

Федеральная служба по гидрометеорологии и
мониторингу окружающей среды

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ ИМ. А.И.ВОЕЙКОВА»

(ГУ «ГГО»)

УДК 551.588

№ госрегистрации

Инв.№

УТВЕРЖДАЮ

Директор ГУ «ГГО»,
д-р физ.-мат.наук

В.М.Катцов

«__» _____ г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЕГО
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЕЙ
ЭКОНОМИКИ БЕЛАРУСИ И РОССИИ И РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО АДАПТАЦИИ К МЕНЯЮЩИМСЯ КЛИМАТИЧЕСКИМ
УСЛОВИЯМ

(промежуточный)

Раздел 3 программы Союзного государства «Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды» на 2007 – 2011 гг.

Контракт № 3 от « 19 » июня 2007 г.,
Дополнительное соглашение № 1
к Контракту от 19 июня 2007г. № 3 от 10 января 2008 г.

Координатор работ,
ученый секретарь ГУ «ГГО»,
канд. геогр. наук

Е.Л.Махоткина

Санкт-Петербург 2008

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. Проект 3.1

Научный руководитель,
зав. отделом, д.ф.-м.н.

Г.В. Груза

Ответственный исполнитель,
зав. сектором, д.ф.-м.н.

Э.Я. Ранькова

Исполнители:

снс, к.ф.-м.н.

М.Ю. Бардин

снс, к.г.н.

Э.В. Рочева

снс, к. ф.-м.н.

Р.Н. Хвостова

к.г.н.

Т.В. Платова

к.г.н.

Ю.Ю. Соколов

к.г.н.

О.Ф. Самохина

2. Проект 3.2

Ответственный исполнитель,
зав. лабораторией, к.ф.-м.н.

И.М. Школьник (Введение, разделы 1-3,
заключение)

Исполнители:

Директор ГУ «ГГО», д.ф.-м. н.

В.М. Катцов (Разделы 1-3)

Руководитель отдела, д.ф.-м. н.
н.с.

В.П. Мелешко (Разделы 1-3, заключение)

В.н.с., к.ф.-м.н.

В.А. Говоркова (Раздел 1,3)

Б.Е. Шнееров (Введение, раздел 1)

3. Проект 3.3

Ответственный исполнитель
гл.н.с., д.г.н., проф.

Н.В. Кобышева (Общее руководство,
участие в подготовке всех методических
рекомендаций, критический анализ
полученных расчетов)

Исполнители:

В.н.с., к.г.н.

Е.М. Акентьева (Долговечность зданий)

В.н.с., к.г.н.

М.В. Ключева (Тепловой режим)

С.н.с., к.г.н.

Ю.А. Семенов (Нагрузки)

4. Проект 3.4

Ответственный исполнитель:

Зав. ОПК в.н.с., к.г.н

В.В.Стадник

Исполнители:

в.н.с, д.г.н.,

М.М.Борисенко

в.н.с., к. ф.-м.н.

Е.И.Хлебникова

с.н.с., к.г.н.

И.Н.Шанина

с.н.с.

Л.М. Псаломщикова

н.с.

И.А. Салль

м.н.с.

О.В.Трофимова

м.н.с.

Л.В.Штабова

РЕФЕРАТ

Отчет 80 стр., 20 рис., 16 табл., 26 источников

МОНИТОРИНГ КЛИМАТА, МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА, РЕГИОНАЛЬНЫЙ КЛИМАТ, СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ВЕТРОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ

Настоящий отчет содержит результаты работ, полученные при выполнении в 2008 г проектов, входящих в раздел 3 «Оценка региональных особенностей изменения климата и его социально-экономических последствий для основных отраслей экономики Беларуси и России и разработка практических рекомендаций по адаптации к меняющимся климатическим условиям» программы Союзного государства «Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды» на 2007 – 2011 годы

По проекту 3.1 подготовлена обновленная версия базы данных мониторинга климата с данными о среднемесячной температуре воздуха и месячных суммах осадков по 2007 год включительно. Подготовлены и размещены на Интернет-сайте ИГКЭ бюллетени с данными о текущих климатических аномалиях на территории России и Беларуси за 2007-2008 гг.

По проекту 3.2 сформирована база данных суточной дискретности, включающая результаты моделирования климата 21 века с помощью ансамбля из 9 современных МОЦАО (СМIP3). Проведен расчет индексов экстремальности, включающих годовые максимумы и минимумы температуры на территориях России и Белоруссии, число дней с заморозками в году, длительности волн тепла и холода и другие показатели. Выполнены оценки качества воспроизведения показателей экстремальности климатических режимов с помощью объединенных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) СМIP3. Получены оценки будущих изменений показателей экстремальности климатических режимов Союзного государства для середины XXI века.

В проекте 3.3 приведены основные методы верификации климатических рядов, представлены методы оценки устойчивости климата, его влияние на строительство для территории Беларуси, а также рассмотрены возможные пути адаптации для строительства в условиях меняющегося климата

В проекте 3.4 представлен состав климатической информации, необходимый для обеспечения эффективной работы предприятий, выполняющих обслуживание населения. Дано описание методов расчета параметров специализированной информации для системы ЖКХ.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Проект 3.1 Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства

Введение	6
1.1. Данные о приземной температуре и осадках в базовых массивах мониторинга климата (по состоянию на 01.01.2008)	6
1.2. Обзор климатических аномалий на территории Республики Беларусь в 2007 г.	10
1.3. Климатические аномалии 2008 года (материалы сезонных бюллетеней мониторинга климата Беларуси).....	15
Заключение	24

2. Проект 3.2. Оценки будущих изменений экстремальности климата Беларуси и России, выполненных с помощью ансамбля климатических моделей СМIP3

Введение.....	25
2.1. Подготовка архива исходных данных	26
2.2. Анализ характеристик экстремальности климата Беларуси и России по данным наблюдений и реанализа.....	27
2.3. Модельные оценки будущих изменений экстремальности климата Беларуси и России	30
2.3.1. Экстремальность температурного режима	31
2.3.2. Экстремальные осадки	34
Заключение.....	37
Список использованных источников	38

3. Проект 3.3. Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды» на 2007-2011 гг.

Введение.....	40
3.1. Оценка изменений климата на территории Республики Беларусь.....	42
3.1.1 Оценка изменений климата на территории Республики Беларусь.....	44
3.1.2 Зависимость строительной отрасли от климата и его изменений.....	45
3.2 Предложения по адаптации к меняющемуся климату и пересчету климатических параметров для строительства.....	52
3.3 Методы расчета климатических характеристик для строительства	

в условиях меняющегося климата.....	53
Заключение.....	57
Список использованных источников.....	58

4. Проект 3.4. Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды» на 2007-2011 гг.

Введение.....	59
4.1. Состав специализированной климатической информации для различных отраслей жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).....	60
4.1.1 Топливно-энергетический сектор.	60
4.1.2 Системы водоснабжения, канализации, очистные сооружения.....	63
4.1.3 Содержание автомобильных дорог, тротуаров и дворовых территорий.....	64
4.1.4 Содержание жилищного фонда.....	66
4.1.5 Содержание дворов и скверов.....	68
4.1.6 Санитарная очистка населенных пунктов от бытовых и промышленных отходов и их утилизация.....	69
4.2. Характеристики специализированной климатической информации.....	69
4.2.1. Характеристики температуры.....	69
4.2.2. Характеристики осадков.....	71
4.2.3. Характеристики снегопадов.....	71
4.2.4. Характеристики скользкости на автомобильных дорогах.....	73
4.2.5. Характеристики ветра.....	75
4.2.6. Характеристики гололедно-изморозевых явлений.....	77
4.2.7. Естественная освещенность.....	77
Список использованных источников	80

1. Проект 3.1. Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства

Введение

Проект 3.1 «Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства» выполняется в рамках Контракта № 3.1 от 20.06.2007 по программе Союзного государства «Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики РФ и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды».

Задачи этапа 2008 г. – продлить базовый архив наблюдений по 2008 год и на его основе подготовить бюллетени о состоянии климата в 2007-2008 гг. на территории России и Республики Беларусь (годовой бюллетень за 2007 год, сезонные бюллетени 2008 г.) и получить обновленные региональные оценки текущих тенденций изменения климата.

Результаты работы (бюллетени климатического мониторинга) размещены на сайте ИГКЭ «Изменения климата России». В отчете представлены основные материалы мониторинга климата на территории Республики Беларусь (2007-2008 гг.).

1.1 Данные о приземной температуре и осадках в базовых массивах мониторинга климата (по состоянию на 01.01.2008)

Для регулярного мониторинга климата в ИГКЭ используются данные о приземном климате, включающие:

- суточные данные о максимальной, минимальной и средней температуре и суточной сумме осадков на 223 станциях международного обмена (архив подготовлен во ВНИИГМИ-МЦД; данные пополняются на основе суточных выводов по сводкам SYNOP).

- месячные данные о температуре и осадках на 1383 станциях глобальной сети метеорологических наблюдений, пополняемые на основе сводок CLIMAT;

Данные хранятся в базе климатических данных ИГКЭ (БД КЛИМАТ) в формате двоичных целых (integer*2) как файлы синоптического типа. Файл синоптического типа представляет собой последовательность записей, каждая из которых содержит поле значений определенной климатической переменной за конкретный календарный срок. Каждая запись снабжена набором координат текущего наблюдения («призначная группа», указывающая дату и срок наблюдения, а, в некоторых случаях, еще и уровень по вертикали и переменную).

Запись может представлять собой вектор (как правило, значения переменной на станциях метеорологической сети) или матрицу (поле в узлах регулярной географической

сетки). Временная координата может содержать значение года, месяца (сезона), дня (в месяце и/или сквозного в году), срока наблюдения. Таким образом, наиболее общая структура файла синоптического типа в БД выглядит как:

$\{nY \times nM \times nD \times nT \times nV \times (nPr + nX)\}$.

Здесь nY означает число лет с данными в файле, nM - число месяцев (сезонов), nD – число дней в месяце, nT - число сроков наблюдений, nV – число климатических переменных (или вертикальных уровней), nPr - число элементов в призначной группе, nX – число значений метеорологической переменной в записи (в векторе наблюдения). В файле синоптического типа обычно nX означает число точек поля и равно размерности сетки или числу станций.

Базовые массивы суточных данных о температуре и осадках на 223 станциях международного обмена хранятся в базе данных в двух форматах. Исходный массив TTTR223 (создан и поддерживается ВНИИГМИ-МЦД) хранится как семейство 223 станционных ASCII файлов (таблицы данных в текстовом формате), каждый из которых содержит многомерный временной ряд вида $\{nY * nD (8+4)\}_{s=1, \dots, 223}$. Здесь nD – число дней в году (365 или 366), а nY – число лет с данными (меняется от станции к станции). Восемь призначных переменных включают: индекс станции, дату (год-месяц-день) и признаки качества наблюдения (для каждой переменной). Четыре основных переменных – это три температуры (максимальная за сутки, минимальная, средняя) и суточная сумма осадков

Дополнительно, для использования в действующей системе мониторинга, эти данные приведены к структуре архивов синоптического типа, отдельно для каждой переменной. В результате, в БД включены еще четыре файла со структурой $\{nY * nD * (nPr + NS)\} = \{118 * 366 | 365 * (4 + 223)\}$, каждый из которых содержит данные для одной переменной ($T_{ср}$, $T_{мин}$, $T_{мах}$, R) за 117 лет (с 1891 по 2006 гг.) и 223 станций в формате integer*2. Четыре призначных переменных включают календарную дату наблюдения (год-месяц-день) и порядковый номер дня в году (от 1 до 366).

Последовательность станционных данных в записи управляется каталогом (строка – станция), в котором одна из переменных указывает позицию (порядковый номер) станции в записи. Строки каталога упорядочены по возрастанию синоптических индексов станций (индексов по каталогу ВМО).

По данным каждого из этих четырех файлов выполнено месячное и годовое обобщение, в результате чего в БД включены также и данные о месячных и годовых средних, стандартных отклонениях и экстремумах на тех же 223 станциях (см., например, отчет за 2007 год).

Базовыми данными месячного разрешения для мониторинга климата является архив данных о среднемесячной температуре приземного воздуха и месячных суммах осадков на 1383 станциях Земного шара.

Архив был создан в ИГКЭ в конце 1980-х и затем ежегодно пополнялся на основе телеграмм «КЛИМАТ», принятых по каналам связи в оперативном потоке. За основу был принят сводный архив данных с 1886 года, созданный объединением архива WWR с информацией ряда архивов, собранных в разные годы в НИУ СССР (по данным советских станций). В этот сводный архив включены данные с 1886 года для 1383 станций (соответственно, массивы T1383 и R1383), передающих телеграммы КЛИМАТ, по крайней мере, с 1951 года и продолжающих функционировать на момент создания архива (чтобы обеспечить пополнение текущими данными в квазиреальном времени).

Данные архива были подвергнуты многоступенчатому контролю для выявления ошибочных и сомнительных значений и корректировались с привлечением дополнительных источников (архивы, собранные во ВНИИГМИ-МЦД, в Университете Восточной Англии и в Национальном Центре климатических данных США, климатологические ежегодники, а также данные суточных и срочных наблюдений).

Пополнение исторических рядов осуществляется квазиоперативно (раз в месяц на основе данных, полученных по каналам связи), а также по окончании года, с использованием верифицированной информации.

Исторические ряды станционных данных *T1383m.bin*, *R1383m.bin* хранятся в форме архивов синоптического типа структуры: $\{nY * 12 * (2 + 1383)\}$. Число лет nY ежегодно увеличивается на один год и в настоящее время равно 122 (по 2007 год включительно). Формат хранения – двухбайтовые двоичные целые.

Из 1383 станций, включенных в архив, на территории России и ближнего зарубежья (территория бывшего СССР) расположены 455 станций. Из них на территории России расположены 310 станций, в Республике Беларусь – 7 станций. Географическое положение станций для территории России и Беларуси представлено на рисунке 1.1. Станции, практически прекратившие функционирование еще до 2003 года (не передают телеграммы КЛИМАТ), указаны на рисунке пустыми кружками. Таких станций оказалось для России 38 (из 310). Все 7 станций Беларуси продолжают функционировать.

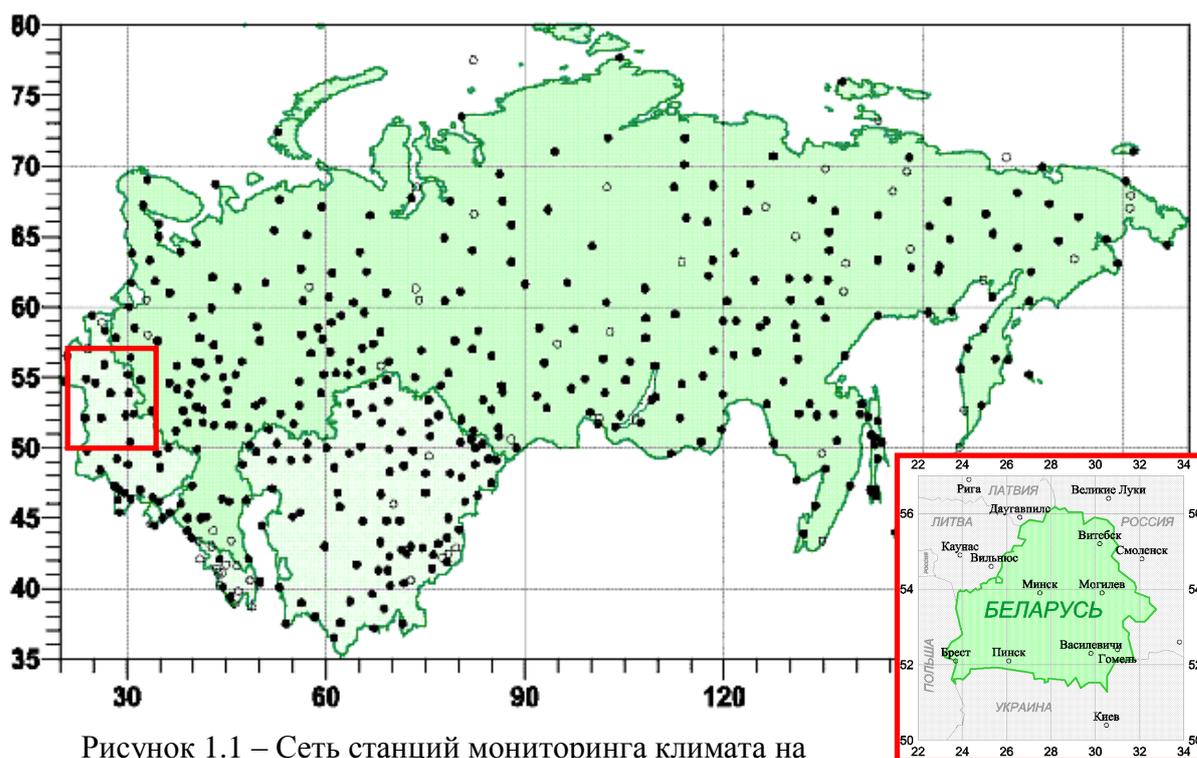


Рисунок 1.1 – Сеть станций мониторинга климата на территории РФ и Республики Беларусь.

Пустыми кружками указаны станции, по которым телеграммы КЛИМАТ не поступают в оперативном потоке, по крайней мере, с 2003 года.

Отметим, что в процессе мониторинга на основании ежемесячных значений из базовых массивов рассчитываются их средние сезонные и годовые (по 4 сезонам) значения. Для каждого временного масштаба рассчитываются, кроме того, все виды аномалий: аномалии (отклонения от норм), нормированные аномалии (стандартизованные отклонения от норм), относительные аномалии (отношения наблюдаемых значений к норме) и ранги (относительно заданного интервала временного ряда). Структура всех этих файлов в точности повторяет структуру базовых массивов и отличается лишь числом отсчетов в году: «12» для всех массивов месячного разрешения, «4» для файлов сезонного разрешения и «1» для файлов среднегодовых значений. Массив статистических характеристик (норм, стандартных отклонений) рассчитывается для заданного базового периода (пока – это 1961-1990 гг.) и обновляется лишь после корректировки, коснувшейся данных внутри базового периода. Все массивы статистик и аномалий хранятся в БД, наряду с базовыми массивами.

Основная сеть наблюдений на территории России и стран СНГ и Балтии сложилась к 1936 году. Позже полнота данных существенно снизилась на Европейской территории страны в 1941-1944 гг. (на территории военных действий) и затем после 1992 года, когда в России, по ряду причин политического и экономического характера, существенно сократилось число станций, передающих телеграммы "КЛИМАТ". На сегодняшний день некоторые станции возобновили свою работу, но образовавшиеся в БД за прошлое 10-

летие пропуски наблюдений полностью восстановить пока не удалось. Каталог 310 российских станций, используемых в настоящее время в мониторинге климата России, приведен на сайте ИГКЭ (<http://climatechange.su>), с указанием реально представленного в БД периода наблюдений. Фрагмент каталога для станций Беларуси приведен в табл. 1.1. На следующем этапе проекта планируется уточнить сеть наблюдений для регулярного мониторинга климата России и Республики Беларусь (и смежных регионов), исключив закрытые станции и включив все станции со статусом ПСЗ (российские наземные станции, включенные Росгидрометом в сеть ГСНК) и РОКС (российские основные климатические станции).

Таблица 1.1 – Каталог станций Республики Беларусь, используемых в климатическом мониторинге

№№	Название	Индекс ВМО	Широта (с.ш.)	Долгота (в.д.)	Высота (м)	Период		N (1936-2008)
						yB	yE	
1	Витебск	26666	55,20	30,20	169	1925	2008	70
2	Минск	26850	53,90	27,50	234	1887	2008	73
3	Могилев	26863	53,90	30,30	180	1887	2008	70
4	Брест	33008	52,10	23,70	144	1944	2008	65
5	Пинск	33019	52,10	26,10	144	1886	2008	69
6	Василевичи	33038	52,30	29,80	140	1927	2008	71
7	Гомель	33041	52,40	31,00	144	1886	2008	73

Примечание: {yB,yE} – реально доступный в БД период наблюдений; N – число лет с данными в периоде 1936-2008 гг.

1.2. Обзор климатических аномалий на территории Республики Беларусь в 2007 году

1.2.1. Температура воздуха.

На рисунке 1.2 показаны временные ряды регионально осредненных среднегодовых аномалий температуры воздуха с 1936 года по настоящее время. Приведенный линейный тренд оценен методом наименьших квадратов и характеризует среднюю скорость изменения температуры в 30-летию 1976-2007 гг.

Числовые значения аномалии температуры на станциях Беларуси, вычисленные за каждый месяц 2007 года, а также за сезоны и год в целом (относительно базового периода 1961-1990 гг.) приведены в таблице 1.2. В таблице 1.2 приведены осредненные по площади Беларуси сезонные аномалии (относительно периода 1961-1990 гг.), соответствующий им ранг (позиция в ранжированном по убыванию ряду температуры с 1936 года) и наблюдавшиеся за весь период рекордные значения аномалии.

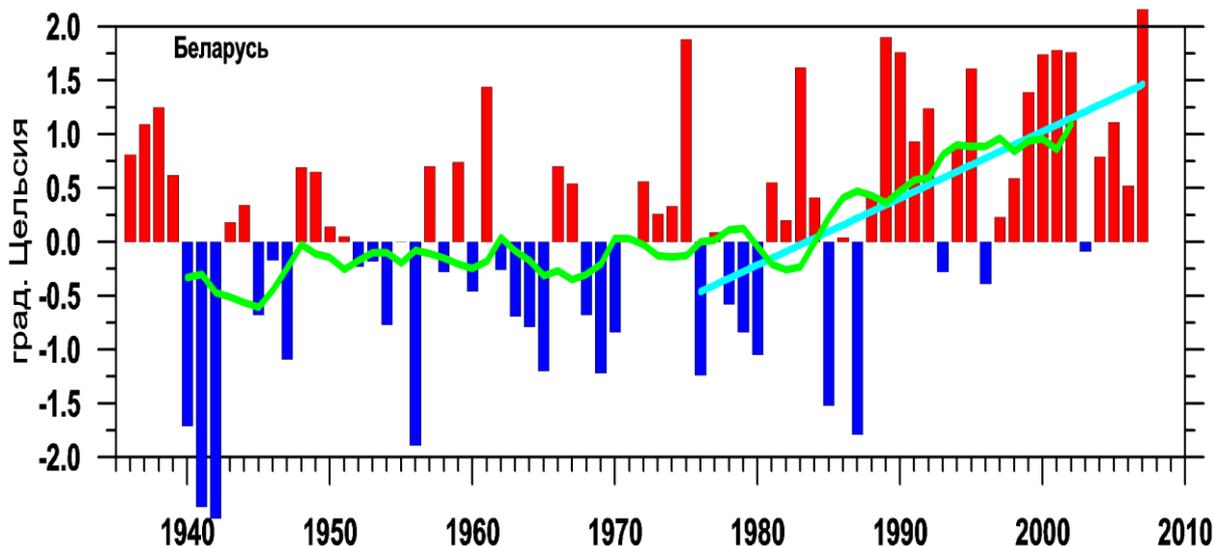


Рисунок 1.2 – Среднегодовые (декабрь – ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по региону Республики Беларусь, 1936 – 2007 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней многолетней за 1961 – 1990 гг. Приведены 11-летняя сглаженная кривая и линейный тренд за период 1976 – 2007 гг.

Среднегодовая аномалия температуры воздуха за 2007 год (декабрь 2006 - ноябрь 2007), осредненная по территории Беларуси, оказалась равной $+2.16^{\circ}\text{C}$ (температура на 2.16°C выше средней за 1961-1990 гг.). Коэффициент линейного тренда изменений среднегодовой температуры за 1976–2007 гг., в среднем для территории Беларуси, составил $+0.62^{\circ}\text{C}$ за 10 лет (или $0.062^{\circ}\text{C}/\text{год}$). Доля объясненной трендом дисперсии ряда 29%, так что потепление составляет весьма существенную часть общей изменчивости пространственно-осредненной температуры в регионе Беларуси в последнем 30-летии.

Как следует из таблиц 1.2-1.3, рассматриваемый год для республики Беларусь был очень теплым. Аномально теплыми были сезоны зимы и весны. При этом зимой было тепло в декабре и январе (аномалии температуры достигали $+5^{\circ}\text{C}$ - $+7^{\circ}\text{C}$). Весной самым теплым месяцем был март, когда аномалии температуры на станциях Беларуси достигали $+6^{\circ}\text{C}$. Летом самым теплым месяцем был август (аномалии температуры около $+2^{\circ}\text{C}$ - $+4^{\circ}\text{C}$). Осенью температуры воздуха были близки к норме, при этом самым холодным месяцем был ноябрь (аномалии температуры на станциях в пределах -0.9°C - -1.7°C).

Таблица 1.2 – Аномалии средней месячной/сезонной/годовой температуры приземного воздуха (°C) на станциях Беларуси в 2007 г. (курсивом выделены средние за сезон и за год)

Период (сезон/месяц)	Станции						
	Витебск	Минск	Могилев	Брест	Пинск	Василевичи	Гомель
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
<i>Зима 2006-2007</i>	<i>3.69</i>	<i>3.88</i>	<i>3.45</i>	<i>4.05</i>	<i>4.25</i>	<i>3.98</i>	<i>4.01</i>
декабрь 06	7.17	6.39	5.92	4.90	5.05	5.46	5.54
январь 07	7.67	7.32	7.48	6.85	7.63	7.95	7.92
февраль 07	<i>-3.76</i>	<i>-2.07</i>	<i>-3.06</i>	<i>0.39</i>	<i>0.08</i>	<i>-1.48</i>	<i>-1.44</i>
<i>Весна 2007</i>	<i>3.15</i>	<i>2.92</i>	<i>2.75</i>	<i>3.00</i>	<i>2.91</i>	<i>2.51</i>	<i>3.00</i>
март 07	6.86	6.58	6.71	5.78	6.04	5.96	6.49
апрель 07	0.75	0.51	0.09	1.32	0.44	<i>-0.55</i>	<i>-0.19</i>
май 07	1.83	1.67	1.44	1.91	2.24	2.12	2.71
<i>Лето 2007</i>	<i>2.04</i>	<i>2.08</i>	<i>1.40</i>	<i>1.90</i>	<i>2.25</i>	<i>1.62</i>	<i>2.20</i>
июнь 07	2.25	2.54	1.60	2.58	2.57	1.66	2.36
июль 07	0.15	0.29	<i>-0.32</i>	1.28	1.59	0.64	1.07
август 07	3.72	3.40	2.90	1.84	2.61	2.55	3.18
<i>Осень 2007</i>	<i>0.63</i>	<i>0.24</i>	<i>-0.01</i>	<i>-0.21</i>	<i>-0.01</i>	<i>0.23</i>	<i>0.44</i>
сентябрь 07	1.43	1.17	0.35	0.82	0.64	0.54	0.94
октябрь 07	1.39	0.62	0.90	0.26	0.75	1.06	1.43
ноябрь 07	<i>-0.94</i>	<i>-1.06</i>	<i>-1.28</i>	<i>-1.70</i>	<i>-1.43</i>	<i>-0.92</i>	<i>-1.05</i>
<i>Год: декабрь 2006 - ноябрь 2007</i>	<i>2.38</i>	<i>2.28</i>	<i>1.89</i>	<i>2.19</i>	<i>2.35</i>	<i>2.08</i>	<i>2.41</i>

Таблица 1.3 - Сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси, в 2007 году.

Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг., ранги – относительно 1936-2006 гг.; рекордные значения – за весь период наблюдений.

Сезон	Аномалия, °C	Ранг	Рекордное значение и год осуществления
Зима	+3,76	7	1990 (+5.17 °C)
Весна	+2,89	3	1921 (+3.42 °C)
Лето	+1,77	13	1999 (+2.82 °C)
Осень	+0,22	51	1934 (+2.59 °C)

Отмеченные особенности стационарных аномалий температуры в годовом и сезонном осреднении дополнительно иллюстрируются рисунке 1.3, где представлены поля годовых и сезонных аномалий температуры 2007 года в регионе Беларуси.

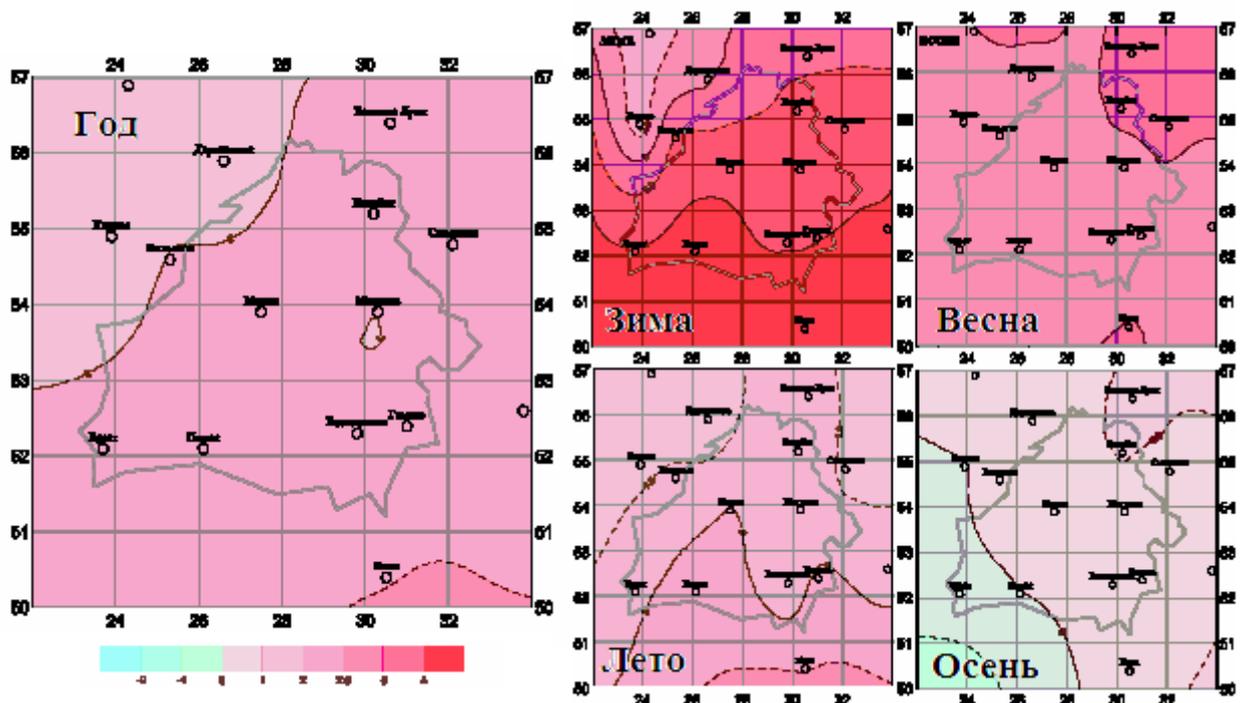
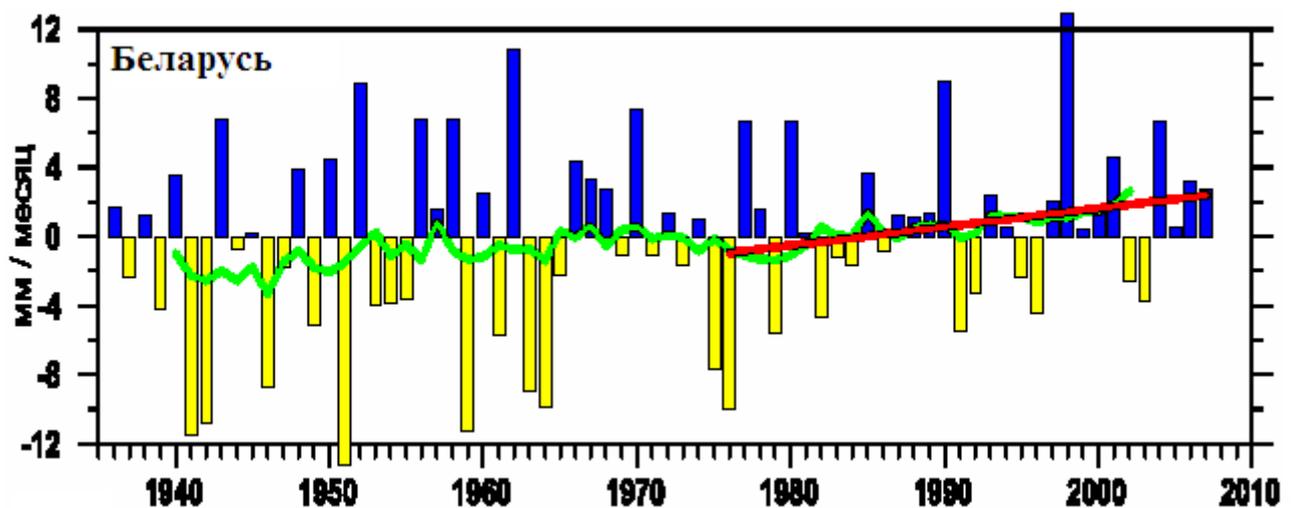


Рисунок 1.3. - Средняя годовая (декабрь – ноябрь) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от средней за 1961-1990 гг.) на территории Республики Беларусь.

1.2.2 Атмосферные осадки

На рисунке 1.4 изображен ход осредненных по территории Беларуси среднегодовых аномалий месячных сумм осадков за период с 1936 года.

Отметим, что осадки традиционно рассматривают в терминах сумм осадков за рассматриваемый период (месяц-сезон-год). В данном случае за единицу измерения



приняты месячные суммы осадков (мм/месяц). В сезонном (годовом) осреднении – это средняя за сезон (год) месячная сумма осадков.

Рисунок 1.4. - Среднегодовые аномалии (декабрь – ноябрь) месячных сумм осадков (мм/месяц), в среднем для территории Республики Беларусь, 1936 – 2007 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от норм за 1961-1990 гг.

В среднем по территории Беларуси, количество выпавших за 2007 год осадков оказалось на 2,7 мм/месяц выше нормы (т.е. на всей территории средняя локальная годовая сумма осадков была выше своей нормы на 32.4 мм). Коэффициент линейного тренда осадков за период с 1976 по 2007 год составил 1.08 мм/месяц/10 лет, при вкладе тренда в дисперсию ряда около 5%. Таким образом, выявленная на данном периоде тенденция к росту осадков на территории Беларуси не может рассматриваться как статистически значимая. В таблице 1.5 представлены данные о количестве осадков, выпавших на отдельных станциях (ежемесячно и в сумме за сезон/год).

Таблица 1.5 – Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2007 году

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм)							
<i>Зима 2006-2007</i>	184	134	134	139	151	108	122
дек.05	34	17	20	22	30	8	10
янв.06	91	68	64	76	75	61	68
фев.06	59	49	50	41	46	39	44
<i>Весна 2007</i>	172	122	83	119	104	124	94
мар.06	49	29	22	20	28	23	10
апр.06	29	21	18	20	26	27	23
май.06	94	72	43	79	50	74	61
<i>Лето 2007</i>	198	185	215	254	346	242	210
июн.06	34	49	84	69	64	44	53
июл.06	145	121	106	125	236	175	124
авг.06	19	15	25	60	46	23	33
<i>Осень 2007</i>	237	131	175	82	62	178	182
сен.06	36	15	37	35	14	70	56
окт.06	106	53	73	18	16	36	50
ноя.06	95	63	65	29	32	72	76
<i>Год 2007: декабрь-ноябрь</i>	791	572	607	594	663	652	608
б) Аномалия средних за месяц/сезон/год месячных сумм осадков (мм/месяц)							
<i>Зима 2006-2007</i>	21.8	2.5	8.7	8.4	16.2	-3.2	4.9
дек.06	-17.4	-35.6	-25.0	-22.3	-10.7	-38.8	-34.4
янв.07	53.3	28.0	28.6	39.0	41.1	22.3	32.2
фев.07	29.5	14.9	22.4	8.5	18.3	6.9	16.9
<i>Весна 2007</i>	15.0	-7.9	-15.7	-3.1	-5.7	-2.7	-7.9
мар.07	10.0	-12.8	-12.6	-10.6	-1.6	-10.7	-22.4
апр.07	-9.8	-21.2	-22.3	-19.3	-11.3	-18.2	-14.2
май.07	44.8	10.4	-12.2	20.5	-4.3	20.7	13.0
<i>Лето 2007</i>	-15.7	-19.4	-4.8	8.7	42.8	0.1	-5.2
июн.07	-44.4	-33.7	3.4	-2.5	-15.2	-35.4	-31.4
июл.07	51.5	32.9	21.2	44.8	161.7	86.3	41.9
авг.07	-54.0	-57.4	-39.0	-16.2	-18.1	-50.6	-26.2
<i>Осень 2007</i>	23.0	-9.5	9.3	-16.9	-26.6	13.1	15.8
сен.07	-28.8	-45.2	-17.2	-16.2	-38.8	20.3	8.1
окт.07	57.9	6.1	28.3	-16.8	-30.6	-4.4	7.1
ноя.07	40.1	10.6	16.9	-17.8	-10.4	23.5	32.1
<i>Год 2007: декабрь-ноябрь</i>	11.0	-8.6	-0.6	-0.8	6.7	1.8	1.9

Верхняя секция таблицы содержит собственно суммарное количество выпавших осадков (в мм), а нижняя – величину средних аномалий месячных сумм осадков, рассчитанных как отклонения от соответствующих 30-летних стационарных «норм» (в мм/месяц). Пространственное распределение осадков иллюстрируется рисунком 1.5, на котором представлены поля аномалий годовых и сезонных сумм осадков, выраженных в процентах от «нормы» 1961-1990 гг.

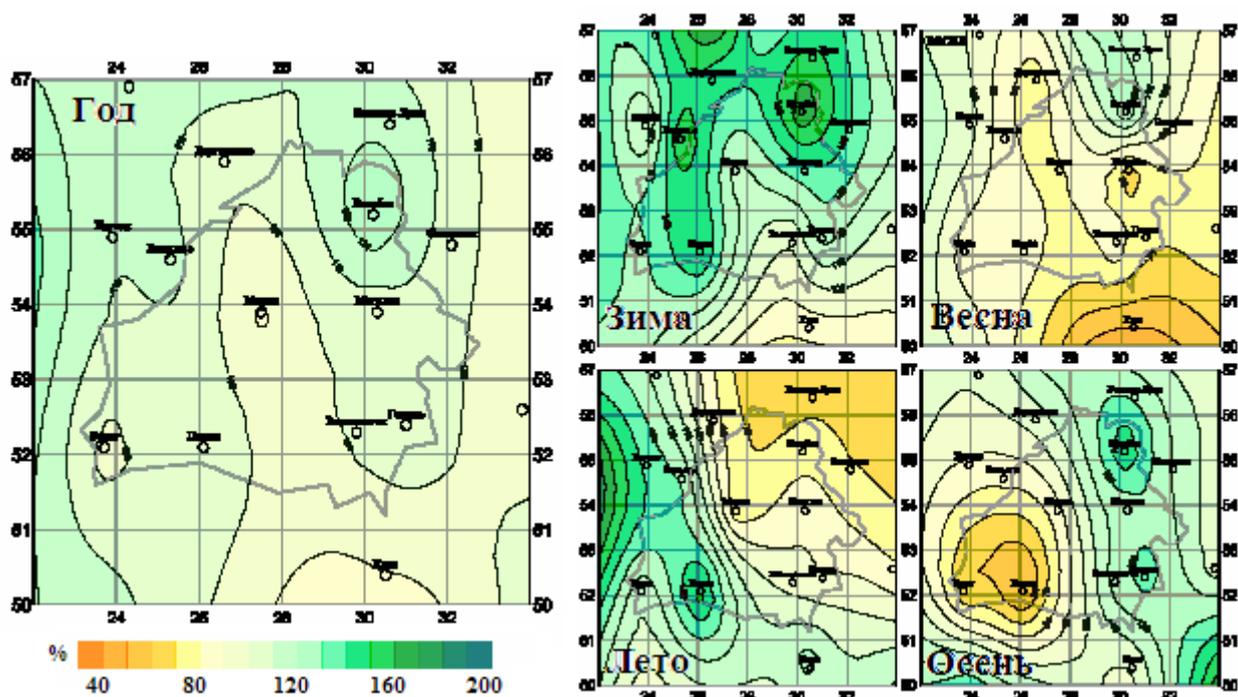


Рисунок 1.5. - Аномалии годовых (декабрь 2006 – ноябрь 2007) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь в 2007 году.

В целом, количество выпавших за 2007 год на территории Беларуси осадков около нормы. Лишь на северо-востоке республики количество выпавших осадков превысило годовую норму на 20% (так в Витебске годовая аномалия составила +11.05 мм/месяц). Осадки в течение года выпадали не равномерно. Зимой – избыток осадков, особенно в январе. Летом в течение июня и августа дефицит осадков наблюдался на всех станциях республики. Дефицит осадков отмечался и в начале осени, а в октябре и ноябре дефицит осадков наблюдался лишь на западе республики.

1.3. Климатические аномалии 2008 года (материалы сезонных бюллетеней мониторинга климата Беларуси)

Общее впечатление о характере климатических аномалий на территории Беларуси в течение сезона дают пространственные распределения температуры и осадков в целом за сезон и в каждом месяце сезона, которые приведены ниже с кратким комментарием и некоторыми числовыми данными.

1.3.1. Зима 2007-2008 гг.

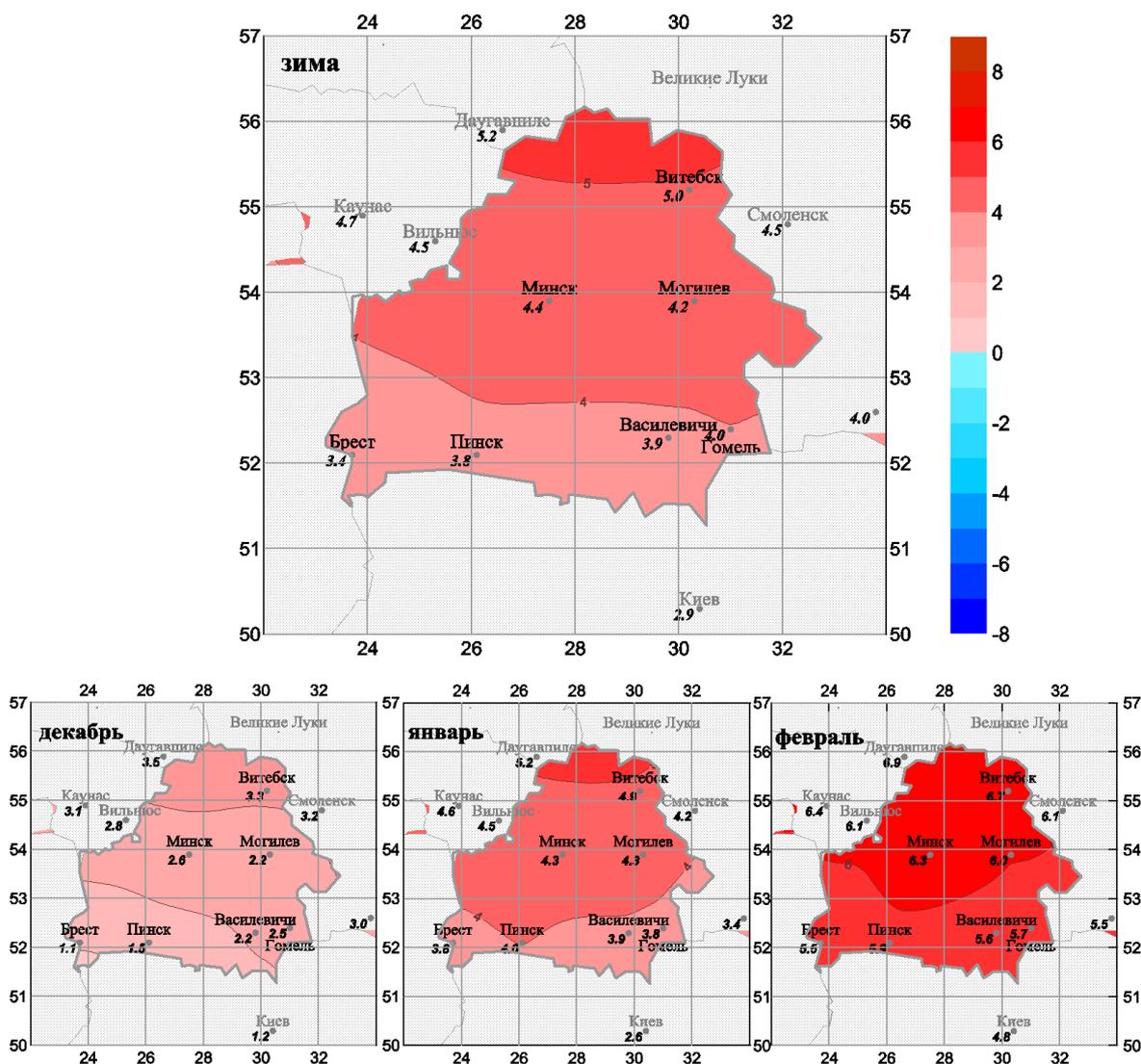


Рисунок 1.5 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от станционных средних за 1961-1990 гг., град. Цельсия) на территории республики Беларусь: зима, декабрь 2007 – февраль 2008.

В целом, зима была экстремально теплой (рисунок 1.5). Самый теплый месяц - февраль (средние аномалии на отдельных станциях превысили +6 °C). На протяжении всего сезона интенсивность месячных аномалий температуры повышалась по мере продвижения с юга на север. В среднем по территории Беларуси, зимняя аномалия температуры составила +4.3 °C (четвертая величина в ранжированном ряду наблюдений с 1936 года).

Количество выпавших осадков в целом за зиму – около нормы. Однако, отмечен дефицит осадков в декабре (до 30% нормы на юге и около 60% нормы на севере) и избыток осадков в январе (на западе - в Бресте и Пинске количество выпавших осадков превысило норму более, чем на 30 мм/месяц) и в феврале (на севере - в Витебске количество выпавших осадков превысило норму на 26 мм/месяц). На рисунке 1.6 синими

точками показаны станции, где наблюдались экстремально влажные условия (среди 5% самых значительных осадков) в целом за сезон и/или в отдельные месяцы (за период наблюдений с 1936 по 2008 гг.), а красными – аналогичные экстремумы дефицита осадков.

Средняя по территории аномалия сезонных осадков составила «-4.9мм/месяц». Еще более низкое количество осадков после 1936 года наблюдалось 29 раз.

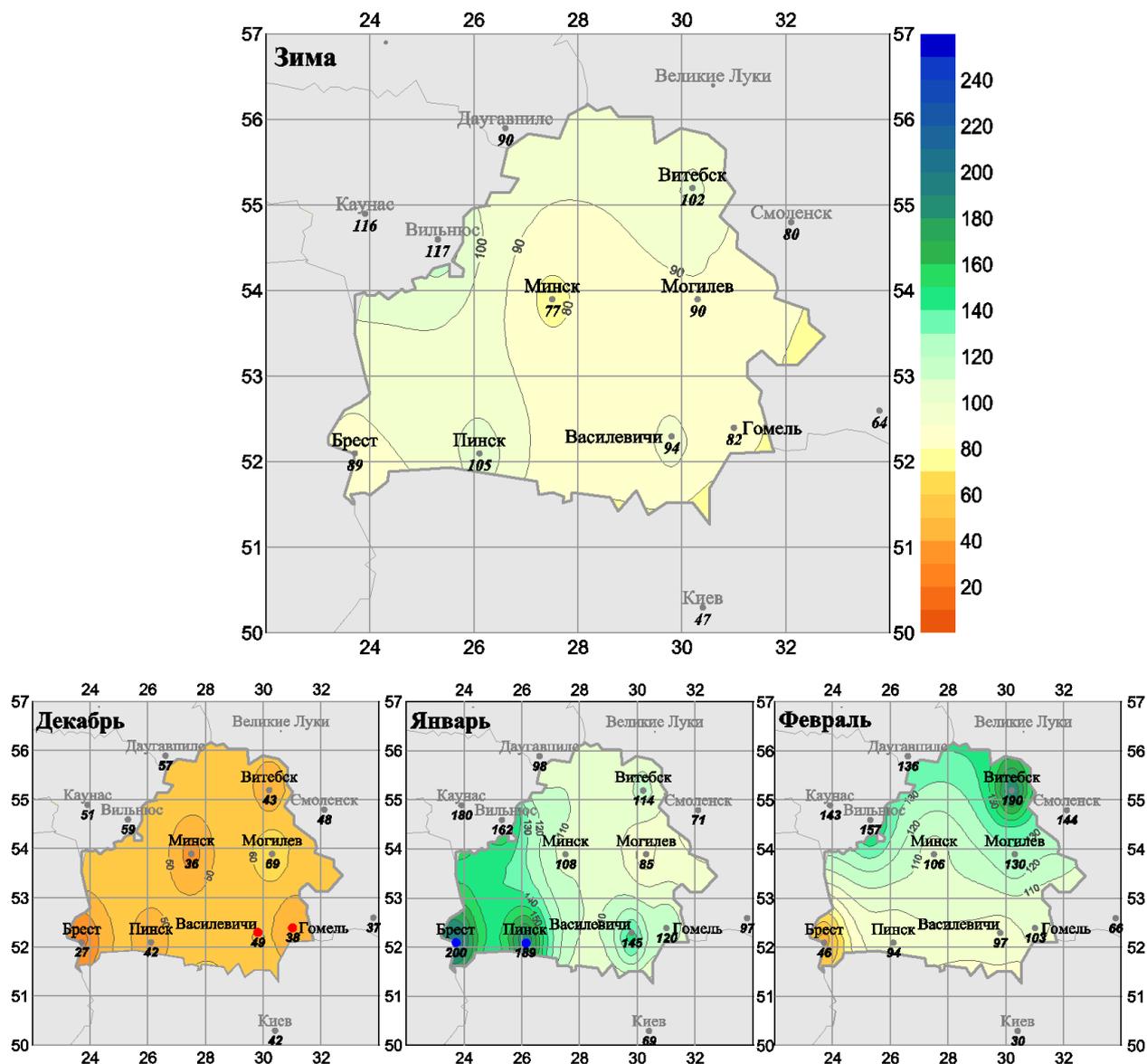


Рисунок 1.6 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии атмосферных осадков (в процентах от станционных норм за 1961-1990 гг.) на территории республики Беларусь: зима, декабрь 2007-февраль 2008

1.3.2. Весна 2008 г.

Весна 2008 года на территории Республики Беларусь была теплой – аномалия температуры воздуха, в среднем по территории, равна +1.63°C. Это одиннадцатая по величине аномалия за период наблюдений с 1936 года. Теплыми были март и апрель (на станциях аномалии температуры были выше 2 °C), тогда как май был холодным, с

отрицательными аномалиями температуры ниже -1.5°C , на большей части территории (в Витебске аномалия температуры в мае составила -1.8°C).

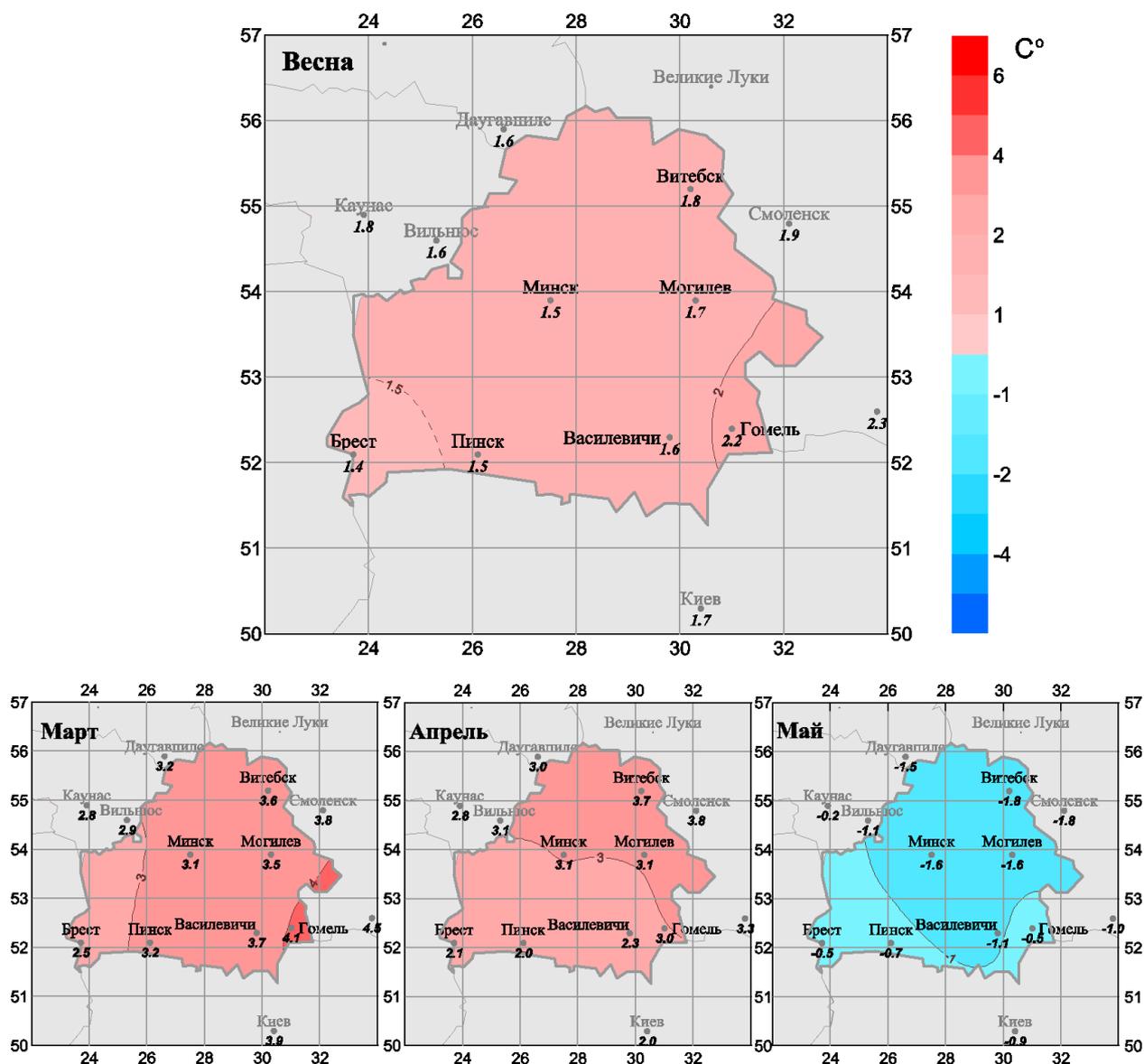


Рисунок 1.7 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от средних за 1961-1990 гг., град. Цельсия) на территории республики Беларусь: весна: март - май 2008.
Цифрами приведены значения аномалий (в градусах Цельсия) на станциях.

По количеству выпавших осадков, весна 2007 года в Беларуси была экстремально влажной. Аномалия средних сезонных осадков составила 34 мм / месяц. Это вторая по величине крупная аномалия. Рекордным по количеству осадков был 1939 год, когда аномалия осадков достигла 54 мм/месяц. Самым влажным месяцем в сезоне был март. Аномалии осадков на станциях составляли более 20 мм/месяц (исключение – Пинск – аномалия осадков составила 19.4 мм/месяц). Наибольшее количество осадков в марте выпало на северо-востоке Республики. Так, в Витебске аномалия мартовских осадков составила 65 мм/месяц. Синими точками на рисунке 1.8 показаны станции, где

наблюдались экстремально влажные условия (среди 5% самых значительных осадков) в целом за сезон и/или в отдельные месяцы (за период наблюдений с 1936 по 2008 гг.)

На всех станциях Беларуси (за исключением Гомеля) весной вероятность превышения осадков была более 95%, то есть весна на станциях Беларуси была среди 5% самых влажных (такая влажная весна бывает один раз в 20 лет).

В целом, весну на территории Беларуси можно квалифицировать как теплую и экстремально влажную.

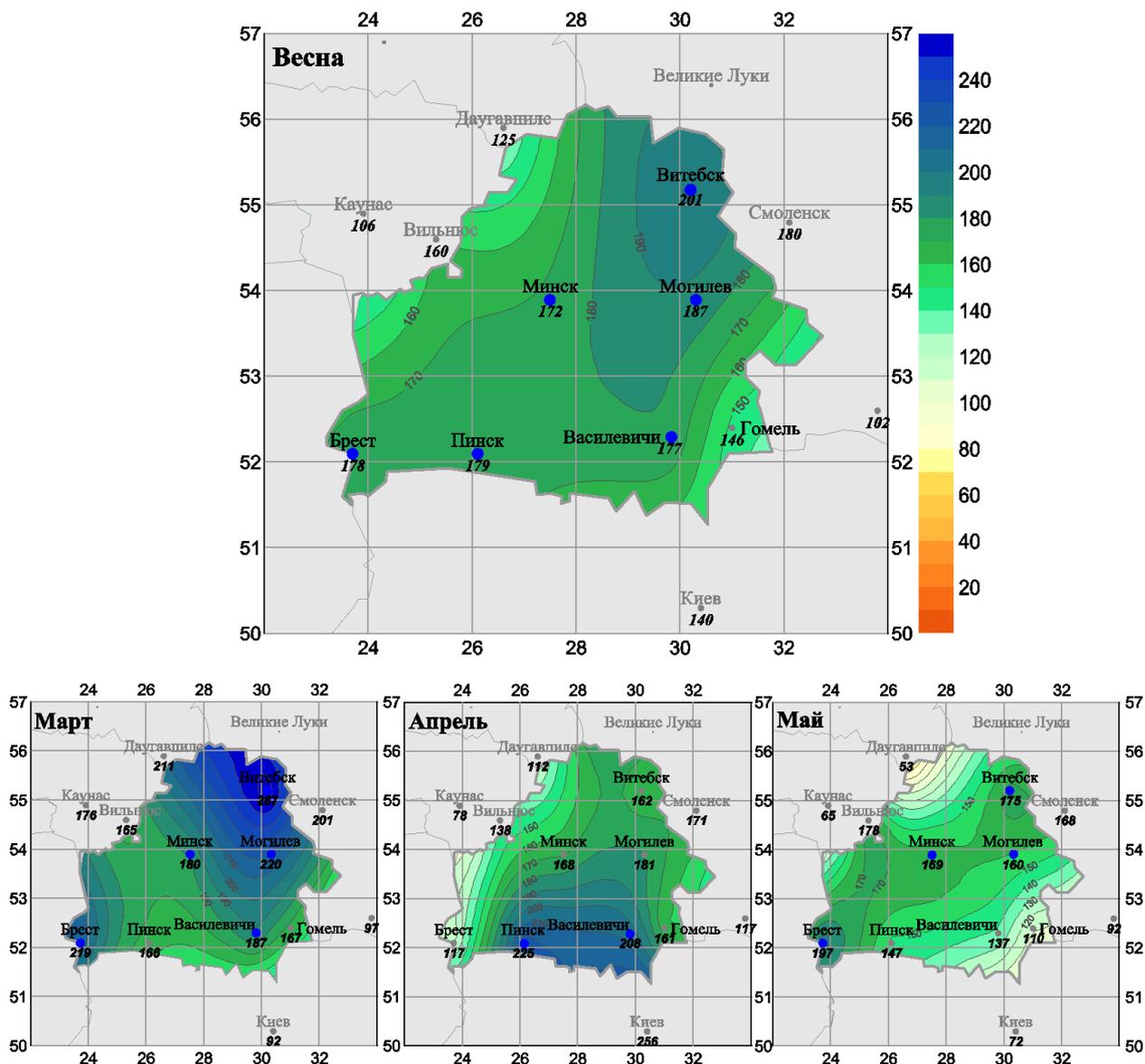


Рисунок 1.8 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии атмосферных осадков (в процентах от стационарных норм за 1961-1990 гг.) на территории республики Беларусь: весна 2008.

Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

1.3.3. Лето 2008 г.

Лето 2008 года на территории республики Беларусь практически на всей территории было, в целом, теплое и относительно сухое. Отрицательные, и притом незначительные, аномалии отмечались лишь в июне, на севере и востоке территории Беларуси. Пространственно осредненная аномалия температуры приземного воздуха (в среднем за сезон) равна $+1.04^{\circ}\text{C}$ (18-ая в ряду наблюдений с 1936 года). На станции Гомель зафиксирован экстремально теплый август (среди 5% самых теплых) за период наблюдений с 1936 по 2008 годы. Она выделена на рисунке 1.9 красной точкой.

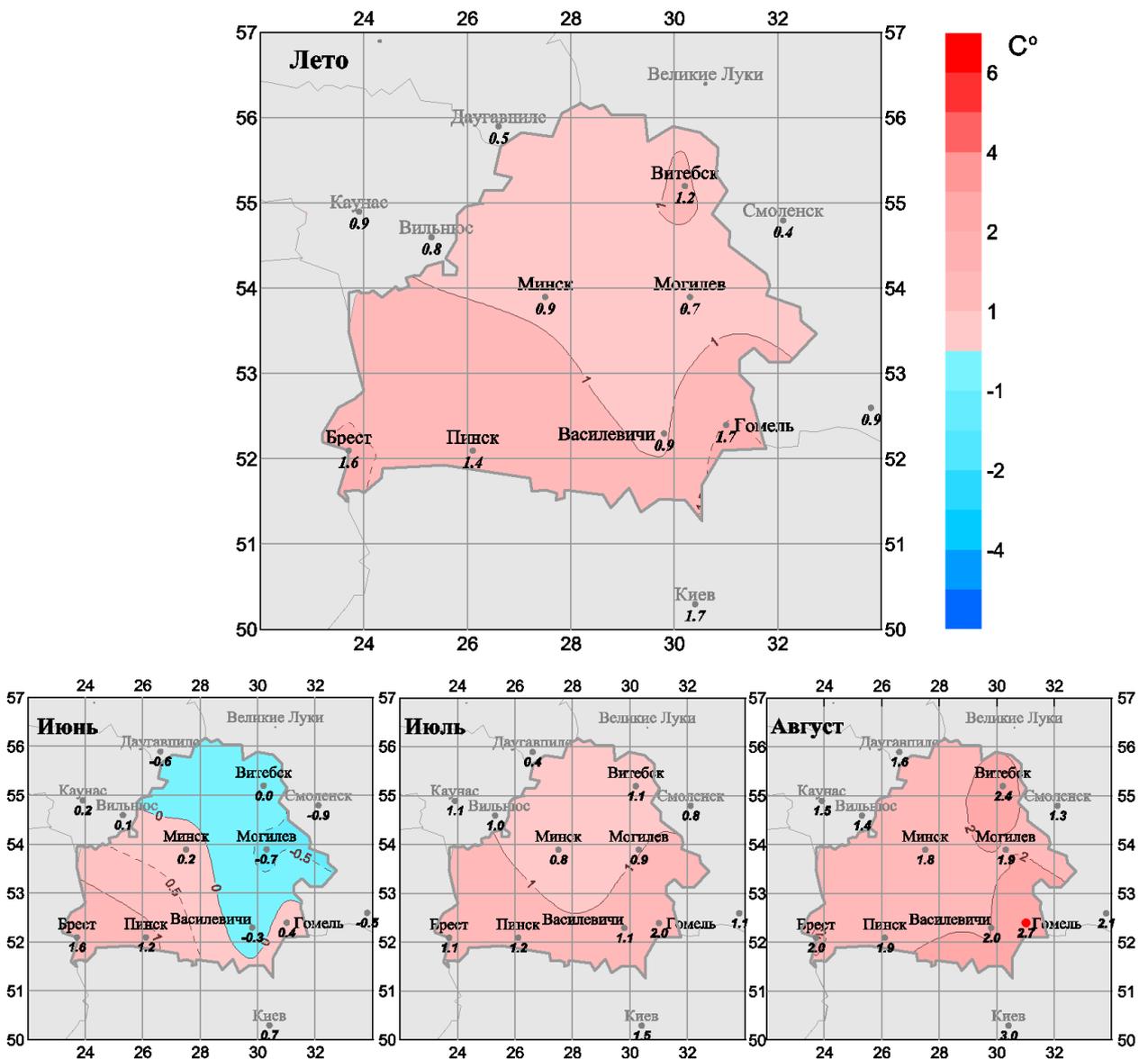


Рисунок 1.9 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от стационарных средних за 1961-1990 гг., град. Цельсия) на территории республики Беларусь за лето: июнь - август 2008. Цифрами приведены значения аномалий (в градусах Цельсия) на станциях.

Количество осадков на большей части территории, в среднем за сезон, незначительно ниже нормы. Средняя по территории республики Беларусь аномалия осадков летом 2008 года составила «-15.2 мм» (57-ое значение в ряду наблюдений с 1936 года). Однако на протяжении сезона условия увлажнения были очень изменчивы: дефицит осадков (менее 50% нормы) практически на всей территории в июне; избыток осадков (более 1.5 норм) в июле на юге, с сопутствующими очагами дефицита осадков в северо-восточной полосе; и влажный август в северных и южных районах. На рисунке 1.10 красными точками выделены станции, где зафиксированы экстремально сухие условия, т.е. количество выпавших в соответствующем месяце осадков попало в число 5% самых низких в ряду наблюдений на этой станции с 1936 года.

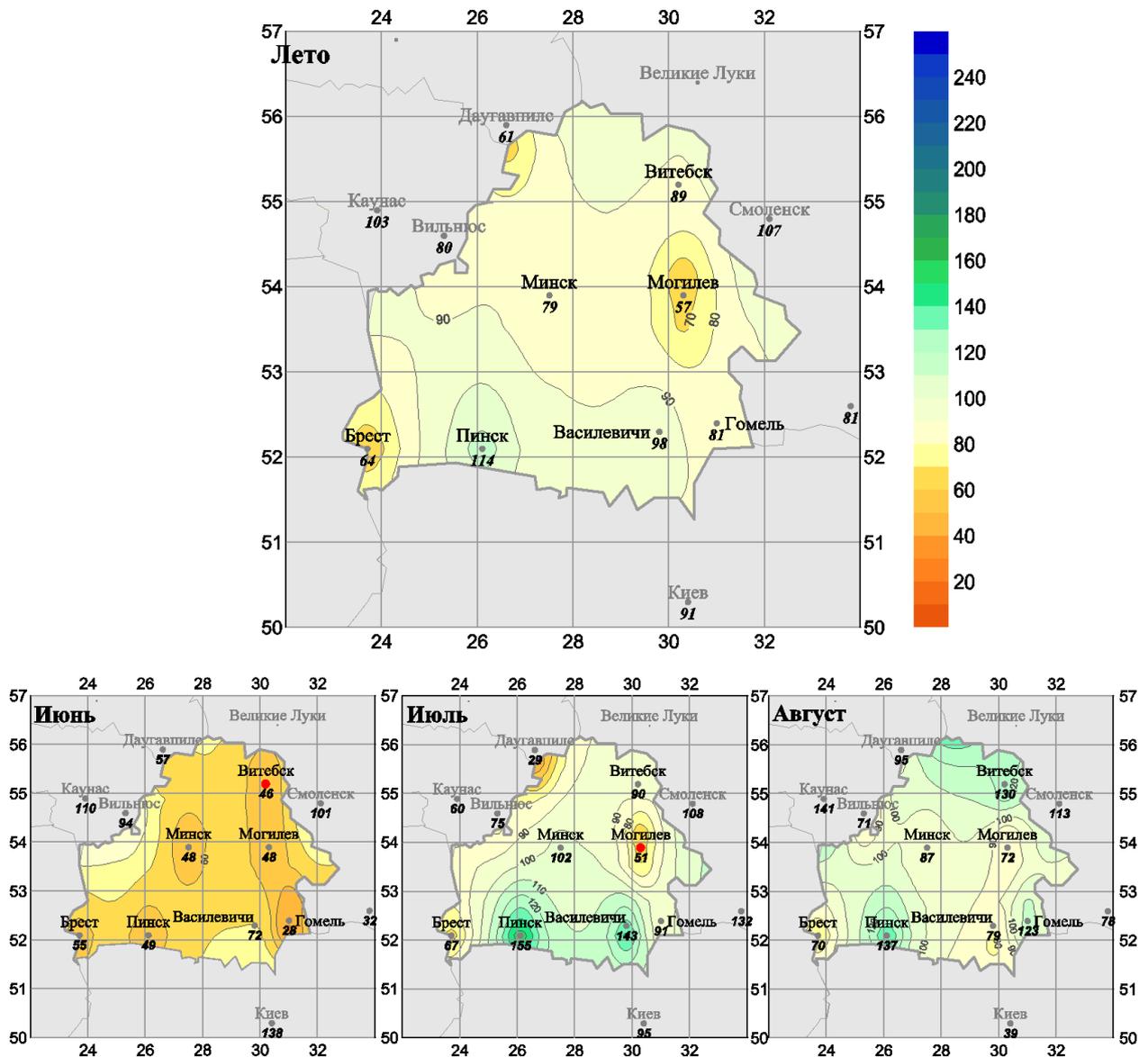


Рисунок 1.10 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии атмосферных осадков (в процентах от станционных норм за 1961-1990 гг.) на территории республики Беларусь: лето, июнь-август 2008, . Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

1.3.4. Осень 2008 г.

Аномалия средней за осенний сезон температуры воздуха для республики Беларусь составила $+1.25^{\circ}\text{C}$. Это 7-ая по величине положительная аномалия в ряду наблюдений с 1936 года. Аномалия осенних осадков, в среднем по территории Беларуси, составила -2.5 мм/месяц.

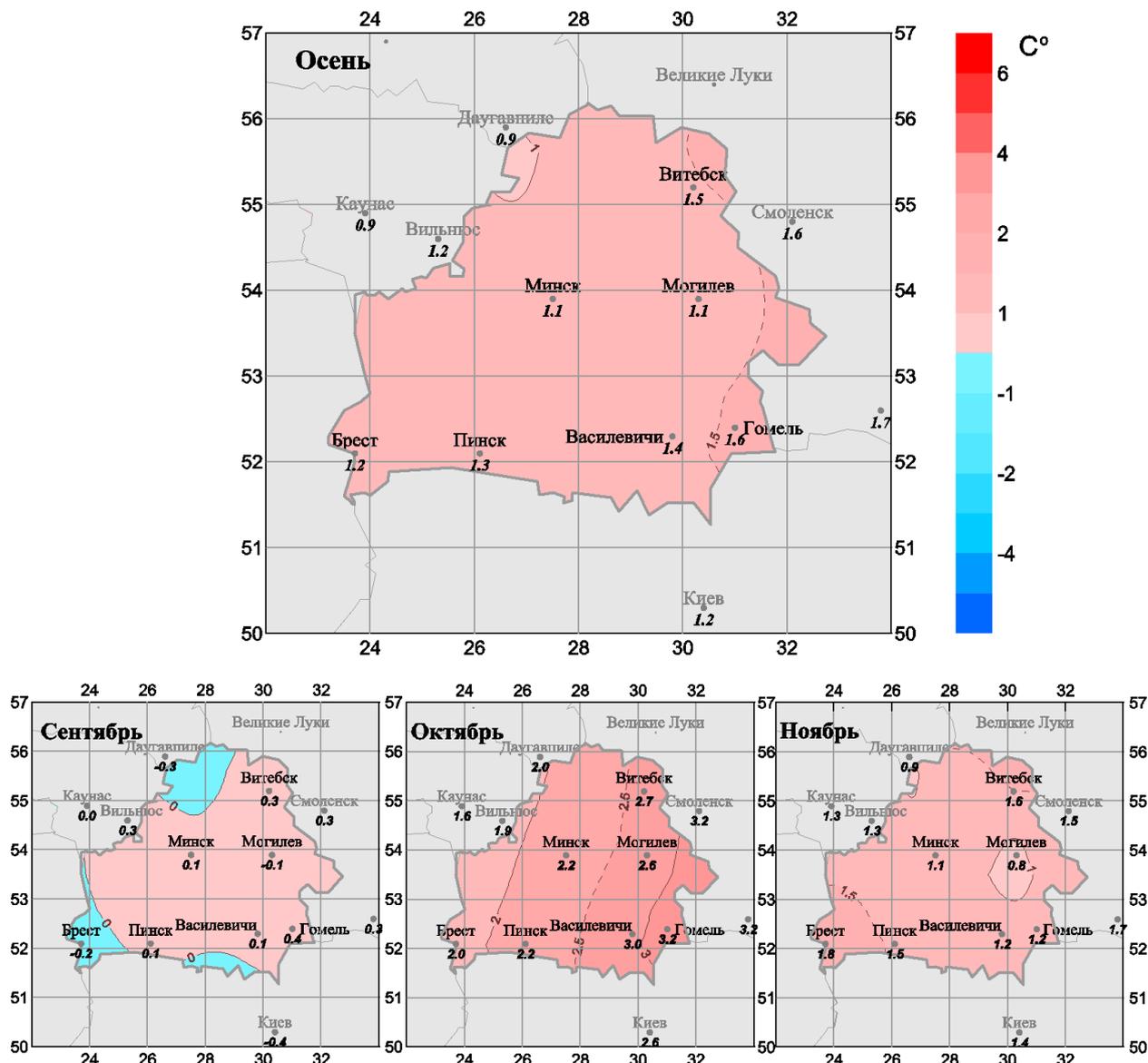


Рисунок 1.11 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от стационарных средних за 1961-1990 гг., град. Цельсия) на территории республики Беларусь: осень, сентябрь – ноябрь 2008.

Осень в Беларуси была теплой с аномалиями температуры от $+1.2^{\circ}\text{C}$ до $+1.6^{\circ}\text{C}$. В сентябре температуры были близки к норме, с островками отрицательных аномалий в южных и северных граничных районах. Октябрь – самый теплый месяц в сезоне с

аномалиями температуры от +2 °С на западе до +3.1 °С на востоке территории. В ноябре – тоже тепло – аномалии температуры на большей части республики немного больше +1 °С.

Количество выпавших осадков осенью было несколько выше нормы на юге Беларуси (в Пинске осенние осадки составили 128% нормы) и незначительно ниже нормы на севере. В сентябре – обильные осадки на юге Республики (153.4% нормы в Пинске) и дефицит на северо-западе, на границе с Латвией. В октябре – дефицит осадков на востоке (в Могилеве 56% нормы), но на всей остальной территории осадков выпало больше нормы (максимум - в Бресте, 172% нормы). В ноябре - избыток осадков – на юге (в Пинске 115.7% нормы) и дефицит осадков на остальной территории (в Минске 57% нормы, в Могилеве 62% нормы).

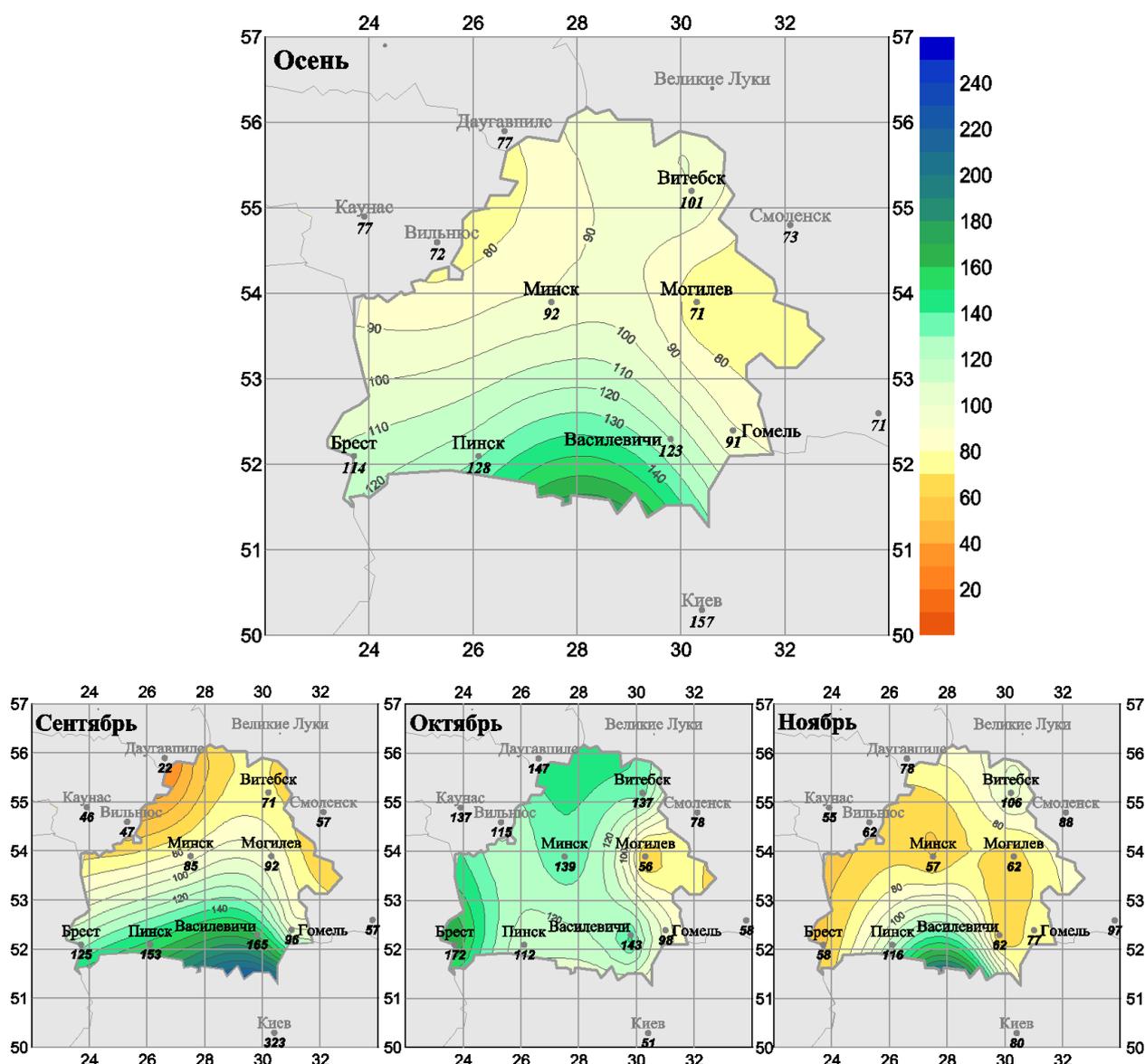


Рисунок 1.12 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии атмосферных осадков (в процентах от станционных норм за 1961-1990 гг.) на территории республики Беларусь: осень, сентябрь – ноябрь 2008. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

Заключение

Бюллетени мониторинга климата по территории России за отчетный год (декабрь 2007 – ноябрь 2008) представлены на Интернет-сайте ИГКЭ «Изменение климата России» <http://www.climatechange.su>, на странице «Мониторинг климата». На этой же странице размещен каталог используемых станций.

Анализ климатических условий на территории Беларуси в настоящее время публикуется как раздел бюллетеня мониторинга климата России. По согласованию с Белорусской стороной, анализ региональных климатических условий Беларуси будет расширен и выделен в самостоятельный бюллетень.

Предполагается при этом расширить состав используемых станций за счет подключения дополнительных станций с территории Беларуси (как минимум, станции Гродненской области), что возможно лишь при содействии Белорусской стороны.

2. Проект 3.2. Оценки будущих изменений экстремальности климата Беларуси и России, выполненных с помощью ансамбля климатических моделей СМIP3

Введение

На основе обобщений результатов новейших отечественных и зарубежных исследований в области изменений глобального и регионального климата, происходящих в последние и ожидаемых в ближайшие десятилетия и в более отдаленной перспективе была получена оценка будущих изменений климата России, приведенная в недавно вышедшем Первом Оценочном Докладе Росгидромета «Изменения климата и их последствия на территории Российской Федерации» (Т.1. «Изменения климата») [Росгидромет, 2008]. В этом Докладе были отражены также и возможные изменения климата сопредельных стран. Для проведенных исследований были широко использованы результаты расчетов современного климата и климата XXI с помощью сложных, физически полных объединенных моделей, включающих в качестве основных компонентов взаимодействующие друг с другом модели атмосферы, океана, деятельного слоя суши, криосферы и биосферы.

Указанные объединенные модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) нового поколения, разработанные в известных исследовательских центрах мира, были использованы в рамках широкого международного проекта по анализу расчетов климата XX и XXI веков СМIP3.

На основе этих данных в Ливерморской национальной лаборатории (США) был создан электронный архив [http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php], содержащий результаты модельных расчетов для большого числа климатических переменных с разной степенью детализации по времени.

Часть извлеченных из этого архива данных, содержащих среднесуточные значения температуры, осадков и ряда других метеорологических переменных, была использована для подготовки в ГГО специализированного архива данных о характеристиках текущего климата и климата XXI века, необходимых для изучения экстремальности климата России и Беларуси. Особенности подготовки этого архива изложены в разделе 2.1.

В разделе 2 дается анализ характеристик экстремальности климата Беларуси и России, полученных по данным наблюдений и реанализа. В разделе 2.3 приведены оценки будущих изменений экстремальности температурного режима и осадков на территории Беларуси и России, полученные по результатам моделирования климата XXI века с помощью ансамбля моделей СМIP3. Заключение содержит основные выводы, полученные в отчете.

2.1 Подготовка архива исходных данных

Для проведения планируемых исследований в ГГО была сформирована база данных, включающая результаты моделирования климата XXI века с помощью ансамбля из 9 современных МОЦАО (СМIP3). Перечень указанных МОЦАО приведен в таблице 2.1. Была выполнена большая работа по скачиванию файлов данных из архива Ливерморской лаборатории по каналам Интернет и их обработке с помощью специально составленных вычислительных программ.

В процессе подготовки указанной базы данных выяснилось, что метеорологические поля, рассчитанные по некоторым моделям, содержат грубые ошибки, пропуски данных или замещение одних данных другими. Такие поля пришлось отбраковывать или применять специальные методы для пополнения недостающих данных. Применялся также метод сопоставления средних характеристик той или иной переменной, рассчитанной по разным моделям, с исключением явных выбросов.

Т.о. данные, представленные по каждой из моделей были подвергнуты всестороннему анализу, позволившему исключить те модели и переменные, которые не удовлетворяли принятым критериям качества. Были выбраны 9 МОЦАО (см. таблицу 1.1), удовлетворявшие необходимым критериям. Затем, все данные, изначально представленные на различных сетках, были трансформированы в единую сетку с разрешением $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$.

Сформированный таким образом архив включает поля среднесуточных значений атмосферного давления на уровне моря, осадков, температуры воздуха и ее суточных максимумов и минимумов для трех двадцатилетних интервалов в конце 20-го, середине и конце 21-го веков для всех выбранных моделей СМIP3..

По данным реанализа NCEP [Kalnay et al., 1996] о суточной максимальной и минимальной температурах в узлах регулярной сетки $2.5 \times 2.5^{\circ}$ был проведен расчет индексов экстремальности, включающих годовые максимумы и минимумы температуры на территориях России и Белоруссии, число дней с заморозками в году, длительности волн тепла и холода и другие показатели. Проведено сравнение полученных индексов с соответствующими индексами, рассчитанными по данным наблюдений на сети станций. Сравнение показало удовлетворительную согласованность реанализа с данными в пунктах наблюдательной сети на территории Союзного государства.

Таблица 2.1 – Модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) CMIP3, использованные для оценки экстремальности климата.

	Модель, страна	МОЦА	МОЦО	МЛ
1	CGCM3.1(T47), Канада	T47L31	1.9°×1.9°L29	L0/КЖ
2	CNRM-CM3, Франция	T63L45	0.5-2°×2°L31	L4/УВП
3	CSIRO-Mk3.0, Австралия	T63L18	0.8°×1.9°L31	L1(2)/КЖ
4	ECHAM5/MPI- OM, Германия	T63L31	1.5°×1.5°L40	L0/ВП
5	ECHO-G, Германия/Корея	T30L19	0.5-2.8°×2.8°L20	L0/ВП
6	GFDL-CM2.1, США	2.0°×2.5°L24	0.3-1.0°×1.0°L20	L3/УВП
7	IPSL-CM4, Франция	2.5°×3.75°L19	1-2°×2°L31	L2/ВП
8	MIROC3.2 (medres), Япония	T42L20	0.5-1.4°×1.4°L44	L0/УВП
9	MRI- CGCM2.3.2, Япония	T42L30	0.5-2.0°×2.5°L23	L0/-(СД)

Примечание - Горизонтальное разрешение атмосферного и океанского компонентов МОЦАО характеризуется шагом сетки в градусах широты/долготы или (в атмосфере) в виде спектрального усечения. Вертикальное разрешение (L) суть количество уровней по вертикали. Для обозначения реологии МЛ используются следующие сокращения: ВП – вязко-пластическая модель; УВП – упруго-вязко-пластическая модель; КЖ – модель кавитирующей жидкости; дефис означает отсутствие реологии; СД – упрощенная модель динамики МЛ в виде ‘свободного дрейфа’.

2.2 Анализ характеристик экстремальности климата Беларуси и России по данным наблюдений и реанализа

Большой интерес представляет оценка способности МОЦАО воспроизводить характеристики экстремальности термического режима, в частности, особенности вероятностных распределений суточных экстремумов температуры приземного воздуха, например, выше (ниже) 90-й (10-й) процентиля. Показателем экстремальности может служить максимальное (минимальное) значение температуры в пределах некоторого временного интервала (месяца, сезона, или года). В настоящее время для оценки экстремумов используются специальные индексы, которые могут быть рассчитаны по данным наблюдений и климатических моделей [Frich et al., 2002; Alexander et al., 2006]. В число индексов для температуры вошли ее годовые максимум и минимум, непрерывные

продолжительности периодов экстремально высоких (низких) температур, суточные экстремумы температуры и амплитуда ее суточного хода, годовая амплитуда экстремальных значений температуры, число морозных суток в году, дата самого раннего (позднего) заморозка и ряд других характеристик.

Методологические трудности сравнения модельных оценок с данными наблюдений в отдельных пунктах наиболее очевидны именно при анализе экстремальных характеристик климата, поскольку такие характеристики имеют большую пространственно-временную изменчивость и малую повторяемость. Корректная интерпретация данных наблюдений для последующего расчета индексов экстремальности и создание на их основе глобальных сеточных архивов являются предметом активных исследований [Hegerl et al., 2006]. Один из возможных подходов, позволяющий оценивать качество расчета моделями трендов в индексах экстремальности путем их сравнения с результатами анализа данных наблюдений в 20-м веке, предложен в работе [Kiktev et al., 2003].

Помимо наблюдений, источником информации о фактических экстремумах температуры служат данные реанализа. Современные реанализы и МОЦАО имеют пространственные разрешения порядка сто километров, что затрудняет их использование для оценки локальных экстремальных явлений. Однако такое разрешение позволяет, в принципе, оценивать статистику крупномасштабных аномалий температуры, информация о которых является ключевым входным параметром многих импактных моделей.

Как и в случае средних сезонных и годовых характеристик климата, для оценки качества расчетов температурных экстремумов, по-видимому, целесообразно использовать ансамбли МОЦАО [Kharin et al., 2005; Kharin et al., 2007; Vavrus et al., 2006].

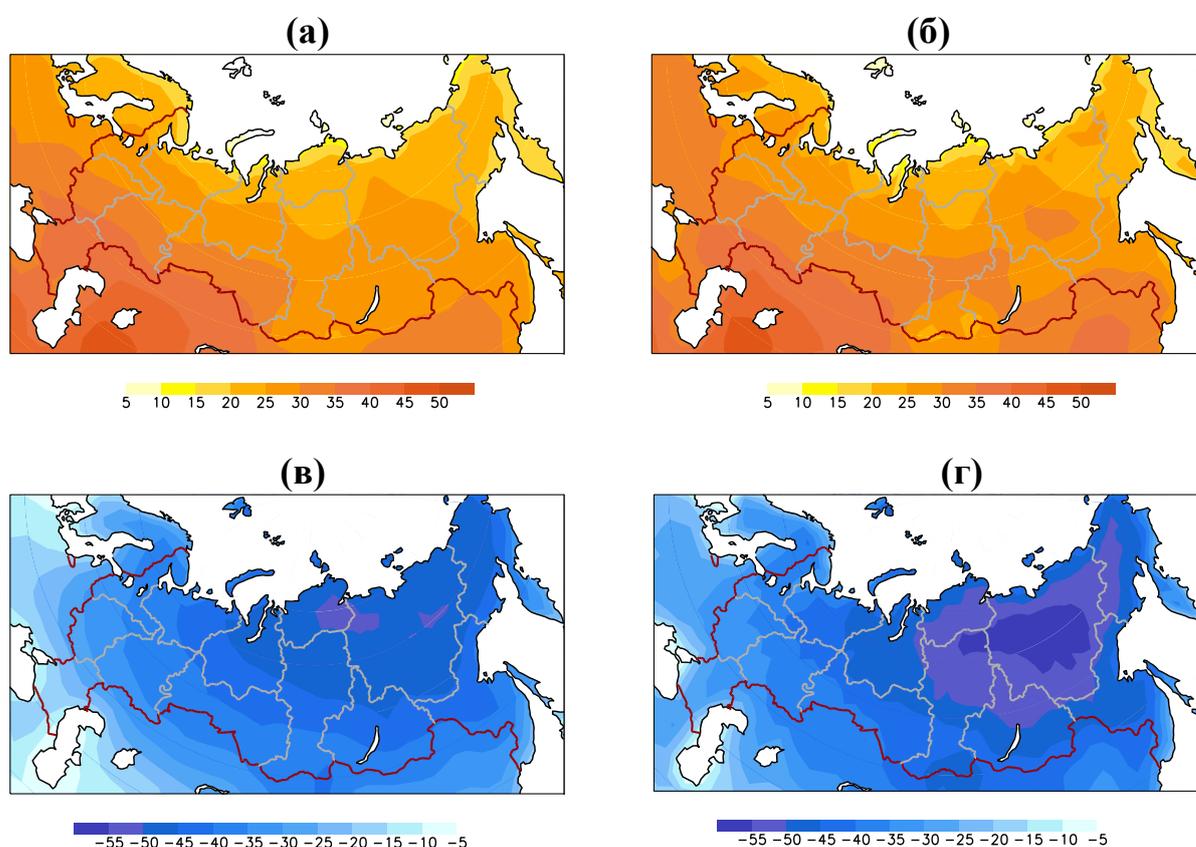
Для выявления надежности определения изменений экстремальности климата выполнены оценки качества воспроизведения показателей экстремальности климатических режимов с помощью объединенных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) CMIP3. В качестве таких показателей выбраны годовой максимум (минимум) температуры приземного воздуха, число дней с экстремально высокими и низкими температурами воздуха, также ряд других индексов экстремальности. По ансамблю из 9 МОЦАО для базового периода (1980-1999 гг.) и данным реанализа NCEP-DOE¹ [Kanamitsu et al., 2002] за тот же период были рассчитаны пространственные распределения годовых максимумов и минимумов приземной температуры воздуха (см. рисунок 2.1) [Катцов и др., 2008]. За годовой максимум (минимум) температуры принимается наибольшее (наименьшее) ее суточное значение в году на станциях или в узлах модельной сетки.

Как видно из рисунка, ансамбль МОЦАО реалистично воспроизводит распределение годовых максимумов, включая положение области наиболее высоких температур в регионе южнее Аральского моря (годовой максимум температуры больше 45°C). При этом обнаруживается тенденция к некоторому занижению моделями годовых максимумов (на 2-4°C) в центральных районах Сибири и на Крайнем Севере. Что касается годовых минимумов температуры, то здесь расхождения между модельными расчетами и реанализом оказываются бóльшими, чем в случае с годовыми максимумами. Модели заметно завышают годовые минимумы температуры по сравнению с реанализом, в первую очередь, в северо-восточных регионах России (до 10°C). Практически на всей территории Сибири завышение годовых минимумов оказывается бóльшим по сравнению с отклонениями средней зимней температуры от реанализа. Это указывает на занижение моделями изменчивости минимальной суточной температуры в регионах, где формируются глубокие инверсии температуры в нижней тропосфере. Наряду с отмеченной тенденцией к занижению годовых максимумов температуры, завышение ее годовых минимумов ансамблем МОЦАО также свидетельствует о некотором занижении моделями годовой амплитуды экстремальных температур на территории России.

Разброс между отдельными МОЦАО в оценке годовых максимумов и минимумов температуры оказывается наибольшим преимущественно там, где абсолютные значения годовых экстремумов температуры велики: зимой – в Сибири и на Крайнем Севере, летом – на юге Сибири и Европейской территории России.

Особенности пространственного распределения периодов непрерывной продолжительности максимальной суточной температуры выше 90-й перцентили летнего распределения удовлетворительно воспроизводятся моделями. По данным МОЦАО и реанализа указанные периоды находятся преимущественно в диапазоне продолжительности 2-6 суток. По данным ансамбля моделей наиболее продолжительные периоды отмечаются в северных областях Европейской территории России и Западной Сибири (более 5 суток в году), что согласуется с данными реанализа. Однако, на бóльшей части региона модели завышают продолжительность указанных периодов экстремально высокой температуры на 1-2 суток по сравнению с реанализом. Это расхождение с реанализом, по-видимому, является следствием отмеченной модельной тенденции занижать изменчивость суточных максимумов температуры.

¹ Реанализ NCEP-DOE представляет собой обновленную, с учетом более совершенного описания



Значения, рассчитанные по ансамблю из 9 МОЦАО (а, в) и полученные по данным наблюдений (б, г) за период 1980-1999 гг. В качестве данных наблюдений использовались значения, полученные из реанализа NCEP-DOE [Kanamitsu et al., 2002].

Рисунок 2.1 - Распределения годового максимума (а, б) и минимума (в, г) температуры приземного воздуха

2.3 Модельные оценки будущих изменений экстремальности климата Беларуси и России

Ожидаемые изменения характеристик экстремальности климата на территории Союзного государства в XXI веке рассчитывались по ансамблю из 9 МОЦАО, а также с использованием РКМ ГГО [Школьник и др., 2006]. Для анализа были выбраны результаты расчетов по указанным моделям для сценария A2, предусматривающего наиболее значительный рост концентрации основных парниковых газов в атмосфере в XXI веке.

2.3.1 Экстремальность температурного режима

Показателями экстремальности температурного режима, как было указано выше, служат максимальное (минимальное) значение температуры в пределах некоторого временного интервала (месяца, сезона, или года), а также некоторые специальные индексы, в число которых входят годовые максимум и минимум температуры, непрерывные продолжительности периодов экстремально высоких (низких) температур, суточные экстремумы температуры и амплитуда ее суточного хода, годовая амплитуда экстремальных значений температуры, число морозных суток в году, дата самого раннего (позднего) заморозка и ряд других характеристик.

Как показал анализ результатов расчетов [Мелешко и др., 2008], к середине XXI века произойдет повышение наиболее низких в году суточных минимумов температуры приземного воздуха (годовых минимумов температуры) на всей территории Союзного государства. За годовой максимум (минимум) температуры принимается наибольшее (наименьшее) ее суточное значение в году на станциях или в узлах модельной сетки. При этом наибольший их рост (4-6°C) ожидается на юге и северо-западе Европейской территории России. В Беларуси, центральных районах ЕТР, на Урале и в Восточной Сибири рост самых низких в году суточных температур составит 2-4°C.

Пространственные особенности изменения средней зимней температуры к середине XXI века качественно отличаются от изменения годовых минимумов температуры – наибольший рост средней температуры зимой ожидается не на ЕТР, как в случае с годовым минимумом, а в Сибири и на Крайнем Севере, где изменения годовых минимумов сравнительно малы.

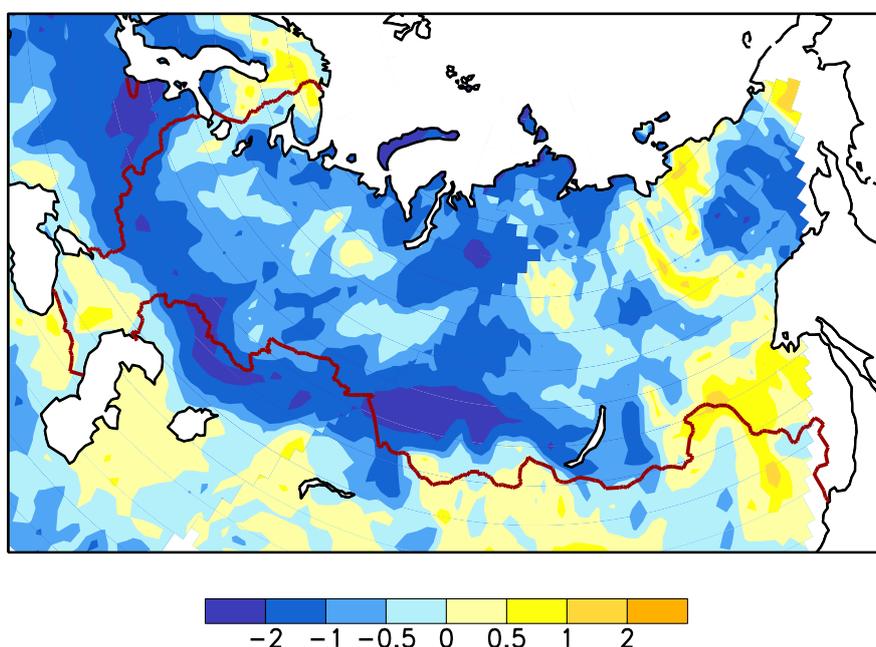
Исследования изменчивости средней за сутки и минимальной суточной температуры с помощью климатических моделей показали [Hegerl et al., 2004; Школьник и др., 2006; Kharin et al., 2007], что в умеренных и высоких широтах наибольший вклад в рост зимних температур вносит смещение вероятностных распределений в сторону больших значений нижних процентилей (близких к годовому минимуму). Оно заметно превосходит смещение средних значений и тем более – верхних процентилей. При этом следует ожидать увеличения асимметрии распределения температуры, а также уменьшения межквартильного размаха, изменчивости зимних распределений температуры и экстремальности термического режима зимой (см. рисунок 2.2). Области наиболее значительных изменений удовлетворительно согласуются с районами, где прогнозируется существенное сокращение времени существования снежного покрова.

Рост наиболее высоких в году суточных максимумов температуры приземного воздуха к середине XXI века на всей территории России будет меньшим, чем рост ее годовых минимумов. На бóльшей части России изменения годового максимума

температуры не превысят 3°C. На Северном Кавказе рост средней летней температуры оказывается несколько меньшим, по сравнению с ростом годовых максимумов, что указывает на увеличение изменчивости температуры и, соответственно, на бóльшую, по сравнению с концом XX века, экстремальность термического режима.

Изменения годовых минимумов температуры оказываются значимыми на уровне 5% практически на всей территории России. В то же время изменения годовых максимумов на Европейской территории России не достигают этого уровня значимости.

К середине XXI века разность между самой низкой и самой высокой суточными температурами в году (годовой амплитуды экстремальной температуры) уменьшается на всей территории России и, особенно, на ее европейской части и в Беларуси (см. рисунок 2.3).



Оценки получены с помощью РКМ ГГО [Школьник и др., 2006]. Уменьшение межквартильного размаха среднесуточной температуры воздуха (°C) зимой свидетельствует об уменьшении числа случаев с экстремально низкими температурами при потеплении климата, обусловленным не только ростом среднесуточной температуры, но и отрицательным трендом ее изменчивости.

Рисунок 2.2 - Изменение межквартильного размаха среднесуточной температуры воздуха (°C) зимой к середине XXI века на ЕТР и прилегающих регионах Евразии.

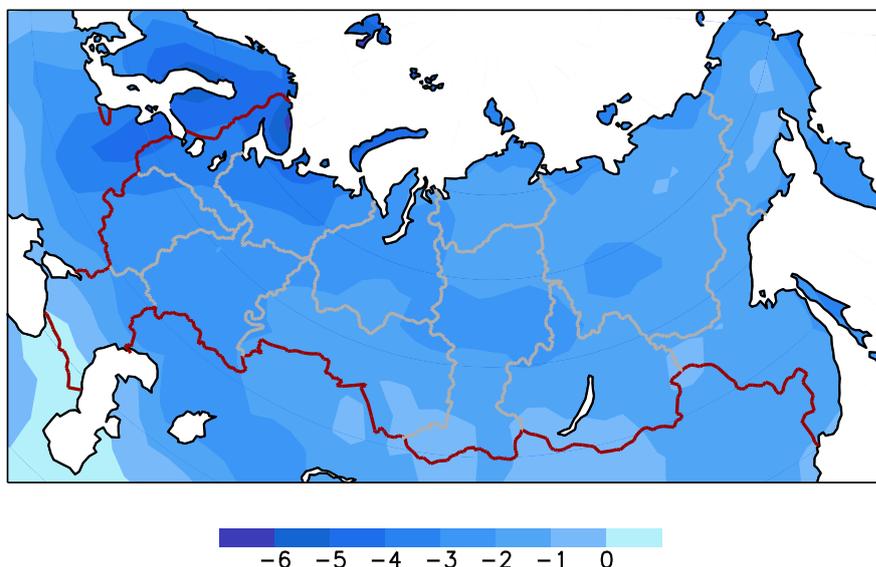
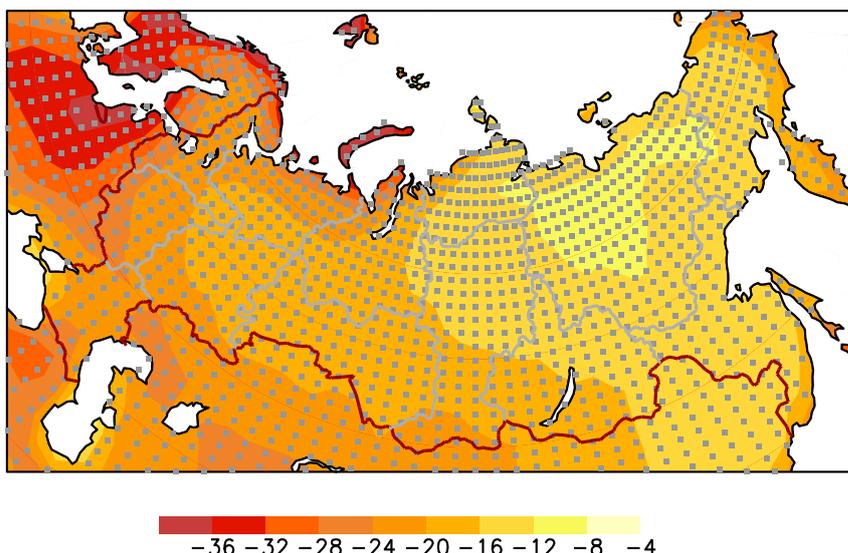


Рисунок – 2.3 Изменения годовой амплитуды экстремальных температур к середине XXI века. Амплитуды (разности между суточными максимумом летом и минимумом зимой, °С) рассчитаны по ансамблю из 9 МОЦАО для сценария А2.

В середине XXI века ожидается сокращение на 6-8 дней эпизодов с экстремально низкими температурами зимой в Беларуси, на северо-западе России и на Крайнем Севере. Заметное сокращение числа экстремально холодных суток в году также будет происходить на побережье Тихого океана с одновременным уменьшением числа дней с заморозком (см. рисунок 2.4). В Центральной и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке число дней с заморозком уменьшится на 10-15, а на Европейской территории – на 15-30.



Данные рассчитаны по ансамблю из 9 МОЦАО для сценария А2. Точками обозначены узлы сетки, в которых средние изменения морозных суток по ансамблю больше, чем средний межмодельный разброс.

Рисунок 2.4 - Уменьшение числа дней с заморозком в году к середине XXI века

На фоне общего потепления климата Союзного государства будет происходить увеличение числа дней с суточной температурой выше 90-й перцентили по отношению к летнему распределению в базовый период. Увеличится число дней с экстремально высокими суточными температурами на Крайнем Севере (5-10 дней) и в черноземной полосе России (10-20 дней). На Северном Кавказе увеличится продолжительность эпизодов с экстремально высокой температурой (на 20 дней и более). Одновременно будет возрастать длительность непрерывных периодов с максимальной суточной температурой выше 90-й перцентили. На большей части Сибири это увеличение составит 2-4 дня, а на Северо-Западе, в Центральной черноземной полосе и на Северном Кавказе – 3-5 дней.

Приведенные оценки изменения экстремальности термического режима качественно согласуются с тенденциями его изменения по данным наблюдений во второй половине XX века.

Вместе с тем, полученные оценки содержат некоторые неопределенности, связанные с тем, что как отдельным МОЦАО, так и их ансамблям присущи определенные ошибки при расчете экстремальных характеристик климата.

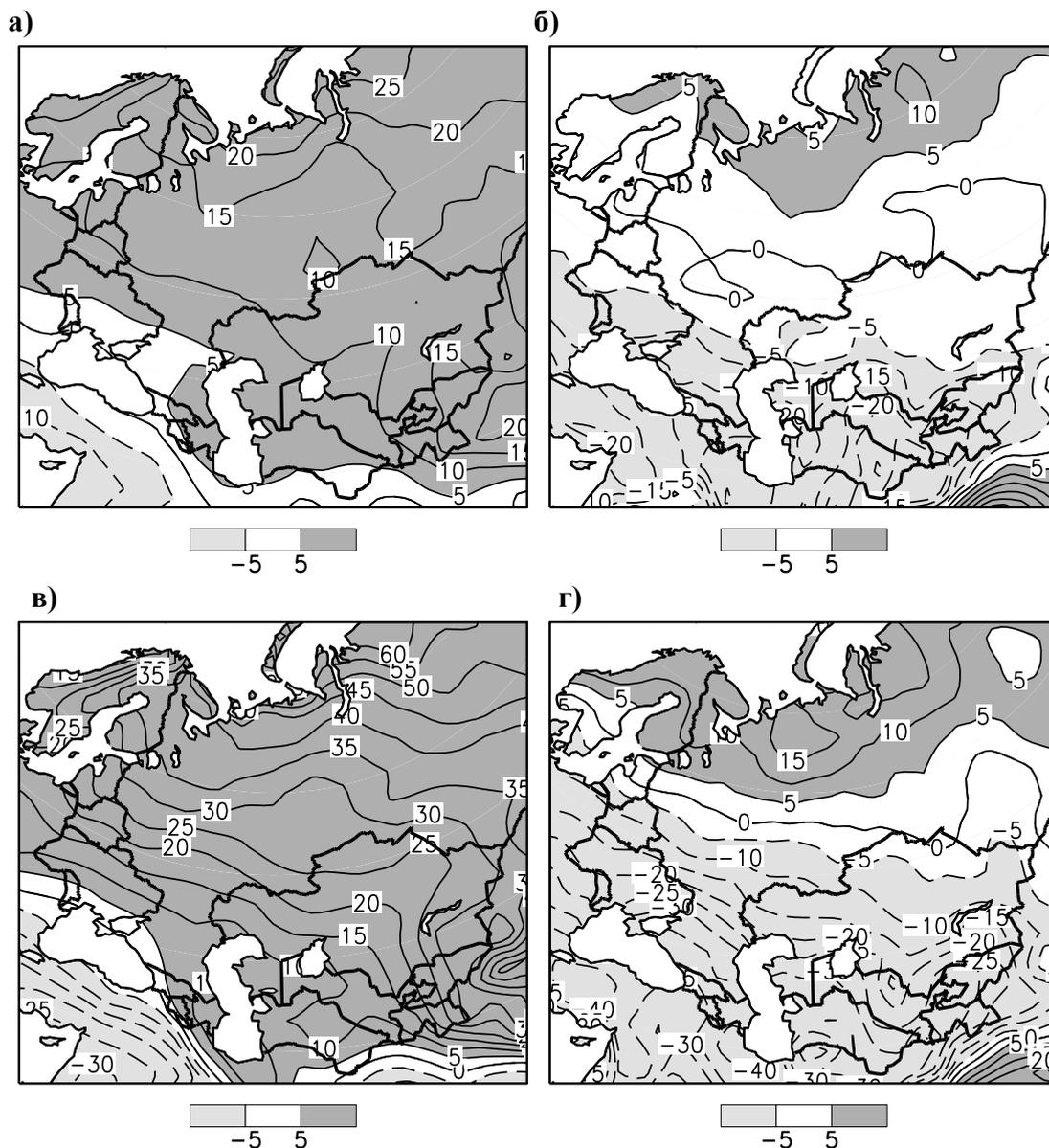
Разброс между отдельными МОЦАО в оценке годовых максимумов и минимумов температуры оказывается наибольшим преимущественно там, где абсолютные значения годовых экстремумов температуры велики: зимой – в Сибири и на Крайнем Севере, летом – на юге Сибири и Европейской территории России.

Для анализа изменчивости суточных экстремумов удобно использовать их вероятностные функции распределения, построенные, соответственно, для летнего и зимнего сезонов по данным каждой МОЦАО и реанализа. С точки зрения оценки экстремальности термического режима, представляют интерес те части сезонных распределений, которые включают повторяемости наибольших значений суточных максимумов температуры (выше 50 перцентили) и повторяемости наименьших значений ее суточных минимумов (ниже 50 перцентили), соответственно, летом и зимой. Анализ летних функций распределения показывает, что на территории России модели удовлетворительно воспроизводят изменчивость суточных максимумов. Модельные отклонения, преимущественно отрицательные, находятся в диапазоне $\pm 10\%$ от соответствующей изменчивости в реанализе.

3.2 Экстремальные осадки

Среднегодовые осадки (рисунок 2.5) в течение 21-го века преимущественно возрастают в Европейском регионе (прежде всего, за счет роста осадков в Белоруссии) [Говоркова, Катцов, 2008]. В остальных странах ближнего зарубежья изменения осадков существенно немонотонны, и зачастую рост осадков в начале 21-го века сменяется

уменьшением к его концу. При этом, в отличие от территории России в целом и ЕТР, величины прогнозируемых изменений осадков в



Расчет осадков для зимы (а,в) и лета (б,г) для середины (а,б) (2041-2060 гг.) и конца (в,г) (2080-2099 гг.) XXI века (сценарий А2). Жирная черная линия обозначает границы государств СНГ.

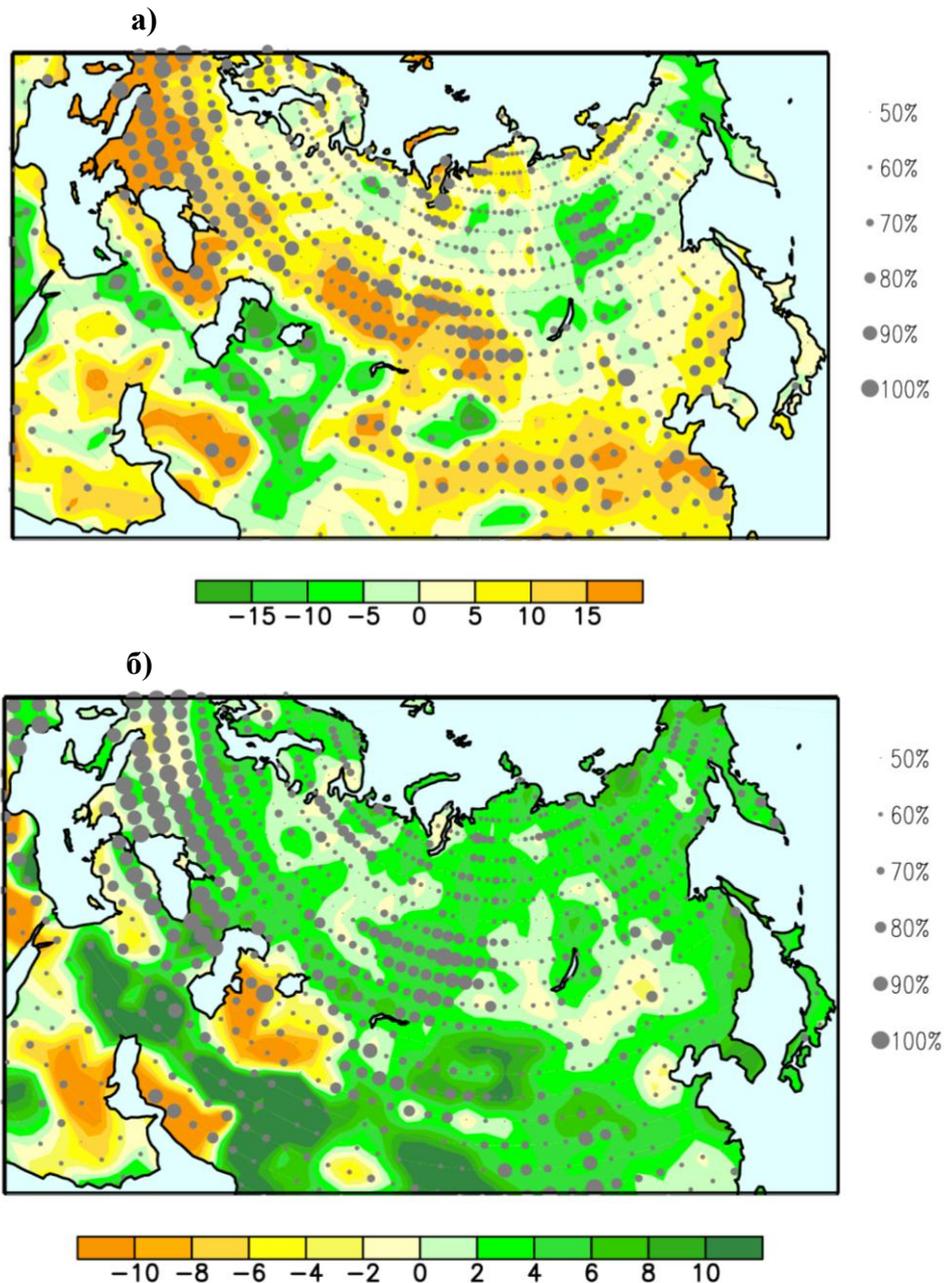
Рисунок 2.5 - Изменения суммарных (жидких и твердых) осадков (%)

большинстве случаев оказываются меньшими межмодельного разброса, что говорит о том, что модели в указанных случаях не согласуются даже в знаке.

Однако помимо расчета ожидаемых в будущем изменений средних осадков разных типов чрезвычайно важно получить оценки изменения осадков большой интенсивности (т.е. >90-й перцентили вероятностных функций распределения суточных сумм осадков).

Летом в середине XXI века практически на всей территории Союзного государства летом следует ожидать увеличения осадков большой интенсивности – на 2-6% по

отношению к их интенсивности в конце XX века (рисунок 2.5б). Увеличение экстремальных осадков в южных



(а)- меньше 10 проценти летнего распределения осадков; (б)- осадки очень большой интенсивности

Рисунок 2.6 - Изменение длительности периодов с осадками различной интенсивности к середине 21 века по отношению к концу 20 века.

регионах России будет происходить одновременно с уменьшением числа случаев с такими осадками на фоне усиления там засушливых условий и увеличения длительности непрерывных периодов с осадками ниже 10 проценти летом (рисунок 2.6а). Однако из-за большого межмодельного разброса достоверность изменений суточных сумм интенсивных осадков оказывается низкой.

Рост средних зимних осадков обусловлен увеличением преимущественно их умеренной интенсивности, особенно на территории Сибири. Таким образом, на фоне общего роста осадков к середине XXI века интенсивность зимних осадков окажется менее экстремальной по сравнению с концом XX века. Согласованность между моделями в оценке изменений осадков различной интенсивности зимой оказывается заметно большей, чем летом. Эти оценки согласуются с полученными ранее – для предыдущего поколения МОЦАО (например, [Мохов и др., 2003]).

Заключение

Расчеты с помощью ансамбля сложных физико-математических моделей позволили получить физически обоснованную и количественно согласованную картину изменений климата России в XXI веке. Эти изменения зачастую продолжают тенденции, наблюдавшиеся в последние четверть века, а по своим масштабам и интенсивности превосходят их.

В течение XXI века средняя температура приземного воздуха в целом по России будет продолжать повышаться. Наибольшего потепления следует ожидать в Сибири и в северных регионах России, а также в Арктике. В Сибири и на Дальнем Востоке число морозных суток может сократиться от 2 недель до месяца.

Рост наиболее высоких в году суточных максимумов температуры приземного воздуха к середине XXI века на всей территории Союзного государства будет меньшим, чем рост ее годовых минимумов и разность между самой низкой и самой высокой суточными температурами в году (годовой амплитуды экстремальной температуры) уменьшится на всей территории России и, особенно, на ее европейской части и в Беларуси.

Ожидается также уменьшение числа случаев с экстремально низкими температурами, обусловленное не только ростом среднесуточной температуры, но и отрицательным трендом ее изменчивости.

Число дней с суточной температурой выше 90-й перцентили по отношению к летнему распределению в базовый период увеличится. В ряде регионов (Крайний Север, черноземная полоса России) увеличится число дней с экстремально высокими суточными температурами. На Северном Кавказе увеличится продолжительность эпизодов с экстремально высокой температурой (на 20 дней и более).

Следует ожидать увеличения осадков большой интенсивности практически по всей территории Союзного государства, однако на фоне общего роста осадков к середине 21-го века интенсивность зимних осадков окажется менее экстремальной по сравнению с концом 20-го века.

Список использованных источников

Говоркова В.А., В.М. Катцов, 2008: Изменения климата стран «ближнего зарубежья» России в 21-м веке – Труды ГГО (сдано в печать).

Катцов, В.М., В.П.Мелешко, В.А. Говоркова, Е.Д. Надежина, Т.В. Павлова, И.М. Школьник, 2008: Модели, предназначенные для оценки будущих изменений климата. В кн: Первый Оценочный Доклад Росгидромета «Изменения климата и их последствия на территории Российской Федерации» (А.И. Бедріцкий и др., ред.), т.1.

Мелешко В.П., В.М. Катцов, В.А. Говоркова, Е.Д. Надежина, Т.В.Павлова, П.В. Спорышев, И.М. Школьник, Б.Е. Шнееров, 2008: Изменения климата России в 21-м веке. В кн: Первый Оценочный Доклад Росгидромета «Изменения климата и их последствия на территории Российской Федерации» (А.И. Бедріцкий и др., ред.), т.1.

Мохов И.И., Семенов В.А., Хон В.Ч. Оценки возможных региональных изменений гидрологического режима в XXI веке на основе глобальных климатических моделей – *Известия АН, Физика атмосферы и океана*. 2003, 39, №.2, 150-165.

Росгидромет, 2008: Первый Оценочный Доклад Росгидромета «Изменения климата и их последствия на территории Российской Федерации» (А.И. Бедріцкий и др., ред.), Том 1. Изменения климата. Рук. В.П.Мелешко. Москва, 2008, 227 с.

Школьник И.М., В.П.Мелешко, В.М.Катцов. Возможные изменения климата на европейской части России к концу 21 века: расчет с региональной моделью ГГО. – *Метеорология и гидрология*. 2006, 3, 5-16.

Alexander L.V., X. Zhang, T. C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. M. G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D. B. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci, and J. L. Vazquez-Aguirre. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. – *J. Geophys. Res.* 2006, Vol. 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein-Tank, and T.Peterson. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. – *Clim. Res.* 2002, 19, 193-212.

Hegerl G., F.W.Zwiers, P.A.Stott, and V.V.Kharin. Detectability of anthropogenic changes in annual temperature and precipitation extremes. – *J. Climate*. 2004, 17, 3683-3700.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W.Collins, D. Deaven, L. Gandin, M Iredell, S. Saha, G.White, J. Wollen, Y.Zhu, M. Chelliah, W.Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K.C. Mo, C. Ropelewski, J.Wang, A.Leetma, R. Reynolds, R. Jenne and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40- year reanalysis project. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 77, 437-471.

Kanamitsu M., W.I. Ebisuzaki, J. Woollen et al., 2002: NCEP–DOE AMIP-II Reanalysis (R–2). *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 83, № 11, 1631–1643.

Khariin V.V., F.W. Zwiers, X. Zhang, 2005: Intercomparison of near-surface temperature and precipitation extremes in AMIP-2 simulations, reanalyses, and observations. *J. Climate*, 18, 5201-5223.

Khariin, V.V., F.W. Zwiers, X. Zhang, and G.C. Hegerl, 2007: Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. *Journal of Climate*, 20, 1419-1444.

Kiktev, D., D. Sexton, L. Alexander, and C. Folland, 2003: Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes. *J. Climate*, 16, 3560-3571.

Vavrus S., J.E. Walsh, W.L. Chapman, D. Portis, 2006: The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming. *International Journal of Climatology*, 26, 1133-1147.

3. Проект 3.3. Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодных-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды» на 2007-2011 гг.

Введение

Для достижения устойчивого развития страны, т.е. построения устойчивой экономической и общественной инфраструктур, а так же гибких социальных систем в условиях меняющегося климата, необходимо принятие комплекса экономических, технических, социальных, административных и даже политических мер.

Являясь крупнейшей частью непромышленного несельскохозяйственного сектора экономики строительный комплекс имеет ключевое значение для развития целого ряда смежных отраслей: транспорта, социальной сферы и др.

Изменение климата заметно влияет на характер строительной индустрии, где учет климата является традиционным. Уязвимость строительства, которая на первый взгляд кажется не столь большой по сравнению с другими секторами экономики, вследствие долговременности строений и учета климатических параметров уже на стадии проектирования (с добавлением некоторой дополнительной прочности зданий), на самом деле достаточно велика. Так в осенне-зимний и зимне-весенний периоды в ряде регионов (на Европейской территории России, в Приморье и др.) вследствие увеличения повторяемости оттепелей и заморозков уже сейчас наблюдается ухудшение условий эксплуатации зданий и уменьшение долговечности зданий. Эта тенденция к 2015 г. может привести к сокращению периода доремонтной эксплуатации зданий до двух раз.

Для вновь строящихся зданий и сооружений (газо- и нефтепроводов) требуется предусмотреть добавочную прочность фундаментов зданий, заглубление опор надземных трубопроводов и прокладки на большей глубине подземных

Решение одной из ключевых проблем экономики – высокой энергоемкости – также во многом лежит в сфере строительства, где необходимо обеспечивать сбережение энергии как во время строительных работ, так и в процессе эксплуатации здания. Динамика строительства является одним из индикаторов, по которым можно судить об общем прогрессе страны.

Применение современных технологий, в том числе включающих учет меняющихся климатических условий, позволит снизить требования к инфраструктуре, улучшить эксплуатационные качества зданий, сократить потребление энергии, увеличить долговечность зданий.

Проблема снижения энергопотребления и выбросов CO₂ является весьма актуальной для всех стран мира, в том числе и в строительном секторе. Энергосберегающее строительство и реконструкция зданий станет важнейшей темой на

очередной выставке BAU, которая пройдет с 12 по 17 января 2009 г. В Мюнхене. Как отмечается в последнее время специалистами в области строительства, новые технологии возведения зданий призваны обеспечивать более эффективное использование энергии. Применяемые при возведении новых зданий методики служат примерами того, как это следует делать. Основной целью является строительство домов, которые производят больше энергии, чем потребляют. Однако наибольший потенциал в вопросах снижения выбросов CO₂ лежит в сфере реконструкции и модернизации домов, так как около 40% от общего энергопотребления в странах Евросоюза приходится на уже существующие здания.

Новые законодательные нормы Германии по энергосбережению (EnEV — Energieeinsparverordnung) направлены на то, чтобы снизить энергопотребление зданий и, таким образом, уменьшить выбросы тепличного газа CO₂, влияющего на изменение климата. С другой стороны, обязательное соблюдение требований по энергосбережению побуждает производителей и поставщиков в области строительства все больше внимания уделять разработке инновационных технологий и материалов и активно предлагать их потребителям. Демонстрацией подобных новшеств и станет предстоящая выставка BAU 2009. Улучшению энергосберегающих характеристик зданий способствует следующее: постоянный контроль с помощью приборов и вручную за степенью солнечного затенения, преломления света и вентиляцией; оптимизация тепловой защиты в летний период; активное использование солнечной энергии с помощью гелиотермических воздухохранилищ и фотоэлектрических элементов; энергосбережение с помощью рациональной конструкции каркаса здания; снижение уровня искусственного освещения за счет естественного света; улучшение теплоизоляционных свойств (коэффициента теплоусвоения); минимизация потерь тепла.

Европейские страны с 2006 года начали выполнять Директиву ЕС по энергоэффективности зданий (EPBD) не позднее 4 января 2006 г. Цель этой Директивы – значительно улучшить эффективность использования энергии в зданиях. Заметим, что энергия, используемая внутри помещений, составляет сейчас 40% конечного спроса стран ЕС на энергию. Директивой предусмотрены четыре основных мероприятия: внедрение обоснованной методологии вычисления энергоэффективности зданий; внедрение новых минимальных стандартов для новых зданий и для реконструируемых больших старых зданий; введение сертификации возводимых, продаваемых или сдаваемых в наем зданий и сооружений; и, последнее, регулярные проверки систем отопления и охлаждения. Из сферы действия этой Директивы исключены только исторические и промышленные здания. Все остальные общественные здания должны предъявлять (по требованию посетителей) сертификат энергоэффективности.

В России по инициативе Экспертного совета при Совете при Президенте РФ по реализации приоритетных национальных проектов, под руководством Д. А. Медведева реализуется проект "Российский дом будущего", в рамках которого предполагается сформировать концепцию жилищной застройки в России, учитывая, в том числе современные энергоэффективные технологии. В Госдуму 17 октября 2008 г. был внесен законопроект "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности", согласно которому соблюдение энергоэффективных норм станет обязательным требованием. Особое внимание отводится энергосбережению в зданиях. В частности, для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, разрабатывающих и внедряющих энергосберегающие технологии, предусмотрена государственная поддержка в виде бюджетных субсидий. В то же время, с помещений, которые не соответствуют установленным коэффициентам энергоэффективности, будет взиматься плата.

В России имеется огромный потенциал по повышению эффективности потребления энергии. В настоящее время энергоемкость экономики России превышает среднемировой показатель в 2,3 раза, а средний показатель для стран ЕС – в 3,2 раза. Потенциал энергосбережения в России оценивается в 39-47% текущего потребления энергии, из них около четверти приходится на жилищно-коммунальное хозяйство. Жилищно-коммунальный сектор России является одним из основных и наиболее неэффективных потребителей энергии (потери энергии в зданиях составляют около 40% от ее потребления).

Выступая на Генеральной Ассамблее ООН в ходе тематических прений «Решение проблемы изменения климата: действия ООН и мирового сообщества», постоянный представитель Республики Беларусь при ООН Андрей Дапкюнас подчеркнул, что самые передовые технологии в области новых и возобновляемых источников энергии, энергоэффективности и энергосбережения должны стать общечеловеческим достоянием. Он считает, что только в этом случае можно будет рассчитывать на серьезный прогресс в снижении выбросов парниковых газов и предупреждении глобального потепления.

«ООН уже сейчас следует предпринять практические меры для создания механизма расширения доступа развивающихся стран и стран с переходной экономикой к новым и новейшим технологиям, помогающим предупреждать неблагоприятное изменение климата, в том числе технологий в сфере новых и возобновляемых источников энергии, энергоэффективности и энергосбережения», — заявил посол Беларуси.

3.1. Оценка изменений климата на территории Республики Беларусь

Наблюдаемое изменение климата (глобальное потепление) напрямую связывается с увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере. Скорость и величины

глобального потепления и его отклик в отдельных регионах зависят от величин глобальных выбросов парниковых газов в атмосферу Земли в будущем.

Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) предложен ряд сценариев эмиссии парниковых газов В качестве инструмента оценки изменений климата в 21-м в. в ГУ «ГГО» [Мелешко и др.,] используются модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Расчеты эволюции климата в 21-м в. выполнялись с использованием двух сценариев МГЭИК роста концентрации парниковых газов и аэрозоля – А2 и В2. Эти сценарии, в числе других новейших сценариев МГЭИК, представлены в Специальном Докладе о Сценариях Выбросов (СДСВ) [SRES, 2001]. Сценарии А2 и В2 можно рассматривать как промежуточные в группе сценариев МГЭИК. До середины 21-го в. различия между ними невелики, во всяком случае, в средних глобальных оценках изменения климата. В отдельных случаях мы приводим результаты для предшествующей СДСВ группы сценариев МГЭИК (IS92).

Расчеты современного климата с помощью моделей, участвующих в международных программах сравнений АМIP, показали, что средние по ансамблю характеристики климата лучше согласуются с наблюдениями, нежели рассчитанные с помощью отдельных моделей. Преимущества мультимодельных оценок будущих изменений климата обсуждаются в докладе МГЭИК [IPCC, 2001]. Следуя критериям [Smith et al., 1998] (время создания используемой версии МОЦАО; разрешение; качество расчетов современного климата и его эволюции в прошлом; доступность результатов расчетов возможных в будущем состояний климатической системы), в ГГО отобрали семь МОЦАО, названия и характеристики которых приводятся в таблице 3.1.

Сравнительный анализ моделей, участвовавших в программе АМIP, показал, что имеется ряд моделей, которые демонстрируют высокое качество расчета сезонного хода радиационных, термических и влажностных характеристик климата на крупных водосборах. При этом подавляющее большинство характеристик климата, полученных по ансамблю моделей, лучше согласуются с данными наблюдений, чем соответствующие характеристики отдельно взятых моделей, даже высокого качества.

В ГГО был проведен сравнительный анализ некоторых наиболее важных характеристик климата, рассчитанных по ансамблю моделей МГЭИК и полученных по данным наблюдений для водосборов отдельных крупных рек или группы рек на территории России и сопредельных с ней регионах. Для анализа были выбраны следующие водосборы: Балтийский водосбор, включающий все реки Скандинавии, прибалтийских стран и северо-запада России, впадающие в Балтийское море; группа северных рек европейской части России, впадающих в Северный Ледовитый океан (Печора, Северная Двина, Мезень и др.); группа южных рек, впадающих в Черное и Азовское моря (Днепр, Днестр, Дон, Кубань); а также Волга и Урал; Обь; Енисей; Лена.

Таблица 3.1. - МОЦАО МГЭИК

Модель (в скобках дано краткое обозначение)	Центр, страна	Описание	Разрешение атмосферного компонента	Разрешение океанского компонента
CGCM2 (CGC)	CCCma, Канада	Flato and Boer, 2001	T32 (3.8 x 3.8) L10	1.8 x 1.8 L29
CSIRO_Mk2 (CSI)	CSIRO, Австралия	Gordon and O'Farrell, 1997	R21 (3.2 x 5.6) L9	3.2 x 5.6 L21
CSM 1.4 (CSM)	NCAR, США	Boville et al., 2001	T42 (2.8 x 2.8) L18	2.0 x 2.4 L45
ECHAM4/ OPYC3 (ECH)	MPI, Германия	Roeckner et al., 1996	T42 (2.8 x 2.8) L19	2.8 x 2.8 L11
GFDL_R30_c (GFD)	GFDL, США	Delworth et al., 2003	R30 (2.25 x 3.75) L14	2.25 x 1.875 L18
HadCM3 (HAD)	UKMO, Великобритания	Gordon et al., 2000	2.5 x 3.75 L19	1.25 x 1.25 L20
PCM (PCM)	NCAR, США	Washington et al., 2000	T42 (2.8 x 2.8) L18	0.67 x 0.67 L32

Для оценки будущих изменений климата в качестве основного был выбран сценарий эмиссий В2, поскольку именно для этого сценария мы располагали наибольшим объемом модельных данных. Все изменения климата в 21-м в. Получены по отношению к базовому климатическому периоду 1981-2000 гг.

3.1.1 Некоторые результаты модельных оценок изменений климата на территории Республики Беларусь

К середине текущего столетия по сценарию сильного потепления средние годовые температуры воздуха на всей территории Беларуси возрастут. Величина потепления для большей части территории республики составит около 1,5°C. На севере Беларуси величина потепления несколько меньше (0,5 – 1,0°C). Наибольшее потепление ожидается на юго-востоке республики (более 2,0°C).

По сценарию слабого потепления также ожидается увеличение средних годовых температур на всей территории Беларуси, однако, несколько меньшее, чем по сценарию сильного потепления (на 0,1 – 0,3°C). Поскольку ход изотерм по обоим сценариям аналогичен, то по данному сценарию также наибольшее потепление ожидается на юго-востоке республики (>1,5°C), а потепление на севере составит 0,5 – 0,8°C.

К периоду 2080-99 гг по сценарию сильного потепления ожидается дальнейшее увеличение средней температуры воздуха. По сравнению с серединой века температура воздуха возрастет еще примерно на 1,0°C. По сценарию слабого потепления температуры воздуха по сравнению с серединой века возрастут незначительно (0,1 – 0,3°C).

К 2050 году по сценарию сильного потепления средние годовые скорости ветра на всей территории Беларуси возрастут. Увеличение скорости ветра составит около 2 м/с. Наибольшее увеличение скорости ветра ожидается на юго-востоке республики (2,5 м/с и более).

По сценарию слабого потепления на большей части территории Беларуси также ожидается увеличение средних годовых скоростей ветра, однако, менее сильное, чем по сценарию сильного потепления (0,5 м/с и менее). Наибольшее увеличение скорости ветра ожидается на юго-востоке Беларуси (около 0,9 м/с).

К периоду 2080-99г.г. ожидается дальнейшее увеличение скорости ветра, однако, это увеличение незначительно и по сравнению с 2050г. составит 0,1 м/с. Кроме того, дальнейшее увеличение скорости ветра будет иметь место не для всей территории Беларуси.

К середине XXI века в соответствии со сценарием сильного потепления на территории Белоруссии годовые суммы осадков увеличатся по сравнению с периодом 1981-2000 года в среднем на 150-200 мм. Наибольшее количество осадков (около 850 мм) ожидается в северной и юго-западной частях республики, наименьшее (около 750 мм) – в юго-восточной части.

По сценарию слабого потепления в северо-восточных и восточных районах годовые суммы осадков составят 850-900 мм, а в южных районах – 760-800 мм.

К концу столетия по сценарию сильного потепления в республике будет преобладать широтное распределение осадков. При этом на севере годовое количество осадков возрастет до 900 мм, а на юге – до 800 мм. Аналогичное распределение осадков ожидается и по сценарию слабого потепления.

3.1.2 Зависимость строительной отрасли от климата и его изменений

Строительство невозможно без учета влияния окружающей среды и, в первую очередь, климатических условий. Поэтому ориентация на климат в строительном проектировании и при производстве строительных работ является традиционной. В нормативных документах по строительству много места занимают строительные нормативы (СНиП, ТСН). В последнее время в связи с кардинальными изменениями инфраструктуры строительства многие нормативные показатели перешли из разряда

обязательных при разработке проектов строительства в разряд желательных для использования при проектировании.

«Дерево» климатических ресурсов для строительства



Рисунок 3.1 - «Дерево» климатических ресурсов для строительства

Количество учитываемых климатических характеристик возросло и их форма и содержание значительно усложнилась в связи с необходимостью достижения их адекватности современным требованиям пользователей. На рисунке 3.1 представлены этапы строительства и обеспечивающая их специализированная климатическая информация. Вычисление данных показателей опирается на специализированные наблюдения по срокам и осредненные за сутки. Информация месячного разрешения используется лишь для расчета характеристик отопительного периода и частично для расчета долговечности зданий. В известной литературе по влиянию изменения климата строительству уделяется мало внимания. Авторы, затрагивающие данный вопрос, лишь отмечают, что потепление приведет к снижению затрат в указанном секторе. Однако, не все так однозначно. Рассмотрим влияние изменения климата на отдельных этапах.

3.2.1 Тепловой режим зданий

Тепловой режим зданий обеспечивается принятием оптимальных и допустимых санитарных норм и поддерживается энергосистемами зданий (системами отопления, вентиляции и кондиционирования). Проектирование этих систем находится в тесной взаимосвязи с проектированием теплозащиты зданий, т.е. ограждающих конструкций.

Ограждающие конструкции должны обладать определенными теплозащитными свойствами, что обеспечивается толщиной стен и качеством строительных материалов. Основным климатическим параметром для расчета требуемого сопротивления теплопередаче является расчетная зимняя температура воздуха (температура наиболее холодной пятидневки или суток в зависимости от назначения зданий).

По сценарию сильного потепления к 2015 г ожидается повышение температуры наиболее холодных суток, которое для Беларуси составит около $0,7-1^{\circ}\text{C}$, а при росте температуры воздуха наиболее холодных суток на 1°C термическое сопротивление ограждающих конструкций может быть уменьшено на 10-20%. Таким образом, ужесточение требований к теплозащите зданий, если не менять параметров СНиП, произойдет само по себе. Тем не менее, следует выполнять дальнейшие исследования в этом направлении.

Для проектирования систем вентиляции и кондиционирования, в теплый период года служат температуры:

- с обеспеченностью 98,0 % - при проектировании систем кондиционирования воздуха жилых, общественных, и основной массы производственных зданий;
- с обеспеченностью 95,0 % - при проектировании систем вентиляции воздуха зданий и сооружений всех назначений.

Совместная необеспеченность сочетаний температуры и энтальпии, превышающих расчетные значения соответственно равна 250 и 417 ч/год. Указанным значениям в часах соответствует определенная обеспеченность в процентах – 97,1% и 94,6%.

В холодный период года для расчета энергетических систем служат температуры:

- с обеспеченностью 0,5% - при проектировании отопления и кондиционирования воздуха общественных, жилых и основной массы производственных зданий, а также вентиляции, рассчитанной на удаление вредных веществ (параметр Б);
- с обеспеченностью 6,0% - при проектировании вентиляции жилых, общественных и основной массы производственных зданий и сооружений всех назначений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ, при проектировании кондиционирования воздуха некоторых сельскохозяйственных зданий (параметр А).

Значения энтальпии – 99,0% и 91,5% соответственно.

При глобальном потеплении ожидается (и наблюдается на большей части суши) рост максимальных температур и числа жарких дней (когда температура превосходит заданное пороговое значение). Сравнительно медленное потепление в летний сезон, проявляющееся уже в настоящее время практически на всей территории Беларуси, приведет к росту числа дней с высокими значениями температуры воздуха и значительному увеличению вероятности экстремально продолжительных периодов с

критическими значениями температуры воздуха (годовые максимумы продолжительности таких периодов возрастут в 1,1-1,5 раза). Это увеличит затраты на кондиционирование зданий. Следует отметить, что небольшая часть средств, полученных за счет удешевления систем отопления, может быть направлена на использование в системах вентиляции и кондиционирования.

3.2.2 Долговечность зданий и сооружений

В процессе эксплуатации каждое здание подвергается внешним воздействиям, которые принимаются во внимание в проектах путем подбора материалов и конструкций, защиты их специальными покрытиями и т.д. Эксплуатационные затраты на здание в процессе его службы в 2-3 раза превышают расходы на его строительство. Поэтому приобретают особую актуальность вопросы безремонтной эксплуатации, т.е. выбора конструкции, не требующей капитального ремонта.

Существенное влияние на строительные материалы оказывают климатические факторы, с которыми связано увлажнение поверхности материалов, ее перегрев и переохлаждение, резкие перепады температуры и т.д.

При учете климатических факторов, влияющих на здания и сооружения, важную роль играет степень увлажнения наружной поверхности вертикальных ограждающих конструкций. Увлажнение стен отрицательно сказывается как на теплотехническом режиме здания, так и на его долговечности. Наибольшее влияние на прочность здания оказывает частота и интенсивность промачивания стыков плит в стенах здания. Замерзая и расширяясь, влага, попавшая в стыки, постепенно нарушает целостность и герметичность стен. Специализированным показателем климатических ресурсов, связанных с промачиванием стен, служит также количество жидких осадков, попадающих на вертикальную поверхность («косые дожди»), которое зависит от количества и продолжительности осадков и скорости ветра. Как уже было показано, к середине XXI века в соответствии со сценарием сильного потепления на территории Белоруссии годовые суммы осадков увеличатся по сравнению с периодом 1981-2000 года в среднем на 150-200 мм.

Для оценки неблагоприятного термического воздействия на стены оценивается морозостойкость материалов в зависимости от климатических параметров. Морозостойкость – условная характеристика, которая измеряется числом циклов попеременного замораживания и оттаивания насыщенного водой материала без существенной потери технических свойств. Колебания отрицательной температуры наружного воздуха приводят к изменению положения нулевой температурной точки в толще стены. Миграция нулевой изотермы, а следовательно многократное замораживание

и оттаивание материала приводят к постепенному его разрушению. В связи с увеличением повторяемости оттепелей и заморозков в осенне-зимний и зимне-весенний периоды в наблюдается ухудшение условий эксплуатации зданий и уменьшение их долговечности. Эта тенденция к 2015 г. может привести к сокращению периода до ремонтной эксплуатации зданий до 2 раз. Как показало совместное исследование института энергетики Санкт-Петербурга и Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, в Санкт-Петербурге здания из керамзитобетона вместо расчетных 50 лет имеют долговечность 20 лет.

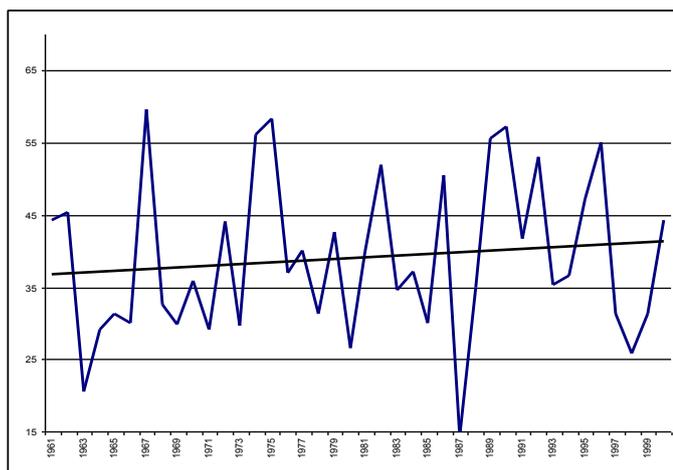


Рисунок 3.2 Зимние оттепели на территории Беларуси

3.2.3 Нагрузки на здания и сооружения

Снеговые нагрузки. В строительстве и эксплуатации различных сооружений и дорог снежный покров является отрицательным фактором, создающим нагрузки и заносы. Снеговая нагрузка на различные покрытия определяется весом снежного покрова на единицу площади. Величина снеговой нагрузки определяется комплексом метеорологических параметров: количеством осадков, температурой воздуха, скоростью ветра. От температурного режима зависит, во-первых, продолжительность морозного периода, во время которого происходит накопление снега, и доля твердых осадков, образующих снежный покров, во-вторых, повторяемость оттепелей, уменьшающих снегозапасы. Повышение зимних температур приводит к сокращению морозного периода и уменьшению доли твердых осадков. Так установлено, что на ЕЧР, увеличение средней годовой температуры воздуха на 1°C приводит к снижению доли твердых осадков на 5–6%. Можно предположить, что такая же тенденция сохраниться и для Беларуси. Установлена, также зависимость числа дней с оттепелью и средней месячной температурой воздуха на ЕЧР, причем при потеплении число дней с оттепелью наиболее быстро возрастает в районах с высокими зимними температурами воздуха (южные и

западные районы ЕЧР). Таким образом, повышение зимних температур в некоторых районах даже при увеличении осадков может не привести к увеличению снеговой нагрузки. Оценить ее изменение при изменении климатических условий до 2030 г. и далее можно косвенно по изменению термического режима и режима осадков на этот период.

Опасность для народного хозяйства представляют и сильные снегопады. За сильный снегопад принимается такой, когда прирост снега за сутки составляет не менее 10 см. Ожидаемое на территории Беларуси увеличение зимних осадков к 2030 г. приведет к некоторому увеличению повторяемости сильных снегопадов, что потребует увеличения парка снегоуборочной техники.

Территория Беларуси характеризуется довольно высокими зимними температурами воздуха и большим числом дней с оттепелью. Повышение зимней температуры на 1,0°C приведет к сокращению морозного периода, доли твердых осадков и к увеличению числа дней с оттепелью. Поэтому, увеличение количества зимних осадков приведет не к увеличению, а к снижению снеговой нагрузки до 20% и более.

Гололедные нагрузки. В результате осаднения того или иного вида гололедного отложения на предметах создаются гололедные нагрузки. Особенно большое влияние они оказывают на работу воздушных линий связи и электропередачи. Отложение атмосферного льда создает на проводах дополнительную весовую нагрузку, увеличивает их парусность и вибрацию, вызывает скручивание. Это приводит к преждевременному износу проводов, а порой к их обрыву и даже к разрушению линий. Величина этой нагрузки оказывает решающее влияние на выбор конструктивных параметров линий, так как в ряде случаев вес гололеда превышает собственный вес проводов.

Вид отложения зависит от размеров капель и скорости их замерзания при соприкосновении с какими-либо предметами. Если капли крупные, то они чаще наблюдаются при температуре, близкой к 0°C, и замерзают медленно, успевая растечься и образовать пленку воды. Замерзшая пленка образует гололед. Наиболее вероятная температура воздуха, при которой он возникает, находится в пределах от 0 до -3°C. Замерзание мелких капель при более низкой температуре приводит к образованию зернистой изморози. Наиболее вероятный интервал температуры ее возникновения от -3 до -8°C. Чаще всего она возникает в тихую погоду, когда наблюдается мелкокапельный туман или дымка при температуре от -11 до -25°C, но в отдельных случаях может образоваться и при -40°C. Отложения мокрого снега возникают при температуре около 0°C. Сложные отложения образуются при последовательном образовании различных видов гололедно-изморозевых отложений и состоят из нескольких слоев с различными свойствами. Наиболее плотным видом отложения является гололед. Его плотность составляет 0,6 – 0,9 г/см³, а наименее плотным – кристаллическая изморозь - 0,01 – 0,08

г/см³. Наиболее тяжелый ущерб народному хозяйству наносят отложения, имеющие большую плотность. Кристаллическая изморозь является менее опасным видом отложений.

Влияние скорости ветра на величину отложения велико. Чем сильнее ветер, тем больше капель осаждается на провод в единицу времени и, следовательно, тем интенсивней происходит процесс отложения льда. Это не относится к отложениям кристаллической изморози, которая разрушается уже при незначительном усилении ветра. Увеличение скорости ветра приводит и к увеличению гололедно-ветровой нагрузки (совместное действие гололедной и ветровой нагрузки на конструкцию).

Увеличение гололедной нагрузки требует утяжеления опор, увеличения их числа на единицу длины. Хотя возможны все виды отложений, для определенной территории характерно преобладание какого-либо одного или нескольких видов отложений.

Возможно дать лишь качественную оценку изменений гололедной нагрузки при изменении климата.

На территории Беларуси преобладают отложения кристаллической изморози (50-70%, на севере - >70%) . При повышении температуры воздуха и увеличении осадков повторяемость кристаллической изморози уменьшится, а более плотных отложений несколько возрастет. Однако, уменьшение скорости ветра не будет благоприятствовать росту плотных отложений. Здесь возможно небольшое увеличение гололедной нагрузки.

Ветровые нагрузки. Ветровая нагрузка возникает вследствие давления ветрового потока на сооружение. Учитывается при проектировании зданий высотой более 40 м. Для таких сооружений, как телевизионные и радиомачты, башни, опоры линий электропередачи, дымовые трубы ветровая нагрузка является основной. Статическая ветровая нагрузка (Q , кг/м²), нормальная к поверхности сооружения или к его элементу определяется по формуле:

$$Q = C_x * q \quad (1)$$

где C_x – аэродинамический коэффициент (коэффициент лобового сопротивления сооружения),

q – скоростной напор ветра (давление ветра на единицу поверхности в кг/м²)

Величина q определяется по соотношению: $V_p^2 / 16$, где V_p – расчетная скорость 10-минутного осреднения на высоте 10 м над поверхностью земли.

Климатическим параметром является скоростной напор ветра.

Уменьшение скорости ветра привело к ослаблению ветровых нагрузок в среднем на территории Беларуси.

3.1.3 Предложения по адаптации к меняющемуся климату и пересчету климатических параметров для строительства.

Происходящие потенциальные воздействия меняющегося климата на экономику и социальную сферу и уязвимость этих сфер стимулирует разработку возможных стратегий адаптации и реагирования на изменения климата для достижения устойчивого развития страны. Нынешние изменения климата отличаются тем, что темпы и продолжительность потепления за последний век превышают этот показатель за любой другой период времени за последние несколько тысяч лет. С потеплением связан ряд изменений в экосистемах. Эти перемены могут оказать глубокое воздействие на прогресс в направлении устойчивого развития. Неотложность адаптационных задач очевидна. Адаптация представляет собой степень приспособляемости системы к произошедшему или ожидаемому изменению условий. Это комплекс экономических, технических, социальных, административных и даже политических мер, которые позволяют построить устойчивые общественные инфраструктуры и гибкие социальные системы. Уязвимость предопределяет масштабы вреда или ущерба, который может быть причинен в результате изменения климата. Она зависит не только от чувствительности к изменению климата, т.е. ответной реакции системы на изменение климата, но и от ее способности к адаптации.

В настоящее время существует 6 основных стратегий адаптации к изменению климата:

- принятие заблаговременных мер для предотвращения ущерба;
- сокращение ущерба до приемлемого уровня;
- распределение или разделение ущерба (оказание помощи пострадавшим от бедствий);
- изменение структуры потребления или рода своей деятельности;
- смена места осуществления деятельности;
- восстановление того или иного объекта, пострадавшего от стихийных явлений.

Для разработки адаптационных мер, естественно, необходимо оценить уязвимость различных эко- и технических систем за счет изменчивости и изменений климата и затем тщательно следить за процессом глобального потепления, повышением уровня моря, загрязнением воздуха и воды, экстремальными погодными явлениями и другими подобными явлениями, т.е. проводить мониторинг изменений климата и последствий этого. Очень важны при этом ранние предупреждения об опасных климатических явлениях.

Происходящее потепление в целом благоприятно скажется на тепловом режиме и процесс строительства зданий. При том же расходе топлива и толщине ограждающих

конструкций температура в помещении будет выше. Проводимую в настоящее время политику на утолщение ограждающих конструкций в целях энергосбережения можно в ближайшее десятилетие приостановить.

3.3 Методы расчета климатических характеристик для строительства в условиях меняющегося климата

В соответствии с описанными выше сценариями имеется столько же вариантов увеличения глобальной температуры воздуха, причем каждый вариант имеет свои пределы неопределенности. Наиболее надежным инструментом для моделирования физических процессов, определяющих климатические изменения, считаются трехмерные численные модели общей циркуляции. Качество воспроизведения климатическими моделями изменений температуры воздуха в масштабах полушарий и континентов выше, чем для отдельных регионов. Кроме того, качество оценок изменения регионального климата зависит от расположения региона, его физико-географических условий и используемых моделей. Большое осреднение по площади, характерное для глобальных моделей, уменьшает амплитуду колебаний региональных климатических характеристик.

Несмотря на значительные неопределенности, модели успешно применяются для описания глобального климата в целом и климата отдельных регионов. Результаты, получаемые по глобальным моделям общей циркуляции атмосферы и океана, представляют собой наиболее подходящую основу для построения региональных сценариев изменения климата и региональных оценок уязвимости. При использовании результатов глобальных моделей для оценки региональных климатических изменений необходимо учитывать присущие отдельным регионам географические особенности, связанные с рельефом местности, водными объектами, характером подстилающей поверхности и др. Для этой цели используются методики «downscaling», с помощью которых даваемые моделями климатические характеристики преобразовываются к необходимым для дальнейшего использования метеорологическим параметрам с нужным пространственным (spatial) и (или) временным (temporal) разрешением.

Downscaling — это метод выведения информации локального и регионального масштаба (от 10 до 100 км) из более крупномасштабных моделей или анализа более крупномасштабных данных.

Различают два основных метода: динамическое уменьшение масштаба и эмпирическое/статистическое уменьшение масштаба. При динамическом методе используются выходные данные региональных моделей климата, глобальных моделей с переменным пространственным разрешением или глобальных моделей с высоким разрешением. При эмпирических/статистических методах разрабатываются статистические зависимости, которые связывают крупномасштабные атмосферные

переменные с местными/региональными переменными климата. Во всех случаях качество результата, полученного путем уменьшения масштаба, зависит от качества базовой модели.

Существует целый ряд методов, которые могут быть использованы, например, множественной линейной регрессии, анализ основных компонентов и искусственных нейронных сетей. Тем не менее, исследователи должны понимать трудности, связанные с выбором метода. Например, в случае использования множественной линейной регрессии, переменные должны быть независимы, т.е. корреляция между ними должна приближаться к нулю.

Для обработки информации, полученной методом “downscaling” предполагается использовать ГИС технологии.

ГИС - это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов реального мира, также событий, происходящих на нашей планете. Эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эти возможности отличают ГИС от других информационных систем и обеспечивают уникальные возможности для ее применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира, с осмыслением и выделением главных факторов и причин, а также их возможных последствий, с планированием стратегических решений и текущих последствий предпринимаемых действий.

Программное обеспечение ГИС содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации. Ключевыми компонентами программных продуктов являются: инструменты для ввода и оперирования географической информацией; система управления базой данных (DBMS или СУБД); инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации (отображения); графический пользовательский интерфейс (GUI или ГИП) для легкого доступа к инструментам.. Наиболее важный компонент ГИС. – данные. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные данные могут собираться и подготавливаться самим пользователем, либо приобретаться у поставщиков на коммерческой или другой основе. В процессе управления пространственными данными ГИС интегрирует пространственные данные с другими типами и источниками данных, а также может использовать СУБД, применяемые многими организациями для упорядочивания и поддержки имеющихся в их распоряжении данных.

С помощью ГИС можно выявлять и задавать шаблоны для поиска, проигрывать сценарии по типу “что будет, если...”. Современные ГИС имеют множество мощных инструментов для анализа, среди них наиболее значимы два: анализ близости и анализ наложения.

Для многих типов пространственных операций конечным результатом является представление данных в виде карты или графика. Карта - это очень эффективный и информативный способ хранения, представления и передачи географической (имеющей пространственную привязку) информации. Раньше карты создавались на столетия. ГИС предоставляет новые удивительные инструменты, расширяющие и развивающие искусство и научные основы картографии. С ее помощью визуализация самих карт может быть легко дополнена отчетными документами, трехмерными изображениями, графиками и таблицами, фотографиями и другими средствами, например, мультимедийными.

Нам представляется, что в качестве основы наиболее целесообразно использовать программу НПО МэпМэйкерс - российской фирмы, производящей высококачественное программное обеспечение мирового уровня для сбора, обработки и представления метеорологической информации.

ГИС Метео - это интерактивный и работающий в режиме реального времени инструмент, предназначенный для использования в оперативной работе метеорологов. Он может быть с успехом использован и в таких областях, как агрометеорология, гидрология, океанология, экология и т.п.

Возможно получение метеорологических карт по любому региону земного шара с использованием оперативной информации из различных баз данных:

- ◆ Метеорологическая база данных, пополняемая в режиме реального времени
- ◆ База данных с информацией от метеорологических радиолокаторов
- ◆ База данных с изображениями, полученными с метеорологических спутников

Основным объектом, с которым работает пользователь ГИС Метео, является слайд, видимый на экране дисплея. Слайд - это географическая карта с помещенной на нее метеорологической и другой информацией. Пользователь может работать с любым числом слайдов. Количество слайдов ограничивается только доступным местом на жестком диске. Слайды организованы циклически так, что при создании нового слайда самый старый автоматически удаляется. С помощью ГИС Метео можно создавать новые слайды, помещать на них различную информацию, увеличивать участки слайда, печатать слайды и т.д. Построение карт осуществляется как в интерактивном, так и в полностью автоматическом режимах.

На один слайд может быть помещено несколько различных слоев информации. Один слой образует так называемую компоненту слайда. ГИС Метео обеспечивает около

пятидесяти различных видов компонент, размещаемых на произвольном количестве слоев. После добавления компоненты к слайду ее можно спрятать или показать, изменить ее форму представления, отредактировать составляющие ее данные. Можно также удалить ненужную компоненту слайда.

Обзор компонент ГИС Метео, необходимых для регионального прогноза климатической информации для строительства

Компонента "География" занимает особое место среди компонент ГИС Метео. Она всегда присутствует на слайде и представляет собой набор географических объектов, изображенных на карте. На карту можно нанести: параллели и меридианы (географическая сетка), береговую линию, реки и озера, границы стран, областей, экономических районов, заливку озер, суши и моря; объект, выделенный особым цветом, раскраску политической карты, рельеф суши и морского дна. С помощью встроенного инструмента можно измерить расстояние между точками и масштаб.

С помощью других компонент ГИС Метео можно получить карты широкого спектра выбора как информационного содержания, так и формы представления.

Компонента "Приземная наноска" - наноска на карту метеопараметров и явлений погоды по схеме стандартного пуансона с возможностью выбора размера и плотности наноски. Имеется возможность исключения в пуансоне не нужных метеопараметров с целью быстрой и компактной визуализации только выбранных сочетаний. В компоненте предусмотрена процедура доотбора опоздавших данных. В версии 1998 г. введена регулируемая толщина значка ветра (для печати на лазерных принтерах) и настройка на заданный для наноски список метеостанций.

Компонента "Наноска экстремальных температур и осадков" - наноска на карту по схеме минимальных (максимальных) температур, количества осадков за ночь (день), высоты снежного покрова (минимальной температуры поверхности почвы) В компоненте предусмотрена процедура доотбора опоздавших данных.

Компонента "Пожароопасность" - расчет и построение карт анализа и прогноза на сутки показателей горимости (ПГ) и класса горимости на 15 час. местного времени для территории СНГ. При построении карты анализа ПГ предусмотрен учет различных градаций выпавших осадков в зависимости от класса горимости. В качестве Приложения к карте выдаются таблицы ПГ по метео данным каждой метеостанции на вышеуказанной территории трех видов: названия метеостанций с максимальным классом и ПГ, с преобладающим классом и со всеми классами. Формы представления: цветной код, значения, цветное поле, изолинии. Поля для компоненты готовятся в технологической программе.

Компонента "Суммы и средние осадки и температуры в течение месяца" - расчет и построение карт следующих метеорологических элементов по всем метеостанциям,

подающим ежедневную информацию в коде КН-01: суммы осадков, максимальные температуры, минимальные температуры, число дней с осадками > 0.5 мм, за любой заданный интервал (от 2 до 30 дней), среднемесячное количество осадков по областям и их отклонение от нормы, среднемесячная температура по областям и ее отклонение от нормы (нормы рассчитаны во ВНИИГМИ МЦД). Формы представления: цветной код, значения, цветное поле, изолинии. Поля для компоненты готовятся в технологической задаче "Осадки".

Компонента "Климат, декада" - построение карт по данным, поступающим в коде Климат (декада): давление на уровне станции, давление на уровне моря, отклонение от нормы давления на уровне моря, норма давления на уровне моря, температура воздуха, отклонение от нормы температуры воздуха, норма температуры воздуха, упругость водяного пара, количество осадков, отклонение от нормы количества осадков, норма осадков, продолжительность солнечного сияния. Формы представления: цветной код, значения, цветное поле, изолинии (см пример "Количество осадков за декаду. Формы представления: значения и цветное поле").

Компонента "Климат" - построение карт по данным, поступающим в коде Климат (месяц): давление на уровне станции, давление на уровне моря, отклонение от нормы давления на уровне моря, норма давления на уровне моря, температура воздуха, отклонение от нормы температуры воздуха, норма температуры воздуха, упругость водяного пара, количество осадков, отклонение от нормы количества осадков, норма осадков, продолжительность солнечного сияния, дневной максимум температуры, дневной минимум температуры. Формы представления: цветной код, значения, цветное поле, изолинии.

Для целей расчета климатических характеристик для строительства в условиях меняющегося климата необходимо дополнительно к ГИС-Метео создать несколько дополнительных компонент: компонента прогноза по моделям в узлы координатной сетки, компонента специализированных характеристик и др.

Заключение

Ввиду выраженной в последнее 30-летие нестационарности климата, необходимо часто пересматривать нормативные параметры в СНиП. Наиболее перспективной формой нормирования меняющегося климата для строительных целей является создание территориальных норм по строительной климатологии (ТСН Беларуси). Следует также пересмотреть климатическую информацию основных глав СНиП: «Строительная климатологии», «Нагрузки и воздействия», «Нагрузки на гидротехнические сооружения», «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Для реализации указанных выше адаптационных мер необходимо провести ряд исследований в области прикладной климатологии и на основе результатов этих исследований предпринять некоторые организационные и административные действия. В частности, в области научных исследований:

- по продленным до 2008 года рядам метеорологических величин пересчитать основные нормативные характеристики, содержащиеся в главах СНиП;
- совместно со специалистами разработать новую методику расчета и использования специализированных климатических показателей для проектирования экономных систем вентиляции, отопления и кондиционирования;
- продолжить исследования по климатической агрессивности по отношению к зданиям с целью получения количественных оценок долговечности зданий и обеспечения более высокого качества теплоснабжения;
- проводить качественные измерения гололедно-изморозиевых образований и проанализировать материалы этих наблюдений за последние 30 лет;
- в связи с возросшей повторяемостью стихийных явлений и природных катастроф для предотвращения и смягчения последствий данных явлений, разработать методику расчета занормативных значений специализированных климатических показателей для строительства. Расчет вероятности таких показателей позволит усовершенствовать систему раннего оповещения о стихийных явлениях и тем самым предотвратить возможный ущерб от них. В некоторых случаях в строительные конструкции может быть заложена дополнительная прочность.

Для расчета специализированных характеристик в условиях меняющегося климата предлагается использование методик «downscalinga» и создания ГИС-компонентов для введения их в готовую ГИС-Метео.

Список используемых источников

1 В.П. Мелешко, В.М. Катцов, В.А. Говоркова, С.П. Малевский-Малевич, Е.Д. Надежина, П.В. Спорышев. Антропогенные изменения климата в XXI веке в Северной Евразии. *"Метеорология и гидрология"*, №7, 2004, с.5-27

2 Wilby, R.L. and Wigley, T.M.L. (1997): Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography* 21, 530-548.

3 Wilby, R.L., Wigley, T.M.L., Conway, D., Jones, P.D., Hewitson, B.C., Main, J. and Wilks, D.S. (1998): Statistical downscaling of General Circulation Model output: a comparison of methods. *Water Resources Research* 34, 2995-3008.

4. Проект 3.4. Совершенствование и развитие единых (унифицированных) форм и технологий представления климатических режимно-справочных пособий и иной продукции в интересах различных отраслей экономики (сельское, водное, жилищно-коммунальное хозяйство, строительство, транспорт, энергетика и т.д.)

Введение

При составлении режимно-справочных пособий (НСП), предназначенных для выполнения задач по климатологическому обеспечению отраслей ЖКХ в первую очередь следует руководствоваться следующими соображениями.

Разработка унифицированных методик определения специализированных характеристик для жилищно-коммунального сектора экономики является одним из условий его успешного развития.

Научно-справочное пособие должно содержать такой минимум необходимой информации для области ЖКХ, который позволяет потенциальному потребителю заведомо оценить, не окажется ли реализация какого-либо проекта для данной области слабоэффективной и предотвратить нерациональные его действия в случае реализации проекта.

Современное общество становится все более зависимым от чрезвычайных отклонений в отраслях жилищно-коммунального хозяйства, которые в значительной степени обусловлены неблагоприятными погодными условиями. Принятие правильных управленческих решений для предотвращения и уменьшения ущерба или ликвидации последствий воздействия неблагоприятных условий на объекты ЖКХ в значительной степени зависит от качества гидрометеорологического обеспечения.

Одним из условий качественного гидрометеобеспечения ЖКХ является предоставление специализированной метеорологической информации (фактической, прогностической, климатической). Задачей данного проекта является определение специализированных климатических параметров, оказывающих влияние на функционирование служб ЖКХ и разработка единых методик для их расчета.

Состав климатической информации, необходимый для обеспечения эффективной работы предприятий, выполняющих обслуживание населения, в первую очередь должен включать параметры:

- для системы водоснабжения и канализации с очистными сооружениями и сетями,
- для надежного функционирования автотранспорта,
- для бесперебойного функционирования электрических, газовых и теплофикационных распределительных сетей,
- для надежной эксплуатации отопительных котельных и ТЭЦ, обслуживающих население.

4.1. Состав специализированной климатической информации для различных отраслей жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ)

В состав ЖКХ входят электрические, газовые и теплофикационные распределительные сети, отопительные котельные и ТЭЦ, системы водоснабжения и канализации с очистными сооружениями и сетями, общественный пассажирский транспорт.

Службы ЖКХ обеспечивают жителей теплом, электричеством, водой, эксплуатируют дорожно-транспортную сеть, отвечают за содержание жилого фонда, дворовых территорий и зеленых насаждений, решают задачи санитарной очистки населенных пунктов от бытовых и промышленных отходов

ЖКХ представляет собой комплекс предприятий и служб, обеспечивающих функционирование системы жизнеобеспечения городов и других населенных пунктов.

4.1.1. Топливо-энергетический сектор

Энергетика является базовой отраслью жилищно-коммунального хозяйства. Система коммунального электроснабжения – это совокупность объединенных общим производственным процессом электрических сетей, сооружений и источников электрической энергии, эксплуатируемых электрической организацией жилищно-коммунального хозяйства.

ЖКХ является крупнейшим потребителем топливо-энергетических ресурсов. Оно опирается на теплоэнергетическое оборудование, обеспечивающее выработку тепловой и электрической энергии (ТЭЦ, районные и квартальные тепловые станции, мелкие котельные). Протяженность тепловых и газовых сетей, высоковольтных воздушных и кабельных линий электропередач составляет тысячи километров. Потребляемая ЖКХ энергия затрачивается на отопление зданий, освещение, бытовые и промышленные нужды.

В зимний период величина энергопотребления резко увеличивается за счет затрат на отопление зданий. В этот период энергетические предприятия становятся более зависимыми от метеорологических условий.

Потребление электрической энергии напрямую связано с величиной естественной освещенности и температурой наружного воздуха.

Наиболее важным показателем комфорта жилища является температурный режим, вследствие чего ***температуре наружного воздуха*** ТЭЖ придает первостепенное значение. По ней определяется количество топлива, необходимое для создания комфортной температуры в помещениях и для регулярного обеспечения населения

горячей водой. Из этого же параметра исходят и при расчете рабочего режима для тепловых станций и котельных.

Ветер и солнечная радиация искажают зависимость теплоотдачи зданий от наружной температуры воздуха. Поскольку учет влияния всех метеоэлементов одновременно является очень сложной задачей, Л.С. Гандиным предложен комплексный климатический показатель, названный **эффективной температурой**, с помощью которого можно рассчитать поправки к наружной температуре воздуха, за счет влияния ветра и солнечной радиации при различном количестве облаков / 1 /.

Поправки к наружной температуре воздуха рассчитываются как разность между эффективной температурой и температурой наружного воздуха. При разных метеорологических условиях степень влияния этих параметров различна: во время ветреной и пасмурной погоды поправка будет отрицательной, а во время солнечной – положительной.

При небольшой облачности и при слабом ветре за счет солнечной радиации здания получают дополнительное тепло, эквивалентное нескольким градусам. Это обстоятельство приобретает особое значение, когда решается вопрос о начале и окончании отопительного периода. Учет поправок позволяет экономить значительное количество топлива. Величина поправки к температуре наружной стены за счет солнечной радиации приведена в / 6 /.

Температура грунта (почвы на поверхности земли и на глубинах) влияет на охлаждение теплоносителя, проходящего по подземному трубопроводу за счет отдачи тепла более холодному грунту. Она используется при оценке тепловых потерь в теплосетях.

Температура воды в источнике, подающем воду для теплосети, является начальной температурой теплоносителя. Чем выше температура воды, тем меньше требуется тепла для повышения температуры теплоносителя до заданных значений. Эта характеристика используется для расчета отпуска тепла при определении среднечасового расхода на горячее водоснабжение.

Затраты ЖКХ на освещение зависят от **естественной освещенности**, на которую, в свою очередь, влияют:

- количество суммарной солнечной радиации, поступающей на земную поверхность,
- форма облаков, количество и распределение их по небосводу,
- явления, ухудшающие видимость (осадки, туман, метель)
- альbedo (отражательная способность) подстилающей поверхности.

Стабильность работы электросистемы в значительной степени зависит также от таких метеорологических условий как грозы, сильный ветер, гололедно-изморозевые явления, резкие изменения температуры воздуха, продолжительные сильные морозы или

жара могут стать причиной нарушений в работе дизельных электростанций, котельных, воздушных и кабельных сетей и др. объектов энергосистемы.

При решении задачи по обеспечению населенных пунктов теплом предприятиям ТЭК приходится учитывать влияние следующих метеорологических параметров:

- температуры наружного воздуха,
- количества поступающей на стены зданий солнечной радиации,
- влажности наружного воздуха,
- скорости ветра,
- температуры грунта,
- температуры воды в источнике, подающем воду для теплосети.

Кроме общеклиматических характеристик крайне необходим учет специализированных характеристик (табл.1).

Таблица 4.1 - Специализированные характеристики для топливно-энергетического комплекса

N п/п	Наименование характеристики
1	Продолжительность отопительного периода
2	Средняя температура отопительного периода
3	Температура самой холодной пятидневки
5	Эффективная температура
6	Понижение средней суточной температуры воздуха (от суток к суткам) $\geq 5^{\circ}$.
7	Температура грунта на глубине 1,6 м
8	Температура воды в источнике, подающем воду для теплосети
9	Естественная освещенность
10	Расчетная скорость ветра (м/с) у земли, возможная 1 раз в год, 5,10, 20, 25, 50, 100 лет.
11	Повторяемость числа дней с мокрым снегом
12	Повторяемость различных размеров отложений гололеда, зернистой и кристаллической изморози, смешанных отложений и отложений мокрого снега на проводах гололедного станка.
13	Снеговая нагрузка
12	Максимальная гололедно-ветровая нагрузка Q (кгс/м) при гололедно-изморозевых отложениях на провода диаметром 10 мм с высотой подвеса 10 м над поверхностью земли, возможная в n лет.
13	Максимальная глубина промерзания грунта

4.1.2. Системы водоснабжения, канализации, очистные сооружения

Работа служб ЖКХ зависит от климатических условий, в которых происходит эксплуатация канализационных сетей и коллекторов. Основные специализированные показатели, влияющие на их работу, представлены в таблице 2.

На работу канализационных систем и коллекторов влияет количество сточных и дождевых вод. Расчетные максимальные расходы сточных вод определяются с учетом дополнительного притока поверхностных и грунтовых вод в периоды наиболее сильных дождей, поступающего в сети канализации через плохо закрытые люки колодцев и за счет инфильтрации грунтовых вод.

Интенсивность дождя 20-минутной продолжительности выбрана потому, что за этот период выпавшие осадки должны стечь в систему канализации (исходя из параметров канализационных сетей, принятых в стране).

Для предохранения от замерзания канализационных сетей должен предусматриваться дополнительный сброс теплой воды (отработанной или специально подогретой), а также сопровождение участков трубопроводов, в наибольшей степени подверженных опасности замерзания, греющим кабелем или теплопроводом. Все эти мероприятия требуют больших материальных затрат, поэтому данные о глубине промерзания грунта чрезвычайно необходимы.

Средние для центральных районов европейской территории РФ, включая Белоруссию, значения этих важных показателей следующие: глубина промерзания грунта составляет 100-200 см, средняя интенсивность дождя 20-минутной продолжительности изменяется от 45 до 85 л/с на 1 га, а суточный максимум осадков – от 60 до 100мм.

Таблица 4.2 - Специализированные характеристики для систем водоснабжения, канализации, очистных сооружений

№ п/п	Наименование характеристики
1	Продолжительность и повторяемость периодов со среднесуточной температурой воздуха на 10° ниже нормы
2	Продолжительность и повторяемость периодов со среднесуточной температурой воздуха на 10° выше нормы
3	Суточный максимум осадков 1 % обеспеченности
5	Средняя интенсивность дождя продолжительностью 20 мин.
6	Глубина промерзания грунта
7	Число дней с дождем более 15 мм за 1 час, более 30 мм/12 час

При сильных и продолжительных морозах возникают угрозы аварий в этих системах, что приводит к перебоям в водо- и теплоснабжении домов.

В сухую и жаркую погоду понижается уровень воды в водозаборах, что может также приводить к ухудшению водоснабжения.

С сильными осадками, особенно ливневыми, часто не справляются системы канализации, особенно, если люки, по которым должна стекать вода, не содержатся в чистоте.

Весной, когда увеличивается интенсивность солнечной радиации, при ясной погоде может начаться резкое таяние снега, лежащего в садах, скверах, на обочинах дорог, что также может привести к переполнению стоков и сказаться на работе очистных сооружений.

4.1.3. Содержание автомобильных дорог, тротуаров и дворовых территорий

Содержание автомобильных дорог, тротуаров и дворовых территорий является важнейшим базовым условием нормального жизнеобеспечения городов. Дороги являются визитной карточкой города и любого населенного пункта.

В настоящее время в связи с резким увеличением количества автомобилей и числа единиц общественного транспорта дорожно-транспортные сети активно развиваются.

Строительством и благоустройством автомобильных дорог занимаются дорожные службы. Эффективность и безопасность эксплуатации дорог намного увеличится, если приоритетной задачей этих служб станет не ликвидация последствий влияния неблагоприятных метеорологических условий, а их профилактика.

Наибольшее влияние на работу дорожных служб оказывают погодные условия в зимний период. Статистика показывает, что от 12 до 15% общего количества ДТП происходят из-за неблагоприятных дорожных условий, причем около 50% ДТП – в зимний период.

Климатические особенности, которые определяют объем затрат на содержание дороги, зависят от местоположения района, по которому она пролегает. Так, например, в районах с частыми переходами температуры воздуха через 0° С наблюдается повышенная вероятность образования гололедных явлений, а в районах с устойчивыми морозами – снежных заносов (снег здесь более сухой, подвижный и легко переносится ветром).

Разработка общей стратегии содержания автомобильных дорог в зимний период, включающей определение порядка действий (выбор реагента, время его внесения, количество и расположение хранилищ, цикличность обработки) и норм внесения современных противогололедных материалов, невозможна при отсутствии специализированной климатической информации.

Основными видами неблагоприятных метеорологических явлений, с которыми приходится бороться дорожным службам зимой, являются снегопады и виды скользкости, образующиеся без выпадения снега.

Снег – одно из самых широко распространенных явлений природы, активно воздействующее на общество и экономику. Признавая красоту снежного покрова и его полезность для энтузиастов зимнего спорта, чаще все же его рассматривают как нежелательную и дорогостоящую помеху.

Таблица 4.3 - Специализированные характеристики для служб зимнего содержания автомобильных дорог

Во время снегопадов при различной температуре воздуха		При отсутствии снегоотложений при различной температуре воздуха	
		Число дней с метеоусловиями, способствующими образованию следующих видов скользкости	
1	<i>Число снегопадов</i>	1	<i>Гололедица</i>
2	<i>Продолжительность снегопада</i>	2	<i>Гололед</i>
3	<i>Количество выпавших за снегопад твердых осадков (снега и мокрого снега)</i>	3	<i>Зернистая изморозь</i>
4	<i>Распределение числа снегопадов и их продолжительности по градациям в зависимости от количества выпавших твердых осадков</i>	4	<i>Кристаллическая изморозь</i>
5	<i>Число случаев сильных снегопадов (общее и по градациям в % от общего числа случаев)</i>	5	<i>Иней</i>
6	<i>Интенсивность сильных снегопадов (средняя и по градациям в % от общего числа случаев)</i>	6	<i>«Черный лед» (очень тонкий прозрачный ледяной налет)</i>
7	<i>Высота слоя свежевывавшего снега</i>	7	<i>Число дней с переходом температуры воздуха через 0° в сторону положительных или отрицательных значений</i>
8	<i>Повторяемость % различных сочетаний продолжительности метелей и скорости ветра при наличии или отсутствии снега)</i>		
9	<i>Объем снегопереноса (м³/м) различной обеспеченности</i>		

Современный технический прогресс позволяет развитым странам успешно функционировать жилищно-коммунальному хозяйству в период залегания снежного покрова, но уязвимость ЖКХ и материальные затраты в этот период существенно возрастают. Например, проблема снегозаносов в крупных городах создает несравненно большие трудности, чем в небольшом населенном пункте. Создано множество технических средств, чтобы исключить или уменьшить отрицательные последствия снегопадов и метелей, однако очень часто соответствующие службы оказываются не готовыми к приходу зимы.

Жилищно-коммунальное хозяйство в высшей степени уязвимо к ситуациям, когда снегопады сопровождаются сильным ветром, особенно если за этим следует ледяной дождь. Метели представляют большую опасность для транспорта

Во время выпадения мокрого снега на поверхности дорог могут образоваться такие опасные виды скользкости как снежный накат или оледенелый снег. Степень опасности снегопадов зависит от их интенсивности, продолжительности, количества выпавших осадков, температуры воздуха и скорости ветра, при которой они наблюдаются.

Специализированные характеристики (таблица 4.3) для зимнего содержания автомобильных дорог (выделенные курсором) разработаны в отделе прикладной климатологии ГГО совместно со специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского и проектного института территориального развития и транспортной инфраструктуры (ЗАО «НИПИ ТРТИ»).

Высота слоя свежеснегавшего снега требуется дорожным службам и ЖЭУ для определения количества единиц спецтехники, необходимой для уборки снега.

4.1.4. Содержание жилищного фонда.

Климат оказывает решающее влияние на долговечность зданий – длительность их эксплуатации.

В процессе эксплуатации каждое здание подвергается внешним воздействиям, которые принимаются во внимание в проектах путем подбора материалов и конструкций, защиты их специальными покрытиями и т.п. Эксплуатационные затраты на здание в процессе его службы в 2-3 раза превышают расходы на его строительство. Поэтому особую актуальность приобретают мероприятия, способствующие продлению сроков безремонтной эксплуатации здания.

Среди климатических факторов, влияющих на здания и сооружения, важнейшими являются осадки, температура, влажность, ветер, солнечная радиация и температура воздуха, с которыми связаны увлажнение наружных поверхностей зданий, их перегрев, переохлаждение, резкие перепады температур.

Наибольшее влияние на прочность зданий оказывают частота и интенсивность промачивания стыков плит в стенах. Замерзая и расширяясь, влага, попавшая в стыки, постепенно нарушает целостность и герметичность стен. Для уменьшения последствий этих неблагоприятных воздействий проводят дренажные мероприятия (закрытие стыков, установка козырьков над входными дверями и др.).

Специализированным показателем, характеризующим степень промачивания стен, является количество жидких осадков, попадающих на вертикальную поверхность («косые дожди»), которое зависит от суммы осадков, выпадающих на горизонтальную поверхность, их интенсивности и скорости ветра при дожде. «Косые» дожди могут

вызвать протекание крыш, швов на стальных панелях, увеличение влажности и появление грибка в домах.

Таблица 4.4 - Специализированные характеристики для содержания жилищного фонда

N п/п	Наименование характеристики
1	Температура воздуха
2	Влажность воздуха и осадки
3	Ветер
4	Солнечная радиация
5	Длительность периода теплопотерь зданий (продолжительность отопительного периода)
6	Общие годовые теплопотери зданий, вычисленные с учетом температуры воздуха, скорости ветра и приходящей солнечной радиации (в градусах)
7	Эффективная температура, которой соответствуют максимальные теплопотери зданий
8	Инфильтрационная теплоотдача зданий (возникающая под воздействием ветра при низкой температуре воздуха) с учетом влияния солнечной радиации
9	Длительность периода теплоступлений (продолжительность теплого периода, когда здания не нуждаются в отоплении)
10	Тепло, получаемое зданием от солнечной радиации в самый жаркий месяц (в градусах)

В зимнее время большое значение имеет также **снеговая нагрузка** на крыши зданий и сооружений. Большое количество накопившегося на крышах снега может привести к их обрушению.

Специализированным показателем, характеризующим неблагоприятное термическое воздействие на стены, является **число переходов температуры через 0°** в обе стороны.

Обязательный учет климатических условий увеличения срока безремонтного периода и обеспечения комфорта внутри помещений в настоящее время особенно актуален, так как большую долю в жилищном секторе занимают здания с облегченными ограждениями, которые очень быстро реагируют на изменение метеорологических условий, являются восприимчивыми к окружающей среде. Кроме того, в таких конструкциях много мостиков, стыков, полостей и щелей, увеличивающих восприимчивость здания к внешней среде, под влиянием которой меняется его температурно-влажностный режим.

При **расчете систем отопления и охлаждения** требуется учитывать максимальную возможную теплоотдачу здания и максимальный возможный нагрев его. Эти предельные состояния здания зависят не только от ветра и температуры наружного воздуха, но и в значительной степени определяются нагреванием стен солнечной радиацией.

В таблице 5 представлена потребная мощность отопительной систем для территории Белоруссии, рассчитанная только по температуре наружного воздуха (A_t), с учетом температуры воздуха и скорости ветра (A_{tv}), температуры воздуха и солнечной радиации (A_{tR}) и с учетом трех факторов - температуры воздуха, скорости ветра и солнечной радиации (A).

Таблица 4.5 - Изменение мощности системы отопления ($\text{мккал}/\text{м}^2$) в зависимости от влияния климатических факторов в среднем на территории республики Беларусь.

A_t	A_{tv}	A_{tR}	A	$(A_t - A) / A_t \%$
105	120	74	83	-21

Из таблицы видно, насколько должна быть увеличена мощность отопительного устройства на территории республики Беларусь, если в ее расчеты, кроме температуры наружного воздуха, ввести скорость ветра, и насколько она может быть снижена, если при расчетах учесть нагрев зданий солнечной радиацией. В последнем столбце таблицы указано изменение мощности отопительной системы в процентах, если при ее расчетах вместо температуры воздуха учесть влияние всех трех факторов.

4.1.5. Содержание дворов и скверов.

Чистота и безопасность придомовых территорий зависит не только от добросовестности работников служб ЖКХ, но и от метеорологических условий местности. Наибольшее влияние на состояние дворовых территорий оказывают ветер, снегопады, температура воздуха, гололедно-изморозевые явления. Специализированные характеристики:

Ветровые и гололедно-ветровые нагрузки, от величины которых зависит устойчивость столбов, деревьев, рекламных конструкций, телевизионных антенн, целостность проводов и т. п.

Высота слоя свежеснежавшего снега требуется дорожным службам и ЖЭУ при определении необходимого для уборки снега, количества единиц спецтехники, дворников и расчетов за выполненную работу.

Количество переходов температуры воздуха через 0° в обе стороны, с которыми связано образование гололедицы, образование наледей на крышах домов, сосулек и падением их на землю, что нередко приводит к трагическим случаям.

Продолжительность сухих периодов в теплое время. При сухой погоде резко увеличивается расход воды на полив улиц и зеленых насаждений.

4.1.6. Санитарная очистка населенных пунктов от бытовых и промышленных отходов и их утилизация.

Степень комфортности проживания граждан во многом зависит от условий размещения и регулярности вывоза бытовых отходов и уличного мусора.

В летнее время при жаркой погоде усиливаются процессы разложения и гниения пищевых отходов, сопровождающиеся неприятным запахом и появлением большого количества мух, являющихся разносчиками заразных болезней. В условиях застоя в атмосфере, наблюдающихся при штиле или слабом ветре существование людей, живущих рядом с контейнерами для сбора мусора, становится невыносимым. В этих условиях также нужно избегать любых работ, связанных с загрязнением воздуха.

Специализированные характеристики – повторяемость числа штилей и ветра со скоростью 1-2 м/с и максимальная температура воздуха.

4.2. Характеристики специализированной климатической информации.

4.2.1. Характеристики температуры

Продолжительность отопительного периода - период в днях между датами устойчивого перехода температуры воздуха через +8° осенью и весной.

Средняя температура отопительного периода - средняя температура воздуха за этот период является температурой отопительного периода.

Температура воздуха самой холодной пятидневки – средняя температура наиболее холодных пятидневок из 16% зим. Эта расчетная температур, необходимая при теплотехнических расчетах систем отопления зданий, определяется по формуле:

$$t_5 = 1.25t_x - T, \quad (1)$$

где t_x - средняя температура воздуха за самый холодный месяц,

T - температура наружного воздуха.

Эффективная температура воздуха – это комплексный климатический показатель для расчета теплотерь зданий. С помощью эффективной температуры определяется теплотеря здания при штиле, эквивалентная действительной теплотере при определенном сочетании температуры и скорости ветра.

$$t_3 = t_n - m(A-1)(t_g - t_n) \quad (2)$$

t_3 - эффективная температура;

t_n - температура наружного воздуха; t_g - температура внутри помещения;

m - безразмерный параметр, зависящий от теплотехнических параметров ограждающих конструкций здания (площадь окон, термические сопротивления окон и стен);

A - параметр, зависящий от скорости ветра и коэффициента воздухопроницаемости здания.

Если заданы теплотехнические параметры определенного типа здания и температура воздуха внутри здания, то t_e определяется по значениям температуры t_n и скорости ветра v . В табл.6 для примера приведены значения эффективной температуры при некоторых отрицательных значениях t_n и скорости ветра v . Значение $m = 0,45$, а коэффициент воздухопроницаемости $\gamma = 0,20 \text{ с/м}$. С увеличением коэффициента воздухопроницаемости при тех же самых значениях t_n и v значения эффективной температуры увеличиваются. Для примера в таблице приводятся значения эффективной температуры, вычисленные для одной из станций РФ, расположенной в умеренных широтах.

Таблица 4.6 - Эффективная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$)

V м/сек	- t_n $^{\circ}\text{C}$							
	1	5	9	13	17	21	25	35
0,5	1	5	9	13	17	21	25	35
4-5	3	7	12	16	21	25	30	41
8-9	7	12	17	23	28	33	38	52
14-15	14	21	28	34	41	48	55	72

Оттепель. Днем с оттепелью считается день с максимальной температурой воздуха $>0^{\circ}\text{C}$ на фоне устойчивых отрицательных температур.

Число дней с оттепелью.

Интенсивность оттепели - величина отклонения температуры воздуха в сторону положительных значений, град. С.

Переход температуры через 0° в сторону положительных или отрицательных значений в течение суток.

Температура грунта на глубине 1,6 м.

Максимальная глубина промерзания почвы (см).

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта h_p у фундаментов определяется по формуле

$$h_p = m_t h_n \quad (3)$$

где m_t - коэффициент, учитывающий влияние режима здания на глубину промерзания грунта у фундамента.

Температура воды в источнике, подающем воду для теплосети.

4.2.2. Характеристики осадков

«Косые дожди» - количество жидких осадков, попадающих на вертикальную поверхность

Косые дожди наблюдаются при значительной скорости ветра. Чем больше скорость ветра при дожде, тем большее количество капель попадает на стены зданий и интенсивнее происходит их смачивание.

Оценка промачивания стен косыми дождями можно определить по индексу

$$I_n = I_5 v^2 \quad (4)$$

где I_5 - интенсивность дождя, выпадающего на вертикальную поверхность, за 5-минутный интервал времени.

v^2 - характеризует скоростной напор ветра.

Интенсивность I_5 получается по данным об интенсивности осадков, имеющимся в Справочнике по климату СССР.

$$I_5 = I_2 v/v_p, \quad (5)$$

где I_2 - интенсивность дождя, выпадающего на горизонтальную поверхность за 5 мин.

v - средняя скорость ветра в дни с дождем,

v_p - скорость равновесного падения капель дождя, определяется по графику из / 3 /.

Тогда:

$$I_n = I_2/v_p * v^3 \quad (6)$$

Для практического использования расчетов по данной формуле необходимо знать критическое значение I_n , при котором влага будет проникать в жилые здания через швы ограждающих конструкций. В работе / 3 / за критическое число принято значение $I_n = 100$. Критическое значение зависит от типа здания.

4.2.3. Характеристики снегопадов

Продолжительность холодного периода. Для дорожных служб - это продолжительность периода в днях между датами устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C осенью и весной.

Твердые осадки (для дорожных служб) - осадки, выпадающие в виде снега или мокрого снега.

Продолжительность случая выпадения снега - интервал, в течение которого снег выпадал непрерывно или с перерывом не более 2 часов.

Количество твердых осадков измеряется в мм слоя воды, который образуется при таянии соответствующего количества снега.

Высота слоя свежесыпавшего снега – высота слоя снега или мокрого снега, выпавшего за период времени между наблюдениями. На метеостанциях можно организовать наблюдения за этой специализированной характеристикой. При отсутствии наблюдений для расчета средних специализированных характеристик пользуются водным эквивалентом снега (K), который равен толщине слоя воды (мм), полученной после растапливания снега. Его величина определяется плотностью снега, зависящей, в свою очередь, от формы снежинок, температуры и влажности воздуха, скорости ветра, интенсивности снегопада и изменяется от 0,5 до 1,5 / 4 /. При расчетах средних многолетних характеристик обычно пользуются значением $K=1$.

Число случаев сильных снегопадов (общее и по градациям в % от общего числа случаев). Сильный снегопад для дорожных служб – 5 мм и более осадков в виде снега или мокрого снега, выпадающих за период времени не более 12 часов.

Средняя интенсивность сильных снегопадов (мм/ч) - количество осадков, выпадающих за 1 час.

Снеговая нагрузка – вес снежного покрова на единицу площади ($\text{кгс}/\text{м}^2$), определенный по максимальному суточному приросту высоты снежного покрова:

- средний и максимальный за зиму вес снежного покрова
- средний и максимальный за сутки прирост веса снежного покрова

Пересчет веса снежного покрова с горизонтальной поверхности на покрытия, имеющие различный уклон и форму, осуществляется с помощью формулы

$$P_n = cP_0 \quad (7)$$

где P_n - нормативная снеговая нагрузка, c – коэффициент, зависящий от технических параметров (от конструкции) покрытия;

P_0 - снеговая нагрузка на горизонтальную поверхность.

Повторяемость % различных сочетаний продолжительности метелей и скорости ветра при наличии или отсутствии снега.

Повторяемость % числа дней с мокрым снегом – отношение числа дней с мокрым снегом ко всему числу дней за месяц и в целом за год

Климатические характеристики переноса снега.

Данные о снегозаносах крайне необходимы при разработке мероприятий по очистке от снега городов и других населенных пунктов.

Расчеты нормативов, характеризующих заносимость снегом дорог, производятся путем использования данных метеорологических наблюдений за элементами, определяющими интенсивность переноса снега и его продолжительность. Снежные заносы являются результатом метелей - воздействия ветра на снежный покров или на снег во время снегопадов, приводящего к переносу снега в горизонтальном направлении.

С помощью имеющихся данных метеорологических наблюдений и климатических характеристик представляется возможным рассчитать объем переносимого снега – средний за зиму, максимальный и заданной обеспеченности, определить интенсивность переноса снега – среднюю и максимальную, а также продолжительность переноса снега метелями.

Интенсивность переноса снега пропорциональна кубу скорости ветра:

$$I = cv^3 \quad (8).$$

Коэффициент пропорциональности $c=I/v^3$ измеряется в г(см*мин).

Положив $v = 1$, найдем, что коэффициент пропорциональности c определяется количеством снега, переносимого ветром через площадь поперечного сечения шириной 1 см и высотой 200см за единицу времени при скорости 1 м/с.

Плотность снега 0,17 г/см³ соответствует свежевывавшему снегу, перенос которого наиболее вероятен. Она близка к средней плотности снежного покрова в январе на значительной части Азиатской территории России. Плотность снегоотложений на дорогах больше плотности свежевывавшего снега; следовательно, объем их будет меньше, чем рассчитанный объем переносимого снега, во столько раз, во сколько плотность снегоотложений больше 0,17.

Количество переносимого ветром снега за время метели, очевидно, зависит от ее продолжительности. Если обозначим продолжительность метели через τ , то за время ее действия через единицу пути в направлении действия ветра будет перенесена масса снега

$$Q=I\tau=cv^3\tau \quad (9).$$

4.2.4. Характеристики скользкости на автомобильных дорогах

Случай скользкости – явление, отмеченное один и более раз в течение суток, когда наблюдались метеоусловия, способствующие возможному образованию соответствующего ему вида обледенения.

Гололедица - явление, отмеченное один и более раз в течение суток, когда наблюдалось понижение температуры воздуха **от положительных значений до -2° и ниже** за интервал времени не более 6 часов.

Гололед - явление, отмеченное один и более раз в течение суток, когда наблюдалось выпадение жидких осадков при температуре воздуха от 0° до -10°.

«*Черный лед*» - явление, отмеченное один и более раз в течение суток, когда наблюдалось повышение температуры воздуха не менее, чем на 6° до -6° и выше за 3-6 часов при влажности воздуха 95-100% и отсутствии жидких осадков и тумана.

В таблице 7 для примера приводится число дней с различными видами скользкости в зависимости от температуры воздуха и атмосферных явлений.

Таблица 4.7.

Месяц	Температура в-ха, град.С	Среднее число дней с возможным образованием скользкости на покрытии автодороги								
		Стекловидный лед					Снеговидный осадок			<i>Все виды скользкости</i>
		Гололедица	Твердый налет гололед	Изморозь зернистая	"Черный" лед	Всего	Изморозь кристаллическая	Иней	Всего	
Ноябрь	0... -6	0,6	1,6	0,1		2,3				2,3
	-6...-10			0,3		0,3				0,3
	-10...-18						0,1		0,1	0,1
	ниже -18									
Декабрь	0... -6		0,1			0,1				0,1
	-6...-10		0,3			0,3				0,3
	-10...-18									
	ниже -18									
Январь	0... -6	0,7	1,6	0,1		2,4				2,4
	-6...-10		0,6	0,2		0,8				0,8
	-10...-18						0,4		0,4	0,4
	ниже -18									
Февраль	0... -6	0,6	1,4	0,1		2,1				2,1
	-6...-10		0,6	0,7		1,3				1,3
	-10...-18						0,4		0,4	0,4
	ниже -18						0,1		0,1	0,1
Март	0... -6	0,8	0,6	0,6		2,0				2,0
	-6...-10		0,2	0,6		0,8				0,8
	-10...-18						0,3		0,3	0,3
	ниже -18									
Σ за сезон		2,7	7,0	2,7		12,4	1,3		1,3	13,7

4.2.5. Характеристики ветра

Ветровая нагрузка. Воздействие ветра на большинство зданий существенно проявляется в увеличении их теплопотерь. Ветровая нагрузка определяется по формуле:

$$q = v^2 / 16, \quad (10)$$

где v – скорость ветра в м/сек..

В результате занижения расчетных ветровых нагрузок по сравнению с действительными возникают аварии, иногда происходит полное разрушение сооружения.

Расчетная скорость ветра (м/с) у земли, возможная 1 раз в 5,10, 20, 25, 50, 100 лет. В зависимости от типа сооружения, от предполагаемой продолжительности его эксплуатации может быть задана обеспеченность, с которой наблюдается большая скорость ветра и определен предел скорости, который может быть достигнут или превзойден в заданное число лет.

Если ряды наблюдений за ветром достаточно длинные (более 20 лет), а флюгерная часть наблюдений проводилась по флюгеру с тяжелой доской и при этом не наблюдались скорости ветра больше 40м/сек, то в этом случае исходными рядами для расчетов нормативных скоростей ветра могут служить выборки их годовых или месячных максимумов.

Для расчета нормативных скоростей ветра, вероятных 1 раз в 5,10,15,25 и т.д. лет и соответствующих периоду осреднения 10 мин и высоте 10 м, необходима корректировка рядов месячных или годовых максимумов скоростей ветра.

Первичная обработка данных сводится к приведению всех частей исходных рядов к 10-минутному осреднению, одному типу прибора (флюгер или анеморумбометр) и к возможной коррекции на срочность наблюдений.

Если обозначить через v исправленные скорости ветра, а через $v_{фл}$ и $v_{ан}$ – измеренные по флюгеру и анеморумбометру М-63М, то коррекция соответствующих частей ряда имеет вид:

$$\begin{aligned} v &= 0.88k_n v_{фл} \\ v &= k_n v_{ан} \end{aligned} \quad (11)$$

Таблица 4.8 - Значения k_n по градациям скоростей ветра, измеренных анеморумбометром М-63М.

Число сроков наблюдений	Скорость ветра, м/с					
	4-7	8-11	12-15	16-19	20-27	≥28
4	1,40	1,25	1,15	1,10	1,10	1,05
8	1,30	1,20	1,10	1,10	1,05	1,05

Расчет вероятных максимальных скоростей ветра по годовым и месячным максимумам производится с использованием распределения Гумбеля, которое применяется в большинстве европейских стран. В основу методики Гумбеля положена двойная линейная экспоненциальная функция:

$$F(x) = \exp(-e^{-x}) \quad (12)$$

В том случае, когда ряды наблюдений за ветром недостаточно длинные (менее 20-25 лет) и при этом за период наблюдений по флюгеру с тяжелой доской отмечались скорости ветра более 50 м/сек, для получения максимальных скоростей ветра редкой повторяемости рекомендуется метод ГГО.

По этому методу расчетная скорость ветра определяется по данным о всей совокупности наблюдений за многолетний период. Метод основан на аппроксимации интегральной кривой распределения скоростей аналитическим выражением Вейбулла.

$$F(x) = \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma\right] \quad (13)$$

где $F(x)$ повторяемость скорости ветра выше заданного значения x , β и γ - параметры распределения, связанные с ν и σ :

$$\nu = \beta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \quad (14)$$

$$\sigma = \beta\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\gamma}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)} \quad (15)$$

Данные всей совокупности наблюдений за скоростью ветра имеются в таблицах ТМ-1, Метеорологическом ежемесячнике, Справочнике по климату СССР, Научно-прикладном справочнике по климату СССР.

При определении экстремальных характеристик с помощью любого распределения необходимо правильно определить значение вероятности, которое соответствует заданному периоду повторения 1 раз в T лет. Значение интегральной вероятности зависит от того, какая исходная информация используется в расчетах (вся совокупность срочных значений, месячные или годовые максимумы).

Если расчеты проводятся по всей совокупности срочных значений, в зависимости от числа сроков наблюдений (4 или 8), вероятность (%) определяется по формуле:

$$P_T = \frac{1}{T * n * 365.25} * 100 \quad (16)$$

где T – период повторения, лет; n – число сроков наблюдений; 365,25 – среднее число дней в году.

При расчетах по месячным максимумам интегральная вероятность (%) редких событий, возможных 1 раз в T лет, вычисляется по формуле:

$$P_T = \frac{1}{T * 12} * 100 \quad (17)$$

где 12 – число месячных максимумов за год.

При расчетах по годовым максимумам интегральная вероятность (%) редких событий P_T в период повторения T связаны выражением:

$$P_T = \frac{1}{T} * 100 \quad (18)$$

Коэффициент порывистости ветра. Коэффициент порывистости ветра представляет собой отношение максимального порыва ветра за интервал времени 3 сек. к средней скорости ветра за интервал 10 мин. (из которого выбирается максимальный порыв).

Повторяемость числа штилей и ветра со скоростью 1-2 м/с.

4.2.6. Характеристики гололедно-изморозевых явлений

Нормативная гололедная нагрузка (в кг/м²) на различные элементы сооружений, согласно СНиП, рассчитывается по формуле:

$$P = k_0 \gamma b_n \quad (19)$$

где k_0 – коэффициент охвата, представляющий собой отношение покрытой гололедом площади поверхности элемента ко всей его поверхности (он принимается равным 0,6) независимо от формы и размеров элемента. Значение нормативной толщины стенки гололеда b_n к проводу диаметром 10 мм.

Таким образом, согласно формуле 19 нормативная гололедная нагрузка на единицу поверхности элементов сооружений зависит только от района гололедности / 4 /.

4.2.7 Естественная освещенность

Естественная освещенность является одной из важных радиационных характеристик, широко используемых в коммунальных службах. Для большинства бытовых и технических целей за нижний предел естественной освещенности принимают величину, равную 4 или 5 клк, обычно называемую сумеречной освещенностью.

При понижении или повышении естественной освещенности до этого предела требуется включать искусственное освещение.

Время фактического наступления и окончания сумеречной освещенности для каждого месяца для широт расположения территории республики Беларусь приведено в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Время утреннего окончания и вечернего наступления сумеречной освещенности (5 клк) при средних условиях облачности.

Месяц	широта, град.	Время, ч, мин.			
		восхода солнца	окончание E _Q =5	наступление E _Q =5	захода солнца
I	60	8 45	10 15	14 15	15 31
	55	8 17	9 00	15 15	16 03
	50	7 53	8 15	16 00	16 26
II	60	7 40	8 30	16 00	16 49
	55	7 24	8 00	16 30	17 05
	50	7 12	7 30	16 55	17 17
III	60	6 12	6 50	17 20	18 00
	55	6 11	6 40	17 30	18 03
	50	6 11	6 30	17 40	18 04
IV	60	4 45	5 10	18 50	19 17
	55	4 54	5 15	18 45	19 03
	50	5 08	5 20	18 40	18 52
V	60	3 23	4 20	19 35	20 30
	55	3 53	4 40	19 05	20 00
	50	4 15	4 50	18 55	19 37
VI	60	2 36	3 30	20 40	21 24
	55	3 20	3 55	20 00	20 40
	50	3 50	4 20	19 30	20 10
VII	60	3 02	3 50	20 20	21 09
	55	3 39	4 10	19 10	20 31
	50	4 07	4 40	19 30	20 04
VIII	60	4 13	5 10	19 00	19 55
	55	4 33	5 15	18 50	19 35
	50	4 48	5 20	18 45	19 20
IX	60	5 26	6 10	17 35	18 23
	55	5 31	6 05	17 45	18 18
	50	5 35	6 05	17 55	18 15

Продолжение таблицы 4.9.

Месяц	широта, град.	Время, ч, мин.			
		восхода солнца	окончание E _Q =5	наступление E _Q =5	захода солнца
I	60	6 38	7 40	15 50	16 53
	55	6 28	7 15	16 10	17 02
	50	6 20	6 50	16 40	17 10
II	60	7 56	9 10	14 20	15 32
	55	7 31	8 30	15 00	15 58
	50	7 12	8 00	15 30	16 17
III	60	8 56	12 00	12 00	14 53
	55	8 20	9 40	14 20	15 32
	50	7 50	8 50	15 00	15 59

Для характеристик возможной освещенности в таблице 10 приведены данные, усредненные по широтам для каждого месяца, представляющие собой климатические нормы суммарной освещенности.

Таблица 4.10 - Средняя широтная месячная суммарная освещенность при средних условиях облачности (10³ клк*мин).

φ, град.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Веgetационный период
60	65	190	490	780	930	1020	970	730	405	215	100	35	5930	3000
55	140	270	590	805	1000	1055	1005	800	515	310	140	95	6725	3750
50	195	320	620	855	1080	1170	1070	905	650	420	215	130	7630	4800

При практическом использовании вышеупомянутых данных по естественной освещенности следует иметь в виду то, что они рассчитаны по данным станций, расположенных за пределами крупных городов. В условиях большого города естественная освещенность даже в среднем за год на 5-15% ниже освещенности вне города / 2 /. В зимнее же время снижение уровня естественной освещенности в городах достигает 20-30% и более по сравнению с загородными условиями. В апреле, например, в Москве и Санкт-Петербурге в утренние часы (6ч.30мин.) освещенность в городе бывает на 30-40% ниже, чем за городом. В полдень это различие уменьшается до 15-20%, а к вечеру снова

увеличивается. Вследствие такого суточного хода освещенности сумеречная освещенность в городах наступает намного раньше, чем вне города.

Список использованных источников

- 1 Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. Метеорологические факторы теплового режима зданий. Л.: Гидрометеиздат, 1973, 235с.
- 2 Бартенева О.Д., Полякова Е.А., Русин Н.П. Режим естественной освещенности на территории СССР. Л., Гидрометеиздат, 1971
- 3 Богданова Э.Г. Методика расчета сумм осадков, проходящих через вертикальное сечение. - Труды ГГО, 1975, вып. 341, с. 79-86.
- 4 Заварина М.В. Строительная климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1976, 312с.
- 5 Копанев И.Д. Методы изучения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1971, 224с.
- 6 Пивоварова З.И., 1973. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства. – Труды ГГО, вып. 321.
- 7 Русин Н.П. Прикладная актинометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1979, 232с.
- 8 СНиП II-A.11-62. Нагрузки и воздействия. М.: Госстройиздат, 1963, 23с.