

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И  
МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
(РОСГИДРОМЕТ)

ДОКЛАД  
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА  
НА ТЕРРИТОРИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ЗА 2010 ГОД

Москва, 2011 г.

ДОКЛАД подготовлен коллективом НИУ Росгидромета:

Государственное учреждение «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ГУ ИГКЭ) Академик РАН	Ю.А. Израэль Г.В. Груза Э.Я. Ранькова Э.В. Рочева
Государственное учреждение «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» (ГУ ААНИИ)	Г.В. Алексеев В.Ф. Радионов
Государственное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ГУ ВНИИГМИ-МЦД)	В.Н. Разуваев О.Н. Булыгина Н.Н. Коршунова
Государственное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии» (ГУ ВНИИСХМ)	О.Д. Сиротенко Е.В. Абашина
Государственное учреждение «Государственный гидрологический институт» (ГУ ГГИ)	О.А. Анисимов А.Л. Шалыгин
Государственное учреждение ГУ «Главная Геофизическая обсерватория» (ГУ ГГО)	Е.И. Хлебникова
Государственное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» (ГУ Гидрометцентр РФ)	Н.С. Сидоренков Б.М. Гинзбург
Государственное учреждение «Центральная аэрологическая обсерватория» (ГУ ЦАО)	В.А. Юшков Г.М. Крученицкий
с участием и при координации Управления научных программ, международного сотрудничества и информационных ресурсов Росгидромета	
Начальник УМНР Росгидромета Главный специалист-эксперт	В.Г. Блинов Е.Г. Викулова

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА .....	5
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ .....	16
3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2009/2010 ГГ. ....	24
4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК .....	31
5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ .....	33
6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА .....	43
7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ .....	45
8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ .....	50
9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ .....	53
10. ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ .....	60
ВЫВОДЫ.....	64

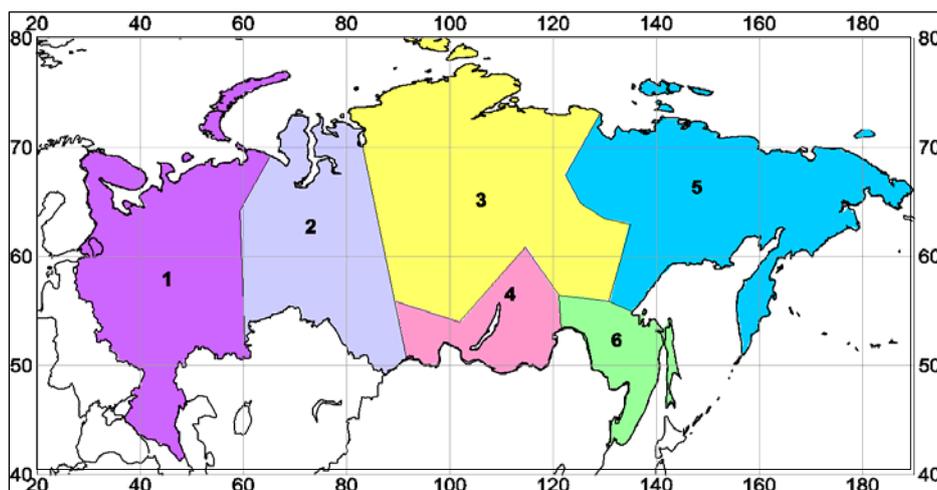
## ВВЕДЕНИЕ

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации является официальным изданием Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В докладе приводится информация о состоянии климата Российской Федерации и ее регионов в 2010 году, в целом и по сезонам, данные об аномалиях климатических характеристик и экстремальных погодных и климатических явлениях. Аномалии определены как отклонения наблюдаемых значений от «нормы», за которую принято многолетнее среднее за базовый период (1961-1990 гг., по рекомендации ВМО). Все оценки, приведенные в Докладе, получены на основе данных гидрометеорологических наблюдений на станциях государственной наблюдательной сети Росгидромета (ссылки на списки используемых станций приведены в соответствующих разделах Доклада).

Для характеристики климатических изменений в Докладе приведены временные ряды климатических переменных (температура приземного воздуха, атмосферные осадки, высота снежного покрова, протяженность морского льда и др.) за достаточно длительный период времени, кончающийся 2010 годом. Временные ряды приводятся, как правило, для средних годовых и сезонных аномалий рассматриваемых величин, осредненных по всей территории России и по территории крупных физико-географических регионов (рис.1).

Впервые в Докладе за 2010 год приведены данные о вскрытии и замерзании рек на территории России. Отдельным приложением в июле 2011 г. будет размещен обзор особенностей водных ресурсов в 2010 г.



**Рисунок 1** – Физико-географические регионы России, рассматриваемые в Докладе:  
1 - Европейская часть России (ЕЧР), 2 - Западная Сибирь, 3 - Средняя Сибирь,  
4 - Прибайкалье и Забайкалье, 5 – Восточная Сибирь (включая Чукотку и Камчатку),  
6 - Приамурье и Приморье (включая Сахалин)

Доклады за предыдущие годы размещены на Интернет-сайте Росгидромета: <http://www.meteorf.ru>. Дополнительная информация о состоянии климата Российской Федерации и **сезонные** бюллетени мониторинга климата размещаются на Интернет-сайтах ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН (<http://climatechange.su>) и ГУ ВНИИГМИ-МЦД ([http://www.meteo.ru/climate\\_var](http://www.meteo.ru/climate_var)). Данные о радиационном режиме размещены на сайте ГУ ГГО <http://wrdc.mgo.rssi.ru>. Данные о гидрометеорологическом режиме полярных областей и о морских льдах представлены на сайте ГУ ААНИИ <http://www.aari.ru/main.php>.

## 1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Приводимые ниже оценки получены по данным наблюдений о температуре приземного воздуха месячного разрешения на сети 455 метеостанций России, стран СНГ и Балтии (каталог станций см. на сайте <http://climatechange.su>), из которых 310 станций – российские. Наряду с полями точечных оценок, рассматриваются усредненные оценки для календарных сезонов и года в целом, а также их региональные обобщения для всей территории Российской Федерации и ее физико-географических регионов. Зимний сезон включает декабрь предыдущего года. Среднегодовые значения относятся к календарному году, т.е. к интервалу времени с января по декабрь рассматриваемого года.

Временные ряды регионально осредненных температурных характеристик приводятся лишь с 1936 года, так как к 1936 году сформировалась основная сеть метеорологических наблюдений на постсоветской территории. До этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных. Для пространственного осреднения используется двухступенчатая процедура взвешенного осреднения, с предварительным переходом к аномалиям и к сеточным данным. Аномалии рассчитываются как отклонения от средних за рекомендованный ВМО базовый период 1961-1990 гг. Взвешивание сеточных данных производится пропорционально представляемой ими площади в области осреднения. В осреднении участвуют все станции внутри региона и влияющие станции смежных территорий, находящиеся в непосредственной близости от границ региона.

Оценки условий 2010 г. получены по данным оперативных станционных сводок КЛИМАТ, своевременно поступивших по каналам связи в оперативном потоке (262 из 310 российских станций используемой сети). Данные о внутримесячных изменениях температуры в очагах крупных аномалий приведены на основе 8-срочных наблюдений, поступающих по каналам связи в виде сообщений СИНОП (каталог станций см. на сайте <http://www.meteo.ru>).

### *Особенности температурного режима в 2010 г.*

В среднем по территории России, среднегодовая температура приземного воздуха в 2010 году превысила «норму» 1961-1990 гг. на 0.65°C, что на 0.11°C выше температуры 2009 года (табл. 1.1). Самым теплым для России был 2007 год (аномалия температуры +2.06°C), за ним – 1995 (аномалия +2.04°C) и 2008 (аномалия +1.88°C).

**Таблица 1.1** – Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха, осредненные по территории регионов России, в 2010 году:

*$\nu T$ , °C - отклонения от средних за 1961-1990 гг.;*

*R – ранг текущих значений в ряду убывающих температур за 1936-2010 гг.*

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T$	R	$\nu T$	R	$\nu T$	R	$\nu T$	R	$\nu T$	R
Россия	0.65	22	<b>-2.09</b>	<b>68</b>	0.74	21	<b>1.83</b>	<b>1</b>	<b>1.86</b>	<b>5</b>
Европейская часть РФ	<b>1.26</b>	<b>9</b>	<b>-2.15</b>	<b>66</b>	<b>1.81</b>	<b>5</b>	<b>3.64</b>	<b>1</b>	1.53	11
Западная Сибирь	-0.70	59	<b>-6.39</b>	<b>74</b>	0.76	28	-0.02	45	<b>2.22</b>	<b>7</b>
Средняя Сибирь	0.29	35	-2.43	62	1.00	22	0.76	21	1.80	16
Прибайкалье и Забайкалье	-0.12	46	<b>-2.76</b>	<b>69</b>	-1.19	60	<b>1.43</b>	<b>6</b>	1.52	12
Приамурье и Приморье	0.94	12	1.20	18	-0.96	57	<b>1.80</b>	<b>1</b>	<b>1.60</b>	<b>6</b>
Восточная Сибирь	<b>1.69</b>	<b>3</b>	1.30	15	0.59	30	<b>2.10</b>	<b>2</b>	<b>2.41</b>	<b>6</b>

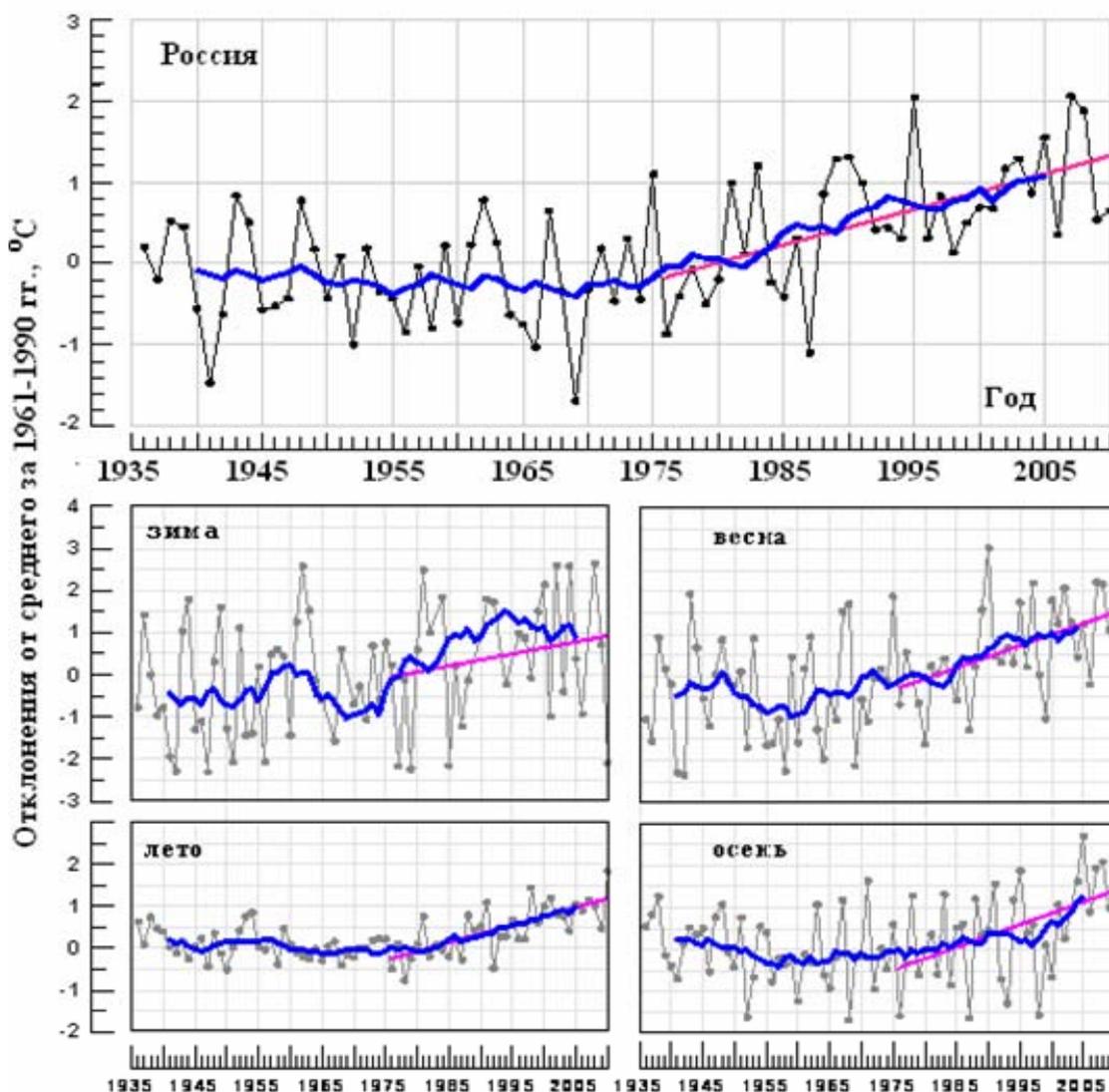
*Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых холодных или самых теплых лет за 1936-2010*

По уровню аномальности температурного режима в целом по России, 2010 и 2009 гг. оказались на 22-м и 23-м местах по рангу теплых лет, т.е. рядом и достаточно далеко от

экстремально жарких; оба эти года могут быть квалифицированы как «незначительно теплее нормы» (рис. 1.1).

Однако, как следует из таблицы 1.1, 2010 год сложился из экстремально холодной зимы (8-е место по рангу холодных лет), рекордно жаркого лета (впервые с 1936 года) и экстремально теплой осени (5-е место по рангу теплых лет). Рассмотрение региональных оценок в табл. 1.1 создает еще более яркую картину экстремумов, поскольку во все три сезона экстремумы охватывали почти всю российскую территорию, кроме Восточной Сибири и Приамурья (зимой), Западной Сибири (летом и осенью) и Средней Сибири (осенью).

В 2009 г., напротив, все сезоны были «незначительно теплее нормы» (с рангами от 16 до 29), и ни один не относился к экстремальным не только в среднем по России, но и по каждому из рассматриваемых регионов).



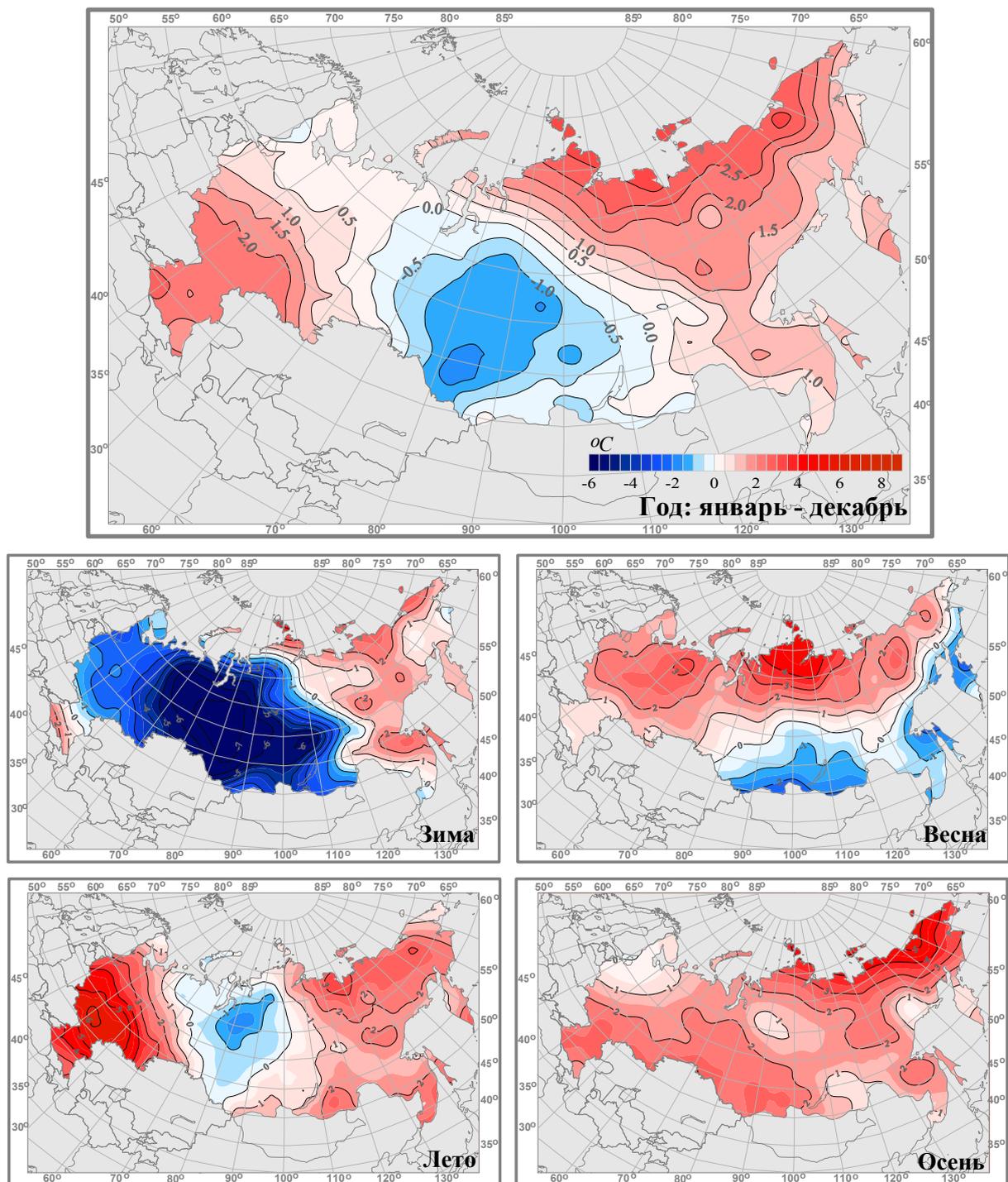
**Рисунок 1.1** – Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории Российской Федерации, 1936-2010 гг.

*Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2010 гг.*

Региональные экстремумы 2010 г. (для рекордных аномалий в скобках указано числовое значение аномалии 2010 года, а для экстремумов с рангом 2 приводится еще и «главный» экстремум):

- холодная зима в Западной Сибири ( $-6.4^{\circ}\text{C}$ , после  $-9.5^{\circ}\text{C}$  в 1969);
- жаркое лето в регионах ЕЧР ( $+3.6^{\circ}\text{C}$ ), Приамурье и Приморье ( $+1.8^{\circ}\text{C}$ ), Восточная Сибирь ( $+2.10^{\circ}\text{C}$ , после  $+2.2^{\circ}\text{C}$  в 1991 г);
- жаркий май в регионах ЕЧР ( $+3.3^{\circ}\text{C}$ ), Восточная Сибирь ( $+3.6$ );
- жаркий июнь в регионе Приамурье и Приморье ( $+3.6^{\circ}\text{C}$ );
- жаркий июль в регионах ЕЧР ( $+5.83^{\circ}\text{C}$ ), Восточная Сибирь ( $+3.7$ );
- жаркий август в регионе ЕЧР ( $+3.93^{\circ}\text{C}$ , после  $+3.94$  в 1972 г.).

Пространственные распределения средних годовых и сезонных аномалий температуры 2010 года представлены на рисунке 1.2.

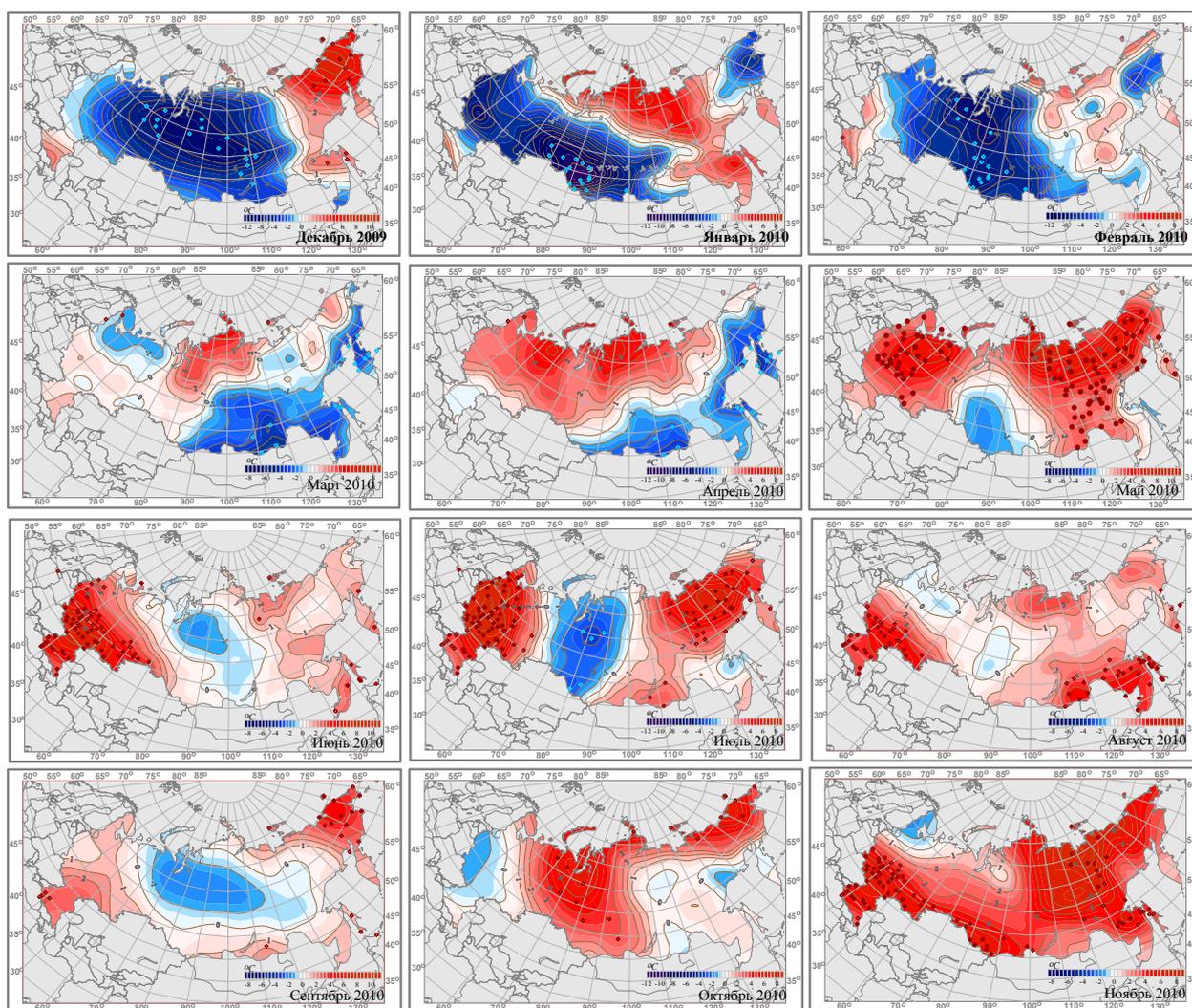


**Рисунок 1.2** – Поля аномалий средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2010 г. (отклонения от средних за 1961-1990 гг.)

В поле среднегодовых аномалий (верхний фрагмент рис. 1.2) выделяются две большие области тепла, разделенные обширным очагом отрицательных аномалий, охватившим всю Западную Сибирь (за исключением ее северных районов), южную часть Красноярского края и Прибайкалье. Одна из областей тепла занимает всю территорию ЕЧР (очень слабые аномалии севернее 60 °с.ш. повышаются к югу до +2.5°С), другая – всю Восточную Сибирь (с максимальными аномалиями до +3°С вдоль северного побережья).

Переходя к рассмотрению географических особенностей температурного режима в России в течение 2010 года, следует отметить, высокую пространственную связность наблюдаемых аномалий, их повышенную интенсивность и большую пространственную протяженность, так что на всей территории России ни в одном из сезонов, как и на годовой карте, не выделяется более трех связных областей. Осенью таких областей всего одна, т.к. отрицательные аномалии отсутствуют.

Эта особенность в значительной степени присуща и среднемесячным полям, представленным на рисунке 1.3. Учитывая высокую аномальность температурных условий 2010 года, на рисунках «пустыми» ромбами указано местоположение станций, на которых осуществились 5%-ые экстремумы (соответствующие отрицательные аномалии ниже 5%-процентиля, а положительные – выше 95%-процентиля). Залитые ромбы соответствуют «рекордным» экстремумам (выше максимума или ниже минимума за период 1936 – 2009 гг.).



**Рисунок 1.3** – Поля аномалий среднемесячной температуры приземного воздуха на территории России с декабря 2009 г. по ноябрь 2010 г. (отклонения от средних за 1961-90)

**Зима.** На большей части ЕЧР (кроме территории Южного округа в декабре и юго-западных приграничных районов России в феврале) и в Западной и Средней Сибири зима 2009/10 г. была холодной в течение всех трех месяцев. В феврале область отрицательных аномалий охватила огромную территорию от северо-западных границ России до Якутии.

Единственная в декабре область тепла в Дальневосточном регионе в январе сместилась к западу, распространившись на Таймыр, Якутию, Хабаровский и Приморский края, и разрушилась в феврале.

Самыми морозными оказались январь и февраль в Западной Сибири (среднемесячные аномалии  $-6.15$  и  $-6.53^{\circ}\text{C}$ ). Для региона Западная Сибирь февраль стал третьим по рангу холодных лет. Максимальные аномалии среднемесячных температур достигали  $-10$  (на Алтае и Чукотке) и  $-11^{\circ}\text{C}$  (в Ямало-Ненецком АО). В феврале суточные аномалии достигали  $-22^{\circ}\text{C}$ . В крайних северо-восточных районах ЕЧР температура воздуха понижалась до  $-52^{\circ}\text{C}$ , что ниже абсолютного минимума температуры для февраля за весь период наблюдений. На метеостанции Хоседа-Хард в Ненецком автономном округе достигнут второй минимум температуры воздуха, когда-либо зарегистрированный в Европе  $-57.0^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум  $-58.1^{\circ}$  принадлежит ст. Усть-Шугур (Республика Коми) и относится к декабрю 1978 г.

**Весна** была теплой для России в целом (аномалия  $0..74^{\circ}\text{C}$ ). Очень тепло на Таймыре и на севере Среднесибирского плоскогорья. Здесь сезонные аномалии достигали  $+5.5^{\circ}\text{C}$  и более, тогда как на территории ЕЧР они едва превысили  $3^{\circ}\text{C}$ .

Холодно на юге Сибирского и Дальневосточного ФО, аномалии в центре очага не достигают  $-2.0^{\circ}\text{C}$ .

На этом фоне выделяется рекордно жаркий май, когда практически на всей территории страны, кроме холодного Прибайкалья и Забайкалья, располагалась область высоких положительных аномалий. Среднемесячная аномалия в среднем по России составила  $+2.24^{\circ}\text{C}$  (ранг 1). Май 2010 года был самым теплым с 1936 г. также и для регионов ЕЧР и Восточная Сибирь, где месячные аномалии превысили  $+6^{\circ}\text{C}$ , а аномалии среднесуточных температур в отдельных районах достигали  $7-11^{\circ}\text{C}$ . В результате, на 130 станциях осуществились экстремальные аномалии выше 90%-процентиля, в т.ч. на 27 станциях превышен предыдущий максимум среднемесячной температуры, и еще на 66 станциях зафиксированы 5%-ые экстремумы тепла, а на 37 станциях – 10% экстремумы. Напомним, что осуществление  $p\%$ -го экстремума тепла означает, что наблюдаемая температура оказалась выше  $p\%$ -го процентиля, притом, что процентиля определялись по временным рядам за 1936-2009 годы.

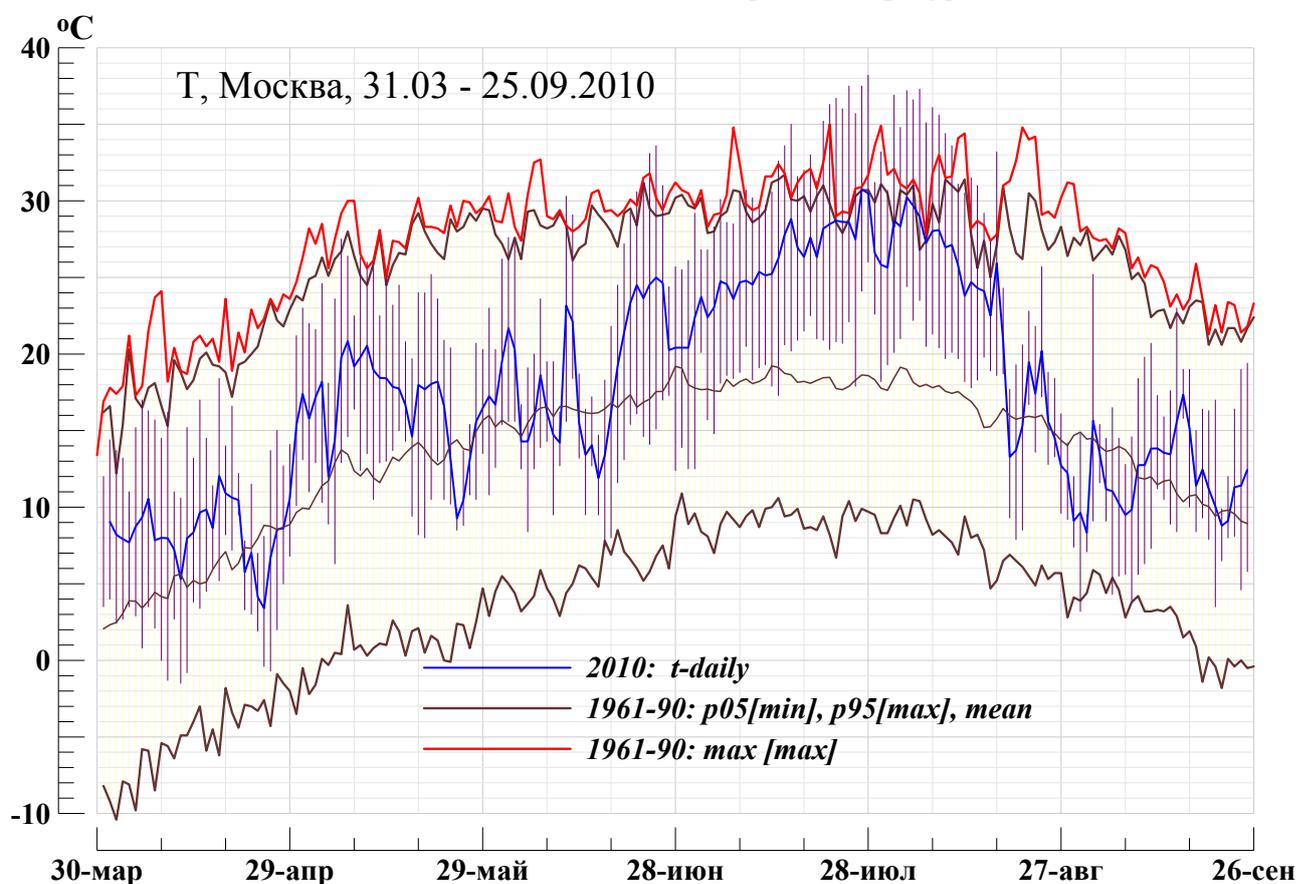
**Лето.** Жаркое лето 2010 года в России отмечается как одна из самых крупных в мире климатических аномалий текущего года. По существу, май был прелюдией этой летней жары. Для России в целом и регионов ЕЧР и Приамурье и Приморье таким жарким лето было впервые, для Восточной Сибири – это второй максимум, не дотянувший до рекордного 1991 года всего  $0.1^{\circ}\text{C}$ . На 67 станциях страны столь высокие температуры летнего сезона наблюдались впервые (из них 54 станции располагались в регионе ЕЧР, пять – в регионе Восточная Сибирь, восемь – в Приамурье и Приморье). Особенно жарко было на территории ЕЧР и Южного Урала, где сезонные аномалии температуры превысили  $6^{\circ}\text{C}$ .

Между очагами тепла, на территории Западносибирской низменности, сформировалась большая область небольших отрицательных аномалий температуры (в сезонном осреднении – до  $-1.5^{\circ}\text{C}$ ), которая сохранялась в течение всего сезона, но была наиболее активна на Урале и в Западной Сибири в июле. В августе сформировалась дополнительная область очень слабых отрицательных аномалий (до  $-0.8^{\circ}\text{C}$ ) в северной части ЕЧР

Таким образом, основной климатической особенностью летнего сезона 2010 г. были две области необыкновенной жары – на ЕЧР и в Восточной Сибири.

Восточно-сибирская область положительных аномалий оформилась в мощный очаг тепла только к июлю. В Якутии аномалии температуры достигали 6°C, на 41 станции температура была выше 90% процентиля, а на 17-ти из них такие высокие температуры наблюдались впервые. Так, на станции Омолон новый максимум июльских температур +19.6°C (аномалия 6.1°C), превысил предыдущий максимум на 1.7°C (17.9°C, наблюдался в 2003). Для региона Восточная Сибирь июль стал рекордно жарким (аномалия 3.74°C). В августе аномалии температуры в Дальневосточном ФО не превышали 3°C. На 21-ой станции Тихоокеанского побережья температура была выше 90% процентиля, и только на четырех из них такие высокие температуры наблюдались впервые.

На рисунке 1.4 на примере станции Москва показаны календарные особенности температурных условий летнего сезона 2010 года. Ежедневные данные наблюдений за температурой воздуха в Москве (минимальной, среднесуточной и максимальной) в 2010 г. совмещены здесь с 30-летними статистиками этих трех температур за 1961-1990 гг.



**Рисунок 1.4** – Ход ежедневных температур в Москве летом 2010 г. на фоне календарных статистик 1961-1990 гг.:

*а) черные кривые - «хвостовые» процентиля ежедневных минимумов (5%) и максимумов (95%) по данным за 1961-1990 гг.; б) синяя кривая - среднесуточная температура; в) вертикальные отрезки – суточный размах температуры (от  $T_{min}$  к  $T_{max}$ ); г) красная кривая – абсолютный максимум температуры за 1961-1990 гг.*

Можно видеть, что дневные температуры держались выше 95%-процентиля непрерывно с 8 июля до 17 августа, т.е. подряд 41 день. При этом с 14 июня по 10 августа (27 дней) они превышали также и календарные ежедневные максимумы 1961-1990 гг. с одним 3-дневным перерывом с 29 по 31 июля. 28 июля 2010 г. в Москве зафиксирован новый абсолютный максимум температуры 38.2°C – прежний максимум 35 градусов наблюдался 21.07.1981 (по некоторым данным +35.3 °C). Интересно, что максимальная

длительность выброса дневных температур за 95%-процентиль в памятном 1972 году была только 8 дней, а выбросов за календарные максимумы не было вовсе.

Эпицентром летней жары 2010 года в России следует считать, по-видимому, центр и юг ЕЧР в июне-июле. Здесь жара началась в мае и продолжалась в августе, но особенно интенсивная жара началась с третьей декады июня, особенно в Центрально-Черноземной области (ЦЧО). Среднесуточные температуры воздуха превышали климатическую норму на 7-11°C, максимальные температуры в дневные часы достигали 33-38°C, в Астраханской области 40-41°C. В течение июля удерживались ежедневные температуры воздуха более 30°C. Во всех федеральных округах ЕЧР июльская среднемесячная температура воздуха достигла абсолютного максимума.

В Центральном ФО аномалии температуры в июле-августе достигали 7.5-8.0°C. Так, в Москве средняя июльская температура составила 25.8°C (аномалия 7.8°C) и на 2.0°C перекрыла предыдущий рекорд 1938 года (23.8°C). В Курске средняя августовская температура составила 25.0°C (аномалия 7.4°C), что на 2.2°C выше прежнего рекорда 22.8°C (1937 год). Всего, из 262 использованных в анализе станций России, в 2010 году были зафиксированы новые летние рекорды среднемесячных температур: в июне – на 10 станциях, в июле – на 56, а в августе – на 27 станциях.

**Осень.** Тепло на всей территории страны. Для России в целом осень с аномалией 1.86°C была 5-ой по рангу теплых лет с 1936 г. Наиболее крупные положительные аномалии (до 4°C) наблюдались на азиатском побережье Северного Ледовитого океана (особенно на побережье Восточно-Сибирского моря), вдоль южных границ России и в Хабаровском крае. Как уже отмечалось, на карте сезонных аномалий нет ни одной отрицательной области.

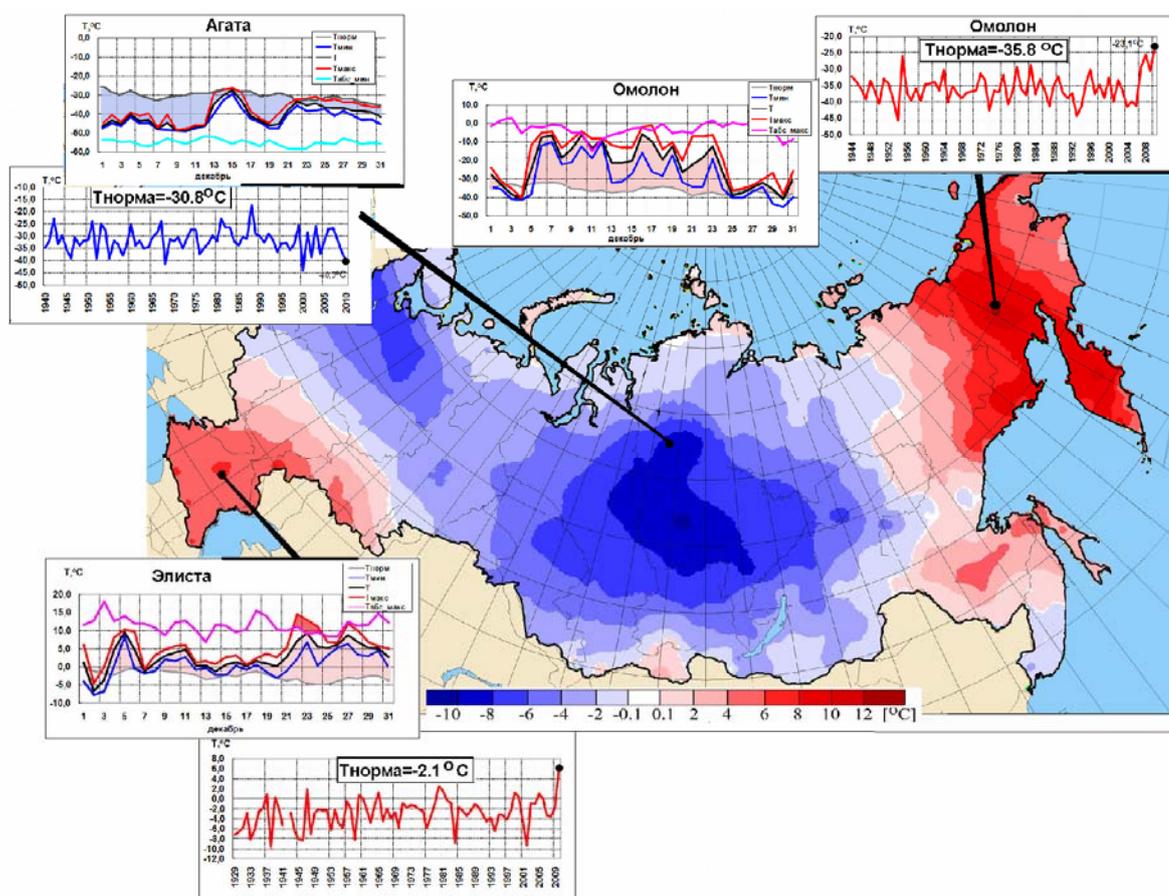
Межмесячные колебания температуры осенью были весьма существенны. В сентябре обширная территория в центре страны (на севере и в центре Западносибирской низменности и Среднесибирского плоскогорья) занята областью отрицательных аномалий до -1.5°C. Тепло на территории ЕЧР (особенно в Южном ФО, аномалии до 3.0-3.5°C). Очень тепло на Чукотке и Сахалине. Аномалии достигали 5°C, на девяти станциях установлены новые максимумы сентябрьской температуры.

В октябре, напротив, очаг положительных аномалий с центром в районе Обской губы (аномалии более 6°C) охватил всю территорию от Карелии до Иркутской области и побережье Северного Ледовитого океана, включая Чукотку (с аномалиями выше 5°C). На 30 станциях Западной Сибири и на 12 станциях Чукотки температура была выше 90% процентиля. Холодно с аномалиями до -1.5 °C на западе ЕЧР и на побережье Охотского моря.

В результате, теплая осень на всей территории России сложилась, в основном, за счет очень теплого ноября. Для России в целом ноябрь с аномалией 3.65°C стал 3-им по рангу теплых лет с 1936 г. Более теплым ноябрь был в 2005 и 1978 годах. На всей территории страны (за исключением Кольского полуострова) аномалии температуры были положительные (выше 5°C на юге ЕЧР и на Алтае, и выше 7°C на севере Якутии). На 75 станциях страны значения температуры попали в категорию 5%-ых максимумов, из которых на 23 станциях юга ЕЧР и на семи станциях Дальнего Востока такие высокие ноябрьские температуры наблюдались впервые. Для Приамурья и Приморья ноябрь стал 3-м в ряду убывающих температур с 1936 года.

В декабре 2010 г. на территории России сформировался мощный очаг холода с двумя ядрами – над северо-западными районами ЕЧР и центральными районами Восточной Сибири, где аномалии среднемесячной температуры воздуха достигали -6...-7°C и -8...-10°C, соответственно (рис. 1.5). На юге ЕЧР декабрь был теплым, аномалии среднемесячной температуры в отдельных районах превышали 7-8°C. На черноморском побережье дневная температура достигала +25 °C. В Элисте декабрь 2010 г. стал самым теплым за всю историю инструментальных наблюдений на станции (см. врезку на рис.

1.5). Еще более мощный очаг тепла сформировался над северо-восточными районами Дальнего Востока – в Магаданской области, Чукотском АО и Камчатском крае. Аномалии среднемесячной температуры в отдельных районах этих субъектов Российской Федерации превышали  $10^{\circ}\text{C}$ . На метеостанции Омолон среднемесячная температура воздуха составила  $-23.1^{\circ}\text{C}$  при норме  $-35.8^{\circ}\text{C}$ .



**Рисунок 1.5** – Распределение аномалий среднемесячной температуры воздуха на территории России в декабре 2010 г. На врезках: ряды среднемесячной декабрьской температуры воздуха и ход среднесуточной температуры в декабре 2010 г. на метеостанциях Элиста (внизу), Агата (вверху, слева) и Омолон (вверху справа)

### *Многолетние изменения температуры воздуха*

Временные ряды средних годовых аномалий температуры, осредненных по территории России в целом и по ее физико-географическим регионам, приведены на рисунках 1.1 и 1.6 за период с 1936 по 2010 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений региональных температур на интервале 1976 - 2010 годов. Тренд рассчитан методом наименьших квадратов и выражен в градусах за десятилетие ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет).

Пространственные распределения локальных оценок трендов, рассчитанные непосредственно по данным станционных наблюдений на территории России, приведены на рисунке 1.7.

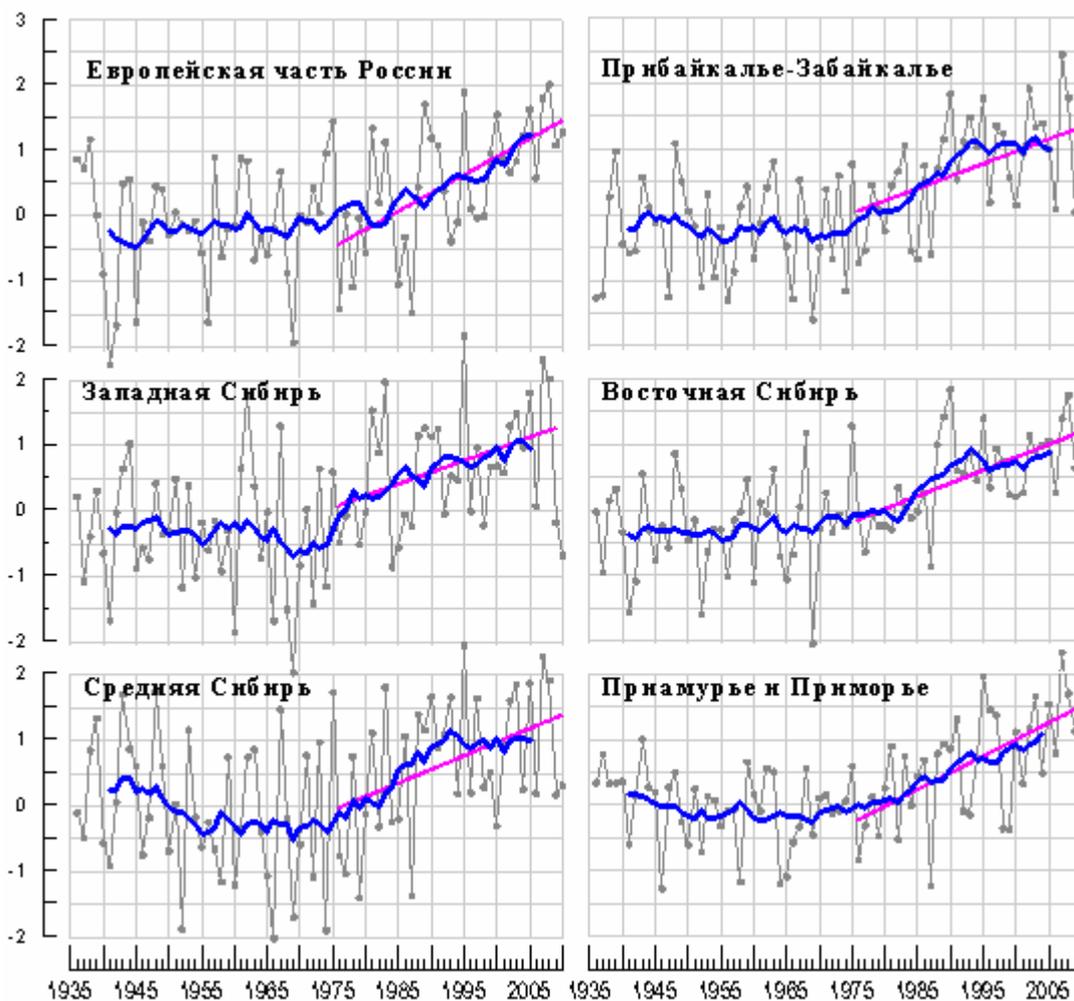
Крупные аномалии температуры воздуха в отдельные сезоны 2010 г., отмеченные выше, не привели к существенным изменениям оценок годовых трендов при переходе к периоду 1976-2010 гг. Как и в период 1976-2009 гг., линейный тренд среднегодовой температуры положителен по всем регионам. Регионы наиболее интенсивного потепления (табл. 1.1) – ЕЧР ( $0.56^{\circ}\text{C}/10$  лет) и Восточная Сибирь ( $0.51^{\circ}\text{C}/10$  лет).

Количественные оценки сезонных трендов регионально осредненных температур (табл. 1.2) несколько изменились, но общие закономерности сохранились. По-прежнему, вклад трендов в суммарную изменчивость температуры зимой статистически незначим во всех регионах даже на 5%-ом уровне значимости, тогда как летом, напротив, статистическая значимость оценок подтверждается для всех регионов, кроме Западной Сибири, на уровне значимости 0.5%.

**Таблица 1.2** – Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха для регионов России за 1976-2010гг.:

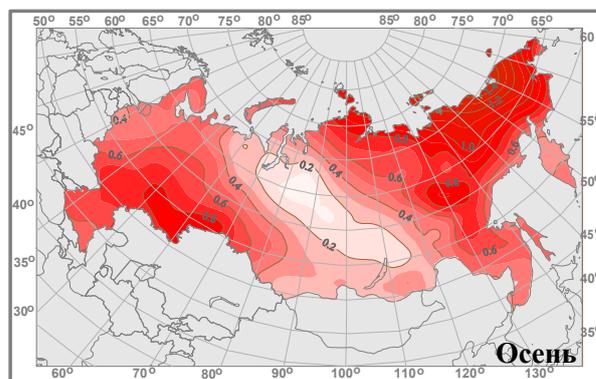
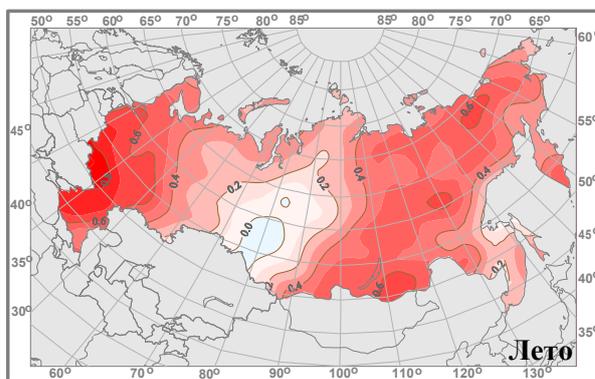
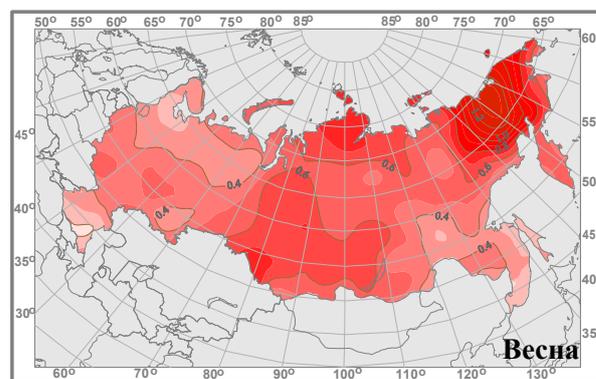
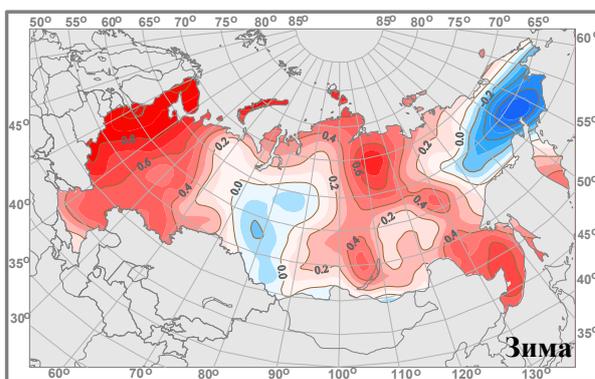
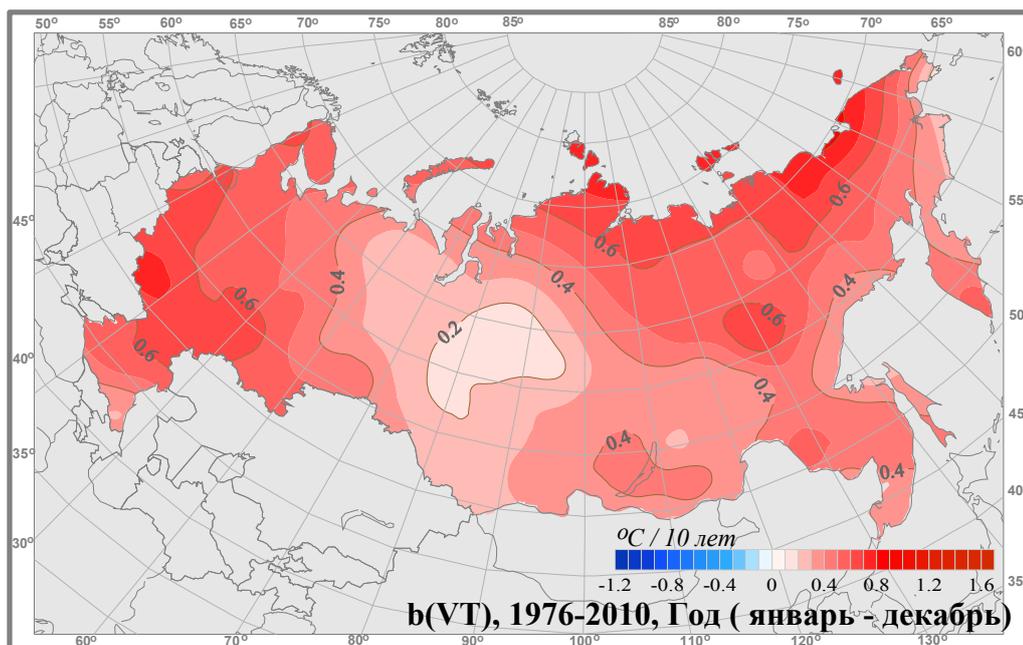
*b, °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, D% - вклад тренда в дисперсию*

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i>
<b>Россия</b>	0.44	34	0.28	3	0.53	25	0.42	52	0.54	24
<b>Европейская часть РФ</b>	0.56	36	0.62	8	0.41	14	0.57	29	0.62	24
<b>Западная Сибирь</b>	0.26	8	0.01	0	0.58	15	0.11	2	0.43	7
<b>Средняя Сибирь</b>	0.41	17	0.30	1	0.56	16	0.41	26	0.40	5
<b>Прибайкалье и Забайкалье</b>	0.38	22	0.22	1	0.54	15	0.54	42	0.28	5
<b>Приамурье и Приморье</b>	0.39	38	0.49	12	0.30	8	0.28	19	0.49	28
<b>Восточная Сибирь</b>	0.51	38	-0.07	0	0.73	27	0.49	43	0.84	41



**Рисунок 1.6** – Средние годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для регионов России за 1936-2010 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2010 гг.



**Рисунок 1.7** – Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России за период 1976-2010 гг. (в  $^{\circ}\text{C}/10$  лет)

В целом, представленные оценки указывают на продолжающуюся (по сравнению с 1976-2009 гг.) тенденцию к потеплению на всей территории страны. Однако, локальные коэффициенты линейного тренда температуры за 1976-2010 гг. (рис. 1.7) сохранились почти без изменения лишь весной, с наибольшей скоростью потепления в Западной Сибири (более  $0.6^{\circ}\text{C}/10$  лет) и на Чукотке (более  $1.2^{\circ}\text{C}/10$  лет).

В остальные сезоны оценки тренда несколько изменились. Так, зимой появилась область с отрицательными трендами до  $-0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет (тенденция к похолоданию) в Западной Сибири, а скорость потепления снизилась на территории ЕЧР до  $0.4 - 1.0^{\circ}\text{C}/10$

лет (вместо 0.6-1.4 в 1976-2009) и в Предбайкалье до 0.4°C/10 лет (вместо 0.8 в 1976-2009). Сохранилась тенденция к похолоданию на северо-востоке страны (-0.7°C/10 лет и ниже) и тенденция к потеплению в Восточной Сибири, в Приамурье и Приморье.

За счет жаркого лета 2010 г. увеличилась площадь области со значениями тренда более 0.6 - 0.8°C/10 лет в летний сезон на территории ЕЧР. Сохраняется тенденция к повышению летних температур в Восточной Сибири (0.4 - 0.6°C/10 лет) и очень слабая тенденция к похолоданию на юге Западной Сибири.

Осенью усилился тренд потепления на юге Приволжского ФО и Западной Сибири до 0.8°C/10 лет, а тенденция к потеплению в Восточной Сибири сохранилась на прежнем уровне (0.8 - 1.4°C/10 лет).

### **Выводы**

1. В среднем по территории России, среднегодовая температура приземного воздуха в 2010 году превысила норму 1961-1990 гг. на 0.65°C (22 – й ранг в ряду теплых лет), так что год может квалифицироваться как «незначительно теплее нормы». Однако сложился он из экстремально холодной зимы (8-е место по рангу холодных лет), рекордно жаркого лета (впервые с 1936 г.) и экстремально теплой осени (5-е место по рангу теплых лет). При этом во все три сезона экстремальные аномалии охватывали почти всю российскую территорию, кроме Восточной Сибири и Приамурья (зимой), Западной Сибири (летом и осенью) и Средней Сибири (осенью).

Полезно напомнить, что предшествующий 2009 год по среднегодовой температуре отличался от 2010 года всего на 0.11°C (23 по рангу теплых лет), но ни один из его сезонов не относился к экстремальным не только в среднем по России, но и по каждому из рассматриваемых регионов.

2. Жаркое лето 2010 года в России отмечается как одна из самых крупных в мире климатических аномалий текущего года. Для России в целом и для регионов ЕЧР и Приамурье и Приморье таким жарким лето было впервые, для региона Восточная Сибирь – это второй максимум, не дотянувший до рекордного 1991 года всего 0.1°C. Основной климатической особенностью летнего сезона 2010 г. были две области необыкновенной жары – в европейском и восточно - сибирском регионах.

3. Эпицентром летней жары 2010 года в России следует считать центр и юг ЕЧР в июне-июле. Здесь жара началась в мае и продолжалась в августе, но наиболее интенсивная жара началась с третьей декады июня (особенно в Центрально - Черноземной области).

В Москве 28 июля 2010 г. зафиксирован новый абсолютный максимум температуры +38.2°C. Предыдущий максимум температуры +35.3°C наблюдался 21 июля 1981 года. Здесь дневные температуры держались выше 95%-процентиля непрерывно с 8 июля до 17 августа (подряд 41 день). При этом с 14 июня по 10 августа (27 дней) они превышали также и календарные ежедневные максимумы 1961-1990 гг. с одним 3-дневным перерывом с 29 по 31 июля.

4. Тенденции изменений средней годовой температуры за период 1976-2010 гг., в сравнении с тенденциями 1976-2009 гг. существенно не изменились. По-прежнему, сохраняется тренд к повышению годовых температур на всей территории страны. В среднем по России он составляет +0.44°C/10 лет (вклад в дисперсию – 34%).

В зимнем сезоне наметились некоторые признаки замедления темпов потепления. Так, появилась дополнительная область со слабыми отрицательными трендами (до -0.2°C/10 лет) в Западной Сибири, притом что сохранилась и ранее выявленная область похолодания на северо-востоке страны (-0.7°C/10 лет и ниже); уменьшилась скорость потепления в европейском регионе (до 0.4–1.0°C/10 лет вместо 0.6-1.4) и в Предбайкалье (до 0.4°C/10 лет вместо 0.8).

Сохранилась также очень слабая тенденция к похолоданию на юге Западной Сибири летом. Несколько усилился тренд к потеплению летом на территории ЕЧР и осенью на юге Приволжского ФО и Западной Сибири.

## 2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Приводимые в данном разделе оценки, получены по данным стационарных наблюдений месячного разрешения (своевременно полученным с каналов связи в оперативном потоке). Данные усреднены внутри календарных сезонов каждого года и за год в целом. В результате, годовые и сезонные суммы осадков выражены в мм/месяц, т.е. приведены к масштабу месячных сумм осадков. Зимний сезон включает декабрь предыдущего года.

**Особенности режима осадков в 2010 г.** Количество осадков, выпавших в целом за год по всей территории России, в 2010 году было близким к норме (аномалия 0.7 мм/месяц, ранг 29). Это гораздо меньше, чем в 2009 году, когда год был одиннадцатым по рангу влажных лет с 1936 г.

В табл. 2.1 приведены значения пространственно осредненных аномалий осадков 2010 года для регионов России (годовых и сезонных) и их ранги по данным за 1936-2010 гг. Аномалии, попавшие на одно из первых 10 мест по рангу убывания осадков, выделены жирным шрифтом.

**Таблица 2.1** – Средние годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков в регионах России в 2010 году:  $\nu R$ , мм/месяц - отклонения от средних за 1961-1990 гг.;  $R$  – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2010 гг.

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu R$	$R$	$\nu R$	$R$	$\nu R$	$R$	$\nu R$	$R$	$\nu R$	$R$
Россия	0.7	29	0.5	25	0.5	34	<b>-3.0</b>	<b>68</b>	1.9	25
Европейская часть России	-2.7	60	3.2	22	0.8	36	<b>-18.0</b>	<b>73</b>	2.9	30
Западная Сибирь	-0.9	53	-0.4	43	0.1	43	-3.9	63	0.2	39
Средняя Сибирь	2.9	15	-3.4	64	-0.1	40	11.8	13	3.0	20
Прибайкалье и Забайкалье	1.0	38	0.3	39	2.7	22	-2.1	43	0.1	49
Приамурье и Приморье	<b>8.6</b>	<b>6</b>	<b>10.9</b>	<b>3</b>	7.3	13	8.7	17	-2.3	46
Восточная Сибирь	1.5	20	-3.5	48	-3.4	56	0.1	37	3.6	21

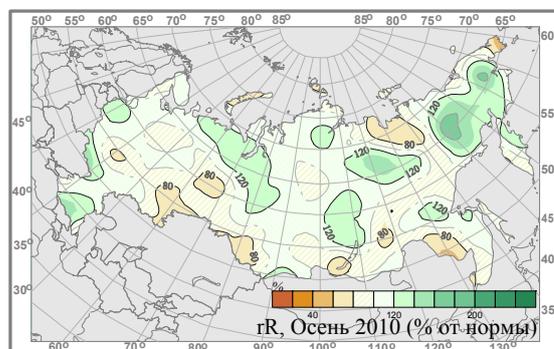
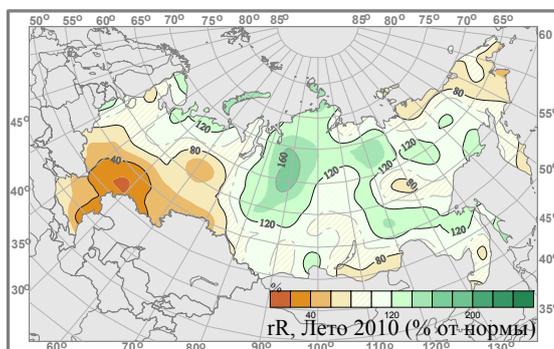
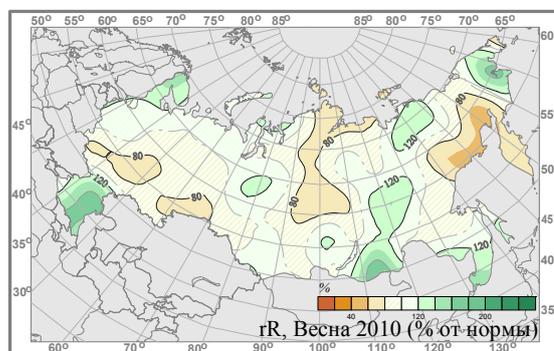
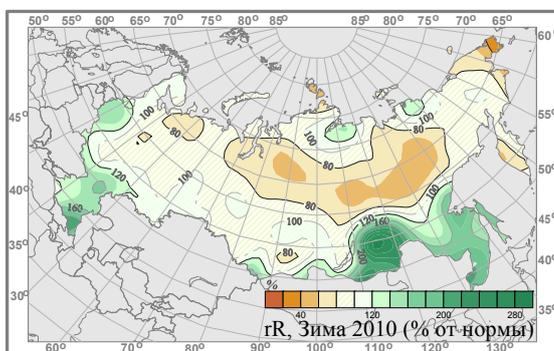
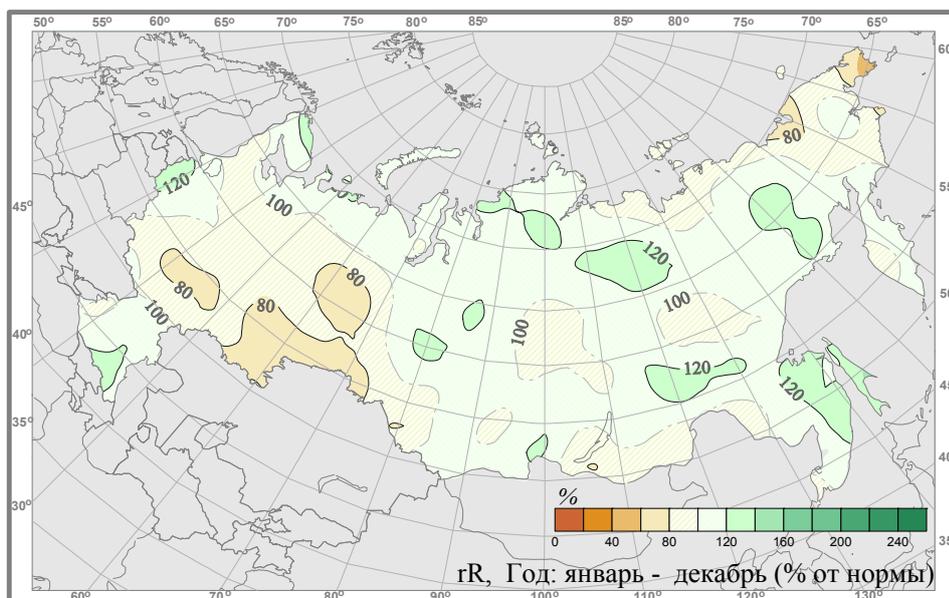
Можно видеть, что заметных аномалий в количестве выпавших в 2010 г. в России осадков (годовых и сезонных) не было. Исключением является сухое лето в регионах ЕЧР и Западная Сибирь и снежная зима в Приамурье и Приморье. При этом во все сезоны (кроме осени) текущего года осадков было меньше, чем в предыдущем 2009 году.

Лето 2010 года в целом для России попадает в число восьми самых сухих, а для региона ЕЧР оно оказалось 3-м по рангу сухих лет. Меньше осадков было лишь летом 1938 и 1972 гг. Летние осадки 2010 г. были ниже нормы во всех регионах, кроме Средней Сибири и Приамурья и Приморья.

Среди отдельных месяцев для России в целом самыми сухими были апрель и июль (3 и 2 ранги в ряду сухих лет, соответственно), самыми влажными – декабрь (самый влажный декабрь с 1936 года) и ноябрь (5 ранг в ряду влажных лет).

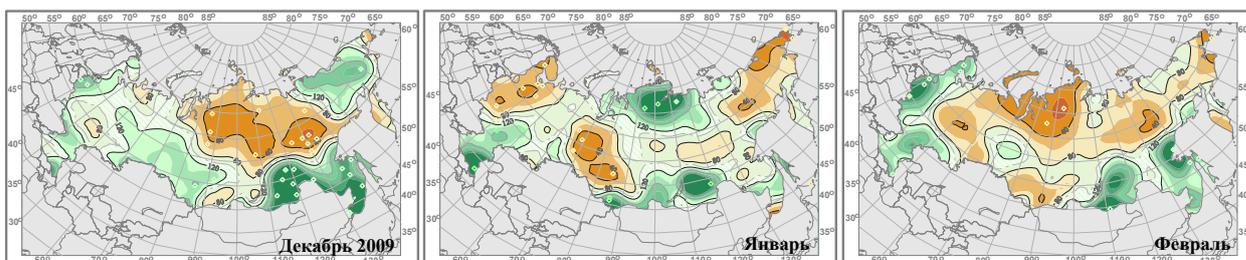
**Пространственные распределения** годовых и сезонных аномалий осадков в 2010 году представлены на рисунке 2.1 в процентах от соответствующих норм. В поле годовых сумм осадков 2010 года (верхний фрагмент рис.2.1) существенных аномалий не обнаруживается. Относительно сезонных особенностей можно отметить следующее.

**Зима.** Более двух норм осадков выпало в дальневосточном (Забайкалье, Приамурье и Приморье) и европейском (на западе и юге) регионах России. В центре азиатской части страны, от Оби до Лены, сформировалась обширная область дефицита осадков (ниже 80% нормы, местами ниже 60%).



**Рисунок 2.1** – Поля аномалий годовых и сезонных сумм осадков на территории России в 2010 г. (% от нормы 1961-1990 гг.)

Особенности пространственного распределения осадков в отдельные месяцы зимнего сезона можно проследить по рисунку 2.2.



**Рисунок 2.2** – Аномалии осадков зимнего сезона: декабрь 2009 - февраль 2010. Открытые ромбы указывают пункты осуществления 5%-максимумов, а зачерненные – осуществление «рекордных» значений (выше/ниже всех ранее наблюдавшихся в данной точке и данном месяце)

В декабре практически вся азиатская территория страны оказалась в области аномальных осадков: на севере Тюменской области и Красноярского края – дефицит осадков (до 40% нормы), на остальной территории – избыток осадков (Забайкалье, Амурская обл., Хабаровский и Приморский края, Чукотка).

В феврале большую часть территории страны заняла область дефицита осадков с центром очага на побережье Карского моря. На Таймыре выпало менее 40% нормы. На станции Волочанка осадков не выпало совсем при норме 16.1 мм/месяц.

**Весна.** Из существенных сезонных аномалий следует указать области дефицита осадков (до 40% нормы) на побережье Охотского моря и в Красноярском крае и области избытка осадков (до 160% нормы) на Северном Кавказе, в Забайкалье и на Чукотке. Однако режим осадков в течение сезона не был однородным (рис. 2.3).

В марте дефицитом осадков (40-60% нормы) была охвачена Средняя Сибирь (одноцентровый очаг), а на остальной территории России осадки либо превышали норму (на юге Сибирского ФО и на территории Чукотского АО), либо были близки к норме. В апреле на большей части России отмечался дефицит осадков (80-40% нормы). В мае значительный дефицит осадков (30-40% нормы) наблюдался на юге Приволжского и Уральского ФО. Сочетание дефицита осадков с высокой температурой привело к возникновению почвенной засухи в Пензенской и Ульяновской областях.

Большая область дефицита осадков в мае сформировалась на Чукотке и в Магаданской области. Избыток осадков (140% - 160%) отмечался на Северном Кавказе, в Карелии, в Забайкалье и в Якутии.

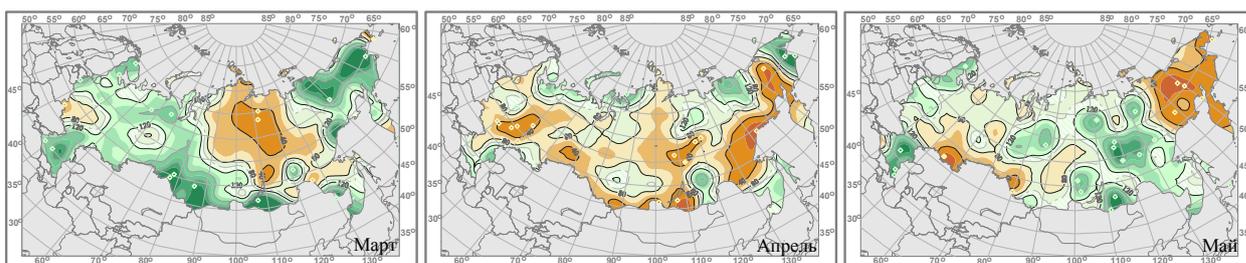


Рисунок 2.3 – См. рисунок 2.2, но для осадков весеннего сезона 2010 года

**Лето.** Обширная область дефицита осадков (80-40% нормы) располагалась в центре и на юге ЕЧР и Среднем и Южном Урале, на юго-западе Западносибирской низменности. На 33 станциях выпавшее за сезон количество осадков попало в 5%-ый минимум, а 10 из них - в абсолютный минимум.

В этих районах дефицит осадков (60-20% нормы) сохранялся в течение всех летних месяцев (рис. 2.4). В июне область дефицита осадков располагалась на юге Приволжского и Уральского ФО; в июле – распространилась почти на всю территорию ЕЧР и в западные районы Уральского ФО; в августе – охватила территорию Южного ФО и южные районы Западной Сибири. Особенно большая площадь была охвачена дефицитом осадков в июле - на 41 станции количество выпавших осадков было ниже 5% процентиля, а на 9 из них был превзойден предыдущий минимум (по данным с 1936 года).

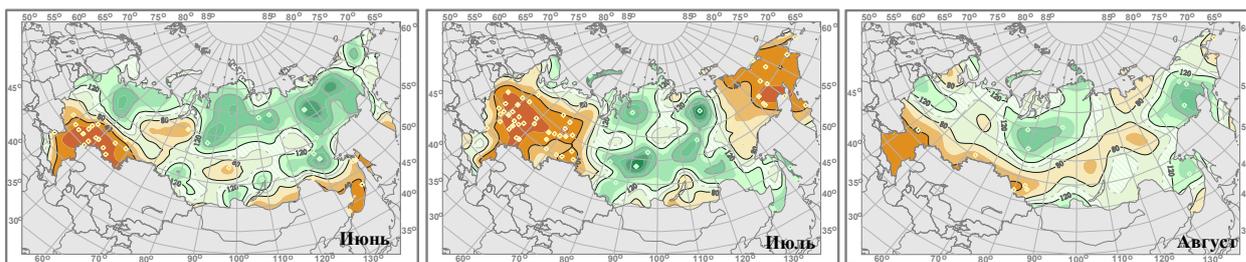


Рисунок 2.4 – см. рисунок.2.3, но для осадков летнего сезона 2010 года

Вторая область дефицита осадков (60-20% нормы) в июле располагалась в азиатской части страны восточнее 135° в.д.

Сочетание жаркой погоды с большим дефицитом осадков (менее 40% нормы) привело к гибели посевов и пожарам на больших площадях.

Между рассмотренными выше областями со значительным дефицитом осадков в Сибири находилась обширная область с избытком осадков (120-160%). На 13 станциях области осуществились 5%-максимумы осадков, в т.ч. на трех станциях такое большое количество осадков в июле выпало впервые. Много осадков выпало в Приморье и на Сахалине (местами более 2-х норм), на юге Хабаровского края и в Амурской области.

**Осень.** Осенью области с избытком осадков (более 120% нормы) отмечались в низовье Оби, в бассейне Лены, на северо-востоке страны. На остальной территории России количество выпавших осенью осадков было близко к норме.

В сентябре (рис. 2.5) в юго-восточных районах ЕЧР и в южных областях азиатской части страны еще сохранялся дефицит осадков(80-60% нормы).

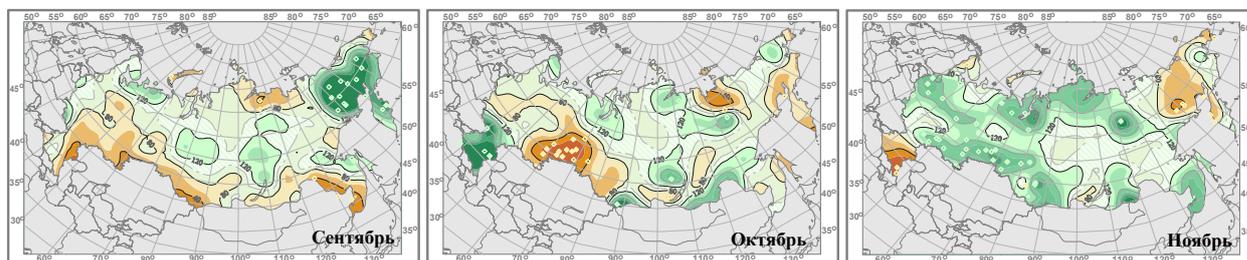


Рисунок 2.5 – см. рисунок 2.3, но для осадков осеннего сезона 2010 года

В октябре обширная область дефицита осадков (80-40% нормы) охватила Средний и Южный Урал, центральную и южную часть Западносибирской низменности. На 16 станциях области осадков выпало менее 5%-го перцентиля, а на девяти из них это количество осадков оказалось абсолютным минимумом. В ноябре область дефицита осадков сохранялась лишь в Южном ФО и в бассейне Колымы. На большей части страны преобладал избыток осадков. Наблюдалось несколько областей с избытком осадков (более 160% нормы): на ЕЧР, в Западной и Средней Сибири, в Приамурье и Приморье. На 34 станциях страны количество выпавших осадков было больше 95% перцентиля, а на 11 из них так много осадков в ноябре выпало впервые. Ноябрь 2010 года для России в целом оказался 5-м по рангу влажных лет.

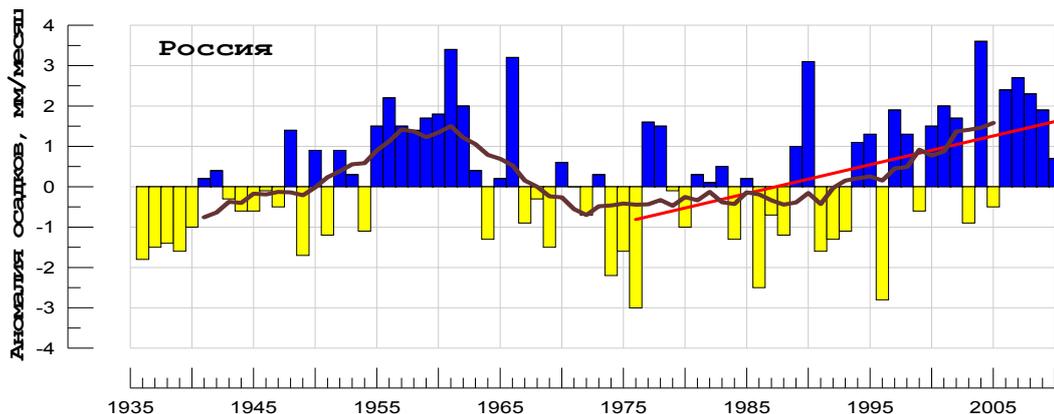
**Декабрь** 2010 г. стал самым «влажным» для России в целом за период с 1936 года (аномалия 11.8 мм/месяц). В центральных районах ЕЧР, в южных районах Сибири, в Забайкалье количество выпавшего снега превысило норму более чем на 80%. В Приамурье и Приморье, в Магаданской области и на Камчатке месячная норма превышена в 3-4 раза, а в некоторых пунктах - в 4-5 раз. Так, в Поронайске выпало 215мм осадков, что более 5 месячных норм.

Большая область дефицита осадков 80-40% нормы охватывала центральные районы Красноярского края и западную часть Якутии. Небольшие области с осадками менее 80% нормы отмечались на северо-западе ЕЧР и в Чукотском АО.

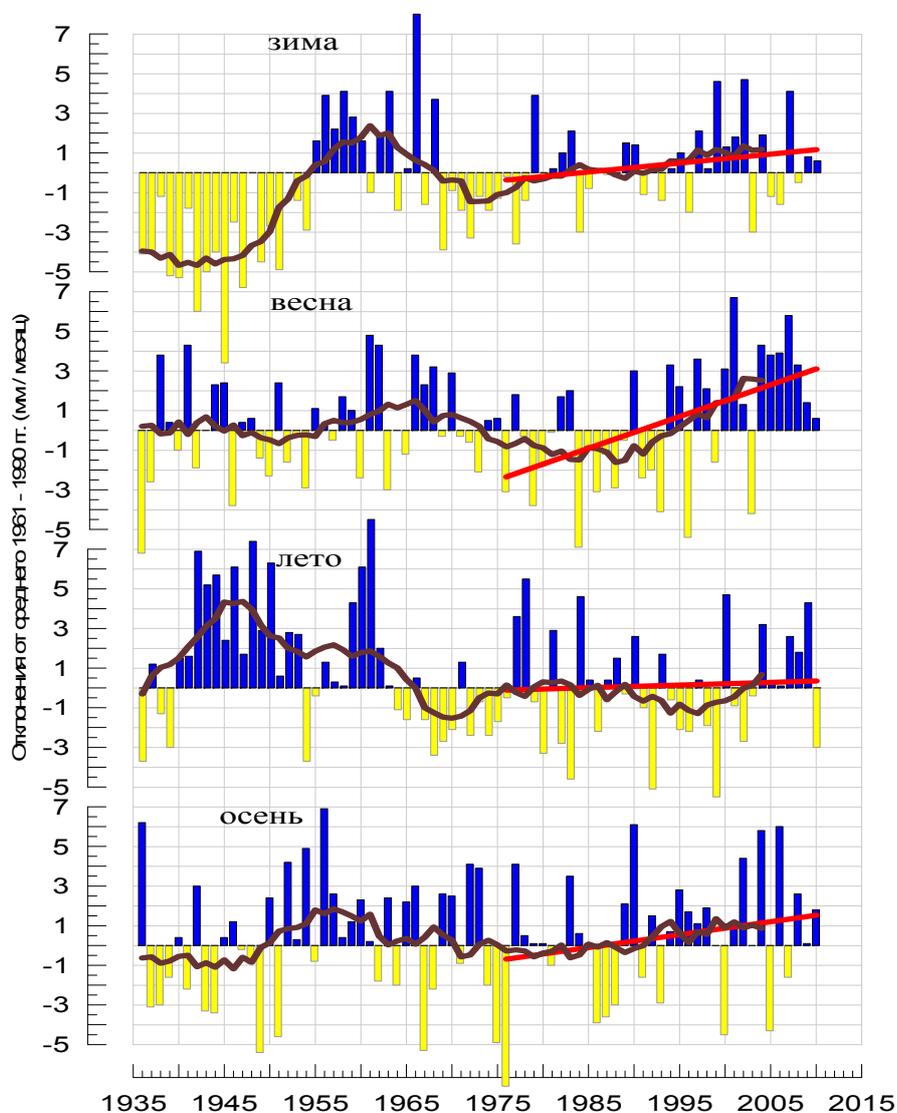
### **Многолетние изменения атмосферных осадков**

Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (мм/месяц), осредненных по территории России и ее физико-географических регионов, представлены на рисунках 2.6 – 2.8. Сглаженный ход соответствует 11-летней скользящей средней. На всех временных рядах показаны линейные тренды за 1976 – 2010 гг., оцененные методом наименьших квадратов. Числовые оценки трендов (значения коэффициентов линейного тренда и доля объясненной им дисперсии) приведены в таблице 2.2.

Тренд годовых сумм осадков за 1976-2010 гг., в среднем по России, составляет 0.71 мм/мес/10лет и описывает 19% межгодовой изменчивости (за период 1976-2009 гг. он составлял 0.85 мм/мес/10 лет при 27% объясненной дисперсии).



**Рисунок 2.6** – Осредненные по территории России аномалии годовых сумм осадков (мм/месяц) за 1936-2010 гг. Сглаженная кривая соответствует 11-летнему скользящему осреднению. Линейный тренд показан за 1976-2010 гг.



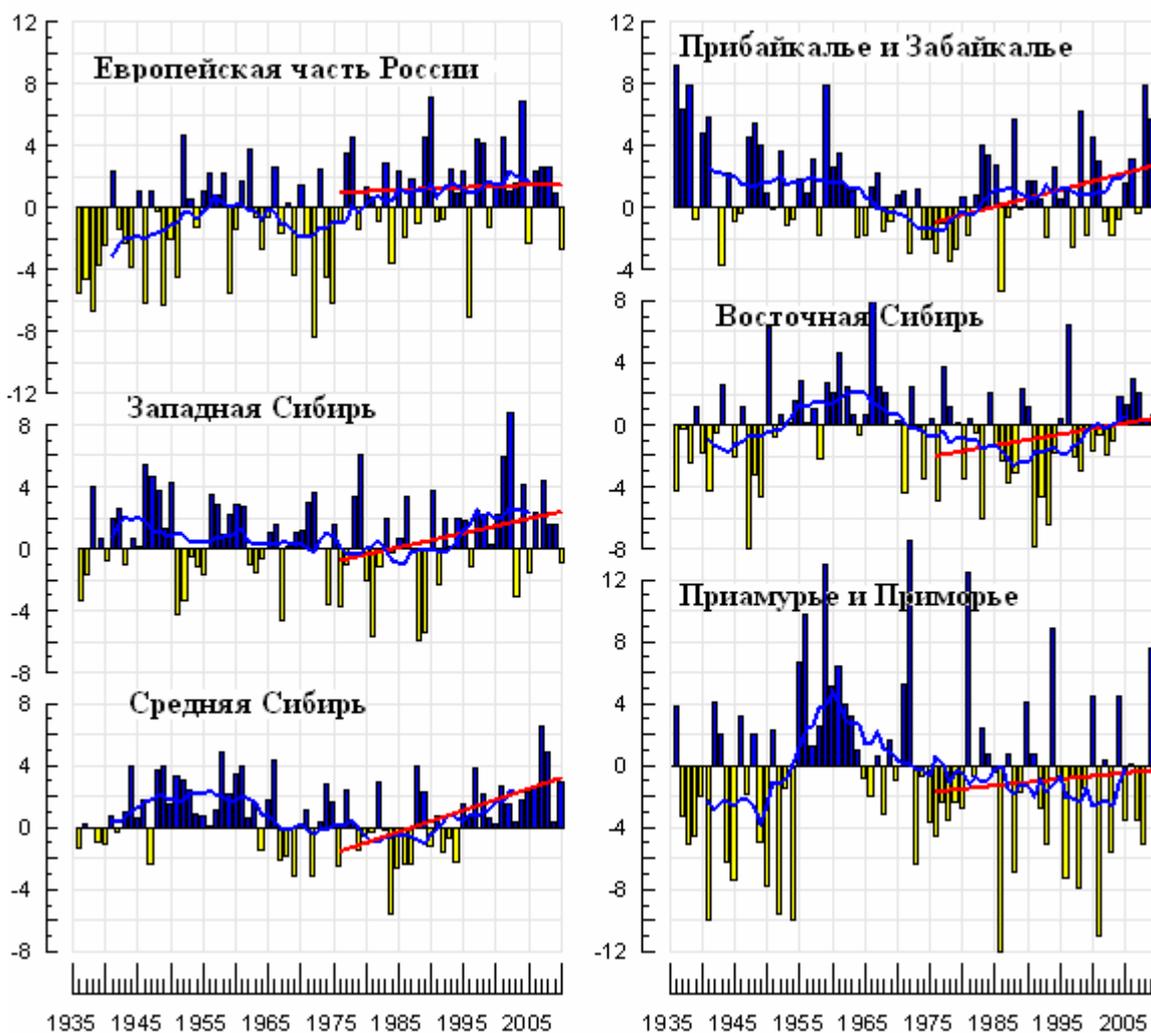
**Рисунок 2.7** – Осредненные за сезон и по территории России аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936-2010 гг. Сглаженная кривая соответствует 11-летнему скользящему осреднению. Линейный тренд показан за 1976-2010 гг.

С добавлением 2010 года существенных изменений в оценках трендов годовых и сезонных сумм осадков на территории России не произошло: хотя значения оценок для отдельных сезонов/регионов изменились, но, по-прежнему, они ответственны за слишком малую долю межгодовой изменчивости (табл. 2.2). Во все сезоны и для всех регионов страны сохранились знаки трендов. Во всех регионах сохранилась тренд к увеличению годовых осадков, но значение тренда несколько снизилась. Исключение составляет регион Приамурья и Приморья, где эта тенденция усилилась для года в целом и всех сезонов, кроме осени.

**Таблица 2.2** – Оценки линейного тренда регионально осредненных годовых и сезонных сумм атмосферных осадков на территории России за 1976-2010г.

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

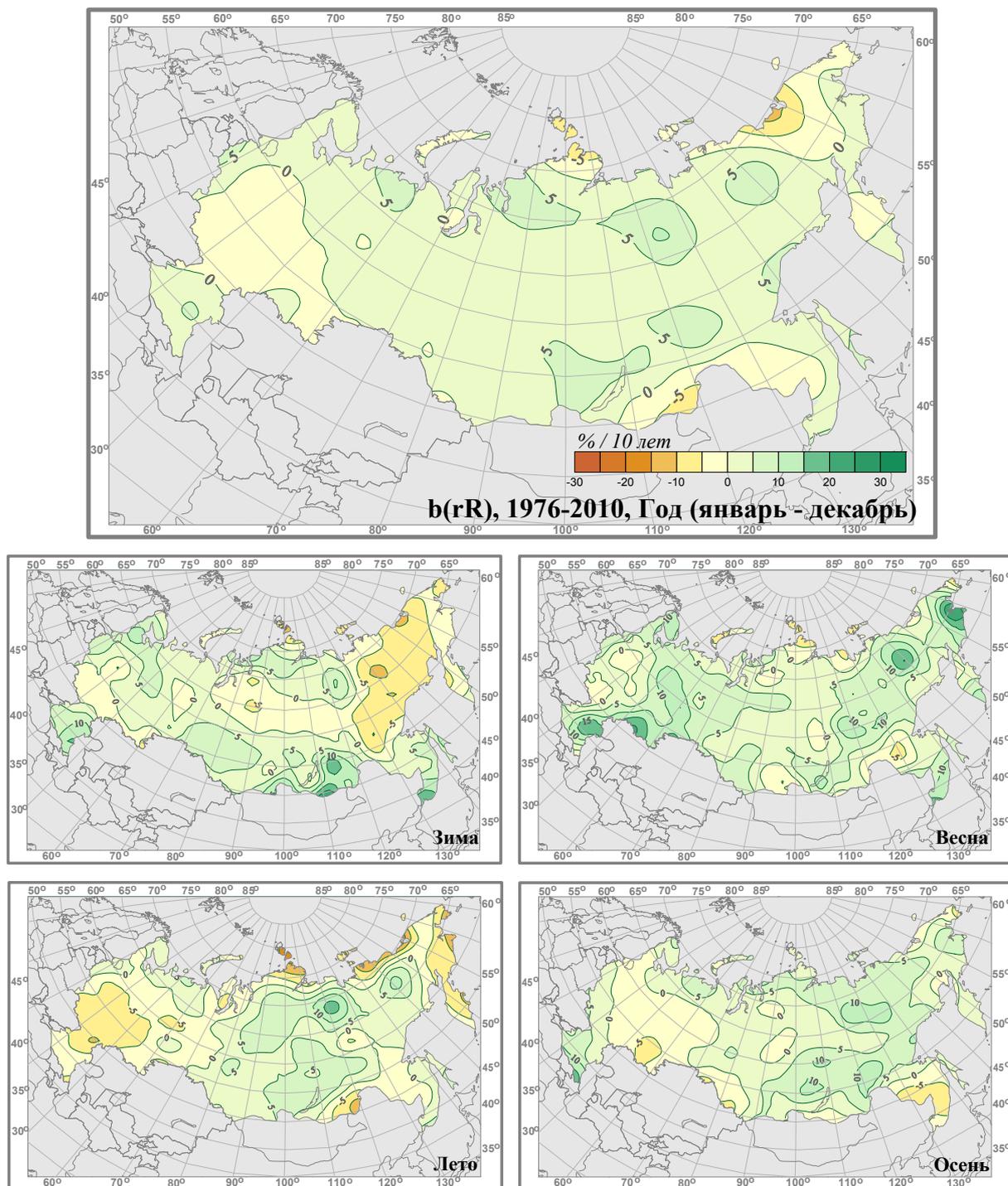
Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D%</i>								
Россия	0.71	19	0.40	4	1.48	21	-0.01	0	0.63	4
Европейская часть РФ	0.17	0	0.78	3	1.74	10	-2.26	7	0.06	0
Западная Сибирь	0.93	8	1.03	7	2.08	21	0.50	0	0.10	0
Средняя Сибирь	1.26	27	0.05	0	0.91	14	2.73	18	1.45	19
Прибайкалье и Забайкалье	1.09	14	0.44	5	0.57	2	1.41	3	1.91	17
Приамурье и Приморье	0.42	0	0.98	6	2.06	6	-0.40	0	-1.59	4
Восточная Сибирь	0.72	6	-0.78	7	1.13	15	-0.43	1	1.68	11



**Рисунок 2.8** – Осредненные по территории регионов России среднегодовые аномалии осадков (мм/месяц) за 1936-2009 гг. Сглаженная кривая соответствует 11-летнему скользящему осреднению. Линейный тренд показан за 1976-2010 гг.

На рисунке 2.9 приведены распределения локальных коэффициентов линейных трендов осадков, дающие пространственную картину современных тенденций в изменении режима осадков на территории России в течение 1976-2010 гг.

Оценки трендов получены по стационарным данным об осредненных за год/сезон месячных суммах осадков, выраженных в % от нормы (относительные аномалии). Коэффициенты трендов приведены в %/10 лет.



**Рисунок 2.9** – Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976 - 2010 гг. на территории России (в %/10 лет), в среднем за год и по сезонам.

Распределения хорошо согласуются с оценками трендов, приведенными в таблице 2.2. Так, подтверждается основной вывод о наличии тенденции к увеличению годовых сумм осадков. На территории ЕЧР и в Восточной Сибири прослеживаются отдельные

области с тенденцией к увеличению весенних осадков. В Восточной Сибири выделяются значительные по площади области с тенденцией к некоторому уменьшению осадков, в том числе: на Чукотке (зимой и летом), в Хабаровском крае (зимой), на Камчатке (летом) в Приамурье и Приморье (осенью).

### ***Выводы***

Таким образом, количество осадков, выпавших в целом за год по всей территории России, в 2010 году было близким к норме. Годовые суммы осадков ниже нормы были на территории ЕЧР и в Западной Сибири, в остальных регионах – выше нормы. Наиболее «влажным» 2010 год был в регионе Приамурье и Приморье – на шестом месте по количеству годовых осадков и на третьем месте – по количеству зимних осадков. Для России в целом из месяцев самым влажным был декабрь – максимальное количество осадков с 1936 года.

Лето 2010 года в целом для России попадает в число восьми самых сухих, а для региона ЕЧР лето оказалось 3-м в ряду наиболее сухих лет (после 1938 и 1972 года). Самыми сухими месяцами были для России апрель и июль (3 и 2 место по рангу сухих лет). Сухая погода в сочетании с беспрецедентной жарой в течение летнего сезона, привели к засухе и пожарам в Центральном, Южном, Приволжском и Уральском ФО.

Линейные тренды в ходе осадков на интервале 1976 – 2010 гг. ответственны за малую долю межгодовой изменчивости и указывают на преимущественную тенденцию к слабому увеличению осадков на территории России. На северо-востоке Восточной Сибири обнаруживается слабая тенденция к уменьшению осадков зимнего и летнего сезонов.

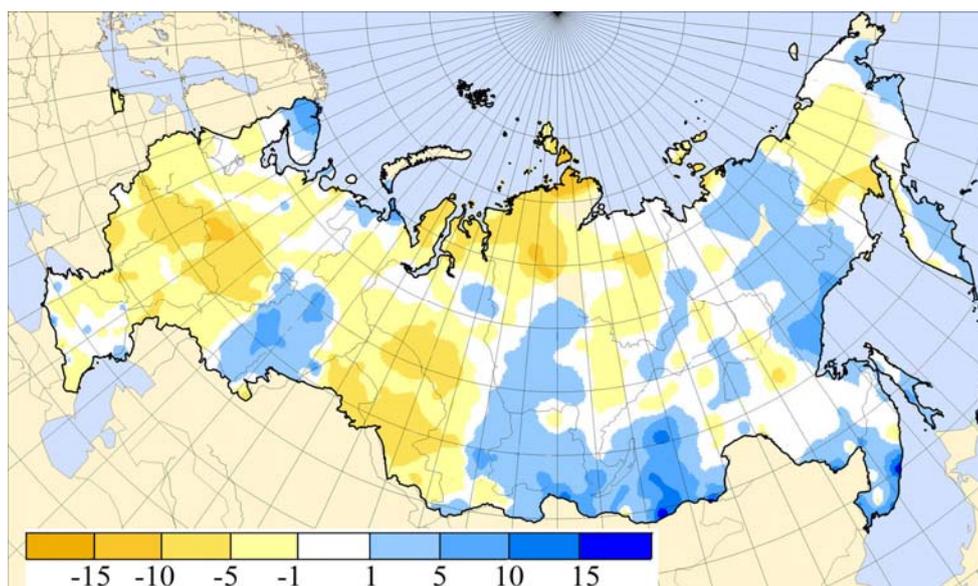
### 3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2009/2010 г.

Состояние снежного покрова исследовалось по данным регулярных ежедневных наблюдений за снежным покровом на 606 метеорологических станциях России и по данным маршрутных снегомерных съемок на 958 станциях (каталог станций см. на сайте <http://www.meteo.ru>).

Для описания состояния снежного покрова использовались следующие характеристики:

- число дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции по данным ежедневных наблюдений (для оценки продолжительности залегания снежного покрова);
- дата появления первого снега;
- дата образования устойчивого снежного покрова;
- максимальная за зимний сезон высота снежного покрова;
- запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок.

Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда в рядах *числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции* приведено на рисунке 3.1 (в анализе использованы оценки, статистически значимые на 5%-уровне значимости). В период с 1976 по 2010 гг. обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова на территории ЕЧР, в Западной Сибири, на Таймыре и востоке Якутии. Увеличилась продолжительность залегания снежного покрова на Урале, на юге Восточной Сибири, в Приморье и на побережье Охотского моря.



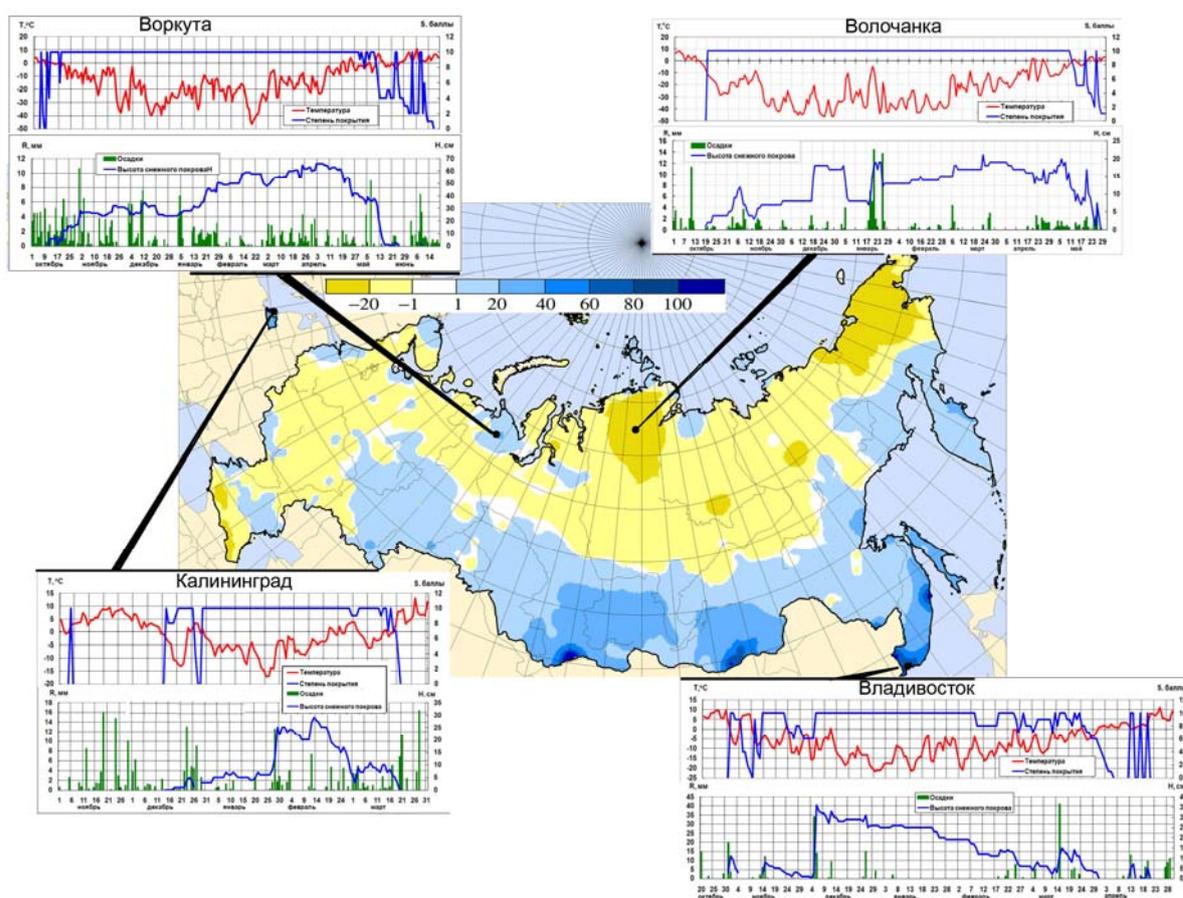
**Рисунок 3.1** – Коэффициенты линейного тренда (дни/10лет) в рядах числа дней со степенью покрытия окрестностей станции снегом более 50%. за 1976-2010 гг.

Зимой 2009/2010 г. *продолжительность залегания снежного покрова* была значительно меньше, чем в среднем многолетнем, на большей части территории ЕЧР, за исключением крайних северо-восточных районов, Ленинградской и Псковской областей, северо-западных районов Мурманской области, южных районов ЦЧО и Нижней Волги (рис. 3.2). Даже в горных районах Северного Кавказа снежный покров пролежал меньше, чем обычно.

*Первый снег* в северо-восточных, центральных районах ЕЧР и на Северном Кавказе появился позже средних многолетних сроков из-за очень теплой погоды в октябре и в ноябре 2009 года (рис. 3.3). Гораздо позже обычных сроков первый снег выпал в южных районах ЦЧО и на Средней Волге (рис.3б). На северо-западе ЕЧР и на Верхней

Волге, напротив, снег выпал раньше обычного. Так, в Республике Татарстан отмечено установление снежного покрова уже 1 ноября, что на 1-2,5 декады раньше средних многолетних сроков.

**Образование устойчивого снежного покрова** на территории ЕЧР проходило в поздние сроки: на юге, северо-востоке и востоке территории – на 30-50 дней позже обычного, в центре – около нормы, в остальных районах – на 15-30 дней позже средних многолетних сроков. В Москве устойчивый снежный покров установился с 7 декабря 2009 г. Немного дольше обычного продержался снежный покров на Урале и в Прикамье, что связано с большим количеством осадков, выпавших в феврале.



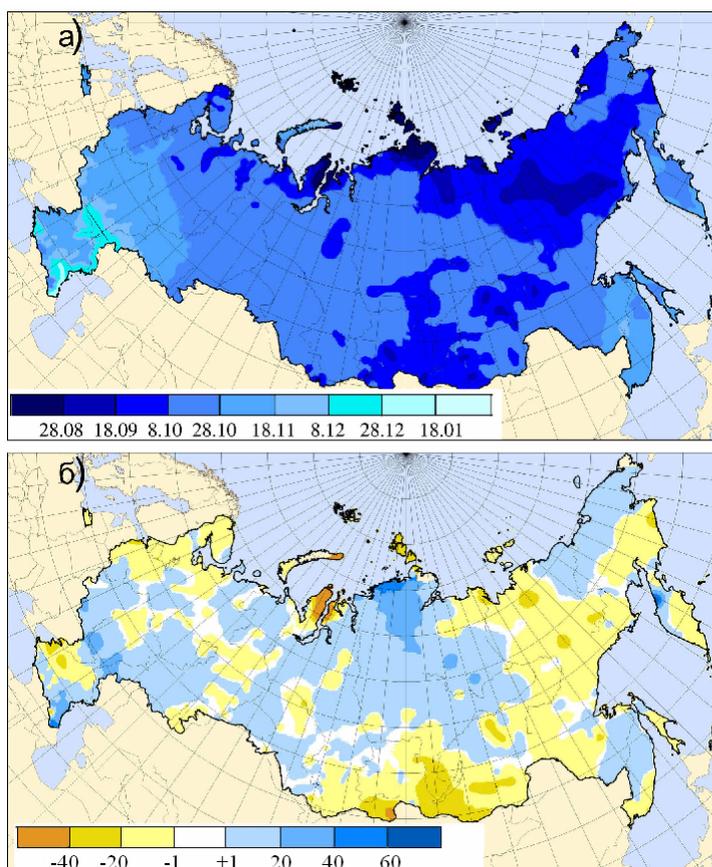
**Рисунок 3.2** – Аномалии числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции зимой 2009-2010 гг. (от среднесуточных значений за 1961-1990 гг.).

*На врезках:* ход среднесуточной температуры воздуха, степени покрытия снегом окрестности метеостанции, высоты снежного покрова и суточных сумм осадков на метеостанциях Калининград, Воркута, Волочанка и Владивосток.

На севере Азиатской территории отмечаются отрицательные аномалии в продолжительности залегания снежного покрова. На Таймыре и в Эвенкии первый снег появился позже средних многолетних сроков из-за очень теплой погоды, которая стояла в этих районах в сентябре-октябре 2009 года. Так, на станции Волочанка из-за плюсовой температуры воздуха снежный покров появился только в конце второй декады октября (см. врезку на рисунке 3.2).

Малое количество осадков в зимние месяцы и высокая температура воздуха весной способствовали более раннему сходу снежного покрова. Причиной менее продолжительного залегания снежного покрова на Чукотке стала очень теплая осень, особенно сентябрь, во второй половине которого здесь обычно появляется снег. На юге Азиатской территории и Камчатке снег пролежал дольше обычного. В Забайкалье первый снег выпал гораздо раньше, чем обычно (рис. 3.3), а большое количество осадков в

феврале-марте и холодная погода в первые весенние месяцы продлили залегание снежного покрова. На Дальневосточном юге большое количество осадков увеличивало



снежный покров в течение всей зимы, а весна также выдалась затяжной и прохладной, что способствовало увеличению продолжительности залегания снежного покрова. Например, во Владивостоке снежный покров, сошедший в первых числах апреля, вновь установился и пролежал до конца второй декады апреля (см. врезку на рисунке 3.2).

**Рисунок 3.3**

а) Даты появления первого снега на территории России в зимний период 2009-2010 гг.

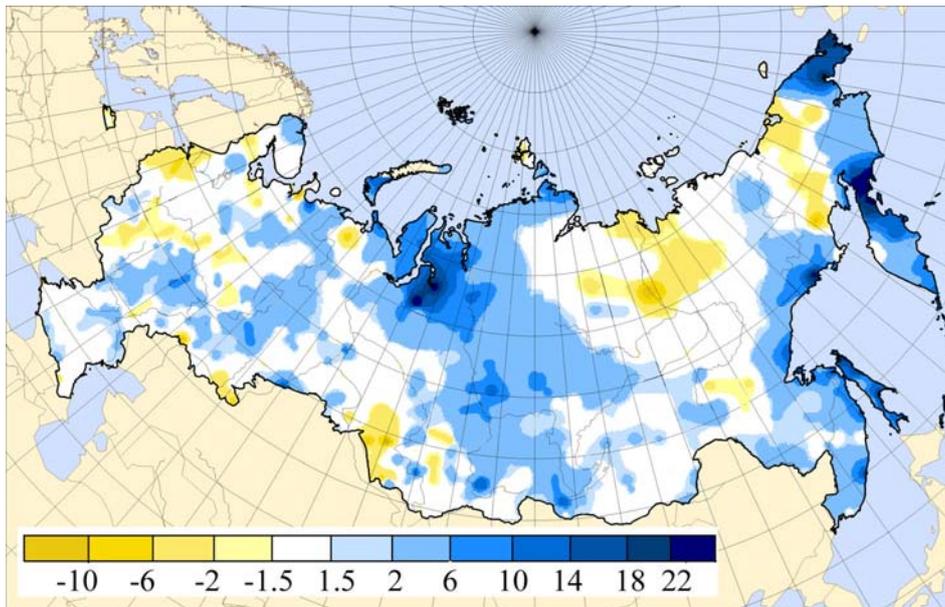
б) Аномалии в датах появления первого снега на территории России в зимний период 2009-2010 гг. (от норм 1961-1990 гг.)

На юге Азиатской территории России изолинии дат появления первого снежного покрова имеют очень сложный вид из-за сильного влияния орографии горных систем Алтая и Саян. Еще более сложное очертание изолинии принимают в Северо-Кавказском регионе также из-за влияния орографии (рис. 3а). На восточном побережье Азиатской территории снежный покров появляется позже, чем в континентальных районах, т.к. сказывается смягчающее действие океана. Самые поздние даты появления снежного покрова (вторая декада января) отмечены на Черноморском и каспийском побережье Северного Кавказа.

Образование устойчивого снежного покрова проходило в сроки, близкие к обычным или на 15-25 дней позже (Хабаровский и Приморский края). В Якутии и Магаданской области снег выпал уже в начале октября. На большей части Сибири устойчивый снежный покров сформировался 15–20 октября 2009 г. В окрестностях Владивостока снег лег окончательно только 14 ноября 2009 г.

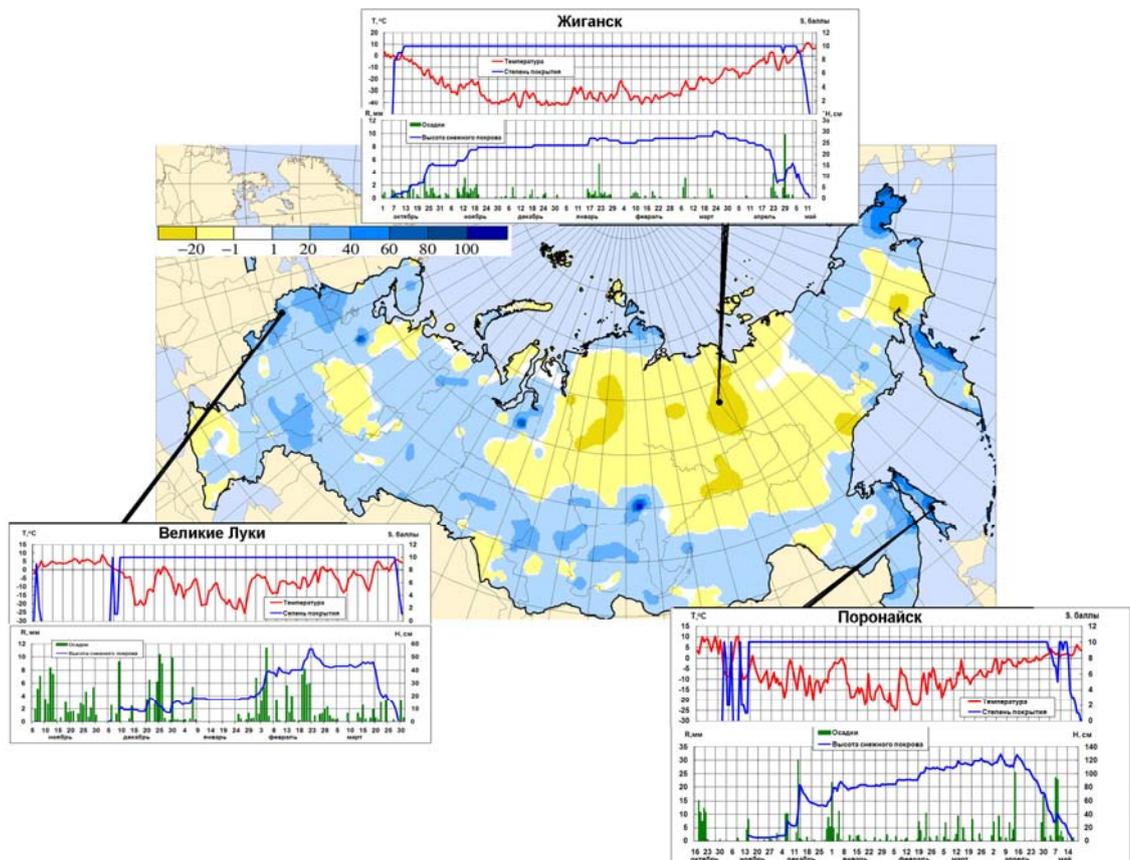
В последние десятилетия наблюдается **увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова** на севере Западной и большей части Восточной Сибири, на Камчатке и Чукотке, на побережье Охотского моря и дальневосточном юге, на Урале и в отдельных областях ЕЧР. На западе ЕЧР, в Якутии максимальная за зиму высота снежного покрова уменьшается (рис. 3.4).

В зимний период 2009/10 г. на большей части ЕЧР, за исключением Волго-Вятского района, отдельных районов Архангельской области, черноморского и каспийского побережий Северного Кавказа, отмечены положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова (рис. 3.5). Это объясняется не только довольно значительными осадками, но и полным отсутствием оттепелей в центральных областях ЕЧР, чего не было уже несколько десятилетий.



**Рисунок 3.4** – Коэффициенты линейного тренда (см/10лет) в рядах максимальной за зимний период высоты снежного покрова.1976-2010.

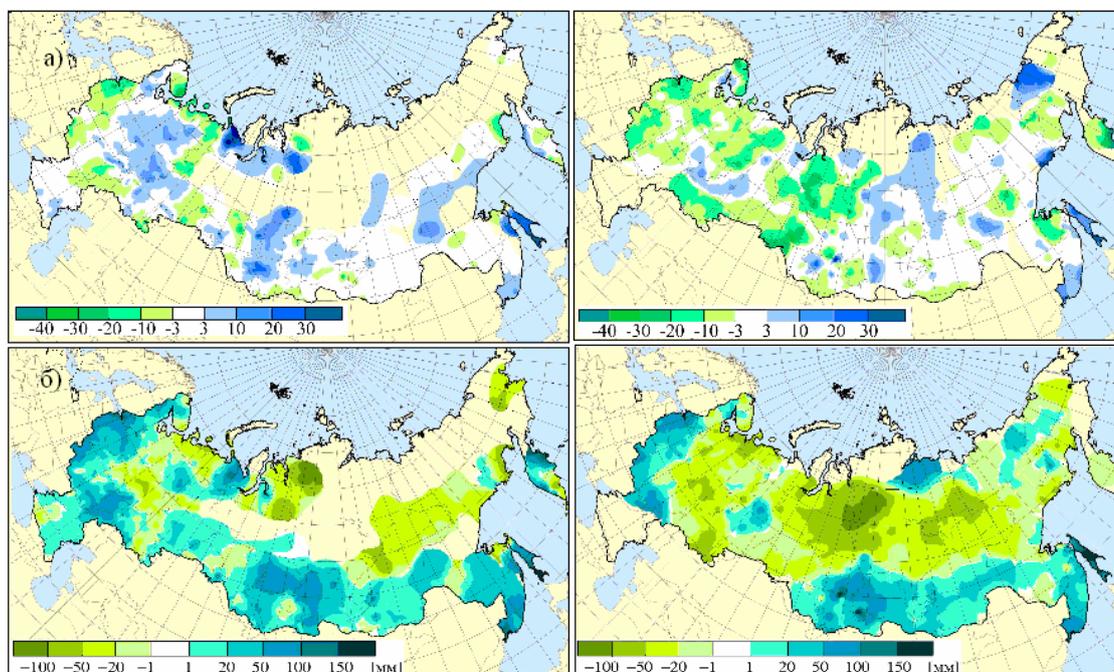
Обширная зона отрицательных аномалий в центральных районах Восточной Сибири обусловлена усилением в декабре-феврале Сибирского антициклона, а следовательно, уменьшением и без того скудных осадков (см. данные ст. Жиганск на врезке рис.3.5).



**Рисунок 3.5** – Аномалии максимальной высоты снежного покрова зимой 2009/10 г. (отклонения от среднемноголетних значений за период 1961-1990 гг.). На врезках: ход среднесуточной температуры воздуха, степени покрытия снегом окрестности метеостанции, высоты снежного покрова и суточной суммы осадков на метеостанциях Великие Луки, Жиганск и Поронайск

**Первый снег** в этих районах лег значительно позже климатических сроков из-за теплой осени, когда и происходит основной прирост снежного покрова. На Чукотке осадков выпадало меньше нормы в течение всего зимнего периода, поэтому даже обильные снегопады в марте не изменили ситуацию – аномалии максимальной высоты снежного покрова оказались отрицательными. На Дальневосточном юге положительные аномалии высоты снежного покрова обусловлены значительными осадками в декабре-феврале. Но особенно сильные снегопады отмечались в Приморье и на Сахалине в декабре 2009 года, когда на отдельных станциях месячная норма осадков была превышена в 4-6 раз. На ст. Поронайск увеличению снежного покрова также способствовали сильные снегопады, прошедшие в апреле (см. врезку на рисунке 3.5). На Камчатке медленное прирастание снежного покрова происходило в течение всего зимнего периода, а наибольший вклад в увеличение высоты снежного покрова внесли значительные осадки, выпавшие в марте.

Еще одной важной характеристикой является **запас воды в снеге**. Наблюдения за этой характеристикой осуществляются по программе маршрутных снегомерных съемок. На рисунке 3.6 слева представлены характеристики запаса воды в снеге, полученные по данным маршрутных снегомерных съемок в поле, справа – в лесу. Регулярные наблюдения маршрутных снегомерных съемок доступны с 1966 года, поэтому в качестве норм использованы средние многолетние значения запаса воды в снеге за период 1971-2000 гг.



**Рисунок 3.6** – Запас воды в снеге по данным маршрутных снегомерных съемок в поле (слева) и в лесу (справа): а) Коэффициенты линейного тренда (мм/10лет) в рядах запаса воды в снеге за зимний период 1966-2009. б) Аномалии запаса воды в снеге (мм) зимой 2008-2009 гг. (относительно средних за период 1971-2000 гг.).

Тенденции изменений максимального за зиму запаса воды в снеге в последние десятилетия (1976-2010гг.) по данным маршрутных наблюдений в поле во многом совпадают с тенденциями изменений максимальной за зиму высоты снежного покрова. Наблюдается увеличение в Западной Сибири, на острове Сахалин, в восточных районах ЕЧР (рис. 3.6а). В западных и юго-восточных областях ЕЧР, на юге Западной Сибири запас воды в снеге уменьшается. По данным маршрутных наблюдений в лесу на большей части территории ЕЧР и Западной Сибири наблюдается уменьшение максимального за зиму запаса воды в снеге. В Восточной Сибири, на северо-востоке Якутии, в Приморье и на Сахалине выделяются области с положительными значениями коэффициентов линейного тренда.

Пространственное распределение аномалий запаса воды в снеге в зимний период 2009-2010 гг. повторяет распределение аномалий максимальной за зиму высоты снежного покрова (рис. 3.6б). На значительной части территории ЕЧР, на юге Сибири и Дальневосточном юге отмечены положительные аномалии запаса воды в снеге. В северо-западных районах ЕЧР превышение запасов воды в снеге над средними многолетними величинами обусловлено значительными осадками в течение всего зимнего сезона. Обширная зона отрицательных аномалий сформировалась на севере и в центре Сибири. Запас воды меньше, чем в среднемноголетнем, наблюдался и на востоке ЕЧР.

В таблице 3.1 приведены подробные данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ России (по состоянию на 20 марта 2010 г.). Для сравнения в той же таблице приведены значения норм и аналогичные данные о запасах воды в 2009 г..

**Таблица 3.1** – Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ России по состоянию на 20 марта 2010 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2009 г.):

№ п/п	Бассейны рек	Запасы воды в снеге на 20 марта				
		норма	2009	2010		
		мм	мм	мм	% нормы	% от 2009
<b>1</b>	<b>ВОЛГА, в т.ч.</b>	<b>117</b>	<b>80</b>	<b>122</b>	<b>104</b>	<b>153</b>
2	до Рыбинского водохр.	101	105	136	135	130
3	р. Кострома и Унжа	128	108	112	88	104
4	р. Москва	93	74	106	114	143
5	р. Ока, включая бассейн р.Москвы	89	72	100	112	139
6	р. Сура	-	40	138	-	345
7	р. Ветлуга	127	107	93	73	87
8	Чебоксарское водохранилище	91	71	106	116	149
9	р. Вятка	147	94	121	82	129
10	Куйбышевское водохранилище	133	78	121	91	155
11	Саратовское водохранилище	92	41	115	125	280
12	Волгоградское водохранилище	53	38	125	236	329
13	р. Кама	179	117	166	93	142
14	р. Белая	137	64	107	78	167
<b>15</b>	<b>ДОН, в т.ч.</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>85</b>	<b>220</b>	<b>202</b>
16	Хопер	49	58	121	250	209
17	Медведица	47	41	109	230	266
	<b>Реки севера</b>					
18	Северная Двина	121	120	143	118	119
19	Сухона	125	98	133	106	136
20	Вага	124	96	120	97	125
21	Юг	115	86	123	107	143
22	Пинега	101	119	135	134	113
23	Вычегда	139	143	167	120	117
24	Мезень	140	152	131	94	86
25	Нарва	47	61	154	328	252
26	Волхов	60	63	134	223	213
	<b>Реки и водохранилища Сибири</b>					
27	Верхняя Обь	189	195	256	135	131
28	Тобол	60	45	82	137	182
29	Енисей (Саяно-Шушенское в-ще)	121	195	168	139	86
30	Енисей (Красноярское в-ще)	137	231	215	157	93
31	Ангара (оз. Байкал)	78	102	94	120	92
32	Ангара (Братское в-ще)	70	95	97	139	102
<b>33</b>	<b>Ангара (Усть-Илимское в-ще)</b>	<b>112</b>	<b>134</b>	<b>109</b>	<b>97</b>	<b>81</b>

**На территории ЕЧР**, в бассейне р. Волга на 20 марта запасы воды в снежном покрове составили 104% нормы и были полтора раза больше, чем на эту дату в 2009 году. На 12–35% превышали норму запасы воды в снеге в бассейнах р. Оки, р. Москвы, Рыбинского, Чебоксарского и Саратовского водохранилищ. В бассейне Волгоградского водохранилища снеготопления воды превышали норму в 2.4 раза, а прошлогоднее значение – в 3.3 раза.

Заметно ниже нормы (на 12 – 22 %), но выше прошлогодних были снеготопления на водосборах таких рек бассейна Волги, как Кострома, Унжа, Вятка, Кама, Белая.

В бассейне р. Дон запасы воды в снеге на 20 марта были в 2.2 раза выше средних многолетних значений и в 2 раза превышали прошлогодние запасы.

На реках севера ЕЧР запасы воды в снеге были преимущественно выше нормы и прошлогодних значений в 1.1 – 1.4 раза. Небольшой дефицит имелся лишь на реках Мезень и Вага. В бассейнах всех рек северо-запада, а также Нарвы и Волхова запасы воды в снеге были более чем в два раза выше нормы и прошлогодних значений.

**На азиатской территории**, в бассейнах рек Верхняя Обь и Тобол снеготопления воды на 35% превышали как норму, так и значения 2009 г. На отдельных снегомерных маршрутах в бассейнах Верхней Оби, Новосибирского водохранилища, рек Иня, Томь, Чулым, в бассейне притока Енисея реки Кан величины снеготопления превышали норму в 2–5 раз.

В бассейнах Саяно-Шушенского, Красноярского, Братского водохранилищ и озера Байкал снеготопления воды были на 20-60% больше нормы, но немного меньше, чем в 2009 году. Небольшой дефицит снеготопления имелся только в бассейне Усть-Илимского водохранилища.

В бассейнах Среднего и Нижнего Енисея, Средней и Нижней Лены запасы воды в снеге были на 20–40% меньше нормы и прошлогодних значений.

### **Выводы**

В период 1976 – 2010 гг. обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова на территории ЕЧР и Западной Сибири, на Таймыре и востоке Якутии. Увеличилась продолжительность залегания снежного покрова на Урале, на юге Восточной Сибири, в Приморье и на побережье Охотского моря. Максимальная за зиму высота снежного покрова увеличивается на Урале, на большей части Сибири, на Камчатке, Чукотке и дальневосточном юге.

На западе ЕЧР и в Якутии уменьшается максимальная за зиму высота снежного покрова.

Зимой 2009/10 образование устойчивого снежного покрова в европейском регионе России проходило в поздние сроки, а на азиатской территории – в сроки, близкие к многолетней норме или на 15-25 дней позже.

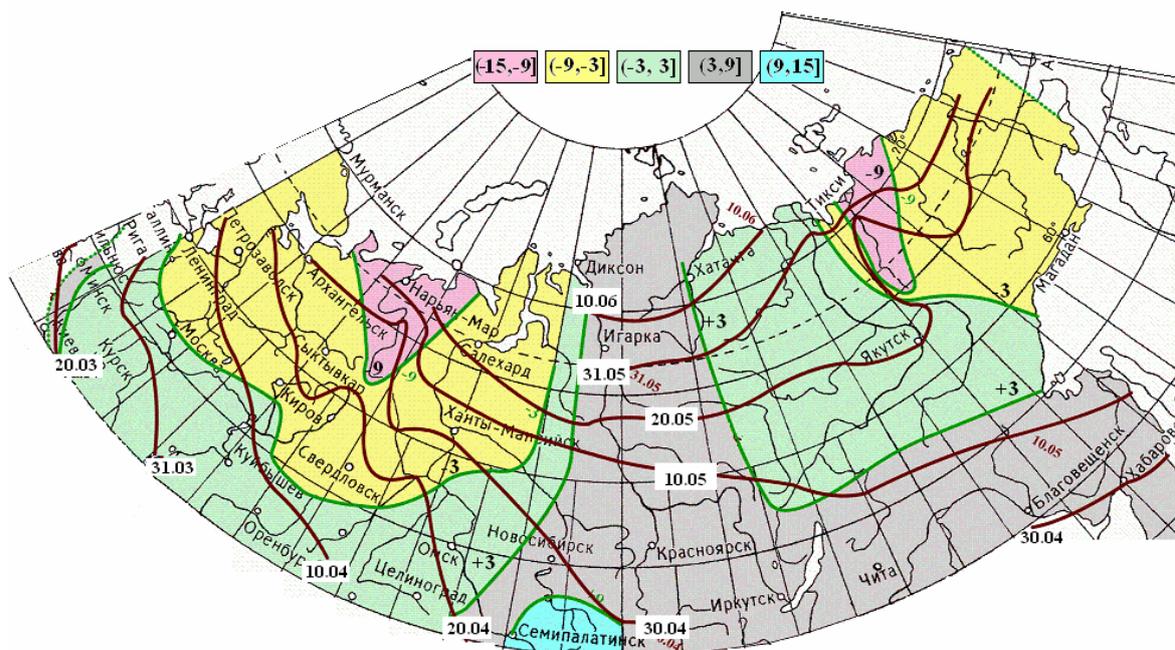
Продолжительность залегания снежного покрова была значительно меньше, чем в среднем многолетнем, на большей части территории ЕЧР и на севере Азиатской территории. На Урале, юге Азиатской территории, Камчатке и дальневосточном юге снег пролежал дольше обычного. На большей части территории ЕЧР и дальневосточном юге отмечены положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова. В центральных районах Восточной Сибири максимальная высота снежного покрова была ниже средних многолетних значений. По состоянию на 20 марта 2010 г. запасы воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ на территории ЕЧР были преимущественно выше нормы и около нормы. На азиатской территории – преимущественно на 20-60% выше нормы в юго-западных и южных районах, и на 20-40% ниже нормы в центральных и северных районах Сибири.

#### 4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК

**Вскрытие рек** весной 2010 года (рис. 4.1) началось на 4 - 7 суток позже нормы на реках юга ЕЧР (во 2 декаде марта), юга Западной Сибири и Дальнего Востока (в 3 декаде апреля). Такие или более поздние сроки вскрытия были за последние 10 лет отмечены на Нижнем Дону и Нижней Волге лишь однажды, на Верхней Оби и Верхнем Иртыше – трижды. Ледоход быстро распространился на реки Центра и Севера этих регионов и уже в 3 декаде апреля достиг рек бассейнов Северной Двины и Печоры, а во 2 декаде мая – Нижней Оби (на 6 - 14 суток раньше обычных сроков).

Реки Восточной Сибири и Дальнего Востока вскрылись в течение мая в сроки, близкие к средним многолетним. Исключение составили Нижний Енисей и низовья Амура, где ледоход задержался на 4-7 суток позже нормы, и реки крайнего Северо-Востока, вскрывшиеся, напротив, на 7-10 суток раньше нормы, в сроки, близкие к самым ранним. Хотя последние годы эти реки в 2/3 случаев вскрывались раньше нормы, такая аномалия возникла впервые после 2000 года.

Таким образом, в качестве главных особенностей процесса вскрытия рек в 2010 году следует указать его позднее начало на реках юга от Днепра и Дона до Амура и быстрое распространение процесса на север, а также очень раннее вскрытие рек северо-востока ЕЧР и Дальнего Востока. Позднее начало вскрытия рек – явление редкое при современном климате. Его можно ассоциировать с холодной предшествующей зимой.



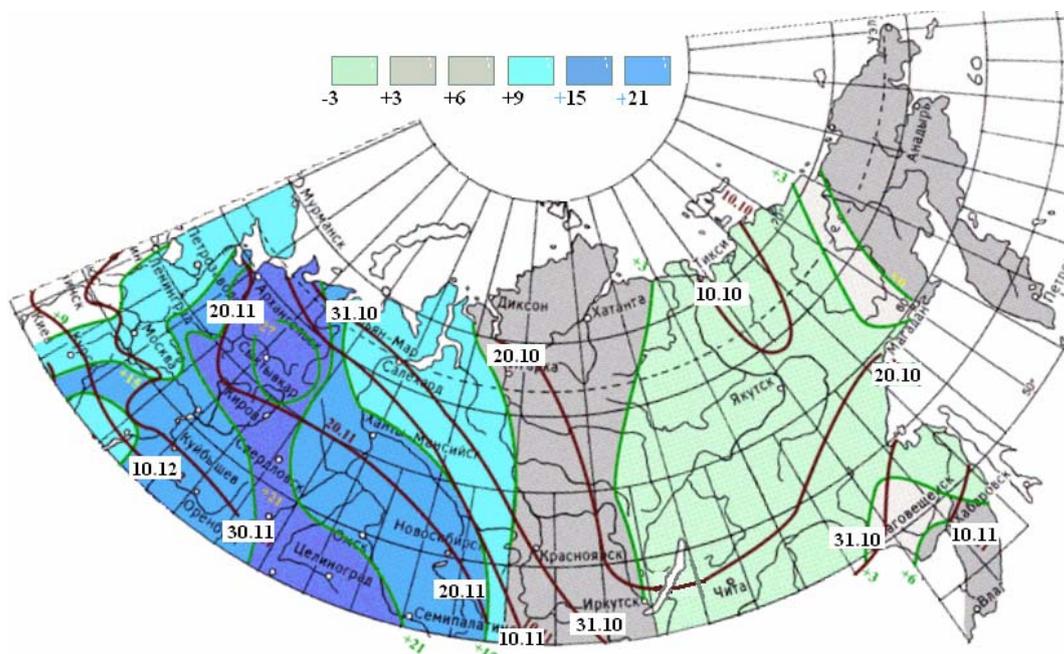
**Рисунок 4.1.** – Даты вскрытия рек весной 2010 г. на территории России.

*Изолиниями показаны даты вскрытия рек, цветом заливки – градации аномалии (в сутках). Аномалии рассчитаны как отклонения от норм 1961-1990 гг.*

**Осенний ледоход** (рис. 4.2) на реках Восточной Сибири начался в 2010 году в сроки, близкие к средним многолетним. во 2 декаде октября на Лене и на 5-6 суток позже них – на Колыме. На Амуре и Енисее лед появился на 4-9 суток позже средних сроков, в 3-ей декаде октября и начале ноября.

После длительного, почти месячного перерыва, ледообразование в конце второй-начале третьей декады ноября, на 15 - 22 суток позже нормы, распространилось на все реки Западной Сибири и севера ЕЧР. Столь позднее появление льда наблюдалось на Средней Оби, Нижнем Иртыше, а также Верхней Печоре впервые, а в близкие к ним сроки оно отмечалось на всех перечисленных реках лишь в 2008 году.

В конце ноября – начале декабря, на 6 - 12 суток позже нормы, лед появился на реках Центра и Запада ЕЧР. На среднем течении Дона он появился в середине декабря, а в низовьях Волги и Дона – 10-12 января 2011 года, т.е., на 23-27 суток позже нормы. За последнее десятилетие более позднее, чем в данном сезоне, появление льда на реках средней полосы России наблюдалось в пяти случаях, а на Нижнем Дону и Нижней Волге только однажды, зимой 2006/07 года.



**Рисунок 4.2.** – Даты замерзания рек России осенью 2010 г. Изолиниями показаны даты замерзания, цветом заливки – градации аномалии (в сутках). Аномалии рассчитаны как отклонения от норм 1961-1990 гг.

### **Выводы**

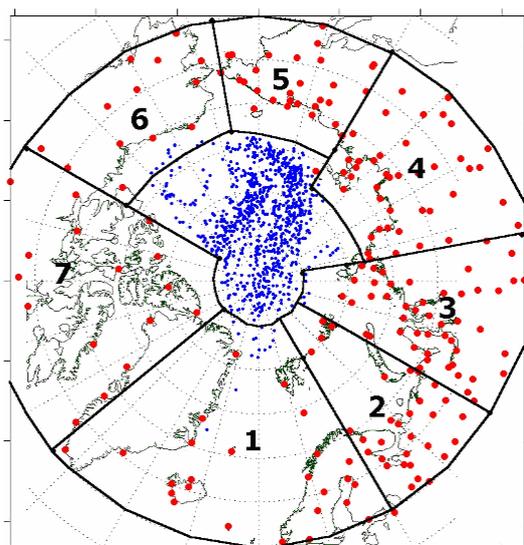
Совместная оценка сроков ледовых явлений в 2010 году позволяет считать ледовые условия года в целом легкими, т.к. продолжительность периода отсутствия льда повсеместно была заметно больше обычной, а на реках Севера ЕЧР превышала ее, в среднем, на месяц.

Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что три последних зимы на Нижнем Дону наблюдался ледостав, тогда как в трех из предшествующих зим XXI века его не было.

## 5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ

Мониторинг климата приземной атмосферы северной полярной области (СПО) ведется как для области в целом, так и для отдельных ее частей (рис. 5.1) на основе постоянно пополняемой базы приземных метеорологических данных полярных районов (<http://www.aari.nw.ru>). Ниже приводятся оценки изменения температуры воздуха и осадков СПО за период 1936-2010 гг.

Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, полученные ранее на дрейфующих станциях СП-1 – СП-36 и поступающие с дрейфующих буев и дрейфующих станций СП-37 и СП-38, которые позволили уточнить значения температуры воздуха в околополюсном районе.



**Рисунок 5.1** – Положение метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов:

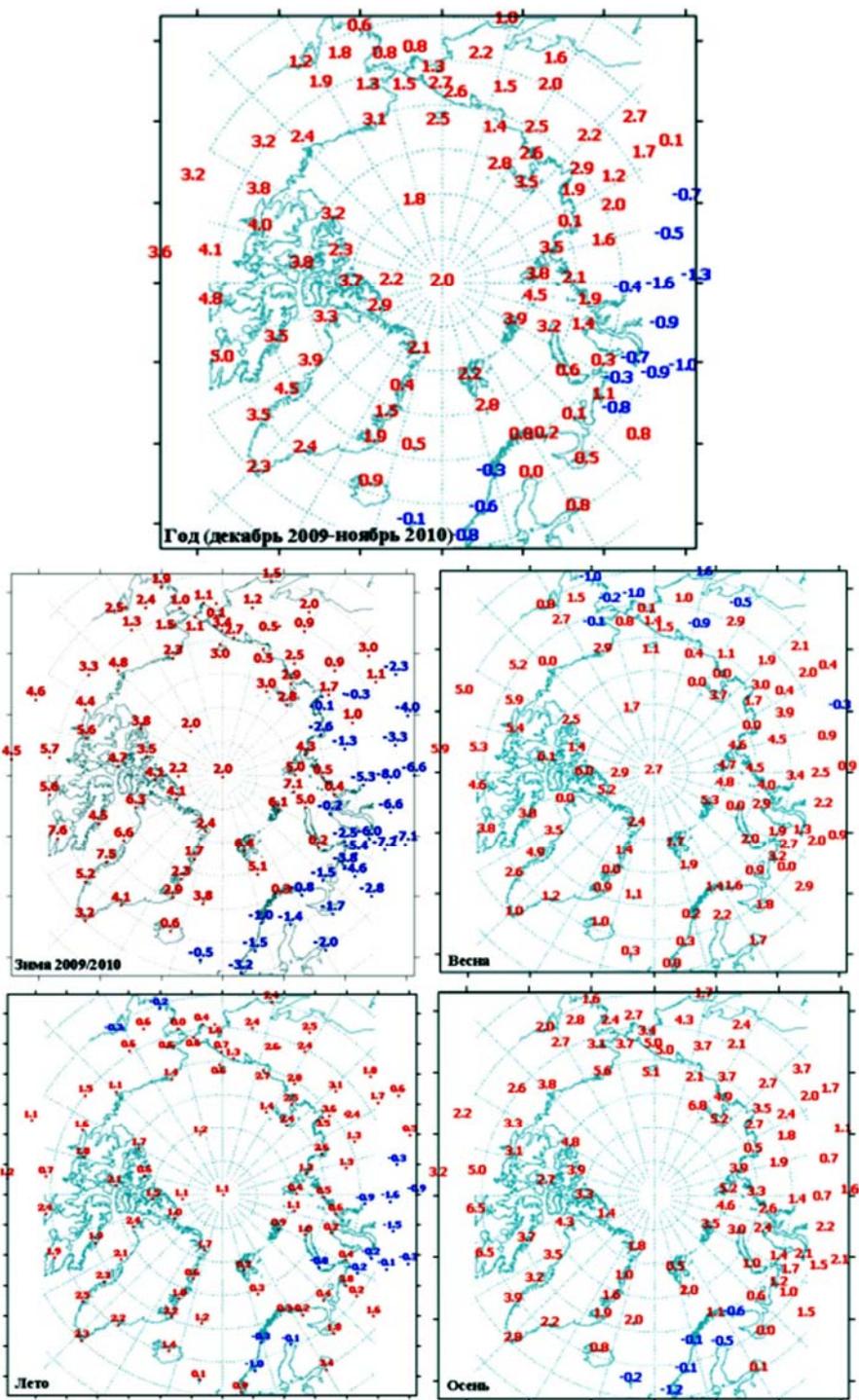
- 1 – Атлантический; 2 – Североевропейский;
- 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский;
- 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский

**Температура воздуха.** Для расчета аномалий температуры воздуха, осредненных по территории СПО и территориям климатических районов использован метод оптимального осреднения. Оценки аномалий получены относительно рекомендованного ВМО стандартного базового периода 1961-1990 гг. В качестве сезонов рассматривались: зима (декабрь-февраль), весна (март-май), лето (июнь-август) и осень (сентябрь-ноябрь). За год принимался период с декабря предыдущего года по ноябрь рассматриваемого.

Оценки аномалий средних сезонных и среднегодовой температуры воздуха за 2010 год по СПО в целом (60-85° с.ш.) и отдельным широтным зонам (60-70 и 70-85° с.ш.) представлены в таблице 5.1.

**Таблица 5.1** – Аномалии температуры воздуха в 2010 г., осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за год (декабрь 2009 - ноябрь 2010) и за сезоны:  $\Delta T$ , °C – отклонения от средних за 1961-1990;  $R$  - ранг в ряду убывающих температур за 1936-2010 гг.

Широтная зона, °с.ш.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\Delta T$	$R$								
70-85	2.5	2	2.9	7	2.5	3	1.3	2	3.3	1
60-70	1.0	13	-0.9	66	1.8	7	1.0	7	2.1	2
60-85	1.6	3	0.7	29	2.3	4	1.1	5	2.5	1



**Рисунок 5.2** – Аномалии среднегодовой и средних сезонных температур воздуха на станциях СПО, °С.

Значение пространственно осредненной аномалии среднегодовой температуры воздуха СПО составило 1.6 °С, и 2010 год стал третьим теплым годом по рангу теплых лет за период с 1936 года. Самыми теплыми годами были 2005 и 2007 гг. с аномалией температуры 1.8 °С. Осенний сезон 2010 года оказался самым теплым для СПО в целом и для Центрального арктического бассейна за весь период с 1936 года.

Пространственное распределение аномалий среднегодовой и средних сезонных температур воздуха на территории СПО приведено на рисунке 5.2. Числовые значения регионально осредненных аномалий температуры, наблюдавшихся в 2010 году, по отдельным климатическим районам СПО приведены в таблице 5.2. Более подробные данные для северных и южных частей районов см. на сайте <http://www.aari.ru/main.php>.

**Таблица 5.2** – Аномалии температуры воздуха ( $\Delta T$ , °C) для отдельных районов СПО в среднем за год и за сезоны 2009/2010 г. и их ранг ( $R$ ) в ряду убывающих температур за 1936-2010 гг.

Климатический район СПО	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\Delta T$	$R$								
Атлантический	1.4	8	1.9	14	1.7	7	1.0	13	1.0	21
Североевропейский	0.9	31	-0.6	55	2.3	7	0.9	22	1.0	26
Западносибирский	0.8	35	-2.0	65	2.8	9	-0.1	49	2.4	14
Восточносибирский	1.7	6	0.1	45	2.2	10	1.9	3	2.6	7
Чукотский	2.0	3	1.7	9	0.8	27	1.8	3	3.9	2
Аляскинский	1.7	8	2.2	11	1.3	25	0.5	21	2.8	5
Канадский район	3.8	1	5.0	1	5.6	1	1.7	1	3.9	1
Канадский район (северная часть)	3.6	1	5.0	1	5.2	1	1.7	5	3.7	2
Гренландское и Норвежское моря (северная часть)	1.8	10	3.4	8	1.4	18	1.1	12	1.4	21
Баренцево море	1.5	19	2.1	29	2.3	9	0.2	38	1.4	24
Карское море	3.0	10	2.6	26	5.4	2	0.6	28	3.3	11
Море Лаптевых	2.6	3	1.4	25	2.7	5	2.5	1	3.6	7
Восточно-Сибирское море	2.6	2	2.5	3	1.6	20	1.7	3	5.6	3
Чукотское море	2.2	4	2.5	9	1.1	27	0.6	21	5.6	3
Море Бофорта	3.1	1	3.7	3	3.8	1	1.7	3	3.2	5

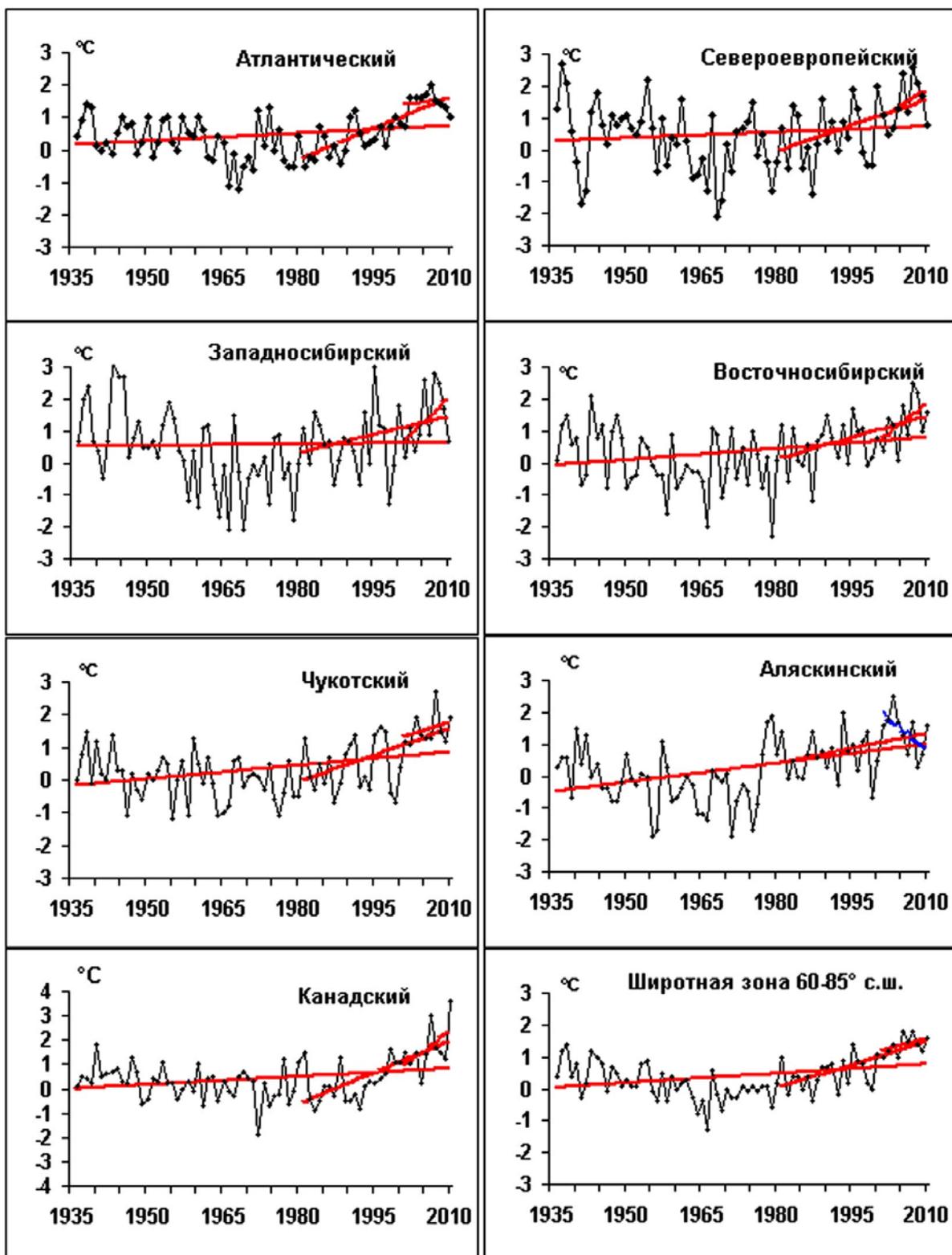
Можно видеть, что в 2010 г. области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в восточной части территории азиатского сектора (Восточносибирский и Чукотский районы) и на севере Северной Америки (Канадский район). Самые крупные аномалии как в целом за год, так и в отдельные сезоны наблюдались на территории Канадского района в целом, а также в северной его части и в море Бофорта.

Временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов широтной зоны 60-85° с.ш. и их линейные тренды за весь период с 1936 г., за последние тридцать и десять лет, представлены на рисунке 5.3, а для районов арктических морей (70-85° с.ш.) – на рисунке 5.4.

Характеристики линейного тренда, оцененные по этим рядам за 1936-2010 гг., приведены в табл. 5.3.

В течение 1936-2010 гг. наблюдается статистически значимый (на 5-% уровне значимости) положительный линейный тренд среднегодовой температуры в целом для СПО и для широтной зоны 60-70° с.ш. Линейное (по тренду) повышение температуры воздуха за 75 лет составило в этих широтных зонах 0.75 и 0.82 °C, соответственно. Значимый годовой тренд потепления наблюдается во всех климатических районах СПО, за исключением Североевропейского и Западносибирского. Для СПО в целом значимый тренд обнаруживается в весеннем и летнем сезонах (линейное повышение температуры составило, соответственно, около 1.2 и 0.7 °C за 75 лет).

В течение последних тридцати лет (1981-2010 гг.) температура росла во всех регионах СПО (см. рис 5.3). В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 1.6 °С за 30 лет (или 0.53 °С/10 лет).



**Рисунок 5.3** – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов и широтной зоны 60-85° с.ш.

В районах арктических морей (рис. 5.4) в течение 1936-2010 гг. всюду (кроме района Карского моря) знак тренда положительный. Наиболее высокими темпами повышение температуры происходит в районах морей вблизи северных частей Атлантического и Тихого океанов. В районе Чукотского моря и моря Бофорта повышение среднегодовой температуры по тренду за 75 лет составило около 1.5 °С, а в северной части Гренландского и Норвежского морей около 1.1 °С.

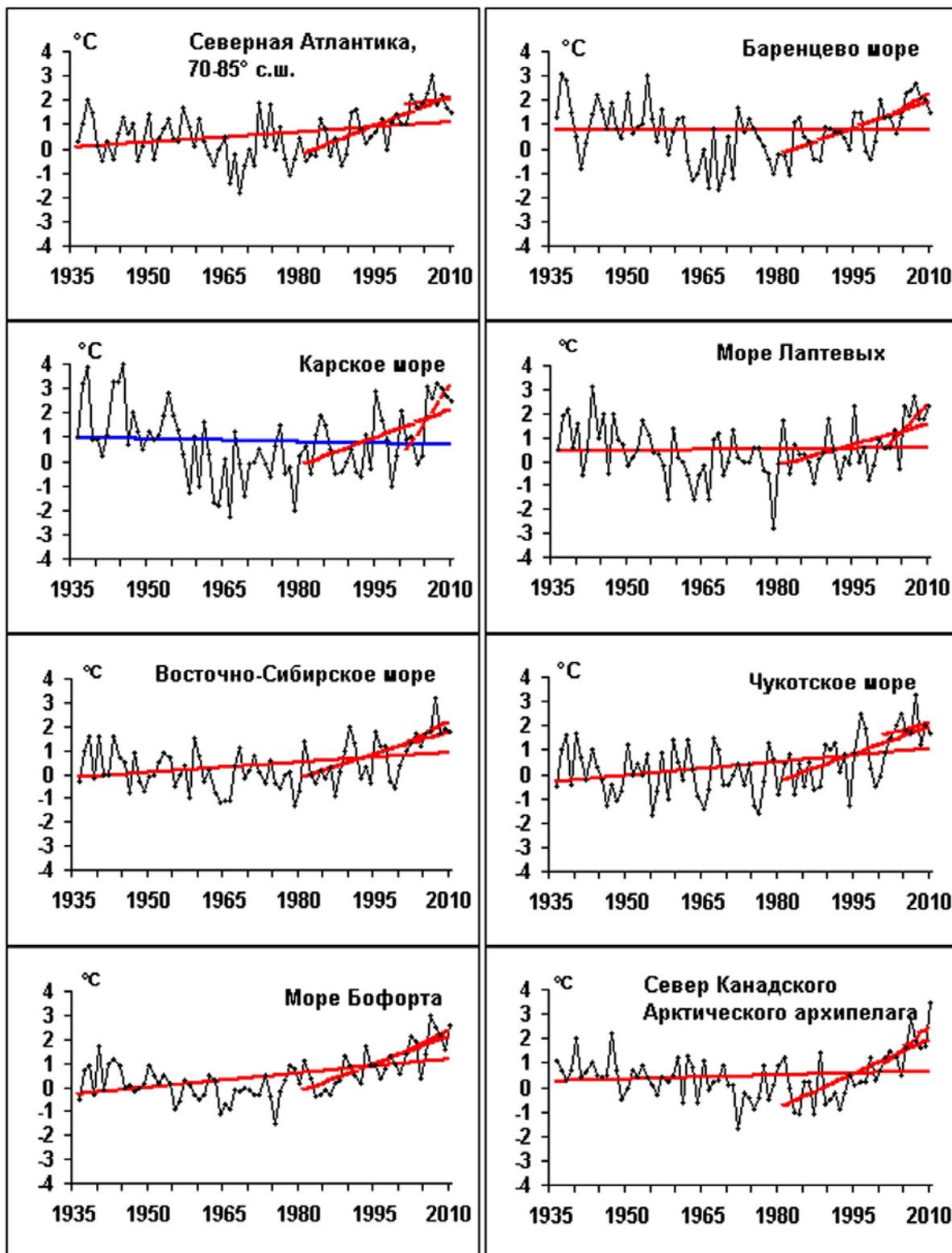


Рисунок 5.4 – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов арктических морей

**Таблица 5.3** – Коэффициенты линейного тренда регионально осредненной температуры воздуха за период 1936-2010 гг. по регионам СПО:

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

Район СПО	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	<i>b</i>	<i>D</i>								
60-85° с.ш.	0.10	16.8	<b>0.16</b>	36.5	<b>0.09</b>	43.3	0.06	12.3	<b>0.10</b>	32.2
70-85° с.ш.	0.03	5.4	<b>0.14</b>	30.3	<b>0.09</b>	38.6	0.05	7.0	0.08	21.8
60-70° с.ш.	<b>0.12</b>	25.5	<b>0.16</b>	38.2	<b>0.10</b>	46.1	0.07	15.4	<b>0.11</b>	40.3
Атлантический	0.11	19.8	<b>0.12</b>	30.5	<b>0.08</b>	31.9	0.03	8.2	<b>0.09</b>	26.5
Североевропейский	0.00	0.1	<b>0.21</b>	31.4	0.05	12.5	-0.01	1.7	0.06	12.4
Западносибирский	-0.12	10.2	0.15	17.4	0.05	15.1	-0.02	3.6	0.02	2.7
Восточносибирский	0.16	19.2	<b>0.18</b>	26.1	<b>0.08</b>	23.3	0.05	3.8	<b>0.12</b>	25.5
Чукотский	0.01	0.9	<b>0.20</b>	28.3	<b>0.17</b>	46.8	<b>0.19</b>	25.4	<b>0.14</b>	35.0
Аляскинский	<b>0.35</b>	33.0	<b>0.22</b>	27.3	<b>0.16</b>	45.5	0.08	9.1	<b>0.20</b>	43.5
Канадский	0.17	21.2	0.05	7.8	<b>0.08</b>	26.5	<b>0.17</b>	28.1	<b>0.11</b>	27.7
Сев. часть Канадского р-на	0.06	7.1	0.00	0.4	0.02	6.5	0.14	21.6	0.05	12.2
Сев. часть Гренландского и Норвежского морей	0.14	15.6	<b>0.20</b>	36.2	<b>0.16</b>	51.1	0.07	12.7	<b>0.14</b>	32.4
Баренцево море	-0.14	12.3	0.12	19.0	0.04	12.4	-0.03	5.5	0.00	0.1
Карское море	-0.23	16.3	0.13	15.6	0.02	5.0	-0.05	7.1	-0.04	5.8
Море Лаптевых	-0.06	6.9	0.12	15.6	0.06	15.3	-0.04	8.1	0.02	3.0
Восточно-Сибирское море	0.09	15.3	<b>0.17</b>	23.9	<b>0.15</b>	35.9	0.14	19.0	<b>0.14</b>	32.6
Чукотское море	0.14	16.3	<b>0.23</b>	26.5	<b>0.17</b>	43.2	<b>0.20</b>	23.1	<b>0.18</b>	37.1
Море Бофорта	<b>0.37</b>	46.6	<b>0.15</b>	25.2	<b>0.12</b>	35.2	0.15	22.7	<b>0.20</b>	48.8

*Примечание.* Жирным шрифтом выделены значения, статистически значимые на уровне значимости 5%

**Атмосферные осадки.** Оценка многолетних изменений количества осадков в СПО выполнена по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, а за теплый – с июня по сентябрь. В таблице 5.4 представлены относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сезонных и годовых сумм осадков в 2009/10 г. для СПО и отдельных климатических районов.

В целом для СПО осадков в 2009/10 г. выпало ниже нормы (на 7%) – главным образом, за счет сухого холодного периода, особенно к югу от 70° с.ш. (на 15% ниже нормы).

Менее всего осадков выпало в Канадском (на 22% ниже нормы) и в Атлантическом районах (на 16% ниже нормы), а более всего – в Аляскинском (почти на 7% выше нормы).

На рисунке 5.5 приведены временные ряды аномалий годовых сумм осадков для районов арктических морей. В табл. 5.5 представлены оценки трендов в изменении сезонных и годовых сумм осадков с 1936 по 2010 г. по северным (70-85° с.ш.), южным (60-70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом.

Таблица 5.4 – Относительные аномалии сезонных и годовых сумм осадков в 2009/10 году (в % от нормы 1961-1990 гг.)

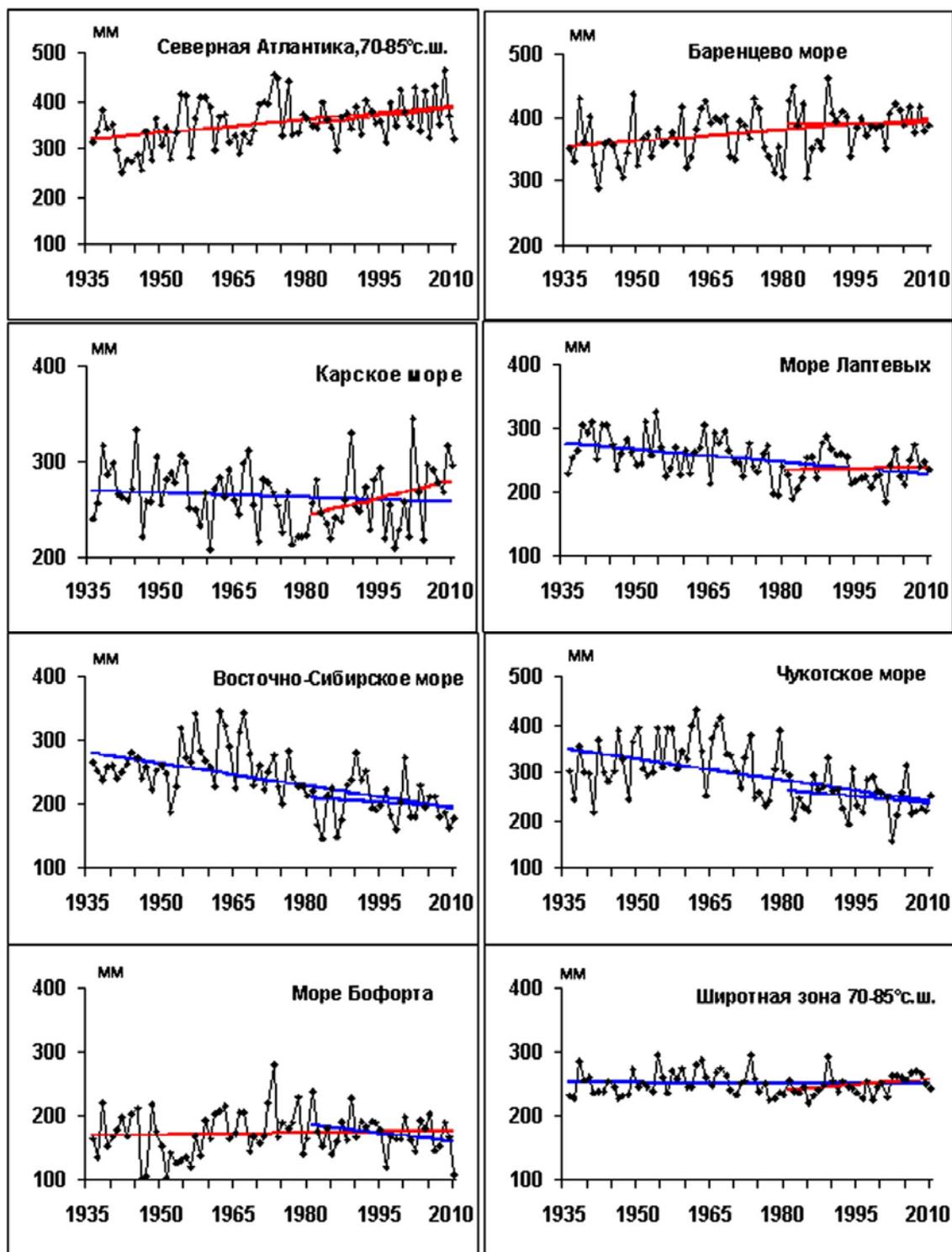
Климатический район, широтная зона	Холодный период	Теплый период	Год
Атлантический	81.1	91.2	85.2
Североевропейский	105.1	98.4	101.6
Западносибирский	97.8	107.2	102.3
Восточносибирский	85.6	107.4	96.6
Чукотский	81.3	97.8	88.5
Аляскинский	97.7	115.5	106.7
Канадский	58.3	96.3	78.0
60-70 °с.ш.	85.9	102.2	92.3
70-85 °с.ш.	97.0	95.8	96.5
60-85 °с.ш.	87.1	101.1	93.1

Таблица 5.5 – Оценки линейного тренда регионально осредненных сезонных и годовых сумм осадков за период 1936-2010 гг.

*b*, мм/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D*% – вклад тренда в дисперсию

Район СПО	Холодный период		Теплый период		Год	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	7.23	17.6	-0.90	5.5	6.32	13.8
Североевропейский (южная часть)	<b>15.82</b>	70.5	2.64	17.7	<b>18.46</b>	68.0
Западносибирский (южная часть)	<b>9.60</b>	62.1	-2.74	18.3	<b>6.86</b>	35.7
Восточносибирский (южная часть)	<b>2.70</b>	36.8	0.55	5.8	<b>3.25</b>	27.7
Чукотский (южная часть)	-0.41	2.6	-1.55	11.8	-1.97	9.9
Аляскинский (южная часть)	2.15	13.4	-2.57	12.7	-0.42	1.5
Канадский (южная часть)	0.80	10.3	<b>3.33</b>	36.6	<b>5.14</b>	35.2
60-70°с.ш.	<b>5.52</b>	48.5	-0.12	2.0	<b>5.40</b>	45.5
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	<b>8.54</b>	45.8	0.61	5.3	<b>9.14</b>	41.3
Баренцево море	<b>6.00</b>	49.9	-0.30	2.5	<b>5.70</b>	33.3
Карское море	0.11	1.2	-1.65	16.6	-1.54	10.6
Море Лаптевых	<b>-3.48</b>	39.8	<b>-3.03</b>	28.1	<b>-6.52</b>	45.5
Восточно-Сибирское и Чукотское моря	<b>-8.52</b>	57.5	<b>-5.51</b>	39.8	<b>-15.04</b>	58.4
Аляскинский (северная часть)	0.08	0.8	1.63	12.0	1.71	9.1
Канадский (северная часть)	1.36	21.1	1.02	16.7	<b>2.37</b>	25.9
70-85°с.ш.	0.72	13.9	-0.89	18.3	-0.18	2.2
Атлантический	<b>7.65</b>	25.9	-0.40	3.5	7.24	22.4
Североевропейский	<b>11.80</b>	73.3	1.57	15.4	<b>13.37</b>	65.8
Западносибирский	<b>5.60</b>	57.4	-2.29	22.9	<b>3.31</b>	26.1
Восточносибирский	0.33	5.8	-0.82	10.0	-0.49	5.3
Чукотский	<b>-3.54</b>	25.8	<b>-3.08</b>	27.1	<b>-6.62</b>	35.0
Аляскинский	1.80	13.6	-1.87	10.6	-0.07	0.3
Канадский	1.03	17.0	<b>2.47</b>	39.4	<b>3.49</b>	39.9
60-85°с.ш.	<b>3.58</b>	45.8	-0.59	13.0	<b>2.99</b>	33.8

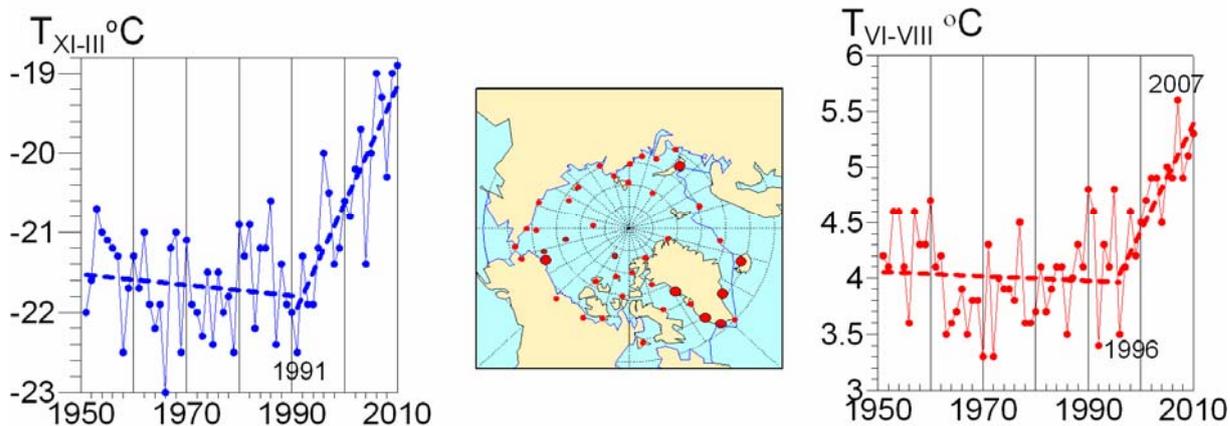
Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, статистически значимые на уровне значимости 5%



**Рисунок 5.5** – Временные ряды регионально осредненных годовых сумм осадков

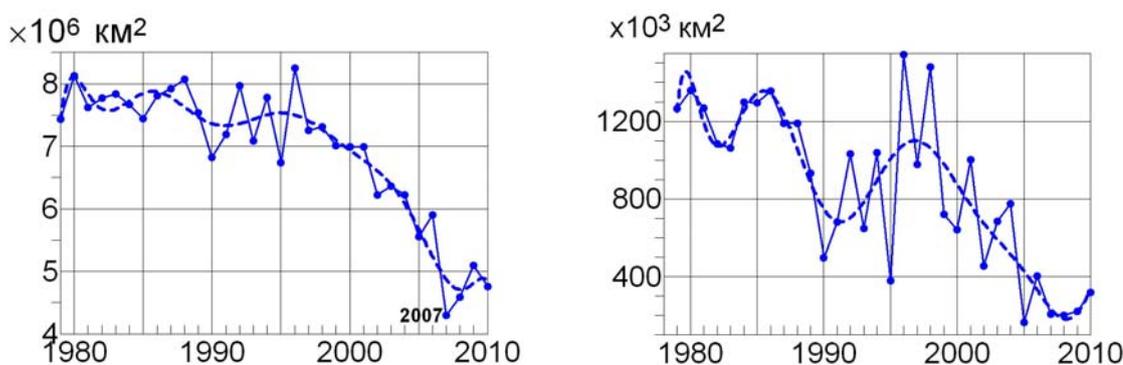
В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936-2010 гг. в СПО наблюдается тенденция их статистически значимого увеличения со средней скоростью около 3 мм/10 лет. При этом рост осадков преимущественно отмечается в канадско-европейском секторе, включая Атлантику, и, в основном, в холодный период года. Тенденция к убыванию осадков уверенно обнаруживается в Чукотском районе в течение всего года и в районах арктических морей азиатского сектора СПО в теплый период года. Более всего рост осадков выражен в южной части Североευропейского района (15.8 мм/10 лет для осадков холодного периода и 18.5 мм/10 лет для годовых сумм), а уменьшение – в Восточно-Сибирском и Чукотском морях (14мм/10 лет для годовых сумм осадков).

**Морская Арктика.** Изменения температуры в области морской Арктики, включающей покрытую льдами в зимний период акваторию Северного Ледовитого океана, влияют на летнее таяние ледяного покрова и его зимнее разрастание. Для оценки изменений приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в этой области использованы данные 41 станции на островах и побережье Северного Ледовитого океана. Средняя за ноябрь-март и за летние месяцы ПТВ на этих станциях, начиная с 1951 года, показаны на рисунке 5.6, из которого видно быстрое повышение зимних температур после 1990 года с максимумом в 2010 году и рост летних температур после 1996 года с максимумом в 2007 году.



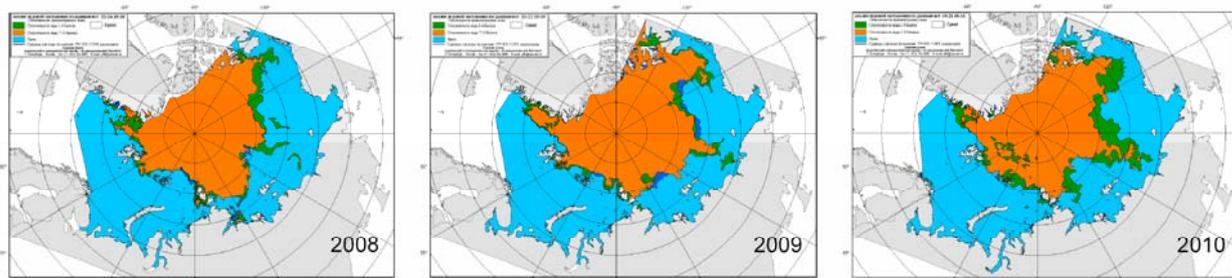
**Рисунок 5.6** – Средние за ноябрь-март (XI-III) и за летние месяцы (VI-VIII) ПТВ на 41 станции в морской Арктике в 1951-2010 гг. Положение станций показано в центре. Пунктирными линиями показаны тренды на отрезках ряда до начала потепления и в период потепления.

**Морские льды.** Морской ледяной покров играет важную роль во взаимодействии между Арктикой и остальной частью глобальной климатической системы и, в то же время, является индикатором изменений арктического климата. Наблюдаемое с начала 1980-х годов сокращение площади морского льда (ПМЛ) резко ускорилось в конце 1990-х годов до абсолютного минимума (5.30 млн. км<sup>2</sup> по данным NSIDC) в сентябре 2007 года (рис. 5.7-5.8). В сентябре 2008 года средняя ПМЛ возросла до 5.67 млн. км<sup>2</sup>, в сентябре 2009 года до 5.36 млн. км<sup>2</sup>, а в сентябре 2010 года составила 5.90 млн. км<sup>2</sup> (данные NSIDC). В Сибирских арктических морях (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) ПМЛ в сентябре после 1998 года и до 2005 года сокращалась еще более быстрыми темпами. В последующие годы, включая 2010 год, дальнейшего сокращения не происходило.



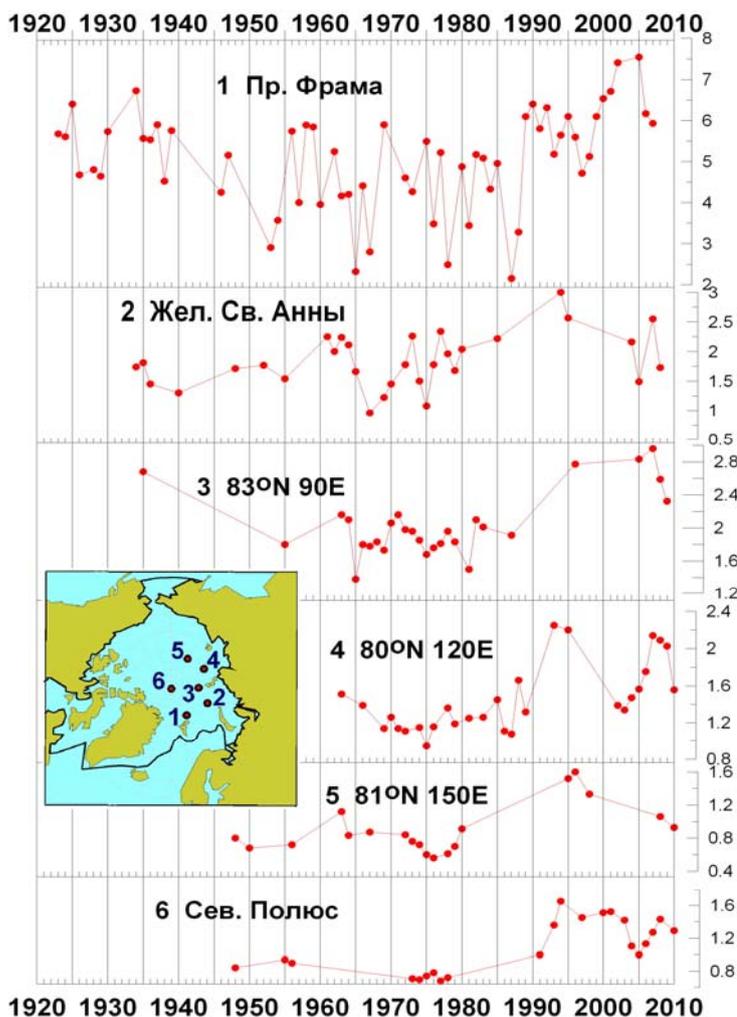
**Рисунок 5.7.** – Средняя площадь морского льда в сентябре в Арктике (слева, по данным NSIDC) и в Сибирских арктических морях (справа, по данным ААНИИ) в 1979-2010 гг. Пунктирной кривой показан ход, сглаженный ортогональным полиномом 10 степени.

**Северный Ледовитый океан.** Для мониторинга изменений климата в морской Арктике особое значение имеет слежение за атлантической водой (АВ), поступающей в Арктический бассейн (конечное звено североатлантической части глобального океанического «конвейера»). Данные о температуре АВ, полученные в ходе экспедиционных исследований по программам МПГ 2007/08гг. показали сохранение повышенных значений температуры АВ в Арктическом бассейне, установившихся с середины 1990-х годов. Наблюдения в 2009 и 2010 годах в рейсах НЭС «Академик Федоров», на дрейфующих станциях «Северный полюс-36» и «Северный полюс-37» и в других экспедициях показали тенденцию к понижению температуры АВ (рис. 5.9).



**Рисунок 5.8** – распределение сплоченности льда в начале третьей декады сентября в 2008, 2009 и 2010 гг. (Данные с сайта <http://www.aari.nw.ru> )

Более детальные сведения о происходящих изменениях климата в Северной полярной области и Северном Ледовитом океане можно найти на сайте ААНИИ <http://www.aari.nw.ru>



**Рисунок 5.9**

Изменения максимальной температуры в слое АВ по данным измерений в шести районах Арктического бассейна за 1920-2010 гг. (см. врезку). Данные за 2010 год получены в экспедиции на НЭС «Академик Федоров» и с сайта <http://psc.apl.washington.edu/northpole>)

## 6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА

**Многолетнемерзлые породы** (ММП), часто называемые «вечной мерзлотой», представляют собой любое вещество, находящееся ниже поверхности Земли, температура которого на протяжении двух или более последовательных лет остается отрицательной. Территории, частично или полностью подстилаемые ММП, объединены в понятие криолитозона. Основными параметрами криолитозоны являются: сомкнутость ММП (доля площади, которую они занимают в данной местности), среднегодовая температура пород, характер распространения ММП по разрезу (сливающиеся и несЛИвающиеся толщи), глубина залегания верхней и нижней границ мерзлых пород (кровли и подошвы), разность которых определяет вертикальную мощность, а также мощность сезонно-талого слоя (СТС). В зависимости от сомкнутости многолетнемерзлых пород различают области их сплошного (ММП занимают более 90% площади), прерывистого (50%-90%), островного (10%- 50%) и редкоостровного (менее 10%) распространения.

В России ММП занимают около 65% территории страны, причем на площади в 7 млн км<sup>2</sup> они имеют практически сплошное распространение, 1.8 млн км<sup>2</sup> – прерывистое и 2.5 млн км<sup>2</sup> – островное и редкоостровное. Условные границы областей сплошного, прерывистого и островного залегания ММП показаны на рисунке 6.1. Подробную информацию о мощности мерзлых толщ на территории России и их основных характеристиках можно найти на русско-язычном Интернет-портале [www.permafrost.su](http://www.permafrost.su), поддерживаемом ГУ ГГИ.

В настоящее время сведения о текущем состоянии криолитозоны пополняются из четырех основных источников: наблюдения метеостанций за температурой почвы (до 3.2 м); измерения мощности СТС в рамках международного проекта CALM (с 1990-х, мониторинг криолитозоны); геотермальные измерения в скважинах (до нескольких десятков метров); комплексные измерения на геокриологических стационарах. В контексте климатических исследований наибольший интерес представляют первые два вида наблюдений, поскольку в совокупности они репрезентативны для различных типов вечной мерзлоты и накопленные данные достаточно продолжительны во времени (рис. 6.1)

**Мощность СТС.** На территории России в различное время было организовано 49 площадок, на которых в рамках проекта CALM проводились измерения мощности СТС. Сколько-нибудь продолжительные наблюдения (порядка 10 лет), пригодные для оценки трендов, имеются менее чем на 20 из них, причем в последние 3 года сеть продолжала сокращаться и по состоянию на 2010 год насчитывает лишь 14 действующих площадок. Оценки трендов мощности СТС за период 1999-2010 гг. (период с наименьшим количеством пропусков наблюдений) приведены на рис. 6.1. Символами в точках расположения площадок указан диапазон значений коэффициентов тренда. Числа указывают изменение мощности СТС от 2009 г. к 2010 г. (в см).

В числе особенностей 2010 года, по сравнению с 2009, можно отметить, что две из трех площадок на севере ЕЧР показали уменьшение мощности СТС (на 6-8 см), и лишь одна – незначительное увеличение (на 3 см). В целом по региону ЕЧР мощность СТС продолжает оставаться выше фоновых значений начала 1990-х годов, но снизилась, приблизившись к нижней границе диапазона значений последнего 10-летия.

В Западной Сибири мощность СТС в 2010 г. практически повсеместно увеличилась на 10-15 см по сравнению с предыдущим годом, но осталась ниже уровня 2007-2008 гг. поскольку в 2009 году имело место ее значительное уменьшение мощности. В Центральной Сибири единственная действующая площадка не выявила никаких изменений – с 2006 года мощность СТС остается постоянной.

На севере Восточной Сибири все площадки указывают на значительный рост СТС, мощность которого по сравнению с 2009 годом увеличилась на 4-8 см на трех площадках и на 23 см на четвертой площадке.

На Чукотке изменения были разнонаправленными, притом, что на одной площадке мощность СТС не изменилась, а две другие показали уменьшение и увеличение мощности, соответственно, на 7 см и на 10 см.

Более показательны результаты анализа региональных трендов.

Европейский Север представлен тремя площадками, более чем десятилетние ряды наблюдений на которых указывают на увеличение мощности СТС от 2 до 6 см/год.

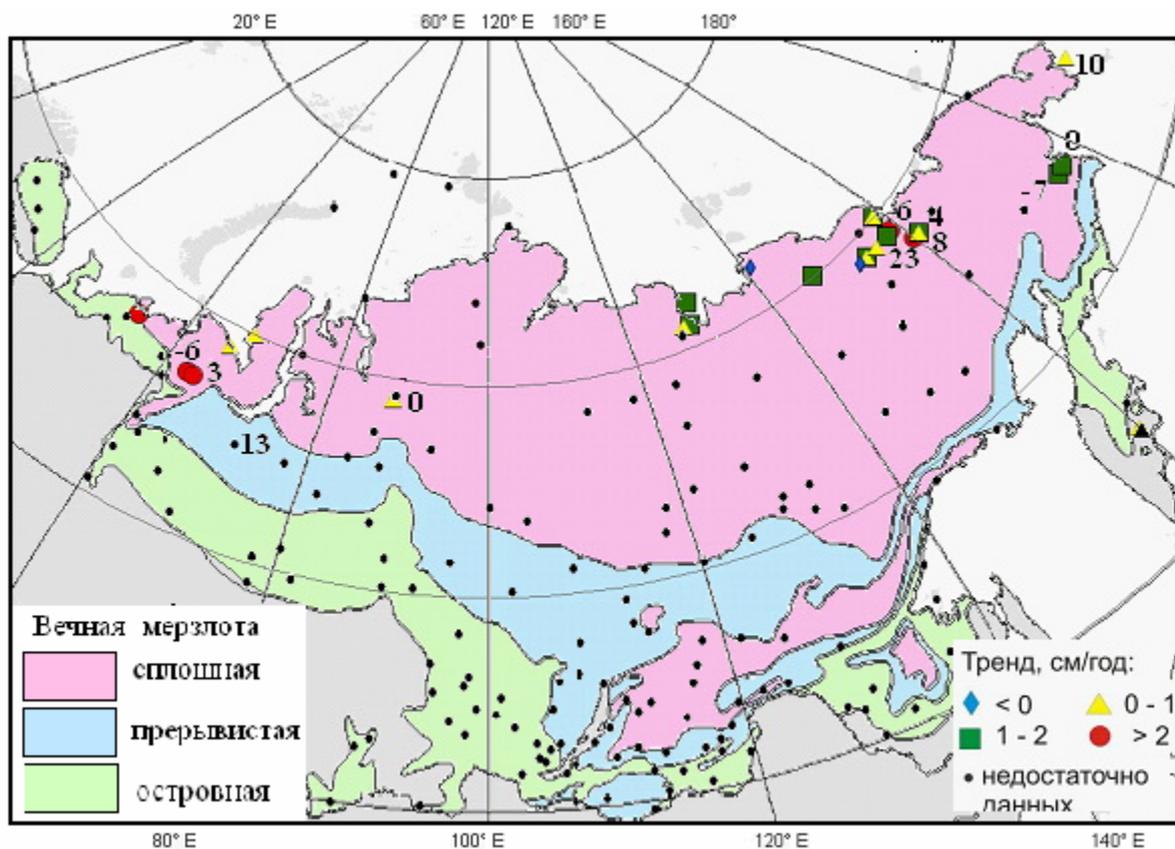
Из 8 площадок на территории Западной Сибири только три имеют наблюдения более 10 лет, включая Надым, где наблюдения проводятся с 1971 г. Увеличение СТС на площадках Западной Сибири составляет не более 2 см/год.

В Центральной Сибири тренды составили 2-3 см/год, однако точность оценки невелика из-за короткого периода наблюдений на всех площадках.

Северо-восточная Сибирь лучше всего представлена данными, поскольку там имеется 17 действующих площадок со средней продолжительностью наблюдений около 10 лет, в некоторых пунктах до 15 лет. Увеличение СТС по площадкам региона в среднем составляет 1.5 см/год.

На трех площадках на Чукотке с рядом наблюдений более 10 лет изменение СТС составляет около 1 см/год. Измерения СТС, проводимые на Камчатке показывают достаточно стабильный СТС ( $\pm 1$  см/год).

Таким образом, север ЕЧР характеризуется наибольшим приростом СТС за период наблюдений. В целом, тренд СТС уменьшается по мере продвижения в восточные районы российской криолитозоны.



**Рисунок 6.1** – Коэффициенты линейного тренда мощности СТС (см/год) за 1999-2010 гг. Величина тренда показана символами (см. усл. обозначения). Числовые значения указывают изменение мощности СТС от 2009 г. к 2010 г. (в см)

## 7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Агроклиматические условия 2010 года характеризуются, прежде всего, крупномасштабной засухой, которая привела к значительному снижению урожайности яровых зерновых культур практически на всей территории ЕЧР. Сопоставление контрастных по метеорологическим условиям, но хронологически близких лет – неурожайного 2010 и рекордного по урожайности 2008 – представляет возможность оценить диапазон влияния погодных условий на продуктивность сельского хозяйства России при практически одинаковом климате и уровне агротехники. Падение валового сбора зерна на 50 млн. тонн (почти в 2 раза) может служить оценкой возможного воздействия межгодовой изменчивости метеорологических условий на продуктивность сельского хозяйства России.

Для сравнительной оценки значимости засухи 2010 года рассмотрим выборку лет с локальными минимумами урожайности, начиная с 1951 года. В табл. 7.1 для этих лет приведены оценки потерь (по сравнению с урожаем 2008 г.) климатообусловленной урожайности. Они рассчитаны по модели «погода-урожай» в предположении отсутствия агротехнических трендов и потому рассматриваются как прямой результат влияния климатических факторов (в данном случае – засух). Данные табл. 7.1 показывают, что для Федеральных округов ЕЧР (Центральный, Северо-Западный, Приволжский и Южный), по расчетным «климатообусловленным потерям» урожая, засуха 2010 года оказалась одной из наиболее значимых за последние 60 лет. В целом по ЕЧР засуха 2010 г. оказалась по этому показателю самой суровой – потери составили более 50 % потенциально возможного урожая, что выше потерь в 1981 (49%) и 1972 (43%) годах.

Необходимо отметить, что все пространственно осредненные величины, приведенные ниже для различных регионов и федеральных округов, получены простым арифметическим осреднением соответствующих станционных данных, без привлечения специальных методов учета неравномерности их размещения.

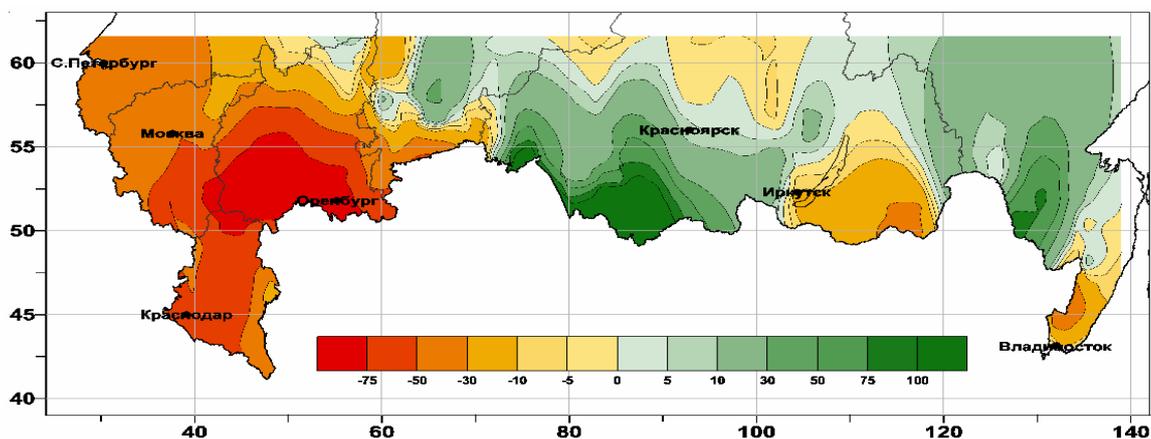
**Таблица 7.1** – Сравнительная оценка потерь климатообусловленной урожайности яровых зерновых в засушливые годы (в % от урожая 2008 года)

Регион	Потери урожайности в результате засух, %						
	1951	1972	1975	1981	1995	1998	2010
<b>Федеральные округа</b>							
<b>Центральный</b>	-16.1	-45.9	-36.1	-53.3	-25.6	-34.2	-50.7
<b>Северо-Западный</b>	0.5	-39.7	2.0	-24.3	-9.7	-13.5	-35.3
<b>Приволжский</b>	-22.0	-35.6	-44.0	-58.1	-28.9	-60.0	-61.2
<b>Южный</b>	-18.1	-52.3	-49.0	-59.6	-30.3	-43.0	-56.5
<b>Уральский</b>	27.5	72.8	-7.5	-5.2	27.2	-28.5	-11.4
<b>Сибирский</b>	12.2	50.4	0.9	9.2	19.9	-8.5	23.2
<b>Дальневосточный</b>	47.9	60.5	39.5	54.6	36.5	44.4	8.5
<b>ЕЧР</b>	-13.9	-43.4	-31.8	-48.8	-23.6	-37.7	-50.9

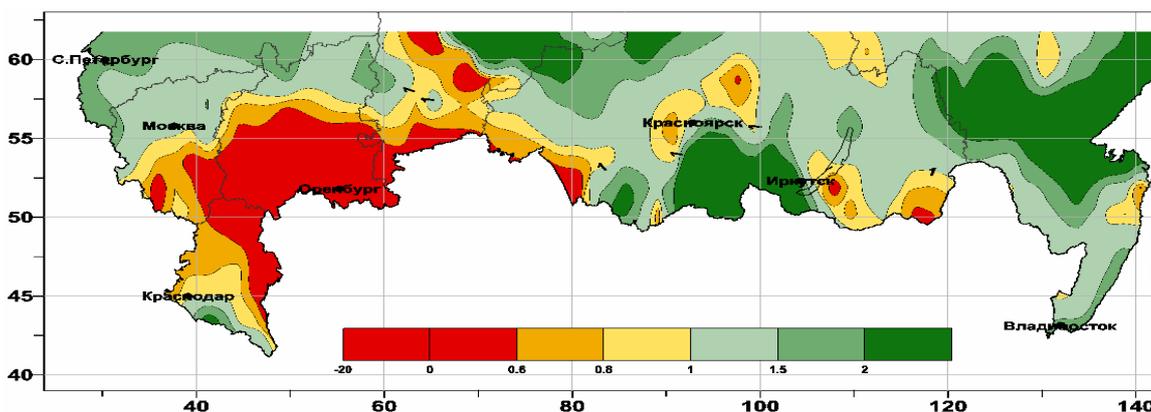
В 2010 г. расчетная климатообусловленная урожайность яровых зерновых культур (рис. 7.1) в Самарской, Оренбургской, Пензенской, Саратовской областях и Республике Татарстан была ниже урожайности 2008 года более чем на 80 %. Значительные потери урожая (выше 60-70%) наблюдались в республиках Башкортостан, Мордовия, Чувашия и Калмыкия, а также в Курской, Липецкой и Тамбовской областях, Краснодарском и Ставропольском краях.

Для интегральной характеристики атмосферных засух часто используется гидротермический коэффициент (ГТК), представляющий собой отношение суммы осадков к сумме среднесуточных температур воздуха выше 10° С, умноженной на 0.1. ГТК тесно связан с урожайностью зерновых культур и может рассчитываться для различных временных интервалов, в т.ч.: для периода между датами устойчивого перехода

среднесуточной температуры через  $10^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ , или за назначенный календарный период (например, несколько месяцев). При сильной атмосферной засухе, когда за май-июнь  $ГТК \leq 0,60$ , урожайность яровой пшеницы не превышает 10 ц/га. В 2010 г. такая засуха поразила 14 регионов (субъектов федерации России), а средняя по интенсивности засуха ( $ГТК$  в интервале от 0.6 до 0.8) – еще 6 регионов. Распределение  $ГТК$  по территории России за май – июнь 2010 г. представлена на рисунке 7.2. На территории Северо-Западного федерального округа, а также в Сибири по этому показателю значимых проявлений атмосферной засухи в мае-июне 2010 г. не зафиксировано.



**Рисунок 7.1** – Отклонения климатообусловленной расчетной урожайности яровых зерновых культур в 2010 г. от уровня 2008 г. (в %)



**Рисунок 7.2** – Распределение гидротермического коэффициента в 2010 г. (май – июнь)

Для сравнения обобщенные оценки агрометеорологических условий 2010 и 2008 гг. на территории России представлены в таблице 7.2. Несмотря на то, что весной 2010 г. выпало меньше осадков, чем в 2008 г., запасы продуктивной влаги на дату возобновления вегетации озимых культур в эти годы оказались практически идентичными. В 2010 году в Приволжском и Южном федеральных округах почвенная засуха средней интенсивности (влагозапасы ниже 15 мм) началась в мае. Сильная засуха охватила территорию Центрального, Приволжского, Южного и Уральского федеральных округов в июне и июле, когда запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы упали ниже 10 мм, что свидетельствует о наступлении почвенной засухи высокой интенсивности. Распределение запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы в эти месяцы за 2010 г. представлено на рис. 7.3.

В июле почвенная засуха средней интенсивности распространилась и на ряд регионов Северо-Западного федерального округа. В августе сильная почвенная засуха охватывала 29 регионов, включая, наряду с регионами ЕЧР, ряд областей Западной Сибири.

Таблица 7.2 – Сравнительная характеристика агрометеорологических условий в 2010 и 2008 гг.

Территория	Температура, °С		Осадки, мм		ГТК	N, сутки	Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы, мм				
	Весна	лето	весна	лето			НВО	Май V	Июнь VI	Июль VII	Август VIII
<b>2010 год</b>											
Центральный	7.5	22.7	104	123	0.61	71	44	20	10	5	11
Северо-Западный	4.3	18.1	125	211	1.26	76	59	39	29	12	21
Приволжский	6.1	22.7	80	85	0.47	72	37	13	6	3	8
Южный	11.2	26.2	172	99	0.42	89	33	12	4	4	4
Уральский	3.7	18.4	72	119	0.72	84	29	17	7	3	7
Сибирский	-0.8	16.3	76	191	1.30	98	46	30	16	20	16
Дальневосточный	-0.7	16.6	167	316	2.16	85	51	41	14	27	31
<b>2008 год</b>											
Центральный	7.9	18.1	164	225	1.39	99	44	26	15	21	18
Северо-Западный	3.5	15.2	129	263	1.90	97	52	35	22	23	31
Приволжский	7.1	18.8	117	190	1.15	101	42	19	15	14	11
Южный	12.4	23.7	199	148	0.69	97	30	22	8	13	3
Уральский	4	17.6	104	183	1.15	87	29	26	11	7	12
Сибирский	2.3	17.0	70	203	1.32	87	43	27	14	16	18
Дальневосточный	2.4	16.0	164	231	1.69	93	41	33	16	27	30

*Усл. обозначения:* ГТК – гидротермический коэффициент за период между датами устойчивого перехода среднесуточной температуры через 10° С; N – продолжительность периода всходы-уборка яровых зерновых культур; НВО – начало вегетации озимых

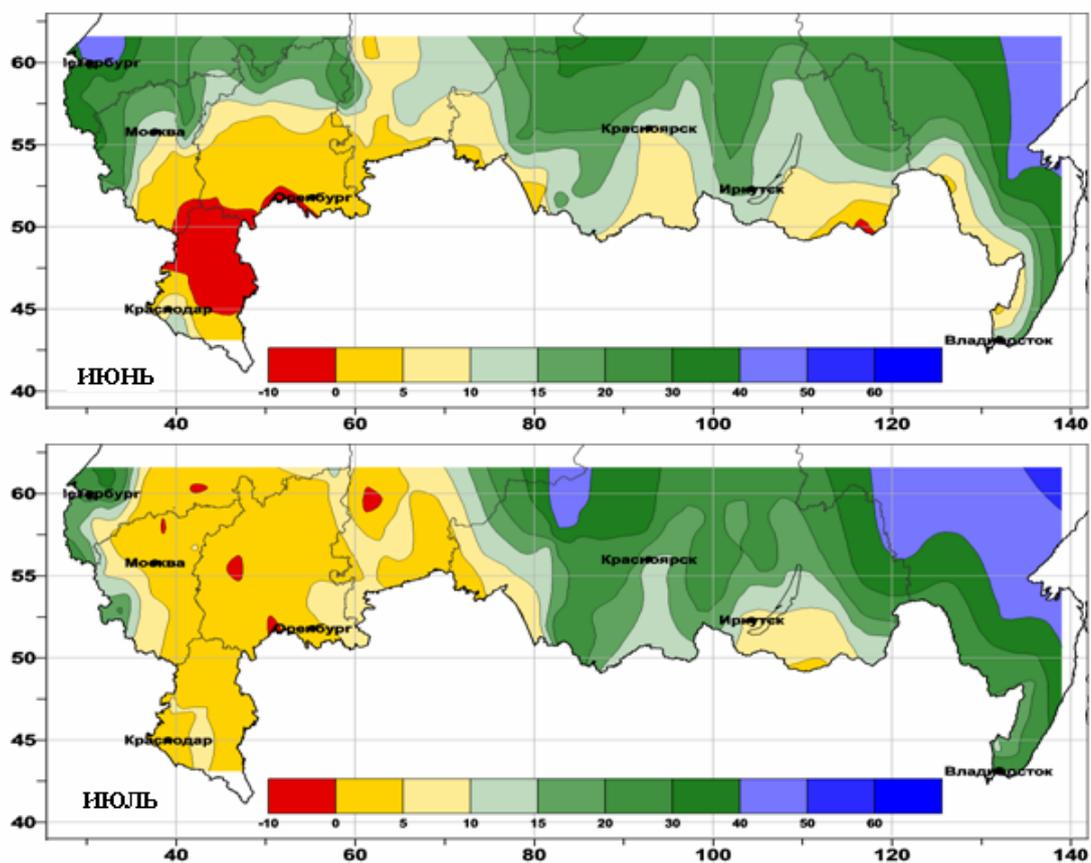


Рисунок 7.3 – Запасы продуктивной влаги (мм) в слое 0-20см в июне и июле 2010 года

Температурный режим весенних сезонов 2010 и 2008 гг. на территории ЕЧР существенно не различался. В 2010 г. в целом по стране было самое жаркое лето за последние 120 лет. В Южном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах 2010 год стал вторым самым теплым годом за этот период. В Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах летняя температура воздуха в 2010 г. оказалась выше температуры рекордного по урожайности 2008 г. на 4,6, 3,9 и 2,5°С, соответственно. Летние осадки в засушливом 2010 г. составили 50-60 % от осадков влажного 2008 года. Указанные различия температуры и осадков – главная причина недобора 50 млн. т. зерна в 2010 году по сравнению с 2008 годом. Наряду с недостаточной влагообеспеченностью, недобор зерна усугубила рекордно высокая температура воздуха, которая вызвала более раннее (почти на месяц в Центральном и Приволжском федеральных округах) созревание зерновых культур (данные о продолжительности периода всходы-уборка зерновых N представлены в табл. 7.2).

Динамику тенденций в климатических изменениях основных показателей агроклиматических ресурсов земледельческой зоны России от 1976-2008 к 1976-2010 гг. можно проследить по данным таблицы 7.3, где для федеральных округов приведены региональные оценки трендов этих показателей за оба периода. Пространственные распределения локальных трендов некоторых из показателей (теплообеспеченность растений и ГТК) за 1976-2010 приведены на рисунках 7.4, 7.5.

**Таблица 7.3** – Скорости изменения (тренды) агрометеорологических показателей за 1976-2010 гг. и 1976-2008 гг.

Федеральный округ	Температура, °С					Осадки, мм/10 лет			
	Январь	Июль	Сумма t >10°С	Лето	Зима	Зима	Весна	Лето	Осень
<b>1976-2010 гг.</b>									
<b>Центральный</b>	0.9	1.0	131	0.73	0.74	-3	-1	-14	0
<b>Северо-Западный</b>	1.0	0.8	106	0.57	0.90	6	6	-1	-3
<b>Приволжский</b>	0.6	0.7	93	0.57	0.53	0	6	-12	-5
<b>Южный</b>	0.3	0.6	134	0.64	0.34	1	9	-4	12
<b>Уральский</b>	0.1	0.3	62	0.25	0.27	1	8	-4	0
<b>Сибирский</b>	0.0	0.3	55	0.25	0.06	2	3	7	2
<b>Дальневосточный</b>	1.0	0.0	68	0.26	0.46	5	8	6	-4
<b>1976-2008 гг.</b>									
<b>Центральный</b>	1.4	0.8	108	0.56	0.99	-4	1	-9	0
<b>Северо-Западный</b>	1.5	0.7	90	0.54	1.22	5	7	-2	-5
<b>Приволжский</b>	1.1	0.5	68	0.40	0.83	1	9	-7	-3
<b>Южный</b>	0.5	0.4	135	0.54	0.30	-1	8	0	12
<b>Уральский</b>	0.6	0.4	54	0.23	0.69	2	11	1	2
<b>Сибирский</b>	0.4	0.4	75	0.34	0.54	2	3	6	2
<b>Дальневосточный</b>	0.9	0.1	66	0.25	0.48	4	8	-1	-4

Можно видеть, что для территории России в целом с добавлением данных за 2009-2010 гг. рост январских температур замедлился, а июльских – практически не изменился или несколько усилился. Аналогичны тенденции температурных трендов зимнего и летнего сезонов. Ускоряется и рост теплообеспеченности растений – сумм температур выше 10° С (рис. 7.4). В трендах осадков всех сезонов динамика от 1976-2008 к 1976-2010 практически отсутствует. Сохраняется тенденция к слабому росту зимних и весенних осадков и к уменьшению летних осадков. Последняя несколько усилилась в Приволжском, Южном и Уральском ФО, что согласуется с отрицательными трендами гидротермического коэффициента (рис. 7.5) и указывает на тенденцию к росту засушливости теплого периода года на территории земледельческой зоны.

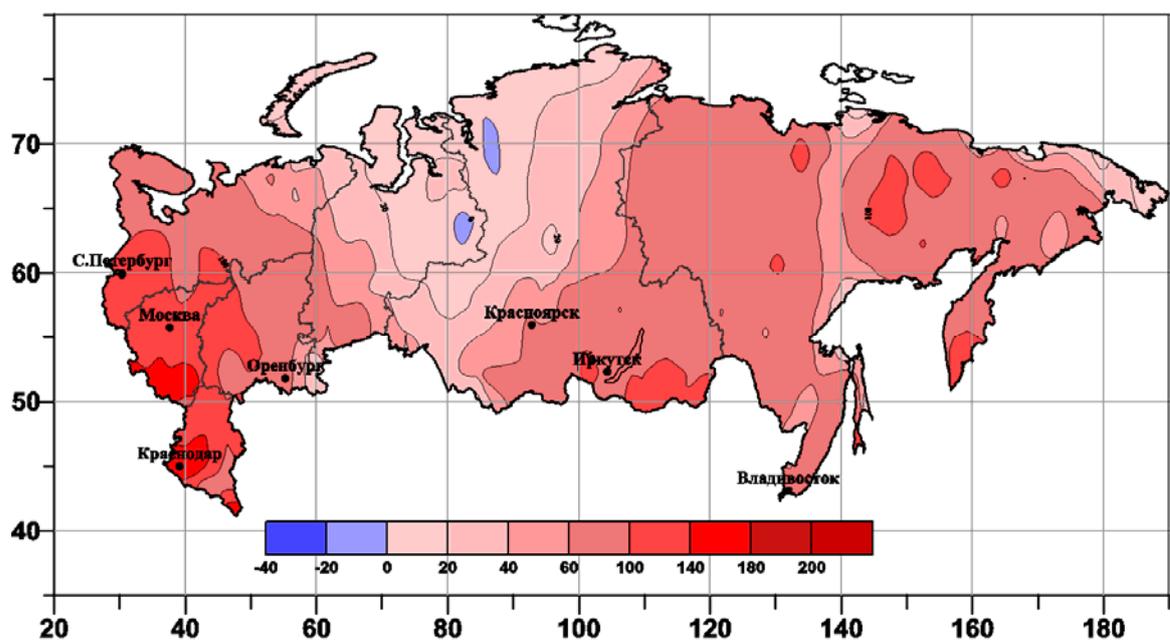


Рисунок 7.4 – Средняя скорость изменения ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) показателя теплообеспеченности растений (сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$ ) на территории России за период 1976 – 2010 гг.

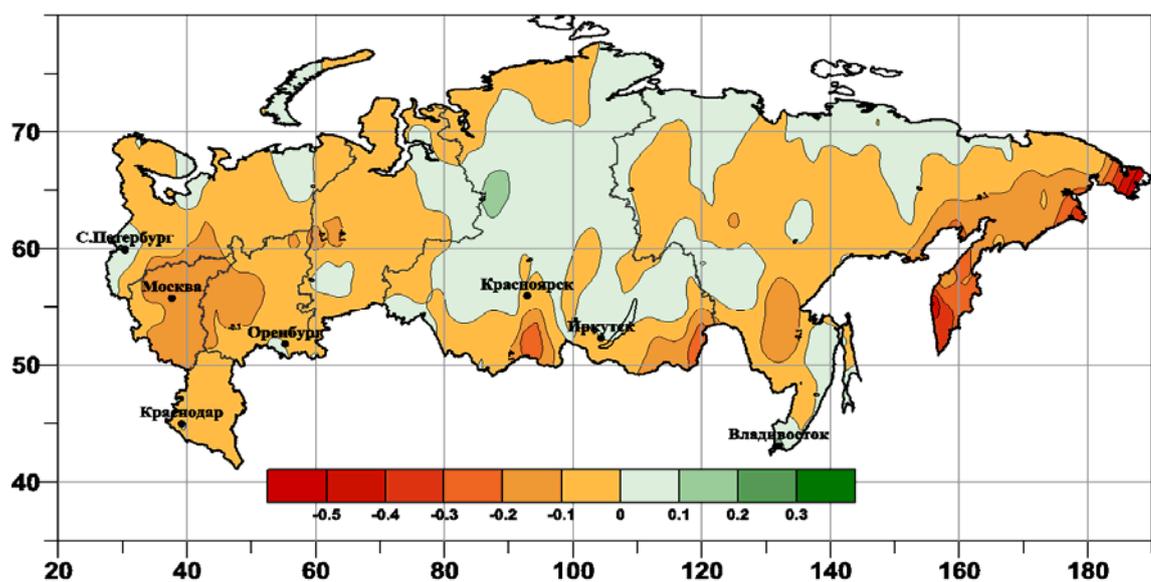


Рисунок 7.5 – Средняя скорость изменения ГТК за май-август за 1976 -2010 гг. (в ед./10 лет)

### **Выводы**

В целом, агроклиматические условия 2010 г. оцениваются как резко аномальные, отличающиеся широкомасштабной атмосферной и почвенной засухой, охватившей почти всю территорию ЕЧР. Засуха 2010 года по связанным с ней потерям сельскохозяйственной продукции оценивается как наиболее значимая за последние 60 лет.

Обусловленный засухой недобор урожая яровых зерновых культур превысил 50 % от уровня урожая 2008 года в Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах.

## 8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Общее число опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) и комплексов метеорологических явлений КМЯ (включая агрометеорологические и гидрологические) в 2010 г. составило 972. Это на 5% больше, чем в 2009 году, когда их было 923, но на 11% меньше, чем в 2008 г., когда их было 1090.

В 2010 году на территории России было зарегистрировано 511 случаев возникновения метеорологических ОЯ. В таблицах 8.1 и 8.2 показано распределение метеорологических ОЯ по месяцам и федеральным округам. Учитывались все опасные явления погоды, имевшие место на территории России, о которых были получены донесения, независимо от наличия информации об ущербе. Следует отметить, что суммарное количество метеорологических ОЯ в табл. 8.1 и 8.2 может не совпадать, т.к. ОЯ часто охватывают большие территории и одновременно наблюдаются в 2-х и более округах.

Количество зарегистрированных метеорологических ОЯ по сравнению с 2009 годом увеличилось на 31% (121 случай). Это связано как с естественными причинами, так и с введением в 2010 году новых критериев для оценки ОЯ и КМЯ. Наиболее высокая повторяемость приходится на КМЯ (114 случаев) и на сильный ветер (104 случая). Часто наблюдались сильные осадки (87 случаев). Эти явления, как правило, наносят наиболее значительный ущерб секторам экономики и частному сектору. КМЯ, хотя и не достигали критериев ОЯ по отдельным явлениям, но в значительной степени затрудняли жизненную и хозяйственную деятельность регионов.

Наибольшую повторяемость ОЯ и КМЯ имели в теплый период года (с мая по сентябрь) – 271 случай (53%). Это связано с тем, что в этот период возрастает число ОЯ, обусловленных активной конвекцией, которая наблюдается по всей территории России. Большая повторяемость ОЯ и КМЯ отмечена также в декабре, что было связано с такими явлениями, как сильный ветер, сильный мороз и КМЯ.

Таблица 8.1 – Распределение метеорологических ОЯ за 2010 год по месяцам

Месяц	Явления												Всего ОЯ
	Сильный ветер	Осадки	Заморозки	Жара	Мороз	Туман	КМЯ	Гололедные явления	Метель	Град	Смерч	Мгла	
Январь	9	2			12		4	5	7				39
Февраль	3	1			9	1	5	2	2				23
Март	8	3			2		9	3	8				33
Апрель	11	4	1	1			8		3				28
Май	5	5	8	2			6	2		3			31
Июнь	18	10	9	11			13			5	2		68
Июль	13	26		15			15			4			73
Август	10	16	11	8			13			3	2	1	64
Сентябрь	3	6	11	2			10	1			2		35
Октябрь	2	3	2			2	6		1				16
Ноябрь	9	4			2	3	9	3	5				35
Декабрь	13	7			12	1	16	8	9				66
<b>ГОД-2010</b>	<b>104</b>	<b>87</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>37</b>	<b>7</b>	<b>114</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>511</b>
<b>ГОД-2009</b>	<b>75</b>	<b>95</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>80</b>	<b>6</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>9</b>		<b>390</b>

По температурным характеристикам 2010 год был, в среднем, незначительно теплее 2009 года. Однако, периодов сильных морозов в 2010 г. отмечено 37 случаев (в 2009 г. – 23), а периодов с аномально жаркой погодой – 39 случаев (в 2009 г. – 12). Наиболее холодными выдались январь и декабрь 2010 г., когда на территории страны зарегистрированы по 12 случаев аномально низких температур. Количество заморозков в вегетационный период наблюдалось на 14% больше, чем за аналогичный период 2009 г.

**Таблица 8.2** - Распределение метеорологических ОЯ за 2010 г. по территории федеральных округов

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	Прв ФО	ЮФО	СК ФО	УрФО	Сиб ФО	ДВ ФО	
1	Ветер	12	9	16	10	7	11	46	11	122
2	Сильные осадки	6	6	5	14	18	4	17	32	102
3	Метель	2					5	14	16	37
4	Пыльная буря									
5	Смерч			1	4					5
6	Мороз	1	1	3			11	12	3	31
7	Аномально холодная погода	9	4	5	1		11	10		40
8	Жара	5	8	7	7	4	10	7	4	52
9	Аномально тёплая погода	2	7	9				2	1	21
10	Град		2		2	3	1	3		11
11	Гололедные явления	1	2	4	5	2		4		18
12	Налипание мокрого снега				2	1	1	2	3	9
13	Заморозки	8	10	16	2		15	21	2	74
14	Туман		3	4				1		8
15	КНЯ	8	19	13	13	10	9	45	21	138
<b>Всего – 2010</b>		<b>54</b>	<b>71</b>	<b>83</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>78</b>	<b>184</b>	<b>93</b>	<b>668</b>
<b>Всего – 2009</b>		<b>24</b>	<b>37</b>	<b>64</b>	<b>65</b>		<b>37</b>	<b>144</b>	<b>74</b>	<b>445</b>

Из табл. 8.2, следует, что на территории Сибирского федерального округа зарегистрировано 184 случая (28%) ОЯ и КНЯ, что на 28% больше, чем в 2009 г. Это связано с тем, что территория округа обладает наибольшими размерами и активными процессами. В большинстве федеральных округов в 2010 г. количество ОЯ и КНЯ увеличилось на 25-60% по сравнению с прошлым 2009 г., что в значительной степени связано с введением в 2010 г. новых критериев для оценки ОЯ и КНЯ.

Динамика количества всех зарегистрированных метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2010 гг. приведена в табл. 8.3.

На рис. 8.1 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1996 – 2010 гг., относящиеся к опасным явлениям и комплексам метеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ). В целом 2010 год оказался аномальным по числу отмечавшихся гидрометеорологических ОЯ, нанесших ущерб. Количество опасных явлений достигло 467, что на 21% больше, чем в 2009 г., когда наблюдалось 385 случаев ОЯ.

Таблица 8.3 – Динамика количества метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2010 гг.

Годы	Месяцы												Всего за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1998	19	15	12	12	14	17	28	16	19	19	20	15	206
1999	20	10	9	9	14	10	15	15	16	8	14	12	152
2000	9	2	6	10	15	17	18	17	20	7	8	12	141
2001	12	12	4	5	27	30	30	25	17	14	16	19	211
2002	16	15	17	11	24	27	41	35	28	17	16	29	276
2003	21	17	13	14	16	35	41	36	27	17	18	17	272
2004	23	29	27	21	23	54	49	61	26	20	28	28	389
2005	19	19	49	31	28	52	48	38	21	24	14	21	364
2006	27	20	29	21	39	64	49	56	26	22	30	24	407
2007	39	40	21	9	56	61	56	52	38	25	28	20	445
2008	29	25	18	19	28	47	83	45	27	12	30	41	404
2009	26	30	24	24	31	64	57	42	26	22	16	28	390
2010	39	23	33	28	31	68	73	64	35	16	35	66	511

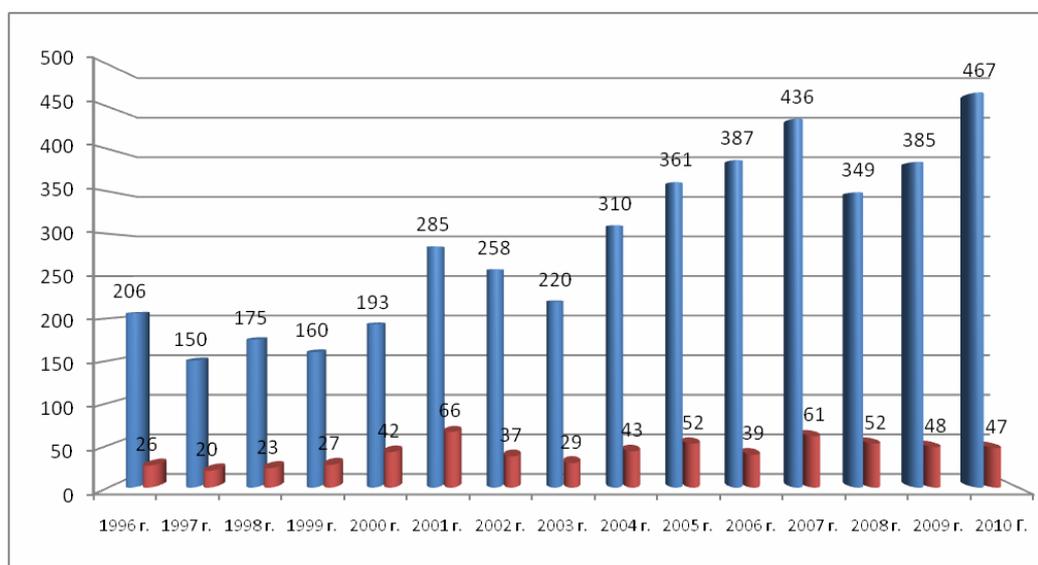


Рисунок 8.1 – Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (синий) и количество непредусмотренных ОЯ (фиолетовый).

На рис. 8.2 информация о гидрометеорологических ОЯ, послуживших в 2010 году источниками чрезвычайных ситуаций, детализирована по месяцам. Наибольшая активность возникновения опасных явлений на территории Российской Федерации, по-прежнему, наблюдается в период с мая по август, причем число гидрометеорологических ОЯ увеличилось по сравнению с аналогичным периодом 2009 года.

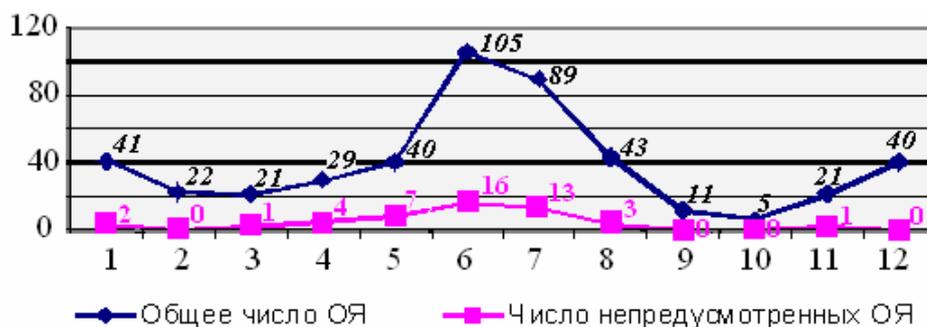


Рисунок 8.2 – Распределение ОЯ по месяцам в 2010 году

## 9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Закономерности изменения солнечной радиации, достигающей земной поверхности, наряду с астрономическими факторами, существенно зависят от особенностей изменения облачности и прозрачности атмосферы, определяемой вариацией ее газового и аэрозольного состава. Основным источником данных для слежения за климатическими изменениями составляющих радиационного баланса земной поверхности являются ряды наземных актинометрических наблюдений.

В качестве характеристик радиационного режима на настоящем этапе анализируются приходящая суммарная и прямая солнечная радиация, месячные и годовые суммы которых рассчитываются по данным наблюдений об интенсивностях различных потоков радиации в фиксированные сроки (так называемых «срочных» наблюдений), поступающих с актинометрической сети станций.

Из двух видов актинометрических наблюдений, дающих информацию не только о суммарной радиации, но и о составляющих радиационного баланса, предпочтение отдано срочным наблюдениям в силу большей плотности подсети этих станций – как в начале 21 века, так и в 60-х годах 20-го столетия. Для большинства действующих станций со срочными наблюдениями (в отличие от станций, ведущих наблюдения с помощью регистраторов) могут быть рассчитаны нормы за базовый период 1961-1990 гг.

Аномалии сумм радиации рассчитаны как отклонения от норм базового периода 1961-1990 гг. и выражены в процентах от этих норм. Оценки условий 2010 г. получены по данным 81 (из 91) российских станций со срочными наблюдениями, для которых своевременно поступила оперативная информация.

Анализ *многолетних* колебаний регионально-осредненных аномалий годовых сумм прямой радиации на интервале 1961-2009 гг. (рис. 9.1) показывает, что все рассматриваемые ряды содержат долгопериодную составляющую, изменения которой, однако, не являются монотонными. В конце 80-х – начале 90-х гг. 20 века повсеместно отмечается пониженное поступление солнечной радиации (возможно, связанное с воздействием крупных вулканических извержений), при этом на интервале 1961-1990 гг. диагностируется отрицательный тренд. В последнее десятилетие 20 столетия и начале 21 в. происходит возврат к значениям приходящей радиации, близким к норме. Включение в анализ годовых сумм за 2009 г. - последний полный календарный год с доступными для обобщения радиационными данными - подтверждает этот вывод. Аномалии годовых сумм прямой радиации, осредненные по территории крупных регионов, близки к нулевым значениям.

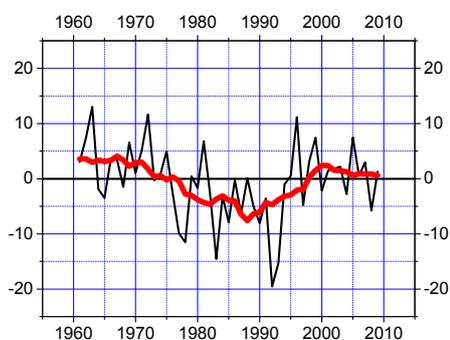
В *зимний* период 2009/10 г. практически вся западная часть территории России (вплоть до Енисея) была занята положительной аномалией прямой радиации (рис. 9.2а), а восточная – отрицательной. Наиболее мощный очаг положительной аномалии сформировался на ЕЧР, севернее 52° с.ш. В отдельных пунктах Нижегородской и Кировской областей, в Мордовии относительные аномалии прямой радиации превышали 60%. Положительные аномалии в Западной Сибири были также весьма значительны. Приход прямой радиации в среднем за зимний сезон превышал норму на 20-40%.

На Азиатской территории, к востоку от Енисея, преобладал пониженный приход прямой радиации. Наиболее глубокие отрицательные аномалии отмечались на востоке Красноярского края и западе республики Якутия-Саха, в Магаданской области и на Камчатке (от 20 до 45%); менее глубокие - в северо-западных областях ЕЧР, а также на юге – в Волгоградской области и Краснодарском крае (10-30%).

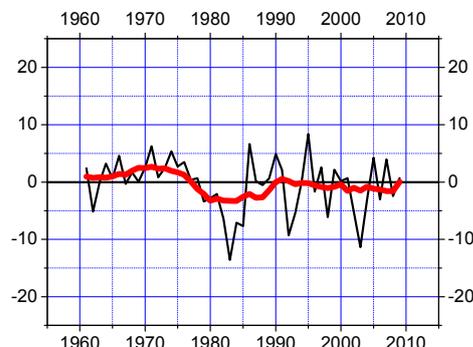
Такой характер распределения аномалий прямой радиации на территории России наблюдался во все зимние месяцы. Это было вызвано особенностями атмосферной циркуляции зимой 2010 года.

Распространившийся далеко на запад мощный гребень Сибирского максимума занял территорию Западной Сибири, Урал, Восточную и северную Европу и блокировал прохождение атлантических циклонов. Это привело к преобладанию малооблачной погоды и повышенному приходу прямой радиации на обширной территории.

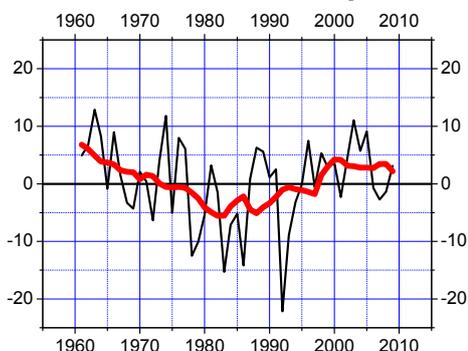
### Европейская часть России



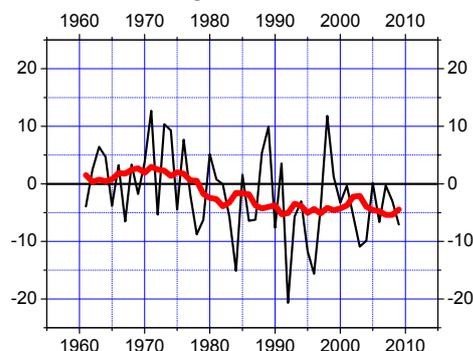
### Прибайкалье и Забайкалье



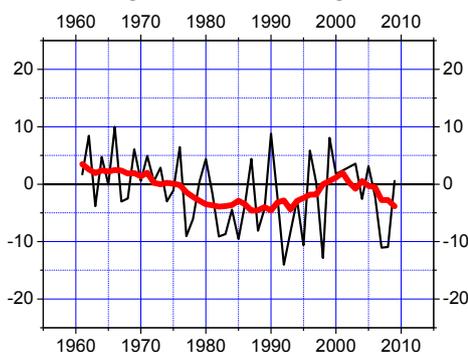
### Западная Сибирь



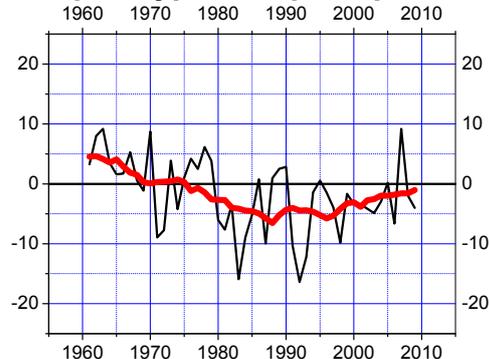
### Северо-Восток



### Средняя Сибирь



### Приамурье и Приморье



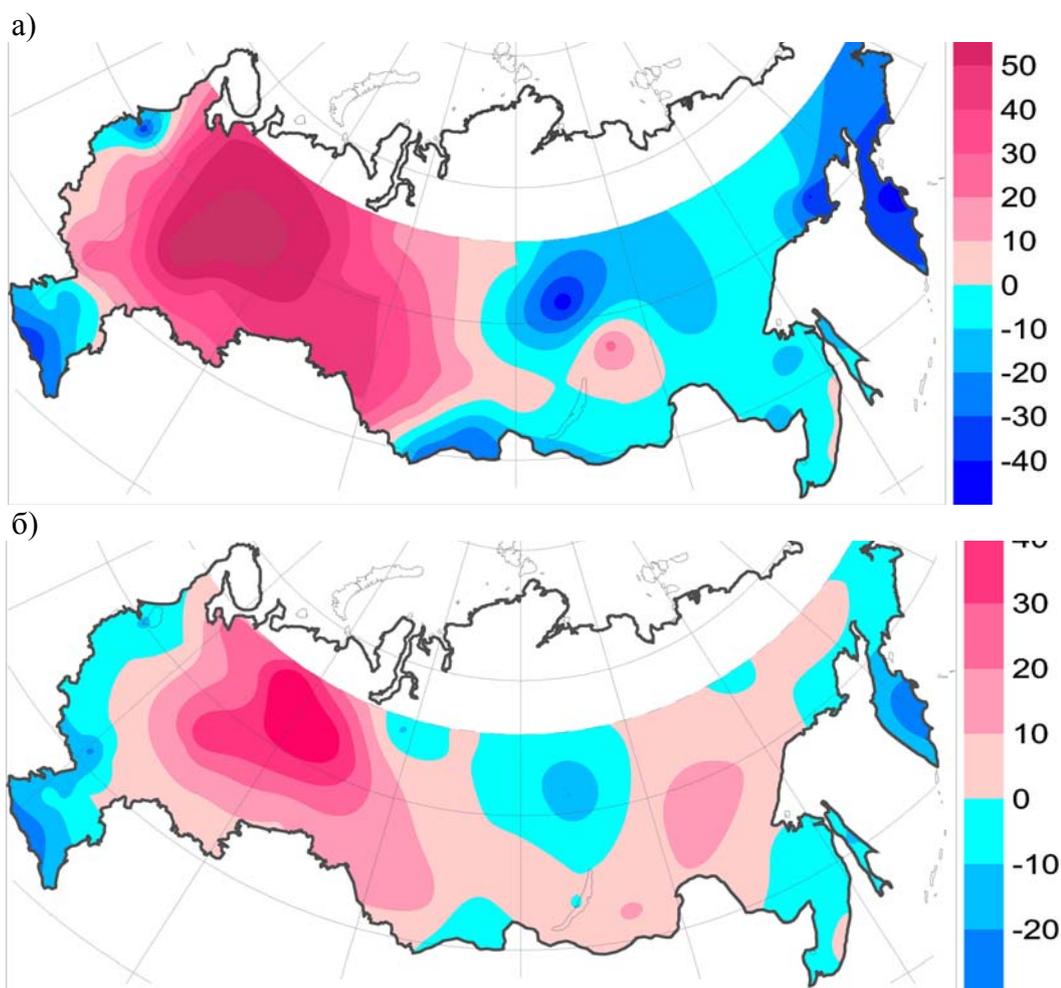
**Рисунок 9.1** – Регионально-средненные аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) годовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность.

*Красная кривая показывает сглаженный ход (11-летние скользящие средние)*

Образовавшаяся положительная аномалия прямой радиации на территории ЕЧР и Западной Сибири проявилась и в поле суммарной радиации (рис. 9.2б). Интенсивность ее была весьма существенной – до 30 - 40%. В западных районах ЕЧР и на юге приход суммарной радиации был ниже нормы, причем более глубокая отрицательная аномалия отмечалась в Красноярском крае.

В большинстве районов Восточной Сибири и на Дальнем Востоке произошла смена знака аномалий - отрицательная аномалия в поле прямой радиации сменилась на слабую положительную аномалию суммарной радиации. Смена знака аномалий в Сибирском

регионе связана с обострением полярного фронта на южной периферии Сибирского максимума, активным циклогенезом в Восточной Сибири и Дальнем Востоке и вследствие этого с увеличением облачности. Резкое возрастание рассеянной радиации при этом способствовало повышению суммарной радиации.

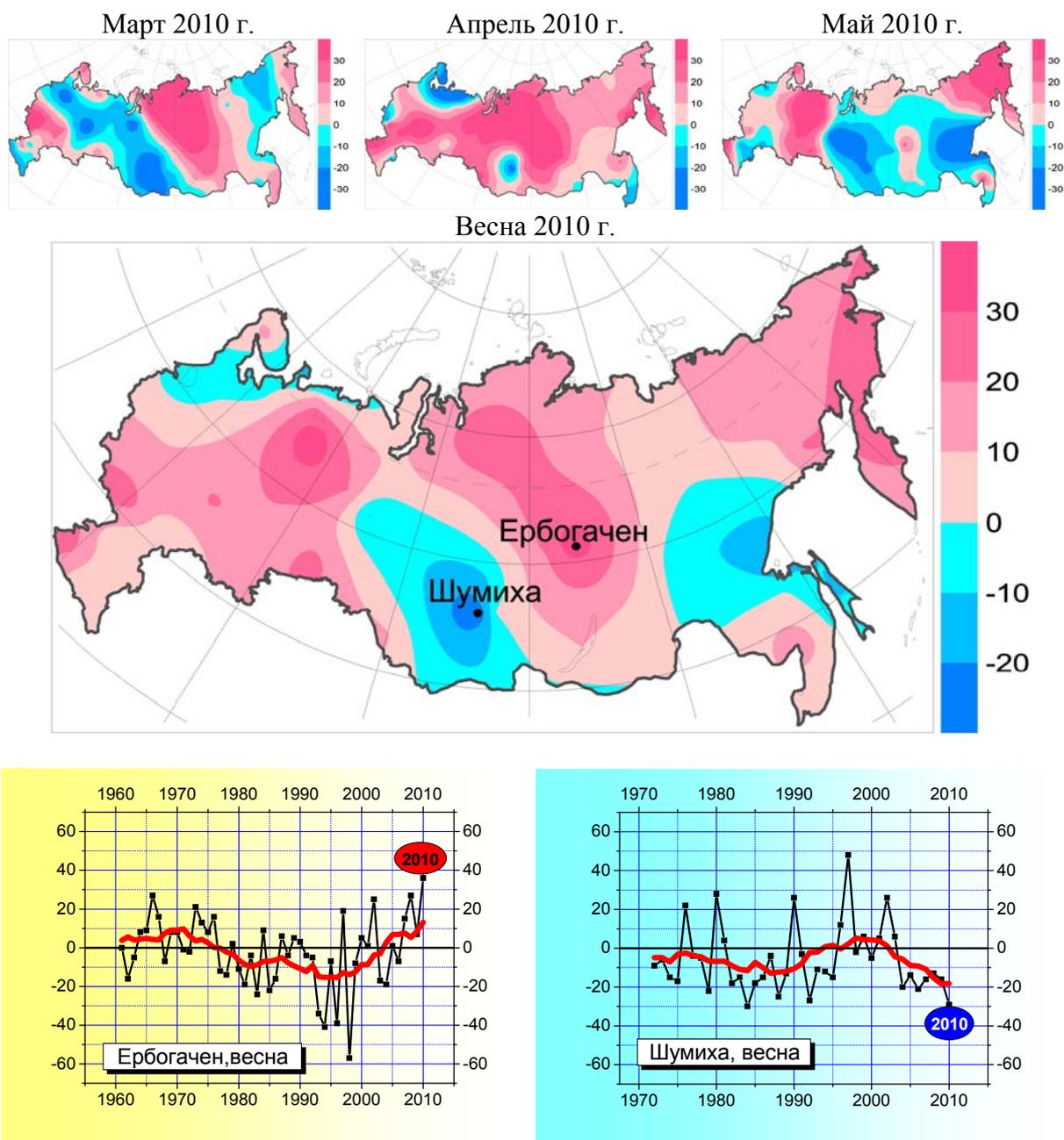


**Рисунок 9.2** – Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) сезонных сумм прямой (а) и суммарной (б) солнечной радиации. Зима 2009/2010 гг.

**Весной** практически вся территории России оказалась в зоне положительной аномалии прямой радиации (рис. 9.3), хотя и не столь интенсивной, как зимой на ЕЧР. Величина ее в основном не превышала 20%, и только на северо-востоке ЕЧР и в Красноярском крае достигала 30%.

Сформировавшиеся три очага отрицательных аномалий были небольшими по площади и не очень глубокими. Два из них располагались в Азиатской части России, в т.ч. один - на юге Западной Сибири и в Алтайском крае, а второй занимал юг Якутии, отдельные районы Хабаровского края и Сахалин. На территории ЕЧР слабая отрицательная аномалия (до 10%) отмечалась только в отдельных северо-западных районах и узкой полосе побережья Баренцева моря.

Наибольшее влияние на формирование обширной положительной аномалии прямой радиации в целом за весенний сезон оказал апрель. В этом месяце отмечался частый выход антициклонов на территорию ЕЧР, а также интенсивное развитие Сибирского антициклона, что способствовало преобладанию малооблачной погоды на обширной территории.



**Рисунок 9.3** – Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Весна 2010 г.

В поле аномалий суммарной радиации (рис. 9.4) наблюдались обширные, но относительно неглубокие аномалии обоих знаков, в основном не превышающие 10%.

Наиболее интенсивная положительная аномалия суммарной радиации сохранилась в восточных и северо-восточных районах ЕЧР, но мощность ее была значительно меньше, чем в зимний период – 20-30% против 40% и более. Глубоких отрицательных аномалий суммарной радиации в весенний сезон не наблюдалось.

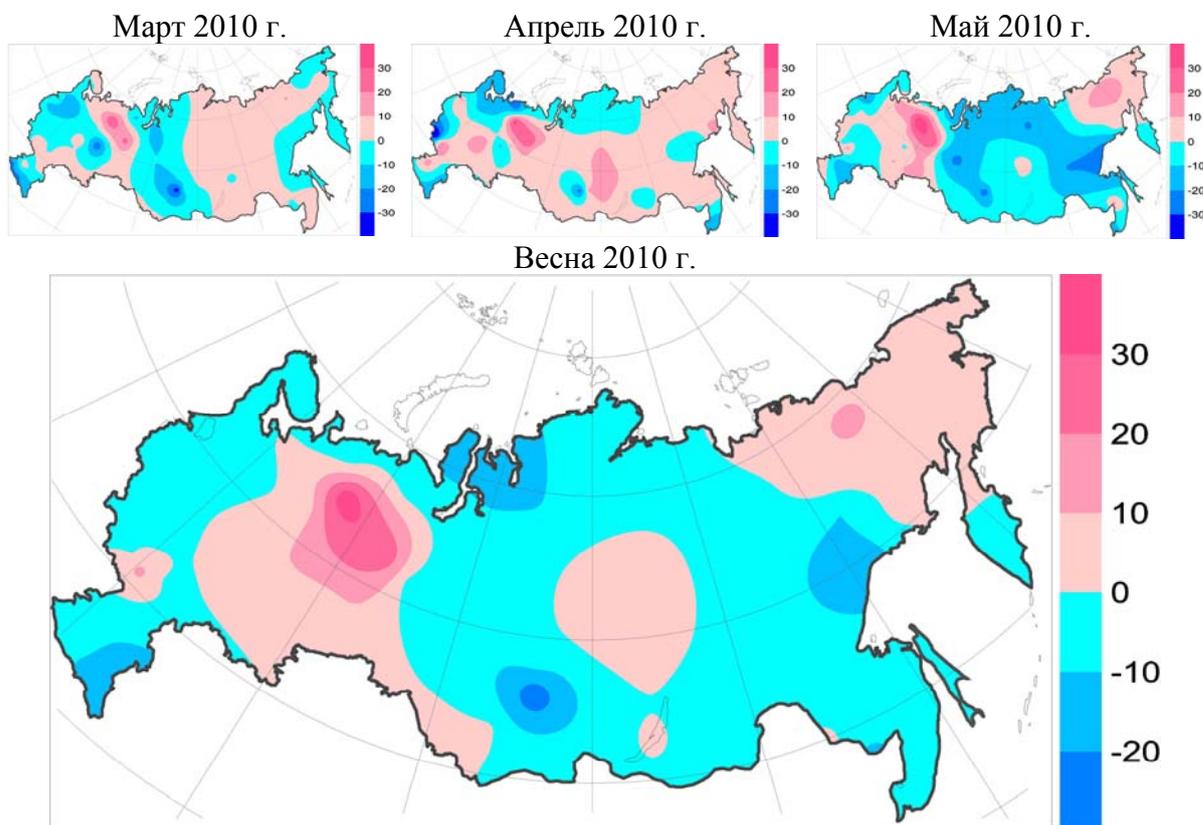
*Летний* сезон отмечался резким контрастом в приходе прямой радиации на Европейской и Азиатской частях России (рис. 9.5).

Вся территория ЕЧР, за исключением крайних северных и северо-восточных районов, находилась в зоне повышенного прихода прямой радиации. Положительная аномалия в Воронежской, Саратовской, Самарской области и Башкирии достигала 37-40%. Вся территории к востоку от Урала, за исключением южных районов Алтайского

края и Забайкалья, была занята отрицательной аномалией. Наиболее глубокий очаг ее располагался в северной половине Западной Сибири и захватывал крайний северо-восток ЕЧР. Глубина отрицательной аномалии в отдельных районах достигала 50-60%.

Наличие обширных отрицательных аномалий на Азиатской территории во все летние месяцы сформировали мощную сезонную отрицательную аномалию.

На формирование летней положительной аномалии на территории ЕЧР наибольшее влияние оказал июль, когда почти на всей этой территории месячный приход радиации превышал норму на 40-50%.

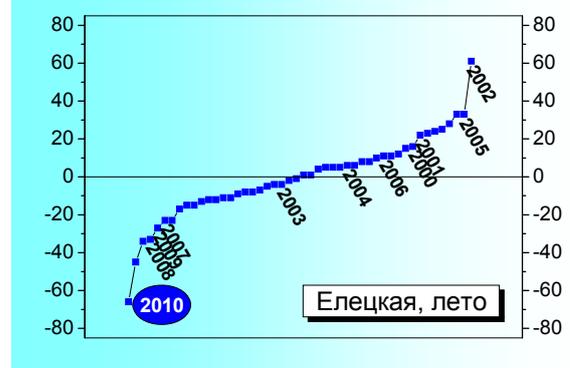
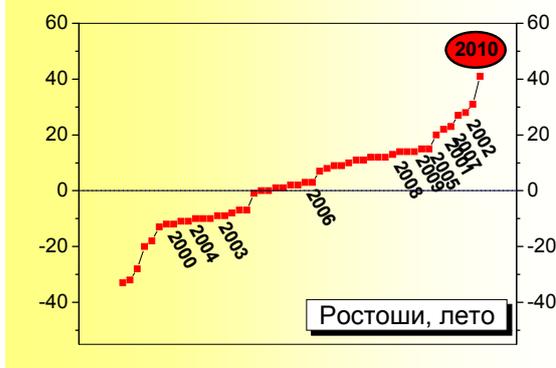
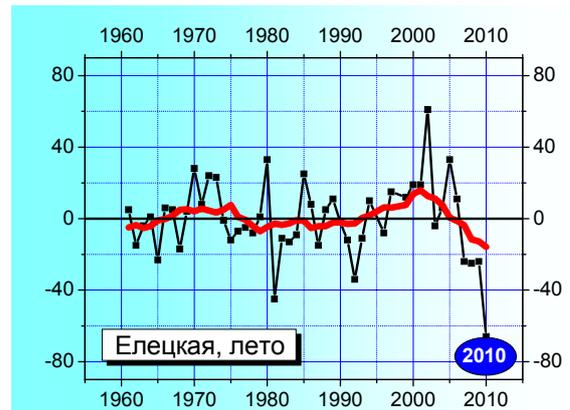
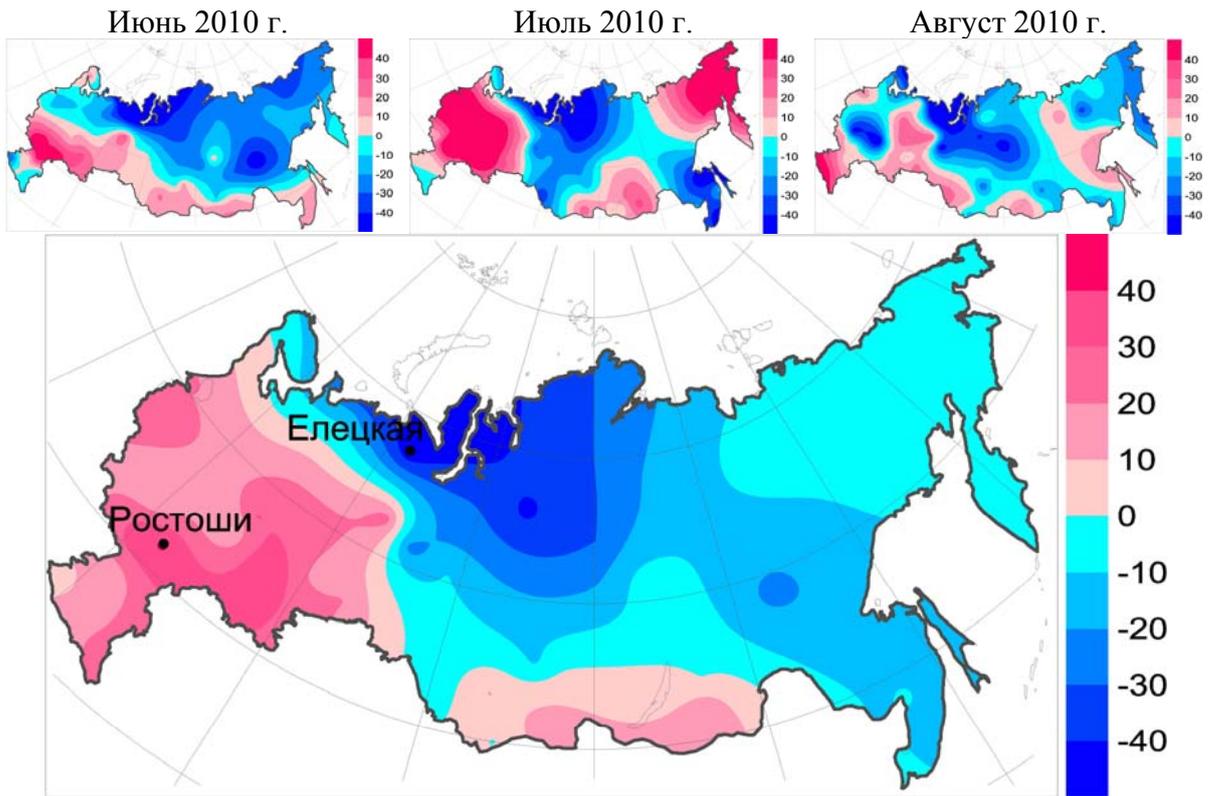


**Рисунок 9.4** – Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм суммарной солнечной радиации. Весна 2010 г.

В суммарном приходе радиации в летний сезон (рис. 9.6) прослеживаются те же особенности, что и в приходе прямой радиации, но выраженные более слабо. На юго-востоке ЕЧР положительная аномалия не превышала 10-20%, а на севере Западной Сибири максимальные значения отрицательной аномалии составляли 30-40%.

Анализ *сезонных* аномалий прямой радиации (рис. 9.7), осредненных по территории России, показывает, что по отношению к радиационному режиму 2010 г., как и предыдущие годы 21 века, незначительно отличается от нормы. Регистрируемые аномалии близки к нулю и значительно отстают от экстремально низких значений, достигнутых в начале 90-х годов прошлого столетия.

Таким образом, основные особенности радиационного режима 2010 года связаны с наличием в летний сезон крупной положительной аномалии прямой радиации на территории ЕЧР и не менее обширной и глубокой отрицательной аномалии в азиатской части России. Аналогичная ситуация (с большей по площади положительной аномалией) наблюдалась и в зимний сезон 2009/10 года. В среднем же для территории России в 2010 году приход солнечной радиации был близок к норме.

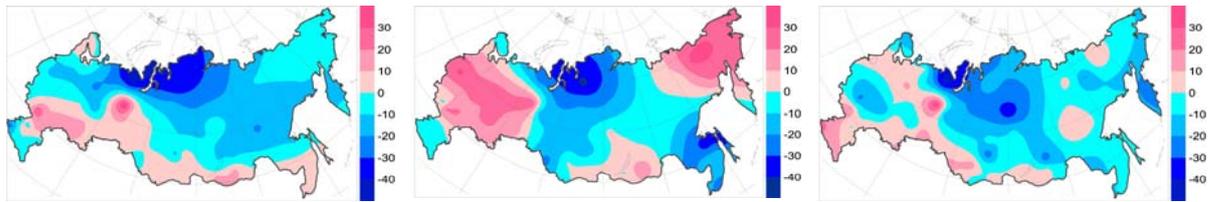


**Рисунок 9.5** – Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Лето 2010 г.

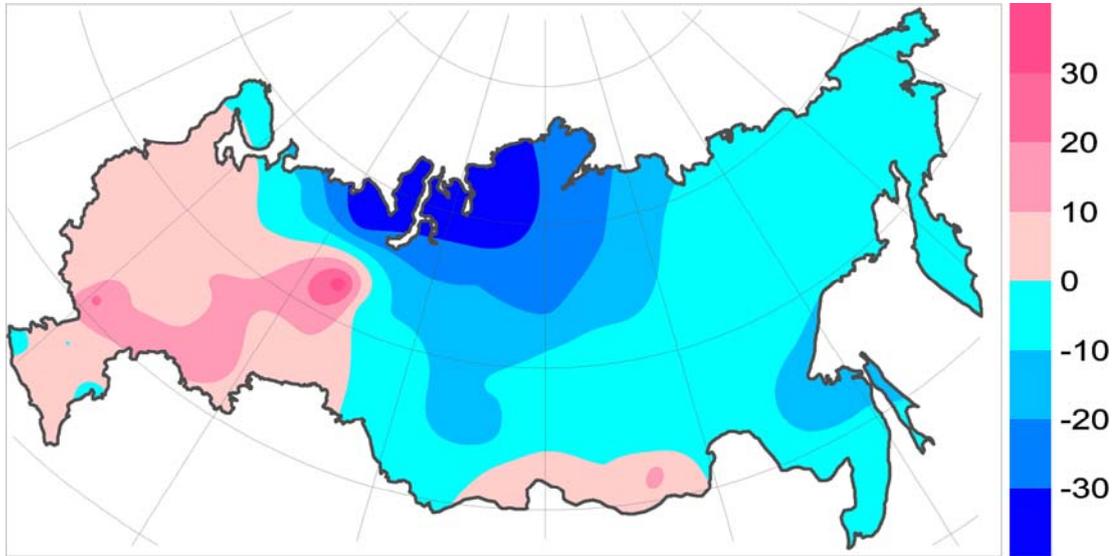
Июнь 2010 г.

Июль 2010 г.

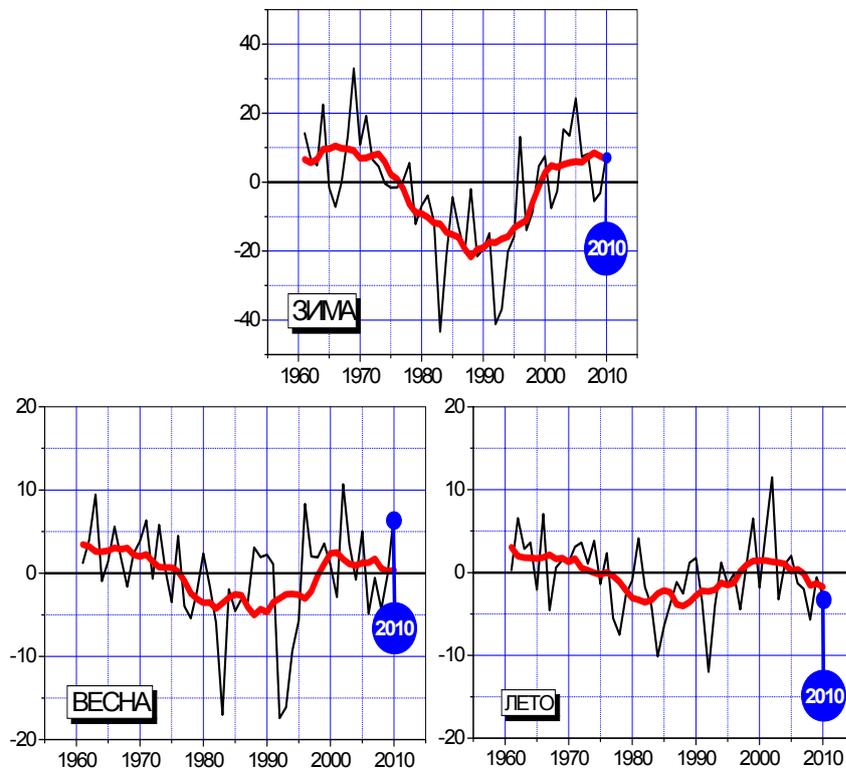
Август 2010 г.



Лето 2010 г.



**Рисунок 9.6** – Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм суммарной солнечной радиации. Лето 2010 г.



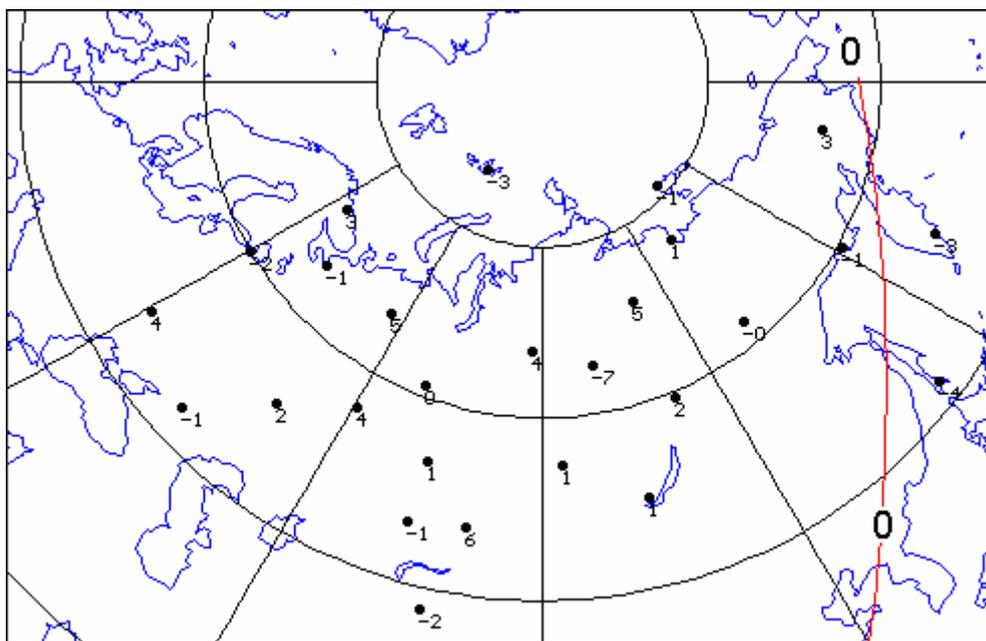
**Рисунок 9.7** – Аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) сезонных сумм прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, осредненные по территории России, 1961-2010 гг.

## 10. ОЗОНовый СЛОЙ

**Общее содержание озона над территорией России.** Анализ общего содержания озона (ОСО) выполнен по данным отечественной сети фильтровых озонметров М-124. Привлечены также данные мировой озонметрической сети, поступающие в Мировой центр данных ВМО по озону и ультрафиолетовой радиации (WOUDC) в Канаде, а также данные спутниковой аппаратуры ОМІ (США). Более подробная информация о ежемесячных аномалиях ОСО регулярно публикуется в журнале «Метеорология и гидрология».

ОСО является важнейшей характеристикой озонового слоя, определяющей поглощение ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца в области длин волн 290-315 нм (так называемая УФ-Б область). Количественно ОСО выражают приведенной толщиной слоя озона, которая получилась бы, если бы весь содержащийся в атмосфере озон привести к нормальному давлению при температуре 0°C. В среднем по земному шару, она равна 3 мм, но ее локальные значения могут меняться от 1 мм (в Антарктиде в период весенней озоновой аномалии) до 6 мм (в конце зимы – начале весны над Дальним Востоком). ОСО измеряют в так называемых единицах Добсона (ед. Д.); приведенная толщина слоя озона 3 мм соответствует 300 ед. Д.

В целом за 2010 г. поле отклонений среднегодовых значений ОСО от средних значений за 1973-1984 гг. (далее – «нормы») довольно ровное (рис. 10.1); расположение сетевых станций на контролируемой территории отмечено точками. Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций лежат в интервале от -7% (станция Тура) до +6 % (станция Семипалатинск) при погрешности значений около 5%.



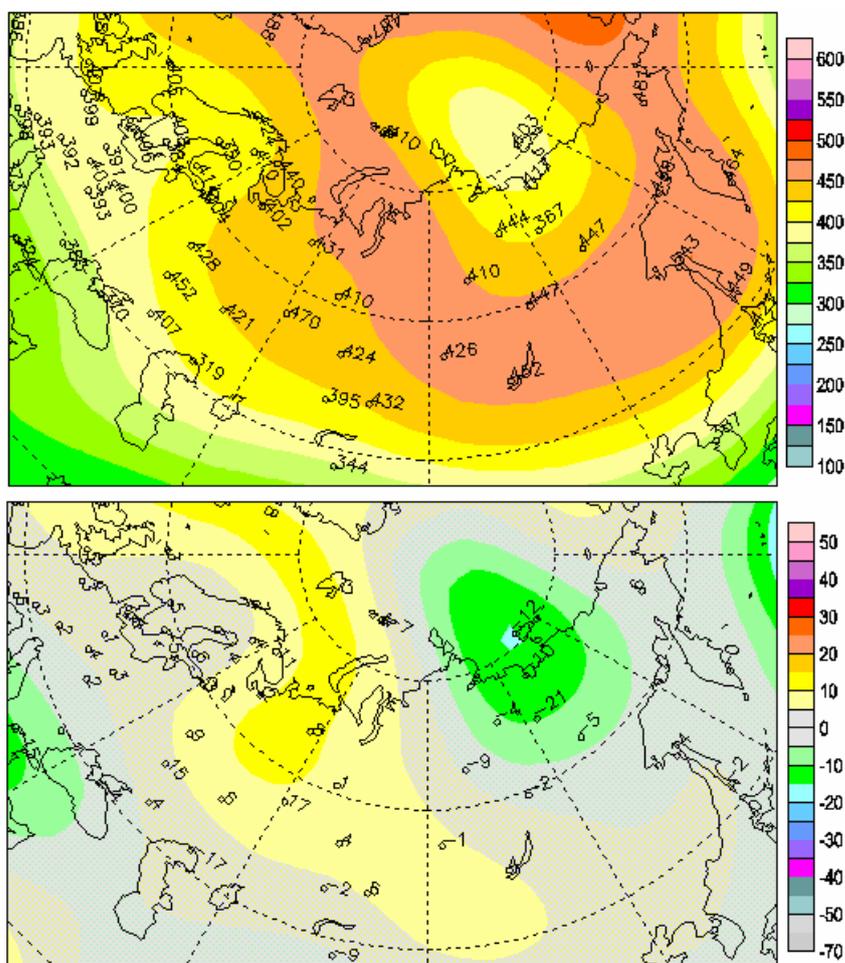
**Рисунок 10.1** - Поле отклонений (%) общего содержания озона от многолетних средних в целом за 2010 г. по данным озонметрической сети СНГ

В течение 2010 года длительность существенных (выше 20-25 %) локальных ежедневных аномалий ОСО (отклонений от нормы 1973-1984 гг.) не превышала 4 суток, в том числе:

- 27-28 февраля над северными районами ЕЧР (518-574 ед. Д., на 37-52 % выше нормы);
- 3-4 марта над севером Красноярского края и Якутии (304-338 ед. Д., на 28-35 % ниже нормы.);

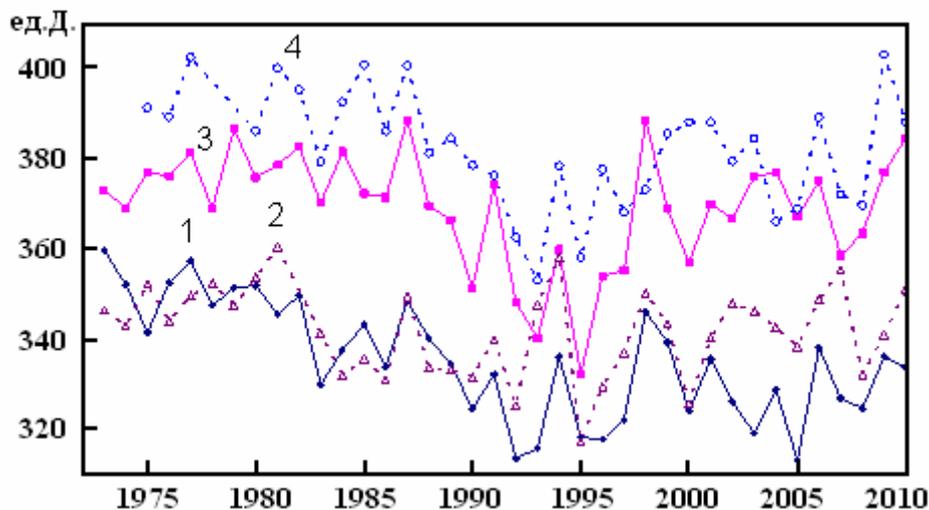
- 11-12 марта над севером Красноярского края и Якутии (304-349 ед. Д., на 26-35% ниже нормы);
- 27-30 июня над северо-востоком Казахстана (455-475 ед. Д., на 32-39% выше нормы);
- 17-18 августа над севером Красноярского края и Якутии (353 -356 ед. Д., на 19-24 % выше нормы);
- 13-14 сентября над северо-востоком Казахстана и югом Центральной Сибири (362-393 ед. Д., на 18-28 % выше нормы).

Среднемесячные значения ОСО в течение 2010 г. не выявили заметных аномалий над территорией России, о чем свидетельствует поле ОСО в марте 2010 г. на рисунке 10.2 (март – месяц наибольших аномалий ОСО в умеренных и высоких широтах Северного полушария). Возможно, причина в отсутствии больших аномалий глобальных гео- и гелиофизических факторов (арктического колебания, квазидвухлетних колебаний, солнечной активности и пр.), которые оказывают влияние на состояние озонового слоя.



**Рисунок 10.2** – Поле общего содержания озона (ед.Д.; сверху) в марте 2010 г. и его аномалий (%; внизу) по данным WOUDC, Канада

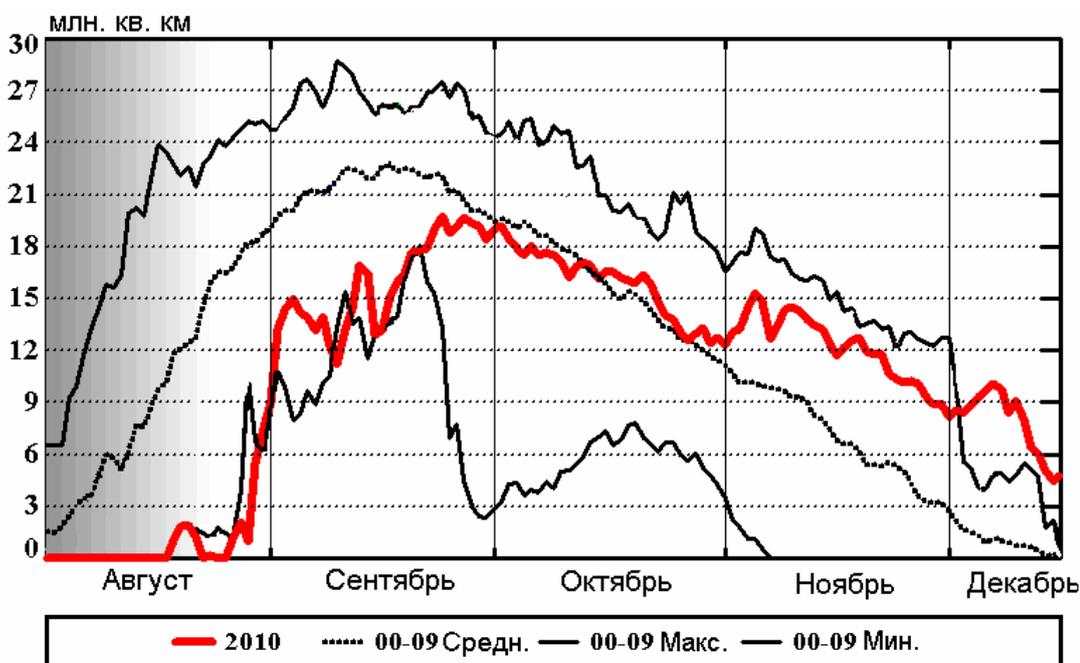
Долговременные изменения ОСО над территорией России иллюстрируются ходом его среднегодовых значений в отдельных пунктах наблюдений (рис. 10.3). Известно, что в целом для территории России ход ОСО удовлетворительно согласуется с ходом ОСО в широтном поясе 35°-60° Северного полушария. Рисунок 10.3 иллюстрирует, что над территорией России среднегодовое ОСО в 2010 г. выше, чем в 2006-2009 гг., и характерно для начала 1980-х годов. В целом, этот результат согласуется с выводом, что ОСО над территорией России с середины 1990-х гг. растет и постепенно приближается к уровню 1970-х гг., хотя все еще остается более низким.



**Рисунок 10.3** – Ход среднегодовых значений ОСО в пунктах наблюдений:  
 1 - С.-Петербург (60N, 30E); 2 - Самара (53N, 50E); 3 - Якутск (62N, 130E),  
 4 - Нагаево (60N, 151E).

**Весенняя Антарктическая озоновая аномалия.** Основная характеристика весенней Антарктической озоновой области (ВАОА) – ее площадь – рассчитывается по территории, где ОСО не превосходит 220 единиц Добсона. В 2010 г. площадь ВАОА значительно уступала средней площади за последние 10 лет (рис. 10.4).

Особенностями ВАОА 2010 года является ее позднее начало и поздний конец. Рост площади, занятой ВАОА, начался лишь в последней пятidineвке августа (на полмесяца позже, чем в среднем за предыдущие 10 лет) и закончился в конце декабря. Согласно пресс-релизу ВМО, «за последнее десятилетие глобальное содержание озона и содержание озона над регионами Арктики и Антарктики больше не уменьшается, но пока и не увеличивается».



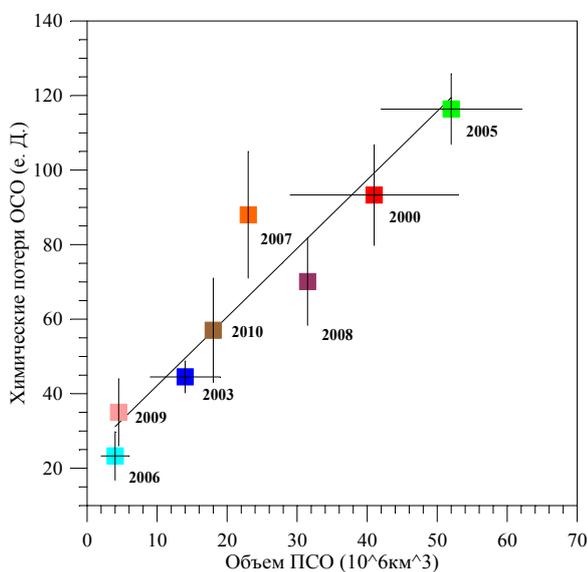
**Рисунок 10.4** – Площадь ВАОА в 2010 г. по данным аппаратуры SBUV/2, США (для периода 2000-2009 гг. приведены средняя, максимальные и минимальные площади ОСО для каждого календарного дня)

**Химическое разрушение озона в Арктике.** В зимне-весенний период 2009/10 года Центральная аэрологическая обсерватория (Росгидромет) продолжала осуществлять мониторинг состояния озонового слоя в высоких широтах северного полушария. Для оценок химических потерь озона (ХПО) в полярном циклоне использовались данные спутникового прибора MLS-AURA.

Величина ХПО зависит от термодинамического режима в полярной стратосфере (в частности, от объема воздушной массы, занимаемой полярными стратосферными облаками). Вследствие активности планетарных волн в северном полушарии, для Арктики характерна большая межгодовая изменчивость динамических характеристик полярного циклона (интенсивности, стабильности, длительности, температурного режима). В последние годы наблюдается увеличение частоты внезапных стратосферных потеплений в зимне-весенний период, а также усиление динамической нестабильности полярного циклона, вплоть до его разделения и раннего финального разрушения. Эти факторы, как правило, приводят к ограничению продолжительности холодного периода, благоприятного для образования полярных стратосферных облаков и, как следствие, к уменьшению величины ХПО.

Зимой 2009/10 года процесс химического разрушения озона протекал в диапазоне потенциальных температур 400-600 К. Скорость химических потерь озона, постепенно увеличиваясь с начала января, достигла максимальных значений -5 ppb/час в светлое время суток в конце января и постепенно снизилась до нулевых значений к концу февраля. Максимум озоновых потерь ~1.2 ppn наблюдался на изоэнтропическом уровне 500 К. Существенно меньшие потери озона по сравнению с предыдущими годами наблюдались ниже уровня 450 К. Величина химических потерь ОСО в полярном циклоне зимой 2009/10 года составляла  $57 \pm 14$  е.Д. – это средняя величина ХПО за последнее десятилетие.

Рисунок 10.5 иллюстрирует тесную корреляцию между величиной химических потерь ОСО и объемом воздушной массы, занимаемой полярными стратосферными



облаками в течение зимне-весеннего периода последнего 10-летия. Используются данные баллонных измерений озона на российских станциях Салехард (2000, 2003, 2007), СП-35 (2008) и данные спутниковых измерений SAGE III (2005) и MLS-AURA (2006, 2009, 2010).

**Рисунок 10.5** – Зависимость величины химических потерь ОСО от объема воздушной массы, занимаемой полярными стратосферными облаками в течение зимне-весеннего периода.

В целом, уровень общего содержания озона над практически всей территорией Российской Федерации в 2010 г. в среднем соответствовал наблюдаемому в начале 1980-х гг. Существенных аномалий в течение года не наблюдалось. Наблюдаемая динамика изменений общего содержания озона (уменьшение примерно до 1996 года. и последующий рост) позволяют ожидать восстановления озонового слоя над умеренными широтами Северного полушария до уровня 1970-х гг. ранее, чем к середине нынешнего столетия. Величина химических потерь ОСО в арктическом полярном циклоне зимой 2009/10 года составляла  $57 \pm 14$  е.Д. – это средняя величина ХПО за последнее десятилетие.

## ВЫВОДЫ

1. В среднем по территории России, среднегодовая температура приземного воздуха в 2010 году превысила норму 1961-1990 гг. на  $0.65^{\circ}\text{C}$  (22-ой ранг в ряду теплых лет). Однако сложился он из экстремально холодной зимы (8-е место по рангу холодных лет), рекордно жаркого лета (впервые с 1936 г.) и экстремально теплой осени (5-е место по рангу теплых лет). При этом во все три сезона экстремальные аномалии охватывали почти всю российскую территорию, кроме Восточной Сибири и Приамурья (зимой), Западной Сибири (летом и осенью) и Средней Сибири (осенью).

Количество осадков, выпавших за 2010 год в целом по территории России, было близким к норме. Годовые суммы осадков ниже нормы были на территории ЕЧР и Западной Сибири, в остальных регионах – выше нормы. Наиболее «влажным» 2010 год был в регионе Приамурье и Приморье – на шестом месте по количеству годовых осадков и на третьем месте по количеству зимних осадков. Для России в целом из месяцев самым влажным был декабрь – максимальное количество осадков с 1936 года.

2. Жаркое лето 2010 года в России отмечается как одна из самых крупных в мире климатических аномалий текущего года. Для России в целом и регионов ЕЧР и Приамурье и Приморье таким жарким лето было впервые, для Восточной Сибири – это второй максимум, не дотянувший до рекордного 1991 года всего  $0.1^{\circ}\text{C}$ . Основной климатической особенностью летнего сезона 2010 г. были две области необыкновенной жары – на территории ЕЧР и в Восточной Сибири. Эпицентром этой летней жары следует считать центр и юг ЕЧР в июне-июле. В частности, в Москве 28 июля 2010 года зафиксирован новый абсолютный максимум температуры  $+38.2^{\circ}\text{C}$ .

По количеству осадков, лето 2010 года в целом для России попадает в число восьми самых сухих, а для региона ЕЧР оно оказалось третьим среди наиболее сухих лет (после 1938 и 1972 гг.). Самыми сухими месяцами в 2010 году были для России апрель и июль (3 и 2 место по рангу сухих лет). Сухая погода в сочетании с беспрецедентной жарой в течение летнего сезона, привели к засухе и пожарам в Центральном, Южном, Приволжском и Уральском федеральных округах.

3. Тенденции изменений средней годовой температуры за период 1976-2010 гг., в сравнении с тенденциями 1976-2009 гг. существенно не изменились. По-прежнему, сохраняется тренд к повышению годовых температур на всей территории страны. В среднем по России он составляет  $+0.44^{\circ}\text{C}/10$  лет (вклад в дисперсию – 32%). Появилась дополнительная область со слабыми отрицательными трендами (до  $-0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) в Западной Сибири, при том, что сохранилась и ранее выявленная область похолодания на северо-востоке страны ( $-0.7^{\circ}\text{C}/10$  лет и ниже); и очень слабая тенденция к похолоданию на юге Западной Сибири летом.

4. Линейные тренды в ходе осадков на интервале 1976 – 2010 гг. ответственны за малую долю межгодовой изменчивости и указывают на преимущественную тенденцию к слабому увеличению осадков на территории России. На северо-востоке Восточной Сибири обнаруживается слабая тенденция к уменьшению осадков зимнего и летнего сезонов.

5. Выявлена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова в период 1976 – 2010 гг. на территории ЕЧР, Западной Сибири, на Таймыре и востоке Якутии. Увеличивается продолжительность залегания снежного покрова на Урале, на юге Восточной Сибири, в Приморье и на побережье Охотского моря. Максимальная за зиму высота снежного покрова увеличивается на Урале, на большей части Сибирского региона, на Камчатке, Чукотке и дальневосточном юге и уменьшается на западе России и в Якутии.

Зимой 2009/10 образование устойчивого снежного покрова на территории ЕЧР проходило в поздние сроки, а на азиатской территории России – в сроки, близкие к норме, или на 15-25 дней позже. Продолжительность залегания снежного покрова была значительно меньше, чем в среднем многолетнем, на большей части территории ЕЧР и на севере азиатской территории. На Урале, юге азиатской территории, на Камчатке и дальневосточном юге снег пролежал дольше обычного. На большей части территории ЕЧР и дальневосточном юге отмечены положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова. В центральных районах Восточной Сибири максимальная высота снежного покрова была ниже среднеемноголетних значений.

Запасы воды в снежном покрове (по состоянию на 20 марта) по бассейнам крупных рек и водохранилищ на территории ЕЧР были преимущественно выше нормы и около нормы. На азиатской территории - преимущественно на 20-60% выше нормы в юго-западных и южных районах, и на 20-40% ниже нормы в центральных и северных районах Сибири.

6. Совместная оценка сроков ледовых явлений в 2010 году позволяет считать ледовые условия года в целом легкими, т.к. продолжительность периода отсутствия льда повсеместно была заметно больше обычной, а на реках Севера ЕЧР превышала ее в среднем на месяц.

7. В 2010 г. области крупных положительных аномалий температуры в СПО располагались преимущественно в восточной части азиатского сектора и в Канадском районе. Количество выпавших за год (с декабря 2009 по ноябрь 2010) осадков в целом по СПО на 7% ниже нормы, главным образом, за счет сухого холодного периода, особенно к югу от 70° с.ш.

В течение 1980-2010 гг. во всех регионах СПО отмечается потепление. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 1.6 °С за 30 лет (0.53 °С /10 лет). После 1998 года сентябрьская площадь морского льда в Сибирских арктических морях (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) сокращалась до 2005 года еще более ускоренными темпами, но в последующие годы, включая 2010 год, дальнейшего сокращения не происходило.

8. Север ЕЧР характеризуется наибольшим приростом СТС за период наблюдений. В целом, тренд СТС уменьшается по мере продвижения в восточные районы российской криолитозоны.

9. Агроклиматические условия 2010 г. следует оценить как резко аномальные, отличающиеся широкомасштабной атмосферной и почвенной засухой, охватившей почти всю территорию ЕЧР. Засуха 2010 года по связанным с ней потерям сельскохозяйственной продукции оценивается как наиболее значимая за последние 60 лет. Обусловленный засухой недобор урожая яровых зерновых культур превысил 50% от уровня урожая 2008 года в Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах.

10. Общее число опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) и комплексов метеорологических явлений КМЯ (включая агрометеорологические и гидрологические) в 2010 г. составило 972. Это на 5% больше, чем в 2009 г., но на 11% меньше, чем в 2008 г. В 2010 году на территории России было зарегистрировано 511 случаев возникновения метеорологических ОЯ. Наибольшую повторяемость ОЯ и КМЯ имели в теплый период года (с мая по сентябрь, 53%) и в декабре. Наибольшая активность возникновения опасных явлений на территории Российской Федерации, по-прежнему, наблюдается в период с мая по август, причем число гидрометеорологических ОЯ увеличилось по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

11. Основные особенности радиационного режима 2010 года связаны с наличием в летний сезон крупной положительной аномалии прямой радиации на территории ЕЧР и не менее обширной и глубокой отрицательной аномалии в азиатской части России.

Аналогичная ситуация (с большей по площади положительной аномалией) наблюдалась и в зимний сезон прошедшего года. В среднем же для территории России в 2010 году приход солнечной радиации был близок к норме.

12. Уровень общего содержания озона над практически всей территорией Российской Федерации в 2010 г. в среднем соответствовал наблюдаемому в начале 1980-х гг. Существенных аномалий в течение года не наблюдалось. Наблюдаемая динамика изменений общего содержания озона (уменьшение примерно до 1996 года и последующий рост) позволяют ожидать восстановления озонового слоя над умеренными широтами Северного полушария до уровня 1970-х гг. ранее, чем к середине нынешнего столетия. Величина химических потерь ОСО в арктическом полярном циклоне зимой 2009/10 года составляла  $57 \pm 14$  е.Д. – это средняя величина ХПО за последнее десятилетие.