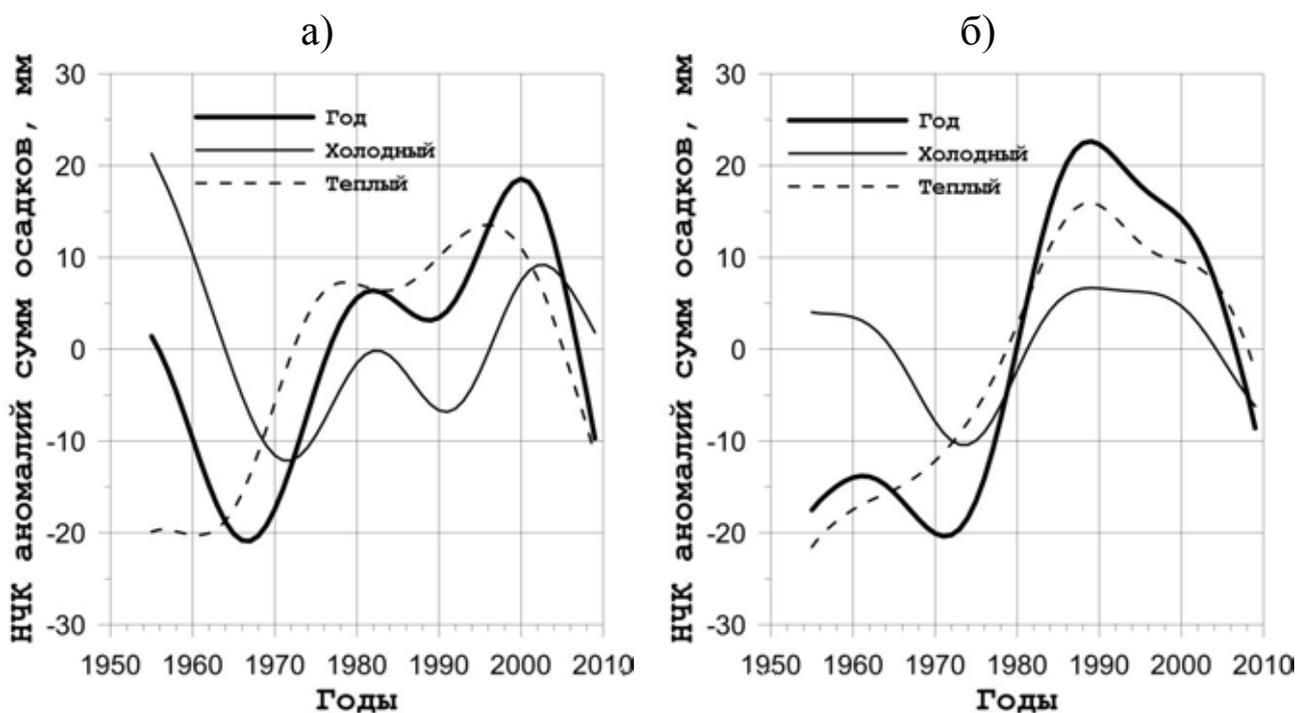


Рис. 8.13. Динамика НЧК сумм осадков осредненных по территории 2-го (а) и 4-го (б) районов

Существенно отличается от средней по округу динамика НЧК сумм осадков во втором (юго-восток Пензенской области и запад Саратовской), третьем (Чувашская республика и Республика Мордовия, восточная часть Республики Марий Эл, запад Татарстана, северо-запад Ульяновской и Пензенской областей, южная часть Нижегородской области) и особенно в пятом районах (Кировская область, северная часть Пермского края, восток Республики Марий Эл и северная часть Нижегородской области), которые занимают западную, северо-западную и крайнюю северную части ПФО (рис. 8.11). Главной особенностью динамики количества осадков в этой части округа является колебательное изменение сумм осадков от 70-х годов до настоящего времени как в холодный, так и в теплый период года.

В холодный период во втором и пятом районах после значитель-

ного уменьшения количества осадков от начала исследуемого периода и до 70-х годов суммы осадков увеличивались в два приема. Первый продолжался около 10 лет (от начала 70-х до начала 80-х годов), а второй – около 12 лет во втором районе и 17 лет в пятом (рис. 8.13а и 8.14б). Два периода увеличения количества осадков холодного периода разделяет небольшой период (около 6 – 9 лет) их уменьшения более выраженный во втором районе. В конце исследуемого периода осадки холодного периода вновь стали в этих районах уменьшаться. В третьем районе осадки холодного периода волнообразно уменьшались вплоть конца 80-х годов и лишь затем отмечается их рост, практически синхронный с ростом количества осадков во втором и пятом районах.

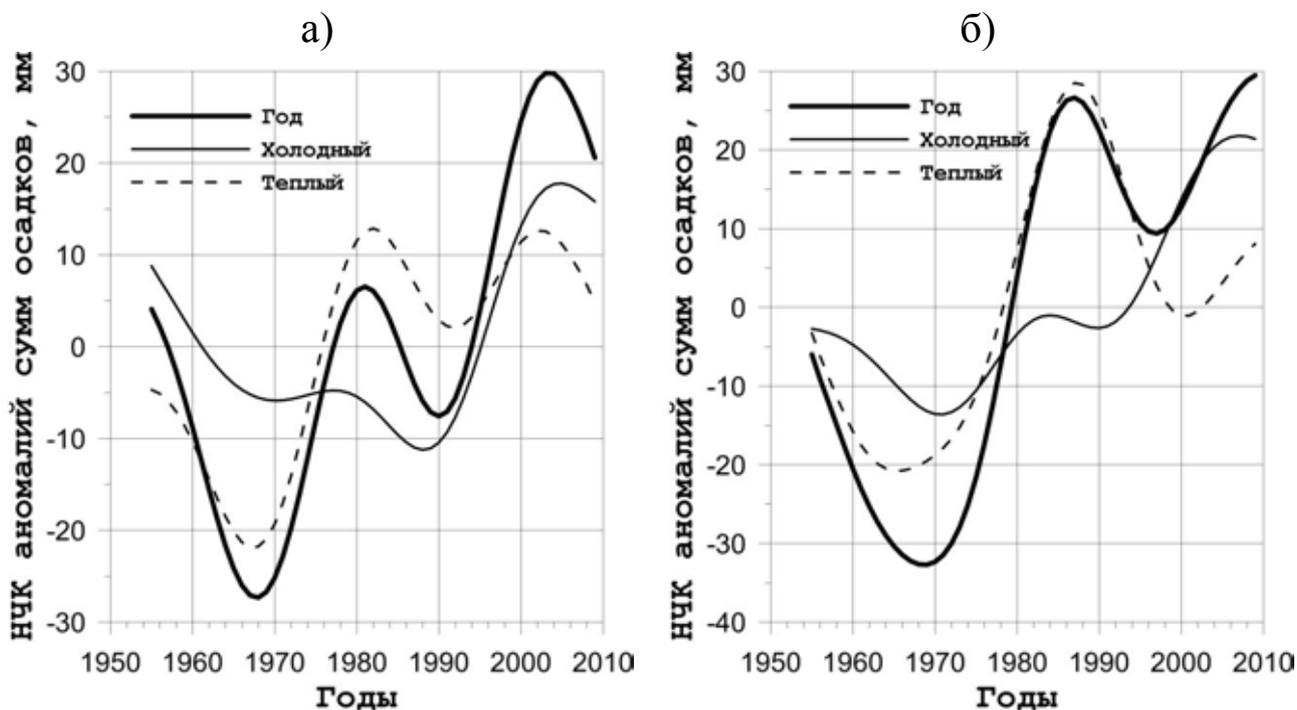


Рис. 8.14. Динамика НЧК сумм осадков осредненных по территории 3-го (а) и 5-го (б) районов

Динамика НЧК сумм осадков теплого периода в этих районах округа отличается существенно. Во втором районе рост сумм осадков начавшийся в 60-х годах XX столетия продолжался практически до конца 90-х с некоторым его прекращением в 80-х. Далее количество осадков теплого периода во втором районе стало резко уменьшаться (рис. 8.13а). В третьем районе после роста с конца 60-х и до начала 80-х годов осадки теплого периода практически не менялись, совершая небольшие колебания (рис. 8.14а). Пятый район округа характе-

ризуется наиболее значительным ростом сумм осадков теплого периода в середине исследуемого периода, величина повышения составила 50 мм за 20 лет по сравнению с ростом во втором районе на 35 мм за 35 лет. Далее в пятом районе количество осадков также резко уменьшилось (почти на 30 мм за 15 лет), а затем летние суммы осадков в этом районе ПФО вновь стали увеличиваться (рис. 8.14б).

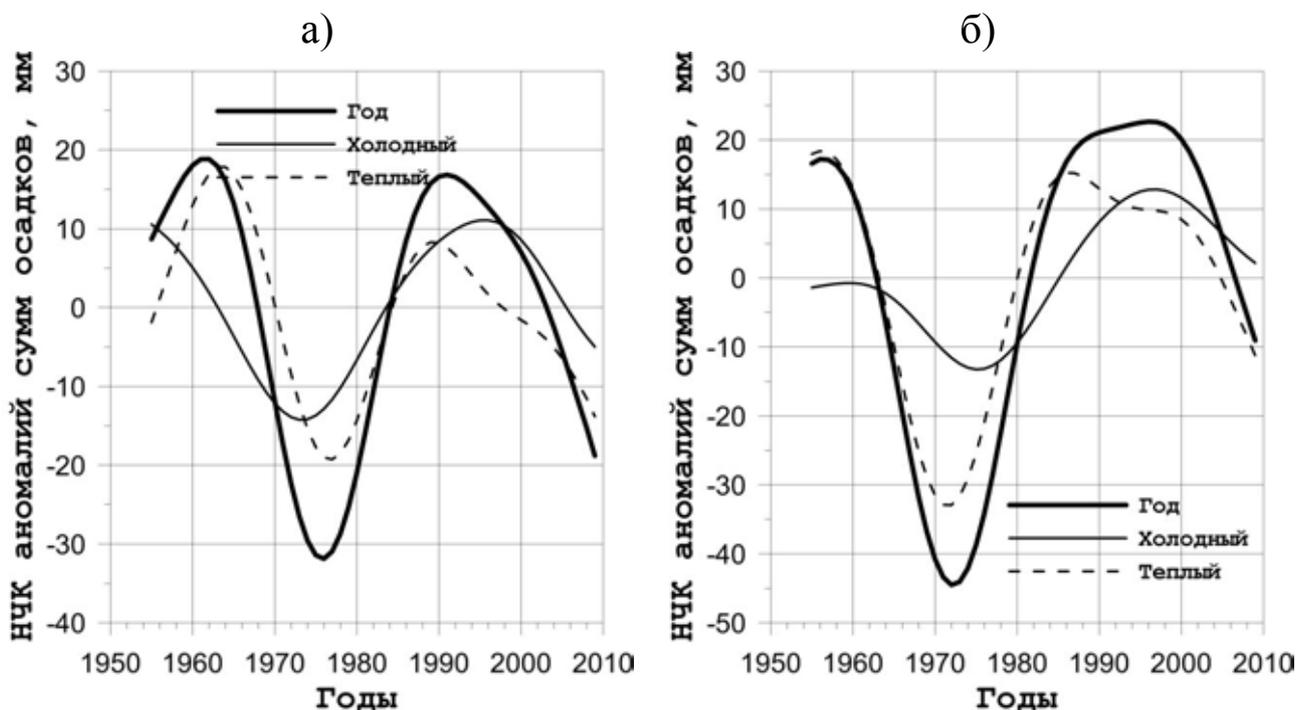


Рис. 8.15. Динамика НЧК сумм осадков осредненных по территории 6-го (а) и 7-го (б) районов

В результате годовые суммы осадков во втором районе округа с 70-х годов и до 2010-х выросли незначительно (около 10 мм), в то время как в третьем и, особенно, в пятом районах округа за тот же период рост составил соответственно 45 и 60 мм.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод об увеличении за исследуемый период количества осадков в западных и северных наиболее увлажненных частях ПФО и уменьшении их в южных и юго-восточных наиболее засушливых. В результате контраст в поле увлажнения различных частей округа за исследуемый период несколько возрос.

Этот факт подтверждается также ходом НЧК показателя засушливости Педя, чему способствует продолжающийся рост температур вегетационного периода на территории ПФО.

Индекс засушливости Педя (Педь Д.А., 1975) определяется следующим выражением:

$$S_{S_i} = \frac{\Delta T_i}{\sigma_T} - \frac{\Delta Q_i}{\sigma_Q},$$

где S_S – летний индекс Педя, ΔT – аномалия температуры воздуха, ΔQ – аномалия количества осадков, σ_T и σ_Q – средние квадратические отклонения T и Q в пункте i .

Условия атмосферной засухи характеризуются значениями $S_S \geq 2$, при $S_S \leq -2$, наблюдается избыточное увлажнение. Промежуточными значениями S_S характеризуются нормальные условия или условия слабой аномальности.

Долгопериодная динамика индекса Педя за активный вегетационный период такова. В среднем по Приволжскому федеральному округу индекс Педя с 70-х годов XX века в связи с ростом количества осадков уменьшался, а, начиная с середины 80-х, наблюдается его рост (рис. 8.16).

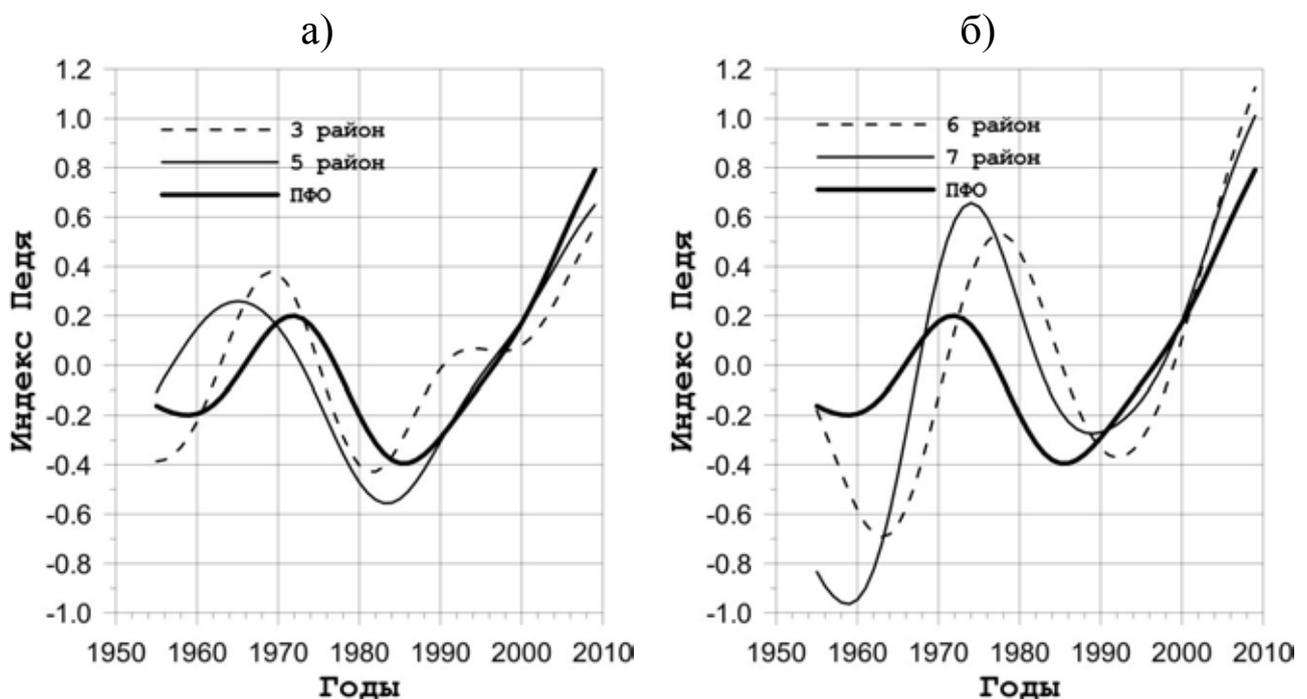


Рис. 8.16. Динамика НЧК индекса засушливости Педя вычисленного по осредненным значениям температуры и сумм осадков периода активной вегетации (май – сентябрь) для территории ПФО и территорий 3, 5-го (а) и 6, 7-го (б) районов

В северной и западной частях округа рост индекса меньше, чем в южной и юго-восточной его частях. Как видно, с конца XX столетия ордината НЧК индекса Педя стала положительной и продолжает увеличиваться.

9. ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛИМАТА И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

В настоящей главе особое внимание уделено изменению основных показателей климата на территории Приволжского Федерального округа за последние десятилетия (1955 – 2010 гг.). При этом особое внимание уделено температурно-влажностному и ветровому режиму, режиму общей облачности, а также количественной оценке влияния ряда естественных факторов (солнечная активность, неравномерное вращение Земли, индексы циркуляции атмосферы) на температуру воздуха и осадки региона. Определена корреляционная зависимость между изменениями температуры воздуха рассматриваемого региона и всего Северного полушария.

Исходные средние месячные данные температуры воздуха, сумм атмосферных осадков, скорости ветра и общей облачности на 200 метеостанциях, относительно равномерно расположенных по территории округа и сопредельным территориям, методом объективной интерполяции были разнесены в узлы квадратной сетки с шагом 20 км и проведено пространственное и временное осреднение исследуемых величин по территории всего округа, отдельных его регионов, сезонам года. По исходным и пространственно осредненным временным рядам были рассчитаны характеристики описательной статистики, выполнен трендовый и корреляционный анализ, методом цифровой фильтрации выделены низкочастотные колебания (НЧК) с периодом более 10 лет, тем самым производится фильтрация межгодовой изменчивости «климатических шумов» в рядах и выделяются тренды, характеризующие медленные колебания.

9.1. Пространственные изменения климатических показателей

Рассмотрим особенности пространственного изменения основных климатических показателей на территории ПФО за базовый период 1961 – 1990 гг.

Значения многолетней средней годовой приземной температуры (СГПТ) изменяются от 6,0°C (юго-запад) до 0°C (северо-восток) (рис. 9.1). В центре округа СГПТ имеют порядок 3,0 – 4,0°C, с запада на восток происходит понижение температуры. В возвышенных районах Башкортостана и на северо-востоке Пермского края формируются наиболее суровые условия. Годовые изотермы направлены с северо-

запада на юго-восток. В Предуралье картина усложняется, сказывается влияние возвышенного рельефа местности. В январе многолетняя температура повышается от $-18,0^{\circ}\text{C}$ (северо-восток) до $-9,0^{\circ}\text{C}$ (юго-запад). Самые низкие температуры формируются в восточной половине региона. В июле изотермы ввиду доминирующего влияния радиационного фактора принимают зональный характер и многолетние температуры возрастают от $16,5^{\circ}\text{C}$ (северо-восток) до $24,0^{\circ}\text{C}$ (крайний юг). И если запад округа характеризуется достаточно мягким континентальным климатом, то восток – весьма суровым. Существенные отличия в климатических условиях отмечаются между Средним и Нижним Поволжьем, что является следствием различного влияния радиационных и циркуляционных факторов.

Атмосферные осадки имеют более сложный характер изменений по территории, чем температура (рис. 9.2). Годовые суммы осадков возрастают с юга и юга-востока на север от 300 мм до 800 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в предгорных районах Пермского края и Башкортостана. В холодный период распределение количества осадков наиболее неоднородное, на крайнем юго-востоке их выпадает меньше всего – 80 мм, а на севере территории и наветренных склонах Уральских гор до 280 мм. В теплый период на большей части территории ПФО распределение осадков имеет примерно зональный характер и уменьшается от 440 мм на севере до 200 мм на юго-востоке. Исключением являются крайние восточные районы округа, где под влиянием Уральских гор изогипсы располагаются меридионально вдоль склонов. На востоке Пермского края наблюдается максимум осадков теплого периода составляющие более 560 мм. В то же время в течение всего года отмечаются орографически обусловленные локальные максимумы, например, в районе Бугульмы – 380 мм, где сказывается влияние Бугульминско-Белебеевской возвышенности.

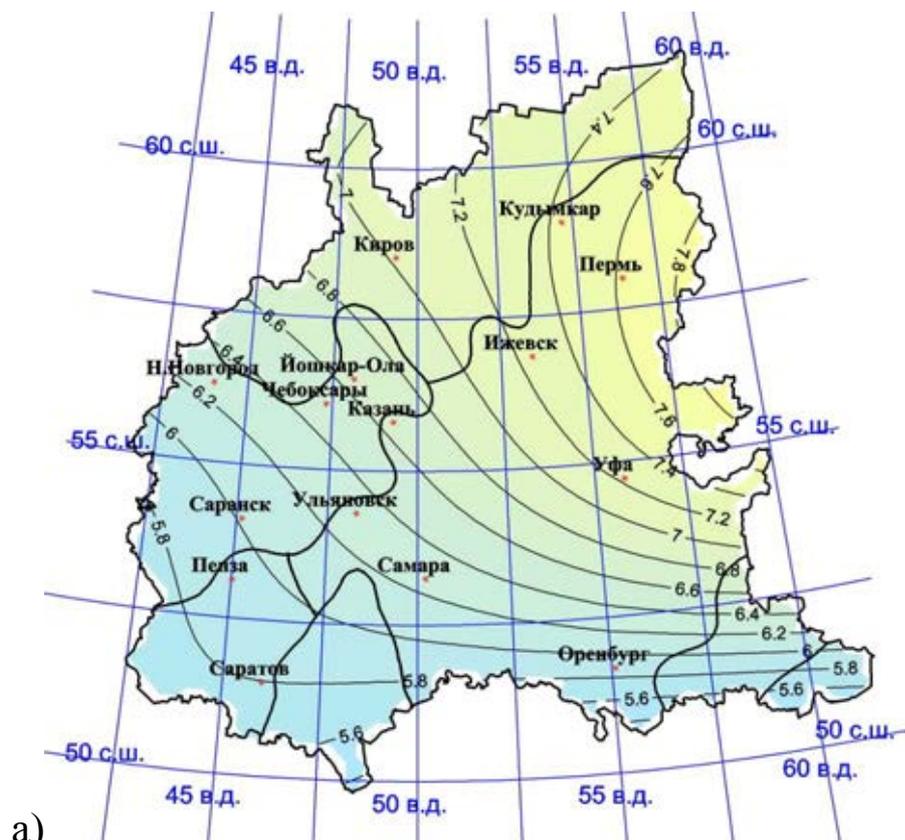
Рассмотрим теперь распределение средней зональной составляющей скорости ветра u (м/с) по территории ПФО в зимний и летний периоды, вычисленной за 1948 – 2010 гг. (рис. 9.3). Зимой скорости потоков достигают максимума на северо-востоке (7 – 8 м/с), а на юге и юго-западе отмечаются наименьшие скорости (~5 – 6 м/с). Горизонтальный градиент скорости ветра направлен с северо-востока на юго-запад и на всей территории округа доминирует западный перенос, обусловленный разностью температур между низкими и высокими широтами.



Рис. 9.1. Среднее многолетнее (1961 – 1990 гг.) значение годовой температуры воздуха (°C)



Рис. 9.2. Среднее многолетнее (1961 – 1990 гг.) значение годовых сумм осадков (мм)



а)



б)

Рис. 9.3. Среднее многолетнее (1961 – 1990 гг.) значение зональной компоненты скорости ветра зимой (декабрь – февраль) (а) и летом (июнь – август) (б) на изобарической поверхности 700 гПа (м/с)

Летом скорость зональных потоков заметно ослабевает в связи с уменьшением барических градиентов. Наибольшие ее значения отмечаются на юго-востоке (~ 5 м/с), а на севере наименьшие $\sim 3,5$ м/с. Градиент зональной скорости направлен с юго-востока на северо-запад. Изотахи сгущены на юге и юго-востоке региона.

Аналог вертикальной скорости ветра в изобарической системе координат τ зимой представлен семейством замкнутых изолиний с центром в районе Димитровграда, где $\tau \approx -6$ гПа/12 час (восходящие потоки). Лишь на крайнем северо-востоке, юго-востоке и юге $\tau > 0$. Но в целом вся территория ПФО занята однородной областью восходящих потоков, свидетельствующих об активной циклонической деятельности, благоприятной для формирования слоистой обложной облачности.

Летом северо-запад округа занят восходящими потоками ($\tau = -2, -3$ гПа/12 час). Большая же часть территории занята нисходящими движениями $\tau > 0$, которые на юге достигают 7 гПа/12 час. Район Южного Предуралья находится в малоградиентном поле вертикальных движений (6 гПа/12 час). Таким образом, летом в регионе создаются условия для размыва облачности, так как преобладают нисходящие движения свойственные антициклонической форме циркуляции. Следует, однако, иметь в виду, что в летний период складываются благоприятные условия для возникновения и развития конвективных облаков мезомасштаба (внутримассовые процессы).

В происходящих климатических процессах значительна роль облачности, которая определяет приход солнечной радиации и регулирует тепловое излучение, тем самым оказывая определяющее влияние на энергетический баланс Земли, из облаков выпадают атмосферные осадки. Она тесно связана с влажностью атмосферы и с испарением подстилающей поверхности, имеет важное климатообразующее значение. В работе (Покровский, 2012) приводятся данные о динамике облачного покрова Земли по спутниковым данным за 1983 – 2009 гг. Показано, что доля глобальной общей облачности уменьшилась от 68 до 64,6% (уменьшение облачности на 4% равносильно увеличению потока приходящей солнечной радиации на $0,9 \text{ Вт/м}^2$). Это достаточно заметная величина, так как согласно отчета IPCC-2007, за период 1750 – 2006 гг. увеличение приходящей солнечной радиации составило только $1,6 \text{ Вт/м}^2$ (астрономический фактор).

Распределение средней годовой общей облачности по территории ПФО следующее (рис. 9.4): больше всего облаков в северной ее части (небосвод закрыт на 70%), к югу происходит уменьшение до 60% (55% на крайнем юго-востоке), а изолиния в 65% проходит через Пензу и Самару. Зимой в северной и центральной частях округа она достигает 75%, на юге ~70%, а в юго-восточной части Оренбургской области 65%. Летом ее количество заметно уменьшается: на севере 65%, на юге округа ~50%, а на границе с Казахстаном всего 45%.

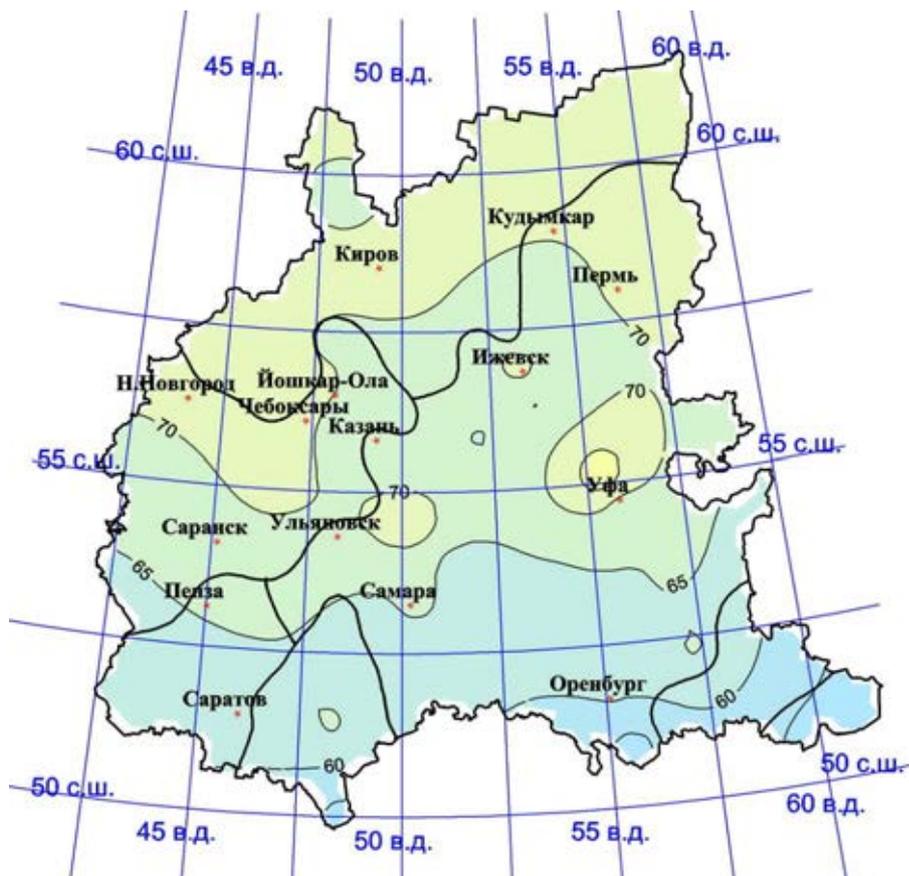


Рис. 9.4. Среднее многолетнее (1961 – 1990 гг.) значение годового количества общей облачности (%)

9.2. Многолетние изменения климатических показателей

Перейдем к рассмотрению временного хода НЧК ($\tau \geq 10$ лет) аномалий температуры воздуха, количества осадков и общего количества облаков, рассчитанных от нормы 1961 – 1990 гг. по 200 станциям ПФО. Данный подход позволяет выявить долгопериодные тенденции в колебаниях важнейших показателей климата в период 1955 – 2010 гг., характеризующих территорию ПФО в целом.

Нами проведена классификация режима температуры и количества осадков по характеру изменения низкочастотной компоненты с использованием показателя сходства векторов разных станций, в виде которых были представлены поля изменения межгодовых разностей НЧК. Установлено, что изменение температурного режима на исследуемой территории достаточно однородно. Лишь на крайнем севере округа (север Кировской области и север Пермского края) и на крайнем юго-востоке (южные районы Башкортостана, центр и восток Оренбургской области) имеют место некоторые отличия в долгопериодном ходе температуры от остальной части округа. Таким образом, на территории округа выявлено три разных по площади района отличающихся по изменению температуры. Атмосферные осадки отличаются существенно большей пространственно-временной неоднородностью, поэтому на территории ПФО было выделено 7 районов по долгопериодному изменению сумм осадков. Наличие указанных районов свидетельствует о сравнительно неоднородном характере формирования температурно-влажностного режима ПФО под влиянием атмосферной циркуляции, состояния подстилающей поверхности и других факторов.

Установлено, что годовая температура воздуха увеличилась за 56 лет примерно на 1,8 °С. При этом в середине 1970-х годов произошел переход кривой температуры из области отрицательных аномалий в положительную. Кривые, характеризующие временное поведение аномалий количества осадков и облачности имеют более сложный характер, причем минимум облачности отмечен несколько раньше, чем осадков (1968 и 1972 гг. соответственно). В 1970-х годах знак годовых аномалий осадков и облачности сменился с отрицательного на положительный и после достижения максимальных значений рассматриваемых величин ~ в 2000 г. начался их спад (рис. 9.5). Если в 1972 г. аномалия годовых сумм осадков была отрицательной (-24 мм), то в 2000 г. положительная аномалия составила 20 мм. Таким образом, за 28 лет годовая сумма осадков выросла почти на 45 мм, а облачность возросла на 3,5%. Период 1990-х годов был благоприятным для сельского хозяйства, так как тепло- и влагообеспеченность региона заметно возросли с 1970-х годов. Причина этого в поведении атмосферной циркуляции – усилении ее западной формы. В период 1980-х – 1990-х годов индекс НАО имел положительную аномалию, причем в зимний период в 1992 г. был достигнут его максимум.

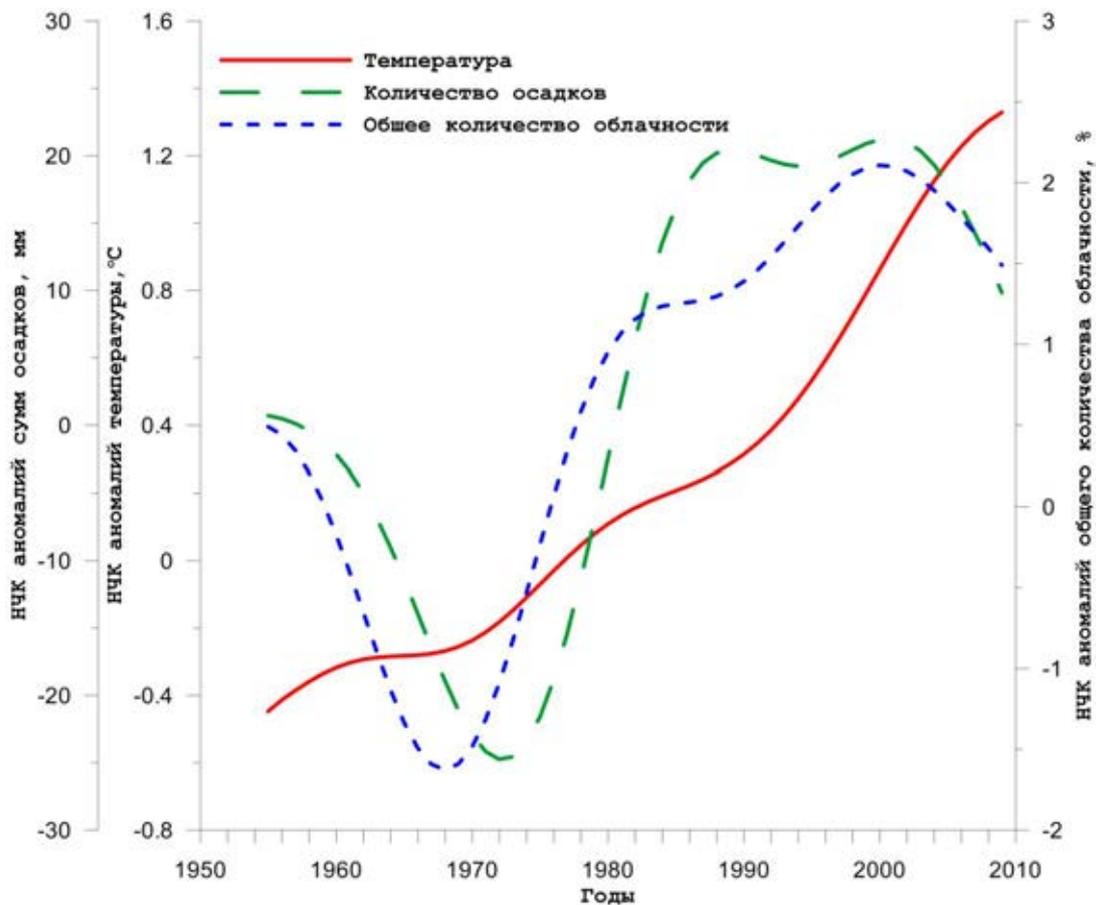


Рис. 9.5. Многолетний ход НЧК с периодом более 10 лет аномалий средних годовых значений приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), количества осадков (мм) и общей облачности (%) осредненных по территории ПФО

Долгопериодная динамика рассматриваемых показателей по сезонам такова. Зимняя картина их колебаний имеет сходство с годовой по тенденции развития, начиная с 1970 г. Отметим, что в 1970 г. два показателя приняли минимальное значение: температура имела аномалию -1°C , облачность (-3%). Минимум осадков пришелся на 1971 г. (-7 мм). Однако максимальных значений рассматриваемые показатели достигли в разное время: температура в 2006 г. ($1,9^{\circ}\text{C}$), облачность в 1998 г. ($\sim 5\%$), осадки в 2000 г. (14 мм). Как и в случае минимума, максимум осадков запаздывает \sim на 4 года относительно максимума облачности (рис. 9.6). Этот факт трудно объяснить без специального исследования, так как происходят либо изменения в структуре облаков, либо в циркуляционных системах. Летняя картина заметно отличается от зимней особенно в последние десятилетия. Кривая аномалий температуры достигла своего минимума в 1971 – 72 гг. ($-0,18^{\circ}\text{C}$), а затем наблюдалось ее неуклонное возрастание до 2010 г. ($0,75^{\circ}\text{C}$). Следовательно, летняя температура повысилась за последние 40 лет

примерно на 1°C , что улучшило теплообеспеченность вегетационного периода.

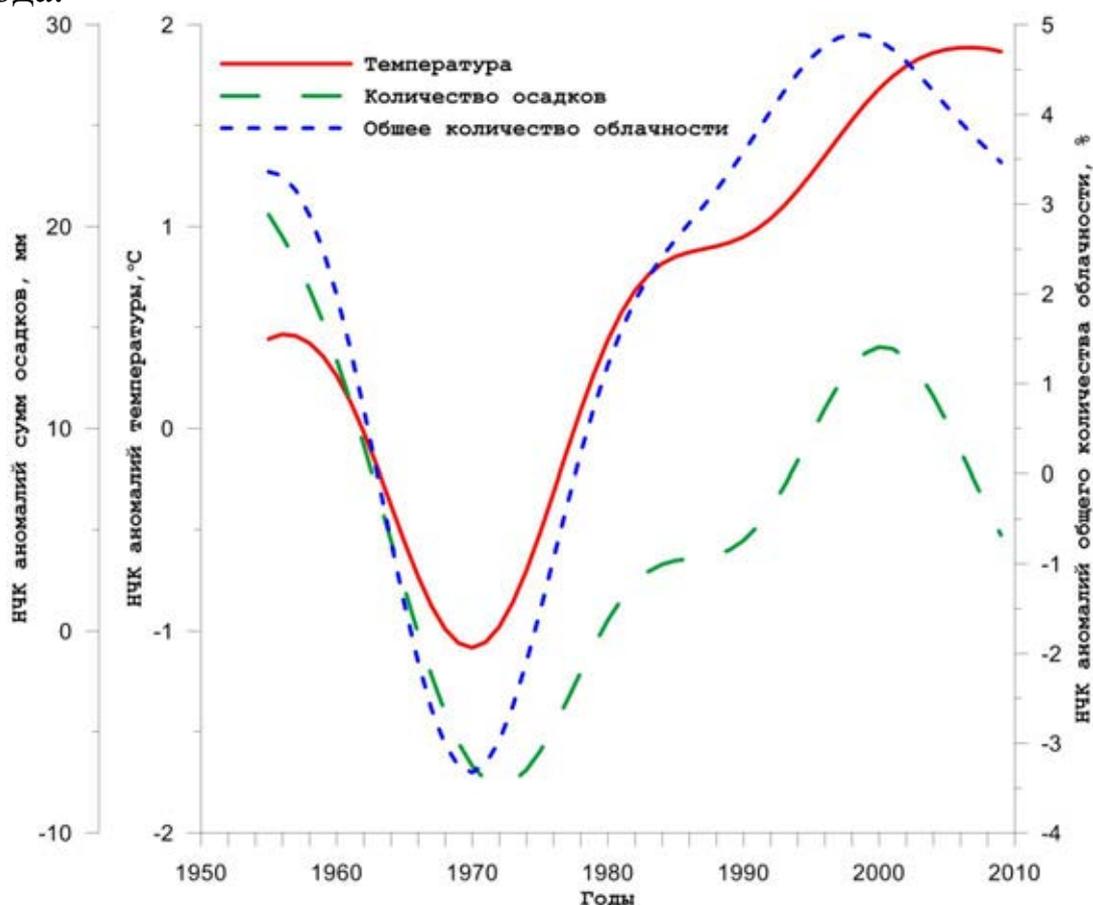


Рис. 9.6. Многолетний ход НЧК с периодом более 10 лет аномалий средних зимних (декабрь – февраль) значений приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), количества осадков (мм) и общей облачности (%) осредненных по территории ПФО

Для оценки степени возмущенности температурного поля на территории округа рассчитывались известные индексы Багрова и Токарева, межгодовой ход которых показывает, что в последнее десятилетие возмущенность температуры наименьшая, кроме того, в зимний период, начиная с 1971 г., аномальность температурного поля заметно слабее летней.

По аномалиям летних осадков минимум отмечен в 1970 – 71 гг. (-12 мм), а максимум в 1987 г. (+13 мм), затем они стали снижаться до 2000 г., а далее несколько возросли. Таким образом, прирост осадков составил ~ 25 мм, но начиная с 1980-х количество летних осадков в целом имеет тенденцию к снижению. Облачность же после достижения своего минимума в 1966 г. (-2,1%) достигла максимума в 1990 г. (2,3%), затем пошла на понижение, а с 2004 г. наблюдается слабый ее рост (рис. 9.7).

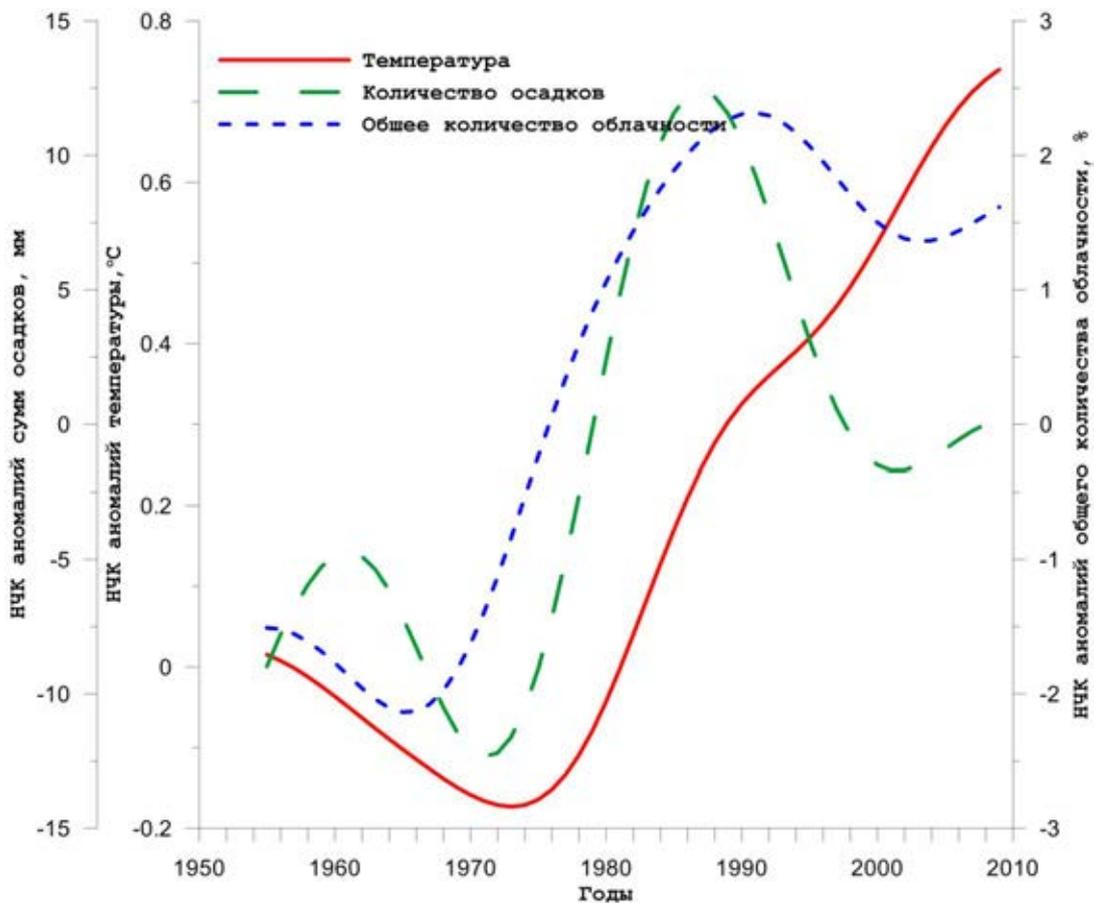


Рис. 9.7. Многолетний ход НЧК с периодом более 10 лет аномалий средних летних (июнь – август) значений приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), количества осадков (мм) и общей облачности (%) осредненных по территории ПФО.

Вместе с тем летом в осадках выявляется колебание с периодом порядка 30 лет, т.е. процесс более высокочастотен, чем зимой (~60 лет).

Следует заметить, что в результате происходящих изменений климата с 1980-х годов наблюдается постепенное увеличение стока Волги, наиболее выраженное в зимний период. Межгодовая изменчивость режима увлажнения во многом обусловлена особенностями атмосферной циркуляции отдельных лет (Анисимов и др., 2011).

Естественно, что для объяснения полученных результатов необходимо привлечь данные, характеризующие состояние атмосферной циркуляции. Были построены НЧК аномалий зональной, меридиональной и вертикальной составляющих скорости ветра. Зимой аномалия зональной компоненты достигает своего минимума в 1972 г. (-0,5 м/с), а в 1998 г. главный максимум (~1,0 м/с), в 1958 г. более слабый максимум (0,45 м/с). Выявляется ~40-летнее колебание в зональном ветре. При отрицательной аномалии зонального ветра отмечается ми-

нимум температуры, однако с начала 2000-х годов наблюдается резкое понижение скорости ветра. Колебания вертикальной составляющей Δt происходят в противофазе с Δu : минимальным значениям зональной скорости соответствуют максимальные значения вертикальной. НЧК меридиональной составляющей ветра имеет волновой характер с периодом ~ 20 лет. Летняя картина сложнее зимней: зональная составляющая проявляется с циклом ≈ 30 лет, меридиональная – с периодом 35 лет с максимумом в 1985 г., Δt с периодом ~ 30 лет и главным минимумом \sim в 1990 г. Летом в противофазе находятся аномалии меридионального и вертикального ветра. Это логично, так как зимой преобладает западная форма циркуляции, а летом меридиональная, когда циклоническая активность заменяется антициклонической.

9.3. Геофизические факторы и их влияние на режим температуры и осадков

Изучено также поведение естественных факторов, с которыми определялась корреляционная связь ранее рассмотренных климатических показателей. К их числу относятся: северо-атлантическое колебание, количественно характеризуемое индексом NAO, явление Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК), количественно оцениваемое индексом Южное колебание (ЮК), длительность суток (угловая скорость вращения Земли), относительные числа пятен на Солнце, характеризующие солнечную активность (числа Вольфа). На рис. 9.8 представлены межгодовые изменения указанных показателей за период 1955 – 2010 гг. С помощью фильтра Поттера проведена сглаживающая кривая (оставлены колебания с периодом $\tau \geq 10$ лет), которая позволяет судить о тенденции изменения каждого фактора.

Индекс NAO, как это видно по поведению кривой НЧК (рис. 9.8а), достиг своего максимума в начале 1990-х годов, после этого он неуклонно понижается и в настоящее время находится на самом низком за последние 40 лет уровне. Произошел переход значения NAO в отрицательную фазу, для которой характерно ослабление интенсивности западного переноса воздушных масс (Clark et al, 1999).

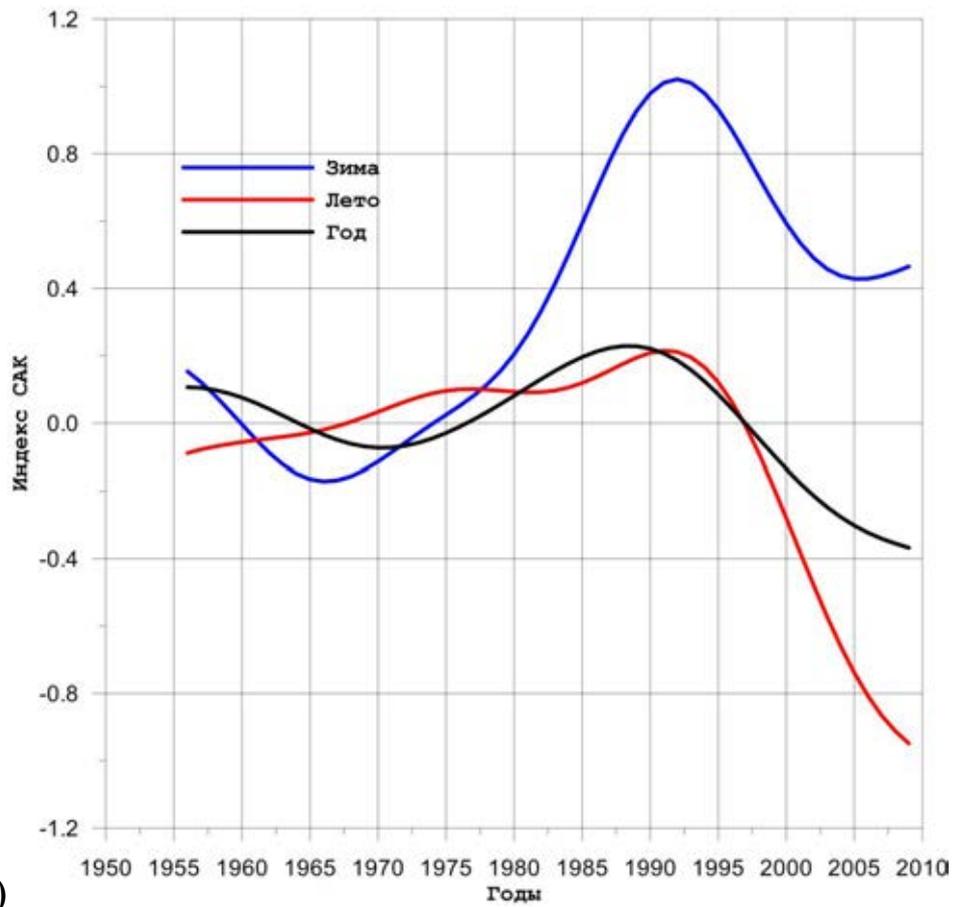
Установлено, что ряды индекса NAO содержат примерно 60 – 70 летнюю составляющую и обнаруживают сильную положительную корреляцию с рядами температуры воздуха Северного полушария

(СП). Эпохи с положительными индексами NAO характеризуются более интенсивным западным переносом воздушных масс и заметным потеплением большей части внетропической зоны СП, особенно выраженным в зимне-весенний период. Согласно работе (Клименко, 2011), в ближайшие десятилетия естественные факторы будут оказывать сдерживающее воздействие на процесс глобального потепления, что будет связано, в первую очередь, со снижением солнечной активности и переходом NAO в отрицательную фазу, для которой характерно ослабление интенсивности западного переноса воздушных масс.

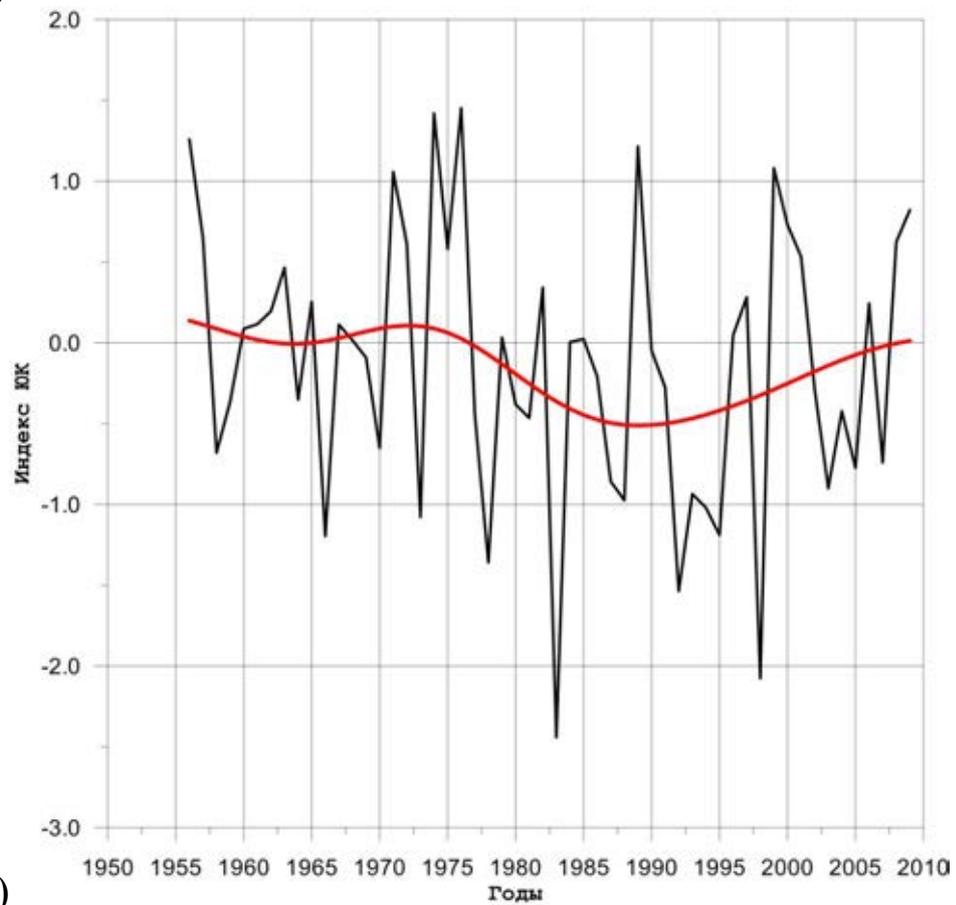
Индекс Южного колебания в период 1950 – 2010 гг. имеет значительную межгодовую изменчивость и в последние десятилетия, судя по кривой НЧК, находится в отрицательной зоне, что свидетельствует о преобладании процессов Эль-Ниньо (теплая фаза) над Ла-Нинья (холодная фаза). В 1983 г. отмечался абсолютный минимум индекса, за ним следовал минимум 1998 г. Действительно в указанные годы происходили сильные Эль-Ниньо и колебания приземной глобальной температуры (рис. 9.8б). Этому индексу свойственны 22-летние колебания. Известно, что процессы ЭНЮК ответственны за дальние связи в климатической системе, влияющие на погоду и климат территорий удаленных от места их экстремального проявления на многие тысячи километров.

Солнечная активность (СА) характеризуемая числами Вольфа, согласно рис. 9.8в, слабеет. Так, в 19 цикле солнечной активности (слева) отмечаются наибольшие значения чисел Вольфа (~190), затем наблюдается их понижение и старт последнего 24-го цикла начинается с самой низкой отметки, судя по кривой НЧК. В работе (Клименко, 2011) отмечено, что в текущем 24-м цикле, начавшегося осенью 2008 г. зафиксированы минимальные за всю 33-летнюю историю спутниковых наблюдений значения солнечной постоянной.

На рис. 9.8г представлены данные о продолжительности суток за последние десятилетия. Судя по кривой НЧК, величина продолжительности суток (зависящие от скорости вращения Земли) испытывает ~20-летние осцилляции. На факт существования квазидвадцатидвухлетних осцилляций (22 года) скорости вращения Земли указано в работе (Сидоренков, 2002). Согласно рис. 9.8г, в 1970-х годах продолжительность суток была наибольшей, затем она стала уменьшаться, т.е. происходило усиление скорости вращения Земли.

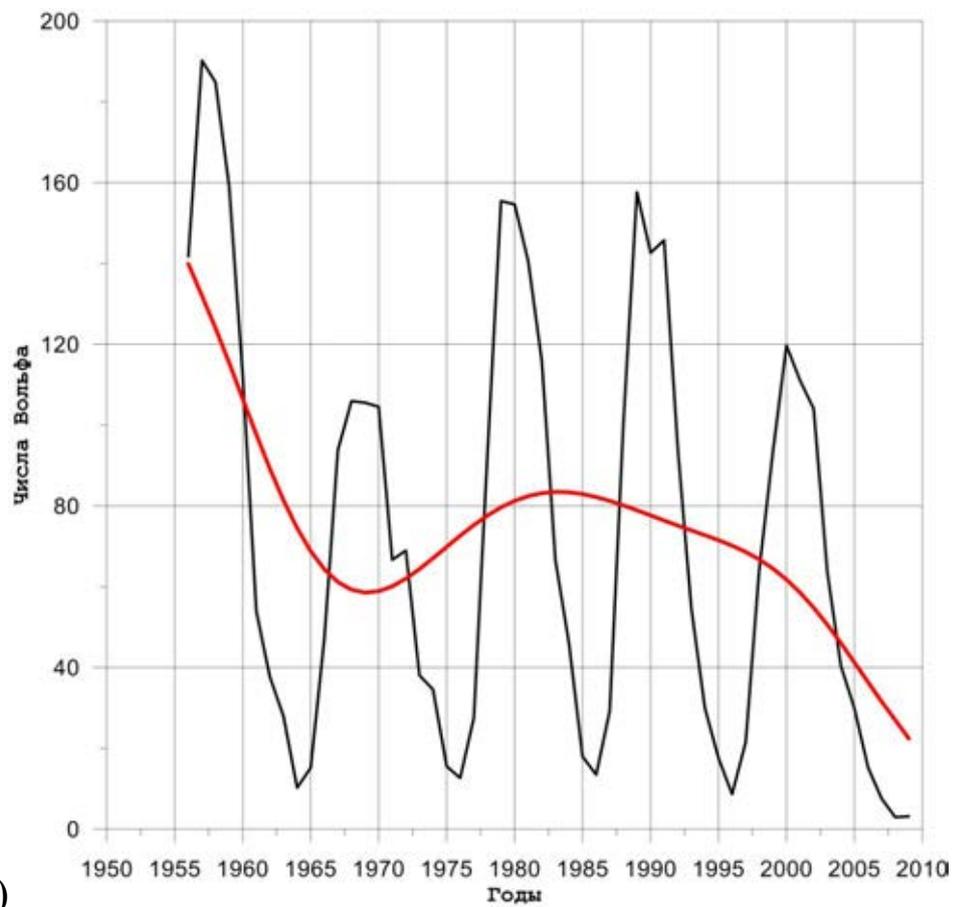


а)

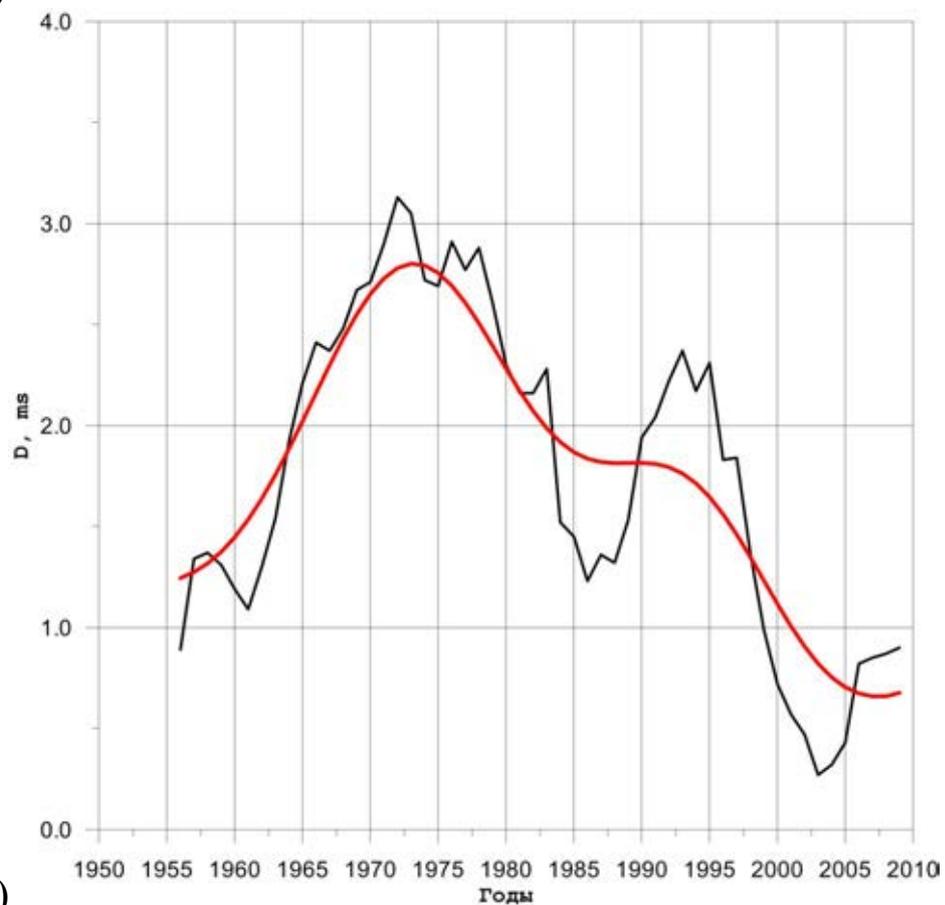


б)

Рис. 9.8.а,б. Динамика исходных рядов и НЧК с периодом более 10 лет индекса САК (а) и индекса ЮК (б)



в)



г)

Рис. 9.8.в,г. Динамика исходных рядов и НЧК с периодом более 10 лет индекса чисел Вольфа (в) и аномалий продолжительности суток (мс) (г)

В работах (Сидоренков, 2002; Андрианов, Белевич, 2003) показано, что колебания планетарной циркуляции атмосферы в силу закона сохранения импульса всегда сопровождаются изменениями угловой скорости вращения Земли. При этом глобальный междуполушарный энергомассоперенос воздуха, возникающий между холодным зимним и теплым летним полушариями, а также между холодными полярными «шапками» и теплыми экваториальными и тропическими широтами, приводит к формированию четко выраженной полугодовой, годовой, квазидвухлетней и 5 – 6 –летней цикличности в вариациях угловой скорости вращения Земли.

В табл. 9.1 представлены значения коэффициентов корреляции между аномалиями температуры воздуха и сумм осадков ПФО с аномалиями температуры СП в целом, аномалиями NAO, ЮК, чисел Вольфа, продолжительности суток. Коэффициент корреляции, начиная с величины $r=0,28$ при данной выборке значим на уровне 95% ($n=56$).

Таблица 9.1

Значения коэффициентов корреляции аномалий температуры (ΔT) и сумм осадков (ΔPr) ПФО и аномалий температуры СП ($\Delta T_{СП}$), Северо-Атлантического колебания (NAO), чисел Вольфа (W), аномалий продолжительности суток (D) и индекса ЮК

		$\Delta T_{СП}$	NAO	W	D	ЮК	$\Delta T_{СП}$	NAO	W	D	ЮК
		Исходные ряды					Сглаженные ряды				
	ΔT	0,59	0,05	-0,06	-0,31	-0,04	0,97	-0,57	-	-0,70	-0,37
Год	ΔPr	0,25	0,21	0,12	-0,21	-0,15	0,78	0,06	0,11	-0,73	-0,77
	$\Delta T_{СП}$	1	-0,17	-0,11	-0,66	-0,27	1	-0,56	0,58	-0,83	-0,35
	ΔT	0,62	0,64	0,05	-0,28	-0,15	0,96	0,78	0,34	-0,81	-0,57
Зима	ΔPr	0,30	0,11	0,24	-0,25	-0,05	0,67	0,37	0,24	-0,86	-0,18
	$\Delta T_{СП}$	1	0,31	-0,05	-0,61	-0,37	1	0,70	0,46	-0,86	-0,44
	ΔT	0,41	-0,15	0,05	-0,25	0,24	0,98	-0,69	0,54	-0,84	-0,40
Лето	ΔPr	0,02	0,05	-0,11	-0,11	-0,06	0,46	-0,05	0,09	-0,45	-0,85
	$\Delta T_{СП}$	1	-0,29	-0,15	-0,69	-0,03	1	-0,77	0,61	-0,84	-0,29

Как видно из этой таблицы, статистически значимая положительная корреляция отмечается между аномалиями температуры ПФО и СП для зимы, лета и года в целом. Связи более тесные зимой ($r=0,62$), чем летом ($r=0,41$). Действительно, в последние десятилетия (с 1976 г.) наблюдается глобальное потепление климата, что находит свой отклик и на территории Поволжья особенно в зимний период. Естественно, что связь осадков на территории ПФО с температурными аномалиями всего СП оказалась несравненно слабее – для зимы $r=0,30$, а для лета $0,02$ (практически связь отсутствует). Следует отметить, что потепление привело к росту осадков зимой, что физически ясно (увеличение влажности воздуха и циклонической активности).

Достаточно высокая тепловая зависимость формируется на территории ПФО зимой от состояния Северной Атлантики. Свидетельством этому является тесная корреляция зимних аномалий температуры с аномалиями индекса NAO ($r=0,64$). Летом величина $r=-0,15$, статистически незначима. NAO оказывает определенное воздействие и на формирование аномалий температуры всего СП (зимой $r=0,31$, летом $r=-0,29$).

Как и следовало ожидать, связь с индексом ЮК оказалась значимой лишь в масштабах температурного поля СП (зимой $r=-0,37$). Связь отрицательная, т.к. отрицательные аномалии ЮК вызывают рост температуры. Однако это явление больше себя проявляет в Южном полушарии, где на океанических просторах Тихого и Индийского океанов разворачиваются основные события связанные с ЮК.

Связи температуры, осадков с солнечной активностью оказались незначимыми. Лишь для зимы коэффициент корреляции r между аномалиями осадков и чисел Вольфа составил $0,24$. В то же время неравномерность вращения Земли находит свой отклик в температурном поле как ПФО, так и в особенности СП. Так, для годовых значений аномалий температуры СП $r=-0,66$ (для зимы $r=-0,61$, для лета $r=-0,69$). Изменения температуры воздуха как и скорости вращения Земли происходят с периодичностью в 60 – 70 лет. Кроме того, изменения скорости вращения Земли оказывают влияние на зональную циркуляцию атмосферы (а, следовательно, и на температуру воздуха). Возможно, это и явилось причиной столь высокой статистической связи. Так как знак r отрицательный, то это означает, что с уменьшением продолжительности суток (ускоряется вращение Земли) темпе-

ратура растет. Для ПФО, естественно, рассматриваемая связь более слабая (для года $r=-0,31$, для зимы $r=-0,28$).

Коэффициенты взаимной корреляции между рядами резко возросли, когда вместо исходных рядов стали использоваться сглаженные. Отфильтровав шум и оставив главные циклы, пришли к более высокой корреляционной зависимости между рядами. Так, коэффициент взаимной корреляции между аномалиями, характеризующими случайную межгодовую изменчивость, температуры округа и СП достиг значения 0,98 в летний период и т.д.

10. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТЕПЛА И ВЛАГИ

Агроклиматические ресурсы – совокупность агроклиматических условий, определяющих величину получаемой сельскохозяйственной продукции на конкретной территории (Толковый словарь, 2002). Их влияние на объекты и процессы сельскохозяйственного производства, в особенности на формирования продуктивности культурных растений, обуславливает в значительной мере размер урожая, качество продукции, ее стоимость, производительность труда. Изучение закономерностей формирования урожая культурных растений возможно лишь на основе количественной оценки метеорологических факторов, главными из которых являются свет, тепло, влага (Руководящий документ, 2000).

10.1. Показатели термических условий и увлажнения вегетационного периода

Для сельскохозяйственной оценки термических ресурсов климата Г.Т. Селяниновым предложены суммы активных температур. Суммы температур используются как показатель, характеризующий количество тепла за определенный период. Они служат показателем обеспеченности теплом периода активной вегетации сельскохозяйственных культур в умеренном поясе. Суммы активных температур складываются из средних суточных температур равных 10°C и более (Чирков, 1986).

Для выражения потребности растений в тепле применяются также суммы эффективных температур. Это суммы средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума, при которых развиваются растения данной культуры. Биологические минимумы температуры развития для различных растений неодинаковы: для яровой пшеницы принята температура 5°C, для кукурузы 10°C. Суммы активных и эффективных температур имеют экологическое значение, выражая связь растений со средой обитания (атмосфера – гидросфера - литосфера).

Климатические сезоны обычно выделяются по переходу средней суточной температуры воздуха через определенные пределы 0, 10, 15°C. Температурной границей между теплым и холодным периодами года являются 0°C весной и осенью. Для каждого года даты перехода средней суточной температуры через заданные пределы определены по суточ-

ным данным. За дату устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5, 10, 15°C весной принимается первый день периода, сумма положительных отклонений которого превышает сумму отрицательных отклонений любого из последующих периодов с отрицательными отклонениями. За дату устойчивого перехода температуры воздуха через 15, 10, 5, 0°C осенью принимается первый день периода, сумма отрицательных отклонений которого превышает сумму положительных отклонений любого из последующих периодов с положительными отклонениями.

Продолжительность периодов с температурой выше указанных пределов для теплого периода вычислялись путем подсчета числа дней соответственно выше 5, 10 и 15°C. При подсчете дата перехода температуры весной учитывается, а дата перехода осенью в подсчет не входит.

Для оценки условий увлажнения используется гидротермический коэффициент ГТК (Г.Т. Селянинова):

$$ГТК = \frac{\sum r}{\sum t} \cdot 10, \quad (10.1)$$

где $\sum r$ – сумма осадков за вегетационный период (мм), $\sum t$ – сумма активных температур за тот же период. Величина ГТК = 1,0 указывает на сбалансированность прихода и расхода влаги; $0,5 \leq ГТК \leq 1$ – засушливо, недостаточно влажно; ГТК < 0,5 – очень засушливо; ГТК > 1,0 – избыточно влажно.

Особенности проявления атмосферных засух определяются по индексу засушливости Д.А. Педя, S_i , рассчитанного по месячным значениям температура воздуха и осадков:

$$S_i = \frac{\Delta t}{\sigma_t} - \frac{\Delta r}{\sigma_r} \quad (10.2)$$

где Δt , Δr – отклонения температуры воздуха и суммы осадков от нормы, σ – среднеквадратическое отклонение.

Степень интенсивности засухи или избыточного увлажнения оценивается по индексу S_i исходя из следующих критериев:

$S_i = 1,0 - 2,0$ – слабая засуха;

$S_i = 2,0 - 3,0$ – средняя засуха;

$S_i \geq 3,0$ – сильная засуха;

$S_i = - 1,0 + 1,0$ – нормальные условия увлажнения;

$S_i = - 1,0 - - 2,0$ – слабое избыточное увлажнение;

$S_i = - 2,0 - - 3,0$ – среднее избыточное увлажнение;

$S_i = \leq - 3,0$ – сильное избыточное увлажнение.

10.2. Термические ресурсы и продолжительность вегетационного периода

Начало периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C отмечается на юге территории 17-31 марта (Саратов, Оренбург). В северных районах переход к положительным значениям средней суточной температуры сдвигается на более поздние сроки, переход через 0°C происходит 6 – 11 апреля (Ныроб, Лальск). Проявляется зональность в переходе температуры через 0°C с последней декады марта по широте Казани, в первой декаде апреля на остальной территории (табл. 10.1).

Окончание периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C приходится на 5-13 ноября (Оренбург, Саратов). В северных районах окончание периода наблюдается 18 ноября (Ныроб). Выявляется зональность в окончании периода со среднесуточной температурой воздуха: последняя декада октября на севере и первая декада ноября на юге округа.

Средняя продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C составляет 242 дня (Саратов) и 192 дня Ныроб (Пермский край).

Вегетация основных сельскохозяйственных культур начинается с даты перехода температуры через $+5^{\circ}\text{C}$. Начало периода со среднесуточной температурой воздуха выше 5°C наблюдается на юге территории 7-12 апреля (Саратов, Самара), на севере – 5 мая (Ныроб). Изменчивость в распределении даты перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ составляет 14-16 дней (табл. 10.2).

Окончание периода со среднесуточной температурой воздуха выше 5°C наблюдается на юге округа 16-24 октября, в северных районах 19 октября (Ныроб), на остальной части территории 6-16 октября (Бугульма, Пенза).

Средняя продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 5°C составляет 201 день (Саратов) и 148 дней (Ныроб).

Активная вегетация растений начинается с переходом температуры воздуха через 10°C . Начало периода со среднесуточной температурой воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ приходится на 21-25 апреля (Оренбург, Саратов), по мере продвижения на север даты сдвигаются на первую декаду мая, 2-9 мая (Казань, Ижевск), в крайних северных районах 29 мая (Ныроб). Зональная составляющая дат перехода составляет 25-30 дней (табл. 10.3)

Таблица 10.1

Даты начала, окончания и продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°С

Станция	Даты начала			Даты окончания			Продолжительность		
	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Мин.(год)	Средняя	Макс.(год)
Лальск	3.03.1995	6.04	2.05.1978	8.10.1984	26.10	27.11.1996	167(1984)	204	246(2008)
Ныроб	06.03.1995	11.04	4.05.1984	01.10.1982	19.10	18.11.2008	156(1984)	192	228(1967)
Киров	3.03.1995	2.04	24.04.1979	8.10.1976	28.10	10.12.2008	182(1979)	210	261(2008)
Пермь	3.03.1995	4.04	28.04.2004	8.10.1976	25.10	12.11.2006	176(1984)	205	233(1995)
Ижевск	16.03.1976	2.04	26.04.1979	7.10.1976	27.10	17.11.2004	181(1979)	209	281(1976)
Н.Новгород, Мыза	15.03.1976	24.03	23.04.1979	12.10.1976	5.11	11.12.2008	183(1979)	226	285(1976)
Чебоксары	16.03.1978	2.04	24.04.1979	14.10.1977	1.11	12.12.2008	182(1979)	215	263(2008)
Казань	15.03.1975	31.03	24.04.1979	9.10.1976	1.11	2.12.2008	188(1987)	216	259(2008)
Саранск	2.03.1995	29.03	24.04.1979	18.10.1982	6.11	12.12.2008	182(1979)	223	274(2008)
Ульяновск	1.03.1995	28.03	24.04.1979	9.10.1976	4.11	12.12.2008	183(1979)	222	270(2008)
Бугульма	20.03.2007	5.04	24.04.1979	4.10.1976	28.10	25.11.2008	180(1976)	207	246(2008)
Уфа	6.03.1976	31.03	22.04.1998	8.10.1976	2.11	9.12.2008	187(1979)	217	281(1976)
Учалы	21.03.1995	7.04	30.04.1996	29.09.1976	26.10	10.12.2008	169(1996)	204	256(2008)
Пенза	19.03.1976	27.03	23.04.1979	12.10.1976	9.11	12.12.2008	184(1979)	228	293(2008)
Самара	20.03.1976	27.03	23.04.1979	9.10.1976	6.11	10.12.2008	184(1979)	225	282(1976)
Балашов	14.03.1991	23.03	13.04.1987	13.10.1976	12.11	18.12.2006	194(1987)	235	293(2008)
Саратов	12.03.1991	17.03	8.04.1998	13.10.1976	13.11	13.12.2008	207(1987)	242	295(1991)
Перелюб	6.03.2002	29.03	16.04.1987	13.10.1976	6.11	9.12.2008	190(1987)	224	267(2008)
Оренбург	16.03.1966	31.03	14.04.1987	12.10.1976	5.11	29.11.2008	193(1976)	220	255(2008)
Зерн. с/х Озерный	24.03.1990	6.04	20.04.1989	10.10.1976	29.10	19.11.2004	184(1996)	207	236(2004)

Таблица 10.2

Даты начала, окончания и продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 5°C

Станция	Даты начала			Даты окончания			Продолжительность		
	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Мин.(год)	Средняя	Макс.(год)
Лальск	4.04.1991	28.04	18.05.1978	8.09.1973	2.10	19.10.1991	124(1972)	158	199(1991)
Ныроб	10.04.1995	5.05	4.06.1969	11.09.1972	29.09	19.10.1981	113(1972)	148	182(1991)
Киров	27.03.1983	22.04	12.05.1978	15.09.1973	3.10	23.10.1991	134(1978)	164	203(1991)
Пермь	28.03.1983	24.04	12.05.1978	15.09.1973	4.10	25.10.1991	136(1972)	164	204(1991)
Ижевск	1.04.1983	21.04	5.05.1984	19.09.1976	5.10	24.10.1991	144(1978)	168	197(1991)
Н.Новгород, Мыза	27.03.1983	15.04	3.05.1971	18.09.1977	12.10	4.11.1967	153(1971)	182	216(2008)
Чебоксары	30.03.1983	18.04	4.05.1978	18.09.1977	9.10	3.11.2008	145(1978)	175	215(2008)
Казань	31.03.1975	16.04	4.05.1978	19.09.1977	13.10	3.11.2008	151(1978)	180	215(2008)
Саранск	28.03.1983	15.04	29.04.1987	24.09.1980	13.10	27.10.1981	154(1993)	182	208(1983)
Ульяновск	27.03.1983	15.04	3.05.1978	24.09.1986	14.10	3.11.2008	152(1978)	183	214(2008)
Бугульма	29.03.1995	19.04	3.05.1968	19.09.1977	6.10	25.10.1991	143(1996)	171	198(1995)
Уфа	29.03.1995	17.04	2.05.1996	24.09.1976	12.10	28.10.1991	157(1998)	179	206(2008)
Учалы	30.03.1995	23.04	12.05.1971	15.09.1973	4.10	28.10.1991	133(1992)	165	198(1991)
Пенза	25.03.2008	12.04	28.04.1974	24.09.1986	16.10	4.11.2006	159(1993)	188	224(2008)
Самара	26.03.2008	12.04	27.04.1981	24.09.1986	18.10	6.11.1998	166(1980)	190	224(2008)
Балашов	20.03.1990	9.04	29.04.1987	29.09.1976	21.10	6.11.1967	174(1976)	196	224(2008)
Саратов	19.03.1990	7.04	25.04.1987	30.09.1976	24.10	6.11.1998	174(1987)	201	225(2008)
Перелюб	26.03.2008	11.04	26.04.1967	25.09.1986	16.10	28.10.1970	164(1987)	190	214(2008)
Оренбург	26.03.2008	11.04	1.05.1996	29.09.1976	17.10	6.11.1981	168(1996)	190	214(2008)
Зерн. с/х Озерный	28.03.2008	16.04	3.05.1996	22.09.2000	10.10	28.10.1991	158(1987)	178	204(2008)

Таблица 10.3

Даты начала, окончания и продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 10°С

Станция	Даты начала			Даты окончания			Продолжительность		
	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Мин.(год)	Средняя	Макс.(год)
Лальск	25.04.2001	23.05	19.06.1978	13.08.1986	5.09	23.09.2001	81(1978)	106	152(2001)
Ныроб	08.05.2005	29.05	25.06.1969	04.08.2002	3.09	24.09.1970	57(2002)	98	128(1970)
Киров	17.04.1995	13.05	9.06.1985	26.08.1973	14.09	11.10.2003	92(1997)	125	158(1975)
Пермь	17.04.1995	14.05	10.06.1978	25.08.1983	14.09	13.10.2003	95(1969)	125	160(2003)
Ижевск	11.04.1995	9.05	4.06.1969	26.08.1973	17.09	17.10.1974	99(1997)	132	168(1974)
Н.Новгород, Мыза	11.04.1973	2.05	29.05.1969	7.09.1993	22.09	11.10.1974	114(1969)	144	162(1974)
Чебоксары	16.04.1995	5.05	29.05.1969	7.09.1993	23.09	12.10.1974	115(1981)	142	163(1974)
Казань	7.04.1975	2.05	30.05.1969	8.09.1968	23.09	17.10.1974	114(1981)	145	180(1975)
Саранск	6.04.2008	30.04	23.05.1999	7.09.1993	23.09	11.10.1999	117(2000)	147	166(2005)
Ульяновск	7.04.1975	29.04	23.05.1999	7.09.1993	24.09	14.10.2003	125(1986)	149	176(1975)
Бугульма	8.04.1975	4.05	1.06.2002	26.08.1973	21.09	18.10.1974	109(1999)	141	170(1974)
Уфа	8.04.1975	3.05	25.05.1999	5.09.1973	22.09	13.10.1999	112(2000)	143	176(1975)
Учалы	21.04.1991	13.05	12.06.1985	26.08.1983	14.09	2.10.2004	94(1969)	124	155(1994)
Пенза	4.04.2008	27.04	23.05.1999	7.09.1993	26.09	23.10.1991	130(1972)	153	189(2008)
Самара	5.04.2008	24.04	18.05.1971	8.09.1993	29.09	23.10.1991	131(1993)	159	195(1991)
Балашов	2.04.1975	23.04	8.05.2007	13.09.1973	29.09	23.10.1991	141(1977)	161	193(1991)
Саратов	3.04.1975	21.04	8.05.1978	13.09.1973	3.10	24.10.1991	137(1978)	166	196(2008)
Перелюб	6.04.1983	24.04	8.05.1992	12.09.1973	29.09	24.10.2009	136(1987)	159	191(1991)
Оренбург	8.04.1975	25.04	9.05.1992	14.09.1973	29.09	28.10.1991	133(1992)	158	196(1991)
Зерн. с/х Озерный	9.04.1975	29.04	21.05.1966	9.09.1993	24.09	14.10.1999	123(1993)	149	176(1975)

Окончание периода со среднесуточной температурой воздуха 10°C наблюдается на севере округа 3-5 сентября (Лальск) по мере продвижения на юг, в третьей декаде сентября, начале октября (Оренбург, Саратов).

Продолжительность периода активной вегетации растений изменяется от 98 дней (Ныроб) до 166 (Саратов).

Начало периода со среднесуточной температурой выше 15°C наблюдается 13-17 мая (Саратов, Перелюб) на юге округа с постепенным смещением сроков на конец, 27-30 мая (Казань, Ульяновск) и 15-18 июня (Ныроб) в северных районах Кировской области и Пермского края (табл. 10.4).

Окончание периода со среднесуточной температурой выше 15°C отмечается 4-12 сентября (Саратов, Пенза), на большей части территории во второй декаде августа и лишь на севере округа в конце июля (Ныроб).

Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше 15°C меняется от 42 дней (Ныроб) до 123 дней (Саратов).

Наиболее устойчивыми по территории округа являются сезоны с температурой воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$.

Средние даты начала и окончания периодов со средней суточной температурой выше 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, 10°C , 15°C значительно отличается от самых ранних и самых поздних дат. Отклонение от нормы дат перехода средней суточной температуры выше 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, 10°C , 15°C составляет $\pm 10-15$ дней за период.

Показателями количества тепла, необходимого для развития культурных растений являются суммы активных и эффективных температур (табл. 10.5).

Суммы эффективных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ на территории округа изменяются в значительных пределах с севера на юг от 1070°C (Ныроб) до 2200°C (Саратов).

Суммы эффективных температур выше 10°C также имеют выраженную зональность от 440°C (Ныроб) на севере до 1350°C (Саратов) на юге ПФО (рис. 10.1).

Термические ресурсы территории и потребность сельскохозяйственных культур в тепле дана суммой активных температур.

Сумма активных температур изменяется от 1470°C (Ныроб) на севере до 2970°C (Саратов) на юге ПФО (рис. 10.2).

Таблица 10.4

Даты начала, окончания и продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 15°C

Станция	Даты начала			Даты окончания			Продолжительность		
	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Самые ранние	Средние	Самые поздние	Мин.(год)	Средняя	Макс.(год)
Лальск	18.05.1991	15.06	27.06.1975	1.07.1986	4.08	11.09.1995	7(1994)	50	115(1995)
Ныроб	19.05.1991	18.06	27.06.1966	1.07.1986	30.07	1.09.1981	7(1986)	42	84(1981)
Киров	13.05.1977	7.06	27.06.1979	12.07.1978	17.08	12.09.1995	20(1978)	71	116(1995)
Пермь	11.05.2005	10.06	28.06.1979	1.07.1986	14.08	13.09.1995	12(1986)	66	99(2005)
Ижевск	10.05.1977	4.06	27.06.1979	1.07.1986	19.08	13.09.1995	24(1986)	77	116(1995)
Н.Новгород	2.05.1996	2.06	28.06.1983	7.08.1975	26.08	13.09.2009	45(1969)	86	131(1996)
Чебоксары	6.05.2005	1.06	26.06.1990	3.08.1980	26.08	14.09.2009	52(1983)	87	122(1995)
Казань	5.05.2005	30.05	21.06.2003	27.07.2006	28.08	14.09.2001	52(1983)	91	122(1995)
Саранск	3.05.1996	29.05	28.06.1983	12.08.1977	30.08	23.09.1994	54(1983)	94	130(1996)
Ульяновск	2.05.1996	27.05	22.06.2003	12.08.1977	31.08	14.09.1992	52(1983)	97	133(1996)
Бугульма	9.05.1974	2.06	27.06.1979	7.07.1973	26.08	21.09.1971	43(1980)	86	126(1971)
Уфа	10.05.1974	30.05	22.06.1968	10.08.1967	28.08	13.09.1995	63(1967)	91	122(1995)
Учалы	13.05.2005	11.06	23.06.2003	1.07.1986	11.08	7.09.2003	11(1986)	63	98(2005)
Пенза	3.05.1975	25.05	18.06.1976	13.08.1978	4.09	26.09.1994	66(1976)	103	141(1975)
Самара	11.04.1995	17.05	13.06.1982	1.08.2006	6.09	6.10.1995	73(2006)	113	179(1995)
Балашов	2.05.1967	19.05	8.06.1978	20.08.1993	8.09	28.09.1994	84(1990)	113	143(1975)
Саратов	22.04.1995	13.05	7.06.1978	25.08.1973	12.09	2.10.1974	96(1990)	123	157(1975)
Перелюб	16.04.1995	17.05	8.06.1978	25.08.1973	9.09	29.09.1994	92(1978)	117	151(1995)
Оренбург	16.04.1995	16.05	9.06.1992	26.08.1973	11.09	3.10.2004	88(1983)	119	151(1995)
Зерн. с/х Озерный	29.04.1995	23.05	17.06.2003	17.08.1978	4.09	3.10.2004	71(1978)	104	146(2004)

Таблица 10.5

Ресурсы тепла и влаги

Станция	Сумма активных температур	Сумма эффективных температур выше		Осадки, мм					Гидротермический коэффициент				
		5°C	10°C	V	VI	VII	VIII	Σ V-VIII	V	VI	VII	VIII	$\overline{ГТК}$
Лальск	1610	1180	510	50	65	78	69	262	0,9	1,3	1,3	1,3	1,2
Ныроб	1470	1070	440	55	72	78	78	283	1,1	1,3	1,3	1,4	1,3
Киров	1950	1400	670	55	68	76	72	271	0,8	1,1	1,3	1,3	1,1
Пермь	1890	1360	630	57	75	75	73	280	0,8	1,2	1,2	1,3	1,1
Ижевск	2060	1480	730	43	61	65	62	231	0,6	1,0	1,0	1,1	0,9
Н,Новгород,, Мыза	2220	1610	820	48	71	75	68	262	0,7	1,1	1,2	1,2	1,0
Чебоксары	2250	1620	840	42	68	67	59	237	0,6	0,9	1,0	1,0	0,9
Казань	2330	1710	920	39	67	70	58	233	0,7	1,0	1,0	1,0	0,9
Саранск	2340	1700	890	39	53	69	50	214	0,5	0,8	0,9	0,9	0,8
Ульяновск	2430	1760	950	37	66	66	49	217	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7
Бугульма	2190	1580	800	44	72	70	57	242	0,6	1,0	1,1	1,1	0,9
Уфа	2280	1670	880	44	63	57	54	218	0,7	0,9	1,0	1,0	0,9
Учалы	1840	1300	580	43	64	83	54	244	0,4	0,9	1,2	1,1	0,9
Пенза	2520	1830	1000	41	67	64	53	225	0,7	1,0	1,0	1,0	0,9
Самара	2740	1990	1150	34	56	58	47	195	0,5	0,8	0,8	0,8	0,7
Балашов	2730	1990	1140	34	68	61	44	206	0,6	0,9	0,9	0,9	0,8
Саратов	2970	2200	1350	37	46	47	38	168	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Перелюб	2860	2100	1250	26	51	42	35	154	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
Оренбург	2900	2120	1280	29	39	41	27	136	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Зерн. с/х Озерный	2540	1890	1080	33	33	40	25	130	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5



Рис. 10.1. Сумма эффективных температур (выше 10° С)

Сумма эффективных температур (выше 10оС) на территории ПФО.



Рис. 10.2. Сумма активных температур

**Рис. . Сумма активных температур на территории ПФО (оС).
Распределение количества осадков (мм) на территории ПФО.**

1000 Н.Новгород Ижевск
 Чебоксары
 900 Казань
 800 Бугульма Уфа Учалы
 Саранск Ульяновск Оренбург

10.3. Ресурсы влаги

В период активной вегетации (с мая по сентябрь) выявляются значительное пространственно-временная изменчивость количества осадков на территории Приволжского федерального округа. На юге (Оренбургской области) 57 мм на севере (Пермская область) в мае; в июне – 33-75 мм, в июле – 40-83 мм, в августе – 25-78 мм.

Сумма осадков в мае–августе имеет аналогичное распределение, минимальные значения 130 мм (Оренбургская область), максимальные значения 280 мм (Пермская область). В динамике выпадения осадков по территории отмечается наименьшая величина в мае, максимальная в июне-июле (рис. 10.3).



Рис.10.3. Распределение количества осадков (мм) в мае – августе

Закономерности и особенности повторяемости атмосферных засух за период вегетации (с мая по сентябрь) на территории ПФО по показателю условий увлажнения, гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (табл. 10.6).

Таблица 10.6

Повторяемость атмосферных засух (%) по ГТК Селянинова
1 – очень засушливо, 2 – засушливо, недостаточно влажно, 3 – избыточно влажно

Станция № п/п	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Лальск	34,1	34,1	31,8	13,6	38,6	47,7	2,3	27,3	70,5	4,5	29,5	65,9
Ныроб	31,8	31,8	36,4	13,6	31,8	54,5	6,8	25,0	68,2	6,8	13,6	79,5
Киров	22,7	47,7	29,5	11,4	31,8	56,8	2,3	36,4	61,4	4,5	20,5	75,0
Пермь	29,5	47,7	22,7	9,1	36,4	54,5	6,8	27,3	65,9	4,5	22,7	72,7
Ижевск	47,7	36,4	15,9	22,7	36,4	40,9	9,1	45,5	45,5	4,5	47,7	47,7
Н.Новгород, Мыза	27,3	56,8	15,9	9,1	45,5	46,5	4,5	38,6	56,8	4,5	36,4	59,1
Чебоксары	45,5	38,6	15,9	27,3	34,1	38,6	13,6	36,4	50,0	15,9	38,6	45,5
Казань	47,7	34,1	18,2	22,7	38,6	38,6	6,8	47,7	45,5	9,1	40,9	50,0
Саранск	47,7	43,2	9,1	25,0	52,3	22,7	11,4	50,0	38,6	9,1	61,4	29,5
Ульяновск	61,4	25,0	13,6	40,9	22,7	36,4	34,1	25,0	40,9	25,0	38,6	36,4
Бугульма	61,4	15,9	22,7	18,2	36,4	45,5	13,6	31,8	54,5	9,1	36,4	54,5
Уфа	43,2	34,1	22,7	22,7	38,6	38,6	20,5	38,6	40,9	11,4	52,3	36,4
Учалы	70,5	18,2	11,4	27,3	29,5	43,2	13,6	25,0	61,4	6,8	31,8	61,4
Пенза	43,2	36,4	20,5	20,5	43,2	36,4	15,9	40,9	43,2	9,1	54,5	36,4
Самара	59,1	25,0	15,9	27,3	47,7	25,0	11,2	45,5	36,4	20,5	50,0	29,5
Балашов	45,5	43,2	11,4	18,2	50,0	31,8	9,1	56,8	34,1	9,1	65,9	25,0
Саратов	45,5	38,6	15,9	31,8	54,5	13,6	27,3	59,1	13,6	22,7	68,2	9,1
Перелюб	72,7	20,5	6,0	43,2	36,4	20,5	40,9	47,7	11,4	38,6	54,5	6,8
Оренбург	59,1	31,8	9,1	50,0	38,6	11,4	47,7	40,9	11,4	52,3	43,2	4,5
Зерн. с/х Озерный	56,8	29,5	13,6	61,4	29,5	9,1	43,2	52,3	4,5	52,3	43,2	4,5

В мае повторяемость очень засушливо (ГТК $\leq 0,5$) составляет от 70% (Учалы, Башкортостан; Перелюб, Самарская область) до 30% (Пермская, Кировская, Нижегородская области), в других областях и республиках округа 40-60%. Засушливо, недостаточно влажно (ГТК $0,5 \leq 1$) повторяется в пределах 20-60%, наименьшие значения повторяемости 15-25 % наблюдаются в Бугульме (Республика Татарстан), Учалы (Башкортостан) и Ульяновск. Повторяемость избыточного увлажнения (ГТК $> 1,0$) изменяется от 7- 9% (Перелюб, Самарская область, Оренбург, Саранск, Республика Мордовия), достигая максимума 32% в Кировской области (Лальск).

В июне очень засушливо наблюдается в Оренбургской области (Оренбург, с/х Озерный) в 50-60% случаев, на большой территории округа повторяемость атмосферных засух составляет 20-40%, в северных областях округа 9-14%. Засушливо, недостаточно влажно от-

мечается чаще в Саратовской, Ульяновской, Самарской, Пензенской, Нижегородской областях, повторяемость 40 – 55%, наименьшие значения на востоке территории 30% (Уральск, Башкортостан, с/х Озерный, Оренбургская область). Повторяемость избыточного увлажнения зонально увеличивается с юга на север, от 9 - 29% (Саратовская, Оренбургская области) до 40-60% (Кировская, Пермская области, республика Удмуртия).

В июле, градации очень засушливо наблюдается в 40-50% на юге округа (Самарская, Оренбургская области) со значительным уменьшением повторяемости на севере округа до 2 -9% (Кировская, Пермская области, республика Удмуртия), Повторяемость избыточного увлажнения имеет выраженный зональный характер, от 70% (Лальск, Кировская область) до 10 – 20% (Саратовская, Оренбургская области).

Засушливо, недостаточно влажно чаще повторяется в южных районах 40 – 60% (Пензенская, Саратовская, Оренбургская области), наименьшая повторяемость 30% и менее в северных областях и республиках округа.

В августе очень засушливо, по-прежнему на юге территории, повторяемость этой категории составляет до 50% (Оренбургская область), со значительным уменьшением на север до 5% (Республика Удмуртия, Кировская, Пермская области).

Недостаточно влажно наблюдается на большей части территории округа, повторяемость 40 – 70%, и только на севере 20 – 30%. Повторяемость избыточного увлажнения, 60 - 70% (Кировская, Пермская, Нижегородская области), 5 – 10% (Саратовская, Оренбургская области), 40 – 50% (Республика Удмуртия, Нижегородская область, Республика Татарстан).

Анализ повторяемости атмосферных засух по индексу Педя Д.А. на территории Приволжского федерального округа позволяет выявить особенности и закономерности появления и распространения опасного явления.

Засушливые условия наблюдаются в период активной вегетации культур, с максимальной повторяемостью средней засухи 10-14% (табл. 10.7). Нормальное увлажнение по территории округа отмечается в среднем с 50% повторяемостью. Избыточное увлажнение, как явление имеет практическое значение связи с тем, что в период уборки урожая, заготовки, хранения может наносить значительный материальный ущерб. Потеря урожая вследствие избыточного увлажнения

могут быть не менее потерь от засух. В период активной вегетации основных сельскохозяйственных культур повторяемость избыточного увлажнения составляет 5-15%.

Таблица 10.7

Повторяемость атмосферных засух (%) по индексу О.А. Педя
1 - средняя засуха, 2 - нормальное увлажнение, 3 – среднее избыточное увлажнение

Станция	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Лальск	7,1	57,1	2,4	4,7	51,2	7,0	2,3	58,1	0,0	4,8	69,0	0,0
Ныроб	4,9	56,1	2,4	4,9	58,5	2,4	0,0	61,0	2,4	0,0	63,4	2,4
Киров	9,3	39,5	9,3	6,8	54,5	2,3	13,6	47,7	6,8	9,1	50,0	4,5
Пермь	4,7	44,2	11,6	11,6	58,1	4,7	11,6	51,2	7,0	4,7	67,4	4,7
Ижевск	2,3	39,5	14,0	11,4	50,0	9,1	6,8	43,2	6,8	4,5	56,8	4,5
Н.Новгород, Мыза	7,0	51,2	14,0	9,1	43,2	13,6	2,3	61,4	9,1	9,1	52,3	4,5
Чебоксары	2,6	59,0	0,0	2,5	55,0	5,0	7,3	63,4	0,0	2,4	68,3	4,9
Казань	7,1	38,1	2,4	7,1	40,5	0,0	7,0	60,5	2,3	0,0	61,9	4,8
Саранск	5,1	43,6	0,0	2,6	59,0	7,7	2,4	63,4	4,9	2,4	63,4	4,9
Ульяновск	2,9	62,9	2,9	0,0	58,8	0,0	0,0	68,6	2,9	0,0	62,9	0,0
Бугульма	11,4	43,2	9,1	11,6	44,2	4,7	9,1	34,1	9,1	9,1	50,0	9,1
Уфа	11,6	53,5	4,7	7,0	51,2	9,3	2,3	53,5	4,7	2,3	48,8	4,7
Учалы	11,6	44,2	7,0	11,6	48,8	4,7	2,3	53,5	4,7	4,7	51,2	7,0
Пенза	7,0	48,8	7,0	7,1	38,1	7,1	11,6	58,1	9,3	0,0	55,8	2,3
Самара	6,8	45,5	2,3	9,3	48,8	7,0	6,8	27,3	13,6	4,5	54,5	15,9
Балашов	4,5	52,3	9,1	7,0	37,2	9,3	6,8	47,7	4,5	6,8	47,7	4,5
Саратов	4,5	45,5	6,8	11,6	44,2	11,6	4,5	45,5	9,1	2,3	54,5	0,0
Перелюб	6,8	50,0	4,5	9,5	52,4	7,1	15,9	43,2	11,4	4,5	50,0	11,4
Оренбург	13,6	43,2	9,1	11,6	39,5	9,3	13,6	31,8	9,1	4,5	45,5	9,1
Зерн. с/х Озерный	6,8	43,2	6,8	14,0	51,2	11,6	9,1	45,5	9,1	9,1	50,0	11,4

Сильные засухи на территории Приволжского федерального округа связаны с развитием меридиональных процессов на востоке Европейской части России. Атмосферные процессы в 1972 г. и 2010 гг. определили сильные и длительные засухи весенне-летнего периода и нанесли значительный экономический ущерб сельскохозяйственному производству ПФО.

10.4. Агроклиматическое районирование территории

Агроклиматическое районирование – деление территории по признаку соответствия агроклиматических ресурсов потребностям сельскохозяйственных растений.

Общее агроклиматическое районирование Приволжского федерального округа характеризует распределение по территории основных агроклиматических показателей, количественно выражающих степень благоприятности климата. При агроклиматическом районировании проанализированы изменения основных факторов – тепла и влаги, за основу принято теплообеспеченность вегетационного периода.

Показатель теплообеспеченности, сумма средних суточных температур воздуха с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ (период активности вегетации большинства сельскохозяйственных культур). Показатель увлажнения, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Определяется отношением суммы осадков за период со средней суточной температурой воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ к сумме средних суточных температур.

Гидротермический коэффициент показывает, что при одном и том же количества осадков степень влагообеспеченности растений зависит от температуры воздуха, чем выше температура воздуха, тем меньше влагообеспеченность растений.

По показателям теплообеспеченности и влагообеспеченности Приволжский федеральный округ можно разделить на три агроклиматических района.

Северный агроклиматический район: Кировская, Пермская области, Сумма средних суточных температур воздуха за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет $1610-1950^{\circ}\text{C}$. Период активной вегетации растений 106-125 дней, в годы экстремальных явлений от 81-95 дней до 152-160 дней. Количество осадков в мае - августе 262-292 мм, район по степени увлажнения характеризуется как район достаточного увлажнения (ГТК=1,1-1,2), за исключением мая месяца (ГТК=0,8-0,9), недостаточно влажно (рис. 10.4).

Рис. . Сумма активных температур на территории ПФО (оС).



Рис. 10.4. Гидротермический коэффициент Селянинова

Рис. . Гидротермический коэффициент Селянинова на территории ПФО.

Центральный агроклиматический район: Удмуртия, Чувашия, Татарстан, Мордовия, Башкортостан, Нижегородская и Ульяновская области, Сумма средних суточных температур воздуха за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ равна $2060-2430^{\circ}\text{C}$. Период активной вегетации растений, в среднем, 106-149 дней, экстремальные значения периода изменяются от 80-125 дней до 155-180 дней, Количество осадков в мае - августе 214 – 262 мм. Степень обеспеченности вегетационного периода влагой - засушливо, недостаточно влажно (ГТК = 0,7 – 0,9), На большей части района в мае – августе увлажнение достаточно.

Южный агроклиматический район: Пензенская, Самарская, Саратовская, Оренбургская области. Сумма средних суточных температур воздуха за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет $2520-2970^{\circ}\text{C}$. Продолжительность периода с суммой активных температур 149-166 дней, в годы экстремумы от 123-141 дня до 176-196 дней, Количество осадков в мае - августе 130-225 мм. Условия увлажнения в период активной вегетации засушливые (ГТК = 0,5 – 0,8).

11. ПРИКЛАДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛИМАТА

11.1. Климатическая характеристика отопительного периода

В связи с тем, что в ПФО в последние десятилетия наблюдается заметное уменьшение континентальности климата, главным образом, вследствие увеличения зимних температур, участвовавших теплых зим (за исключением зим 2005/06 и 2009/10 годов), представляет практический интерес рассмотрение динамики климатических характеристик (КХ) отопительного периода.

Действительно, климатические характеристики отопительного периода (ОП) широко используются в производственной деятельности и жилищно-коммунальном хозяйстве для разработки нормативов запасов и расходов топлива в том или ином географическом регионе; установления режима деятельности различных энергетических служб; обоснования стратегии функционирования и развития всего топливно-энергетического комплекса. Проблеме эффективного использования КХ отопительного периода посвящен ряд работ (Кобышева и др., 2004).

Отопительным периодом принято называть холодную часть года, когда средняя суточная температура атмосферного воздуха устойчиво удерживается ниже $+8^{\circ}\text{C}$. В этот период для поддержания нормальной температуры внутри жилых и производственных помещений необходимо их отапливать. За начало ОП принимается момент, когда наблюдаемая среднесуточная температура понижается до $+8^{\circ}\text{C}$ или ниже и в течение следующих 4 дней не поднимается выше этого значения. Оканчивается отопительный сезон тогда, когда весной среднесуточная температура повышается до указанного выше значения и в течение следующих 4 дней не опускается ниже. Пятидневный период выбран, исходя из средней продолжительности естественных синоптических периодов.

Основными климатическими характеристиками отопительного периода являются: дата начала ОП осенью, дата окончания ОП весной, продолжительность ОП от даты его начала до даты окончания, средняя температура атмосферного воздуха за ОП. Для получения оценок даты начала и окончания ОП, средней продолжительности ОП, средней температуры ОП, самой ранней и поздней даты начала ОП и самой ранней и поздней даты окончания ОП, минимальной и максимальной продолжительности ОП, а также минимальных и максимальных значений

температуры ОП использовались среднесуточные значения температуры воздуха ПФО за период 1966 – 2009 гг.

В табл. 11.1 и 11.2 представлен ряд важнейших характеристик ОП, свидетельствующих о характере его распределения на территории региона. В большей степени подвержены пространственным изменениям самые поздние даты окончания ОП.

Анализ этих данных показывает, что в среднем отопительный период на большей части территории ПФО начинается в период 21 сентября – 17 октября, а заканчивается в период 19 апреля – 14 мая, т.е. при территориальных различиях около 20 дней, учитывая крайние северные и южные станции. Средняя продолжительность ОП колеблется в пределах 50 дней - от 186 до 236 дней (выделяется ст. Лальск), а средняя температура ОП меняется от -3,4 до -7,9°С.

Таблица 11.1

Даты начала и окончания отопительного периода

Станция	Дата начала ОП			Дата окончания ОП		
	средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя
Лальск	21.IX	25.VIII.1970	26.X.2005	14.V	20.IV.1967	7.VI.1971
Киров, АМСГ	29.IX	8.IX.1968	27.X.2005	4.V	4.IV.1983	22.V.1988
Пермь	26.IX	4.IX.1980	24.X.2003	7.V	12.IV.1966	3.VI.1969
Ижевск	30.IX	5.IX.1980	30.X.2007	3.V	8.IV.1975	18.V.2008
Н.Новгород, Мыза	5.X	13.IX.1973	29.X.2009	27.IV	2.IV.1983	15.V.1978
Чебоксары	5.X	8.VI.1968	30.X.2009	30.IV	13.IV.1966	17.V.1971
Казань, опорная	6.X	15.IX.1973	1.XI.2007	30.IV	7.IV.1975	17.V.1971
Саранск	6.X	15.IX.1973	4.XI.2009	28.IV	7.IV.1966	15.V.2007
Ульяновск	7.X	16.IX.1993	4.XI.2009	27.IV	4.IV.1975	15.V.2007
Бугульма	1.X	7.IX.1997	1.XI.2007	1.V	7.IV.1975	31.V.1969
Улу-Теляк	4.X	9.IX.2008	31.X.2009	29.IV	7.IV.1975	17.V.1971
Учалы	28.IX	7.IX.1997	21.X.1974	6.V	9.IV.1975	9.VI.2002
Пенза, ГМО	8.X	16.IX.1993	4.XI.2009	24.IV	2.IV.1983	15.V.2007
Самара	11.X	15.IX.1973	3.XI.2005	24.IV	3.IV.1975	15.V.2007
Балашов	13.X	15.IX.1973	4.XI.2009	21.IV	1.IV.1983	15.V.2007
Саратов	17.X	16.IX.1973	6.XI.2005	19.IV	3.IV.1975	4.V.1971
Перелюб	13.X	16.IX.1973	4.XI.2005	22.IV	3.IV.1975	15.V.2007
Оренбург, ЗГМО	13.X	16.IX.1967	4.XI.2005	23.IV	4.IV.1995	16.V.2007
Зерн. с/х Озерный	8.X	10.IX.1968	5.XI.1997	26.IV	5.IV.1975	13.V.1992

Таблица 11.2

Продолжительность и средняя температура воздуха
за отопительный период

Станция	Продолжительность (сутки)			Средняя температура за период		
	Средняя	Миним.(год)	Макс.(год)	Средняя	Миним.(год)	Макс.(год)
Лальск	236	197 (2006)	287 (1971)	-4,9	-9,0 (1979)	-2,6 (2009)
Киров, АМСГ	219	189 (1975)	244 (1969)	-4,9	-7,7 (1985)	-2,0 (1966)
Пермь	225	178 (1995)	269 (1969)	-5,1	-8,2 (1979)	-2,5 (1983)
Ижевск	216	172 (1975)	245 (1969)	-5,4	-8,0 (1985)	-2,1 (1966)
Н.Новгород, Мыза	207	171 (1975)	241 (1978)	-3,6	-7,3 (1969)	-0,6 (2009)
Чебоксары	209	180 (2008)	241 (1978)	-4,5	-7,8 (1969)	-1,7 (1966)
Казань, опорная	208	167 (2008)	238 (1978)	-4,5	-7,1 (1969)	-1,8 (1966)
Саранск	206	163 (2008)	233 (1978)	-4,1	-8,6 (1969)	-1,3 (1966)
Ульяновск	204	164 (2008)	232 (1978)	-4,3	-7,3 (1976)	-1,3 (1966)
Бугульма	213	166 (2008)	266 (1969)	-5,3	-7,7 (1976)	-1,8 (1966)
Улу-Теляк	208	169 (1975)	243 (1969)	-5,6	-8,5 (1969)	-1,3 (1966)
Учалы	221	171 (1975)	248 (2002)	-6,1	-8,6 (1976)	-1,8 (1966)
Пенза, ГМО	200	162 (2008)	232 (1978)	-3,9	-7,9 (1969)	-0,6 (2007)
Самара	197	161 (1995)	228 (1974)	-4,5	-9,0 (1969)	-1,1 (2007)
Балашов	192	160 (2008)	225 (1974)	-3,4	-7,3 (1969)	0,4 (2007)
Саратов	186	159 (1975)	225 (1974)	-3,4	-8,0 (1969)	0,4 (2007)
Перелюб	193	159 (2008)	228 (1974)	-5,1	-9,8 (1969)	-1,3 (2007)
Оренбург, ЗГМО	194	161 (1995)	219 (1974)	-5,8	-10,5 (1969)	-1,6 (1966)
Зерн. с/х Озерный	202	165 (1975)	229 (2009)	-7,9	-12,2 (1977)	-2,3 (1966)

Аналогичное исследование, выполненное нами ранее для Татарстана, показывает, что в среднем продолжительность ОП сокращается, а средняя температура воздуха в ОП растет, аналогичная ситуация складывается и по всему ПФО. Безусловно, все это имеет важное

экономическое значение, так как расходы на отопление по РФ составляют не менее 30 – 40% общих расходов вырабатываемой тепловой энергии (Кобышева и др., 2004). Согласно составленному под руководством Н.В. Кобышевой в ГГО им. А.И. Воейкова климатическому прогнозу продолжительности ОП на период 2071 – 2090 гг. по ансамблю моделей МГЭИК, произойдет его существенное снижение до 170 – 190 дней. При этом выявляется значительная временная неустойчивость продолжительности ОП.

Согласно «Оценочному докладу, том II» (2008) по сравнению с нормой 1961-1990 гг. на большей части территории России продолжительность отопительного периода сократится не более чем на 5% к 2025 г. и на 5-10% к середине XXI века. В связи с ожидаемым повышением температуры холодных суток к 2015 г. в оценочном докладе сделан вывод об уменьшении продолжительности ОП в России на 1 - 4 суток. Прогнозируемые относительные изменения затрат на отопление помещений (индекс потребления топлива) имеют те же пространственные закономерности, но характеризуются приблизительно вдвое большими значениями.

С приведенными оценками согласуются и результаты более поздней работы (Оценка..., 2011), в которой прогнозируется в ближайшие десятилетия (до 2030 г.) умеренное потепление зимой (на 0,9 – 1,3 °С) на территории Приволжского региона, что приведет к сокращению отопительного периода в среднем на 2 – 3 суток.

Важную роль играет также период наиболее высокой температуры воздуха летом. Она отрицательно влияет на здоровье населения, и кондиционирование помещений с целью понижения температуры требует определенных затрат. Согласно оценкам А.А. Александровой (2006), к 2015 г. на территории России температура наиболее жарких суток календарного года заметно повысится, что приведет к увеличению затрат на кондиционирование. Продолжительность периодов с наиболее высокой температурой увеличится.

Авторами раздела также выявлена тенденция возрастания числа случаев с температурой воздуха выше 25 и 30 °С в летний период на территории Поволжья.

11.2. Затраты энергии на обогрев и охлаждение зданий

Показатели затрат энергии на обогрев в холодный и охлаждение зданий в теплый период имеют большое практическое значение. Были рассчитаны непосредственно энергетические затраты в $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ и косвенная характеристика – индекс потребления энергии (градусодни) на обогрев и охлаждение зданий (Справочник ... , 2003, 2005).

Индекс потребления топлива представляет собой сумму отрицательных отклонений средней суточной температуры каждого дня месяца (года) от $18,3^\circ\text{C}$. Индекс вычисляется для каждого месяца каждого года, но год начинается не с января, а с июля. Температура $18,3^\circ\text{C}$ является порогом комфортности. Если температура ниже этого порога, то следует обогревать помещение. Если же погода жаркая, то требуется охлаждать помещение. Расходы на охлаждение оцениваются индексом охлаждения. Он представляет собой сумму положительных отклонений средних суточных температур от $18,3^\circ\text{C}$. Оба индекса служат характеристикой затрат энергии на обогревание и охлаждение и могут вычисляться за любой отрезок времени – месяц, сезон, год. Индексы нагревания и охлаждения получили распространение в США, где они включаются в справочные пособия (Handbook, 1985).

Рассматриваемые показатели имеют ярко выраженный годовой ход. Наибольшие затраты тепловой энергии (ТЭ) на обогрев зданий приходится на период ноябрь-март с максимумом в январе. Так, в январе среднегодовые величины затрат ТЭ на обогрев зданий меняются на территории ПФО от 1183 (ст. Бугульма) до 947 (ст. Саратов) $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ (табл. 11.3). Среднегодовые затраты энергии на обогрев зданий находятся в пределах $4352 - 6234 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$.

Данные табл. 11.4, приведенные для ст. Казань, опорная, свидетельствуют о значительном диапазоне в затратах тепловой энергии на отопление зданий в рассматриваемый период 1966 – 2009 гг. В холодные зимы затраты ТЭ на обогрев значительно превышают аналогичные затраты в теплые зимы. Так, максимальные затраты ТЭ почти в 2 раза превышают минимальные. Поскольку температурный режим на территории региона не столь однороден, то и затраты тепла на обогрев зданий в северных пунктах больше, чем в южных.

Таблица 11.3

Затраты тепловой энергии на обогрев типовых зданий (ккал/м²
час) за 1966-2009 годы

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Лальск	1155	942	718	392	152	28	4	35	183	467	769	1021	5867
Киров, АМСГ	1133	933	707	342	105	18	2	23	149	455	753	1023	5644
Пермь	1148	949	717	353	119	21	2	24	152	451	780	1048	5765
Ижевск	1173	979	764	354	93	15	1	18	138	447	773	1061	5816
Н.Новгород, Мыза	1002	838	648	269	64	9	1	12	110	376	668	918	4912
Чебоксары	1122	955	763	331	76	12	1	13	117	426	746	1028	5591
Казань, опорная	1082	916	710	293	61	9	1	8	98	380	696	972	5226
Саранск	1086	946	759	289	57	8	0	8	101	395	716	998	5361
Ульяновск	1047	925	736	279	52	6	0	6	89	378	711	976	5207
Бугульма	1183	1006	807	346	82	14	2	16	126	444	785	1074	5883
Улу-Теляк	1148	970	763	297	60	8	0	9	99	385	723	1032	5495
Учалы	1136	974	797	362	108	22	3	25	156	460	792	1054	5887
Пенза, ГМО	1015	885	698	243	39	4	0	5	79	347	648	922	4886
Самара	1057	898	694	233	35	4	0	3	67	332	652	944	4921
Балашов	979	853	673	204	27	2	0	2	63	309	612	887	4612
Саратов	947	818	644	181	18	1	0	1	44	271	579	847	4352
Перелюб	1076	931	733	223	27	3	0	2	57	331	647	951	4979
Оренбург, ЗГМО	1164	1008	800	247	30	3	0	2	59	342	698	1021	5374
Зерн. с/х Озерный	1305	1133	946	330	55	6	0	4	84	417	804	1150	6234

Таблица 11.4 а

Затраты тепловой энергии на обогрев и затраты энергии на охлаждение типовых зданий (Ккал на 1 кв.м в час) за 1966-2009 годы (Казань, опорная)

Затраты энергии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
	На обогрев												
Среднее	1082	916	710	293	61	9	1	8	98	380	696	972	5226
Минимальное	767	577	523	114	8	0	0	0	13	212	503	713	774
Максимальное	1534	1183	963	544	184	45	8	32	225	541	932	1338	6523
На охлаждение													
Среднее	0	0	0	0	9	40	62	25	1	0	0	0	139
Минимальное	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Максимальное	0	0	0	0	43	139	185	149	23	0	0	0	327

Начало охладительного периода 9 июня.
Окончание охладительного периода 13 августа

Т а б л и ц а 11.4. б

Индекс потребления энергии (градусодни) на обогрев и охлаждение
зданий по месяцам за 1966 – 2009 гг. (Казань, опорная)

Значение ин- декса	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
	На обогрев												
Среднее	923	803	687	383	168	59	22	62	203	429	644	845	5228
Минимальное	713	567	555	201	76	1	0	10	117	309	505	669	4601
Максимальное	1243	1003	853	577	310	143	78	111	325	535	838	1121	6242
На охлаждение													
Среднее	0	0	0	0	14	48	80	41	4	0	0	0	187
Минимальное	0	0	0	0	0	4	13	6	0	0	0	0	49
Максимальное	0	0	0	4	51	135	186	167	47	0	0	0	375

В летний период, наоборот, энергия потребляется на охлаждение зданий, но эти затраты составляют незначительную долю от затрат энергии на отопление. В табл. 11.5 и 11.6 представлены данные о продолжительности охладительного периода для ряда станций и соответствующих затратах энергии.

Т а б л и ц а 11.5

Начало, окончание и продолжительность охладительного периода

Станция	Начало	Окончание	Продолжительность
Лальск	30 июня	8 июля	9
Киров, АМСГ	25 июня	30 июля	36
Пермь	22 июня	16 июля	25
Ижевск	22 июня	31 июля	40
Н.Новгород, Мыза	15 июня	1 августа	48
Чебоксары	13 июня	8 августа	57
Казань, опорная	9 июня	13 августа	66
Саранск	13 июня	7 августа	56
Ульяновск	11 июня	9 августа	60
Бугульма	15 июня	1 августа	48
Улу-Теляк	16 июня	2 августа	48
Учалы	8 июля	8 июля	32
Пенза, ГМО	9 июня	17 августа	70
Самара	3 июня	20 августа	79
Балашов	5 июня	2 сентября	90
Саратов	26 мая	3 сентября	100
Перелюб	29 мая	1 сентября	96
Оренбург, ЗГМО	28 мая	5 сентября	101
Зерн. с/х Озерный	8 июня	21 августа	75

Продолжительность охладительного периода возрастает с севера на юг. Наибольшая его величина на ст. Оренбург, ЗГМО с 28 мая по 5 сентября, а наименьшая на ст. Лальск 30 июня – 8 июля. Как видно, в июле величина тепловой энергии, затрачиваемая на охлаждение зданий, изменяется от 17 (ст. Учалы) до 125 ккал/м² · час (ст. Саратов). Годовые значения затрат энергии на охлаждение зданий (в период июнь – август) находятся в пределах 36– 304 ккал/м² · час.

Т а б л и ц а 11.6

Затраты энергии на охлаждение типовых зданий
(ккал/м² · час) за 1966 – 2009 гг.

Станция	Месяцы					Год
	V	VI	VII	VIII	IX	
Лальск	1	14	26	4	0	45
Киров, АМСГ	4	25	43	12	0	84
Пермь	3	23	39	9	0	75
Ижевск	5	28	45	14	1	92
Н.Новгород, Мыза	6	29	45	16	1	97
Чебоксары	7	31	51	19	1	109
Казань, опорная	9	40	62	25	1	139
Саранск	9	32	47	23	1	112
Ульяновск	7	42	56	20	2	127
Бугульма	7	30	44	18	2	101
Улу-Теляк	7	34	51	14	0	106
Учалы	1	13	17	5	0	36
Пенза, ГМО	11	43	61	29	2	146
Самара	18	64	91	45	4	222
Балашов	15	56	76	48	3	197
Саратов	21	84	125	69	4	304
Перелюб	17	75	116	56	4	268
Оренбург, ЗГМО	17	83	123	64	6	295
Зерн. с/х Озерный	8	69	88	40	3	208

Следует отметить исключительно жаркое лето 2010 г., когда на обширной территории ПФО в период апрель-август установилась рекордно высокая температура, что потребовало дополнительных затрат электроэнергии на кондиционирование.

Распределение во времени и по территории ПФО индекса потребления энергии (градусодни) на обогрев и охлаждение зданий по своему характеру полностью совпадает с ранее рассмотренной энергетической характеристикой и представлено в табл. 11.7.

Т а б л и ц а 11.7 а

Индекс потребления энергии (градусодни) на обогрев зданий по месяцам за 1966 – 2009 гг.

Станция	Январь			Апрель			Июль			Октябрь			Год		
	среднее	мин.	макс.												
Лальск	1014	784	1292	474	349	633	62	9	150	504	363	606	6087	5424	7104
Киров, АМСГ	968	785	1563	342	161	568	2	0	17	455	284	597	5644	5007	6843
Ижевск	982	794	1325	427	250	625	36	3	104	476	347	585	5703	5086	6650
Чебоксары	918	721	1217	401	252	586	30	2	79	444	303	544	5323	4766	6310
Казань	923	713	1243	383	201	577	22	0	78	429	309	535	5228	4601	6242
Ульяновск	875	723	1152	366	185	531	14	0	57	419	308	522	5060	4491	5883
Самара	909	711	1238	331	128	501	13	0	50	395	250	518	4925	4238	5776

Т а б л и ц а 11.7 б

Индекс потребления энергии (градусодни) на охлаждение зданий по месяцам за 1966 – 2009 гг.

Станция	Май			Июнь			Июль			Август			Год		
	среднее	мин.	макс.												
Лальск	2	0	17	21	0	75	38	0	117	11	0	39	72	17	168
Киров, АМСГ	7	0	38	33	1	96	59	4	163	23	1	113	123	21	282
Ижевск	8	0	45	37	0	98	61	4	160	26	1	93	135	29	308
Чебоксары	11	0	47	40	2	120	67	12	164	34	0	162	155	30	358
Казань	14	0	51	48	4	135	80	13	186	41	6	167	187	49	375
Ульяновск	10	0	58	43	4	125	69	14	159	30	0	100	156	40	371
Самара	25	1	90	72	7	180	107	29	200	66	8	183	284	109	494

11.3 Метеорологические условия горимости леса

Пожароопасная обстановка является следствием некоторого сочетания условий погоды. Преимущественный вклад в создание этой обстановки вносят температурный режим и продолжительность периода без осадков. Большое значение для создания пожароопасных условий имеют также влажность почвы и сила ветра. Оценки разных классов пожарной опасности выполняются на основе расчетов индексов пожароопасности. Наибольшее распространение в России получили индексы пожароопасности (горимости) Нестерова. В работе (Мохов, Чернокульский, Школьник, 2006) потенциал пожароопасности I_F определяли по метеорологическим данным согласно:

$$I_F = \sum (T_M - T_d) \cdot T_M, \quad (11.1)$$

где T_M – максимальная температура в °С, T_d – температура точки росы (зависящая от относительной влажности и температуры) в °С, суммирование проводится для тех дней, когда количество осадков P за сутки не превышает 3 мм. При $P > 3$ мм величина I_F зануляется. Принято разбивать значения потенциала пожароопасности на 5 диапазонов. Условия с $I_F < 300$ (режим I) считаются непожароопасными, а в диапазонах 300-1000, 1000-4000, 4000-10000 и больше 10000 – соответственно режимы с малым (II), умеренным (III), высоким (IV) и экстремальным (V) уровнем пожароопасности.

Предпринимаются попытки оценки пожароопасной обстановки в лесах России при ожидаемом потеплении климата в XXI веке (Малевский-Малевич и др., 2007). В этой работе отмечается, что пожароопасные ситуации формируются под воздействием особых погодных условий и поэтому необходимы сведения об изменениях вероятностных характеристик климата – в первую очередь, о вероятностях превышения критических значений температур и статистических связях температура-осадки. Используются также данные о влажности почвы, о которой современные гидродинамические модели дают сведения на основании согласованных расчетов испарения, осадков и поверхностного стока.

Наиболее распространенным критерием засушливости является гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г.Т. Селяниновым:

$$ГТК = \frac{10 \cdot P}{\sum t}, \quad (11.2)$$

где P - сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше 10° , $\sum t$ - сумма температур в градусах за то же время.

ГТК служит характеристикой увлажненности территории (влагообеспеченности). Показатель ГТК хорошо согласуется с геоботаническими зонами: ГТК 1,3-1,1 соответствует лесной; 1,0-0,8 – лесостепной; 0,8-0,6 – степной; 0,5-0,3 – полупустынной и менее 0,3 – пустынной зонам при вычислении показателя за весь вегетационный период в пределах температур выше 10°C .

Принято считать: ГТК < 0,5 – очень засушливо; $0,5 < ГТК < 1,0$ – недостаточно влажно; $1,0 < ГТК < 2,0$ – достаточное увлажнение; ГТК > 2 – переувлажнение.

Величины ГТК рассчитывают по данным о месячных суммах температур и осадков и находят корреляционные связи с различными критериями засушливости.

В работе (Малевский – Малевич и др., 2007) с использованием данных метеорологических наблюдений оценена вероятность возникновения пожароопасной обстановки III и IV классов в течение пожароопасного сезона (апрель-сентябрь) для разных значений ГТК. Показано, что реализация значений ГТК < 1 обеспечивает от 42 до 50% вероятности пожароопасной обстановки, уменьшение ГТК до значений ГТК $\leq 0,4$ повышает эту вероятность до 56-72%. Отмечено также, что увеличение месячной засушливости неизменно приводит к увеличению числа дней с пожароопасной обстановкой.

В работе (Хан, 2012) разработана схема прогноза пожарной опасности на долгие сроки, основанная на расчете индекса Нестерова и гидродинамических прогнозов температуры воздуха и осадков по модели ПЛАВ. Модельные данные показывают, что к середине XXI века вероятность возникновения пожароопасных условий III и IV классов увеличится от 12 до 22%, а в конце века – до 30%.

Отметим, что лесные пожары возникают также от молний в результате грозовой деятельности. Так, в работе (Санников и др., 2010) показано, что в островных сосновых лесах бассейна Конды в Западной Сибири, подверженных пожарам почти исключительно от молний, установлена достоверная линейная связь их плотности с градиентом аномального геомагнитного поля. Высказано предположение, что эта закономерность носит глобальный характер и должна прояв-

ляться в любой точке суши Земного шара, особенно в местах залегания ферромагнитных минералов. В работе производились расчеты индекса горимости Нестерова с использованием ежедневных метеорологических параметров приземного слоя атмосферы. Индекс горимости характеризует пожарную опасность по условиям, которые создаются при сухой и жаркой погоде и нарастают с увеличением продолжительности периода с такими условиями (Нестеров, 1949; Шерстюков, 2003).

Анализ данных табл. 11.8 показывает, что в марте и ноябре на всей территории рассматриваемого округа горимость леса отсутствует или малая. Повторяемость класса I (показатель горимости Γ находится в пределах 0-300) в это время на станциях колеблется в марте от 87,1 (ст. Саратов) до 100% (ст. Ныроб, АМСГ), в ноябре от 69,1 (ст. Учалы) до 100% (ст. Ныроб, АМСГ, Пермь). Однако, начиная с апреля повторяемость индекса Γ этого класса резко понижается и достигает в июле своего минимума 11,9 (ст. Перелюб) – 45,1% (ст. Ныроб, АМСГ). Причем наименьшие значения, как и следовало ожидать, отмечается на юге региона. В теплый период (май-сентябрь) значительно возрастает повторяемость классов горимости II и III (Γ меняется от 301 до 4000), когда горимость становится средней и высокой. Суммарная повторяемость этих классов колеблется на территории региона в июле (максимум) от 54% (ст. Ныроб, АМСГ) до 67% (ст. Казань, ЦГМС). Естественно, что особая опасная и тем более чрезвычайная горимость встречается чаще на юге региона. Так, повторяемость IV класса опасности ($\Gamma = 4001-10000$) в мае-сентябре достигает своего максимума на ст. Перелюб (май, 26,6%), а минимума на ст. Ныроб, АМСГ, Пермь (сентябрь, 0,0%). При этом наибольшая повторяемость горимости этого класса, как правило, отмечается в мае и в южной части региона. Чрезвычайная горимость заметно возрастает с севера на юг. Так, если на севере ПФО (например, ст. Лальск, Ныроб, АМСГ и др.), этот класс горимости себя практически не проявил, то на территории Оренбургской области повторяемость чрезвычайной ситуации может достигать 16% (ст. Зерн. с/х Озерный).

Т а б л и ц а 11.8

Повторяемость (%) индекса горимости по классам опасности
за 1966 – 2004 гг.

ст. Киров, АМСГ

Класс опасности	Горимость	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	отсутствует или малая	92,7	54,2	35,5	34,3	31,1	39,7	55,7	77,3	99,1
II	средняя	6,5	27,4	27,8	29,4	30,7	29,8	23,0	13,3	0,9
III	высокая	0,9	17,5	30,6	31,6	29,9	26,7	20,0	8,9	0,0
IV	особо опасная	0,0	0,9	6,1	4,6	8,1	3,3	1,3	0,5	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0

Ижевск

Класс опасности	Горимость	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	отсутствует или малая	98,3	54,9	29,0	27,0	27,2	32,6	48,0	70,2	99,0
II	средняя	1,7	25,5	27,7	30,5	31,0	30,0	25,6	12,8	0,0
III	высокая	0,0	18,6	33,4	34,6	30,5	31,8	22,2	13,8	0,0
IV	особо опасная	0,0	0,9	9,9	7,8	9,5	5,6	4,2	3,2	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	0,0	0,1	0,0	0,0

Н. Новгород, мыза

Класс опасности	Горимость	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	отсутствует или малая	90,5	49,9	27,8	35,2	30,5	34,4	51,0	74,9	98,8
II	средняя	8,9	25,2	28,2	31,0	29,6	29,9	24,1	14,2	0,6
III	высокая	0,6	23,2	34,7	28,4	31,5	27,9	22,5	9,6	0,6
IV	особо опасная	0,0	1,7	9,2	5,3	8,4	5,7	2,4	1,4	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0

Чебоксары

Класс опасности	Горимость	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	отсутствует или малая	97,7	51,6	24,9	31,7	27,0	29,9	50,8	71,1	93,7
II	средняя	2,3	27,8	26,4	28,6	32,4	27,2	24,0	15,0	5,6
III	высокая	0,0	19,6	32,8	28,9	30,4	35,6	21,8	12,9	0,7
IV	особо опасная	0,0	1,0	15,9	9,2	8,7	6,7	3,3	1,1	0,0

V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	1,6	1,5	0,6	0,0	0,0	0,0
---	--------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Казань, ЦГМС

Класс опасности	Горимость	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	отсутствует или малая	95,5	50,9	25,9	25,9	23,8	28,6	48,4	68,2	98,2
II	средняя	4,5	29,7	24,2	28,6	30,5	30,6	20,5	18,6	1,5
III	высокая	0,0	18,0	36,0	35,5	36,2	32,4	25,0	12,9	0,4
IV	особо опасная	0,0	1,3	13,3	7,8	9,4	8,2	6,1	0,2	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,6	2,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

Ульяновск

Класс опасности	Горимость	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	отсутствует или малая	90,8	43,6	20,2	25,0	20,7	22,6	36,3	56,8	91,4
II	средняя	9,2	28,1	22,5	26,4	28,4	25,5	23,9	23,2	6,8
III	высокая	0,0	25,8	34,1	32,9	36,9	36,0	26,7	15,8	1,8
IV	особо опасная	0,0	2,5	20,6	11,6	13,0	14,7	13,1	4,3	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	2,6	4,2	1,0	1,3	0,0	0,0	0,0

Самара, ОГМС

Класс опасности	Горимость	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	отсутствует или малая	93,8	46,1	19,2	20,3	19,0	20,1	36,1	55,6	93,8
II	средняя	6,2	25,6	21,6	27,6	25,7	24,0	24,1	23,9	5,3
III	высокая	0,0	23,9	32,0	32,3	34,3	33,3	23,7	15,9	0,9
IV	особо опасная	0,0	4,4	20,9	13,9	18,8	16,9	13,1	4,6	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	6,4	5,9	2,2	5,6	2,9	0,0	0,0

Таким образом, как показывает статистика и практика в весенне-летний период пожароопасность в лесах на всей территории ПФО достаточно высокая. Примером этому может служить сложившая метеорологическая обстановка в округе в апреле-мае 2010 г., когда при температурах 25-30 °С и при полном отсутствии дождя индекс горимости достиг отметки ~ 10000 и на всей территории ПФО в лесах

вспыхнули пожары. Были приняты административные решения по запрещению разжигания костров вблизи лесных массивов.

Возникновению причиняющих значительный ущерб лесных пожаров способствует установившаяся на длительное время сухая и жаркая погода. Около 70% лесных пожаров возникают из-за нарушения людьми правил пожарной безопасности в лесу и лишь 8,4% от грозных разрядов. В 1994-2003 гг. в России пожарами было уничтожено 3,12 млн. га лесных насаждений, или 80% погибших от всех причин древостоев. Прямые потери от лесных пожаров в 2004 г. составили почти 20 млрд. руб. Число учтенных лесных пожаров в России, а также число суток в году с пожароопасностью «высокой и больше» заметно увеличилось в конце XX - начале XXI века. В связи с продолжающимся потеплением климата на территории России в XXI веке ожидается увеличение числа суток с пожароопасной обстановкой средней и высокой интенсивности (Оценочный доклад. Общее резюме, 2008).

Леса занимают значительную часть территории России – около 45%. Они играют заметную роль в сохранении биоразнообразия, как накопители углерода и поставщики кислорода, а также как источник биоресурсов.

В мае-августе 2010 г. на территории ПФО установилась жестокая засуха. Все это привело к массовой гибели посевов и многочисленным лесным пожарам, гибели десятков людей и населенных пунктов. Индекс пожароопасности Нестерова достигал уже в мае чрезвычайной отметки – 14 000, а в августе он достиг значения 24 000. Это небывалые показатели. Индекс засушливости Д.А. Педя также оказался рекордным (5.5). Летом 2012 г. запылали леса в Сибири в результате установившейся в регионе жаркой сухой погоды.

В работе Шерстюковых (2007), на основании сценарных оценок изменения климата в XXI в. с помощью наиболее совершенных климатических моделей получен вывод, что на Европейской территории России в первой половине XXI в. ожидается увеличение числа суток в году с потенциальной горимостью леса «высокой» и «больше» на 20 – 60 %.

Анализ новейших климатических рядов по территории ПФО также свидетельствует о росте летних температур и в целом об усилении засушливости. Все это требует предпринимать упредительные меры для сохранения лесов.

11.4. Характеристика биоклимата

Биоклимат территории – важный природный ресурс, от состояния которого зависит комфортность ощущений и самочувствие человека, работоспособность, производительность труда и здоровье организма в целом. Исследуя влияние изменений метеорологических условий на адаптационные механизмы, можно решить проблему сохранения здоровья человека в условиях ухудшения среды обитания (Исаев, 2001; Климатические ресурсы..., 2005).

Особую важность приобретают исследования, в задачу которых входят биоклиматическая оценка и территориальная дифференциация биоклиматических условий на региональном уровне. Биоклиматическая оценка – определение положительных и отрицательных воздействий различных климатических факторов и их комплексов на организм – выявляет медико-климатический потенциал территории для рационального использования ландшафтно-климатических условий в здравоохранении и рекреации.

Погода и климат Приволжского федерального округа (ПФО) в основном определяются атмосферной циркуляцией, и особенно преобладанием западных потоков воздуха, что обуславливает существенное влияние на местный климат атлантических воздушных течений, которые смягчают и увлажняют его. Вместе с тем сюда поступают и воздушные массы, сформировавшиеся в других, в том числе арктических, и резко континентальных районах Сибири, Казахстана и Средней Азии. В случае ослаблений внешних воздействий пришедшие воздушные массы под влиянием местных трансформационных факторов приобретают свойства данного географического района. Влияние местных условий (мезо- и микрорельеф, растительность, почва, непосредственная близость водоемов, застройка территории) порождает климатические вариации различной интенсивности на фоне устойчивых атмосферных процессов.

В качестве исходных использованы статистические данные (с 1966 по 2004 год) Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации Мирового центра данных г. Обнинска сети станций Приволжского округа, справочники по климату СССР.

Для оценки теплового состояния человека разработан ряд биоклиматических показателей, которые позволяют определить уровень

его тепловой или холодной нагрузки в летнее и зимнее время года. В результате анализа публикаций и работ, посвященных разработке и описанию многочисленных биоклиматических индексов, показателей и критериев оценки уровня комфорта, тщательного изучения и сопоставления, были отобраны следующие биоклиматические показатели:

- эффективная температура неподвижного воздуха (ЭТ)

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10)(1 - f/100), \quad (11.3)$$

где f – относительная влажность воздуха; t – температура воздуха в градусах Цельсия;

- эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) – показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}} - 0,29t\left(1 - \frac{f}{100}\right) \quad (11.4)$$

где ET – ЭЭТ, t – температура воздуха, °С; f – относительная влажность, %; v – скорость ветра, м/с;

- индекс суровости по Бодману (S)

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v), \quad (11.5)$$

где S – индекс суровости (баллы), t – температура воздуха (°С), v – скорость ветра (м/с);

- приведенная температура по Адаменко и Хайруллину ($t_{прив}$)

$$t_{прив} = t_g - 8,2\sqrt{V}, \quad (11.6)$$

где $t_{прив}$ – приведенная температура, °С; t_g – фактическая температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с;

- индекс ветрового охлаждения по Хиллу (H_w)

$$H_w = H_d + (0,085 + 0,102v^{0,3})(61,1 - e)^{0,75}, \quad (11.7)$$

где $H_d = (0,13 + 0,47v^{0,5})(36,6 - t)$; v – скорость ветра, м/с; t – температура воздуха, °С; e – упругость водяного пара, гПа;

- радиационно-эквивалентно-эффективные температуры (РЭЭТ)

$$РЭЭТ = 125 \lg [1 + 0,02T + 0,001(T - 8)(f - 60) - 0,45(33 - T)\sqrt{V} + 185B], \quad (11.8)$$

где T – температура воздуха, °С; f – относительная влажность воздуха, %; V – скорость ветра, м/с; B – поглощенная поверхностью тела солнечная радиация, кВт/м²;

В соответствии с рекомендациями Е.Г.Головиной и В.И.Русанова [5], РЭЭТ может быть рассчитана по формулам:

$$РЭЭТ = НЭЭТ + 6,2^\circ\text{С} \quad (11.9)$$

$$\text{или } РЭЭТ = 0,83ЭЭТ + 12^\circ\text{С}, \quad (11.10)$$

где НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура, ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура по Миссенарду;

- нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ) – показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра для одетого человека

$$\text{НЭЭТ} = 0,8\text{ЭЭТ} + 7^{\circ}\text{C}, \quad (11.11)$$

где ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура ET по Миссенарду;

- биологически активная температура (БАТ)

$$\text{БАТ} = 0,8 \text{НЭЭТ} + 9^{\circ}\text{C}, \quad (11.12)$$

где НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура (Русанов, 1981; Энциклопедия..., 2005).

С целью оценки тенденций изменения значений биоклиматических показателей во времени рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ) и коэффициенты его детерминации R^2 для каждой станции ПФО. Величина R^2 показывает, каков вклад линейного тренда в общую изменчивость индекса. Тенденция изменения рассматриваемого биоклиматического показателя считалась статистически значимой, если ее уровень достоверности был равен 95% ($P=0,95$). При объеме выборки 39 лет это соответствует величине $R^2=10\%$.

Проанализированы результаты расчетов сезонного и годового пространственного распределения биоклиматических показателей с оценкой комфортности территории, которые позволили выявить закономерности и построить схемы их пространственного распределения.

Для оценки степени комфортности рассчитывалась **эффективная температура**, которая является характеристикой ощущения степени тепла или холода организмом полураздетого (до пояса) человека и является эмпирической функцией температуры и относительной влажности воздуха. Анализ полученных данных показывает, что на территории ПФО за холодный период (с ноября по март) ЭТ находится в пределах от $-10,9$ до $-4,1^{\circ}\text{C}$, что характеризует зимние условия на исследуемой территории как «холодно» с «умеренной» нагрузкой на организм человека. Распределение изолиний эффективной температуры в период с ноября по март на территории ПФО имеет практически меридиональный характер. Наименьшие значения ЭТ отмечаются в пунктах, расположенных на северо-востоке и юго-востоке ПФО, а наибольшие – на юго-западе исследуемой территории.

Значения ЭТ в теплый период (с мая по сентябрь) изменяются по территории от 11,0 до 17,8°C, что характеризует биоклиматические условия как «прохладно» и «умеренно тепло» (с нагрузкой – комфортно). Расположение изолиний эффективной температуры имеет хорошо выраженный зональный характер. Исключением является восточная половина республики Башкортостан (РБ), где изотермы ЭТ ориентированы с севера на юг благодаря меридионально направленной горной системе Южного Урала. К зоне «прохладно» по шкале эффективной температуры относится лишь северная часть и северо-восток Пермского края. На большей же части территории теплоощущения в теплый период характеризуются как «умеренно тепло». Самые благоприятные биоклиматические условия отмечаются на «южных» станциях. Число дней с комфортной погодой (по значениям ЭТ) за год колеблется от 34 на северо-востоке до 66 на юго-западе.

Значения КНЛТ среднегодовой ЭТ на территории ПФО имеют положительный знак и меняются от 0,04 до 0,52°C/10 лет. Заметное улучшение биоклиматических условий в течение года отмечается в центральных районах Башкортостана, на большей части Пермского края (КНЛТ ЭТ от 0,44 до 0,52°C/10лет, R^2 около 21-26%). Статистически незначимы за весь год величины КНЛТ рассматриваемого биоклиматического показателя в населенных пунктах, расположенных на большей части Оренбургской, Саратовской, Ульяновской и Самарской областей, Мордовии, в центре, на юго-западе и юго-востоке РТ, в центре и на западе Нижегородской и Пензенской области, а также на юго-востоке Кировской области, на востоке Пермского края и Удмуртии. На остальной территории Приволжского округа значения КНЛТ ЭТ статистически значимы и имеют положительный знак. Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с положительным знаком значительно выше, чем для тех же отрицательных, что говорит о большей статистической достоверности выводов для изменений биоклиматических условий на территории ПФО в сторону улучшения, в особенности в холодный период года.

Наиболее же часто используется *эквивалентно-эффективная температура* (ЭЭТ), учитывающая комплексное влияние на человека температуры, влажности воздуха и скорости ветра. ЭЭТ – представляет собой сочетание метеовеличин, производящее тот же тепловой эффект, что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуре и оценивает теплоощущение обнаженного по пояс человека.

Анализ полученных результатов показывает, что на территории ПФО за холодный период ЭЭТ находится в пределах от $-29,2$ до $-18,0^{\circ}\text{C}$, что характеризует зимние условия на исследуемой территории как «очень холодно» и «угроза обморожения» (рис.1). На большей части ПФО с ноября по март наблюдаются теплоощущения «очень холодно». Почти на всей территории Оренбургской области, Удмуртии, Пермского края и республики Татарстан (РТ), в северных, восточных и юго-восточных районах Кировской области, на севере, западе, юго-востоке РБ, согласно классификации ЭЭТ, расположена зона, где начинается «угроза обморожения». Наименьшие значения эквивалентно-эффективной температуры отмечаются в пунктах, находящихся в восточной части Оренбургской области (Зауральская равнина). Пространственное распределение значений ЭЭТ на территории ПФО выявляет области, где данный показатель несколько выше большинства. К таковым относятся станции, расположенные в центральной и юго-восточной части Башкортостана, в западных районах Нижегородской области, на юге Пермского края, на юге и востоке Ульяновской области, в г. Саратов.

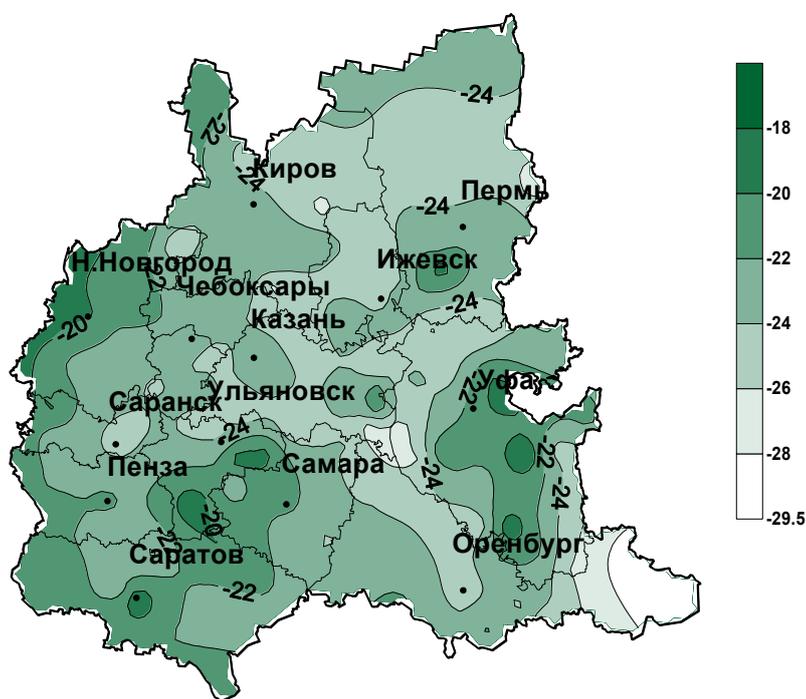


Рис.1. Эквивалентно-эффективная температура ($^{\circ}\text{C}$) в холодный период.
 ($<-24^{\circ}\text{C}$ - "угроза обморожения"; $-24^{\circ}\dots-18,1^{\circ}\text{C}$ -
 "очень холодно"; $-18^{\circ}\dots-12,1^{\circ}\text{C}$ - "холодно")

Значения ЭЭТ в теплый период (май-сентябрь) изменяются по территории от $4,0$ до $13,0^{\circ}\text{C}$, что характеризует биоклиматические условия как «умеренно прохладно», «прохладно» и «комфортно (умеренно тепло)». Из рис.2 видно, что расположение изолиний экви-

валентно-эффективной температуры имеет практически зональный характер. Северная и восточная части Кировской области, северные районы Пермского края, а также восток РБ, север Нижегородской области находятся в зоне «умеренно прохладно».

На остальной, то есть на большей части, исследуемой территории теплоощущения в теплый период характеризуются как «прохладно». Исключением являются станции, имеющие более южное географическое расположение (ET от 12,1 до 13,0 $^{\circ}C$), где биоклиматические условия оцениваются как «комфортно (умеренно тепло)». Следует отметить также, что почти на всей горной территории РБ, исключая северные районы, изолинии ЭЭТ принимают азональный характер.

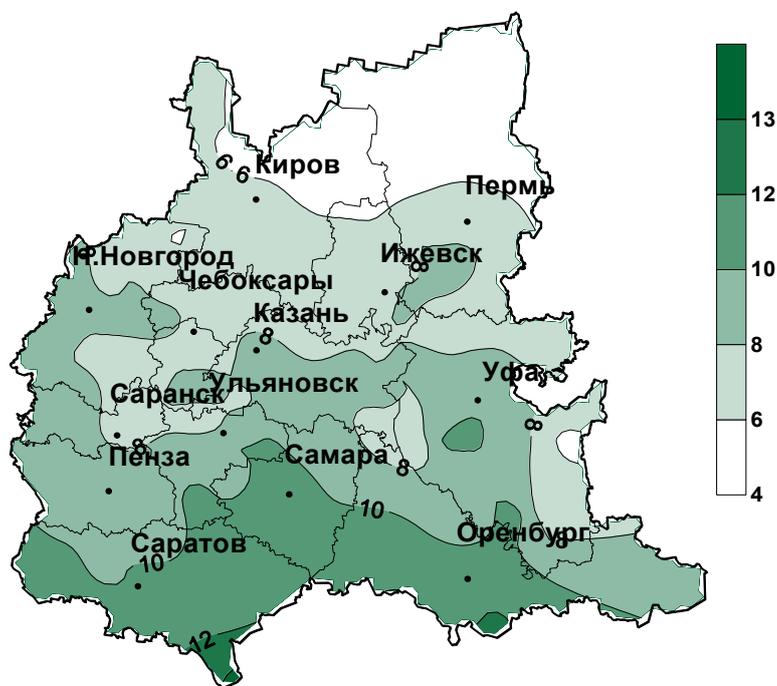


Рис.2. Эквивалентно-эффективная температура ($^{\circ}C$) в теплый период (от 0,1 $^{\circ}$ до 6 $^{\circ}C$ "умеренно прохладно"; от 6,1 $^{\circ}$ до 12 $^{\circ}C$ "прохладно"; от 12,1 $^{\circ}$ до 18 $^{\circ}C$ "комфорт, умеренно-тепло").

Значения КНЛТ средней годовой эквивалентно-эффективной температуры на территории ПФО меняются от -0,21 до 2,01 $^{\circ}C/10$ лет. Заметное улучшение биоклиматических условий в течение года отмечается в центральных районах Башкортостана и Оренбургской области, на большей части Пермского края (КНЛТ ET от 1,74 до 2,01 $^{\circ}C/10$ лет, R^2 около 63-75%). Статистически незначимы за весь год величины КНЛТ рассматриваемого биоклиматического показателя на юго-западе РТ, в северной и центральной части Саратовской области, север, северо-запад и юго-восток РБ, юго-востоке Кировской области,

западе Мордовии, западный и центральный районы Удмуртии, центр Пензенской области. На остальной территории Приволжского округа значения КНЛТ ЭЭТ статистически значимы и имеют положительный знак. Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с положительным знаком значительно выше, чем для тех же отрицательных. Значения же ЭЭТ в январе на большей части территории изменяются в пределах 2,2-4,5 °С/10лет, а в июле в пределах 1,3-1,6 °С/10лет.

Биоклиматические показатели холодного периода. Для рекреационной оценки зимнего периода в данной работе использовался *индекс суровости погоды по Бодману*, определяющий условия, способствующие обморожению. Он определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые особенно влияют на охлаждение не защищенной одеждой поверхности тела человека и на органы дыхания.

На территории ПФО значения индекса суровости Бодмана меняются от 1,7 до 2,4 балла, что характеризует зимние условия как «малосуровые» и «умеренно-суровые». При этом, значения индекса суровости на территории ПФО в холодный период года (с ноября по март) в пунктах, расположенных в центральной части Башкортостана, в западных районах Нижегородской области, на юге Пермского края, в Самарской и Ульяновской областях, восточной части республики Мордовия, оцениваются как «малосуровые». На остальной исследуемой территории зима характеризуется как «умеренно суровая» ($2 < S < 3$). Самые суровые условия (2,4 балла) зимнего периода наблюдаются на юго-востоке Приволжского округа (Зауральская равнина). Наименьшие значения индекса Бодмана (1,7 балла) в период с ноября по март соответствуют станциям, находящимся в горной местности Южного Урала республики Башкортостан и на юге Пермского края.

Число дней с суровой погодой с ноября по март колеблется от 0 до 24. Чаще всего суровые погодные условия отмечаются на востоке Оренбургской области (13-16% дней за холодный период).

Число дней с умеренно-суровой погодой ($2 < S < 3$) на исследуемой территории изменяется от 23 до 78 за холодный период. В более половины случаев (52-51%) с ноября по март такие условия отмечаются на востоке Оренбургской области, на Бугульминско-Белебеевской возвышенности и на юге Кировской области.

В целом, за холодный период значения КНЛТ индекса Бодмана за исследуемый период на территории Приволжского Федерального Ок-

руга меняются от -0,4 до 0,06 балла/10лет. Заметное улучшение биоклиматических условий зимой отмечается в центральных районах Оренбургской области и РБ, юге Марий Эл, юго-западе Пермского края, (КНЛТ индекса «S» от -0,4 до -0,29 балла/10лет, R^2 более 70%). Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с отрицательным знаком значительно выше, чем для тех же положительных, что говорит о большей статистической достоверности выводов для изменений суровости на территории ПФО в сторону смягчения.

Для оценки теплового состояния человека в холодный период используется также показатель «*приведенная температура*», предложенный К.Ш. Хайруллиным и В.Н. Адаменко. Он характеризует теплотепери человека в зависимости от сочетания фактических значений температуры и скорости ветра, приравненные к теплотерям той же температуры воздуха, но в условиях безветрия.

На территории ПФО приведенная температура находится в широком диапазоне значений от -19,7 до -29,4°C, что характеризует зимние условия на большей части исследуемых станций как дискомфортные с ограниченным временем прогулок и частичным ограничением пребывания ослабленных и больных людей на воздухе.

Условия значительного дискомфорта в зимний период в ПФО наблюдаются лишь на востоке Оренбургской области ($t_{прив} = -29,4$ и $29,1^\circ\text{C}$) (Зауральская равнина). Данный показатель несколько выше на станциях, расположенных в центральной части Башкортостана и Саратовской области, в западных районах Нижегородской области, на юге Пермского края, в восточной части республики Мордовия, на юге и востоке Ульяновской области. Достаточно низкие значения приведенной температуры отмечаются на станциях, находящихся на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, на востоке и юго-востоке Кировской области, в центральной и юго-западной частях республики Татарстан.

Значения КНЛТ приведенной температуры на территории ПФО меняются от -0,16 до 2,82 °C/10лет.

Заметное улучшение биоклиматических условий зимой отмечается в центральных районах Оренбургской области и РБ, юге Марий Эл, юго-западе Пермского края (КНЛТ $t_{прив}$ от 2,28 до 2,82 °C/10лет, R^2 около 74-80%). При этом, в январе значения КНЛТ приведенной температуры на большей части территории ПФО меняется в пределах 1,3-3,8 °C/10лет.

Статистически незначимы за холодный период величины КНЛТ рассматриваемого биоклиматического показателя на юго-западе РТ, севере Саратовской области, юго-востоке и северо-западе РБ, юго-востоке Кировской области, в западной части Мордовии и Удмуртии, на востоке Пермского края. Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с положительным знаком значительно выше, чем для тех же отрицательных, что говорит о большей статистической достоверности выводов для изменений суровости на территории ПФО в сторону смягчения.

Исследование особенностей суровости погодных условий на территории ПФО указывают на хорошую согласованность использованных методов Бодмана и Адаменко-Хайруллина. Более полной количественной характеристикой суровости климата являются оценки, полученные с учетом не только низких температур воздуха, но и скорости ветра и влажности воздуха. Для оценки суровости климата в работе также выбран *индекс влажного ветрового охлаждения по Хиллу*, размерность которого H_w выражается в мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$. Биоклиматический индекс H_w характеризует интенсивность потери тепла материальным телом или человеческим организмом в воздушном потоке с определенной температурой и влажностью. При невысоких положительных, а также отрицательных температурах воздуха влажный ветровой поток усиливает дискомфортное состояние человеческого организма. При высоких положительных температурах воздействие влажного ветрового потока уменьшает состояние дискомфорта человека.

На территории ПФО значения индекса влажного ветрового охлаждения по Хиллу меняются от 38 до 65,8 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$, что свидетельствует об отсутствии станций с абсолютно суровыми зимними условиями. На большей части исследуемой территории в холодный период отмечаются суровые погодные условия. Наибольшие значения индекса H_w наблюдаются в пунктах, расположенных в восточной части Оренбургской области (65,8 и 65 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$ соответственно). Погодные условия здесь за холодный период характеризуются как «экстремально суровые». Экстремально суровые погодные условия отмечаются также на большей части Чувашии, Оренбургской области, Марий Эл, Пензенской области, Мордовии и РТ. Сухость воздуха и слабые скорости ветра в течение холодного периода ослабляют дискомфортность климатических условий в центральных горных районах

Башкортостана, на юге Пермского края, где по индексу Хилла зима относительно суровая и комфортная.

Суровость климата имеет ярко выраженную внутри- и межгодовую динамику. В целом, за холодный период (с ноября по март), значения КНЛТ индекса H_w на территории Приволжского округа меняются от -6,46 до 1,23 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}/10\text{лет}$. Заметное улучшение биоклиматических условий зимой отмечается в центральных районах Оренбургской области и РБ, юге Марий Эл, юго-западе Пермского края (КНЛТ H_w от -6,46 до -4,73 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}/10\text{лет}$, R^2 около 74-87%).

Исследование особенностей суровости погодных условий на территории Приволжского округа указывают на достаточно хорошую согласованность использованных методов Бодмана, Адаменко-Хайруллина, и Хилла.

Биоклиматические показатели летнего периода. Рекреационно-климатические ресурсы летнего периода позволяет оценивать предложенная Г.В. Шелейховским *радиационная эквивалентно-эффективная температура* (РЭЭТ) – показатель теплового ощущения человека под влиянием комплексного воздействия температуры и влажности воздуха, скорости ветра, энергетической освещенности солнечной радиацией. Значения РЭЭТ используются для характеристики климатолечебных свойств региона.

Для аналитической оценки теплоощущений одетого человека (летняя одежда одного типа) И.В. Бутевой была предложена нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ), учитывающая влияние температуры, влажности воздуха и скорости ветра. Комфортными приняты НЭЭТ в пределах от $+17^\circ\text{C}$ до $+22^\circ\text{C}$.

Биологически активная температура окружающей человека среды (БАТ) позволяет определить комплексное воздействие на него температуры, влажности воздуха, скорости ветра, суммарной солнечной радиации, длинноволновой радиации подстилающей поверхности. Данный биоклиматический показатель предложен Г.В. Циценко. Зона комфорта БАТ заключена в пределах от $+10$ до $+20^\circ\text{C}$.

На территории ПФО значения РЭЭТ в теплый период (май-сентябрь) изменяются от 16,4 до $23,6^\circ\text{C}$, что характеризует погодные условия как «прохладный субкомфорт» и «комфортно-тепло». Расположение изолиний РЭЭТ имеет практически зональный характер. Температурные условия в пунктах, расположенных южнее изолинии 21°C , проходящей по северной части Саратовской и Самарской областей, по югу и востоку Ульяновской, по северным и восточным

районам Оренбургской области, а также в центральной части Башкортостана, оцениваются как «комфортно-тепло». На остальной, то есть на большей части, исследуемой территории погодные условия в теплый период характеризуются как «прохладный субкомфорт». Исключением является северо-восток Пермского края, где летние условия оцениваются как «холодный дискомфорт» ($RЭЭТ=16,4^{\circ}C$). Наибольшие значения радиационно-эквивалентно-эффективной температуры ($RЭЭТ=23^{\circ}C$ и более) отмечаются на юго-востоке Саратовской области и в южной части Оренбургской. Следует отметить также, что почти на всей горной территории РБ, исключая северные районы, изолинии $RЭЭТ$ принимают азональный характер.

Расположение изолиний *нормальной эквивалентно-эффективной температуры* ($HЭЭТ$) в теплый период года на территории ПФО также имеет практически зональный характер. Расчеты показали, что значения $HЭЭТ$ на исследуемых станциях с мая по сентябрь изменяются от $10,2$ до $17,4^{\circ}C$, что свидетельствует о недостаточном комфорте теплоощущений одетого человека. Исключением являются пункты, расположенные на юго-востоке Саратовской области, где $HЭЭТ$ достигает значений $17,4$ и $17,1^{\circ}C$ соответственно. Здесь в течение всего теплого периода «комфортно-тепло». Наименьшие значения рассматриваемого биоклиматического показателя отмечаются на станциях северо-востока Пермского края и севера Кировской области ($10,2$ и $10,8^{\circ}C$ соответственно). Следует отметить также, что на территории Южного Урала (в южной и восточной частях РБ) изолинии $HЭЭТ$ принимают азональный характер.

Распределение *биологически активной температуры* ($БАТ$) в теплый период года на территории ПФО имеет практически зональный характер, изменяясь от $17,1$ до $22,9^{\circ}C$, что свидетельствует о «комфортности» и «теплом дискомфорте» погодных условий. Территория южнее изолинии $БАТ=20^{\circ}C$, проходящей по центральным районам Нижегородской области, по северу Ульяновской области, южной части РТ, по центральным и восточным районам РБ, а также на юге Пермского края, востоке РТ и в Казани характеризуется незначительным превышением максимально комфортных условий по $БАТ$, составляющей $20,1-22,9^{\circ}C$. Максимальные значения рассматриваемого биоклиматического показателя отмечаются на самых южных станциях ПФО ($22,7^{\circ}-22,9^{\circ}C$), минимальные – на северо-востоке Пермского края и на севере Кировской области ($17,1$ и $17,6^{\circ}C$ соответственно). Следует отметить также, что на территории Южного Урала (в южной

и восточной частях РБ) изолинии БАТ принимают азональный характер.

В целом, теплый период характеризуется небольшими значениями КНЛТ рассматриваемых показателей, которые имеют положительный знак практически на всей территории ПФО: от -0,21 до 1,03 °С/10лет. Наиболее благоприятными биоклиматические условия в летнем периоде становятся на большей части Пермского края, Кировской области, а также в центральной части РБ. Величина КНЛТ в этих пунктах находится в пределах от 0,8 до 1,03 °С/10лет. Вклад линейного тренда в общую изменчивость РЭЭТ и НЭЭТ при этом составил 43-55%.

12. СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Основой системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации информацией о состоянии окружающей среды на территории Приволжского федерального округа является государственная сеть наблюдений Росгидромета в Приволжском Федеральном округе, которая функционирует в четырнадцати субъектах РФ (шесть республик: Башкортостан, Марий-Эл, Мордовия, Татарстан, Удмуртия, Чувашия; Пермский край и семь областей – Кировская, Нижегородская, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская). Центром Приволжского федерального округа является город Нижний Новгород.

Территория Приволжского федерального округа занимает около 6% территории Российской Федерации (более 1 млн. кв. км), на ней проживает более 20% населения страны (более 30,2 млн. человек). Это второй по численности населения федеральный округ после Центрального. Вместе с Центром и Югом Приволжье входит в число наиболее плотно населенных территорий России.

В Приволжском федеральном округе можно выделить три группы регионов: Волго-Вятский, Среднего Поволжья и Западного Урала.

Главный интеграционный фактор, объединяющий все регионы Приволжья - река Волга, самая большая в Европе. Заселение района, его освоение, развитие хозяйства напрямую было связано с использованием этого водного пути, который уже в советское время, наряду с прежним выходом к Каспийскому морю, получил выходы к Азовскому, Черному, Балтийскому и Белому морям. До недавнего времени в летнюю навигацию Волга брала на себя 40% всех грузоперевозок европейской части бывшей территории СССР.

Приволжье обладает уникальным транзитным положением, так как расположено на перекрестке международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Восток-Запад», соединяющих Сибирь и Дальний Восток, а также страны Восточной Азии с Европейской Россией и государствами Европы. По территории Приволжья проходит большинство трубопроводов из Западной Сибири, что способствует развитию химической промышленности, снижает издержки на обеспечение регионов топливными ресурсами, в том числе, газом. В округе достаточно высок уровень развития транспортной инфраструктуры.

Доля округа в общероссийском ВВП превышает 15%. Особенностью округа является наличие значительного производственного потенциала. ПФО обладает диверсифицированной структурой экономики с сопоставимым вкладом добывающей промышленности, машиностроения и химической промышленности; высокой ролью агропромышленного комплекса, биотехнологий и фармацевтики, строительства и промышленности строительных материалов, транспорта и энергетики. Традиционной специализацией округа являются машиностроение (авиационная, ракетно-космическая отрасли, судостроение, приборостроение, энергетическое машиностроение, станкостроение и другие отрасли) и химическая промышленность. Промышленность, размещенная в бассейне реки Волги, включает в себя практически весь спектр отраслей и выпускает около 50% всей промышленной продукции России. Здесь сосредоточена четверть всего промышленного производства России, 85% российского автопрома, 65% авиастроения, 40% нефтехимии, 30% судостроения, 30% производства оборонно-промышленного комплекса. В округе сосредоточены треть инновационно-активных предприятий, около половины объема российского экспорта технологий. Приволжье находится на втором месте после Уральского федерального округа по добыче нефти, на регионы приходится около 20% российской добычи и природного газа, добыча сконцентрирована в Оренбургской области.

Округ является одним из лидеров по производству минеральных удобрений, синтетических смол и пластмасс, шин, каустической соды. Минерально-сырьевой потенциал Приволжья значителен, практически в каждом регионе имеются ресурсы углеводородного сырья, характеризующиеся высокой геологической изученностью и инфраструктурной освоенностью. В северо-восточной части территории округа имеются уникальные в мировом масштабе месторождения калийных солей, крупные месторождения титана, меди. На их основе сформировались стабильно работающие отрасли. Достаточно высоким потенциалом обладают месторождения строительного сырья.

В округе значительны запасы лесных ресурсов.

Природные условия на большей части территории округа – одни из наиболее благоприятных в России для жизни и ведения бизнеса. Агроклиматический потенциал территории позволяет вести продуктивное сельское хозяйство разных типов: выращивать зерновые, технические, плодовоовощные культуры, заниматься продуктивным животноводством. Округ занимает лидирующие позиции среди феде-

ральных округов по производству многих видов сельскохозяйственной продукции. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет порядка 65 млн. га – 29% всех сельскохозяйственных угодий страны, в том числе пахотные земли занимают 45 млн. га – около трети всех пахотных земель Российской Федерации. Многофункциональный агропромышленный комплекс Приволжского федерального округа обеспечивает четверть объема сельхозпродукции России и треть объемов зерна.

Важную роль в экономике округа играют пищевая и перерабатывающая промышленность, в значительной степени обеспеченные продукцией сельского хозяйства и имеющие значительный потребительский спрос.

Водные ресурсы бассейна реки Волги оказывают значительно большее влияние на экономику не только данного региона, но и Российской Федерации по сравнению с другими водными объектами. В бассейне реки Волги находится Волжско-Камский каскад гидроэлектростанций – крупнейший в Российской Федерации. Он обеспечивает не только потребности в электроэнергии население европейской части страны, но имеет огромное значение для регулирования стока крупных речных систем – Волги и Камы, а также для обеспечения потребностей в воде объектов коммунальной инфраструктуры, промышленных предприятий, сельскохозяйственную отрасль, создает нормальные условия для функционирования речного флота и т.д. В бассейне реки Волги количество водохозяйственных объектов наибольшее по всем речным бассейнам России, плотность населения одна из самых высоких, уступает только территории бассейна реки Терек.

На территории Приволжского федерального округа учреждениями Росгидромета проводятся гидрологические наблюдения на 372 постах, метеорологические в 555 пунктах (в том числе 196 метеостанций, 36 автоматических метеостанций, 323 поста), агрометеорологические на 198 пунктах, аэрологические на 9 пунктах, метеорологические радиолокационные на 6 пунктах.

Наблюдения за качеством окружающей среды на государственной наблюдательной сети Росгидромета на территории округа проводятся по следующим средам:

- атмосферный воздух на 159 пунктах,
- поверхностные воды по гидрохимическим показателям на 237 пунктах, по гидробиологическим показателям на 42 пунктах,

- почвенный покров на 52 пунктах,
- снежный покров на 66 пунктах,
- атмосферные осадки на 24 пунктах,
- радиационные наблюдения – планшетные на 38, за аэрозолями на 4, за МЭД (мощность экспозиционной дозы) на 191, за тритием в осадках на 5 пунктах.

Основными факторами, оказывающими негативное воздействие на жизнедеятельность населения и экономику округа, являются опасные гидрометеорологические явления, такие как шквалы, смерчи, ливни, град, снегопады, пыльные бури, наводнения, засуха, маловодье и другие. Опасные гидрометеорологические явления по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения могут представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также могут наносить значительный материальный ущерб экономике региона.

Метеорологические радиолокационные наблюдения являются одним из важнейших видов наблюдений для прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений (грозы, шквалов, сильных осадков, града), которые осуществляются с помощью метеорологических радиолокационных станций. В период до 2016 года в рамках федеральных целевых программ ФЦП «Модернизация Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009-2015 годы)» и ФЦП «Создание и развитие единой системы мониторинга геофизической обстановки над территорией РФ на 2008-2015 гг.» во всех административных центрах Приволжского федерального округа будут установлены новейшие доплеровские метеорологические радиолокаторы ДМРЛ-С. Эксплуатация ДМРЛ-С позволит создать единое информационное поле с данными о возникновении и развитии опасных атмосферных явлений.

В настоящее время в системе Росгидромета осуществляется модернизация государственной наблюдательной сети, направленная, в том числе, на автоматизацию производства наблюдений. С 2005 года осуществляется проект «Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета», в рамках которого действующие метеостанции оснащены автоматизированными метеорологическими комплексами (АМК), в районах ранее необеспеченных метеонаблюдениями устанавливаются полностью автоматические метеорологические станции (АМС). Для производства гидрологических работ, экспедиционных обследований рек и водохранилищ,

изучения малых рек учреждения Росгидромета оснащаются мобильными гидрологическими лабораториями (МГЛ).

Достаточно развитая промышленность оказывает значительное негативное влияние на качество компонентов окружающей среды.

Требуется достоверная оценка состояния и загрязнения окружающей среды, которая, прежде всего, зависит от наличия надёжной системы аккредитованных лабораторий, выполняющих химические анализы, измерения физических свойств объектов окружающей среды, в том числе радиоактивности. Всего за год производится сотни тысяч элементоопределений и прямых измерений показателей, силами наблюдателей постов и 41 химической лаборатории. Результаты этих наблюдений составляют статистически обоснованные ряды данных, сравнимые с аналогичными показателями других территорий РФ, СНГ, мирового сообщества, которые позволяют давать комплексные оценки экологической обстановки, определять тенденции, обеспечивать отрасли экономики расчетными данными.

12.1. Загрязнение атмосферного воздуха и поверхностных вод

Данные, полученные в ходе наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, свидетельствуют о том, что качество атмосферного воздуха большинства городов территории ПФО по-прежнему остается неудовлетворительным: в 23 городах (58%, где проводятся наблюдения) ПФО отмечается высокий или очень высокий уровень загрязнения. Следует отметить, что в 2011 году улучшилось качество атмосферного воздуха по сравнению с 2010 годом, когда в период интенсивного горения лесов и торфяников состояние атмосферного воздуха было более неудовлетворительным для населения 69 % городов. Ежегодно в Обзоре Росгидромета публикуется список городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха (Приоритетный список). В 2010 г. в него входили 5 городов Приволжского федерального округа. Низкое качество воздуха в большинстве городов формировалось под воздействием негативного влияния формальдегида, бенз(а)пирена, фенола, аммиака, диоксида азота, этилбензола, взвешенных веществ. В 2011 году случаи экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха (более 50 ПДКм.р.) в городах на территории ПФО не отмечались (Обзор..., 2012).

В центрах всех субъектов РФ на территории Приволжского федерального округа осуществляется мониторинг загрязнения атмо-

сферного воздуха, за исключением Республики Марий-Эл. Качество атмосферного воздуха во всех областных и республиканских центрах характеризовалось в 2011 году высоким уровнем загрязнения, за исключением г.Н.Новгорода, качество воздуха в котором характеризовалось как «повышенное загрязнение».

Приоритетный список 2011 г. включает 27 городов с общим числом жителей в них 16,3 млн. человек. В этот список включены города с очень высоким уровнем загрязнения воздуха, для которых комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) равен или выше 14. В целом по РФ в Приоритетный список вошли 4 города с предприятиями нефтехимической промышленности, 6 городов — с предприятиями металлургии, 6 городов — с предприятиями химической промышленности; в том числе города Приволжского федерального округа Дзержинск (Нижегородская область) и Новочебоксарск (Чувашская Республика).

В 30 субъектах РФ, где учреждениями Росгидромета наблюдения проводятся только в 1–3 городах, в каждом из них наблюдается высокий и очень высокий уровень загрязнения воздуха, в Пермском крае таких городов 4.

В 204 городах РФ средняя за год концентрация одного или нескольких веществ превышает ПДК. В Республике Башкортостан, Нижегородской, Оренбургской, Самарской областях имеется 5–8 таких городов.

В 2011 г. в городах 25 субъектов Российской Федерации максимальная концентрация какого-либо вещества превышала 10 ПДК. По территории Приволжского Федерального округа случаи высокого загрязнения наблюдались в городах Республики Башкортостан, Республики Татарстан, Нижегородской и Саратовской области. В 2012г. случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) атмосферного воздуха не выявлено.

В 2011 г. на территории Приволжского федерального округа 36% участков рек и водохранилищ характеризовались разрядом «Б» 3 класса «очень загрязненных вод». К разряду «А» 3 класса «загрязненных вод» относилось 30% участков водных объектов. В разряд «А» 4 класса «грязных вод» вошло 28% обследованных участков водотоков, в разряд «Б» 4 класса «грязных вод» - 4%. 2 классом качества «слабо загрязненных вод» характеризовалось 2% участков водных объектов. По сравнению с 2010г., в 2011г. в целом на территории Приволжского

Федерального округа значительного изменения качества поверхностных вод суши по комплексному показателю не произошло.

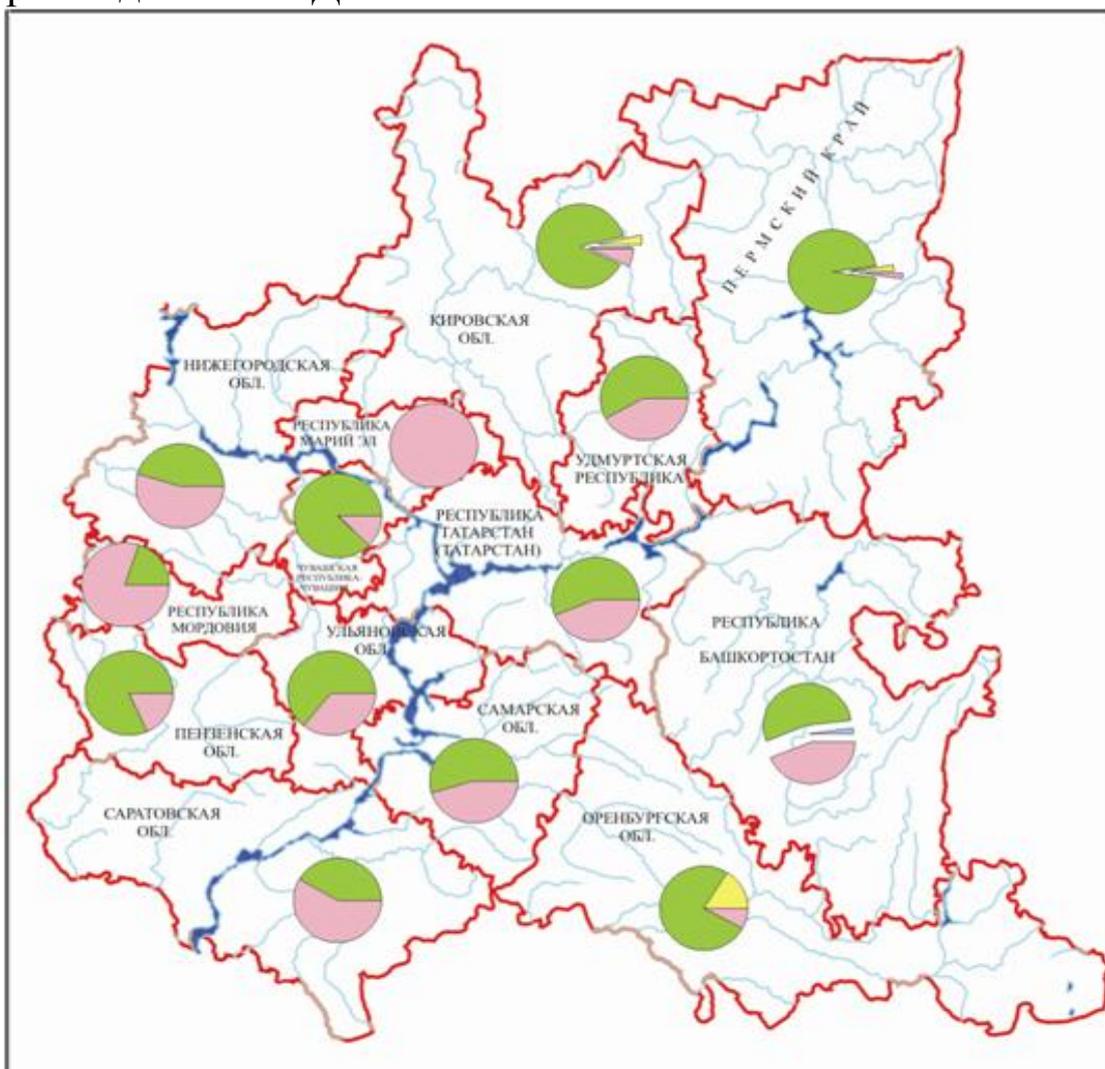
Общее количество случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) поверхностных водных объектов химическими веществами по территории ПФО в 2011 г. составило 105, из них: в водных объектах Пермского края – 62 случая, в водных объектах Самарской области - 28 случаев, в Оренбургской области – 12 случаев, в Саратовской области – 3 случая. Все случаи ЭВЗ на территории Пермского края имели место на участках, подверженных постоянному негативному воздействию самоизливающихся кислых шахтных вод Кизеловского угольного бассейна и с повышенным естественным гидрохимическим фоном: реки Кизел, Вильва и Северная Вильва. Экстремально высокое загрязнение выявлено по содержанию марганца, железа общего и фенолов летучих. В Оренбургской области - река Блява испытывает систематическое негативное влияние загрязненных сточных вод Медногорского медно-серного комбината в части загрязнения медью и цинком. В Самарской области наиболее загрязнена по количеству случаев ЭВЗ р. Чапаевка, в которой систематически обнаруживаются остаточные количества хлорорганических пестицидов и марганец.

География случаев высокого загрязнения (ВЗ) водных объектов расширяется: всего в 2011г. выявлено в Самарской области - 62 случая, Пермском крае – 33 случая, в Оренбургской области - 15 случаев, в Республике Татарстан - 9 случаев, в Нижегородской области – 7 случаев, в Пензенской области и Республике Мордовия по 5 случаев высокого загрязнения. Как и в предыдущие годы, перечень веществ, определяющих высокий уровень загрязнения рек включает микроэлементы (никель, медь, марганец, цинк), биогены (железо общее, азот нитратный, нитритный и аммонийный), сульфаты.

В 2011 г. существенных изменений в уровне загрязненности поверхностных вод бассейна р. Волга не произошло. По-прежнему поверхностные воды бассейна в большинстве створов оценивались 3-м и 4-м классами качества, как «загрязненные» и «грязные» (рис. 12.1).

Качество воды водотоков Горьковского водохранилища на территории Нижегородской области варьировало, в основном, в пределах 3-го класса «загрязненная» и «очень загрязненная». Для всех притоков водохранилища характерно повышенное содержание в воде соединений железа, как правило, до 4 – 14 ПДК (в среднем 2 – 7 ПДК). Остается характерной, но невысокой загрязненность воды водотоков трудноокисляемыми органическими веществами (по ХПК) до 2 – 3

ПДК, реже до 4-5 ПДК, соединениями меди до 2 –5 ПДК, в отдельных реках до 8 –10 ПДК.



Условные обозначения:

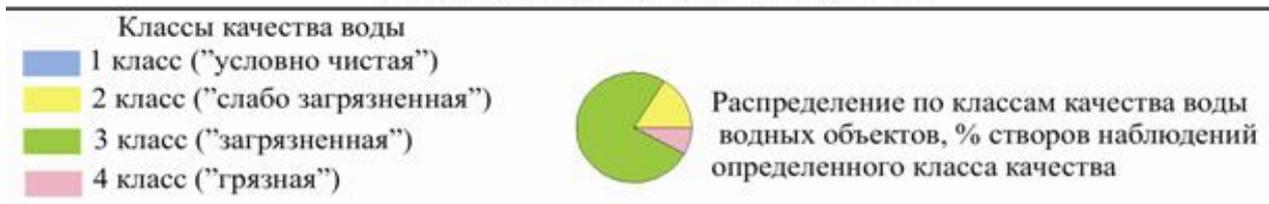


Рис. 12.1. Качество поверхностных вод на территории отдельных субъектов ПФО в 2011 г.

Вода Чебоксарского водохранилища практически во всех пунктах контроля соответствовала 3-му классу качества и характеризовалась как «очень загрязненная». Наиболее низкое качество воды (4 класс), как и в предыдущем году, отмечалось на участках водохранилища выше и ниже г. Кстово, где максимальные концентрации нитритного азота достигали 10 ПДК.

Средний уровень загрязненности воды водохранилища основными характерными загрязняющими веществами составлял: легко- и трудно-окисляемыми органические вещества (по БПК₅ и ХПК), соединениями железа 1–2 ПДК, соединениями меди 3 – 8 ПДК.

В створе 4,2 км ниже г. Нижний Новгород, контролирующего влияние сбросов сточных вод Нижегородской станции аэрации, был зафиксирован единичный случай загрязненности воды нефтепродуктами в концентрациях выше 10 ПДК (17 ПДК), в результате чего среднегодовая концентрация (2 ПДК) значительно превысила медианное значение (0 ПДК). В течение последних четырех лет наблюдений среднегодовое содержание большинства загрязняющих веществ в воде этого створа оставалось практически стабильным: легко- и трудноокисляемых органических веществ (по БПК₅ и ХПК) в пределах 1 ПДК, аммонийного азота ниже ПДК, нитритного 1–2 ПДК, соединений железа 4 – 6 ПДК.

В 2011 г. вода водотоков Чебоксарского водохранилища оценивалась как «очень загрязненная» и «грязная». Из загрязняющих веществ воды рек выделялись легко- и трудноокисляемые органические вещества (по БПК₅ и ХПК), соединения меди и железа, для отдельных рек аммонийный и нитритный азот, среднегодовые концентрации которых варьировали соответственно в пределах: ниже 1–1,5 ПДК, 1–2 ПДК, 1–10 ПДК, 1– 6 ПДК, ниже 1– 4 ПДК, ниже 1– 6 ПДК. Случаи высокого загрязнения воды нитритным азотом были зарегистрированы в реках Инсар (до 18 ПДК), Нуя (до 13 ПДК), Сура (11 ПДК) и Кудьма (10 ПДК), аммонийным азотом — р. Инсар (14 ПДК).

Вода Куйбышевского водохранилища практически по всей акватории водоема оценивалась 3-м классом «загрязненная» и «очень загрязненная», в створах ниже г. Зеленодольск и г. Казань — 4-м классом качества «грязная».

Средний уровень загрязненности воды водохранилища характерными загрязняющими веществами значительно не изменился по сравнению с предыдущим годом и составлял: трудно- и легкоокисляемыми органическими веществами (соответственно по ХПК и БПК₅) 1 ПДК, реже 2 ПДК, фенолами 1–2 ПДК, в отдельных пунктах 3– 4 ПДК, соединениями меди ниже 1 ПДК-3 ПДК. Загрязненность воды водоема аммонийным азотом до 1–2 ПДК, была в большинстве створов контроля эпизодической, у г. Казань – характерной. Загрязненность воды нитритным азотом до 3 – 5 ПДК (в среднем 2 ПДК)

достигала характерного уровня загрязненности на участках водохранилища ниже г. Зеленодольск, выше и ниже г. Казань.

Качественный состав воды притоков Куйбышевского водохранилища определялся в пределах 3-го и 4-го классов, вода характеризовалась как «загрязненная», «очень загрязненная» и «грязная». Содержание отдельных загрязняющих веществ в воде некоторых рек достигало критического уровня: аммонийного азота в реках Степной Зай и Зай (до 16 ПДК и 12 ПДК, в среднем 4-8 ПДК, соответственно), нитритного азота в реках Степной Зай, Зай и Сельда (до 18 ПДК, 27 ПДК и 10 ПДК, в среднем 4 –10 ПДК), сульфатных ионов в реках Илеть и Казанка (до 8 ПДК и 9 ПДК), легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) в реке Степной Зай (до 7,70 мг/л O₂).

В 2011 г., как и в предыдущем году, вода Саратовского водохранилища по качеству колебалась в пределах 3-го класса, характеризуясь в преобладающем числе створов как «загрязненная». Загрязненность воды водохранилища легко — и трудноокисляемыми органическими веществами (соответственно по БПК₅ и ХПК до 2 ПДК и 3 ПДК, в среднем 1 ПДК и 1,5 ПДК) оценивалась как характерная, фенолами (до 3 –5 ПДК, в среднем 1–2 ПДК) — как устойчивая, соединениями меди, азотом аммонийным и нитритным (до 1– 6 ПДК, 1–3 ПДК и 2 ПДК) — как неустойчивая. Содержание соединений цинка в концентрациях от 1 ПДК до 2 ПДК отмечалось периодически в воде практически всех створов контроля. Уровень загрязненности воды большинства притоков Саратовского водохранилища колебался от 3-го класса «очень загрязненная» до 4-го класса качества «грязная». По-прежнему наиболее загрязненным водным объектом в бассейне р. Волга осталась р. Падовая (4 класс), в которую поступали сточные воды ОАО «Пивоваренная компания Балтика», ООО «Салют», МП ПОЖКХ п. Стройкерамика. Критическими загрязняющими веществами воды р. Падовая были нитритный и аммонийный азот, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), максимальные концентрации которых соответственно составляли: 22 ПДК, 50 ПДК и 10 ПДК.

В р. Чапаевка, по качеству воды соответствующему 4-му классу, были зарегистрированы случаи высокого загрязнения воды нитритным азотом (13 ПДК), легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (8 ПДК) и экстремально высокого хлорорганическими пестицидами (до 37 ПДК).

Вода Волгоградского водохранилища в районе г. Камышин и г. Волжский по качеству стабилизировалась на уровне 3-го класса («очень загрязненная»).

Степень загрязненности воды реки Ока изменялась по течению реки от 3-го класса «загрязненной» и «очень загрязненной» в верхнем течении до 4-го класса в большинстве створов ниже по течению реки на территории Нижегородской области. Загрязненность воды реки нефтепродуктами была эпизодической или неустойчивой, как правило, не выше 1–4 ПДК, в створах выше и в черте г. Нижний Новгород до 12 ПДК.

Источниками антропогенного загрязнения поверхностных вод бассейна р. Кама в 2011 г. являлись сточные воды многих отраслей промышленности, хозяйственно-бытовые сточные воды муниципальных образований городов и других населенных пунктов, поверхностный сток с водосборной площади и др.

Наблюдения за качеством воды р. Кама и ее водохранилищ свидетельствовали о том, что существенных изменений их химического состава в многолетнем плане не происходит. В 2011 г. по-прежнему к наиболее распространенным загрязняющим веществам воды р. Кама, Камского, Воткинского водохранилищ относились соединения железа, марганца, трудноокисляемые органические вещества (по ХПК), повторяемость превышения ПДК которыми, как правило, была близка, либо превышала 80%.

Загрязненность воды Нижнекамского водохранилища соединениями железа носили эпизодический характер. Среднегодовые концентрации соединений марганца и железа в воде р. Кама в целом, включая весь каскад водохранилищ, в 2011 г. составляли 6 и 3 ПДК, значения ХПК не превышали 30,0 мг/л(О). Присутствие в поверхностных водах бассейна р. Кама повышенных содержаний соединений марганца и железа нередко было обусловлено наличием повышенного природного фона.

Химический состав воды Нижнекамского водохранилища формируется под влиянием р. Белая, основной водной артерии Башкортостана, и характеризуется повышенной загрязненностью соединениями меди и цинка, сульфатными ионами. В среднем по водохранилищу в 50% и 80% проб в воде наблюдали случаи превышения ПДК соединениями цинка не более чем в 3 раза и меди до 8 ПДК. В пункте с. Андреевка почти в каждой пробе отмечали повышенные для р. Кама концентрации в воде нефтепродуктов, реже сульфатов.

Для бассейна р. Белая характерно наличие в ряде водных объектов более высокой по сравнению с р. Кама, ее водохранилищами и большинством ее притоков, загрязненности воды нефтепродуктами, соединениями меди и сульфатами, повторяемость превышения ПДК которыми в 2011 г. составляла 65, 60 и 33%.

Уровень концентраций нефтепродуктов и соединений меди в среднем не превышал 2 ПДК.

Повышенные (до 2 ПДК и более) концентрации в воде сульфатных ионов отмечали в 2011 г. в р. Уфа на участке от д. Верхний Суян вплоть до устья, р. Уфалейка, р. Чусовая, р. Северушка с различной повторяемостью от единичных проб до 70-100%. Наличие в бассейне р. Кама большей части карстовых массивов Предуралья обуславливает хронически повышенное содержание сульфатных ионов также в воде рек Сим, Инзер, Большой Нугуш, Зилим, Сылва, Ирень, Шугуровка, оз. Кандрыкуль и оз. Асли-Куль. Повышенные содержания в воде сульфатных ионов характерны и для степных рек бассейна Камы – Быстрый Танып, Уршак, Дема.

Качество воды р. Белая и ее притоков в 2011 г. варьировало в диапазоне 3-го и 4-го классов. Более низкое качество воды, характеризующееся 4-м классом, обусловленное не только негативным антропогенным воздействием, но и природными региональными особенностями формирования и наличием фонового загрязнения фиксировали из года в год на некоторых участках р. Белая и ряде ее притоков. В р. Белая на участке р.п. Прибельский — устье в 2011 г. в 40-70% проб отмечали концентраций в воде сульфатных ионов до 2 ПДК и более.

Вода р. Белая постоянно испытывает антропогенную нагрузку на участке ниже г. Стерлитамак — р.п. Прибельский, где в течение многих лет характеризуется 4 классом и оценивается как «грязная». В 2011 г. в воде р. Белая и ряде ее притоков фиксировали почти в каждой пробе превышение ПДК соединениями железа, меди, цинка, марганца, аммонийным и нитритным азотом, легко- и трудноокисляемыми органическими веществами, существенно реже нефтепродуктами и фенолами.

Высокой загрязненностью воды соединениями меди ежегодно выделяется в бассейне р. Кама один из ее левых притоков — р. Чусовая. Особенно высокий уровень загрязненности воды р. Чусовая соединениями меди уже несколько десятилетий фиксировали на участке 1,7 км — 17 км ниже г. Первоуральск, где в 2011 г. среднегодовые концентрации в воде соединений меди превышали ПДК в 14 – 15 раз.

Река Чусовая многие годы относится к наиболее загрязненным среди притоков Камы.

Формируясь в зоне влияния Первоуральско-Ревдинского промузла река отличается высокой комплексностью загрязненности воды. В 2011 г. на этом участке фиксировали загрязненность воды реки по 14 химическим веществам из 16, учитываемых в комплексной оценке качества воды, в том числе сульфатам, соединениям шестивалентного хрома, фосфатам, нефтепродуктам, аммонийным и нитритным азотом и другими химическими соединениями. Постоянно наблюдаемые колебания уровней концентраций различных присутствующих в воде реки веществ, относительно нормативных значений, обуславливают в отдельные годы изменчивость перечней загрязняющих воду веществ, но комплексность загрязненности воды р. Чусовая при этом из года в год остается высокой.

По комплексной оценке вода р. Чусовая оценивалась как «очень грязная» и соответствовала 4-му классу качества.

В р. Ай ниже г. Златоуст в 2011 г., как и в течение ряда предшествующих лет, регистрировалась наибольшая среди притоков р. Белая загрязненность воды аммонийным и нитритным азотом в среднем 4 и 6 ПДК с максимальными разовыми концентрациями на уровне высокого загрязнения 10 и 16 ПДК.

По-прежнему высокой осталась загрязненность р. Косьва соединениями железа. На участке р. Косьва ниже г. Губаха качество воды реки формируется под влиянием шахтных вод Кизеловского угольного бассейна. В 2011 г., как и в предыдущие годы, в реке наблюдали в каждой пробе высокие концентрации в воде соединений железа и марганца в среднем 47 и 18 ПДК.

В 73% проб отмечали наиболее высокую в бассейне р. Кама загрязненность воды фенолами, максимальные концентрации в воде которых превышали уровень высокого загрязнения.

Вода р. Косьва в створе ниже г. Губаха оценивалась как «очень грязная» и соответствовала 4-му классу качества.

В 2012 году на территории субъектов ПФО выявлено 75 случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) поверхностных водных объектов.

В Самарской области в воде реки Чапаевка отмечено 8 случаев ЭВЗ, из них: 7 случаев – хлорорганическими пестицидами альфа-ГХЦГ, максимальное содержание которых достигло 82 ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{р.х.}), 1 случай – марган-

цем с содержанием 46 ПДК_{р.х.}. По одному случаю ЭВЗ воды марганцем выявлено в воде рек Безенчук и Криуша, а также в Ветляном водохранилище.

В воде реки Блява, протекающей в Оренбургской области, отмечено 10 случаев ЭВЗ медью, максимальное содержание которой превысило допустимую норму в 810 раз.

По 9 случаев ЭВЗ железом общим и марганцем выявлено в воде рек Кизел и Северная Вильва в Пермском крае. Максимальная концентрация железа общего достигла 3630 ПДК_{р.х.}, марганца – 740 ПДК_{р.х.}, данные случаи загрязнения отмечены в р.Кизел. По 4 случая ЭВЗ железом общим (до 410 ПДК_{р.х.}) и марганцем (до 56 ПДК_{р.х.}) выявлено в воде р.Вильва. Содержание железа общего в воде р.Косьва трижды достигало критериев ЭВЗ, его максимальное содержание составило 76 ПДК_{р.х.}.

В Нижегородской области выявлено 3 случая ЭВЗ воды р.Пыра марганцем, с максимальным содержанием 102 ПДК_{р.х.}. В р.Ока отмечено ЭВЗ воды нефтепродуктами на уровне 69 ПДК_{р.х.}.

В Саратовской области отмечено 3 случая ЭВЗ воды р.Большой Иргиз марганцем, максимальное содержание которого превысило допустимую норму в 143 раза.

12.2. Загрязнение почвы

В системе Росгидромета наблюдения за загрязнением почв токсикантами промышленного происхождения (тяжелыми металлами) проводятся в основном в районах источников промышленных выбросов тяжелых металлов в атмосферу. В качестве источника загрязнения может выступать одно предприятие, группа предприятий или город в целом.

Из 34-х городов территории ПФО, которые обследуются на содержание в поверхностном слое почвы токсикантов промышленного происхождения, ежегодно по суммарному индексу загрязнения Z_ф более 80 % относятся к допустимой категории загрязнения, 10-15 % - к умеренно опасной категории загрязнения.

Следует отметить, что практически во всех городах выявляются отдельные участки почвенного покрова, которые по степени химического загрязнения преимущественно свинцом относятся к опасной категории загрязнения.

Загрязнение почв в 2006 – 2011 годах обнаружено: свинцом в городах Ижевск (Удмуртская Республика), Медногорск (Оренбургская область), Саранск (Республика Мордовия); цинком в г. Нижний Новгород. В 2003 году почвы Сормовского района Нижнего Новгорода отнесены к опасной категории загрязнения, приоритетными загрязняющими веществами явились свинец, медь, хром, никель. По данным обследования 2007-2009 годов почвы Нижегородского, Советского, Московского, Автозаводского и Канавинского районов города Нижний Новгород отнесены к умеренно опасной категории загрязнения (медь, цинк, свинец).

Наблюдения за массовой долей нефтепродуктов в почвах населённых пунктов ежегодно проводятся Росгидрометом. Повышенные уровни загрязнения почв нефтепродуктами (средняя массовая доля не меньше 4 Ф) выявлены в ГО «Город Дзержинск» (Нижегородская область), в городах Казань (Республика Татарстан), Ижевск (Удмуртская Республика), в г. Самара и с. Муханово Кинель–Черкасского района (Самарская область); в г. Саратов.

На сети наблюдений Росгидромета контролируется загрязнение остаточными количествами пестицидов почв сельскохозяйственных угодий, водосборов, лесных массивов, а также в районах складов хранения и захоронения химических средств защиты растений.

Наиболее высокие уровни содержания пестицидов были зафиксированы в некоторых районах Удмуртской республики и в г. Дзержинске Нижегородской области.

Работа по обследованию подобных объектов проводится Росгидрометом совместно с Россельхознадзором как в плановом, так и в экстренном порядке, но полного знания в вопросе масштабов этого накопленного экологического ущерба нет. Дальнейшее обследование разрушенных открытых мест складирования запрещенных и непригодных к применению пестицидов – одна из приоритетных задач мониторинга окружающей среды.

12.3. Влияние техногенных и природных факторов на загрязнение окружающей среды

Качество объектов окружающей среды может значительно ухудшиться под влиянием как природных, так и техногенных факторов.

Так, за период с января по сентябрь 2012 года на территории субъектов ПФО выявлено 15 аварийных ситуаций (АС), которые привели или могли привести к негативному воздействию на компоненты окружающей среды.

В Нижегородской и Самарской областях проведены работы по 4 подобным аварийным ситуациям. 3 аварийных ситуации отмечено в Ульяновской области, 2 АС произошли в Оренбургской области, по 1 АС – в Саратовской области и Республике Удмуртия.

Две АС, произошедшие в Оренбургской области, были связаны с утечкой нефтепродуктов при транспортировке их по трубопроводам. АС, произошедшие в Удмуртской Республике и Самарской области, привели к загрязнению почв: в Удмуртской Республике – промышленными отходами четыреххлористого углерода, в Самарской области - дизельным топливом, часть из которого также попала в поверхностные воды. Шесть АС привели к загрязнению воды поверхностных водных объектов. Причинами данных АС стали: падение вертолета, утечка нефтепродуктов (Нижегородская область), утечки мазута и нефтепродуктов, а также затопление баржи с гипсом (Ульяновская область), загрязнение воды нефтепродуктами (Самарская область). Четыре происшествия привели к аварийному загрязнению атмосферного воздуха и были связаны с повреждением газопровода (Саратовская область) и возгоранием складов с боеприпасами (Самарская область и Удмуртская Республика) и возгоранием технической серы в вагоне товарного поезда (Самарская область). ДТП, приведшее к утечке циклогексанона, произошло в Нижегородской области и стало причиной ЭВЗ почвы и высокого загрязнения воздуха.

Как пример стоит отметить ухудшение качества объектов окружающей среды в зависимости от природно-метеорологических факторов (Андрянова, Шахова, 2011).

Так, летом 2010г. во многих субъектах Российской Федерации сложилась чрезвычайная ситуация, связанная с горением лесов и торфяников, что добавило природную составляющую к значительной антропогенной нагрузке на природную среду. Не стала исключением и Нижегородская область.

В период с 1 июля по 19 августа 2010г. метеостанции Нижегородской области фиксировали снижение прозрачности атмосферы из-за дыма, дымки и мглы, образовавшихся в результате лесных пожаров на территории области. Только по предварительным оценкам специалистов площадь, пройденная огнем по территории Нижегород-

ской области летом 2010г., составила 2591 км², что в 5 раз больше, чем в Московской области.

Антициклональный тип погоды, сохранявшийся на территории Нижегородской области в июле – августе, и характеризующийся застоем приземного воздуха, образованием задерживающих слоев и нисходящими воздушными потоками, в сочетании с приземной температурной инверсией способствовал увеличению уровня загрязнения атмосферы.

В связи с неблагоприятными для рассеивания вредных примесей метеоусловиями в июле-августе 2010г. на промышленные предприятия области передавались предупреждения о необходимости снижения выбросов вредных веществ в атмосферу и переходе на соответствующий режим работы. При выполнении предприятиями мероприятий по сокращению выбросов концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы должны были снизиться примерно на 20-40%.

Пожары внесли свой вклад в общий уровень загрязненности атмосферы, прежде всего, в части резкого увеличения содержания в воздухе городов и населенных пунктов области оксида углерода и взвешенных веществ - химических индикаторов влияния горящих лесов и торфяников. В атмосфере г. Н.Новгорода в июле и августе 2010г. по сравнению с аналогичным периодом 2009г. отмечено увеличение среднемесячного содержания взвешенных частиц и угарного газа в 2-3 раза, максимальных концентраций – в 6-8 раз.

Содержание в атмосферном воздухе населенных пунктов Нижегородской области диоксида серы - одного из характерных веществ, образующихся при сгорании ископаемых видов топлива, обычно не превышает трёх сотых долей ПДК и имеет тенденцию к росту в осенне-зимний период в связи с увеличением выбросов от ТЭЦ и котельных. Но в связи с торфяными и лесными пожарами, в г.Дзержинске содержание диоксида серы увеличилось до 0,5 ПДК_{с.с.} в июле и до 0,7 ПДК_{с.с.} в августе.

В г. Дзержинске значительно возросло содержание формальдегида, что может быть связано с повышенной солнечной активностью и вторичными фотохимическими реакциями в атмосфере и характерно для Центрального региона России.

Кроме загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в результате процессов горения торфа и древесины, в воздухе населенных пунктов Нижегородской области появились специфические примеси,

пример фенол, рассеивание которых в условиях антициклонального типа погоды было затруднено.

Накопление вредных примесей способствовало значительному росту интегрального параметра «Р», отражающего уровень загрязненности атмосферного воздуха комплексом определяемых загрязняющих веществ до значений, никогда ранее не наблюдававшихся. В период пожаров в г.Н.Новгороде и г.Дзержинске отмечено 10 случаев увеличения интегрального параметра до критического уровня.

В период пожаров разовые концентрации большинства контролируемых в атмосфере городов Нижегородской области примесей регулярно превышали допустимые санитарные нормы. В г.Н.Новгороде, г.Дзержинске и г.Сарове было зафиксировано 6 случаев повышенного загрязнения ($\geq 5,0$ ПДК_{м.р.}) атмосферы.

По обобщенным данным за 2010г. уровень загрязнения воздуха в большинстве городов области оставался высоким, а комплексный показатель загрязнения атмосферы (ИЗА₅) в г.Дзержинске превысил 14,2 единицы, что соответствует категории «очень высокое загрязнение».

Кроме того, в период возникновения чрезвычайной ситуации сложился комплекс прочих негативных для окружающей среды последствий, таких как:

- увеличение биомассы зоопланктона вследствие высокой температуры воды поверхностных водоемов и водотоков, используемых в целях питьевого водоснабжения,
- снижение самоочищающей способности водных объектов в условиях низкой водности.

В заключение стоит отметить, что согласованная схема взаимодействия государственных и производственных структур при подготовке и представлении информации о состоянии окружающей среды и ее загрязнении, в том числе в периоды ЧС, аппарату Полномочного Представителя Президента РФ в ПФО позволяет выполнять обслуживание информацией оперативно и качественно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема современных изменений климата Земли в целом и ее отдельных регионов по-прежнему остается актуальной как для специалистов, так и широкой научной общественности в связи с важными последствиями их проявления в природной и социально-экономической сферах.

В 2007 г. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) представила мировому сообществу Четвертый оценочный доклад, в котором дан анализ изменений климата в современный период и его прогноз на XXI в. Особое внимание уделено проблеме адаптации к быстро меняющимся климатическим условиям, оценке рисков, обусловленных учащением экстремальных погодных и климатических явлений, приносящих значительный ущерб как различным отраслям экономики, так и населению. Росгидромет также опубликовал свой Оценочный доклад по проблеме изменений климата применительно к обширной территории Российской Федерации. В настоящее время завершается работа над Пятым оценочным докладом МГЭИК.

Вместе с тем в сфере специалистов и практиков проявляется большой интерес к региональным особенностям изменений климата. В представленной вниманию читателей книге главное внимание уделено динамике климатических показателей на обширной территории ПФО за последние десятилетия. Представлены данные об изменениях температуры, давления и влажности воздуха, скорости ветра, опасных явлениях погоды, загрязнении окружающей среды, наносящих существенный ущерб экономике региона. Важное внимание уделено изменению климатических ресурсов региона – тепловых и влажностных, агро- и биоклиматических и т.д., которые можно использовать с большой пользой, включая укрепление здоровья населения. Приведены расчеты характеристик отопительного периода расходов энергии на отопление и охлаждение зданий и т.п. Авторами показано, что в условиях Поволжья в последние десятилетия произошли заметные климатические изменения, проявившиеся в росте зимне-весенних температур, а также летних в последние годы, увеличении продолжительности безморозного и вегетационного периодов, в росте сумм активных температур и осадков, сокращении отопительного периода, что в целом благоприятно для экономики региона. Мы надеемся, что учет климатических ресурсов окажется полезным при реализации задач, сформулированных в экономической стратегии ПФО.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айзенштат Б.А.* Методы расчета некоторых биоклиматических показателей / Б.А.Айзенштат // Метеорология и гидрология. – 1964. – № 12. – С. 9–16.
2. *Александрова А.А.* Климатологическое обеспечение теплового режима зданий на северо-западе Европейской территории России. Автореферат на соискание ученой степени кандидата географических наук. – СПб., 2006. – 25 с.
3. *Алисов Б.П.* Климат СССР / Б.П. Алисов. – М.: Изд-во МГУ, 1956. – 127 с.
4. *Андреев С.С.* Экология человека/С.С.Андреев. – Ростов–на–Дону: Издатель Турова Е.А., 2007. – 248с.
5. *Андрианов О.Р.* О связи колебаний некоторых океанографических характеристик с вариациями угловой скорости вращения Земли / О.Р. Андрианов, Р.Р. Белевич // Метеорология и гидрология. – 2003. – №11. – С. 64 – 71.
6. *Андриянова Н.В.* Экологические последствия лесных и торфяных пожаров в Нижегородской области летом 2010г. / Н.В. Андриянова, И.М. Шахова // Труды института прикладной геофизики им. акад. Е.К. Федорова. – 2011. – Вып. 90.
7. *Анисимов О.А.* Гидрометеорологические условия Волжского региона и современные изменения климата / О.А. Анисимов, И.И. Борзенкова, Е.Л. Жильцова // Метеорология и гидрология. – 2011. – №3. – С. 33 – 42.
8. *Береснева И.А.* Влияние возвышенностей равнины на осадки и влагооборот / И.А. Береснева, Л.П. Данилова // Труды ГГО. – 1954. – Вып. 45.
9. *Берлянд Т.Г.* Распределение солнечной радиации на континентах / Т.Г.Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 227 с.
10. *Берлянд Т.Г.* Суммарное солнечное излучение и его междугодовая изменчивость на континентах северного полушария / Т.Г.Берлянд, М.Д.Дворкина // Труды ГГО. – 1985. – Вып. 488. – С. 3–20.
11. *Бирман Б.А.* Основные погодно– климатические особенности Северного полушария Земли за 2011 год. Аналитический обзор / Б.А. Бирман, Т.В. Бережная. – М., Гидрометцентр РФ, 2012. – 56 с.
12. *Бокша В.Г.* Медицинская климатология и климатотерапия / В.Г.Бокша, Б.В.Богущий. – Киев: Здоровье, 1980. – 262 с.
13. *Будыко М.И.* Тепловой баланс земной поверхности / М.И.Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 254 с.
14. *Булыгина О.Н.* Анализ изменчивости климата на территории России в последние десятилетия / О.Н. Булыгина, Н.Н. Коршунова, В.Н. Кузнецова и др. // Тр. ВНИИГМИ – МЦД. – 2000. – Вып. 167. – С. 3 – 15.
15. *Бутьева И.В.* Методические вопросы интегрального анализа медико– климатических условий. Комплексные биоклиматические исследования / И.В.Бутьева, Т.Г.Шейнова. – М., 1988. – С. 80–84.
16. *Васильев А.А.* Динамика температуры многолетнемерзлых пород Западной Сибири в связи с изменениями климата / А.А. Васильев, Д.С. Дроздов,

- Н.Г. Москаленко // Криосфера Земли. – 2008. – Т. XII. – № 2. – С. 10–18.
17. *Верещагин М.А.* Николай Васильевич Колобов / М.А. Верещагин. – Казань: Изд. Казан. ун-та, 2001. – 16 с.
 18. *Верещагин М.А.* О влиянии Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ на метеорологические условия прибрежной зоны / М.А.Верещагин // 150 лет метеорологической обсерватории Казан. гос. ун-та. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1963. – С. 152–159.
 19. *Виноградова В.В.* Воздействие глобального потепления на суровость климата северных и восточных территорий России в 80-е гг. XX века / В.В.Виноградова // Известия РАН. Сер.: Геогр. – 1997. – №2. – 126–132.
 20. *Воскресенский С.С.* Геоморфология СССР. М.:выш.шк., 1968.
 21. *Головина Е.Г.* Методика расчётов биометеорологических параметров (индексов)/ Е.Г. Головина, М.А. Трубина. – Ростов–на–Дону, 1997. – 56 с.
 22. *Горев Г.В.* Оценка климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров / Г.В.Горев, Г.О. Задде, И.В.Кужевская // Оптика атмосферы и океана. – 2004. – Т. 17. – № 7. – С. 21–32.
 23. *Грингоф И.Г.* Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения / И.Г.Грингоф, А.Д.Пасечнюк. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 552 с.
 24. *Гулев С.К.* Глобальное потепление продолжается / С.К. Гулев, В.М. Катцов, В.М.Соломина //Вестник РАН. – 2008. – Т.78. – №1. – С.20–27.
 25. *Дроздов О.А.* Картографический метод в климатологии / О.А. Дроздов // Метеорология и гидрология. – 1957. – №2.
 26. *Дымников В.П.* Моделирование климата и его изменений: современные проблемы / В.П. Дымников, В.Н. Лыкосов, Е.М. Володин // Вестник РАН.– 2012.– Т. 82. – №3. – С. 227–236.
 27. *Елисеев А.В.* Влияние вулканической активности на изменение климата последних нескольких веков: оценки с климатической моделью промежуточной сложности / А.В. Елисеев, И.И. Мохов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2008. – Т. 44. – № 6. – С. 723–746.
 28. *Елисеев А.В.* Амплитудно–фазовые характеристики годового хода приповерхностной температуры: сравнение расчетов по моделям общей циркуляции атмосферы с данными реанализа / А.В. Елисеев, М.С. Гусева, И.И. Мохов, К.Г. Рубинштейн // Изв. АН, Физика атмосферы и океана. – 2004. – Т. 40. – № 4. – С. 435–449.
 29. *Жаков С.И.* Общие закономерности режима тепла и увлажнения на территории СССР / И.С. Жаков – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 230 с.
 30. *Зоидзе Е.К.* Моделирование формирования влагообеспеченности 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. *Золотокрылин А.Н.* Районирование территории России по степени экстремальности природных условий для жизни человека / А.Н.Золотокрылин, И.В.Канцеговская, А.Н.Кренке // Известия РАН. Сер.: Геогр. – 1992. – №6. – С. 16–30.

32. Изменения климата Беларуси и их последствия / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Тонпик, 2003. – 330 с.
33. Израэль Ю.А. Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад Рабочей группы П./ Ю.А. Израэль, С.М. Семенов, О.А. Анисимов и др. // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 7. – С.5–13.
34. Израэль Ю.А. Эволюция криолитозоны при современных изменениях глобального климата / Ю.А. Израэль, А.В. Павлов, Ю.А. Анохин // Метеорология и гидрология. – 2002. – №. 1. – С. 22–34.
35. Исаев А.А. Экологическая климатология / А.А.Исаев. – М.: Научный мир, 2001. – 458 с.; 2003. – 472с.
36. Китаев Л.М. Региональные различия снегонакопления – современные и будущие изменения (на примере Северной Европы и севера Западной Сибири) / Л.М. Китаев, А.В. Кислов // Криосфера Земли. – 2008. – Т. XII. – № 2. – С. 98–104.
37. Климат Казани / под ред. Н.В. Колобова, Ц.А. Швер, Э.П. Наумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 187 с.
38. Климат Кирова / Под ред. М.О. Френкеля, Ц.А. Швер.– Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 215 с.
39. Климат Москвы / Под ред. А.А. Дмитриева, Н.П. Бессонова. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 323 с.
40. Климат России / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 655 с.
41. Климат Санкт–Петербурга и его изменения / под ред. В.П. Мелешко, А.В. Мещерской Е.И. Хлебниковой. – СПб: ГГО им. А.И. Воейкова, 2010. – 256 с.
42. Климат Татарской АССР / под ред. Н.В. Колобова. – Казань: Изд–во Казан. ун–та, 1983. – 160 с.
43. Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей /Под ред. К.Ш.Хайруллина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 231с.
44. Климатология / Под ред. О.А. Дроздова, Н.В. Кобышевой. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
45. Клименко В.В. Почему замедляется глобальное потепление?/ В.В. Клименко // ДАН. – 2011. – Т.440. – №4. – С. 536 – 539.
46. Кобышева Н.В. Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем / Н.В.Кобышева, М.В.Клюева, А.А.Александрова и др. // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 8. – С. 46–52.
47. Кобышева Н.В. Ресурсный подход к оценке климата / Н.В.Кобышева, С.П.Священников // Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – С. 3–8.
48. Колобов Н.В. Климат Среднего Поволжья / Н.В.Колобов. – Казань: Изд–во Казан. ун–та, 1968.– 252 с.
49. Кондратьев К.Я. Лучистая энергия Солнца / К.Я.Кондратьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 600 с.

50. *Кондратьев К.Я.* Основные факторы формирования острова тепла в большом городе / К.Я. Кондратьев, Л.Т. Матвеев // Доклады РАН. – 1999. – Т. 367. – № 2. – С. 253 – 256.
51. *Котляков В.М.* Изменения баланса массы антарктического ледникового покрова за 50 лет / В.М. Котляков, М.Ю. Москалевский, Л.Н. Васильев // Доклады АН. – 2011. – Т. 438. – № 2. – С. 263– 266.
52. *Кузнецова Л.П.* К вопросу о механизме влияния возвышенностей на осадки / Л.П. Кузнецова // Труды ГГО. – 1961. – Вып. 111. – С.77–76.
53. *Кузнецова Л.П.* Роль рельефа и лесов в распределении количества осадков на равнине / Л.П. Кузнецова // Труды ГГО. – 1957. – Вып. 72. – С.76–91.
54. *Лебедев А.Н.* Климатические сезоны СССР/ А.Н. Лебедев, Г.Н. Писарева // Труды ГГО. – 1956. – Вып. 62 (124). – С. 67– 84.
55. *Малевский– Малевич С.П.* Анализ изменения пожароопасной обстановки в лесах России в XX и XXI веках на основе моделирования климатических условий / С.П. Малевский– Малевич, Е.К. Молькентин, Е.Д. Надеждина и др. // Метеорология и гидрология. – 2007. – №3. – С. 14–24.
56. *Мамонтов М.В.* Душная погода на территории СССР // Климатология и агрометеорология / М.В.Мамонтов // Труды Зап.– Сиб. РНИГМИ. – 1973. – № 12. – С. 28–42.
57. *Матвеев Л.Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Л.Т.Матвеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
58. *Матвеев Л.Т.* Физика атмосферы / Л.Т.Матвеев. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.
59. *Мещерская А.А.* Снижение антициклоничности (рост циклоничности) на севере Евразии в связи с глобальным потеплением климата / А.А. Мещерская, В.Г. Маргасов, М.З. Образцова и др. // Изв. РАН, сер. геогр. –2001. – № 6. – С. 15– 24.
60. *Мильков Ф.Н.* Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ / Ф.Н. Мильков, Н.А. Гвоздецкий.– М.: Высш.шк., 1986. – 376 с.
61. *Мохов И.И.* Взаимосвязь изменений глобальной приповерхностной температуры с изменениями солнечной активности по данным наблюдений и реконструкций для XVII– XX веков и по модельным расчетам / И.И. Мохов, В.А. Безверхний, А.В. Елисеев, А.А. Карпенко // Доклады АН. – 2006. – Т. 409. – № 1. С. 115– 119.
62. *Мохов И.И.* Региональные модельные оценки пожароопасности при глобальных изменениях климата / И.И.Мохов, А.В.Чернокульский, И.М.Школьник // ДАН. – 2006. – Т. 411. – № 6. – С. 808–811.
63. *Мохов И.И.* Региональные модельные оценки риска лесных пожаров в азиатской части России при изменениях климата / И.И. Мохов, А.В. Чернокульский // География и природные ресурсы.– 2010. – № 2. – С. 120– 126.
64. *Мохов И.И.* Моделирование глобальных климатических изменений в XX– XXIII веках при новых сценариях антропогенных воздействий RCP / И.И. Мохов, А.В. Елисеев // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 443. – № 6.

- С. 532–536.
65. *Наумов Э.П.* Адольф Яковлевич Купфер / Э.П. Наумов. – Казань: Изд. Казан.ун-та, 2002. – 24 с.
 66. Научно–прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3: Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Ч.1–6. – Вып.12. – 647 с.
 67. Научно–прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3: Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Ч.1–6. – Вып.29. – 582 с.
 68. *Нестеров В.Г.* Горимость леса и методы ее определения / В.Г.Нестеров. – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 76 с.
 69. *Нигматуллин Р.И.* Заметки о глобальном климате и океанских течениях / Р.И. Нигматуллин // Изв. РАН, ФАО. – 2012. – Т. 48. – №1. – С. 37–44.
 70. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды на территории Российской Федерации за 2011 год. – М.: Росгидромет, 2012.
 71. *Овчарова В.Ф.* Гомеокинез в погодную гипоксию и гипероксию. «Климат и здоровье человека» / В.Ф.Овчарова // Труды международного симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП СССР. Ленинград, 22–26 сентября 1986 г. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Т. 2.
 72. *Отнес Р.К.* Прикладной анализ временных рядов / Р.К.Отнес, Л.Эноксон. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
 73. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу / под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. М.:Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. – 252 с.
 74. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М., 2008. – Т. I. Изменения климата. – 227 с.
 75. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М., 2008. – Т. II. Последствия изменений климата. – 288 с.
 76. *Павлов А.В.* Динамика криолитозоны России в условиях современных изменений климата XX–XXI веков / А.В. Павлов, Г.В. Малкова // Изв. РАН, серия географическая. – 2010. – № 5. – С. 44–51.
 77. *Павлова А.А.* Нормативные климатические показатели расчетных мощностей систем кондиционирования / А.А.Павлова // Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – С. 208–215.
 78. *Педь Д.А.* О показателях засухи и избыточного увлажнения / Д.А.Педь // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 156. – С.19–39.
 79. *Переведенцев Ю.П.* Динамика полей температуры Северного полушария в современный период / Ю.П. Переведенцев, Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский и др. // Проблемы анализа риска. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 73–82.
 80. *Переведенцев Ю.П.* Динамика климатических характеристик отопительного периода за последние 100 лет / Ю.П.Переведенцев, М.А.Верещагин, К.М. Шанталинский и др. // Вестник ТО РЭА. – 2000. – № 1. – С. 24–28.

81. *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.
82. *Переведенцев Ю.П.* Климатические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Среднего Поволжья и возможности их использования в энергетике / Ю.П. Переведенцев, А.А. Николаев. – Казань: Отечество, 2002. – 120 с.
83. *Переведенцев Ю.П.* Метеорология в Казанском университете. Становление, развитие, основные достижения / Ю.П. Переведенцев. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. – 128 с.
84. Переведенцев Ю.П. Метеорология в Казанском университете: к 200-летию Казанской метеорологической школы / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, Э.П. Наумов – Казань: Казан. ун-т, 2012. – 24 с.
85. *Переведенцев Ю.П.* Мониторинг глобальных и региональных изменений климата в тропосфере и стратосфере Северного полушария / Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М., 2011. – Т. XXIV. – С. 116 – 130.
86. *Переведенцев Ю.П.* Особенности проявления современного потепления климата в тропосфере Атлантико– Европейского региона / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин Э.П. Наумов и др. // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 2. – С. 38 – 47.
87. *Переведенцев Ю.П.* Петр Трофимович Смоляков / Ю.П. Переведенцев. – Казань: Изд. Казан. ун-та, 2002. – 16 с.
88. *Переведенцев Ю.П.* Региональные проявления современного потепления климата в тропо– стратосфере Северного полушария / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин Э.П. Наумов и др. // Известия РАН. Сер. геогр. – 2005. – №6. – С. 5 – 17.
89. *Переведенцев Ю.П.* Современные изменения климата Северного полушария Земли / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский, А.А. Николаев // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. – 2005. – Т. 147. – № 1. – С. 90– 106.
90. *Переведенцев Ю.П.* Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области / Ю.П. Переведенцев, М.О. Френкель, М.З. Шаймарданов. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2010. – 242 с.
91. *Переведенцев Ю.П.* Современные изменения температурно– влажностного режима атмосферы в Республике Татарстан / Ю.П. Переведенцев, Н.В. Исмагилов, Б.Г. Шерстюков и др. Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2007. – №3. – С.18–23.
92. *Пивоварова З.И.* Прямая солнечная радиация на территории СССР / З.И. Пивоварова // Труды ГГО. – 1963. – Вып. 139. – С. 27–41.
93. *Пивоварова З.И.* Радиационные характеристики климата СССР / З.И. Пивоварова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 335 с.
94. *Покровская Т.В.* Климат Ленинграда и его окрестностей / Т.В. Покровская, А.Т. Бычкова. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 199 с.

95. *Покровский О.М.* Климатология облачности по результатам международного спутникового проекта / О.М. Покровский // Труды ГГО. – 2012. – Вып. 565. – С. 115 – 131.
96. Равнины Европейской части СССР. – М.: Наука, 1974. – 254 с.
97. Радиационный режим территории СССР // Под ред. Е.П. Барашковой, В.Л. Гаевского, Л.Н. Дьяченко и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 528 с.
98. *Раковская Э.М.* Физическая география России. Часть 1 / Э.М. Раковская, М.И. Давыдова. – М.: «ВЛАДОС», 2003. – 287 с.
99. Результаты исследований изменений климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации. – Росгидромет, 2005. – 178 с.
100. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь. Т 2 / Под ред. А.И. Бедрицкого. – СПб.: «Летний сад», 2008. – 311 с.
101. *Рубинштейн Е.С.* Современные изменения климата / Е.С. Рубинштейн, Л.Г. Полозова. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 268 с.
102. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: ГГО, 2008. – 334 с.
103. Руководящий документ. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 11. Агроклиматические наблюдения на станциях и постах; Ч. 1. Основные агрометеорологические наблюдения (РД 52.33.217–99). – Кн. 1. – М.: Гидрометеиздат, 2000. – 347 с.
104. Руководящий документ. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 11. Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. Ч. 1. Основные агрометеорологические наблюдения (РД 52.33.217–99). – Кн. 2. – М.: Гидрометеиздат, 2000. – 283 с.
105. *Русанов В.И.* Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей / В.И. Русанов. – Томск: Изд. Томского ун-та, 1981. – 86с.
106. *Русанов В.И.* Методика исследований климата для медицинских целей / В.И. Русанов. – Томск, 1973. – 274 с.
107. *Санников С.Н.* Лесные грозные пожары как индикатор связей между атмосферой, литосферой и биосферой / С. Н. Санников, А.И. Захаров, Л.Г. Смольникова и др. // Экология. – 2010. – № 1. – С. 3–8.
108. *Сидоренков Н.С.* Физика нестабильностей вращения Земли/ Н.С. Сидоренков. – М., Физматлит, 2002. – 383 с.
109. *Смоляков П.Т.* Климат Татарии / П.Т. Смоляков. – Казань: Татгосиздат, 1947. – 108 с.
110. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии / Под ред. И.Г. Грингофа. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 153 с.
111. Справочник по климату СССР. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 12. – Ч. 3. – 202 с.
112. Справочник по климату СССР. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 29. – Ч. 3. – 184 с.
113. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып.12. – Ч. IV. – 372 с.
114. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки,

- снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып.29. – Ч. IV. – 336 с.
115. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып.9. – Ч. IV. – 372 с.
116. Справочник по климату СССР. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 12. – Ч. 1. – 76 с.
117. Справочник по климату СССР. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 29. – Ч. 1. – 60 с.
118. Справочник эколого– климатических характеристик г. Москвы / Под ред. А.А.Исаева. – М.: Изд– во МГУ, 2003. – Т.1. – 304 с.
119. Справочник эколого– климатических характеристик г. Москвы / Под ред. А.А.Исаева. – М.: Изд– во МГУ, 2005. – Т.2. – 410 с.
120. *Тверской П.Н.* Курс метеорологии. Физика атмосферы / П.Н.Тверской. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 700 с.
121. Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. – Казань, 2012. – 363 с.
122. *Токарев В.Г.* Об изменчивости и аномальности сравнений средней сезонной температуры воздуха в первую половину лета в Западной Сибири / В.Г. Токарев // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. – 1983.– Вып.59. – С.20– 26.
123. Толковый словарь по сельскохозяйственной метеорологии / Под ред. И.Г. Грингоф. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 470 с.
124. *Урманова А.Г.* Изменчивость режима температуры воздуха и осадков в Татарстане / А.Г.Урманова // Современная география и окружающая среда: Всероссийская научная конференция. – Казань, 1996. – С. 63–65.
125. *Френкель М.О.* Гидрометеорологическая наука Кировской области / М.О. Френкель. – Киров, 1985. – 40 с.
126. *Френкель М.О.* Межрегиональный экомониторинг Волжского бассейна / М.О. Френкель. – Киров, 1997. – 180 с.
127. *Хабутдинов Ю.Г.* Учение об атмосфере: учебное пособие / Ю.Г. Хабутдинов, К.М. Шанталинский, А.А. Николаев. – Казань: Казан. гос. ун– т, 2010. – 245 с.
128. *Хайруллин К.Ш.* Биоклиматические ресурсы России / К.Ш.Хайруллин, В.Н.Карпенко // Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – С. 25–46.
129. *Хан В.М.* Долгосрочное прогнозирование пожарной опасности лесов на основе ансамблевых сезонных прогнозов по модели ПЛАВ / В.М. Хан // Метеорология и гидрология. – 2012. – №8. –С. 5 – 17.
130. *Хандожко Л.А.* Экономическая метеорология / Л.А.Хандожко. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 490 с.
131. *Хон В.Ч.* Климатические изменения в Арктике и возможные условия арктической морской навигации в XXI веке / В.Ч. Хон, И.И. Мохов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 46. – № 1. – С. 19– 25.
132. *Хромов С.П.* Метеорологический словарь / С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 568 с.

133. *Хромов С.П.* Метеорология и климатология / С.П.Хромов, М.А.Петросянц. – М.: Изд-во МГУ. – 2004. – 580 с.
134. *Чирков Ю.И.* Агрометеорология / Ю.И.Чирков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 296 с.
135. *Швейнова Т.К.* Районирование территории СССР по повторяемости душных погод / Т.К.Швейнова // Климат и город. – М.: Моск. филиал геогр. общества СССР, 1974. – С. 86–89.
136. *Швер Ц.А.* Атмосферные осадки на территории СССР / Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 302 с.
137. *Швер Ц.А.* Закономерности распределения количества осадков на континентах / Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 285 с.
138. *Шерстюков Б.Г.* Климатические условия потенциальной горимости леса в России в XX и XXI веках / Б.Г. Шерстюков, А.Б. Шерстюков // Труды ВНИИГМИ–МЦД. – 2007. Вып. 173. – С. 137–151.
139. *Шерстюков Б.Г.* Метеорологические факторы горимости леса, засушливости погоды во второй половине XX века и экстремальные условия 2002 года в Московском регионе / Б.Г.Шерстюков // Труды ВНИИГМИ–МЦД. – 2003. – Вып. 171. – С. 79–88.
140. *Шиловцева О.А.* Многолетние изменения температуры воздуха на Северо–Западном Таймыре и Нижнем Енисее в XX веке / О.А.Шиловцева, Ф.А.Романенко // Метеорология и гидрология. – 2005. – №3. – С. 53–68.
141. *Шторм Р.* Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 268 с.
142. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н.В.Кобышевой, К.Ш.Хайруллина. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. – 319 с.
143. *Alexander L.V.* Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation / L.V. Alexander, X. Zhang, T.C. Peterson, et al. // J. Geophys. Res. – 2006. – V. 111. – № D5. – P. D05109.
144. *Arzhanov M.M.* Global climate model based, Bayesian climate projection for northern extra–tropical land areas / M.M. Arzhanov, A.V. Eliseev, I.I. Mokhov // Glob. Planet. Change. – 2012. – V. 86–87. – P. 57–65.
145. *Barriopedro D.* A climatology of Northern Hemisphere blocking / D. Barriopedro, R. Garcia–Herrera, A.R. Lupo, E. Hernandez // J. Climate. – 2006. – V. 19. – № 5. – P. 1042–1063.
146. *Brohan P.* Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850 / P. Brohan, J.J. Kennedy, I. Harris, S.F.B. Tett, P.D. Jones // J. Geophysical Research. – 2006. – Vol. 111. – D12106, doi:10.1029 / 2005JD006548.
147. *Chang E.K.M.* Interdecadal variations in Northern Hemisphere winter storm track intensity / E.K.M. Chang, Y. Fu // J. Climate. – 2002. – V. 15. – № 6. – P. 642–658.
148. *Chernokulsky A.V.* Recent variations of cloudiness over Russia from surface daytime observations / A.V. Chernokulsky, O.N. Bulygina, I.I. Mokhov // Environmental Research Letters. – 2011. – V. 6. – № 3. – P. 035202.

149. *Choi G.* Changing Northern Hemisphere snow seasons / G. Choi, D.A. Robinson, S. Kang // *J. Climate.* – 2010. – V. 23. – № 19. – P. 5305– 5310.
150. *Church J.A.* Revisiting the Earth's sea– level and energy budgets from 1961 to 2008 / J.A. Church, N.J. White, L.F. Konikow, et al. // *Geophys. Res. Lett.* – 2011. – V. 38. – № 18. – P. L18601.
151. *Clark M.P.* Atmospheric controls on Eurasian snow extent. / M.P. Clark, M.C. Serreze and D.A. Robinson // *Int. J. Climatology.* – 1999. – Vol. 19. – pp. 27 – 40.
152. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* / Eds: Solomon S., Qin D., Manning M. et al. – Cambridge: New York: Cambridge University Press, 2007. – 996 p.
153. *Dai A.* A global dataset of Palmer drought severity index for 1870– 2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming / A. Dai, K.E. Trenberth, T. Qian // *J. Hydrometeorol.* – 2004. – V. 5. – № 6. – P. 1117– 1130.
154. *Dery S.J.* Recent Northern Hemisphere snow cover extent trends and implications for the snow– albedo feedback / S.J. Dery and R.D. Brown // *Geophys. Res. Lett.* – 2007. – V. 34. – № 22. – P. L22504
155. *Domingues C.M.* Improved estimates of upper– ocean warming and multi– decadal sea– level rise/ C.M. Domingues, J.A. Church, N.J. White, et al. // *Nature.* – 2008. – V. 453. – № 7198. – P. 1090– 1093.
156. *Gillett N.P.* Detection of external influence on sea level pressure with a multi– model ensemble / N.P. Gillett, R.J. Allan, T.J. Ansell // *Geophys. Res. Lett.* – 2005. – V. 32. – № 19. – P. L19714.
157. *Handbook of applied meteorology* / Ed. D.D. Houghton. – 1985. – 1461 p.
158. *Hansen J.* Global surface temperature change / J. Hansen, R. Ruedy, M. Sato, K. Lo // *Rev. Geophys.*– 2010. – V. 48. – № 4. – P. RG4004.
159. *Harnik N.* Storm track variations as seen in radiosonde observations and reanalysis data / N. Harnik, E.K.M. Chang // *J. Climate.* – 2003. – V. 16. – № 3. – P.480– 495
160. *Kalnay.* The NCEP/NCAR 40– year reanalysis project / Kalnay et al // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* – 1996. – Vol. 77. – P. 437 – 470.
161. *Kaser G.* Mass balance of glaciers and ice caps: Consensus estimates for 1961– 2004 / G. Kaser, J.G. Cogley, M.B. Dyurgerov, et al. // *Geophys. Res. Lett.* – 2006. – V. 33. – № 19. – P. L19501.
162. *Kiktev D.* Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes / D. Kiktev , D.M.H. Sexton, L. Alexander , C.K. Folland // *J. Climate.* – 2003. – V. 16. – № 22. – P. 3560– 3571.
163. *Kwok R.* Decline in Arctic sea ice thickness from submarine and ICESat records: 1958–2008 / R. Kwok, D.A. Rothrock // *Geophys. Res. Lett.* – 2009. – V. 36. – № 15. – P. L15501.
164. *Rignot E.* Mass balance of the Greenland ice sheet from 1958 to 2007 / E. Rignot, J.E. Box, E. Burgess, E. Hanna // *Geophys. Res. Lett.* – 2008. – V. 35. – № 20. – P. L20502.
165. *Semenov V.A.* The impact of North Atlantic– Arctic multidecadal variability

- on Northern Hemisphere surface air temperature / V.A. Semenov , M. Latif , D. Dommenges, et al. // *J. Climate.* – 2010. – V. 23. – № 21. – P. 5668– 5677.
166. *Tedesco M.* Pan arctic terrestrial snowmelt trends (1979–2008) from spaceborne passive microwave data and correlation with the Arctic Oscillation / M. Tedesco, M. Brodzik, R. Armstrong, et al. // *Geophys. Res. Lett.* – 2009. – V. 36. – № 21. – P. L21402
167. *Trenberth K.E.* Relationships between precipitation and surface temperature / K.E. Trenberth, D.J. Shea // *Geophys. Res. Lett.* – 2005. – V. 32. – № 14. – P. L14703.
168. *Trenberth K.E.* Trends and variability in column– integrated atmospheric water vapor / K.E. Trenberth, J. Fasullo, L. Smith // *Clim. Dyn.* – 2005. – V. 24. – № 7– 8. – P. 741– 758.
169. *Wild M.* From dimming to brightening: decadal changes in solar radiation at Earth's surface / M. Wild, H. Gilgen, A. Roesch, et al. // *Science.* – 2005. – V. 308. – № 5723. – P. 847– 850.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
1. Становление и развитие метеорологии в Казанском университете.....	6
1.1. Истоки метеорологии в Казани.....	
1.2. Деятельность метеорологической обсерватории.....	
1.3. Образование и развитие кафедры геофизики.....	
1.4. Современное состояние метеорологии в университете...	
2. Основные особенности глобальных и региональных климатических изменений в XX и начале XXI веков.....	22
3. Краткая физико-географическая характеристика Приволжского федерального округа	33
4. Радиационный режим.....	37
4.1. Продолжительность солнечного сияния.....	
4.2. Составляющие радиационного баланса.....	
5. Барико-циркуляционный режим атмосферы.....	56
5.1. Циркуляционные факторы климата.....	
5.2. Атмосферное давление.....	
5.3. Направление и скорость ветра.....	
6. Температурный режим атмосферы	78
6.1. Средние температуры воздуха.....	
6.2. Экстремальные температуры воздуха.....	
6.3. Межгодовые изменения температуры воздуха...	
6.4. Заморозки и оттепели.....	
7. Влажность воздуха.....	120
7.1. Давление водяного пара.....	
7.2. Относительная влажность воздуха.....	
7.3. Дефицит влажности и температура точки росы.....	
7.4. Многолетняя динамика влажности воздуха.....	
8. Атмосферные осадки.....	149
8.1. Среднее количество осадков.....	
8.2. Временная изменчивость количества осадков.....	
9. Изменения основных показателей климата и их взаимосвязь с геофизическими факторами.....	182
9.1. Пространственные изменения климатических показателей.....	
9.2. Многолетние изменения климатических показателей....	

9.3. Геофизические факторы и их влияние на режим температуры и осадков.....	
10. Агроклиматические ресурсы тепла и влаги.....	199
10.1. Показатели термических условий и увлажнения вегетационного периода.....	
10.2. Термические ресурсы и продолжительность вегетационного периода.....	
10.3. Ресурсы влаги.....	
11. Прикладные показатели климата.....	215
11.1. Климатическая характеристика отопительного периода.....	
11.2. Затраты энергии на обогрев и охлаждение зданий.....	
11.3. Метеорологические условия горимости леса	
11.4. Характеристика биоклимата.....	
12. Состояние окружающей среды.....	242
12.1. Загрязнение атмосферного воздуха и поверхностных вод.....	
12.2. Загрязнение почвы.....	
12.3. Влияние техногенных и природных факторов на загрязнение окружающей среды.....	
Заключение.....	259
Литература.....	260

*Юрий Петрович Переведенцев,
Михаил Алексеевич Верецагин,
Константин Михайлович Шанталинский,
Эдуард Петрович Наумов,
Владимир Владимирович Соколов*

**КЛИМАТ
И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
ПРИВОЛЖСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

Редактор *Р.З. Шарафутдинова*
Корректор *Ю.В. Федотова*
Компьютерная верстка *М.В. Улезко*
Фото на обложке *О.В. Ерегина*

Дизайн обложки *Н.С. Корсаковой*

Подписано в печать 03.02.2010 г.
Бумага офсетная. Печать ризографическая.
Формат 60x84 1/16. Гарнитура «Таймс». Усл.печ.л. 14,07
Уч-изд.л. 13,5 Тираж 200 экз. Заказ № 20/7

Казанский государственный университет

420008, г. Казань, ул. Профессора Нужи́на, 1/37
тел. 231-53-59, 292-65-60