

Федеральная служба по гидрометеорологии и  
мониторингу окружающей среды

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ИМ. А.И.ВОЕЙКОВА»  
(ФГБУ «ГГО»)

УДК 551.588

№ госрегистрации 01200900074

Инв.№

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФГБУ «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

(заключительный)

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 № 4 от 16 февраля 2011 г.

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

Е.Л. Махоткина

Санкт-Петербург 2011

## 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 1-2,  
заключение)

Исполнители:

Директор ГУ «ГГО», д.ф.-м. н.

В.М. Катцов (Разделы 1-2)

Руководитель отдела, д.ф.-м. н.

В.П. Мелешко (Разделы 1-2, заключение)

Младший научный сотрудник

С.В. Ефимов (Разделы 1, 2)

### 3. Проект 3.3

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

Н.В. Кобышева (Общее руководство,  
участие в подготовке всех рекомендаций  
по адаптации)

Исполнители:

В.н.с., к.г.н.

Е.М. Акентьева (Энергетика)

В.н.с., к.г.н.

М.В. Ключева (Строительство)

С.н.с., к.г.н.

Ю.А. Семенов (Нагрузки)

С.н.с., к.г.н.

Е.Н. Разова (Трубопроводы)

### 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 87 стр., 25 рисунков, 31 табл., 23 источников

КЛИМАТ, БАЗА ДАННЫХ, МОНИТОРИНГ КЛИМАТА, ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, ИЗМЕНЧИВОСТЬ, АНОМАЛЬНОСТЬ, ЭКСТРЕМАЛЬНОСТЬ КЛИМАТА, ТЕМПЕРАТУРА, ОСАДКИ, РЕГИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ, АНСАМБЛЬ, ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, РИСКИ, ОПАСНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ВЕТЕР, ШКВАЛ, СМЕРЧ, АТОМНЫЕ СТАНЦИИ

Настоящий отчет содержит результаты работ, полученные при выполнении в 2011 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 Размещен на web-сайте ИГКЭ уточненный бюллетень мониторинга климата за 2010 г. Продлены временные ряды (по 2010 год) в базе климатических данных ИГКЭ. Подготовлен предварительный бюллетень мониторинга климата за зиму 2010-2011 гг. Получены обновленные оценки тенденций изменения климата в регионах России и Беларуси. Подготовлены Бюллетени мониторинга климата за весну, лето и осень 2011 г.

По проекту 3.2 Для количественной оценки будущих климатических изменений, а также соответствующих последствий для пожароопасности в лесах на территории Союзного государства с необходимой для этого детализацией в географическом и вероятностном пространствах используется система сложных численных моделей, разработанных в ГГО. С помощью глобальной климатической модели генерируется ансамбль граничных условий для региональной климатической модели (с разрешением 25 км по горизонтали и 25 уровней по вертикали), две расчетные области которой целиком покрывают территорию России и Беларуси. Результаты ансамблевых расчетов с региональной климатической моделью являются входными параметрами диагностических соотношений для пожароопасности в лесах. Обсуждаются полученные оценки изменений пожароопасности в середине XXI века.

В проекте 3.3 получены оценки климатического потенциала территорий для развития зимних видов туризма во второй половине XXI века на основе имитационной модели.

В проекте 3.4 разработана технология обработки и представления климатической информации для строительного проектирования жилых и общественных зданий и формы представления климатической информации для строительного проектирования жилых и общественных зданий.

Подготовлен итоговый отчет по разделу и материалы к аналитическому отчету за 2007 – 2011 гг.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Список исполнителей.....	2
2. Реферат.....	3
<b>3. Проект 3.1 Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства</b>	
Введение .....	6
1.1. Данные о приземной температуре и осадках в базовых массивах мониторинга климата (по состоянию на 01.01.2011) .....	6
1.2. Обзор климатических аномалий на территории Республики Беларусь в 2010 г. ....	7
1.2.1 Температура воздуха. ....	7
1.2.2 Атмосферные осадки. ....	10
1.3. Климатические аномалии 2011 года (материалы сезонных бюллетеней мониторинга климата Беларуси) .....	15
1.3.1. Зима 2010-2011 гг. ....	15
1.3.2. Весна 2011 г. ....	17
1.3.3. Лето 2011 г. ....	19
1.3.4. Осень 2011 г. ....	21
Заключение.....	23
<b>4. Проект 3.2. Исследование и сценарные оценки ожидаемых изменений регионального климата на территориях Беларуси и России</b>	
Введение.....	24
2.1. Постановка численных экспериментов.....	26
2.2. Оценка будущих изменений пожароопасности на территории России и Беларуси.....	27
Заключение .....	30
Список литературы .....	31
<b>5. Проект 3.3. Оценка последствий изменения климата и его влияния на базовые сферы социально-экономической деятельности и подготовка рекомендаций по адаптации основных отраслей экономики Беларуси и России к возможным изменениям климата</b>	
Введение.....	33
3.1. Туристско-климатические рекреационные ресурсы Беларуси.....	35
3.1.1 Задачи климатологии в области туристического бизнеса.....	35

3.1.2 Туристско-климатические ресурсы для рекреанта.....	37
3.1.3 Туристско-климатические ресурсы для организаторов отдыха.....	43
3.2. Рассмотрение различных сценариев изменения климата Беларуси.....	51
3.2.1. Основные принципы построения климатических сценариев.....	51
3.2.2. Сценарий изменения климата Беларуси.....	52
3.3. Имитационная модель влияния изменения климата на зимние рекреационные ресурсы Беларуси .....	57
Список литературы.....	59

**6. Проект 3.4. Разработка унифицированных форм представления специализированной климатической информации в научно-справочных пособиях для автомобильного транспорта.**

Введение.....	60
4.1. Термины и определения.....	61
4.2. Специализированные климатические показатели (индексы), используемые при проектировании зданий и в строительстве.....	62
4.2.1. Посадка зданий на местности и принятие архитектурно-планировочных решений.....	62
4.2.2. Проектирование оснований и фундаментов зданий.....	66
4.2.3. Тепловой режим зданий – ограждающие конструкции.....	67
4.2.4. Системы отопления, вентиляции, кондиционирования.....	72
4.2.5. Метеорологические нагрузки на здание.....	73
4.2.6. Метеорологические воздействия и долговечность зданий.....	79
4.2.7. Канализация и водоотведение.....	83
4.2.8. Производство строительных работ.....	84
4.3. Формы представления специализированной климатической информации.....	85
Заключение.....	86
Список литературы.....	87

**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».**

## **Введение**

Задачи этапа 2011 г. – продлить базовый архив мониторинга климата данными наблюдений за 2011 гг. и на его основе подготовить бюллетени о состоянии климата в 2010-2011 гг. на территории России и Республики Беларусь (годовой бюллетень за 2010 год, сезонные бюллетени 2011 г.) и получить обновленные региональные оценки текущих тенденций изменения климата.

Бюллетени климатического мониторинга размещены на сайте ИГКЭ «Изменения климата России» (<http://climatechange.ru>). В отчете представлены основные материалы мониторинга климата на территории Республики Беларусь (2010-2011 гг.).

### **1.1 Данные о приземной температуре и осадках в базовых массивах мониторинга климата (по состоянию на 01.01.2011г.)**

Для регулярного мониторинга приземного климата в ИГКЭ используются месячные данные о температуре и осадках на 1383 станциях глобальной сети метеорологических наблюдений, пополняемые на основе сводок CLIMAT (в их числе на территории РФ 310 станций и на территории Республики Беларусь – 7 станций). Дополнительно привлекаются 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). Подробная справка о составе данных, истории их создания и состоянии на момент 01.01.2009 приведены в отчете за 2008 г. К настоящему времени массивы продлены за счет включения данных за 2010 г. Одноименные данные за 2011 г. накоплены в процессе текущего мониторинга климата для включения в базовые массивы по завершении года.

Фрагмент карты, иллюстрирующий физико-географическое положение региона Республики Беларусь и размещение указанных 7 метеорологических станций (таблица 1), используемых в мониторинге, приведен на рисунок 1.



Рисунок 1 – Географическое положение республики Беларусь

Таблица 1

Перечень станций Республики Беларусь, используемых в климатическом мониторинге

№	Название	Индекс ВМО	Широта (с.ш.)	Долгота (в.д.)	Высота (м)
1	Витебск	26666	55,2	30,2	169
2	Минск	26850	53,9	27,5	234
3	Могилев	26863	53,9	30,3	180
4	Брест	33008	52,1	23,7	144
5	Пинск	33019	52,1	26,1	144
6	Василевичи	33038	52,3	29,8	140
7	Гомель	33041	52,4	31,0	144

## 1.2 Обзор климатических аномалий на территории республики Беларусь в 2010 году

### 1.2.1. Температура воздуха

На рисунке 2 показаны временные ряды регионально осредненных среднегодовых аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 года по настоящее время. Приведенный линейный тренд оценен методом наименьших квадратов и характеризует среднюю скорость изменения температуры за период 1976-2010 гг.

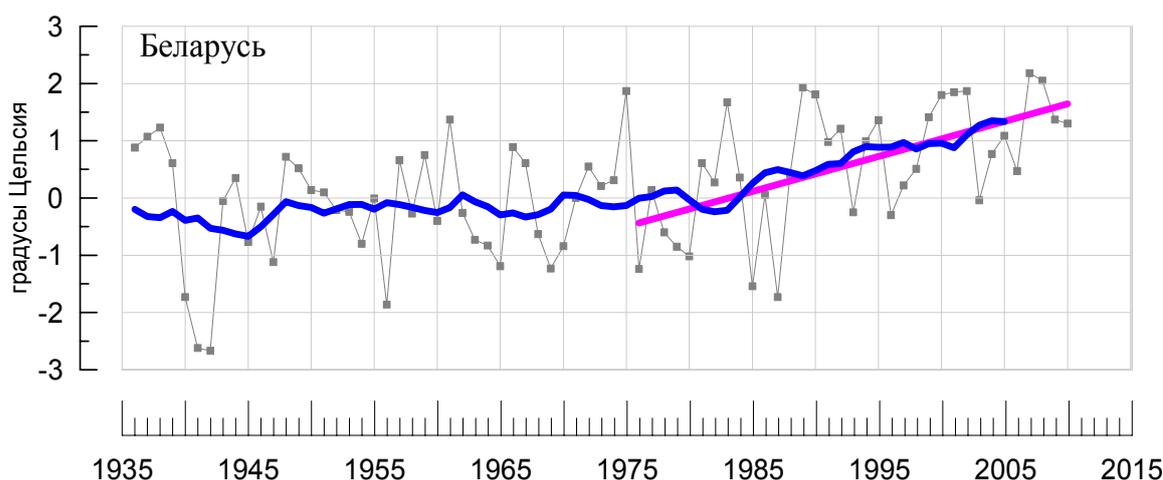


Рисунок 2 – Среднегодовые (декабрь – ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по региону Республики Беларусь, 1936 – 2010 гг.  
Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд температуры за период 1976 – 2010 гг.

Среднегодовая аномалия температуры воздуха за 2010 год (декабрь 2009 - ноябрь 2010) осредненная по территории Беларуси (таблица 2), оказалась равной  $+1.30^{\circ}\text{C}$  – 14-я величина в ранжированном ряду наблюдений с 1936 года. Следует заметить, что для республики Беларусь самыми теплыми годами были 2007 год (аномалия  $2.18^{\circ}\text{C}$ ) и 2008 год (аномалия  $2.05^{\circ}\text{C}$ ). 2009 (аномалия  $1.37^{\circ}\text{C}$ ) и 2010 года (аномалия  $1.30^{\circ}\text{C}$ ) оказались более прохладными.

Таблица 2

Сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси, в 2010 году.

Сезоны	$v_t$ , $^{\circ}\text{C}$ относительно нормы 1961-1990	Ранг	Рекордный год и его аномалия ( $v_t$ , $^{\circ}\text{C}$ )
Зима	-1.31	58	1990 ( $+5.33^{\circ}\text{C}$ )
Весна	1.68	10	2007( $+2.81^{\circ}\text{C}$ )
Лето	4.08	1	2010 ( $+4.08^{\circ}\text{C}$ )
Осень	0.75	16	1967 ( $+2.48^{\circ}\text{C}$ )
Год	1.30	14	2007( $+2,18^{\circ}\text{C}$ )

Зима в Беларуси была холодная (аномалия температуры, осредненная по территории республики  $-1.31^{\circ}\text{C}$ , отрицательные сезонные аномалии на всех станциях республики), особенно холодным был январь (месячные аномалии на станциях от  $-5.1^{\circ}\text{C}$  до  $-3.8^{\circ}\text{C}$ ). Самым теплым сезоном 2010 года было лето (аномалия  $4.08^{\circ}\text{C}$ , ранг 1), за счет двух жарких месяцев: июля и августа.

Числовые значения аномалии температуры на станциях Беларуси, вычисленные за каждый месяц 2010 года, а также за сезоны и год в целом (относительно базового периода 1961-1990 гг.) приведены в таблице 3.

На рисунке 3 представлены поля годовых и сезонных аномалий температуры 2010 года на территории Беларуси.

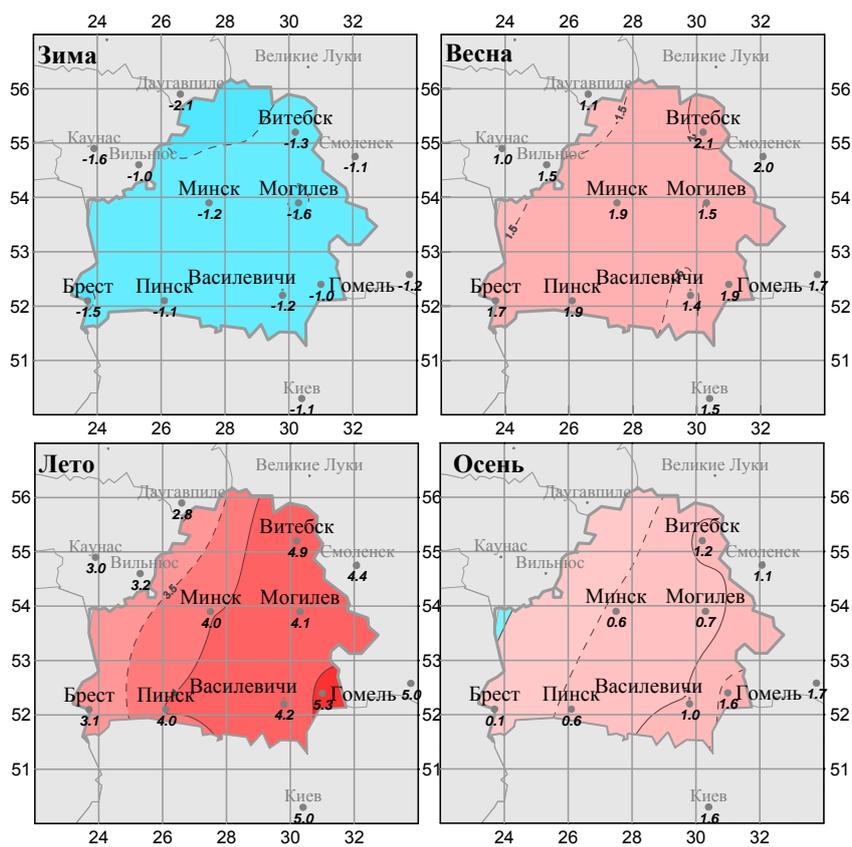
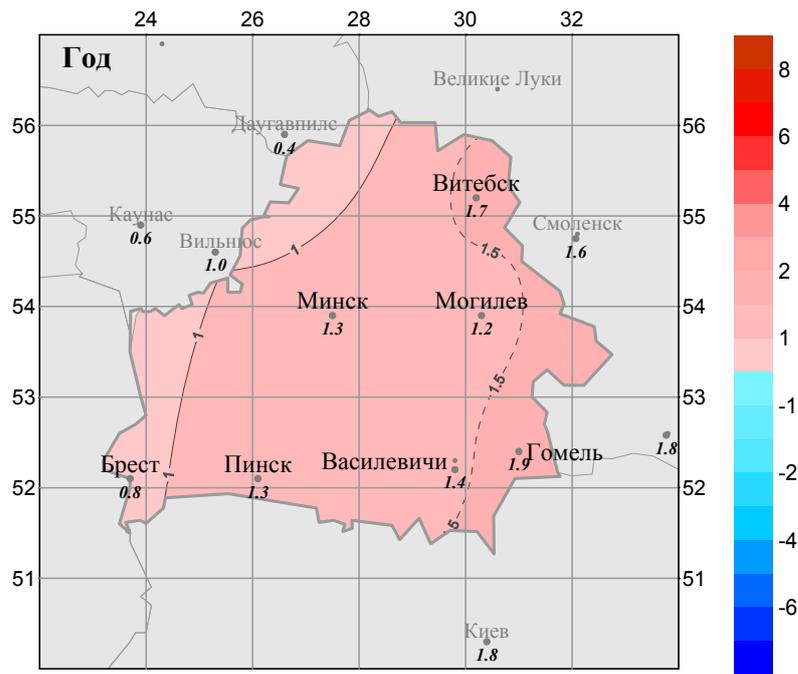


Рисунок 3 – Среднегодовая и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от средней за 1961-1990 гг.) на территории Республики Беларусь (2009<sub>XII</sub> – 2010<sub>XI</sub>).

Таблица 3

Аномалии средней месячной /сезонной / годовой температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на станциях Беларуси в 2010г.

Период	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
<b><i>Зима</i></b> <b><i>2009/2010</i></b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.2</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.2</b>	<b>-1.2</b>	<b>-1.1</b>
Дек.09	-0.4	-0.5	-1.0	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7
Январь	-4.9	-4.2	-5.1	-4.6	-3.8	-4.6	-4.2
Февраль	1.3	1.0	1.2	0.4	0.7	1.3	1.6
<b><i>Весна</i></b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>1.5</b>	<b>1.7</b>	<b>1.9</b>	<b>1.4</b>	<b>1.9</b>
Март	1.2	1.5	0.2	2.0	2.0	0.6	0.1
Апрель	2.7	2.5	2.3	1.6	1.5	1.6	2.3
Май	2.6	1.7	1.9	1.4	2.1	2.1	3.2
<b><i>Лето</i></b>	<b>4.9</b>	<b>4.0</b>	<b>4.1</b>	<b>3.1</b>	<b>4.0</b>	<b>4.2</b>	<b>5.3</b>
Июнь	2.8	2.2	2.2	1.9	2.7	2.8	3.8
Июль	6.4	5.3	5.5	4.3	5.3	4.9	6.1
Август	5.5	4.4	4.6	3.2	4.1	4.8	6.0
<b><i>Осень</i></b>	<b>1.2</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.1</b>	<b>0.6</b>	<b>1.0</b>	<b>1.6</b>
Сентябрь	0.9	0.2	0.0	-0.7	-0.1	0.2	1.0
Октябрь	-1.1	-1.9	-2.0	-2.2	-1.8	-1.8	-1.2
Ноябрь	3.7	3.4	4.0	3.3	3.7	-1.2	5.0
<b><i>Год:</i></b> <b>2009<sub>XII</sub> - 2010<sub>XI</sub></b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>	<b>1.9</b>

Таблица 4

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха для республики Беларусь за 1976-2010гг.

$b$ ,  $^{\circ}\text{C}/10$  лет – коэффициент линейного тренда,  $D\%$  - вклад тренда в дисперсию

Сезоны	$b$	$D\%$
Зима	0.73	9
Весна	0.53	17
Лето	0.79	42
Осень	0.39	13
Год	0.61	34

### 1.2.2. Атмосферные осадки <sup>1</sup>

В данном разделе приведены данные о количестве выпавших в 2010 году осадков и характере их распределения по территории Беларуси. Следует отметить, что осадки традиционно рассматриваются в форме суммы за месяц-сезон-год. В данном случае рассматриваются месячные суммы осадков (мм/месяц). В сезонном и годовом осреднении – это: средняя за сезон (год) месячная

<sup>1</sup> Напоминаем, что числовые данные об осадках приводятся в мм/месяц (месячная сумма осадков). В сезонном (годовом) осреднении это средняя за сезон (год) месячная сумма осадков

сумма осадков, выраженная в мм/месяц. Аномалии осадков рассматриваются в абсолютной шкале (отклонения от соответствующих норм, мм/месяц), или в относительной шкале – в процентах от нормы (%). Под нормой понимается рассматриваемая величина (сезонная или годовая сумма осадков, мм/месяц), осредненная за базовый период, в качестве которого, как и в случае температуры, принят период 1961-1990 гг.

На рисунке 4 изображен ход осредненных по территории Беларуси среднегодовых аномалий месячных сумм осадков за период с 1936 года. В целом по Беларуси за 2010 год количество выпавших осадков оказалось на 10,4 мм/месяц выше нормы (в среднем по территории) – ранг 6. Наибольшее количество осадков выпало на территории Беларуси в 1999 году (превышение осадков от нормы составило 15.4 мм/месяц). Коэффициент линейного тренда осадков за период 1976 - 2010 гг. составил 2.2 мм/месяц/10 лет, вклад тренда в суммарную дисперсию ряда составил 16%.

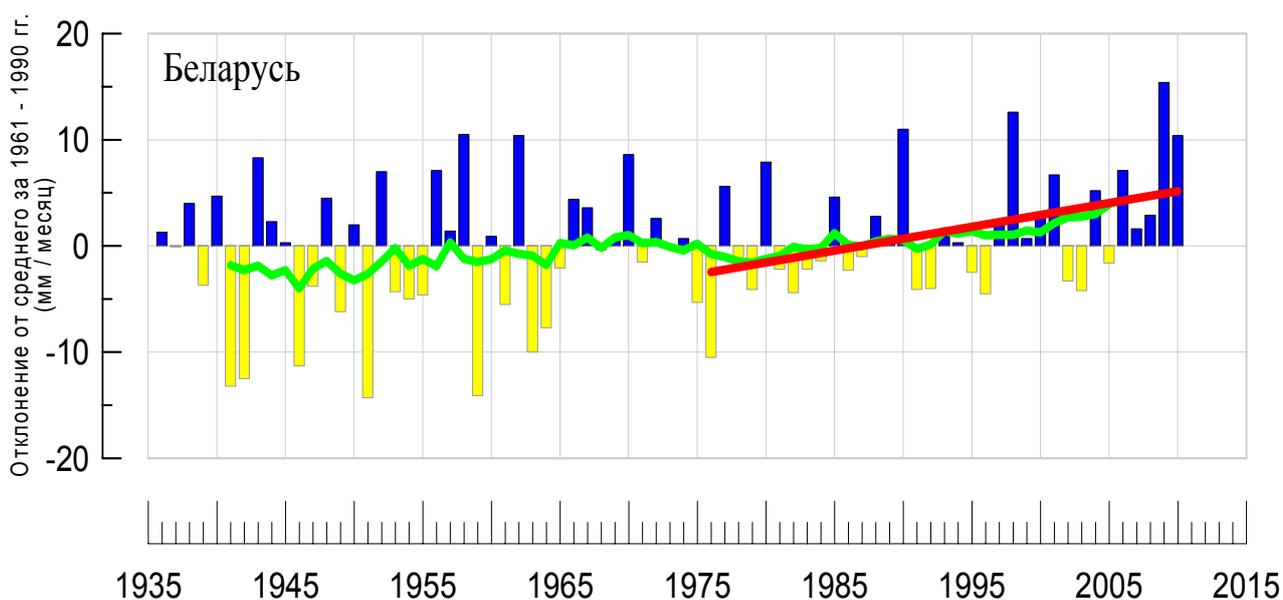


Рисунок 4 – Среднегодовые аномалии (декабрь – ноябрь) месячных сумм осадков (мм/месяц) для республики Беларусь, 1936 – 2010 гг.

В таблице 5 показаны годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков, а в таблице 6 - оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм осадков. Данные таблиц дополнительно иллюстрируются рисунком 5.

Таблица 5

Средние годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков для республики Беларусь в 2010 году:

$\nu R$  (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.;

$R$  – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2010 гг.

Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
$\nu R$	$R$								
10.4	6	15.2	4	6.5	17	2.9	31	18.7	8

Из анализа таблицы 5 видно, что много осадков выпало зимой (аномалия составила 15.2 мм/месяц) и осенью (аномалия 18.7 мм/месяц). В ранжированных по убыванию рядах это 4-ое и 8-ое места соответственно.

Таблица 6

Оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для республики Беларусь за 1976-2010 гг.:

$b$ , мм/мес /10 лет – коэффициент линейного тренда,  $D\%$  - вклад тренда в дисперсию.

Сезоны	$b$	$D\%$
Зима	1.4	4
Весна	3.1	11
Лето	1.7	1
Осень	2.7	5
Год	2.2	16

Из анализа рисунка 5 видно, что количество выпавших осадков на всей территории республики Беларусь в целом за год было больше нормы. Зимой на двух станциях: Пинск и Витебск количество выпавших осадков было больше 95% перцентиля (на этих станциях выпало 54.7мм/месяц и 68.0 мм/месяц соответственно). Весной на станции Витебск, а осенью на станции Брест, количество выпавших осадков было больше 95% перцентиля.

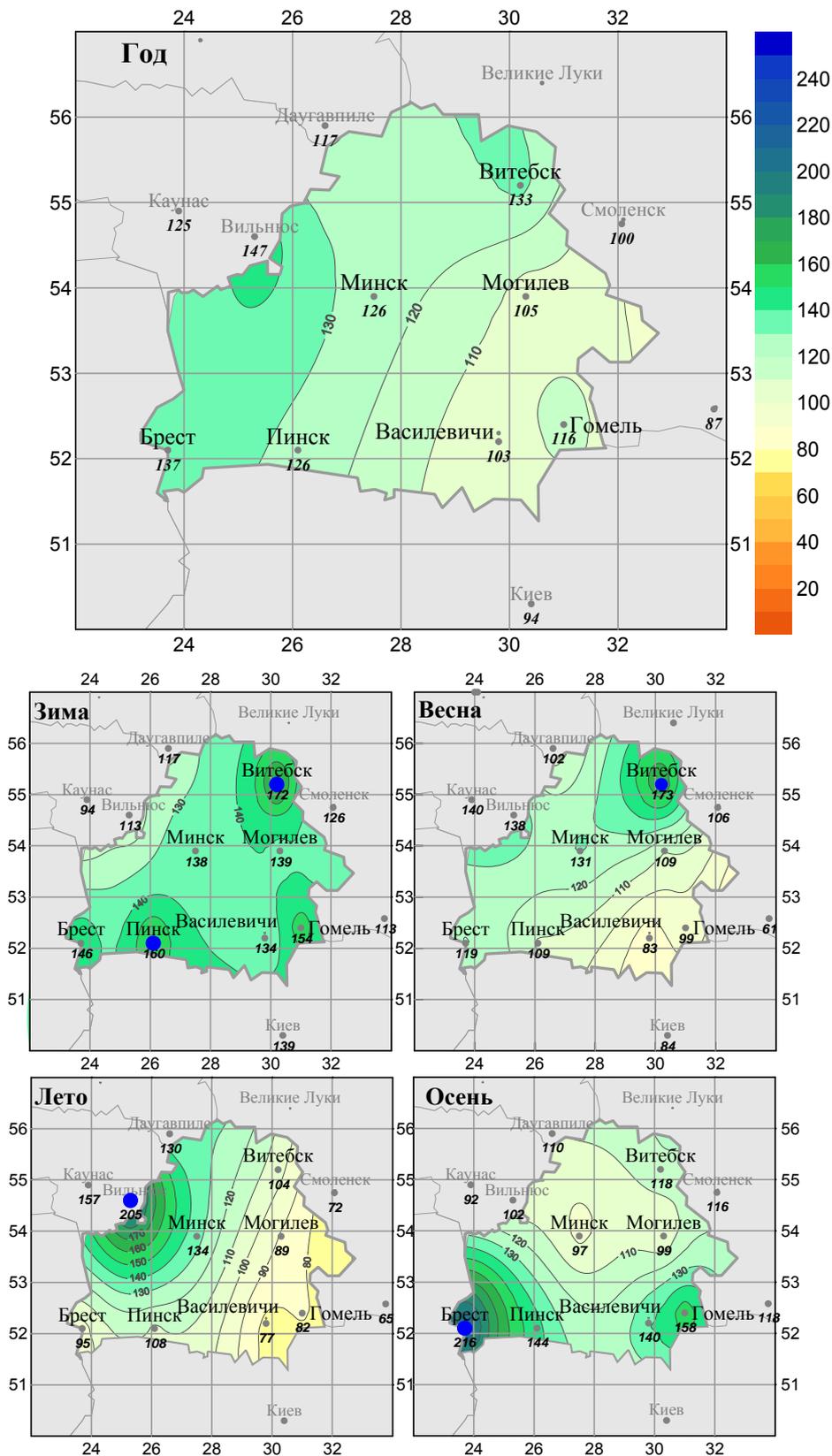


Рисунок 5 – Аномалии годовых (2009<sub>XII</sub>–2010<sub>XI</sub>) и сезонных сумм осадков на территории республики Беларусь в 2010 году (в % от нормы).

Синими кружками показаны станции, где наблюдались экстремально влажные (среди 5% самых влажных) условия (за период наблюдений с 1936 по 2009 гг.) Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

В таблице 7 представлены количественные данные об осадках, выпавших на станциях Беларуси в 2010 году (ежемесячно, в среднем за каждый сезон и год). Верхняя секция таблицы содержит собственно количество выпавших осадков (в мм/месяц), а нижняя – величину аномалий осадков, рассчитанных как отклонения от соответствующих 30-летних стационарных «норм» (в мм/месяц).

Таблица 7

Количество осадков (мм/месяц), выпавших на станциях Беларуси в 2010 году и их аномалии (отклонения от средних 1961-1990 гг.)

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<b><i>Зима 2009/2010</i></b>	<b>68.0</b>	<b>58.0</b>	<b>50.0</b>	<b>55.3</b>	<b>54.7</b>	<b>52.7</b>	<b>55.3</b>
декабрь 09	96	79	63	77	78	74	88
январь	21	40	26	53	44	28	20
февраль	87	55	61	36	42	56	58
<b><i>Весна</i></b>	<b>73.0</b>	<b>63.7</b>	<b>47.3</b>	<b>51.0</b>	<b>44.0</b>	<b>36.0</b>	<b>38.7</b>
Март	59	28	29	19	20	10	12
апрель	46	27	26	36	23	18	14
Май	114	136	87	98	89	82	90
<b><i>Лето</i></b>	<b>85.0</b>	<b>109.0</b>	<b>68.0</b>	<b>72.3</b>	<b>78.3</b>	<b>62.0</b>	<b>61.7</b>
Июнь	115	146	67	64	107	66	36
Июль	36	95	67	77	68	68	125
Август	104	86	70	76	60	52	24
<b><i>Осень</i></b>	<b>66.0</b>	<b>51.3</b>	<b>48.7</b>	<b>95.7</b>	<b>68.0</b>	<b>64.7</b>	<b>70.7</b>
сентябрь	89	79	46	163	96	51	60
октябрь	38	21	33	14	22	21	39
ноябрь	71	54	67	110	86	122	113
<b><i>Год: 2009<sub>XII</sub> - 2010<sub>XI</sub></i></b>	<b>73</b>	<b>70.5</b>	<b>53.5</b>	<b>68.6</b>	<b>61.2</b>	<b>53.8</b>	<b>56.6</b>
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<b><i>Зима 2009/2010</i></b>	<b>28.5</b>	<b>15.8</b>	<b>14.0</b>	<b>17.4</b>	<b>20.6</b>	<b>13.5</b>	<b>19.5</b>
декабрь 09	44.6	26.4	18.0	32.7	37.3	27.2	43.6
январь	-16.7	0.0	-9.4	16.0	10.1	-10.7	-15.8
февраль	57.5	20.9	33.4	3.5	14.3	23.9	30.9
<b><i>Весна</i></b>	<b>24.1</b>	<b>15.1</b>	<b>4.0</b>	<b>8.2</b>	<b>3.6</b>	<b>-7.4</b>	<b>-14.4</b>
Март	20.0	-13.8	-5.6	-11.6	-9.6	-23.7	-20.4
апрель	7.2	-15.2	-14.3	-3.3	-14.3	-27.2	-23.2
Май	64.8	74.4	31.8	39.5	34.7	28.7	42.0
<b><i>Лето</i></b>	<b>3.3</b>	<b>27.9</b>	<b>-8.5</b>	<b>-3.6</b>	<b>5.8</b>	<b>-18.6</b>	<b>-13.6</b>
Июнь	36.6	63.3	-13.6	-7.5	27.8	-13.4	-48.4
Июль	-57.5	6.9	-17.8	-3.2	-6.3	-20.7	42.9
Август	30.9	13.6	6.0	-0.2	-4.1	-21.6	-35.2
<b><i>Осень</i></b>	<b>10.1</b>	<b>-1.8</b>	<b>-0.3</b>	<b>51.4</b>	<b>20.7</b>	<b>18.5</b>	<b>25.8</b>
сентябрь	24.2	18.8	-8.2	111.8	43.2	1.3	12.1
октябрь	-10.1	-25.9	-11.7	-20.8	-24.6	-19.4	-3.9
ноябрь	16.1	1.6	18.9	63.2	43.6	73.5	69.1
<b><i>Год: 2009<sub>XII</sub> - 2010<sub>XI</sub></i></b>	<b>16.5</b>	<b>14.2</b>	<b>2.3</b>	<b>18.4</b>	<b>12.7</b>	<b>1.5</b>	<b>4.3</b>

### 1.3 Климатические аномалии 2011 года (материалы сезонных бюллетеней мониторинга климата Беларуси)

Наиболее четко наблюдавшиеся на территории Беларуси климатические аномалии прослеживаются по пространственным распределениям температуры и осадков, приведенным ниже для каждого сезона и входящих в него месяцев.

#### 1.3.1. Зима 2010-2011 гг. (рисунок 6, рисунок 7)

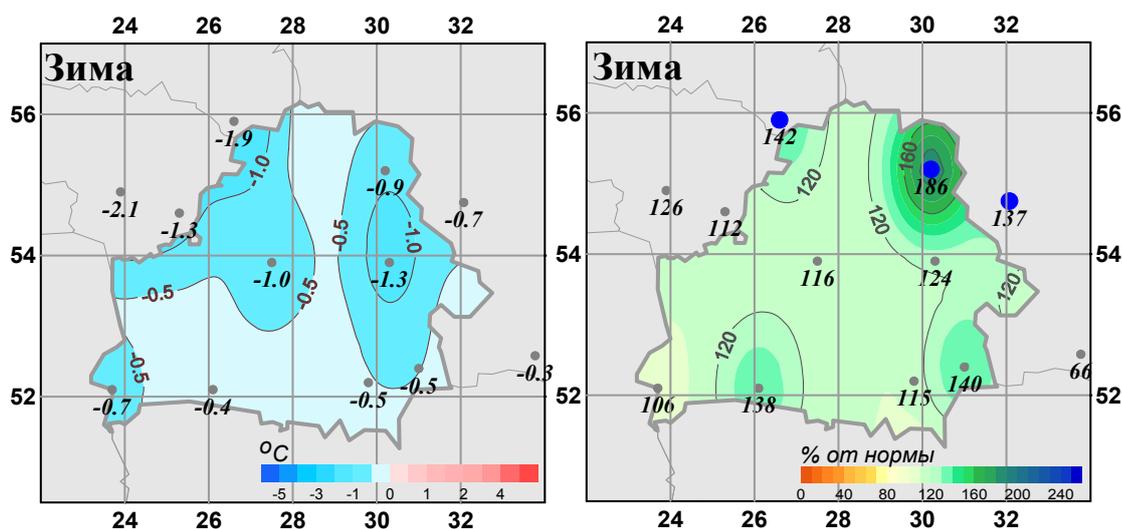


Рисунок 6 - Средние сезонные аномалии температуры (°C) приземного воздуха (левый фрагмент) и атмосферных осадков (% от нормы, правый фрагмент) на территории республики Беларусь зимой 2010/2011 гг.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг.

Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Синими кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков было больше 95 перцентиля.

Зима была холоднее средней многолетней на всей территории Республики Беларусь, аномалии температуры от  $-1.27^{\circ}\text{C}$  (Могилев) до  $-0.37^{\circ}\text{C}$  (Пинск). Наиболее холодным месяцем был декабрь 2010 года, когда аномалии температуры на всех станциях Республики были ниже  $-2^{\circ}\text{C}$ . Наиболее теплым месяцем в сезоне был январь, аномалии температуры на всех станциях были около  $3^{\circ}\text{C}$ .

Зима была снежной на всей территории Республики. Осадков выпало от 40.3 мм/месяц (106.2% нормы) в Могилеве до 73.3 мм/месяц (185.7% нормы) – в Витебске. Осадков больше нормы выпало в Витебске и Пинске во все месяцы сезона. В Витебске количество выпавших зимой осадков превысило 95- процентиль. Снега больше нормы выпало в декабре – на всех станциях республики, особенно в Витебске (количество выпавших осадков в декабре превысило 95- процентиль).

В таблице 8 приведены количественные данные о климатических условиях зимы 2010 - 2011 г. в целом для территории Беларуси, в этой же таблице приведены региональные оценки трендов за 1976-2011 гг., в том числе – коэффициенты тренда  $b$  (ед./10 лет) и доля объясненной трендом дисперсии  $D$  (%).

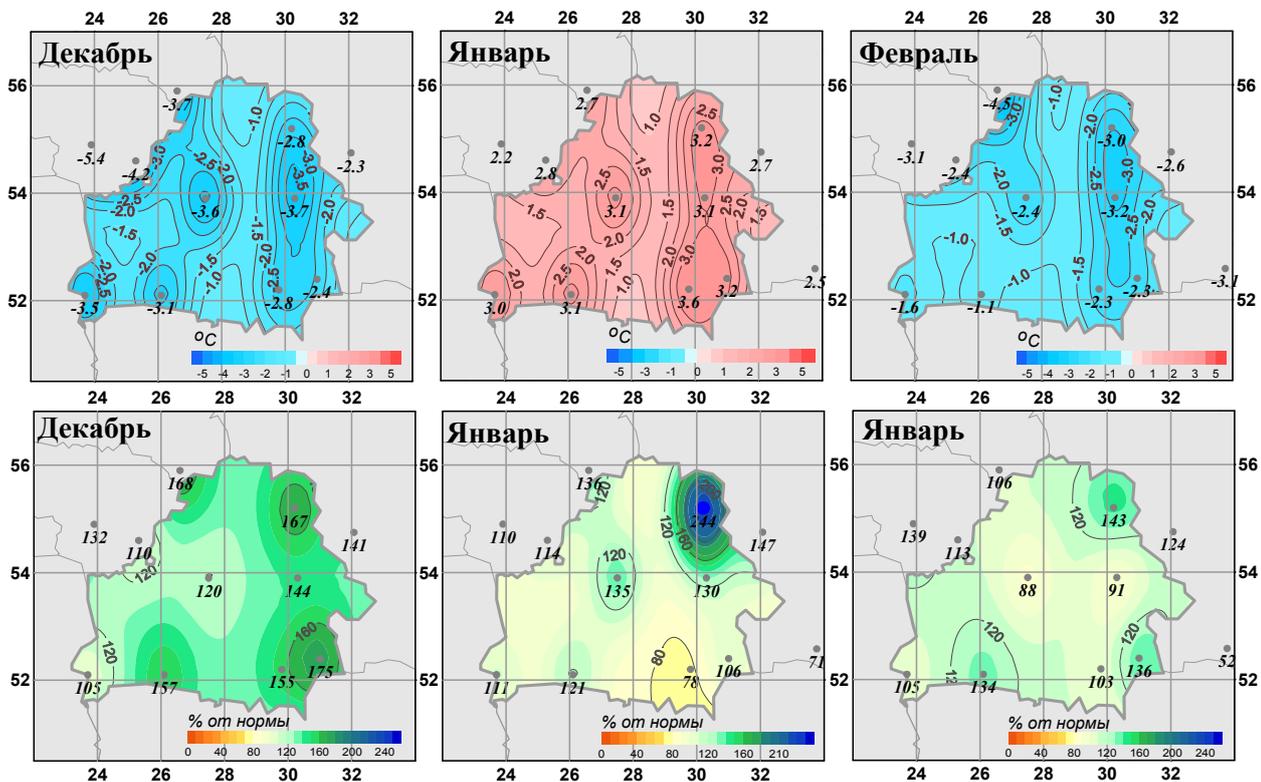


Рисунок 7 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (сверху) и атмосферных осадков (снизу) для месяцев зимнего сезона 2010/2011 г. на территории республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг.

Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Синим кружком показана станция, на которой количество выпавших осадков было больше 95 перцентиля.

Таблица 8

Аномалии температуры и осадков зимой 2011 года и оценки линейного тренда 1976-2011 гг., в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура			Осадки		
	$\nu T_{2011}$ °C	$b_{1976-2011}$ °C/10 лет	$D_{1976-2011}$ %	$\nu R_{2011}$ мм/месяц	$b_{1976-2011}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2011}$ %
<b>Зима</b>	<b>-0.83</b>	<b>0.59</b>	<b>6</b>	<b>11.2</b>	<b>1.8</b>	<b>6</b>
Декабрь 2010	-3.50	0.30	1	17.1	-3.2	5
Январь	2.95	0.80	5	7.4	-0.4	0
Февраль	-2.63	0.81	5	2.3	5.6	24

Данные таблицы 8 хорошо согласуются с отмеченными особенностями режима температуры и осадков на территории Беларуси. Сезонная аномалия температуры воздуха (-0.83°C) оказалась на 52 месте среди теплых сезонов 1936-2011 гг., а аномалия осадков (+11.2 мм/месяц) – на 9 месте среди влажных сезонов. Наиболее аномальным был декабрь, который оказался седьмым наиболее холодным месяцем и десятым наиболее влажным месяцем в ряду наблюдений с 1936 года.

В среднем по территории Беларуси тренд зимних температур составил 0.59°C на 10 лет (процент объясненной трендом дисперсии ряда 6%). Тренд температуры положителен во все месяцы

сезона. Тренд регионально осредненных сезонных осадков составил 1.8 мм за 10 лет (процент объясненной трендом дисперсии ряда 6%). Оценки трендов месячных сумм осадков указывают на уменьшение осадков в декабре, на увеличение - в феврале.

### 1.3.2. Весна 2011г. (рисунок 8, рисунок 9)

Весной 2011 гг. сезонная аномалия температуры воздуха, осредненная по территории Беларуси, составила +1.03°C, аномалия осадков -8.7 мм/месяц.

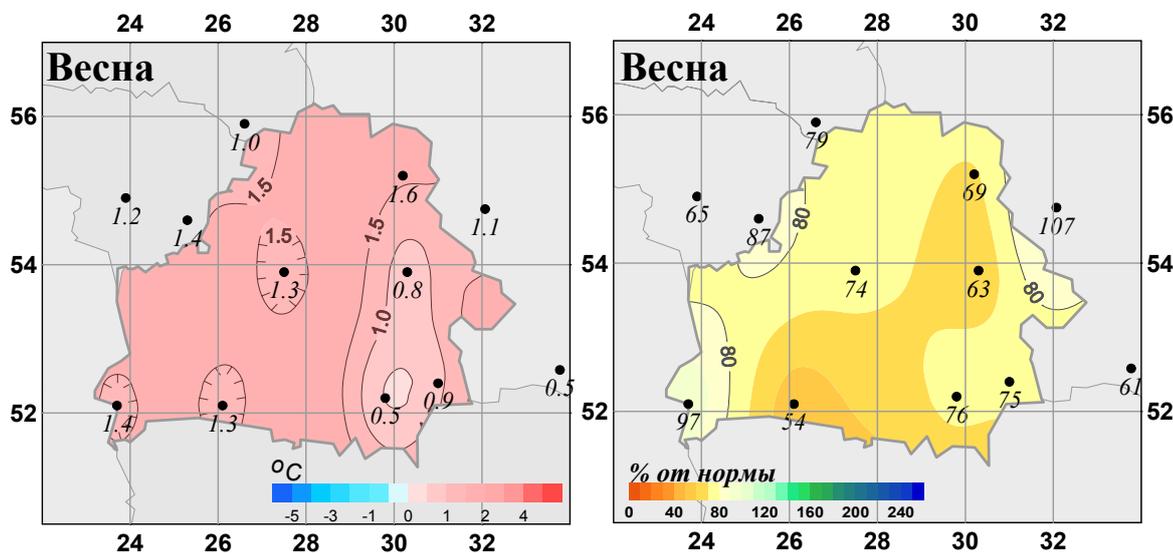


Рисунок 8 - Средние сезонные аномалии температуры (°C) приземного воздуха (левый фрагмент) и атмосферных осадков (% от нормы, правый фрагмент) на территории республики Беларусь весной 2011 гг.

*Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.*

Весна была теплее средней многолетней на всей территории Республики Беларусь, аномалии температуры от +0.47°C (Василевичи) до +1.58°C (Витебск). В апреле и мае аномалии температуры были положительными на всех рассматриваемых станциях. Наиболее теплый месяц - апрель (аномалии преимущественно выше 2 °C). По режиму осадков на всех рассматриваемых станциях сезон оказался аномально «сухим» (на станции Брест – 97% нормы, на остальных - менее 80%). Самым «сухим» месяцем был март, когда вся территория оказалась в области значительного дефицита осадков (ниже 40% нормы на 6 станциях, в т.ч. на трех – около 15%). На станциях Минск, Могилев, Гомель количество выпавших осадков было меньше 5-го перцентиля. Дефицит осадков сохранился и в апреле, но на уровне около 60%-70%. В мае, напротив, почти на всей территории осадков выпало около нормы или выше нормы (более 120%).

Количественные данные о климатических условиях весны 2011 г. в целом для территории Беларуси приведены в таблице 9. В этой же таблице приведены региональные оценки трендов за 1976-2011 гг., в том числе – коэффициенты тренда  $b$  (ед./10 лет) и доля объясненной трендом дисперсии  $D$  (%).

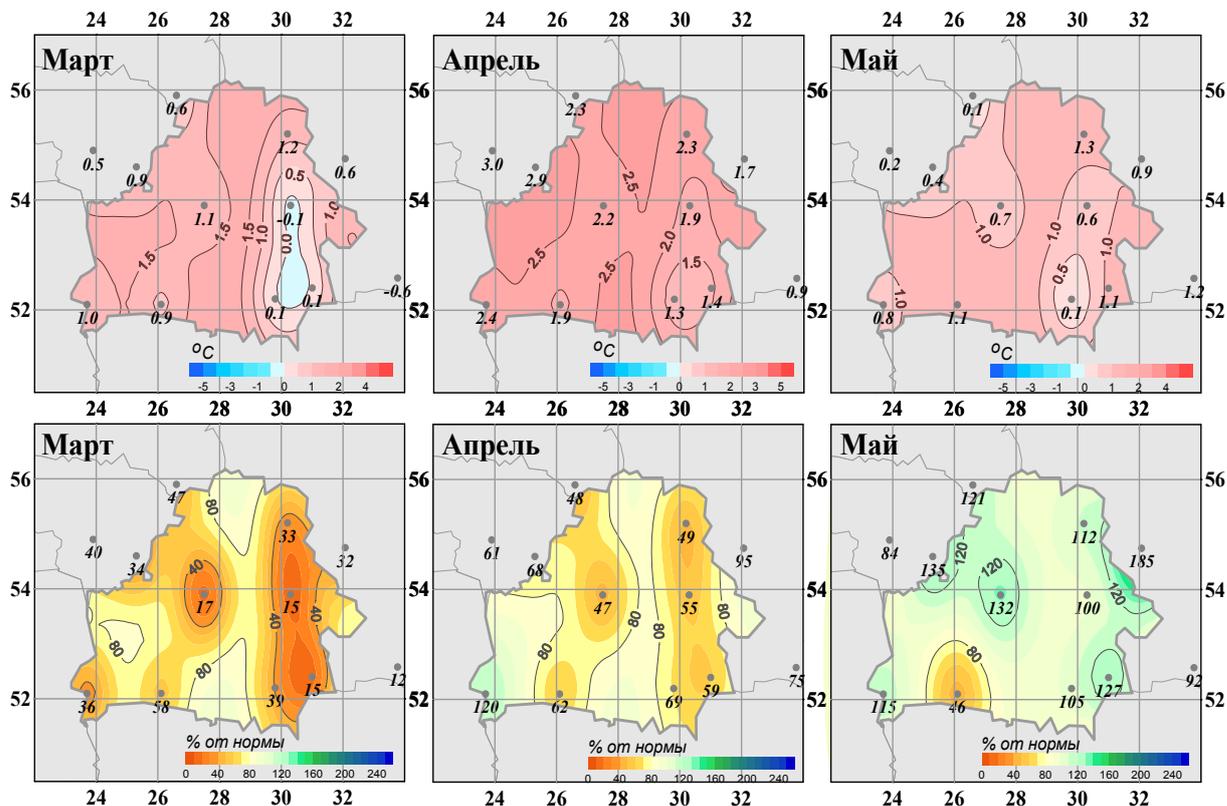


Рисунок 9 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (вверху) и атмосферных осадков (внизу) для месяцев весеннего сезона 2011 г. на территории республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красными кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков было меньше 5% процента.

В среднем по Республике, ни один из весенних месяцев 2011, как и сезон в целом, не попали в число экстремальных аномалий. Так, сезонная аномалия температуры воздуха (+1.03°C) оказалась на 23 месте среди теплых сезонов 1936-2011 гг., а аномалия осадков (-8.7 мм/месяц) – на 12 месте среди сухих сезонов. Исключение представляет март, который оказался третьим наиболее сухим месяцем (после 1974 и 1953 гг.) в ряду наблюдений с 1936 года.

Таблица 9 - Аномалии температуры и осадков весной 2011 года и оценки линейного тренда 1976-2011 гг., в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура			Осадки		
	$\nu T_{2011}$ °C	$b_{1976-2011}$ °C/10 лет	$D_{1976-2011}$ %	$\nu R_{2011}$ мм/месяц	$b_{1976-2011}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2011}$ %
<b>Весна</b>	<b>1.03</b>	<b>0.50</b>	<b>16</b>	<b>-8.7</b>	<b>2.4</b>	<b>7</b>
Март	0.67	0.54	5	-26.1	-0.0	0
Апрель	2.17	0.79	23	-15.3	-2.7	4
Май	0.63	0.20	2	9.4	6.5	12

Тренд весенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил  $0.50^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 16% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен, но статистически значим только в апреле и в среднем за сезон (на 1%-м уровне значимости). В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил  $2.4$  мм/месяц/10 лет. Однако в ходе осадков марта и апреля тренд практически отсутствует, и можно говорить лишь о слабой тенденции к увеличению осадков в мае (уровень значимости около 2%).

### 1.3.3. Лето 2011г. (рисунок 10, рисунок 11)

Летом 2011 гг. сезонная аномалия температуры воздуха, осредненная по территории Беларуси, составила  $+2.19^{\circ}\text{C}$  (седьмая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений), аномалия осадков  $12.0$  мм/месяц.

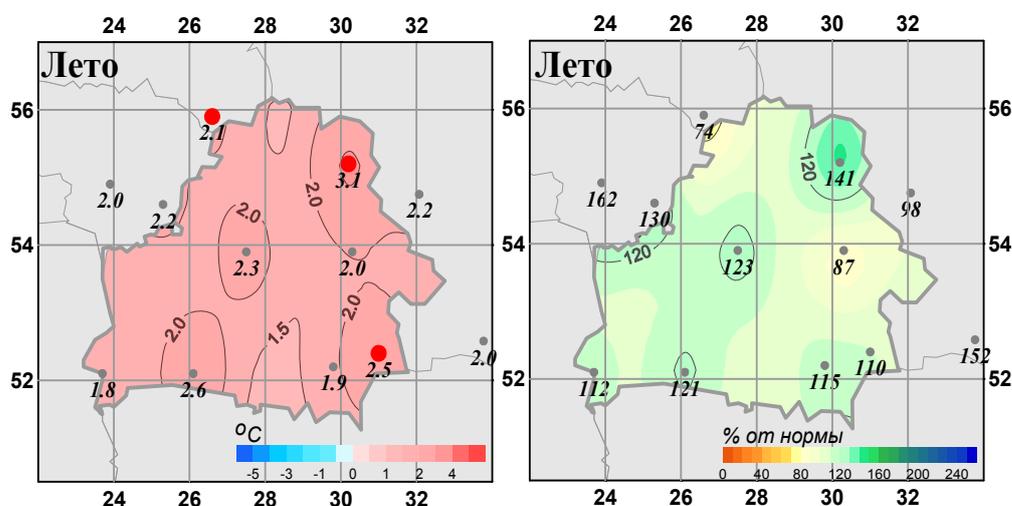


Рисунок 10 - Средние сезонные аномалии температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) приземного воздуха (левый фрагмент) и атмосферных осадков (% от нормы, правый фрагмент) на территории республики Беларусь летом 2011 гг.

*Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.*

Лето была теплее средней многолетней на всей территории Республики Беларусь, аномалии температуры на станциях от  $+1.79^{\circ}\text{C}$  (Брест) до  $+3.11^{\circ}\text{C}$  (Витебск), В Витебске и в Гомеле средние сезонные температуры были выше 95 перцентиля. Тепло было во все месяцы сезона, особенно в июне и июле. В июне аномалии на станциях от  $+2.00^{\circ}\text{C}$  (Могилев) до  $+3.27^{\circ}\text{C}$  (Пинск), на трех станциях: в Витебске, Бресте и Пинске, зафиксированы 95%-е экстремумы. В июле аномалии температуры от  $+1.38^{\circ}\text{C}$  (Брест) до  $+4.25^{\circ}\text{C}$  (Витебск). В августе аномалии температуры от  $+0.75^{\circ}\text{C}$  (Гомель) до  $+2.12^{\circ}\text{C}$  (Витебск).

Летом на большей части республики осадков выпало около нормы (исключение составляет северо-восток республики – в Витебске выпало 141% сезонной нормы). Наиболее влажным месяцем был июль – на всех станциях, кроме Могилева, осадков выпало больше нормы. Дефицит осадков наблюдался в июне на западе республики, в августе – на четырех станциях: в Бресте, Пинске, Василевичах и Могилеве.

Количественные данные о климатических условиях лета 2011 г. в целом для территории Беларуси приведены в таблице 10. В этой же таблице приведены региональные оценки трендов за

1976-2011 гг., в том числе – коэффициенты тренда  $b$  (ед./10 лет) и доля объясненной трендом дисперсии  $D$  (%).

Таблица 10 - Аномалии температуры и осадков летом 2011 года и оценки линейного тренда 1976-2011 гг., в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура			Осадки		
	$\nu T_{2011}$ °C	$b_{1976-2011}$ °C/10 лет	$D_{1976-2011}$ %	$\nu R_{2011}$ мм/месяц	$b_{1976-2011}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2011}$ %
<b>Лето</b>	<b>2.19</b>	<b>0.80</b>	<b>45</b>	<b>12.0</b>	<b>2.0</b>	<b>1</b>
Июнь	2.47	0.46	10	-2.1	-0.8	0
Июль	2.86	1.15	41	47.1	5.7	3
Август	1.24	0.80	33	-9.0	1.6	0

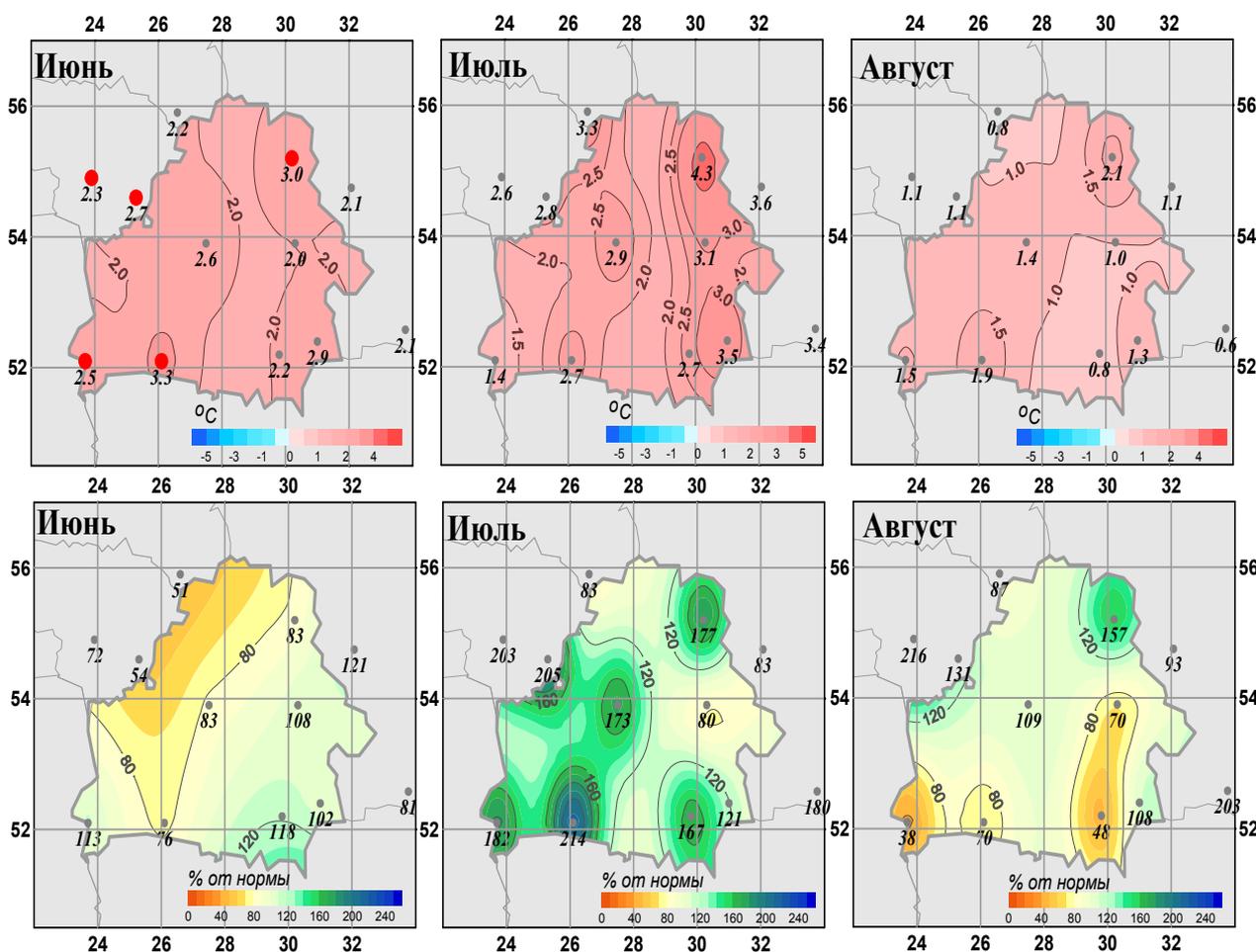


Рисунок 11 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (вверху) и атмосферных осадков (внизу) для месяцев летнего сезона 2011 г. на территории республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красными кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков было меньше 5% процента.

### 1.3.4. Осень 2011г. (рисунок 12, рисунок 13)

Осенью 2011 г. сезонная аномалия температуры воздуха, осредненная по территории Беларуси, составила  $+0.87^{\circ}\text{C}$  (14-ая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений), аномалия осадков  $-26.9$  мм/месяц (вторая величина в ранжированном по возрастанию ряду наблюдений после рекордно «сухого» 1951).

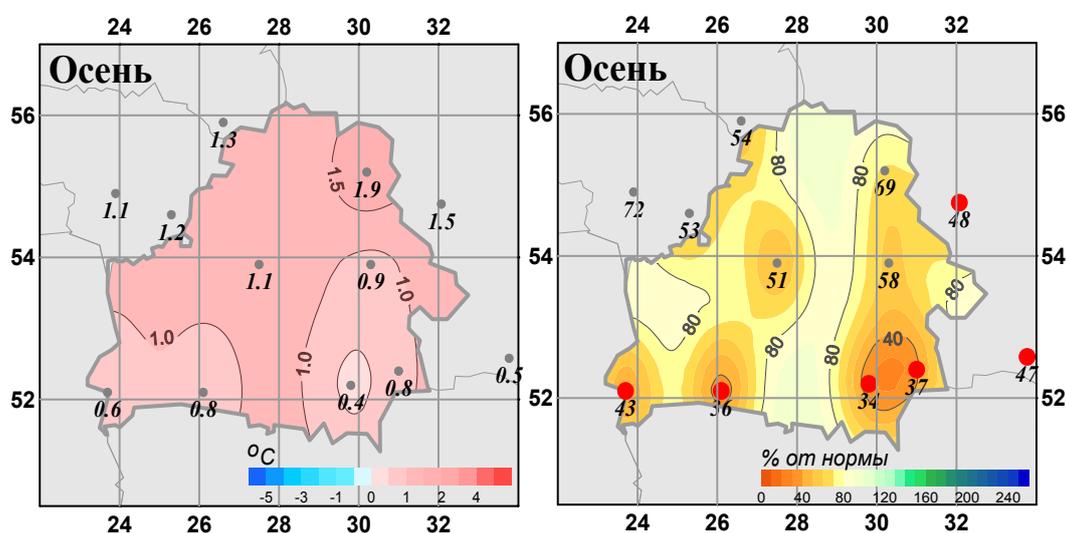


Рисунок 12 - Средние сезонные аномалии температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) приземного воздуха (левый фрагмент) и атмосферных осадков (% от нормы, правый фрагмент) на территории республики Беларусь осенью 2011 г.

*Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях*

Осень была теплее средней многолетней на всей территории Республики Беларусь, аномалии температуры на станциях от  $+0.59^{\circ}\text{C}$  (Брест) до  $+1.86^{\circ}\text{C}$  (Витебск). Тепло было в сентябре и ноябре на всей территории республики, в октябре – тепло лишь на севере, а на юге республики наблюдались отрицательные аномалии температуры (до  $-0.64^{\circ}\text{C}$  в Василевичах).

Осенью осадков выпало меньше нормы на всей территории республики (аномалии от  $-30.5$  мм/месяц в Василевичах до  $-17.6$  мм/месяц в Витебске). В Пинске, в Бресте, в Гомеле и в Василевичах количество выпавших осадков было меньше 5% процентиля. Сухо было во все месяцы сезона, особенно в ноябре – на большей части республики выпало менее 40% нормы осадков, на всех станциях (кроме Витебска) зафиксированы 5% экстремумы.

Количественные данные о климатических условиях осени 2011 г. в целом для территории Беларуси приведены в таблице 11. В этой же таблице приведены региональные оценки трендов за 1976-2011 гг., в том числе – коэффициенты тренда  $b$  (ед./10 лет) и доля объясненной трендом дисперсии  $D$  (%).

Аномалии температуры и осадков осенью 2011 года  
и оценки линейного тренда 1976-2011 гг., в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура			Осадки		
	$\nu T_{2011}$ °C	$b_{1976-2011}$ °C/10 лет	$D_{1976-2011}$ %	$\nu R_{2011}$ мм/месяц	$b_{1976-2011}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2011}$ %
<b>Осень</b>	<b>0.87</b>	<b>0.39</b>	<b>14</b>	<b>-26.9</b>	<b>1.2</b>	<b>1</b>
Сентябрь	1.50	0.46	11	-25.4	-4.6	3
Октябрь	-0.06	0.34	6	-19.1	6.0	5
Ноябрь	1.17	0.37	2	-36.3	2.1	2

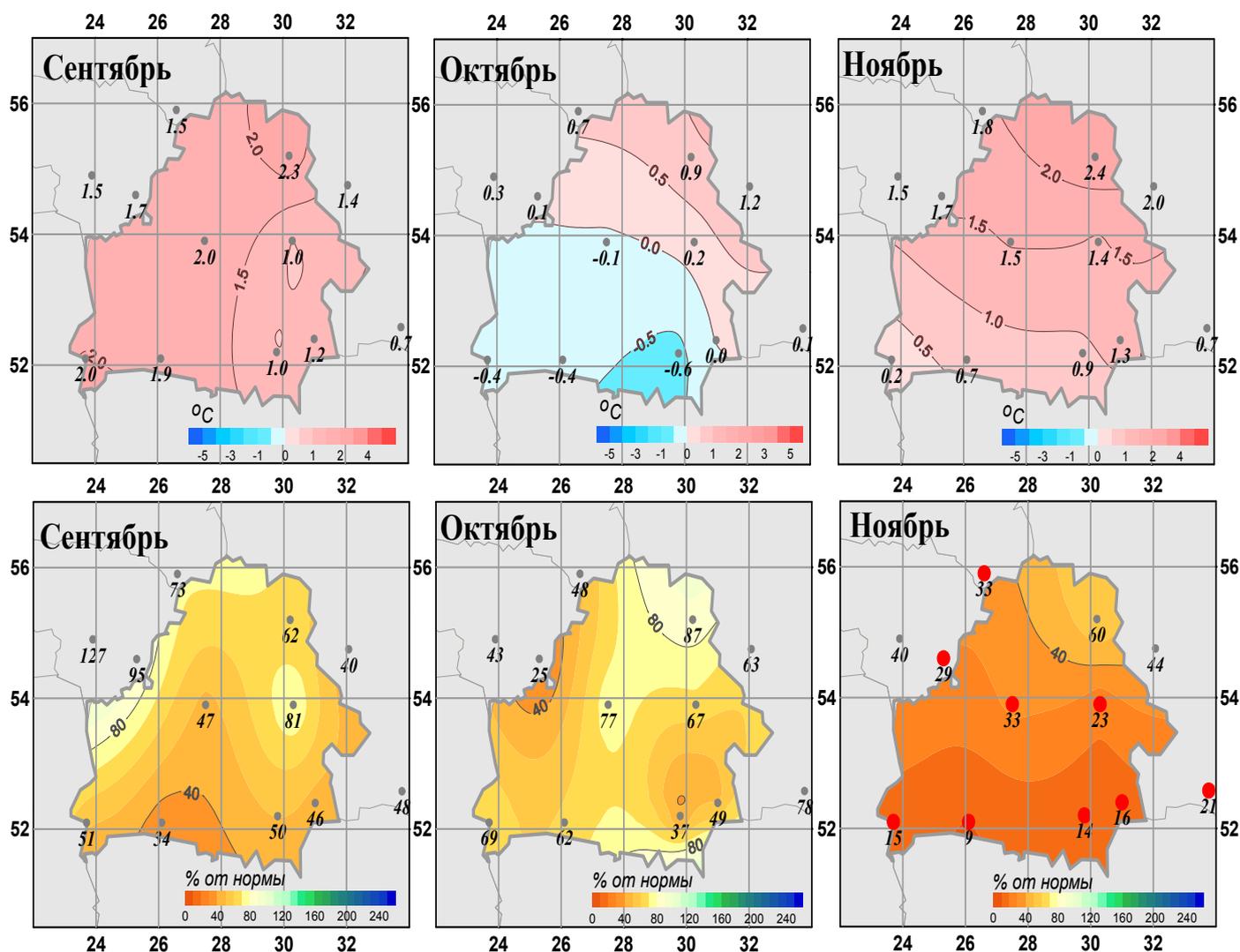


Рисунок 13 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (вверху) и атмосферных осадков (внизу) для месяцев осеннего сезона 2011 г. на территории республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красными кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков было меньше 5% процента.

## Заключение

Анализ климатических условий на территории Беларуси в настоящее время публикуется как приложение бюллетеня мониторинга климата России, а также в бюллетенях Северо-Евразийского Климатического Центра (СЕАКЦ) «Северо-Евразийский климатический центр (СЕАКЦ). Обзор состояния и тенденций изменения климата» на сайте СЕАКЦ (<http://seakc.meteoinfo.ru>).

Бюллетени мониторинга климата по территории России за первые три сезона отчетного года (декабрь 2010 – ноябрь 2011) представлены на Интернет-сайте ИГКЭ «Изменение климата России» <http://climatechange.igce.ru>, на странице «Мониторинг климата». Бюллетень осеннего сезона в настоящее время находится в стадии завершения. В соответствии с плановыми сроками выпуска бюллетеней он будет размещен на сайте ИГКЭ в январе 2012 года, вместе с итоговым годовым выпуском.

## **Проект 3.2. Исследование и сценарные оценки ожидаемых изменений регионального климата на территориях Беларуси и России**

### **Введение**

Все без исключения известные сложные физико-математические модели глобальной климатической системы прогнозируют дальнейший рост средней глобальной температуры воздуха в ответ на рост концентраций парниковых газов в атмосфере.

Но глобальное потепление – лишь одно из проявлений изменения климата. Очевидно, наибольший практический интерес представляют происходящие и ожидаемые региональные изменения климата, в особенности же – изменения его «экстремальности», в том числе – статистики опасных явлений, а также последствия этих изменений.

В то же время неопределенности оценок ожидаемых изменений климата даже для одних и тех же сценариев внешних воздействий на климатическую систему существенно возрастает от глобальных масштабов к региональным. Разумеется, разброс оценок обусловлен не только пространственным разрешением глобальных моделей, но и различиями модельных описаний компонентов климатической системы, учетом, либо пренебрежением теми или иными климатически значимыми процессами и обратными связями.

В рассматриваемом контексте территория СРБ заслуживает особого внимания, и не только потому, что по данным наблюдений, она относится к наиболее быстро «тепеющим» регионам Земли со впечатляющим разнообразием климатических воздействий на природные системы, население и экономику страны (Оценочный доклад..., 2008; Катцов и Порфирьев, 2011).

Лесной сектор экономики в условиях устойчивого развития обладает большим потенциалом поглощения парниковых газов из атмосферы и является основой для производства биотоплива - альтернативы традиционному углеводородному топливу. Лесные секторы экономик СРБ стоят перед лицом серьезных вызовов в условиях глобализации, стремления мирового сообщества к смягчению влияния климатических изменений, адаптации к ним, а также жестких политических требований по обеспечению устойчивого развития. Лесные ресурсы Союзного государства чрезвычайно велики (они в настоящее время не используются в полной мере), имеют большой экономический потенциал и могут оказывать значительное влияние на политику, связанную с изменениями климата. Продолжающийся процесс потепления климата может нести существенную угрозу лесам России и Беларуси, в первую очередь, в связи с возможной сменой видового состава растительности умеренных и высоких широт в условиях более теплого климата, увеличением числа болезней деревьев и их большей уязвимостью перед экстремальными климатическими явлениями (засухи, шквалы, пожары). Выработка оптимальных мер адаптации в лесной промышленности, как к положительным, так и к отрицательным эффектам изменениям климата, сопряжена с тесным межгосударственным взаимодействием в части получения научно обоснованной картины изменений

глобального и регионального климата и проведения политики смягчения воздействия климатических изменений на экономику.

Как сказано выше, на региональном уровне рост пожароопасности в лесах входит в число наиболее серьезных климатических угроз устойчивому развитию России. Соответствующие количественные оценки ожидаемых изменений, получаемые с помощью глобальных климатических моделей, очевидно, нуждаются в детализации не только в географическом, но и в вероятностном пространстве. Приблизиться к решению этой задачи, по-видимому, позволяют ансамблевые расчеты с региональными климатическими моделями сравнительно высокого пространственного разрешения. Существует обширная литература, описывающая возможности и ограничения региональных моделей, в том числе в исследованиях климатических воздействий.

Разрешение современных глобальных моделей находится в диапазоне 100-300 км, что ограничивает их применимость в оценках изменений регионального климата. В оценках региональных последствий изменения климата требуется пространственное разрешение, по меньшей мере, на порядок более высокое – чтобы модель могла в явном виде описывать значительные локальные колебания термического и влажностного режима, приводящие, в частности, к возникновению и развитию крупных пожаров.

Более точный учет особенностей рельефа, свойств почв и растительности, а также других характеристик подстилающей поверхности позволяет надеяться на получение более точных оценок изменения характеристик почвы и, в частности, многолетнемерзлых грунтов. Поэтому для соответствующих оценок предпочтительно использование глобальных моделей совместно с региональными, имеющими пространственное разрешение 10-50 км. В настоящее время WCRP (Всемирная Программа Исследований Климата) признала актуальность реализации международного проекта CORDEX (координируемого эксперимента по моделированию климата всех регионов суши с помощью региональных моделей с горизонтальным разрешением 50 км), в том числе, в целях обеспечения подготовки 5-го Оценочного Доклада МГЭИК.

В ГГО разработана и используется в исследованиях регионального климата и его изменчивости, а также различных последствий климатических изменений региональная климатическая модель (РКМ) для территории России и Беларуси (Школьник и др., 2006, 2007, 2008, 2012; Shkolnik et al., 2010). В настоящее время горизонтальное разрешение РКМ ГГО достигло 25 км. Преимуществом РКМ ГГО является возможность использования глобальной климатической модели ГГО с аналогичным РКМ «пакетом» параметризаций физических процессов для генерирования граничных условий.

## 2.1. Постановка численных экспериментов

Для оценки изменений климата на территории России и Беларуси в середине XXI века проведены ансамблевые расчеты по глобальной модели атмосферы и встроенной в нее РКМ ГГО. Модели включали единый блок параметризации основных климатообразующих процессов: перенос солнечной и длинноволновой радиации в облачной атмосфере, крупномасштабную конденсацию водяного пара и конвекцию, турбулентные процессы в пограничном слое и свободной атмосфере, перенос тепла и влаги в деятельном слое почвы на континентах, процессы таяния/накопления снега и др. При этом результаты расчетов по региональной и глобальной моделям существенно различались из-за разного горизонтального разрешения (соответственно, 25 км и ~220 км) степенью детализации свойств подстилающей поверхности, включая индекс леса и листовой индекс. Вертикальное разрешение обеих моделей составляло 25 расчетных уровней.

В качестве граничных условий для обеих моделей на поверхности океанов и морей были заданы распределения температуры поверхности и концентрации льда (ТПО/МЛ), полученные с использованием расчетов по моделям CMIP3. Подход к построению ансамблей с использованием различных ТПО/МЛ аналогичен примененному в работе (Спорышев и др., 2011). Ансамблевые расчеты по глобальной модели ГГО T42L25 выполнялись для периода 1971-2060 гг. Для построения граничных условий на поверхности океана использованы средние за каждый месяц поля ТПО/МЛ в течение указанного периода, полученные ранее в расчетах по совместным моделям CMIP3 – это модели ECHAM5/MPI-OM (3 расчета от разных начальных условий), MIROC (1 расчет) и HadCM3 (1 расчет). Все указанные расчеты проводились для сценария эмиссии парниковых газов и аэрозоля A2 по номенклатуре МГЭИК. По временным рядам ТПО/МЛ были получены средние месячные поля их аномалий для каждого месяца расчетного периода. Для использования в ансамблевых расчетах по моделям ГГО указанные поля аномалий ТПО/МЛ были добавлены к данным анализа наблюдений за ТПО HadISST1 (Rayner et al., 2003). Таким образом, из полей ТПО/МЛ были исключены систематические погрешности, присущие моделям CMIP3, но сохранены рассчитанные по этим моделям собственные колебания и изменения ТПО/МЛ.

Расчеты по РКМ проводились для двух периодов: 1981-2000 гг. и 2041-2060 гг. и для двух перекрывающихся расчетных областей, в совокупности полностью покрывающих территорию России. Каждая область размером  $4150 \times 5400 \text{ км}^2$  представляла сетку с  $167 \times 215$  узлами.

На боковых границах РКМ задавались изменяющиеся во времени с интервалом 6 часов граничные условия из глобальной модели (давление на подстилающей поверхности, компоненты вектора скорости ветра, температура и влажность воздуха на 25 уровнях атмосферы). Значения переменных на границах определялись путем линейной интерполяции в пределах 6-часового интервала.

С глобальной моделью и РКМ проведено по 5 экспериментов с разными начальными условиями в атмосфере и разными распределениями ТПО/МЛ, что дает возможность оценить

влияние собственной изменчивости модельного климата на значимость оценки изменения рассматриваемых характеристик пожароопасности. Подготовлена база данных (температура, осадки) по большому числу расчетов с региональной моделью для двух областей, полностью охватывающих территорию России и Беларусь. Полученные ранее наборы данных были расширены за счет включения данных высокой дискретности (суточной и трехчасовой), что позволяет использовать их в оценках социально-экономических последствий изменений климата. Разработаны специальные алгоритмы, пригодные для расчета социально-экономических последствий изменений климата с использованием данных региональной модели для территорий России и Беларуси. Алгоритмы позволяют рассчитать возможные в будущем изменения пожароопасности в лесах и др. характеристики, важные для количественной оценки влияния изменений климата на климат Союзного государства. Проведена оценка последствий изменения экстремальности климата СРБ, проанализированы изменения индексов экстремальности температуры и осадков. Показано, что изменения температурных показателей на большей части территории Союзного государства статистически значимы и пригодны для использования в количественных оценках последствий для секторов экономики.

## **2.2. Оценка будущих изменений пожароопасности на территории России и Беларуси**

В настоящее время в России и Беларуси ежегодно выгорают десятки тысяч га леса. В последние десятилетия XX в., как показывает статистика, число лесных пожаров ежегодно увеличивалось.

Для расчетов пожароопасности используются специализированные индексы, обычно основанные на оценке непрерывной продолжительности периодов с экстремально высокими температурами воздуха и низкой влажностью. Важную роль здесь также играет количество осадков – пожары возникают тогда, когда суточная сумма осадков мала, либо равна нулю. Степень пожароопасности в будущем зависит непосредственно от того, как изменятся длительности периодов, включающих перечисленные погодные факторы.

Наиболее употребительный в настоящее время индекс для оценки пожароопасности - индекс Нестерова  $N$ , связывающий особенности суточных колебаний термического режима с режимом увлажнения. С помощью индекса Нестерова удобно классифицировать пожароопасность по уровню угрозы:  $1000 < N < 4000$  (умеренная пожароопасность),  $4000 < N < 10000$  (высокая пожароопасность) и  $N > 10000$  (экстремально высокая пожароопасность). Для анализа пожароопасности обычно используется число дней, на которые приходятся значения  $N$  по каждой из указанных категорий. В предыдущих аналогичных исследованиях показана удовлетворительная согласованность распределения индекса для разных категорий, полученного в РКМ, с фактической картиной возникновения пожаров.

Согласно многочисленным модельным оценкам, полученным для разных сценариев антропогенных эмиссий, в южных регионах России летом ожидается формирование протяженного засушливого пояса. Характерной особенностью летнего сезона там будет большая, чем в настоящее время, повторяемость экстремально высоких температур и меньшее количество средних за сезон осадков – именно эти условия способствуют росту пожароопасности. С другой стороны, в исследованиях нет указаний на возможное в будущем существенное уменьшение повторяемости случаев с осадками очень большой интенсивности на указанных территориях, так что интервалы между ливнями, снижающими пожароопасность, могут в будущем практически не увеличиться. Следует отметить, что в отдельных регионах рост пожароопасности может оказаться существенным и при слабом росте приземной температуры, если периоды без осадков станут там более продолжительными.

По данным РКМ для обоих рассматриваемых периодов был рассчитан индекс Нестерова по трем указанным выше категориям пожароопасности. Изменения пожароопасности в каждой из категорий рассчитывались как разности (между двумя периодами) числа дней для значений  $N$  в принятых выше категориях. Наиболее заметные изменения всех категорий  $N$  обнаруживаются в южных регионах России (рисунок 1). Здесь РКМ дает сокращение периодов, когда пожароопасность сравнительно невелика, на 2-4 суток. Там же возможен значительный (более 5 суток за теплый сезон) рост числа дней с экстремальной опасностью возгорания ( $N > 10000$ ). Промежуточная категория пожароопасных дней ( $4000 < N < 10000$ ) в середине XXI в., по-видимому, меняется незначительно.

Анализ суммарного по всем категориям числа пожароопасных дней показывает, что их общее число в южных регионах возрастает на 4-6 дней в середине XXI в., по сравнению с концом XX в., а области роста согласуются с областями изменений числа экстремально пожароопасных дней (рисунок 1в). Изменения умеренной и экстремальной пожароопасности имеют разный знак. Очевидно, что в середине XXI в. часть эпизодов с умеренной и высокой пожароопасностью на фоне общего потепления переходит в экстремальную категорию. В то же время число дней с умеренной пожароопасностью в южных регионах России сокращается. Среди возможных причин этого можно указать неодинаковую скорость роста суточной температуры воздуха в разных частях ее вероятностного распределения. Так, по оценкам (Школьник и др., 2006), при потеплении климата в летний сезон ожидается более сильный рост верхних квантилей температуры, по сравнению с нижними. Меньшим значениям  $N$  обычно соответствуют более низкие суточные температуры, а очень большим  $N$  – ее экстремально высокие значения. По этой причине рост  $N$  также оказывается неравномерным, приводящим к уменьшению числа пожароопасных дней в одних категориях и к увеличению в других. Отсюда следует, что в областях, где прогнозируется наиболее заметный рост экстремально высоких температур в теплое время года, в середине XXI века следует ожидать наибольший рост пожароопасности. Некоторый рост общего числа пожароопасных дней в середине

XXI в., может быть связан с увеличением периодов без осадков в регионах с экстремально высокими температурами воздуха.

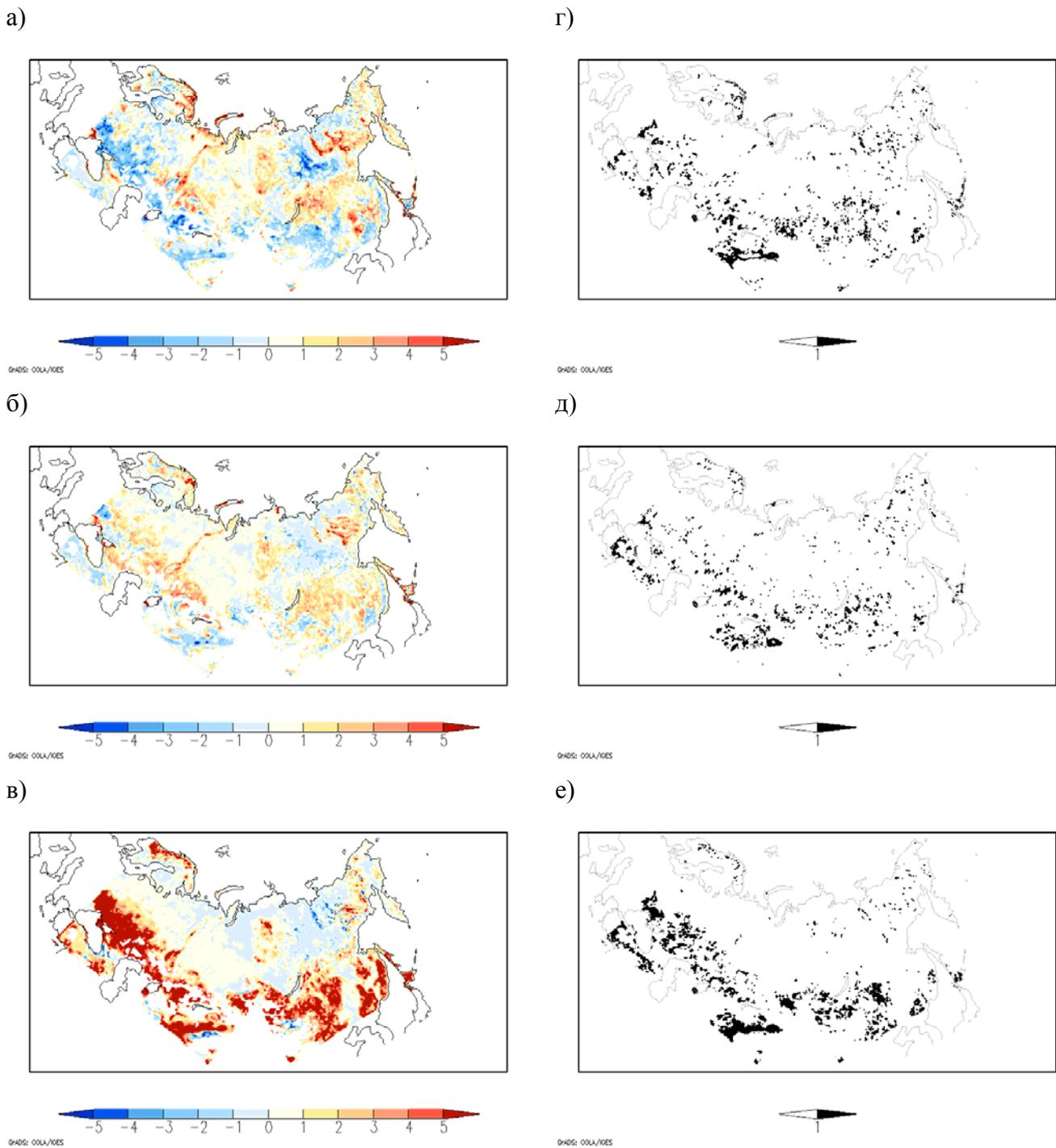


Рисунок 1. Изменение числа дней в теплый сезон (май-сентябрь) с умеренной (а), высокой (б) и экстремально высокой (в) пожароопасностью в середине XXI века по сценарию A2 по отношению к базовому климату (1981-2000). Приведены средние оценки по 5 членам ансамбля РКМ. Справа (г, д, е) показаны отношения средних по ансамблю изменений к среднеквадратическому отклонению изменений в ансамбле для каждой из категорий (отношение «сигнал/шум»).

Степень достоверности полученных изменений пожароопасности можно оценить с помощью отношения «сигнал/шум» (отношения полученных средних по ансамблю изменений  $N$  к среднеквадратическому отклонению изменений  $N$  в ансамбле). Как следует из (рисунок 1г,д,е), всем категориям пожароопасности сопутствуют значительные неопределенности прогноза – на большей части территории России и Беларуси разброс ансамблевых оценок оказывается большим или сравнимым по абсолютной величине со средними по ансамблю изменениями (отношение «сигнал/шум» не превышает единицы). По-видимому, для получения более надежной оценки изменений пожароопасности потребуется существенно больший размер ансамбля РКМ. В районах, где изменения  $N$  наиболее сильно выражены (это, как отмечено выше, в основном южные регионы России), сигнал становится различимым на фоне шума (разброса изменений в ансамбле). Тенденция роста отношения «сигнал/шум» проявляется, в первую очередь, для изменений числа дней с экстремально высокой опасностью возгорания лесов. Значения этого отношения превышают единицу на территориях Поволжья, приграничных с Украиной районов и в Забайкалье. Отмеченные особенности в пространственном распределении отношения «сигнал/шум» присущи и другим категориям пожароопасности, хотя и в несколько меньшей степени.

Следует отметить, что в проведенном исследовании используется лишь один из известных сценариев МГЭИК (А2) и одна модель атмосферы. Использование мультимодельного и мультисценарного подхода позволит более полно оценить неопределенности прогнозов регионального климата, особенно в части экстремально высокой пожароопасности, которая имеет низкую повторяемость. Кроме того, картина будущих изменений пожароопасности, как в географическом, так и в вероятностном аспектах, может быть уточнена за счет включения в РКМ интерактивных блоков, описывающих динамику растительного покрова при потеплении климата, а также реализацию потенциала горимости в зависимости от разного видового состава лесов. Эволюция растительного покрова тесно связана с изменениями в криосфере и гидросфере. Важную роль здесь играют прогнозы состояния влагообеспеченности регионов России и Беларуси – соответствующие математические модели включаются в объединенную систему глобальной модели ГГО и РКМ как без учета обратного влияния на региональный климат, так и интерактивно.

## **Заключение**

Многофакторность воздействия климатических изменений и многообразие их последствий для природных систем на обширной территории Союзного государства предопределяют необходимость разработки и осуществления адаптационных программ и программных мероприятий с тщательным учетом региональной и отраслевой специфики. Происходящие в настоящее время изменения некоторых наиболее важных характеристик регионального климата, качественно совпадающие с теоретическими оценками, в том числе и с приведенными в настоящем исследовании,

дают основания считать, что в России и Беларуси нарастает *дефицит адаптации*.<sup>2</sup> Задержки в принятии и исполнении государственных решений в условиях усугубления или учащения (повторяемости) опасных природных явлений, в первую очередь, погодно-климатического характера, на которые приходится большая часть чрезвычайных ситуаций, означают уже в недалеком будущем существенное увеличение затрат на адаптацию и, главное, риска масштабных людских потерь.

Важнейшей составляющей адаптационного потенциала является состояние климатической науки, центральной задачей которой является оценка будущих изменений климата и их последствий, выработка на ее основе соответствующих рекомендаций и участие в разработке адаптационных мер. Успех в решении этой задачи в значительной степени определяется технологическим уровнем проведения исследований. Пространственная и вероятностная детализация количественных оценок будущих изменений климата, которая обеспечивается, в частности, массовыми ансамблевыми расчетами с использованием систем сложных физико-математических моделей, приближают фундаментальные исследования к практическому применению их результатов, в том числе при разработке адаптационных мероприятий. Инвестиции в оснащение научных исследований высокопроизводительной вычислительной техникой и сопутствующими технологиями, очевидно, не имеет альтернативы, с точки зрения преодоления вышеупомянутого дефицита адаптации к изменениям климата.

Использование результатов ансамблевых расчетов изменений климата с помощью региональных моделей высокого разрешения требует определенной осторожности, особенно, в интерпретации присущих этому методу неопределенностей, однако, по мнению авторов настоящей работы, имеет хорошие перспективы, в том числе в научном обеспечении процесса принятия решений.

## Список литературы

1. Катцов В.М., Б.Н. Порфирьев (ред.), 2011: Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу.
2. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. (Бедрицкий А.И. и др., ред.), в 2 томах. Росгидромет.
3. Школьник И.М., Мелешко В.П., Ефимов С.В., Стафеева Е.Н. 2012. Изменения экстремальности климата на территории Сибири к середине 21 века: ансамблевый прогноз по региональной модели ГГО. Метеорология и гидрология, 2, 5-23.

---

<sup>2</sup> Термин «дефицит адаптации» заимствован из англоязычной литературы и означает недостаток адекватной адаптации к существующим климатическим рискам.

4. Школьник И.М., В.П. Мелешко, В.М. Катцов. 2007. Региональная климатическая модель ГГО для территории Сибири. Метеорология и Гидрология. № 6. С. 5-18.
5. Школьник И.М., Мелешко В.П., Катцов В.М. 2006. Возможные изменения климата на европейской территории России и сопредельных территориях к концу XXI века: расчет с региональной моделью ГГО. Метеорология и гидрология. № 3. С. 5-16.
6. Школьник И.М., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д., Хлебникова Е.И., Салль И.А.. 2008. Экстремальность термического режима в Сибири и динамика пожароопасной обстановки в XXI веке: оценки с помощью региональной климатической модели ГГО. Метеорология и гидрология. № 3. С. 5-15.
7. IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L.) Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA. Cambridge University Press. 996 P.
8. Shkolnik I.M., Nadyozhina E.D., Pavlova T.V., Molkentin E.K., Semioshina A.A. 2010. Snow cover and permafrost evolution in Siberia as simulated by the MGO regional climate model in the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries. Environmental Research Letters. V.5. No.1. P.1-8.

### **Проект 3.3. Оценка последствий изменения климата и его влияния на базовые сферы социально-экономической деятельности и подготовка рекомендаций по адаптации основных отраслей экономики Беларуси и России к возможным изменениям климата**

#### **Введение**

Туризм является одной из крупнейших и быстроразвивающихся отраслей экономики мира. Для многих регионов туризм является наиболее важным источником дохода, а для других, как, например, территория Беларуси, существуют большие потенциальные экономические выгоды от его развития.

Привлекательность территории Беларуси для туристов составляют, прежде всего, два важнейших фактора: экологический и экономический. Леса здесь составляют 38% территории страны. На душу населения приходится 0,8 га покрытой лесом площади и 135 куб. м запасов древесины, что почти в 2 раза выше средневропейского уровня — именно поэтому Беларусь называют *легкими Европы*. Белорусские турбазы, санатории и другие туристические объекты, особенно в новогодние и рождественские праздники, заполняют туристы. Причем бронируются туры, начиная с ранней осени. Туристов привлекает достойное соотношение цены и качества обслуживания.

По статистике в 2010 году более тысячи туристических организаций оказали услуг на 1,5 млрд. рублей - это на 35% больше, чем в 2009 году. По данным Государственного пограничного комитета РБ, с деловыми и туристическими целями границу Беларуси пересекли около 4,1 млн. человек.

Одним из основных направлений зимней рекреации в Беларуси следует считать оздоровительный (лечебный) туризм. Страна славится своими здравницами. Стоит особо отметить, что персонал в здравницах очень внимательно относится к гостям республики, сервис здесь всегда на высшем уровне. Кроме этого, в каждой санатории есть свои методики лечения, лечение осуществляется комплексно.

Оздоровительный отдых в Белоруссии можно разнообразить различными экскурсиями. Беларусь богата природными заповедниками и парками, лесами и полями, холмами, озерами и реками. Например, в Витебской области находятся заповедники, которые не имеют аналогов в Европе. Речь идет о Березенском биосферном заповеднике и Браславских озерах. На территории Гомельской области находится национальный парк «Припятский». Здесь можно увидеть восхитительные уникальные ландшафты, которые сохранились в первозданном виде.

Министерство спорта и туризма Беларуси рассматривает зимний туризм как важное стратегическое направление, позволяющее бороться с проблемой сезонности в сфере отдыха. Несмотря на тот факт, что самая высокая точка в Беларуси выше уровнем моря составляет всего 345 м, а средняя высота рельефа - 160 м, очень скоро горные лыжи здесь будут одним из основных видов зимнего туризма. Сегодня в республике действуют горнолыжные комплексы Силичи, Логойск, Солнечная долина, спортивно-оздоровительный горнолыжный комплекс «Мозырь» и другие.

Конечно, они не такие масштабные как в других странах, но за время работы эти объекты доказали свою востребованность в зимний период. В прошлом году их услугами воспользовались более 350 тысяч человек. Одной из важнейших задач Департамента является оборудование в регионах катков и лыжных трасс. К примеру, в 2010 году было создано 812 лыжных трасс. Также рассматривается вопрос о строительстве горнолыжного центра в Браславском регионе.

Нельзя не сказать о еще одном виде зимнего туризма – подледной рыбалке. Число озёр в Беларуси превышает 10.000. Почти 75% всех озёр составляют водоёмы с площадью зеркала не более 0,1 кв.км, около 25% приходится на долю озёр с площадью более 1 кв.км. Большое разнообразие рыбных запасов в экологически чистых лесных озерах делают этот вид спорта одним из самых привлекательных в Беларуси для туристов из России.

Как правило, признается, что климат является важной частью ресурсов региона, но роль климата в определении пригодности региона для туризма и отдыха на природе, часто считается самоочевидной и, следовательно, не требует специального исследования. Если в мире сравнительно мало известно, кроме как в самых общих чертах, о влиянии климата на туризм и отдых на природе, то в России и Беларуси этот вопрос вообще пока практически не освещается. В настоящее время, концепция туризма, признает климат контролируемым ресурсом, который вместе с погодой, в соответствии с Hibbs (1966), можно рассматривать в качестве рекреационных ресурсов, которые могут быть классифицированы как благоприятные и неблагоприятные. Такой климат-ресурс эксплуатируется туризмом, а ресурс может быть измерен. Таким образом, климат может рассматриваться в качестве экономического актива для туризма. Актив может быть измерен и ресурсы могут быть оценены. Поэтому в данном отчете предпринята попытка качественно оценить рекреационные ресурсы Беларуси, в основном для зимнего периода. Рассмотрены основные климатические параметры, влияющие на отдых и туризм. Получена бальная оценка рекреационных ресурсов Беларуси. Такой подход позволил учесть большое количество разнообразных климатических факторов, влияющих на рекреацию и туризм. Дана оценка патогенности территории Беларуси для летнего и зимнего туристических сезонов на основе использования методики определения метеорологического индекса здоровья (МИЗ), который позволяет оценить, как погода и ее изменения будут влиять на самочувствие рекреанта в течение отдыха.. Такая оценка необходима при выборе турпоездки самим рекреантом, при выработке маршрута туроператором и при планировании объекта туристического отдыха. Т.е. для всех субъектов турпоездки. Для зимнего сезона представлена модифицированная бальная система, в которой изменили только температурную составляющую, определив ее как комфортную для зимнего рекреационного периода от -2,5 до -7,5°С.

Были получены оценки климатического индекса туризма (ТСИ), который основан на понятии “человеческого комфорта,” и состоит из пяти подиндексов, каждый представленный одной или двумя ежемесячными переменными климата, для 6 городов Беларуси.

В Давосской декларации, принятой на Второй Международной конференции по вопросам глобального потепления и Туризма, (CLIMATE CHANGE AND TOURISM. RESPONDING TO GLOBAL CHALLENGES. Davos, Switzerland, 3 October 2007) констатируется, что климат - ключевой ресурс для туризма и этот сектор очень чувствителен к воздействиям изменения климата и глобального потепления. В связи с этим, представлена имитационная модель влияния изменения температуры воздуха, скорости ветра, количества осадков и характеристик снежного покрова на основные индексы для туризма

### **3.1. Туристско-климатические рекреационные ресурсы Беларуси**

#### **3.1.1. Задачи климатологии в области туристического бизнеса.**

До сих пор значительная часть специальных туристических научных исследований, было поверхностным, по отношению к проблеме связи между климатом и туризмом. Кроме того, эти исследования, в значительной степени лишены какой-либо четко структурированной задачи, которая охватывала бы основные процессы и взаимодействия.

Задача климатологов в области туристического бизнеса – разработка лучшего понимания того, что связанные с климатом информация необходима как для туристов, так и для туристической индустрии. Изучение различий между влиянием климата на туристов и влиянием на индустрию туризма. Разработка стандартного подхода к оценке климата для туризма (разработка индексов). Оценка рисков для туризма, вызванных экстремальными атмосферными явлениями.

Представители индустрии туризма должны использовать климатическую информацию с момента выбора места для строительства объекта (санатория, горнолыжного курорта и т.д.). Процедура оценки туристско-климатических ресурсов схематично представлена на рисунок 1. Данная схема существенно отличается от методов, используемых ранее, в которых тип данных о климате и так, как он представлен в исследованиях климата для туризма, не зависит от субъекта этого исследования или, точнее, настоящего времени главным субъектом такого исследования был сам рекреант – человек, покупающий продукт у индустрии туризма. В данном случае, климатическая информация используется на всех уровнях – от планирования объекта до эксплуатации. Например, выбор нового объекта – дело специалистов турбизнеса, но климатологи должны дать этому выбору свою оценку. Без рекомендации климатологов нельзя начинать освоение новых туристических мест. Особенно теперь – в условиях меняющегося климата. Ведь обустройство и главное эксплуатация новых объектов - дело не одного года. В данном случае задача климатологов - не полагаться при оценке на стандартные метеорологические и климатические данные станций, которые не могут быть репрезентативными для мест, в которых располагаются, как правило, места отдыха - долины, вершины, холмы, берег, пляж т.д. Здесь большие перспективы для микроклиматологов.

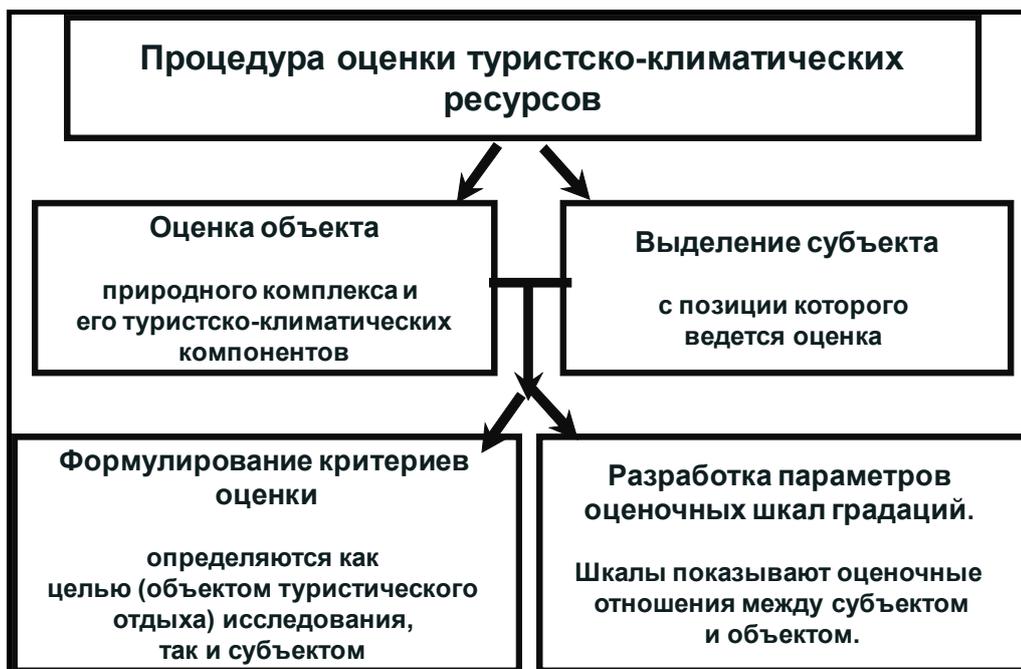


Рисунок 1. Схема оценки туристско-климатических ресурсов

На рисунке 2 представлена схема взаимодействия между климатологами и субъектами туристического бизнеса. Несмотря на то, что связи нуждаются в более серьезной проработке, схема дает представление о том, насколько различна и объемна необходимая климатическая информация



Рисунок. 2 Климатическая информация для субъектов туристической деятельности

Информация должна быть предоставлена всем субъектам: туристу, туроператору и организатору места отдыха. Например, организаторы лыжных курортов нуждаются в информации о продолжительности сезона снега, тогда как лыжник хочет сезонного распределения вероятности того, что снежный покров будет существовать в конкретном месте и времени. Организатору для тропического курорта необходимо знать длину периода с погодой, приемлемой для туристов, а самого туриста интересует погода в момент его отдыха. На схеме предложен блок только самый общих запросов от каждого субъекта, чтобы показать, что необходимо информацию подразделять по субъектам. На самом деле, для каждого из них следует проводить дополнительное деление.

Так рекреант может быть здоровым и больным, подвижным и вялым и т.д. И необходима оценка места отдыха с точки зрения его индивидуального состояния.

Туроператору необходима информация для рекламных кампаний в период ожидания туристического сезона в заданных местах, или для оказания консультативных услуг, что бы информировать путешественников, чего ожидать (тепловые условия, облака, дождь, опасные явления и т.д.). Т.е. предоставление информации о климате для помощи туристам в сборе информации о климате выбранного места отдыха и о фактической погоде в этом месте. Существует также вопрос о расходах туристов и туроператоров в результате возникновения неудовлетворительных климатических условий. Даже сейчас туристы и туристические операторы могут быть застрахованы от вероятности "плохих" погодных условиях происходящих во время отпуска. Возникает вопрос о том, как страховые компании определяют "плохой погоды", в какой степени это точно или уместно, и каким образом это можно сравнить с представлениями о "качестве" условия жизни самих туристов, с одной стороны, и как она меняется с различной рекреационной деятельности на другой.

Организаторы отдыха нуждаются совершенно в другой информации. Такой как, например предоставление информации о продолжительности периода, в течении которого рекреационные объекты будут работать.

В данном отчете мы попробуем оценить туристско-климатические ресурсы зимнего периода в Беларуси для отдельных субъектов туристического бизнеса.

### **3.1.2. Туристско-климатические ресурсы для рекреанта.**

Одной из основных проблем является выбор метеорологических или климатических критериев. Например, какие именно критерии идеальные, подходящие, приемлемые или неприемлемые для условий отдыха? Только после выбора соответствующего климатологического критерия можно ответить, на ключевые вопросы: какое лучшее место для отдыха, каковы необходимые одежда и оборудование, какова вероятность экстремальных климатических явлений?

В настоящее время, выбирая место отдыха турист опирается лишь на самую простую климатическую информацию, такую как средние значения температуры воздуха, осадков и ветра. Понятно, что для того, чтобы климатическая информация была полезной она должна быть представлена в форме, соответствующей проблеме. Туристы будут реагировать на комплексное воздействие атмосферной среды, а не средние климатические условия. Общеизвестным является, что стандартные данные о погоде или даже средние климатические переменные не являются надежными показателями значения атмосферных условий. При любой температуре воздуха, например, тепловой комфорт будет меняться в зависимости от компенсирующего влияния ветра, влажности, солнечной радиации и уровня активности человека. Кроме того, разработка конкретной тепловой оценки будет зависеть от предполагаемого отдыха.

К настоящему времени оценка климатических условий организации отдыха проведена только для летних рекреационных занятий здоровых взрослых людей, не подверженных явлениям дезадаптации метеоневроза (который характерен для многих больных, пожилых и ослабленных людей). При оценке принято, что человек одет в соответствии с погодой данного дня, участвует в летних рекреационных занятиях, приравняемых физиологами к нетяжелой физической работе.

При изучении климатических условий отдыха нельзя ограничиться исследованиями одного теплового состояния организма человека. Необходимо оценивать также влияние отдельных метеорологических элементов и атмосферных явлений. Особенно важно это для выделения дискомфортных погод. К ним кроме выделенных по термическому признаку жарких и холодных приходится относить любую погоду при скоростях ветра более 6 м/сек (на высоте 2 м), продолжительном тумане, выпадении осадков около 3 мм, интенсивной грозовой деятельности, если эти явления бывают в светлую часть суток. Они физиологически вредны для организма человека или не допускают проведения большей части рекреационных занятий. Исключения составляют прогулки, которые возможны в перерывах между действием перечисленных метеорологических явлений или в местах, защищенных от сильного ветра.

Учитывая это, в «Энциклопедии климатических ресурсов» [Энциклопедия климатических ресурсов, 2005], К. Ш. Хайруллин и В.Н. Карпенко показали распределение летних и зимних рекреационных ресурсов на территории России. Они рассмотрели основные климатические параметры, влияющие на отдых и туризм, как его составляющую. Предлагаемый ресурсный подход полезен при введении климатических ресурсов в экономический анализ, позволяя обосновывать проведение тех или иных рекреационных и социально-экономических мероприятий, таких как обеспечение необходимых параметров технических систем, призванных, во-первых, способствовать удовлетворению специфических рекреационных потребностей, во-вторых, обеспечить обычную жизнедеятельность отдыхающих и обслуживающего персонала. Оценка комфортности проводилась по административным областям на территории Беларуси.

Основные биоклиматические показатели холодного периода, используемые в расчетах, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Диапазон изменения специализированных показателей рекреационно-климатических изменений Беларуси

Показатель	Минимум	Максимум
Приведенная температура, °С	-18.6	-13.1
Число дней со средней суточной температурой -5 ... -15С	25	36
Число дней со средней суточной температурой ≤ -25°С	0	0
Число дней с относительной влажностью ≥ 80%	100	114
Число солнечных дней	67	77

Комфортными для холодного периода являются сочетания температуры воздуха от -5 до -15° С и скорости движения воздуха менее 4 м/с. Этот диапазон температур предложен биоклиматологами как наиболее оптимальный для прогулок и зимних видов спорта. Максимум числа дней с такими температурами наблюдается в Минской области. Кроме того, здесь комфортные для лыжного спорта условия, которые создаются при этих сочетаниях температуры и ветра и высоте снежного покрова более 20 см на равнинах. Здесь же отмечается самая высокая приведенная температура, которая является показателем теплопотерь человека в зависимости от сочетания температуры воздуха и скорости ветра. Этот показатель, предложенный К.Ш. Хайруллиным и В.Н. Адаменко, рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{в}} - 8.2 * V^{0.5}, \text{ где} \quad (1)$$

Где:

$T_{\text{в}}$  - температура воздуха, °С,

$V$  - скорость ветра, м/с,

Наиболее комфортным (рисунок 3) для всех видов зимней рекреации в Беларуси является Минская область, где температурный режим менее суров, чем на востоке. А снежный покров удерживается около 100 дней. Именно здесь и расположены основные горнолыжные курорты области. Однако, следует указать, что в Витебской и Могилевской областях также следует развивать инфраструктуру зимнего отдыха, например строить базы отдыха для беговых лыж. Гродненская область наименее пригодна для развития зимней рекреации.

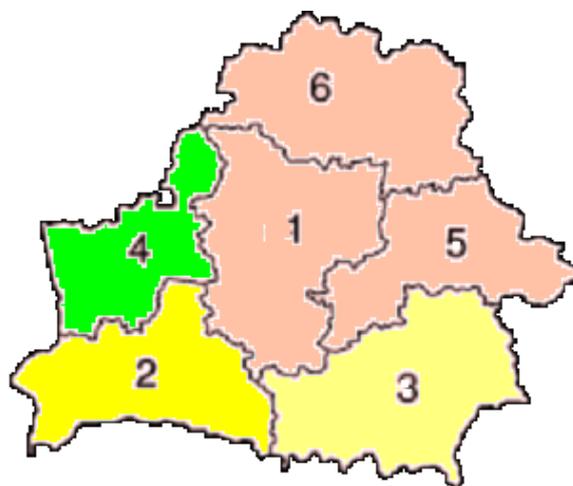


Рисунок 3. Рекреационно-климатические ресурсы зимнего периода



Области: 1 - Минская, 2 – Брестская, 3 – Гомельская, 4 – Гродненская, 5 – Могилевская, 6 – Витебская

Достаточно высокие зимние температуры и короткая продолжительность залегания снежного покрова и делают эти районы некомфортными для активных зимних видов спорта. С другой стороны, любители пеших прогулок в любое время года будут здесь себя чувствовать более комфортно, чем на севере или востоке области.

Проведенная нами оценка климатических условий для организации отдыха предполагает рекреационные занятия здоровых взрослых людей, не подверженных явлениям дезадапционного метеоневроза, который характерен для многих больных, пожилых и ослабленных людей.

В целях профилактики и организации медицинского зимнего туризма необходимо выделить районы, где наиболее часты метеотропные ситуации для людей, способные спровоцировать те или иные заболевания во время отдыха. Кроме того, в выделенных районах следует, по-видимому, ориентировать медицинскую помощь населению на наиболее вероятные в данной местности виды заболеваний.

На сердечно-сосудистые и гипертонические заболевания влияют резкие межсуточные колебания температуры воздуха и атмосферного давления, низкие температуры и сильный ветер. Низкая температура может спровоцировать развитие гипертонической болезни. Резкое снижение давления способствует затруднению дыхания, повышению свертываемости крови.

*Самые неблагоприятные условия с точки зрения заболеваемости СС (рисунок 4) складываются в Могилевской области. Здесь отмечается наибольшее число дней скоростью ветра выше 8 м/с и высокой относительной влажностью.*

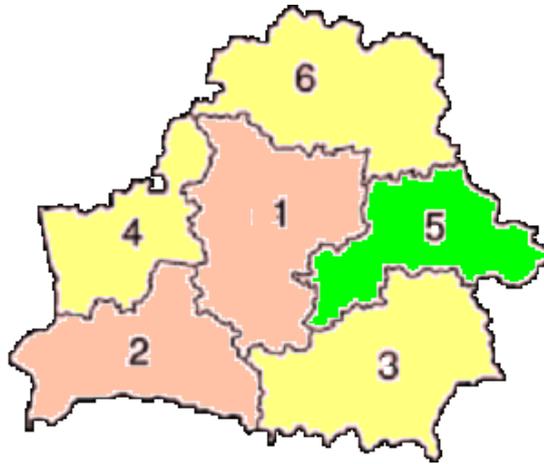


Рисунок 4. Климатические ресурсы зимнего периода для сердечно-сосудистых заболеваний (условные обозначения см. на рисунке 3)

На заболевания органов дыхания более всего влияют сильный ветер и высокая влажность. Число больных астмой во влажных районах значительно выше, чем в сухих. Сочетание высокой влажности с низкой температурой увеличивает число приступов. Неблагоприятны и резкие колебания температуры.

*Наиболее опасная ситуация в Витебской и Могилевской области (рисунок 5). Здесь самые низкие температуры и наибольшее число дней с относительной влажностью более 80% при температурах ниже 0° и с межсуточной изменчивостью температуры более 8°С.*

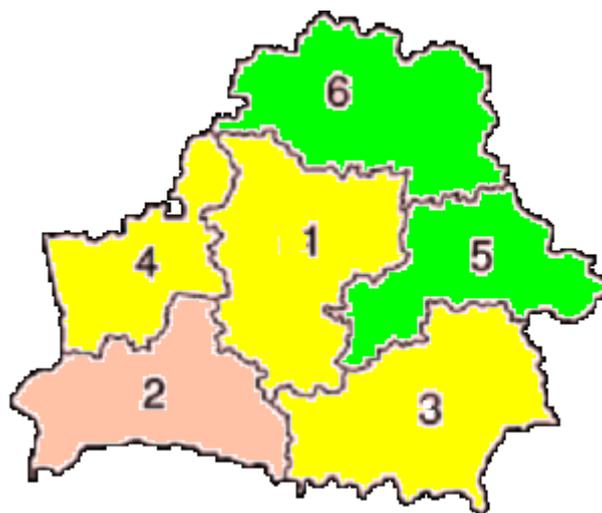


Рисунок 5. Климатические ресурсы зимнего периода для заболеваний органов дыхания (условные обозначения см. на рисунке. 3)

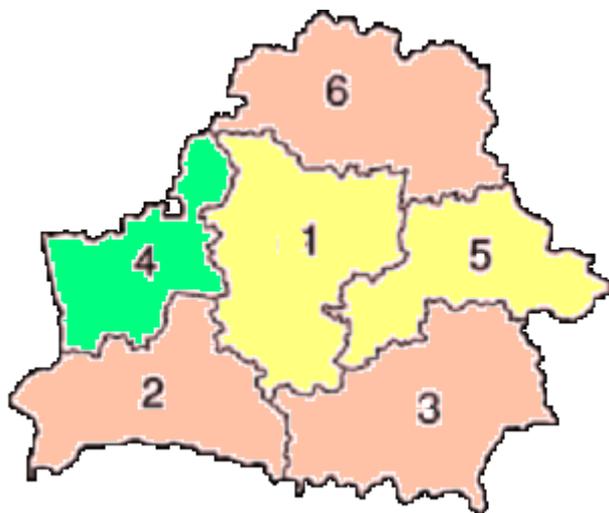


Рисунок. 6. Климатические ресурсы зимнего периода для простудных и ревматических заболеваний (условные обозначения см. на рисунке. 3)

На ревматические заболевания наибольшее влияние оказывают холодная и влажная погода, а на простудные – слабоморозная погода в сочетании с сильным ветром и осадками. Особенно неблагоприятным в этом отношении является Гродненская область (рисунок 6). Здесь отмечается наибольшее число дней с жидкими осадками и переходами температуры через 0°C.

Недостатком такого подхода к оценке туристических ресурсов климата является тот факт, что оценка получается относительная - для сравнения территорий, но не дает оценку абсолютных значений климата места для создания и эксплуатации курорта. Хотя этот подход можно модифицировать путем присвоения баллов в зависимости от степени влияния того или иного элемента, хорошо понимая разрабатываемую задачу.

Еще одна проблема выбора территории для отдыха касается оценки патогенности территории с точки зрения как здорового человека, так и с учетом того, что основная масса туристов - люди пенсионного возраста. Такая оценка необходима при выборе турпоездки самим рекреантом, при выработке маршрута туроператором и при планировании объекта туристического отдыха. Т.е. для всех субъектов турпоездки.

В 2006 году О.Г. Богаткиным [Богаткин, 2006] была предложена простая методика определения метеорологического индекса здоровья (МИЗ), который позволяет любому человеку оценить, как погода и ее изменения будут влиять на его самочувствие в течение дня.

Используемыми характеристиками являются – температура воздуха, атмосферное давление, наличие облачности и осадков, скорость ветра, относительная влажность, а также величина изменения температуры и давления за прошедшие сутки. Всего - восемь характеристик погоды. Оценка влияния погоды на человека проводится по так называемым «баллам комфортности» для каждого элемента отдельно. Значения баллов комфортности для различных метеорологических величин приведены ниже в таблице. По сумме баллов и постоянному коэффициенту влияния К, который показывает степень влияния погоды на человека, определяется МИЗ на день, месяц, год или

определяется его климатический показатель. К меняется от 0,7 для человека с дезадаптационным метеоневрозом, т.е. ослабленного, до 1 – для метеонечувствительного, т.е. здорового человека. Причем степень чувствительности определяет сам рекреант, а в соответствии с его оценками ему разъясняется какова вероятность испытать в период отдыха неприятные ощущения, связанные с самими погодными условиями или их изменчивостью.

Мы модифицировали этот индекс для холодного периода года, поменяв только температурную составляющую, определив ее как комфортную для зимнего рекреационного периода от -2,5 до -7,5°С.

Мы рассчитали МИЗ для территории Беларуси и получили число дней с неблагоприятной погодой для человека здорового и человека, оценивающего свою зависимость от погоды как умеренную, в период с ноября по март для зимних рекреационных мероприятий. На рис. представлены МИЗ для Витебска, но характер распределения сохраняется для всей территории Республики.

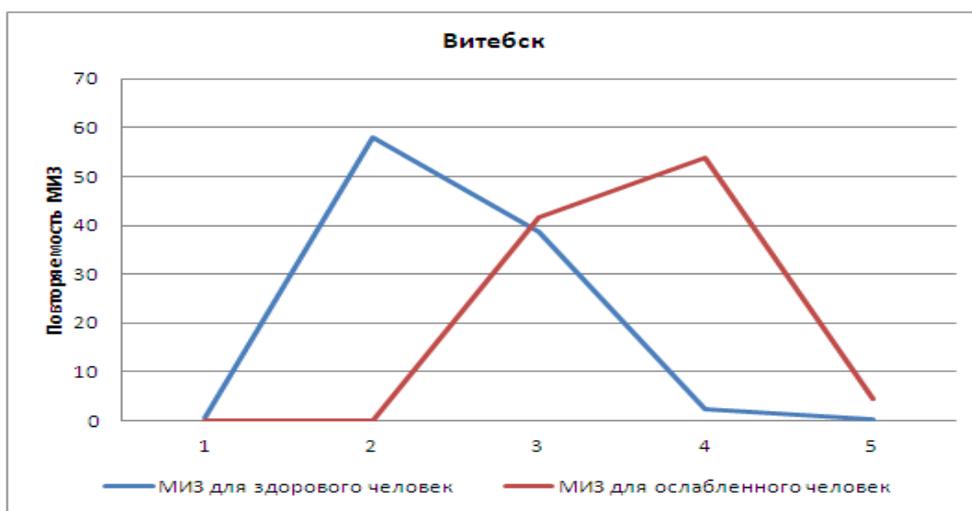


Рисунок. 7. Метеорологический индекс здоровья

На оси абсцис: 1 - погода практически не влияет; 2 - погода оказывает слабое влияние; 3- погода оказывает умеренное влияние. и нужно быть внимательным к себе;4 -погода оказывает сильное влияние. и нужно быть осторожным;5 - погода оказывает очень сильное влияние, и нужно поберечь себя.

Очевидно, что на здорового человека погода на территории Беларуси почти в 60 % случаев погода влияет слабо, а вот для человека, определяющего себя как человека, часто реагирующего на погоду, будет не по себе в гостях почти в течении 20 дней каждого месяца. Наиболее тяжелый месяц - декабрь. Легче всего в марте.

Такой подход предлагается для рекреанта при выборе места отдыха.

### 3.1.3. Туристско-климатические ресурсы для организаторов отдыха.

Для организаторов туристического бизнеса наиболее важна информация о продолжительности туристического сезона, т.к. именно от него зависит прибыль курорта.

В холодный период года требует климатического обеспечения лыжный спорт. Для этой цели важна повторяемость различных градаций температуры воздуха, т.к. по климатическим данным оценивается возможность проведения соревнований, выбираются лыжные мази и определяются маршруты лыжных соревнований и походов.

Наиболее важной для лыжного спорта представляется информация о характеристиках снежного покрова. Минимальные нормы пригодности снежного покрова для лыжного спорта:

- Снежный покров  $\geq 10$  см – возможно начинать туристский сезон и тренировку катания на беговых лыжах;
- Снежный покров  $\geq 20$  см – хорошие условия для туризма и катания на беговых лыжах, возможно начинать туристское катание на горных лыжах;
- Снежный покров  $\geq 30$  см – очень хорошие условия для туризма и катания на беговых лыжах, хорошие условия для туристского катания на горных лыжах, возможно начинать тренировку катания на горных лыжах для профессиональных спортсменов;
- Снежный покров  $\geq 40$  см – очень хорошие условия для всех видов туристского и профессионального лыжного спорта.

#### А) Горнолыжный спорт

Для горнолыжного спорта необходимы сведения как о высоте и продолжительности залегания снежного покрова, так и характеристиках склона. Данные, приведенные в таблице 2, помогут оценить категорию вновь строящихся горнолыжных курортов.

Таблица 2

Категории лыжных районов (по методу оценки К. Барановска-Янота)

Категория	Мощность снежного покрова (см)	Баллы	Длительность залегания снежного покрова (месяцы)	Баллы	Экспозиция	Баллы	Высотная амплитуда (м)	Баллы	Средний наклон (°)	Баллы	Сумма баллов
1	> 100	5	> 3	5	С, СВ	5	>400	5	>15	20	33-40
2	> 100	5	> 3	5	В, СЗ,	3	>400	5	12-15	10	23-32
3	> 50	3	> 2	3	ЮЗ, Ю	1	150-400	3	9-12	5	13-22
4	> 20	1	> 1	1	ЮВ, З	0	23-150	1	<9	0	3-12

Здесь:

Категория 1 = пригодно для большого спорта;

Категория 2 = пригодно для спорта тренированных лыжников в свободном времени и во время отдыха; пригодно для тренировки профессиональных спортсменов;

Категория 3 = пригодно для спорта средне-продвинувшихся лыжников в свободном времени и во время отдыха;

Категория 4 = пригодно для детей и начинающих, а также для отдыха в выходные дни (конец недели).

Снежный покров как элемент климата характеризуется следующими показателями: датами появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова, числом дней со снежным покровом, высотой, плотностью и запасом воды в снежном покрове.

Средние даты появления снежного покрова по территории Беларуси изменяются первых чисел ноября в северо-восточных районах до третьей ноября на юго-западе (табл. 3). Надо отметить, что даже на небольших возвышенностях снежный покров образуется раньше, чем на равнинах и в долинах рек. Устойчивый снежный покров образуется на месяц позже, а разрушается в основном в течение марта. В целом разрушения устойчивого и сход снежного покрова происходит в более короткие сроки, чем его образование.

Наибольшее среднегодовое *число дней со снежным покровом* наблюдается на северо-востоке Беларуси, где оно достигает в среднем 100-120 дней. К юго-западу число дней со снежным покровом заметно убывает, составляя 70-80 дней.

Как число дней, так и даты появления и схода снежного покрова очень сильно меняются год от года. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) числа дней со снежным покровом составляет 20-22 дня, а дат появления и схода снежного покрова – 11-19 дней. Особенно нестабильны даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова, их  $\sigma$  достигает 16-19 дней.

Таблица 3.

Даты образования и разрушения снежного покрова, число дней со снежным покровом

Станция	Число дней со снежным покровом	Дата первого появления			Дата образования			Дата разрушения			Дата последнего схода		
					устойчивого залегания								
		средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя
<b>Витебск</b>	121	4.XI	7.X 1968	27.XI 1935	6.XII	30.X. 1956	•	24.III	•	16.IV 1956	10.IV	16.III 1990	8.V 1953
<b>Минск</b>	114	7.XI	29.IX 1972	16.XII 1905	10.XII	29.X 1956	•	20.III	•	17.IV 1958	11.IV	6.III 1990	7.VI 1962
<b>Гродно</b>	88	17.XI	13.X 1992	13.XII 1894	27.XII	17.XI 1909	•	9.III	•	14.IV 1958	3.IV	3.III 1946	1.V 1912
<b>Могилев</b>	119	6.XI	28.IX 1977	15.XII 1938	7.XII	29.X 1956	•	22.III	•	19.IV 1895	12.IV	2.II 1914	13.V 1927
<b>Брест</b>	79	21.XI	13.X 1973	29.XII 1900	28.XII	18.XI 1995	•	5.III	•	7.IV 1958	30.III	20.II 1903	28.IV 1984
<b>Гомель</b>	101	14.XI	26.IX 1906	19.XII 1953	18.XII	30.X 1956	•	15.III	•	14.IV 1907	31.III	8.II 1974	6.V 1980

С образованием снежного покрова его высота постепенно возрастает, достигая максимальных значений в феврале (табл.4). Количество накопленного за зиму снега, в том числе и его высота, зависит не только от общей продолжительности периода с температурами ниже 0°C и интенсивности твердых осадков, но и от особенностей рельефа, наличия или отсутствия леса, ветровых условий.

Таблица 4

Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке (см)

Название станции																			Наибольшие		
	XI			XII			I			II			III			IV			Средн.	Макс.	Мин.
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Витебск		1	2	5	7	9	12	14	16	18	21	23	21	18	11	4			28	55	4
Минск		1	3	5	7	8	11	14	17	18	21	22	19	16	10	3			27	62	8
Гродно			2	3	4	4	6	7	8	9	11	11	10	7	3	1			18	42	1
Могилев		1	2	4	6	7	11	13	15	17	19	20	20	18	10	2			27	56	6
Брест			1	2	3	4	6	6	7	7	8	7	5	3					14	42	2
Гомель			2	3	5	7	10	12	12	14	15	16	13	9	4				19	47	1

О характере накопления снежного покрова в различных районах области можно судить по графику годового хода высоты снежного покрова (рисунок 8).

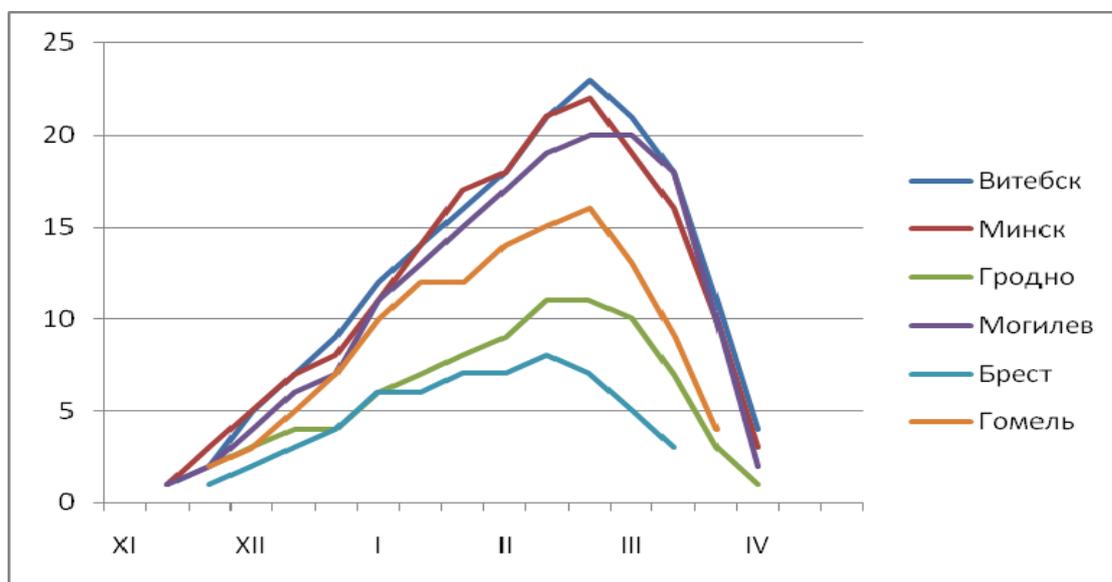


Рисунок. 8 Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке.

На территории Беларуси высота снежного покрова, в общем, уменьшается в направлении с северо-востока на юго-запад. Так, средняя из наибольших высот снежного покрова на северо-востоке составляет 20-23 см, а на юго-западе 11-14 см.

Наибольшая высота снежного покрова на защищенном участке значительно превышает высоту снега на открытом участке, и достигается этот максимум почти на месяц позже, что

продлевает лыжный сезон при условии прокладывания лыжных трасс в лесных районах, более чем на месяц. Разница в высотах снежного покрова на открытых и защищенных участках тем больше, чем больше высота снежного покрова. На мощность снежного покрова оказывает влияние не только различие в защищенности места, но и рельеф местности, экспозиция склонов.

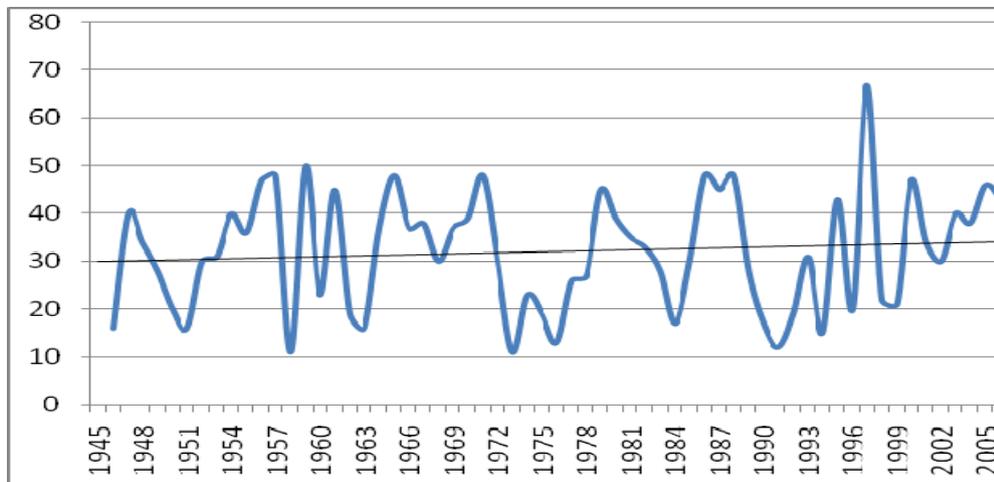


Рисунок 9. Наибольшая за зиму декадная высота снежного покрова

Высота снежного покрова испытывает значительные колебания от года к году (рисунок 9). Среднее квадратическое отклонение наибольшей за зиму декадной высоты снежного покрова составляет на территории Республики - 8-13 см.

Одним из важных погодных явлений зимнего периода являются снегопады. Особенно ощутимый ущерб экономике (прежде всего, железнодорожному и автомобильному транспорту) приносят мощные снегопады, при которых прирост высоты снежного покрова за сутки превышает 10 см. На территории Беларуси максимальный прирост высоты снежного покрова за сутки составляет 15-20 см, а средний из максимальных – 6-7 см (рисунок. 10)

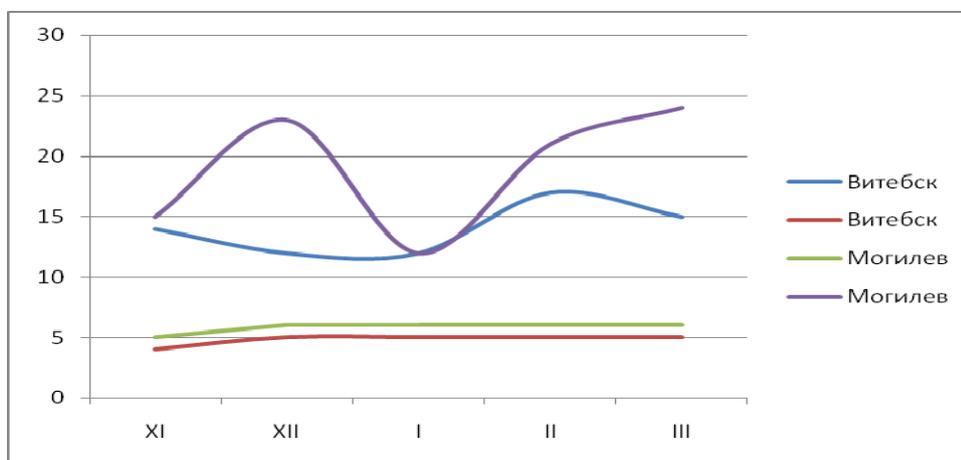


Рисунок. 10. Средний из максимальных и максимальный прирост снега за сутки.

Из рисунка видно, что сильные снегопады могут происходить на территории области в любой из месяцев холодного периода, но случаи наиболее интенсивного выпадения снега чаще всего отмечаются в декабре или феврале-марте. Диапазон температур воздуха при сильных снегопадах составляет  $-2\div-10^{\circ}\text{C}$ , а скорость ветра— 3-4 м/с. Продолжительность сильных снегопадов колеблется от 6-7 час до 24 час, но изредка возможны и очень интенсивные снегопады, когда максимальное количество снега выпадало за 2-3 часа. Интенсивность выпадения снега в основном составляет 0.5-0.6 см/час, максимальная интенсивность находится в пределах от 1 до 4 см/час.

Важной характеристикой снежного покрова для лыжного туризма является его плотность (таблице 5). Специалисты говорят, что снег для горнолыжного склона должен иметь плотность от 400 до 500 кг на  $\text{м}^3$ , то есть быть в 2—2.5 раза легче льда или воды.

Таблица 5

Плотность снежного покрова по снегосъемкам в поле на последний день декады ( $\text{кг}/\text{см}^3$ )

Название станции	Месяц											
	Декабрь			Январь			Февраль			Март		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Витебск	0.23	0.20	0.21	0.21	0.25	0.25	0.26	0.26	0.28	0.28	0.31	
Минск		0.24	0.22	0.24	0.25	0.28	0.27	0.28	0.28	0.31	0.32	
Гродно				0.21	0.22	0.24	0.23	0.24	0.25			
Могилев		0.24	0.21	0.23	0.25	0.24	0.28	0.27	0.27	0.28	0.31	
Брест				0.20	0.23	0.27	0.21	0.24	0.25			
Гомель			0.21	0.20	0.24	0.24	0.26	0.27	0.28	0.31	0.36	

Величина плотности определяется продолжительностью залегания и высотой снежного покрова, скоростью ветра и колебаниями температуры в зимние месяцы. Больших значений плотность может достигать в районах с высоким снежным покровом благодаря уплотнению снега под влиянием силы тяжести. Но, также, она может быть значительной и в районах с невысоким снежным покровом, если в течение зимы наблюдаются сильные ветры, способствующие уплотнению снега или возможны оттепели, вызывающие его подтаивание. Плотность свежавыпавшего снега в период установления снежного покрова не превышает 0,15-0,22  $\text{г}/\text{см}^3$ . В декаду своих максимальных значений (вторая декада марта) плотность снежного покрова достигает 0,28-0,34  $\text{г}/\text{см}^3$ . По территории Беларуси области плотность снега меняется незначительно. Средняя плотность при наибольшей декадной высоте, наиболее важная характеристика плотности для практических целей, составляет по области от 0,2 до 0,25  $\text{г}/\text{см}^3$ . Наибольшая плотность отмечается на открытых местах, на возвышенностях, где сильные ветры способствуют уплотнению снежного покрова. Под кронами деревьев плотность снега меньше, чем в поле в среднем на 0,02-0,03  $\text{г}/\text{см}^3$ . На изменении плотности снежного покрова в большей степени, чем на изменении его высоты

сказывается влияние экспозиции склонов, рельеф местности, наличие леса. Поэтому ее пространственное распределение имеет ярко выраженный пятнистый характер.

Очевидно, что в Беларуси климатические условия для развития зимних видов отдыха недостаточно благоприятные. . Одной из главных проблем, с которой сталкивается большинство горнолыжных курортов, является сезонность. Они работают и получают доходы в течение примерно 60 дней в году, тогда как расходы вынуждены нести все 365 дней.

Для продления сезона используют разные способы. Основным ресурсом является снег. От его состояния главным образом зависит режим эксплуатации рекреационных угодий. Систематическая укатка и уплотнение снежного покрова ратраками, волокушами или самими горнолыжниками позволяет увеличить «запасы холода» и удлинить сроки его залегания. Температура субстрата под уплотненным лыжами снегом примерно на 10 °С ниже, чем в естественном состоянии. При правильном уходе за трассой период катания можно продлить на две-три недели.

Продлить сезон можно и путем искусственного накопления снега, создания снежников. Многие горнолыжные курорты, особенно расположенные на сравнительно низких высотах, где натурального снега недостаточно, перешли на искусственный снег. Он производится и распыляется с помощью специальных машин — «снеговых пушек», которые позволяют обустроить целые склоны, вплоть до самых вершин. На французском горнолыжном курорте Межев установлено 483 «снеговые пушки» производительностью 150 куб. м снега в час. На швейцарских горнолыжных курортах еще совсем недавно, до 1990 г. использовался только натуральный снег. Сегодня свыше 10% их вынуждены применять снегоделательную технику. В Австрии и Италии этот показатель достигает 40%.

Производство искусственного снега требует много воды. Наличие ее источников становится немаловажным фактором размещения горнолыжных курортов, наравне с малой вероятностью бесснежных зим.

Актуальность строительства круглогодичных спортивных комплексов возрастает в связи с глобальным потеплением. По данным Всемирной метеорологической организации, в XX в. среднегодовая температура увеличилась на 1°С и продолжает расти ускоряющимися темпами. Со второй половины 1990-х гг. каждый год ставит новый температурный рекорд, показывая исторические максимумы в разных странах. Изменения климата — очевидный факт. Глобальное потепление, как прогнозируют ученые, будет сильнее сказываться в Северном полушарии в зимние месяцы, что сделает горнолыжную индустрию особенно уязвимой.

## **3.2. Рассмотрение различных сценариев изменения климата Беларуси**

### **3.2.1. Основные принципы построения климатических сценариев**

Помимо сценариев эмиссий парниковых газов и аэрозоля в атмосфере, в докладах Межправительственной группы экспертов об изменениях климата (МГЭИК) используется понятие климатического сценария. Согласно определению МГЭИК [IPCC, 2001], под климатическим сценарием следует понимать правдоподобную (или вероятную) эволюцию климата в будущем, согласующуюся с предположениями о будущих эмиссиях парниковых газов и других атмосферных примесей, а также с существующими представлениями о воздействии соответствующих изменений их концентраций на климат. Под сценарием изменения климата подразумевается разность между климатическим сценарием и современным состоянием климата.

Климатические сценарии используются в оценках влияния климатических изменений на окружающую среду и жизненные ресурсы, здоровье и хозяйственную деятельность в различных регионах мира. Выбор того или иного климатического сценария для последующего использования в импактных оценках всегда уязвим для критики. Сценарии часто критикуют за то, что они либо слишком умеренны, либо, наоборот, экстремальны; не реалистичны; не учитывают важных факторов и т.п. [Smith et al., 1998]. В специальном докладе МГЭИК [IPCC-TGCIА, 1999] предложены следующие критерии, которым должны удовлетворять климатические сценарии, чтобы их можно было применять в импактных оценках:

- физическая обоснованность;
- достаточное для импактных оценок количество климатических переменных и их пространственно-временное разрешение;
- репрезентативность, отражающая потенциальный разброс оценок региональных климатических изменений в будущем.

В наибольшей степени вышеперечисленным критериям отвечают сценарии, полученные с использованием современных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО).

Основными источниками неопределенности полученных с помощью МОЦАО оценок возможных в будущем изменений климата являются:

- *принципиальные ограничения прогнозов технологического, демографического и других факторов развития мирового сообщества на длительный период, вызывающие неопределенность в оценках будущих эмиссий парниковых газов в атмосферу, а также невозможность прогнозировать вклад естественных внешних воздействий на климат, таких как изменения солнечной и вулканической активности;*

- недостаточное понимание и, соответственно, недостаточно точный учет в современных МОЦАО климатически значимых процессов и обратных связей, которые определяют чувствительность глобального и регионального климата к внешним воздействиям;
- недостаточное пространственное разрешение современных МОЦАО, ограничивающее явное описание климатически значимых процессов (например, связанных с облаками, осадкообразованием и др.), а также затрудняющее прямое использование результатов модельных расчетов в оценках воздействий изменений климата на региональном и локальном уровнях.

Неопределенности будущего развития мирового сообщества и, соответственно, антропогенного воздействия на климатическую систему обусловили замену климатического прогноза набором климатических сценариев, основанных на использовании сценариев будущих эмиссий парниковых газов и аэрозолей.

*Большую неопределенность в оценки будущих изменений климата вносят обратные связи, действующие в атмосфере. При современном уровне качества климатических моделей проблема отчасти решается посредством использования ансамбля МОЦАО. Поскольку качество воспроизведения наблюдаемого климата с помощью ансамбля независимых моделей, как правило, выше, по сравнению с отдельно взятыми моделями, есть основания предполагать, что расчеты будущих изменений климата с помощью мультимодельных ансамблей будут более достоверны.*

*Повышение достоверности расчетов будущих изменений климата обусловлено развитием МОЦАО за счет совершенствования существующих и включения новых компонентов. Что касается повышения пространственного разрешения моделей, то наблюдается тенденция к уменьшению соответствующей части неопределенности, прежде всего, благодаря ускоряющемуся развитию вычислительной техники. Кроме того, в оценках воздействий климатических изменений начинают широко использоваться встроенные в МОЦАО региональные модели.*

### **3.2.2. Сценарий изменения климата Беларуси**

Принимая во внимание большую естественную изменчивость климата в средних широтах северного полушария, современный уровень развития физико-математического моделирования и пространственного разрешения наиболее продвинутых моделей климата, а также учитывая другие отмеченные выше факторы, характеризующие степень неопределенности оценок будущих изменений климата, в настоящем отчете в качестве минимально допустимых размеров области оценок принята территория Беларуси в целом..

Дальнейшее дробление республики на более мелкие климатические зоны с попыткой оценить более детальные изменения климата, обусловленные ростом парниковых газов в глобальной атмосфере в этих зонах, с научной точки зрения, по нашему мнению, представляется некорректной. Модельные расчеты показывают, что, по крайней мере, до середины XXI века естественная непредсказуемая изменчивость климата на таких масштабах превышает по абсолютной величине предсказуемые изменения антропогенного сигнала для подавляющего большинства климатических переменных.

Межправительственная группа экспертов по изменениям климата (МГЭИК) разработала долгосрочные сценарии эмиссии парниковых газов и аэрозоля в атмосферу в XXI веке, которые опубликованы в Специальном Докладе о Сценариях Выбросов (СДСВ) [Nakićenović et al., 2000]. Эти сценарии основаны на обширном перечне демографических, экономических и технологических факторов, определяющих эмиссии. Общее число сценариев составляет 40, и все они объединены в четыре основные сюжетные группы. Эволюция концентраций различных парниковых газов в атмосфере ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и др.) в течение XXI века определялась с помощью современных фотохимических и углеродных моделей [IPCC, 2001].

Из большого разнообразия сценариев в настоящем отчете рассматриваются три, так называемых демонстрационных сценария, которые были положены в основу четвертого доклада Межправительственной группы экспертов по изменениям климата, а именно: A1B, A2, и B1.

Сценарное семейство A1 содержат описание будущего мира, характеризующегося быстрым экономическим ростом и увеличением населения Земли, показатели которого достигают пиковых значений в середине 21-го века с последующим уменьшением, а также быстрым внедрением новых и более эффективных технологий. Происходит постепенная интеграция регионов, создание потенциала и активизация культурных и социальных взаимосвязей при значительном уменьшении региональных различий в доходах на душу населения. Сценарное семейство A1 разделяется на три группы, дающие описания альтернативных вариантов технологического изменения в энергетической системе. Они отличаются своим центральным технологическим элементом: значительная доля ископаемых видов топлива (A1FI), альтернативные источники энергии (A1T) и равновесие между всеми источниками (A1B). По сценарию A1B, к 2100 г. концентрация основных парниковых газов в атмосфере увеличится по сравнению с 1990 г., принятым за базовый<sup>3</sup>:  $\text{CO}_2$  в 2,03,  $\text{CH}_4$  в 1,16 и  $\text{N}_2\text{O}$  в 1,21 раза.

---

<sup>3</sup> Согласно [IPCC, 2001], концентрации основных парниковых газов в атмосфере составляли в 1990 году:  $\text{CO}_2$  – 353 млн<sup>-1</sup>;  $\text{CH}_4$  – 1700 млрд<sup>-1</sup>;  $\text{N}_2\text{O}$  – 308 млрд<sup>-1</sup>.

По сценарию A2 развитие мира проходит при сохранении местной самобытности и опоры на собственные природные ресурсы, а также при постоянном росте общей численности населения в мире. Экономическое развитие имеет региональную направленность, а экономический рост в расчете на душу населения и технологические изменения более фрагментарны и происходят медленнее, по сравнению с другими основными сюжетными группами. В результате такого развития ожидается значительный рост концентрации основных парниковых газов в атмосфере. К 2100 г. концентрация основных парниковых газов в атмосфере увеличится по сравнению с 1990 г.: CO<sub>2</sub> в 2,42, CH<sub>4</sub> в 2,19 и N<sub>2</sub>O в 1,45 раза.

Сюжетная линия и сценарное семейство B1 содержат описание движущегося в одном направлении мира с таким же, как и в сюжетной линии A1, глобальным населением, которое достигает максимальной численности к середине XXI века, а затем уменьшается, однако при быстрых изменениях в экономических структурах в направлении сервисной и информационной экономики с уменьшением материальной интенсивности и внедрением экологически чистых и ресурсосберегающих технологий. Главное внимание уделяется глобальным решениям в интересах экономической, социальной и экологической устойчивости, но без дополнительных инициатив, связанных с климатом. К 2100 г. концентрация CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O в атмосфере увеличится по сравнению с 1990 г., соответственно, в 1,53 и 1,22 раза, а CH<sub>4</sub> уменьшится на 6%.

До середины XXI столетия различия между сценариями невелики, во всяком случае, в средних глобальных оценках изменения климата, а к концу столетия ожидаются значительные различия между ними с более сильным потеплением в случае реализации сценария A2.

При подготовке Четвертого оценочного доклада МГЭИК в качестве основных использовались три сценария: B1, A1B и A2.

Оценки изменения климата на территории Беларуси проводились на основании расчетов, выполненных в рамках международного проекта SMIP3 с помощью глобальных физически полных моделей, включающих самостоятельные блоки для основных физических сред: атмосферы, океана, криосферы и деятельного слоя почвы (МОЦАО). В программе расчетов климата XX-го и XXI-го веков по единому протоколу и с учетом наблюдаемого и сценарного роста парниковых газов и аэрозоля в атмосфере принимали участие 23 МОЦАО разработанных в ведущих в области исследования климата научных организациях разных стран мира. Все модельные расчеты размещены на сайте Ливерморской национальной лаборатории (США) [[http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about\\_ipcc.php](http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php)] в формате международного обмена NetCDF. Необходимые для исследования данные перекачивались с указанного сайта по сети Интернет в ГГО и подвергались обработке: распаковке, контролю,

перезаписи в бинарном формате и переинтерполяция в единую глобальную регулярную сетку с разрешением 2.5x2.5 градуса. Общий объем созданной в ГГО базы данных «Суперансамбль данных МОЦАО СМIP3» составил около 1.3 Тб и включает в себя более 35 различных характеристик по 23 МОЦАО и по 3-м сценариям за 200 лет. Эта база данных в дальнейшем широко использовалась для разнообразных расчетов изменений климата в ГГО и других организациях.

В процессе предварительного анализа были выбраны 16 МОЦАО (составивших мультимодельный ансамбль), которые наиболее успешно воспроизводят современный глобальный и региональный климаты, соответствующие концу XX-го века при известной глобальной концентрации парниковых газов и аэрозоля в атмосфере. Список этих МОЦАО дается в таблице 1.1. Для отдельных переменных модельный ансамбль включал меньшее число моделей из-за отсутствия для некоторых из них соответствующих данных в исходном архиве.

В качестве базового климатического периода для оценок будущих изменений климата используется 1980-1999 гг., который несколько отличается от базового климатического периода ВМО (1961-1990 гг.). Выбор указанного периода имеет ряд преимуществ: он в большей степени отвечает современному состоянию климатической системы; его продолжительность совпадает с продолжительностью анализируемых временных интервалов в XXI веке (см. ниже), он целиком покрывается периодом наиболее надежных спутниковых наблюдений за климатом и, наконец, он близок 20-летнему периоду (1981-2000 гг.), использованному в докладе АСИА [Kattsov and Källén, 2005], и совпадает с соответствующим периодом ОД4 МГЭИК [Meehl et al., 2007].

Учитывая важность планирования мероприятий по адаптации к изменениям климата на ближайшую перспективу, будущие изменения климата рассматриваются преимущественно для двух периодов: среднесрочный прогноз на начало XXI-го века (2011-2030 гг.) и долгосрочный прогноз на середину XXI-го века (2041-2060 гг.).

#### Средняя годовая температура воздуха.

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 2°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 ( $>1,5^{\circ}\text{C}$ ), а потепление на севере составит  $0,5 - 0,8^{\circ}\text{C}$ .

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  $1,0^{\circ}\text{C}$ . По сценарию слабого потепления температуры воздуха по сравнению с серединой века возрастут незначительно ( $0,1 - 0,3^{\circ}\text{C}$ ).

#### Средняя годовая скорость ветра.

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.

#### Годовое количество осадков

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.

В связи с небольшой точностью моделирования полей осадков на прогностических картах не отражены мезо-масштабные особенности распределения годовых сумм осадков (влияние высоты места, форм рельефа, водоемов и т.д.).

### **3.3. Имитационная модель влияния изменения климата на зимние рекреационные ресурсы Беларуси**

Имитационные модели необходимы для решения прогнозных задач с участием закономерно повторяющихся и случайных факторов.

Рекреационные прогнозы направлены на обоснования размещения и развития районов, баз отдыха и туризма. Сложность рекреационного прогнозирования заключается в необходимости комплексного учета многокомпонентной структуры рекреационных объектов, которая включает природные, экономические, социальные элементы. При прогнозировании развития этих объектов необходимо учитывать динамику антропогенного изменения природной среды, рекреационную «емкость» территории, доступность объектов и степень удовлетворенности отдыхом. Климат и его изменения являются лишь одним из блоков модели рекреации. В данном исследовании мы не можем оценить его экономическую составляющую, ввиду отсутствия ценовых данных и рассмотрим лишь качественную оценку на основе предлагаемой модели.

Модель включает зависимость затрат для различных видов зимнего отдыха от изменения. Она предназначена для расчетов изменений природной среды в ретроспективе и перспективе десятилетий и столетий. Расчеты приводятся для периода 2046 - 2060 гг., в рамках которого разработаны научно обоснованные сценарии изменения климат.

В качестве сценария на входы модели задается увеличение к 2046 - 2060 гг. среднезимней температуры воздуха на 2°C и зимнего количества осадков на 10% по сравнению с современными значениями. На выходе модели рассматриваются негативное или позитивное влияние на виды зимнего туризма.

В связи с повышением температуры воздуха нами были оценены:

- изменение соотношения доли твердых осадков в общей сумме зимних осадков;
- возможное изменение высоты снежного покрова;
- изменения уровня комфортности человека для состояния покоя и при условии спортивной нагрузки;
- изменение ледовой обстановки для озёр Беларуси.

Эти оценки были положены в основу качественного анализа динамики развития зимнего туризма в Беларуси.

Оценка изменения соотношения доли твердых осадков в общей сумме зимних осадков проводилась по формуле Цехак-Трок, предложившего эмпирическое линейное уравнение для вычисления количества твердых осадков в зависимости от средней температуры:

$$V=50-0.5*t_c$$

Где V-доля твердых осадков,  $t_c$  – средняя температура периода

Оценка показала, что при росте температуры на 2°C доля твердых осадков сократится на 10%. В настоящее время она составляет от 85% на севере области до 66 на юго-западе. В середине столетия в Брестской и Гродненской областях лишь 50 % осадков будут выпадать в виде снега, что не позволяет говорить об успешном развитии здесь зимнего туризма.

Еще один негативный фактор – увеличение числа оттепелей, особенно сопровождающиеся жидкими осадками (что характерно для безлесных районов центра Европейской части России в течение всей зимы, а для тундры - только в начале зимы), которые приводят к образованию корки на поверхности снега и ухудшают качество катания на горных лыжах.

Несмотря на то, что в настоящее время отмечается небольшой рост высоты снежного покрова, прогноз для зимнего туризма на середину 21 века неутешителен. Средняя высота снежного покрова и в настоящее время требует дополнительных затрат с точки зрения денежных вложений, но это не единственная проблема. Снегопроизводство требует большого количества пресной воды и здесь уже затронуты проблемы экологии Беларуси.

В смысле повышения комфортности человека в условиях повышенной зимней температуры прогноз неоднозначен. С одной стороны, приведенная температура зимнего периода будет повышаться, что несомненно вызовет дополнительный поток туристов в области оздоровительного туризма, с другой стороны – увеличение числа переходов температуры через 0°C приводит к дополнительному числу случаев простудных и ревматических заболеваний.

Для подледной рыбалки в регионе также складываются неблагоприятные условия. Согласно [Кривель, 2010], ледовый режим озёр Беларуси в последние 20–25 лет претерпел существенные изменения, основной причиной которых явился устойчивый положительный тренд зимних температур воздуха на фоне общего повышения среднегодовых температур воздуха. Наступление ледостава наблюдалось на 2–6 дней позже, по сравнению с периодом климатической нормы. В тоже время продолжительность осенних ледовых явлений существенно не изменилась, а даты их начала сдвинулись на более ранние сроки на мелководных открытых озёрах и более поздние на озёрах с большой массой воды и значительным теплозапасом. Средняя продолжительность ледостава за последние два десятилетия на озёрах Беларуси сократилась на 6–15 дней по сравнению с предшествующим тридцатилетним периодом. Практически на всех водоёмах республики в последние два десятилетия наблюдается уменьшение толщины льда и её максимальных величин на 1–13 см, а среднегодовой – на 4–9 см, при этом увеличилась повторяемость лет с неустойчивым ледоставом, по сравнению с предшествующим тридцатилетним периодом, причём наиболее интенсивно процесс сокращения толщины льда наблюдается с 1986 г.

### **Вывод:**

Развитие зимних видов туризма в Беларуси с точки зрения изменения климата не перспективно. Министерству туризма следует развивать только оздоровительный туризм, совершенствуя санаторно-курортную базу с элементами зимних видов отдыха.

### **Список литературы:**

1. IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds) *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
2. Kattsov, V. and E. Källén, 2005: Future Changes of Climate: Modelling and Scenarios for the Arctic Region. In: Arctic Climate Impact Assessment (ACIA). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1042 pp
3. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л. Гидрометеиздат, 1971. 471 с.
4. Говоркова В.А., В.М.Катцов, В.П.Мелешко, Т.В.Павлова, И.М. Школьник, 2008: Климат России в XXI веке. Часть 2. Оценка пригодности моделей СМIP3 для расчетов будущих изменений климата России. *Метеорология и гидрология* , №8, 5-19.
5. Кирвель П. И. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО И ЛЕДОВОГО РЕЖИМОВ ОЗЁР БЕЛАРУСИ. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, Минск, 2010
6. Энциклопедия климатических ресурсов» Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 2005, 319с.

## **Проект 3.4. Разработка унифицированных форм представления специализированной климатической информации в научно-справочных пособиях для автомобильного транспорта**

### **Введение**

Освоение новых территорий, увеличение объемов строительства, внедрение новых строительных технологий и материалов и необходимость экономии средств заставляют все более тщательно учитывать климатические особенности застраиваемых территорий.

При разработке специализированных климатических показателей, необходимых для планирования, проектирования и строительства учитываются все виды климатических воздействий на объекты: тепловые, механические (в виде нагрузок), химические, электрохимические и микробиологические (для оценки старения и коррозии материалов).

Разработка каждого нового специализированного параметра состоит из нескольких этапов:

- изучение влияния метеорологических условий на тот или иной объект и определение климатических показателей, которые позволяют наилучшим образом учесть это влияние при планировании и проектировании;
- разработка методов расчета специализированных показателей на основе характеристик климата, содержащихся в справочниках, или путем специальной обработки данных метеонаблюдений;
- проведение статистико-климатической обработки;
- составление рекомендаций по использованию полученных показателей.

Первый этап определяет направление климатологических исследований. Один и тот же фактор климата, в зависимости от обстоятельств, может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на объект. Так, например ветер может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на строительную сферу. В районах жаркого климата ветер способствует охлаждению помещений, улучшению их вентиляции, просушиванию стен зданий и т.д. В зонах холодного климата ветер сдувает снег с крыш, уменьшая снеговую нагрузку, уносит из городов примеси, загрязняющие воздух. Однако при больших скоростях отрицательное воздействие ветра преобладает над положительным: огромные ветровые нагрузки могут приводить к разрушению зданий и сооружений.

Использование уже имеющихся климатических показателей упрощает и ускоряет внедрение их в практику. Однако ориентация при планировании и проектировании только на средние значения метеорологических параметров нельзя считать надежной. Средние

значения элемента имеют обеспеченность 50% только в случае нормального распределения. В то же время ориентация на экстремальные величины при решении практических задач не целесообразна, поскольку чрезмерный запас прочности при проектировании сооружений удорожает строительство. В связи с этим в настоящее время ведутся интенсивные работы по созданию методов расчета сооружений на надежность с широким использованием вероятностных подходов.

#### 4.1. Термины и определения

Индекс Бодмана (баллы) характеризует степень суровости погоды.

Квантиль распределения – это значение в статистическом распределении метеорологического элемента, соответствующее определенному значению обеспеченности.

Период охлаждения (конденсации) – продолжительность периода с энтальпией выше и устойчиво выше 40 кДж/кг.

Энтальпия (теплосодержание) – количество тепла, необходимое для изобарического нагревания 1 кг сухого воздуха от условного начального ( $t_{нач} = 0^{\circ}\text{C}$ , вся влага – в сконденсированном виде) до заданного состояния.

Эффективная температура – комплексный параметр, соответствующий температуре наружного воздуха, при которой в условиях штиля и при отсутствии солнечной радиации здание имело бы такие же теплотери, какие имеют место при данной температуре наружного воздуха  $T_n$ , данной скорости ветра  $V$  и данном значении суммарной солнечной радиации  $I$ .

Косые» дожди – комплексная характеристика, учитывающая одновременное влияние дождя и ветра.

Вертикальные профили температуры воздуха и скорости ветра – изменение этих параметров с высотой.

Условия «задымления» - сочетание низких приподнятых инверсий со слабым ветром (не более 1 м/с) у поверхности земли. Наибольшее загрязнение наблюдается в случае, когда инверсия располагается в 100 – 150 м над источником выбросов. В этом случае теплый слой воздуха, расположенный над трубой, не дает всплывать вверх более холодным приземным воздушным массам, в которых накапливаются загрязняющие продукты. Представляют опасность при наличии высоких (50 м и выше) источников загрязнения.

Условия «застоя» воздуха - сочетание приземных инверсий со штилями или слабым ветром (не более 1 м/с) у поверхности земли. Представляют опасность при наличии низких и средних (ниже 50 м) источников загрязнения.

## **4.2. Специализированные климатические показатели (индексы), используемые при проектировании зданий и в строительстве.**

Специалистов в области строительного проектирования интересуют не столько закономерности формирования климата в районе предполагаемого строительства, сколько те его количественные показатели, которые необходимо принимать в расчёт при проектировании систем зданий и сооружений.

За последние тридцать лет произошло изменение климата. Мировое сообщество климатологов полагает, что эти изменения в XXI веке будут продолжаться. В задачу климатологов входит разработка новых специализированных показателей, отражающих изменяющееся воздействие метеорологических факторов на здания и сооружения.

Часть специализированных климатических показателей уже разработана и используется в строительном проектировании, однако в условиях меняющегося климата возникает необходимость в разработке дополнительных и обновленных характеристик для СНиПов и региональных ТСН (территориальных строительных норм).

Разработка специализированных климатических показателей осуществляется в соответствии с требованиями основных составляющих, к которым относятся:

- посадка зданий на местности;
- принятие архитектурно-планировочных решений;
- проектирование оснований и фундаментов зданий;
- тепловой режим зданий - ограждающие конструкции,
- системы отопления, вентиляции и кондиционирования;
- нагрузки на здания: снеговая, ветровая и гололедные нагрузки;
- метеорологические воздействия и долговечность зданий;
- системы канализации, водоотведения, наружные сети и сооружения;
- производство строительных работ.

### **4.2.1 Посадка зданий на местности и принятие архитектурно-планировочных решений.**

Учет климатических условий в градостроительстве начинается с выбора места для населенного пункта и при составлении генерального плана города. Основные мероприятия должны быть направлены на обеспечение максимальной защиты от неблагоприятных факторов среды и максимальное использование климатических ресурсов района, т. е. на обеспечение максимально возможной комфортности проживания и трудовой деятельности населения.

Специализированные климатические показатели комфортности района предполагаемой застройки:

<i>«Суровость погоды», балл</i>
<i>период облучения солнечной радиацией (продолжительность инсоляции), часы, минуты</i>
<i>количество суточной суммарной радиации, поступающей на стены зданий, мДж/м<sup>2</sup></i>
<i>повторяемость условий, при которых могут формироваться высокие и экстремально высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, %</i>
<i>непрерывная продолжительность условий, при которых могут формироваться высокие и экстремально высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, дни</i>
<i>«роза ветров», преобладающее направление ветра</i>
<i>средняя и максимальная скорость ветра по направлениям, м/с</i>

«Суровость погоды»- определяется по температуре воздуха и скорости ветра:

$$S=(1-0.004T) \cdot (1+0.272V) \quad (1)$$

Где  $S$  – индекс суровости, баллы,

$T$  – температура воздуха,

$V$  - скорость ветра.

Более удобно при определении суровости погоды использовать шкалу баллов - индексы Бодмана (табл.2).

Характеристика «суровости» погоды

Индекс (балл)	Степень суровости климата	Индекс (балл)	Степень суровости климата
1	зима несуровая, мягкая	4-5	очень суровая
1-2	зима мало суровая	5-6	жестко суровая
2-3	умеренно суровая	5>6	крайне суровая
3-4	суровая		

#### Продолжительность инсоляции помещений

Облученность здания определяется количеством поступающей радиации. Общее количество солнечной радиации и количество ультрафиолетовой радиации в ее составе должно быть достаточным для нормального развития человеческого организма. Однако чрезмерная солнечная радиация вызывает световой дискомфорт, перегрев и ультрафиолетовую переоблученность. В последнем случае необходима защита от солнца - применение солнцезащитных устройств.

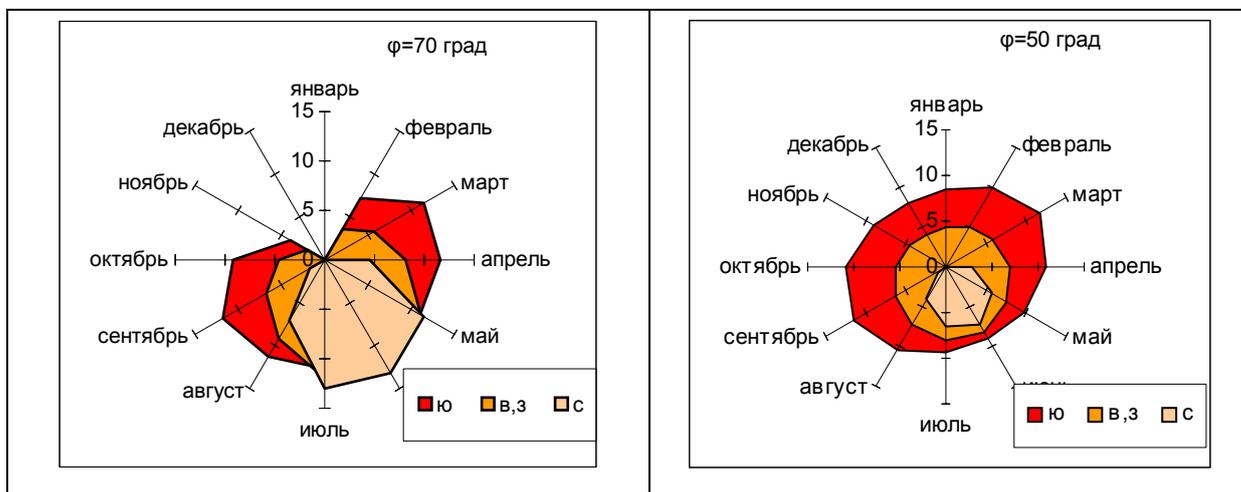


Рисунок 1. Продолжительность инсоляции помещений:  $\varphi^{\circ}=70$ ,  $\varphi^{\circ}=50$ .

В соответствии с санитарными нормами и правилами в определенный период года помещения и жилая территория должны подвергаться непрерывному солнечному облучению: не менее 2.5 часов с 22.03 по 22.09 для северной и центральной части Белоруссии и не менее 2 часов в период с 22.02 по 22.10 в южных районах. Оптимум количества солнечной радиации, поступающей в квартиры и процент облучаемой площади в них регулируются прежде всего ориентацией здания, расстоянием между зданиями, формой, конфигурацией, окраской здания, а затем планировкой отдельных элементов зданий (глубина помещения, размеры окон, балконов, карнизов, лоджий и т.д.) и выбором средств инженерного оборудования, в том числе солнечных отопительных систем. Все эти нормы дифференцируются в зависимости от свето-климатических условий отдельных районов страны.

Продолжительность инсоляции помещений с окнами любой ориентации может быть определена по формуле:

$$\cos \tau = \operatorname{ctg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta_0, \quad (2)$$

где  $\varphi$  - широта места;

$\delta$  - склонение солнца;

$\tau$  - часовой угол солнца, отсчитываемый от момента истинного полдня.

Время начала и конца облучения прямой солнечной радиацией (часы и минуты на 15-е число месяца) южных (северных) стен и время восхода и захода Солнца

$\varphi^\circ$	Восход (Начало)	Заход (Конец)	Восход	Начало	Конец	Заход
	Январь		Апрель			
60	8 40	15 20	4 45	6 21	17 39	19 15
50	7 44	16 16	5 09	6 33	17 27	18 51
	Февраль		Май			
60	7 26	16 34	3 28	6 42	17 18	20 32
50	7 04	16 56	4 19	7 06	16 54	19 41
	Март		Июнь			
60	6 10	17 50	2 36	7 00	17 00	21 24
50	6 06	17 54	3 50	7 30	16 30	20 10
	Октябрь		Июль			
60	6 52	17 08	2 56	6 52	17 08	21 04
50	6 34	17 26	4 01	7 18	16 42	19 59
	Ноябрь		Август			
60	8 12	15 48	4 07	6 33	17 27	19 53
50	7 28	16 32	4 43	6 48	17 12	19 17
	Декабрь		Сентябрь			
60	9 02	14 58	5 31	6 07	17 53	18 29
50	7 56	16 04	5 39	6 11	17 49	18 21

Примечание:

1. Время указано истинное солнечное, п.д. – полярный день, п.н. – полярная ночь.
2. Время начала и конца облучения южных стен в зимний период, а северных стен в летний период совпадает с восходом и заходом солнца.
3. В летний период время начала облучения солнечной радиацией южных стен совпадает с концом облучения северных стен и наоборот.
4. Время начала облучения восточных стен совпадает с восходом Солнца; конец облучения в 12 ч. Время конца облучения западных стен совпадает с заходом Солнца; начало облучения в 12 ч.

### Поступление солнечной радиации на стены зданий

Величину радиации, поглощаемую стеной, а, следовательно, и нагрев стен солнечным теплом, можно регулировать, подбирая для конструкций соответствующие материалы и окрашивая их в нужные цвета (меняя альбедо) [2,7]/

Количество прямой радиации, поступающей на вертикальные поверхности (стены зданий) разной ориентации, можно выразить следующей формулой:

$$S_{\text{в}} = S \cdot \text{Cosh}_o \cdot \text{Cos}(A_o - A) \quad (3)$$

Между суммами прямой радиации, поступающими на горизонтальную ( $\sum S_{\text{г}}$ ) и вертикальную ( $\sum S_{\text{в}}$ ) поверхности выявлена четкая зависимость от широты места и времени года. Величина их отношения  $K_s = \frac{S_{\text{г}}}{\sum S_{\text{в}}}$  применяется в качестве коэффициента для расчета

$S_{\text{в}}$  по формуле:

$$\sum S_{\text{в}} = K_s \sum S_{\text{г}} \quad (4)$$

Суммарный приход коротковолновой солнечной радиации на вертикальные поверхности может быть записан как сумма всех ее составляющих в виде:

$$Q_v = S_v + D_v + R_v \quad (5)$$

Повторяемость (%) метеоусловий, при которых могут формироваться высокие и экстремально высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха

Для оценки условий «задымления» и «застоя» рассчитывается комплекс аэроклиматических показателей по совокупности случаев одновременного наблюдения слабого ветра (на высоте флюгера до 2 м/с) и приземной (условия «застоя») или приподнятой (условия «задымления») инверсий. В слои инверсий включаются также слои с нулевым градиентом температуры, т. е. изотермии. Температурная стратификация определяется по данным радиозондирования, метеорологического профилемера МТП5 или другого прибора. При их отсутствии это можно использовать косвенный способ по синоптическим ситуациям.

Далее определяется число дней с условиями «застоя» и условиями «задымления» и непрерывная продолжительность метеоусловий, при которых могут формироваться высокие и экстремально высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха для холодного и теплого периодов

#### **4.2.2. Проектирование оснований и фундаментов зданий**

Основными климатическими показателями, учитываемыми при проектировании оснований и фундаментов зданий, являются характеристики термического режима почвы под оголенной и естественной поверхностями. Наиболее важны данные о глубине промерзания почвы.

Таблица 4

Специализированные климатические показатели, используемые при проектировании оснований и фундаментов зданий

<i>Средняя месячная температура почвы под естественной поверхностью на глубинах 20, 40, 80, 160 и 320 см обеспеченностью 2, 5, 10, 20 %</i>
<i>глубина проникновения 0° С в почву под естественной поверхностью обеспеченностью 2, 5, 10, 20 %</i>
<i>максимальная глубина сезонного промерзания почвы под естественной поверхностью обеспеченностью 2, 5, 10, 20 %</i>
<i>средний из многолетних максимумов глубин сезонного промерзания почвы под оголенной поверхностью</i>

*Средние месячные температуры различной обеспеченности на глубинах 20, 40, 80, 160 и 320 см под естественной поверхностью* определяются по кривой интегральной повторяемости средних месячных значений температуры почвы на глубинах 20, 40, 80, 160 и 320 см за каждый год.

*Глубина нулевой изотермы, или глубина проникновения 0°C в почву различной обеспеченности под естественной поверхностью* определяется в процессе первичной обработки материалов наблюдений, путем линейной интерполяции температуры между двумя уровнями, на которых отмечены значения температуры, близкие к 0°C. Кривая распределения строится по ряду, состоящему из максимумов глубины 0°C за каждый год. Результаты получаются достаточно надежными, если период наблюдений составляет 25-30 лет. Если же наблюдения проводились за меньшее число лет, то для получения вероятностных значений целесообразно воспользоваться законом Пуассона.

*Максимальная глубина сезонного промерзания почвы под естественной поверхностью различной обеспеченности* - определяется на метеостанциях по данным мерзлотомеров, а при их отсутствии – по данным вытяжных термометров. Кривая распределения строится по ряду, состоящему из максимумов глубины промерзания за каждый год.

*Максимальная глубина сезонного промерзания почвы под оголенной поверхностью.*

Наблюдения за температурой почвы под оголенными участками на метеорологических станциях систематически не проводятся. При отсутствии данных наблюдений для районов, где глубина промерзания не превышает 2,5 м, определение этого показателя допускается производить косвенным способом по связи между глубиной сезонного промерзания почвы под оголенной поверхностью и абсолютным значением суммы средних месячных отрицательных температур воздуха за холодный период года:

$$h \text{ см} = C \sqrt{\sum |t|} + 2 \quad (6),$$

где  $h \text{ см}$  – средний из многолетних максимумов глубин сезонного промерзания почвы под оголенной поверхностью,

$C$  – коэффициент, зависящий от состава почвы,

$\sqrt{\sum |t|}$  - сумма абсолютных значений средних месячных отрицательных температур воздуха (определяется по климатологическим справочникам).

#### **4.2.3. Тепловой режим зданий (ограждающие конструкции).**

Тепловой режим зданий – это совокупность всех процессов, определяющих тепловое состояние помещений. Здание находится под сложным воздействием внешних и внутренних факторов. Поступающие с воздухом через наружные ограждения потоки тепла и влаги,

являются возмущающими воздействиями, а потоки от систем отопления, охлаждения, вентиляции и кондиционирования воздуха, обеспечивающие в помещениях необходимые температурные, аэродинамические и влажностные условия, - регулирующими.

Таблица 5

Специализированные климатические показатели, для расчета ограждающих конструкций в холодный период

<i>продолжительность отопительного периода</i>
<i>средняя температура отопительного периода</i>
<i>вентиляционная температура</i>
<i>температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 92 и 98 %</i>
<i>температура наиболее холодных суток обеспеченностью 92 и 98 %</i>
<i>средняя сумма градусодней отопительного периода</i>
<i>абсолютный минимум температуры воздуха, возможный один раз в 2, 5, 10, и 20 лет</i>
<i>максимальная суточная амплитуда температуры возможная один раз в 2, 5, 10, и 20 лет</i>
<i>эффективная температура</i>
<i>продолжительность периодов с экстремальным холодом</i>

*Продолжительность отопительного периода* - число дней со средней месячной температурой ниже +8°C. Даты перехода через эту температуру весной и осенью определяют по гистограмме.

*Средняя температура отопительного периода* – средняя температура воздуха за период с температурой ниже +8°C.

*Вентиляционная температура* - средняя температура наиболее холодного периода, составляющего 15% общей продолжительности всего отопительного периода.

*Средняя сумма градусодней отопительного периода* определяется как сумма разностей между температурами помещения (базовой температурой) и внешней среды за все дни отопительного периода. Расчеты выполняются по данным многолетних средних месячных температур воздуха.

*Базовая температура* в нашей стране для большей части зданий составляет 18°C. Так как в течение отопительного периода все суточные температуры внешней среды ниже базовой, число градусодней вычисляется по формуле

$$Q = \sum(T_B - T) * n. \quad (7),$$

где  $Q$  – среднее число градусодней за отопительный период;  $T_B = 18^\circ\text{C}$  – температура воздуха в помещении;  $T$  – средняя месячная многолетняя температура воздуха;  $n$  – число дней в месяце.

*Расчетные температуры воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки или их аналогов в виде квантилей заданной обеспеченности* имеют первостепенное значение, как при расчете ограждающих конструкций.

Для их расчета из метеорологических ежемесячников производят выборку температуры воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки за 30 - 50 лет. Эти данные располагаются в убывающем порядке с присвоением каждой величине порядкового номера. Температура воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки

Интегральную вероятность (обеспеченность)  $P$  рассчитывают по формуле

$$P = m / (n + 1), \quad (8)$$

где  $m$  — порядковый номер;  $n$  — число членов ряда, равное числу принятых к обработке лет наблюдений.

Значения экстремальных температур (абсолютных максимумов и минимумов), возможных один раз в 2, 5, 10, и 20 лет и наибольшая амплитуда температуры воздуха определяются так же, но по данным минимальной и максимальной температуры, измеренной по минимальным и максимальным термометрами за каждые сутки.

При расчете систем отопления и охлаждения требуется учитывать максимально возможную теплоотдачу здания и максимально 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.

*Эффективная температура* - комплексный климатический показатель, учитывающий совместное влияние на тепловой режим зданий температуры наружную температуру воздуха, ветра и солнечной радиации [1].

При разных метеорологических условиях степень влияния этих параметров различна. При ветреной и пасмурной погоде поправка будет отрицательной, а во время солнечной — положительной. При небольшой облачности и при слабом ветре за счет солнечной радиации здания могут получать дополнительное тепло, эквивалентное нескольким градусам.

Поправки к наружной температуре воздуха рассчитываются как разность между эффективной температурой и температурой наружного воздуха.

$$T_{\text{Э}} - T_{\text{Н}} = -\sigma_0 \frac{R}{R_0} [A(\gamma v) - 1](T_{\text{В}} - T_{\text{Н}}) + \sigma_0 \varepsilon_0 R I \quad (9)$$

где:  $T_{\text{Н}}$  — средняя суточная температура воздуха;

$T_{\text{В}}$  — расчетная температура внутреннего воздуха, принятая 18°C;

$R$  — суммарное (с учетом сопротивления наружного и внутреннего воздуха) термическое сопротивление неостекленных частей ограждения, осредненное по поверхности ограждения;

$R_0$  — суммарное (с учетом сопротивления наружного и внутреннего воздуха) термическое сопротивление остекленных частей ограждения;

$\sigma_0$  – относительная площадь остекленных частей ограждения, принятая 0,3;

$\varepsilon_0$  – коэффициент пропускания суммарной коротковолновой радиации, падающей на остекленные части ограждения перпендикулярно к их поверхности, равный 0,67.

$\gamma$  - коэффициент воздухопроницаемости остекленной части ограждения, равный 0,20 с/м;

$I$  – суммарная радиация, приходящая на нормальную к лучу поверхность при средних условиях облачности.

Учет трех климатических показателей (температуры, скорости ветра и солнечной радиации) позволяет определить необходимую максимальную мощность систем отопления, охлаждения, а также продолжительность отопительного периода точнее, чем только по одной температуре отопительного периода. Учет этих факторов в оперативной работе энергетических компаний является одним из способов более правильного и экономного распределения затрат на отопление в конкретном отопительном сезоне.

В таблице 6 для территории Белоруссии приведена требуемая мощность отопительной системы ( $A$ ), рассчитанная с учетом разных климатических показателей:

$A_t$  - только по температуре наружного воздуха,

$A_{tv}$  - с учетом температуры воздуха и скорости ветра,

$A_{tR}$  - температуры воздуха и солнечной радиации,

$A_{tvR}$  -с учетом температуры воздуха, скорости ветра и солнечной радиации.

Таблица 6

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

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

Из таблицы 6 видно, насколько должна быть увеличена мощность отопительного устройства на территории республики Беларусь, если при ее расчете, кроме температуры наружного воздуха, учитывается скорость ветра, и насколько она может быть снижена, если дополнительно учесть нагрев зданий солнечной радиацией. В последнем столбце таблицы указано изменение в процентах мощности отопительной системы, если при ее расчетах учитывается влияние всех трех факторов.

*Непрерывная продолжительность периодов с экстремальной жаркой и экстремальным холодной погодой.* В качестве экстремумов принимается максимальная (минимальная) за сутки температура воздуха 90% обеспеченности. По всей совокупности этих параметров определяется продолжительность периодов с температурой выше (летом) или ниже (зимой) заданных значений.

Специализированные климатические показатели, для расчета ограждающих конструкций в теплый период

<i>Продолжительность периода охлаждения (конденсации)</i>
<i>средняя сумма градусодней периода охлаждения</i>
<i>температура воздуха наиболее жарких суток обеспеченностью 92 и 98%</i>
<i>температура воздуха наиболее жаркой пятидневки обеспеченностью 92 и 98%</i>
<i>абсолютный максимум температуры воздуха, возможный один раз в 2, 5, 10, и 20 лет</i>
<i>максимальная суточная амплитуда температуры возможная один раз в 2, 5, 10, и 20 лет</i>
<i>средняя упругость водяного пара для теплого периода</i>
<i>продолжительность периодов с экстремально жаркой погодой</i>

*Продолжительность периода охлаждения* – это продолжительность периода с энтальпией выше 40 кДж/кг..

*Энтальпия (J)* представляет собой комплексную характеристику, включающую параметры температуры воздуха и влагосодержание:

$$J = c_p t + (L + c'_p t) d \quad (11)$$

где  $c_p$  и  $c'_p$  - удельная теплоемкость при постоянном давлении сухого воздуха и водяного пара,  $c_p = 1,00$  кДж/кг·К,  $c'_p = 1,85$  кДж/кг·К,

$L$  - удельная теплота парообразования при 0° С,  $L=2507$  кДж/кг,

$d$  – среднее за сутки удельное влагосодержание определяется по формуле:

$$d = RE(t) \cdot 0,622/p \quad (12)$$

где  $E(t)$  – среднее давление насыщенного водяного пара при  $t$ , гПа,

$R$  – средняя относительная влажность в долях единицы,

$p$  – нормальное атмосферное давление, 1000 гПа.

*Средняя сумма градусодней периода охлаждения* определяется так же, как и число градусодней отопительного периода, но, поскольку в течение периода охлаждения суточные температуры, как правило, выше базовой, формулу целесообразно несколько видоизменить:

$$Q = \Sigma(T - T_B) * n \quad (10)$$

*Расчетные температуры теплого периода* определяются аналогично холодному периоду, но исходные данные располагаются в обратном порядке.

#### 4.2.4. Системы отопления, вентиляции, кондиционирования

Проектирование систем отопления, кондиционирования и вентиляции и (СОКВ) должно увязываться с проектированием ограждающих конструкций, поэтому требования к климатическим показателям для них во многом совпадают.

Для проектирования СОКВ в первую очередь необходима климатическая информация о комплексе температуры, влажности и скорости ветра. Величина расчетных климатических показателей зависит от назначения строящихся зданий.

Таблица 8

Расчетные температуры воздуха заданной обеспеченности и соответствующая им энтальпия для расчета (СОКВ)

Вид проектирования	Расчетная температура воздуха (обеспеченность) %	Энтальпия (обеспеченность) %
<b>Теплый период</b>		
<b>Кондиционирование:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• производственных зданий и помещений точной индустрии, электроники, тонкой химической технологии;</li> <li>• жилых, общественных и остальных производственных зданий.</li> </ul>	99	98,1
	98	97,1
<b>Вентиляция:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• зданий, расположенных в районах со средней температурой июля выше 21°C; больничных и детских учреждений, гостиниц, санаториев;</li> <li>• помещений и зданий всех остальных назначений.</li> </ul>	96	95,5
	95	94,6
минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль		
<b>Холодный период</b>		
<b>Отопление, кондиционирование, общеобменная вентиляция, рассчитанная на удаление вредных веществ:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• больничных, детских учреждений, гостиниц, производственных зданий и помещений точной индустрии, электроники, тонкой химической технологии;</li> <li>• жилых, общественных и остальных производственных зданий.</li> </ul>	99,9 (в среднем соответствует т-ре наиболее холодных суток)	99,4
	99,5 (в среднем соответствует т-ре наиболее холодной пятидневки)	99,0

<b>Вентиляция:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>зданий всех назначений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ;</li> </ul>	94 (в среднем соответствует температуре наиболее холодного периода или вентиляционной t-ре)	93,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>сельскохозяйственных зданий.</li> </ul>	92	91,5
скорость ветра за отопительный период	80	

Для расчета указанных в таблице 8 характеристик необходимо располагать распределением комплекса температура – относительная влажность, которое составляется из срочных значений этих величин за год. Для каждой пары синхронных значений температуры и влажности рассчитывается энтальпия. Далее за весь имеющийся ряд наблюдений рассчитывается повторяемость сочетаний температуры воздуха и соответствующей ей энтальпии. Краткая методика расчета, а также значения показателей для некоторых пунктов представлены в Научно-прикладном справочнике по климату СССР.

Следует иметь в виду, что в холодный период 99,9%, 99,5% и 94% квантили температуры воздуха приблизительно соответствуют расчетным температурам наиболее холодных суток, наиболее холодной пятидневки, вентиляционной температуре и могут служить заменой им.

*Скорость ветра обеспеченностью 80% за отопительный период* – значение скорости, при которой, как правило, наблюдаются наибольшие потери тепла зданием. Исходными данными для ее определения служит распределение всей совокупности (не менее чем за 15 лет наблюдений) срочных значений скорости ветра за отопительный период. Требуемое значение скорости ветра снимается с кривой интегральной вероятности, построенной по этим данным.

*Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль.* Определяется как наименьшая из средних значений скорости ветра различных направлений, повторяемость которых превышает 12 %. При повторяемости штилей 14% и более, минимальная скорость принимается равной нулю.

#### **4.2.5. Метеорологические нагрузки на здания**

Все метеорологические нагрузки оказывают негативное влияние на здания. Под их воздействием происходит ускоренное старение сооружений, а в некоторых случаях и их разрушение. Основными видами метеорологических нагрузок являются: ветровая, снеговая, голодная и гололедно-ветровая.

Сначала формируются ряды месячных, годовых или сезонных значений метеозаказов. Затем полученные данные аппроксимируются какой-либо функцией

распределения. В климатологии для определения редко наблюдаемых явлений методом статистической экстраполяции наиболее широкое применение нашли такие виды экспоненциальных функций как: распределение Гумбеля (первое предельное распределение), второе предельное распределение, распределение Гудрича, (третье предельное распределение), которое используется для расчета максимальных скоростей ветра с использованием всей совокупности данных и распределение Дженкинсона [5].

Таблица 9

Специализированные показатели метеорологических нагрузок

<p><u>Ветровая нагрузка:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• расчетная скорость ветра у поверхности земли (максимальная скорость возможная один раз в 1, 5, 10, 15 и 20 лет), м/с</li> <li>• расчетная скорость ветра на высотах (максимальная скорость возможная один раз в 1, 5, 10, 15 и 20 лет), м/с</li> </ul>
<p><u>Снеговая нагрузка:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Максимальный запас воды в снежном покрове различной обеспеченности (возможный один раз в 1, 5, 10, 15 и 20 лет), кг/м<sup>2</sup></li> </ul>
<p><u>Гололедная и голодно-ветровая нагрузки:</u> учитываются только при проектировании линий электропередач, линий связи и различных ажурных сооружений.</p>

#### 4.2.5.1. Ветровые нагрузки

Все сооружения, возвышающиеся над поверхностью земли, в той или иной степени подвергаются ветровым воздействиям. Воздействие ветра на невысокие здания наиболее существенно проявляется в увеличении их теплопотерь, однако при проектировании зданий высотой более 40 м не менее важно учитывать и ветровые нагрузки.

Ветровая нагрузка определяется как сумма средней статической и пульсационной нагрузки.

Статическая ветровая нагрузка,  $Q_m$ , нормальная к поверхности сооружения или к его элементу, определяется по формуле:

$$Q_m = C_x q \quad (13)$$

где  $C_x$  — аэродинамический коэффициент (коэффициент лобового сопротивления сооружения), зависящий от типа сооружения (определяется по приложению 4 СНиП 2. 01, 07. - 85\*);  $q$  — скоростной напор ветра (давление ветра на единицу поверхности), кг/м<sup>2</sup>.

Климатическим показателем является скоростной напор ветра  $q$ . Динамическая составляющая ветровой нагрузки обусловлена порывистостью ветра. Она является кратковременной, однако по значению часто превосходит статическую составляющую. Динамическая составляющая в значительно большей степени, чем статическая, зависит от динамических свойств сооружения. Вопросы учета динамической составляющей ветровой

нагрузки на сооружения разработаны недостаточно полно и выходят за пределы области строительной климатологии.

Нормативное значение давления ветра  $q$  находится по формуле:

$$q = V^2 / 16 \quad (14)$$

где  $V$  — скорость ветра 10-минутного осреднения на высоте 10 м над поверхностью земли.

Таким образом, расчетная скорость ветра  $V$  является основным климатическим параметром ветровой нагрузки. При этом очень важно учитывать точность наблюдения за скоростью ветра  $V$

При занижении расчетных ветровых нагрузок происходят аварии, вплоть до полного разрушения сооружения. При их завышении обеспечивается большой запас прочности проектируемого сооружения, но стоимость может увеличиться настолько, что превзойдет возможные убытки от аварий.

#### Расчетные скорости ветра у поверхности земли (на высоте флюгера – 10 м).

При определении ветровых нагрузок за расчетную скорость ветра принимается максимальная скорость с заданной обеспеченностью. В зависимости от типа сооружения и 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. Для расчета скоростных напоров ветра по наблюдениям метеорологических станций определены расчетные скорости ветра различной вероятности, возможные раз в 1, 5, 10, 15 и 20 лет.

Интегральные повторяемости рассчитываются либо по всей совокупности наблюдений за скоростями ветра, либо по ряду выборочных величин, состоящих из годовых или месячных максимумов скорости ветра.

Для получения максимальной скорости различной вероятности интегральные кривые распределения скоростей ветра экстраполируются в сторону их больших значений.

#### Определение расчетных скоростей ветра по однородным рядам наблюдений.

В тех случаях, когда для расчета ветрового давления используются скорости ветра, определенные по разным приборам, следует иметь в виду, что они различаются между собой. Объясняется это тем, что, во-первых, период осреднения скорости ветра при наблюдении по флюгеру составляет две минуты, а по анемометру десять минут. во-вторых, при наблюдениях по флюгеру большие скорости ветра систематически завышаются.

Для исключения неоднородности в рядах скоростей ветра проводится первичная обработка данных, которая заключается в приведении

- обеих частей исходных рядов к 10-минутному осреднению,
- к одному типу прибора,
- к возможной коррекции на срочность наблюдений [ ]

При определении расчетных скоростей ветра по данным наблюдений следует иметь в виду следующее обстоятельство. Если ряд состоит из данных наблюдений по флюгеру с легкой доской и по анеморумбометру, период наблюдений по которому не менее 15 лет, и в период наблюдений по флюгеру отмечались скорости ветра свыше 20 м/с, то часть ряда с наблюдениями по флюгеру, исключается из обработки, как недостаточно надежная.

Если ряды наблюдений составляют 20 и более лет, при этом часть наблюдений проводилась по флюгеру с тяжелой доской и за этот период не наблюдались скорости ветра > 40 м/с, то исходными рядами для расчетов нормативных скоростей ветра могут служить выборки их годовых или месячных максимумов. Расчетные скорости ветра при использовании этих рядов наблюдений определяются с помощью распределения Гумбеля определяются расчетные скорости ветра.

Если ряды наблюдений за ветром недостаточно длинны (менее 20-25 лет) и при этом за период наблюдений по флюгеру с тяжелой доской отмечались скорости ветра более 40 м/с, для получения максимальных скоростей редкой повторяемости рекомендуется метод ГГО.

По этому методу расчетная скорость ветра определяется по данным о всей совокупности наблюдений за многолетний период. Для аппроксимации интегральной кривой распределения скоростей используется метод Вейбулла.

Определение расчетных скоростей ветра по неоднородным рядам наблюдений.

В этом случае ряды флюгерных и анемометрических наблюдений обрабатывается отдельно и для каждого ряда определяются расчетные скорости ветра. Затем расчетная скорость ветра, определенная по флюгеру  $V_p(\text{фл})$  приводится к расчетной скорости, определенной по анемометру  $V_p(\text{ан})$  по формуле:

$$V_p(\text{ан}) = 0.72 V_p(\text{фл}) + 2 \quad (15)$$

После пересчета производится объединение скоростей за разные периоды (по разным приборам) по формуле:

$$V_p = \frac{V_p^n(\text{ан})n_1 + V_p(\text{ан})n_2}{n_1 + n_2}, \quad (16)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  - длина периодов, в которые велись наблюдения соответственно по флюгеру и анемометру;  $V_p^n(\text{ан})$  - расчетная скорость, определенная по флюгеру и приведенная к данным анеморумбометра;  $V_p(\text{ан})$  - расчетная скорость ветра, определенная по данным анеморумбометра.

Расчетные скорости ветра и ветровые нагрузки на высотах. Расчетные скорости ветра у поверхности земли сами по себе имеют весьма ограниченное значение. Они больше используются для того, чтобы по ним определить возможные скоростные напоры и ветровые

нагрузки на невысокие сооружения. Чем выше здание над поверхностью земли, тем большее воздействие на него оказывает ветер, тем больше роль ветровых нагрузок в определении технических параметров сооружения и, следовательно, его стоимости.

Жесткие конструкции воспринимают ветровую нагрузку как статическую, а для гибких сооружений большее значение приобретает динамическая часть ветровой нагрузки, определяемая порывистостью ветра. Длительно действующие сильные порывистые ветра вызывают явление «усталости» конструкций.

Ветровой напор на сооружение, высотой  $Z$  над поверхностью земли определяется по формуле

$$Q_m = k C_x q \quad (17)$$

$q$  – ветровой напор на высоте 10 м, рассчитанный по скорости ветра,

$k$  – коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте.

$C_x$  – аэродинамический коэффициент, тот же, что и в формуле 9.

Коэффициенты, учитывающие изменение давления ветра и его скорости с высотой приводятся в таблице 10.

В таблице наряду с коэффициентом  $k$ , приведен также коэффициент  $k_v(z) = \sqrt{K}$ , который учитывает изменение нормативной скорости ветра по высоте.

Таблица 10

Коэффициенты  $k$  и  $k_v$ , учитывающие соответственно изменение давления ветра (числитель) и его скорости (знаменатель) по высоте

Высота над поверхностью земли, м	Тип местности		
	А	В	С
≤5	0,75/0,87	0,5/0,71	0,40/0,63
10	1,0/1,0	0,65/0,81	0,40/0,63
20	1,25/1,12	0,85/0,92	0,55/0,74
40	1,50/1,23	1,10/1,05	0,80/0,90
60	1,70/1,30	1,30/1,14	1,0/1,00
80	1,85/1,36	1,45/1,21	1,15/1,07
100	2,00/1,42	1,60/1,27	1,25/1,12
150	2,25/1,50	1,90/1,38	1,55/1,25
200	2,45/1,57	2,10/1,45	1,80/1,34
250	2,65/1,63	2,30/1,52	2,00/1,42
300	2,75/1,66	2,50/1,58	2,20/1,48
350	2,75/1,66	2,75/1,66	2,35/1,53
≥480	2,75/1,66	2,75/1,66	2,75/1,66

Примечание. Тип местности:

А — открытое побережье морей, озер и водохранилищ, пустыня, степь, лесостепь, тундра;

В — городская территория, лесной массив и другая местность, равномерно покрытая препятствиями высотой более 10 м;

С — городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если ее характер сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии  $30z$  при его высоте до 60 м и на расстоянии 2 км при большей высоте сооружения.

#### 4.2.5.2. Снеговые нагрузки

*Запас (влагосодержание) воды в снежном покрове.* Влагозапас, выраженный в мм водяного столба, эквивалентен массе снежного покрова, выраженной в  $\text{кг}/\text{м}^2$ .

*Максимальный запас воды в снеге различной обеспеченности.* Исходными данными для расчета вероятностных значений влагозапаса являются ежегодные сезонные максимумы содержания воды в снеге по данным снегомерных съемок, которые аппроксимируются законами распределения Гумбеля, Дженкинсона или используется метод Чегодаева – Алексеева [5,6].

Для районов с устойчивым снежным покровом достаточно располагать рядами длительностью 15 – 20 лет. В зонах с неустойчивым снежным покровом и активной циклонической деятельностью требуются ряды с длительностью 30 – 35 лет.

Сравнение результатов, полученных тремя методами: Гумбеля, Дженкинсона, Чегодаева – Алексеева показало, что расхождения между значениями максимального влагосодержания снежного покрова, полученными этими методами, наибольшие при подсчете 2% обеспеченности. Как правило, значения запаса воды в снежном покрове редкой повторяемости, полученные методом Гумбеля, превышают соответствующие значения, вычисленные методом Чегодаева – Алексеева. Данные, полученные по методу Дженкинсона, имеют в основном промежуточные значения.

Снеговая нагрузка возникает вследствие давления снежного покрова на покрытие сооружений и определяется массой снежного покрова на единицу площади покрытия.

Для определения веса осадков, выпадающих на покрытия зданий, в ЦНИИСК им. Кучеренко были разработаны поправочные коэффициенты к значениям веса снегового покрова земли, измеряемого на полевых маршрутах (таблица 11).

Таблица 11

Коэффициенты  $C$  к значениям веса снегового покрова земли, измеряемого на полевых маршрутах

t °C	V м/с					
	2	3	4	5	6	7
-5	1,0	1,0	1,05	1,12	1,29	1,45
-10	1,0	1,05	1,14	1,29	1,44	1,60
-15	1,05	1,11	1,28	1,45	1,62	1,80
≤-20	1,12	1,25	1,43	1,62	1,80	2,00

Здесь  $V$  - средняя многолетняя скорость ветра за зимний период. Определяется по карте 2 приложения к СНиП 2. 01. 07 – 85\*

$t$  - средняя месячная температура воздуха в январе. Определяется по карте 5 данного приложения.

Величина нагрузки на покрытие здания определяется по формуле:

$$P_n = C P_0 \text{ кг/м}^2, \quad (18)$$

$P_n$  – снеговая нагрузка на покрытие,

где  $P_0$  – нагрузка на 1 м горизонтальной поверхности земли,

$C$  – коэффициент пересчета от поверхностной снеговой нагрузки на земле ( $P_0$ ) к поверхностной снеговой нагрузке на покрытие, зависящий от угла наклона и конструкции покрытия (кровли здания).

Расчеты снеговых нагрузок по распределениям Гумбеля и Дженкинсона аналогичны расчетам ветровых нагрузок.

#### 4.2.6. Метеорологические воздействия и долговечность зданий

Долговечность наружных ограждающих конструкций определяется сроком их службы с сохранением в требуемых пределах эксплуатационных качеств в данных климатических условиях при заданном режиме эксплуатации.

В процессе эксплуатации здания подвергаются внешним воздействиям, которые принимаются во внимание в проектах путем подбора материалов и конструкций, защиты их специальными покрытиями и т. д.

Очень опасны для зданий частые перепады температур воздуха, особенно переходы ее через  $0^\circ$ , сопровождающиеся сильным ветром и осадками. Увлажнение ограждающих конструкций при оттепелях и дальнейшее промерзание их при резких похолоданиях приводит к значительному сокращению срока службы сооружений.

При прогнозировании долговечности зданий используются климатические показатели, характеризующие коррозионную агрессивность атмосферы и степень устойчивости термического режима холодного периода.

Таблица 12

Специализированные климатические показатели агрессивных метеорологических воздействий

<i>Средняя продолжительность росы (часы)</i>
<i>средняя продолжительность сочетаний положительной температуры (<math>t &gt; 1^\circ\text{C}</math>) и относительной влажности (<math>R</math>) <math>&gt; 75\%</math></i>
<i>среднее количество периодов (циклов) с заморозками и оттепелями</i>

<i>средняя интенсивность оттепелей и заморозков<sup>° С</sup></i>
<i>средняя продолжительность оттепелей, цикл/год</i>
<i>средняя продолжительность заморозков, цикл/год,</i>
<i>среднее и максимальное количество осадков за один «косой» дождь по направлениям ветра (роза «косых» дождей), мм</i>
<i>среднее количество осадков за один «косой» дождь при различном направлении и скорости ветра, мм</i>
<i>среднее и максимальное месячное количество «косого» дождя, мм</i>
<i>средняя и максимальная интенсивность осадков в течение одного «косого» дождя, мм/мин</i>
<i>средняя и максимальная продолжительность «косого» дождя</i>
<i>средняя и максимальная скорость ветра при дожде, м/с</i>
<i>индексы «косых» дождей (Заварина, Швер).</i>

*Средняя продолжительность периода оттепелей (заморозков), дни.*

Периодом или циклом с оттепелью считается день или несколько дней с максимальной температурой воздуха  $>0^{\circ}$  на фоне устойчивых отрицательных температур.

Периодом с заморозком считается день или несколько дней с минимальной температурой воздуха  $\leq 0^{\circ}$  на фоне устойчивых положительных температур.

*Среднее число оттепелей или заморозков (цикл/год)* рассчитывается, путем деления общего количества циклов с оттепелями (заморозками) на число лет наблюдений.

*Средняя интенсивность оттепелей  $^{\circ}\text{C}$ ,* рассчитывается как среднее из положительных отклонений максимальной температуры воздуха за все дни с оттепелью.

*Средняя интенсивность заморозков $^{\circ}\text{C}$ ,* рассчитывается как среднее из отрицательных отклонений минимальной температуры воздуха за все дни с заморозками.

*Максимальная продолжительность периодов с оттепелью (заморозками), дни.* Выбирается самый продолжительный период из общего количества циклов с оттепелью (заморозками) за рассматриваемое число лет наблюдений.

*«Косые» дожди – комплексная характеристика, учитывающая одновременное влияние дождя и ветра.*

«Косые» дожди наблюдаются при значительной скорости ветра. Чем больше скорость ветра, тем большее количество капель попадает на стены зданий и интенсивнее происходит их смачивание. Промокание и протекание ограждающих конструкций и их стыков приводит к переувлажнению стен в помещениях, образованию на них грибка и ухудшению санитарного состояния помещений.

На метеорологических станциях наблюдения за «косыми» дождями не проводятся, а экспериментальных исследований проведено очень мало, ввиду их трудоемкости и высокой стоимости. В связи с этим используются аналитические методы определения их

характеристик, опирающиеся на информацию о синхронных наблюдениях за осадками и ветром.

Для оценки увлажнения стен зданий дождями разработаны различные климатические показатели, с помощью которых оценивается совместное действие дождя и ветра. Один из них (индекс «косого» дождя) определяется как произведение годового количества осадков и средней годовой скорости ветра, деленное на 1000 [ ]. Несмотря на условность этого критерия, с помощью его можно произвести сравнительную оценку различных районов в отношении смачивания стен «косыми» дождями.

Количество осадков, попадающих на вертикальные поверхности, можно рассчитать, если воспользоваться натурными наблюдениями и установить соотношение между количеством осадков, выпадающих на вертикальную и горизонтальную поверхности.

Индекс косого дождя по Швер Ц. А. определяется по формуле:

$$I_n = I_z \cdot v^3 / v_p \quad (19),$$

где  $I_n$  - интенсивность промачивания стен,

$I_z$  - интенсивность дождя, выпадающего на горизонтальную поверхность за 5 мин. (рассчитывается по данным об интенсивности осадков, имеющихся в Справочнике по климату СССР),

$v$  - средняя скорость ветра в дни с дождями,

$v_p$  - скорость равновесного падения капель дождя, определяемая по графику, рассчитанному Богдановой Э.Г [3,9] .

Позже были разработаны другие показатели «косых» дождей, использующихся в более

точных расчетах.

*Среднее и максимальное количество осадков за 1 «косой» дождь по направлениям ветра, мм.* Исходные данные выбираются из рядов наблюдений по плювиографу. Направление ветра выбирается за сроки, близкие к выпадению дождя. Выборка производится по следующей схеме:

- если направление ветра колеблется равномерно около одного из трёх румбов в течение примерно одинаковых промежутков времени, за основное принимается промежуточное направление;
- если направление ветра колеблется между двумя румбами, за основное принимается направление ветра большей продолжительности;
- если направление ветра колеблется между двумя румбами с равной продолжительностью, за основное принимается направление ветра, имеющего большую скорость;

- если скорость ветра во время дождя из-за отсутствия данных определить невозможно, то берется скорость ветра в ближайший к дождю срок.

По каждому из 8 направлений ветра рассчитываются характеристики «косого» дождя за каждый дождь.

Количество осадков на вертикальную стену за 1 дождь определяется по следующим формулам:

$$H_g = H \cdot U_d / U_0 \quad (20)$$

где  $H$  - количество осадков, выпадающих на горизонтальную поверхность за 1 дождь, мм;  $U_d$  – средняя скорость ветра при дожде, м/с;  $U_0$  – скорость падения капель, м/с.

$U_0$  зависит от величины интенсивности дождя ( $I$ ). В лаборатории Норвежского научно-исследовательского института по строительству на основе экспериментальных данных скорость падения капель определялась по формуле:

$$U_0 = 4,5 \cdot I^{0.107}, \quad (21)$$

где  $I$  – интенсивность дождя, мм/мин.

Значения  $H$  и  $I$  для каждого дождя следует выбирать из таблицы ТМ-14, а  $U_d$  – из таблицы ТМ-1.

*Среднее количество осадков за один «косой» дождь при различном направлении и скорости ветра, мм.* Рассчитывается по тем же данным, что и предыдущий показатель.

*Средняя и максимальная скорость ветра при дожде, м/с.* Рассчитываются по всем скоростям ветрам ветра при дожде без учета направления.

*Средняя и максимальная продолжительность одного «косого» дождя, мин.* Определяется по данным наблюдений.

*Средняя и максимальная интенсивность «косого» дождя в течение одного дождя, мм/мин.* Рассчитывается как средняя взвешенная по 10-минутным интервалам или выбирается из исходных таблиц (ТМ-14).

*Среднее месячное количество «косого» дождя.* Определение этого показателя достаточно трудоемко и требует большого количества первичного материала. Косвенный способ позволяет получить его приближенное значение без учета направления ветра и ориентации стены.

Для расчётов косвенным способом используются следующие многолетние климатические данные за тёплый период года:

- месячное количество осадков –  $H$ , мм
- средняя продолжительность осадков за месяц –  $\tau$ , ч
- средняя месячная скорость ветра –  $U$ , м/с

Скорость ветра при дожде определяется по формуле:

$$U_d = U \cdot g \quad (22)$$

Значения  $g$  определяется по таблице 13.

Зависимость коэффициента  $g$  от числа дней с дождём за месяц ( $n$ )

$n$	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
$g$	1.39	1.22	1.18	1.13	1.12	1.11

Среднее многолетнее месячное количество «косого» дождя ( $H_B$ ) с учетом данных таблицы 13 определяется выражением:

$$H_B = \frac{H \cdot g \cdot U}{4,5 \left( \frac{H}{\tau} \right)^{0.107}} \quad (23)$$

В формуле (23) пренебрегаем связностью  $H$ ,  $U$  и  $\tau$ .

Максимальное месячное количество жидких осадков, попадающих на вертикальные стены, определяется по формуле Максвелла, связывающей среднее значение распределения с его максимумами различной вероятности:

$$H_{max} = K_p \cdot H_B \quad (24)$$

где  $K_p = 1,8$  (в соответствии с распределением Максвелла для  $P = 0,95$ ).

#### 4.2.7. Канализация и водоотведение

Для расчета канализационных сетей наиболее важными являются характеристики ливневых осадков.

Специализированные климатические показатели для расчетов канализации и водоотведения

<i>Суточный максимум осадков 1% обеспеченности, мм</i>
<i>средняя интенсивность дождя продолжительностью 20 мин 63% обеспеченности, мм/мин</i>
<i>максимальное суточное количество жидких осадков зимой, мм</i>

*Суточный максимум осадков 1% обеспеченности.* Расчет выполняется путем аппроксимации кривых распределения суточного максимума осадков. Наблюденный максимум обычно близок по значению квантили 1% обеспеченности. Различия между ними не носят систематического характера. Значение суточного максимума 1% обеспеченности может быть как выше, так и ниже наблюдаемого.

*Средняя интенсивность дождя, продолжительностью 20 мин 63% обеспеченности.* Исходными данными для расчета этого показателя являются ежегодные максимумы

интенсивности осадков за 20-минутный интервал в теплую часть года (май—сентябрь). Рассматриваемый период должен охватывать не менее 20—25 лет. Так как количество осадков по плювиографу отмечается за 10-минутные интервалы, среднюю интенсивность осадков за 20 мин определяют методом скользящего осреднения с 10-минутным сдвигом периода осреднения.

Максимальное суточное количество жидких осадков в зимний период. Эту характеристику целесообразно использовать также при оценке долговечности зданий и вероятности протечек зданий в зимнее время. В качестве исходных данных используются суточные максимумы жидких осадков за период (декабрь, январь, февраль). Ряды формируются из дней, когда были отмечены жидкие осадки, и только те случаи, когда продолжительность их выпадения превышала продолжительность выпадения твердых осадков. Длина ряда, из которого выбирают наибольшее значение, должна быть не менее 30 лет.

#### 4.2.8. Производство строительных работ

Метеорологические условия учитываются при планировании, организации и выполнении строительно-монтажных работ, выборе механизмов и строительных материалов.

Таблица 15

Специализированные климатические параметры, влияющие на производство строительных работ

<i>Продолжительность зимнего периода,</i>
<i>среднее и максимальное число дней со скоростью ветра более 10 м/с при отрицательной температуре воздуха</i>
<i>среднее и максимальное число дней со скоростью ветра <math>\geq 12</math> м/с на высоте 25 м</i>
<i>суммарные объемы снегопереноса за зиму, возможные один раз в 10, 20 и 25 лет, м<sup>3</sup>/м</i>
<i>средняя и максимальная продолжительность метелей, часы</i>
<i>среднее и максимальное число дней с метелями, в которых наблюдается ухудшение видимости менее 1000 м</i>
<i>среднее и максимальное число дней с температурой <math>\leq -30^{\circ}</math> С</i>
<i>среднее и максимальное число дней с температурой <math>\geq 30^{\circ}</math> С</i>
<i>среднее и максимальное число дней с дождем непрерывной продолжительностью <math>\geq 4</math> часов</i>
<i>среднее и максимальное число дней с опасными природными явлениями для данного региона</i>

*Продолжительность зимнего периода* — непрерывная продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже  $0^{\circ}$  С.

*Среднее и максимальное число дней со скоростью ветра более 10 м/с при отрицательной температуре воздуха.* При таких условиях работы на открытом воздухе либо прекращаются, либо производится дополнительная оплата труда. При расчет этого показателя выбираются дни, когда средняя скорость ветра при отрицательной температуре воздуха хотя бы в один срок была более 10 м/с.

*Среднее и максимальное число дней со скоростью ветра  $\geq 12$  м/с на высоте 25 м.* При такой скорости ветра (или его порывах) работа башенных кранов становится опасной и прекращается.

*Суммарные за зиму объемы снегопереноса различной обеспеченности, возможные один раз в 10, 20 и 25 лет*

Объем снегопереноса определяется по совокупности данных о скорости ветра при метелях и продолжительности метелей:

$$V = I \cdot \tau, \quad (25)$$

где  $I = cu$  [ $\text{м}^3/\text{м} \cdot \text{ч}$ ];  $u$  – скорость ветра при метели, м/с;  $c = 0,00046$

Суммарный объем переносимого за зиму снега различной обеспеченности определяется по  $c$  интегральной кривой распределения, построенной по методу Вейбулла.

### **4.3. Формы представления специализированной климатической информации.**

Представление специализированной климатической информации для строительной индустрии должны быть разнообразны. Оно должно удовлетворять запросы потребителей на каждом этапе - от проектирования до проведения строительных работ и дальнейшей эксплуатации строительных объектов...

Таблицы являются основной формой представления климатической информации в СНиП и справочниках по климату. В них содержится информация по отдельным пунктам, в которых проводятся метеорологические наблюдения.

Графики используются для определения некоторых показателей косвенным путем, для представления их суточного или годового хода и других целей.

Диаграммы используются для наглядности представления того или иного вида информации (например, роза ветров дает представление о повторяемости направлений ветра).

Картирование является наиболее рациональным и удобным для использования способом представления климатической информации, которое позволяет по точечным наблюдениям и расчетам дать пространственное распределение изучаемого показателя.

Методика составления климатических карт определяется их масштабом. При составлении карты принимаются во внимание все факторы, определяющие закономерности изменения климатического показателя в том или ином физико-географическом районе.

При решении проблем государственного масштаба, таких как перспективное планирование хозяйственной деятельности, используются, например, карты масштаба 1: 5000000, 1:7500000, отражающие макроклиматические особенности территории.

При градостроительстве и планировках районного масштаба требуется более точное районирование, позволяющее учитывать мезо- и микроклиматические особенности территории. Это связано с тем, что большинство климатических показателей имеют значительную зависимость от условий подстилающей поверхности, особенно в условиях сложного рельефа.

Мезоклиматические карты, отражающие особенности отдельных районов и областей, строятся в масштабе 1: 1000000, 1: 2500000. Для оценки микроклиматической изменчивости районирование выполняется на картах более крупного масштаба: 1: 500000, 1: 100000.

Большое количество карт, помещаемых в различные нормативные документы, используемых в строительном проектировании, свидетельствует о важности этой формы представления климатической информации и о необходимости совершенствования подходов к строительно-климатическому районированию. Одним из перспективных направлений его совершенствования является перевод картографической информации из разнообразных традиционных форм в унифицированную, электронную (цифровую) форму..

## **Заключение**

Приведенные в отчете специализированные характеристики и комплексные показатели предназначены для использования при разработке генеральных планов городов, поселков, сельских населенных пунктов, при проектировании зданий и сооружений, а также систем отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, канализации, газоснабжения, теплоснабжения, электроснабжения, при выборе материалов для конструкций и исполнения инженерного оборудования.

Методы расчета всех специализированных параметров основываются на многолетних данных температуры воздуха и почвы, влажности воздуха, осадков, солнечной радиации, скорости и направлении ветра, получаемые с сети метеорологических станций Беларуси.

В отчете показано, что специализированные климатические параметры должны

Представляться не только в табличном виде, для целей строительства различных объектов они должны дополняться детальными региональными и микроклиматическими картами.

## Список литературы

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. Гандин Л.С., Анапольская Л.Е. Рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик, 1997.
5. Заварина М.В. Строительная климатология. Л.:Гидрометеиздат,1976, 312с.
6. Копанев И.Д. Методы изучения снежного покрова. Л.:Гидрометеиздат, 1971, 224с.
7. Пивоварова З.И., 1973. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства. – Труды ГГО, вып. 321.
8. СНиП II-A.11-62.Нагрузки и воздействия. М.:Госстройиздат,1963, 23с.
9. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР –Л. Гидрометеиздат, 1979, 354с..