

**КИРОВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ЦЕНТР  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОГО УГМС РОСГИДРОМЕТА**

**Ю.П. Переведенцев, М.О. Френкель, М.З. Шаймарданов**

**СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
И РЕСУРСОВ  
КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**



**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
2010**

УДК 551.5  
ББК 26.23:26.233:26.236  
П27

*Печатается по рекомендации  
Редакционно-издательского совета  
Казанского государственного университета*

Научный редактор –  
канд. геогр. наук, доц. **Э.П. Наумов**

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

**Переведенцев Ю.П.**

**П27** **Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области** / Ю.П. Переведенцев, М.О. Френкель, М.З. Шаймарданов [и др.]; науч. ред. Э.П. Наумов. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2010. – 242 с.

В монографии дано описание основных характеристик климата и его изменений за последние десятилетия (1955 – 2007 гг.) на территории Кировской области на фоне глобального потепления. Представлен анализ радиационного, температурного, влажностного и ветрового режимов, пространственно-временного распределения осадков и в целом климатических ресурсов. Приведены прикладные климатические характеристики, представляющие интерес для различных отраслей экономики – сельского хозяйства, строительства, энергетики и др., для муниципальных служб, здравоохранения и туризма.

Может быть полезной руководящим органам при разработке стратегии устойчивого развития области, а также гидрометеорологам, географам, экологам, учителям и широкому кругу читателей. Она также может быть использована в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлениям гидрометеорология, география, экология и природопользование и др.

УДК 551.5  
ББК 26.23:26.233:26.236

© Коллектив авторов, 2010;  
© Казанский государственный университет, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
1. История гидрометеорологии Кировской области.....	8
1.1. Метеорологические и гидрологические наблюдения.....	8
1.2. Гидрометеорологическая служба области.....	11
1.3. Кировский областной Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.....	14
2. Современные изменения климата на территории Северного полушария .....	18
2.1. Основные сведения об изменении климата Земли.....	18
2.2. Особенности региональных изменений климата Север- ного полушария .....	25
3. Физико-географическая характеристика Кировской области .....	33
4. Радиационный режим.....	44
4.1. Продолжительность солнечного сияния.....	47
4.2. Составляющие радиационного баланса.....	49
4.3. Временная изменчивость сумм солнечной радиации.....	57
5. Барико-циркуляционный режим атмосферы.....	59
5.1. Циркуляционные факторы климата.....	59
5.2. Атмосферное давление.....	65
5.3. Направление и скорость ветра.....	70
6. Температурный режим атмосферы .....	80
6.1. Средние температуры воздуха.....	81
6.2. Экстремальные температуры воздуха.....	96
6.3. Межгодовые изменения температуры воздуха.....	106
6.4. Заморозки и оттепели.....	114
7. Влажность воздуха.....	123
7.1. Давление водяного пара.....	124
7.2. Относительная влажность воздуха.....	132
7.3. Дефицит влажности и температура точки росы.....	141
7.4. Многолетняя динамика влажности воздуха.....	141
8. Атмосферные осадки.....	146
8.1. Среднее количество осадков.....	147
8.2. Временная изменчивость количества осадков.....	152
8.3. Оценка условий засушливости летнего и суровости зимнего периодов.....	166

9. Климатические ресурсы и их оценка.....	169
9.1. Агроклиматические ресурсы.....	173
9.2. Биоклиматические ресурсы.....	180
9.3. Биоклиматические индексы.....	186
9.4. Климатические ресурсы для энергетики.....	195
10. Климатические ресурсы тепла и влаги.....	200
10.1. Показатели термических условий и увлажнения вегетационного периода.....	200
10.2. Термические ресурсы и продолжительность вегетационного периода.....	202
10.3. Ресурсы влаги.....	208
11. Прикладные показатели климата.....	214
11.1. Климатическая характеристика отопительного периода.....	214
11.2. Показатели затрат энергии на обогрев и охлаждение зданий.....	217
11.3. Индекс горимости леса.....	223
11.4. Показатели биоклимата .....	228
Заключение.....	235
Литература.....	236

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая монография является одной из серии книг подобного рода, публикуемых сотрудниками кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета в последние годы. Ей предшествовала работа по написанию монографии «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) и др.

Как известно, метеорология в Казанском университете зародилась с момента его открытия (1804 г.). На Казанский университет были возложены обязанности организовать метеорологические исследования на территории обширного Казанского учебного округа (КУО), включающего в себя 15 губерний Поволжья, Урала, Сибири и Кавказа. Первые метеорологические наблюдения проводили учителя народных училищ и гимназий, которые пересылались в Казанский университет.

Важной вехой в развитии метеорологии и геофизики в университете явилось открытие в нем в январе 1812 г. Метеорологической обсерватории. В преддверии 200-летнего юбилея этого знаменательного события коллектив кафедры усилил свои традиционные исследования в области региональной климатологии с целью современного климатического описания ряда субъектов Российской Федерации, ранее входивших в структуру КУО. Это актуально, поскольку анализ проводится на стадии активной фазы глобального потепления климата. Начиналось же метеорологическое дело в Казани в так называемый малый ледниковый период. История метеорологических исследований, как и сама история климата, нашла свое отражение в многочисленных публикациях многих поколений представителей Казанской метеорологической школы.

Здесь же мы обращаемся к описанию климатических условий и ресурсов обширной территории Кировской области по материалам наблюдений в период 1955 – 2007 гг., придерживаясь принципов и методических подходов, использованных в вышеупомянутых опубликованных монографиях.

Вместе с тем необходимо отметить, что гидрометеорологический и климатический режим Вятского края, как это следует из исто-

рии метеорологических наблюдений, стал изучаться с первой половины XIX столетия (1830 г.). В последние десятилетия эта работа успешно ведется под руководством доктора географических наук профессора М.О. Френкеля – выпускника кафедры метеорологии и климатологии Казанского госуниверситета.

Как известно, климат, являясь одним из важнейших элементов географической среды, оказывает большое влияние на окружающую среду. Территория Кировской области характеризуется умеренно-континентальным типом климата средних широт с теплым летом и сравнительно холодной и многоснежной зимой. Он сформировался под влиянием взаимодействия ряда факторов, главнейшими из которых являются солнечная радиация, атмосферная циркуляция и характер подстилающей поверхности. Положение усложняется происходящим беспрецедентным в современной истории глобальным потеплением климата, что находит свой отклик в регионах. Это потепление климата сопровождается значительными природными и социально-экономическими последствиями. Участились природные катаклизмы, имеющие гидрометеорологическое происхождение. Поэтому представляет большой научный и практический интерес изучение динамики климата в целом и его характеристик на территории отдельных субъектов РФ, включая Кировскую область.

Все необходимые гидрометеорологические материалы для анализа и написания книги были подготовлены сотрудниками ВНИИГМИ – МЦД во главе с доктором географических наук М.З. Шаймардановым. При этом использовалась информация, полученная на следующих метеорологических станциях, расположенных на территории Кировской области: Лальск, Опарино, Мураши, Даровское, Киров (АМСГ), Шабалино, Котельнич, Верхошижемье, Кумены, Яранск, Нолинск, Санчурск, Нагорское, Кирс, Белая Холуница, Фаленки, Уни, Уржум, Кильмезь, Вятские Поляны.

Монография состоит из 11 глав с многочисленными таблицами и иллюстрациями. В ней представлен анализ изменений климатических условий региона, климатических ресурсов и прикладных характеристик климата, представляющих определенный интерес для различных отраслей экономики, населения области, развития туризма и рекреации и т.п.

В подготовке монографии участвовали сотрудники кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы КГУ, ВНИИГМИ – МЦД, Кировского областного ЦГМС. Авторами разделов являются: предид-

словие и заключение – Ю.П. Переведенцев, М.О. Френкель; 1 глава – М.О. Френкель; 2 глава – Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский; 3 глава – Г.Р. Сафина, М.О. Френкель; 4 глава – А.А. Николаев; 5 глава – М.О. Френкель, Э.П. Наумов, Ф.В. Гоголь; 6 глава – Ю.П. Переведенцев, М.З. Шаймарданов, Н.В. Исмагилов, 7 глава – М.А. Верещагин, М.З. Шаймарданов, М.В. Исаева, В.Д. Тудрий; 8 глава – К.М. Шанталинский, М.З. Шаймарданов; 9 глава – Ю.П. Переведенцев, М.О. Френкель; 10 глава – Ю.Г. Хабутдинов, М.З. Шаймарданов; 11 глава – Ю.П. Переведенцев, М.З. Шаймарданов, М.В. Исаева.

В подборе и обработке метеорологической и климатической информации принимали участие сотрудники ВНИИГМИ – МЦД и Кировского ЦГМС О.Н. Булыгина, Л.В. Волкова, А.П. Онучин и др. В техническом оформлении монографии участвовали Ю.С. Матросова, В.С. Холодова, Ф.В. Гоголь.

# 1. ИСТОРИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

## 1.1. Метеорологические и гидрологические наблюдения

В истории метеорологических наблюдений на Вятской земле есть много загадок, догадок, а также официальных данных, которые могут напрямую (через официальные документы) либо косвенно (посредством научных публикаций климатического характера) доказывать или опровергать различные версии. Первые известные метеорологические сведения на Вятской земле относятся к 1456 г. «когда ... в весне, великий князь Московский послал рать на Вятку со князем Семеном Ряполовским и ничтоже успе воротились», «тогда ж была буря велика, громна гроза, и солнце гинуло». В Вятском Временнике (1905 г.) подобные сведения имеются и за 1471, 1667, 1698 и другие годы (Френкель, 2000).

Настоящие же метеорологические наблюдения были начаты в 1786 г. директором Вятского главного народного училища Ив. Стефановичем и проводились по 1795 г. Вначале он проводил визуальные наблюдения (отмечались сроки выпадения первого снега, морозы и другие), в 1791 г. приобрел термометры и произвел первые инструментальные наблюдения за температурой воздуха. Потом долгое время считалось, что первые метеорологические наблюдения на Вятке начаты с 1829 г.

Так, в соответствии с циркуляром Министерства народного просвещения от 22 июня 1829 г. № 1677 директору Вятской гимназии, согласно § 52 Устава, предписывалось вести метеорологические записки. Однако исследователь С.Н. Косарев (1888 г.) нашел в швейцарских документах доктора Эрмана на немецком языке вятские метеорологические наблюдения с 1812 по 1816 гг. Кто и когда их проводил, остается пока загадкой, и считать это официальной версией пока трудно, поскольку информации недостаточно. Так можно ли считать официально датой начала метеорологических наблюдений 1791 г. (связанной с именем Ив. Стефановича)? Из-за нерегулярности наблюдений и их отрывочности это было бы неправильным.

Есть официальная дата и документ, предписывающие начало регулярных метеонаблюдений (циркуляр от 22 июня 1829 г.) в 1829 г. Кстати, уже в 1830 г. появились метеорологические публикации по инструментальным наблюдениям. Если учесть время прохождения

документа и время на организацию наблюдений, то можно прийти к выводу о том, что 1830 г. и является началом официальных метеорологических наблюдений в Кировской области. Кроме того, известно, что в 1830 г. они начались и в г. Слободской (их проводил Никанор Кулев, штатный смотритель уездного училища), и в г. Котельнич в уездном училище (учитель Афанасий Суворов), и в Вятской гимназии (старший учитель физики и математики И. Наумов). Есть основания полагать, что Наумов начал свои наблюдения в конце 1829 г. Однако они были недостаточно систематическими и с большим перерывом, о чем свидетельствуют критические замечания Казанского университета. Поэтому с учетом того, что с 1830 г. есть постоянные наблюдения в городах Вятка, Котельнич и Слободской по программе метеостанции II разряда, этот год можно официально считать годом начала метеорологических наблюдений на Вятской земле.

С мая 1831 г. были начаты метеорологические наблюдения в г. Яранск штатным смотрителем Яранского уездного училища Михаилом Кропачевым.

По материалам госархива видно, что уже в 1838 г. в недельных ведомостях печатались наблюдения за погодой в городах Вятской губернии: Малмыж, Уржум, Орлов, Глазов, Слободской, Котельнич, Царевосанчурск (ныне Санчурск), Вятка. Кто проводил в то время наблюдения в городах Царевосанчурск, Орлов, Малмыж, сведений нет, но имеются архивные данные о проведении наблюдений при уездных училищах в г. Малмыж – в 1840 г. учителем Д. Рейном, в г. Уржум – в 1841 г. штатным смотрителем М. Ивановым, в г. Орлов – в 1841 г. учителем Н. Протопоповым. Первые наблюдения в г. Глазов проводились уже в 1830 г. старшим смотрителем уездного училища К. Огородниковым. Непрерывность проводимых при уездных училищах наблюдений чаще всего не превышала 5 – 6 лет, затем наступали длительные перерывы, пока наблюдения не возобновлялись вновь.

В 1835 г. на востоке Европейской территории России по инициативе профессора Казанского университета Е.А. Кнорра, с разрешения Академии наук и при поддержке А.Я. Купфера начали открываться первые метеорологические станции. В итоге в 1835 г. в г. Вятка была открыта метеостанция, первым наблюдателем которой был учитель математики А.П. Габов. Наблюдения велись в 9, 12, 15 и 21 час. за давлением воздуха, температурой по Реомюру, состоянием неба, осадками, по флюгеру определялся ветер.

**Таким образом, 1835 г. вписывается золотыми буквами в метеорологическую историю Вятки, так как наблюдения на Вятской метеостанции проводились уже по Инструкции Академии наук систематически, в единые сроки и по единым приборам.**

Материалы наблюдений регулярно высылались в Казанский университет и Главную физическую обсерваторию в Петербурге, где с 1860 г. стали регулярно печататься в ее «Записках». Наблюдения имели и имеют большую научную ценность, поскольку метеостанция Вятка была одной из первых на северо-востоке европейской части России. Ее данные широко использовали в своих научных исследованиях академики А.И. Воейков и Г.И. Вильд. По ним академик К.С. Веселовский в 1850 г. написал «Очерк климата Вятской губернии», в 1914 г. И.А. Коростелев исследовал их при написании «Климата Приуралья России», в 1916 г. С. Небольсин использовал в книге «Об атмосферных осадках Европейской России» и других исследованиях.

В конце XIX в. метеорологическая сеть Вятской губернии стала сильно развиваться. В 1884 г. была открыта метеостанция III разряда в г. Нолинск, в 1889 г., 1 октября, была открыта станция II разряда в г. Уржум (либо переведена с III на II разряд). Наблюдения вел сын купца Н. Патрушева.

С января 1887 г. начаты наблюдения в г. Кирс братьями Федором Филипповичем и Александром Филипповичем Хлобыстовыми, которые славились своей любознательностью и увлекались метеорологией. Вероятно, это были первые вятские метеорологи, которые за хорошую работу и организаторские способности были удостоены бронзовых, серебряных, а Федор также золотой, наград. В 1906 г. братья по очереди уезжают в г. Слободской. В госархиве найдены интересные сведения о том, что в 1921 г. на метеостанции III разряда в г. Слободской работал Хлобыстов Александр Федорович. Совпадение это или речь идет о первой вятской династии метеорологов? История об этом умалчивает, но есть все основания предположить, что Александр Федорович Хлобыстов – сын Федора и племянник Александра Хлобыстовых, унаследовавший от них то же пристрастие к метеорологии.

В 1893 г. губернское земское собрание выдвинуло ходатайство перед Главной физической обсерваторией об учреждении в Вятской губернии 110 метеорологических станций III разряда. Ходатайство было уважено лишь отчасти: выражено согласие открыть только 10 метеостанций. Нет точной даты открытия, но в 1894 г. уже работали стан-

ции в городах: Царевосанчурск (ныне Санчурск), Кукарк (ныне Советск), Орлов; велись наблюдения в городах Слободской, Яранск. В 1895 г. по инициативе Вятского земства было открыто 60 дождемерных пунктов для наблюдений за осадками, что вместе с существующими к этому времени составило 83 метеорологических подразделения, но земство не выделило средств на их содержание. Вскоре их передали в ведение Казанского университета, у которого тоже не нашлось денег для нужд вятских станций. Согласно архивных материалов канцелярии вятского губернатора (сведения из госархива) по состоянию на 1.04.1898 г., в Вятской губернии существовало 12 метеостанций II разряда и 21 метеостанция III разряда (сведения о наличии наблюдательных пунктов не приводятся). К концу 1903 г. работало 40 станций. С 1903 по 1908 гг. они были объединены при губернском земском управлении. Наблюдателям выплачивали по 2 – 3 рубля в месяц, затем их лишили материальной поддержки, и станции стали закрываться. В 1913 г. метеостанций стало 19, а через 5 – 6 лет из-за революционных событий – одна (Вятка). В этот период интересен факт основания метеостанции Малковской Котельничского уезда в 1913 г. на средства бедного крестьянина В. Краева, «который отдал для этого все» (сведения из госархива). Наблюдения велись им же. В 1919 г. Краев был призван на службу в Красную Армию, но через 5 месяцев от службы освобожден как незаменимый специалист-метеоролог.

Первые гидрологические наблюдения на Вятке начаты с 1786 г. И. Стефановичем. С 1803 по 1863 гг. их записывал И.Н. Смыков. Гидрологические наблюдения выполнялись визуально, без приборов. В 1877 г. открывается первый водомерный пост на р. Вятка (г. Вятка), организованы инструментальные гидрологические наблюдения. К 1900 г. на территории губернии было организовано еще два поста на р. Вятка (Слободской и Котельнич) и два на р. Кама (Сарапул и Каракулино). Первые водомерные посты на крупных реках были открыты для нужд судоходства и принадлежали в те годы Министерству путей сообщения.

## **1.2. Гидрометеорологическая служба области**

В 1919 г. начинается возрождение гидрометеорологической службы в Вятской губернии. Постановлением Наркомзема от 23.09.1919 г. за № 2367 все метеостанции и приборы, находящиеся в распоряжении учреждений и частных лиц, поступают в ведение От-

деления опытной агрономии и метеорологии при Вятском Губземотделе. В апреле 1919 г. в соответствии с декретом народных комиссаров в г. Вятка было создано метеорологическое бюро, которое должно было объединить всю метеорологическую работу губернии. Заведующим метеобюро был назначен Маркус (Климат Кирова, 1982).

С октября 1920 г. бюро возглавила ученица известного ученого агрометеоролога П.И. Броунова Екатерина Харитоновна Березина – первая женщина ученый-метеоролог Вятского края. Она к январю 1925 г. организует 36 метеостанций в Вятской губернии, а также объединяет в своей работе 3 станции в Вотобласти и 2 станции – в Маробласти. При этом метеорологическая сеть уже в те годы разделяется на две: государственную и местную. Государственная сеть находится в ведении Наркомзема и ГГО, местная – в ведении Вятского Губземуправления. Станции местной сети, обслуживающие нужды местного народного хозяйства, содержатся и оборудуются на средства Вятского Губисполкома.

В 1928 г. метеобюро руководит уже 47 станциями Вятской губернии, 8 станциями Вотобласти, 4 станциями Маробласти. Самыми активными в те годы считались метеостанции Вятская и Савали (г. Малмыж).

В 20-е гг. в соответствии с объемом работ вся наблюдательная сеть подразделяется на станции II разряда 1 класса, станции II разряда 2 класса, станции III разряда, наблюдательные пункты.

Помимо организации наблюдательной сети Е.Х. Березина одновременно находит время и для научных исследований, пишет о климате Вятки («Климат Вятки», 1924 г.), выявляет зависимость урожаев от метеорологических факторов. Ее агрометеорологические работы являются одними из первых для нужд сельского хозяйства Кировской области. Ей принадлежит заслуга в развитии работ в 20 – 30 гг. прошлого столетия в области агрометеорологии, климатологии, аэрологии и синоптической метеорологии. Так, в 1922 г. в вегетационный период было положено начало наблюдений за ростом и развитием сельскохозяйственных культур на 5 станциях. С 1 сентября 1923 г. на Вятской опорной метеостанции начались регулярные аэрологические шаропилотные наблюдения, игравшие особенно важное значение для существующей в то время авиации. В 1933 г. на Вятке появляется первый синоптик – начальник опорной метеостанции М.Р. Брытков, окончивший в том же году Высшие синоптические курсы (Френкель, 1985).

Важнейшей вехой в развитии гидрометеорологической сети было решение правительства в 1930 г. о создании единой гидрометеорологической службы. Это повлекло за собой быстрое развитие гидрологической сети. В 1933 г. при Вятской метеостанции была организована гидрологическая станция, началось интенсивное изучение режима малых рек, в основном для строительства гидроэлектростанций в сельской местности. Кировской гидростанцией в этот период на реках были открыты посты: на р. Малая Куменка – пост Дыряны, на р. Елховка – пост Поляны, на р. Мутница – пост Малые Юринцы и др. Были проведены месячные курсы для гидрометнаблюдателей с целью обучения их измерению расходов воды и проведению наблюдений за другими гидрометеорологическими элементами. До 1941 г. было открыто 32 водомерных поста. У истоков развития гидрологической сети находился начальник гидрологической станции, будущий первый директор Кировской гидрометобсерватории Иван Васильевич Вершинин.

С 1935 г. претерпевает изменения объем наблюдений на метеорологических станциях: в 1935 г. на всех метеостанциях введены снегосъемки, а в 1936 г. станции перешли с трехсрочных наблюдений (в 7, 13, 21 час.) на четырехсрочные (в 1, 7, 13, 19 час.). В 1966 г. вводятся восьмисрочные наблюдения. По состоянию на 19.11.1939 г. сеть метеорологических станций Кировской области насчитывала 68 подразделений: 23 метеостанции II разряда, 45 метеостанций III разряда.

В 1939 г. в г. Киров для нужд авиации была создана метеорологическая станция, преобразованная в 1941 г. в авиаметстанцию. Первыми начальниками авиаметстанции были А.С. Флегонтов и Ананьин.

В 1943 г. в г. Киров организован пункт вертикального зондирования атмосферы и подчинен Кировской гидрометстанции. Первым инженером-аэрологом был также А.С. Флегонтов, направленный в конце 1942 г. в Центральную аэрологическую обсерваторию (г. Москва) на курсы по радиозондированию и организации аэрологических наблюдений.

Первые гидрохимические наблюдения за водными объектами Кировской области предположительно начались одновременно с развитием гидрологической сети и образованием первой гидрологической станции в 30-х гг. прошлого столетия в г. Киров. В архивных документах гидрометцентра за 1942 г. в перечне штатно-окладного расписания только что образованной Кировской гидрометстанции мы уже встречаем должность техника-гидрохимика, которую занимала

на тот момент В.Ф. Гавзова. Но наибольшее развитие гидрохимические наблюдения получили в 1968 г. Тогда была создана группа гидрохимии, занимавшаяся изучением гидрохимического состава поверхностных вод. Проводился анализ проб воды, поступающих по почте с 15 водных постов Кировской области и Удмуртии.

С декабря 1972 г. задачи и объем работы химической группы стали расширяться. Увеличилось количество вод/постов выполняющих гидрохимические работы, стали изменяться программы работ, увеличилось количество определяемых загрязняющих ингредиентов.

В 1969 г. группа химии начала работы по контролю загрязнения атмосферного воздуха. В 1974 – 1975 гг. крупные промышленные предприятия г. Киров построили для обсерватории типовые кирпичные павильоны для наблюдений за загрязнением атмосферы (ПНЗ). Павильоны были оснащены необходимыми приборами и оборудованием для отбора проб воздуха и метеорологических наблюдений. Отборы проб воздуха стали проводиться наблюдателями 3 раза в сутки по стандартной программе. Объем работы увеличился в 10 раз. Все это привело к тому, что в 1975 г. группа была переименована в Лабораторию загрязнения поверхностных вод суши и атмосферы.

В течение 1978 – 1988 гг. три ПНЗ города были оборудованы комплектными лабораториями ПОСТ-1 и ПОСТ-2, что вывело наблюдения на более высокий уровень и привело к увеличению количества определяемых загрязняющих веществ.

В настоящее время наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха ведутся на 6 ПНЗ г. Киров и г. Кирово-Чепецк, а за загрязнением поверхностных вод – на 23 водных створах Кировской области.

### **1.3. Кировский областной Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды**

С момента образования в 1919 г. губернского метеорологического бюро (прародителя нынешнего Кировского областного ЦГМС) название метеорологической службы в г. Вятка (г. Киров) и ее подчиненность вышестоящим организациям неоднократно менялись. Так, образованное в 1919 г. метеобюро (заведующая бюро с 1920 г. – Е.Х. Березина) подчинялось Вятскому Губземотделу, а затем с 1929 г. перешло в ведение Гидрометкомитета Нижегородского края.

В конце 1934 г. на базе гидрометбюро и станций в г. Киров создается Кировское краевое управление гидрометслужбы (начальник – П.А. Вербицкий), подчиняющееся непосредственно Москве, с отделами метеорологии, гидрологии и обслуживания народного хозяйства.

В 1937 г. в связи с реорганизацией гидрометслужбы Кировское краевое управление было вновь расформировано на 3 самостоятельных подразделения: метеостанцию, гидростанцию и Кировское отделение гидрометслужбы, которые находились до декабря 1940 г. в ведении Свердловского УГМС. Возглавлял отделение гидрометслужбы с 1937 по 1940 гг. А.С. Егошин. Оно состояло из 3 групп: агрометеорологической, синоптической и гидрологических прогнозов.

В 1940 г. в Кировской области происходит очередная реорганизация в связи с передачей гидрометеорологических подразделений Кировской области в ведение Горьковского УГМС. Упраздняется отделение гидрометслужбы, организуются отдел агрометслужбы в Наркомземе Кировского ОБЛЗО под руководством Е.Х. Березиной и областная метеостанция под руководством А.С. Егошина.

В сентябре 1942 г. произошло объединение областной метеостанции и гидростанции под общим названием Гидрометстанция Киров 1 типа со штатом 17 человек (до 1943 г. – и.о. начальника П.А. Белобородов, с 1943 г. станцию возглавляет И.В. Вершинин). В 1943 г. в состав станции включается вновь образованная аэрологическая группа. Станция меняет название на аэрогидрометеорологическую.

В военное время гидрометслужба Кировской области была передана Московскому военному округу, а с октября 1946 г. – вновь подчинена Горьковскому УГМС (с января 1956 г. – ВВ УГМС).

В 1948 г. вновь образуется Кировское метеорологическое бюро и вновь под руководством Е.Х. Березиной.

По решению Главного управления гидрометслужбы в июне 1960 г. в г. Киров на базе гидрометбюро и аэрогидрометеорологической станции организовалась Кировская гидрометобсерватория, первым директором которой стал И.В. Вершинин.

После выхода Ивана Васильевича на пенсию в 1969 г. гидрометобсерваторию возглавил Г.В. Сазонов, а затем с января 1973 г. ее возглавил М.О. Френкель – нынешний начальник Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В декабре 1975 г. гидрометобсерватория была преобразована в зональную, в 1988 г. – в Кировский областной центр по гидрометеоро-

рологии, а в 1992 г. – в Кировский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.



Кировский ЦГМС. Фото 2005 г.

Сейчас Кировский ЦГМС – один из самых крупных ЦГМС в Европейской части России, самый крупный в Верхне-Волжском УГМС. Здесь проводится большой объем работы в области гидрологического, метеорологического, аэрологического, агрометеорологического, авиаметеорологического мониторинга и мониторинга загрязнения окружающей среды.

В его состав входят 80 наблюдательных подразделений: 21 метеостанция, 38 гидропостов, 6 пунктов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха, 13 метеопостов, 2 агрометпоста.

Кировская область – чрезвычайно сложная территория в гидрологическом плане (на ее территории формируются бассейны трех крупных рек России: Волги, Камы, Северной Двины). Это зона сложнейших синоптических, агрометеорологических процессов. Тем не менее коллектив центра ежегодно обеспечивает высокое качество работ и всех видов прогностической деятельности. Здесь проводятся серьезные научные и прикладные исследования, публикуется много научных статей и монографий. Научные исследования в области регионального климата, мониторинга окружающей среды осуществляются как по собственной инициативе, так и по планам Росгидромета. С результатами исследований сотрудники центра регулярно выступают на всемирных, всероссийских и региональных форумах, конгрессах, научных конференциях и выставках.

Начальник центра Френкель Марат Ошерович – единственный среди коллег доктор географических наук. М.О. Френкель был в числе инициаторов создания и реализаторов всемирно известных Федеральных целевых программ – «Возрождение Волги» и по уничтожению химоружия. Его предложения и замечания вошли в ряд законов РФ (по уничтожению химоружия; в лесной и водный кодексы РФ), в более 30 природоохранных законов Кировской области. Им написано 13 монографий и более 300 научных работ по климату, его изменению в связи с глобальным потеплением, по мониторингу окружающей среды, территорий Волжского бассейна и Кировской области (Френкель, 1996, 1997, 2003, 2006).

Кировский ЦГМС тесно сотрудничает с ГГО, ГГИ, ВНИИГМИ-МЦД, ВНИИСХМ и другими институтами Росгидромета, Академией наук, Роспромэкологии (г. Саратов). Кировским ЦГМС совместно с Саратовским институтом промэкологии, НПО «Тайфун», Министерством обороны создана уникальная, единственная в своем роде в мире система комплексного мониторинга окружающей среды объекта по уничтожению химоружия.

В заключение приведем данные об опасных метеорологических явлениях, наблюдавшихся на территории области в последние десятилетия (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1

Некоторые рекорды погоды

1.	<u>Самый сильный ветер.</u> По Кировской области он достигал 40 м/сек. Такое отмечалось на ст. Киров (город) 12 марта 1968 г., ст. Вятские Поляны – 14 марта 1968 г., ст. Кильмезь – 24 июня 1971 г., ст. Фаленки – 18 декабря 1975 г. В целом вероятность сильных ветров > 25 м/сек. по области равна 2,8%. Всего за период с 1968 по 2008 гг. было 112 случаев, причем их чаще всего (20 – 27 случаев) отмечено за май – июль и ни разу не отмечено в январе.
2.	<u>Очень сильный снег (20 мм и более).</u> Отмечался в 70 случаев. Повторяемость – 1,8%. Чаще всего (16 случаев) такое было в зимний период 1970 г. Интересно, что сильный снег отмечался в мае 1972 г. на ст. Лальск и Подосиновец, в мае 1992 г. – на ст. Киров (АМСГ), в мае 2008 г. – ст. Уни, Малмыж, Вятские Поляны и Кильмезь, в апреле 1997 г. – ст. Афанасьево и Белая Холуница. Самый сильный снег прошел в январе 1970 г. – 77,8 мм за сутки на ст. Киров.
3.	<u>Очень сильный дождь.</u> Повторяемость – 2,5%. Всего было 94 случая, причем чаще всего в 1987 г. (9 случаев). Самыми дождливыми были 1975 и 1978 гг. (154 и 142 дня с осадками). Самый сильный дождь прошел 21 июня 1968 г., когда за сутки выпало 169,2 мм.
4.	<u>Град (более 20 мм).</u> Самый сильный град выпал 28 мая 2007 г. на ст. Лальск диаметром 52 мм.
5.	<u>Сильный мороз.</u> Самые сильные морозы по области отмечались в конце декабря 1978 г.: от -50°C до -52°C.
6.	<u>Сильное налипание мокрого снега.</u> 9 февраля 2002 г. на ст. Даровское равнялось 39 мм; в январе 1966 г. в г. Киров достигало 66 мм.
7.	<u>Самая высокая пожароопасность.</u> Отмечалась в августе – сентябре 1972 г. – до 30 тыс.°С.

## **2. СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ**

### **2.1. Основные сведения об изменении климата Земли**

Климат Земли, как показывают палеоклиматические исследования, изменялся во все времена, и эти изменения были многомасштабными как в пространстве, так и во времени. Однако колебания температуры приземного слоя атмосферы не выходили за пределы, угрожающие самой жизни на планете. Если говорить о климате последнего миллиона лет (плейстоцен), то его долгопериодные колебания определялись, в первую очередь, внешними воздействиями – изменениями орбитальных параметров Земли и колебаниями потока солнечного тепла (теория Миланковича), что обусловило чередование ледниковых и межледниковых периодов. Кроме того, значительный вклад вносит и внутренняя изменчивость в самой атмосфере, приводящая к резким изменениям климата за сравнительно короткий промежуток времени. Как отмечено в работе Х. Дийкстра (2007), именно взаимодействие сложной внутренней изменчивости с относительно слабыми вариациями внешнего воздействия, зависящего от времени, регистрируется с помощью опосредованных и инструментальных измерений.

В настоящее время пришло осознание того факта, что климат является продуктом деятельности сложной в физико-химическом плане климатической системой: атмосфера – океан – суша – криосфера – биосфера. И прежнее определение понятия климата, как наклона солнечных лучей к земной поверхности, ведущее начало от древнегреческого астронома Гиппарха из Никеи (190 – 120 гг. до н.э.), уступило современному определению, более универсальному и научно обоснованному: «Климат – это статистический ансамбль состояний, который проходит система океан – суша – атмосфера за периоды в несколько десятилетий» (Монин, 1979).

Вместе с тем, в региональных исследованиях удобно пользоваться определением климата, приведенным в учебнике по климатологии (Климатология, 1989): «Климат данной местности можно определить как характерный для нее многолетний режим погоды, обусловленный солнечной радиацией, ее преобразованиями в деятельном слое земной поверхности и связанной с ними циркуляцией атмосферы и океанов». Однако нельзя рассматривать происходящие локальные климатические изменения в отрыве от глобальных процессов, что особенно заметно в

последние 150 – 160 лет, в период так называемого глобального потепления.

Действительно, феномен глобального потепления климата, наиболее активная фаза которого началась в 70-х гг. XX столетия, привлек к себе повышенное внимание как со стороны широкой научной общественности, так и политиков всего мира. Возникли вопросы: в чем истинная причина происходящего потепления, что будет происходить с климатом и окружающей средой в целом в будущем и с какими экономическими и социальными последствиями может столкнуться человеческое сообщество. Озабоченность этими проблемами в последние годы была проявлена на различных межправительственных саммитах, происходящих в ряде стран мира. В частности, Росгидромет выступил с инициативой разработки проекта Климатической доктрины РФ с целью формирования единой государственной политики в отношении изменений климата. Наиболее полные и надежные сведения о происходящих изменениях климата как на планете в целом, так и в ее отдельных крупных регионах, сценариях развития процессов в XXI столетии содержатся в «Четвертом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата ...» (МГЭИК), опубликованном в 2007 г. В 2008 г. Росгидрометом опубликован «Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации».

Рассмотрим основные положения из этого обширного доклада, следуя работам российских экспертов МГЭИК (Гулев и др., 2008; Израэль и др., 2007). Согласно данным доклада, в индустриальной эпохе происходит существенный рост атмосферных концентраций климатически активных газов. Так, в течение последних 250 лет атмосферные концентрации двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ) возросли с 280 до 379 *ppm* (миллионные доли на единицу объема). Современная концентрация парниковых газов в атмосфере, как это следует из анализа пузырьков воздуха из ледниковых кернов, сохранивших состав древней атмосферы Антарктиды, намного выше, чем когда-либо за последние 10 тыс. лет. Глобальная атмосферная концентрация метана возросла с 715 до 1774 *ppv* (миллиардные доли на единицу объема) за период индустриальной эпохи. Наиболее сильный рост концентрации ПГ наблюдается в последние десятилетия. За последние 20 лет рост концентрации  $\text{CO}_2$  составил 20 *ppm*, то есть 20% от увеличения за последние 250 лет. В результате происходит нагрев атмосферы. Выраженное в эквивалентном радиационном притоке тепла воздействие

двуокиси углерода составляет  $1,66 \text{ Вт/м}^2$ , метана, окислов азота и галокарбонов соответственно  $0,48$ ,  $0,16$  и  $0,34 \text{ Вт/м}^2$ . Вклад тропосферного озона составляет  $0,35 \text{ Вт/м}^2$ . В то же время за счет аэрозолей, стратосферного озона и изменений поверхностного альбедо происходит охлаждение атмосферы. Их вклад, выраженный в эквивалентном радиационном притоке тепла, составляет около  $-1,4 \text{ Вт/м}^2$ . Суммарный баланс изменений эквивалентного радиационного притока тепла за счет различных факторов составляет всего  $1,6 \text{ Вт/м}^2$ . Отмечено также, что эффект изменения интенсивности солнечной радиации благодаря орбитальным изменениям и другим гелиогеофизическим факторам за последние 250 лет составил  $0,12 \text{ Вт/м}^2$  и не может рассматриваться как существенный фактор наблюдаемых климатических изменений по крайней мере в масштабе столетий.

Благодаря парниковому эффекту средняя глобальная температура воздуха у поверхности Земли повысилась за последнее столетие на  $0,74^\circ\text{C}$ , при этом за период с 1979 по 2005 гг. ее прирост составил  $0,46^\circ\text{C}$  (более 60%). Возрастание температуры происходит неравномерно по поверхности Земли. Максимальный рост температур отмечается в средних и субполярных широтах Северного полушария над континентами, где он достигает величин  $1,7$  и  $2^\circ\text{C}$  в столетие. Тренды в поверхностной температуре подтверждаются наблюдаемыми изменениями в температуре тропосферы.

Одновременно наблюдается увеличение влагосодержания атмосферы севернее  $30^\circ\text{с.ш.}$ , что привело к значимому увеличению осадков. Однако в тропиках отмечалось уменьшение количества осадков, в широтной зоне  $10 - 30^\circ\text{с.ш.}$  средние величины осадков росли до середины 1950-х гг., но, начиная с 1970-х гг., отмечается их уменьшение. При этом практически повсеместно зафиксирована интенсификация экстремальных величин осадков. Интенсивность осадков 5%-ой обеспеченности возрастает даже там, где средние величины или не обнаруживают тренда, или имеют отрицательный тренд.

Последнее столетие характеризовалось ростом повторяемости экстремальных штормов в океане, атмосферных циклонов, сильных ветров. Скорость возрастания средних высот значительных ветровых волн в Мировом океане составила от 8 до 14 см за десятилетие на акватории северной части Атлантического и Тихого океанов за период с начала 1950 до 2002 гг. В докладе отмечается увеличение теплосохранения Мирового океана, причем в отдельных районах тренд потепления отмечается на глубинах до 3 км. Из-за недостаточности дан-

ных о Мировом океане выводы об изменении его характеристик в целом менее определены, чем для континентов.

Зафиксировано повышение уровня Мирового океана. Оно составляет примерно 17 см за последнее столетие и около 3 мм в год в течение последних 15 лет. Это происходит из-за термического расширения морской воды при потеплении толщи океана и таяния ледников.

Происходят заметные изменения в состоянии криосферы. Компоненты криосферы – снежный покров, ледники, вечная мерзлота, – являются индикаторами климатических колебаний. При сокращении криосферы уменьшается среднее альbedo Земли, что способствует потеплению. Наблюдается отступление и сокращение горных ледников на всем Земном шаре в последние 100 – 150 лет. Существенные изменения обнаруживаются и в состоянии арктической криосферы. По данным спутниковых наблюдений, с 1978 г. среднегодовая площадь морского льда в Арктике уменьшалась примерно на 2,7% за десятилетие, а площадь льдов в летний сезон – на 7,4%. Одновременно сокращается и толщина морского льда.

Из-за значительных размеров и труднодоступности точно оценить баланс массы самых больших ледниковых покровов на Земле – Антарктиды и Гренландии – сложно. Согласно современным оценкам, их размеры сокращаются. В докладе МГЭИК приводятся данные о балансе массы льда и в целом о процессах, происходящих на рассматриваемых объектах в период 1961 – 2003 гг. Так, за период 1993 – 2003 гг. вклад Антарктиды и Гренландии в увеличение уровня океана за счет таяния льда составил около 0,4 мм в год. По оценкам, Антарктида единственный континент, для которого не зафиксировано повышение температур в XX в. Однако в западной Антарктике температура воздуха за последние десятилетия существенно повысилась.

Как известно, примерно 60% территории России занято зоной вечной мерзлоты. Согласно данным доклада, с 1956 по 1990 гг. мощность деятельного слоя в Российской Арктике увеличилась в среднем на 21 см, а максимальная глубина промерзания уменьшилась на 35 см. В целом за последнее столетие максимальная площадь распространения сезонно-мерзлых грунтов в Северном полушарии сократилась на 7%. Площадь распространения снежного покрова, согласно спутниковым данным, в северном полушарии за последние 40 лет уменьшилась на 5%.

Палеоклиматические реконструкции и результаты моделирования свидетельствуют о том, что дальнейшее увеличение температуры воздуха и сокращение криосферы могут иметь существенные послед-

ствия. Около 125 тыс. лет назад, когда летняя температура в Арктике была на 2 – 5°С выше современной и большая часть ледников в Арктике растаяла, уровень Мирового океана был на 4 – 6 м выше современного. Данные по годичным кольцам деревьев, кораллам, ледниковым кернам и другим косвенным источникам палеоклиматической информации показывают, что потепление XX в. было наиболее значительным за последние 500 лет, а вероятно, и за период 1300 лет. Современное потепление идет в 10 раз быстрее, чем потепление во время перехода от последнего ледникового к межледниковью 20 – 10 тыс. лет назад.

В докладе представлены результаты моделирования изменений климата и прогнозы на будущее. Для установления причин наблюдаемых изменений климата и прогнозов на будущее был реализован беспрецедентный модельный проект – выполнение численных интегрирований с 23 сложными физико-математическими моделями общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). В ходе эксперимента рассчитывался климат XX в. при заданных, в соответствии с наблюдениями, концентрациях парниковых газов и аэрозолей, а также климат XXI в. для трех сценариев антропогенных выбросов парниковых газов и аэрозолей (сравнительно «жесткого», «умеренного» и «мягкого»).

По сравнению с третьим оценочным докладом, в четвертом оценочном докладе выводы относительно причин наблюдаемого потепления стали существенно более обоснованными. Вероятность того, что изменения климата за последние 50 лет происходили без внешнего воздействия, оценивается как крайне низкая (< 5%). С высокой степенью вероятности (> 90%) можно утверждать, что наблюдавшиеся за последние 50 лет изменения вызваны не только естественным, но и внешним воздействием. С вероятностью > 90% в «Четвертом оценочном докладе ...» утверждается, что рост концентраций антропогенных парниковых газов ответственен за большую часть глобального потепления, начиная с середины XX в. Так, без учета изменений концентраций ПГ в модели невозможно правильно воспроизвести тенденции изменения средней глобальной температуры.

Важным выводом «Четвертого оценочного доклада ...» стало то, что антропогенное воздействие на климат проявляется не только глобально, но и на всех обитаемых континентах, и не только в температуре воздуха, но и в характеристиках циркуляции атмосферы и частоте экстремальных явлений. По оценкам, в ближайшие два десятилетия, независимо от сценария выбросов парниковых газов, глобальное поте-

пление продолжится со скоростью около  $0,2^{\circ}\text{C}$  в десятилетие. Сохранение эмиссий ПГ на современном уровне и тем более при их увеличении, с высокой степенью вероятности приведут к дальнейшему потеплению и многочисленным сопутствующим изменениям глобальной климатической системы в течение XXI в.; эти изменения будут сильнее наблюдавшихся в XX в.

Модельные оценки были выполнены для различных сценариев антропогенного воздействия. По отношению к последнему двадцатилетию XX в., к концу XXI в. в зависимости от сценария, глобальное потепление составит в среднем от  $1,8^{\circ}\text{C}$  до  $4,6^{\circ}\text{C}$ , а повышение уровня моря, соответственно, в среднем от 19 до 58 см. Температура будет повышаться особенно сильно в Арктике и над континентами. Будущие изменения осадков имеют противоположные тенденции в разных регионах (увеличение осадков в высоких широтах и уменьшение над большей частью суши в субтропиках), что приведет к возрастанию угрозы наводнений в одних районах и учащению засух в других.

Вероятность усиления частоты и интенсивности экстремальных явлений, включая волны тепла, сильные ливни и др., оценивается как очень высокая. В табл. 2.1 даны некоторые оценки достоверности наблюдаемых и будущих трендов в характеристиках интенсивности экстремальных климатических событий, а также их связи с антропогенным фактором. Ожидается увеличение интенсивности тропических циклонов в результате дальнейшего повышения температуры поверхности океана в низких широтах. Ослабление меридиональной циркуляции в Северной Атлантике составит в среднем 25%, при этом продолжится рост температуры воздуха в северо-атлантическом регионе. До конца XXI в. резкие изменения общей циркуляции океана маловероятны.

Произойдет смещение путей внетропических циклонов к высоким широтам. Ожидается сокращение ледяного покрова Мирового океана, причем в некоторых сценариях к концу XXI в. возможно полное освобождение Северного Ледовитого океана ото льда в конце лета.

Важно отметить, что МГЭИК производит оценку экологических и социально-экономических последствий изменения климата. Хорошо известно, что вместе с интенсивным ростом средней глобальной температуры воздуха с 90-х гг. XX в., участились естественные катастрофы: засухи, лесные пожары, наводнения, тайфуны и др., что приводит к гибели сотен тысяч людей и значительному экономическому ущербу.

Т а б л и ц а 2.1

Оценки вероятности наблюдаемых и будущих трендов  
в характеристиках интенсивности экстремальных  
климатических событий, а также их связи с антропогенными факторами

Явление и знак тренда	Вероятность появления тренда в конце XX в.	Вероятность антропогенного вклада в наблюдаемый тренд	Вероятность сохранения знака тренда в XXI в.
Потепление и уменьшение повторяемости холодных дней и ночей над большей частью суши	> 90%	> 66%	> 99%
Потепление и увеличение повторяемости жарких дней и ночей над большей частью суши	> 90%	> 66% (ночи)	> 99%
Тепловые волны, увеличение повторяемости над большей частью суши	> 66%	> 50%	> 90%
Ливневые осадки. Увеличение повторяемости над большей частью суши	> 66%	> 50%	> 90%
Увеличение площади засух	> 66% (во многих регионах, начиная с 1970-х гг.)	> 50%	> 66%
Увеличение активности интенсивных тропических циклонов	> 66% (в некоторых регионах, начиная с 1970-х гг.)	> 50%	> 66%
Учащение экстремальных подъемов уровня моря (исключая цунами)	> 66%	> 50%	> 66%

Из работы (Израэль и др., 2007) следуют важные выводы, касающиеся последствий изменений климата. Отмечается, что для всех континентов и большинства океанов данные наблюдений свидетельствуют о том, что в конце XX в. многие естественные системы оказались затронутыми региональными изменениями климата, особенно изменениями температуры.

Глобальная оценка данных о состоянии природных систем, характеризующих период с 1970 г., показала, что антропогенное потепление с большой вероятностью оказало заметное влияние на многие физические и биологические системы. Более чем в 89% случаев направление в рассмотренных физических и биологических системах оказалось именно таким, каким оно должно быть при потеплении. Потепление установлено для всех континентов (кроме Антарктиды), океанов и в глобальном масштабе, и оно имеет антропогенную составляющую.

В диапазоне увеличения средней глобальной температуры 1 – 3°C суммарное воздействие изменения климата будет для одних регионов положительно, для других отрицательно. При увеличении средней глобальной температуры более чем на 2 – 3°C все регионы будут нести издержки, увеличение средней глобальной температуры на 4°C приведет к потерям глобального ВВП на 1 – 5%.

Совокупность мер по адаптации и смягчению воздействия может уменьшить риски, связанные с изменением климата.

В заключение отметим, что, по мнению (Клименко, 1997), потепление XX столетия обусловлено в значительной мере короткопериодными, в первую очередь антропогенными, факторами и осуществляется на фоне явной тысячелетней тенденции естественного климата к похолоданию. Снижение температуры за счет влияния тысячелетних циклов составило более 1°C в течение последней тысячи лет, что вдвое превышает достигнутое в XX столетии повышение температуры.

## **2.2. Особенности региональных изменений климата Северного полушария**

В связи с отсутствием единой точки зрения на причины современного потепления, являются весьма полезными эмпирико-статистические оценки пространственно-временной изменчивости метеорологических полей, выяснение региональных особенностей проявления изменений климата на основе данных глобального мониторинга климатической системы. Определенные результаты в этом направлении были получены коллективом кафедры метеорологии, климатологии и экологии Казанского университета (Переведенцев и др., 2004, 2005, 2007). Приведем также некоторые результаты продолжения исследований в этом направлении.

Информационной базой исследования послужили данные NCEP/NCAR реанализа температуры воздуха, общего количества облачности, давления воздуха, приведенного к уровню моря, зональной и меридиональной составляющих скорости ветра в тропо-стратосфере северного полушария за последние 60 лет (1948 – 2007 гг.) (Kalnay et al., 1996), а также данные приземной температуры воздуха северного полушария (1850 – 2007 гг.) университета Восточной Англии (Brohan et al., 2006).

Использовались средние месячные значения реанализа метеорологических величин для приземных данных в узлах регулярной географической сетки Гаусса (около  $1,9^\circ$  широты на  $1,9^\circ$  долготы), для атмосферного давления и данных на изобарических поверхностях узлы сетки имеют шаг  $2,5^\circ$  широты на  $2,5^\circ$  долготы. Поля средней месячной приземной температуры воздуха северного полушария университета Восточной Англии расположены в узлах сетки с шагом  $5^\circ$  широты на  $5^\circ$  долготы.

На всем полушарии и в трех широтных зонах (приполярной – от полюса до  $65^\circ$  широты; умеренной – от  $65^\circ$  до  $30^\circ$  широты и тропической – от  $30^\circ$  широты до экватора), каждая из которых характеризуется особым термическим и циркуляционным режимом, были выделены регионы по типу подстилающей поверхности (суша или океан). Кроме того, и полушарие и каждая широтная зона (за исключением приполярной) дополнительно были поделены на более мелкие регионы по принадлежности к конкретному материку (Америка, Евразия, Африка) или океану (Атлантический, Тихий, Индийский). Таким образом, всего на полушарии было выделено 27 регионов, по каждому из которых было произведено осреднение исследуемых метеорологических величин.

Динамика долгопериодных изменений в полях метеорологических величин выявлялась методом цифровой фильтрации, для чего использовался низкочастотный (НЧ) фильтр Поттера (Отнес, Эноксон, 1982) с точкой отсечения 10 лет, т.е. из исходного временного ряда отфильтровывались все колебания с периодом менее 10 лет. Использование указанного метода фильтрации связано с тем, что фильтр Поттера не дает существенных искажений фазы колебаний в сглаженном ряду по сравнению с исходным. Кроме того, результат фильтрации близок к результатам, получаемым с помощью широко используемого в климатологии сглаживания временных рядов скользящим осреднением, но лучше по качеству фильтрации.

Рассмотрим особенности изменения приземной температуры воздуха за период с 1850 по 2007 гг. (данные университета Восточной Англии) и более детально с 1948 по 2007 гг. (данные NCEP/NCAR реанализа).

Большинство исследователей в основном аппроксимируют изменения температуры на тех или иных временных участках линейным трендом, оценивая таким образом интегральный эффект изменения температуры на исследуемом отрезке времени. Анализ сглаженных НЧ фильтром Поттера рядов показывает, что за последние более чем 150 лет инструментальных наблюдений при общем весьма существенном, но достаточно неравномерном росте средней годовой температуры Северного полушария имели место и периоды ее понижения (рис. 2.1 и 2.2).

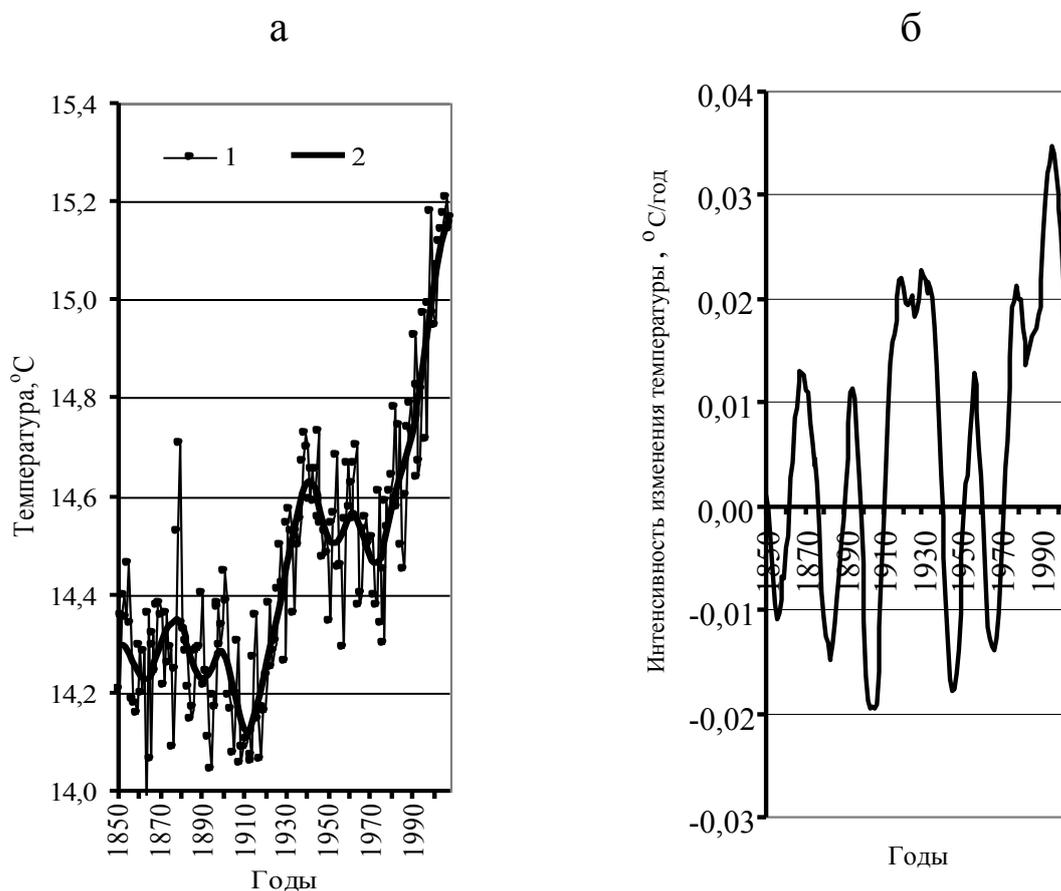


Рис. 2.1. Многолетний ход средней годовой приземной температуры воздуха Северного полушария (°С): а – сглаженный НЧ фильтром Поттера (полоса пропускания 10 лет и более); б – интенсивности ее изменения (°С/год)

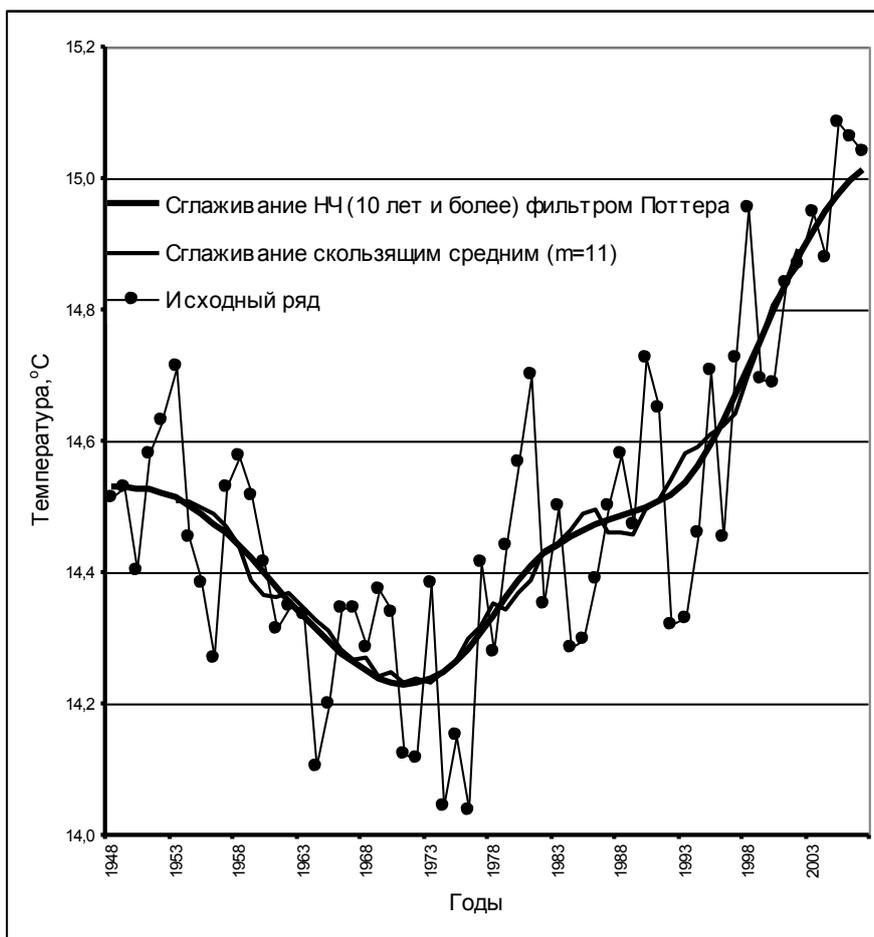


Рис. 2.2. Многолетний ход средней годовой приземной температуры воздуха северного полушария ( $^{\circ}\text{C}$ ), сглаженный 11-летним скользящим осреднением и НЧ фильтром Поттера (полоса пропускания 10 лет и более)

Первое похолодание за указанный период наблюдалось с 1877 по 1911 гг. и составило  $0,23^{\circ}\text{C}$  за 34 года; второе – с 1940 по 1972 гг. и составило  $0,17^{\circ}\text{C}$  за 32 года. После похолоданий следовали более интенсивные потепления. Первое имело место с 1911 по 1940 гг., в результате, среднегодовая температура северного полушария возросла на  $0,51^{\circ}\text{C}$  за 29 лет; второе – с 1972 по 2007 гг. и, судя по ходу кривой интенсивности потепления, еще не завершилось. Тем не менее, оно продолжается уже 35 лет, а величина повышения температуры за этот период составила  $0,70^{\circ}\text{C}$ .

Обращает на себя внимание факт уменьшения со временем интенсивности похолоданий с  $-0,07$  до  $-0,05^{\circ}\text{C}/10$  лет и увеличения интенсивности потеплений с  $0,18$  до  $0,20^{\circ}\text{C}/10$  лет. Отчетливо проявляется в ходе средней годовой приземной температуры воздуха северного полушария 60 – 70-летнее колебание, а также более слабое 20-летнее, проявляющее себя в периоды похолоданий.

Вполне вероятно, что наряду с естественными причинами изменения температуры имеет место и антропогенное влияние. Таким образом, при сохранении ансамбля выявленных колебаний температуры в ближайшем будущем можно ожидать некоторого снижения темпов потепления, которое уже наметилось, и даже, возможно, слабого похолодания на фоне уже достигнутых высоких значений.

Из табл. 2.2 следует, что наиболее резко процессы изменения температуры выражены в приполярной зоне полушария, где похолодание, составившее  $-0,54^{\circ}\text{C}$  за 13 лет, сменилось потеплением, которое продолжается уже 41 год и к настоящему времени составило  $2,36^{\circ}\text{C}$ . В умеренной зоне интенсивности последнего потепления климата и предшествующего ему похолодания весьма близки и составляют  $+0,24$  и  $-0,28^{\circ}\text{C}/10$  лет соответственно. В результате, за последние 34 года температура повысилась на  $0,81^{\circ}\text{C}$ , что почти в три раза меньше, чем в приполярной зоне. Наименьшие изменения средней годовой приземной температуры воздуха наблюдаются в тропической зоне, где за последние 36 лет температура повысилась на  $0,50^{\circ}\text{C}$ .

Над термически более инерционной подстилающей поверхностью – океаном изменения температуры выражены слабее, чем над сушей, где наибольшие изменения имеют место в умеренной зоне Евразии. Здесь похолодание за 24 года составило  $1,11^{\circ}\text{C}$ , а потепление за 35 лет –  $1,16^{\circ}\text{C}$ . Наименьшие изменения температурного режима над сушей наблюдаются в тропической зоне Америки, которая представляет собой узкую полосу суши между океанами, в результате чего долгопериодные колебания приземной температуры здесь невелики. Похолодание за короткий период 10 лет составило  $0,14^{\circ}\text{C}$ , а современное потепление, длящееся 39 лет, –  $0,41^{\circ}\text{C}$ . Над океанической поверхностью наиболее активные температурные изменения происходят в Индийском океане, где потепление продолжается 51 год и составило  $0,83^{\circ}\text{C}$ .

Обращает на себя внимание также резкое ослабление роста приземной температуры воздуха в период с 1983 по 1994 гг., которое прослеживается практически во всех регионах полушария. Оно вызвано уменьшением прозрачности атмосферы в связи с поступлением в атмосферу большого количества продуктов извержений вулканов Эль-Чичон и Пинатубо (Kelly et al., 1996; Parker et al., 1996). В результате уменьшение роста температуры отмечается во всей тропосфере, а в стратосфере вследствие поглощения солнечной радиации продуктами извержения имеет место значительный рост температуры.

Т а б л и ц а 2.2

Характеристики современного потепления и предшествующего ему похолодания в различных регионах Северного полушария

Регион	Похолодание			Потепление		
	продолжительность, годы	величина, °С	интенсивность, °С/10 лет	продолжительность, годы	величина, °С	интенсивность, °С/10 лет
Северное полушарие в целом	23	-0,30	-0,13	36	0,78	0,22
Полярная зона	13	-0,54	-0,42	41	2,36	0,57
Умеренная зона	25	-0,71	-0,28	34	0,81	0,24
Тропическая зона	12	-0,06	-0,05	36	0,50	0,14
Северное полушарие – суша	24	-0,64	-0,27	35	0,94	0,27
Америка	18	-0,58	-0,32	35	0,95	0,27
Евразия	24	-0,94	-0,39	35	1,06	0,30
Африка	24	-0,13	-0,05	32	0,62	0,19
Умеренная зона – суша	24	-1,00	-0,42	35	1,07	0,31
Умеренная зона – Америка	22	-0,85	-0,39	33	0,93	0,28
Умеренная зона – Евразия	24	-1,11	-0,46	35	1,16	0,33
Тропическая зона – суша	22	-0,20	-0,09	33	0,57	0,17
Тропическая зона – Америка	10	-0,14	-0,14	39	0,41	0,11
Тропическая зона – Евразия	22	-0,43	-0,20	33	0,59	0,18
Тропическая зона – Африка	23	-0,12	-0,05	32	0,63	0,20
Северное полушарие – океан	15	-0,12	-0,08	37	0,69	0,19
Атлантический	20	-0,24	-0,12	35	0,68	0,19
Тихий	13	-0,12	-0,09	34	0,39	0,11
Индийский	8	-0,07	-0,08	51	0,83	0,16
Умеренная зона – океан	26	-0,40	-0,15	32	0,54	0,17
Умеренная зона – Атлантический	20	-0,44	-0,22	35	0,77	0,22
Умеренная зона – Тихий	29	-0,42	-0,14	28	0,37	0,13
Тропическая зона – океан	10	-0,03	-0,03	36	0,48	0,13
Тропическая зона – Атлантический	11	-0,05	-0,05	35	0,58	0,17
Тропическая зона – Тихий	11	-0,08	-0,08	36	0,42	0,12
Тропическая зона – Индийский	8	-0,07	-0,08	51	0,83	0,16

В зимний сезон (декабрь – февраль) величина потепления существенно больше, чем в летний (июнь – август) за исключением тропической зоны, где впрочем, период потепления летом начался на-

много раньше. Интенсивность же потепления больше в зимний сезон во всех регионах (табл. 2.3).

Т а б л и ц а 2.3

Характеристики современного потепления и предшествующего ему похолодания в некоторых регионах северного полушария зимой и летом

Регион	Похолодание			Потепление		
	продолжительность, годы	величина, °С	интенсивность, °С/10 лет	продолжительность, годы	величина, °С	интенсивность, °С/10 лет
Зима (декабрь – февраль)						
Северное полушарие в целом	13	-0,35	-0,27	36	0,96	0,27
Полярная зона	8	-0,32	-0,40	40	2,93	0,73
Умеренная зона	23	-0,92	-0,40	35	1,14	0,32
Тропическая зона	14	-0,16	-0,11	34	0,50	0,15
Северное полушарие – суша	23	-0,75	-0,33	35	1,21	0,35
Северное полушарие – океан	12	-0,14	-0,12	36	0,81	0,22
Лето (июнь – август)						
Северное полушарие в целом	24	-0,31	-0,13	35	0,60	0,17
Полярная зона	14	-0,59	-0,42	38	0,80	0,21
Умеренная зона	26	-0,73	-0,28	33	0,66	0,20
Тропическая зона	7	-0,02	-0,02	52	0,56	0,11
Северное полушарие – суша	26	-0,67	-0,26	33	0,84	0,26
Северное полушарие – океан	20	-0,10	-0,05	36	0,45	0,12

С высотой в среднем значение величины современного потепления убывает. Так, если в среднем для полушария у поверхности земли она составила 0,78°С за 36 последних лет, то на уровне изобарической поверхности 500 гПа (средняя высота около 5,5 км) температура за этот же период времени повысилась на 0,65°С. Наибольшие различия между величиной потепления у поверхности и в средней тропосфере наблюдаются в приполярной зоне 2,36 и 0,92°С соответственно, а наименьшие – в умеренной и тропической (разности составили 0,2 и 0,1°С). Тип подстилающей поверхности также не сильно влияет на разности между величиной повышения температуры у Земли и в средней тропосфере, над сушей они около 0,2 над океанической поверхностью 0,1°С.

Установленное понижение роста температуры в средней тропосфере по сравнению с приземным связано, в частности, с тем, что под влиянием вулканических выбросов с середины 80-х до середины 90-х гг. в тропосфере наблюдалось слабое понижение температуры, а не ослабление ее роста как у поверхности Земли.

Таким образом, наиболее длительные периоды потепления за последние 60 лет наблюдаются в приполярной и тропической зонах, но в приполярной потепление намного сильнее. В этих широтных зонах потепление существенно превосходит предшествующее похолодание. В умеренных широтах, где наблюдается интенсивный макротурбулентный межширотный обмен, различия между величинами последнего потепления и предшествующего похолодания минимальны.

### 3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Кировская область расположена на востоке Европейской части страны между 56° и 61° северной широты и 41° и 54° восточной долготы.

Территория Кировской области составляет 120,8 тыс. км<sup>2</sup>, протяженность с севера на юг составляет 570 км, с запада на восток – 440 км. На севере область граничит с Республикой Коми и Архангельской областью, на западе – с Вологодской, Костромской и Нижегородской, на юге – с Республикой Татарстан и Марий Эл, на востоке – с Республикой Удмуртия и Пермским краем.

Породы, которыми сложена территория области, подразделяются на четыре возрастные группы: докембрийскую, палеозойскую, мезозойскую, кайнозойскую.

Буровые скважины обнаруживают докембрий на глубинах от 1,5 км (Малмыжский район) до 3 км (Белохолуницкий район). Это кристаллические породы магматического и метаморфического происхождения – в основном, гнейсы. Они образуют кристаллический складчатый фундамент Русской платформы. Фундамент расколот на блоки. В нем выделяются подземные выступы (вблизи н.п. Котельнич, Малмыж, Уржум, Лойно, Нема и др.) и впадины. Среди впадин особенно выделяется Советско-Кировский авлакоген – узкий, длинный, глубокий разлом. В направлении с юга на север он пересекает докембрий нашей области по линии г. Советск – г. Киров – с. Сырьяны – пос. Нагорск – пос. Кажим (в Республике Коми). Все остальные группы состоят только из осадочных отложений.

Палеозойская группа. На поверхности распространены отложения пермской системы. Его отложения известняка хорошо представлены по берегам рек Вятка и Немда. Пермские осадочные породы смяты в очень пологие складки системы Вятского вала, которая вытянута полосой с юга на север, как раз над Советско-Кировской впадиной фундамента.

Мезозойская группа представлена триасовым, юрским и меловым периодами. Юрские отложения (верховья рек Вятка и Кама) представлены глинами, песчаниками, глинистыми и горючими сланцами. Наименьшую площадь занимают отложения кайнозоя.

Основные черты рельефа тесно связаны с геологическим строением области и ее геологической историей. Рельеф области представляет собой увалисто-волнистую рассеченную равнину (рис. 3.1). Наи-

более повышенные участки на северо-востоке достигают 337 м. Отсюда наблюдается наклон поверхности к юго-юго-западу по направлению к Ветлужской и Волжской низинам. Лузский и Подосиновский районы имеют наклон на северо-запад, а Верхнекамский, Афанасьевский и Омутнинский – на север и северо-восток. На территории области имеются формы рельефа, созданные внутренними силами, а также ледниковые, эрозионные и карстовые. Тектонические формы рельефа представлены Верхнекамской возвышенностью, Вятским и Северными увалами. Они образовались в конце триасового и начале юрского периодов. Вятский Увал представляет собой пологую возвышенность шириной до 40 км, проходящую по центру области с юга на север почти параллельно Уральскому хребту и расчлененную долинами рек и речек. Наибольшая абсолютная высота достигает 284 м. К западу и к востоку от Увала расположены почти плоские равнины. В осевой части его встречаются выпуклые складки-антиклинали и складки вогнутой формы с более молодыми слоями горных пород, в пониженной части – синклинали.

Верхнекамская возвышенность тянется параллельно Вятскому Увалу. Средняя ее высота – 200 м, а наибольшая – 337 м (в южной части). Возвышенность расчленена неглубокими долинами рек. На север области заходят южные отроги Северных увалов. Они представлены отдельными грядами и холмами с пологими склонами и округлыми или плоскими вершинами. Возвышенные пространства прорезаются множеством речек. Наибольшие высоты расположены севернее г. Мураши и достигают 251 м (Лавров, 1990).

С юга к увалам прилегает всхолмленная заболоченная равнина. Невысокие холмы сложены моренным материалом.

В северной части области широко распространены ледниковые формы рельефа, поскольку Кировская область подвергалась воздействию оледенений.

Моренные гряды высотой до 5 м встречаются севернее реки Чепца. Валунные и ложбины ледникового происхождения – в Даровском, Лузском, Верхнекамском и других районах. Там, где преобладали плотные породы, ледник оставил куполовидные формы, а в рыхлых – выпахивал понижения. Холмы и гряды с валунами встречаются на северо-западе области и в верховьях рек Вятка, Волосница и др.

Водные потоки, текущие от ледника, расширили долины рек, в которых накопились песчаные отложения. Широкая полоса таких отложений прослеживается в долине р. Вятка от верховьев до г. Советск.

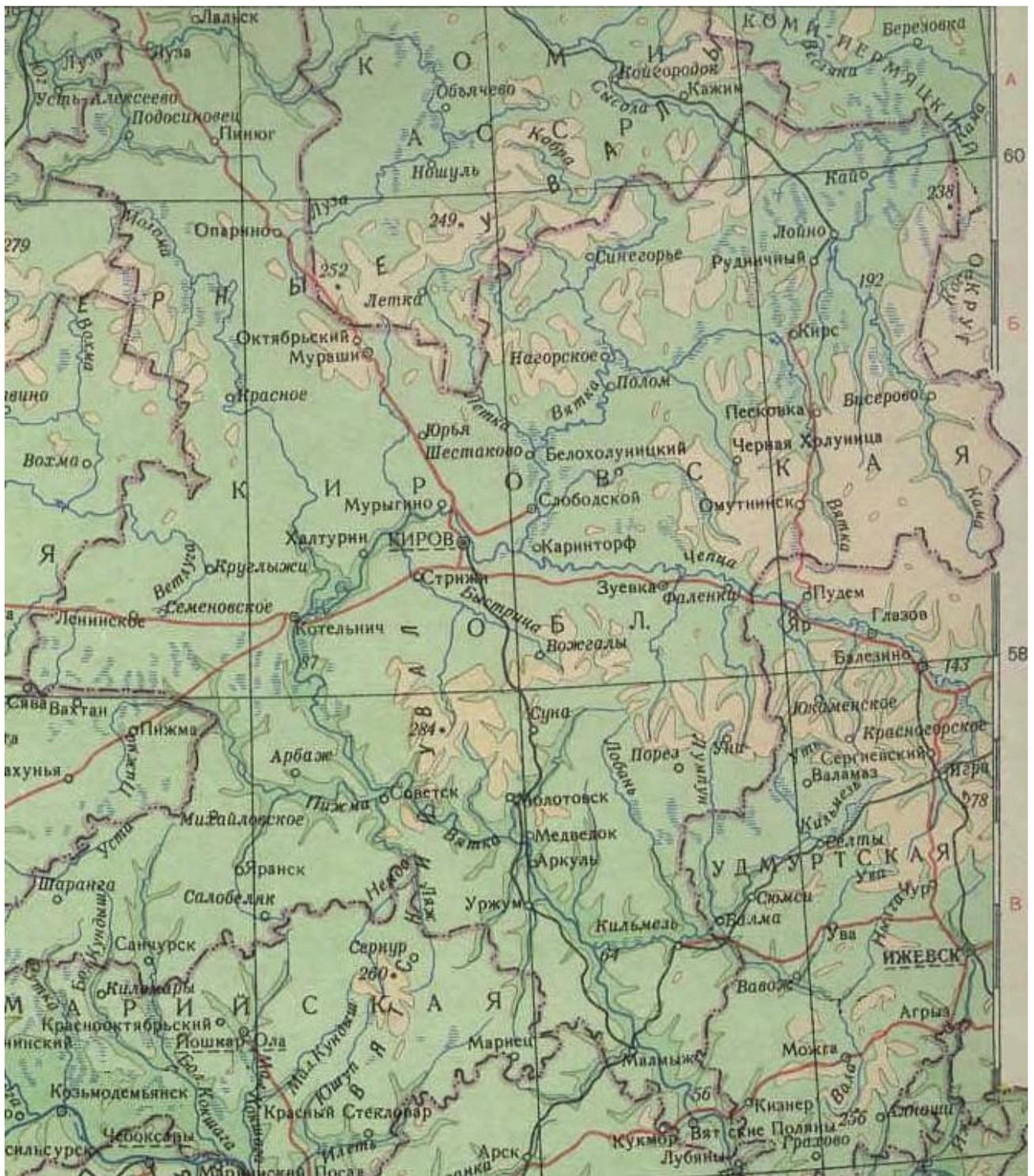


Рис. 3.1. Общая географическая карта Кировской области

На водоразделах в виде холмов караванеобразной формы расположены «дресвяные горы», или так называемые «пуги», высотой 50 – 75 м. Сложены они песчано-галечниковым материалом. Большинство ученых считают их остатками рыхлых ледниковых отложений. Их можно встретить в Кирово-Чепецком, Слободском, Уржумском и других районах.

Основной формой рельефа, возникшего в результате водной эрозии, являются многочисленные речные долины, пересекающие поверхность области. Долины р. Вятка и ее притоков (Быстрица, Кильмезь, Чепца, Молома) асимметричны. Правые берега, как правило, крутые, а левые – пологие. Объясняется это действием силы Кориолиса. Однако встречаются участки, где левые берега круче правых, как, например, на р. Вятка у г. Киров. Это связано с геологическим строением местности. В долинах рек встречается несколько террас. В долине Вятки хорошо прослеживается пойменная терраса. Высота ее 3 – 5 м над урезом воды. Сложена она песчано-глинистым материалом. Поверхность неровная.

Первая надпойменная терраса средней шириной до 5 км и высотой 12 м над урезом. Наибольшая ширина наблюдается на участке н.п. Котельнич – Вишкиль. Она прослеживается по левобережью Вятки у пристани Медведок. Терраса сложена серыми и желтоватыми песками, покрыта сосновым бором, за что ее называют «боровой».

Оползневые и карстовые процессы отмечаются по крутым берегам рек Вятка, Кильмезь, Молома. Карстовые формы рельефа встречаются в осевой части Вятского увала, наиболее ярко выражены в Медведском бору Нолинского района, по нижнему течению р. Гремячка. В 7 км от г. Советск по р. Немда имеется карстовая пещера, а в Уржумском районе находится провальное озеро Шайтан – единственный на территории Русской равнины природный водоем с непериодическими выбросами воды на поверхность, которые происходят в виде фонтана до 10 м высотой или в виде водяного столба диаметром 1 – 1,5 м и высотой до 4 м.

В области встречаются формы рельефа, образованные деятельностью ветра. К ним относятся дюнные холмы, песчаные бугры и гряды. Они встречаются на боровой террасе в Медведском бору, на водоразделе рек Вятка и Лобань, в долинах рек Кильмезь, Кобра, Быстрица.

Климат Кировской области умеренно континентальный, с продолжительной умеренно холодной зимой и коротким, но сравнительно теплым летом.

Кировская область богата водами. В области насчитывается около 20 тыс. рек общей протяженностью порядка 67 тыс. км. Этому содействуют климатические условия, характер рельефа и геологическое строение местности. Реки области относятся к бассейнам рек Волга и Северная Двина. Главный водораздел проходит по Северным увалам и Верхнекамской возвышенности.

Подавляющее большинство рек относится к очень малым, длиной до 10 км (94,6%), реки длиной от 11 до 50 км составляют 4,98%, а реки длиной более от 51 до 200 км – всего 0,4%. Длину более 200 км имеет всего 11 рек, и у большинства из них в области находится только часть бассейна. По характеру режима реки области относятся к равнинному типу, уклоны их невелики и скорость течения незначительна.

Реки рассматриваемой территории относятся к типу рек с четко выраженным весенним половодьем (72% годового стока), летно-осенними дождевыми паводками (20% годового стока) и длительной устойчивой меженью (8% годового стока). В питании рек преимущественное значение имеют снеговые воды. Доля талых вод в суммарном стоке составляет 60%. В среднем примерно 30% годового стока формируется подземным путем (Ресурсы поверхностных вод ..., 1973).

Модуль стока сокращается по направлению с севера на юг. В верховьях Вятки средний модуль стока составляет 11 л, а в верховьях Большой Кокшаги – 5 л. Минимальный сток в зимний период для большинства рек равен 0,7 – 0,4 л/с. В тесной связи с питанием находится и колебание уровней рек. Самые низкие уровни наблюдаются зимой и летом, а самые высокие – весной во время половодья. В это время уровень воды в реке может повыситься над меженью на три – шесть м. Летом и осенью подъем связан исключительно с выпадением осадков. Замерзание рек в среднем происходит во второй декаде ноября. Продолжительность ледостава – около 5 месяцев. Толщина льда достигает 80 – 100 см. Вскрытие рек начинается со второй декады апреля. Ледоход длится 3 – 8 дней. Он сопровождается быстрым подъемом воды, которая выходит из берегов и широко разливается (Ресурсы поверхностных вод ... , 1972).

Вятка – самая крупная река в области. Она начинается на юге Верхнекамской возвышенности и впадает в р. Кама на территории Татарстана. Длина ее 1314 км, площадь бассейна 129 тыс. км<sup>2</sup>. Исток реки расположен в лесном массиве. Сначала она течет на север, а затем поворачивает на запад до деревни Верхнее Кокорье. Ниже по течению река делает два колена, огибая выступы Вятского увала. От г. Киров Вятка течет сначала на северо-запад, затем в юго-восточном направлении, а от г. Котельнич на юго-юго-восток. Ниже г. Советск долина реки резко сужается, образуя три извилины – Кукарскую, Атарскую и Красносельскую. Вятка имеет ширину до 500 – 700 м. Скорость течения летом – около 0,5 м/с. Глубина реки колеблется от 0,3 до 10 м. Река Вятка судоходна на протяжении 1013 км. Средний

многолетний модуль стока (р. Вятка/г. Вятские Поляны)  $7,3 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ . Рыхлые породы берегов легко размываются и способствуют образованию перекатов и песчаных кос. В Вятку впадает много притоков: слева – реки Черная Холуница и Белая Холуница, Чепца, Быстрица, Воя, Немда, Кильмезь и др., справа – Кобра, Летка, Великая, Молома, Пижма, Буй, Уржумка и др. Жесткость минимальная – поэтому вода мягкая. Минерализация воды небольшая, преобладают гидрокарбонаты.

Река Кама начинается в Удмуртии, затем течет по северо-восточным районам области и уходит за ее пределы. В верховьях река отличается значительным уклоном и быстрым течением. Замерзает она в первой декаде ноября, а в конце апреля полностью очищается ото льда. В пределах Кировской области в Каму впадают притоки: Лупья, Волосница, Сюзьва, Нырмыч, Порыш и др.

Река Молома течет по северо-западным районам области и впадает в Вятку у г. Котельнич. Длина ее 450 км, площадь бассейна –  $12960 \text{ км}^2$ . Средний многолетний модуль стока (р. Молома/д. Щетинники) составляет  $7,8 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ . Долина реки широкая, асимметричная. Ширина русла колеблется от 60 до 200 м. Весной уровень Моломы повышается на 3 м над меженью, а летом она сильно мелеет. Наиболее крупными притоками Моломы являются: Маромица, Кузюк, Вонданка и Шубрюк (Ресурсы поверхностных вод ... , 1972).

Река Чепца берет начало в Удмуртии и впадает в р. Вятка у г. Кирово-Чепецк. Длина ее 501 км, а площадь бассейна –  $20350 \text{ км}^2$ . Среднегодовой модуль стока (р. Чепца/д. Градобои) составляет  $6,9 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ . Весной река сильно разливается и используется для судоходства и сплава леса. Крупные притоки р. Чепца – Святица, Коса и Кордяга.

Река Кильмезь берет начало в Удмуртии и впадает в р. Вятка. Ее длина 273 км, площадь бассейна –  $17240 \text{ км}^2$ . Многолетний модуль стока (р. Кильмезь/д. Малые Сюмси) –  $6,8 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ . Русло реки имеет ширину 30 – 50 м (Ресурсы поверхностных вод ... , 1973).

На территории Кировской области из водоемов выделяются озера. Всего на водосборе р. Вятка насчитывается 4137 озер, а в бассейне р. Лузы – 242 озера. По площади это небольшие водоемы. По типу озерных котловин можно выделить пять типов, из которых наиболее многочисленными являются старичные, карстовые и суффозионные.

Пойменные озера расположены по долинам рек Вятка, Кама, Молома, Кильмезь и др. Форма их чаще вытянутая в длину до нескольких километров.

Карстовые озера находятся, например, в Медведском бору Нолинского района. Озеро Чваниха состоит из нескольких провальных воронок, глубина его 14 м. В Уржумском районе находится озеро Шайтан. Длина и ширина озера около 200 м, глубина доходит до 12,1 м. В Пижанском районе есть округлое озеро Лежнино, оно расположено на водоразделе, глубина его 36 м. В этом же районе есть озеро Ахмановское глубиной 21 м.

В области много прудов, созданных в балках и долинах малых рек. Наиболее крупные из них – Белохолуницкий, Чернохолуницкий, Омутнинский, Кирсинский, Песковский, Климковский и др. Озера и пруды богаты рыбой, а на некоторых озерах живут пушные звери – бобры, норки, ондатры.

В области более 2 млн. га занимают болотные и заболоченные земли. Образованию болот, кроме избыточных осадков, способствует характер рельефа и состав пород, слагающих территорию. В области преобладают низинные болота, значительно меньше верховых. Наиболее заболоченными являются северные, центральные и западные районы. Крупные из них массивы – Оричевский, Бахтинский, Загарско-Медянский, Подрельский, Халтуринский, Пищальский, Кайский. Торфяные болота занимают площадь 274 тыс. га.

Грунтовые воды приурочены к четвертичным и более древним отложениям и залегают на глубине от 4 до 20 м. Богаты водой юрские и особенно пермские отложения. Некоторые минеральные источники обладают лечебными свойствами. Наиболее известными являются нижеивкинские воды и грязи, на базе которых существует курортная зона. Минеральные воды по типу являются хлоридно-натриевыми, хлоридно-сульфатно-натриевые, сульфатно-кальциевые (аналог вод в Кисловодске). В Уржумском и некоторых других районах найдены сернистые воды типа «мацесты».

В Кировской области почвы развивались под влиянием умеренного климата и лесной растительности. В этих условиях зональными типами, сменяющимися друг друга от северных границ области к южным, являются подзолистые, дерново-подзолистые и серые лесные почвы.

Подзолистые почвы образуются под хвойными лесами с мохово-лишайниковым напочвенным покровом. Основные площади находятся к северу от Северных Увалов и Верхнекамской возвышенности, т.е. в северо-западных и северо-восточных районах области. Они формируются при промывном режиме на различных, преимущественно хорошо дренируемых элементах рельефа. Материнскими породами для них яв-

ляются четвертичные отложения различного генезиса и механического состава: моренные суглинки, водноледниковые пески и супеси, реже покровные суглинки. Почвы исключительно бедны – питательные вещества в них почти отсутствуют.

Дерново-подзолистые почвы развиваются под лесами с травяным напочвенным покровом. Дерново-подзолистые почвы образуют сплошную подзону, расположенную южнее подзолистых почв. Южная граница этой подзоны проходит от пос. Санчурск на г. Советск, дальше по р. Вятка до границы области. Севернее г. Киров и долины р. Чепца преобладают дерново-сильноподзолистые почвы, в центральной части области распространены дерново-среднеподзолистые, а на юге зоны – дерново-слабоподзолистые почвы.

Дерново-сильноподзолистые и среднеподзолистые почвы мало плодородны. Они содержат всего 1 – 2% перегноя, очень мало солей фосфора и калия. В них много органических кислот, которые вредны для развития растений. Дерново-слабоподзолистые почвы отличаются наибольшим плодородием по сравнению с предыдущими видами. Они обычно не нуждаются в известковании, так как содержат мало органических кислот. Содержание гумуса достигает 3%.

Серые лесные почвы в области образуют самую южную почвенную зону области. Они расположены по правобережью нижнего течения Вятки (Вятско-Полянский, Малмыжский, Уржумский, Лебяжский и Советский районы). Эти почвы образовались под широколиственными дубовыми и лиственными лесами.

Таким образом, в Кировской области выделяются три зональных типа почв: подзолистые на севере, дерново-подзолистые в центре и серые лесные на юге. Наряду с ними в области встречаются также болотные, болотно-подзолистые и дерновые почвы. По долинам рек формируются пойменные и аллювиальные почвы (Лавров, 1990).

Растительность Кировской области разнообразна. Леса покрывают больше половины площади области. Среди них преобладают хвойные леса (54%) – больше всего ели. Свыше 20% лесной площади занимают сосновые боры. Они растут на водноледниковых отложениях и в речных долинах. Из лиственных пород выделяются березовые и осиновые леса. В небольшом количестве имеются пихта, ольха, ива, на юге – липа и дуб. Кроме деревьев в лесах всегда много различных кустарников. Среди них рябина, можжевельник, шиповник, волчьи ягоды, волчье лыко («лесная сирень»), жимолость. В южных районах произрастает орешник. Под густым древесным пологом раз-

виваются полукустарники брусники, черники, голубики, толокнянки. Лес богат и травами. На почве можно увидеть мелкие листики кислицы, густые папоротники, ландыши, плауны и много других растений. Важную роль в жизни леса играет напочвенный покров из мхов и лишайников. В сухих местах соснового бора почва покрыта белым хрустящим лишайником. Там, где более влажно, лишайник сменяется покровом из зеленых мхов. С увеличением влажности почвы зеленые мхи уступают место более длинному кукушкину льну. Наконец, в самых сырых пониженных местах поверхность почвы захватывает болотный мох сфагнум.

Болотная растительность занимает в области более 3% площади, главным образом в северных районах. Верховые болота заняты сфагновым мхом. Здесь много болотных полукустарничков багульника, болотного мирта, подбела, голубики с мелкими жесткими листьями. На самой поверхности мхов протянулись тонкие нити стеблей клюквы. Желтовато-ржавые пятна выделяют заросли насекомоядного растения росянки. Низинные болота отличаются господством трав. Здесь много осоки, пушицы, хвоща. На почве преобладают зеленые мхи. Из древесных пород растут ольха, ивы, береза.

Луговая растительность распространена в речных поймах, которые ежегодно заливаются весенними водами. Заливные луга богаты разнотравьем и злаками. Самые ценные из них – тимофеевка луговая, мятлик, овсяница луговая, полевица, клевер. Пойменные луга при надлежащем уходе дают высокие урожаи трав и имеют огромное значение для развития животноводства.

За пределами пойм встречаются материковые суходольные луга. Они образуются на месте бывших лесных вырубок, на дне балок, в ложбинах.

Леса области. Подзона средней тайги включает в себя северные районы области. Южная граница ее проходит по линии Опарино – Мураши – Нагорск – Кирс – Бисерово. Она довольно близко совпадает с южной границей распространения подзолистых почв. В этой подзоне господствуют сумрачные заболоченные еловые леса почти без кустарников, так называемая «шохра». Почва сплошь покрыта мхами. Здесь много брусники, черники, голубики. На песчаных почвах господствуют сосновые боры.

Подзона южной тайги покрывает большую часть области. Южная граница ее проходит по линии Тужа – Советск – Нолинск – Нема.

Южнотаежные леса состоят из ельников-зеленомошников (раменей) и сосновых боров. В подлеске много кустарников – рябины, шиповника, крушины. Почва покрыта многочисленными травами и зелеными мхами. Особенно типична для южной тайги кислица. В целом, леса этой подзоны более разнообразны и живописны.

Подзона хвойно-широколиственных лесов находится в южных районах области. Эти леса по своему составу самые богатые и разнообразные. Высокие ели составляют верхний ярус леса. Здесь много широколиственных пород – липы, дуба, вяза и клена. Часто вперемежку с елью растут березы и осины. Среди разнообразных кустарников встречается орешник. Мхов мало, зато травяной покров отличается разнообразием. В бассейне реки Кильмезь есть сосновые леса (Леса Кировской области, 2008).

Населяющие Кировскую область животные подразделяются на три основные группы – обитателей лесов, водоемов, полей.

Животный мир лесов. В видовом составе фауны господствуют лесные животные. Таежные леса области богаты млекопитающими, птицами, насекомыми. Среди млекопитающих немало хищников. В густых лесах северных районов встречается бурый медведь. Обитателем хвойной тайги является рысь, лисица и волк, реже встречается россомаха. Из мелких хищников в тайге обитают лесная куница, хорек, горностай, колонок и др. В Кировской области водятся крупные копытные животные – лоси. Они живут в лиственных лесах и на заболоченных угодьях. В Нагорском и Верхнекамском районах в незначительном количестве сохранился северный олень.

В лесах много грызунов. Самый распространенный представитель этого отряда – белка. В еловых и лиственных лесах обитает заяц-беляк. В тайге много птиц. Особенно важны для промысла представители семейства куриных – тетерев, рябчик, глухарь. Тетерев заселяет мелколиственные березники, рябчик чаще встречается в густых ельниках, а глухарь – в сосновых борах. Из других таежных птиц водятся дятлы, клесты, кукушки.

Среди насекомых много вредителей леса. Это разнообразные жуки-короеды, лесные бабочки, сосновая совка, непарный шелкопряд и другие гусеницы, которые объедают хвою и листья.

Животный мир водоемов. Многие животные находят благоприятные условия для своего развития в водоемах, богатых растительным кормом. В состав этой группы входят млекопитающие, птицы и рыбы.

К обитателям водоемов относятся норка и речная выдра, живущие по долинам лесных речек. С 1940 г. началась реакклиматизация речного бобра, завезенного из Воронежской области. Переселенцем в Кировскую область является ондатра. С 1936 г. она распространилась повсеместно, проникла даже в городские водоемы. Ондатра стала одним из главных пушных животных области. В 1950 г. началось расселение уссурийской енотовидной собаки. Это животное быстро расселилось по речным долинам и берегам озер. Промысловые птицы водоемов представлены главным образом гусеобразными. Из числа наиболее известных – различные дикие утки: кряква, шилохвость, гоголь, хохлатая чернеть. На реках много чаек. На песчаных отмелях и болотах водятся многочисленные кулики.

Из рыб в реках области распространены щука, окунь, плотва, язь, голавль, налим, елец, ерш и др. В озерах имеются щуки, окуни, налимы. Очень редко сейчас в р. Вятка встречается ценная осетровая рыба – стерлядь. Для разведения рыб созданы государственные рыбобпитомники в Слободском и Зуевском районах.

Животный мир полей. В центральных и южных районах области преобладают распаханые поля вперемежку с мелкими перелесками, кустарниками и материковыми лугами. Из лесных животных здесь встречаются волк, лисица, ласка. На лугах, полянах, опушках лесов широко распространен крот. На полях много грызунов. Самый известный из них – заяц-русак, который год за годом продвигается все дальше на север.

Большой ущерб сельскому хозяйству наносят многочисленные мелкие грызуны-зерноеды: хомяк, полевая мышь, серая полевка. Полевые птицы относятся большей частью к отряду воробьиных. Это жаворонок, серая мухоловка, большая синица и др. Они уничтожают вредных насекомых. Из отряда куриных в полях распространены серая куропатка и перепел, которые переселились в Кировскую область с юга (Лавров, 1990). Хищные птицы представлены ястребом-тетеревятником.

В настоящее время на территории Кировской области имеется 197 особо охраняемых природных территорий общей площадью 375,6 тыс. га: государственный природный заповедник федерального значения «Нургуш», 3 государственных природных заказника регионального значения – «Пижемский», «Былина», «Бушковский лес», 189 памятников природы регионального значения, 3 лечебно-оздоровительные местности (Экскурсии по памятникам ... , 2006).

## 4. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

### 4.1. Продолжительность солнечного сияния

Солнечная радиация является практически единственным источником энергии для всех природных процессов, которые развиваются в географической оболочке Земли, т.е. в атмосфере, гидросфере и в верхних слоях литосферы. В числе этих процессов – метеорологические, от которых зависит климат нашей планеты; гидрологические, определяющие режим вод суши и океанов; процессы почвообразования; биологические, с которыми связано географическое распределение растений и животных, а также поверхностный геоморфологический процесс.

Наряду с временной структурой рядов солнечной радиации, позволяющей получить средние и вероятностные суммы радиации, большое значение имеет также пространственная структура. Исследования пространственной структуры рядов солнечной радиации необходимы для определения радиационных характеристик в пунктах, где не проводятся актинометрические наблюдения, для расчета средних по площадям, для решения вопроса об автоматическом контроле качества наблюдений.

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, или 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 защищенности горизонта городскими постройками.

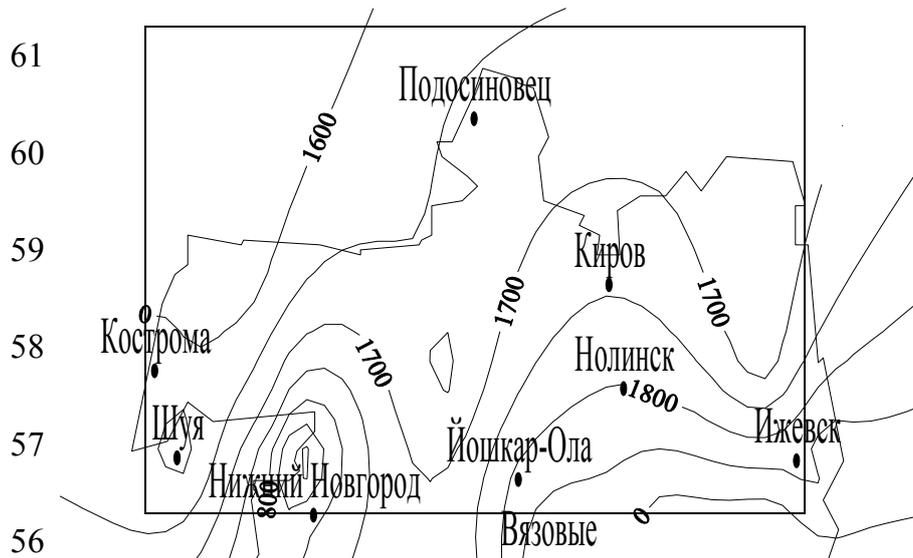


Рис. 4.1. Продолжительности солнечного сияния (в час.) на территории Кировской области

Для оценки географического распределения месячных и годовых сумм продолжительности солнечного сияния по территории Кировской области построены 13 карт распределения этой величины. В их основу положены среднемесячные значения продолжительности солнечного сияния (Справочник... , 1966). На годовой карте изолинии проведены через 50 час., на месячных – через 5 час.

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 1900 – 2000 час. Уменьшение продолжительности солнечного сияния в этих районах 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 рассматриваемой территории 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 – 20 – 25 час. Наибольшие значения наблюдаются на юго-востоке территории – 35 – 40 час.

Резкое возрастание числа часов с солнечным сиянием наблюдается в период от февраля к марту (рис. 4.2), что обусловлено как уменьшением 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, так же и в других районах рассматриваемой территории.

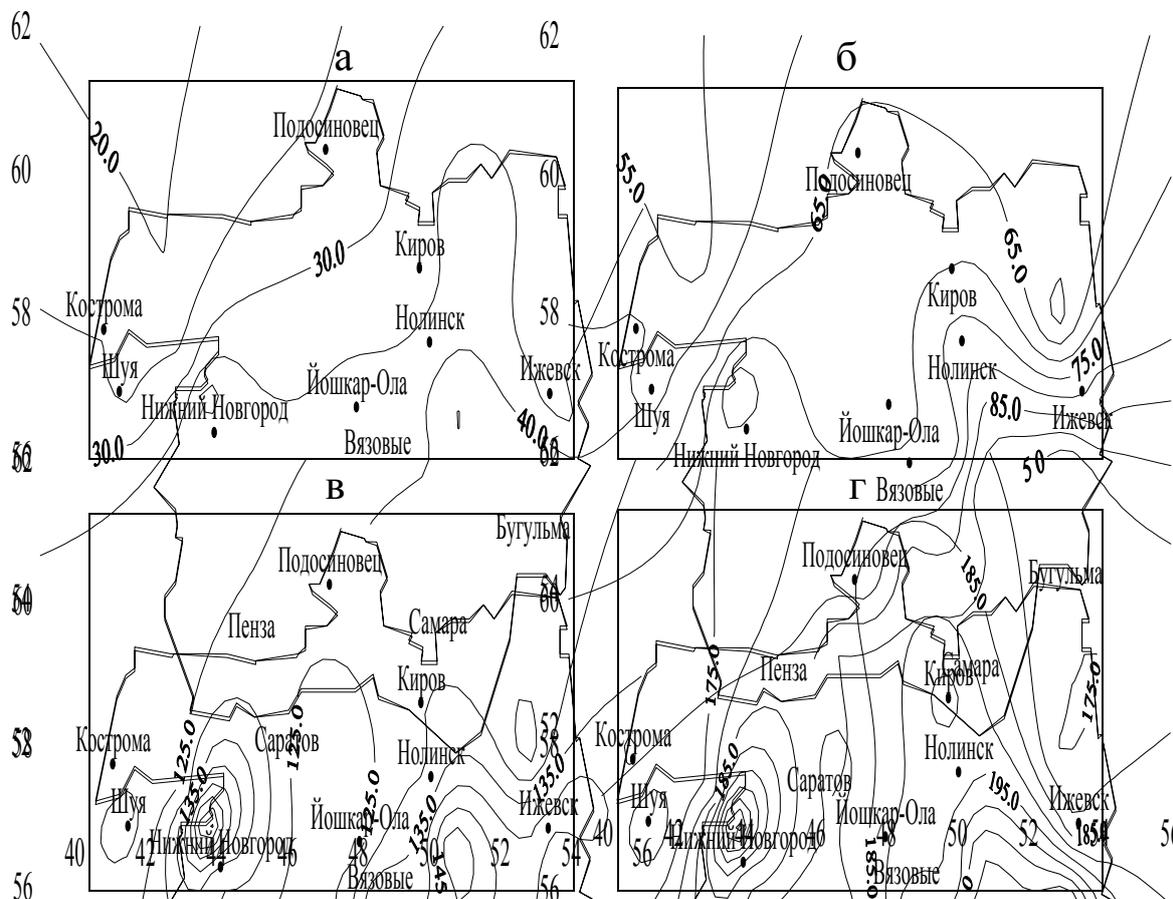


Рис. 4.2. Распределение среднемесячных значений продолжительности солнечного сияния (час) в январе (а), феврале (б), марте (в), апреле (г)

В апреле (рис. 4.2) суммы 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 территории отмечается минимум 170 – 180 час. Максимальные величины (195 – 205 час.) наблюдаются на юге территории.

В мае (рис. 4.3) минимальные месячные суммы продолжительности солнечного сияния наблюдаются в северных районах Кировской области.

Более резко, чем в мае выражено возрастание месячных сумм продолжительности солнечного сияния с увеличением широты на территории Кировской области в июне (рис. 4.3), изогелии направлены с юго-запада на северо-восток.

В июле (рис. 4.3) наибольшая продолжительность солнечного сияния наблюдается на юге территории, 290 – 300 час., что составляет 65 – 70% от возможной продолжительности солнечного сияния, наименьшая (260 – 270 час.) – на севере территории, т.е. 50 – 55% от возможного числа часов с солнечным сиянием за месяц.

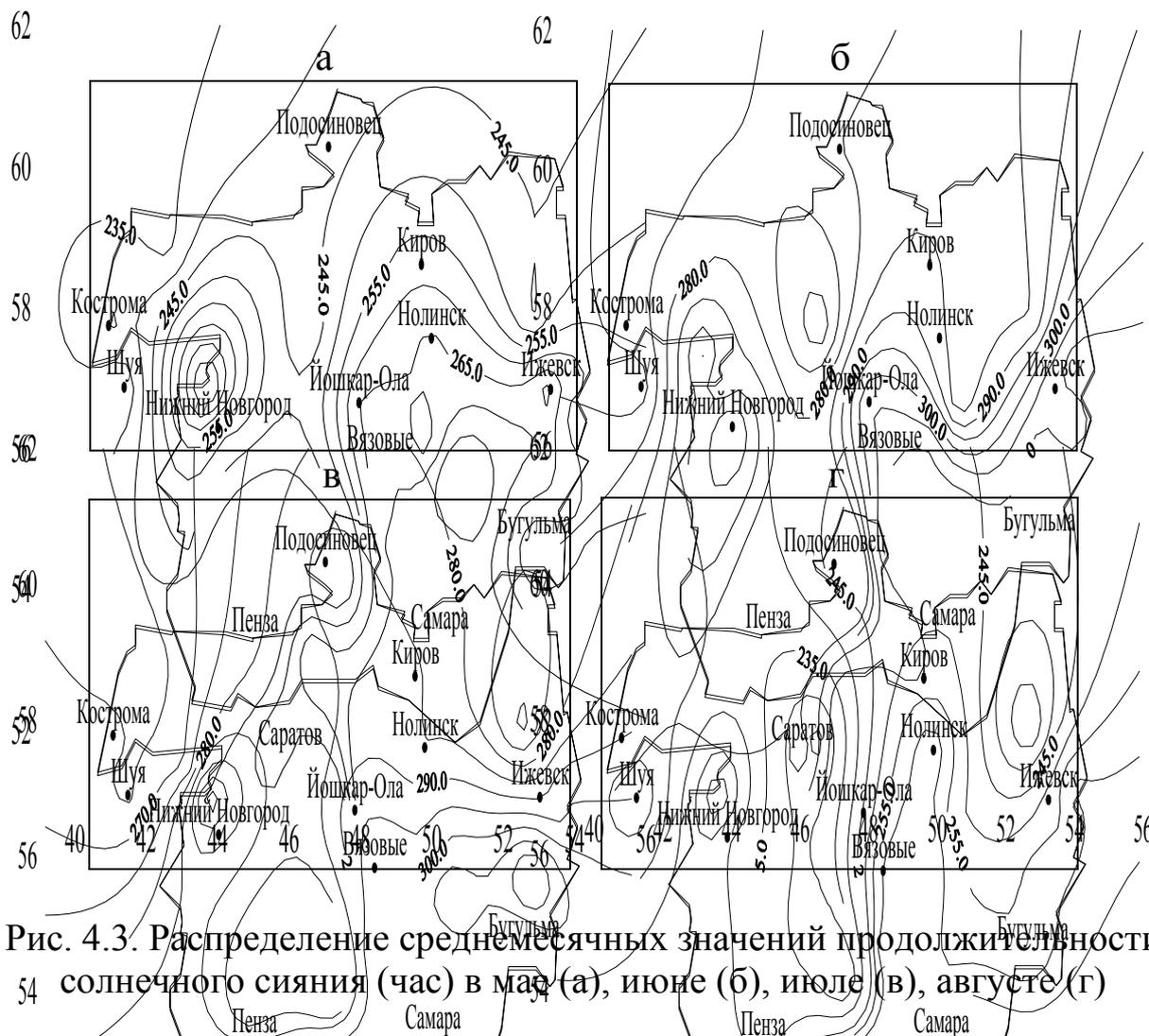


Рис. 4.3. Распределение среднемесячных значений продолжительности солнечного сияния (час) в мае (а), июне (б), июле (в), августе (г)

В августе (рис. 4.3) величины продолжительности солнечного сияния увеличиваются с северо-запада на юго-восток. Максимальные суммы продолжительности солнечного сияния отмечаются на юге области (255 – 260 час.), минимальные – на севере региона (235 – 245 час.).

Резкое уменьшение числа часов солнечного сияния наблюдается при переходе от сентября к октябрю (рис. 4.4). В северных районах Кировской области продолжительность солнечного сияния от 110 – 115 час. в сентябре 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.

В ноябре (рис. 4.4) 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 (рис. 4.4.) наименьшая продолжительность солнечного сияния отмечается на северо-западе территории – около 15 час. (около 10% от возможной продолжительности), наибольшая – на юго-востоке, 30 – 35 час. (15 – 20% возможной). В это время года продолжительность солнечного сияния больше зависит от облачности. В отдельные зимы продолжительность солнечного сияния составляет только 1 – 3% от возможной.

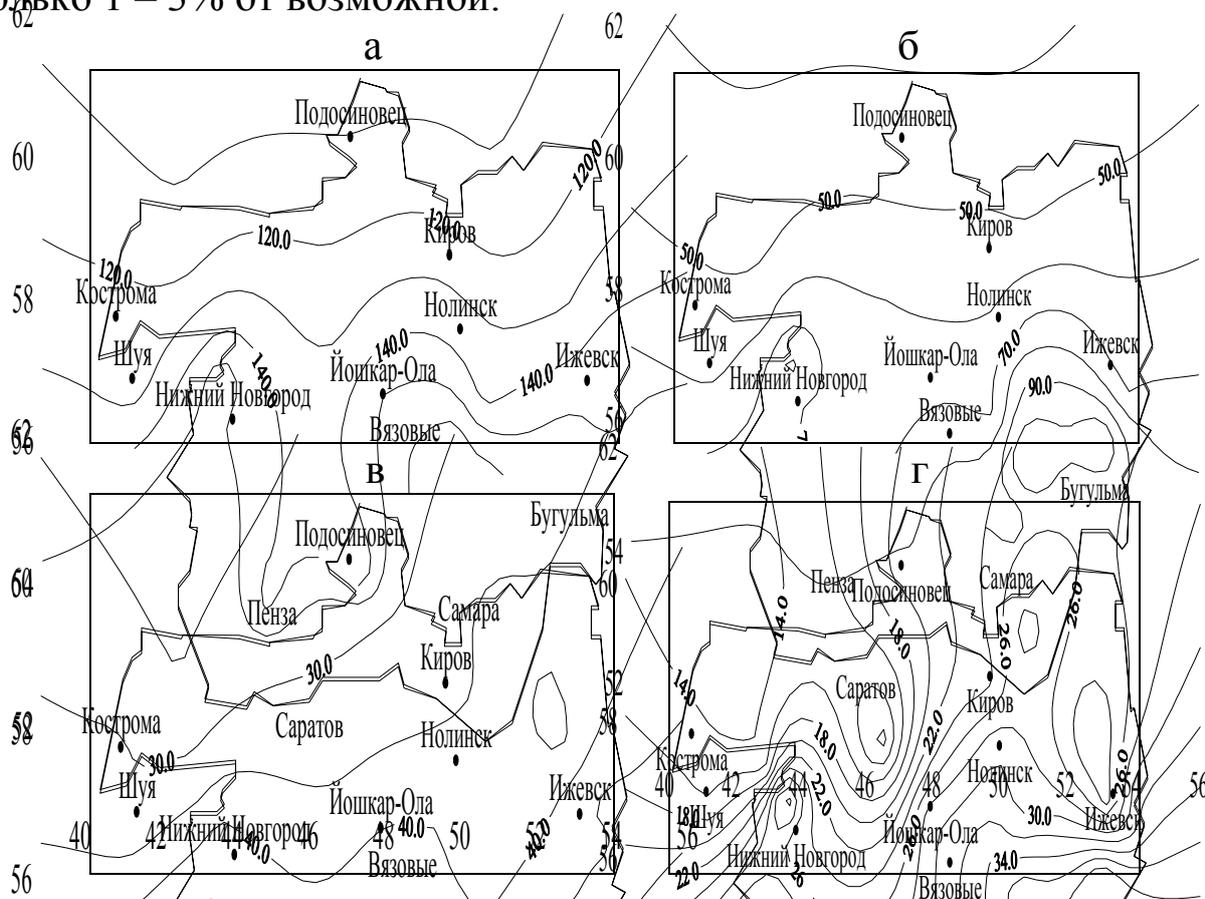


Рис. 4.4. Распределение среднемесячных значений продолжительности солнечного сияния (час) в сентябре (а), октябре (б), ноябре (в), декабре (г)

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 час. Максимальная продолжительность – более 20 час. В среднем за месяц отмечается около полдня (в среднем от 10 до 12 час.). 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 час.

Большое прикладное значение имеет знание непрерывной продолжительности солнечного сияния. В течении всего года наибольшая повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния приходится на градацию от 2 до 6 час. 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 Кировской областей – около 120 – 130 дней в году. По мере продвижения в более южные районы число дней без солнца уменьшается – около 90 – 100 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 до 15 – 20 на юго-востоке.

## **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, характеристик солнечной радиации и их взаимодействия с атмосферой и земной поверхностью посвящен целый ряд работ.

Приход прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе, т.е. возможный приход, представлен в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1

Месячные и годовые суммы прямой радиации при ясном небе (МДж/м<sup>2</sup>)

Станция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Нолинск	67	163	348	528	696	733	683	574	386	205	88	38

Облачность снижает поступление прямой солнечной радиации на 55 – 67% от возможной и в то же время увеличивает рассеянную радиацию более чем в полтора раза. Наибольшее количество солнечного тепла (316 МДж/м<sup>2</sup>) поступает в июне, а в декабре оно оказывается наименьшим в году – 2 – 12 МДж/м<sup>2</sup>. Таким образом, среднегодовая амплитуда в количестве поступающего к земной поверхности солнечного тепла – почти 300 МДж/м<sup>2</sup>, что составляет 20% от годовой суммы (рис. 4.5).

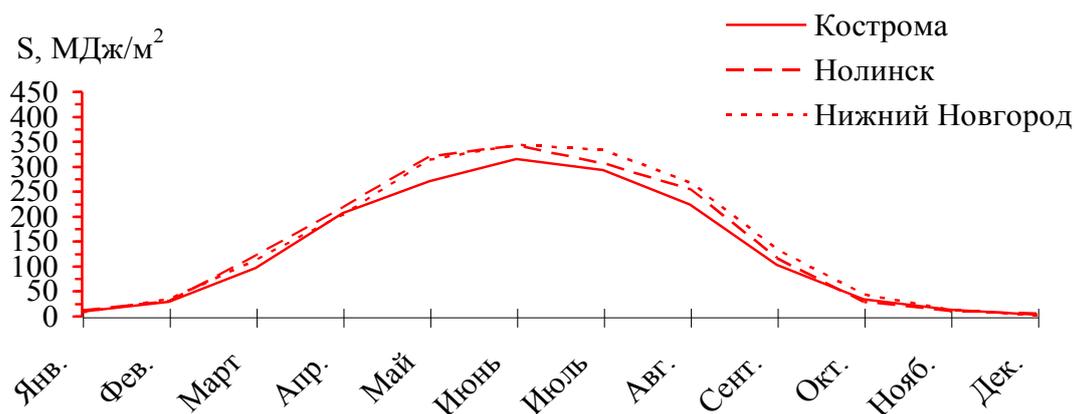


Рис. 4.5. Годовой ход действительных сумм прямой солнечной радиации (МДж/м<sup>2</sup>)

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 – 223 МДж/м<sup>2</sup>. Осенью, начиная с сентября, уменьшение ее более резкое. Так, от августа к сентябрю она уменьшается в среднем на 124 МДж/м<sup>2</sup>, от сентября к октябрю – на 99 МДж/м<sup>2</sup>. 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/м<sup>2</sup>.

Максимум прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, приходится на июнь. В отдельные годы максимум отме-

чается 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.

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).

Годовой ход месячных сумм рассеянной радиации представлен на рис. 4.6 и в табл. 4.2. Зависимость интенсивности рассеянной радиации от высоты Солнца линейна. Она возрастает с увеличением высоты Солнца, причем тем больше, чем больше количество облаков.

Т а б л и ц а 4.2

Месячные и годовые суммы рассеянной радиации при ясном небе (МДж/м<sup>2</sup>)

Станция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Нолинск	34	63	109	143	155	163	180	138	92	63	38	29

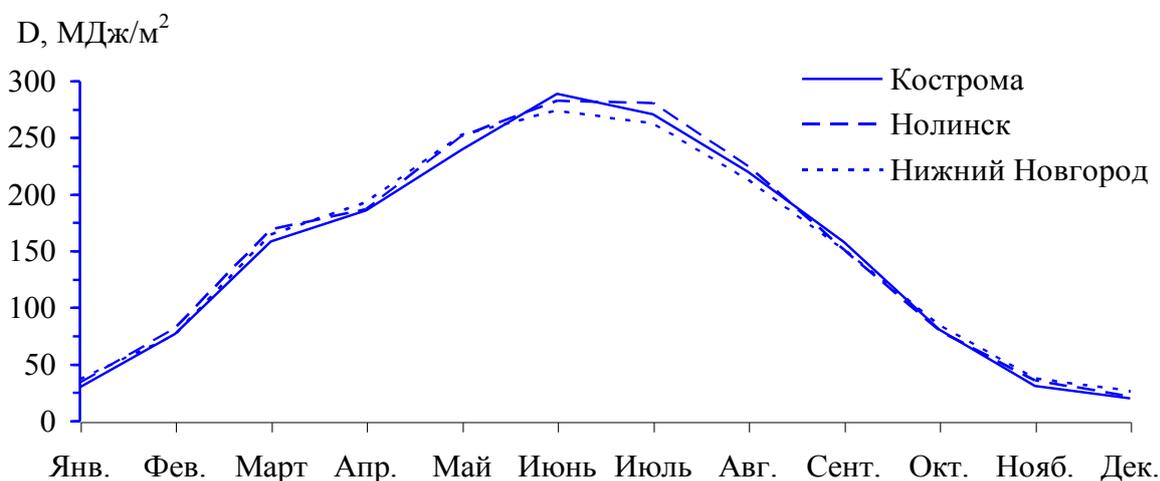


Рис. 4.6. Годовой ход действительных сумм рассеянной солнечной радиации

Сопоставляя годовой ход прямой и рассеянной радиации при ясном небе (табл. 4.1 и 4.2), можно отметить, что, начиная с сентября по март включительно, месячные суммы рассеянной радиации превышают соответствующие значения прямой радиации. В остальное время года прямая радиация превышает рассеянную. При этом в наибольшей мере

превышение прямой радиации над рассеянной ( $40 - 68 \text{ МДж/м}^2$ ) отмечается в июне.

В целом за период апрель – сентябрь прямая радиация составила  $83 - 90\%$ , а рассеянная –  $69 - 77\%$  от соответствующих их годовых сумм. Таким образом, за холодный период (октябрь – март) на прямую радиацию приходится лишь  $10 - 17\%$  и на рассеянную –  $23 - 31\%$  от годовых сумм. В целом за год суммы тепла за счет прямой и рассеянной радиации при действительном состоянии облачности почти равны. Годовые суммы рассеянной радиации в северной части Кировской области не уступают годовым суммам прямой солнечной радиации. В центре и на юге рассматриваемой территории суммы прямой солнечной радиации незначительно превышают суммы рассеянной.

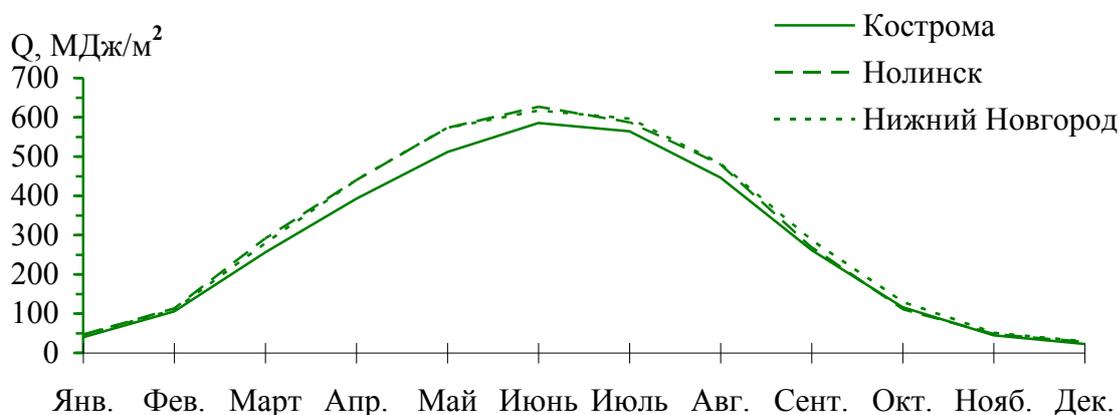


Рис. 4.7. Годовой ход действительных сумм суммарной солнечной радиации

Под влиянием облачности поток рассеянной радиации по сравнению с безоблачным небом, как правило, довольно значительно увеличивается. При ясном небе рассеянная радиация оказывается намного меньше, чем при действительных условиях облачности. Исключения составляют облака нижнего яруса (слоистые и слоисто-кучевые) при малых высотах солнца ( $h_{\odot} > 10 - 15^{\circ}$ ). Наибольших значений поток рассеянной радиации достигает при облаках среднего (высоко-слоистые) и верхнего ярусов.

Значительно влияет облачность и на соотношение прямой и рассеянной радиации. Во все месяцы года прямая радиация при ясном небе превышает рассеянную, тогда как при действительно наблюдаемой облачности с сентября по март рассеянная радиация оказывается больше прямой и лишь с апреля по август последняя превышает месячные

суммы рассеянной радиации. В целом за год в условиях ясной погоды рассеянная радиация оказывается меньше прямой на 26%. При облачном небе суммы за год прямой и рассеянной радиации почти равны.

Таким образом, облачность значительно снижает поступление прямой радиации (за год примерно на 42% от возможной) и увеличивает (более чем на 30%) рассеянную радиацию. В течении года вклад рассеянной и прямой радиации в суммарную изменяется. Так, при действительно наблюдаемой облачности в период с ноября по январь включительно (табл. 3) вклад прямой радиации в суммарную составляет 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.

Т а б л и ц а 4.3

Отношение месячных сумм прямой радиации к суммарной (%)

Станции	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Нолинск	25	27	42	50	56	55	52	53	44	27	24	23

При ясном небе это соотношение изменяется: в течении 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 наблюдающейся облачности суммарная радиация формируется зимой главным образом за счет рассеянной и прямой радиации, то при ясном небе во все месяцы – за счет прямой радиации.

В годовом ходе (рис. 4.7) максимум суммарной радиации приходится на июнь и равен 584 – 595 МДж/м<sup>2</sup>. В декабре суммарная радиация наименьшая в году: 23 – 34 МДж/м<sup>2</sup>. Подобно прямой радиации, для суммарной радиации характерно резкое возрастание месячных сумм от февраля к марту, а также уменьшение их от августа к сентябрю.

В суточном ходе суммарной радиации, подобно ее составляющим (прямой и рассеянной радиации), максимум приходится на срок 12 час. 30 мин.

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), что альбедо всех поверхностей (исключение составляет снег) изменяются в узких пределах (10 – 30%). Альбедо снежной поверхности изменяется в очень широких пределах – от 96% (сухой свежесвыпавший снег) до 20 – 30% (грязный влажный снег).

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

Альбедо естественных поверхностей, встречающихся на рассматриваемой территории, весьма разнообразно. В течение летнего периода (рис. 4.8) альбедо 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) альбедо устойчиво и мало изменяется по территории для открытых мест. Альбедо снежного покрова в начале зимы в среднем равно 50 – 60%, увеличиваясь к январю – февралю до 70 – 80%.

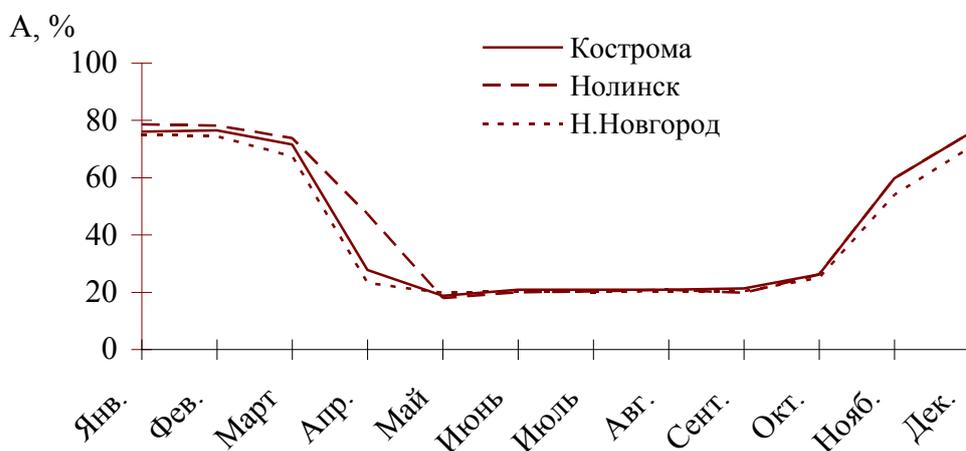
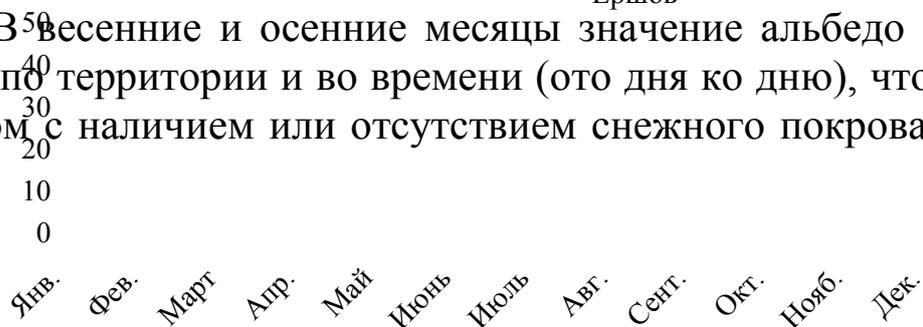


Рис. 4.8. Годовой ход альбедо подстилающей поверхности (%)

В весенние и осенние месяцы значение альбедо 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 (Колобов, 1968). 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. Поэтому среднее месячное альbedo деятельной поверхности в апреле заметно снижается по сравнению с мартом и составляет 47% на севере и 33% на юге.

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

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. 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. 4.9).

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 – 350 МДж/м<sup>2</sup>), однако и в соседние месяцы, мае и июле, радиационный баланс имеет значения, близкие к максимальным (287 – 304 МДж/м<sup>2</sup> – май, 324 – 339 МДж/м<sup>2</sup> – июль). В эти три месяца на долю радиационного баланса приходится 52 – 58% месячных сумм суммарной радиации. К осени, наряду со сниже-

нием прихода солнечной радиации, уменьшается и доля радиационного баланса: в августе он равен  $237 - 263 \text{ МДж/м}^2$ , в сентябре –  $108 - 152 \text{ МДж/м}^2$ . В октябре, в связи с увеличением альbedo поверхности и дальнейшим снижением прихода суммарной радиации, происходит резкое изменение соотношения месячных сумм баланса – он составляет всего  $14 - 30\%$  от суммарного прихода коротковолновой радиации.

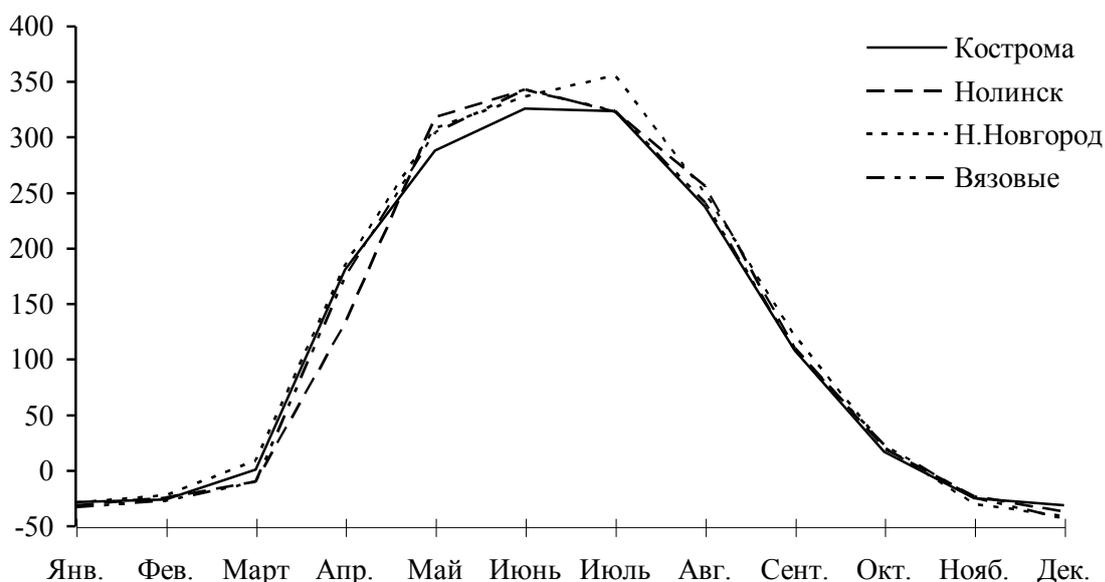


Рис. 4.9. Годовой ход радиационного баланса (МДж/м<sup>2</sup>) на территории Среднего Поволжья

Кушнаренково  
Ростоши  
Ершов

Наибольший отрицательный баланс отмечается в декабре и чуть меньше в январе. В эти месяцы он достигает величины  $-21 - -54 \text{ МДж/м}^2$ . Сумма радиационного баланса за весь период, когда он отрицателен, в среднем составляет  $-25 \text{ МДж/м}^2$ . 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 альbedo 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.

### 4.3. Временная изменчивость сумм солнечной радиации

За последние годы заметно возрос спрос на актинометрическую информацию при решении ряда прикладных задач и теоретических исследований. Для полноценного удовлетворения запросов практики, особенно при планировании, когда требуется климатический прогноз, необходимо знать не только средние величины показателей радиационного режима, но и закон их распределения и тенденции в многолетнем изменении климата.

Полное представление о точности статистических характеристик дают доверительные интервалы, являющиеся их предельными ошибками с заданным уровнем вероятности. В табл. 4.4 приводится разность между границами доверительного интервала и выборочной характеристикой, в данном случае среднее значение прямой радиации.

Т а б л и ц а 4.4

Предельная абсолютная ошибка ( $\varepsilon$ , МДж/м<sup>2</sup>) среднего значения прямой радиации

Станция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Нолинск	9,6	15,8	30,2	30,8	64,0	73,1	34,8	24,0	29,9	16,3	7,3	6,1

Изменения в условиях циркуляции атмосферы и, следовательно, облачности приводят к изменчивости в прямой, рассеянной и суммарной радиации. По данным станций Среднего Поволжья (табл. 4.5), среднее квадратическое отклонение месячных значений суммарной радиации достигает наибольших значений в период май – июль. Наименьшая изменчивость суммарной радиации свойственна периоду с ноября по февраль. Результаты выполненных расчетов показали, что изменчивость суммарной и рассеянной солнечной радиации возрастает, как правило, от зимы к лету. Это определяется в первую очередь влиянием астрономических факторов – увеличением абсолютных

значений в связи с ростом полуденной высоты Солнца и продолжительностью дня (Берлянд, 1961).

Т а б л и ц а 4.5

Характеристики изменчивости прямой солнечной радиации

Характеристики	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднеквадратическое отклонение	13,0	21,3	40,7	41,5	86,2	98,3	46,8	32,3	40,2	21,9	9,8	8,3
Эксцесс	5,8	4,2	-1,2	-1,4	-0,5	0,3	-1,5	-1,8	-0,8	1,3	1,7	4,4
Асимметрия	2,2	1,9	0,1	-0,2	0,0	0,1	0,4	-0,2	0,4	1,1	1,1	2,1
Коэффициент вариации	93,0	60,5	28,1	18,1	26,4	27,4	14,5	13,0	36,7	67,9	64,2	103,3

Максимальные величины среднего квадратического отклонения месячных сумм радиации (междугодовая изменчивость) наблюдаются летом и составляют 60 – 100 МДж/м<sup>2</sup> для прямой и суммарной радиации и 25 – 40 МДж/м<sup>2</sup> для рассеянной радиации. Зимой значения среднего квадратического отклонения месячных сумм радиации составляет 4 – 17 МДж/м<sup>2</sup> для прямой и суммарной радиации, 15 – 21 МДж/м<sup>2</sup> для рассеянной радиации.

Весной значения среднего квадратического отклонения равны 21 – 70 МДж/м<sup>2</sup> для прямой и суммарной радиации. Осенью эти значения несколько меньше – 10 – 50 МДж/м<sup>2</sup>.

Коэффициент вариации  $C_V$  позволяет сравнить междугодовую 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 Среднего Поволжья. 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%. Коэффициент асимметрии радиационных показателей во многих случаях достигает значений 0,6 – 1,0 и даже превышает 1,0.

## 5. БАРИКО-ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ

### 5.1. Циркуляционные факторы климата

Погода и климат 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 большое 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 Ат-

лантики, 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.

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. Исследования показали, что воздушные массы, проходящие 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 летом прогреваются, а зимой выхолаживаются примерно на  $1 - 3^{\circ}\text{C}$  за сутки. Восточные потоки несколько 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 климатологической температуры, то есть в ней усиливаются континентальные черты погоды и климата.

На процессы погоды и формирование черт 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 различные по тепловым и влажностным свойствам воздушные массы, способствуют развитию конденсационных процес-

сов, 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.

Погода и климат территории обычно зависит от того, какие чаще наблюдаются здесь процессы. Кировская область в большей степени подвержена влиянию циклонической деятельности (62% за год), чем антициклонической (38%), о чем свидетельствуют данные табл. 5.1. Поэтому здесь сравнительно часто выпадают осадки и преобладает облачная погода, особенно зимой (Климат Кирова, 1982).

Т а б л и ц а 5.1

Повторяемость (%) случаев вхождений циклонов и антициклонов по месяцам и за год

Месяцы	Циклоны	Местные циклоны	Антициклоны	Местные антициклоны	Всего случаев
I	52,1	13,8	29,8	4,3	3,6
II	47,1	12,9	35,3	4,7	3,3
III	53,5	10,5	27,9	8,1	3,3
IV	48,9	9,6	40,1	1,1	3,6
V	45,7	10,3	33,7	10,3	4,1
VI	41,7	15,5	33,3	9,5	3,2
VII	55,3	16,5	25,8	2,4	3,3
VIII	38,6	11,4	40,9	9,1	3,4
IX	45,9	11,8	36,4	5,9	3,3
X	62,2	7,1	27,5	3,2	3,8
XI	52,6	10,5	31,6	5,3	2,9
XII	62,2	12,1	21,6	4,1	2,8
Год	50,4	11,7	32,2	5,7	40,6

Выделено восемь траекторий перемещения циклонов и антициклонов в Кировскую область (табл. 5.2). Циклоны и антициклоны с севера приносят арктический воздух, с запада и востока соответственно – умеренный морской и континентальный воздух, а с юга – тропический воздух. Наряду с другими климатообразующими факто-

рами (солнечной радиацией и характером подстилающей поверхности), это создает на территории области умеренно-континентальный климат с продолжительной, многоснежной и холодной зимой и умеренно теплым летом. По классификации Б.П. Алисова (1956) Кировская область отнесена к континентальному климату умеренного пояса, где преобладающим является континентальный воздух умеренных широт. Известно, что в зависимости от близости расположения к морю степень континентальности на одной и той же широте убывает с востока на запад.

Т а б л и ц а 5.2

Повторяемость (%) случаев вхождений циклонов и антициклонов по траекториям за год

Траектории вхождения	Циклоны	Антициклоны
С	7,5	14,5
СЗ	20,9	21,2
З	21,2	19,2
ЮЗ	18,1	11,0
Ю	13,4	9,3
В		6,8
СВ		3,0
Местные циклоны	18,9	
Местные антициклоны		15,0
Всего случаев	25,2	15,4

Северные и северо-восточные вторжения с п-ва Таймыр, Карского моря, с о. Земля Франца Иосифа, о. Новая Земля приносят очень холодный арктический воздух. При перестройке на эти процессы погода становится холодной, осадки преимущественно прекращаются (наблюдаются только при выходе циклонов). В весенне-летний период они обуславливают заморозки, зимой – сильные морозы (например, в конце декабря 1978 г. до  $-45 \dots -54^{\circ}\text{C}$ ), осенью – ранние и сильные морозы. При этом циклоны с севера выходят в два раза реже, чем антициклоны. С северо-востока же бывают преимущественно антициклонические вхождения.

Северо-западные вторжения направлены на Кировскую область от Шпицбергена, восточного побережья Гренландии и через Коль-

ский полуостров. Примерно каждый пятый циклон и антициклон приходят с северо-запада. Эти процессы вызывают резкие изменения погоды, особенно в осадках и температуре воздуха, что связано с потоками морского арктического воздуха. Для этого типа характерна быстрая смена циклонических процессов антициклоническими. В холодное время года при прохождении северо-западных циклонов вначале идут осадки, наблюдаются метели, погода становится мягче, но ненадолго. Даже в течение дня погода может измениться, усилиться ветер и начаться похолодание. Циклоны нередко идут сериями, друг за другом, поэтому вскоре вновь начинаются осадки, метели. В теплое время эти вторжения также характеризуются неустойчивостью, преимущественно прохладной с осадками погодой и ветрами северных румбов. В качестве примера таких процессов можно привести 14 марта 1972 г., когда по области наблюдался очень сильный ветер (до 34 м/с), значительные снегопады и метели.

Западные траектории вторжений начинаются с северной Атлантики (к югу от Исландии и к западу от Британских островов). На Кировскую область циклоны и антициклоны оттуда приходят через северо-западные и западные центральные нечерноземные области. Повторяемость их равна 19 – 21%, наиболее часто они приносят влажный умеренно-морозный воздух. Поэтому в теплое время года выпадает много осадков, часты грозы, становится холоднее. С приближением теплой массы в холодный период, обычно в начале, начинаются метели, иногда наблюдается гололед. После прохождения теплого фронта значительно теплеет и иногда образуются туманы. При этих вторжениях в антициклонах погода зимой не очень холодная, а летом не очень жаркая, но сухая. Например, 14 ноября 1969 г. при таких процессах в г. Киров образовался гололед толщиной 22 мм.

Юго-западные траектории вторжений направлены из районов Атлантики между 30 – 50° с.ш. и 10 – 40° з.д. через север Африки, Средиземное, Черное, Азовское моря, Украину, Среднюю Волгу. При этом, как правило, приносится тропический морской или континентальный воздух, который по пути движения трансформируется (обычно охлаждается). В юго-западных циклонах (повторяемость их 18%) выпадает много осадков, летом наблюдается интенсивная грозовая деятельность, зимой – сильные метели. Когда их центры проходят северо-западнее г. Киров, область попадает в зону очень теплого воздуха. Тогда зимой могут наблюдаться длительные оттепели и не менее длительные туманы, а летом – высокая температура. Например,

24 марта 1971 г. такой циклон принес теплую, но очень ветреную погоду со снегопадами, метелями и даже грозой. В случае попадания области в северную или тыловую часть циклонов начинает поступать холодный воздух. Иногда (в 11% случаев) с Западной Европы через Украину приходят антициклоны, приносящие более теплый и сухой воздух. Осадки при этом отсутствуют.

При южных вторжениях с Каспийского и Аральского морей приходит сухой и теплый воздух тропического происхождения с Туранской низменности. Однако вначале при приближении фронтов наблюдаются осадки, а после прохождения циклонов в тыл засасывается холодный воздух из Арктики. Циклоны с юга выходят чаще (13%), чем антициклоны (9%).

Юго-восточные вторжения бывают очень редко (вероятность менее 1%). Выходят они с Казахстана через нижнюю Волгу, южный Урал. С антициклонами в теплое время поступает очень теплый, сухой континентальный воздух, а зимой – холодный. Траектории центров циклонов обычно проходят восточнее, и область оказывается в их тыловой части, куда из Арктики затекает холодный воздух.

Восточные вторжения формируются в районе среднего течения р. Енисей (сибирский антициклон), откуда зимой выносятся очень холодный, сухой континентальный воздух. Повторяемость таких процессов равна 7%.

Местные циклоны и антициклоны (вероятность их 15 – 19%), сформированные вблизи границ Кировской области в континентальном воздухе умеренных широт, много осадков не дают, однако летом в них выпадают ливневые осадки, часто сопровождаемые грозами. Местные антициклоны летом бывают теплыми, а зимой холодными.

Таким образом, наибольшее влияние на климат Кировской области оказывают западные, северо-западные, юго-западные циклоны и местный циклогенез, а также антициклоны северо-западного происхождения.

При этом западные циклоны в 24 – 25% случаев преобладают в переходные периоды, северо-западные в 23 – 24% – осенью и зимой, юго-западные и местные циклоны в 22 – 24% – летом. Северо-западные и западные антициклоны в 24 – 25% случаев обуславливают погоду области весной, а местные – в теплое время года.

Известно, что перед Уралом циклоны и антициклоны замедляют свое движение. Циклоны при этом смещаются в среднем со скоростью

39 – 44 км/ч, но в отдельных случаях скорости бывают значительно выше (табл. 5.3.). Антициклоны движутся медленнее (от 17,6 до 35,6 км/ч).

Т а б л и ц а 5.3

Средняя скорость (км/ч) движения циклонов и антициклонов по траекториям вхождения на территории Кировской области

Барические образования	Траектории вхождения						
	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	В	СВ
Циклоны	41,7	41,7	40,5	44,0	39,2		
Антициклоны	29,9	35,6	30,3	30,6	25,9	17,6	24,0

При этом быстрее обычного смещаются юго-западные, северные и северо-западные циклоны. Антициклоны с большей скоростью выходят с северо-запада (36,6 км/ч) и медленнее с востока (17,6 км/ч). Северо-западные и юго-западные процессы, проходя быстрее и активнее, обуславливают более резкие изменения в погоде.

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; в четвертых – увеличение повторяемости опасных явлений погоды.

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

## 5.2. Атмосферное давление

Как известно, пространственное распределение атмосферного давления (барическое поле) представляется 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 при поднятии на 8 м. Так в г. Киров перепад высот составляет около 80 м, значит, и давление воздуха в один и тот же день и час в самом низком месте (долина р. Вятка) будет пример-

но на 10 гПа выше давления в самом высоком месте (левобережная часть города).

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 Кировской области существенное влияние оказывают воздушные течения, связанные с перифериями следующих центров действия 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. Летом изобары проходят примерно с севера на юг, а осенью барическое поле перестраивается и постепенно приобретает зимнюю структуру (Климат России, 2001).

На территории Кировской области средние многолетние значения (1966 – 2004 гг.) атмосферного давления, приведенного к уровню моря с октября по март, меняются в пределах 3,6 – 5,3 гПа, а с мая по август – 0,8 – 1,0 гПа (табл. 5.4).

Т а б л и ц а 5.4

Атмосферное давление (гПа) на уровне моря (1966 – 2004 гг.)  
(Н – высота станции над уровнем моря в м)

Станции	Н	Месяцы												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	85	1015,8	1017,0	1016,8	1015,5	1015,0	1011,3	1011,4	1012,4	1013,7	1012,6	1015,7	1013,5	1014,2
Опарино	179	1016,6	1017,8	1017,6	1015,9	1015,1	1011,3	1011,4	1012,5	1013,9	1013,9	1016,5	1015,0	1014,8
Мураши	216	1017,3	1018,5	1018,2	1016,3	1015,1	1011,2	1011,3	1012,6	1014,1	1014,3	1017,1	1015,8	1015,2
Кирс	168	1017,8	1019,0	1018,7	1016,6	1014,9	1011,1	1011,0	1012,5	1014,2	1014,6	1017,8	1016,6	1015,4
Нагорское	217	1017,8	1019,0	1018,8	1016,8	1015,2	1011,3	1011,3	1012,7	1014,4	1014,7	1017,8	1016,5	1015,5
Белая Холуница	148	1017,8	1018,8	1018,6	1016,6	1015,0	1011,1	1010,9	1012,5	1014,2	1014,9	1017,9	1016,6	1015,4
Даровское	147	1017,4	1018,6	1018,5	1016,3	1015,2	1011,3	1011,3	1012,8	1014,4	1014,7	1017,4	1016,0	1015,3
Киров, АМСГ	143	1017,3	1018,8	1019,0	1016,4	1015,0	1011,0	1011,0	1012,6	1014,4	1015,0	1017,5	1016,6	1015,4
Фаленки	170	1018,3	1019,5	1019,4	1016,9	1014,9	1011,0	1010,8	1012,4	1014,4	1015,0	1018,3	1017,2	1015,7
Шабалино	166	1017,9	1019,1	1019,0	1016,8	1015,7	1011,8	1011,8	1013,3	1014,9	1015,4	1017,9	1016,5	1015,8
Котельнич	122	1017,8	1019,0	1018,9	1016,6	1015,3	1011,3	1011,3	1012,8	1014,5	1015,1	1017,8	1016,5	1015,6
Кумены	177	1018,2	1019,4	1019,2	1016,8	1015,1	1011,1	1011,0	1012,7	1014,6	1015,4	1018,3	1017,1	1015,7
Верхошижемье	200	1018,0	1019,1	1019,0	1016,7	1015,1	1011,1	1011,1	1012,7	1014,5	1015,2	1018,0	1016,7	1015,6
Уни	178	1018,9	1020,1	1019,9	1017,4	1015,2	1011,1	1010,9	1012,7	1014,8	1015,7	1018,9	1017,9	1016,1
Нолинск	147	1018,7	1019,9	1019,8	1017,2	1015,4	1011,3	1011,2	1013,0	1014,9	1015,9	1018,9	1017,7	1016,2
Яранск	103	1018,1	1019,3	1019,2	1016,6	1015,3	1011,2	1011,1	1012,8	1014,6	1015,6	1018,2	1016,9	1015,7
Уржум	165	1018,9	1020,0	1020,0	1017,5	1015,4	1011,2	1011,0	1012,9	1014,9	1016,0	1019,0	1017,8	1016,2
Санчурск	92	1018,2	1019,4	1019,4	1016,9	1015,4	1011,3	1011,2	1013,0	1014,9	1015,9	1018,4	1017,0	1015,9
Кильмезь	116	1017,6	1019,5	1020,5	1017,9	1015,1	1011,0	1011,2	1012,4	1014,6	1016,6	1019,6	1017,5	1016,1
Вятские Поляны	83	1019,7	1020,6	1020,7	1017,8	1015,3	1011,1	1010,8	1012,9	1015,1	1016,7	1019,8	1018,8	1016,6
Среднее		1017,9	1019,1	1019,1	1016,8	1015,2	1011,2	1011,2	1012,7	1014,5	1015,2	1018,0	1016,7	1015,6
Максимум		1019,7	1020,6	1020,7	1017,9	1015,7	1011,8	1011,8	1013,3	1015,1	1016,7	1019,8	1018,8	1016,6
Минимум		1015,8	1017,0	1016,8	1015,5	1014,9	1011,0	1010,8	1012,4	1013,7	1012,6	1015,7	1013,5	1014,2

В годовом ходе наибольшие его значения отмечаются в холодный период, наименьшие в теплый. Среднее месячное давление меняется от 1016,8 – 1020,7 гПа в феврале – марте до 1010,8 – 1011,8 гПа в июле; амплитуда его годового хода составляет 5,7 гПа на севере области и 9,9 гПа – на юге. Среднее годовое давление равно 1014,2 – 1016,6 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. на ст. Шабалино, Санчурск и Кильмезь составило 1044,7 гПа, что оказалось выше нормы на 25,2 – 25,6 гПа. Наименьшее же его значение было отмечено в ноябре 1983 г. на ст. Лальск – 1000,7 гПа, что ниже нормы на 15,0 гПа.

Амплитуда колебаний среднего давления в зимние месяцы составляет 27 – 39 гПа, а в летние – 9 – 14 гПа, что примерно в три раза меньше. Амплитуда колебаний средних годовых значений давления сравнительно невелика – 10 – 11 гПа. Наибольшие средние квадратические отклонения ( $\sigma$ ) месячного давления отмечаются в январе – феврале, изменяясь в пределах 7,9 – 8,6 гПа, наименьшие в июле – августе – 2,5 – 2,7 гПа; для года оно составляет 2,0 – 2,3 гПа.

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 большими амплитудами колебания. С октября по март они могут достигать 85 – 100 гПа, тогда как с мая по август их значения меняются в пределах 45 – 60 гПа. В отдельные дни зимой максимумы давления на уровне моря в стационарных антициклонах могут достигать значений 1055 – 1060 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 – 1020 – 1025 гПа, а минимального в циклонах – больше, около 970 – 975 гПа.

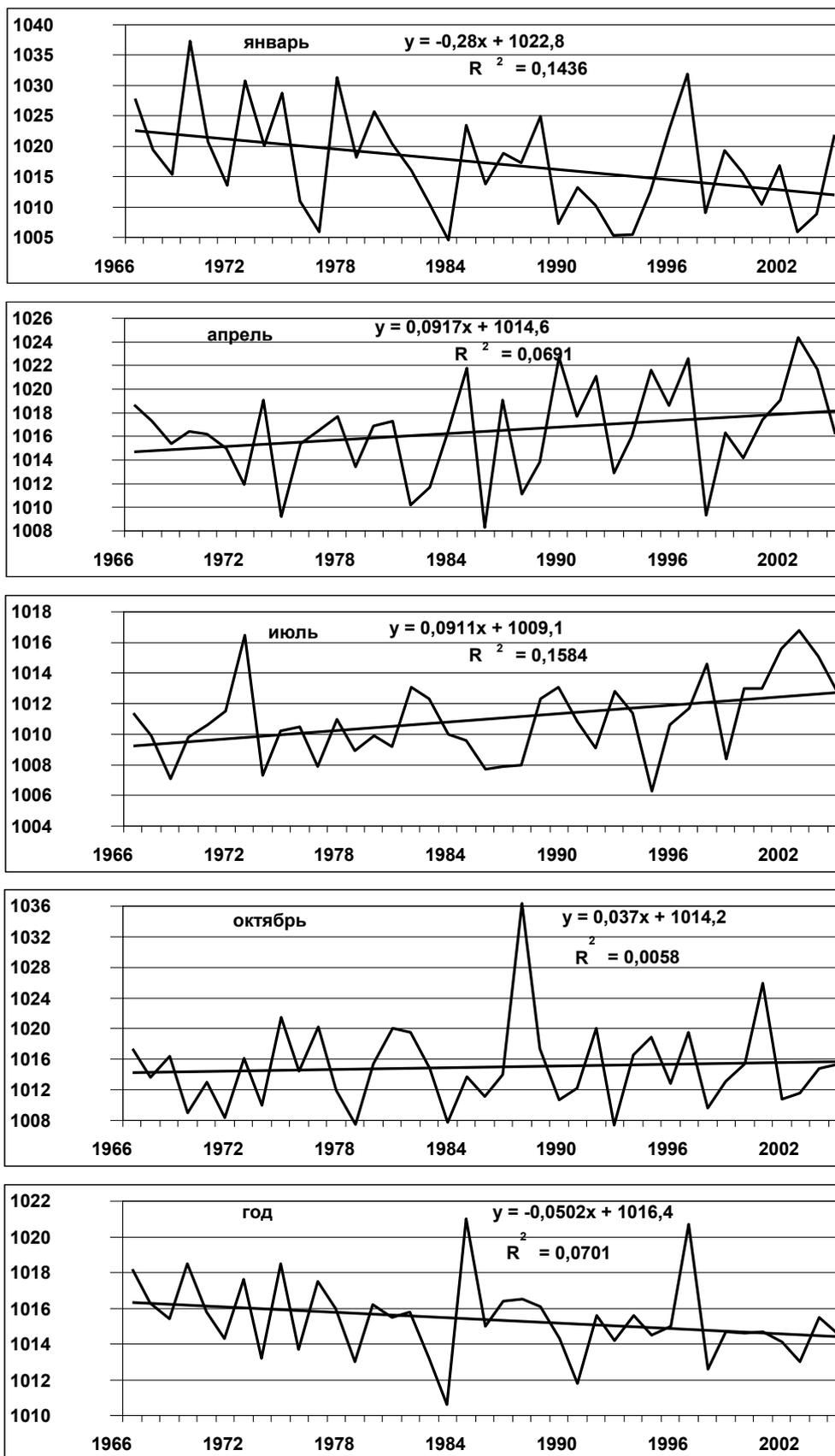


Рис. 5.1. Межгодовые изменения и линейные тренды атмосферного давления (гПа) на уровне моря на ст. Киров, АМСГ

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 – 0,4 гПа с сентября по февраль и 0,6 – 1,1 гПа с марта по август. Амплитуда же суточного хода среднего квадратического отклонения атмосферного давления примерно в два-три раза меньше (0,1 – 0,4 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 20 – 25 гПа, тогда как с мая по сентябрь лишь 10 – 15 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.

### **5.3. Направление и скорость ветра**

#### *Направление ветра*

Ветровой режим 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 по данным за 1966 – 2004 гг. преобладающим направлением ветра для четверти горизонта на территории области является юго-юго-западное, его вероятность составляет 38%. При этом, по восьмирумбовой шкале повторяемость южного направления ветра составляет около 20%, а юго-западного – 18% (табл. 5.5).

Преобладание ветров юго-юго-западной четверти горизонта более резко выражено в зимний период (в январе около 45%), когда ось зимнего азиатского максимума давления проходит южнее изучаемой территории, а преобладание западного тропосферного переноса при боль-

ших горизонтальных градиентах давления обуславливает большую повторяемость южных и юго-западных ветров с повышенными скоростями (табл. 5.6). Летом перестройка структуры барического поля обуславливает в среднем направление изобар примерно с севера на юг, что приводит к возрастанию повторяемости северо-западных и северных направлений ветра (в июле до 16 и 17% соответственно) при уменьшении частоты юго-западных, южных и юго-восточных ветров (табл. 5.7). 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. Яранск, Даровское и Опарино, наименьшая – на ст. Уржум, Фаленки, Шабалино и Кильмезь.

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 сторонами 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.

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 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).

Т а б л и ц а 5.5

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

Станции	Штиль	Направления															
		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
Опарино	14,3	4,6	3,8	4,2	3,1	3,1	3,8	7,9	9,1	10,6	8,6	8,3	6,4	7,0	5,3	7,5	6,8
Мураши	7,1	3,8	3,6	2,9	3,0	3,7	5,4	9,3	10,3	9,1	7,2	7,7	7,8	6,3	6,9	7,0	6,1
Кирс	12,8	4,0	5,2	4,1	4,0	2,8	3,1	7,0	14,5	11,3	7,9	7,0	7,8	5,8	4,9	4,6	6,0
Нагорское	6,0	3,1	3,2	2,3	3,8	3,9	6,5	7,2	11,5	10,2	10,7	6,4	7,4	5,3	8,1	5,7	5,0
Белая Холуница	9,5	4,4	3,6	3,1	3,6	4,9	6,4	11,3	13,0	14,4	7,5	5,6	4,7	3,9	3,5	4,9	5,1
Даровское	16,0	4,7	3,0	2,4	2,6	4,2	5,6	10,2	10,2	11,7	8,8	7,9	6,7	5,3	4,3	6,1	6,5
Киров, АМСГ	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
Фаленки	3,3	3,7	2,6	1,7	3,0	5,3	6,9	6,7	8,7	9,7	11,1	6,4	7,5	6,4	8,2	6,6	5,7
Шабалино	3,8	3,3	2,8	3,6	5,2	5,8	5,9	8,2	8,8	7,5	6,4	7,9	9,1	6,8	5,0	7,4	6,3
Котельнич	5,6	3,5	4,3	2,7	3,9	3,1	6,9	8,8	12,3	8,0	8,4	5,6	8,4	5,7	7,3	5,5	5,6
Кумены	9,9	3,4	3,3	3,6	3,2	3,4	4,1	12,1	14,0	10,1	5,8	7,7	7,3	6,9	5,1	5,7	4,2
Верхошижемье	6,6	4,4	5,1	5,2	3,8	4,6	4,8	6,6	8,3	11,9	10,1	8,1	6,1	5,8	4,8	5,8	4,6
Уни	12,4	3,9	3,6	3,4	3,5	6,0	7,8	9,3	11,1	9,6	7,5	6,1	5,1	5,0	4,7	6,9	6,5
Нолинск	12,0	5,1	5,6	3,2	2,6	1,9	2,0	3,2	8,4	12,8	16,2	8,3	6,0	4,8	6,4	6,6	7,0
Яранск	19,8	4,3	3,5	2,6	3,2	3,6	3,4	7,8	12,7	12,7	9,2	6,9	7,0	5,7	5,4	6,5	5,7
Уржум	3,7	3,4	3,4	3,4	3,9	4,4	4,0	8,0	11,3	9,4	5,8	8,4	9,7	8,3	5,0	6,0	5,7
Санчурск	7,5	4,1	5,9	4,1	3,2	2,8	4,8	7,5	14,0	12,5	8,2	6,0	7,4	5,3	5,2	4,4	4,6
Кильмезь	4,5	2,9	2,7	4,0	5,0	4,7	5,0	8,8	11,2	12,9	8,0	8,4	7,4	6,2	4,6	4,7	3,7
Вятские Поляны	14,7	3,6	3,6	3,0	3,8	4,1	4,0	6,0	10,0	12,6	9,6	7,7	9,2	7,4	5,4	5,4	4,8
Среднее	9,6	3,9	3,7	3,3	3,7	4,2	5,0	8,1	10,8	10,6	8,7	7,6	7,5	6,1	5,5	5,9	5,5
Максимум	19,8	5,1	5,9	5,2	5,2	6,6	7,8	12,1	14,5	14,4	16,2	10,9	10,2	8,3	8,2	7,5	7,0
Минимум	3,3	2,8	2,6	1,7	2,6	1,9	2,0	3,2	7,1	7,2	5,8	5,6	4,7	3,9	3,5	4,4	3,7
Среднее по 8 румбам			7,2		7,5		11,1		20,2		17,8		14,4		11,4		10,4

Т а б л и ц а 5.6

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

Станции	Штиль	Направления															
		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
Опарино	14,2	3,2	2,7	3,9	2,7	2,9	4,1	11,4	12,5	12,5	9,0	8,8	5,8	6,1	4,3	5,3	4,6
Мураши	8,1	3,2	2,9	1,9	2,5	3,9	6,6	14,0	12,2	8,8	7,5	7,4	7,4	5,4	5,7	5,4	5,3
Кирс	12,4	2,2	4,4	3,8	3,4	2,9	2,5	10,5	20,1	13,8	9,1	7,1	7,0	4,3	3,3	2,4	3,1
Нагорское	6,3	1,8	2,0	1,3	3,6	4,6	9,9	10,1	13,2	11,7	10,1	6,1	6,2	4,1	6,8	4,8	3,7
Белая Холуница	9,9	3,8	2,8	2,5	3,0	6,1	8,8	14,0	13,8	16,7	8,3	4,9	3,1	2,8	2,2	3,3	4,0
Даровское	16,1	4,6	2,6	1,3	2,0	4,1	6,4	13,9	11,5	13,8	9,2	8,1	6,0	4,6	2,5	4,2	5,2
Киров, АМСГ	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
Фаленки	2,5	2,3	1,7	1,0	2,8	6,6	9,6	9,5	11,2	10,5	11,3	5,9	6,4	5,8	6,8	4,8	3,8
Шабалино	3,2	2,3	2,4	2,6	5,0	6,1	7,2	11,0	10,2	7,6	7,0	9,1	9,7	6,2	4,2	5,0	4,3
Котельнич	6,3	2,6	3,7	1,9	2,9	3,0	8,6	11,8	15,7	8,8	8,3	5,0	7,6	5,2	6,0	4,5	4,3
Кумены	9,6	2,0	2,2	2,5	2,0	2,8	4,7	16,6	18,4	11,8	6,5	6,4	6,7	6,1	4,4	3,9	2,9
Верхошижемье	7,6	3,4	5,0	4,4	3,1	4,2	6,1	10,3	10,8	13,3	11,3	7,8	5,1	4,7	3,5	3,1	3,9
Уни	10,9	3,9	3,4	2,4	2,8	6,8	11,1	13,6	13,2	11,1	7,0	4,5	3,9	3,4	3,0	4,7	5,1
Нолинск	11,4	5,0	5,0	1,8	1,5	1,5	1,5	4,1	11,5	17,4	20,3	8,3	4,9	4,0	4,3	3,5	5,6
Яранск	18,3	4,1	3,4	1,8	2,1	3,7	3,7	9,9	16,7	15,7	10,4	6,5	6,1	4,8	3,8	3,8	3,7
Уржум	3,7	2,3	3,2	2,7	3,6	4,8	5,0	10,7	14,7	10,1	6,2	7,4	9,7	8,1	3,9	3,6	4,0
Санчурск	6,3	2,9	5,4	3,3	2,1	2,0	4,4	9,4	18,4	15,0	8,5	5,9	7,6	5,3	3,9	2,9	2,8
Кильмезь	3,5	2,3	1,6	3,1	4,5	5,4	6,9	12,5	14,7	14,9	9,1	7,0	5,9	4,3	2,5	2,9	2,3
Вятские Поляны	13,8	2,7	2,5	1,9	3,3	5,1	5,2	9,3	13,8	15,2	10,1	7,1	7,6	6,7	4,0	3,2	2,4
Среднее	9,4	2,9	3,0	2,4	3,2	4,6	6,3	11,2	13,6	12,2	9,4	7,3	6,7	5,2	4,1	3,9	3,9
Максимум	20,7	5,0	5,4	4,4	5,9	8,3	11,1	16,6	20,1	17,4	20,3	11,6	10,2	8,1	6,8	5,4	5,6
Минимум	2,5	1,6	1,6	1,0	1,5	1,5	1,5	4,1	7,8	7,3	6,2	4,5	3,1	2,8	2,2	2,4	2,3
Среднее по 8 румбам			5,7		6,7		14,2		25,3		19,2		12,9		8,7		7,3

Т а б л и ц а 5.7

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

Станции	Штиль	Направления															
		ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ	С
Лальск	19,5	6,4	5,3	3,7	5,8	5,7	4,9	4,1	3,8	4,2	6,3	9,0	9,1	8,3	7,2	8,0	8,2
Опарино	21,3	6,8	5,6	5,9	3,6	3,2	3,9	5,1	4,9	5,9	5,0	6,1	6,1	7,6	6,7	12,0	11,4
Мураши	9,5	6,7	5,4	4,1	4,5	4,2	4,2	5,0	5,7	5,6	5,1	5,4	6,1	6,8	10,0	11,0	10,2
Кирс	19,6	7,4	7,5	4,8	6,3	3,3	3,7	4,2	8,0	6,0	4,2	4,6	7,9	6,2	6,7	7,6	11,6
Нагорское	8,9	4,4	4,7	3,5	5,4	3,9	4,1	3,7	6,9	6,3	7,6	6,0	7,8	6,2	11,9	9,3	8,0
Белая Холуница	14,0	6,7	6,2	4,6	4,8	4,9	4,2	6,6	9,3	9,4	5,5	5,5	5,9	5,5	5,5	7,8	7,4
Даровское	23,6	6,6	4,5	3,5	3,3	4,6	4,5	6,6	6,5	7,1	6,2	6,7	6,4	6,3	6,5	10,4	10,3
Киров, АМСГ	9,7	4,5	4,1	4,8	7,8	7,0	3,9	4,2	4,5	4,5	5,1	7,1	9,0	8,8	6,2	9,9	8,6
Фаленки	7,0	6,8	4,0	2,7	4,8	5,6	5,0	4,0	5,3	5,0	6,9	4,0	6,8	7,3	12,1	10,5	9,1
Шабалино	7,5	5,2	4,4	4,7	6,9	6,6	4,4	5,2	5,7	4,8	4,7	5,3	6,7	6,3	6,2	12,4	10,4
Котельнич	8,4	4,7	6,7	4,5	6,0	3,2	4,7	4,9	6,6	5,1	6,2	4,6	7,7	6,9	10,7	8,8	8,9
Кумены	15,2	5,4	5,2	6,1	5,1	4,4	3,7	7,6	7,3	6,5	3,5	5,9	7,0	8,4	7,5	9,5	6,9
Верхошижемье	8,9	6,5	6,8	8,3	4,8	4,4	3,2	3,9	3,9	7,3	6,6	6,9	5,6	6,9	6,5	10,5	7,8
Уни	17,6	5,8	4,8	5,3	4,5	6,1	4,8	4,8	6,4	6,0	5,0	5,0	4,9	6,2	7,3	11,8	11,5
Нолинск	16,4	7,1	7,8	5,2	4,7	2,9	2,4	2,3	4,7	6,0	8,7	5,6	6,3	5,4	9,0	11,1	10,9
Яранск	27,7	5,7	5,6	3,9	4,5	4,0	2,7	4,0	7,3	7,6	6,2	5,8	7,1	6,7	9,4	10,5	8,8
Уржум	5,1	5,3	5,2	5,7	5,1	4,9	3,1	4,2	5,5	5,7	3,8	6,4	9,1	9,9	7,7	9,7	8,8
Санчурск	11,2	6,2	8,4	6,1	5,2	4,0	5,1	4,9	7,7	7,4	6,5	4,9	5,8	5,5	7,5	7,1	7,7
Кильмезь	7,8	4,6	3,3	5,7	7,0	5,6	3,1	4,6	7,2	8,3	6,4	8,0	8,4	9,3	6,4	6,6	5,4
Вятские Поляны	20,4	6,5	5,5	4,0	5,3	4,3	2,9	3,3	5,0	7,7	6,1	6,4	9,9	8,4	7,8	8,4	8,6
Среднее	14,0	6,0	5,6	4,9	5,3	4,6	3,9	4,7	6,1	6,3	5,8	6,0	7,2	7,1	7,9	9,6	9,0
Максимум	27,7	7,4	8,4	8,3	7,8	7,0	5,1	7,6	9,3	9,4	8,7	9,0	9,9	9,9	12,1	12,4	11,6
Минимум	5,1	4,4	3,3	2,7	3,3	2,9	2,4	2,3	3,8	4,2	3,5	4,0	4,9	5,4	5,5	6,6	5,4
Среднее по 8 румбам			11,1		10,0		8,5		11,7		11,9		13,7		16,3		16,8

## Скорость ветра

На территории области средние месячные скорости ветра на высоте 10 – 12 м от поверхности земли характеризуются меньшими значениями в летний период (1,9 – 3,8 м/с) и большими – чаще в зимний (2,1 – 4,9 м/с), что обусловлено, как отмечалось, увеличением градиентов давления от лета к зиме (табл. 5.8). Средние месячные максимальные скорости ветра примерно на 2 – 3 м/с больше средних скоростей и составляют около 4,0 – 7,5 м/с, преимущественно в летние месяцы и 5,0 – 8,0 м/с – в остальные месяцы (табл. 5.9).

Повышенными максимальными скоростями ветра в среднем за год отличается станция Уржум (что, очевидно, связано с более открытым ее положением), пониженными скоростями – станции Даровское и Белая Холуница. В отдельные годы наибольшие средние месячные максимальные скорости ветра в ноябре на ст. Уржум достигали 12 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 ( $\sigma$ ) 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 составляют летом 0,6 – 1,8 м/с, доходя зимой до 0,9 – 2,3 м/с.

Изучая межгодовую изменчивость средних скоростей ветра в центральные месяцы сезонов и за год на метеостанции Киров, АМСГ, можно заметить общую тенденцию убывания их значений с 1966 до 2004 гг. (рис. 5.2). Примерно подобная особенность обнаруживается и на большинстве других метеорологических станций.

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 – 3,3 м/с, зимой – на 0,1 – 1,5 м/с. При этом среднее квадратическое отклонение дневных скоростей ветра также больше ночных: летом на 0 – 0,7 м/с, зимой на 0 – 0,6 м/с.

Т а б л и ц а 5.8

Средняя скорость (м/с) ветра (1966 – 2004 гг.)

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	2,0	2,1	2,2	2,2	2,4	2,2	1,9	1,9	2,0	2,4	2,2	2,1	2,1
Опарино	2,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,2	1,9	2,0	2,2	2,8	2,7	2,6	2,4
Мураши	3,5	3,6	3,7	3,5	3,6	3,2	2,8	3,0	3,1	3,7	3,5	3,6	3,4
Кирс	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	2,6	2,2	2,3	2,6	3,2	3,1	3,2	2,9
Нагорское	3,6	3,6	3,6	3,5	3,6	3,0	2,7	2,9	3,1	3,8	3,6	3,6	3,4
Белая Холуница	2,7	2,7	2,8	2,7	2,8	2,4	2,1	2,3	2,5	3,0	3,0	3,0	2,7
Даровское	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5	2,2	1,9	2,0	2,2	2,7	2,7	2,7	2,4
Киров, АМСГ	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	2,6	2,3	2,4	2,6	3,2	3,2	3,3	2,9
Фаленки	4,3	4,2	4,1	3,8	4,1	3,4	2,9	3,2	3,6	4,4	4,4	4,5	3,9
Шабалино	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4	3,0	2,7	2,8	2,9	3,4	3,5	3,6	3,3
Котельнич	3,7	3,7	3,5	3,6	3,8	3,4	3,1	3,2	3,2	3,8	3,6	3,8	3,5
Кумены	3,1	3,0	3,0	3,0	3,1	2,8	2,4	2,6	2,8	3,2	3,1	3,2	2,9
Верхошижемье	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	2,9	2,6	2,7	2,8	3,2	3,3	3,2	3,0
Уни	2,7	2,6	2,6	2,5	2,7	2,3	2,0	2,1	2,4	2,8	2,8	2,8	2,5
Нолинск	2,8	2,8	2,8	2,6	2,8	2,5	2,2	2,3	2,4	2,8	2,9	2,8	2,6
Яранск	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	2,2	1,9	2,1	2,3	3,0	3,1	3,2	2,6
Уржум	4,9	4,8	4,6	4,4	4,5	3,8	3,4	3,7	4,0	4,8	4,9	4,9	4,4
Санчурск	3,9	3,7	3,6	3,7	3,5	3,0	2,7	2,9	3,2	3,7	3,8	3,9	3,5
Кильмезь	4,3	4,2	4,0	3,9	3,8	3,2	2,7	3,0	3,4	3,9	4,1	4,2	3,7
Вятские Поляны	4,8	4,5	4,5	4,3	4,6	3,7	3,1	3,4	3,8	4,7	4,7	4,7	4,2
Среднее	3,4	3,3	3,3	3,2	3,3	2,8	2,5	2,6	2,9	3,4	3,4	3,4	3,1
Максимум	4,9	4,8	4,6	4,4	4,6	3,8	3,4	3,7	4,0	4,8	4,9	4,9	4,4
Минимум	2,0	2,1	2,2	2,2	2,4	2,2	1,9	1,9	2,0	2,4	2,2	2,1	2,1

Таблица 5.9

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

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	4,8	4,9	5,0	5,3	5,8	5,4	4,8	4,8	5,0	5,6	5,2	5,0	5,1
Опарино	6,2	6,5	6,6	6,6	6,9	6,3	5,6	5,7	5,9	6,8	6,6	6,5	6,4
Мураши	6,6	6,8	6,7	6,8	7,3	6,9	6,0	6,2	6,5	7,3	7,2	6,9	6,8
Кирс	5,6	5,5	5,7	5,8	6,2	5,1	4,3	4,6	5,0	5,8	5,6	5,7	5,4
Нагорское	6,1	6,1	6,0	6,3	6,9	6,1	5,7	6,1	6,1	6,6	6,3	6,3	6,2
Белая Холуница	5,0	5,0	5,0	5,0	5,4	4,7	4,0	4,3	4,6	5,3	5,3	5,3	4,9
Даровское	4,7	4,7	4,6	4,9	5,1	4,6	4,0	4,1	4,4	5,1	5,0	4,9	4,7
Киров, АМСГ	6,5	6,4	6,1	6,5	6,9	6,2	5,6	5,8	6,0	6,7	6,6	6,7	6,3
Фаленки	5,9	5,7	5,5	5,3	5,9	5,0	4,2	4,8	5,2	5,9	6,0	6,1	5,5
Шабалино	6,9	7,0	6,6	6,7	7,0	6,4	5,7	6,0	6,0	6,7	6,9	6,9	6,6
Котельнич	5,9	5,9	5,6	5,9	6,4	5,9	5,2	5,5	5,6	6,1	6,0	6,0	5,8
Кумены	6,7	6,6	6,4	6,6	7,3	6,8	5,9	6,3	6,4	6,9	6,9	6,8	6,6
Верхошижемье	5,2	5,4	5,2	5,3	5,8	5,3	4,7	4,9	5,0	5,6	5,5	5,4	5,3
Уни	5,8	5,6	5,5	5,7	6,4	5,8	5,1	5,3	5,6	6,3	6,1	6,0	5,8
Нолинск	5,2	5,2	5,0	5,0	5,5	4,9	4,2	4,5	4,7	5,4	5,6	5,4	5,1
Яранск	5,5	5,3	5,0	4,9	5,3	4,6	4,0	4,3	4,8	5,6	5,8	5,7	5,1
Уржум	7,9	7,8	7,3	7,4	8,2	7,4	6,6	7,0	7,3	8,0	8,0	8,1	7,6
Санчурск	6,1	5,9	5,5	5,8	6,1	5,4	4,8	5,0	5,4	5,9	6,0	6,2	5,7
Кильмезь	7,1	6,9	6,8	6,8	7,0	6,2	5,6	6,0	6,5	7,2	7,2	7,3	6,7
Вятские Поляны	7,7	7,6	7,2	7,2	7,9	6,8	5,9	6,2	6,5	7,6	7,6	7,7	7,2
Среднее	6,1	6,0	5,9	6,0	6,5	5,8	5,1	5,4	5,6	6,3	6,3	6,2	5,9
Максимум	7,9	7,8	7,3	7,4	8,2	7,4	6,6	7,0	7,3	8,0	8,0	8,1	7,6
Минимум	4,7	4,7	4,6	4,9	5,1	4,6	4,0	4,1	4,4	5,1	5,0	4,9	4,7

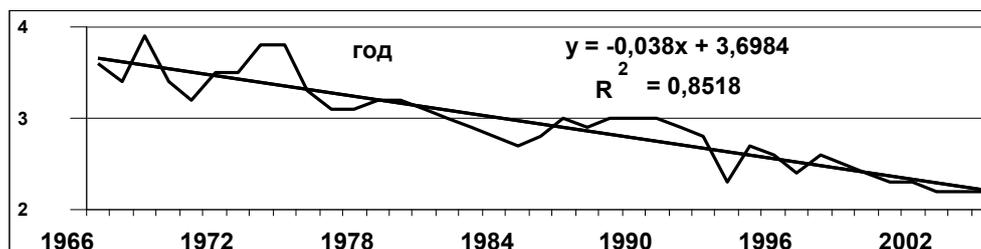
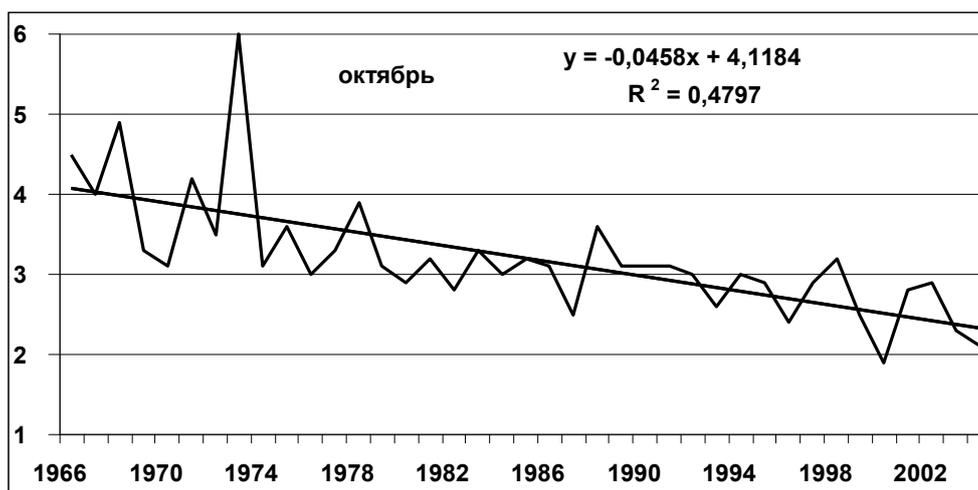
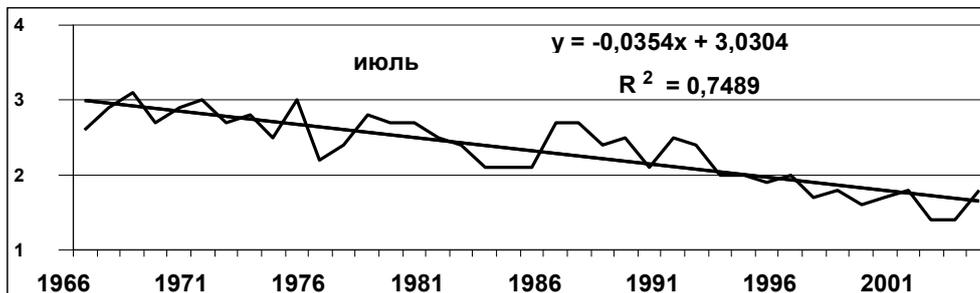
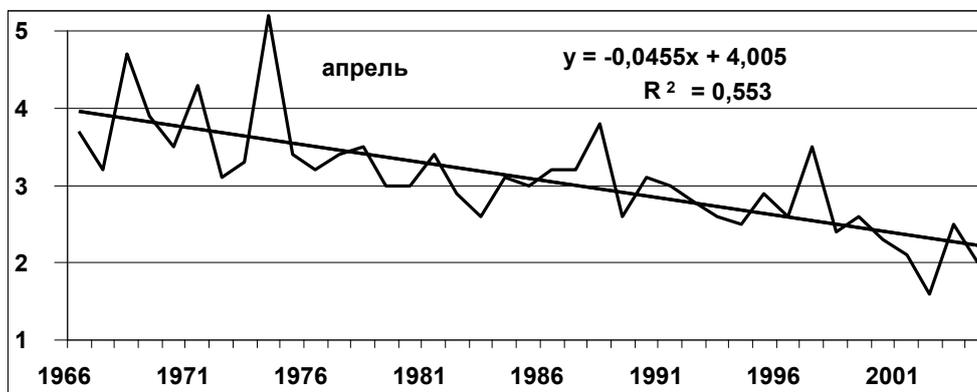
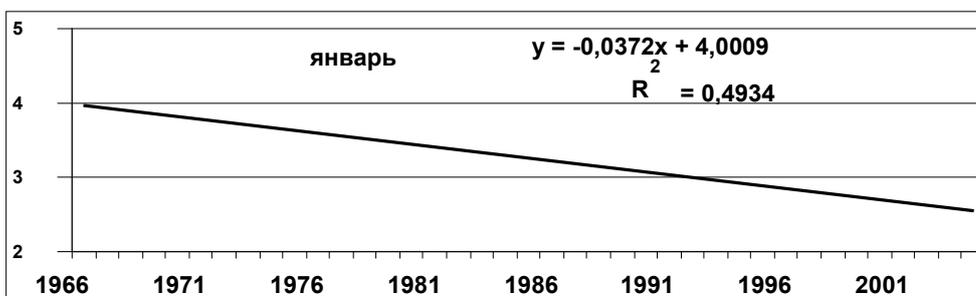


Рис. 5.2. Межгодовые изменения и линейные тренды средней скорости ветра (м/с) на ст. Киров, АМСГ

Наибольшая повторяемость штилей и слабых ветров со скоростями 3 м/сек и менее наблюдается в летние месяцы в ночное время. При этом очень слабые ветры (0 – 1 м/с) отмечаются в 8 – 36% случаев зимой и в 11 – 46% случаев летом.

В течение года преобладают ветры со скоростью 2 – 5 м/сек (42 – 63%). Сильные же ветры по мере возрастания их скорости наблюдаются реже. Так, повторяемость ветров со скоростью более 7 м/с увеличивается от 2 – 13% летом до 7 – 21% зимой (Справочник, 1966).

Среднее число дней за месяц с сильным ветром (со скоростью не менее 15 м/с) меняется по территории в пределах 0 – 2,9 дней летом и 0,1 – 3,6 дней зимой, а наибольшее – соответственно 1 – 10 и 2 – 12 дней. В среднем за год с сильным ветром отмечается 3 – 21 дней, а в отдельные годы бывает до 5 – 64 дней. Наиболее часто сильные ветры наблюдаются на ст. Уржум.

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 Киров (город) и Вятские Поляны, наибольшие скорости ветра, возможные 1 раз в год, 5, 10 и 20 лет составляют соответственно 22, 25, 26, 28 м/с и 21, 25, 27, 28 м/с с усилением при порывах на 5 – 10 м/с (Справочник, 1966).

Ветры разных скоростей имеют различную продолжительность. Слабые ветры более устойчивы, сильные же ветры обычно кратковременны, особенно летом. Так, на ст. Киров сильные ветры со скоростью 15 м/с и более в декабре и январе имеют суммарную продолжительность за месяц в среднем 13 и 17 час., тогда как в июле и августе – 4 и 3 час., а наибольшую – соответственно 52 и 68 час., 24 и 8 час. Повышенная их продолжительность отмечается и в мае, соответственно 15 и 79 час., а в целом за год она составляет 52 и 192 час. Наибольшая же непрерывная продолжительность таких ветров составляла в январе 28, в марте – 22, в мае – 29, в декабре – 22, за год – 29 час. (Климат Кирова, 1982).

Очень слабые ветры (0 – 1 м/с) на ст. Киров сохраняются непрерывно в среднем за месяц в течение 6,3 – 8,5 час. при наибольшей продолжительности 30 – 48 час. Средняя непрерывная продолжительность ветров со скоростью не более 4 м/с колеблется в пределах 20,3 – 30,2 час. за месяц, а в отдельных случаях может достигать 180 – 351 час, т.е. 7 – 15 суток. Ветры со скоростью 5 м/с и более делятся в среднем 6,5 – 11,3 час. за месяц при максимуме до 36 – 75 час.

## 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.

### **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 Кировской области, осредненной по 20 станциям за период 1966 – 2007 гг. Эта величина по территории области меняется в пределах от 1,3°С (ст. Кирс) до 3,2°С (ст. Санчурск). Как видно из последнего столбца табл. 6.1, многолетняя средняя годовая температура воздуха (СГТВ) повсеместно положительная и имеет более низкие значения на севере и северо-востоке (ст. Лальск, Кирс), чем на юге области

(ст. Санчурск, Кильмезь, Вятские Поляны). 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 области ввиду небольших разностей высот и преобладания равнинных форм влияние рельефа сказывается главным образом на микроклиматическом режиме. Диапазон колебаний СГТВ в период 1966 – 2007 гг. по территории области от  $-1,8^{\circ}\text{C}$  (ст. Кирс, 1969 г.) до  $5,2^{\circ}\text{C}$  (ст. Вятские Поляны, 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 Кировской области характеризуется умеренно континентальным климатом с теплым летом и умеренно холодной зимой, где проявляется еще значительное влияние со стороны Атлантического океана, обеспечивающего область теплом и осадками (Климат Кирова, 1980).

В январе – самом холодном месяце года средняя многолетняя температура воздуха колеблется по территории области в пределах от  $-14,7^{\circ}\text{C}$  (ст. Кирс) до  $-12,2^{\circ}\text{C}$  (ст. Санчурск), т.е. период перепад температур с юго-запада на северо-восток составляет  $2,5^{\circ}\text{C}$ . 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  $7,3 - 9,7^{\circ}\text{C}$  и становятся положительными из-за резкого повышения приходящей солнечной радиации. В летние месяцы междумесячные изменения не столь значительны. Самым теплым месяцем года является июль. Распределение многолетней среднеиюльской температуры по территории области достаточно однородное и колеблется от  $16,8^{\circ}\text{C}$  (ст. Опарино) до  $18,9^{\circ}\text{C}$  (ст. Вятские Поляны). Метеостанция Опарино 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.

Т а б л и ц а 6.1

Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С) за 1966 – 2004 гг.

Станции	Месяцы												Год	А
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Лальск	-14,5	-12,7	-5,0	2,3	9,0	14,7	17,2	14,1	8,3	1,7	-5,7	-11,1	1,5	31,7
Опарино	-14,0	-12,1	-4,7	2,7	9,3	14,5	16,8	13,9	8,3	1,5	-5,7	-11,0	1,6	30,8
Мураши	-14,0	-12,5	-5,0	2,6	9,4	14,7	17,1	14,1	8,3	1,3	-5,8	-11,2	1,6	31,1
Даровское	-13,4	-12,2	-4,9	3,2	10,1	15,2	17,4	14,7	8,9	2,0	-5,0	-10,5	2,1	30,8
Киров, АМСГ	-13,0	-11,6	-4,3	3,8	10,9	16,1	18,4	15,5	9,6	2,2	-4,9	-10,3	2,7	31,4
Шабалино	-12,9	-11,6	-4,5	3,6	10,6	15,5	17,8	15,0	9,1	2,2	-4,8	-10,2	2,5	30,7
Котельнич	-13,2	-12,2	-4,8	3,7	10,8	15,8	18,1	15,3	9,4	2,4	-4,7	-10,3	2,5	31,3
Верхошижемье	-13,0	-12,0	-4,7	3,5	10,9	15,8	18,1	15,3	9,3	2,0	-5,0	-10,4	2,5	31,1
Кумены	-13,3	-12,2	-5,0	3,4	10,7	15,8	18,1	15,3	9,4	2,2	-5,0	-10,5	2,4	31,4
Яранск	-12,7	-12,2	-5,4	4,0	11,4	16,2	18,4	15,8	9,9	2,9	-4,2	-9,8	2,9	31,1
Нолинск	-13,0	-12,0	-4,8	3,9	11,5	16,4	18,8	16,0	9,9	2,6	-4,7	-10,3	2,8	31,8
Санчурск	-12,2	-11,6	-4,9	4,5	11,8	16,3	18,4	15,9	10,1	3,2	-3,8	-9,4	3,2	30,6
Нагорское	-14,3	-12,6	-5,0	2,6	9,6	15,0	17,4	14,3	8,5	1,2	6,1	-11,6	1,6	31,7
Кирс	-14,7	-13,2	-5,4	2,5	9,3	14,8	17,2	14,0	8,3	1,2	-6,2	-11,8	1,3	31,9
Б. Холуница	-13,8	-12,5	-5,0	3,1	10,2	15,4	17,7	14,7	9,0	1,9	-5,5	-11,0	2,0	31,5
Фаленки	-14,0	-12,8	-5,4	2,8	10,4	15,6	17,8	14,9	9,1	1,8	-5,6	-11,3	1,9	31,8
Уни	-13,4	-12,2	-4,9	3,6	11,0	16,0	18,3	15,4	9,5	2,1	-5,2	-10,7	2,5	31,7
Уржум	-13,0	-12,1	-5,3	3,7	11,5	16,2	18,4	15,9	9,9	2,6	-4,8	-10,3	2,7	31,4
Кильмезь	-12,9	-11,8	-4,7	4,2	11,9	16,5	18,7	16,0	10,2	2,9	-4,6	-10,2	3,0	31,6
В. Поляны	-12,8	-12,4	-5,4	4,3	12,4	16,8	18,9	16,4	10,6	3,2	-4,3	-10,0	3,1	31,7

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 области меняется от 30,6°С (ст. Санчурск) до 31,9°С (ст. Кирс), т.е. возрастает в восточной части области, что свидетельствует об усилении ее континентальности. Однако различия между станциями невелики.

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

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, среднеянварская температура в г. Киров составляет -13°С, максимум ее достигает -5,5°С (2007 г.), а минимум -22,7°С (1969 г.)). Примечательно, что максимум среднеянварской температуры зафиксирован на этапе потепления климата (2007 г.), а минимум, естественно, в период относительного похолодания климата. Так, в 1969 г. в Кирове среднеянварская температура опустилась до -22,7°С.

Т а б л и ц а 6.2

Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С)  
на станции Киров за 1966 – 2004 гг.

Характеристика	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя	-13,0	-11,6	-4,3	3,8	10,9	16,1	18,4	15,5	9,5	2,2	-4,9	-10,3	2,7
Минимум	-22,7	-20,0	-9,5	-2,2	5,9	11,7	15,1	11,6	4,9	-3,7	-11,2	-20,1	-0,2
Год	1969	1966	1969	1998	1969	1979	1969	1980	1973	1976	1993	1978	1969
Максимум	-5,5	-3,5	-0,9	8,5	15,1	20,9	22,7	20,8	13,2	6,3	0,5	-3,5	4,5
Год	2007	1990	2007	1983	2005	1989	1988	1972	1992	1981	1996	2006	1925
СКО, сут.	4,2	3,6	2,2	2,6	2,3	2,2	1,9	1,9	1,8	2,2	2,7	3,9	1,0
СКО, мес.	8,4	6,6	4,3	4,5	5,1	4,5	4,0	4,1	3,9	4,3	5,6	7,3	5,2



Рис. 6.1. Средняя годовая температура воздуха

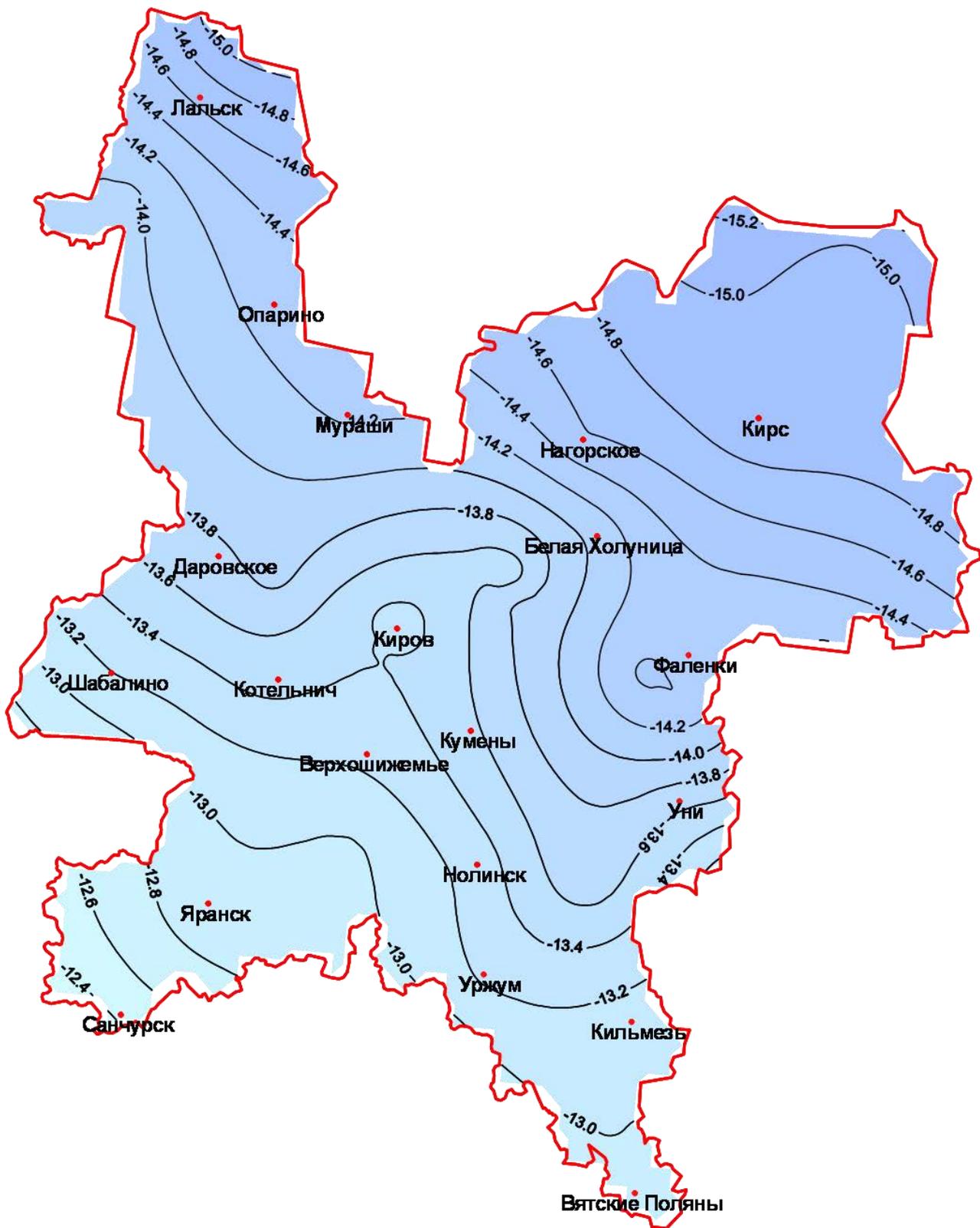


Рис. 6.2. Средняя январская температура воздуха

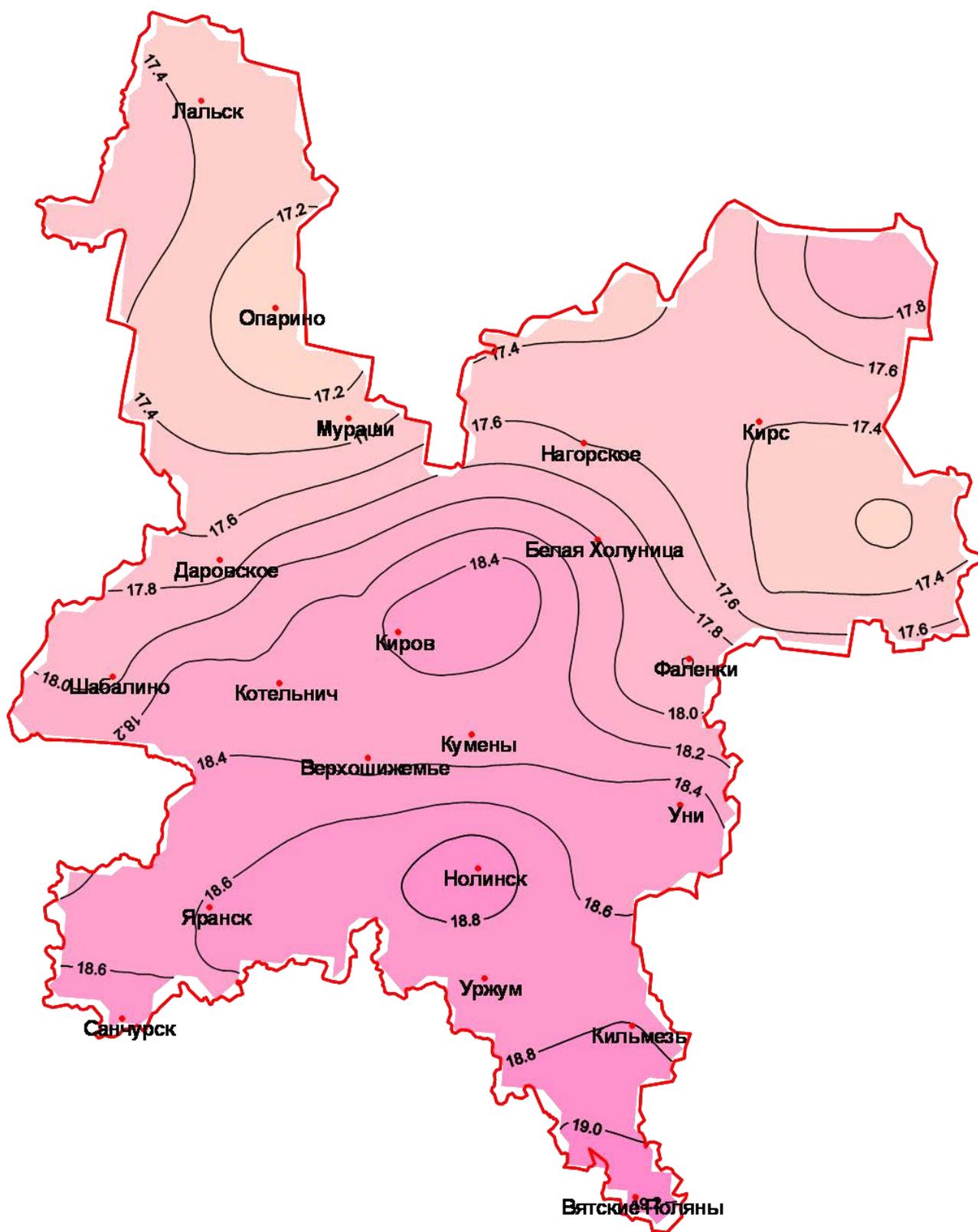


Рис. 6.3. Средняя июльская температура воздуха

Для оценки межгодовой изменчивости температуры, обусловленной действием циркуляции атмосферы, облачности и др., по среднемесячным температурам рассчитывались значения ее средних квадратических отклонений ( $\sigma$ ). Величина  $\sigma$  имеет хорошо выраженный годовой ход и достаточно равномерно распределена по территории области (табл. 6.3). В январе  $\sigma$  изменяется от 4,2 °С (ст. Киров) до 4,7 °С (ст. Лальск), а в августе от 1,7 °С (ст. Опарино) до 1,9 °С (ст. Кильмезь). В холодный период величина  $\sigma$  максимальна, а в теплый – минимальна. Значение  $\sigma$ , рассчитанное по среднегодовым значениям температуры, наиболее однородно по территории и мало меняется (1,0 °С – 1,2 °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  $\sigma$  температуры воздуха для станций Кировской области (табл. 6.3).

Т а б л и ц а 6.3

Среднее квадратическое отклонение температуры воздуха  
за 1966 – 2007 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	4,7	4,6	2,6	2,4	2,2	2,3	1,8	1,7	1,7	2,3	3,3	4,5	1,2
Опарино	4,4	4,1	2,3	2,5	2,2	1,8	1,7	1,7	2,2	2,9	4,2	1,1	1,1
Мураши	4,2	3,5	2,2	2,5	2,2	2,2	1,9	1,8	1,7	2,2	2,8	4,0	1,1
Даровское	4,5	4,1	2,5	2,4	2,1	2,2	1,8	1,7	1,6	2,1	2,8	4,1	1,1
Киров, АМСГ	4,2	3,6	2,2	2,6	2,3	2,2	1,9	1,9	1,8	2,2	2,7	3,9	1,0
Шабалино	4,4	3,8	2,3	2,5	2,2	2,2	1,8	1,8	1,6	2,1	2,7	4,0	1,1
Котельнич	4,5	4,0	2,5	2,6	2,2	2,2	1,9	1,8	1,7	2,1	2,8	4,1	1,1
Верхошижемье	4,2	3,4	2,2	2,7	2,2	2,3	1,9	1,9	1,7	2,1	2,7	3,8	1,0
Кумены	4,4	3,7	2,4	2,6	2,2	2,2	1,9	1,9	1,7	2,2	2,8	3,9	1,1
Яранск	4,6	4,2	2,8	2,5	2,1	2,1	1,8	1,8	1,6	2,0	2,7	4,0	1,1
Нолинск	4,3	3,7	2,3	2,6	2,2	2,2	1,9	1,8	1,7	2,1	2,7	3,9	1,1
Санчурск	4,5	4,0	2,6	2,5	2,1	2,1	1,7	1,8	1,6	1,9	2,7	3,9	1,1
Нагорское	4,3	3,7	2,2	2,7	2,3	2,3	1,9	1,8	1,8	2,3	2,8	4,0	1,1
Кирс	4,6	4,0	2,5	2,7	2,2	2,2	1,8	1,7	1,7	2,3	3,1	4,3	1,1
Б. Холуница	4,5	3,9	2,4	2,6	2,2	2,2	1,8	1,8	1,7	2,2	2,9	4,1	1,1
Фаленки	4,4	3,7	2,3	2,6	2,1	2,2	1,9	1,8	1,7	2,2	2,8	4,1	1,1
Уни	4,3	3,5	2,3	2,7	2,2	2,2	1,9	1,9	1,7	2,2	2,7	3,8	1,0
Уржум	4,3	3,6	2,3	2,7	2,2	2,2	1,9	1,8	1,7	2,1	2,7	3,9	1,1
Кильмезь	4,4	3,5	2,3	2,7	2,1	2,2	1,9	1,9	1,7	2,1	2,8	3,9	1,1
В. Поляны	4,4	3,7	2,5	2,7	2,1	2,0	1,8	1,7	1,7	2,1	2,8	4,0	1,1

Таким образом, согласно данным табл. 6.1 и 6.3 и «правилу  $2\sigma$ », например, в январе в г. Киров в 95% случаев средняя месячная тем-

пература воздуха будет находиться в интервале  $-4,6^{\circ}\text{C} \div -21,4^{\circ}\text{C}$ ; а в июле соответственно:  $14,6^{\circ}\text{C} \div 22,2^{\circ}\text{C}$ . 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.

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 области он не-

велик и меняется в пределах  $0,9^{\circ}\text{C} - 1,4^{\circ}\text{C}$ , а в мае изменяется в пределах  $7,2^{\circ}\text{C} - 9,2^{\circ}\text{C}$ .

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. Киров, АМСГ (табл. 6.6). Из таблицы видно, что амплитуда (А) суточного хода температуры воздуха постепенно возрастает от января к февралю, а затем заметно увеличивается с наступлением весны и достигает своего максимума в период май – июль (более  $7^{\circ}\text{C}$ ), а затем медленно убывает до своего минимума в декабре ( $1,0^{\circ}\text{C}$ ). Отметим, что на станциях Киров, АМСГ и Кильмезь суточный ход выражен более слабо, чем на остальных. Так, на ст. Кирс величина А достигает в июне  $9,4^{\circ}\text{C}$ .

Амплитуда суточного хода, определяемая как разность между максимальными и минимальными значениями температуры воздуха за сутки, распределяется по территории области достаточно равномерно и испытывает определенный годовой ход (табл. 6.7). Так, в январе она изменяется от  $5,8^{\circ}\text{C}$  (ст. Нагорское) до  $7,9^{\circ}\text{C}$  (ст. Кирс), а в мае амплитуда достигает своего максимума и меняется от  $9,4^{\circ}\text{C}$  (ст. Киров, АМСГ) до  $11,9^{\circ}\text{C}$  (ст. Лальск). 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 ( $4,3^{\circ}\text{C} - 5,5^{\circ}\text{C}$ ).

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 – 2004 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

Температура (°С) по срокам наблюдений (суточный ход) за 1977 – 2004 гг. Январь

Станции	Сроки наблюдений (час.)								А
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	-13,6	-13,6	-13,7	-12,7	-12,3	-13,2	-13,6	-13,5	1,3
Опарино	-12,6	-12,6	-12,6	-11,8	-11,2	-12,1	-12,3	-12,6	1,4
Мураши	-13,3	-13,4	-13,3	-12,4	-12,0	-12,8	-13,0	-13,1	1,3
Даровское	-11,2	-11,2	-11,2	-10,5	-10,3	-11,0	-11,0	-11,3	1,6
Киров, АМСГ	-12,5	-12,4	-12,7	-11,8	-11,4	-11,9	-12,1	-12,4	1,3
Шабалино	-12,2	-12,4	-12,5	-11,3	-10,9	-11,6	-11,8	-12,1	1,3
Котельнич	-12,2	-12,4	-12,5	-11,6	-11,0	-11,5	-12,0	-12,2	1,2
Верхошижемье	-12,6	-12,6	-12,7	-11,5	-11,3	-12,0	12,2	-12,5	1,3
Кумены	-12,4	-12,5	-12,7	-11,6	-11,1	-11,7	-12,1	-12,2	1,3
Яранск	-11,9	-12,1	-12,0	-11,0	-10,4	-11,4	-11,6	-11,9	1,5
Нолинск	-12,1	-12,3	-12,4	-11,4	-11,1	-11,6	-11,9	-12,0	1,0
Санчурск	-11,6	-11,6	-11,6	-10,8	-10,2	-10,9	-11,2	-11,4	1,4
Нагорское	-13,8	-13,8	-13,8	-13,0	-12,6	-13,0	-13,3	-13,5	1,2
Кирс	-14,3	-14,4	-14,3	-12,9	-12,2	-13,4	-13,6	-14,2	1,1
Б. Холуница	-13,0	-13,0	-13,2	-12,2	-11,6	-12,4	-12,7	-13,0	1,4
Фаленки	-13,6	-13,7	-13,8	-12,7	-12,4	-12,9	-13,2	-13,4	1,2
Уни	-12,9	-13,0	-13,0	-11,9	-11,5	-12,2	-12,5	-12,8	1,4
Уржум	-12,1	-12,3	-12,5	-11,6	-11,2	-11,7	-11,9	-12,2	0,9
Кильмезь	-12,2	-12,3	-12,4	-11,3	-11,0	-11,7	-11,8	-12,0	1,2
В. Поляны	-12,2	-12,3	-12,3	-11,3	-11,1	-11,7	-12,0	-12,2	1,1

Таблица 6.5

Температура (°С) по срокам наблюдений (суточный ход) за 1977 – 2004 гг. Июль

Станции	Сроки наблюдений (час.)								А
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Лальск	12,6	14,1	18,5	20,6	21,5	20,7	16,5	14,1	8,9
Опарино	12,6	14,0	18,0	19,9	20,9	20,1	15,9	13,6	8,3
Мураши	12,9	14,7	18,3	20,2	20,9	20,0	15,9	13,7	8,0
Даровское	12,9	14,3	18,8	20,4	21,7	20,9	16,4	14,1	8,8
Киров, АМСГ	14,8	15,9	19,3	21,4	22,1	21,3	17,4	15,2	7,9
Шабалино	13,7	14,7	18,9	21,0	21,7	20,9	16,4	14,7	8,0
Котельнич	14,0	15,0	19,0	21,3	22,2	21,5	17,5	15,0	8,2
Верхошижемье	14,2	15,4	19,5	21,2	22,0	21,1	16,9	14,5	7,8
Кумены	14,0	15,2	19,4	21,3	22,2	21,5	17,1	15,1	8,2
Яранск	13,9	15,1	19,8	21,7	22,9	22,0	17,7	15,2	9,0
Нолинск	15,0	15,8	19,8	22,0	22,6	21,8	16,4	15,8	7,6
Санчурск	13,8	15,3	19,9	22,1	22,9	22,0	16,6	14,9	9,1
Нагорское	13,7	14,7	18,4	20,5	21,1	20,4	16,5	14,2	7,5
Кирс	12,4	14,3	18,9	21,0	21,7	20,8	15,7	13,8	9,3
Б. Холуница	13,5	14,9	19,0	21,1	21,9	21,0	16,7	14,5	8,4
Фаленки	13,7	15,1	19,3	21,2	21,8	20,9	15,8	14,3	8,1
Уни	14,3	15,6	19,6	21,6	22,3	21,5	16,0	14,7	8,0
Уржум	14,3	15,9	19,9	22,0	22,7	21,6	17,6	15,0	8,4
Кильмезь	14,9	15,8	19,7	21,9	22,6	21,7	18,1	15,5	7,7
В. Поляны	14,4	15,9	20,3	22,3	23,2	22,1	17,3	15,6	8,8

Т а б л и ц а 6.6

Температура (°С) по срокам наблюдений (суточный ход)  
на ст. Киров, АМСГ за 1977 – 2004 гг.

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

Т а б л и ц а 6.7

Амплитуда суточного хода температуры воздуха  
за 1966 – 2004 гг.

Станции	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	7,8	9,2	10,3	10,5	11,9	12,0	11,5	10,3	8,4	5,1	5,3	6,5
Опарино	6,7	7,7	8,5	9,2	10,9	11,1	10,4	9,3	7,7	4,8	4,6	5,6
Мураши	6,8	7,2	8,2	8,9	10,7	10,5	10,2	9,1	7,6	5,1	4,9	5,8
Даровское	7,0	8,1	9,3	9,7	11,8	11,5	11,1	10,2	8,5	5,5	4,8	5,9
Киров, АМСГ	6,0	6,3	7,3	8,1	9,4	9,3	9,0	8,3	7,1	4,8	4,3	5,3
Шабалино	6,4	7,3	8,0	8,7	10,6	10,3	9,8	9,2	7,9	5,5	4,6	5,6
Котельнич	6,9	7,9	8,5	9,1	11,0	10,8	10,5	9,8	8,1	5,5	4,8	5,9
Верхошижемье	6,4	6,9	7,6	8,5	10,4	10,1	9,7	9,1	7,6	5,4	4,6	5,6
Кумены	6,7	7,5	8,3	8,8	10,9	10,7	10,5	9,7	7,9	5,3	4,8	5,8
Яранск	7,8	9,1	9,7	9,4	11,9	11,5	11,3	10,8	9,0	6,2	5,1	6,5
Нолинск	6,4	7,1	7,6	8,6	10,2	9,8	9,5	9,1	7,7	5,3	4,5	5,6
Санчурск	7,1	8,2	8,8	9,3	11,6	11,2	11,2	10,7	9,0	6,1	4,9	6,1
Нагорское	5,8	6,4	7,3	8,2	9,7	9,7	9,2	8,4	7,0	4,6	4,3	5,2
Кирс	7,9	9,2	10,1	10,1	11,8	12,0	11,4	10,3	8,5	5,6	5,5	6,6
Б. Холуница	7,0	7,9	8,5	9,0	10,8	10,7	10,2	9,2	7,5	5,0	4,8	5,9
Фаленки	7,0	7,4	8,1	8,6	10,6	10,6	10,2	9,5	7,8	5,1	4,9	5,9
Уни	6,5	7,3	8,3	8,9	10,6	10,4	9,9	9,3	7,7	5,3	4,7	5,6
Уржум	6,4	6,8	7,5	8,3	10,7	10,3	10,1	9,7	8,2	5,5	4,6	5,6
Кильмезь	6,8	7,3	8,0	8,9	11,0	10,5	10,5	9,6	8,3	5,8	5,1	6,1
В. Поляны	6,9	7,8	7,9	9,0	11,7	11,0	11,0	10,6	9,0	6,0	4,9	6,1

Т а б л и ц а 6.8

Амплитуда суточного хода температуры воздуха  
на ст. Киров, АМСГ; Лальск; Санчурск за 1966 – 2004 гг.

Амплитуды	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Киров, АМСГ												
Средняя	6,0	6,3	7,2	8,1	9,4	9,3	9,0	8,3	7,1	4,8	4,3	5,3
Максим.	16,4	15,5	16,9	17,2	19,0	17,4	16,6	16,0	15,7	11,9	12,0	15,4
Год	1985	1999	1979	2001	2004	1988	2003	1982	1982	1982	1988	1998
Миним.	0,5	0,3	0,6	0,8	1,3	1,2	1,1	0,7	0,6	0,0	0,4	0,3
Год	1971	1976	1972	1970	1974	1982	1973	1968	1967	1976	2002	1971
Лальск												
Средняя	7,8	9,2	10,3	10,5	11,9	12,0	11,5	10,3	8,4	5,1	5,3	6,5
Максим.	21,0	23,1	27,8	24,6	24,8	23,3	22,3	21,8	19,8	14,1	15,7	19,3
Год	1989	1979	1969	1999	1979	1992	2001	1999	1979	1974	1990	1988
Миним.	0,7	0,0	0,7	1,4	0,5	0,9	0,6	1,4	1,2	0,6	0,0	0,4
Год	1971	1966	1975	1966	1972	2004	1971	1973	1983	1971	1968	2000
Санчурск												
Средняя	7,1	8,2	8,8	9,3	11,6	11,2	11,2	10,7	9,0	6,1	4,9	6,1
Максим.	18,6	19,0	21,7	19,8	22,1	20,9	20,3	19,4	19,5	15,2	14,0	17,5
Год	1979	1996	2003	1979	1996	1975	2002	1992	2002	1987	2000	1985
Миним.	0,2	0,6	0,6	0,9	1,4	1,2	1,0	0,9	0,7	0,6	0,2	0,4
Год	1971	1974	1967	1974	1970	1983	1968	1970	1972	1971	1969	1973

Как видно из табл. 6.8, во все месяцы года могут происходить резкие изменения погоды и максимальная амплитуда может достигать 20°C и больше, в то же время в отдельные годы суточный ход температуры практически не проявлялся. При этом наиболее ярко суточный ход выражен на самой северо-западной станции Лальск.

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 Кировской области в январе в пределах от 8,4 (ст. Кильмезь) до 10,0°C (ст. Лальск), а в июле от 3,6°C (ст. Санчурск) до 4,1°C (ст. Нагорское). 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 и изменяется по территории Удмуртии в январе в пределах от 8,1 (ст. Можга) до 9,0°C (ст. Глазов), а в июле от 3,7°C (ст. Можга) до 4,1°C (ст. Игра). 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  $\sigma_{\text{мес}}$ .

Т а б л и ц а 6.9

Среднее квадратическое отклонение температуры  
воздуха  $\sigma_{\text{сут}}$  за 1966 – 2007 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	10,0	8,1	5,6	4,7	4,9	4,5	3,9	3,9	3,7	4,3	6,6	8,6	5,7
Опарино	9,1	7,1	4,8	4,6	5,0	4,5	3,9	3,9	3,8	4,2	6,1	7,8	5,4
Мураши	8,7	6,6	4,6	4,5	5,0	4,5	3,9	3,9	3,7	4,2	5,9	7,6	5,3
Даровское	9,2	7,3	5,0	4,3	4,9	4,3	3,7	3,8	3,7	4,1	6,0	7,8	5,3
Киров, ГМО	8,4	6,6	4,3	4,5	5,1	4,5	4,0	4,1	3,9	4,3	5,6	7,3	5,2
Шабалино	8,8	6,9	4,6	4,5	5,0	4,3	3,8	3,9	3,7	4,1	5,7	7,5	5,2
Котельнич	9,1	7,4	5,0	4,5	5,1	4,4	3,8	3,9	3,8	4,4	5,9	7,7	5,4
Верхошижемье	8,3	6,4	4,4	4,6	5,2	4,5	4,0	4,1	3,9	4,2	5,6	7,2	5,2
Кумены	8,8	7,0	4,7	4,5	5,1	4,5	4,0	4,1	4,0	4,2	5,9	7,5	5,3
Яранск	9,1	7,7	5,2	4,3	4,8	4,2	3,7	3,8	3,7	4,0	5,8	7,7	5,3
Нолинск	8,6	6,8	4,5	4,4	5,0	4,4	3,9	4,0	3,8	4,1	5,6	7,4	5,2
Санчурск	8,8	7,4	4,9	4,4	4,9	4,2	3,6	3,8	3,7	4,0	5,6	7,5	5,2
Нагорское	8,6	6,7	4,6	4,7	5,3	4,6	4,1	4,1	3,9	4,3	5,9	7,6	5,4
Кирс	9,5	7,5	5,2	4,7	5,0	4,4	4,0	3,9	3,8	4,4	6,4	8,3	5,6
Б. Холуница	8,9	7,1	4,8	4,6	5,1	4,5	3,9	4,0	3,9	4,2	6,1	7,7	5,4
Фаленки	8,8	6,9	4,6	4,4	5,0	4,4	4,0	4,0	3,8	4,1	5,9	7,7	5,3
Уни	8,4	6,7	4,5	4,7	5,1	4,5	4,0	4,1	3,9	4,2	5,7	7,4	5,3
Уржум	8,4	6,8	4,6	5,2	4,5	3,9	4,0	4,0	4,2	5,7	7,3	5,2	
Кильмезь	8,4	6,6	4,4	4,6	5,2	4,5	3,9	4,0	4,0	4,2	5,7	7,3	5,2
В. Поляны	8,5	7,3	4,8	4,4	5,0	4,2	3,6	3,8	3,9	4,1	5,7	7,3	5,2

## 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 наинизшие и наивысшие 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 наинизшей (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 области в течение года среднемесячные максимальные температуры изменяются в январе от  $-11,6^{\circ}\text{C}$  (ст. Нагорское) до  $24,5^{\circ}\text{C}$  (ст. Вятские Поляны) в июле, т.е. разница составляет  $36,1^{\circ}\text{C}$ . Средние минимальные температуры в годовом ходе варьиру-

ют от  $-19,0^{\circ}\text{C}$  (ст. Лальск, январь) до  $14,1^{\circ}\text{C}$  (ст. Нолинск, июль), при разности  $33,1^{\circ}\text{C}$ .

Ярко выраженный годовой ход на территории Кировской области 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:  $-39,3^{\circ}\text{C}$  (ст. Киров, АМСГ),  $-7,7^{\circ}\text{C}$  (ст. Вятские Поляны). При этом почти повсеместно, за исключением июля, абсолютные минимумы температуры отрицательны; в августе положительны на станциях, расположенных в юго-восточной части области (ст. Нолинск, Уни, Уржум, Кильмезь, Вятские Поляны).

Абсолютный максимум температуры формируется в летние месяцы. Так, в июле в Санчурске он достигает  $36,6^{\circ}\text{C}$ . Наиболее жаркие месяцы июнь-август. В январе (самом холодном месяце года) также возможно появление положительных температур: от  $1,2^{\circ}\text{C}$  (ст. Нагорское) до  $3,8^{\circ}\text{C}$  (ст. Кильмезь). Таким образом, на всей территории области 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 Кировской области за счет значительных изменений температуры (на  $5^{\circ}\text{C}$  и более за сутки). Как видно, наиболее неустойчивая погода формируется в холодный период, а наиболее стабильная, как и следовало ожидать, в теплый.

Т а б л и ц а 6.10

Средняя месячные максимальные температуры воздуха (°С) за 1966 – 2004 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	-11,0	-8,1	-0,1	7,2	14,2	20,2	22,7	19,0	12,4	4,2	-3,5	-8,3	5,9
Опарино	-11,0	-8,0	-0,5	7,1	14,3	19,7	11,0	18,4	12,1	4,0	-3,6	-8,6	5,5
Мураши	-10,9	-8,4	-0,9	6,9	14,4	19,7	22,1	18,5	12,1	3,8	-3,7	-8,6	5,5
Даровское	-10,2	-7,8	-0,2	8,0	15,6	20,8	23,0	19,7	13,3	4,9	-2,9	-7,9	6,4
Киров, АМСГ	-10,3	-8,3	-0,7	7,9	15,4	20,7	22,9	19,6	13,0	4,5	-3,0	-8,0	6,1
Шабалино	-10,0	-7,7	-0,5	7,9	15,6	20,5	22,7	19,5	12,9	5,0	-2,7	-7,8	6,3
Котельнич	-10,1	-8,1	-0,6	8,2	15,9	21,0	23,3	20,0	13,5	5,2	-2,6	-7,7	6,5
Верхошижемье	-10,0	-8,0	-0,8	7,9	15,8	20,8	23,0	19,7	13,0	4,7	-2,9	-7,9	6,3
Кумены	-10,2	-8,2	-0,8	7,8	15,8	21,0	23,2	20,0	13,3	4,9	-2,9	-7,9	6,4
Яранск	-9,2	-7,6	-0,5	8,8	17,0	21,8	24,0	21,0	14,4	6,1	-1,8	-6,9	7,3
Нолинск	-10,1	-8,2	-0,9	8,2	16,4	21,3	23,6	20,5	13,7	5,3	-2,7	-7,8	6,6
Санчурск	-9,0	-7,3	-0,3	9,2	17,3	21,8	24,0	21,3	14,6	6,4	-1,6	-6,8	7,5
Нагорское	-11,6	-9,2	-1,3	6,7	14,3	19,8	22,1	18,5	11,9	3,5	-4,3	-9,3	5,1
Кирс	-11,2	-8,5	-0,5	7,4	14,9	20,6	22,9	19,1	12,6	4,1	-3,8	-8,9	5,8
Б. Холуница	-10,7	-8,3	-0,7	7,5	15,3	20,7	22,8	19,3	12,7	4,5	-3,4	-8,3	6,0
Фаленки	-10,9	-8,9	-1,4	7,0	15,5	20,9	23,0	19,7	13,0	4,4	-3,4	-8,6	5,9
Уни	-10,4	-8,3	-0,6	8,1	16,1	21,2	23,4	20,1	13,4	4,9	-3,1	-8,3	6,4
Уржум	-10,0	-8,5	-1,5	7,9	16,7	21,3	23,6	20,7	14,0	5,4	-2,6	-7,8	6,6
Кильмезь	-8,5	-7,2	-0,3	8,5	17,4	22,1	24,4	20,7	14,5	6,1	-2,6	-7,2	7,4
В. Поляны	-9,6	-8,4	-1,4	8,9	18,1	27,3	24,5	21,7	15,3	6,5	-2,0	-7,2	7,4

Т а б л и ц а 6.11

Средние месячные минимальные температуры воздуха (°С) за 1966 – 2004 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	-19,0	-17,3	-10,4	-3,2	2,5	8,3	11,2	8,6	3,9	-1,1	-9,0	-15,1	-3,3
Опарино	-17,8	-15,9	-9,1	-2,1	3,4	8,6	11,5	9,0	4,3	-1,1	-8,4	-14,5	-2,6
Мураши	-18,0	-15,9	-9,1	-2,1	3,6	9,2	11,9	9,3	4,4	-1,5	-8,8	-14,9	-2,6
Даровское	-17,3	-16,0	-9,5	-1,7	3,9	9,3	11,9	9,5	4,6	-0,8	-7,8	-14,0	-2,3
Киров, АМСГ	-16,5	-14,8	-7,9	-0,2	6,0	11,4	13,9	11,3	5,9	-0,4	-7,5	-13,5	-1,0
Шабалино	-16,6	-15,1	-8,4	-0,8	5,0	10,2	12,9	10,3	5,0	-0,6	-7,5	-13,6	-1,6
Котельнич	-17,3	-16,1	-9,2	-0,9	4,9	10,2	12,7	10,2	5,3	-0,4	-7,6	-13,9	-1,8
Верхошижемье	-16,8	-15,1	-8,4	-0,7	5,3	10,7	13,3	10,6	5,4	-0,7	-7,8	-13,8	-1,5
Кумены	-17,2	-15,9	-9,1	-1,0	4,9	10,2	12,7	10,3	5,4	-0,6	-7,8	-14,0	-1,8
Яранск	-17,3	-16,8	-10,2	-0,6	5,1	10,2	12,6	10,2	5,4	-0,1	-7,2	-13,7	-1,8
Нолинск	-6,7	-15,5	-8,6	-0,4	6,2	11,5	14,1	11,4	6,0	-0,1	-7,3	-13,6	-1,1
Санчурск	-16,4	-15,6	-9,3	-0,1	5,7	10,6	12,8	10,5	5,6	0,2	-6,7	-13,1	-1,3
Нагорское	-17,7	-15,8	-8,6	-1,6	4,5	10,1	12,9	10,1	5,0	-1,2	-8,7	-14,8	-1,1
Кирс	-19,3	-17,8	-10,5	-2,8	3,1	8,6	11,5	8,8	4,1	-1,7	-9,5	-15,8	-3,4
Б. Холуница	-18,1	-16,4	-9,2	-1,5	4,5	10,0	12,6	10,1	5,1	-0,6	-8,4	-14,6	-2,2
Фаленки	-18,1	-16,5	-9,6	-1,6	4,9	10,2	12,9	10,2	5,1	-0,9	-8,5	-14,9	-2,2
Уни	-17,2	-15,7	-8,9	-0,8	5,5	10,8	13,5	10,8	5,6	-0,6	-7,9	-14,1	-1,6
Уржум	-16,8	-15,5	-9,0	-0,5	5,9	11,0	13,5	11,0	5,8	-0,2	-7,4	-13,6	-1,3
Кильмезь	-15,7	-14,7	-8,3	-0,4	6,4	11,5	13,9	11,0	6,1	0,2	-8,0	-13,6	-0,9
В. Поляны	-16,8	-16,3	-9,4	-0,2	6,3	11,2	13,5	11,1	6,2	0,3	-7,2	-13,6	-1,2

Т а б л и ц а 6.12

## Абсолютный максимум температуры воздуха (°С)

Станции	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	3,2	5,4	15,1	26,8	30,7	34,4	35,4	32,0	28,3	22,0	8,2	3,8
Опарино	2,4	4,4	13,6	26,6	29,5	33,0	33,3	31,5	28,8	22,0	7,3	3,3
Мураши	1,6	4,2	12,7	25,7	29,0	32,5	33,3	31,6	28,5	21,4	7,1	3,1
Даровское	2,2	5,3	13,2	26,6	30,9	34,3	34,4	32,3	30,1	23,1	8,0	4,1
Киров, АМСГ	1,9	4,4	12,3	26,3	30,0	34,5	33,9	33,7	30,1	22,6	9,0	4,0
Шабалино	9,2	5,4	12,9	25,8	30,0	33,8	34,7	31,7	29,9	23,0	8,4	4,8
Котельнич	2,2	4,8	11,6	26,9	30,6	34,2	34,5	33,6	30,5	22,7	8,8	13,3
Верхошижемье	1,2	5,0	13,0	26,0	30,2	34,0	34,3	34,0	30,2	22,7	8,2	4,4
Кумены	2,0	4,6	11,2	25,8	30,2	34,9	34,1	33,6	30,5	24,3	8,4	5,5
Яранск	3,0	5,6	13,5	25,5	30,6	35,4	35,7	34,3	32,6	23,4	9,9	5,0
Нолинск	2,0	6,0	11,1	26,1	30,1	34,0	34,2	34,1	30,8	22,4	8,7	5,0
Санчурск	2,7	6,0	13,9	26,0	31,1	34,9	36,6	34,6	32,4	24,5	9,8	5,7
Нагорское	1,2	3,3	11,7	25,6	30,2	32,9	32,9	33,8	29,0	20,7	6,8	2,8
Кирс	1,7	4,6	12,9	26,0	31,0	34,2	33,8	33,0	29,6	21,6	7,5	4,0
Б. Холуница	1,9	3,8	11,0	26,0	30,1	33,4	33,8	32,5	30,3	21,5	8,3	4,1
Фаленки	2,3	4,0	9,8	25,9	30,7	34,7	34,3	39,5	30,3	21,6	7,5	4,5
Уни	1,4	6,0	13,2	25,6	30,0	35,1	33,7	33,8	30,9	23,7	8,0	5,3
Уржум	2,0	4,6	9,9	26,0	30,2	34,7	35,0	32,9	31,2	22,3	8,9	5,4
Кильмезь	3,8	6,1	12,5	27,9	30,6	35,6	34,6	34,8	32,4	22,7	9,8	6,7
В. Поляны	2,6	4,1	11,9	28,4	32,6	37,0	36,3	36,6	33,5	22,7	9,8	4,2

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	-42,9	-37,5	-27,0	-14,2	-3,8	-0,1	-3,6	-8,5	-22,9	-38,6	-47,9
Опарино	-46,8	-42,1	-32,9	-26,9	-7,4	-4,3	1,3	-1,5	-5,6	-17,4	-35,5	-46,4
Мураши	-44,6	-36,5	-31,5	-21,5	-7,8	-3,3	1,6	-1,5	-6,0	-17,0	-33,5	-46,0
Даровское	-44,2	-40,2	-34,9	-23,0	-7,6	-3,0	2,0	-2,6	-7,6	-16,2	-32,6	-48,8
Киров, АМСГ	-39,3	-35,2	-27,9	-19,7	-6,4	-0,2	3,3	1,4	-5,7	-14,1	-30,4	-44,8
Шабалино	-42,9	-36,0	-31,0	-20,3	-6,6	-0,6	3,8	-0,5	-7,0	-17,5	-32,3	-47,9
Котельнич	-43,8	-42,8	-33,3	-22,6	-7,8	-2,4	3,0	-0,7	-6,7	-17,4	-32,0	-49,4
Верхошижемье	-39,8	-34,9	-30,5	-19,3	-6,7	-1,2	3,9	-0,5	-6,4	-16,0	-31,3	-48,0
Кумены	-42,7	-41,1	-32,1	-24,2	-7,5	-2,4	2,3	-2,4	-7,5	-17,6	-32,6	-46,9
Яранск	-44,8	-42,3	-33,1	-20,8	-6,9	-1,6	3,5	-1,1	-7,7	-15,9	-31,0	-50,0
Нолинск	-42,6	-36,1	-30,2	-20,1	-5,4	-0,4	4,2	0,2	-3,7	-14,5	-29,5	-47,0
Санчурск	-41,7	-41,3	-31,6	-20,6	-5,4	-1,7	3,7	-0,3	-6,8	-17,9	-29,6	-47,3
Нагорское	-43,2	-37,4	-30,9	-22,3	-9,2	-3,1	2,2	-1,2	-5,0	-17,2	-34,5	-47,2
Кирс	-47,0	-42,5	-35,3	-27,5	-9,9	-4,2	-0,7	-4,2	-7,0	-20,5	-38,5	-51,2
Б. Холуница	-45,4	-41,6	-33,7	-25,3	-8,4	-2,9	1,2	-1,8	-6,4	-17,4	-34,9	-46,8
Фаленки	-45,4	-39,0	-32,5	-20,7	-8,6	-3,2	2,9	-1,2	-5,6	-17,7	-32,2	-48,3
Уни	-42,3	-37,4	-30,6	-20,8	-6,5	-1,7	3,6	0,3	-4,2	-17,9	-32,0	-48,0
Уржум	-41,8	-36,6	-31,9	-18,4	-6,9	-1,4	4,7	0,1	-5,3	-15,5	-30,6	-47,7
Кильмезь	-41,0	-40,7	-30,5	-18,2	-5,6	-2,4	4,3	-0,5	-5,6	-15,7	-31,9	-51,6
В. Поляны	-47,7	-37,9	-34,2	-17,4	-5,0	-2,7	2,8	0,7	-4,5	-19,7	-30,6	-48,2

Т а б л и ц а 6.14

Повторяемость (в %) резких изменений температуры  
(на 5°С и более за сутки) за 1966 – 2004 гг.

Станции	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лальск	38,2	30,3	15,3	10,9	11,5	9,1	5,4	3,5	3,9	6,9	19,1	31,0
Опарино	33,4	23,3	9,3	7,9	12,4	8,2	4,4	3,6	4,2	6,0	16,4	26,7
Мураши	31,2	20,6	8,7	6,9	12,4	8,4	4,6	4,1	4,3	6,0	15,0	26,8
Даровское	32,9	26,7	10,8	7,0	11,7	7,4	4,1	3,5	4,1	6,6	15,9	27,0
Киров, АМСГ	30,3	22,1	6,8	8,0	12,6	8,9	4,5	3,3	5,1	6,0	13,8	24,4
Шабалино	30,3	23,3	8,1	7,2	12,0	7,5	3,6	3,7	3,8	7,1	14,2	25,1
Котельнич	32,4	28,9	12,1	8,2	12,2	7,3	3,6	3,5	4,4	6,4	14,5	26,9
Верхошижемье	29,5	21,0	7,3	7,9	12,4	8,6	4,6	3,5	4,9	6,8	12,6	23,5
Кумены	30,7	23,0	9,3	7,9	12,7	9,0	4,3	4,1	5,0	6,6	13,8	25,4
Яранск	32,9	29,9	13,8	7,6	11,2	7,7	3,0	3,3	4,5	8,1	14,0	27,7
Нолинск	31,7	22,6	7,4	7,1	12,2	8,5	4,2	3,1	5,0	6,5	13,2	24,8
Санчурск	30,9	26,7	11,2	7,1	11,1	7,4	3,2	3,8	5,1	8,4	12,4	26,5
Нагорское	32,4	20,5	8,4	8,1	12,8	9,0	4,6	3,6	4,5	5,9	15,2	26,6
Кирс	36,1	26,0	13,4	9,3	14,3	9,3	3,9	3,7	5,2	7,4	18,5	30,8
Б. Холуница	32,5	24,0	9,3	7,8	12,7	8,4	4,5	3,5	4,9	6,0	14,7	27,2
Фаленки	33,5	23,7	9,1	6,6	12,7	8,5	4,5	3,3	5,0	6,2	14,9	27,1
Уни	30,8	21,2	8,2	8,8	13,4	8,7	3,6	3,7	5,3	6,8	14,2	24,7
Уржум	30,2	22,7	8,8	6,8	12,6	8,9	4,1	3,7	5,9	7,4	13,3	24,7
Кильмезь	22,2	13,6	4,9	4,5	9,9	5,7	2,5	2,9	3,9	4,7	10,7	18,8
В. Поляны	31,5	23,8	9,3	6,2	13,0	6,9	3,9	4,5	6,8	6,6	13,4	26,0

Данные этой таблицы также свидетельствуют 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 38,2%. На других станциях она колеблется от 22,2 до 36,1%. В теплый период подобные скачки температуры происходят не столь часто. Так, в июле их повторяемость колеблется от 2,5 до 5,4%.

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°С зимой до 1 – 2°С летом. Наибольшая ее повторяемость приходится на  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , однако отдельные перепады температуры между соседними сутками могут от-

клоняться от указанных значений и достигать  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  в холодный период и  $\pm 10, \dots, 15^{\circ}\text{C}$  в теплый.

Одним из показателей суровости климата служат сильные зимние морозы. Понижение температуры воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  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  $-30^{\circ}\text{C}$ . Однако это событие происходит не так часто, а в последние годы отмечено снижение числа морозных дней с температурой  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже в связи с тенденцией потепления климата. Согласно данным табл. 6.15, в январе повторяемость сильных морозов ( $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже) по минимальной температуре достигает 17,8% (ст. Кирс), а по среднесуточной температуре 7,6%.

Т а б л и ц а 6.15

Повторяемость (в %) сильных морозов ( $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже)  
за 1966 – 2004 гг.

Станции	Месяцы				
	I	II	III	XI	XII
1	2	3	4	5	6
Лальск	17,5	11,9	1,9	1,4	9,2
	8,9	2,7	0,0	0,2	2,8
Опарино	10,6	6,1	0,3	0,7	5,3
	6,5	1,4	0,0	0,2	1,8
Мураши	11,2	5,2	0,1	0,4	4,7
	5,6	1,0	0,0	0,2	1,6
Даровское	8,2	5,3	0,6	0,5	5,0
	5,6	1,2	0,0	0,2	1,3
Киров, АМСГ	7,7	3,1	0,0	0,1	2,5
	3,4	1,5	0,0	0,1	1,2
Шабалино	8,5	3,6	0,2	0,3	3,0
	4,1	1,0	0,0	0,1	1,0
Котельнич	10,1	7,4	0,4	0,4	3,9
	5,3	1,5	0,0	0,1	1,9
Верхошижемье	8,0	3,4	0,1	0,2	3,1
	2,8	1,1	0,0	0,0	1,0

Окончание т а б л и ц ы 6.15

1	2	3	4	5	6
Кумены	9,7	5,4	0,3	0,3	3,6

	4,7	1,3	0,0	0,0	1,4
Яранск	12,7	9,3	0,6	0,2	4,5
	4,5	1,8	0,0	0,0	1,2
Нолинск	7,9	2,7	0,0	0,0	2,9
	3,7	0,9	0,0	0,0	1,9
Санчурск	8,8	5,6	0,2	0,0	2,9
	3,6	0,9	0,0	0,0	0,8
Нагорское	10,2	3,9	0,2	0,3	4,0
	5,7	1,0	0,0	0,2	1,7
Кирс	17,8	10,4	1,4	0,9	8,2
	7,6	2,4	0,0	0,1	2,7
Б. Холу- ница	13,1	7,1	0,3	0,3	5,0
	6,1	1,3	0,0	0,1	2,0
Фаленки	11,7	5,7	0,2	0,1	4,3
	5,6	1,2	0,0	0,0	1,3
Уни	9,1	3,7	0,1	0,2	3,2
	4,0	1,2	0,0	0,0	1,4
Уржум	7,6	2,9	0,1	0,2	2,4
	3,3	1,2	0,0	0,0	1,0
Кильмезь	3,8	1,8	0,1	0,2	2,2
	1,2	0,5	0,0	0,0	0,6
В. Поляны	7,6	5,4	0,4	0,1	2,9
	3,1	0,9	0,0	0,0	0,8

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

В заключение отметим, что в качестве характеристики неустойчивости метеорологических процессов используются значения СКО. Из табл. 6.16 видно, что СКО минимальных температур холодного периода превышают СКО максимальных, а в теплый период картина обратная, т.е. ночные температуры имеют более стабильный характер, чем максимальные – дневные.

Т а б л и ц а 6.16

Средние квадратические отклонения СКО экстремальных температур воздуха (°С) за 1966 – 2004 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Средняя максимальная температура</b>													
Лальск	9,1	7,0	4,8	6,1	6,6	5,9	5,1	5,3	5,1	5,2	6,1	7,9	1,2
Нагорское	8,3	6,5	4,7	6,2	6,6	5,7	5,0	5,4	5,3	5,3	5,6	7,3	1,2
Кирс	8,4	6,5	4,8	6,2	6,7	5,9	5,0	5,4	5,4	5,5	5,7	7,6	1,2
Шабалино	8,1	6,4	4,7	6,2	6,3	5,4	4,6	5,2	5,2	5,3	5,5	7,1	1,1
Киров, АМСГ	7,9	6,5	4,5	6,1	6,3	5,5	4,8	5,3	5,3	5,4	5,4	7,0	1,2
Фаленки	8,2	6,5	4,6	6,1	6,5	5,6	4,9	5,3	5,4	5,3	5,5	7,4	1,2
Санчурск	8,0	6,6	4,7	6,5	6,1	5,3	4,6	5,2	5,4	5,4	5,2	6,8	1,1
Уржум	7,8	6,6	4,6	6,4	6,3	5,5	4,6	5,2	5,5	5,4	5,4	7,0	1,2
В. Поляны	7,7	6,5	4,6	6,7	6,5	5,4	4,5	5,2	5,7	5,5	5,3	6,8	1,2
<b>Средняя минимальная температура</b>													
Лальск	10,9	10,0	8,2	5,6	4,5	4,6	3,7	4,1	4,2	5,1	8,3	9,9	1,1
Нагорское	9,1	7,8	6,0	5,2	4,8	4,6	3,6	3,9	4,0	4,8	7,7	8,3	1,1
Кирс	10,6	9,3	7,7	5,7	4,6	4,6	3,6	4,0	4,1	5,2	8,0	9,5	1,1
Шабалино	9,3	8,1	6,3	4,8	4,6	4,2	3,3	3,9	4,0	4,6	7,0	8,3	1,0
Киров, АМСГ	8,8	7,7	5,8	4,8	4,7	4,4	3,4	3,9	4,0	4,6	6,6	7,9	1,0
Фаленки	9,4	8,2	6,5	5,0	4,5	4,3	3,4	3,8	3,9	4,6	7,1	8,5	1,0
Санчурск	9,6	8,8	7,1	4,8	4,5	4,1	3,3	3,8	4,0	4,4	7,1	8,6	1,1
Уржум	8,9	7,7	6,1	5,0	4,7	4,3	3,3	3,8	3,9	4,5	6,8	8,0	1,0
В. Поляны	9,1	8,3	6,6	4,9	4,7	4,2	3,3	3,8	4,1	4,5	6,9	8,2	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°С относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Аналогичная ситуация сложилась в целом по России и, в частности, на территории Кировской области.

Для выделения систематической составляющей изменений температуры для центральных месяцев сезонов были построены линейные тренды для ряда метеостанций (для центральных месяцев года):

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

где  $y(\tau)$  – сглаженное значение температуры воздуха на момент времени  $\tau$  ( $\tau = 1, 2, 3, \dots, n$ ),  $a$  – 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.

Статистическая значимость линейного тренда оценивалась с помощью критерия Стьюдента и по величине квадрата коэффициента корреляции  $R^2$  (коэффициент детерминации). Величина  $R^2$  показывает, каков вклад линейного тренда в общую изменчивость температуры. Тенденция изменения температуры считалась статистически значимой, если ее уровень достоверности был равен или превышал 95% ( $p \geq 0,95$ ). При объеме выборки 50 лет и более это соответствует величине  $R^2 > 0,08$  (Шиловцева, Романенко, 2005). Величину  $R^2$  обычно выражают в %, и чем больше ее значение, тем больше статистическая значимость длительных однонаправленных изменений, описываемых данным трендом (Справочник ... , 2005).

Расчеты показали, что наиболее значительные положительные изменения температурного режима происходят в январе и феврале. Величина КНЛТ в январе меняется по территории области незначительно (в пределах  $0,16 - 0,18^\circ\text{C}/\text{год}$ ) соответственно величина  $R^2$  принимает значения  $\sim 20\%$ , что свидетельствует о статистической значимости повышения температуры. Интересно отметить, что в апреле значения  $A$  в ряде случаев отрицательны, что указывает на понижение температуры воздуха, правда сами значения КНЛТ и  $R^2$  невелики. В целом за год для всех станций области наблюдается четко выраженный положительный тренд (табл. 6.17, рис. 6.4).

Анализ линейных трендов максимальных и минимальных температур по территории всей Кировской области показывает, что наибольшие значения положительных скоростей отмечаются в январе: для максимальных температур ( $0,17 - 0,19^\circ\text{C}/\text{год}$ ), для минимальных ( $0,14 - 0,18^\circ\text{C}/\text{год}$ ). Наименьшие значения в случае максимальных температур характерны для апреля ( $0,02 - 0,06^\circ\text{C}/\text{год}$ ), 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. 6.17).

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

Для выявления длительных (сглаженных) изменений климата могут использоваться также значения скользящих средних температур воздуха (табл. 6.18 – 6.21).

Рассчитывались также для всех месяцев года для 5 пунктов области (табл. 6.22) многолетние средние значения температуры воздуха (включая максимальные и минимальные температуры) самого холодного (1966 – 1975 гг.) и самого теплого (1995 – 2004 гг.) десятилетий (декад) и определялись разности между их значениями.

Выявлено, что в самую холодную декаду наибольшая отрицательная аномалия наблюдалась в январе (ст. Санчурск,  $-3,1^{\circ}\text{C}$ ), а самую теплую максимальное потепление отмечалось также в январе, когда положительная аномалия составила  $2,0^{\circ}\text{C}$  (ст. Вятские Поляны). Распределение аномалий температуры по другим месяцам показывает, что ситуация не во все месяцы устойчива.

Сравнение среднедекадных температур, вычисленных для всех месяцев как для самой холодной декады (1966 – 1975 гг.), как и самой теплой (1995 – 2004 гг.), показывает, что имеет место определенная неоднородность в течение года. Наиболее устойчивым является период январь – март, для которого разности температур (включая максимальную и минимальную) положительны. Менее устойчивы показатели для минимальной температуры.

Т а б л и ц а 6.17

## Коэффициент наклона линии тренда

Станции	Январь			Апрель			Июль			Октябрь			Год		
	<i>a</i>	<i>b</i>	$R^2$												
Характеристики линейного тренда максимальных температур															
Лальск	0,173	-14,51	0,212	0,064	5,94	0,059	0,087	20,85	0,153	0,068	2,85	0,113	0,054	4,74	0,256
Кирс	0,173	-14,7	0,229	0,054	6,29	0,037	0,094	20,99	0,2	0,073	2,63	0,124	0,056	4,60	0,284
Киров	0,179	-13,88	0,261	0,051	6,84	0,036	0,094	21,03	0,19	0,075	2,99	0,125	0,061	4,9	0,346
Санчурск	0,190	-12,82	0,259	0,045	8,3	0,026	0,086	22,27	0,174	0,060	5,19	0,112	0,054	6,38	0,318
Вятские Поляны	0,187	-13,38	0,27	0,018	8,52	0,004	0,064	23,20	0,097	0,058	5,29	0,091	0,043	6,50	0,160
Характеристики линейного тренда средних температур															
Лальск	0,161	-17,99	0,159	0,02	1,90	0,008	0,051	16,3	0,086	0,057	0,52	0,091	0,012	1,2	0,021
Кирс	0,180	-18,61	0,200	0,014	2,31	0,003	0,049	16,47	0,091	0,059	0,08	0,100	0,040	0,55	0,17
Киров	0,166	-16,58	0,211	0,020	3,49	0,007	0,054	17,51	0,094	0,060	0,86	0,097	0,040	1,85	0,187
Санчурск	0,182	-16,06	0,21	0,002	4,54	0,000	0,050	17,75	0,096	0,040	2,43	0,070	0,033	2,58	0,134
Вятские Поляны	0,176	-16,54	0,216	-0,008	4,54	0,001	0,029	18,6	0,031	0,045	2,38	0,079	0,024	2,69	0,065
Характеристики линейного тренда минимальных температур															
Лальск	0,142	-21,94	0,104	-0,030	-2,64	0,016	0,017	10,84	0,014	0,037	-1,89	0,040	0,021	-3,76	0,046
Кирс	0,183	-23,05	0,161	-0,030	-2,17	0,013	0,011	11,29	0,009	0,047	-2,61	0,04	0,028	-4,01	0,085
Киров	0,153	-19,56	0,164	-0,011	-0,01	0,002	0,009	13,69	0,004	0,049	-1,34	0,068	0,019	-1,43	0,046
Санчурск	0,169	-19,81	0,159	-0,042	0,78	0,040	0,011	12,62	0,009	0,030	-0,45	0,041	0,015	-1,65	0,028
Вятские Поляны	0,167	-20,17	0,168	-0,030	0,386	0,019	0,006	13,38	0,003	0,043	-0,62	0,080	0,018	-1,60	0,042

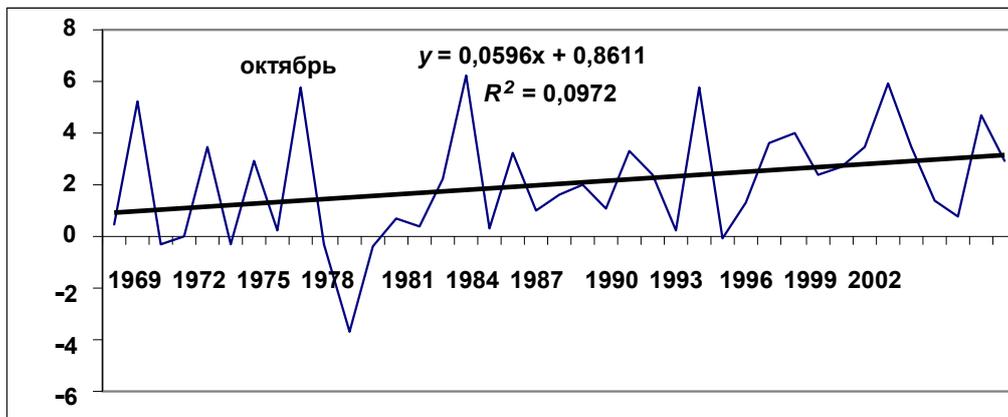
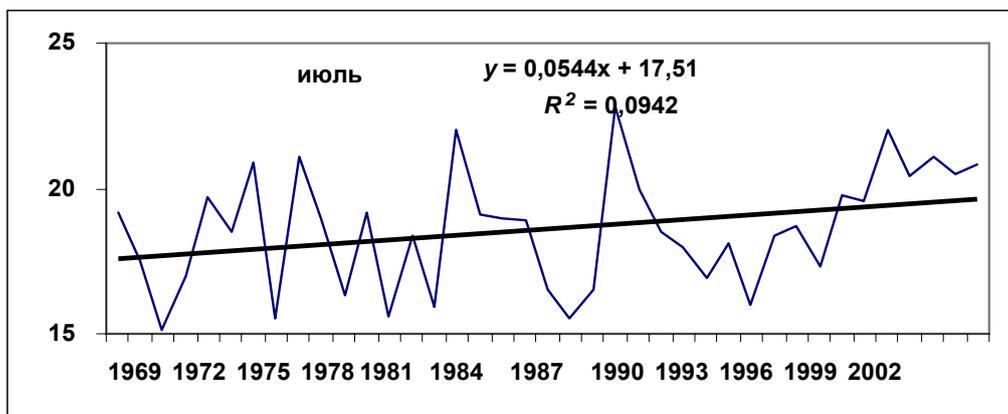
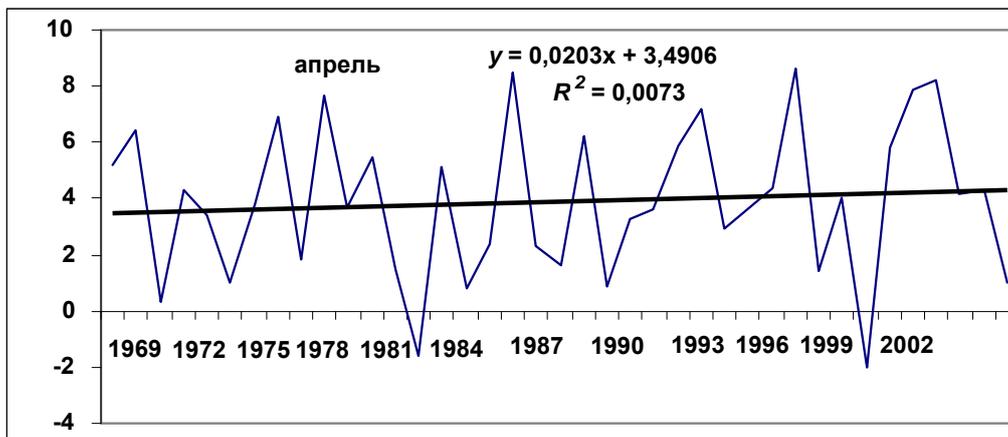
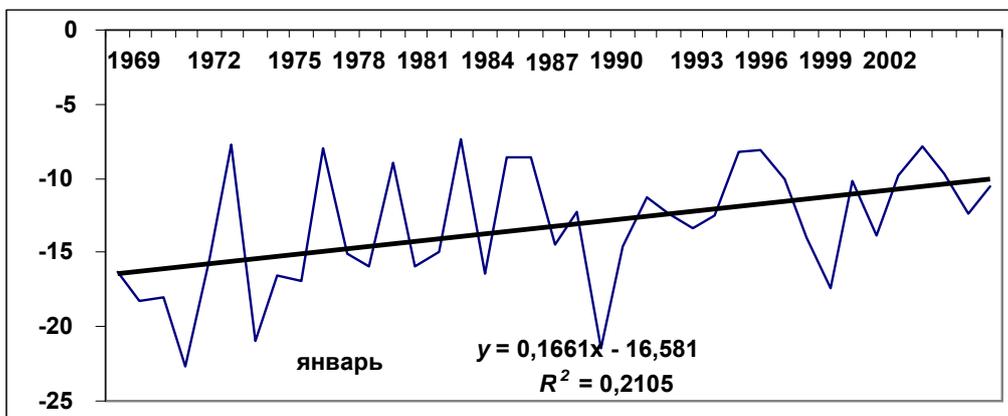


Рис. 6.4. Межгодовые изменения и линейные тренды температуры воздуха на ст. Киров (1966 – 2004 гг.)

Таблица 6.18

## Скользящие 5-летние средние температуры воздуха на ст. Киров

5-летия	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1968 – 1972	-16,9	-12,8	-6,3	2,5	9,0	14,5	18,1	16,3	9,3	1,1	-4,7	-11,2	1,6
1969 – 1973	-16,6	-12,6	-6,4	3,8	9,3	14,9	18,2	16,1	8,6	1,3	-4,5	-10,0	1,8
1970 – 1974	-15,4	-10,9	-4,9	3,3	9,9	15,8	19,0	16,2	9,0	2,4	-4,7	-8,7	2,6
1971 – 1975	-13,9	-11,5	-4,3	4,2	10,4	16,0	18,8	15,9	9,3	1,7	-4,3	-7,9	2,9
1972 – 1976	-15,4	-11,9	-4,2	4,7	10,8	16,1	18,4	16,1	8,9	1,0	-5,2	-8,0	2,6
1973 – 1977	-14,4	-12,2	-3,6	5,0	11,7	16,5	18,1	14,9	9,2	0,4	-4,4	-9,5	2,6
1974 – 1978	-12,9	-12,7	-3,0	3,9	10,9	15,6	18,1	14,5	10,0	0,5	-4,1	-11,8	2,4
1975 – 1979	-12,8	-13,4	-3,3	3,3	12,0	14,7	17,6	14,7	9,5	-0,6	-4,2	-11,9	2,1
1976 – 1980	-14,2	-13,0	-4,6	2,7	11,3	15,0	17,0	14,2	8,8	-0,1	-4,3	-11,6	1,8
1977 – 1981	-12,7	-11,5	-4,8	2,1	11,3	15,8	18,1	15,1	9,0	1,9	-3,5	-11,1	2,5
1978 – 1982	-12,8	-11,2	-5,1	1,6	10,7	14,6	18,1	15,1	9,5	2,0	-3,5	-9,5	2,5
1979 – 1983	-12,7	-10,9	-6,1	3,0	11,2	14,6	18,7	15,4	9,7	2,5	-3,6	-6,6	2,9
1980 – 1984	-11,2	-10,8	-6,2	3,8	11,2	15,4	18,8	14,8	9,7	2,7	-4,3	-8,0	3,0
1981 – 1985	-11,1	-11,9	-5,6	3,1	11,1	14,9	18,9	16,1	9,7	2,5	-4,1	-8,7	2,9
1982 – 1986	-12,1	-13,3	-4,5	4,2	10,7	14,4	17,7	14,9	9,2	1,7	-4,5	-9,9	2,4
1983 – 1987	-13,1	-12,5	-4,5	3,9	11,3	16,0	17,2	14,9	8,8	1,8	-6,4	-11,5	2,1
1984 – 1988	-14,3	-12,3	-3,8	2,8	11,4	17,0	17,9	15,4	8,7	1,8	-7,3	-12,6	2,1
1985 – 1989	-14,8	-11,4	-3,5	3,1	10,9	18,0	18,1	15,5	8,8	2,1	-6,9	-11,5	2,4
1986 – 1990	-14,4	-8,8	-2,9	3,9	10,6	18,2	18,5	15,1	8,6	1,9	-7,0	-10,8	2,7
1987 – 1991	-14,6	-7,6	-3,5	4,1	11,8	18,7	19,0	15,2	8,9	2,7	-6,5	-10,0	3,2
1988 – 1992	-12,8	-8,2	-3,0	4,5	11,0	17,6	19,1	15,3	9,8	2,5	-5,4	-8,8	3,5
1989 – 1993	-11,5	-8,4	-3,6	4,5	11,2	17,2	18,1	14,8	9,1	2,1	-5,9	-8,2	3,3
1990 – 1994	-10,9	-10,3	-4,1	4,7	10,6	15,9	17,3	14,8	9,3	2,3	-6,4	-8,4	2,9
1991 – 1995	-10,4	-10,4	-4,1	5,2	11,7	16,6	17,3	14,8	10,0	3,0	-6,4	-10,0	3,1
1992 – 1996	-10,6	-10,9	-4,0	4,0	11,0	15,9	17,4	15,0	9,8	2,3	-5,9	-10,3	2,8
1993 – 1997	-11,6	-10,8	-4,2	4,2	11,0	16,7	17,5	15,0	9,0	2,8	-5,9	-11,4	2,7
1994 – 1998	-11,9	-12,1	-3,6	3,1	11,0	17,3	17,9	15,1	9,8	3,3	-5,6	-11,4	2,7
1995 – 1999	-13,1	-10,6	-3,8	3,4	10,5	18,1	18,6	15,1	9,4	3,8	-6,2	-10,6	2,9
1996 – 2000	-13,1	-11,2	-4,0	3,3	9,6	17,9	19,3	14,9	8,8	3,7	-6,2	-10,1	2,7
1997 – 2001	-11,8	-11,3	-3,8	4,6	9,5	17,9	19,6	14,7	9,6	3,4	-7,1	-10,7	2,9
1998 – 2002	-10,3	-10,2	-3,5	4,6	9,1	17,4	20,4	14,2	9,7	3,1	-6,8	-12,0	3,0
1999 – 2003	-10,7	-9,2	-3,9	5,9	9,3	16,1	20,5	14,8	9,9	3,3	-5,3	-11,3	3,3
2000 – 2004	-10,0	-9,5	-3,0	5,0	10,5	15,6	20,7	15,2	10,2	2,7	-4,2	-11,8	3,5
2001 – 2005	-9,6	-10,5	-4,1	4,2	11,8	15,0	20,0	15,6	10,7	3,0	-3,0	-10,8	3,5
2002 – 2006	-11,3	-10,6	-4,5	3,4	12,0	15,6	19,3	16,0	10,6	3,1	-3,2	-8,7	3,5
2003 – 2007	-10,5	-13,1	-4,3	3,5	13,0	15,3	18,9	17,4	10,8	3,8	-3,5	-6,8	3,7

Таблица 6.19

## Скользящие 10-летние средние температуры воздуха на ст. Киров

10-летия	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1968 – 1977	-15,7	-12,5	4,9	3,7	10,3	15,5	18,1	15,6	9,3	0,8	4,6	-10,4	2,1
1969 – 1978	-14,7	-12,6	4,7	3,9	10,1	15,3	18,1	15,3	9,3	0,9	4,3	-10,9	2,1
1970 – 1979	-14,1	-12,2	4,1	3,3	11,0	15,3	18,3	15,5	9,2	0,9	4,4	-10,3	2,4
1971 – 1980	-14,1	-12,2	4,5	3,5	10,9	15,5	17,9	15,1	9,1	0,8	4,3	-9,8	2,3
1972 – 1981	-14,0	-11,7	-4,5	3,4	11,1	16,0	18,2	15,6	9,0	1,5	4,3	-9,5	2,6
1973 – 1982	-13,6	-11,7	4,4	3,3	11,2	15,6	18,1	15,0	9,4	1,2	-3,9	-9,5	2,5
1974 – 1983	-12,8	-11,8	-4,6	3,5	11,1	15,1	18,4	14,9	9,8	1,5	-3,9	-9,2	2,7
1975 – 1984	-12,0	-12,1	4,8	3,5	11,6	15,1	18,2	14,8	9,6	1,0	4,2	-10,0	2,6
1976 – 1985	-12,6	-12,5	-5,1	2,9	11,2	15,0	18,0	15,2	9,3	1,2	4,2	-10,1	2,3
1977 – 1986	-12,4	-12,4	4,6	3,2	11,0	15,1	17,9	15,0	9,1	1,8	4,0	-10,5	2,4
1978 – 1987	-12,9	-11,9	4,8	2,7	11,0	15,3	17,6	15,0	9,2	1,9	-5,0	-10,5	2,3
1979 – 1988	-13,5	-11,6	4,9	2,9	11,3	15,8	18,3	15,4	9,2	2,2	-5,5	-9,6	2,5
1980 – 1989	-13,0	-11,1	-4,9	3,4	11,0	16,7	18,5	15,2	9,2	2,4	-5,6	-9,8	2,7
1981 – 1990	-12,8	-10,4	4,3	3,5	10,9	16,6	18,7	15,6	9,1	2,2	-5,6	-9,7	2,8
1982 – 1991	-13,3	-10,5	4,0	4,1	11,3	16,6	18,3	15,1	9,1	2,2	-5,5	-10,0	2,8
1983 – 1992	-13,0	-10,4	-3,7	4,2	11,2	16,8	18,1	15,1	9,3	2,1	-5,9	-10,2	2,8
1984 – 1993	-12,9	-10,4	-3,7	3,7	11,3	17,1	18,0	15,1	8,9	2,0	-6,6	-10,4	2,7
1985 – 1994	-12,9	-10,9	-3,8	3,9	10,7	17,0	17,7	15,1	9,0	2,2	-6,6	-9,9	2,6
1986 – 1995	-12,4	-9,6	-3,5	4,6	11,2	17,4	17,9	14,9	9,3	2,5	-6,7	-10,4	2,9
1987 – 1996	-12,6	-9,3	-3,8	4,1	11,4	17,3	18,2	15,1	9,4	2,5	-6,2	-10,1	3,0
1988 – 1997	-12,2	-9,5	-3,6	4,4	11,0	17,2	18,3	15,1	9,4	2,7	-5,7	-10,1	3,1
1989 – 1998	-11,7	-10,3	-3,6	3,8	11,1	17,3	18,0	15,0	9,4	2,7	-5,8	-9,8	3,0
1990 – 1999	-12,0	-10,4	-3,9	4,0	10,5	17,0	17,9	14,9	9,4	3,0	-6,3	-9,5	2,9
1991 – 2000	-11,7	-10,8	4,1	4,3	10,6	17,3	18,3	14,8	9,4	3,4	-6,3	-10,1	2,9
1992 – 2001	-11,2	-11,1	-3,9	4,3	10,3	16,9	18,5	14,8	9,7	2,9	-6,5	-10,5	2,9
1993 – 2002	-10,9	-10,5	-3,8	4,4	10,1	17,1	18,9	14,6	9,4	3,0	-6,4	-11,7	2,8
1994 – 2003	-11,3	-10,7	-3,8	4,5	10,1	16,7	19,2	14,9	9,8	3,3	-5,5	-11,4	3,0
1995 – 2004	-11,6	-10,0	-3,4	4,2	10,5	16,8	19,6	15,2	9,8	3,2	-5,2	-11,2	3,2
1996 – 2005	-11,4	-10,8	4,1	3,8	10,7	16,5	19,7	15,3	9,8	3,3	4,6	-10,5	3,1
1997 – 2006	-11,6	-11,0	4,2	4,0	10,7	16,8	19,5	15,4	10,1	3,3	-5,2	-9,7	3,2
1998 – 2007	-10,4	-11,6	-3,9	4,1	11,1	16,4	19,6	15,8	10,2	3,4	-5,1	-9,4	3,3

Таблица 6.20

## Скользющие 20-летние средние температуры воздуха на ст. Киров

20-летия	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1966 – 1985	-14,3	-12,7	-4,9	3,5	10,8	15,2	18,1	15,7	9,3	1,5	-4,2	-10,6	2,3
1967 – 1986	-14,1	-12,5	-4,8	3,5	10,6	15,2	17,9	15,5	9,2	1,5	-4,2	-10,4	2,3
1968 – 1987	-14,3	-12,2	-4,9	3,2	10,7	15,4	17,8	15,3	9,2	1,3	4,8	-10,5	2,2
1969 – 1988	-14,1	-12,1	-4,8	3,4	10,7	15,5	18,2	15,3	9,2	1,5	-4,9	-10,3	2,3
1970 – 1989	-13,6	-11,6	-4,5	3,3	11,0	16,0	18,4	15,3	9,2	1,7	-5,0	-10,0	2,5
1971 – 1990	-13,4	-11,3	-4,4	3,5	10,9	16,0	18,3	15,3	9,1	1,5	-4,9	-9,7	2,6
1972 – 1991	-13,7	-11,1	-4,3	3,8	11,2	16,3	18,3	15,3	9,0	1,8	-4,9	-9,7	2,7
1973 – 1992	-13,3	-11,0	-4,0	3,7	11,2	16,2	18,1	15,0	9,3	1,7	-4,9	-9,8	2,7
1974 – 1993	-12,9	-11,1	-4,1	3,6	11,2	16,1	18,2	15,0	9,3	1,7	-5,2	-9,8	2,7
1975 – 1994	-12,4	-11,5	-4,3	3,7	11,2	16,0	18,0	15,0	9,3	1,6	-5,4	-10,0	2,6
1976 – 1995	-12,5	-11,0	-4,3	3,7	11,2	16,2	17,9	15,1	9,3	1,8	-5,4	-10,3	2,6
1977 – 1996	-12,5	-10,8	-4,2	3,6	11,2	16,2	18,0	15,0	9,3	2,1	-5,1	-10,3	2,7
1978 – 1997	-12,6	-10,7	-4,2	3,5	11,0	16,2	17,9	15,0	9,3	2,3	-5,3	-10,3	2,7
1979 – 1998	-12,6	-10,9	-4,3	3,4	11,2	16,5	18,2	15,2	9,3	2,4	-5,6	-9,7	2,7
1980 – 1999	-12,5	-10,8	-4,4	3,7	10,8	16,9	18,2	15,1	9,3	2,7	-5,9	-9,6	2,8
1981 – 2000	-12,3	-10,6	-4,2	3,9	10,8	16,9	18,5	15,2	9,3	2,8	-5,9	-9,9	2,9
1982 – 2001	-12,3	-10,8	-4,0	4,2	10,8	16,8	18,4	15,0	9,4	2,5	-6,0	-10,2	2,8
1983 – 2002	-11,9	-10,4	-3,8	4,3	10,6	16,9	18,5	14,8	9,3	2,5	-6,2	-10,9	2,8
1984 – 2003	-12,1	-10,5	-3,7	4,1	10,7	16,9	18,6	15,0	9,4	2,6	-6,0	-10,9	2,8
1985 – 2004	-12,2	-10,4	-3,6	4,0	10,6	16,9	18,7	15,1	9,4	2,7	-5,9	-10,6	2,9
1986 – 2005	-11,9	-10,2	-3,8	4,2	10,9	16,9	18,8	15,1	9,5	2,9	-5,6	-10,4	3,0
1987 – 2006	-12,1	-10,1	-4,0	4,0	11,1	17,0	18,8	15,2	9,7	2,9	-5,7	-9,9	3,1
1988 – 2007	-11,3	-10,6	-3,7	4,2	11,0	16,8	19,0	15,5	9,8	3,0	-5,4	-9,8	3,2

Таблица 6.21

## Скользющие 30-летние средние температуры воздуха на ст. Киров

30-летия	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1966 – 1995	-13,7	-11,7	-4,4	3,8	10,9	15,9	18,0	15,4	9,3	1,8	-5,0	-10,5	2,5
1967 – 1996	-13,6	-11,4	-4,4	3,7	10,9	15,9	18,0	15,4	9,3	1,9	-4,9	-10,3	2,5
1968 – 1997	-13,6	-11,3	-4,4	3,6	10,8	16,0	18,0	15,2	9,3	1,8	-5,1	-10,3	2,5
1969 – 1998	-13,3	-11,5	-4,4	3,5	10,8	16,1	18,1	15,2	9,3	1,9	-5,2	-10,1	2,5
1970 – 1999	-13,0	-11,2	-4,3	3,6	10,8	16,3	18,2	15,2	9,3	2,1	-5,4	-9,9	2,6
1971 – 2000	-12,9	-11,1	-4,3	3,7	10,8	16,4	18,3	15,2	9,2	2,1	-5,4	-9,9	2,7
1972 – 2001	-12,9	-11,1	-4,1	4,0	10,9	16,5	18,4	15,2	9,3	2,2	-5,4	-10,0	2,7
1973 – 2002	-12,5	-10,9	-4,0	4,0	10,8	16,5	18,4	14,9	9,3	2,1	-5,4	-10,5	2,7
1974 – 2003	-12,3	-11,0	-4,0	3,9	10,8	16,3	18,5	15,0	9,5	2,3	-5,3	-10,3	2,8
1975 – 2004	-12,1	-11,0	-4,0	3,9	10,9	16,3	18,5	15,0	9,5	2,2	-5,3	-10,4	2,8
1976 – 2005	-12,1	-11,0	-4,2	3,7	11,0	16,3	18,5	15,1	9,4	2,3	-5,2	-10,3	2,8
1977 – 2006	-12,2	-10,9	-4,2	3,7	11,1	16,4	18,5	15,1	9,5	2,5	-5,1	-10,1	2,9
1978 – 2007	-11,8	-11,0	-4,1	3,7	11,0	16,3	18,5	15,3	9,6	2,7	-5,3	-10,0	2,9

Т а б л и ц а 6.22

Средние температуры воздуха (°С) на ст. Киров в холодное (1966 – 1975 гг.)  
и теплое (1995 – 2004 гг.) десятилетия

Годы	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Средняя температура воздуха													
1995 – 04	-11,6	-9,9	-3,3	4,3	10,7	17,0	19,9	15,2	9,8	3,2	-5,3	-11,1	3,3
1966 – 75	-16,1	-12,8	-4,6	4,1	10,6	15,6	18,4	16,3	9,3	1,7	-4,2	-11,1	2,3
Разность	4,5	2,9	1,3	0,2	0,1	1,4	1,5	-1,1	0,5	1,5	-1,1	0,0	1,0
Максимальная температура воздуха													
1995 – 04	-8,5	-6,7	0,4	8,9	15,5	21,9	24,9	19,8	14,0	5,8	-3,0	-8,3	7,1
1966 – 75	-13,3	-9,8	-1,5	7,6	14,6	19,6	22,1	20,2	12,6	3,9	-2,4	-8,9	5,4
Разность	4,8	3,1	1,9	1,3	0,9	2,3	2,8	-0,4	1,4	1,9	-0,6	0,6	1,7
Минимальная температура воздуха													
1995 – 04	-15,0	-13,8	-7,5	-0,5	5,4	11,6	14,1	10,9	6,1	0,6	-7,9	-14,4	-0,9
1966 – 75	-19,1	-16,1	-7,9	0,3	6,0	10,8	14,0	12,0	5,8	-0,6	-6,2	-13,4	-1,2
Разность	4,1	2,3	0,4	-0,8	-0,6	0,8	0,1	-1,1	0,3	1,2	-1,7	-1,0	0,3

## 6.4. 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  $0^{\circ}\text{C}$  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  $0^{\circ}\text{C}$ , 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 Кировской области меняется от 24 до 42 дней (табл. 6.23). Наи-

большее количество заморозков отмечается в апреле (10 – 15 дней) и в октябре (8 – 11 дней). В мае и сентябре заморозков меньше (2 – 10 дней), в июне и августе заморозки отмечаются только в северной части области. 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 6.23

Среднее многолетнее число дней с заморозками

Станции	Апрель	Май	Июнь	Август	Сентябрь	Октябрь	Всего
Лальск	14	10	1	1	6	10	42
Опарино	13	8	1	0	5	8	35
Мураши	14	8	1	0	6	9	38
Кирс	14	9	1	1	5	9	39
Нагорское	12	6	1	0	3	8	30
Б. Холуница	13	6	0	0	4	9	32
Даровское	15	7	1	0	5	10	38
Киров	11	3	0	0	3	9	26
Фаленки	13	5	0	0	3	10	31
Шабалино	13	5	0	0	4	10	32
Котельнич	12	5	0	0	3	10	30
Кумены	12	5	0	0	4	10	31
Верхошижемье	13	5	0	0	4	11	33
Уни	12	4	0	0	3	10	29
Нолинск	11	3	0	0	2	10	26
Яранск	12	4	0	0	3	11	30
Уржум	11	3	0	0	2	10	26
Санчурск	11	3	0	0	3	11	28
Кильмезь	12	2	0	0	2	9	25
В. Поляны	10	3	0	0	2	9	24

В целом можно отметить хорошо выраженное широтное изменение повторяемости заморозков: с севера на юг наблюдается заметное уменьшение дней с заморозками. Наибольшее число дней с заморозками отмечается на северо-западе области на станции Лальск (42 дня) и северо-востоке области на станции Кирс (39 дней). В центральной части выделяются станции Нагорское, Белая Холуница и Киров, где наблюдается пониженная повторяемость заморозков – от 26 до 32 дней.

Наименьшее число дней с заморозками отмечается на юго-востоке области на станциях Кильмезь (25 дней) и Вятские Поляны (24 дня).

В отдельные годы и месяцы количество дней с заморозками может намного превышать их средние многолетние значения (табл. 6.24).

Так, в мае максимальное число дней с заморозками может достигать 15 – 24 дней, в сентябре – 10 – 17 дней. В отдельные годы вторжения холодных воздушных масс вызывают заморозки в июне (от 2 до 5 дней), июле и августе (от 1 до 3 дней), что крайне неблагоприятно для всех сельскохозяйственных культур.

Т а б л и ц а 6.24

Максимальное число дней с заморозками

Станции	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1	2	3	4	5	6	7	8
Лальск	26	24	4	1	5	14	21
	1976	1999	1979	1991	1983	1993	1986
Опарино	25	21	6	0	2	14	20
	1974	1999	1979		1982	1993	1978
Мураши	24	23	6	0	3	17	22
	1976	1999	1979		1983	1993	1978
Кирс	25	22	5	1	4	17	24
	1996	1999	1982	1997	1987	1973	2002
Нагорское	24	15	4	0	1	14	21
	1996	1999	1982		1986	1973	1978
Б. Холуница	25	17	4	0	2	15	22
	1974	1999	1979		1986	1973	2002
Даровское	26	19	5	0	2	15	23
	1974	1999	1979		1996	1973	2002
Киров	23	16	2	0	0	10	23
	1996	1999	1967			1993	2002
Фаленки	25	15	4	0	1	11	22
	1992	1986	1992		1986	1973	1978
Шабалино	27	16	2	0	2	12	21
	1974	1999	1967		1984	1993	1978
Котельнич	24	16	4	0	1	12	23
	1996	1986	1979		1987	1993	2002
Кумены	23	15	3	0	2	12	21
	1992	1999	1979		1996	1973	1980
Верхошижемье	25	17	4	0	1	17	25
	1996	1999	1992		1983	1993	2002
Уни	25	13	3	0	0	11	21
	1996	1999	1979			1973	1978
Нолинск	21	11	1	0	0	11	21
	1978	1999	1967			1973	2002

## Окончание т а б л и ц ы 6.24

1	2	3	4	5	6	7	8
Яранск	25	14	3	0	2	9	21
	1978	1999	1985		1969	1968	1980
Уржум	23	13	2	0	0	9	19
	1996	2002	1979			1973	1978
Санчурск	22	14	2	0	1	9	20
	1978	1999	1979		1969	1967	1975
Кильмезь	23	9	4	0	0	9	20
	1996	1999	1979			1977	1978
В. Поляны	22	11	2	0	1	10	18
	1978	1969	1979		1969	1993	1980

Определенную ценность для сельскохозяйственного производства имеют даты последнего заморозка весной, первого заморозка осенью и продолжительность безморозного периода (табл. 6.25).

Т а б л и ц а 6.25

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	5.09	7.07.91	27.05	21.06.83	102
Опарино	10.09	12.08.92	26.05	21.06.83	107
Мураши	14.09	11.08.92	22.05	15.06.69	115
Кирс	9.09	22.07.97	23.05	16.06.69	109
Нагорское	24.09	30.08.97	17.05	9.06.82	129
Б. Холуница	19.09	20.08.77	15.05	15.06.80	127
Даровское	11.09	8.08.02	23.05	23.06.75	111
Киров	26.09	9.09.94	12.05	5.06.79	137
Фаленки	24.09	30.08.86	17.05	15.06.69	130
Шабалино	20.09	26.08.87	15.05	8.06.70	128
Котельнич	19.09	26.08.96	17.05	8.06.79	125
Кумены	20.09	26.08.96	16.05	12.06.75	127

Окончание т а б л и ц ы 6.25

1	2	3	4	5	6
Верхоши- жемье	24.09	28.08.83	17.05	6.06.92	130
Уни	27.09	3.09.94	14.05	10.06.82	136
Нолинск	28.09	7.09.79	8.05	4.06.81	144
Яранск	15.09	14.08.69	15.05	8.06.85	123
Уржум	26.09	31.08.97	11.05	6.06.92	138
Санчурск	20.09	15.08.69	11.05	8.06.79	132
Кильмезь	29.09	31.08.97	10.05	6.06.92	141
В. Поляны	24.09	16.08.69	10.05	5.06.85	137

В Кировской области средняя дата последнего заморозка весной приходится на 8 – 27 мая, самые поздние весенние заморозки отмечались в третьей декаде июня на станциях Лальск, Опарино (21 июня 1983 г.) и Даровское (23 июня 1975 г.), расположенные на северо-востоке области. В центральной части области заморозки полностью прекращались во второй декаде июня, на юге – в первой декаде июня (4 – 8 июня).

Осенью разброс в средних датах первого заморозка более существенен – от 5 сентября на ст. Лальск до 29 сентября на ст. Кильмезь. Самые ранние осенние заморозки наблюдались на севере области на станциях Лальск (7 июля 1991 г.) и Кирс (22 июля 1997 г.). На юге области первые заморозки осенью наблюдались в конце августа – начале сентября.

Таким образом, наименьшая средняя продолжительность безморозного периода отмечается на северо-востоке и северо-западе области – ст. Лальск (102 дня), Опарино (107 дней) и Кирс (109 дней), наибольшая продолжительность безморозного периода наблюдается на юго-востоке области – ст. Нолинск (144 дня), Кильмезь (141 день), Уржум (137 дней).

### *Оттепели*

В районах возделывания озимых зерновых культур холодный период года является опасным для жизни растений. Зимой растения, находясь в состоянии вынужденного покоя, непрерывно подвергают-

ся 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 Кировской области проявляется влияние Атлантического океана, частые вхождения циклонических барических образований с Атлантики смягчают зиму, делают ее более снежной, с оттепелями и сильными ветрами.

В целом за холодный период среднее многолетнее число дней с оттепелью по территории области составляет 26 – 35 дней (табл. 6.26). Наибольшее число оттепелей отмечается в периоды слабых отрицательных температур – в ноябре (7 – 10 дней) и в марте (12 – 14 дней). В зимние месяцы, когда наблюдаются наиболее низкие температуры воздуха, оттепели сравнительно редки – в декабре число дней с оттепелью в среднем составляет 3 – 5 дней, в январе и феврале 1 – 4 дня.

В территориальном распределении пониженной повторяемостью оттепелей (22 – 26 дней) выделяются станции Нагорское и Мураши, расположенные на Северных Увалах и имеющие наибольшие отметки относительно уровня моря (217 и 216 метров соответственно). Максимальная повторяемость оттепелей отмечается на юго-западе области и составляет 35 дней (ст. Яранск и Санчурск).

Т а б л и ц а 6.26

Среднее многолетнее число дней с оттепелью

Станции	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Всего
Лальск	7	4	2	3	14	30
Опарино	8	3	2	2	12	27
Мураши	7	3	1	2	13	26
Кирс	8	3	2	2	14	29
Нагорское	6	2	1	1	12	22
Б. Холуница	7	3	2	2	12	26
Даровское	8	4	3	3	13	31
Киров	9	3	2	3	12	29
Фаленки	8	3	2	2	12	27
Шабалино	8	3	3	3	12	29
Котельнич	9	4	3	3	13	32
Кумены	9	3	2	3	13	30
Верхошижемье	8	3	2	2	13	28
Уни	8	3	2	2	14	29
Нолинск	8	3	2	3	13	29
Яранск	10	5	3	4	13	35
Уржум	9	4	2	3	12	30
Санчурск	10	5	3	4	13	35
Кильмезь	7	3	2	2	14	28
В. Поляны	10	4	2	3	12	31

В отдельные годы число дней с оттепелью существенно отличается от средних значений (табл. 6.27). Так в ноябре и марте наибольшая повторяемость оттепелей достигала 20 – 26 дней, в декабре 11 – 15 дней, в январе 6 – 10 дней, в феврале 9 – 21 дней.

## Максимальное число дней с оттепелью

Станции	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
Лальск	23	15	10	18	24
	1982	1982	1971	1990	1989
Опарино	24	11	8	14	23
	1996	1982	1971	2002	1989
Мураши	21	11	7	13	25
	1996	1982	1971	2002	1995
Кирс	23	13	6	16	24
	1996	1971	1981	2002	1989
Нагорское	18	10	5	9	20
	1977	1982	1971	1990	1989
Б. Холуница	22	12	7	18	23
	1982	1982	2002	2002	2002
Даровское	24	13	10	19	26
	1982	1982	1971	2002	2002
Киров	21	13	7	20	23
	1982	1982	1971	2002	1989
Фаленки	22	11	7	17	22
	1982	1982	2002	2002	1989
Шабалино	22	12	8	19	25
	1982	1982	1971	2002	2002
Котельнич	24	12	9	21	24
	1982	1982	1971	2002	2002
Кумены	23	14	7	18	23
	1982	1982	1971	2002	2002
Верхошижемье	20	11	8	20	24
	1982	1982	2002	2002	2002
Уни	22	11	7	19	23
	1996	1982	2002	2002	1989
Нолинск	20	13	8	19	25
	1977	1982	2002	2002	2004
Яранск	26	14	11	20	25
	1971	1972	2002	2002	2002
Уржум	22	12	7	19	23
	1971	1980	1971	2002	1977
Санчурск	24	13	11	23	26
	1982	1972	1971	2002	2002
Кильмезь	20	13	8	21	25
	1977	1982	2001	2002	2002
В. Поляны	26	15	10	20	24
	1971	1980	2001	2002	1977

Интересно отметить, что в январе и феврале максимальное число дней с оттепелью в большинстве случаев было зарегистрировано в 2001 – 2002 гг., а в остальные месяцы максимумы повторяемости оттепелей были зафиксированы в более ранние годы. По-видимому, это является следствием того, что наблюдающееся потепление климата Кировской области наиболее интенсивно происходит в январе – феврале, и поэтому именно в эти месяцы увеличилась повторяемость 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  $\tau$ .

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 Кировской области 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 области.

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.

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  $\tau$  влечет за собой рост давления пара, и наоборот.

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

## 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  $\tau$ .

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 Кировской области 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 области.

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.

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

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

( $0 \leq f \leq 1,0$ ), а температура точки росы является косвенной характеристикой давления пара, почти полностью определяя его. При этом увеличение  $\tau$  влечет за собой 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.

Территория Кировской области по характеру ее рельефа весьма неоднородна. Как следует из вышеуказанного (п. 2) на север территории заходят южные отроги Северных Увалов с отметками высот  $H = 160 \div 230$  м абс. Центральную часть области почти в меридиональном направлении пересекает Вятский Увал ( $H = 175 \div 284$  м абс.). На восток территории выходят западные отроги Верхнекамской возвышенности ( $h = 200 \div 236$  м абс.). По течению р. Вятки (после впадения в нее р. Летки) и в нижнем течении р. Чепцы располагаются Верхневятская и Чепецкая низменности. Обширные понижения территории наблюдаются также в междуречье рек Вятки и Пижмы и в нижнем правобережье р. Кильмезь ( $H = 64 - 147$  м абс.). Указанные понижения территории в значительной части заболочены. Если северная и северо-восточная части территории представляют собою сплошную таежную зону, то в юго-восточной и юго-западной ее частях преобладает редколесье. Столь значительные перепады высот и различия в физическом состоянии испаряющих поверхностей влекут за собою заметные изменения в значениях давления пара (Климатология, 1989; Климат России, 2001) на территории области.

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 области варьируют в июле от 14,2 гПа (ст. Мураши) до 15,3 гПа (ст. В. Поляны). Первая из указанных станций находится на южном склоне Северных Увалов (высота станции  $H = 216$  м абс.), вторая – в долине р. Вятка (83 м абс.).

Т а б л и ц а 7.1

Средние месячные и годовые значения давления  
водяного пара, гПа

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	2,2	2,4	3,5	5,1	7,4	11,4	14,3	12,6	9,3	6,2	3,9	2,7	7,3
Опарино	2,2	2,4	3,5	5,2	7,4	11,5	14,4	12,7	9,3	6,1	3,9	2,7	7,2
Мураши	2,2	2,4	3,5	5,1	7,4	11,4	14,2	12,5	9,2	6,0	3,8	2,6	7,2
Кирс	2,1	2,2	3,4	5,1	7,5	11,6	14,5	12,6	9,2	6,0	3,7	2,5	7,1
Нагорское	2,2	2,3	3,5	5,2	7,6	11,7	14,5	12,7	9,3	6,0	3,8	2,6	7,3
Б. Холуница	2,2	2,4	3,6	5,5	8,1	12,3	15,0	13,0	9,5	6,3	3,9	2,7	7,8
Даровское	2,3	2,5	3,6	5,5	8,0	12,1	14,8	13,0	9,6	6,3	4,1	2,8	7,5
Киров, АМСГ	2,3	2,4	3,6	5,5	7,8	12,0	14,7	12,9	9,6	6,2	4,0	2,7	7,5
Фаленки	2,2	2,2	3,4	5,5	8,0	12,1	14,8	12,8	9,5	6,2	3,9	2,6	7,5
Шабалино	2,4	2,5	3,6	5,6	8,1	12,3	14,9	13,1	9,5	6,3	4,1	2,8	7,7
Котельнич	2,3	2,4	3,5	5,6	8,1	12,1	14,7	12,9	9,5	6,3	4,1	2,8	7,7
Кумены	2,3	2,4	3,5	5,6	8,0	12,0	14,6	12,7	9,4	6,2	4,0	2,7	7,6
Верхошижемье	2,4	2,5	3,5	5,6	7,9	12,1	14,7	12,9	9,6	6,3	4,1	2,8	7,7
Уни	2,2	2,3	3,5	5,6	8,1	12,2	14,8	12,9	9,6	6,3	4,0	2,7	7,5
Нолинск	2,3	2,4	3,5	5,6	8,0	12,1	14,6	12,7	9,5	6,3	4,0	2,7	7,6
Яранск	2,4	2,5	3,6	6,0	8,6	12,7	15,1	13,1	9,8	6,6	4,3	2,9	8,5
Уржум	2,3	2,4	3,5	5,8	8,2	12,4	14,9	12,9	9,6	6,5	4,1	2,8	7,8
Санчурск	2,5	2,6	3,7	6,2	8,8	12,9	15,2	13,2	9,9	6,7	4,4	3,0	8,1
Кильмезь	2,5	2,5	3,6	5,6	8,2	12,8	15,2	13,2	9,8	6,5	4,0	2,8	7,8
В. Поляны	2,4	2,4	3,6	6,1	8,3	12,7	15,3	13,2	9,7	6,6	4,2	2,8	8,1

Более высокое давление водяного пара на ст. В. Поляны объясняется, по-видимому, не только ее низким положением, но и увлажняющим влиянием более интенсивного испарения с близлежащей водной поверхности (р. Вятка) (Верещагин, 1963).

В январе изменения давления пара по территории области незначительны (от 2,2 гПа на северо-востоке (ст. Киров) до 2,4 – 2,5 гПа на юго-западе (ст. Санчурск, Яранск) и юге (ст. Кильмезь, В. Поляны).

Отклонения текущих средних месячных значений давления пара от многолетних норм в отдельные годы могут быть значительными, особенно летом. Например, на ст. Киров, АМСГ средняя месячная величина давления пара в июле 1987 г. составила 17,4 гПа, что превысило средний многолетний показатель для этого же месяца (14,7 гПа) на 2,7 гПа. Напротив, в июле 1981 г. аналогичный средний месячный 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 годовых минимумов и максимумов (табл. 7.2).

Т а б л и ц а 7.2

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

Станции	Время (мес.) обнаружения годового максимума			Время (мес.) обнаружения годового минимума		
	VI	VII	VIII	XII	I	II
Опарино	5,27	81,58	13,15	16,21	54,05	29,72
Киров, АМСГ	7,69	82,06	10,25	17,50	50,00	32,50
Уржум	7,89	86,85	5,26	24,32	48,65	27,02
В. Поляны	8,11	89,19	2,70	20,00	45,71	34,29

Как видно, летний максимум давления пара по времени своего проявления наиболее устойчив: вероятность его обнаружения в июле колеблется в пределах 82 – 89%. При этом указанная устойчивость закономерно возрастает с севера области на юг. Годовой минимум водяного пара по тому же признаку менее устойчив: от 16 до 34% случаев его можно наблюдать в декабре и феврале (соответственно), хотя чаще всего (от 45 до 54% случаев) он фиксируется все же в январе.

Средняя по области амплитуда годовых колебаний давления пара ( $A(e)$ ) составляет 12,4 гПа. Годовой ход давления пара наиболее резко выражен в низкорасположенных частях территории: на ст. Б. Холуница ( $H = 148$  м абс.) вышеупомянутая амплитуда достигает 12,8 гПа, а на ст. Яранск ( $H = 103$  м абс.), Санчурск ( $H = 92$  м абс.), В. Поляны ( $H = 83$  м абс.) – 12,7 гПа. На более высоко расположенных станциях Нагорское ( $H = 217$  м абс.), Мураши ( $H = 216$  м абс.), Верхошижемье ( $H = 200$  м абс.) она заметно меньше (12,0 ÷ 12,3 гПа). Коэффициент линейной корреляции  $r(H, A(e))$  по области составляет -0,297, 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 (Нагорское, Мураши и др.), 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 области проявляется по-разному в зависимости от времени года; в наиболее простой форме (с одним суточным максимумом – 12 час., редко в 15 час. – и одним минимумом – около 0 – 3 час. по местному времени) наблюдается с декабря по март – апрель (на 50% территории). Суточный ход давления водяного пара в это время года близко следует за суточным ходом температуры воздуха (табл. 7.3). 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 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 области в июле в от 14,8 гПа (наиболее высокорасположенная ст. Нагорское) до 16,0 гПа (ст. Яранск, находящаяся на 114 м ниже вышеуказанной).

Амплитуды суточных колебаний давления пара  $a(e)$  в разгар лета (июль) изменяются по территории области от 0,6 ÷ 0,9 (ст. Но-

линск,  $H = 147$  м абс.; ст. Уржум,  $H = 165$  м абс.) до 2,3 гПа (ст. Лальск,  $H = 85$  м абс.), что указывает на некоторую их отрицательную зависимость от высот рельефа. В целом же для всей территории области в июле коэффициент корреляции  $r(a(e), H)$  невелик (-0,152). В зимнее время (январь) суточные изменения давления пара весьма незначительны:  $a(e) = 0,1 \div 0,2$  гПа.

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							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Лальск	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Опарино	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Мураши	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Кирс	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1
Нагорское	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1
Б. Холуница	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Даровское	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
Киров, АМСГ	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3
Фаленки	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1
Шабалино	2,3	2,3	2,3	2,4	2,5	2,4	2,4	2,3
Котельнич	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
Кумыны	2,3	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2
Верхошижемье	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3
Уни	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2
Нолинск	2,3	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3
Яранск	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4
Уржум	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3
Санчурск	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
Кильмезь	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5
В. Поляны	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3

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							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Лальск	13,2	14,1	14,7	14,0	14,0	14,4	15,5	14,3
Опарино	13,5	14,1	14,8	14,3	14,2	14,5	15,4	14,4
Мураши	13,6	14,2	14,5	13,9	13,9	14,2	15,0	14,2
Кирс	13,6	14,4	14,8	14,2	14,1	14,6	15,7	14,5
Нагорское	13,8	14,4	15,0	14,5	14,3	14,6	14,8	14,3
Б. Холуница	14,0	14,8	15,5	15,1	14,9	15,3	15,7	14,8
Даровское	13,9	14,5	15,2	14,7	14,6	14,9	15,7	14,8
Киров, АМСГ	14,4	14,7	15,0	14,5	14,3	14,6	15,1	14,8
Фаленки	14,1	14,7	15,3	14,7	14,6	15,1	15,3	14,7
Шабалино	14,1	14,7	15,3	14,8	14,8	15,1	15,5	14,8
Котельнич	14,3	14,9	15,3	14,4	14,2	14,6	15,4	14,9
Кумены	14,1	14,7	15,1	14,4	14,3	14,6	15,3	14,7
Верхошижемье	14,3	14,6	15,0	14,5	14,4	14,7	15,3	14,7
Уни	14,2	14,8	15,2	14,6	14,4	14,8	15,5	14,8
Нолинск	14,3	14,7	15,3	14,4	14,3	14,5	14,9	14,5
Яранск	14,4	15,1	15,7	14,8	14,7	15,1	16,0	15,2
Уржум	14,4	15,2	15,4	14,8	14,6	15,1	15,3	14,8
Санчурск	14,5	15,3	15,8	14,9	14,7	15,4	16,0	15,2
Кильмезь	14,7	15,3	15,7	15,0	14,9	15,3	15,7	15,2
В. Поляны	14,5	15,5	16,0	15,1	14,9	15,5	15,8	15,1

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

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

Т а б л и ц а 7.4 а

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)
Нагорское	217	2,2	14,5	Б. Холуница	148	2,2	15,0
Мураши	216	2,2	14,2	Даровское	147	2,3	14,8
Верхошижемье	200	2,4	14,7	Нолинск	147	2,3	14,6
Опарино	179	2,2	14,4	Киров, АМСГ	143	2,3	14,7
Уни	178	2,2	14,8	Котельнич	122	2,4	14,7
Кумены	177	2,3	14,6	Кильмезь	116	2,5	15,2
Фаленки	170	2,2	14,8	Яранск	103	2,4	15,1
Кирс	168	2,1	14,5	Санчурск	92	2,5	15,2
Шабалино	166	2,4	14,9	Лальск	85	2,2	14,3
Уржум	165	2,3	14,9	В. Поляны	83	2,4	15,3

Т а б л и ц а 7.4 б

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)
Нагорское	217	64	89	Б. Холуница	148	65	87
Мураши	216	63	88	Даровское	147	66	88
Верхошижемье	200	62	88	Нолинск	147	59	85
Опарино	179	64	88	Киров, АМСГ	143	60	87
Уни	178	63	87	Котельнич	122	63	86
Кумены	177	63	86	Кильмезь	116	60	87
Фаленки	170	64	87	Яранск	103	65	87
Кирс	168	65	87	Санчурск	92	64	87
Шабалино	166	64	88	Лальск	85	65	87
Уржум	165	61	88	В. Поляны	83	59	86

В табл. 7.4 а метеорологические станции записаны в порядке уменьшения высот их местоположений. Видно, что с ростом высот  $H$

величины давления пара имеют устойчивую тенденцию к их уменьшению, и наоборот. Сказанное подкрепляется также величинами коэффициентов корреляции между рассматриваемыми признаками:  $r(e(I), H) = -0,484$ ,  $r(e(VII), H) = -0,562$ . При числе степеней свободы  $m = 20 - 2 = 18$  пороговые значения наибольших случайных коэффициентов при уровнях значимостей  $\alpha = 0,05$  и  $0,01$  таковы (Шторм, 1970):  $r_{0,05} = 0,45$  и  $r_{0,01} = 0,55$ . Как видно, надежность выявленной отрицательной зависимости давления пара от высот орографии высока ( $> 95 \div 95\%$ ).

Таким образом, части территории области, тяготеющие к Вятскому и Северным Увалам, по величинам давления пара являются наиболее «сухими». Напротив, наиболее увлажненными являются Верхневятская и Чепецкая низменности, междуречье рек Вятка и Пижма, правобережье нижней части течения р. Кильмезь.

Укажем еще на одну особенность географического распределения давления водяного пара. Если в июле средние значения давления пара варьируются в пределах территории в диапазоне от 14,2 гПа (ст. Мураши) до 15,3 гПа (ст. В. Поляны), то в январе пределы пространственного изменения этого же признака гораздо уже: от 2,2 гПа (на ст. Кирс) до 2,5 гПа (на ст. Санчурск, Кильмезь) (табл. 7.1). Это свидетельствует о большей (нежели летом) однородности зимнего поля  $e(I)$ .

Конфигурация изолиний  $e(I) = \text{const}$  близка к конфигурациям январских изотерм (Климат России, 2001). Это обстоятельство, а также неравенство  $|r(e(I), H)| < |r(VII), H|$  свидетельствуют о том, что распределение водяного пара по территории области в зимний период связано уже не столько с влиянием месячного испарения, сколько с процессами переноса водяного пара через территорию области воздушными течениями. При преобладающих в зимний период юго-западных воздушных потоках (Климатология, 1989; Климат России, 2001) количество переносимой в них влаги постепенно уменьшается в направлении их следования.

Таким образом, в наблюдаемом зимою уменьшении давления пара в северном и северо-восточном направлениях нашла свое проявление вся совокупность действующих факторов: и общая тенденция повышения высот рельефа, и понижение температура воздуха в том же направлении, и, наконец, адвекция влаги в преобладающих юго-западных воздушных потоках.

## 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  $t$ :

$$f = \frac{e}{E} 100\% \quad (7.2)$$

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

Практическое значение рассматриваемого показателя влажности состоит, прежде всего, в косвенной характеристике скорости испарения, или, что то же самое, скорости потери влаги  $W$  испаряющей поверхностью. Последнюю с некоторым приближением можно записать в виде:

$$W \approx \frac{AE}{100} [100 - f] \cdot F(u), \quad (7.3)$$

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

Из формулы 7.3 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 Кировской области 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 (табл. 7.6).

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

Т а б л и ц а 7.5

Средние месячные и годовые значения  
относительной влажности воздуха, %

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	83	81	76	69	65	68	74	79	84	86	87	85	80
Опарино	84	82	76	68	64	70	76	81	84	86	88	86	80
Мураши	85	82	76	67	63	68	74	78	83	86	88	86	79
Кирс	83	80	76	69	65	69	75	80	83	85	87	84	77
Нагорское	86	83	76	68	64	68	73	78	83	86	89	87	79
Б. Холуница	82	81	77	70	65	69	74	78	82	85	87	84	80
Даровское	84	82	77	70	66	70	75	79	83	86	88	86	80
Киров, АМСГ	84	81	75	66	60	66	70	75	80	84	87	85	76
Фаленки	84	81	77	71	64	68	73	77	82	85	87	85	78
Шабалино	84	81	75	68	64	70	74	78	82	84	88	86	80
Котельнич	83	80	76	69	63	68	72	76	80	83	86	85	79
Кумены	82	80	76	69	63	67	72	75	80	84	86	84	78
Верхошижемье	85	82	76	68	62	67	72	76	82	85	88	86	80
Уни	83	80	76	69	63	67	71	75	81	85	87	85	76
Нолинск	82	79	75	67	59	65	68	72	78	82	85	84	77
Яранск	84	82	79	73	65	69	72	75	81	84	87	85	80
Уржум	84	82	78	71	61	67	71	73	79	84	88	86	79
Санчурск	84	82	79	72	64	70	73	75	80	84	87	85	80
Кильмезь	84	81	76	68	60	68	71	76	80	83	87	85	77
В. Поляны	82	80	79	72	59	67	71	73	76	82	86	83	77

Т а б л и ц а 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	–	8,11	65,57	21,62	–	
Киров, АМСГ	–	7,69	51,29	25,64	10,25	5,13	–	10,25	69,24	17,95	2,56	
Уржум	–	7,69	51,29	20,51	12,82	5,13	2,56	2,70	78,38	18,92	–	
В. Поляны	–	5,40	40,56	29,73	16,21	5,40	2,70	2,63	89,48	7,89	–	

Т а б л и ц а 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)
В. Поляны	92 (XI, 1971)	49 (V, 1984)

Заметные нарушения в годовом ходе относительной влажности могут иметь место и по времени проявления ее годовых минимума и максимума (табл. 7.6.). Как видно, наиболее устойчивым по времени проявления является весенний минимум: вероятность его обнаружения в мае колеблется в пределах от 65,57% (ст. Опарино) до 89,48% (ст. В. Поляны). Временная устойчивость этого признака существенно возрастает с севера области 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 ÷ 51% случаев) его можно наблюдать в ноябре.

Амплитуда внутригодовых колебаний относительной влажности по территории области колеблется в диапазоне от 22% (ст. Кирс, Б. Холуница, Даровское, Яранск) до 27% (ст. Киров, АМСГ, Уржум, Кильмезь, В. Поляны). Между годовыми амплитудами относительной влажности  $A(f)$  и высотами рельефа  $H$  прослеживается слабая (статистически незначимая) связь:  $r(A(f), H) = 0,132$ .

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

Т а б л и ц а 7.8 а

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

Станции	Сроки							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Лальск	84,2	78,9	60,1	50,5	48,2	51,4	69,0	79,8
Опарино	81,1	77,1	61,0	53,0	49,9	51,6	65,6	74,8
Мураши	79,1	74,6	59,2	51,7	48,4	51,8	65,3	73,9
Кирс	83,4	77,4	59,3	49,9	47,9	51,4	69,4	79,0
Нагорское	76,4	76,1	62,7	53,8	51,3	54,2	64,6	71,3
Б. Холуница	81,7	78,3	62,4	53,9	51,2	54,0	67,1	75,8
Даровское	83,8	80,4	61,6	52,5	49,0	51,4	67,6	77,6
Киров, АМСГ	73,4	71,4	58,3	50,4	47,3	50,2	61,6	68,0
Фаленки	78,8	76,5	60,3	51,2	49,2	53,2	65,7	73,1
Шабалино	79,0	77,6	61,2	52,2	49,0	52,1	64,7	73,7
Котельнич	79,4	77,3	61,0	51,3	47,7	49,8	63,3	73,7
Кумены	78,7	75,6	58,8	50,3	47,6	50,7	64,5	73,9
Верхошижемье	76,8	74,6	57,5	49,6	47,4	51,1	66,3	71,9
Уни	77,6	75,2	59,0	49,9	48,1	51,3	65,9	73,6
Нолинск	73,3	73,4	58,1	47,7	45,2	48,8	60,5	67,8
Яранск	84,1	80,8	60,2	49,4	46,7	51,0	69,6	79,1
Уржум	76,7	74,1	57,6	48,6	46,0	50,9	65,3	71,4
Санчурск	82,7	79,6	60,0	48,6	46,7	52,0	68,7	77,3
Кильмезь	73,6	73,3	57,4	48,2	45,8	49,8	62,3	68,8
В. Поляны	74,7	71,8	54,7	45,4	43,3	47,9	62,7	69,8

Амплитуды суточных изменений относительной влажности воздуха  $a$  ( $f$ ) достигают наибольших значений в мае (табл. 7.8). Средняя по территории области амплитуда  $a$  ( $f$ ) в мае составляет 30,8%. Вместе с тем разброс величин  $a$  ( $f$ ) в это время года по территории области оказывается довольно значительным: от 25,1% на ст. Нагорское ( $H = 217$  м абс.) до 36,4% на ст. Яранск ( $H = 103$  м абс.). Между майскими амплитудами  $a$  ( $f$ ) и высотами рельефа обнаруживается тесная

статистически высокодостоверная отрицательная зависимость:  
 $r(a(f), H) = -0,578$ .

Т а б л и ц а 7.8 б

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

Станции	Сроки							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Лальск	88,3	88,3	87,8	85,0	88,5	86,9	87,5	87,9
Опарино	88,9	88,9	88,6	85,5	85,3	87,0	87,9	88,5
Мураши	89,4	89,1	88,7	85,9	85,9	87,6	88,4	89,2
Кирс	88,1	88,1	87,6	83,7	84,0	86,3	87,4	87,8
Нагорское	89,6	89,7	89,6	87,2	86,7	88,0	88,6	89,2
Б. Холуница	87,9	87,9	87,8	84,9	84,9	86,3	86,9	87,4
Даровское	89,9	90,0	89,6	86,1	85,3	87,7	88,8	89,4
Киров, АМСГ	87,8	88,0	87,4	84,3	84,2	86,2	86,7	87,4
Фаленки	88,7	88,7	88,1	85,5	85,2	87,2	87,7	88,1
Шабалино	89,0	89,3	89,0	85,7	84,7	86,6	87,6	88,5
Котельнич	87,3	87,6	87,5	84,1	82,8	84,9	86,0	86,9
Кумены	86,8	86,7	86,8	83,5	83,4	85,3	85,9	86,4
Верхошижемье	89,4	89,5	89,2	86,1	86,1	87,9	88,3	88,9
Уни	88,3	88,5	88,1	84,6	84,4	86,7	87,6	88,0
Нолинск	86,8	87,0	86,9	83,2	82,9	84,8	85,7	86,4
Яранск	88,8	89,2	88,6	84,6	83,9	86,5	87,5	88,3
Уржум	89,0	89,0	88,7	85,5	85,5	87,2	87,7	88,4
Санчурск	88,7	88,9	88,3	84,5	83,7	86,3	87,4	88,1
Кильмезь	88,2	88,3	87,5	84,4	83,9	86,3	87,2	87,7
В. Поляны	86,8	87,1	86,6	83,4	83,5	85,5	86,3	86,6

К концу осени (ноябрь) происходит многократное ослабление суточного хода относительной влажности: среднее для всей области значение амплитуды  $a(f)$  составляет всего 3,97%. Крайние же значения амплитуд колеблются от 3,0% на ст. Нагорское до 5,3% на ст. Яранск, при этом  $r(a(f), H) = -0,446$ .

Как видно, и весной, и осенью с ростом (понижением) высот местности обнаруживается весьма надежно выявленная тенденция постепенного затухания (усиления) суточного хода относительной влажности воздуха.

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.

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 Кировской области наибольшее число сухих дней наблюдается в мае, а наибольшее число влажных дней – в ноябре.

Т а б л и ц а 7.9

Среднее многолетнее число дней с относительной влажностью не более 30 %

Станции	Месяцы												Среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	0	0	1	5	9	5	1	1	0	0	0	0	1
Опарино	0	0	1	4	8	3	0	0	0	0	0	0	1
Мураши	0	0	1	4	9	4	1	1	0	0	0	0	1
Кирс	0	0	1	4	10	5	1	0	0	0	0	0	2
Нагорское	0	0	1	2	7	3	1	0	0	0	0	0	1
Б. Холуница	0	0	0	2	6	3	1	0	0	0	0	0	0
Даровское	0	0	1	3	7	3	0	0	0	0	0	0	1
Киров, АМСГ	0	0	0	3	9	4	1	1	0	0	0	0	1
Фаленки	0	0	0	1	7	4	1	1	0	0	0	0	1
Шабалино	0	0	1	3	7	2	1	1	0	0	0	0	1
Котельнич	0	0	0	2	7	4	1	1	0	0	0	0	1
Кумены	0	0	1	3	8	4	2	1	0	0	0	0	1
Верхошижемье	0	0	1	4	9	4	1	1	0	0	0	0	1
Уни	0	0	0	3	8	4	2	1	0	0	0	0	1
Нолинск	0	0	0	4	10	4	2	2	0	0	0	0	1
Яранск	0	0	0	2	8	4	2	1	0	0	0	0	1
Уржум	0	0	0	2	9	3	2	1	1	1	0	0	1
Санчурск	0	0	0	3	8	3	2	2	1	0	0	0	1
Кильмезь	0	0	1	4	10	3	1	1	1	1	0	0	1
В. Поляны	0	0	0	3	12	5	2	2	1	1	0	0	1

Т а б л и ц а 7.10

Среднее многолетнее число дней с относительной  
влажностью не меньше 80%

Станции	Месяцы												Среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	22	16	10	7	5	6	7	5	14	22	26	24	17
Опарино	23	16	11	7	6	7	7	10	14	21	25	26	16
Мураши	23	17	12	7	6	7	7	9	14	21	26	25	16
Кирс	21	14	10	7	6	6	7	10	14	21	25	22	14
Нагорское	25	18	12	8	6	7	7	10	14	21	25	26	16
Б. Холуница	19	15	11	7	6	6	8	9	14	21	25	24	16
Даровское	21	16	10	6	5	6	7	9	15	21	26	25	15
Киров, АМСГ	23	15	10	6	5	5	6	7	12	19	24	24	14
Фаленки	21	15	11	8	6	6	7	8	14	21	25	24	15
Шабалино	21	14	10	7	5	6	7	8	12	19	24	24	15
Котельнич	21	14	9	6	5	5	6	6	10	17	22	23	14
Кумены	20	14	11	6	5	5	6	7	12	19	23	23	14
Верхошижемье	23	16	11	6	6	6	7	8	14	21	25	25	16
Уни	21	15	10	7	5	5	6	7	12	19	24	24	13
Нолинск	19	13	10	6	4	4	5	6	10	18	22	22	12
Яранск	22	16	11	7	4	5	5	6	11	19	24	24	15
Уржум	23	18	13	7	5	6	6	6	12	20	25	25	14
Санчурск	22	16	11	7	5	5	5	6	11	18	24	24	15
Кильмезь	22	16	11	7	5	6	6	8	12	19	24	24	13
В. Поляны	19	15	14	7	4	5	5	6	10	19	23	22	12

В мае при осреднении по всей территории области обнаруживается 8,4 сухих дня. При этом наименьшее число сухих дней ( $N_c = 6$ ) наблюдается на ст. Б. Холуница, а наибольшее (12) – на ст. В. Поляны (табл. 7.9).

Среднее по области число влажных дней ( $N_b$ ) в ноябре составляет 24,95. Наименьшее их число (22 дня) фиксируется на ст. Котельнич и Нолинск, а наибольшее (26 дней) – на ст. Лальск и Опарино.

Надежно выявленных, статистически значимых связей между числами сухих и влажных дней и высотами рельефа не выявляется:  $r(N_c, H) = -0,294$ ,  $r(N_b, H) = 0,037$ .

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

Т а б л и ц а 7.11

Наибольшие число сухих и влажных дней и годы (в скобках) их наблюдений в периоды активной вегетации и уборки сельхозкультур в Кировской области (1966 – 2004 гг.)

Станции	Период активной вегетации сельскохозяйственных культур (мес.)			Период уборки сельскохозяйственных культур (мес.)	
	V	VI	VII	VIII	IX
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)
Фаленки	19 (1973)	12 (1973)	10 (1988)	8 (1981)	2 (1982)
Шабалино	17 (1984)	8 (1973)	6 (1975)	12 (1972)	1 (1996)
Уржум	19 (1984)	16 (1975)	12 (1981)	13 (1972)	6 (1995)
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)
Фаленки	14 (1974)	13 (1983)	16 (1994)	15 (1998)	25 (1990)
Шабалино	12 (1980)	14 (1985)	15 (1987)	16 (1993)	20 (1990)
Уржум	9 (1989)	13 (1985)	13 (1994)	12 (1980)	23 (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, отно-

симых 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 числа 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 Кировской области* определяются закономерностями пространственно-временного распределения давления водяного пара (о чем речь уже шла) и температуры воздуха.

Как следует из равенства (7.2), 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 ростом высот рельефа температура воздуха понижается, что влечет за собой понижение как давления пара ( $e$ ), так и давления насыщения  $E(t)$ . При этом понижение давления насыщения происходит опережающими темпами. Поэтому первая наиболее существенная особенность пространственного распределения относительной влажности в ноябре состоит в наличии весьма надежно ( $> 99\%$ ) выявляемой положительной зависимости  $f(XI)$  от высоты  $H$  местонахождения станций:  $r(f(XI, H)) = 0,525$ , чего нельзя сказать о том же виде зависимости в мае [ $r(f(V, H)) = 0,12$ ]. Из табл. 7.5 следует, что в ноябре наибольшие значения относительной влажности (около 86%) наблюдаются в большинстве на станциях, находящихся на склонах Северных и Вятского Увалов (ст. Нагорское, Мураши, Верхошижемье), а наименьшие (около 80%) – в понижениях (ст. Санчурск, Кильмезь, Киров, АМСГ).

В пестром (очаговом) распределении относительной влажности по территории области усматривается и другая тенденция – некоторое увеличение ее с юга на север. Однако сказанное в наибольшей степени характерно для мая и в наименьшей – для ноября.

### **7.3. Дефицит влажности и температура точки росы**

Дефицит влажности и температура точки росы тесно связаны с величинами относительной 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. 7.12 и 7.13.

### **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), в которых за процессом современного потепления климата в качестве одной из основных причин видится длительная тенденция увеличения влажности воздуха.

Многолетняя (1966 – 2004 гг.) динамика характеристик влажности воздуха на территории области 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-хлетняя цикличность.

Т а б л и ц а 7.12

Средние месячные и годовые значения дефицита влажности, гПа

Станции	Месяцы												Среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	0,4	0,5	1,3	2,9	4,9	7,0	6,7	4,4	2,3	1,2	0,5	0,4	2,7
Опарино	0,3	0,5	1,2	2,9	5,2	6,6	6,0	3,9	2,2	1,2	0,5	0,4	2,6
Мураши	0,3	0,5	1,2	3,0	5,3	6,8	6,6	4,4	2,3	1,1	0,4	0,3	2,7
Кирс	0,3	0,5	1,3	3,0	5,2	6,8	6,6	4,2	2,3	1,2	0,5	0,4	2,7
Нагорское	0,3	0,4	1,1	2,9	5,1	6,7	6,7	4,4	2,3	1,1	0,4	0,3	2,6
Б. Холуница	0,3	0,5	1,2	2,9	5,4	6,9	6,7	4,7	2,6	1,3	0,5	0,4	2,8
Даровское	0,3	0,5	1,2	2,9	5,3	6,7	6,6	4,5	2,4	1,2	0,5	0,4	2,7
Киров, АМСГ	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
Фаленки	0,3	0,5	1,1	2,7	5,5	7,0	6,9	4,9	2,6	1,2	0,5	0,4	2,8
Шабалино	0,3	0,5	1,3	3,2	5,6	6,8	6,7	4,7	2,6	1,3	0,5	0,4	2,8
Котельнич	0,4	0,6	1,3	3,2	5,9	7,4	7,3	5,3	3,0	1,5	0,6	0,5	3,1
Кумены	0,4	0,5	1,2	3,1	5,9	7,5	7,5	5,5	3,0	1,4	0,6	0,5	3,1
Верхошижемье	0,3	0,5	1,2	3,2	6,0	7,4	7,5	5,2	2,7	1,2	0,5	0,3	3,0
Уни	0,3	0,5	1,2	3,2	6,0	7,7	7,8	5,5	2,9	1,3	0,5	0,4	3,1
Нолинск	0,4	0,5	1,2	3,4	6,6	8,2	8,5	6,2	3,3	1,5	0,6	0,4	3,4
Яранск	0,4	0,5	1,0	2,9	5,8	7,3	7,6	5,7	3,0	1,4	0,5	0,4	3,0
Уржум	0,3	0,5	1,0	3,0	6,4	7,7	7,7	5,9	3,2	1,4	0,5	0,4	3,2
Санчурск	0,4	0,5	1,1	3,2	6,0	7,2	7,4	5,9	3,1	1,5	0,6	0,4	3,1
Кильмезь	0,4	0,5	1,3	3,6	6,7	7,9	8,1	5,2	3,3	1,6	0,5	0,4	3,3
В. Поляны	0,4	0,5	0,9	3,1	7,2	8,0	7,9	6,3	3,9	1,7	0,6	0,5	3,4

Т а б л и ц а 7.13

Средние и годовые значения температуры точки росы, °С

Станции	Месяцы												Среднее за год
	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
Опарино	-16,3	-14,3	-8,5	-3,4	1,7	8,2	12,0	10,0	5,3	-0,8	-7,7	-13,3	-2,3
Мураши	-16,2	-14,4	-8,7	-3,5	1,5	8,1	11,7	9,8	5,2	-1,0	-7,7	-13,4	-2,4
Кирс	-17,2	-15,6	-9,3	-3,4	1,8	8,3	12,0	9,9	5,2	-1,1	-8,3	-14,2	-2,7
Нагорское	-16,4	-14,7	-8,7	-3,3	2,0	8,5	12,1	10,0	5,3	-1,0	-7,9	-13,4	-2,3
Б. Холуница	-16,5	-14,5	-8,2	-2,4	3,0	9,3	12,6	10,4	5,7	-0,4	-7,6	-13,2	-1,7
Даровское	-15,8	-14,4	-8,5	-2,4	2,8	9,1	12,4	10,4	5,8	-0,3	-6,7	-12,7	-1,7
Киров, АМСГ	-15,4	-14,1	-8,3	-2,5	2,5	9,0	12,3	10,3	5,8	-0,6	-7,0	-12,7	-1,8
Фаленки	-16,6	-15,3	-9,0	-2,5	2,7	9,0	12,4	10,2	5,7	-0,6	-7,6	-13,5	-2,1
Шабалино	-15,3	-14,0	-8,4	-2,3	2,9	9,3	12,5	10,5	5,7	-0,4	-6,8	-12,5	-1,6
Котельнич	-15,7	-14,7	-8,6	-2,1	3,0	9,1	12,3	10,2	5,6	-0,4	-7,0	-12,5	-1,7
Кумены	-15,8	-14,6	-8,7	-2,3	2,8	8,9	12,3	10,0	5,6	-0,5	-7,3	-12,8	-1,9
Верхошижемье	-15,2	-14,0	-8,4	-2,2	2,7	9,1	12,3	10,3	5,8	-0,3	-6,9	-12,5	-1,6
Уни	-15,8	-14,6	-8,5	-2,1	3,1	9,1	12,4	10,3	5,9	-0,4	-7,2	-13,0	-1,7
Нолинск	-15,6	-14,6	-8,7	-2,1	2,8	9,0	12,2	10,1	5,7	-0,3	-7,0	-12,8	-1,8
Яранск	-15,1	-14,4	-8,4	-1,0	4,0	9,8	12,8	10,6	6,2	0,3	-6,2	-12,1	-1,1
Уржум	-15,3	-14,3	-8,5	-1,6	3,2	9,4	12,6	10,3	6,0	-0,0	-6,7	-12,5	-1,4
Санчурск	-14,5	-13,6	-8,0	-0,8	4,2	10,1	12,9	10,7	6,3	0,5	-5,9	-11,8	-0,8
Кильмезь	-14,2	-13,6	-8,3	-2,2	3,2	10,0	12,9	10,7	6,2	0,1	-7,2	-12,3	-1,2
В. Поляны	-15,4	-14,8	-8,4	-0,9	3,4	9,8	12,9	10,6	6,1	0,2	-6,5	-12,4	-1,3

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 проявляющимися 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:

$$Y(t) = f(t) + \varepsilon(t), \quad (7.4)$$

где  $f(t)$  – систематическая (тренд) составляющая,  $\varepsilon(t)$  – 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

$$f(t) = at + a_0. \quad (7.5)$$

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. 7.14 следует, что в течение привлекаемого к анализу 39-летнего периода наблюдений (1966 – 2004 гг.) в межгодовых изменениях средних месячных январских значений давления водяного пара присутствовала весьма надежно ( $> 95 \div 99\%$ ) выявляемая устойчивая тенденция постепенного их увеличения ( $a > 0$ ), что согласуется с общим потеплением климата. Наиболее быстрыми темпами влажность воздуха увеличивалась на юге (ст. Уржум). Заметно медленнее – на севере области (ст. Опарино). 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.

Т а б л и ц а 7.14

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/ 10 лет	в	с	а, гПа/ 10 лет	в	с	а, %/10 лет	в	с	а, %/10 лет	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

Систематическое увеличение давления водяного пара имело место и в июле (табл. 7.14). Однако надежность выявления положительного тренда в его многолетней динамике меньше 95%. Исключением сказанному является положительный тренд влажности 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 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 7.2. 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. 7.14).

Действия положительного тренда в изменениях относительной влажности в мае и отрицательного в ноябре (табл. 7.14) 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 являются одной из важнейших климатических характеристик. Вместе с тем это весьма сложное атмосферное явление, которое характеризуется видом, фазовым состоянием, количеством, числом дней с осадками и т.д.

Количество осадков измеряется с помощью осадкомера (осадкомерного ведра, снабженного специальной защитой) 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.

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

Первое – в 30-е гг. 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 – начале 1950-х гг. 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).

Далее остановимся более подробно на особенностях режима количества осадков на территории Кировской области.

## 8.1. Среднее количество осадков

В среднем по области многолетняя годовая сумма осадков в настоящее время (1966 – 2004 гг.) как за календарный год, так и за гидрологический год – Г. г. (ноябрь – октябрь) составляет 609 мм. В теплый период (апрель – октябрь) в среднем выпадает 419 мм, что более чем в два раза превосходит осадки холодного периода (ноябрь – март) – 190 мм. По средним месячным суммам осадков также прослеживается хорошо выраженный годовой ход. Минимумы наблюдаются в феврале – марте и изменяются в пределах от 21 мм (ст. Вятские Поляны – март) до 38 мм (ст. Верхошижемье – март). Максимумы же имеют место в июне или в июле и колеблются от 71 мм (ст. Уржум, Нолинск – июль) до 88 мм (ст. Котельнич – июль) (табл. 8.1).

Атмосферные осадки являются результатом взаимодействия атмосферных циркуляционных процессов различного масштаба. Кроме того, они существенно зависят от высоты, формы и ориентации рельефа местности, наличия на территории крупных лесных массивов, водоемов, речных долин и т.п. В силу указанных причин распределение атмосферных осадков, как во времени, так и в пространстве характеризуется значительной неоднородностью.

В распоряжении авторов имелись метеорологические данные лишь на 20 станциях Кировской области за период с 1966 по 2004 гг. Этого явно недостаточно для того, чтобы полно характеризовать распределение такой изменчивой метеорологической величины, как количество осадков по исследуемой территории (более 120 тыс. км<sup>2</sup>). С целью хотя бы частичного устранения этого недостатка для указанных станций были рассчитаны отношения средних многолетних сумм осадков за периоды 1966 – 2004 гг. и до 1966 г., последние были взяты из (Справочник ... , 1968). Далее была произведена интерполяция полученных отношений по территории области и прилегающим с ней районам для 221 пункта наблюдения за количеством осадков (метеорологические станции и посты). Поскольку для этих пунктов имеются данные о суммах атмосферных осадков до 1966 г., то в предположении, что для большинства из них местные условия, влияющие на осадки, существенно не изменились, по этим данным и полученным отношениям были вычислены суммы осадков, приведенные к периоду 1966 – 2004 гг. Затем были построены карты-схемы распределения по территории республики сумм осадков за год, холодный (ноябрь – март) и теплый (апрель – октябрь) периоды.

Т а б л и ц а 8.1

Средние многолетние значения месячных, сезонных и годовых  
сумм атмосферных осадков (мм)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Тепл.	Хол.	Г. г.
Лальск	41	32	30	37	50	66	77	67	55	59	52	46	612	411	199	611
Опарино	40	31	31	38	62	73	81	76	61	66	53	45	657	458	199	657
Мураши	39	29	31	36	61	77	82	72	63	66	53	43	652	456	195	651
Кирс	41	28	31	35	57	78	74	69	63	63	52	43	632	438	195	632
Нагорское	46	33	33	35	56	71	76	68	63	68	58	50	656	436	220	656
Белая Холуница	35	25	29	32	54	65	81	64	59	62	49	39	596	418	178	596
Даровское	44	33	31	36	57	76	84	68	61	64	55	48	657	447	210	657
Киров, АМСГ	41	28	31	35	57	78	74	69	63	63	52	43	632	438	195	632
Фаленки	43	31	34	32	47	66	76	66	64	68	52	42	619	419	201	620
Шабалино	33	24	23	33	54	73	72	67	59	61	44	37	580	419	161	580
Котельнич	39	30	27	32	51	68	88	61	61	60	48	41	605	421	185	606
Кумены	38	28	30	31	48	70	74	65	58	61	47	41	591	407	185	592
Верхошижемье	56	40	38	34	53	71	74	74	65	78	67	60	710	449	262	710
Уни	47	33	33	34	46	69	75	65	68	71	55	48	646	429	217	647
Нолинск	50	36	33	36	49	69	72	66	60	70	59	52	652	423	230	652
Яранск	33	27	25	32	45	68	69	61	62	63	44	35	563	400	165	565
Уржум	30	23	23	31	40	64	71	56	59	56	44	31	526	375	151	527
Санчурск	30	25	23	31	44	68	71	59	56	53	42	33	535	383	154	536
Кильмезь	29	22	23	34	39	66	77	68	61	57	44	31	553	403	151	554
Вятские Поляны	30	23	21	30	38	62	72	60	50	48	40	31	506	361	146	506
Среднее	39	29	29	34	50	70	76	66	61	63	50	42	609	419	190	609
Максимум	56	40	38	38	62	78	88	76	68	78	67	60	710	458	262	710
Минимум	29	22	21	30	38	62	69	56	50	48	40	31	506	361	146	506

На большей части Кировской области поле атмосферных осадков во все сезоны имеет достаточно ярко выраженную полосную структуру. Причем полосы в этой структуре ориентированы с северо-запада на юго-восток (рис. 8.1 – 8.3).

Так в поле средних многолетних годовых сумм осадков (рис. 8.1) полоса значений сумм осадков меньше 600 мм, простирается с крайнего юго-востока на северо-запад через станции Вятские Поляны – Кильмезь – Уржум – Яранск – Шабалино. Наименьшие значения средних многолетних годовых сумм осадков наблюдаются в исследуемый период как в этой полосе (ст. Вятские Поляны – 506 мм), так и на всей территории Кировской области.

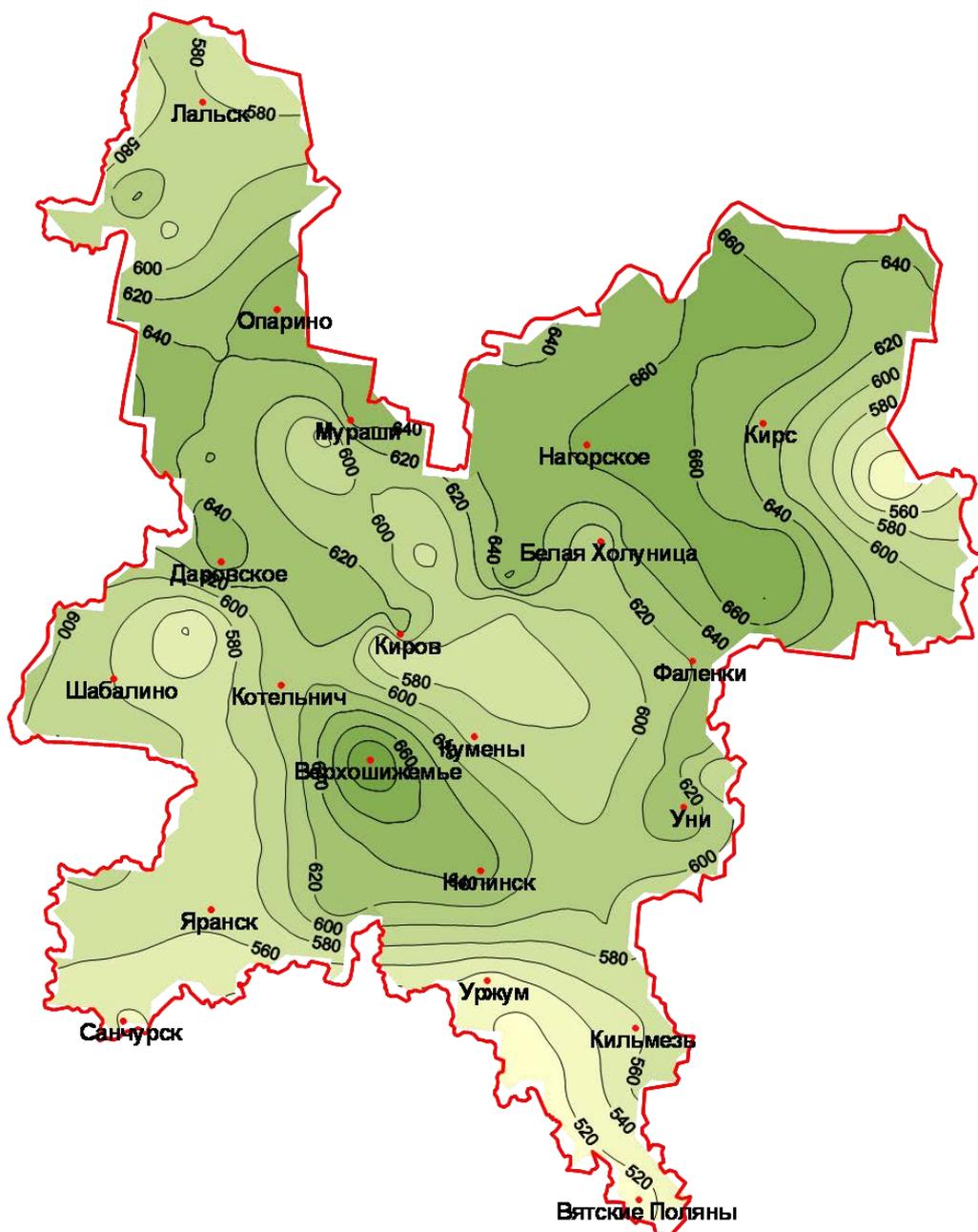


Рис. 8.1. Среднее годовое количество осадков (мм)

Далее к северо-востоку располагается полоса более высоких значений сумм осадков. Эта полоса простирается по линии ст. Нолинск –Верхошижемье – Котельнич – Даровское. Здесь среднее годовое количество осадков достигает максимума для Кировской области на ст. Верхошижемье (710 мм). Еще дальше к северо-востоку суммы осадков вновь уменьшаются, хотя и в меньшей степени, до значений несколько меньше 580 мм. Наконец, на большей части севера области за исключением района ст. Лальск и крайнего востока суммы осадков вновь возрастают до значений более 660 мм.

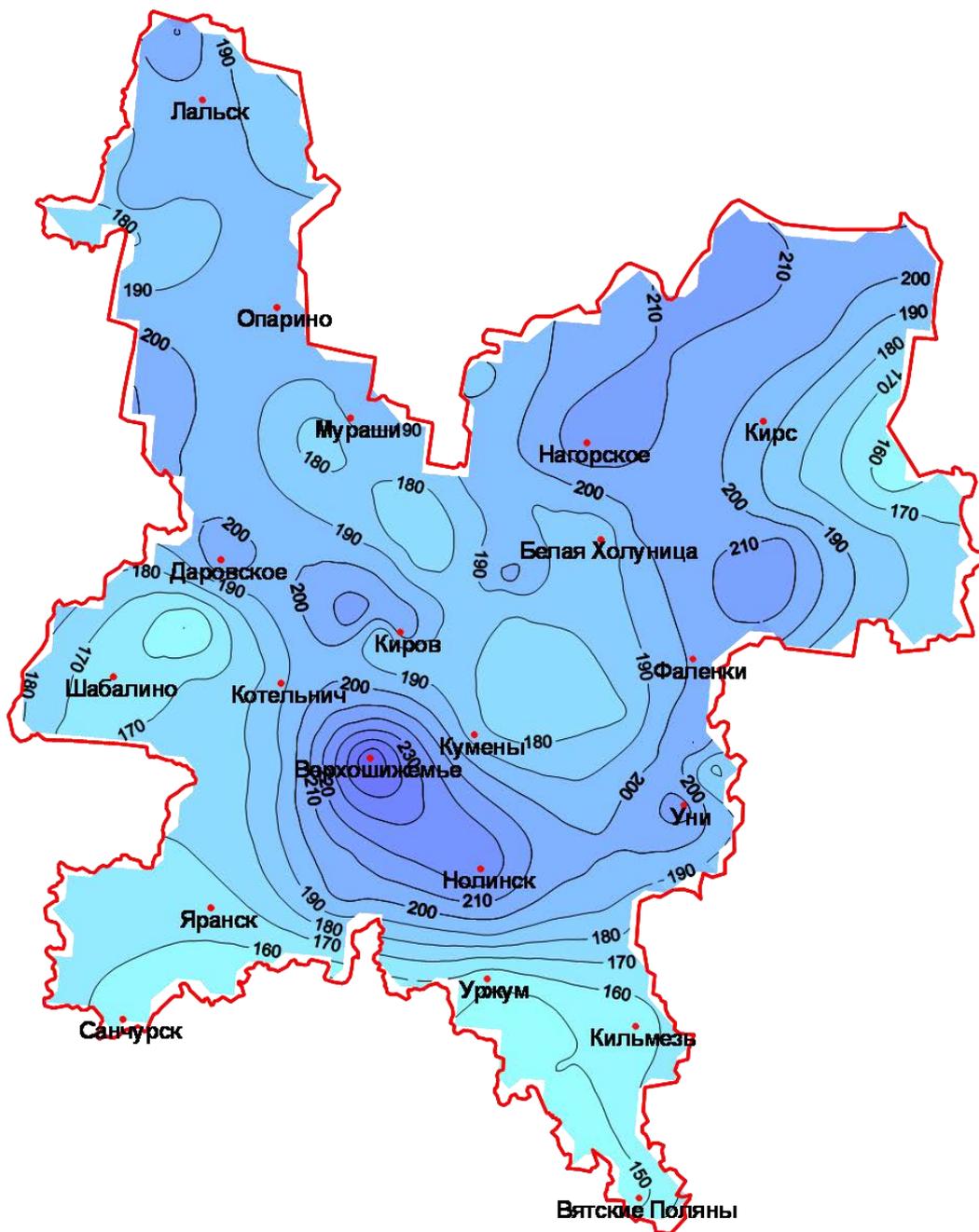


Рис. 8.2. Среднее количество осадков (мм) за холодный период

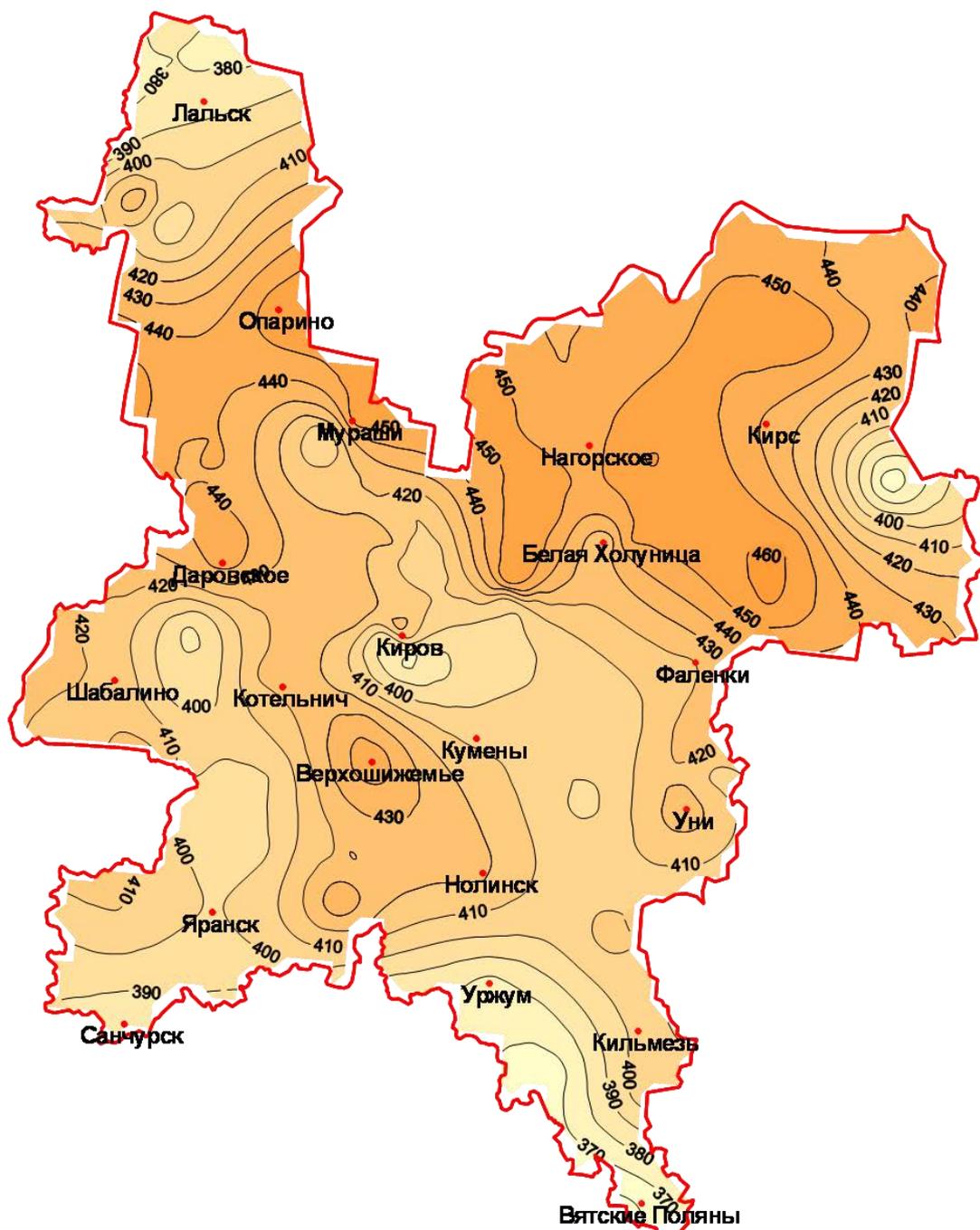


Рис. 8.3. Среднее количество осадков (мм) за теплый период

В холодный период, когда осадки выпадают в основном в виде снега и их количество, как уже упоминалось, существенно меньше, чем в теплый, основные черты распределения сумм осадков сохраняются (рис. 8.2). Наибольшее количество осадков выпадает в полосе ст. Уни – Нолинск – Верхошижемье – Даровское – Лальск, где оно превышает 200 мм. Еще одна область повышенного количества осад-

ков холодного периода располагается в районе ст. Омутнинск – Нагорское и далее к северу. Здесь суммы осадков холодного периода также несколько больше 200 мм. Однако наибольшее количество осадков холодного периода наблюдается на ст. Верхошижемье, где оно достигает значения 262 мм (табл. 8.1).

Между этими областями повышенных значений располагается область пониженных значений, в которой количество осадков холодного периода не превышает 180 мм. Области пониженного количества осадков (менее 180 мм) располагаются также на северо-востоке, западе и юге области, при этом минимальное количество осадков наблюдается на ст. Вятские Поляны – 146 мм.

Теплый период по сравнению с холодным характеризуется не только большим количеством, но и гораздо более неоднородным пятнистым распределением осадков по территории (табл. 8.1, рис. 8.3). Основные области максимумов и минимумов сохраняются и в этом сезоне, но область повышенных значений сумм осадков теплого периода в районе ст. Верхошижемье (449 мм) уступает максимуму на севере Кировской области (ст. Опарино – 458 мм). Минимальные значения сумм осадков теплого периода наблюдаются на востоке и крайнем юге области (ст. Вятские Поляны – 361 мм).

## **8.2. Временная изменчивость количества осадков**

Временная изменчивость, характеризуемая значением среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ), также как и средние месячные суммы осадков, имеет хорошо выраженный годовой ход, с минимумом в феврале от 10 мм на ст. Кильмезь до 19 мм на ст. Лальск и максимумом в июле от 35 мм на ст. Яранск до 49 мм на ст. Даровское (табл. 8.2). Однако для количества атмосферных осадков, величины принимающей только положительные значения, более полно характеризует временную изменчивость коэффициент вариации, поскольку он представляет собой отношение  $\sigma$  к среднему значению, выраженное в процентах. В среднем для Кировской области коэффициент вариации сумм осадков в течение года меняется от минимума в декабре (40%) до максимума в апреле (56%) (табл. 8.3).

По территории Кировской области значения коэффициента вариации распределяются различно в зависимости от сезона. В среднем за год наименьшая изменчивость сумм осадков наблюдается на северо-

Т а б л и ц а 8.2

Средние квадратические отклонения месячных, сезонных  
и годовых сумм атмосферных осадков (мм)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Тепл.	Хол.	Г. г.
Лальск	14	19	12	20	22	41	36	35	23	23	19	19	90	73	38	95
Опарино	13	16	15	19	32	35	36	30	20	26	21	17	84	67	40	84
Мураши	15	14	16	18	31	41	44	29	24	27	24	16	85	75	40	84
Кирс	16	13	18	20	31	43	36	30	26	27	23	16	76	66	42	71
Нагорское	19	17	18	18	31	37	39	27	24	30	25	23	91	73	52	87
Белая Холуница	14	11	16	17	30	37	40	27	22	29	22	16	74	63	37	68
Даровское	17	17	17	23	32	46	49	32	30	33	26	18	112	94	46	104
Киров, АМСГ	16	13	18	20	31	43	36	30	26	27	23	16	76	66	42	71
Фаленки	19	15	17	18	22	31	42	35	26	34	24	18	82	73	41	74
Шабалино	15	12	12	19	29	37	45	35	25	32	19	14	104	94	39	102
Котельнич	17	14	13	21	29	40	47	28	25	32	22	16	106	94	40	99
Кумены	16	13	14	17	23	32	38	35	27	34	22	17	89	83	38	88
Верхошижемье	23	18	19	17	29	36	40	38	27	42	31	25	92	85	46	92
Уни	19	15	15	21	22	31	46	34	32	32	25	19	86	74	33	78
Нолинск	21	17	16	21	22	34	38	39	27	37	30	20	82	73	40	79
Яранск	15	13	14	18	26	43	35	29	32	41	20	13	91	79	33	86
Уржум	14	13	12	18	22	39	45	34	28	29	21	12	87	70	35	81
Санчурск	13	14	13	17	25	39	37	28	27	29	19	12	97	86	38	95
Кильмезь	11	10	13	19	18	31	44	30	31	28	18	14	81	65	30	73
Вятские Поляны	13	13	12	17	25	31	42	32	25	23	16	14	78	68	33	75
Среднее	16	14	15	19	27	37	41	32	26	31	22	17	88	76	39	84
Максимум	23	19	19	23	32	46	49	39	32	42	31	25	112	94	52	104
Минимум	11	10	12	17	18	31	35	27	20	23	16	12	74	63	30	68

Т а б л и ц а 8.3

Коэффициенты вариации месячных, сезонных  
и годовых сумм атмосферных осадков (%)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Тепл.	Хол.	Г. г.
Лальск	34	59	42	54	44	62	46	51	41	39	37	41	15	18	19	15
Опарино	32	52	50	50	51	48	44	39	34	40	40	38	13	15	20	13
Мураши	38	48	51	50	51	54	53	40	38	40	45	36	13	17	20	13
Кирс	40	46	58	58	54	55	49	44	42	42	44	38	12	15	22	11
Нагорское	42	51	54	52	55	51	52	40	38	44	43	45	14	17	24	13
Белая Холуница	41	45	55	54	55	56	49	43	37	46	46	41	12	15	21	11
Даровское	38	51	54	63	56	61	58	46	48	51	47	38	17	21	22	16
Киров, АМСГ	40	46	58	58	54	55	49	44	42	42	44	38	12	15	22	11
Фаленки	44	48	51	55	46	48	55	53	41	50	47	43	13	18	21	12
Шабалино	45	50	52	58	54	51	62	53	42	53	43	37	18	22	24	18
Котельнич	44	48	47	65	56	59	53	46	42	53	47	40	17	22	22	16
Кумены	43	47	48	56	47	46	52	54	46	56	47	41	15	22	21	15
Верхошижемье	40	45	49	50	55	51	54	52	42	54	46	41	13	19	17	13
Уни	39	45	45	62	48	45	61	52	47	45	45	40	13	17	15	12
Нолинск	42	47	50	59	45	49	52	59	46	53	51	39	13	17	17	12
Яранск	45	49	56	56	57	63	52	47	51	65	46	36	16	20	20	15
Уржум	47	56	52	60	57	61	63	61	47	52	48	38	17	19	23	15
Санчурск	44	56	56	54	57	57	53	47	48	55	45	36	18	22	24	18
Кильмезь	37	46	55	57	45	48	56	43	51	49	40	45	15	16	20	13
Вятские Поляны	44	55	57	55	65	50	58	53	49	49	40	46	15	19	23	15
Среднее	41	49	52	56	53	54	54	48	44	49	45	40	15	18	21	14
Максимум	47	59	58	65	65	63	63	61	51	65	51	46	18	22	24	18
Минимум	32	45	42	50	44	45	44	39	34	39	37	36	12	15	15	11

востоке и востоке области, наибольшая – на западе и юго-западе. В холодный период года (ноябрь – март) минимальные значения коэффициента вариации, т.е. наименьшая изменчивость осадков, наблюдаются в районе ст. Фаленки – Кумены – Верхошижемье – Нолинск – Кильмезь, в котором коэффициент вариации меньше 20%. Внутри этого района на ст. Уни коэффициент вариации составляет 15%. К северу, западу и югу от этой части области изменчивость осадков зимнего периода возрастает, достигая максимума на западе и юго-западе области (ст. Санчурск, 24%) и в районе ст. Нагорское. Далее к северу изменчивость вновь убывает.

В теплый период (апрель – октябрь) осадки наименее изменчивы на севере и востоке области, где коэффициент вариации не превышает 17%. В центральной части и на западе области коэффициент вариации больше 20%.

Климат меняется, но если современное глобальное потепление климата у большинства исследователей не вызывает сомнений, то изменение режима осадков далеко не так однозначно. В рамках данной работы предпринята попытка исследования динамики режима осадков на территории Кировской области. Для этого выбраны ряды сумм осадков за теплый, холодный периоды, а также календарный год и гидрологический год с 1966 по 2004 гг. 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 20 станций Кировской области были подвергнуты тренд-анализу и низкочастотной фильтрации фильтром Поттера (Отнес, Эноксон, 1982) с периодом пропускания 20 и более лет. Использование фильтра Поттера с указанным периодом пропускания колебаний мотивировалось тем, что он не искажает фазы колебаний. Кроме того, ординаты сглаженного ряда в этом случае максимально близки к ординатам, полученным широко используемым в климатологии методом скользящих средних с интервалом осреднения 15 лет, а сглаживание фильтром Поттера по сравнению с равновесовым скользящим средним существенно лучше (рис. 8.4).

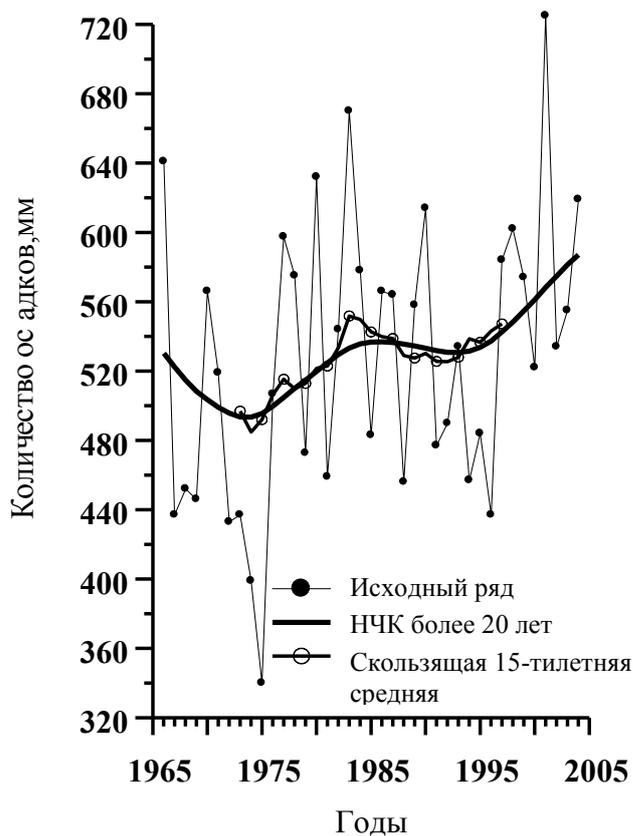


Рис. 8.4. Многолетний ход исходных и сглаженных фильтром Поттера и скользящим осреднением значений годовых сумм осадков на ст. Уржум

В результате анализу подвергались следующие параметры (табл. 8.4, 8.5): коэффициент наклона линейного тренда (полиномиального тренда первой степени)  $A$  (мм/год); коэффициенты детерминации полиномиальных трендов первой ( $R^2L$ ) и второй ( $R^2Q$ ) степени и их разности ( $dR^2 = R^2Q_c - R^2/c$ ), а также долгопериодной компоненты с периодом более 20 лет ( $R^2F$ ). Курсивом в этих таблицах выделены незначимые величины.

Коэффициент детерминации, называемый иначе достоверностью аппроксимации, представляет собой квадрат коэффициента корреляции исходного и сглаженного в результате аппроксимации ряда и показывает вклад сглаженного в общую изменчивость (дисперсию) исходного ряда, выражаемый в процентах. В нашем случае использован так называемый «скорректированный» коэффициент детерминации, учитывающий не только тесноту связи между исходным и сглаженным рядом, но и число параметров примененной для аппроксимации модели. Отрицательные значения коэффициента указывают на то, что данная модель в этом случае для сглаживания данного исходного ряда не может быть применена. Значительные положительные величины разностей коэффициентов детерминации полиномиальных трен-

дов первой и второй степени  $dR^2$  показывают, что для аппроксимации этих рядов предпочтительна модель полиномиального тренда второй степени.

Т а б л и ц а 8.4

Параметры долгопериодной изменчивости рядов годовых сумм осадков

Параметр	A (мм/год)	R <sup>2</sup> Lc (%)	R <sup>2</sup> Qc (%)	R <sup>2</sup> Qc – R <sup>2</sup> Lc (%)	R <sup>2</sup> F (%)
Календарный год					
Лальск	3,43	14,53	12,21	-2,32	22,00
Опарино	1,24	-2,41	-4,90	-2,49	11,05
Мураши	0,87	-3,97	-6,54	-2,57	4,99
Кирс	2,15	5,53	16,02	10,48	23,22
Нагорское	1,30	-2,62	3,34	5,96	18,02
Белая Холуница	1,12	-2,21	-4,74	-2,53	3,83
Даровское	2,09	-0,67	2,68	3,35	13,11
Киров, АМСГ	2,90	9,05	9,04	-0,02	18,62
Фаленки	1,74	0,73	-1,79	-2,52	6,66
Шабалино	1,27	-3,36	-6,06	-2,70	12,35
Котельнич	1,36	-3,15	-1,57	1,57	13,83
Кумены	2,82	8,44	9,65	1,21	19,45
Верхошижемье	1,78	-0,27	1,40	1,67	12,39
Уни	2,31	4,59	2,23	-2,37	13,43
Нолинск	0,88	-3,84	-5,18	-1,34	7,64
Яранск	-0,23	-5,32	-8,20	-2,88	8,89
Уржум	2,45	5,49	2,99	-2,50	20,37
Санчурск	2,57	4,29	1,82	-2,46	13,08
Кильмезь	-0,77	-4,17	-4,23	-0,06	13,01
Вятские Поляны	-0,20	-5,32	-5,84	-0,52	9,54
Гидрологический год					
Лальск	3,43	12,60	10,33	-2,27	19,87
Опарино	1,24	-2,41	-4,65	-2,23	11,51
Мураши	0,82	-4,11	-6,55	-2,44	6,28
Кирс	2,28	8,58	19,58	11,00	27,43
Нагорское	1,37	-1,99	4,27	6,25	21,30
Белая Холуница	1,05	-2,17	-4,79	-2,62	5,50
Даровское	1,93	-0,68	3,50	4,18	15,41
Киров, АМСГ	2,86	11,32	11,40	0,08	23,02
Фаленки	1,74	2,15	-0,41	-2,56	8,90
Шабалино	0,99	-4,12	-6,93	-2,81	15,81
Котельнич	1,17	-3,51	-2,39	1,11	18,84
Кумены	2,75	7,94	8,04	0,10	19,53
Верхошижемье	1,88	0,37	1,63	1,26	14,30
Уни	2,37	7,12	4,72	-2,40	17,74
Нолинск	0,99	-3,25	-4,68	-1,43	10,83
Яранск	-0,36	-5,17	-8,09	-2,92	11,49
Уржум	2,39	6,48	4,35	-2,13	24,30
Санчурск	2,43	3,54	1,39	-2,15	13,34
Кильмезь	-0,79	-3,81	-3,49	0,33	15,79
Вятские Поляны	-0,17	-5,33	-5,68	-0,35	9,31

Анализ параметров долгопериодной изменчивости рядов сумм осадков за период с 1966 по 2004 гг. показывает, что линейная модель тренда обоснованно может быть применена к рядам сумм осадков за гидрологический год на метеорологических станциях Лальск и Киров (табл. 8.4). С некоторыми ограничениями линейный тренд может быть применен для аппроксимации хода количества осадков за гидрологический год на станциях Фаленки, Кумены, Уни, Уржум и Санчурск. Здесь количество осадков к концу исследуемого периода возрастает.

На станциях Кирс, Даровское, Верхошижемье предпочтительна аппроксимация полиномом второй степени, причем в начале периода в этих пунктах наблюдается рост количества осадков, а в конце – уменьшение.

Анализ долгопериодной составляющей с периодом более 20 лет показывает, что на большинстве станций Кировской области с конца 60-х до конца 80-х гг. наблюдался существенный рост количества годовых сумм осадков. Затем на большинстве станций, за исключением Лальска, где рост количества годовых осадков в конце 80-х начале 90-х гг. лишь несколько ослабел, осадки уменьшались.

На станциях Кирс, Верхошижемье, Уни, Кумены, Белая Холуница это уменьшение продолжалось до конца исследуемого периода. На других в середине 90-х гг. уменьшение сменилось ростом. Причем на некоторых станциях (Опарино, Мураши, Шабалино, Уржум, Санчурск) рост превзошел предшествующее падение. На станциях Даровское, Котельнич, Нолинск и Яранск рост оказался меньше предыдущего падения (рис. 8.5).

Таким образом, на большей части территории Кировской области за весь исследуемый период (1966 – 2004 гг.) количество годовых сумм осадков выросло. Наибольший рост имел место на ст. Лальск, Киров и Санчурск. Разности между средними значениями годовых сумм осадков первого и последнего десятилетия исследуемого периода, вычисленными по сглаженным и исходным (в скобках) данным, составили соответственно 98 (105), 78 (72) и 75 (78) мм. Исключение составила лишь крайняя, юго-восточная, часть области, где на станциях Кильмезь и Вятские Поляны годовые суммы осадков за исследуемый период уменьшились.

В теплый период линейная модель тренда может быть применена к рядам сумм осадков лишь на метеорологической станции Лальск, где вклад в общую дисперсию линейного тренда составляет более 8%

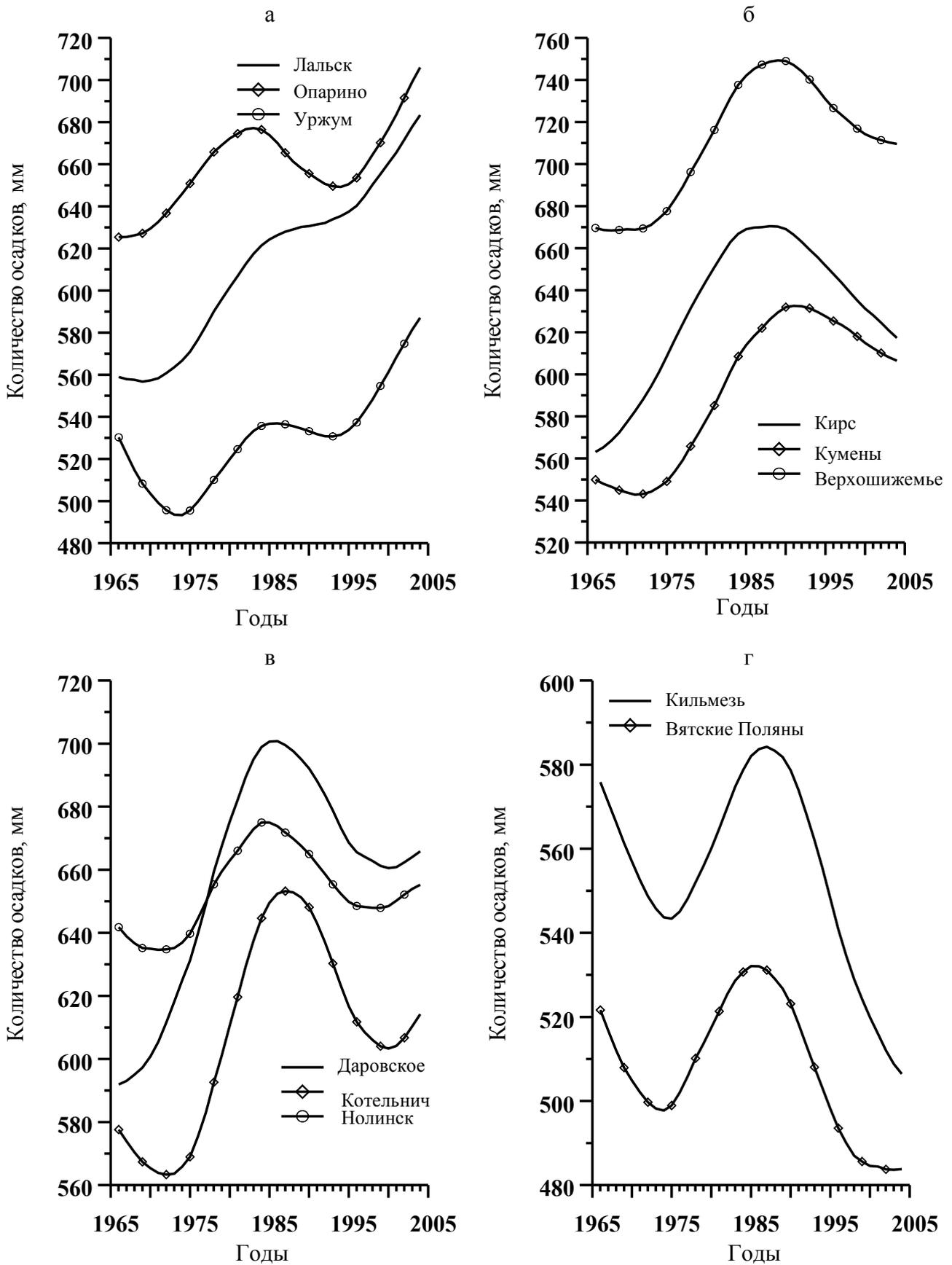


Рис. 8.5. Ход низкочастотной компоненты с периодом более 20 лет в рядах сумм осадков за гидрологический год

Таблица 8.5

Параметры долгопериодной изменчивости рядов сезонных сумм осадков

Параметр	A (мм/год)	R <sup>2</sup> Lc (%)	R <sup>2</sup> Qc (%)	R <sup>2</sup> Qc – R <sup>2</sup> Lc (%)	R <sup>2</sup> F (%)
Теплый период					
Лальск	2,30	8,21	5,66	-2,55	15,27
Опарино	0,28	-5,17	-7,37	-2,20	2,94
Мураши	0,58	-4,58	-5,17	-0,58	4,21
Кирс	0,67	-3,98	14,34	18,33	25,29
Нагорское	-1,06	-2,49	1,08	3,57	15,08
Белая Холуница	0,00	-5,41	-2,42	2,99	7,46
Даровское	0,11	-5,39	2,89	8,27	12,17
Киров, АМСГ	1,38	-0,67	5,96	6,64	17,28
Фаленки	0,94	-3,14	0,25	3,39	10,36
Шабалино	0,23	-5,32	-7,21	-1,89	5,52
Котельнич	-0,08	-5,39	-1,24	4,16	13,51
Кумены	1,26	-2,30	0,44	2,74	11,24
Верхошижемье	0,74	-4,35	-1,78	2,57	10,46
Уни	1,43	-0,30	-2,63	-2,33	12,73
Нолинск	0,59	-4,50	-4,72	-0,22	10,93
Яранск	-1,03	-3,09	-5,13	-2,04	8,74
Уржум	1,12	-1,87	-3,90	-2,03	17,38
Санчурск	0,89	-3,93	-6,81	-2,88	4,12
Кильмезь	-0,10	-5,37	-2,52	2,86	16,35
Вятские Поляны	0,63	-4,22	-4,54	-0,32	11,60
Холодный период					
Лальск	1,13	6,73	5,24	-1,49	13,38
Опарино	0,96	2,54	-0,12	-2,66	21,72
Мураши	0,24	-4,92	-5,66	-0,75	5,01
Кирс	1,61	14,80	13,43	-1,36	24,42
Нагорское	2,44	24,71	24,87	0,17	33,00
Белая Холуница	1,04	5,17	13,25	8,08	19,69
Даровское	1,82	15,98	14,40	-1,58	22,47
Киров, АМСГ	1,48	10,18	12,64	2,47	19,22
Фаленки	0,80	-0,36	10,71	11,07	25,50
Шабалино	0,76	-0,20	0,04	0,24	18,89
Котельнич	1,25	7,74	6,88	-0,86	19,42
Кумены	1,50	15,56	15,15	-0,41	22,07
Верхошижемье	1,14	3,10	0,50	-2,60	9,22
Уни	0,94	5,50	3,15	-2,36	11,76
Нолинск	0,40	-4,01	-6,52	-2,51	1,65
Яранск	0,67	0,27	2,85	2,58	13,68
Уржум	1,27	12,65	21,62	8,97	27,09
Санчурск	1,54	17,78	18,57	0,79	25,44
Кильмезь	-0,69	1,67	-0,39	-2,06	8,84
Вятские Поляны	-0,80	2,75	0,18	-2,56	10,41

(табл. 8.5). На станциях Кирс, Киров и, в меньшей степени, Даровское, Нагорское многолетний ход сумм осадков теплого периода

лучше аппроксимируется полиномом второй степени. В первой половине исследуемого периода на этих станциях наблюдался рост сумм осадков, а во второй – их уменьшение. Причем на станции Нагорское рост по абсолютной величине был меньше последующего падения, а на остальных – больше.

Анализ долгопериодной составляющей с периодом более 20 лет позволяет по характеру многолетнего хода сумм осадков теплого периода разделить территорию Кировской области следующим образом.

На крайнем северо-западе (ст. Лальск, Опарино, Мураши) наблюдается волнообразное повышение сумм осадков. От начала исследуемого периода они возрастали до середины 80-х гг. Далее суммы осадков уменьшались (на ст. Лальск продолжающееся увеличение существенно замедлилось) до середины 90-х, а затем до конца исследуемого периода суммы осадков вновь стали увеличиваться (на ст. Лальск скорость увеличения возросла). То есть в этой части Кировской области в многолетнем ходе сумм осадков теплого периода прослеживается на интервале 1966 – 2004 гг. выраженное двадцатилетнее колебание. Такое же колебание отмечается на западной станции Шабалино и южных станциях области Уржум и Санчурск (рис. 8.6 а).

На северо-востоке области и в ее центральной части сглаженный многолетний ход сумм осадков теплого периода более простой. Как уже указывалось, в начале периода суммы осадков увеличивались до второй половины 80-х гг., далее они в основном убывали (рис. 8.6 б, 8.6 в). На станциях Котельнич и Нолинск в конце исследуемого периода отмечается небольшой рост сумм осадков. На станции Яранск понижение сумм осадков начинается несколько раньше – в начале 80-х гг., а рост – в середине 90-х и выражен резче, подобно тому, как это происходит на станциях первой группы.

Долгопериодная динамика сумм осадков теплого периода восточной (ст. Уни), и особенно юго-восточной части области (ст. Кильмезь, Вятские Поляны), характеризуется некоторым понижением сумм осадков от начала исследуемого периода до середины 70-х гг., которое сменилось их ростом, продолжавшимся до конца 80-х, в свою очередь перешедшим в понижение, продолжавшееся до конца исследуемого периода (рис. 8.6 г).

Таким образом, на большинстве станций Кировской области суммы осадков теплого периода за исследуемый период или изменились мало, или возросли. Наибольший рост отмечен на ст. Лальск, Уржум и Уни. Разности между средними значениями сумм осадков

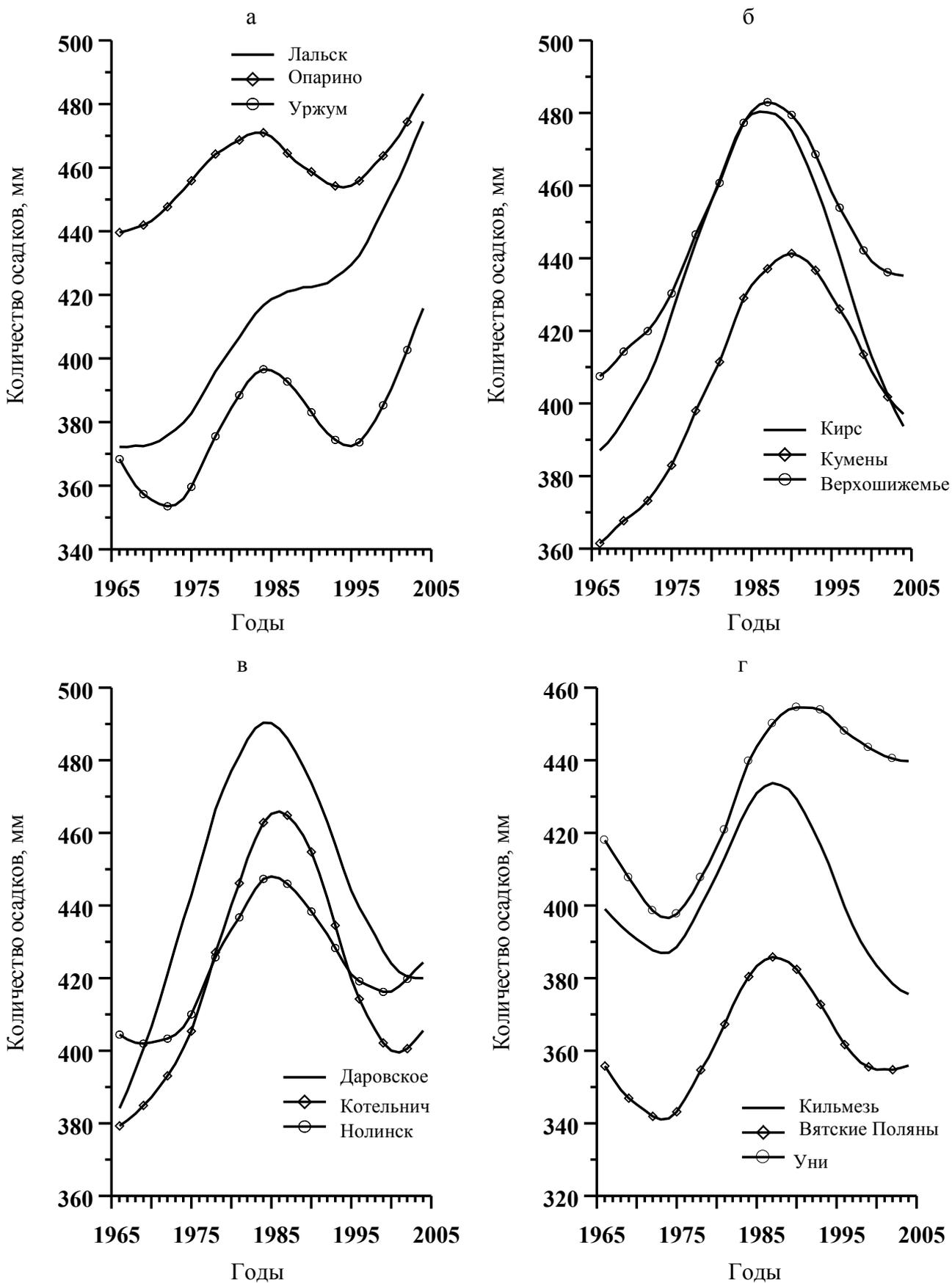


Рис. 8.6. Ход низкочастотной компоненты с периодом более 20 лет в рядах сумм осадков теплого периода

первого и последнего десятилетия исследуемого периода, вычисленными по сглаженным и исходным (в скобках) данным, составили соответственно 75 (74), 32 (49) и 39 (43) мм. Заметное уменьшение сумм осадков отмечено на станциях Нагорское – 21 (38), Яранск – 18 (26) и Кильмезь – 4 (10).

Кроме того, сравнивая сглаженный многолетний ход сумм осадков теплого периода и годовых сумм осадков (рис. 8.5 и 8.6), отметим их существенное сходство, что объясняется определяющим вкладом в годовые суммы осадков теплого периода (более двух третей).

В холодный период модель линейного тренда применима для сглаживания многолетнего хода сумм осадков на большем числе станций. Так, на станциях Нагорское, Санчурск, Даровское, Кумены, Кирс коэффициент детерминации линейного тренда превышает 10%. Также обоснованно можно аппроксимировать многолетний ход сумм осадков холодного периода линейным трендом на станциях Лальск, Опарино, Котельнич, Верхошижемье, Уни, Кильмезь и Вятские Поляны. Причем на двух последних в отличие от предыдущих коэффициент наклона линейного тренда отрицателен, то есть суммы осадков холодного периода в период 1966 – 2004 гг. не увеличивались, а уменьшались (табл. 8.5).

На другой весьма значительной группе станций Кировской области (Фаленки, Белая Холуница, Уржум, Яранск, Киров) многолетний ход сумм осадков холодного периода может быть обоснованно аппроксимирован полиномиальным трендом второй степени.

Характер динамики долгопериодной составляющей сумм осадков холодного периода на большей части Кировской области существенно отличается от такового в теплый период. На большинстве станций в начале исследуемого периода наблюдалось некоторое уменьшение сумм осадков, продолжавшееся до второй половины 70-х гг. Далее суммы осадков холодного периода в большей или в меньшей степени увеличивались до конца исследуемого периода (рис. 8.7 а).

Однако на ряде станций долгопериодные изменения сумм осадков проявляли себя иначе. Так, на станциях Лальск и Нагорское суммы осадков холодного периода с конца 60-х и до начала 90-х гг. существенно выросли, а затем до конца периода оставались практически неизменными (рис. 8.7 г).

На станциях Мураши и Нолинск уменьшение сумм осадков продолжалось, пусть и с различной скоростью, до начала 90-х гг. и только затем начался их рост (рис. 8.7 в).

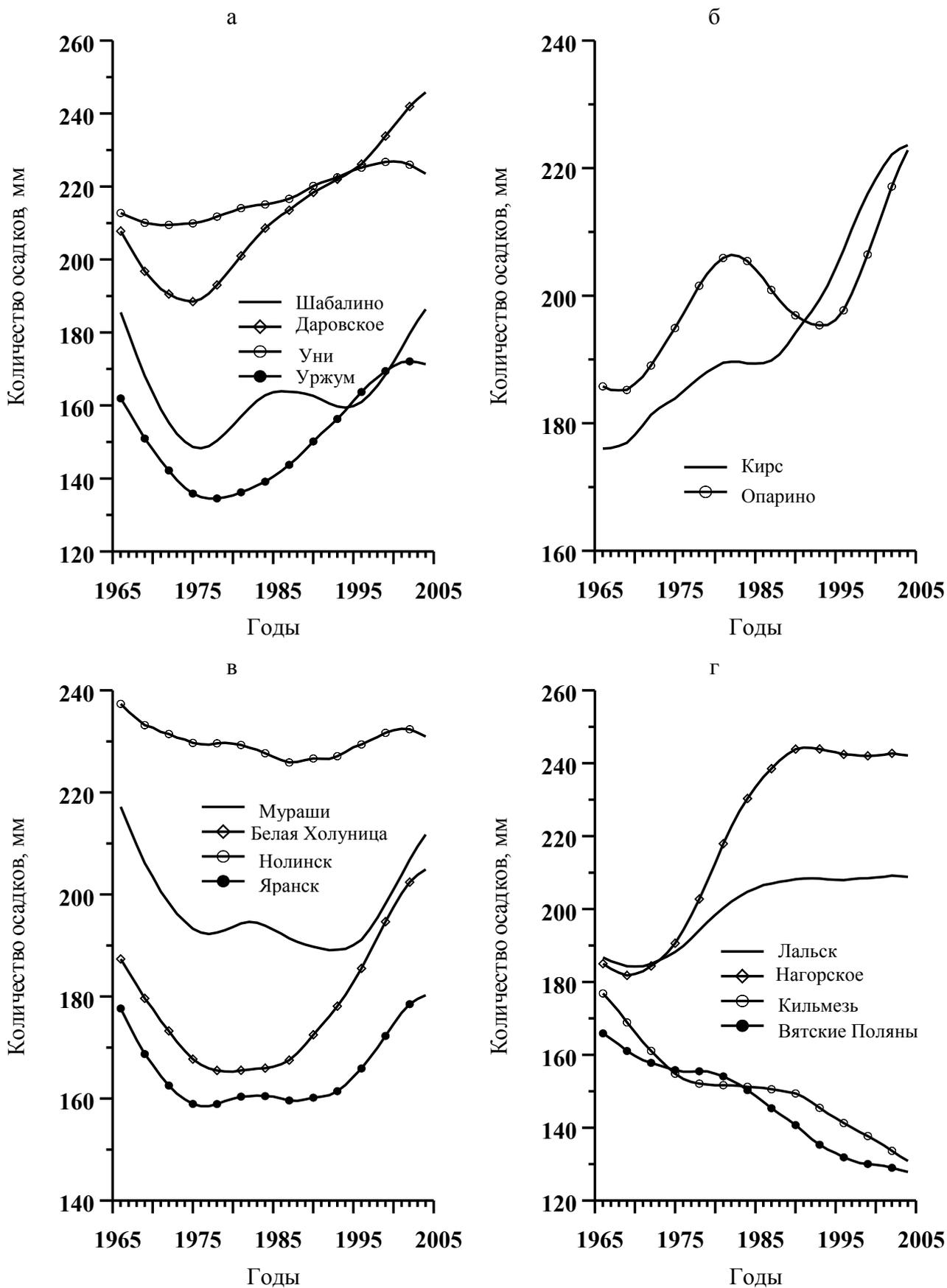


Рис. 8.7. Ход низкочастотной компоненты с периодом более 20 лет в рядах сумм осадков холодного периода

Волнообразный характер долгопериодного изменения сумм осадков имеет место на станциях Кирс и Опарино. С начала периода и до начала 80-х гг. здесь наблюдается увеличение сумм осадков холодного периода, за ним следует некоторое их уменьшение, особенно выраженное на станции Опарино. Далее и до конца исследуемого периода суммы осадков вновь возрастают (рис. 8.7 б).

Наконец, как и в теплый период, существенно отличается динамика сумм осадков на юго-востоке области (станции Кильмезь и Вятские Поляны). Здесь количество осадков холодного периода уменьшалось в течение всего периода с 1966 по 2004 гг. (рис. 8.7 г).

Из вышеизложенного следует, что, как и в теплый период, на большинстве станций Кировской области суммы осадков холодного периода с 1966 по 2004 гг. в основном возрастали. Наибольший рост отмечен на ст. Нагорское, Даровское, Кирс и Кумены, где разности между средними значениями сумм осадков первого и последнего десятилетия исследуемого периода, вычисленными по сглаженным и исходным (в скобках) данным, составили 58 (65), 40 (46), 36 (46) и 30 (44) мм соответственно. Уменьшение сумм осадков отмечено лишь на станциях Кильмезь – 28 (18) и Вятские Поляны – 30 (16) мм.

Приведем также сведения о некоторых вероятностных характеристиках сумм осадков на территории Кировской области, а именно о месячном, сезонном и годовом количестве осадков различной обеспеченности. Под обеспеченностью понимается вероятность выпадения количества осадков выше определенного предела. Например, если на ст. Киров годовая сумма осадков обеспеченностью 20% составляет 746 мм, это значит, что в среднем один раз в 5 лет за год выпадает 746 мм и более осадков.

Рассчитывается обеспеченность по рядам месячных сумм осадков ранжированным в убывающем порядке. Таким образом, наибольшая величина оказывается в начале ряда, а наименьшая – в конце. Далее каждый член нумеруется и рассчитывается его суммарная вероятность (обеспеченность) по формуле:

$$P = \frac{(m-0,3)}{(n+0,4)} \cdot 100\%$$

где  $P$  – обеспеченность члена ряда в %,  $m$  – порядковый номер члена ряда,  $n$  – общее число лет наблюдений.

### 8.3. Оценка условий засушливости летнего и суровости зимнего периодов

Большой, не только научный, но и практический, интерес представляет оценка засушливости и увлажненности летнего (июнь – август) периода, а также суровости и мягкости зимнего (декабрь – февраль). С этой целью по данным двадцати метеорологических станций Кировской области были рассчитаны индексы Педя (Педь, 1975) по следующим формулам:

$$S_{S_i} = \frac{\Delta T_i}{\sigma_T} - \frac{\Delta Q_i}{\sigma_Q}, S_{W_i} = \frac{\Delta T_i}{\sigma_T} + \frac{\Delta Q_i}{\sigma_Q}, \quad (8.1)$$

где  $S_S$  – летний индекс Педя,  $S_W$  – зимний индекс Педя,  $\Delta T$  – аномалия температуры воздуха,  $\Delta Q$  – аномалия количества осадков,  $\sigma_T$  и  $\sigma_Q$  – 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. Зимой если  $S_S > 2$ , то зима считается мягкой (теплой и многоснежной), если  $S_S < -2$ , то – суровой (холодной и малоснежной).

Подобно рядам осадков, полученные вышеуказанным способом ряды индексов Педя, подвергались низкочастотной фильтрации. Анализ динамики и пространственного распределения летних индексов показал, что на территории Кировской области повторяемость засушливых и переувлажненных летних сезонов практически одинакова (с небольшим преобладанием условий избыточной влажности). Повторяемость атмосферных засух за исследуемый период составила 8,7%, а условий избыточного увлажнения – 10,0%.

В период с 1966 по 2004 гг. всю территорию области охватили три крупных атмосферных засухи 1972, 1981 и 1988 гг., а также наблюдались три переувлажненных сезона 1978, 1980 и 1994 гг. Анализ динамики долгопериодной компоненты летнего индекса Педя показывает, что, несмотря на наличие крупной засухи 1981 г., наиболее влажным был период с 1976 по 1988 гг. (рис. 8.8 а). Предшествующий временной отрезок характеризовался на территории области преобладанием засушливости. С 1989 г. на территории области ни одной крупной засухи не отмечалось, а с 1995 г. не наблюдалось ни одного переувлажненного сезона.

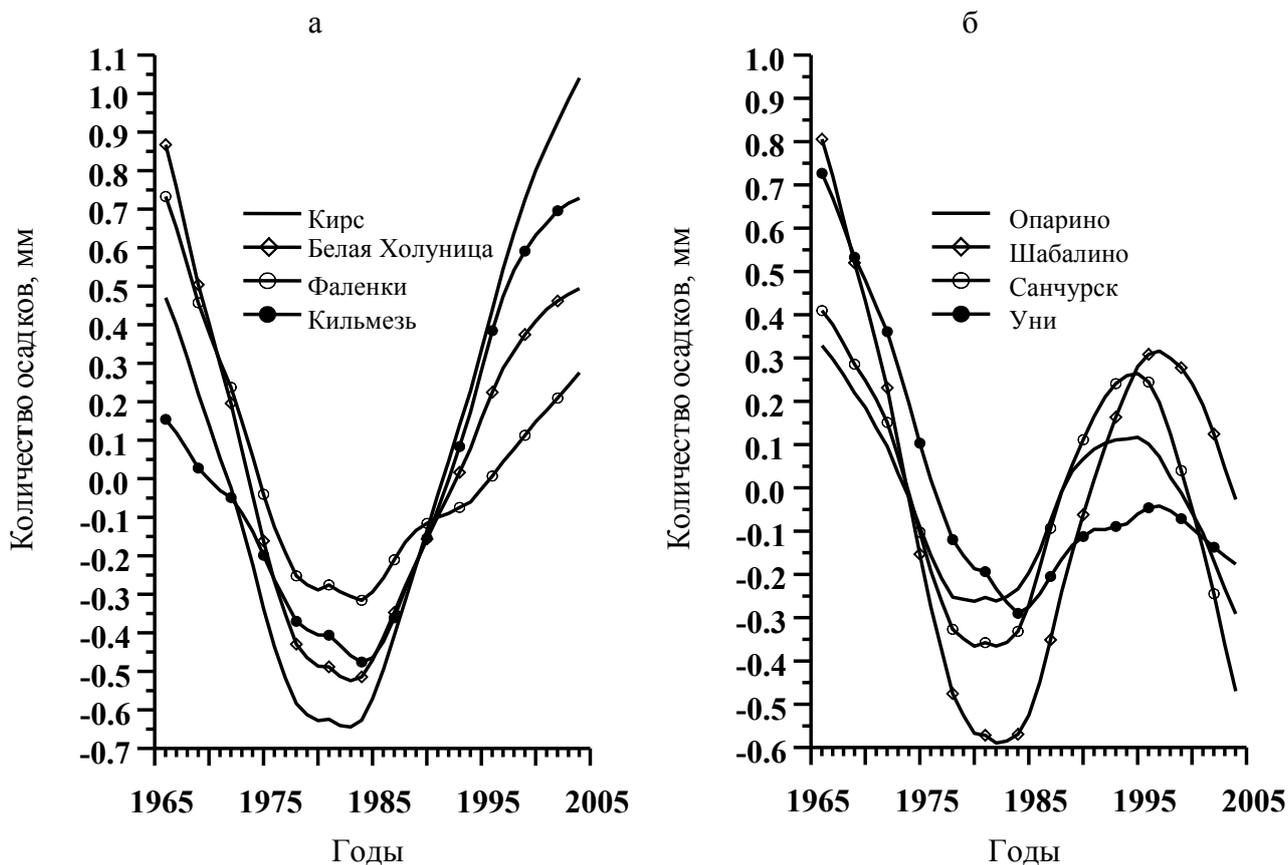


Рис. 8.8. Ход низкочастотной компоненты с периодом более 20 лет летнего индекса Педя

Таким образом, последние десять лет исследуемого периода на территории Кировской области характеризовались условиями увлажнения, близкими к нормальным. Следует, однако, отметить, что вследствие интенсивного роста летних температур с начала 90-х гг. на половине станций области наметилась тенденция к увеличению засушливости, особенно выраженная на станциях Кирс, Вятские Поляны, Кильмезь, Даровское и Нагорское (рис. 8.8 а).

Существенный рост зимних температур, начавшийся с конца 60-х гг., в сочетании с некоторым увеличением сумм зимних осадков привел к ослаблению суровости климата практически всей территории Кировской области за исключением крайнего юго-востока (ст. Кильмезь и Вятские Поляны) (рис. 8.9).

В среднем по Кировской области с середины 60-х гг. и до начала 80-х лишь однажды (1966 г.) и только на одной станции (Вятские Поляны) наблюдался зимний индекс, характерный для мягкой зимы (2,25). В то время как в этот период отмечены две суровых зимы на всей территории области: 1967 г. (значение индекса -2,78) и 1969 г. (значение индекса -4,50).

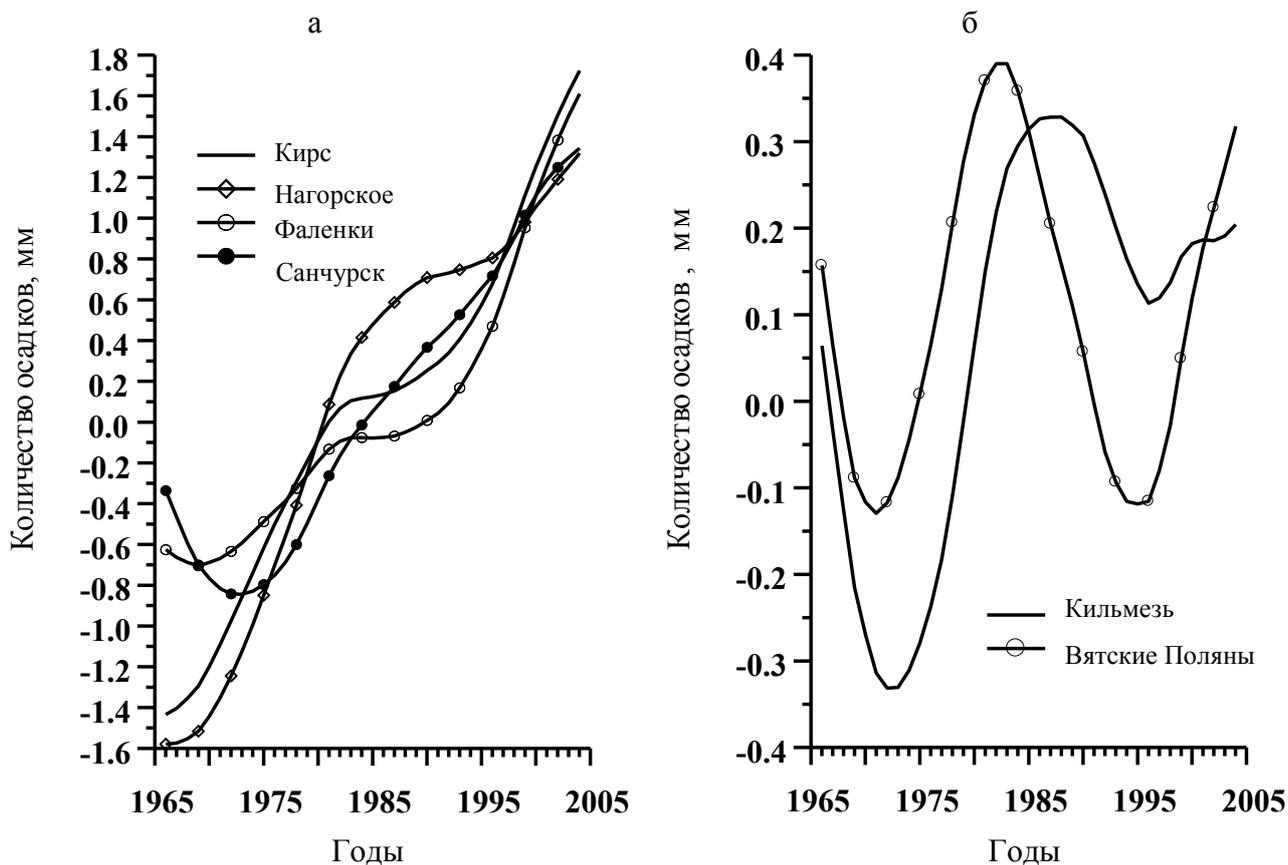


Рис. 8.9. Ход низкочастотной компоненты с периодом более 20 лет зимнего индекса Педя

С 1980 по 2004 гг. на территории Кировской области шесть зим были аномально теплыми и многоснежными 1981, 1983, 1990, 1999, 2000 и 2002 гг., а относительно суровой (значение индекса в среднем по области  $-2,0$ ) была лишь одна (1996 г.).

На всех станциях кроме юго-восточных прослеживается положительный линейный тренд зимнего индекса Педя, наиболее надежно определяемый на станциях Кирс, Нагорское, Кумены, Киров, Даровское, Санчурск, Белая Холуница, Котельнич (рис. 8.9 а). На этих станциях коэффициент детерминации линейного тренда изменяется в пределах от 27% (ст. Кирс) до 20% (ст. Котельнич), а коэффициент наклона тренда от 0,8 до 0,7 за 10 лет.

Самый слабый рост зимнего индекса Педя имеет место на станциях Нолинск и Мураши, где коэффициент наклона линейного тренда составил 0,5 за 10 лет. И, как уже указывалось, на станциях Кильмезь и Вятские Поляны, несмотря на рост зимних температур, из-за уменьшения зимних сумм осадков индекс Педя практически не изменялся (рис. 8.9 б).

## 9. КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ИХ ОЦЕНКА

В последние годы в связи с происходящим беспрецедентным глобальным потеплением климата усилился интерес к изменениям климатических условий и характеристик как на планете в целом, так и в отдельных регионах. Важное значение приобретает также проблема оценки меняющихся климатических ресурсов.

Учитывая важное научное и практическое значение изучения современных климатических изменений, Всемирная метеорологическая организация (ВМО) в 1980 г. учредила Всемирную программу исследований климата (ВПИК), в рамках которой и по настоящее время проводятся исследования во многих странах мира, включая Россию. Пользуются известностью также Международная программа исследований геосферы и биосферы, Международная программа исследования роли человека в глобальном изменении окружающей среды и др.

В результате этой активной деятельности подготовлен и опубликован ряд важных обобщающих материалов, проведен ряд международных научных форумов по проблемам изменений климата.

Так, в России сотрудниками ГГО им. А.И. Воейкова под руководством проф. Н.В. Кобышевой подготовлены и изданы фундаментальные монографии «Климат России» (2001), «Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации» (2005) В Беларуси под общей редакцией акад. В.Ф. Логинова опубликована монография «Изменения климата Беларуси и их последствия» (2003). Появились также климатические описания субъектов РФ (Справочник ... , 2005).

Учитывая важность проблемы, Росгидромет по инициативе А.И. Бедрицкого выпустил сборник материалов «Результаты исследований изменений климата для стратегии устойчивого развития Российской Федерации» (2005), в котором представлен комплексный анализ не только современных климатических изменений, но и стратегический прогноз изменений климата РФ на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России.

Согласно определению Н.Ф. Реймерса (1990), к природным ресурсам относят «природные объекты и явления, используемые в настоящем, прошлом и будущем для прямого и непрямого потребления, способствующие созданию материальных богатств, воспроизводству трудовых ресурсов, поддержанию условий существования человечества и повышающие качество жизни».

Хорошо известна зависимость экономики от природных ресурсов, и в частности – климатических. В (Кобышева, Священников, 2005) рассматривается понятие «климатические ресурсы», новый подход к их оценке в условных единицах.

В фундаментальной работе (Хандожко, 2005) предложен ресурсный подход к изучению климата, что позволяет учитывать климатический фактор в различных областях социально-экономической деятельности. По определению Н.В. Кобышевой и О.Б. Ильиной (2001), «климатическими ресурсами называются запасы вещества, энергии и информации в климатической системе (прежде всего атмосфере), которые используются или могут быть использованы для решения конкретной задачи в экономике или социальной сфере». При этом климатические ресурсы подразделяются на положительные и отрицательные. Так, ресурсы тепла, света, влаги, ветра и т.д. используются при выработке электроэнергии с помощью ветроэнергетических станций и гелиоустановок в сельскохозяйственном производстве и т.д. Отрицательные ресурсы климата возникают тогда, когда приходится защищаться от тех или иных особенностей климата: возводить ограждающие конструкции, отапливать помещения, устанавливать ветро-, снего- и солнцезащиту, учитывать в расчетах конструкции климатические нагрузки. Правильный учет климата позволяет сделать эту защиту более рациональной и экономичной, избежать лишних затрат, в связи с чем отрицательные ресурсы климата убывают.

Климатические ресурсы обладают следующими свойствами (Хандожко, 2005): ограниченностью (изменчивостью климатических характеристик), ценой (денежной оценкой климатической продукции – информации) и реализацией, т.е. практическим результативным использованием в конкретной области экономики.

Климатические ресурсы делятся на группы по отраслевому признаку: агроклиматические, энергоклиматические, ресурсы для строительства и др. Используется также и территориальный признак: региональные климатические ресурсы, местные, локальные, микроклиматические.

Климатические ресурсы входят в комплексную оценку природных ресурсов страны. Общим показателем климатических ресурсов является климатический потенциал.

Н.В. Кобышева и О.Б. Ильина (2001) определили специализированные показатели основных групп климатических ресурсов для отдельных отраслей производства и человека (табл. 9.1).

Т а б л и ц а 9.1

Специализированные показатели основных групп климатических ресурсов  
для технических систем и человека

Группа	Подгруппа (разновидность)	Специализированные показатели
Энергетический комплекс	Ветроэнергетическая	Средний куб скорости ветра, повторяемость энергетических затиший и ветров разрушительной силы
	Гелиоэнергетическая	Суммы прямой и суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность
	Гидроэнергетическая (ГЭС)	Месячная сумма осадков, повторяемость периодов без осадков или с осадками менее 5 мм
	Тепловая энергетика (ТЭС)	Квантили температуры воздуха и энтальпии
	Атомная энергетика (АЭС)	Температура воздуха и скорости ветра, возможные раз в 10 тыс. лет повторяемость смерчей
	Передача энергии	Среднее число дней с обледенением гололедного станка за год, квантиль максимальной скорости ветра
Строительство	Тепловой режим зданий	Среднее число градусо-дней, температура наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92), скорость ветра (обеспеченностью 0,80), сумма суммарной солнечной радиации за год, приходящая на вертикальную поверхность при средних условиях облачности, или дефицит тепла (восточная стена) при учете всей приходящей радиации
	Нагрузки и воздействия	Расчетные значения скорости ветра, гололедно-изморозевые отложения, вес снежного покрова, возможные раз в 20 лет
	Водоснабжение и канализация	Средняя интенсивность осадков за 20 мин., среднее число дождей за год, средняя интенсивность снеготаяния, сумма осадков за год, глубина промерзания почвы
	Производство строительных работ	Число дней со скоростью ветра > 10 м/с при отрицательной температуре воздуха, число дней со скоростью ветра $\geq 12$ и $\geq 15$ м/с
Сухопутный транспорт	Автомобильный транспорт	Повторяемость гололедицы на дорогах, опасных явлений погоды
	Железнодорожный транспорт	Повторяемость опасных явлений погоды, средний прирост снежного покрова за сутки
	Магистральный трубопровод	Наибольшая декадная высота снежного покрова за год, максимальная глубина промерзания почвы и протаивания слоя вечной мерзлоты
Коммунальное хозяйство	Отопление	Продолжительность и средняя температура отопительного периода, сумма суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность за год при средних условиях облачности с учетом застройки
	Снего- и водоборьба	Средняя интенсивность снеготаяния осадков за 20 мин, максимальный и средний из максимальных суточных приростов высоты снежного покрова
	Функционирование производства и санитарно-технических предприятий	Среднее значение энтальпии теплого и холодного периода, максимальная температура воздуха

Для более полной характеристики климатических ресурсов вводятся понятия – потенциальные климатические ресурсы (ПКР) и региональные климатические ресурсы (РКР). ПКР содержат общие, известные климатические ресурсы, которые используются на практике. РКР – только часть потенциала, которая используется в конкретной области хозяйственной деятельности.

Все климатические характеристики (температура, ветер, осадки и т.п.), специализированные климатические показатели, комплексные климатические показатели (гидротермический коэффициент Селянинова, индекс суровости по Осокину, эквивалентно-эффективная температура по Русанову и др.) выражены в различных единицах измерения, что затрудняет их сопоставление.

Возникла необходимость выразить все климатические параметры в условных единицах. Исходные климатические ресурсы (температура, ветер, число градусо-дней, комплексные показатели и др.) переводятся в безразмерный вид: нормируются и переводятся в баллы.

Согласно Н.В. Кобышевой и О.Б. Ильиной (2001), положительные климатические ресурсы, отражающие благоприятные влияния климата, определяются по формуле

$$X_{пл} = 10 \frac{x - x_{мин}}{x_{макс} - x_{мин}}, \quad (9.1)$$

где  $x$  – значение климатической характеристики, показателя и др. в принятых единицах измерения ( $^{\circ}\text{C}$ , мм/12ч, кДж, кг/м<sup>2</sup> и др.).

Для отрицательных климатических ресурсов, вызывающих неблагоприятные (ущербные) последствия в хозяйственной практике, используется формула

$$X_{от} = 10 - 10 \frac{x - x_{мин}}{x_{макс} - x_{мин}}. \quad (9.2)$$

За 10 баллов принимается абсолютное максимальное значение ресурсной характеристики:

а) при положительных ресурсах 10 баллов – максимальное значение, 0 баллов – минимальное;

б) при отрицательных ресурсах 10 баллов – минимальное значение, 0 баллов – максимальное.

Переведенные в баллы ресурсные характеристики суммируются по пункту или территории. Затем балльная оценка переводится в относительные значения (относительно суммы) и выражается в 1000 условных единиц. Тем самым устанавливаются условные климатические единицы (УКЕ):

$$УКЕ = \frac{\text{балл}}{\sum_{i=1}^n \text{балл}} \cdot 1000, \quad (9.3)$$

где  $n$  – общее число рассчитанных значений ресурсной характеристики в баллах.

Величина ПКР по территории (или пункту) устанавливается как сумма УКЕ по ряду  $i$  – х потребителей, отраслей, использующих климатическую информацию

$$ПКР = \sum_{i=1}^m (УКЕ)_i. \quad (9.4)$$

### 9.1. Агроклиматические ресурсы

Согласно (Хандожко, 2005), агроклиматические ресурсы оцениваются как климатические возможности, которые имеет какая-либо территория для получения сельскохозяйственной продукции, а формой представления агроклиматических ресурсов являются сведения о продуктивности культур в зависимости от климатических особенностей территории. Сравнительная оценка биологической продуктивности климата (агроклиматических ресурсов) выражается в абсолютных (урожайность в ц/га) или относительных (балл) величинах.

Совокупность метеорологических факторов, включая в первую очередь тепло и влагу, формирует агроклиматические ресурсы данной территории, определяющие условия производства и продуктивность сельскохозяйственных культур. Для вегетационного периода и его отдельных подпериодов наиболее часто рассчитываются и анализируются: 1) термические и световые ресурсы; 2) ресурсы увлажнения, включая осадки и влажность почвы; 3) условия перезимовки культур; 4) неблагоприятные (опасные и особо опасные) явления; 5) оценки биоклиматической продуктивности (Исаев, 2001; Справочник ... , 1988).

Для оценки потребностей растений в тепле, как правило, используется сумма активных температур (сумма температур за период со среднесуточными температурами выше 10°C).

Специалистами в области агрометеорологии рассчитаны суммы активных температур для всех культурных растений. Кроме того, учитываются экстремумы температур в различные периоды вегетации, статистики безморозного периода и др.

Важным условием для развития растений является влага, которая поступает к ним в виде атмосферных осадков и содержится в почве.

В агрометеорологии для характеристики условий увлажнения среды принято использовать комплексные характеристики, которые учитывают не только осадки, но и испарение. Наиболее известным из них является гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова

$$ГТК = \Sigma R / 0,1 \Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}, \quad (9.5)$$

где  $\Sigma R$  – сумма осадков,  $\Sigma t^{\circ}_{>10^{\circ}}$  – сумма активных температур в период вегетации.

При  $ГТК \leq 0,8$  возникает засуха, при  $ГТК < 0,4$  – очень сильная засуха.

Индекс увлажнения  $K_{uu}$ , предложенный Д.Н. Шашко, определяется по формуле

$$K_{uu} = \Sigma R / \Sigma d, \quad (9.6)$$

где  $\Sigma R$  – сумма осадков в мм,  $\Sigma d$  – сумма дефицитов упругости водяного пара, выраженная в гПа.

Показатель увлажнения  $\Pi_y$  по М.И. Будыко получен с учетом теплосбалансовых измерений:

$$\Pi_y = \Sigma R / 0,18 \Sigma t^{\circ} C, \quad (9.7)$$

где  $\Sigma R$  и  $\Sigma t^{\circ} C$  – соответственно, суммы осадков в мм и активных температур за год в  $^{\circ}C$ .

Важное значение имеет понятие биоклиматической продуктивности растительного покрова, которая оценивается по формуле Д.И. Шашко

$$H_{\text{бкл}} = K_{\text{бп}} \frac{\Sigma t^{\circ}_{>10^{\circ}}}{1000^{\circ}}, \quad (9.8)$$

где  $K_{\text{бп}}$  – коэффициент биологической продуктивности растений, зависящий от показателя скорости испарения  $M_c$ , определяемой по формуле

$$M_c = E_c / \Sigma d, \quad (9.9)$$

где  $F_c$  – суммарное испарение,  $\Sigma d$  – сумма дефицитов влажности воздуха.

В табл. 9.2 представлена зависимость величины  $K_{\text{бп}}$  от показателя скорости испарения  $M_c$ .

Т а б л и ц а 9.2

Соотношения значений скорости испарения ( $M_c$ )  
и коэффициента биологической продуктивности ( $K_{\text{бп}}$ )

$M_c$	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$K_{\text{бп}}$	0,19	0,41	0,57	0,69	0,79	0,86	0,92	0,97	1,00

Биоклиматическая продуктивность культур характеризуется как пониженная при  $H_{\text{он}} < 1,5$ ; средняя – при  $1,5 - 2,0$  и повышенная – при  $H_{\text{он}} > 2,0$ .

Как известно, тепло и влага являются основными факторами продуктивности сельскохозяйственных культур. Так, влагообеспеченность территории является одним из важнейших факторов, характеризующих агрометеорологические (агроклиматические) условия возделывания, произрастания и формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. Эта величина характеризуется исключительной изменчивостью во времени и пространстве, что в значительной мере обуславливает колебания агроклиматических ресурсов и всего сельскохозяйственного потенциала территории. Для оценки влагообеспеченности авторы (Зоидзе, Хомякова, 2006) предлагают использовать гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова, как наиболее оптимальный показатель.

Е.К. Зоидзе и Т.В. Хомякова (2006), обобщив многолетний опыт использования показателя ГТК в научных и практических задачах при оценке влагообеспеченности территории России и исследовании зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от агроклиматических условий с учетом географической зоны, периода вегетации и т.д., предложили следующую школу классификации уровней влагообеспеченности по значениям ГТК (табл. 9.3).

Т а б л и ц а 9.3

Характеристика влагообеспеченности по значениям ГТК

ГТК	> 1,5	1,41 – 1,50	1,10 – 1,40	0,76 – 1,00	0,61 – 0,75	0,40 – 0,60	0,20 – 0,39	< 0,20
Характеристика влагообеспеченности	Избыточная	Повышенная	Достаточная (оптимальная)	Недостаточная	Низкая (слабая засуха)	Очень низкая (средняя засуха)	Исключительно низкая (сильная засуха)	Катастрофическая низкая (очень сильная засуха)

В последние годы для описания условий тепло-, влагообеспеченности и оценки засух широко используется комплексный показатель  $S_i$ , предложенный Д.А. Педем (1975). Для расчета этого индекса атмосферного увлажнения (засушливости) используется формула

$$S_i = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta P}{\sigma_P}, \quad (9.10)$$

где  $\Delta T$  и  $\Delta P$  – аномалии (отклонения от нормы) среднемесячных температур и количества осадков соответственно;  $\sigma_T$  и  $\sigma_P$  – их среднеквадратические отклонения.

Значение индекса  $S_i$  формируется под влиянием крупномасштабной атмосферной циркуляции и местных физико-географических условий. Принято считать, что при  $S_i > 2$  формируется засуха;  $1 < S_i \leq 2$  – засушливые условия;  $-1 \leq S_i \leq 1$  – нормальные условия увлажнения;  $-2 \leq S_i < -1$  – влажные условия;  $S_i < -2$  – избыточное увлажнение. Для зимних условий: при  $S_i > 2$  зима считается теплой и многоснежной, при  $S_i < -2$  – зима холодная и малоснежная.

Между индексами ГТК и  $S_i$  существует тесная статистическая связь. В работе (Гуляева, Костюков, 2003) получена следующая приближенная формула этой связи:

$$\overline{ГТК} = -\frac{\sigma_P}{3T} S_i + \frac{T}{T} (\overline{ГТК} - 1) + 1, \quad (9.11)$$

где черта сверху обозначает норму. Соотношение является точным для месяцев со среднесуточной температурой  $\geq 10^\circ\text{C}$ .

По Селянинову, северная граница степной зоны на европейской территории России хорошо совпадает с изолинией ГТК = 1 за июнь – август, а северная граница пустыни – с изолинией ГТК = 0,5. Период считается засушливым, если ГТК < 1,0, и сухим, если ГТК < 0,5.

Солнечная радиация является источником энергии для всех земных живых организмов. Часть спектра солнечного света, непосредственно участвующую в фотосинтезе, называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Величину ФАР обычно ограничивают пределами длин волн 0,38 – 0,71 мкм и рассчитывают по формуле

$$\text{ФАР} = 0,43 S' + 0,57 D, \quad (9.12)$$

где  $S'$  – интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность,  $D$  – интенсивность рассеянной солнечной радиации.

Солнечная постоянная составляет  $1375 \text{ Вт/м}^2$ , из них  $420 \text{ Вт/м}^2$  приходится на диапазон ФАР. Примерно 85% ФАР поглощается растениями и менее 5% усваивается в процессе фотосинтеза.

Коэффициент полезного действия (КПД) фотосинтеза определяется как процент ФАР, утилизированный в общую первичную продукцию. Лесная растительность обладает максимальным КПД фотосинтеза (2,0 – 3,5%), КПД травянистых сообществ, включая сельскохозяйственные культуры, составляет около 1 – 2%, КПД фитопланктона не превышает 0,5%.

Для приближенного расчета ФАР используются также данные о суммарной радиации  $Q$  с коэффициентом 0,52 (Ильина, 2005):  $\text{ФАР} = 0,52 Q$ .

Биологическое действие различных длин волн радиации неодинаково. Ультрафиолетовые лучи замедляют ростовые процессы, но ускоряют прохождение этапов формирования у растений репродуктивных органов. Инфракрасные лучи, активно поглощаемые водой, находящейся в листьях и побегах растений, оказывают тепловое воздействие и влияют на процессы роста и развития растений, инфракрасная радиация оказывает только тепловое воздействие. Решающее значение для жизнедеятельности растений имеет коротковолновая радиация в интервале  $\lambda = 0,38 \dots 0,71$  мкм, называемая фотосинтетически активной радиацией (ФАР) (табл. 9.4).

Т а б л и ц а 9.4

Биологическое значение участков спектра (по Ю.К. Россу и др.)

Вид радиации	Область спектра, мкм	Процент солнечной радиации	Эффект действия радиации на растения		
			тепловой	фотосинтез	рост и развитие
Ультрафиолетовая	0,01 ... 0,39	0 ... 4	Несущественный	Несущественный	Существенный
ФАР	0,38 ... 0,71	21 ... 46	Существенный	Существенный	Существенный
Ближняя инфракрасная	0,76 ... 4,0	50 ... 79	Существенный	Несущественный	Существенный
Дальняя инфракрасная	> 4,0	–	Несущественный	Несущественный	Несущественный

Усвоение растениями энергии солнечной радиации происходит при помощи хлорофилла – зеленого пигмента, особенно обильного в листьях и однолетних побегах сельскохозяйственных культур.

При высоком стоянии Солнца на земную поверхность поступает максимум энергии в области желто-зеленого спектра лучей. Когда Солнце приближается к горизонту, максимальную энергию имеют дальние красные лучи, мало участвующие в процессе фотосинтеза растений. Рассеянная радиация более богата фотосинтетически активной радиацией, чем прямая (Грингоф, Пасечнюк, 2005).

Наиболее изученными являются агроклиматические и биоклиматические ресурсы, поскольку тепло, влага, свет определяют биопродуктивные возможности территории.

Влияние ресурсов тепла и соотношения тепла и влаги на биологическую продуктивность учитывает комплексный показатель Д.И. Шашко – биоклиматический потенциал (БКП):

$$БКП = K_{p(кy)} \frac{\sum t > 10^{\circ} C}{\sum t_{ak(баз)}}, \quad (9.13)$$

где  $K_{p(кy)}$  – коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения;  $\sum t > 10^{\circ} C$  – сумма значений температуры выше  $10^{\circ} C$ , выражающая теплообеспеченность растений в данном месте;  $\sum t_{ak(баз)}$  – базисная сумма средних значений температуры воздуха за период активной вегетации, т.е. сумма, относительно которой проводится сравнительная оценка.

В качестве базисных используются разные суммы значений температуры:  $1000^{\circ} C$  – для сравнения с продуктивностью на границе возможного массового полевого земледелия;  $1900^{\circ} C$  – для сравнения со средней по стране продуктивностью, свойственной южно-таежно-лесной зоне;  $3100^{\circ} C$  – для сравнения с продуктивностью в оптимальных условиях роста, характерных для предгорных лесостепных районов Краснодарского края.

Коэффициент роста (коэффициент биологической продуктивности)  $K_{p(кy)}$  представляет собой отношение урожайности в данных условиях влагообеспеченности к максимальной урожайности в условиях оптимального увлажнения и рассчитывается по формуле

$$K_{p(кy)} = \lg(20K_{увл}), \quad (9.14)$$

где  $K_{увл} = P/\Sigma d$  – коэффициент годового атмосферного увлажнения, равный отношению количества осадков к сумме средних суточных значений дефицита влажности воздуха. При значении  $K_{увл} = 0,5$  создаются оптимальные условия для влагообеспеченности растений. В этих условиях  $K_{p(кy)} = 1$ .

В России средняя продуктивность культур широкого ареала (зерновых) соответствует значению БКП = 1,9, которое принято за эталон (100 баллов). Переход от БКП к баллам осуществляется по формуле

$$B_{к} = K_{p(кy)} \frac{(\sum t > 10^{\circ} C) \cdot 100}{1900} = 55 БКП, \quad (9.15)$$

где  $B_i$  – климатический индекс биологической продуктивности, балл; 55 – коэффициент пропорциональности, определенный по связи средних значений БКП и продуктивности зерновых при уровне агротехники госсортучастков.

Климатический индекс биологической продуктивности изменяется по территории России от 22 до 161 балла.

Одна из ведущих отраслей природопользования – лесное хозяйство (табл. 9.5).

Т а б л и ц а 9.5

Диапазон изменения специализированных показателей  
лесохозяйственных климатических ресурсов

Показатель	Единица измерения	Минимум	Максимум
Радиационный баланс	МДж/м <sup>2</sup>	705	2292
Количество осадков	Мм	232	1300
Сумма активных температур (> 10°)	°С	300	3600
Продолжительность вегетации	дни	30	200
Показатель увлажнения	–	0,17	0,7
Индекс континентальности	–	95	272
Число дней с сильным ветром	дни	0,7	52,4
Пожароопасность	дни/мес	0	18
Число дней с низкой температурой воздуха (< -30°С)	дни	0	30

Лес представляет из себя сложный природный организм, который выполняет три функции (Дежкин, 1997).

1. *Биосферная функция.* Синтез органического вещества, участие в биологическом круговороте вещества и энергии, продуцирование кислорода и поглощение углекислого газа, формирование почв, участие в регулировании водного стока, климатообразующие свойства, создание среды обитания для животных и микроорганизмов.

2. *Экономическая функция.* Продуцирование экономически значимых сырьевых продуктов – древесных, пищевых, лекарственно-технических и др.

3. *Социальная, социально-гигиеническая функция.* Укрепление здоровья человека, улучшение среды его обитания, предоставление возможностей рекреации, удовлетворение эстетических потребностей.

Конференция в Рио-де-Жанейро в 1992 г. приняла специальное заявление по проблеме лесов: «леса следует использовать таким образом, чтобы удовлетворять социальные, экономические, экологические, культурные и духовные потребности современного и будущего поколений».

Леса являются основным аккумулятором биомассы (органики), в них содержится более 80% биомассы Земли. Выделяют сомкнутые леса и открытые леса: к первым относятся леса, чьи пологи перекрывают 20 или 40% и более территории, остальные относят к несомкнутым лесам. Сомкнутые леса занимают 25 млн. км<sup>2</sup>, из которых 10 млн. км<sup>2</sup> занимают тропические леса. Примерно такую же площадь занимают разомкнутые леса. Наземная биомасса леса составляет 70 – 80%. Средняя чистая первичная продукция лесов составляет порядка 8 – 10 т/га год в пересчете на углерод, а глобальная – порядка 40 Гт/год. Листовой индекс лесов равен 8, т.е. испаряющая поверхность современного лесного полога суши близка к площади Мирового океана (Горшков, 1995).

## 9.2. Биоклиматические ресурсы

Биоклиматические ресурсы характеризуют связь климата с тепловым состоянием человека, его здоровья, особенностями реакции и санитарно-гигиенической оценкой в естественных условиях.

Согласно (Энциклопедия ... , 2005) на здоровье и самочувствие человека существенное влияние оказывают температура и влажность воздуха, солнечная радиация, атмосферное давление, скорость ветра, а также комплекс метеорологических величин, выраженных в виде эффективных температур, душных погод, индексов дискомфорта и т.д.

Выделены следующие составляющие биоклиматических ресурсов:

- рекреационно-климатические ресурсы;
- санитарно-гигиенические климатические ресурсы для градостроительства;
- физиолого-климатические ресурсы теплового состояния человека;
- лечебно-профилактические климатические ресурсы для основных видов заболеваний: сердечно-сосудистых, хронических неспецифических заболеваний органов дыхания, ревматических и простудных, туберкулеза, глазных.

К.Ш. Хайруллин и В.Н. Карпенко (2005) подготовили для энциклопедии климатических ресурсов Российской Федерации раздел «Лечебно-профилактические климатические ресурсы для основных видов заболеваний», в котором рассмотрены вопросы влияния климата и погоды на организм человека. Для удобства климатические характеристики, способные оказывать негативное воздействие на людей, представлены в табл. 9.6. и 9.7

Т а б л и ц а 9.6

Диапазон изменения специализированных показателей лечебно-профилактических климатических ресурсов для основных заболеваний

Показатель	Единица измерения	Минимум	Максимум
1	2	3	4
<b>Сердечно-сосудистые заболевания</b>			
Число дней с межсуточной изменчивостью температуры воздуха $\geq 8^{\circ}\text{C}$	дни	2	42
Среднее квадратическое отклонение среднего суточного атмосферного давления на уровне станции	гПа	6,5	15,5
Число дней со средней суточной температурой воздуха $\geq 20^{\circ}\text{C}$	дни	0	102
Число дней со средней суточной температурой воздуха $\leq -25^{\circ}\text{C}$	дни	0	117
Число дней с относительной влажностью воздуха $\geq 80\%$	дни	22	193
Повторяемость скорости ветра $\geq 8$ м/с	%	1	40
<b>Заболевания органов дыхания</b>			
Число дней с межсуточной изменчивостью температуры воздуха $\geq 8^{\circ}\text{C}$	дни	2	42
Среднее квадратическое отклонение среднего суточного атмосферного давления на уровне станции	гПа	6,5	15,5
Число дней со средней суточной температурой воздуха $\leq -25^{\circ}\text{C}$	дни	0	117
Повторяемость сочетаний температуры воздуха $\geq 20^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $\geq 80\%$	%	0	35
Повторяемость сочетаний температуры воздуха $\leq 0^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $\geq 80\%$	%	5	36
Повторяемость скорости ветра $\geq 8$ м/с	%	1	40
<b>Ревматические и простудные заболевания</b>			
Число дней с переходом температуры воздуха через $0^{\circ}\text{C}$	дни	3	101
Число дней с относительной влажностью воздуха $\geq 80\%$	дни	22	193
Повторяемость скорости ветра $\geq 8$ м/с	%	1	40

Окончание таблицы 9.4

1	2	3	4
Число дней с жидкими и смешанными осадками	дни	22	130
Туберкулез			
Число дней с межсуточной изменчивостью температуры воздуха $\geq 8^{\circ}\text{C}$	дни	2	42
Повторяемость сочетаний температуры воздуха $\geq 20^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $\geq 80\%$	%	0	35
Повторяемость сочетаний температуры воздуха $\leq 0^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $\geq 80\%$	%	5	36
Повторяемость скорости ветра $\geq 8$ м/с	%	1	40
Число дней с жидкими и смешанными осадками	дни	22	130
Глазные болезни			
Энергетическая освещенность солнечной радиации в летние месяцы в полуденные часы при средних условиях облачности	кВт/м <sup>2</sup>	0,16	0,52
Число дней с межсуточной изменчивостью температуры воздуха $\geq 8^{\circ}\text{C}$	дни	2	42
Среднее квадратическое отклонение среднего суточного атмосферного давления на уровне станции	гПа	6,5	15,5

Таблица 9.7

## Критерии основных биометеорологических характеристик

Характеристика	Критерий	Метеотропность	Примечание
1	2	3	4
Суммарная солнечная радиация, приходящая на тело человека, кВт/м <sup>2</sup>	$\geq 0,6$	Перегрев	Лето: $t_{\text{в}} \geq 18^{\circ}\text{C}$
	0,2 – 0,25	Оптимум	
Интенсивность УФ радиации, эрг/(час. · м <sup>2</sup> )	0,008	Минимум, необходимый в сутки	УФ голодание при меньших значениях
	0,08	Оптимум	Эритемная доза
Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	17 – 23	Комфорт	В умеренных широтах
		Слабый дискомфорт	Перегрев в полярных районах летом

Продолжение т а б л и ц ы 9.7

1	2	3	4
	24 – 26	Слабый перегрев	Перегрев связан с терморегуляцией организма
	27 – 29	Перегрев	
	≥30	Сильный перегрев	
Относительная влажность, %	≥ 80	Дискомфорт	Духота, возможен тепловой удар при $t_{в} \geq 30^{\circ}\text{C}$
	≤ 30	Дискомфорт	При $t_{в} \geq 18^{\circ}\text{C}$ сухость слизистых оболочек дыхательных путей
	40 – 70	Комфорт	При $t_{в} \leq 25^{\circ}\text{C}$
Давление водяного пара, гПа	≥ 18,8	Духота	Ухудшение самочувствия человека
Скорость ветра, м/с	1 – 3	Оптимум	
	≥ 6	Дискомфорт	Усиливает динамические нагрузки и обостряет ряд заболеваний
Межсуточные перепады атмосферного давления воздуха, гПа	≥ 10	Дискомфорт	Ухудшение самочувствия у больных людей
Температура воды для купания, °С	≥ 27	Очень теплая	Мало освежает
	≥ 20 – 24	Оптимум	Показано всем
	17 – 19	Прохладная	Показано здоровым людям
	14 – 16	Холодная	Показано закаленным людям
Эквивалентно-эффективные температуры (лето), °С	≥ 23	Дискомфорт	Перегрев
	17 – 21	Комфорт	Оптимум
	9 – 16	Дискомфорт	Незначительный холодный дискомфорт
	≤ 8	Дискомфорт	Требуется теплая одежда

Окончание таблицы 9.7

1	2	3	4
Приведенные (к штилю) температуры воздуха (зима), °С	0 ... -15	Относительный комфорт	При относительной влажности ≤70%
	-16 ... -28	Дискомфорт	Ограничено время для прогулок
	-29 ... -32	Значительный дискомфорт	Каждый час 15-минутные перерывы для обогрева
	-32 ... -41	Суровые условия	Сокращение рабочего дня
	≤ -42	Крайне суровые	Возможно обморожение. Рабочие дни активируются

Для оценки суровости климата используется ряд биоклиматических показателей. В работе (Виноградова, 1997) для этой цели были выбраны индексы влажного охлаждения по Хиллу и сухого ветрового охлаждения по Бодману, т.к. они, как это показал корреляционный анализ, являются наиболее независимыми по сравнению с другими. Оценка их чувствительности к изменению входящих в них метеорологических величин показала, что они лучше других реагируют на изменения температуры воздуха и скорости ветра, особенно при отрицательных и близких к нулю температурах, что очень важно для характеристики суровости климата в зимнее время и переходные сезоны.

Индекс влажного ветрового охлаждения по Хиллу рассчитывается по формуле

$$H_w = H_d + (0,085 + 0,102v^{0,3})(61,1 - e)^{0,75}, \quad (9.16)$$

где  $H_d = (0,13 + 0,47 v^{0,5})(36,6 - t)$ ;  $v$  – скорость ветра,  $mc^{-1}$ ;  $t$  – температура воздуха, °С;  $e$  – влажность воздуха, гПа. Размерность  $H_w$  выражается в  $мккал см^{-2} c^{-1}$ .

Биоклиматический индекс  $H_w$  характеризует интенсивность потери тепла материальным телом или человеческим организмом в воздушном потоке с определенными 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 (Золотокрылин, 1992).

Для оценки суровости погоды, характерной в данной климатической зоне, используются индекс суровости погоды, индекс жесткости погоды и др. (Хандожко, 2005).

Индекс жесткости погоды учитывает совместное действие ветра и низкой температуры, определяющих условия, способствующие обморожению, и определяется по формуле Бодмана

$$B = (1 - 0,04 t)(1 + 0,272 v), \quad (9.17)$$

где  $t$  – температура воздуха в  $^{\circ}\text{C}$ ,  $v$  – скорость ветра в м/сек.

Для характеристики суровости погоды используется следующая шкала (баллы):

- 1)  $B < 1$  – зима несуровая;
- 2)  $1 < B < 2$  – малосуровая;
- 3)  $2 < B < 3$  – умеренно суровая;
- 4)  $3 < B < 4$  – суровая;
- 5)  $4 < B < 5$  – очень суровая;
- 6)  $5 < B < 6$  – жестко суровая;
- 7)  $B > 6$  – крайне суровая.

Климатическая оценка характеристик суровости должна использоваться при разработке нормативов регламента работы на открытом воздухе. В холодную часть года при морозной и ветреной погоде продолжительность работ на открытом воздухе сокращается или вообще приостанавливается.

Индекс патогенности метеорологической ситуации  $I$ , предложенный В.Г. Бокшей (1980) используется для оценки степени раздражающего действия изменений погоды на организм (Андреев, 2007). Этот индекс представляет собой сумму индексов патогенности разных метеорологических величин

$$I = I_t + I_h + I_V + I_n + I_{\Delta p} + I_{\Delta t}, \quad (9.18)$$

где  $I_t$  – индекс патогенности температуры воздуха;  $I_t = 0,02 (18 - t)^2$  при  $t < 18^{\circ}\text{C}$  и  $I_t = 0,02 (t - 18)^2$  при  $t > 18^{\circ}\text{C}$ ;  $t$  – среднесуточная температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $I_{\Delta t}$  – индекс патогенности межсуточного изменения температуры  $\Delta t$ ;  $I_h$  – индекс патогенности влажности воздуха;  $h$  – среднесуточная относительная влажность (%);  $I_V$  – индекс патогенности вет-

ра;  $v$  – среднесуточная скорость ветра (м/с);  $I_n$  – индекс патогенности продолжительности солнечного сияния;  $n = 10 - 10S_{\phi} / S_{max}$ ;  $S_{max}$  и  $S_{\phi}$  – соответственно максимально возможная и фактическая продолжительность солнечного сияния (4);  $I_{\Delta p}$  – индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления  $\Delta p$ .

В.Г. Бокша предложил следующую рабочую формулу для расчета индекса патогенности метеорологической ситуации (баллы):

$$I = 10^{\frac{h-70}{20}} + 0,2v^2 + 0,06n^2 + 0,06(\Delta p)^2 + 0,3(\Delta t)^2 + I_t. \quad (9.19)$$

Ряд исследователей пришли к выводу о том, что комфортные условия, при которых возникает минимум метеопатических реакций, определяются следующими значениями метеорологических величин: температурой воздуха  $18^{\circ}\text{C}$ , относительной влажностью 50%, скоростью ветра 0 м/с, облачностью 0 баллов, межсуточными изменениями температуры и давления, равными нулю.

В.Г. Бокша приводит следующие три градации индекса патогенности метеорологической ситуации:

I	0 – 9	10 – 24	> 24
Условия погоды	Оптимальные (комфортные)	Раздражающие	Острые

Авторами (Хрусталева и др., 2002) диапазон раздражающих погодных условий поделен на три поддиапазона:

I	0 – 9,9	10 – 16	16,1 – 18	18,1 – 24	> 24
Условия погоды	Оптимальные (комфортные)	Слабо раздражающие	Умеренно раздражающие	Сильно раздражающие	Острые

### 9.3. Биоклиматические индексы

В Российском государственном гидрометеорологическом университете Е.Г. Головиной и М.А. Трубиной разработана классификация биоклиматических индексов, являющихся косвенными индикаторами оценки состояния окружающей человека среды, оказывающей непосредственное влияние на его теплоощущения. Приведем перечень биометеорологических показателей – индексов, сгруппированных по направлениям (Андреев, Андреева, 2004; Андреев, 2007).

### **1. Температурно-влажностные показатели:**

ЭТ – эффективная температура неподвижного воздуха;

DI – индекс дискомфорта (США);

DY – индекс дискомфорта (Япония).

**2. Температурно-ветровые показатели (индексы холодного стресса):**

W (K) – ветро-холодовой индекс (по Сайплу);

WC – уточненный ветро-холодовой индекс (Канада);

S – балл суровости (по Бодману);

T – коэффициент жесткости погоды (по Арнольди);

H – индекс ветрового охлаждения (по Хиллу);

$S_o$  – коэффициент жесткости погоды (по Осокину);

ЭШТ – эквивалентно-штилевая температура.

**3. Температурно-влажностно-ветровые показатели (для теневых пространств):**

ЕТ – эквивалентно-эффективная температура (показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра);

ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура;

НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура (показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра для одетого человека);

**4. Температурно-влажностно-ветровые показатели (с учетом солнечной радиации):**

РЭЭТ – радиационная эквивалентная температура;

БАТ – биологическая активная температура;

$T_{ГР}$  – индекс приведенной температуры (по Адаменко и Хайруллину);

$Q_S$  – сальдо теплового баланса тела человека (по Русанову);

C – теплоизоляция одежды, ед. кло;

КТ – коэффициент дискомфорта климата (по Русанову).

### **5. Индексы патогенности и изменчивости климата:**

I – индекс патогенности метеорологической ситуации (по Бокше)

$\rho O_2$  – парциальная плотность кислорода (по Овчаровой);

КПМ – класс погоды момента (по Русанову);

K – индекс изменчивости КПМ (по Русанову);

БИСМ – индекс суровости метеорежима (по Белкину);

МИЗ – метеорологический индекс здоровья (по Богаткину);

G – показатель напряженности механизмов терморегуляции (по Айзенштату);

N – индекс тепловой нагрузки (по Кондратьеву).

## 6. Индексы континентальности климата:

$K_2$  – по Горчинскому;

$K_{xp}$  – по Хромову.

В каждой группе индексы расставлены в порядке применимости и информативности.

Биоклимат территории – важный природный ресурс, от состояния которого зависит комфортность ощущений и самочувствие человека. 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 (Бутьева, Шейнова, 1988; Варшавина, Митусов, 2006). Исследование биоклиматического потенциала региона имеет социальное значение.

Для оценки биоклимата предложены методики определения влияния различных метеорологических комплексов (температура – влажность воздуха, температура – скорость ветра, температура – атмосферное давление, влажность воздуха – атмосферное давление) на обнаженное тело человека или на человека в одежде с различными теплозащитными свойствами (Айзенштат, 1964).

Согласно (Бутьева, Шейнова, 1988; Варшавина, Митусов, 2006), медико-климатические условия делятся на «раздражающие», определяющие повышенную нагрузку на адаптивные системы организма; «тренирующие», приводящие к незначительному напряжению приспособительных механизмов организма человека; «щадящие», оптимальные для организма.

С помощью уравнения теплового баланса можно описать теплообмен человека, не защищенного одеждой, с окружающей средой (Андреев, Андреева, 2004; Андреев, 2007):

$$T \pm R \pm P - LE - d = \pm Q, \quad (9.20)$$

где  $T$  – теплопродукция человека,  $R$  – радиационный баланс,  $P$  – турбулентный теплообмен между телом и окружающим воздухом;  $L$  – скрытая теплота порообразования;  $E$  – испарение с поверхности тела,  $d$  – потеря тепла органами дыхания,  $Q$  – интенсивность дефицита (знак –) или избытка (знак +) тепла в организме человека.

$Q$  – величина, характеризующая в условиях перегрева тепловую нагрузку, а в условиях теплоотдачи – то количество тепла, которое

должно быть дополнительно выделено в организме или которое надо сохранить, используя соответствующую одежду.

Ряд биоклиматических индексов можно рассчитывать по эмпирическим формулам. Рассмотрим некоторые из них.

1. Биологически активная температура окружающей среды человека (БАТ) позволяет определить комплексное воздействие на него температуры и влажности воздуха, скорости ветра, суммарной солнечной радиации, длинноволновой радиации подстилающей поверхности:

$$\text{БАТ} = 0,8 \text{ НЭЭТ} + 9,0^\circ\text{C}, \quad (9.21)$$

где НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура, предложенная И.В. Бутьевой для оценки теплоощущений одетого человека (летняя одежда одного типа). Комплексный биоклиматический показатель нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ) определяется по формуле:

$$\text{НЭЭТ} = 0,8 \text{ ЭЭТ} + 7^\circ\text{C}. \quad (9.22)$$

Поправка к ЭЭТ в формуле принята равной  $7^\circ\text{C}$  в связи с тем, что при температуре воздуха ниже  $+7^\circ\text{C}$  любой ветер (даже для одетого человека) является охлаждающим фактором.

ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура, рассчитываемая по формуле А. Миссенарда:

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4V^{0,75}}} - 0,29t\left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (9.23)$$

где  $t$  – температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $f$  – влажность, %;  $V$  – скорость ветра, м/с. При расчете ET скорость ветра, измеренная на высоте 10 м над поверхностью земли, приводится к высоте 1,5 м.

Зона комфорта БАТ заключена в пределах от  $+10$  до  $+20^\circ\text{C}$ .

2. Радиационная эквивалентно-эффективная температура РЭЭТ учитывает влияние солнечной радиации на теплоощущения человека. Этот показатель был предложен Г.В. Шелейховским и с учетом введенных констант был представлен в виде формулы (Русанов, 1973):

$$\text{РЭЭТ} = 125 \lg [1 + 0,02 T + 0,001(T - 8)(f - 60) - 0,45(33 - T)\sqrt{V} + 185 B], \quad (9.24)$$

где  $T$  – температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $f$  – относительная влажность воздуха, %;  $V$  – скорость ветра, м/с;  $B$  – поглощенная поверхностью тела солнечная радиация,  $\text{кВт/м}^2$ .

В соответствии с рекомендациями Е.Г.Головиной и В.Н. Русанова РЭЭТ может быть рассчитана по упрощенным формулам (Андреев, 2007):

$$РЭЭТ = НЭЭТ + 6,2^{\circ}\text{C} \text{ или } РЭЭТ = 0,83 \cdot ЭЭТ + 12^{\circ}\text{C}. \quad (9.25)$$

Значения РЭЭТ используются для характеристики климато-лечебных свойств региона. Зоны комфорта по значениям РЭЭТ представлены в табл. 9.8.

Комфортные условия – это такое сочетание метеорологических величин, которые при длительном и систематическом воздействии на человека не вызывают напряжения физиологических адаптационных систем организма человека, обеспечивая ощущение теплового комфорта, создавая предпосылки для высокой работоспособности.

Субкомфортные или допустимые условия – это сочетания метеорологических величин, которые могут вызывать напряжение физиологических реакций терморегуляции, не выходящее за пределы адаптационных возможностей. При этом не возникает нарушений в состоянии здоровья, не ухудшается самочувствие и не понижается работоспособность.

Т а б л и ц а 9.8

Классификация теплоощущений по значениям РЭЭТ

Интервал эквивалентно-эффективной температуры	Уровень комфорта
Более +37	Тепловая нагрузка сильная (дискомфорт)
27 ... 37	Тепловая нагрузка умеренная (тепловой субкомфорт)
21 ... 32	Комфортно-тепло
17 ... 21	Прохладно (прохладный субкомфорт)
Менее 17	Холодный дискомфорт

Комфортные условия, при которых возникает минимум метеопатических реакций у человека, определяются следующими значениями метеорологических величин: температура воздуха +18°С; относительная влажность 50%; скорость ветра 0 м/с; облачность 0 баллов; межсуточные изменения температуры и давления равны нулю.

3. Эквивалентно-эффективная температура.

А. Миссенардом, как указывалось, введен показатель ЕТ, учитывающий влияние температуры, влажности воздуха и скорости ветра по формуле 9.23.

Значения индекса ЕТ используются как для холодного, так и теплого сезонов года. ЕТ представляет собой сочетание метеорологических величин, производящее тот же тепловой эффект, что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуре и оценивает теплоощущения обнаженного по пояс человека (Андреев, 2007).

Установлено, что данный показатель наиболее хорошо отражает влияние климатических условий на состояние человека. Изменение ряда физиологических функций организма идет параллельно с изменением значений эквивалентно-эффективной температуры ЕТ.

С.С. Андреев составил по данным работы Е.Г. Головиной и М.А. Трубиной классификацию ЕТ, позволяющую оценить теплоощущения человека (Андреев, 2007) (табл. 9.9).

Т а б л и ц а 9.9

Классификация тепловой чувствительности по значениям ЕТ – эквивалентно-эффективной температуры

Интервал эквивалентно-эффективной температуры, °ЕТ	Уровень комфорта
Более +30	Тепловая нагрузка сильная
24 ... 30	Тепловая нагрузка умеренная (тепловой субкомфорт)
12 ... 24	Комфортно-тепло
6 ... 12	Прохладно (прохладный субкомфорт)
Менее 6	Холодный дискомфорт

Исследования показали, что в подвижном воздухе (при  $V > 0,2$  м/с) интенсивность теплоотдачи усиливается, порядок уровня и структура теплоощущения изменяются. И здесь возможны самые разнообразные сочетания  $T$  °С,  $V$  м/с,  $f$  %, при которых степень теплоощущения будет одинакова и соответствовать теплоощущениям при полном насыщении влагой воздуха ( $f = 100\%$ ) и полном отсутствии ветра ( $V = 0$ ). В табл. 9.10 приводятся три таких сочетания ( $T, V, f$ ).

Т а б л и ц а 9.10

Сочетания значений температуры воздуха, относительной влажности и скорости ветра при одинаковой степени теплоощущения

Температура воздуха (°С)	Относительная влажность (%)	Скорость ветра (м/с)
17,8	100	0
22,4	70	0,5
25,0	20	2,5

В России для совместной оценки воздействия  $T$ ,  $f$  и  $V$  используется так называемая эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), предложенная Б.А. Айзенштатом (1964):

$$\begin{aligned} \text{ЭЭТ} = t[1 - 0,003(100 - f) - 0,385V^{0,59}[(36,6 - T) + 0,622(V - 1)] + \\ + [(0,0015V + 0,008)(36,6 - T) - 0,0167](100 - f). \end{aligned} \quad (9.26)$$

В табл. 9.11 приведены категории теплоощущений, комфортности, границы зоны охлаждения и перегрева эквивалентно-эффективной температуры

Т а б л и ц а 9.11

Категории теплоощущения в градусах ЭЭТ в условиях умеренных широт

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

Наибольший интерес представляет зона комфорта. Ее можно определить как совокупность метеорологических условий, в которых человек получает субъективно хорошее теплоощущение, удерживает нормальный теплообмен, сохраняет нормальную температуру тела и не выделяет пота. По повторяемости оценок ЭЭТ в пределах 17 – 22°С определяют потенциальные климатические ресурсы местности: менее 30% – минимальные, 30 – 50% – достаточные, 50 – 70% – оптимальные, более 70% – наиболее оптимальные. Чем больше условия среды отличаются от комфортных, чем ограниченнее круг пациентов, которым можно рекомендовать отдых и лечение в таком климате, назначать воздушные ванны и другие климатопроцедуры.

4. Эффективная температура (ЭТ). Аналитические оценки эффективной температуры для состояния полураздетого (до пояса) человека выполняются по приближенной формуле А. Миссенарда:

$$\text{ЭТ} = T - 0,4(T - 10)(1 - f/100), \quad (9.27)$$

где  $T$  – температура, °С;  $f$  – относительная влажность воздуха, %.

Из формулы (9.27) следует, что при температуре воздуха ниже 10°С сухой воздух кажется теплее, чем влажный, а при температуре выше 10°С, наоборот, – холоднее. Эффективная температура пригодна для глобальной биоклиматической классификации.

В работе (Исаев, 2001) указывается, что при самых различных сочетаниях метеорологических элементов можно испытывать одинаковое теплоощущение. Опытным путем установлен ряд сочетаний температуры и относительной влажности воздуха, при которых эффект теплоотдачи и теплоощущения будет одинаковым. Их принято выражать в градусах температуры насыщенного водяного пара неподвижного воздуха – в градусах эффективной температуры (ЭТ). Так, неподвижный воздух с влажностью  $f = 50\%$  при температуре 20,7°С будет таким же образом влиять на теплоотдачу и теплоощущения, как и насыщенный (при  $f = 100\%$ ) воздух при  $T = 17,8^\circ\text{C}$ .

Эффект одинакового теплоощущения в неподвижном воздухе сохраняется при следующих сочетаниях  $T$  и  $f$ :

$T, ^\circ\text{C}$	17,8	18,9	20,1	20,7	21,7	22,3	23,2
$f, \%$	100	80	60	50	40	30	20

Эффективные температуры получили широкое распространение в практике оценок тепловых нагрузок, дискомфорта (комфортности) среды, в климатолечении. В зависимости от сезона года категории тепловых нагрузок оцениваются по +, -ЭТ следующим образом (табл. 9.12).

Т а б л и ц а 9.12

Оценка тепловых нагрузок по значениям эффективных температур, ЭТ

Для теплого сезона						
+ ЭТ°С	Более 30	30 – 24	24 – 18	18 – 12	12 – 6	6 – 0
Теплоощущение	очень жарко	жарко	тепло	умеренно тепло	прохладно	умеренно
Нагрузка	сильная	умеренная	комфортно	комфортно	умеренная	умеренная
Для холодного сезона						
- ЭТ°С	0 – -12	-12 – -24	-24 – -30		ниже –30 холодно	
Теплоощущение	Холодно	Очень холодно	Крайне холодно		Крайне холодно	
Нагрузка	Умеренная	Сильная угроза обморожения	Очень сильная угроза обморожения		Чрезвычайно высокая вероятность замерзания	

По эффективным температурам оцениваются также категории опасности при тепловом синдроме (Андреев, 2007), (табл. 9.13).

Т а б л и ц а 9.13

Категории опасности при тепловом синдроме в зависимости от эффективной температуры, ЭТ

ЭТ °С	Тепловой синдром и его следствия	Категория опасности
Выше 54	Непосредственно угроза теплового или солнечного удара	Чрезвычайная опасность
40 – 54	Вероятность солнечного удара, тепловых спазм или теплового истощения. Возможность теплового удара при длительном воздействии и физической деятельности	Опасность
32 – 40	Возможность солнечного удара, тепловых спазм и теплового истощения при длительном воздействии и физической деятельности	Чрезвычайная осторожность
27 – 32	Возможность повышенной утомляемости при длительном воздействии и физической деятельности	Осторожность

Степень комфортности климата по показателю влажности воздуха оценивается методом душных погод (Мамонтов, 1973), позволяющим выделить дискомфортные дни с различной степенью духоты. Душной называется погода теплого периода, в которой хотя бы один раз из сроков наблюдений высокая температура воздуха сочетается с высокими значениями парциального давления водяного пара (более 18,8 гПа) и высокой относительной влажности воздуха (выше 80%). Нижний предел духоты наступает при температуре 16,8°С и относительной влажности воздуха 100% (Швейнова, 1974).

Состояние дискомфорта в душную погоду формируется не только за счет недостатка кислорода. Установлено, что при духоте наблюдаются нарушения терморегуляции (Айзенштат, 1964), ухудшающие самочувствие не только лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, но и здоровых людей.

В зимний период комфортность климата определялась с учетом среднемесячной температуры, индекса жесткости погоды, продолжительности периода со среднесуточной температурой ниже 0°С и -5°С, показателей изменчивости температурного режима (число дней с пе-

репадами  $> 6^{\circ}\text{C}/6 \text{ ч}$ ) за сезон (Русанов, 1972). Летом она определялась по сочетанию сумм среднесуточных температур воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$ ; продолжительности безморозного периода, числа дней с душными погодами и  $\text{НЭЭТ} > 22^{\circ}\text{C}$  – выше верхнего уровня температурной комфортности.

Диапазон теплового комфорта организма человека оценивается по совокупности метеорологических условий, при которых возникает субъективно хорошее теплоощущение и сохраняется нормальная температура тела (Швейнова, 1974). Комфортными принято  $\text{НЭЭТ}$  в пределах от  $17^{\circ}\text{C}$  до  $22^{\circ}\text{C}$  (Бутьева, 1988).

#### 9.4. Климатические ресурсы для энергетики

Климатические ресурсы для энергетики – это климатические условия, способствующие нормальному функционированию атомных, гидро- и теплоэлектростанций, а также наиболее эффективному преобразованию энергии ветра и солнца в электрическую энергию (Акентьева, 2005).

В последующих таблицах, составленных Е.М. Акентьевой с привлечением различных нормативных документов, представлен диапазон изменения основных климатических показателей на территории России, что необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации ТЭС, АЭС, ГЭС, а также ветро- и геотермических установок (табл. 9.14).

Т а б л и ц а 9.14

Диапазон изменения специализированных климатических показателей для работы ТЭС

Показатель	Минимум	Максимум
Вероятность смерчей	0	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Максимальное годовое число дней с опасным ветром, возможное один раз в 100 лет	1	10
Среднее за год число дней с сочетанием температуры воздуха выше $30^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности менее 50%	0	50

Как видно из табл. 9.14, нормальным условиям работы ТЭС препятствуют сильные ветры, погодные условия, при которых возникает сочетание высокой температуры воздуха с низкой относительной влажностью.

Т а б л и ц а 9.15

Диапазон изменения специализированных климатических показателей для работы АЭС

Показатель	Единицы измерения	Минимум	Максимум
Скорость ветра, возможная один раз в 10 тыс. лет, в любой точке заданной территории	м/с	25	75
Вероятность смерчей	%	0	$1,33 \cdot 10^{-5}$
Абсолютный максимум температуры воздуха	°С	31	45
Повторяемость штилей	%	5	30

Как видно из табл. 9.15, для нормальной работы АЭС необходима хорошая продуваемость территории и противопоказаны смерчи.

В табл. 9.16 представлены данные, которые необходимо учитывать при строительстве и эксплуатации ГЭС.

Т а б л и ц а 9.16

Диапазон изменения специализированных климатических показателей для работы ГЭС

Показатель	Единицы измерения	Минимум	Максимум
Количество жидких осадков за год	мм	150	721
Запас воды в снеге	мм	0	1000
Коэффициент вариации количества жидких осадков	%	102	38

Ветроэнергетические ресурсы района определяются следующими показателями (табл. 9.17).

Т а б л и ц а 9.17

Диапазон изменения специализированных климатических показателей для работы ВЭУ

Показатель	Единицы измерения	Минимум	Максимум
Средний куб скорости ветра за год	$(\text{м/с})^3$	15	973
Повторяемость штилей	%	5	30

Потенциальные ветроэнергетические ресурсы рассчитываются по формулам

$$P = 0,5\rho V_{cp}^3, \quad (9.28)$$

$$V_{cp}^3 = (V_{cp})^3(1 + 3\omega^2 + A\omega^3), \quad (9.29)$$

где  $P$  – плотность мощности ветра ( $\text{Вт/м}^2$ ),  $\rho$  – плотность воздуха ( $\text{г/см}^3$ ),  $V$  – средняя скорость ветра ( $\text{м/с}$ ),  $\omega$  – коэффициент вариации скорости ветра,  $A$  – коэффициент асимметрии распределения скорости ветра.

Если распределение скорости ветра описывается функцией Максвелла, то после подстановки в формуле значений  $\omega = 0,52$  и  $A = 0,63$ , соответствующих этому распределению, получим

$$V_{cp}^3 \approx 1,9(V_{cp})^3. \quad (9.30)$$

С учетом (9.30), принимая плотность воздуха при нормальных условиях равной  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ , легко рассчитывать по формуле плотность мощности ветра за год.

Общая мощность суммарного (полного) ветрового потока за период времени  $T$  оценивается по формуле

$$P = 0,5\rho V_{cp}^3 ST, \quad (9.31)$$

где  $S$  – площадь сечения ветрового потока.

Из экономических соображений развивать ветроэнергетику целесообразно только в тех районах, где средняя скорость ветра составляет не менее 3 – 5 м/с. При скорости ветра более 7 м/с становится целесообразной установка ВЭУ большой мощности.

Благоприятными условиями для выбора площадки для строительства ВЭУ являются: высокий ветроэнергетический потенциал (средняя скорость ветра более 5 м/с, относительно большая продолжительность периода рабочих скоростей от 9 до 25 м/с, повторяемость энергетических затиший (менее < 3 м/с) 20 – 30%, небольшие значения коэффициентов вариации (желательно менее 0,3), отсутствие или малая повторяемость «буревых» (более 20 м/с) и «ураганных» (более 33 м/с) скоростей ветра (Акентьева, 2005).

В табл. 9.18 приводятся показатели гелиоэнергоклиматических ресурсов (первые пять способствуют их увеличению, остальные – уменьшению).

Диапазон изменения специализированных климатических показателей для гелиоэнергетических ресурсов

Показатель	Единицы	Минимум	Максимум
Годовая сумма суммарной радиации на горизонтальную поверхность ( $Q_{\text{год}}$ )	МДж/м <sup>2</sup>	2659	5019
Годовая сумма прямой радиации на горизонтальную поверхность ( $S_{\text{год}}$ )	МДж/м <sup>2</sup>	768	2859
Годовая продолжительность солнечного сияния ( $S_{\text{год}}$ )	часы	1040	2397
Среднесуточная сумма суммарной радиации за радиационно-теплый период (IV – IX) ( $Q_{\text{сут IV – IX}}$ )	МДж/м <sup>2</sup>	13,9	17,8
Число часов в среднем за год с мощностью суммарной радиации более 600 Вт/м <sup>2</sup> ( $Q > 600 \text{ Вт/м}^2$ )	часы	0,0	20,6
Коэффициент вариации годовых сумм суммарной радиации ( $\omega$ )	%	4,1	8,5
Среднегодовой балл общей облачности ( $n_{\text{общ}}$ )	баллы	5,3	7,4
Среднегодовой балл нижней облачности ( $n_{\text{ниж}}$ )	баллы	2,3	5,5
Число дней без солнца за год	дни	37	137
Вклад суммарной радиации за радиационно-теплый период в годовую сумму ( $Q_{IV} / Q_{\text{год}}$ )	%	65	94

Для создания и оценки эффективности работы солнечной энергетической установки (СЭУ) необходимы сведения как о прямой, так и о суммарной солнечной радиации, а также о продолжительности солнечного сияния, т.к. высокочувствительные фокусирующие системы очень чутко реагируют на временные изменения радиации. Наибольшее количество энергии от солнца можно получить, используя следящую за солнцем систему (годовой приход солнечной радиации в среднем увеличивается на 35 – 40%).

Акентьевой (2005) выполнены оценки различных видов энерго-климатического ресурсного потенциала.

Одним их наиболее опасных региональных последствий глобального потепления климата являются лесные и торфяные пожары, с которыми связаны региональные биосферные изменения, изменения альbedo подстилающей поверхности, эвапотранспирации и радиационного баланса, углеродного обмена между атмосферной и наземными экосистемами. Авторы (Мохов и др., 2006) отмечают, что в последние годы в России и Западной Европе складываются благоприятные условия для формирования засух под влиянием блокирующих антициклонов в тропосфере (блокингов). Модельные оценки показывают, что при глобальном потеплении вследствие увеличения содержания парниковых газов в атмосфере заметно увеличивается роль континентальных блокингов, в частности в весенне-летние месяцы.

В качестве характеристики пожароопасности используется индекс Нестерова (1949) который определяется по формуле

$$I = \sum (T_m - T_d) T_m, \quad (9.32)$$

где  $T_m$  – максимальная температура в °С,  $T_d$  – температура точки росы, зависящая от относительной влажности и температуры, в °С, суммирование приводится для тех дней, когда количество осадков  $P$  за сутки не превышает 3 мм. При  $P > 3$  мм величина  $I$  зануляется. Принято разбивать значения потенциала пожароопасности на 5 диапазонов. Условия с  $I < 300$  (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) уровнями пожароопасности.

## 10. КЛИМАТИЧЕСКИЕ 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 формирование 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  $10^{\circ}\text{C}$  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  $5^{\circ}\text{C}$ , для кукурузы  $10^{\circ}\text{C}$ . 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, 5, 10,  $15^{\circ}\text{C}$ . Температурной градацией между теплым и холодным периодами года являются  $0^{\circ}\text{C}$  весной и осенью. Для каждого года даты перехода средней суточной температуры через заданные пределы определялись

по суточным данным. За дату устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5, 10, 15°C весной принимается первый день периода, сумма положительных отклонений от нормы 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 ГКТ (Г.Т. Селянинова):

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

где  $\Sigma r$  – сумма осадков за вегетационный период (мм),  $\Sigma t$  – 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  $\Delta t$ ,  $\Delta r$  – отклонения температуры воздуха и суммы осадков от нормы,  $\sigma$  – 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

Одним из главных факторов, определяющих основные жизненные функции растительности, является тепло. Вегетация растений начинается с даты, когда средняя суточная температура устойчиво переходит через  $5^{\circ}\text{C}$  (биологический минимум основных сельскохозяйственных культур умеренных широт). Чем выше температура воздуха, тем динамичнее происходит развитие растений. Повышение температуры оказывает положительное влияние на рост до определенного предела. Для конкретной фазы развития растения различают оптимальные температуры, а также экстремальные, при которых возможны гибель или прекращение вегетации растений.

В температурном режиме территории выделяются холодный и теплый периоды и связанные с ними периоды вегетации и покоя растений. Сроки устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  делят на теплый и холодный периоды, а сроки перехода через  $+5^{\circ}\text{C}$  приняты за начало и конец вегетационного периода.

Средние даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  наблюдаются весной 31 марта (ст. Санчурск) на юго-западе области – 6 апреля (ст. Лальск), крайняя северная точка территории; осенью 20 – 21 октября (ст. Нагорное, Опарино, Мураши), 28 – 30 октября (ст. Кильмезь, Вятские Поляны, Санчурск).

Средняя продолжительность периода составляет 199 дней (ст. Мураши, Нагорское) – 210 – 214 дней (ст. Вятские Поляны, Санчурск). Изменчивость дат перехода средней суточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  по области достигает 50 – 60 дней (табл. 10.1). Ранние даты перехода через  $0^{\circ}\text{C}$  весной отмечены 1 – 2 марта 1995 г.; поздние даты 23 – 24 апреля 1979 г. Осенью ранняя дата конца перехода через  $0^{\circ}\text{C}$  наблюдалась 6 – 7 октября (ст. Лальск, Опарино, Мураши), 12 – 13 октября (ст. Вятские Поляны, Санчурск, Кильмезь). Поздние осенние даты конца периода 24 – 29 ноября 1996 г. (ст. Кильмезь, Вятские Поляны, Санчурск).

Анализ средних, ранних и поздних дат начала и конца периода со среднесуточной температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$  показывает достаточно большую изменчивость по территории области, обусловленную циркуляционными условиями, значительной протяженностью с юга на север, а также мезоклиматическими особенностями, связанными с орографией. Средние даты начала периода с устойчивой средней суточной температурой воздуха выше  $+5^{\circ}\text{C}$  (табл. 10.2) отмечается

18 – 20 апреля (ст. Вятские Поляны, Санчурск, Кильмезь) и 25 – 26 апреля (ст. Лальск, Опарино, Мураши).

Весной ранние даты начала периода с температурой воздуха выше  $5^{\circ}\text{C}$  наблюдается 26 марта – 3 апреля, поздние – 3 мая на юге территории и 17 мая на севере. Осенью конец периода: ранний – 17 – 18 сентября (ст. Санчурск, Кильмезь, Вятские Поляны), 7 сентября (ст. Лальск); поздний – 18 – 23 октября 1991 г. Переход средней суточной температуры воздуха через  $+5^{\circ}\text{C}$  по области реализуется за 6 – 8 дней. Средняя продолжительность периода вегетации растений составляет 170 – 172 дня на юге и 157 – 158 дней на севере области.

Средние даты перехода температуры воздуха через  $+10^{\circ}\text{C}$  отмечаются весной 5 – 6 мая (ст. Вятские Поляны, Санчурск, Кильмезь) – 22 – 23 мая (ст. Опарино, Лальск); осенью – 16 – 18 сентября (ст. Кильмезь, Санчурск, Вятские Поляны) и 4 – 5 сентября (ст. Лальск, Мураши, Кирс, Опарино). Средняя продолжительность периода активной вегетации растений 135 – 137 дней в южных районах и 104 – 107 дней на севере области (табл. 10.3).

Ранние сроки начала периода активной вегетации: 10 – 11 апреля 1973 г. (ст. Санчурск, Вятские Поляны), 23 – 24 апреля 2001 г. (ст. Лальск, Опарино, Мураши); поздние: 1 – 2 июня 1969 г. (ст. Вятские Поляны, Санчурск), 18 июня (ст. Лальск). Конец периода активной вегетации осенью: ранние даты перехода через  $+10^{\circ}\text{C}$  12 – 13 августа 1986 г. на севере территории и 24 – 25 августа 1973 г. на юге области; поздние даты – 22 сентября 2001 г. (ст. Лальск), 11 октября 1974 г. (ст. Вятские Поляны).

Средние даты начала периода со средней суточной температурой воздуха выше  $+15^{\circ}\text{C}$  (табл. 10.4) наблюдаются 2 – 5 июня (ст. Вятские Поляны, Кильмезь), 14 – 15 июня (ст. Лальск, Опарино). Средняя продолжительность периода – 83 – 78 дней (ст. Вятские Поляны, Санчурск), 53 – 51 день (ст. Мураши, Опарино, Лальск). Даты начала периода со среднесуточной температурой воздуха выше  $+15^{\circ}\text{C}$ : ранние – 9 мая (ст. Вятские Поляны), 18 мая (ст. Опарино); поздние – 24 – 26 июня по всей территории области. Даты конца периода осенью: ранние – 30 июля (ст. Лальск, Опарино, Мураши, Кирс, Нагорное, Б. Холуница, Даровское), 2 августа (ст. Вятские Поляны); поздние – 10 – 12 сентября 1995 г.

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через пределы 0, 5, 10,  $15^{\circ}\text{C}$  по области в годы активных атмосферных процессов характеризуются малой изменчивостью по территории.

Т а б л и ц а 10.1

Средние, ранние, поздние даты начала и конца периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°С

Станция	Начало периода	Конец периода	Продолжительность, дней	Начало периода		Конец периода	
				ранние	поздние	ранние	поздние
Лальск	6.04	23.10	201	2.03.1995	1.05.1978	7.10.1984	26.11.1996
Опарино	3.04	21.10	202	2.03.1995	25.04.1981	6.10.2002	14.11.2004
Мураши	6.04	21.10	199	22.03.1975	26.04.1981	6.10.2002	14.11.2004
Кирс	5.04	22.10	201	2.03.1995	27.04.2004	9.10.1975	14.11.1967
Нагорское	5.04	20.10	199	22.03.1988	24.04.1979	7.10.1984	7.11.1981
Б. Холуница	2.04	24.10	206	2.03.1995	24.04.1979	9.10.1975	25.11.1996
Даровское	1.04	25.10	208	2.03.1995	23.04.1979	9.10.1975	25.11.1996
Киров	1.04	25.10	208	2.03.1995	23.04.1979	7.10.1976	25.11.1996
Фаленки	5.04	23.10	203	25.03.1966	24.04.1979	9.10.1975	16.11.2004
Котельнич	2.04	27.10	209	25.03.1995	23.04.1979	9.10.1975	25.11.1996
Шабалино	1.04	26.10	208	1.03.1995	23.04.1979	9.10.1975	25.11.1996
Кумены	3.04	26.10	207	16.03.1990	23.04.1979	9.10.1975	24.11.1996
Верхошижемье	3.04	25.10	206	16.03.1990	23.04.1978	13.09.1973	22.10.1991
Уни	3.04	24.10	205	20.03.1995	24.04.1979	10.10.1966	16.11.2004
Нолинск	3.04	27.10	208	16.03.1990	23.04.1979	11.10.1966	25.11.1996
Яранск	1.04	29.10	211	2.03.1995	23.04.1979	12.10.1975	25.11.1996
Уржум	4.04.	27.10	207	21.03.1978	23.04.1979	11.10.1966	24.11.1996
Кильмезь	3.04	28.10	209	19.03.1995	23.04.1979	13.10.1977	24.11.1996
Санчурск	31.03	30.10	214	1.03.1995	23.04.1979	13.10.1977	29.11.1996
Вятские Поляны	3.04	29.10	210	17.03.1974	23.04.1979	12.10.1975	24.11.1996

Т а б л и ц а 10.2

Средние, ранние, поздние даты начала и конца периода со среднесуточной температурой воздуха выше 5°С

Станция	Начало периода	Конец периода	Продолжительность, дней	Начало периода		Конец периода	
				ранние	поздние	ранние	поздние
Лальск	26.04	1.10	158	3.04.1991	17.05.1972	7.09.1973	18.10.1991
Опарино	25.04	29.09	158	26.03.1983	17.05.1972	13.09.1973	18.10.1991
Мураши	25.04	28.09	157	3.04.1991	16.05.1972	13.09.1973	19.10.1991
Кирс	26.04	29.09	157	26.03.1983	21.05.1999	13.09/1973	23.10.1991
Нагорское	25.04	29.09	158	4.04.1991	17.05.1971	13.09.1973	20.10.1991
Б. Холуница	23.04	2.10	162	27.03.1983	15.05.1972	14.09.1973	23.10.1991
Даровское	23.04	2.10	163	26.03.1983	15.05.1972	13.09.1973	29.10.1981
Киров	21.04	30.09	163	26.03.1983	11.05.1978	14.09.1972	22.10.1991
Фаленки	25.04	30.09	159	6.04.1975	13.05.1972	14.09.1973	23.10.1991
Котельнич	21.04.	4.10	167	26.03.1983	12.05.1978	13.09.1973	21.10.1991
Шабалино	21.04	1.10	164	26.03.1983	13.05.1972	17.09.1977	27.10.1999
Кумены	21.04	1.10	164	29.03.1983	11.05.1978	13.09.1973	22.10.1991
Верхошижемье	21.04	1.10	164	26.03.1983	12.05.1978	13.09.1973	22.10.1991
Уни	20.04	1.10	165	27.03.1983	3.05.1971	14.09.1973	23.10.1991
Нолинск	20.04	3.10	167	29.03.1983	3.05.1978	17.09.1977	23.10.1991
Яранск	20.04	4.10	168	29.03.1983	4.05.1984	17.11.1977	22.10.1991
Уржум	21.04	4.10	167	30.03.1983	3.05.1971	17.09.1977	23.10.1991
Кильмезь	20.04	4.10	169	30.03.1983	3.05.1978	18.09.1977	23.10.1991
Санчурск	18.04	4.10	170	26.03.1983	3.05.1978	17.09.1977	22.10.1991
Вятские Поляны	18.04	6.10	172	29.03.1983	3.05.1978	18.09.1977	23.10.1991

Т а б л и ц а 10.3

Средние, ранние, поздние даты начала и конца периода со среднесуточной температурой воздуха выше 10°С

Станция	Начало периода	Конец периода	Продолжительность, дней	Начало периода		Конец периода	
				ранние	поздние	ранние	поздние
Лальск	23.05	4.09	104	24.04.2001	18.06.1978	12.08.1986	22.09.2001
Опарино	22.05	5.09	107	23.04.2001	13.06.1982	13.08.1973	30.09.1995
Мураши	20.05	4.09	107	23.04.2001	13.06.1982	12.08.1986	24.09.1994
Кирс	21.05	4.09	107	23.04.2001	13.06.1982	12.08.1986	29.09.2004
Нагорское	19.05	6.09	111	23.04.1967	13.06.1982	12.08.1986	7.10.1974
Б. Холуница	18.05	9.09	115	23.04.1967	13.06.1982	23.08.1983	30.09.2004
Даровское	18.05	7.09	114	23.04.1967	13.06.1982	13.07.1973	29.09.2004
Киров	13.05	13.09	124	16.04.1995	8.06.1985	25.08.1973	10.10.2003
Фаленки	16.05	10.09	118	23.04.1967	13.06.1982	24.08.1983	8.10.1974
Котельнич	14.05	12.09	122	22.04.1967	8.06.1985	24.08.1973	10.10.1974
Шабалино	16.05	10.09	118	23.04.1967	13.06.1982	23.08.1990	10.10.1974
Кумены	15.05	12.09	121	16.04.1995	13.06.1982	24.08.1990	10.10.1974
Верхошижемье	14.05	11.09	121	16.04.1995	8.06.1985	23.08.1990	10.10.1974
Уни	11.05	12.09	125	16.04.1995	8.06.1985	25.08.1973	10.10.1974
Нолинск	9.05	16.09	131	16.04.1995	8.06.1985	25.08.1973	13.10.2003
Яранск	8.05	16.09	131	16.04.1995	2.06.1969	24.08.1973	10.10.1974
Уржум	8.05	13.09	129	16.04.1995	6.06.1978	9.07.1973	13.10.2003
Кильмезь	5.05	16.09	135	15.04.1995	6.06.1978	26.08.1990	6.10.2003
Санчурск	6.05	16.09	135	10.04.1973	2.06.1969	24.08.1973	10.10.1974
Вятские Поляны	5.05	18.09	137	11.04.1973	1.06.1969	25.08.1973	11.10.1974

Т а б л и ц а 10.4

Средние, ранние, поздние даты начала и конца периода со среднесуточной температурой воздуха выше 15°С

Станция	Начало периода	Конец периода	Продолжительность, дней	Начало периода		Конец периода	
				ранние	поздние	ранние	поздние
Лальск	15.06	3.08	51	17.05.1991	26.06.1975	30.06.1986	10.09.1995
Опарино	14.06	3.08	51	18.05.1991	26.06.1975	30.06.1986	11.09.1995
Мураши	13.06	5.08	53	17.05.1991	26.06.1975	30.06.1986	11.09.1995
Кирс	13.06	6.08	55	18.05.1991	27.06.1994	30.06.1978	11.09.1995
Нагорское	10.06	8.08	59	17.05.1984	27.06.1994	30.06.1986	11.09.1995
Б. Холуница	7.06	10.08	64	12.05.1977	25.06.1970	30.06.1986	11.09.1995
Даровское	11.06	9.08	60	17.05.1984	25.06.1970	30.06.1986	11.09.1995
Киров	7.06	14.08	70	12.05.1977	26.06.1979	11.07.1978	11.09.1995
Фаленки	8.06	11.08	65	17.05.1984	26.06.1979	30.06.1986	11.09.1995
Котельнич	7.06	14.08	69	12.05.1977	25.06.1970	30.06.1986	11.09.1995
Шабалино	10.06	14.08	66	16.05.1984	26.06.1994	8.07.1980	11.09.1995
Кумены	8.06	13.08	67	12.05.1977	26.06.1979	30.06.1986	11.09.1995
Верхошижемье	7.06	13.08	68	12.05.1977	25.06.1970	6.07.1973	11.09.1995
Уни	6.06	15.08	71	12.05.1977	26.06.1979	23.07.1980	11.09.1995
Нолинск	4.06	20.08	78	12.05.1977	24.06.1979	23.07.1990	11.09.1995
Яранск	5.06	18.08	75	17.05.1984	24.06.1979	23.07.1980	11.09.1995
Уржум	5.06	20.08	77	12.05.1977	25.06.1979	23.07.1990	11.09.1995
Кильмезь	4.06	18.08	76	12.05.1977	25.06.1979	25.07.1978	11.09.1995
Санчурск	5.06	21.08	78	14.05.1995	26.06.2003	23.07.1990	11.09.1995
Вятские Поляны	2.06	23.08	83	9.05.1977	25.06.1979	2.08.1980	12.09.1977

Показателями количества тепла, необходимого для развития культурных растений, являются суммы активных и эффективных температур (табл. 10.5). Суммы эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  составляют  $1150 - 1210^{\circ}\text{C}$  (ст. Лальск, Опарино, Мураши, Кирс, Нагорное),  $1500 - 1560^{\circ}\text{C}$  (ст. Кильмезь, Вятские Поляны). Суммы эффективных температур выше  $+10^{\circ}\text{C}$  также имеют выраженную зональность с минимумом  $480 - 500^{\circ}\text{C}$  на севере и максимумом  $700 - 790^{\circ}\text{C}$  на юге области.

Потребность растений в тепле, выраженная суммой активных температур, рассчитана в настоящее время для всех культурных растений. В зависимости от скороспелости сорта она находится в пределах  $900 - 1300^{\circ}\text{C}$  для льна,  $1300 - 1700^{\circ}\text{C}$  для яровой и озимой пшеницы,  $2100 - 2900^{\circ}\text{C}$  для кукурузы,  $1600 - 2300^{\circ}\text{C}$  для подсолнечника (Павлова, 1984).

Термические ресурсы территории и требования сельскохозяйственных культур к теплу выражают в суммах средних суточных температур воздуха за период с температурой выше  $+10^{\circ}\text{C}$  (табл. 10.5). Сумма активных температур изменяется по области от  $1570^{\circ}\text{C}$  (ст. Лальск) до  $2180^{\circ}\text{C}$  (ст. Вятские Поляны).

Значительная разница сумм активных температур по территории с севера на юг должна определить выбор основных сельскохозяйственных культур с 90% обеспеченностью их созревания.

### **10.3. Ресурсы влаги**

Основным источником влаги являются атмосферные осадки. Количество и распределение их по территории республики зависят от преобладающего направления перемещения масс воздуха, содержащих влагу, а также от физико-географических особенностей. Наиболее благоприятны обложные дожди, которые выпадают сравнительно равномерно и хорошо впитываются почвой. Ливневые осадки кратковременны и интенсивны. При этом почва не успевает впитывать воду, которая быстро стекает в пониженные места; потоком вода смывает почву со склонов и слабо укоренившиеся растения (водная эрозия почвы).

В период активной вегетации растений выявляется значительная временная изменчивость количества осадков по территории области:  $38 - 62$  мм в мае,  $56 - 88$  мм в июне – августе (табл. 10.5) с экстремумом в июле  $69 - 88$  мм.

Т а б л и ц а 10.5

## Ресурсы тепла и влаги

Станция	Сумма активных температур	Сумма эффективных температур выше		Осадки, мм				Гидротермический коэффициент			
		5°С	10°С	V	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII
Лальск	1570	1160	500	50	66	77	67	0,8	1,2	1,3	1,2
Опарино	1580	1150	480	62	73	81	76	0,9	1,2	1,3	1,4
Мураши	1610	1170	500	61	77	82	72	0,8	1,3	1,4	1,4
Кирс	1610	1180	500	57	78	74	69	0,9	1,3	1,3	1,3
Нагорское	1650	1210	530	56	81	76	68	0,8	1,1	1,2	1,2
Б. Холуница	1720	1300	580	54	65	81	64	0,9	1,0	1,2	1,2
Даровское	1700	1260	560	57	76	84	68	0,9	1,3	1,4	1,4
Киров	1920	1390	660	55	67	76	71	0,8	1,1	1,2	1,3
Фаленки	1770	1310	600	47	66	76	66	0,8	1,0	1,2	1,2
Котельнич	1880	1370	630	51	68	88	61	0,8	1,1	1,3	1,2
Шабалино	1820	1320	600	54	73	72	67	0,7	1,1	1,2	1,2
Кумены	1880	1360	630	48	70	74	65	0,8	1,1	1,2	1,2
Верхошижемье	1880	1360	630	53	71	74	74	0,7	1,0	1,1	1,2
Уни	1910	1400	660	46	69	75	65	0,7	1,1	1,2	1,2
Нолинск	2050	1480	720	49	69	72	66	0,8	1,1	1,1	1,1
Яранск	2010	1450	690	45	68	69	61	0,7	1,0	1,1	1,1
Уржум	2010	1450	700	40	64	71	56	0,7	0,9	1,0	1,0
Кильмезь	2090	1500	740	39	66	77	68	0,4	0,7	0,8	0,9
Санчурск	2090	1480	710	44	68	71	59	0,7	1,0	1,1	1,1
Вятские Поляны	2180	1560	790	38	62	72	60	0,6	0,9	1,0	1,1

Суммы осадков в мае – августе распределены зонально (с учетом местных особенностей), т.е. наблюдается увеличение с юга на север, наименьшая сумма – 252 мм (ст. Вятские Поляны), наибольшая – 292 мм (ст. Опарино, Мураши). В динамике периода вегетации растений на всех станциях количество осадков в мае является наименьшим, в июне – июле наблюдается максимальная величина.

Оценку увлажнения по сумме летних осадков можно выполнить с помощью следующих показателей: если в месяц выпадает осадков 30 мм и меньше, то увлажнение недостаточное, при 40 – 50 мм – умеренно увлажненное, при осадках 60 – 70 мм – достаточное увлажнение. Существенным показателем является период выпадения осадков и их интенсивность. При интенсивных осадках (ливнях) большая часть осадков стекает и незначительная часть усваивается растениями.

Потребность растений во влаге в различные фазы развития неодинакова. Наибольшая потребность растений во влаге отмечается в период интенсивного роста вегетационной массы и репродуктивных органов. Для ранних зерновых культур важное значение имеют осадки первой половины лета, а для поздних пропашных культур – второй половины лета.

Количество осадков недостаточно полно характеризует влагообеспеченность республики. В качестве показателя условий увлажнения вегетационного периода используется гидротермический коэффициент.

Гидротермический коэффициент показывает, что при одном и том же количестве осадков степень влагообеспеченности растений зависит от температуры воздуха: чем выше температура воздуха и выше непродуктивный расход влаги на испарение, тем меньше влагообеспеченность растений. В июне – августе условия увлажнения на большей части территории характеризуются как избыточное увлажнение ( $ГТК = 1,1 - 1,4$ ) за исключением станции Кильмезь ( $ГТК = 0,7 - 0,9$ ) – засушливо.

Повторяемость атмосферных засух по ГТК (табл. 10.6) по области имеет следующие особенности:

1. Очень засушливо ( $ГТК \leq 0,5$ ):
  - в мае от 25,6% (ст. Киров) до 48,7% (ст. Яранск);
  - в июне от 3,1% (ст. Вятские Поляны), до 35,9% (ст. Кильмезь);
  - в июле от 2,6% (ст. Лальск) до 30,8% (ст. Кильмезь);
  - в августе от 2,6% (ст. Нагорское) до 28,2% (ст. Кильмезь).
2. Засушливо, недостаточно влажно ( $0,5 \leq ГТК \leq 1$ ):

Т а б л и ц а 10.6

## Повторяемость( %) атмосферных условий увлажнения по ГТК.

1 – очень засушливо, 2 – засушливо, недостаточно влажно, 3 – избыточно влажно

Станция	Май			Июнь			Июль			Август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Лальск	35,9	35,9	28,2	12,8	41,0	46,2	2,6	30,8	66,7	5,1	33,3	61,5
Опарино	26,3	31,6	42,1	5,3	39,5	55,3	0,0	26,3	73,7	0,0	21,1	78,9
Мураши	42,1	26,3	31,6	10,5	34,2	55,3	5,3	21,1	73,7	0,0	26,3	73,7
Кирс	33,3	28,2	38,5	10,3	23,1	66,7	2,6	30,8	66,7	2,6	17,9	79,5
Нагорское	38,5	28,2	33,3	10,3	38,5	51,3	7,7	30,8	61,5	2,6	28,2	69,2
Б. Холуница	30,8	35,9	33,3	25,6	20,5	53,8	10,3	30,8	59,0	10,3	20,5	69,2
Даровское	36,8	28,9	34,2	5,3	39,5	55,3	5,3	28,9	65,8	2,6	23,7	73,7
Киров	25,6	46,2	28,2	15,4	30,8	53,8	2,6	38,5	59,0	5,1	23,1	71,8
Фаленки	41,0	33,3	25,6	12,8	38,5	48,7	7,7	35,9	56,4	5,1	25,6	69,2
Котельнич	41,0	35,9	23,1	20,5	30,8	48,7	7,7	35,9	56,4	5,1	35,9	59,0
Шабалино	43,6	28,2	28,2	17,9	30,8	51,3	7,7	35,9	56,4	5,1	38,5	56,4
Кумены	38,5	43,6	17,9	5,1	46,2	48,7	7,7	35,9	56,4	5,1	33,3	61,5
Верхошижемье	46,2	30,8	23,1	10,3	46,2	43,6	7,7	30,8	61,5	5,3	34,2	60,5
Уни	46,2	30,8	23,1	20,5	25,6	53,8	10,3	30,8	59,0	5,1	33,3	61,5
Нолинск	30,8	43,6	25,6	12,8	28,2	59,0	5,1	41,0	53,8	2,6	33,3	64,1
Яранск	48,7	28,2	23,1	25,6	28,2	46,2	7,7	33,3	59,0	10,3	30,8	59,0
Уржум	43,6	33,3	23,1	25,6	25,6	48,7	12,8	38,5	48,7	5,1	43,6	51,3
Кильмезь	61,5	30,8	7,7	35,9	30,8	33,3	30,8	25,6	43,6	28,2	17,9	53,8
Санчурск	43,6	35,9	20,5	20,5	28,2	51,3	10,3	35,9	53,8	7,7	33,3	59,0
Вятские Поляны	56,4	25,6	17,9	3,1	30,6	46,2	10,3	35,9	53,8	5,1	41,0	53,8

– в мае от 25,6% (ст. Вятские Поляны) до 46,2% (Киров);  
– в июне от 20,5% (ст. Б. Холуница) до 46,2% (ст. Кумены, Верхошижемье);

– в июле от 21,1% (ст. Мураши) до 41,0% (ст. Нолинск);  
– в августе от 17,9% (ст. Кирс, Кильмезь) до 43,6% (ст. Уржум).

3. Избыточное увлажнение ( $ГТК > 1,0$ ):

– в мае от 7,7% (ст. Кильмезь) до 42,1% (ст. Опарино);  
– в июне от 33,3% (ст. Кильмезь) до 66,7% (ст. Кирс);  
– в июле от 53,8% (ст. Вятские Поляны, Санчурск) до 73,7% (ст. Опарино, Мураши);

– в августе от 51,3% (ст. Уржум) до 78,9% (ст. Опарино).

В период активной вегетации растений в мае преобладают условия недостаточного увлажнения, в июне – августе условия избыточного увлажнения.

Повторяемость условий нормального увлажнения по индексу Д.А. Педя (табл. 10.7) составляет:

– в мае от 35,1% (ст. Яранск) до 74,1% (ст. Кильмезь);  
– в июне от 44,7% (ст. Нолинск) до 67,9% (ст. Кильмезь);  
– в июле от 47,4% (ст. Уржум) до 65,8% (ст. Яранск);  
– в августе от 55,3% (ст. Вятские Поляны), до 78,6% (ст. Кильмезь).

Повторяемости периодов со средней засухой и избыточным увлажнением сопоставимы и составляют 3 – 13% в период активной вегетации сельскохозяйственных культур.

Т а б л и ц а 10.7

Повторяемость (%) атмосферных условий увлажнения по индексу Д.А. Педя.  
1 – средняя засуха, 2 – нормальное увлажнение, 3 – избыточное увлажнение

Станция	Май			Июнь			Июль			Август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Лальск	5,4	59,5	2,7	2,6	47,4	5,3	0,0	63,2	0,0	5,4	67,6	0,0
Опарино	2,7	45,9	5,4	5,3	47,4	7,9	2,6	44,7	5,3	5,3	71,1	0,0
Мураши	2,7	51,4	8,1	5,3	55,3	13,2	10,5	52,6	5,3	2,6	71,1	2,6
Кирс	13,5	45,9	13,5	5,3	63,2	7,9	5,3	44,7	2,6	0,0	57,9	2,6
Нагорское	2,7	48,6	8,1	7,9	55,3	7,9	7,9	52,6	10,5	2,6	65,8	0,0
Б. Холуница	0,0	47,2	2,8	2,7	64,9	0,0	5,4	56,8	5,4	2,7	70,3	0,0
Даровское	8,1	51,4	10,8	5,3	57,9	2,6	0,0	42,1	0,0	2,6	63,2	5,3
Киров	10,5	39,5	10,5	7,7	53,8	2,6	10,3	46,2	7,7	5,1	48,7	5,1
Фаленки	0,0	43,2	10,8	10,5	63,2	5,3	5,3	50,0	7,9	5,3	65,8	7,9
Котельнич	5,4	40,5	8,1	7,9	44,7	5,3	10,5	44,7	5,3	5,3	65,8	0,0
Шабалино	8,1	40,5	10,8	2,6	50,0	7,9	5,3	55,3	2,6	2,6	63,2	0,0
Кумены	2,7	48,6	10,8	5,3	57,9	5,3	7,9	50,0	7,9	2,6	68,4	10,5
Верхошижемье	5,4	45,9	13,5	7,9	52,6	7,9	7,9	55,3	10,5	2,6	55,3	5,3
Уни	5,4	48,6	13,5	10,5	55,3	2,6	2,6	63,2	0,0	5,3	63,2	2,6
Нолинск	5,4	43,2	2,7	7,9	44,7	2,6	7,9	50,0	7,9	5,3	71,1	7,9
Яранск	2,7	35,1	10,8	7,9	57,9	13,2	10,5	65,8	5,3	0,0	73,7	5,3
Уржум	5,4	51,4	5,4	15,8	50,0	5,3	5,3	47,4	2,6	0,0	68,4	0,0
Кильмезь	0,0	74,1	3,7	3,6	67,9	0,0	0,0	64,3	3,6	0,0	78,6	3,6
Санчурск	8,1	51,4	8,1	13,2	55,3	5,3	10,5	60,5	2,6	0,0	73,7	2,6
Вятские Поляны	8,1	51,4	10,8	10,5	52,6	5,3	0,0	57,9	0,0	5,3	55,3	2,6

## 11. ПРИКЛАДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛИМАТА

### 11.1. Климатическая характеристика отопительного периода

В связи с тем, что в Кировской области в последние десятилетия наблюдается заметное уменьшение континентальности климата, главным образом, вследствие увеличения зимних температур, участвовавших теплых зим (за исключением зимы 2005/06 г.), 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 области. Проблеме эффективного использования КХ отопительного периода посвящен ряд работ (Кобьшева и др., 2004).

Принято отопительным периодом называть холодную часть года, когда средняя суточная температура 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 4 дней не опускается ниже. Четырехдневный 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 на 20 станциях Кировской области за период 1966 – 2004 гг.

В табл. 11.1 и 11.2 представлен ряд важнейших характеристик ОП, свидетельствующих о его достаточно однородном характере на территории области. В большей степени подвержены пространственным изменениям самые поздние даты окончания ОП.

Анализ данных табл. 11.1 показывает, что в среднем отопительный период на большей части территории Кировской области начинается в последней декаде сентября (24 – 1.X), а заканчивается в период 29 апреля – 14 мая, т.е. без больших территориальных различий, если не учитывать крайние северные и южные станции. Средняя продолжительность ОП колеблется в пределах от 218 до 239 дней (выделяется ст. Лальск), а средняя температура ОП меняется от -4,8 до -5,6°С.

Т а б л и ц а 11.1

Характеристики отопительного периода

Станция	Дата начала ОП			Дата окончания ОП		
	сред- няя	самая ранняя	самая поздняя	сред- няя	самая ранняя	самая поздняя
Лальск	19.IX	25.VIII.1970	28.X.2003	14.V	22.IV.1983	7.VI.1971
Опарино	19.IX	27.VIII.1973	23.X.2003	12.V	22.IV.1983	5.VI.1994
Мураши	20.IX	28.VIII.1973	23.X.2003	11.V	21.IV.1967	5.VI.1994
Даров- ское	24.IX	4.IX.1980	23.X.2003	8.V	21.IV.1967	5.VI.1994
Киров, АМСГ	27.IX	8.IX.1968	23.X.2003	3.V	4.IV.1983	22.V.1988
Шабалино	25.IX	7.IX.1998	23.X.2003	4.V	3.IV.1983	27.V.1990
Котельнич	27.IX	8.IX.1968	23.X.2003	5.V	14.IV.1966	31.V.1969
Верхо- шижемье	25.IX	4.IX.1980	23.X.2003	3.V	6.IV.1983	27.V.1990
Кумены	26.IX	4.IX.1980	23.X.2003	3.V	6.IV.1983	30.V.1999
Яранск	28.IX	8.IX.1968	23.X.2003	1.V	8.IV.1975	27.V.1990
Нолинск	29.IX	8.IX.1968	23.X.2003	30.IV	6.IV.1983	18.V.1972
Санчурск	29.IX	8.IX.1968	23.X.2003	29.IV	3.IV.1983	17.V.1971
Нагор- ское	22.IX	28.VIII.1973	23.X.2003	11.V	21.IV.1967	4.VI.1996
Кирс	20.IX	27.VIII.1966	23.X.2003	11.V	21.IV.1967	8.VI.1999
Б. Холу- ница	24.IX	27.VIII.1966	23.X.2003	7.V	21.IV.1967	30.V.1999
Фаленки	24.IX	5.IX.1999	23.X.2003	6.V	13.IV.1973	2.VI.1969
Уни	26.IX	6.IX.1973	23.X.2003	3.V	13.IV.1973	30.V.1999
Уржум	29.IX	8.IX.1968	23.X.2003	2.V	12.IV.1973	20.V.1972
Кильмезь	1.X	15.IX.1982	23.X.2003	29.IV	6.IV.1983	14.V.1978
В. Поляны	1.X	8.IX.1968	23.X.2003	30.IV	8.IV.1975	17.V.1971

Т а б л и ц а 11.2

Продолжительность и средняя температура  
отопительного периода

Станция	Продолжительность (сутки)			Средняя температура за период		
	сред- няя	миним. (год)	макс. (год)	сред- няя	миним. (год)	макс. (год)
Лальск	239	200 (1995)	287 (1971)	-5,0	-9,0 (1979)	-2,6 (1966)
Опарино	236	200 (1995)	275 (1974)	-4,9	-8,5 (1979)	-2,3 (1966)
Мураши	234	197 (1975)	280 (1974)	-5,1	-8,6 (1979)	-2,2 (1966)
Даров- ское	228	189 (1975)	266 (1969)	-4,9	-8,5 (1985)	-2,1 (1966)
Киров, АМСГ	219	189 (1975)	244 (1969)	-5,1	-7,7 (1985)	-2,0 (1966)
Шабали- но	223	187 (1975)	243 (1969)	-4,8	-8,1 (1985)	-2,3 (1966)
Котель- нич	222	186 (1975)	266 (1969)	-5,0	-8,3 (1985)	-2,5 (1966)
Верхо- шижемье	221	172 (1975)	261 (1981)	-5,1	-7,7 (1985)	-2,2 (1966)
Кумыны	221	172 (1975)	246 (1999)	-5,2	-8,1 (1985)	-2,4 (1966)
Яранск	217	172 (1975)	240 (1978)	-5,1	-9,1 (1969)	-1,6 (1990)
Нолинск	215	172 (1975)	239 (1978)	-5,3	-8,8 (1969)	-2,3 (1966)
Санчурск	214	172 (1975)	240 (1978)	-4,8	-8,5 (1969)	-1,9 (1966)
Нагор- ское	232	195 (1975)	274 (1974)	-5,4	-8,8 (1979)	-2,3 (1966)
Кирс	234	195 (1975)	273 (1974)	-5,4	-9,2 (1979)	-2,4 (1966)
Б. Холу- ница	226	189 (1975)	261 (1981)	-5,3	-8,8 (1985)	-2,1 (1966)
Фаленки	225	189 (1975)	268 (1969)	-5,6	-8,9 (1985)	-2,1 (1966)
Уни	221	189 (1975)	244 (1969)	-5,3	-8,0 (1985)	-2,3 (1966)
Уржум	217	187 (1975)	244 (1969)	-5,3	-7,8 (1985)	-2,2 (1966)
Кильмезь	212	191 (1982)	238 (1978)	-5,1	-7,6 (1985)	-1,5 (1966)
В. Поля- ны	213	172 (1975)	244 (1969)	-5,3	-7,9 (1985)	-2,0 (1966)

Аналогичное исследование, выполненное нами ранее для Республики Татарстан, показывает, что в среднем продолжительность ОП сокращается, а средняя температура воздуха в ОП растет, аналогичная ситуация складывается и в Кировской области. 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.

## **11.2. Показатели затрат 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 охладить 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 среднемноголетние величины затрат ТЭ на обогрев зданий меняются на территории области от 1154 (ст. Кирс) до 1052 (ст. Кильмезь)  $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ , т.е. в небольших пределах (табл. 11.3). Среднегодовые затраты энергии на обогрев зданий также не имеют больших территориальных различий и находятся в пределах 5228 – 5866  $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ .

Т а б л и ц а 11.3

Затраты тепловой энергии на обогрев типовых зданий (ккал/м<sup>2</sup> · час)  
за 1966 – 2004 гг.

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лальск	1129	919	701	379	144	27	4	34	177	452	748	1002	5715
Даровское	1094	905	695	345	114	20	2	26	158	439	723	982	5504
Киров, АМСГ	1088	896	678	326	99	16	2	22	143	435	722	982	5409
Нагорское	1147	942	716	375	138	26	4	34	176	481	776	1038	5853
Кирс	1154	950	722	375	139	26	4	35	177	473	773	1038	5866
Яранск	1069	910	717	316	82	13	1	16	127	403	692	955	5303
Нолинск	1081	904	695	320	84	14	1	16	130	419	711	972	5347
Уни	1090	909	694	332	97	17	2	21	143	436	729	982	5450
Санчурск	1061	897	705	304	77	12	1	15	124	396	685	951	5228
Кильмезь	1052	891	695	329	80	15	1	16	130	410	737	979	5335
В. Поляны	1096	949	736	317	72	11	1	13	113	399	711	980	5398

Данные табл. 11.4, приведенные для ст. Киров, АМСГ, свидетельствуют о значительном диапазоне в затратах тепловой энергии на отопление зданий в рассматриваемый период 1966 – 2004 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 Кировской области достаточно однороден, то и затраты тепла на обогрев зданий не сильно отличаются от пункта к пункту.

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. Продолжительность охладительного периода возрастает с севера на юг. Наибольшая его величина на ст. Кильмезь с 15 июня по 6 августа, а наименьшая на ст. Лальск 30 июня – 28 июля. Как видно, в июле величина тепловой энергии, затрачиваемая на охлаждение зданий, изменяется от 21 (ст. Опарино) до 48 ккал/м<sup>2</sup> · час (ст. Нолинск). Годовые значения затрат энергии на охлаждение зданий (в период июнь – август) также невелики.

Т а б л и ц а 11.4 а

Затраты тепловой энергии на обогрев и затраты энергии на охлаждение типовых зданий (ккал на 1 м<sup>2</sup> в час) за 1966 – 2004 гг. (ст. Киров, АМСГ)

Затраты энергии	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
На обогрев													
Среднее	1088	896	678	326	99	16	2	22	143	435	722	982	5409
Минимальное	855	606	552	153	21	0	0	0	40	272	504	730	4820
Максимальное	1491	1233	906	547	242	70	15	72	293	554	964	1375	6536
На охлаждение													
Среднее	0	0	0	0	4	25	43	12	0	0	0	0	84
Минимальное	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Максимальное	0	0	0	0	30	85	157	86	5	0	0	0	222

Начало охладительного периода 25 июня.  
Окончание охладительного периода 30 июля

Т а б л и ц а 11.4. б

Индекс потребления энергии (градусодни) на обогрев и охлаждение зданий по месяцам за 1966 – 2004 гг. (ст. Киров, АМСГ)

Значение индекса	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
На обогрев													
Среднее	968	820	687	426	231	90	43	106	259	488	690	887	5694
Минимальное	785	598	589	285	121	9	3	24	142	365	524	696	5115
Максимальное	1263	1066	850	603	376	191	106	199	393	572	876	1188	6674
На охлаждение													
Среднее	0	0	0	0	7	33	59	23й	1	0	0	0	123
Минимальное	0	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	6
Максимальное	0	0	0	2	38	96	163	113	17	0	0	0	282

Т а б л и ц а 11.5

## Начало и окончание охладительного периода

Станция	Начало	Окончание
Лальск	30 июня	8 июля
Опарино	8 июля	28 июля
Мураши	8 июля	28 июля
Даровское	8 июля	28 июля
Киров, АМСГ	25 июня	30 июля
Шабалино	1 июля	28 июля
Котельнич	29 июня	28 июля
Верхошижемье	25 июня	30 июля
Кумены	25 июня	30 июля
Яранск	26 июня	30 июля
Нолинск	23 июня	31 июля
Санчурск	27 июня	30 июля
Нагорское	29 июня	28 июля
Кирс	5 июля	8 июля
Б. Холуница	27 июня	16 июля
Фаленки	26 июня	29 июля
Уни	24 июня	30 июля
Уржум	24 июня	30 июля
Кильмезь	15 июня	6 августа
В. Поляны	15 июня	1 августа

Охладительный период в среднем занимает, как правило, последнюю декаду июня и весь июль. Наибольшая продолжительность его на ст. Кильмезь с 15 июня по 6 августа, а наименьшая на ст. Лальск (30 июня – 28 июля).

Т а б л и ц а 11.6

Затраты энергии на охлаждение типовых зданий  
(ккал/м<sup>2</sup> · час) за 1966 – 2004 гг.

Станция	Месяцы					Год
	V	VI	VII	VIII	IX	
Лальск	1	14	26	5	0	45
Опарино	1	11	21	3	0	36
Мураши	1	12	24	4	0	42
Даровское	2	14	26	5	0	47
Киров, АМСГ	4	25	43	12	0	84
Шабалино	2	16	31	8	0	57
Котельнич	3	20	34	8	0	66
Верхошижемье	4	22	39	10	0	75
Кумены	3	21	37	10	0	73
Яранск	3	21	39	10	0	73
Нолинск	5	27	48	14	0	94
Санчурск	3	21	38	11	0	73
Нагорское	2	16	31	7	0	56
Кирс	2	13	25	4	0	44
Б. Холуница	3	18	32	7	0	61
Фаленки	2	19	33	8	0	62
Уни	4	25	43	12	0	83
Уржум	4	24	42	13	0	83
Кильмезь	5	30	47	12	1	94
В. Поляны	6	29	46	15	1	96

Распределение во времени и по территории Кировской области 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 – 2004 гг.

Станция	Январь			Апрель			Июль			Октябрь			Год		
	среднее	мин.	макс.												
Лальск	1014	784	1292	474	349	633	62	9	150	504	363	606	6089	5424	7104
Нагорское	1009	807	1310	463	311	642	59	12	138	519	388	607	6075	5394	7086
Кирс	1022	794	1337	466	318	650	60	12	142	517	377	615	6141	5474	7239
Шабалино	965	775	1277	432	297	599	50	6	121	488	370	572	5741	5128	6764
Киров, АМСГ	968	785	1263	426	285	603	43	3	106	488	365	572	5694	5115	6674
Санчурск	942	738	1258	405	258	589	37	2	94	456	346	539	5496	4918	6560
Вятские Поляны	960	754	1279	412	229	585	32	2	96	453	335	543	5534	4917	6505

Т а б л и ц а 11.7 б

Индекс потребления энергии (градусодни) на охлаждение зданий по месяцам за 1966 – 2004 гг.

Станция	Май			Июнь			Июль			Август			Год		
	среднее	мин.	макс.												
Лальск	2	0	17	21	0	75	38	0	117	11	0	39	72	12	168
Нагорское	4	0	32	24	0	74	45	0	138	15	0	74	88	10	197
Кирс	3	0	32	20	0	66	38	1	112	11	0	48	73	6	165
Шабалино	4	0	30	24	1	80	45	3	132	17	0	99	91	16	235
Киров, АМСГ	7	0	38	33	1	96	59	4	163	23	1	113	123	21	283
Санчурск	6	0	35	31	1	101	53	6	139	24	0	130	115	20	282
Вятские Поляны	10	0	42	38	3	109	64	5	153	29	1	119	144	30	316

### 11.3. Индекс горимости леса

Ежегодно в различных странах в летний период в условиях жаркой погоды происходят лесные пожары. Ярким примером этому являются события июля 2007 г., когда в странах южной Европы и на Балканах из-за превышения температуры отметки 40°C и длительного отсутствия дождя сложилась пожароопасная обстановка, что вызвало сильные пожары в Италии, Сербии и других странах. Положение усугубляется в связи с продолжающимся глобальным потеплением климата. Согласно (Мохов и др., 2006; Малевский-Малевич и др., 2007) оценки изменений пожарной опасности в XXI в. на основе данных моделей общей циркуляции атмосферы и океана свидетельствуют об увеличении числа дней с экстремальными условиями пожароопасности на всей территории России, особенно в районах южнее 55° с.ш. Поэтому для практических целей в теплый период представляет интерес оценка климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров, наносящих значительный ущерб окружающей среде. Пожары возникают в засушливый период под влиянием комплекса антропогенных и природных факторов, к числу которых относятся грозовая активность и определенное сочетание метеорологических параметров – таких, как температура и влажность воздуха, осадки и т.д. (Горев и др., 2004).

Для сравнительной характеристики пожарной опасности вводится ее показатель – критерий пожарной опасности, так называемый индекс горимости, который рассчитывается на основе метеорологических параметров приземного слоя атмосферы. Индекс горимости характеризует пожарную опасность по условиям погоды, которая создается при сухой и жаркой погоде и нарастает с увеличением продолжительности периода с такими погодными условиями (Нестеров, 1949; Шерстюков, 2003).

Индекс горимости рассчитывается по формуле В.Г. Нестерова:

$$\Gamma = \sum (T \cdot d), \quad (11.1)$$

где  $\Gamma$  – показатель горимости,  $T$  – температура воздуха в полдень,  $d$  – дефицит точки росы ( $d = T - T_d$ , где  $T_d$  – точка росы). Суммирование производится при положительных значениях температуры за  $n$  сухих дней (дни с осадками менее 2,5 мм считаются как дни без осадков).

Для удобства анализа принята шкала горимости леса, приведенная в табл. 11.8. Горимость IV и V классов включена в список особо опасных явлений.

Индекс горимости, рассчитанный по формуле В.Г. Нестерова, медленно растет при отсутствии дождя и резко падает до нуля после дождя, что затрудняет использование среднемесячных значений индекса. Поэтому в качестве обобщенной характеристики индекса горимости за месяц целесообразно использовать максимальное значение  $\Gamma$  за месяц. Так как индекс горимости является интегральной по времени величиной, то его максимальное за месяц значение отражает как температурно-влажностный режим, так и продолжительность изменений пожароопасной погоды в месяц.

Т а б л и ц а 11.8

Классы горимости

Классы горимости	Горимость	Показатель горимости
I	Отсутствует или малая	0 – 300
II	Средняя	301 – 1000
III	Высокая	1001 – 4000
IV	Особо опасная	4001 – 10000
V	Чрезвычайная	> 10000

Кроме того, для оценки степени увлажнения и засушливости вегетационного периода широкое применение получил индекс Г.Т. Селянинова, который вычисляется по формуле:

$$ГТК = \frac{10 \sum OC}{\sum T}, \quad (11.2)$$

где  $\sum OC$  – сумма осадков (мм) и  $\sum T$  – сумма среднесуточных температур ( $^{\circ}C$ ) за период  $T \geq 10^{\circ}C$ .

Показано, что на основе экспериментальных данных о температурах воздуха и количестве осадков может быть установлена статистическая связь между параметром засушливости (гидротермическим коэффициентом (ГТК)), вычисленным по месячным данным, и числом дней с индексом пожароопасности ( $\Gamma$ ), превышающим пожароопасный предел ( $\Gamma > 1000$ ) (Справочник ... , 2003, 2005). Особо опасные и чрезвычайные условия для возникновения и распространения сильных пожаров создаются при  $\Gamma > 4000$ .

Анализ данных табл. 11.9 показывает, что в марте и ноябре на всей территории Кировской области горимость леса отсутствует или малая. Повторяемость класса I ( $\Gamma$  находится в пределах 0 – 300) в это

время на станциях колеблется в марте от 82 до 97%, однако в ноябре – от 96 до 100%, начиная с апреля повторяемость индекса Г этого класса резко понижается и достигает в июле своего минимума (21 – 32%). В теплый период (май – сентябрь) значительно возрастает повторяемость классов горимости II и III (Г меняется от 301 до 4000), когда горимость становится средней и высокой. Суммарная повторяемость этих классов колеблется на территории области в июле (максимум) от 58 до 65%. Естественно, особая опасная и тем более чрезвычайная горимость встречаются гораздо реже. Так, горимость V класса опасности ( $G > 10000$ ) повсеместно в мае – сентябре не превышает 4,6%. Причем наиболее пожароопасная обстановка отмечается в районе ст. Яранск и Вятские Поляны.

Т а б л и ц а 11.9

Повторяемость (%) индекса горимости по классам опасности  
за 1966 – 2004 гг.

ст. Лальск

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	84,9	45,0	33,4	32,3	27,9	39,6	56,4	78,9	100,0
II	средняя	12,4	27,2	25,6	28,0	31,4	31,5	27,2	16,4	0,0
III	высокая	2,7	24,5	34,1	35,1	32,9	25,4	14,8	4,7	0,0
IV	особо опасная	0,0	3,3	6,8	4,6	7,8	3,6	1,6	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ст. Даровское

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	89,2	44,7	31,3	31,9	31,0	36,1	53,6	72,6	99,4
II	средняя	10,2	29,7	27,5	29,8	29,0	28,9	25,2	13,8	0,0
III	высокая	0,5	24,2	33,1	31,8	29,1	29,5	19,3	13,5	0,6
IV	особо опасная	0,0	1,4	8,1	6,5	10,6	5,5	1,8	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

ст. Киров, АМСГ

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	89,0	44,4	32,5	31,7	27,6	36,4	52,2	75,3	98,9
II	средняя	8,5	28,8	26,0	27,1	29,4	29,0	24,3	16,3	0,6
III	высокая	2,5	24,5	31,8	32,7	31,9	28,8	21,6	8,5	0,6
IV	особо опасная	0,0	2,3	9,8	8,5	10,6	4,8	1,9	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0

ст. Нагорское

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	85,9	45,6	38,1	35,8	30,2	39,1	58,5	80,9	100,0
II	средняя	13,4	25,4	25,9	27,3	28,6	30,6	22,7	15,5	0,0
III	высокая	0,7	26,8	27,8	31,0	29,4	28,1	17,5	3,6	0,0
IV	особо опасная	0,0	2,2	7,6	6,0	11,4	1,7	1,3	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,6	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0

ст. Кирс

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	84,2	43,2	35,2	31,1	26,8	39,4	57,0	76,8	99,2
II	средняя	14,5	25,6	25,6	28,0	29,3	30,4	25,5	17,1	0,8
III	высокая	1,2	27,6	32,0	33,2	30,8	26,3	16,1	6,1	0,0
IV	особо опасная	0,0	3,5	7,2	7,7	12,6	3,3	1,5	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0

ст. Яранск

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	94,6	43,9	25,0	28,1	24,4	29,0	47,3	68,1	96,4
II	средняя	5,4	30,0	26,1	28,5	30,5	28,6	25,3	16,7	3,6
III	высокая	0,0	24,1	38,5	29,8	28,8	35,9	20,9	15,1	0,0
IV	особо опасная	0,0	1,9	9,8	11,1	11,6	5,6	6,6	0,1	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,6	2,6	4,6	0,8	0,0	0,0	0,0

ст. Нолинск

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	91,3	43,8	26,5	28,5	24,0	29,3	48,8	71,8	98,9
II	средняя	8,7	28,6	27,1	30,7	24,8	31,3	23,0	15,3	1,1
III	высокая	0,0	25,2	34,9	33,5	39,4	33,8	20,2	12,8	0,0
IV	особо опасная	0,0	2,3	11,4	7,1	11,3	5,6	7,3	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	0,0	0,7	0,0	0,0

ст. Уни

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	86,0	43,1	31,9	33,2	24,2	35,0	53,3	76,7	99,3
II	средняя	12,3	30,5	27,4	29,8	28,6	26,8	22,7	18,3	0,7
III	высокая	1,8	23,2	32,2	32,6	34,4	30,8	20,0	5,0	0,0
IV	особо опасная	0,0	3,1	8,4	4,2	12,0	7,4	4,0	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0

ст. Санчурск

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	93,0	43,6	25,0	28,6	22,2	29,3	47,7	63,8	100,0
II	средняя	7,0	28,1	24,8	28,0	29,8	27,3	24,3	17,7	0,0
III	высокая	0,0	25,6	35,8	32,4	34,6	33,4	21,2	18,5	0,0
IV	особо опасная	0,0	2,7	13,8	9,4	12,0	7,1	6,0	0,0	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,6	1,7	1,4	2,9	0,8	0,0	0,0

ст. Кильмезь

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	88,6	41,9	26,7	28,8	22,8	33,6	49,6	68,0	98,8
II	средняя	11,4	30,3	24,1	27,9	27,8	29,6	24,0	18,6	1,2
III	высокая	0,0	24,2	34,6	30,2	38,4	30,3	23,2	11,1	0,0
IV	особо опасная	0,0	3,7	14,0	12,1	10,8	6,5	3,2	2,2	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	0,6	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

## ст. Вятские Поляны

Класс опасности	Горимость	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
I	отсутствует или малая	95,7	49,0	21,7	26,8	20,6	25,1	43,8	67,6	100,0
II	средняя	4,3	26,7	24,6	26,0	27,2	27,8	20,2	19,3	0,0
III	высокая	0,0	20,4	34,9	31,7	37,1	38,0	26,2	11,0	0,0
IV	особо опасная	0,0	3,9	17,1	11,3	14,6	7,3	7,9	2,2	0,0
V	чрезвычайная	0,0	0,0	1,7	4,3	0,5	1,8	1,9	0,0	0,0

### 11.4. Показатели биоклимата

Биоклимат территории – важный природный ресурс, от состояния которого зависит комфортность ощущений и самочувствие человека. Биоклиматическая оценка выявляет медико-климатический потенциал территории для рационального использования ландшафтно-климатических условий в здравоохранении и рекреации. Атмосферные условия оказывают влияние на общественную жизнь людей, но роль климата при этом не проявляется так четко и размеры влияния не определяются так легко, как в случае зависимости экономики и состояния здоровья людей от погоды. Комплексный ресурсный подход к изучению режима погоды включает исследования в первую очередь продуктивности климата, а также уменьшения вреда, наносимого экономике и человеку неблагоприятными погодными воздействиями. Исследуя влияние изменений метеорологических условий на адаптационные механизмы человеческого организма, можно решить глобальную проблему человечества сохранения жизни и здоровья человека в условиях ухудшения среды обитания (Климатические ресурсы, 2005).

Биоклиматические ресурсы представлены применительно к человеку и характеризуют связь климата с его тепловым состоянием, здоровьем, особенностями рекреации и санитарно-гигиенической оценкой в естественных условиях. Поэтому для характеристики климата используются различные комплексные метеорологические показатели (температура – влажность воздуха, температура – скорость ветра, температура – атмосферное давление, влажность воздуха – атмосферное давление), отражающие тепловое состояние человека и зоны комфорта, различные для разных групп населения. Под зоной комфорта понимают пределы метеорологических показателей, внутри

которых большинство испытуемых людей отмечают тепловой комфорт. Последний определяется как комплекс метеорологических условий, при котором терморегуляторная система организма находится в состоянии наименьшего напряжения, создавая предпосылки для высокой работоспособности, а протекание всех остальных функций происходит на уровне, наиболее благоприятном для отдыха и восстановления сил организма после предшествующей нагрузки. Субкомфортные или допустимые условия это сочетание метеорологических величин, которые могут вызвать напряжение физиологических реакций терморегуляции, не выходящие за пределы адаптационных возможностей. При этом не возникает нарушений в состоянии здоровья, не ухудшается самочувствие и не понижается работоспособность. Чувствительность к неблагоприятным условиям погоды особенно велика у больных людей и проявляется в ощущении дискомфорта, раздражительности, иногда в обострении патологических процессов (Русанов, 1981; Энциклопедия, 2005).

Наиболее существенным по значимости вызываемых физиологических реакций является воздействие погоды и климата на тепловое состояние организма человека. Именно тепловой комфорт или дискомфорт в большей мере определяют здоровье, самочувствие человека, его работоспособность, которая заметно снижается при значительном отклонении тепловых условий от оптимума. Для оценки теплового состояния человека разработан ряд биоклиматических показателей, которые позволяют определить уровень его тепловой или холодовой нагрузки в летнее и зимнее время года.

Существуют многочисленные подходы к оценке комфортного состояния человека при воздействии на него комплекса метеорологических показателей. Наиболее часто используется эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), учитывающая комплексное влияние на человека температуры, влажности воздуха и скорости ветра (Бокша, 1980). Исследования показали, что изменения ряда физиологических функций организма идут параллельно с изменением ЭЭТ. Зона комфорта по этому показателю находится в интервале 16,7 – 20,7°С. Расчеты ЭЭТ производились по формуле А. Миссенарда (Андреев, 2007):

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0.68 - 0.0014f + \frac{1}{1.76 + 1.4v^{0.75}}} - 0.29t\left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (11.3)$$

где  $ET$  – ЭЭТ,  $t$  – температура воздуха, °С;  $f$  – относительная влажность, %;  $v$  – скорость ветра, м/с.

Результаты расчетов ЭЭТ по 20 станциям Кировской области за период 1966 – 2004 гг. приведены в табл. 11.10. Как видно из данной таблицы, эквивалентно-эффективная температура имеет хорошо выраженный годовой ход: в январе наблюдаются наименьшие значения в пределах от  $-32,5^{\circ}\text{C}$  (ст. Фаленки) до  $-26,4^{\circ}\text{C}$  (ст. Лальск), а в июле наибольшие, которые на территории Кировской области меняются от  $10,6^{\circ}\text{C}$  (ст. Мураши) до  $13,4^{\circ}\text{C}$  (ст. Яранск). При этом в холодный период разброс значений ЭЭТ заметно больше, чем в теплый. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) эквивалентно-эффективной температуры также испытывает годовой ход. В январе и феврале  $\sigma$  принимает наибольшее значение по территории Кировской области ( $1,8^{\circ}\text{C}$ ), а в июле – наименьшие значения ( $0,7^{\circ}\text{C}$ ). Ввиду того, что рассматриваемая территория находится в умеренном климатическом поясе, отличающемся активной циркуляцией атмосферы, температурные условия характеризуются большой изменчивостью от года к году. Поэтому ежемесячные значения ЭЭТ различных лет значительно разнятся. Так, например, по данным ст. Киров в январе 1969 г. ЭЭТ достигла  $-40,9^{\circ}\text{C}$ , а в январе 2001 г. лишь  $-20,0^{\circ}\text{C}$ . В июле диапазон изменений заметно уже: от  $7,6^{\circ}\text{C}$  (1968 г.) до  $17,1^{\circ}\text{C}$  (2000 г.).

Т а б л и ц а 11.10

Среднемесячные значения эквивалентно-эффективной температуры  
(ЭЭТ) по Миссенарду ( $^{\circ}\text{C}$ )

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Опарино	-27,8	-24,7	-15,1	-5,7	1,9	8,4	11,6	7,6	0,4	-9,3	-18,6	-24,9	-5,7
Мураши	-30,8	-27,6	-17,9	-7,6	0,4	7,3	10,6	6,3	-1,2	-11,2	-20,6	-27,7	-8,9
Даровское	-27,2	-24,5	-15,2	-5,5	2,7	9,2	12,3	8,5	1,2	-8,4	-17,7	-24,6	-6,6
Киров	-29,0	-25,9	-15,8	-5,5	3,1	9,6	12,7	8,9	1,1	-9,1	-18,6	-25,7	-5,7
Шабалино	-29,5	-26,3	-16,7	-6,3	2,1	8,5	11,6	7,7	0,2	-9,4	-19,1	-26,5	-7,4
Котельнич	-29,9	-27,4	-17,4	-6,6	1,9	8,4	11,5	7,6	0,3	-9,7	-19,1	-26,8	-6,5
Верхо- шижемье	-28,5	-25,8	-16,4	-5,8	2,6	8,9	12,1	8,2	0,6	-9,3	-19,1	-25,7	-6,8
Кумены	-28,4	-25,7	-16,6	-6,0	2,6	9,1	12,2	8,3	0,8	-9,0	-18,4	-25,6	-5,6
Яранск	-28,0	-25,7	-16,5	-4,8	4,0	10,3	13,4	9,7	2,3	-7,7	-17,4	-24,8	-5,5
Нолинск	-27,2	-24,7	-15,7	-4,5	4,1	10,2	13,3	9,6	2,2	-7,6	-17,3	-24,2	-5,0
Санчурск	-29,2	-26,8	-17,9	-5,9	3,4	9,4	12,4	8,9	1,1	-8,6	-18,4	-25,8	-6,4
Нагорское	-31,6	-28,3	-17,8	-7,7	0,6	7,9	11,1	6,8	-0,9	-11,5	-21,3	-28,4	-8,2

## Окончание таблицы 11.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кирс	-30,2	-26,9	-17,3	-7,2	0,9	8,1	11,5	7,3	-0,2	-10,2	-20,1	-27,2	-6,8
Б. Холуница	-28,1	-25,4	-16,0	-5,7	2,5	9,2	12,4	8,3	0,8	-9,1	-19,0	-25,7	-7,4
Фаленки	-32,5	-29,3	-19,3	-8,2	1,1	8,2	11,4	7,2	-0,9	-11,5	-21,9	-29,5	-8,0
Уни	-27,5	-24,5	-15,4	-4,8	3,6	10,0	13,1	9,3	1,6	-8,4	-18,1	-24,9	-5,9
Уржум	-32,2	-29,8	-20,0	-7,9	2,1	8,5	11,7	7,9	-0,1	-10,8	-21,5	-29,0	-8,8
Кильмезь	-29,5	-27,3	-17,9	-6,7	3,4	9,6	12,7	8,3	0,8	-9,2	-20,5	-27,2	-6,3
В. Поляны	-31,4	-29,3	-20,2	-7,0	3,3	9,3	12,5	8,9	1,2	-9,6	-20,3	-27,7	-7,1
Лальск	-26,4	-23,6	-14,5	-5,7	1,7	8,6	11,9	8,0	0,7	-8,1	-16,8	-23,2	-6,2

Если взять за основу классификации теплоощущения человека критерии, предложенные С.С. Андреевым (2007), то «комфортно-тепло» (12,1 – 24°С) в многолетнем осреднении на большей части территории Кировской области только в июле. Исключением являются станции, расположенные на севере, северо-востоке области, где в это время «прохладно». С декабря по февраль на всей территории области теплоощущения от «очень холодно» до «начинается угроза обморожения». Среднегодовые значения ЭЭТ по всей области соответствуют теплоощущению «умеренно холодно», за исключением центральной части Кировской области, где «очень прохладно».

Для оценки степени комфортности также рассчитывалась эффективная температура (ЭТ), которая является характеристикой ощущения степени тепла или холода организмом человека и является эмпирической функцией температуры и относительной влажности воздуха. Эффективная температура имеет такое числовое значение, которое имела бы истинная температура неподвижного и насыщенного воздуха, производящего такое же ощущение, что и весь комплекс метеорологических элементов. В России принят интервал зоны комфорта 13,5 – 18°С. Расчет эффективной температуры для каждого дня всех месяцев года за период 1966 – 2004 гг. производился по формуле (Исаев, 2001):

$$ET = t - 0,4 (t - 10) (1 - f / 100), \quad (11.4)$$

где  $f$  – относительная влажность воздуха;  $t$  – температура воздуха в градусах Цельсия.

Полученные результаты показали, что наименьшие значения ЭТ на исследуемой территории отмечались в январе: от -13,1°С (ст. Кирс) до -10,4°С (ст. Кильмезь); наибольшие в июле – от 16,2°С (ст. Опарино) до 17,9°С (ст. Вятские Поляны). Среднегодовые значения эффек-

тивной температуры на территории Кировской области соответствуют теплоощущению «умеренно» (табл. 11.11).

Кроме того, находилось распределение числа дней с комфортной погодой по месяцам. Естественно, эти дни приходятся в основной своей массе на теплый период года: май – сентябрь, причем в июне, июле, августе их число колеблется от 9 до 14, а в течение года изменяется от 39 (ст. Кильмезь) до 54 (ст. Санчурск).

Т а б л и ц а 11.11

Среднемесячные значения эффективной температуры (ЭТ, °С)

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Опарино	-12,5	-10,1	-3,2	3,5	9,1	13,9	16,2	13,4	8,3	2,0	-4,9	-10	2,1
Мураши	-12,5	-10,5	-3,4	3,5	9,2	14,0	16,3	13,5	8,3	1,8	-5,1	-10,1	2,1
Даровское	-12	-10,1	-3,3	4,0	9,9	14,5	16,7	14,1	8,8	2,6	-4,2	-9,6	2,6
Киров	-11,6	-9,7	-2,8	4,6	10,5	15,2	17,3	14,7	9,4	2,6	-4,1	-9,2	3,1
Шабалино	-11,4	-9,5	-2,9	4,4	10,3	14,8	17,0	14,3	9,0	2,8	-4,1	-9,3	3,0
Котельнич	-11,8	-10,1	-3,3	4,4	10,5	15,0	17,2	14,5	9,4	3,0	-3,9	-9	3,0
Верхошижемье	-11,6	-10	-3,2	4,4	10,5	15,0	17,2	14,5	9,2	2,6	-4,3	-9,4	2,9
Кумены	-11,5	-10	-3,3	4,2	10,4	15,0	17,2	14,5	9,3	2,7	-4,2	-9,1	2,9
Яранск	-11,2	-10,1	-3,9	4,6	11,0	15,4	17,5	15,0	9,8	3,5	-3,5	-8,7	3,3
Нолинск	-11,4	-9,7	-3,2	4,8	11,1	15,5	17,7	15,1	9,8	3,2	-3,8	-9,1	3,3
Санчурск	-10,6	-9,4	-3,4	5,0	11,3	15,5	17,5	15,1	10,0	3,7	-3,1	-8,4	3,6
Нагорское	-12,9	-10,8	-3,5	3,5	9,3	14,3	16,6	13,7	8,4	1,7	-5,4	-10,4	2,0
Кирс	-13,1	-11	-3,7	3,4	9,2	14,1	16,5	13,5	8,3	1,8	-5,4	-10,5	1,9
Белая Холуница	-12,3	-10	-3,1	3,9	10,0	14,8	17,0	14,2	9,0	2,6	-4,7	-9,6	2,7
Фаленки	-12,7	-10,9	-3,8	3,6	10,1	14,8	17,0	14,2	9,0	2,3	-4,8	-10	2,4
Уни	-11,8	-10	-3,3	4,3	10,6	15,2	17,4	14,6	9,4	2,7	-4,4	-9,5	2,9
Уржум	-11,6	-10,1	-3,7	4,3	11,0	15,3	17,5	15,0	9,8	3,1	-4	-9,2	3,1
Кильмезь	-10,4	-9,2	-2,9	4,6	11,4	15,8	17,8	14,9	9,9	3,4	-4,3	-9	3,5
Вятские Поляны	-11	-10,2	-3,9	4,8	11,8	15,9	17,9	15,5	10,5	3,8	-3,5	-8,6	3,6
Лальск	-12,7	-10,5	-3,5	3,2	8,9	14,0	16,4	13,6	8,3	2,2	-5	-10,1	2,1

Для биоклиматической оценки холодного периода также существуют методы оценки суровости погоды. Суровость погоды в данном случае рассматривается не как объективное свойство погоды,

а как ее влияние на охлаждение человека, ограничивающее пребывание его на открытом воздухе и обуславливающее потребность в одежде. Она в основном определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые особенно влияют на охлаждение незащищенных частей тела и на органы дыхания.

Для этих целей наиболее часто используется метод Бодмана, который позволяет определять в баллах степень суровости погоды по формуле:

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,272v), \quad (11.5)$$

где  $S$  – индекс суровости (баллы),  $t$  – температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $v$  – скорость ветра (м/с).

Согласно шкале Бодмана, при  $S < 1$  зима несуровая, мягкая; 1 – 2 – зима малосуровая; 2 – 3 – умеренно суровая; 3 – 4 – суровая; 5 – 6 – жестко суровая; 6 – крайне суровая.

Многолетние среднемесячные значения индекса суровости погоды в январе (максимальные значения) меняются в пределах от 2,0 (ст. Даровское, Лальск) до 2,5 (ст. Уржум, Феленки) (табл. 11.12). Естественно, преобладают мало суровые и умеренно суровые условия погоды, а суровые условия формируются лишь в зимние месяцы. Изменчивость  $\sigma$  индекса  $S$  в январе варьирует от 0,3 до 0,7, а в ноябре и марте  $\sigma$  принимает значения 0,2 – 0,4, что свидетельствует о небольших изменениях относительно «нормы».

С целью оценки тенденций изменения биоклиматических показателей во времени рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ) и коэффициенты его детерминации  $R^2$ . Оказалось, что они достаточно однородно распределяются по территории Кировской области. Так, в январе величина КНЛТ ЭЭТ изменяется от 1,6  $^{\circ}\text{C}/10$  лет (Вятские Поляны) до 3,3  $^{\circ}\text{C}/10$  лет (Нагорское), т.е. повсеместно растет с высокой степенью достоверности ( $R^2$  достигает в ряде случаев 0,3 – 0,45), что свидетельствует об улучшении биоклиматических условий зимой. Заметим, что КНЛТ, рассчитанные для индекса Бодмана, наоборот, имеют отрицательный знак (хотя его значения невелики), что также подтверждает вышеизложенное заключение о смягчении суровости климата Кировской области.

В теплый период значения КНЛТ для ЭЭТ значительно меньше (от 0,28 до 0,5  $^{\circ}\text{C}/10$  лет в июле), что, с одной стороны, отражает более стабильные условия летнего периода, а с другой – свидетельствует о слабом потеплении климата и в этом периоде года.

Т а б л и ц а 11.12

Средние значения индекса Бодмана (баллы) в октябре – апреле  
(1966 – 2004 гг.)

Станция	Месяцы							
	I	II	III	IV	X	XI	XII	XI – III
Опарино	2,1	2,0	1,7	1,6	1,5	1,7	2,0	1,9
Мураши	2,3	2,2	1,8	1,8	1,7	1,9	2,1	2,1
Даровское	2,0	2,0	1,6	1,6	1,5	1,7	1,9	1,8
Киров	2,2	2,1	1,7	1,6	1,6	1,8	2,1	2,0
Шабалино	2,3	2,2	1,8	1,7	1,6	1,8	2,1	2,0
Котельнич	2,3	2,2	1,8	1,8	1,7	1,9	2,2	2,1
Верхошижемье	2,2	2,1	1,7	1,7	1,6	1,8	2,0	2,0
Кумены	2,2	2,1	1,7	1,7	1,6	1,8	2,0	2,0
Яранск	2,1	2,0	1,7	1,6	1,5	1,7	2,0	1,9
Нолинск	2,1	2,0	1,7	1,6	1,6	1,7	2,0	1,9
Санчурск	2,3	2,2	1,8	1,7	1,6	1,9	2,1	2,1
Нагорское	2,3	2,2	1,8	1,8	1,7	1,9	2,2	2,1
Кирс	2,2	2,1	1,8	1,7	1,6	1,8	2,1	2,0
Белая Холуница	2,1	2,0	1,7	1,6	1,5	1,8	2,0	1,9
Фаленки	2,5	2,3	1,9	1,8	1,8	2,0	2,3	2,2
Уни	2,1	2,0	1,7	1,6	1,5	1,7	2,0	1,9
Уржум	2,5	2,4	2,0	1,9	1,8	2,0	2,4	2,3
Кильмезь	2,3	2,3	1,9	1,8	1,7	1,9	2,2	2,1
Вятские Поляны	2,5	2,4	2,0	1,9	1,8	2,0	2,3	2,2
Лальск	2,0	1,9	1,6	1,6	1,5	1,7	1,9	1,8

## 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.

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 Кировской области за последние десятилетия. Представлены данные об изменениях температуры, давления и влажности воздуха, скорости ветра, опасных явлениях погоды, наносящих существенный ущерб экономике области. Важное внимание уделено изменению климатических ресурсов Кировской области – 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 Кировской области в последние десятилетия произошли климатические изменения, проявившиеся в росте зимне-весенних температур, увеличении продолжительности безморозного и вегетационного периодов, в росте сумм активных температур и осадков, сокращении отопительного периода, что в целом благоприятно для экономики области. Мы надеемся, что учет климатических ресурсов окажется полезным при разработке стратегии устойчивого развития Кировской области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Айзеништат Б.А.* Методы расчета некоторых биоклиматических показателей // Метеорология и гидрология. – 1964. – № 12. – С. 9 – 16.
2. *Акентьева Е.М.* Климатические ресурсы для энергетики // Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – С. 61 – 73.
3. *Алисов Б.П.* Климат СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1956. – 127 с.
4. *Андреев С.С., Андреева Е.С.* Краткая биоклиматическая характеристика Ростовской области // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 8. – С. 53 – 60.
5. *Андреев С.С.* Экология человека. – Ростов н/Д: Издатель Турова Е.А., 2007. – 248 с.
6. *Берлянд Т.Г.* Распределение солнечной радиации на континентах. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 227 с.
7. *Берлянд Т.Г., Дворкина М.Д.* Суммарное солнечное излучение и его междугодовая изменчивость на континентах северного полушария // Труды ГГО. – 1985. – Вып. 488. – С. 3 – 20.
8. *Бокша В.Г., Богуцкий Б.В.* Медицинская климатология и климатотерапия. – Киев: Здоровье, 1980. – 262 с.
9. *Будыко М.И.* Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 254 с.
10. *Бутьева И.В., Шейнова Т.Г.* Методические вопросы интегрального анализа медико-климатических условий. Комплексные биоклиматические исследования. – М., 1988. – С. 80 – 84.
11. *Варшанина Т.П., Митусов Д.В.* Биоклиматическое районирование Адыгеи // Известия РАН. – Сер.: Геогр. – 2006. – № 4. – С. 115 – 121.
12. *Верещагин М.А.* О влиянии Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ на метеорологические условия прибрежной зоны // 150 лет метеорологической обсерватории Казан. гос. ун-та. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1963. – С. 152 – 159.
13. *Виноградова В.В.* Воздействие глобального потепления на суровость климата северных и восточных территорий России в 80-е гг. XX века // Известия РАН. – Сер.: Геогр. – 1997. – № 2. – С. 126 – 132.
14. *Горев Г.В., Заде Г.О., Кружевская И.В.* Оценка климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров // Оптика атмосферы и океана. – 2004. – Т. 17. – № 7. – С. 21 – 32.
15. *Горшков В.Г.* Физические и биологические основы устойчивости жизни. – М.: Наука, 1995. – 470 с.
16. *Грингоф И.Г., Пасечнюк А.Д.* Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 552 с.
17. *Гулев С.К., Катцов В.М., Содомина В.М.* Глобальное потепление продолжается // Вестник РАН. – 2008. – Т. 78. – № 1. – С. 20 – 27.
18. *Гуляева Н.В., Костюков В.В.* Пространственно-временная изменчивость атмосферного увлажнения лесостепей Урала и Западной Сибири в вегетационный период // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 2. – С. 97 – 102.
19. *Дежкин В.В.* Природопользование. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. – 87 с.

20. *Дийкстра Х.* Нелинейная физическая океанография. – М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 680 с.
21. *Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В.* Моделирование формирования влагообеспеченности территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // *Метеорология и гидрология.* – 2006. – № 2. – С. 98 – 105.
22. *Золотокрылин А.Н., Канцеровская И.В., Кренке А.Н.* Районирование территории России по степени экстремальности природных условий для жизни человека // *Известия РАН. – Сер.: Геогр.* – 1992. – № 6. – С. 16 – 30.
23. *Изменения климата Беларуси и их последствия / под ред. В.Ф. Логинова.* – Минск: Тонпик, 2003. – 330 с.
24. *Израэль Ю.А., Семенов С.М., Анисимов О.А. и др.* Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад Рабочей группы II // *Метеорология и гидрология.* – 2007. – № 7. – С. 5 – 13.
25. *Ильина О.Б.* Транспортно-климатические ресурсы // *Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации.* – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – С. 111 – 117.
26. *Исаев А.А.* Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2001. – 458 с.; 2003. – 472 с.
27. *Климат Кирова / под ред. М.О. Френкеля, Ц.А. Швер.* – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 215 с.
28. *Климат Москвы / под ред. А.А. Дмитриева, Н.П. Бессонова.* – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 323 с.
29. *Климат России / под ред. Н.В. Кобышевой.* – СПб.: Гидрометеоздат, 2001. – 655 с.
30. *Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей / под ред. К.Ш. Хайруллина.* – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – 231 с.
31. *Климатология / под ред. О.А. Дроздова, Н.В. Кобышевой.* – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 568 с.
32. *Клименко В.В.* О главных климатических ритмах голоцена // *ДАН.* – 1997. – Т. 357. – № 3. – С. 399 – 402.
33. *Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем / Н.В. Кобышева, М.В. Ключева, А.А. Александрова [и др.] // Метеорология и гидрология.* – 2004. – № 8. – С. 46 – 52.
34. *Кобышева Н.В., Ильина О.Б.* Методы оценки и районирования климатических ресурсов Ленинградской области // *Метеорология и гидрология.* – 2001. – № 9. – С. 17 – 24.
35. *Кобышева Н.В., Священников С.П.* Ресурсный подход к оценке климата // *Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей.* – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – С. 3 – 8.
36. *Колобов Н.В.* Климат Среднего Поволжья. – Казань: Изд-во Казан. унта, 1968. – 252 с.
37. *Кондратьев К.Я.* Лучистая энергия Солнца. – Л.: Гидрометеоздат, 1954. – 600 с.

38. *Кондратьев К.Я., Матвеев Л.Т.* Основные факторы формирования острова тепла в большом городе // Доклады РАН. – 1999. – Т. 367. – № 2. – С. 253 – 256.
39. *Лавров Д.Д.* География Кировской области: учебное пособие. – Киров, 1990. – 157 с.
40. Леса Кировской области. – Киров: Кировская областная типография, 2008. – 400 с.
41. *Малевский-Малевич С.П., Молькентин Е.К., Надеждина Е.Д. и др.* Анализ изменения пожароопасной обстановки в лесах России в XX и XXI веках на основе моделирования климатических условий // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 3. – С. 14 – 24.
42. *Мамонтов М.В.* Душная погода на территории СССР // Климатология и агрометеорология: труды Зап.-Сиб. РНИГМИ. – 1973. – № 12. – С. 28 – 42.
43. *Матвеев Л.Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
44. *Матвеев Л.Т.* Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 568 с.
45. *Матвеев Л.Т.* Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.
46. *Мещерская А.А., Блажевич В.Г.* Каталоги температурно-влажностных характеристик с учетом площади распространения по экономическим районам основной зернопроизводящей зоны СССР. 1891 – 1983 гг.: справочное пособие. – Л.: Изд-во ГГО, 1980. – 330 с.
47. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* История климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 407 с.
48. *Мохов И.И., Чернокульский А.В., Школьник И.М.* Региональные модельные оценки пожароопасности при глобальных изменениях климата // ДАН. – 2006. – Т. 411. – № 6. – С. 808 – 811.
49. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Сер. 3: Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Ч. 1 – 6. – Вып. 12. – 647 с.
50. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Сер. 3: Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Ч. 1 – 6. – Вып. 29. – 582 с.
51. *Нестеров В.Г.* Горимость леса и методы ее определения. – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 76 с.
52. *Овчарова В.Ф.* Гомеокинез в погодную гипоксию и гипероксию. «Климат и здоровье человека» // Труды международного симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП СССР. Ленинград, 22 – 26 сентября 1986 г. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Т. 2.
53. *Отнес Р.К., Эноксон Л.* Прикладной анализ временных рядов. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
54. *Павлова А.А.* Нормативные климатические показатели расчетных мощностей систем кондиционирования // Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – С. 208 – 215.
55. *Павлова М.Р.* Практикум по агрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 184 с.

56. *Педь Д.А.* О показателях засухи и избыточного увлажнения // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 156. – С. 19 – 39.
57. *Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. и др.* Динамика полей температуры Северного полушария в современный период // Проблемы анализа риска. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 73 – 82.
58. *Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. и др.* Динамика климатических характеристик отопительного периода за последние 100 лет // Вестник ТО РЭА. – 2000. – № 1. – С. 24 – 28.
59. *Переведенцев Ю.П., Николаев А.А.* Климатические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Среднего Поволжья и возможности их использования в энергетике. – Казань: Отечество, 2002. – 120 с.
60. *Переведенцев Ю.П.* Метеорология в Казанском университете. Становление, развитие, основные достижения. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. – 128 с.
61. *Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П. и др.* Особенности проявления современного потепления климата в тропосфере Атлантико-Европейского региона // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 2. – С. 38 – 47.
62. *Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П. и др.* Региональные проявления современного потепления климата в тропо-стратосфере Северного полушария // Известия РАН. – Сер.: Геогр. – 2005. – № 6. – С. 5 – 17.
63. *Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Шерстюков Б.Г. и др.* Современные изменения температурно-влажностного режима атмосферы в Республике Татарстан // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2007. – № 3. – С. 18 – 23.
64. *Пивоварова З.И.* Прямая солнечная радиация на территории СССР // Труды ГГО. – 1963. – Вып. 139. – С. 27 – 41.
65. *Пивоварова З.И.* Радиационные характеристики климата СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 335 с.
66. *Покровская Т.В., Бычкова А.Т.* Климат Ленинграда и его окрестностей. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 199 с.
67. Радиационный режим территории СССР / под ред. Е.П. Барашковой, В.Л. Гаевского, Л.Н. Дьяченко [и др.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 528 с.
68. Результаты исследований изменений климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации. – Росгидромет, 2005. – 178 с.
69. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 640 с.
70. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Т. 11: Средний Урал и Приуралье. – 848 с.
71. Ресурсы поверхностных вод СССР. Приложения. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – Т. 11: Средний Урал и Приуралье. – 390 с.
72. Руководящий документ. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – М.: Гидрометеиздат, 2000. – Вып. 11: Агроклиматические наблюдения на станциях и постах. – Ч. 1: Основные агрометеорологические наблюдения (РД 52.33.217-99). – Кн. 1. – 347 с.

73. Руководящий документ. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – М.: Гидрометеиздат, 2000. – Вып. 11: Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. – Ч. 1. Основные агрометеорологические наблюдения (РД 52.33.217-99). – Кн. 2. – 283 с.
74. *Русанов В.И.* Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1981. – 86 с.
75. *Русанов В.И.* Методика исследований климата для медицинских целей. – Томск, 1973. – 274 с.
76. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии / под ред. И.Г. Грингофа. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 153 с.
77. Справочник по климату СССР. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 29. – Ч. 3. – 184 с.
78. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 12. – Ч. IV. – 372 с.
79. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 29. – Ч. IV. – 336 с.
80. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 9. – Ч. IV. – 372 с.
81. Справочник по климату СССР. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 12. – Ч. 1. – 76 с.
82. Справочник по климату СССР. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 29. – Ч. 1. – 60 с.
83. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы / под ред. А.А. Исаева. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – Т. 1. – 304 с.
84. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы / под ред. А.А. Исаева. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – Т. 2. – 410 с.
85. *Тверской П.Н.* Курс метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 700 с.
86. Толковый словарь по сельскохозяйственной метеорологии / под ред. И.Г. Грингофа. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 470 с.
87. *Урманова А.Г.* Изменчивость режима температуры воздуха и осадков в Татарстане // Современная география и окружающая среда: Всероссийская научная конференция. – Казань, 1996. – С. 63 – 65.
88. *Френкель М.О.* Гидрометеорологическая безопасность биоты в связи с глобальным потеплением // Тезисы докладов Международной конференции по проблемам гидрометеорологической безопасности. Москва, 2006. – С. 134.
89. *Френкель М.О.* Гидрометеорологическая наука Кировской области. – Киров, 1985. – 40 с.
90. *Френкель М.О.* Климат // Энциклопедия земли Вятской. – Киров, 2000. – С. 13 – 49; 166 – 175.
91. *Френкель М.О.* Межрегиональный экомониторинг Волжского бассейна. – Киров, 1997. – 180 с.
92. *Френкель М.О.* Мониторинг бассейна реки Волги. – Киров, 1996. – 88 с.

93. Френкель М.О. Роль антропогенных изменений в оценке климатических параметров в бассейне реки Вятки // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата. Москва, 2003. – С. 393.
94. Хайруллин К.Ш., Карпенко В.Н. Биоклиматические ресурсы России // Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – С. 25 – 46.
95. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – 490 с.
96. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 568 с.
97. Хромов С.П., Петросянец М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ. – 2004. – 580 с.
98. Хрусталева Ю.П., Андреев С.С., Андриади Ю.Г. Биоклиматические условия Ростовской области (климат и здоровье). – Ростов н/Д: Батайское книжное изд-во, 2002. – 155 с.
99. Чирков Ю.И. Агриметеорология. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 296 с.
100. Швейнова Т.К. Районирование территории СССР по повторяемости душных погод // Климат и город. – М.: Моск. филиал геогр. общества СССР, 1974. – С. 86 – 89.
101. Шерстюков Б.Г. Метеорологические факторы горимости леса, засушливости погоды во второй половине XX века и экстремальные условия 2002 года в Московском регионе // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – 2003. – Вып. 171. – С. 79 – 88.
102. Шиловцева О.А., Романенко Ф.А. Многолетние изменения температуры воздуха на Северо-Западном Таймыре и Нижнем Енисее в XX веке // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 3. – С. 53 – 68.
103. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 268 с.
104. Экскурсии по памятникам природы г. Кирова и области. – Киров, 2006. – Ч. 1. – 75 с.
105. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайруллина. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – 319 с.
106. Brohan P., Kennedy J.J., Harris I. et al. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850 // J. Geophysical Research. – 2006. – Vol. 111.
107. Handbook of applied meteorology / ed. D.D. Houghton. – 1985. – 1461 p.
108. Kalnay et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bull. Amer. Meteor. Soc. – 1996. – Vol. 77. – P. 437 – 470.
109. Kelly P.M., Jones P.D., Pengqun Jia. The spatial response of the climate system to explosive volcanic eruptions // International Journal of Climatology. – 1996. – Vol. 16. – № 5. – P. 537 – 550.
110. Parker D.E., Wilson H., Jones P.D. et al. The impact of Mount Pinatubo on world-wide temperatures // International Journal of Climatology. – 1996. – Vol. 16. – № 5. – P. 487 – 497.

*Переведенцев Юрий Петрович,  
Френкель Марат Ошерович,  
Шаймарданов Марсель Зарифович*

**СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И РЕСУРСОВ  
КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

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