

Федеральная служба по гидрометеорологии и
мониторингу окружающей среды

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

(ГУ «ГГО»)

УДК 551.588

№ госрегистрации

Инв.№

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГУ «ГГО»,
д-р физ.-мат.наук



В.М. Катцов

«___» _____ г

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

(промежуточный)

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

Контракт № 3 от « 19 » июня 2007 г.,
Дополнительное соглашение № 4
к Контракту от 19 июня 2007 г. № 3 от 15 марта 2010 г.

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

Е.Л. Махоткина

Санкт-Петербург 2010

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 66 стр., 25 рисунков, 20 табл., 9 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 2010 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 погодноклиматических условиях, состоянии и загрязнении природной среды» на 2007 – 2011 годы.

По проекту 3.1 база данных мониторинга климата ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН (БзД МК) пополнена верифицированными данными о среднемесячной температуре воздуха и месячных суммах осадков за 2009 год и оперативными данными по 2010 год включительно. Изменена и улучшена технология получения климатических характеристик мониторинга, как для территории России, так и для территории республики Беларусь. Подготовлены и размещены на Интернет-сайте ИГКЭ бюллетени с данными о текущих климатических аномалиях и обновленными оценками современных тенденций в изменении климата на территории России и Беларуси, в том числе годовой бюллетень "Изменения климата – 2009 (декабрь 2008-ноябрь 2009) и сезонные бюллетени за зиму 2009-2010 гг., весну – осень 2010 г..

По проекту 3.2 выполнена серия ансамблевых расчетов современного и будущего климата на территории Союзного государства с помощью глобальной и региональной моделей атмосферы при сценарии роста парниковых газов и аэрозоля А2.

В проекте 3.3 рассчитаны оценки рисков, создаваемых опасными метеорологическими явлениями на территории Беларуси. Оценен социальный и экономический риск от ОЯ, а также риск возникновения очень сильного ветра, шквала, смерча, крупного града, сильного гололедно-изморозевого отложения, очень сильного снегопада и метелей для различных областей Беларуси.

В проекте 3.4 представлен состав климатической информации, необходимый для обеспечения потребностей атомных станций на всех стадиях их существования: от подбора площадки строительства до вывода из эксплуатации после выработки ресурса. Приводится методика определения репрезентативности ближайших к району строительства сетевых метео- и аэрологических станций, даются рекомендации по способам получения информации, необходимой для разработки мероприятий по снижению негативного влияния эксплуатации АЭС на окружающую среду, приводятся примеры представления специализированной информации.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Проект 3.1 Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства	
Введение	7
1.1. Данные о приземной температуре и осадках в базовых массивах мониторинга климата (по состоянию на 01.01.2010)	7
1.2. Обзор климатических аномалий на территории Республики Беларусь в 2009г.....	8
1.2.1. Температура воздуха.....	8
1.2.2. Атмосферные осадки.....	12
1.3. Климатические аномалии 2010 года (материалы сезонных бюллетеней мониторинга климата Беларуси)	17
1.3.1. Зима 2008-2009гг.....	17
1.3.2. Весна 2009 г.....	18
1.3.3. Лето 2009 г.....	20
Заключение	22
2. Проект 3.2. Исследование и сценарные оценки ожидаемых изменений регионального климата на территориях Беларуси и России	
Введение.....	23
2.1. Постановка экспериментов	24
2.2. Анализ расчетов.....	24
Заключение.....	26
Список использованных источников	30
3. 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	
Оценка рисков, создаваемых опасными метеорологическими явлениями на территории Беларуси	31
4. Проект 3.4. Разработка унифицированных форм представления специализированной климатической информации в научно-справочных пособиях для автомобильного транспорта	
Введение.....	41

4.1.	Воздействие атомных станций на окружающую среду.....	42
4.2.	Учет климатологических параметров при выборе площадки для строительства АЭС.....	43
4.3.	Исходный материал и источники данных для составления режимно-справочного пособия.....	44
4.4.	Состав специализированной метео- и аэрологической информации.....	46
4.4.1.	Информация для определения репрезентативности сетевых станций.....	46
4.4.1.1.	Приземная.....	46
4.4.1.2.	Аэрологическая информация, характеризующая нижний 2000-й слой атмосферы.....	47
4.4.2.	Информация для определения специализированных аэрологических характеристик, необходимых для расчета атмосферной дисперсии	48
4.5.	Технологии обработки метеорологической информации и ее представление.....	50
4.6.	Опасные метеорологические явления.....	53
4.6.1.	Классификация опасных явлений по их воздействиям.....	53
	Приложение	56
	Список использованных источников	66

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

Введение

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

Задачи этапа 2010 г. – продлить базовый архив мониторинга климата данными наблюдений за 2010 гг. и на его основе подготовить бюллетени о состоянии климата в 2009-2010 гг. на территории России и Республики Беларусь (годовой бюллетень за 2009 год, сезонные бюллетени 2010 г.) и получить обновленные региональные оценки текущих тенденций изменения климата.

Бюллетени климатического мониторинга размещены на сайте ИГКЭ «Изменения климата России» (<http://climatechange.igce.ru>). В отчете представлены основные материалы мониторинга климата на территории Республики Беларусь (2009-2010 гг.).

1.1 Данные о приземной температуре и осадках в базовых массивах мониторинга климата (по состоянию на 01.01.2010)

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 2009 г. Одноименные данные за 2010 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 1.1), используемых в мониторинге, приведен на рисунке 1.1.



Рис. 1.1 – Географическое положение республики Беларусь

Таблица 1.1 Перечень станций Республики Беларусь, используемых в климатическом мониторинге

№№	Название	Индекс ВМО	Широта (с.ш.)	Долгота (в.д.)	Высота (м)
1	Витебск	26666	55,20	30,20	169
2	Минск	26850	53,90	27,50	234
3	Могилев	26863	53,90	30,30	180
4	Брест	33008	52,10	23,70	144
5	Пинск	33019	52,10	26,10	144
6	Василевичи	33038	52,30	29,80	140
7	Гомель	33041	52,40	31,00	144

1.2. Обзор климатических аномалий на территории Республики Беларусь в 2009г

1.2.1. Температура воздуха

На рисунке 1.2 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 1976-2009 гг.

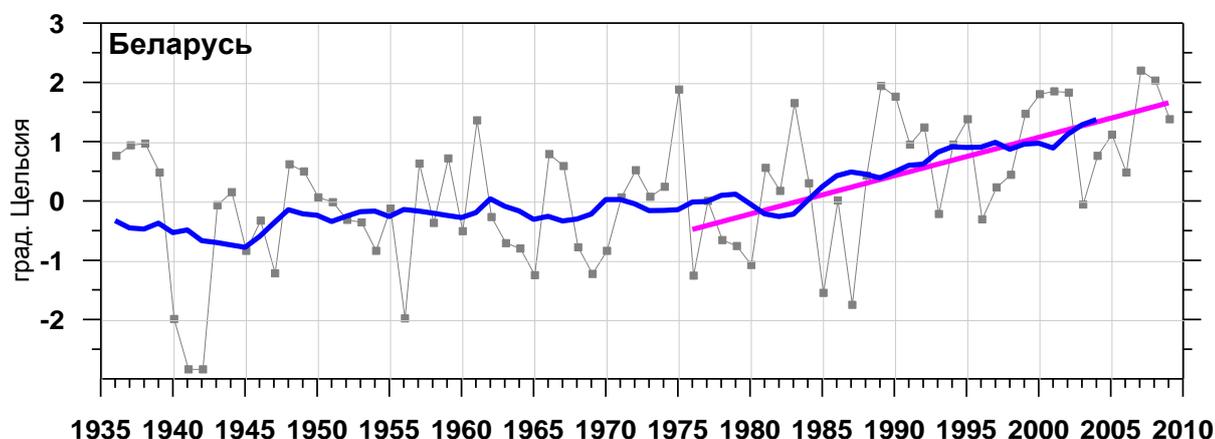


Рисунок 1.2 – Среднегодовые (декабрь – ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по региону Республики Беларусь, 1936 – 2009 гг.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд температуры за период 1976 – 2009 гг.

Числовые значения аномалии температуры на станциях Беларуси, вычисленные за каждый месяц 2009 года, а также за сезоны и год в целом (относительно базового периода 1961-1990 гг.) приведены в таблице 1.2.

В таблице 3 приведены сезонные и годовая аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси, а в таблице 4 представлены оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха.

Таблица 1.2 Аномалии средней месячной /сезонной / годовой температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на станциях Беларуси в 2009г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
<i>Зима 2008-2009</i>	+3.2	+2.4	+2.3	+2.0	+2.6	+2.3	+2.5
Дек.08	+3.0	+2.8	+2.0	+2.4	+2.6	+2.3	+1.9
Янв.09	+4.0	+2.8	+3.1	+1.5	+2.3	+2.6	+2.7
Фев.09	+2.6	+1.7	+1.9	+2.2	+2.9	+2.1	+2.9
<i>Весна 2009</i>	1.3	1.3	0.6	1.3	1.4	0.6	1.1
Мар.09	1.9	1.6	1.3	0.8	1.8	1.7	1.9
Апр.09	2.0	2.5	1.4	3.0	2.4	1.3	1.7
Май.09	0.0	-0.3	-0.9	0.0	-0.2	-1.2	-0.3
<i>Лето 2009</i>	0.4	0.3	-0.2	0.9	1.2	0.5	0.9
июн.09	-0.1	-0.4	-0.4	-0.3	0.7	0.7	1.1
Июл.09	1.2	1.3	0.5	2.0	2.1	1.4	1.8
Авг.09	0.2	0.0	-0.8	0.8	0.8	-0.7	-0.2

Осень 2009	+2.1	+1.4	+1.6	+1.0	+1.4	+1.8	+2.3
Сен.09	+2.9	+2.4	+1.9	+1.9	+2.1	+2.0	+3.0
Окт.09	-0.1	-0.8	-0.1	-1.1	-0.2	+0.3	+0.6
Ноя.09	+3.5	+2.7	+3.1	+2.2	+2.3	+3.1	+3.2
Год 2009: декабрь- ноябрь	1.8	1.4	1.1	1.3	1.6	1.3	1.7

Таблица 1.3 Сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси, в 2009 году.

Сезоны	Δt , °C относительно нормы 1961-1990	Ранг	Рекордный год и его аномалия (Δt , °C)
Зима	+2.52	19	1990 (+5.31 °C)
Весна	+1.09	20	2007(+2.89 °C)
Лето	+0.39	40	1999 (+3.08 °C)
Осень	+1.61	4	1967 (+2.53 °C)
Год	+1.40	12	2007(+2.22 °C)

На рисунке 1.3, представлены поля годовых и сезонных аномалий температуры 2009 года на территории Беларуси.

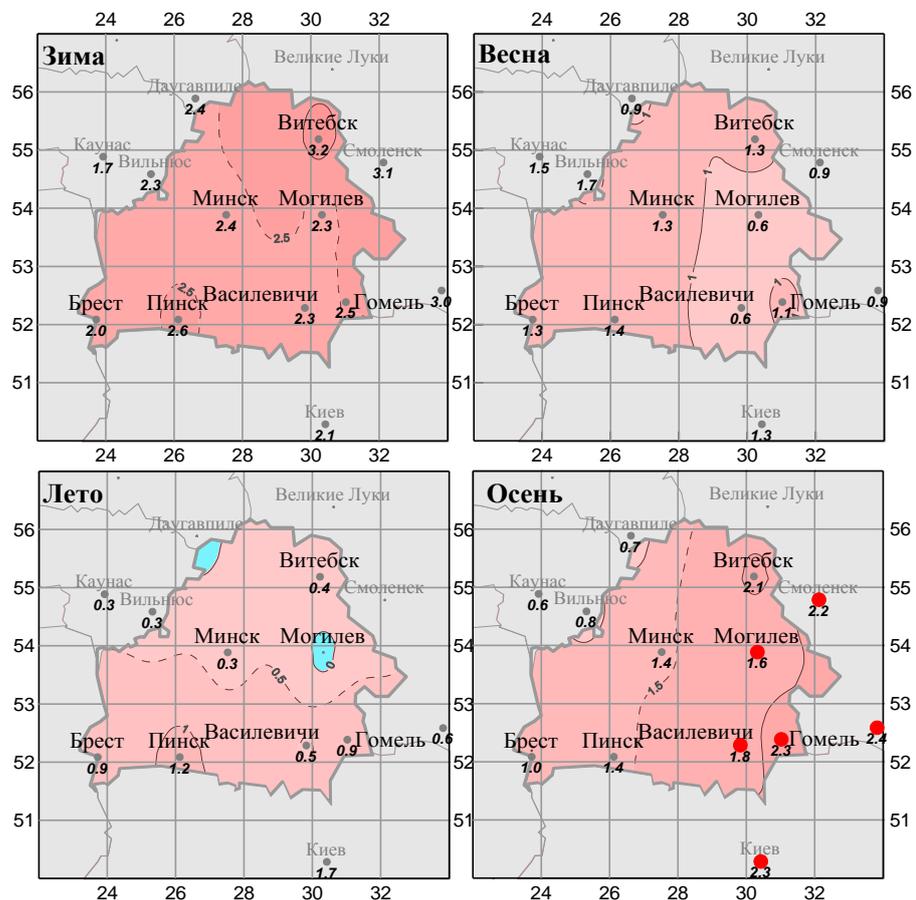
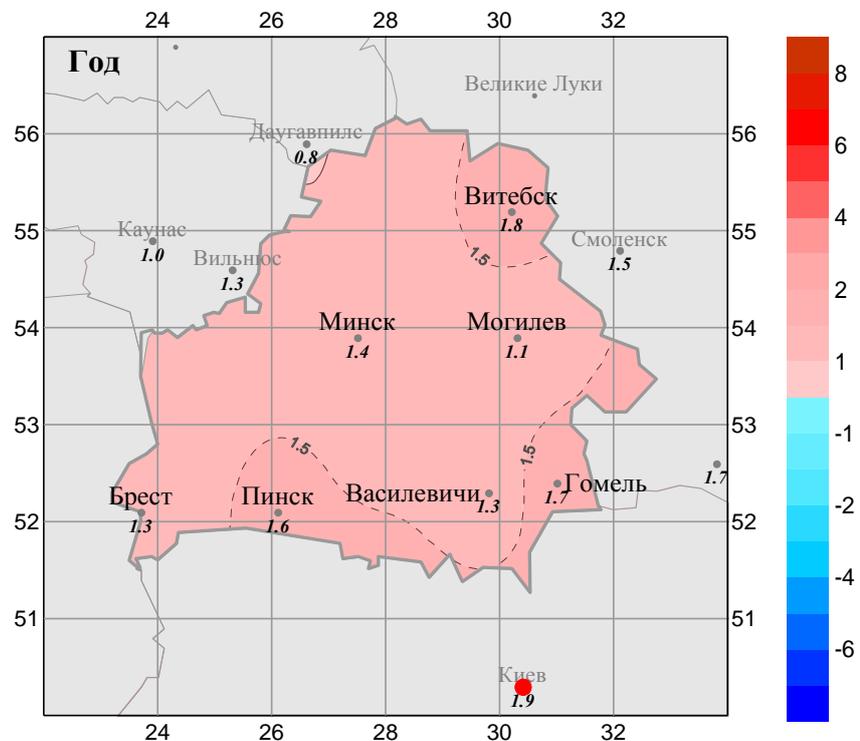


Рисунок 1.3 – Среднегодовая и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от средней за 1961-1990 гг.) на территории Республики Беларусь (2008_{XII} – 2009_{XI}).

Красным кружком показаны станции, на которых температуры были выше 95% процентиля. Числовые значения соответствуют величине аномалии на станциях (°C).

Как видно, 2009 год и сезоны года были теплее, чем в среднем многолетнем. Самым теплым сезоном была осень. На станциях: Могилев, Василевичи, Гомель, -

средние сезонные аномалии были больше 95% процентиля, средние месячные аномалии температуры на этих станциях составили 1.6°C, 1.8°C и 2.3°C соответственно.

Таблица 1.4 Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха по территории республики Беларусь за 1976-2009гг.

*b, °C/10 лет – коэффициент линейного тренда,
D% - вклад тренда в дисперсию*

Сезоны	<i>b</i>	<i>D%</i>
Зима	0.95	15
Весна	0.53	15
Лето	0.70	37
Осень	0.40	12
Год	0.65	35

Среднегодовая аномалия температуры воздуха за 2009 год (2008_{XII} - 2009_{XI}) осредненная по территории Беларуси (см. таблица 1.3), оказалась равной +1.40 °C – 12-я величина в ранжированном ряду наблюдений с 1936 года. Следует заметить, что 2008 год для территории Беларусь был вторым в ранжированном ряду ($v_t = +2.05^\circ\text{C}$). Самым теплым сезоном была осень (за счет теплых сентября и ноября) – средняя сезонная аномалия составила +1.61°C – 4-ая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений.

Коэффициент линейного тренда среднегодовых изменений температуры за период 1976 – 2009 гг. составил +0.65°C за 10 лет. Доля объясненной трендом дисперсии ряда 35%. Тенденция к потеплению прослеживается во все сезоны года. Наибольшее потепление происходит на территории Беларусь зимой ($b = 0.95^\circ\text{C}$ за 10 лет), наименьшее – осенью ($b = 0.40^\circ\text{C}$ за 10 лет).

1.2.2 Атмосферные осадки ¹

В данном разделе приведены данные о количестве выпавших в 2009 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 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 2009 год количество выпавших осадков оказалось на 16,4 мм/месяц выше нормы (в среднем по территории) – лишь в 1998 году осадков выпало так много – тогда превышение осадков от нормы составило 17.0 мм/месяц. Коэффициент линейного тренда осадков за период 1976 -

¹ 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

2009 г. составил 1.98 мм/месяц/10 лет, вклад тренда в суммарную дисперсию ряда составил лишь 10%/.

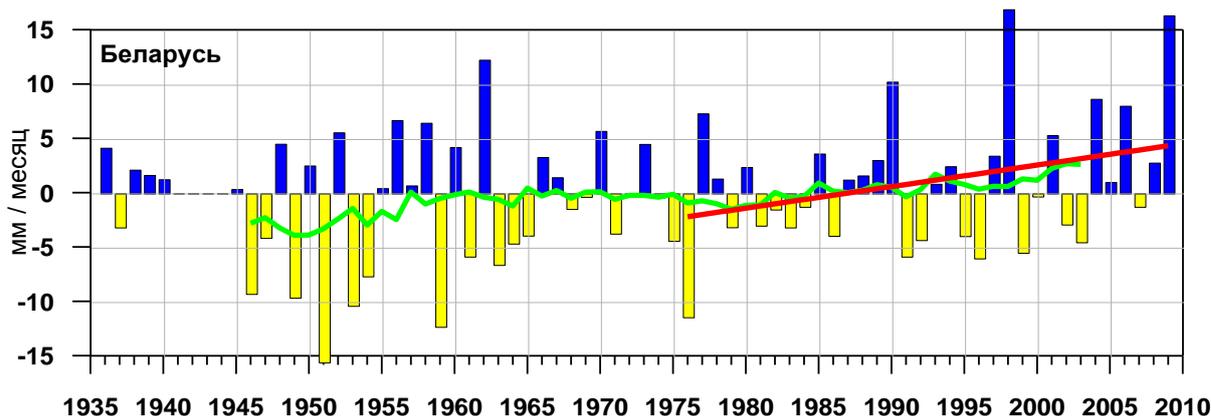


Рисунок 1.4 – Среднегодовые аномалии (декабрь – ноябрь) месячных сумм осадков (мм/месяц) для республики Беларусь, 1936 – 2009 гг.

На рисунком 5 представлены поля аномалий годовых и сезонных сумм осадков, выраженных в процентах от «нормы» 1961-1990 гг. В таблице 1.5 приведены оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для республики Беларусь за 1976-2010 гг..

Таблица 1.5 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	<i>b</i>	<i>D</i> %
Зима	0.4	0
Весна	3.1	8
Лето	2.5	2
Осень	1.8	2
Год	2.0	10

Из анализа таблицы 1.6 видно, что во все сезоны процент объясненной трендом дисперсии ряда мал, что не позволяет говорить об однонаправленных изменений выпадения осадков за период 1976 -2009гг. в республике Беларусь.

В таблице 1.6 показаны годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков. Из анализа таблицы видно, что наибольшее количество осадков наблюдалось летом (аномалия составила 40 мм/месяц) и осенью (аномалия 21 мм/месяц). В ранжированных по убыванию рядах это 2-ое и 7-ое места соответственно.

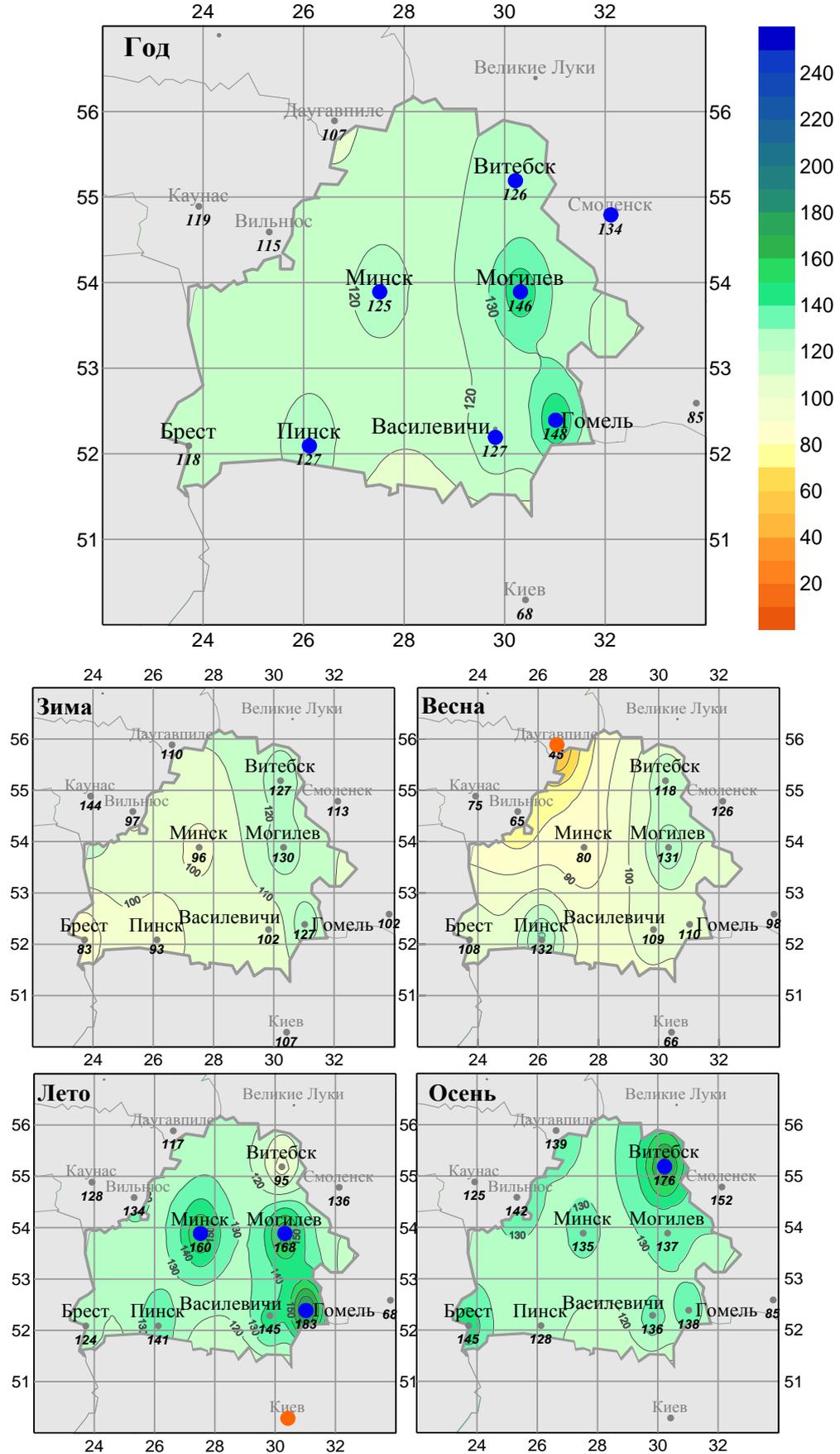


Рисунок 1.5 – Аномалии годовых (2008_{II}–2009_{II}) и сезонных сумм осадков на территории республики Беларусь в 2009 году (в % от нормы).

Синими кружками отмечены станции с экстремально высокими осадками (количество выпавших осадков больше 95% процентов). Числовые значения соответствуют станционным аномалиям (в % от нормы).

Таблица 1.6 Средние годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков для республики Беларусь в 2009 году:

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.;

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2009 гг.

Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
νR	R								
16,37	2	2,81	26	1,74	30	39,93	2	20,98	7

В таблице 1.7 представлены количественные данные об осадках, выпавших на станциях Беларуси в 2009 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).

На пяти станциях Беларуси: Минск, Витебск, Могилев, Пинск, Гомель, - осенью наблюдались экстремально влажные условия (осень на этих станциях была среди 5% самых влажных).

В Минске, Могилеве, Гомеле – влажные условия наблюдались летом, в Витебске – осенью, в Пинске – весной и летом.

Наиболее «сухие» условия наблюдались весной на западе республики.

Таблица 1.7 Количество осадков (мм/месяц), выпавших на станциях Беларуси в 2009 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>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима 2008-2009</i>	50.3	40.3	46.7	31.3	31.7	40.0	45.3
дек.08	28	24	39	28	26	40	50
январ.09	64	48	50	23	38	44	48
февр.09	59	49	51	43	31	36	38
<i>Весна 2008</i>	50.0	38.7	56.7	46.0	53.3	48.0	43.3
мар.09	61	45	34	68	68	51	47
апр.09	8	2	10	3	13	9	3
май.09	81	69	126	67	79	84	80
<i>Лето 2009</i>	233	389	386	281	306	346	414
июн.09	85	187	109	157	144	170	132
июл.09	119	162	212	67	112	120	233
авг.09	29	40	65	57	50	56	49
<i>Осень 2009</i>	99	73	67	67	61	63	62
сен.09	47	56	14	45	27	25	20
окт.09	155	103	111	104	96	104	103
ноя.09	94	59	77	52	59	59	63
<i>Год 2009: декабрь-ноябрь</i>	108.1	135.3	139.1	106.3	113.0	124.3	141.2
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима 2008-2009</i>	+10.8	-1.8	+10.7	-6.6	-2.3	+0.8	+9.6
дек.08	-23.4	-28.6	-6.0	-16.3	-14.3	-6.8	+5.6

январь.09	+26.3	+8.3	+14.6	-14.0	+4.1	+5.3	+12.2
февраль.09	+29.5	+14.9	+23.4	+10.5	+3.3	+3.9	+10.9
Весна 2009	7.68	-9.86	13.31	3.21	12.94	3.94	4.11
март.09	22.0	3.2	-0.6	37.4	38.4	17.3	14.6
апрель.09	-30.8	-40.2	-30.3	-36.3	-24.3	-36.2	-34.2
май.09	31.8	7.4	70.8	8.5	24.7	30.7	32.0
Лето 2009	-4.0	48.8	52.2	17.9	29.5	35.8	62.8
июнь.09	6.6	104.4	28.4	85.6	64.8	93.3	47.6
июль.09	25.5	74.2	127.2	-12.9	37.7	31.5	150.9
август.09	-44.1	-32.1	1.0	-19.0	-14.1	-17.4	-10.2
Осень 2009	42.7	18.9	18.3	20.8	13.4	16.5	17.1
сентябрь.09	-17.8	-4.1	-40.2	-6.2	-25.8	-24.9	-27.9
октябрь.09	106.9	53.9	66.3	62.3	49.4	63.2	60.1
ноябрь.09	39.1	7.0	28.9	6.3	16.6	11.3	19.1
Год 2009: декабрь-ноябрь	14.3	14.0	23.6	8.8	13.4	14.3	23.4

1.3. Климатические аномалии 2009 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 2009-2010 гг. (рисунок 1.6, рисунок 1.7)

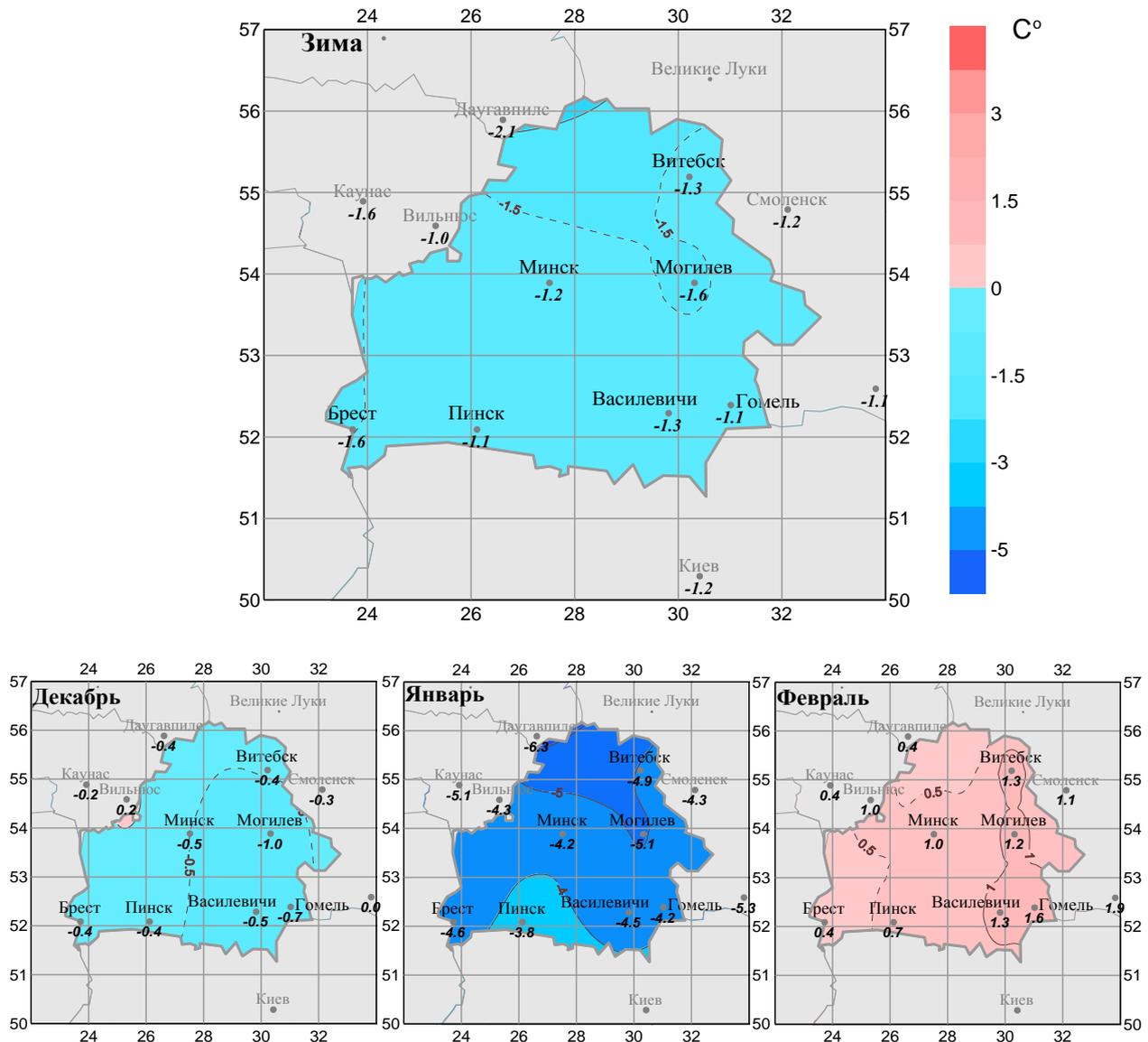


Рисунок 1.6 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха на территории Республики Беларусь (отн. 1961-1990 гг.): зима, декабрь 2009 – февраль 2010.

Числовые значения соответствуют величине аномалии на станциях (°C).

Зима в целом была холодной. Средние сезонные аномалии температуры воздуха на станциях – от -1.6°C (в Могилеве) до -1.1°C (в Гомеле). Декабрь и, особенно, январь были холодными месяцами в сезоне.

В декабре средние месячные аномалии температуры воздуха на станциях – от -0.7°C (в Гомеле) до -0.4°C (в Витебске, Бресте и Пинске). В январе средние месячные

аномалии температуры воздуха на станциях – от -5.1°C (в Могилеве) до -3.8°C (в Пинске). В феврале средние месячные аномалии температуры воздуха на станциях – от 0.4°C (в Бресте) до 1.6°C (в Гомеле).

В целом за сезон количество выпавших осадков было больше нормы и составило от 134% нормы (в Василевичах) до 172% нормы (в Витебске). На трех станциях: Пинск, Витебск и Гомель, аномалии осадков были больше 90% процентиля. Самыми влажными месяцами в сезоне были декабрь и февраль. В декабре в Пинске, Витебске и Гомеле аномалии осадков были больше 90% процентиля (то есть декабрь для этих станций был среди 10% самых «влажных»). В феврале на двух станциях Витебск и Могилев аномалии осадков были больше 90% процентиля. Январь – самый «сухой» месяц в сезоне. Выпало от 56% нормы (в Витебске и Гомеле) до 143% нормы (в Бресте).

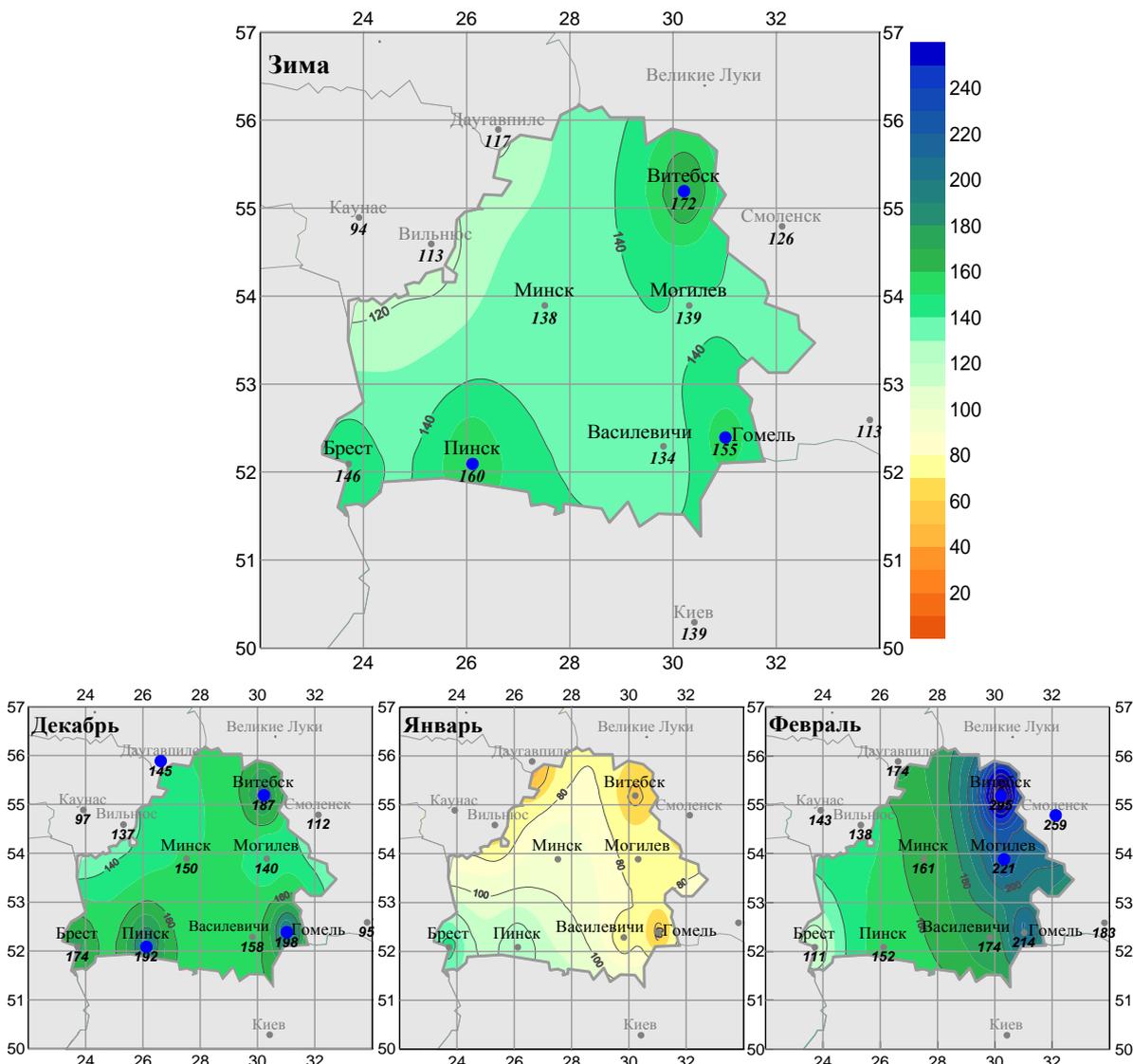


Рисунок 1.7 – Аномалии месячных и сезонных сумм осадков зимой 2009/2010 гг. на территории республики Беларусь (в % от норм за 1961-1990 гг.). Числовые значения соответствуют станционным аномалиям (в % от нормы). Синими кружками показаны станции, на которых осуществились аномалии больше 90% процентиля.

1.3.2. Весна 2010 г. (рисунок 1.8, рисунок 1.9)

Весна в целом была теплой. Средние сезонные аномалии температуры воздуха на станциях от 1.4°C (в Василевичах) до 2.2°C (в Витебске). Теплыми были апрель и, особенно, май с аномалиями температуры на станциях от 1.4°C (в Минске) до 3.2°C (в Гомеле). В Гомеле так тепло в мае бывает один раз в 25 лет (вероятность превышения температуры составляет на этой станции 96%).

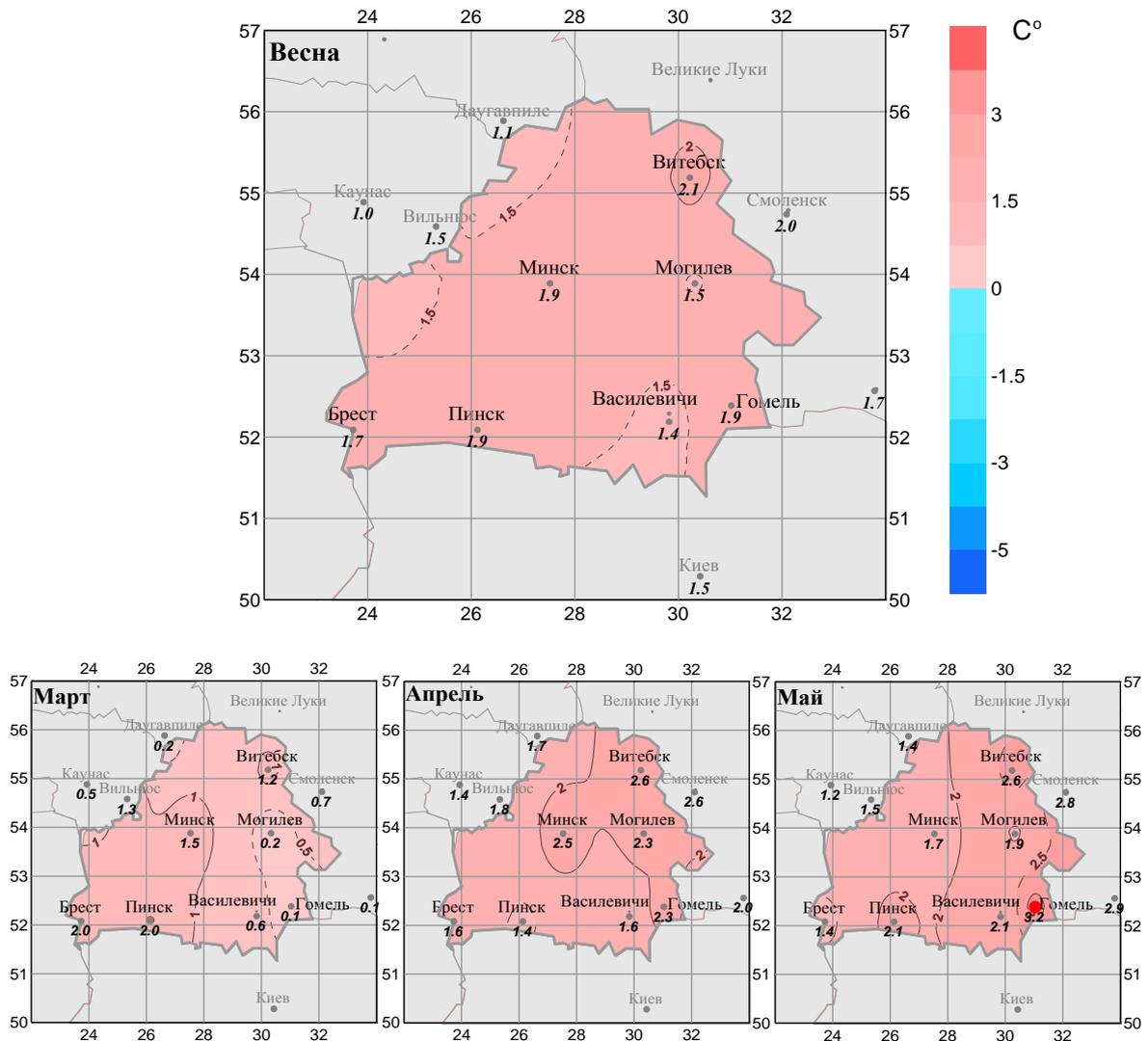


Рисунок 1.8 – Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха на территории Республики Беларусь (отн. 1961-1990 гг.): весна 2010 (март-май).

Числовые значения соответствуют величине аномалии на станциях (°C). Красным кружком показана станция, на которой в мае температура была выше 95% перцентиля.

На большей части территории республики в целом за весну количество выпавших осадков было близко к сезонной норме. Но при этом, на западе республики - выше нормы (около 130% нормы), а на северо-востоке (в Витебске) количество выпавших осадков составило 173% нормы – так много осадков весной на этой станции выпадает один раз в 25 лет (вероятность превышения составляет 96%).

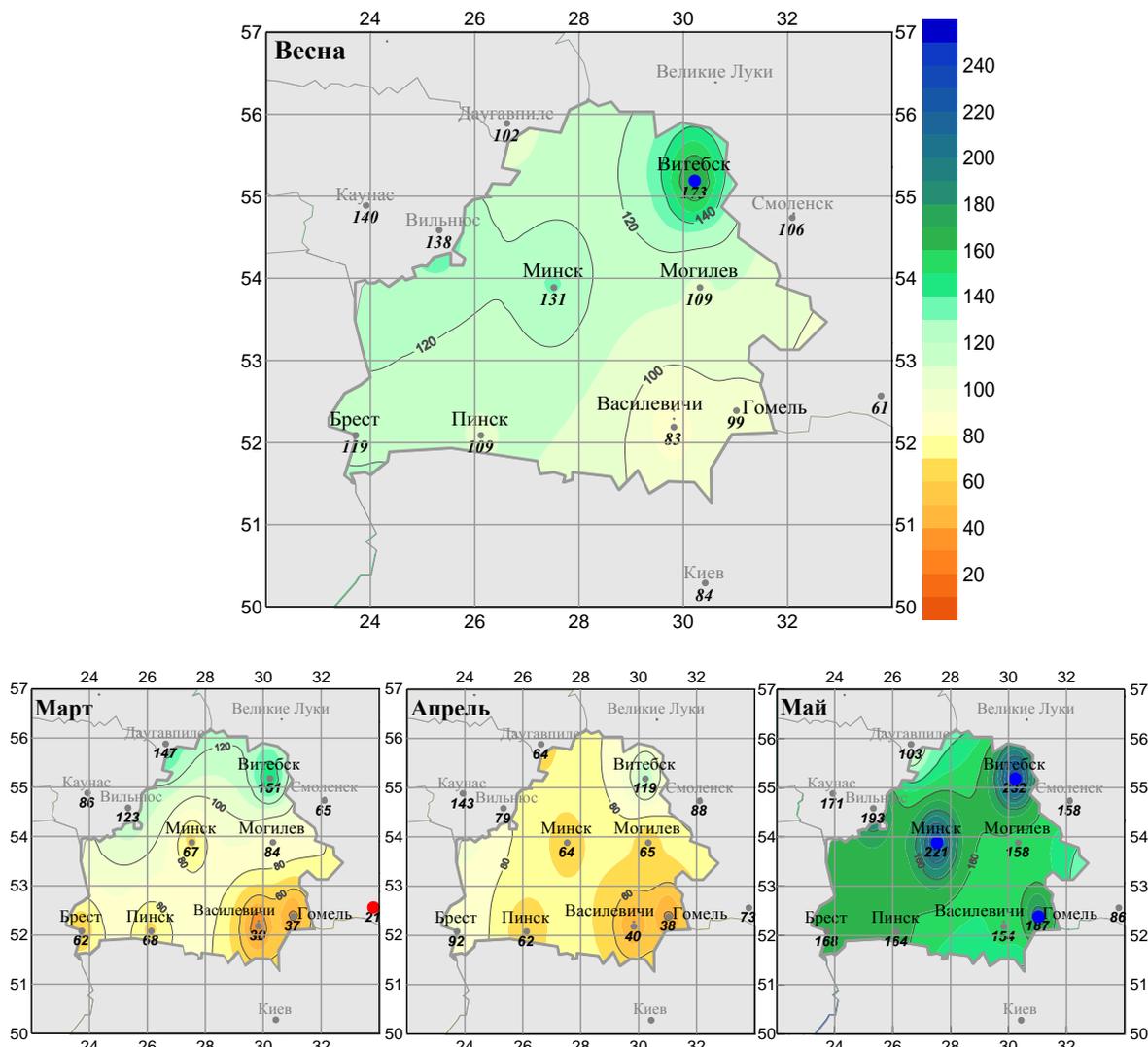


Рисунок 1.9 – Аномалии сезонных и месячных сумм осадков (в % от нормы) на территории Беларуси: весна 2010 (март - май).

Числовые значения соответствуют станционным аномалиям (в % от нормы). Синими кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков больше 95% процентиля.

В марте влажно на севере республике (в Витебске выпало 151% нормы осадков) и сухо на юге (в Василевичах и в Гомеле выпало лишь 30% и 37% нормы соответственно).

В 2010 г. на территории Беларуси – май самый влажный месяц в весеннем сезоне. На большей части республики количество выпавших осадков было больше 150% нормы. На трех станциях: Минск, Витебск, Гомель аномалии осадков были больше 95% процентиля. На станции Минск (136 мм/месяц) так много осадков выпало впервые за период с 1936 по 2010гг.

1.3.3. Лето 2010г. (рисунок 1.10, рисунок 1.11)

Лето в целом было теплым. Средние сезонные аномалии температуры воздуха на станциях от 3.1°C (в Бресте) до 5.3°C (в Гомеле). Очень теплыми были июль и август. Особенно теплым был июль с аномалиями температуры на станциях от 4.3°C (в Бресте) до 6.4°C (в Витебске). Следует заметить, что на всех станциях республики такие крупные средние сезонные наблюдались впервые. В июне на станциях Беларуси рекордных

средних месячных температур зафиксировано не было. В июле рекордные температуры были зафиксированы в Витебске, в Минске, в Пинске, в Василевичах, в Гомеле. В августе рекорды максимумов температуры отмечались на пяти станциях: Витебск, Минск, Могилев, Василевичи, Гомель.

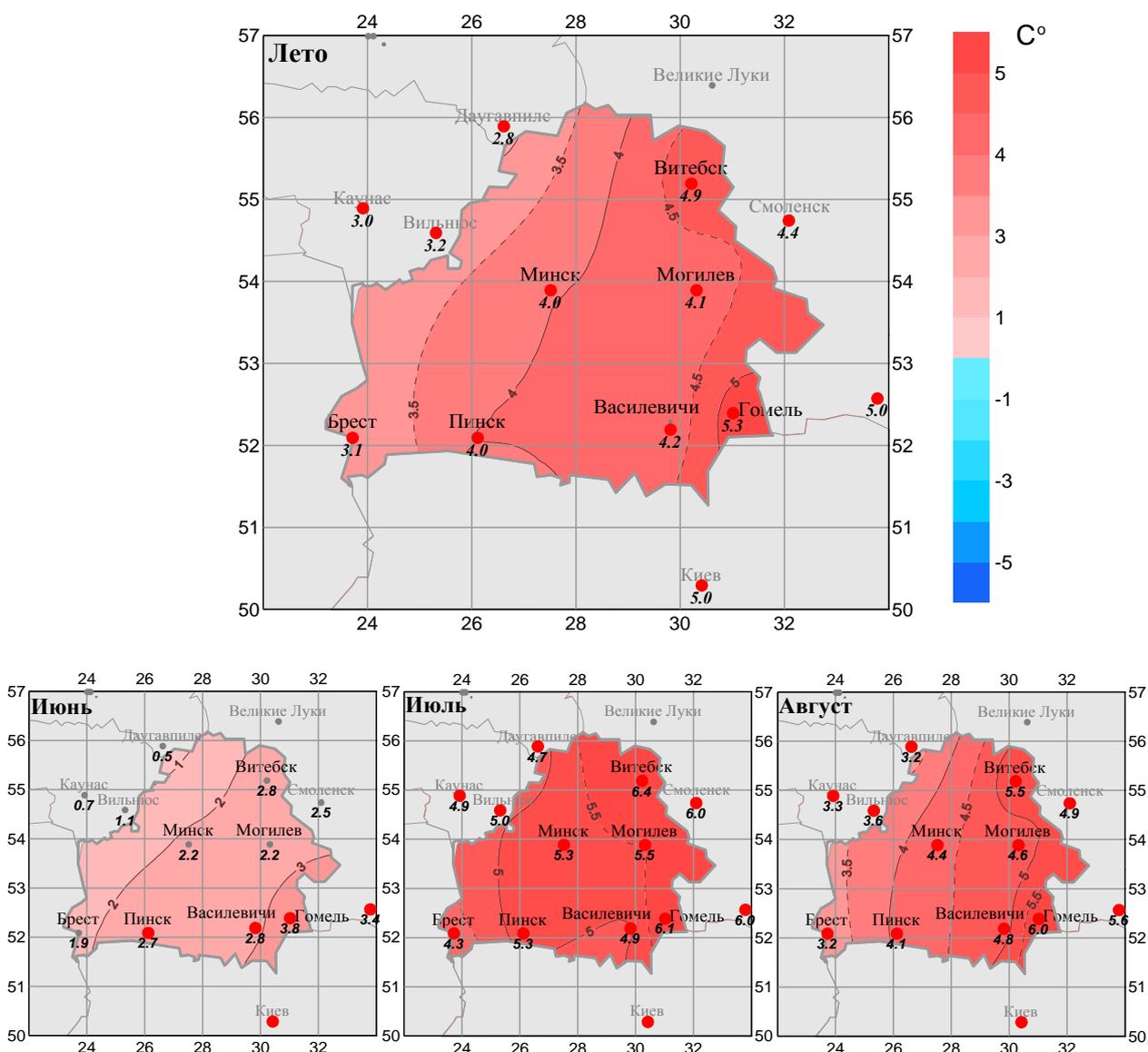


Рисунок 1.10. Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха на территории Республики Беларусь (отн. 1961-1990 гг.): лето 2009 (июнь-август)

Числовые значения соответствуют величине аномалии на станциях (°C).

Красным кружком показаны станции, на которых температуры были выше 95% процентиля.

В целом за летний период количество выпавших осадков на западе республики было выше нормы, на востоке республике – около нормы.

Наиболее «влажным» месяцем в сезоне был июнь, когда в Пинске выпало 135.2% нормы, в Витебске – 146.6% нормы, в Минске – 176.5% нормы (все эти станции расположены на западе республики). В Гомеле (юго-восток республики) в июне выпало лишь 43 мм/месяц.

В июле на северо-востоке Беларуси наблюдался дефицит осадков (в Витебске выпало только 39 мм/месяц). В августе на юго-востоке наблюдался дефицит осадков (в Гомеле выпало 41 мм/месяц).

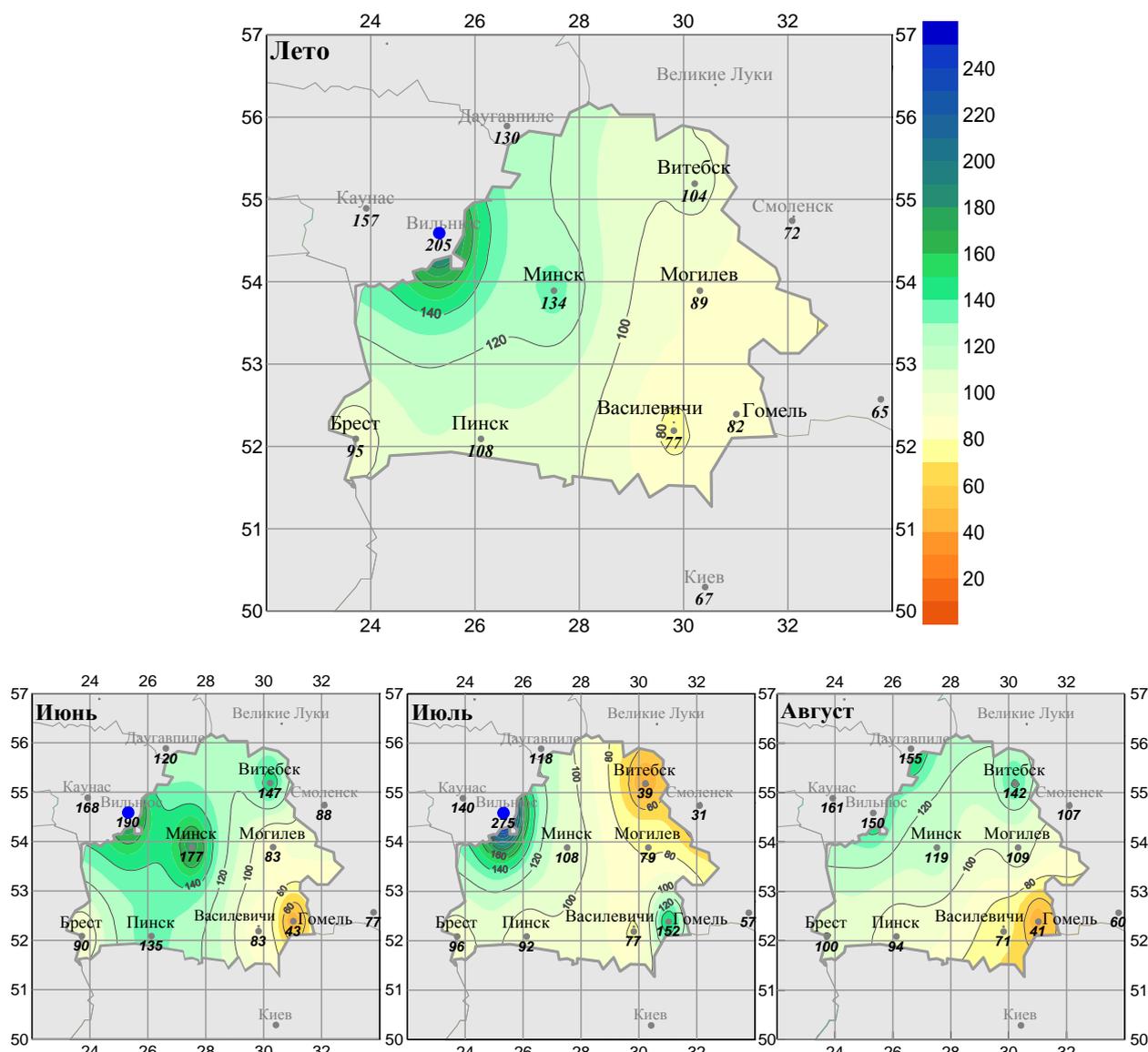


Рисунок 1.11 – Аномалии сезонных и месячных сумм осадков (в % от нормы) на территории Беларуси: лето 2010 (июнь - август).

Числовые значения соответствуют станционным аномалиям (в % от нормы). Синим кружком показана станция, на которой количество выпавших осадков было больше 95% процентиля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бюллетени мониторинга климата по территории России за первые три сезона отчетного года (декабрь 2009 – ноябрь 2010) 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 2011 года, вместе с итоговым годовым выпуском.

Анализ климатических условий на территории Беларуси в настоящее время публикуется как раздел бюллетеня мониторинга климата России. На следующем этапе предполагается продолжить выпуск бюллетеней о состоянии климата и тенденциях его изменения на территории России и Республики Беларусь и их размещение на Интернет-сайте ИГКЭ. По согласованию с Белорусской стороной, анализ региональных климатических условий Беларуси можно расширить и выделить в самостоятельный бюллетень.

Материалы мониторинга климата на территории России и Беларуси публикуются 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>).

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

Введение

В четвертом оценочном докладе МГЭИК дается всесторонний анализ климатических исследований и отмечается, что потепление глобального климата может приводить к заметным изменениям повторяемости и интенсивности экстремальных явлений регионального масштаба. Оценки изменений климата для территории России, представленные в докладе Росгидромета [1], базируются на широком использовании результатов численного моделирования с помощью глобальных моделей МГЭИК. Эти оценки отражают преимущественно крупномасштабные особенности ожидаемых изменений сезонных и годовых характеристик климата на территориях, соизмеримых с размерами континентов. Для оценки последствий изменения климата необходима более детальная информация об изменениях показателей экстремальности регионального масштаба по сравнению с той, которую дают современные глобальные модели. Под экстремальностью климата обычно понимают статистическую совокупность явлений, которые оказывают экстраординарное (в большинстве случаев - негативное) воздействие на хозяйственную деятельность и природные системы. Экстремальные явления требуют принятия неотложных мер по смягчению их последствий с целью поддержания нормальной жизнедеятельности. Оценка изменений таких явлений представляет важную задачу, которая может решаться с помощью современных моделей климата.

Сценарии изменений климата включают неопределенности, которые обусловлены недостаточным знанием сценария будущего роста парниковых газов и аэрозолей в атмосфере, качеством модельных расчетов и внутренней изменчивостью климатической системы, проявляющейся на всех временных масштабах. Так, естественная изменчивость

может вносить значительную неопределенность в оценку климатических изменений, поскольку метрики изменений рассчитываются для ограниченных временных периодов. В случае установившегося климата и наличия данных за достаточно большое число лет, его любая метрика, в том числе показатели экстремальности, могла бы быть рассчитана с высокой степенью надежности. Для выявления значимых изменений климата, обусловленных антропогенным воздействием, необходимо минимизировать влияние внутренней изменчивости. Наиболее эффективным методом уменьшения ее влияния являются ансамблевые расчеты по моделям, позволяющие получить более полную статистику об изменении климата и выразить прогнозные оценки в вероятностном виде.

2.1. Постановка экспериментов

Последние годы характеризовались дальнейшим развитием численного моделирования климата с помощью региональных моделей (РКМ). Эти модели обычно включают территорию размером 1000-5000 км и имеют относительно высокое пространственное разрешение (шаг сетки 10-50 км по сравнению с шагом сетки 100-300 км в глобальных моделях), что позволяет описывать взаимодействие крупномасштабной циркуляции атмосферы с неоднородной подстилающей поверхностью: мезомасштабным рельефом, небольшими водоемами и реками, разнообразной растительностью и другими факторами, формирующими региональный климат. В конце 90-х годов в ГГО им. А.И. Воейкова была создана и постоянно развивается РКМ для изучения климата на территории России и Беларуси [2]. В настоящее время горизонтальное разрешение этой модели составляет 25 км, а число слоев по вертикали равно 25.

В качестве температуры поверхности океана (ТПО) и концентрации морского льда (МЛ) в РКМ используются соответствующие характеристики, рассчитанные с помощью ГКМ. При формировании ансамбля РКМ целесообразно учитывать ансамбль прогнозных оценок эволюции ТПО/МЛ, чтобы более полно оценить влияние последних на вероятностный прогноз регионального климата.

В результате ансамблевых расчетов по глобальной и региональной моделям ГГО, проведена оценка ожидаемых изменений экстремальных значений температуры и осадков в России и Беларуси к середине XXI века.

2.2. Анализ расчетов

При потеплении глобального климата, помимо изменения средних сезонных характеристик также увеличиваются (уменьшаются) повторяемость и интенсивность экстремальных явлений (режимов погоды) в результате эволюции формы вероятностных распределений (расширения, сжатия, изменения асимметрии).

На рисунке 1 показано рассчитанное по ансамблю РКМ для территории Союзного государства к 2050 году изменение ($^{\circ}\text{C}$) по отношению к периоду 1981-2000 гг. ($^{\circ}\text{C}$) средней летней температуры воздуха, изменение 95-й квантили суточных максимумов температуры за тот же сезон и отклонение этих изменений от полученных для средней температуры. По аналогии с рисунке 1 на рисунке 2 приведены соответствующие изменения и их разности для зимних экстремумов и средних сезонных температур.

Из рисунка следует, что летом на территории Беларуси и прилегающей части территории России экстремальные температуры будут расти медленнее средних сезонных. Зимой на территории Союзного государства ожидается заметное ослабление экстремальности термического режима за счет большего роста экстремально низкой температуры по сравнению со средним потеплением. Данные анализа показывают, что статистически значимые области, в которых ожидается усиление (ослабление) экстремальности температур воздуха на уровне 10% по отношению к среднему потеплению климата, составляют 16% летом и 8% зимой от площади всего региона. Размер указанных областей сравнительно малый и сосредоточены они в районах, где значения отношения максимальны. Однако с увеличением числа членов ансамбля следует ожидать некоторого увеличения размеров таких областей.

Вследствие сложности физических процессов образования осадков и их большой пространственной изменчивости, оценка изменения экстремальных осадков при потеплении климата представляет собой более трудную задачу по сравнению с оценками изменения экстремальной температуры.

Сравнительный анализ экстремальных и средних изменений осадков (в % по отношению к количеству средних осадков в базовый период соответствующих сезонов) на территории России и Беларуси показывает, что летом ожидается несколько больший рост экстремальных осадков (в пределах 10%) по сравнению с ростом средних осадков на значительной части Союзного государства. Зимой (рисунок не приводится), наоборот, ожидается незначительное уменьшение экстремальных осадков (до 10%). Оценка статистической значимости на уровне 10% полученных соотношений между ростом средних и экстремальных осадков показала, что в этом случае для получения надежной оценки потребуется, как и в случае изменений самих экстремальных осадков, увеличение размера ансамбля.

Заключение

Выполнена серия ансамблевых расчетов современного и будущего климата на территории России и Беларуси с помощью глобальной и региональной моделей атмосферы при сценарии роста парниковых газов и аэрозоля A2.

Успешность расчета повторяемости и интенсивности показателей экстремальности зависит от того, насколько реалистично модели воспроизводят внутреннюю изменчивость климата. Чем выше пространственное разрешение климатической модели, тем более широкий диапазон естественной изменчивости в полях метеорологических переменных она может описывать. Расчеты показывают, что на значительной территории региона Союзного государства экстремально высокие температуры могут увеличиться на 1-3° С летом, а экстремально низкие – на 2-4° С зимой в середине XXI века. По территории России и Беларуси отношения сигнала к шуму для изменения экстремальных температур показали более высокий уровень статистической значимости зимой, чем летом. Вследствие большой пространственной изменчивости осадков оценка изменения их экстремальных значений является более трудной задачей, чем оценка изменения экстремальной температуры. При потеплении климата относительные изменения экстремальных осадков (в процентах по отношению к средним осадкам за период 1981-2000) летом в середине XXI века возрастут незначительно (примерно на 10%), чем рост средних осадков в регионе. Зимой, наоборот, ожидается некоторое уменьшение экстремальности. Для получения оценки статистической значимости роста экстремальности осадков на уровне 10% требуется использовать существенно больший размер ансамбля.

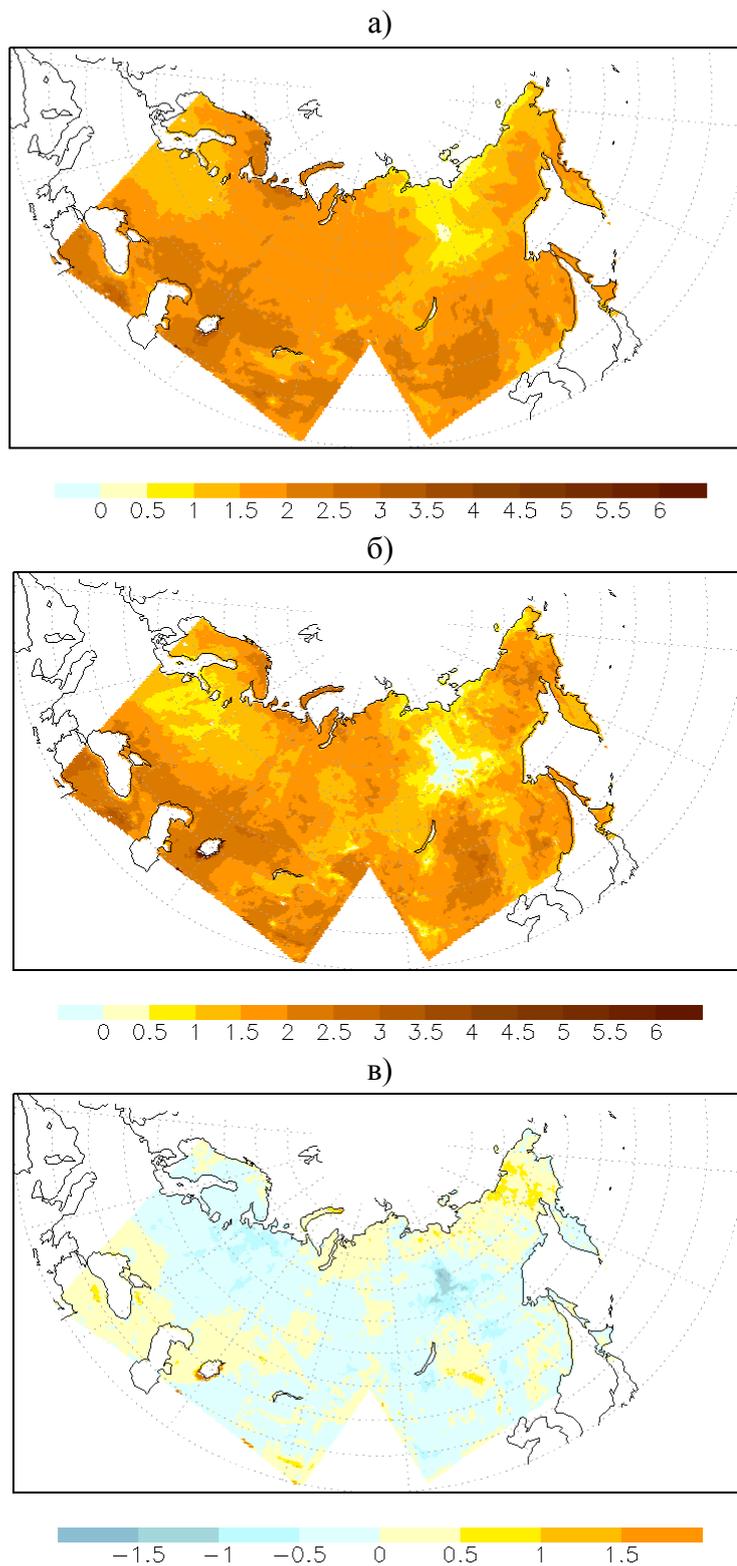


Рисунок.2.1 Рассчитанное по ансамблю РКМ к 2050 году изменение ($^{\circ}\text{C}$) по отношению к концу 20в. изменение ($^{\circ}\text{C}$) средней летней температуры воздуха (а), изменение 95-й квантили суточных максимумов температуры за тот же сезон (б) и отклонение этих изменений (в) от показанных на первом рисунке.

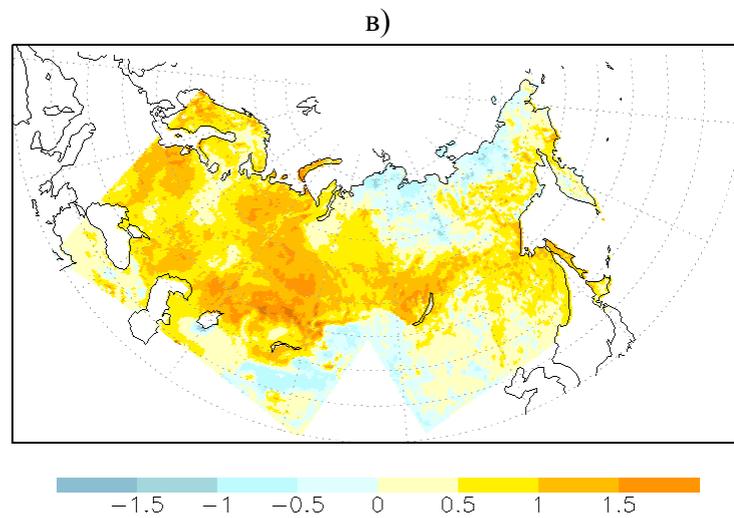
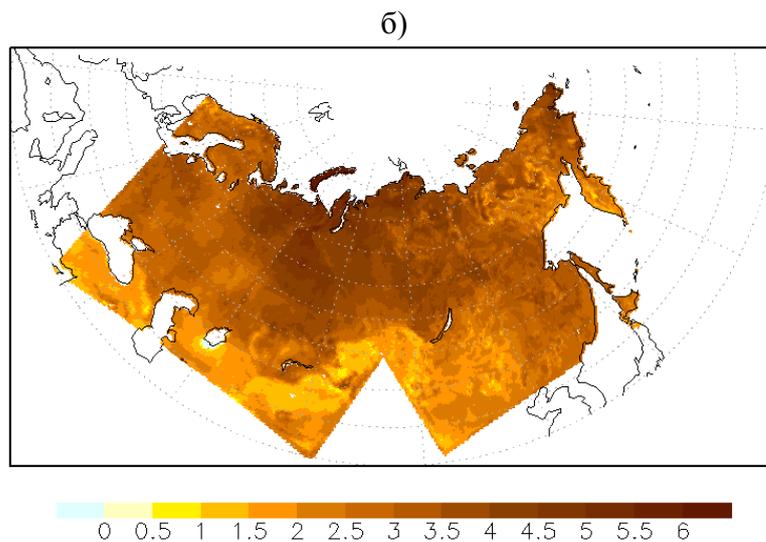
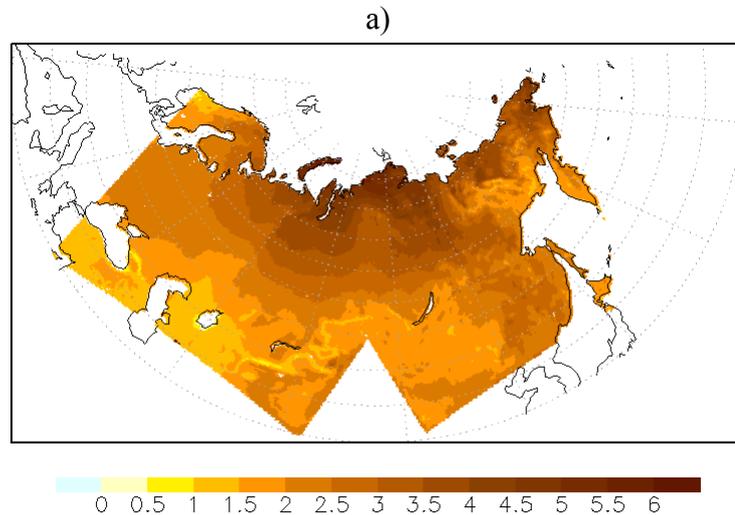
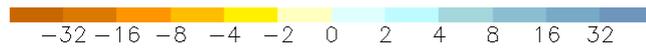
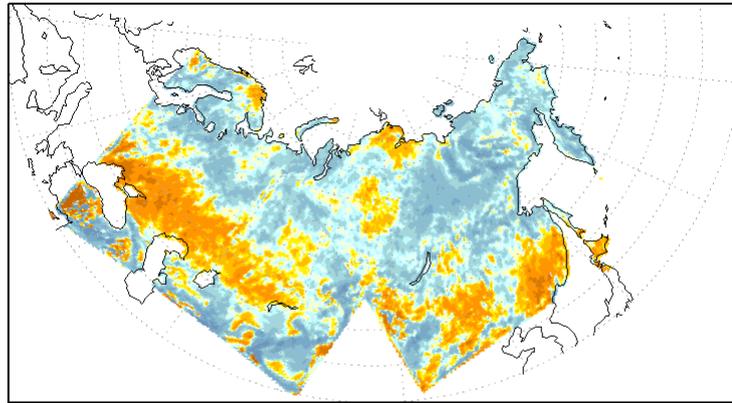
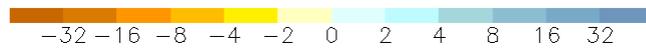
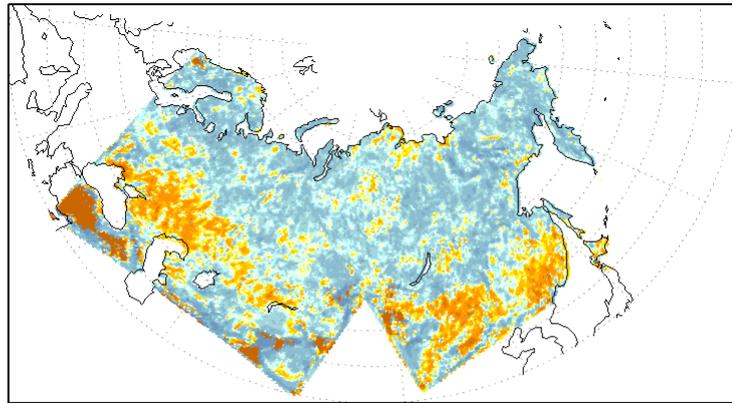


Рисунок.2.2 Рассчитанное по ансамблю РКМ к 2050 году изменение ($^{\circ}\text{C}$) о отношению к концу 20 в. средней зимней температуры воздуха (а), изменение 5-й квантили суточных минимумов температуры за тот же сезон (б) и отклонение этих изменений (в) от показанных на первом рисунке.

а)



б)



в)

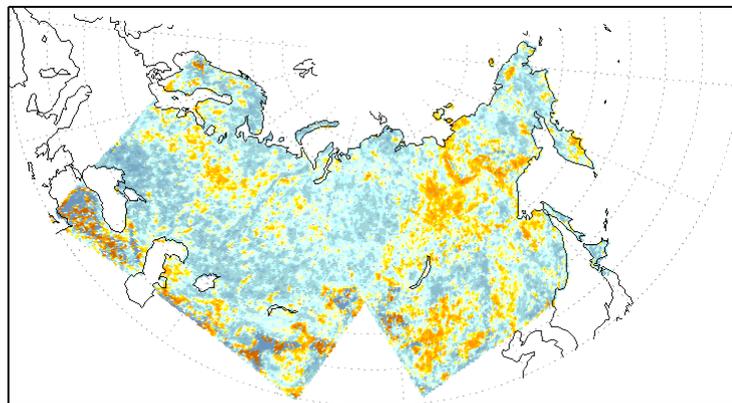


Рисунок.2.3 Рассчитанное по ансамблю РКМ к 2050 году изменение (%) по отношению к концу 20 в. средних летних осадков (а), изменение 95-й квантили осадков за тот же сезон (б) и отклонение этих изменений (в) от показанных на первом рисунке.

Список использованных источников

1. Bromwich D.H., S.-H. Wang, 2005: Evaluation of the NCEP-NCAR and ECMWF 15- and 40-yr reanalyses using rawinsonde data from two independent arctic field experiments. *Mon. Wea. Rev.*, Vol.133, pp. 3562-3578.
2. Школьник И.М., В.П.Мелешко, Т.В.Павлова, 2000: Региональная гидродинамическая модель для исследования климата на территории России. *Метеорология и гидрология*, 3, стр. 5-17.

3. 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

Оценка рисков, создаваемых опасными метеорологическими явлениями на территории Беларуси

Наибольшую озабоченность, связанную с влиянием изменения климата на человека и экономику, вызывает возросшая повторяемость опасных явлений погоды (ОЯ) (за период с 1975 г. по 2008 г. на территории Беларуси было отмечено увеличение количества сильных ливней и шквалов).

В связи с научно-техническим прогрессом экономика становится все более уязвимой к воздействию ОЯ и как следствие увеличиваются ущербы в случае наступления неблагоприятного события. Наибольшие потери наблюдаются при попадании ОЯ на особо опасные объекты. В этих случаях погодно-климатические ОЯ могут инициировать техногенные аварии и катастрофы. По степени потенциальной опасности, приводящей к подобным катастрофам, можно выделить объекты ядерной, химической, металлургической, горнодобывающей промышленности, плотины, нефте- и газохранилища, транспортные системы, перевозящие опасные грузы и большие массы людей, магистральные газо- и нефтепроводы, объекты оборонного комплекса (базы хранения вооружения, средств радиационной, химической и биологической защиты, объекты хранения ракетного топлива и горючего и т.п.).

Очевидно, что при такой зависимости экономики от климата, особенно увеличивающейся в последнее десятилетие, возрастает ответственность за принятие решений. Для этого следует оценить возможные риски от ОЯ, сопоставить их с величиной допустимого риска и принимать после этого решения об адаптации.

Основными компонентами риска являются частота возникновения ОЯ и вероятность уязвимости (ущерба) экономики, создаваемая этим событием.

Определения различных видов риска от ОЯ встречает целый ряд затруднений при расчетах, как первой, так и второй составляющей риска.

При получении первой составляющей риска (т.е. вероятности ОЯ), обработка данных об ОЯ усложняется тем, что некоторые явления могут охватывать несколько метеорологических станций и постов. Следовательно, повторяемость ОЯ по областям некорректно получить путем простого сложения их повторяемостей. Поэтому при анализе данных должна учитываться синоптическая ситуация, обусловившая возникновение ОЯ.

- Основной трудностью второго этапа расчета риска является отсутствие достоверной и доступной информации об уязвимости территории, т.е. ущербе, создаваемом ОЯ. Поэтому вторая составляющая риска определяется в основном косвенным способом.

- Ущерб и риск создаваемый ОЯ зависит размера площади охвата опасным явлением, продолжительностью ОЯ и степенью агрессивности ОЯ (или силы воздействия на объекты экономики).

Агрессивность каждого ОЯ оценивалась по силе давления, оказываемого на подстилающую поверхность. Так как агрессивность ОЯ - «сильный ветер» занимает центральное положение (агрессивность других может быть как больше, так и меньше) для установления коэффициента агрессивности ОЯ, прежде всего, рассчитывается давление ветра или ветровой напор при скорости ветра 25 м/с. Воздействие этой предельной скорости ветра на некоторый условный объект принимается за основу и коэффициент k приравнивается к единице. По остальным явлениям также рассчитывается давление, оказываемое ими на объекты, и соответствующий коэффициент определяется как отношение данного давления к давлению ветра. Коэффициенты приведены в таблице.

Коэффициент агрессивности

Вид ОЯ	ветер	град	дождь	смерч	гол.-изм. отложения	ливень	метель	шквал	снег
k	1	3	0,002	6	2,5	0,03	0,8	1,4	1

Все эти три фактора учитывались при оценке уязвимости в расчетах социального и экономического рисков.

Следует иметь в виду, что уязвимость зависит еще от степени развития территории подвергающейся ОЯ. Чем более совершенна экономика, тем больший ущерб возникает при прохождении через нее ОЯ, а также от географических особенностей территории.

В основе косвенного метода расчета экономического риска лежат следующие основные постулаты:

- развитие индустрии и сельского хозяйства тесно связано с плотностью населения;
- экономическим эквивалентом уязвимости или ценой риска является доля внутреннего валового продукта (ВВП), приходящегося на одного жителя страны.

Из всего вышесказанного следует, что риск возникновения ОЯ определяется по формуле:

$$R = p \cdot \frac{s}{S}$$

где p – вероятность ОЯ в целом по области,

s – средняя площадь, занимаемая ОЯ, км²,

S – площадь области, км².

Средняя площадь, занимаемая событием, определялась методом построения полигонов отдельных случаев возникновения ОЯ. В тех случаях, когда площадь этим способом, определить было нельзя, в качестве радиуса данной площади принимался радиус корреляции данного явления.

Социальный риск $R_{соц}$, представляет собой соотношение между числом людей, подвергшихся воздействию источника опасности, и вероятностью такого события.

$$R_{соц} = p \cdot \frac{s}{S} \cdot t \cdot m \cdot k$$

где: t – средняя продолжительность ОЯ, дни

m – число людей на рассматриваемой территории;

k – коэффициент агрессивности.

Для перехода к экономическому риску необходимо количественно оценить возможный ущерб, создаваемого опасным событием.

Формула расчета экономического риска ($R_э$) определяется как:

$$R_э = R_{соц} \cdot A$$

где: A – коэффициент, называемый ценой риска, полагаемый равным доле ВВП, приходящегося на одного жителя Беларуси.

Для особо опасных явлений (смерч, град, ливень) ущерб принимался равным доле ВВП за весь год. При этом принималось во внимание следующее соображение: данные явления охватывают очень небольшую территорию и создают, казалось бы, сравнительно небольшой социальный риск (по количеству попавших в зону охвата данным ОЯ людей). Однако, во-первых, последствия для людей, попавших в такое явление как смерч, либо оканчиваются смертью, либо длятся в течение не менее года; во-вторых, этим явлениям сопутствуют значительные разрушительные последствия (размывание дорог, гибель посевов, разрушение зданий и сооружений и т.п.). К особым случаям следует отнести также такое ОЯ как «сильный дождь». Оно охватывает большую территорию и поэтому социальный риск оказывается также большим. Однако последствия для людей попавших в зону распространения дождя очень невелики и, как правило, смертью не кончаются. Разрушения могут быть значительными только в особых условиях рельефа и особых условиях хозяйствования на данной территории (например, наличия обширных посевов с/х культур, прохождения по территории транспортных коридоров и нефтегазовых

магистралей). В этих случаях реальный ущерб может быть большим. В остальных случаях ущерб минимален.

Наиболее подверженными воздействию ОЯ отраслями экономики являются энергетика, строительство, транспорт. Для энергетики наиболее опасные последствия могут иметь сильные гололедно-изморозевые отложения, снегопады, ветры, шквалы, метели, смечи и крупный град, приводящие к повреждению опор и обрыву проводов ЛЭП и, следовательно, нарушается энергоснабжение и связь. Этим объясняются огромные ущербы, наносимые этими ОЯ. Для строительства значительную опасность представляют сильные ветры, шквалы, снегопады, смерчи и крупный град, приводящие к разрушению или повреждению зданий и кровель. Сильные дожди и ливни опасны тем, что могут приводить к подтоплению зданий, а также влиять на их долговечность. Для транспорта наибольшую опасность представляют те явления, которые влияют на сцепление автотранспорта с дорожным покрытием, приводят к заносам дорог (преимущественно автомобильных) и уменьшают дальность видимости. К таким ОЯ относятся сильные метели, снегопады, гололедно-изморозевые отложения, туманы, дожди и ливни.

По представленной выше методике была проведена оценка рисков возникновения, социального и экономического рисков, создаваемых отдельными ОЯ в административных районах Беларуси. Результаты представлены в виде таблиц (табл. 1-7), а также в виде карт районирования Беларуси по всем вышеперечисленным рискам (рис. 1-3).

В расчетах рисков использовались данные об ОЯ Гидрометецентра Беларуси за период наблюдений с 1966 г. по 2000 г. (данные по смерчам – с 1945г. по 2000 г.).

Таблица 3.1 Риск, создаваемый очень сильным ветром.

Область	R	R _{соц} (тыс.чел.)	R _э (млрд. Br)
Витебская	0,16	197,7	7,8
Минская	0,13	427,6	16,9
Гродненская	0,24	260,3	10,3
Могилевская	0,19	219,2	8,6
Брестская	0,19	259,3	10,2
Гомельская	0,14	208,4	8,2

Таблица 3.2 Риск, создаваемый шквалом.

Область	R (10 ⁻²)	R _{соц} (тыс.чел.)	R _э (млрд. Br)
Витебская	6,2	106,1	4,2
Минская	3,6	162,3	6,4
Гродненская	5,8	86,4	3,4
Могилевская	8,3	131,9	5,2
Брестская	5,9	114,8	4,5
Гомельская	6,3	128,8	5,1

Таблица 3.3 Риск, создаваемый смерчем.

Область	R (10^{-6})	R _{соц} (чел.)	R _э (млрд. Br)
Витебская	7,1	53	0,8
Минская	7,7	152	2,2
Гродненская	3,4	22	0,3
Могилевская	3,9	27	0,4
Брестская	2,6	22	0,3
Гомельская	7,8	68	1,0

Таблица 3.4 Риск, создаваемый крупным градом.

Область	R(10^{-4})	R _{соц} (тыс.чел.)	R _э (млрд. Br)
Витебская	4,7	1,7	25,0
Минская	2,2	2,2	31,3
Гродненская	3,9	1,3	18,3
Могилевская	4,4	1,5	21,8
Брестская	3,8	1,6	22,9
Гомельская	5,4	2,4	34,2

Таблица 3.5 Риск, создаваемый сильными гололедно-изморозевыми отложениями.

Область	R (10^{-3})	R _{соц} (тыс.чел.)	R _э (млрд. Br)
Витебская	3,4	63,2	2,5
Минская	2,3	110,4	4,4
Гродненская	14,6	235,2	9,3
Могилевская	4,7	80,7	3,2
Брестская	4,2	87,9	3,5
Гомельская	7,9	174,0	6,9

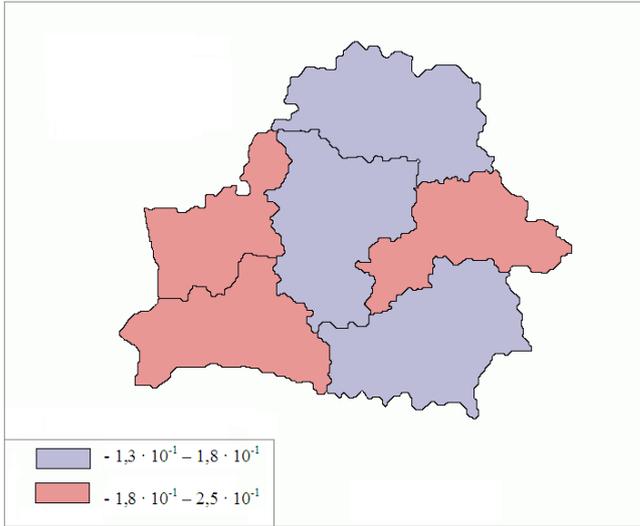
Таблица 3.6 Риск, создаваемый очень сильным снегопадом.

Область	R(10^{-2})	R _{соц} (тыс.чел.)	R _э (млрд. Br)
Витебская	15,7	193,7	7,6
Минская	5,2	169,2	6,7
Гродненская	11,4	122,5	4,8
Могилевская	5,7	65,0	2,6
Брестская	5,7	80,1	3,2
Гомельская	7,8	114,3	4,5

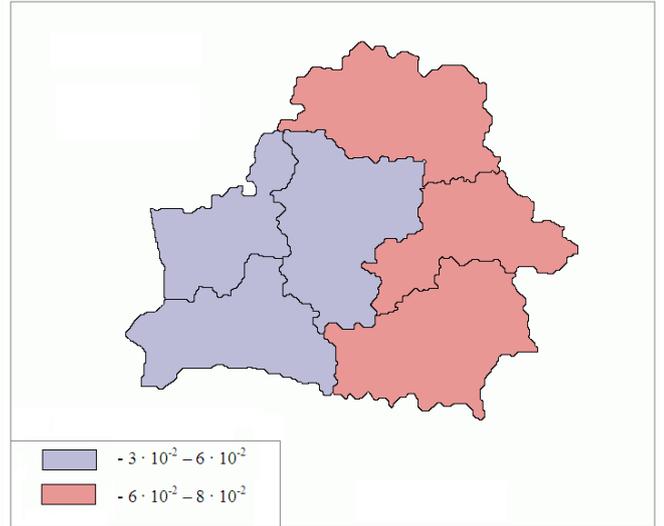
Таблица 3.7 Риск, создаваемый очень сильными метелями.

Область	R(10^{-1})	R _{соц} (тыс.чел.)	R _э (млрд. Br)
Витебская	0,9	93,1	3,7
Минская	0,8	209,3	8,3
Гродненская	1,3	111,5	4,4
Могилевская	1,3	119,0	4,7
Брестская	1,2	129,6	5,1
Гомельская	1,1	125,7	5,0

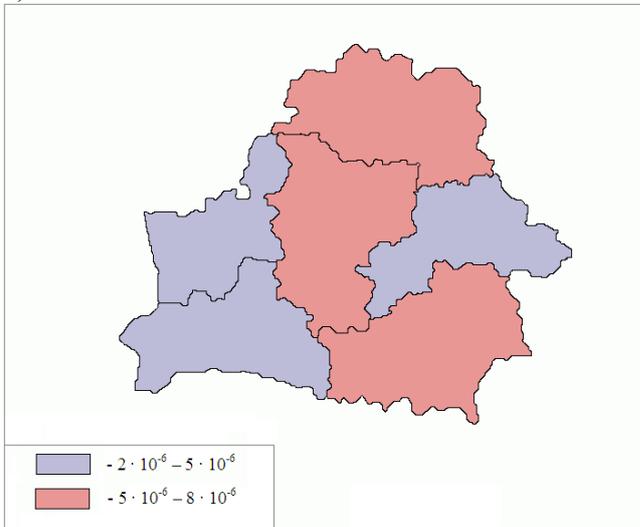
a)



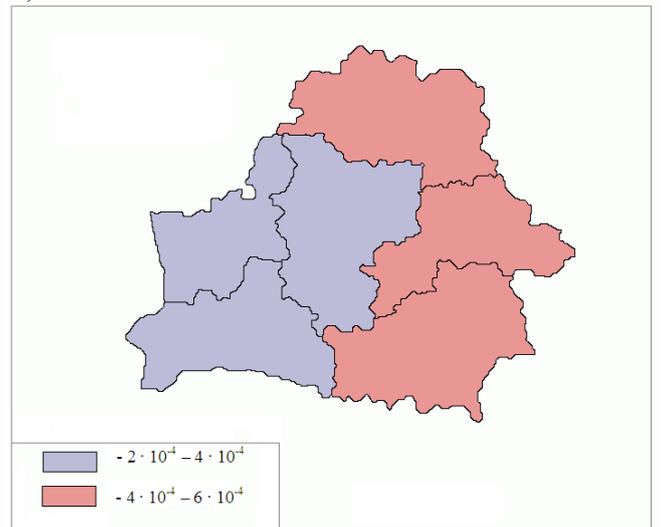
б)



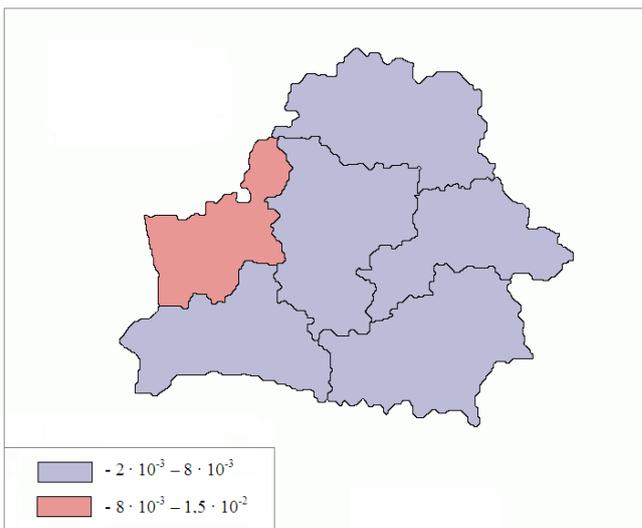
в)



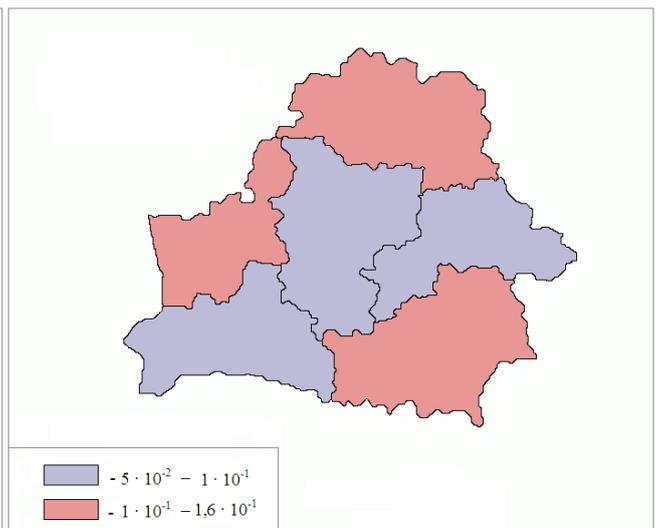
г)



д)



е)



ж)

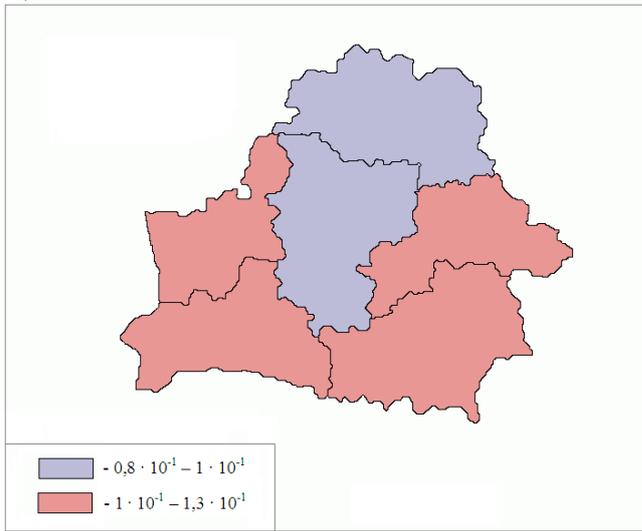
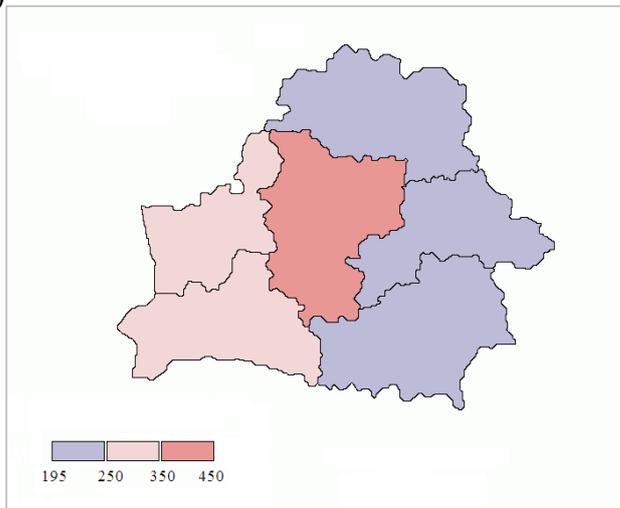
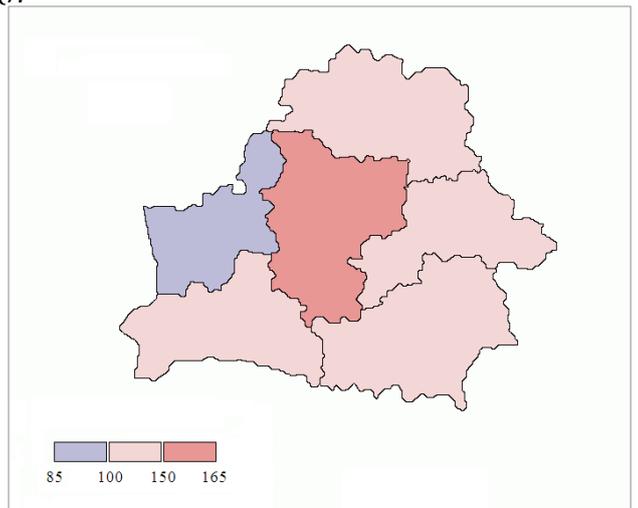


Рисунок.3.1. Районирование территории Беларуси по риску возникновения очень сильного ветра (а), шквала (б), смерча (в), крупного града (г), сильного гололедно-изморозевого отложения (д), очень сильного снегопада (е) и метелей (ж).

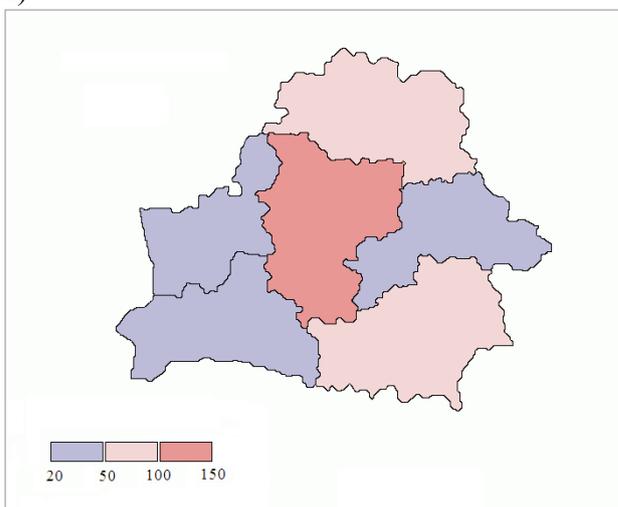
а)



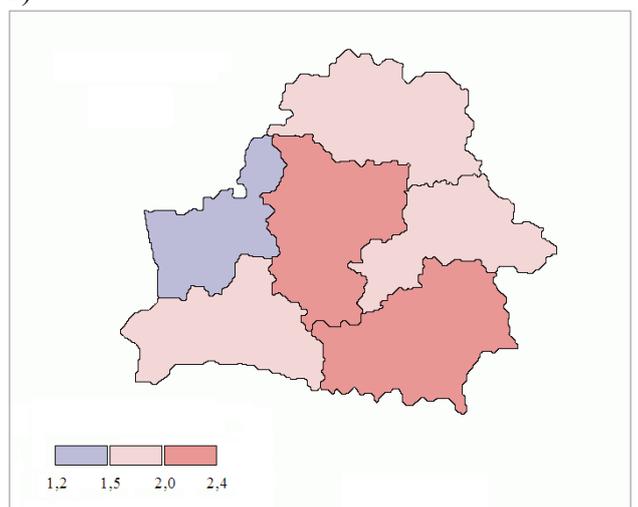
б)



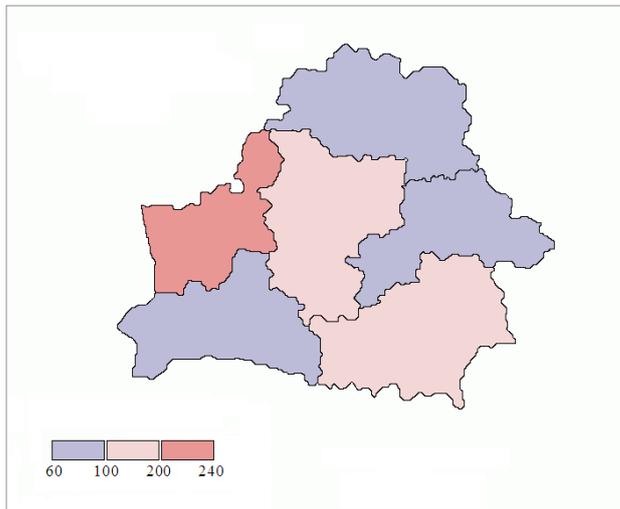
в)



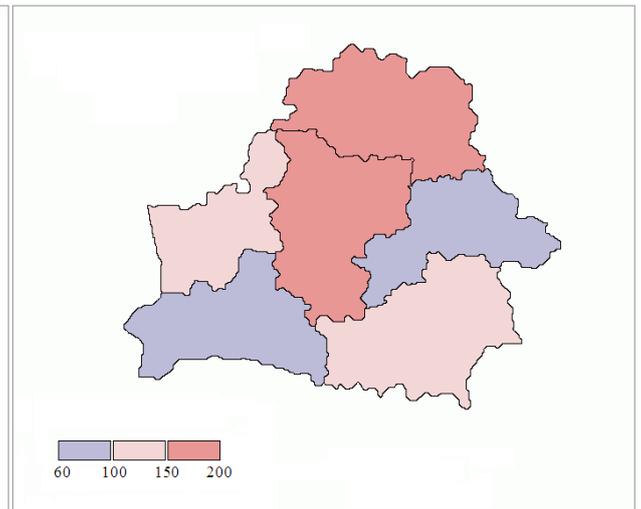
г)



д)



е)



ж)

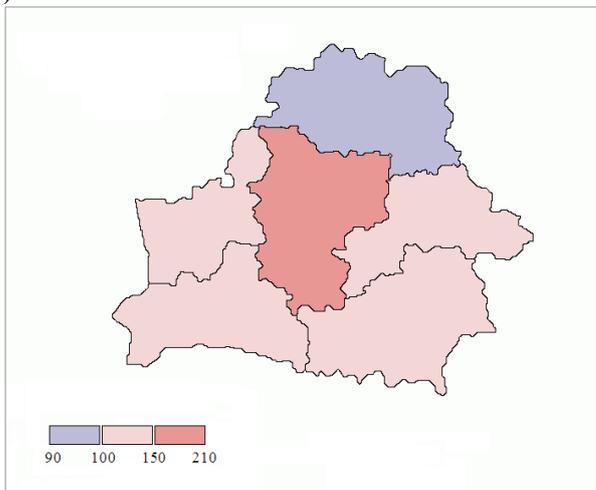
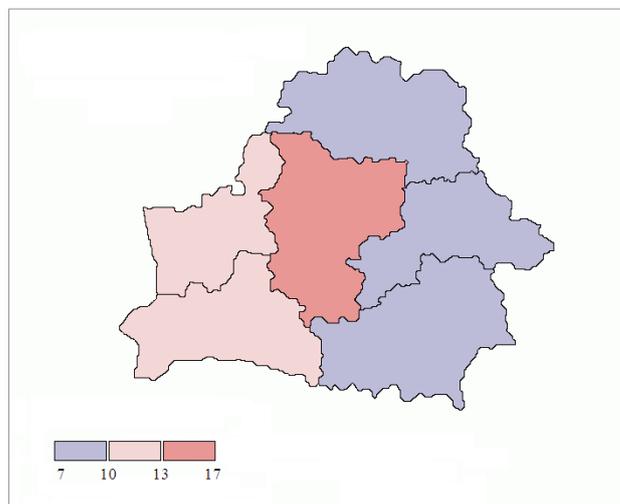
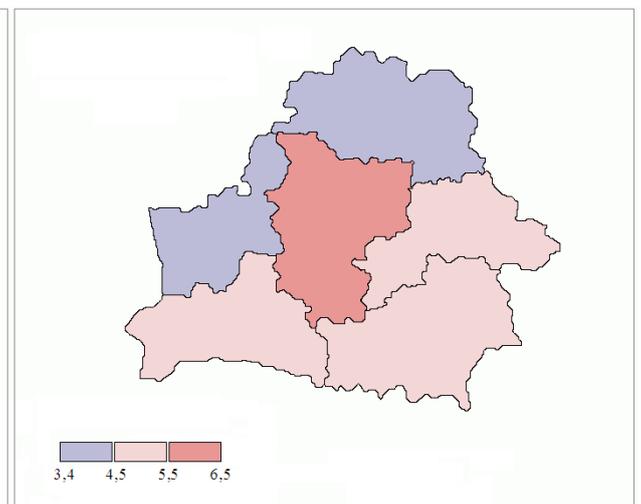


Рисунок.3.2. Районирование территории Беларуси по социальному риску от очень сильного ветра (а) (тыс.чел.), шквала (б) (тыс.чел.), смерча (в), крупного града (г) (тыс.чел.), сильного гололедно-изморозевого отложения (д) (тыс.чел.), очень сильного снегопада (е) (тыс.чел.) и метелей (ж) (тыс.чел.).

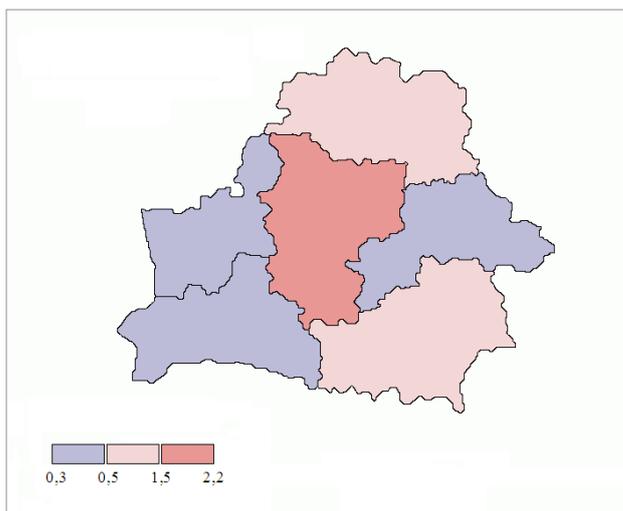
а)



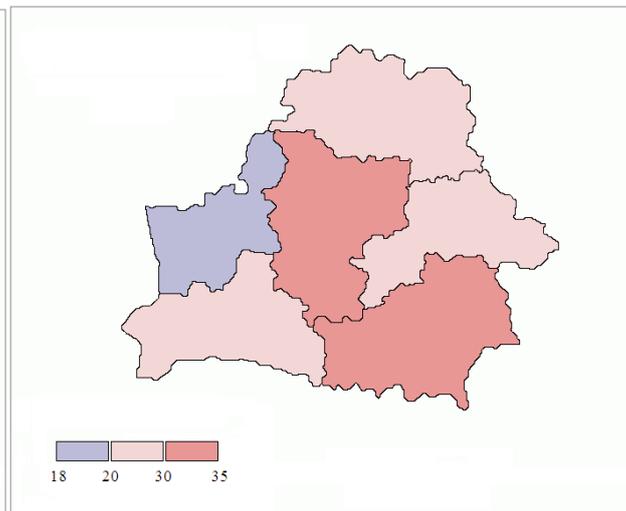
б)



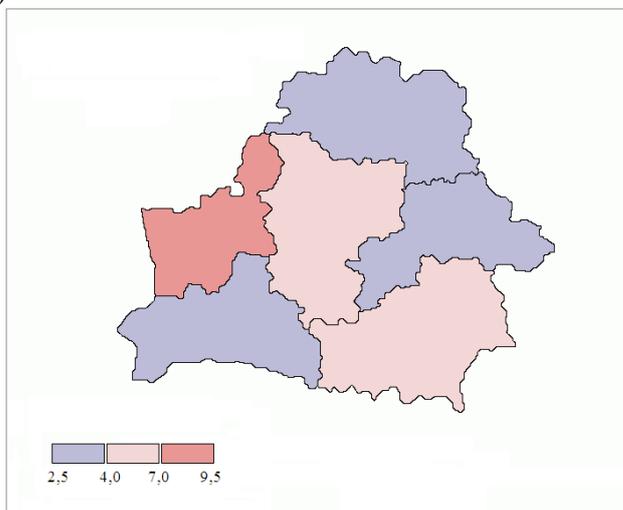
в)



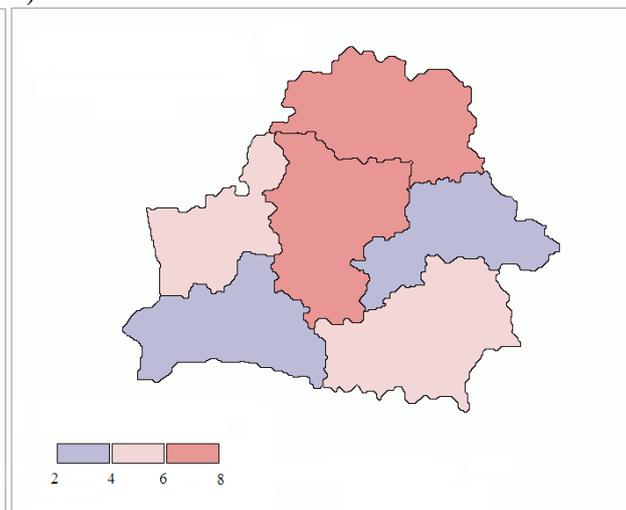
г)



д)



е)



ж)

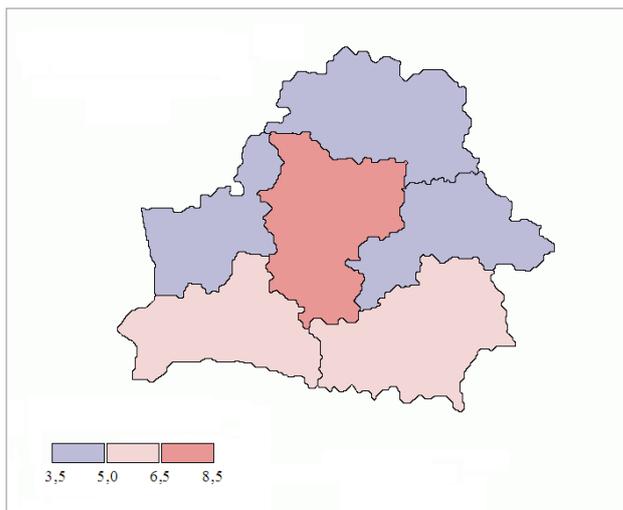


Рисунок.3.3. Районирование территории Беларуси по экономическому риску от очень сильного ветра (а), шквала (б), смерча (в), крупного града (г), сильного гололедно-изморозевого отложения (д), очень сильного снегопада (е) и метелей (ж) (млрд. Вг).

Результаты расчетов показали что,:

- несмотря на то, что риск возникновения ОЯ в одном из районов может быть не самым большим, однако, социальный и экономический риски, в связи с его экономической развитостью, может быть наибольшими.

- по всем ОЯ риск получился чрезмерным, кроме смерча, риск от которого попадает в область приемлемых рисков. Таким образом, в большей части случаев необходима разработка адаптационных мероприятий для снижения экономических рисков. В случае допустимых рисков выбор адаптационных мер для достижения безопасности должен определяться по принципу разумной достаточности соотношения между выгодами и затратами.

Адаптационные мероприятия для предупреждения и смягчения рисков должны:

- на этапе проектирования объектов обеспечивать достаточную прочность и устойчивость сооружений, что достигается пересмотром и совершенствованием нормативных документов;

- на этапе эксплуатации объектов снижать вероятность аварии, локализовать их и контролировать оставшиеся последствия.

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

Введение

В комплексе сложных вопросов по защите окружающей среды большую общественную значимость имеют проблемы безопасности атомных станций (АЭС).

Атомные станции являются предприятиями, зависящими от метеорологических условий на всех стадиях своего существования.

При выборе площадки, проектировании и строительстве будущей АЭС должны учитываться особенности погоды и климата района предполагаемого строительства. Это необходимо как для выявления метеорологических условий, представляющих угрозу безопасности самой АЭС, так и для изучения условий атмосферной диффузии, от которой во многом будет зависеть экологическая обстановка в районе эксплуатации станции.

Для атомной энергетики более чем для других отраслей, актуальна проблема подбора репрезентативных метеорологических и аэрологических станций, данные которых учитываются при проектировании будущей АЭС.

На стадии эксплуатации метеорологические наблюдения проводятся с целью получения сведений о загрязнении природной среды всеми видами примесей, выбрасываемых в атмосферу и водоем-охладитель, для анализа фактического состояния окружающей среды и прогноза ее изменения на различных этапах эксплуатации АЭС и вывода из эксплуатации в результате выработки ресурса.

При авариях на АЭС метеорологическая информация приобретает первостепенное значение, поскольку от метеорологических условий зависит степень рассеяния и направление переноса радиоактивных выбросов, представляющих угрозу безопасности и жизни населения.

Режимно-справочное пособие для атомной энергетики должно содержать минимум климатологической информации, необходимый на всех стадиях существования АЭС. Пособие должно содержать два вида информации: перечень метеорологических явлений и параметров, представляющих угрозу безопасности АЭС и комплекс специализированных аэроклиматических параметров пограничного слоя атмосферы, позволяющих оценить степень негативного воздействия выбросов вредных веществ в атмосферу на население и окружающую среду, как при плановой эксплуатации АЭС, так и при аварийных выбросах.

4.1. Воздействие атомных станций на окружающую среду

Техногенные воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации атомных электростанций многообразны. Физические, химические, радиационные и другие факторы техногенного воздействия АЭС на объекты окружающей среды могут иметь последствия, направленные на изменение микроклимата, экологии и ухудшение условий проживания населения прилегающих районов. Масштаб этих изменений во многом зависит от особенностей климата района расположения АЭС.

При эксплуатации АЭС исходными событиями, которые, развиваясь во времени, в конечном счете, могут привести к вредным воздействиям на человека и окружающую среду, являются выбросы и сбросы радиоактивности и токсических веществ из систем АЭС. Их делят на газовые и аэрозольные, выбрасываемые в атмосферу через трубу, и жидкие, в которых вредные примеси присутствуют в виде растворов или мелкодисперсных смесей, попадающие в водоемы. Возможны и промежуточные ситуации, как при некоторых авариях, когда горячая вода выбрасывается в атмосферу и разделяется на пар и воду. Выбросы могут быть как постоянными, находящимися под контролем эксплуатационного персонала, так и аварийными, залповыми. Включаясь в многообразные движения атмосферы, поверхностных и подземных потоков, радиоактивные и токсические вещества распространяются в окружающей среде, попадают в растения, в организмы животных и человека.

Разнообразные техногенные воздействия на окружающую среду характеризуются частотой повторения и интенсивностью. Выбросы вредных веществ имеют некоторую постоянную составляющую, соответствующую нормальной эксплуатации, и случайную составляющую, зависящую от вероятностей аварий, т. е. от уровня безопасности рассматриваемого объекта. Чем тяжелее и опаснее авария, тем вероятность ее возникновения ниже.

Меры предупреждения опасных воздействий, создания возможностей для их компенсации и управления вредными воздействиями должны приниматься на стадии проектирования объектов. Это предполагает разработку и создание систем экологического мониторинга регионов, разработку методов расчетного прогнозирования экологического ущерба, признанных методов оценивания экологических емкостей экосистем, методов сравнения разнотипных ущербов. Эти меры должны создать базу для активного управления состоянием окружающей среды.

4.2. Учет климатологических параметров при выборе площадки для строительства АЭС

Безопасность населения и охрана окружающей среды обеспечиваются техническими средствами и организационными мероприятиями, включая выбор благоприятного района размещения и площадки АЭС.

При выборе площадки АЭС должны быть учтены характеристики окружающей среды, которые могут повлиять на пути миграции радионуклидов (гидрометеорологические и аэрологические условия, подземные воды и др.) и на масштабы потенциального воздействия радиоактивных выбросов (использование земельных и водных ресурсов, распределение населения вокруг АЭС и др.).

Для атомной энергетики более чем для других отраслей, актуальна проблема репрезентативности метеорологических и аэрологических станций, данные которых предполагается использовать при проектировании будущей АЭС.

Если атомная станция будет расположена в условиях однородного рельефа, обычно используют данные наблюдений ближайших метеорологических и аэрологических станций. Если строительство АЭС предполагается в условиях неоднородного рельефа, например, недалеко от крупного водоема, и в этом районе нет репрезентативных пунктов наблюдения, то для получения необходимой исходной информации необходимо проведение в течение ряда лет экспедиционных метеорологических и аэрологических наблюдений. Продолжительность непрерывных наблюдений должна быть больше в условиях сильной изменчивости погодных условий.

По средним многолетним данным наблюдений метеорологической станции, которая будет характеризовать район строительства, оценивается влияние на безопасность АЭС сильного ветра, урагана, смерча, экстремальных атмосферных осадков, снежного покрова, экстремальных температур воздуха и воды, гололеда, грозы, града.

На выбранной площадке строительства должно быть оценено влияние на АЭС не только внешних воздействий, но и самой АЭС на население и окружающую среду с учетом изменения характеристик площадки, прогнозируемых на весь срок службы АЭС.

При проведении инженерных и гидрометеорологических изысканий на площадке размещения АЭС по степени опасности нормируются следующие гидрометеорологические процессы и явления:

I степень – особо опасный процесс (явление, фактор), сопровождающийся природными или техногенными катастрофами;

II степень - опасный процесс (явление, фактор), сопровождающийся ощутимыми последствиями для окружающей среды и объектов;

III степень – не представляющий опасности процесс (явление, фактор), не сопровождающийся ощутимыми последствиями для окружающей природной среды и объектов.

В зависимости от степени опасности процессов, явлений и факторов внешних воздействий, реализующихся на площадке АЭС, ее относят к одному из трех классов оценки – А, Б, В.

Класс А – площадки, на которых отсутствуют внешние воздействия I и II степеней опасности;

Класс Б – площадки, на которых отсутствуют внешние воздействия I степени опасности;

Класс В – площадки, на которых имеются внешние воздействия I, II и III степеней опасности;

В проектах должны приниматься количественные значения процессов, явлений и факторов, назначаемых норм. При отсутствии норм следует принимать максимально возможные значения параметров процессов, явлений и факторов для заданного интервала времени, который для явлений и процессов природного происхождения следует принимать 10 000 лет.

4.3. Исходный материал и источники данных для составления режимно-справочного пособия.

В районе будущего строительства необходима организация наблюдений за состоянием природной среды и сельскохозяйственных угодий (гидрометеорологические изыскания) с целью обеспечения необходимыми исходными данными и информацией разработчиков проекта, а также с целью получения «фоновых» данных для последующих оценок влияния действующей АЭС на окружающую среду.

Материалы инженерных изысканий должны отвечать требованиям нормативных документов и содержать метеорологическую характеристику района с указанием температурного и ветрового режимов, снежного покрова, промерзания почвы, испаряемости с водной поверхности и обеспеченности осадков.

Для изучения особенностей метеорологических условий района расположения будущей АЭС необходим анализ результатов синхронных наблюдений в районе строительства АЭС и на ближайших метеорологических и аэрологических станциях.

При нормальной работе АЭС и строгом соблюдении технологической дисциплины в окружающую среду практически не должны поступать радиоактивные загрязняющие вещества. Тем не менее, теоретически всегда существует вероятность аварийной

ситуации. Периодически наблюдаются и неконтролируемые протечки, и повышенные выбросы радиоактивных веществ в атмосферу, происходящие в связи с технологическими сдвухами при ремонтных работах на реакторе или по какой-либо иной причине.

Для минимизации продолжительности и мощности возможных вредных последствий такие технологические выбросы необходимо осуществлять с учетом метеорологических условий района расположения АЭС, влияющих на направление ветрового переноса и степень рассеяния радиоактивной примеси в атмосфере.

В связи с этим при определении репрезентативности ближайших к району строительства АЭС метеорологических и аэрологических станций, необходим тщательный анализ аэроклиматических параметров с учетом:

- различий в их местоположении (высота над уровнем моря, особенности рельефа, наличие водоема);
- методов измерения метеорологических характеристик.

В настоящее время, как в России, так и в республике Беларусь, на базовых метеостанциях проводятся ежедневные 8-срочные наблюдения у поверхности земли, на аэрологических станциях - ежедневное 2-срочное радиозондирование атмосферы.

В районе строительства будущей АЭС должны быть организованы соответствующие метеорологические и аэрологические наблюдения. Крайне важно, чтобы все виды наблюдений на площадке АЭС велись непрерывно, что позволяет определить суточный ход характеристик пограничного слоя атмосферы.

Приземные метеорологические наблюдения могут быть как стандартными 8-срочными, так и непрерывными, получаемыми с помощью автоматических метеостанций.

Аэрологические наблюдения также могут быть традиционными, дискретными (радиозонд, шар-пилот) и непрерывными. Для получения непрерывных вертикальных профилей характеристик ветра и температуры используются современные дистанционные методы измерений. Так, например, на строящейся Ленинградской атомной станции, для измерения профилей температуры используется микроволновый способ с помощью метеорологического профилемера МТП5, а для измерения профилей ветра использовался способ акустического зондирования атмосферы с помощью доплеровского содара «MFAS» производства фирмы «Scintec» (Германия).

Вертикальные профили температуры воздуха измеряются каждые 5 мин, профили скорости и направления ветра – каждые 15 мин. с шагом по высоте 50 м., что позволяет получить годовой и суточный ход этих характеристик.

Сочетание доплеровского акустического локатора и метеорологического профилемера МТП5 является одним из возможных вариантов изучения пограничного слоя атмосферы в районе расположения АЭС.

При анализе данных радиозондирования следует иметь в виду, что они представляют собой мгновенные измерения метеорологических параметров в сроки 00 и 12 часов GMT только на стандартных уровнях (у поверхности земли, 1000 mb, 925 mb, 850 mb и выше), а также в особых точках. Необходимые для АЭС данные по температуре и ветру на высотах 100, 200, 300 и 500 м можно получить с помощью интерполяции между измеренными значениями.

Для получения ежечасных расчетных аэрологических и метеорологических характеристик лучше брать более устойчивые, осредненные за часовой интервал, значения рассматриваемых параметров (при условии наличия их непрерывной регистрации).

4.4. Состав специализированной метео- и аэрологической информации

Специализированная информация, отражающая особенности нижнего 2000-го слоя атмосферы в районе строительства АЭС и в районе расположения базовых метео- и аэрологических станций имеет приземную и высотную составляющие и используется для двух целей: определения репрезентативности ближайших сетевых метео- и аэрологической станций по отношению к району строительства АЭС и для определения расчетных аэрологических параметров этого района.

4.4.1 Информация, используемая для определения репрезентативности сетевых станций

4.4.1.1 Приземная информация

Температура воздуха:

- Температура воздуха в сроки, средняя за сутки и за месяц;
- Максимальная и минимальная температура воздуха;
- Суточный и годовой ход температуры воздуха.

Облачность:

- Среднее месячное общее количество облаков и количество облаков нижнего яруса;
- Повторяемость облаков нижнего яруса в различные сроки наблюдений;
- Повторяемость облаков нижнего яруса по месяцам.

Характеристики режима увлажнения по сезонам

- Число дней с осадками;
- Максимальное суточное количество осадков, мм.

Ветер

- Средняя месячная и годовая скорость ветра;

- Суточный ход средней скорости ветра;
- Максимальные за сутки скорости ветра при порывах;
- Количество штилей по месяцам;
- Повторяемость направлений ветра по месяцам и за год;
- Повторяемость скоростей ветра по направлениям;
- Средние за месяц скорости ветра при различных направлениях.

Туман

- Число дней

Гололедно-изморозевые явления

- Число дней

Все перечисленные характеристики рассматриваются в синхронные сроки наблюдений на метеорологической станции, организованной непосредственно в районе АЭС и ближайшей сетевой метеостанции. Производится сравнение данных обеих станций по всем характеристикам срочного, суточного и месячного разрешения, их анализ и обобщение. Полученные результаты позволяют скорректировать климатические параметры в районе АЭС, рассчитанные по сетевой станции.

4.4.1.2 Аэрологическая информация, характеризующая нижний 2000-й слой атмосферы

Ветер

- Средние скорости ветра на высотах 0, 100 м, 200 м, 300 м и 500 м, 1000 м, 2000 м и по слоям 0-100 м, 0-200 м, 0-300 м и т. д.;
- Повторяемость направлений ветра на высотах 0, 100, 200, 300 и 500 м, 1000 м, 2000 м;
- Число штилей на высотах 0, 100, 200, 300 и 500 м, 1000, 2000 м;
- Преобладающие направления ветра и их повторяемость на 0, 100, 200, 300 и 500 м, 1000 м, 2000 м.;
- Средние максимальные скорости и соответствующее им направление ветра на высотах 0, 100, 200, 300 и 500 м, 1000 м, 2000 м.

Температура воздуха

- Средние температуры на высотах 0, 100 м, 200 м, 300 м и 500 м, 1000 м, 2000 м

Характеристики приземных инверсий

- Повторяемость приземных инверсий;

- Интенсивность приземных инверсий;
- Мощность приземных инверсий.

Характеристики приподнятых инверсий

- Повторяемость приподнятых инверсий;
- Интенсивность приподнятых инверсий;
- Мощность приподнятых инверсий;
- Повторяемость инверсий по слоям.

Информация, необходимая для характеристики репрезентативности сетевых станций, представляется в табличном и графическом виде с пояснительным текстом в режиме сравнения параметров в районе строящейся АЭС и данных сетевых станций.

В качестве примера в Приложении приведены отдельные графики и таблицы, представляющие результаты сравнения данных наблюдений на метеостанции Сосновый Бор, организованной в районе строительства Ленинградской АЭС и сетевых станций Росгидромета Ломоносов и Воейково.

Метеостанция Ломоносов – базовая для сравнения метеорологических приземных данных, аэрологическая станция Воейково – базовая для сравнения аэрологических данных.

4.4.2 Информация для определения специализированных аэрологических характеристик, необходимых для расчета атмосферной дисперсии

Для получения расчетных данных, характеризующих состояние атмосферного пограничного слоя (АПС), организуется мониторинг метеорологических и аэрологических параметров АПС в районе размещения и на площадке действующей АЭС. Эти данные используются для прогноза изменения метеорологических и аэрологических параметров АПС на основе выявленных тенденций и разработки рекомендаций по снижению негативного влияния эксплуатации АЭС на окружающую среду и контроля за эффективностью принятых рекомендаций.

Для получения большей части этих характеристик необходимы данные ежечасных наблюдений. Перечень специализированных аэроклиматических характеристик, необходимых для расчета атмосферной дисперсии приведен в табл. 1.

Таблица 4.1 Специализированные расчетные аэрологические характеристики района строительства АЭС

№п/п	Характеристика
1	Средняя скалярная скорость, модуль и направлений среднего результирующего ветра на высотах 0,100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м по сезонам и за год
2	Средняя скалярная скорость, модуль и направлений среднего результирующего ветра по вертикальным слоям 0-100, 0-200, 0-300, 0-500, 0-1000 м, 0-2000 м по сезонам и за год
3	Средняя высота слоя перемешивания по сезонам и за год
4	Повторяемость штилей, направлений и средней скорости ветра в 16 румбах на высотах 0,100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м
5	Средние скорости ветра в 16 румбах на высотах 100 и 200 м
6	Совместные повторяемости направлений ветра в 16 румбах и скоростей в градациях штиль, 2, 3, 4, 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30, более 30 м/с на высотах 0,100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м
7	Повторяемость мощности приземных штилевых слоев с верхней границей в градациях высоты 0-100, 101-200, 201-300 и более 300 м по сезонам и за год
8	Средние значения мощности штилевых слоев при условии штилевой ситуации ≤ 1 м/с и ≤ 2 м/с по сезонам и за год в различное время суток
9	Среднее и максимальное значение непрерывной продолжительности штилей с верхней границей в градациях высоты 0-100, 101-200, 201-300 и более 300 м при условии штилевой ситуации ≤ 1 м/с и ≤ 2 м/с по сезонам и за год
10	Повторяемость приземных инверсий по сезонам и за год в различные часы суток
11	Средняя мощность и интенсивность приземных инверсий по сезонам и за год в различные часы суток
12	Повторяемость мощности приземных инверсий с верхней границей в градациях высоты 0-300, 301-600, 601-900 и свыше 900 м по сезонам и за год
13	Среднее и максимальное значение непрерывной продолжительности приземных инверсий с верхней границей в градациях высоты 0-300, 0-600, 0-900 по сезонам и за год
14	Повторяемость приподнятых инверсий по сезонам и за год в различные часы суток
15	Средняя мощность и интенсивность приподнятых инверсий по сезонам и за год в различные часы суток
16	Повторяемость мощности приподнятых инверсий с верхней границей в градациях высоты 0-300, 301-600, 601-900 м по сезонам и за год
17	Среднее и максимальное значение непрерывной продолжительности приземных инверсий с верхней границей в градациях высоты 0-300, 0-600, 0-900 по сезонам и за год
18	Повторяемость категорий устойчивости атмосферы по сезонам и за год в различные часы суток
19	Совместные повторяемости категорий устойчивости атмосферы, скоростей ветра в градациях штиль, 2, 3, 4, 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30, более 30 м/с и направлений в 16 румбах на высотах 0,100, 200, 300м
20	Средние значения вертикального градиента температуры воздуха в слоях 0-300 м, 0-600 м, 0-900 м.
21	Совместные повторяемости скоростей ветра в градациях штиль, 2, 3, 4, 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30, более 30 м/с и направлений в 16 румбах при осадках и тумане на высотах 0,100, 200, 300м
22	Повторяемость наличия нижней облачности и повторяемость нижней границы облаков в градациях высот 0-100, 101-200, 201-300 и более 300 м штиль, 2, 3, 4, 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30, более 30 м/с и направлений в 16 румбах на высотах 0,100, 200, 300м по сезонам и за год
23	Суточный и годовой ход нижней границы облачности и толщины общей облачности

4.5. Технологии обработки аэрологической информации и ее представление

Средняя скалярная скорость ветра на каждом уровне по сезонам и за год независимо от сроков вычисляется без учета направления как статистическое среднее из значений индивидуальных модулей вектора ветра.

Модуль и направление результирующего ветра V_r в физической системе координат определяются по сумме значений компонентов вектора ветра (правило сложения векторов):

$$u_r = \sum_i u_i, \quad v_r = \sum_i v_i, \quad V_r = \sqrt{u_r^2 + v_r^2}, \quad D_r = \arctg(v_r / u_r) \quad (1)$$

Связь углов D_r и D определяется известными соотношениями.

Модуль зональной и меридиональной составляющих скорости ветра рассчитываются по формулам:

$$u = -V \sin(D), \quad v = -V \cos(D), \quad (2)$$

где D – угол направления ветра в радианах, отсчитываемый от северного направления по часовой стрелке (географическая система координат);

u – зональный компонент направлен на восток;

v – меридиональный компонент направлен на север.

Повторяемость направлений ветра (роза ветров) на стандартных высотах рассчитывается в 16-румбовой системе без учета штилей, причем середина первого румба соответствует северному направлению, ширина румбов – 22,5 (таблица 2). Сумма повторяемостей на каждом уровне соответствует 100 % (в таблицах она может отличаться на десятые доли процента из-за погрешностей округления).

Таблица 4.2 Соответствие номеров румба осевым углам направления ветра в румбах и их обозначение в таблицах

Румб	Середина градации, °	Обозначение	Румб	Середина градации, °	Обозначение
1	0	С	9	180	Ю
2	22,5	ССВ	10	202,5	ЮЮЗ
3	45	СВ	11	225	ЮЗ
4	67,5	ВСВ	12	247,5	ЗЮЗ
5	90	В	13	270	З
6	112,5	ВЮВ	14	292,5	ЗСЗ
7	135	ЮВ	15	315	СЗ
8	157,5	ЮЮВ	16	337,5	ССЗ

Совместные (двухмерные) повторяемости скорости в градациях 0,5-1,5; 1,5-2,5;..., 9,5-10,5; 10,5-15,5; 15,5-20,5; 20,5-25,5; ≥25,5 м/с и направлений ветра рассчитываются суммированием количества случаев и последующим нормированием на

100 % в каждой выборке (по каждому сезону и за год для каждого из сроков или независимо от сроков).

Штили и слабые ветры. К штилям в метеорологии относят случаи, когда скорость ветра не превышает «порог чувствительности» датчиков анерумбометров, то есть ниже 0,5-0,7 м/с. На метеорологических станциях сети Росгидромета скорость ветра фиксируется с точностью до целых. В данных СОДАРа скорость ветра измеряется с точностью до десятых долей.

При проектировании атомных станций и других сооружений отдельно выделяются случаи со слабым ветром или **штилевые ситуации: $V=1$ м/с и $V \leq 2$ м/с.** Для них, как и для штилей, рассчитывались повторяемость и мощность.

Повторяемость штилей и штилевых ситуаций (в процентах) рассчитывается как отношение числа таких случаев к общему количеству наблюдений на фиксированной высоте за тот или иной период (за месяц, сезон и год для сроков наблюдений или независимо от сроков). Как уже отмечалось выше, при нормировании повторяемостей направлений ветра, совместных двух- и трехмерных повторяемостей количество штилей вычитается из общего количества случаев.

Мощность приземного штилевого слоя определяется высотой распространения ситуации. Повторяемость мощности в градациях 0-100, 100-200, 200-300 м и т.д. при $V=1$ м/с или $V \leq 2$ м/с определяется как отношение количества случаев в отдельной градации к общему количеству случаев во всех градациях и выражается в процентах. Средние значения мощности штилевых слоев вычисляются по сезонам и за год.

Вертикальный градиент температуры (Γ), отнесенный к 100-метровому слою атмосферы является характеристикой, отражающей степень термической устойчивости атмосферы. По сути, это разница между температурами на нижней и верхней границе рассматриваемого 100-го слоя. Отрицательные значения Γ соответствуют инверсионному распределению температуры воздуха, нулевые – изотермическому, положительные – неустойчивому состоянию атмосферы.

Инверсия – повышение температуры с высотой.

Инверсия называется приземной, если повышение температуры начинается от самой земли, если с некоторой высоты, то – приподнятой. В число инверсий включены также изотермические атмосферные слои, когда температура воздуха не меняется с высотой $\Gamma = 0$.

Инверсии характеризуются:

- **мощностью** - толщина слоя с инверсионным или изотермическим распределением температуры.

- **интенсивностью** - разностью температуры воздуха на нижней и верхней границах атмосферного слоя с инверсионным распределением температуры, включая изотермии,
- средней и максимальной непрерывной продолжительностью
- **повторяемостью** - отношением количества случаев с инверсиями $\Gamma \leq 0$ к общему количеству случаев наблюдения в массиве исходных данных (за месяц, сезон, год);

Высотой основания приподнятой инверсии – высота нижней границы инверсии над подстилающей поверхностью,

При конвективных условиях подъем примеси ограничивается только высотой нижнего основания приподнятой инверсии температуры, играющей роль своего рода крышки и препятствующей распространению примесей вверх. В условиях сильного турбулентного перемешивания примесь быстро рассеивается во всем слое под инверсией; при слабом ветре в подинверсионном слое реализуются условия «задымления», способствующие накоплению примеси в нижних слоях атмосферы.

Слой перемешивания

При нейтральной и неустойчивой стратификации атмосферы большая часть примеси, поступающей от источника загрязнения, рассеивается и переносится в слое перемешивания. При наличии данных аэрологического зондирования атмосферы высота слоя перемешивания может быть определена по нижнему основанию приподнятой инверсии температуры или по уровню, на котором градиент температуры Γ уменьшается до $0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ и ниже. Если верхнюю границу слоя перемешивания выделить не удастся или во всем слое наблюдается инверсионное распределение температуры, то срок пропускается.

Кроме высоты слоя перемешивания в качестве характеристики устойчивости пограничного слоя атмосферы часто используют классификации, основанные на приземной метеорологической информации сетевых метеорологических станций. Одной из них является классификация Паскуилла-Гиффорда, в которой состояние устойчивости атмосферы описывается 6 классами в зависимости от градиента температуры в слое 20-120 м и скорости ветра на уровне флюгера (табл.2).

Таблица 4.3 Классы устойчивости атмосферы по вертикальному градиенту температуры воздуха и скорости ветра

U_0 м/с	Градиент температуры (Γ)°/100 в слое 20-120 м						
	$\Gamma \geq 1,5$	$1,4 \geq \Gamma \geq 1,2$	$1,1 \geq \Gamma \geq 0,9$	$0,8 \geq \Gamma \geq 0,7$	$0,6 \geq \Gamma \geq 0$	$-0,1 \geq \Gamma \geq -2,0$	$\Gamma \leq -2,0$
$U_0 < 1$	A	A	B	C	D	F	F
$1 \leq U_0 < 2$	A	B	B	C	D	F	F
$2 \leq U_0 < 3$	A	B	C	D	D	E	F
$3 \leq U_0 < 5$	B	B	C	D	D	D	E
$5 \leq U_0 < 7$	C	C	D	D	D	D	E
$7 \leq U_0$	D	D	D	D	D	D	D

A	сильная неустойчивость	C	слабая неустойчивость	E	слабая устойчивость
B	умеренная неустойчивость	D	безразличное состояние	F	сильная устойчивость

4.6. Опасные метеорологические явления

4.6.1 Классификация опасных явлений по их воздействиям

Атмосфера представляет собой очень сложную систему, которую для оценки ее влияния на АЭС можно приближенно охарактеризовать с помощью таких метеорологических переменных, как скорость ветра, температура воздуха, количество атмосферных осадков и влажность. Иногда значения перечисленных параметров могут достигать величин, представляющих угрозу безопасности АЭС, поэтому при строительстве АЭС следование нормативным документам, в которых приведены критерии опасных для ядерных объектов метеорологических параметров и явлений, является обязательным.

Таблица 4.4 Классификация опасных явлений и их воздействий на объекты атомной энергетики

Процессы и явления	Возможные воздействия на площадку	Предельные значения параметров по степени опасности	Степень опасности
1. Смерч	Ветровой напор, нагрузки от перепада давления, нагрузки от летящих предметов, увлеченных смерчем, вынос воды из водоемов-охладителей	Скорость ветра >50 м/с, перепад давления >5 кПа, класс по шкале интенсивности Фуджита F2 и > F2, длина пути >16 км, ширина пути >50 км.	I класс
		Скорость ветра <50 м/с, перепад давления <5 кПа, класс по шкале интенсивности Фуджита F1, длина пути <16 км, ширина пути <50 км	II класс
		Скорость ветра <35 м/с, перепад давления <1 кПа, класс по шкале интенсивности Фуджита F0 и < F0, длина пути <1,6 км, ширина пути <16 км	III класс
2. Ветер (ураган)	Ветровой напор, летящие предметы	Скорость ветра >36 м/с	I класс
		Скорость ветра <35 м/с, но >7 м/с	II класс
		Скорость ветра <7 м/с	III класс
3. Экстремальные снегопады и снегозаносы	Снеговые нагрузки на кровлю зданий и сооружений	Высота слоя снега > 20 мм за час	II класс
		Высота слоя снега < 20 мм за час	III класс
4. Осадки	Затопление площадки	Высота слоя осадков > 30 мм за 12 час	II класс
5. Температура воздуха	Температурные воздействия на здания, сооружения, сети	Не регламентируется	II класс
6. Гололед	Утяжеление конструкций сооружений вследствие покрытия их льдом, изморозью	Толщина стенки гололед > 25 мм	I класс
		Толщина стенки гололеда > 3 мм	II класс
		Толщина стенки гололеда <3 мм	III класс
7. Молния	Попадание мощного электрического разряда		II класс

При анализе опасных явлений должна быть оценена вероятность прохождения через метеорологическую площадку и промышленную площадку АЭС смерчей и их характеристики. При этом также необходимо оценить:

- класс интенсивности смерча;
- максимальные горизонтальная скорость вращательного движения стенки смерча;
- поступательная скорость движения смерча;

- перепад давления в направлении между периферией и центром воронки смерча.

Смерчи относятся к наиболее опасным метеорологическим явлениям, способным оказывать разрушающее воздействие на здания и сооружения. Разрушительная сила смерчей заключается не только в огромных скоростях ветра и силе ветрового удара, но и в резких перепадах атмосферного давления между периферией и центром вихря.

Закрытые здания, попадающие под воздействие смерча, вследствие больших разностей в давлении воздуха снаружи и внутри нередко «взрываются». Стены домов в таких случаях отваливаются от корпуса, а из помещений высасываются находящиеся там предметы и даже люди.

Кроме опасных метеорологических явлений, представляющих угрозу безопасности АЭС, в районе расположения АЭС могут наблюдаться метеоусловия, создающие угрозу формирования высоких уровней загрязнения, оказывающих негативное влияние на человека и окружающую среду.

Для оценки влияния радиоактивных выбросов и сбросов на население в пределах зоны наблюдения должны быть исследованы условия их рассеяния в атмосфере. К метеорологическим явлениям, влияющим на атмосферную дисперсию относятся ветер, штили, приподнятые инверсии, стратификация и степень устойчивости атмосферы, температура воздуха, осадки (по их типам), туманы.

Штиль и слабый ветер со скоростью менее 2 м/с, инверсии и туманы с повторяемостью каждого явления более 40% за год и 60% в течение холодного периода года (среднесуточная температура воздуха менее +8 °С), как и опасные метеорологические явления, относятся к условиям, ограничивающим безопасную эксплуатацию АЭС.

ПРИЛОЖЕНИЕ

I. Приложение к разделу 4.4.1

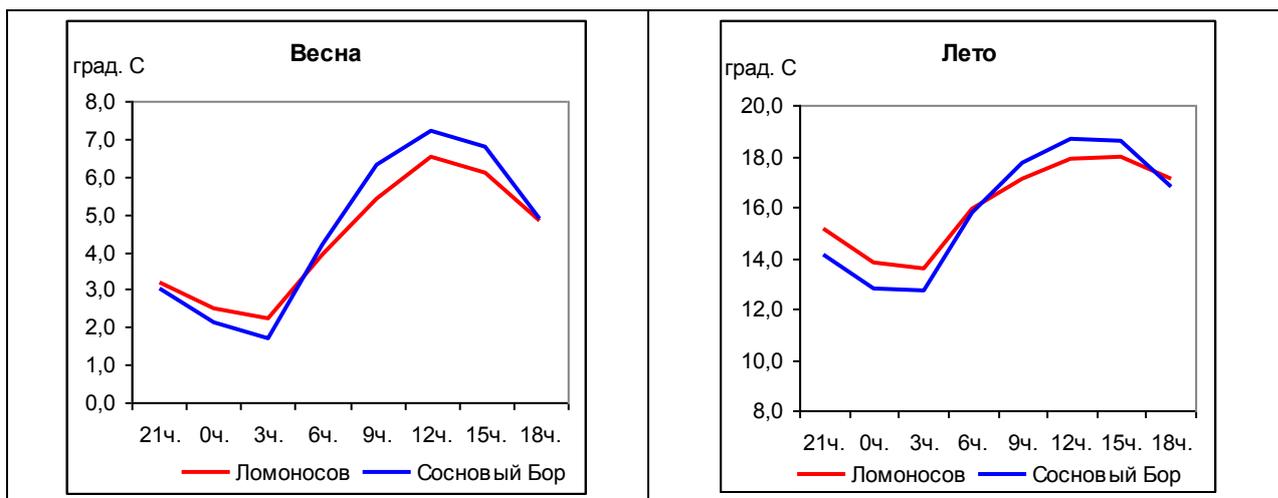


Рисунок.1. Суточный ход средней за сезон температуры воздуха.

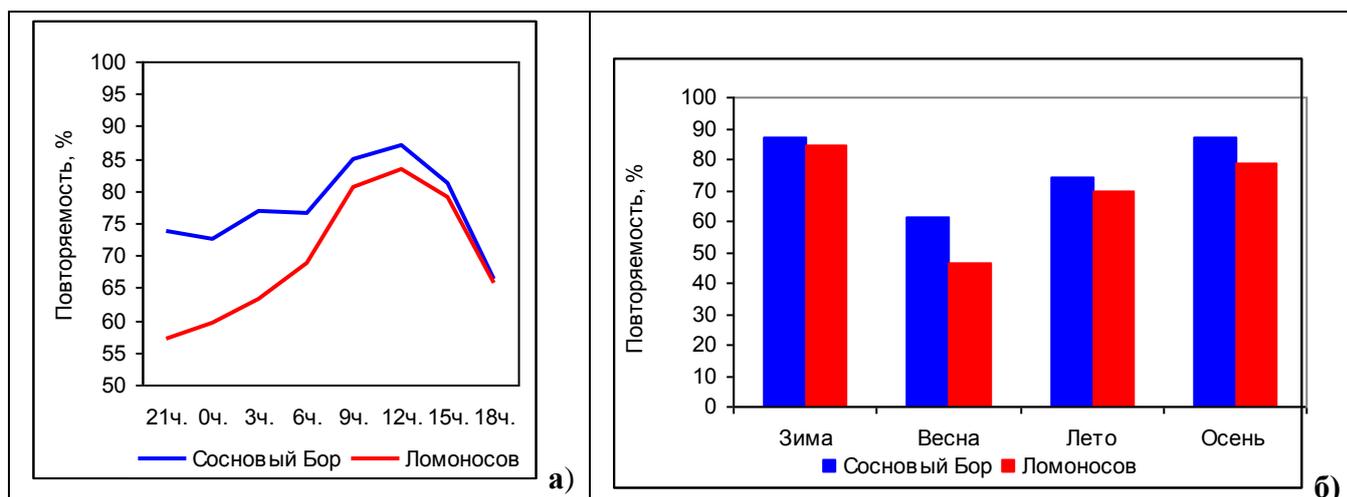


Рисунок. 2. Средний за год суточный ход повторяемости нижней облачности – (а),

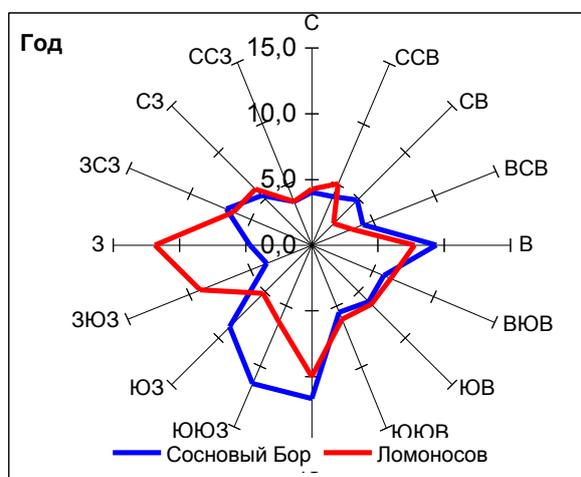


Рисунок. 3. Повторяемость направлений ветра. Год, %.

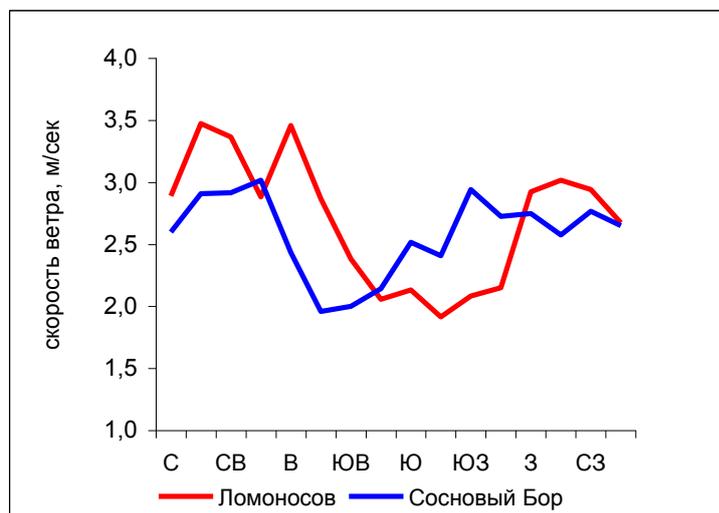


Рисунок. 4. Средние годовые скорости ветра по направлениям.

Таблица 1
Разность средних месячных скоростей ветра при различных направлениях,
 $\Delta (V_{СБ} - V_{Лом.})$, м/сек

Месяц	С	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ
XII	0,4	-0,1	-0,2	0	-1	-0,3	-0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,7	-0,6	0,6	1	0,1
I	-0,7	-2,9	-2,3	-0,4	-1,9	-1,6	-0,7	-0,4	0,3	0,6	1,2	-0,3	0,4	0,4	0,5	0,3
II	-1,5	0,1	-0,2	-1,9	0,1	-0,4	-0,1	0,2	0,2	0,4	1,1	0,2	0,3	-1	-2,1	0,6
III	-0,1	0,5	-1,3	-0,5	-1,3	0,3	0,3	-1	-0,3	0,7	0,3	0,6	-0,7	-0,2	0,5	-0,1
IV	0,8	0,2	0,8	0,9	-0,6	-0,1	0,4	-1,1	0,2	0,6	1,2	0,3	0,3	-1,9	-1	-0,7
V	-0,8	-0,2	1,5	0,2	0,6	-2	-0,3	1	0,3	0,7	0,3	1,2	-0,6	-1	-0,9	0,3
VI	-0,3	-0,3	0,6	1,6	-0,3	-1,1	-0,4	1,5	1	0,3	1,2	1,4	-0,9	-1,7	-0,7	1,3
VII	0,7	-0,8	0	-0,4	-1	-1,3	-1,5	-0,2	0,8	0	0,9	1,1	-0,1	0,1	-0,3	-0,3
VIII	0,1	-1,5	-0,4	0,7	-0,6	-0,3	-0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	1,1	0,2	-0,2	-0,7	-0,4
IX	0,2	-0,8	-1,3	0,8	-1,4	-0,8	-0,8	0,7	-0,4	0,2	1,1	0,6	-0,2	-0,3	0,3	0,7
X	-0,2	-0,5	-2,3	-0,2	-2,6	-1,4	-0,3	0	1	0,7	1,5	-1	-1	-0,8	0	-0,1
XI	-2,1	-0,5	-0,3	0,8	-2,3	-1,9	-0,7	-0,2	0,7	0,9	0,6	1	0,8	0,7	1,3	-2
Год	-0,3	-0,6	-0,5	0,1	-1,0	-0,9	-0,4	-0,1	0,4	0,5	0,9	0,6	-0,1	-0,3	-0,2	-0,1

Примечание

- синие цифры – скорость в Сосновом Бору меньше, чем в Ломоносове
- красные цифры – скорость в Сосновом Бору больше, чем в Ломоносове
- разница в скоростях ≥ 2 м/с выделена жирным шрифтом

II. Приложение к разделу 4.4.2

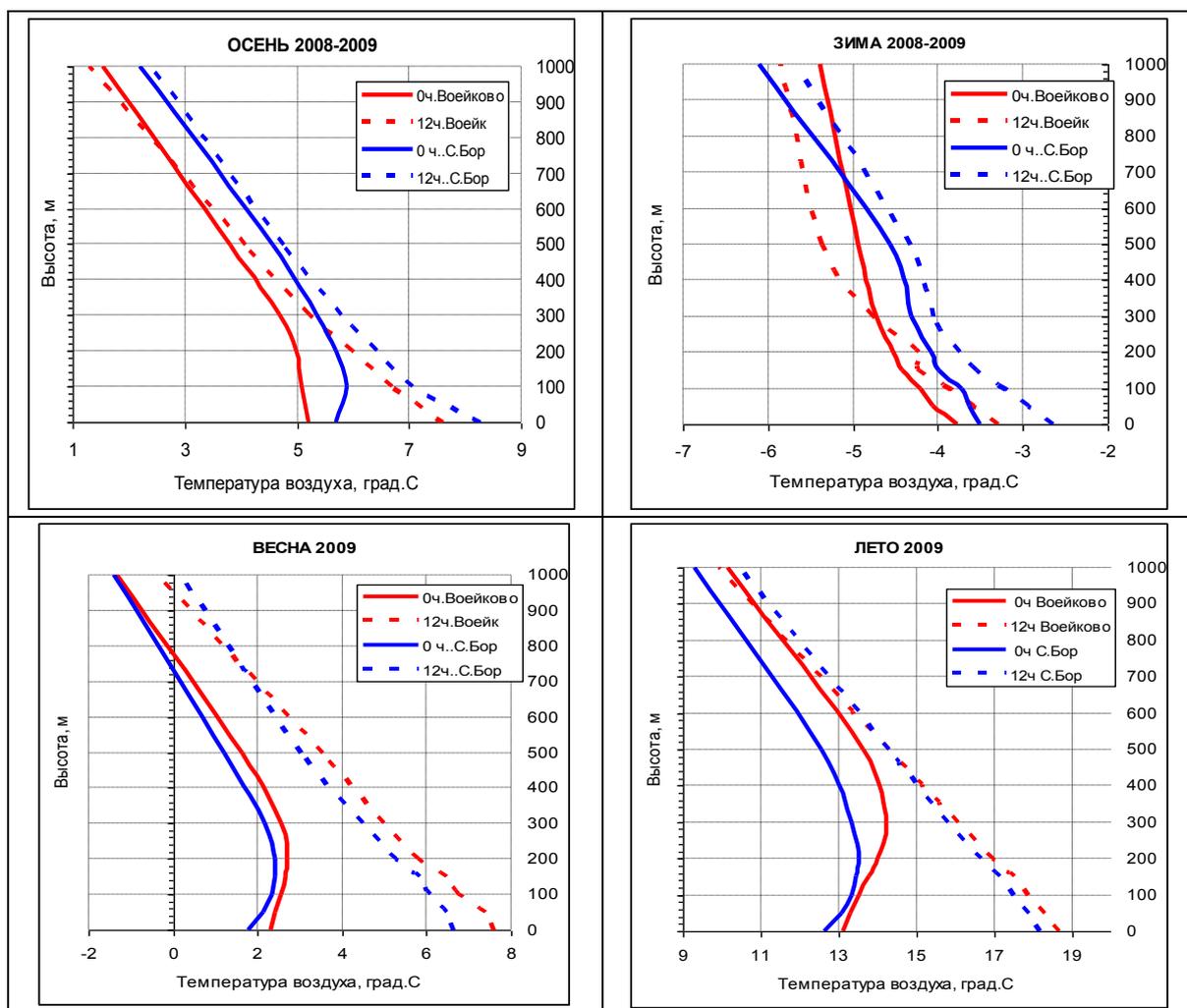


Рисунок. 5. Осредненные по сезонам профили температуры воздуха.

Таблица 2

Средние месячные разности температур воздуха у земли и на высотах Воейково - Сосновый Бор

Высота, м Срок 00ч.	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
	$\Delta T = T_B - T_{CB}$ (град, С)														
0	-	-	-	-0,6	1,0	0,4	0,2	0,0	1,3	0,7	0,8	0,0	0,0	-	-
50	0,7	1,3	1,3	-0,7	1,0	0,2	0,0	0,2	1,0	0,3	0,6	-0,2	0,1	0,7	0,7
100	0,9	1,3	1,3	-0,7	0,9	0,0	0,0	0,2	0,9	0,2	0,6	-0,3	0,1	0,7	0,7
150	0,9	1,3	1,3	-0,7	0,7	0,0	0,0	0,2	0,9	0,4	0,7	-0,1	0,0	0,6	0,8
200	0,8	1,3	1,3	-0,7	0,6	0,1	0,1	0,2	1,1	0,6	0,8	0,1	0,1	0,5	0,8
300	0,8	1,2	1,2	-0,9	0,5	0,0	0,1	0,2	1,3	0,9	1,0	0,7	0,4	0,5	1,0

500	- 1,1	- 1,2	- 1,2	-1,1	- 0,5	- 0,2	- 0,1	- 0,3	1,5	1,3	1,0	0,8	0,3	- 0,7	- 1,1
1000	- 0,9	- 0,6	- 0,6	0,6	0,4	0,7	0,0	1,0	1,2	0,9	1,1	0,6	0,1	- 1,2	- 0,9
Срок 12 ч.															
0	- 1,5	- 1,4	- 0,6	-0,6	- 1,1	- 0,1	- 0,3	- 1,1	2,3	0,3	0,6	0,6	- 0,1	- 0,3	- 0,4
50	0,2	- 0,7	- 0,6	-0,5	- 1,2	- 0,2	- 0,4	- 1,0	2,2	0,2	0,6	0,4	- 0,2	- 0,6	- 0,4
100	- 0,2	- 0,6	- 0,4	-0,7	- 1,1	- 0,1	- 0,5	- 0,5	2,0	0,2	0,4	0,6	- 0,2	- 0,7	- 0,4
150	- 0,4	- 1,2	- 0,0	-0,5	- 1,1	- 0,3	- 0,6	- 0,5	2,1	0,0	0,4	0,8	- 0,2	- 0,8	- 0,3
200	- 0,1	- 0,6	- 0,2	-0,7	- 0,9	- 0,2	- 0,6	- 0,3	1,9	- 0,1	0,2	0,7	- 0,3	- 0,9	- 0,5
300	- 0,4	- 0,4	- 0,3	-0,9	- 0,9	- 0,4	- 0,5	- 0,2	1,9	0,0	0,1	0,6	- 0,4	- 1,1	- 0,7
500	- 0,9	- 0,6	0,3	-1,9	- 0,7	- 0,5	- 0,3	- 0,1	1,7	0,0	0,2	0,2	- 0,7	- 1,2	- 1,0
1000	- 2,1	- 0,6	0,4	-0,8	- 0,2	0,4	0,9	1,1	0,3	0,8	0,5	-0,4	- 1,2	- 1,7	- 1,2

Таблица 3

Средние сезонные и годовые характеристики инверсий. Сосновый Бор

Срок 00ч.	Приземные						Приподнятые				
	N	N%	ΔH_{cp}	ΔT_{cp}	ΔT_{max}	N	N%	$H_{н.г.}$	ΔT_{cp}	ΔT_{max}	
Осень 2008-2009	85	48	212	1,2	6,3	17	10	206	0,6	1,7	
Зима 2008-2009	12	14	458	3,0	6,8	34	40	232	0,5	0,6	
Весна 2009	48	52	231	2,1	7,8	8	9	163	0,6	0,9	
Лето 2009	59	69	241	1,6	6,5	2	2	250	0,0	0	
За год	204	46				61	14				
Срок 12 ч	Приземные						Приподнятые				
Осень 2008-2009	5	3	220	1,1	3,8	17	10	310	0,4	0,9	
Зима 2008-2009	3	4	333	2,6	5,6	29	34	210	1,0	1,5	
Весна 2009	4	4	125	0,1	0,3	3	3	233	0,1	0,2	
Лето 2009	1	1	100	0,0	0	1	1	300	0,1	0,1	
За год	13	3				50	11				

N - количество инверсий;

N% - повторяемость инверсий в % от числа случаев наблюдений за сезон (год);

ΔH_{cp} - мощность приземной инверсии, м;

$H_{н.г.}$ - высота нижней границы приподнятой инверсии, м

ΔT_{cp}° - средняя интенсивность инверсии, град С;

ΔT_{max}° - максимальная интенсивность инверсии, град С

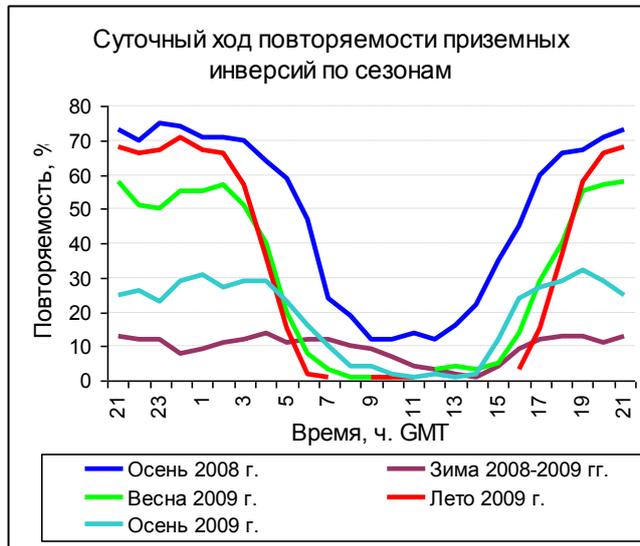


Рисунок.6. Суточный ход повторяемостей приземных инверсий по сезонам.

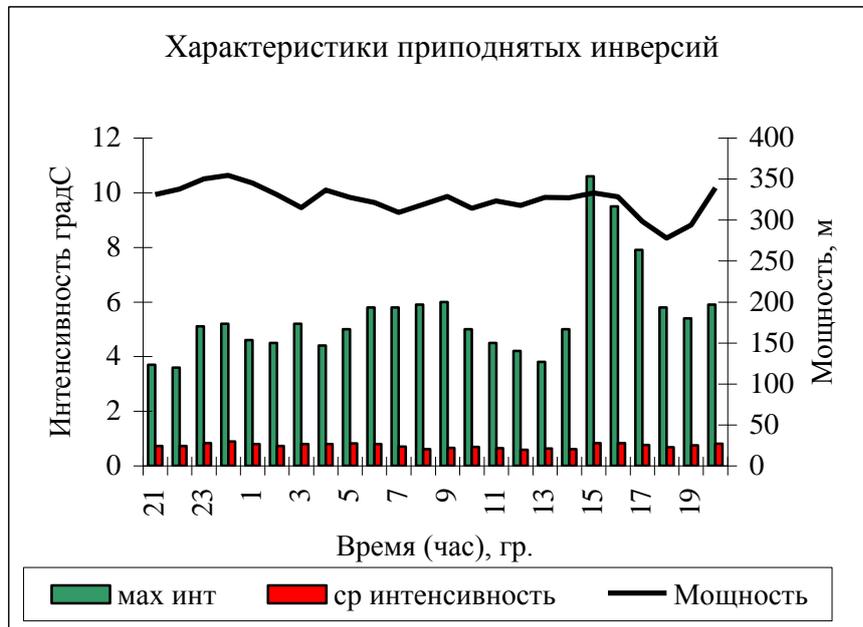
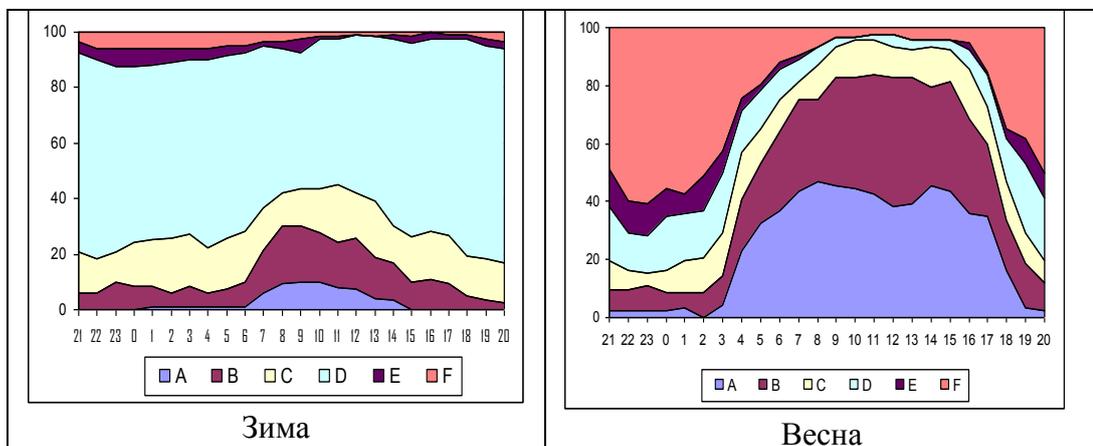


Рисунок. 7.

Интенсивность (средняя годовая и максимальная) и мощность приподнятых инверсий в различные часы суток.



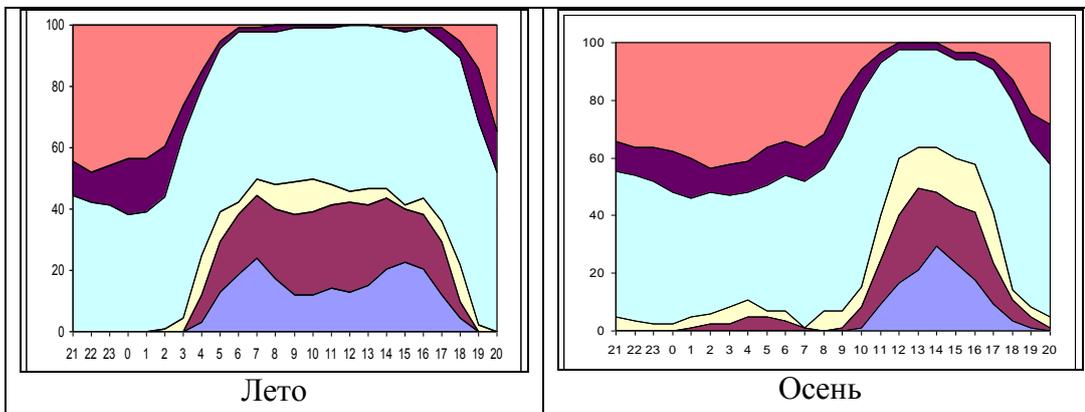


Рисунок. 8. Соотношение между сезонными повторяемостями классов устойчивости атмосферы в разные часы суток.

Таблица 4

Средняя мощность приземных инверсий по месяцам и за год в различные часы суток, м																								
Месяц	Часы суток GMT																							
	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	144	144	133	180	213	267	267	267	267	236	236	250	283	330	330	283	264	217	143	158	131	156	150	144
II	114	125	142	180	158	180	213	158	50	50	50		50	50	50	50	150	50	50	50	50	56	56	67
III	194	183	225	219	269	256	256	225	200	125	50	50									100	140	143	156
IV	279	293	300	300	307	286	269	321	267	190	50	50				50	50	350	200	138	180	213	254	266
V	248	252	260	275	287	311	358	333	50													200	196	222
VI	177	210	216	210	220	224	238	188										50	200	175	175	150	142	166
VII	170	174	204	223	220	227	212	183	75						50						50	60	103	128
VIII	174	194	212	226	218	230	232	217	289	550	550	450	600	500	275			125	150	125	146	105	123	153
IX	154	143	161	159	178	196	196	209	222	227	245	231	241	175	150	50	50	50	50	50	50	54	80	128
X	124	133	138	152	168	157	145	146	154	157	143	130	139	129	80		50	50	50	50	50	59	75	90
XI	103	106	108	119	144	147	157	154	146	150	178	193	212	294	179	50	50	90	105	100	83	89	107	100
XII	60	56	59	56	85	86	87	84	84	82	92	93	89	92	96	100	90	88	53	53	53	53	53	53

Таблица 5

Средняя интенсивность приземных инверсий по месяцам и за год в различные часы суток, град С																									
Месяц	Часы суток GMT																								
	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
I	1,4	1,4	1,4	2,4	3,0	3,9	3,9	3,8	3,7	3,2	3,3	2,9	2,7	2,7	2,5	2,2	2,3	2,0	1,5	1,9	1,5	1,3	1,4	1,5	
II	0,4	0,4	0,8	0,9	0,8	1,0	1,5	1,5	0,3	0,1	0,1		0,1	0,1	0,3	0,2	0,9	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	
III	2,0	2,3	2,5	2,5	2,7	3,0	3,2	2,6	1,9	0,8	0,5	0,2									0,0	0,9	1,2	1,8	
IV	3,9	4,3	4,8	5,3	5,3	5,3	4,5	4,2	3,6	3,1	1,0	0,5						1,7	0,8	0,7	2,1	2,5	3,3	3,8	
V	3,0	3,6	3,6	4,2	4,3	3,8	4,6	2,2	0,3													2,7	1,8	2,1	
VI	1,3	1,7	2,1	2,1	1,9	1,5	1,1	0,3											0,0	0,3	0,5	0,8	0,7	0,5	0,8

VII	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	1,7	1,3	0,9	0,0						0,2						0,1	0,1	0,3	0,6
VIII	0,7	0,9	0,9	1,2	1,2	1,2	1,6	1,3	1,8	3,2	4,0	3,4	2,9	4,2	1,8			0,6	0,5	0,1	0,3	0,5	0,4	0,6
IX	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,5	2,2	1,4	0,7	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,5	1,1
X	1,0	1,2	1,4	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	0,8	0,7	0,3	0,2		0,3	0,0	0,1	0,2	0,2	0,6	0,9	0,9
XI	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,2	1,1	1,0	1,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,4
XII	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Таблица 6

Месяц	Максимальная интенсивность приземных инверсий в различные часы суток по месяцам и за год, град С																							
	Часы суток GMT																							
	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	10,6	10,1	10,1	12,7	12,6	11,8	12,0	12,0	11,8	12,4	12,0	10,5	8,2	7,2	7,1	7,8	8,7	9,4	9,6	10,8	11,5	10,8	11,4	11,2
II	1,7	1,9	3,7	4,0	4,4	5,2	5,1	5,2	0,6	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,3	0,2	1,7	0,3	0,6	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9
III	4,9	5,8	6,2	5,6	6,2	6,7	7,1	5,9	3,0	1,0	0,9	0,3										1,8	3,1	4,3
IV	9,0	9,9	10,4	10,8	10,7	10,9	11,0	9,6	6,8	6,2	1,7	0,6						1,7	1,6	2,4	3,5	5,7	7,8	9,2
V	7,6	8,6	9,4	9,2	10,2	10,5	7,8	3,2	0,4	0,1												4,8	6,3	6,2
VI	3,6	5,0	5,1	5,8	5,6	5,7	3,3	0,7										0,0	0,3	0,7	0,9	0,9	1,1	2,3
VII	4,0	4,5	3,7	4,1	4,5	3,9	3,2	2,4	0,0						0,2						0,1	0,4	1,3	2,3
VIII	2,5	2,0	2,2	2,6	3,3	4,4	5,0	4,9	4,7	4,4	4,7	5,0	2,9	4,2	1,8			0,6	0,8	0,3	1,3	2,4	2,9	2,9
IX	4,6	5,8	6,8	7,6	7,8	7,2	7,4	7,8	8,1	8,4	8,5	7,6	7,0	3,0	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,5	0,9	2,1	3,5
X	4,6	4,6	5,5	6,1	5,7	5,8	5,9	5,5	5,0	4,8	4,5	5,1	4,1	1,4	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,3	0,6	1,9	3,4	4,0
XI	6,7	7,8	7,8	7,4	7,9	8,0	8,6	8,3	8,2	7,3	6,2	6,2	5,2	5,7	1,5	1,2	1,0	0,5	0,8	2,1	2,6	3,3	4,1	5,3
XII	1,7	2,1	1,6	1,1	1,2	1,7	1,4	1,9	2,2	3,4	2,7	2,2	1,3	1,3	1,3	1,3	2,0	1,7	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	1,1

Таблица 7

Повторяемость мощности приземных инверсий с верхней границей 0-300 м, %																									
Месяц	Часы суток GMT																								
	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
I	89	89	89	80	75	67	67	67	67	71	71	71	67	60	60	67	71	78	86	83	88	89	89	89	
II	86	83	83	83	80	80	75	83	100	100	100		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
III	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100									100	100	100	100	
IV	48	50	52	60	48	62	57	36	67	100	100	100				100	100		50	75	80	88	69	69	
V	70	71	69	65	69	48	50	33	100														50	86	80
VI	96	92	92	92	88	87	75	100										100	100	100	100	100	92	95	
VII	100	100	92	92	96	88	88	100	100						100							100	100	100	100
VIII	83	82	72	63	79	69	69	64	43									100	100	100	80	88	89	88	
IX	92	96	96	96	91	87	87	74	74	62	60	60	60	75	67	100	100	100	100	100	100	100	100	96	
X	96	93	93	88	88	87	87	84	83	82	86	86	79	93	100		100	100	100	100	100	100	100	100	
XI	88	87	89	89	88	87	86	77	79	79	75	71	69	50	71	100	100	90	90	86	93	93	93	93	
XII	100	100	100	100	94	95	95	95	95	95	95	94	93	93	92	92	91	93	94	100	100	100	100	100	

Таблица 8

Повторяемость мощности приземных инверсий с верхней границей 300-600 м, %																									
Месяц	Часы суток GMT																								
	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
I	11	11	11	20	25	33	33	33	33	29	29	29	33	40	40	33	29	22	14	17	13	11	11	11	
II	14	17	17	17	20	20	25	17																	
III	52	50	48	40	52	38	43	64	33									100	50	25	20	13	31	31	
IV	70	71	69	65	69	48	50	33	100														50	86	80
V	4	8	8	8	12	13	25																8	5	
VI			8	8	4	13	12																		
VII	17	18	28	38	21	31	31	36	57	100	50	50		100	100							20	13	11	13
VIII	8	4	4	4	9	13	13	26	30	38	40	40	40	25	33									4	
IX	4	7	7	12	12	13	13	16	17	18	14	14	21	7											
X	13	13	11	11	13	13	14	23	21	21	25	29	31	50	29			10	10	14	7	7	7	7	
XI					6	5	5	5	5	5	6	7	7	8	8	9	7	6							

XII					6	5	5	5	5	5	6	7	7	8	8	9	7	6						
-----	--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--

Таблица 9

Среднее и максимальное значение непрерывной продолжительности приземных инверсий с верхней границей в градациях высоты 0-300м, 0-600м и выше, час.				
Месяц	0-300 м		300-600м и выше	
	Максимальная	Средняя	Максимальная	Средняя
I	59	15	39	20
II	14	6	8	8
III	16	6		
IV	12	5	12	4
V	9	5	11	4
VI	15	3		
VII	12	6	5	2
VIII	14	5	16	7
IX	21	12	21	15
X	22	13	25	14
XI	45	11	14	9
XII	122	21	14	14
Год	122	9	39	10

Список использованных источников

1. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. Минстрой России, 1998.
2. НП-064-05. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения
3. на ядерно- и радиационно опасные объекты. Госатомнадзор России, 2005.
4. РБ-022-01 Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии. Госатомнадзор России. М., 2001.
5. Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС. Гидрометеоиздат. Л., 1990, с.264
6. НП-032-01 Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности. Госатомнадзор России. М., 2001.
7. Брюхань Ф.Ф., Ляхов М.Е., Погребняк В.Н. Смерчопасные зоны в СССР и размещение атомных станций. Изв. АН СССР, сер. геогр., 1989. № 1.