

Климатические и погодные экстремальные явления в Приволжском федеральном округе

Переведенцев Юрий Петрович*, Шерстюков Борис Георгиевич**,
Гурьянов Владимир Владимирович*, Шанталинский Константин
Михайлович*, Аухадеев Тимур Ринатович*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет

**Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации -
Мировой центр данных

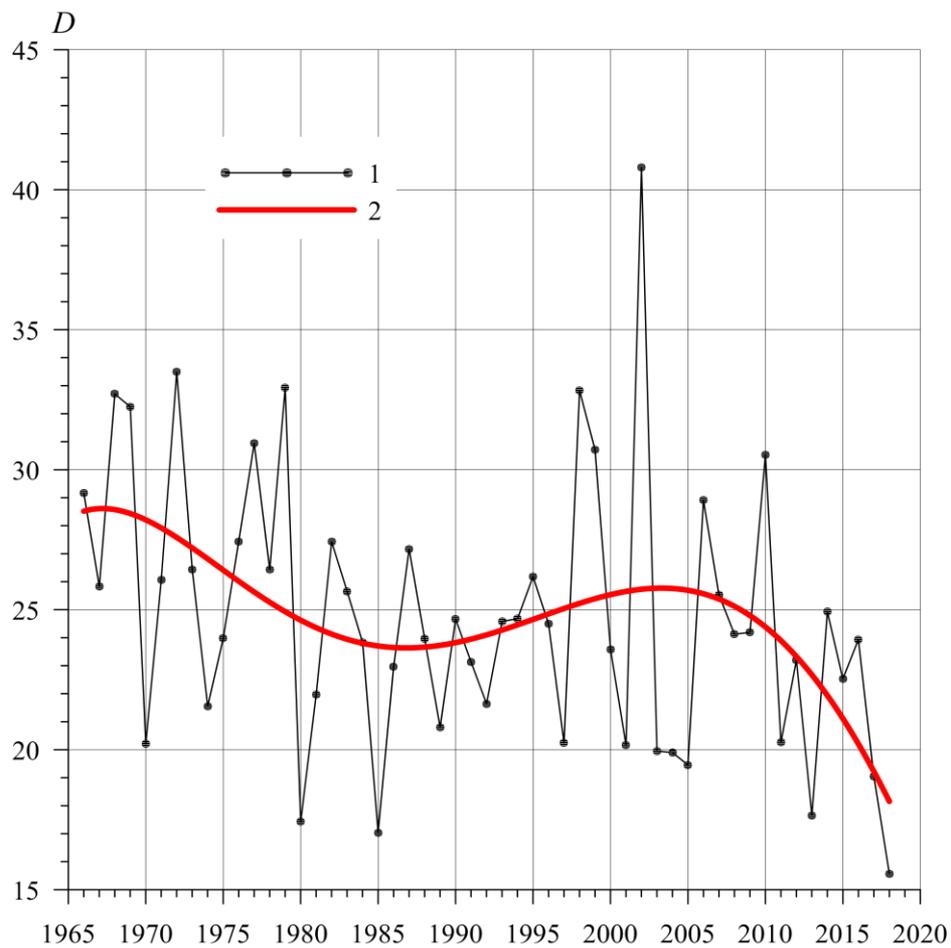
Современные изменения климата, сопровождающиеся все более частыми и интенсивными природными катаклизмами, оказываются наиболее чувствительными для природы, экономики и населения конкретных регионов.

Становятся актуальными задачи по оценке роли естественных (тепловое состояние поверхности океана, циркуляция атмосферы, солнечная и геомагнитная активность) и антропогенных факторов на формирование погодных и климатических аномалий, включая экстремальные.

Характеристики средней годовой температуры воздуха в ПФО

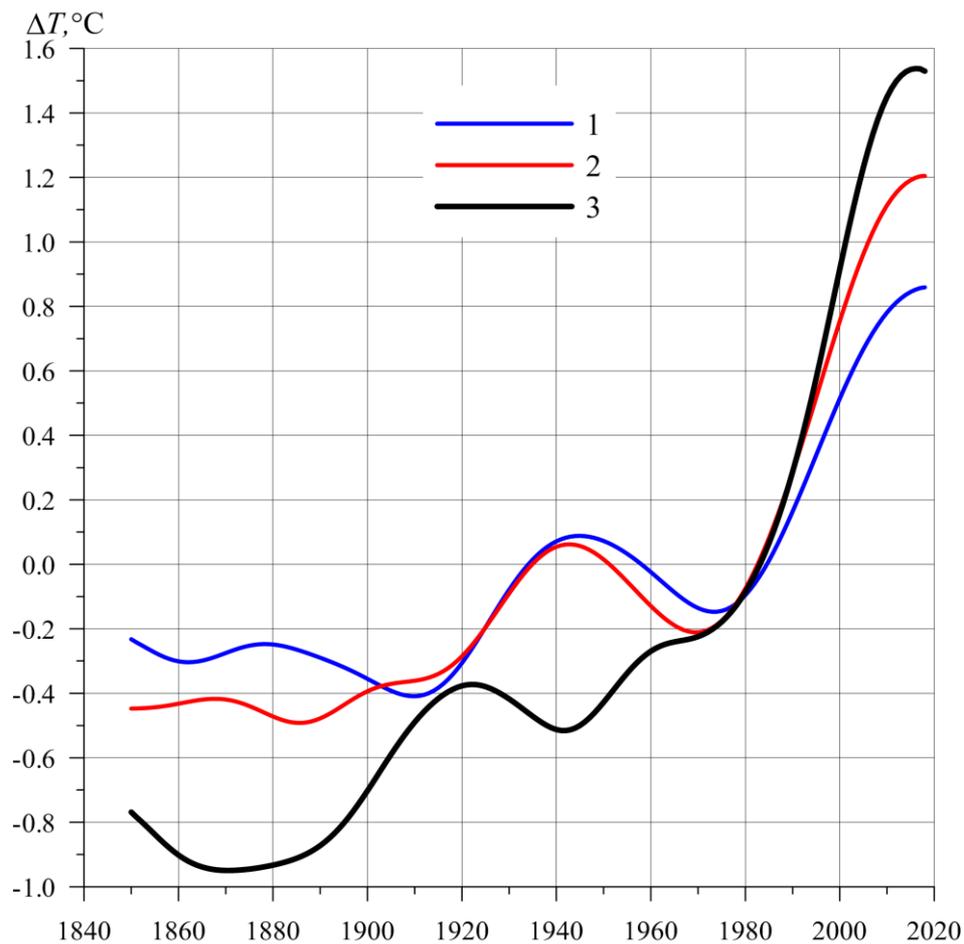
Период, годы	Среднее значение, °С	СКО, °С	Максимум, °С	Минимум, °С
1955–2018	3,49	1,04	5,49 1995 г.	0,55 1969 г.
1955-1999	3,14	1,00	5,49 1995 г.	0,55 1969 г.
1999–2018	4,34	0,47	5,33 2008 г.	3,58 2011 г.

Дисперсия отклонений суточной температуры от годового хода ($^{\circ}\text{C}^2$). Казань.
1 – исходный ряд, 2 – полиномиальный тренд.



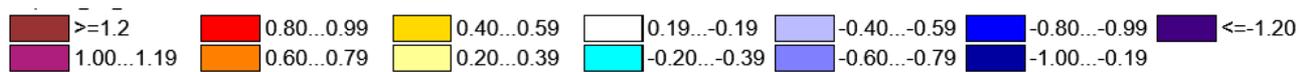
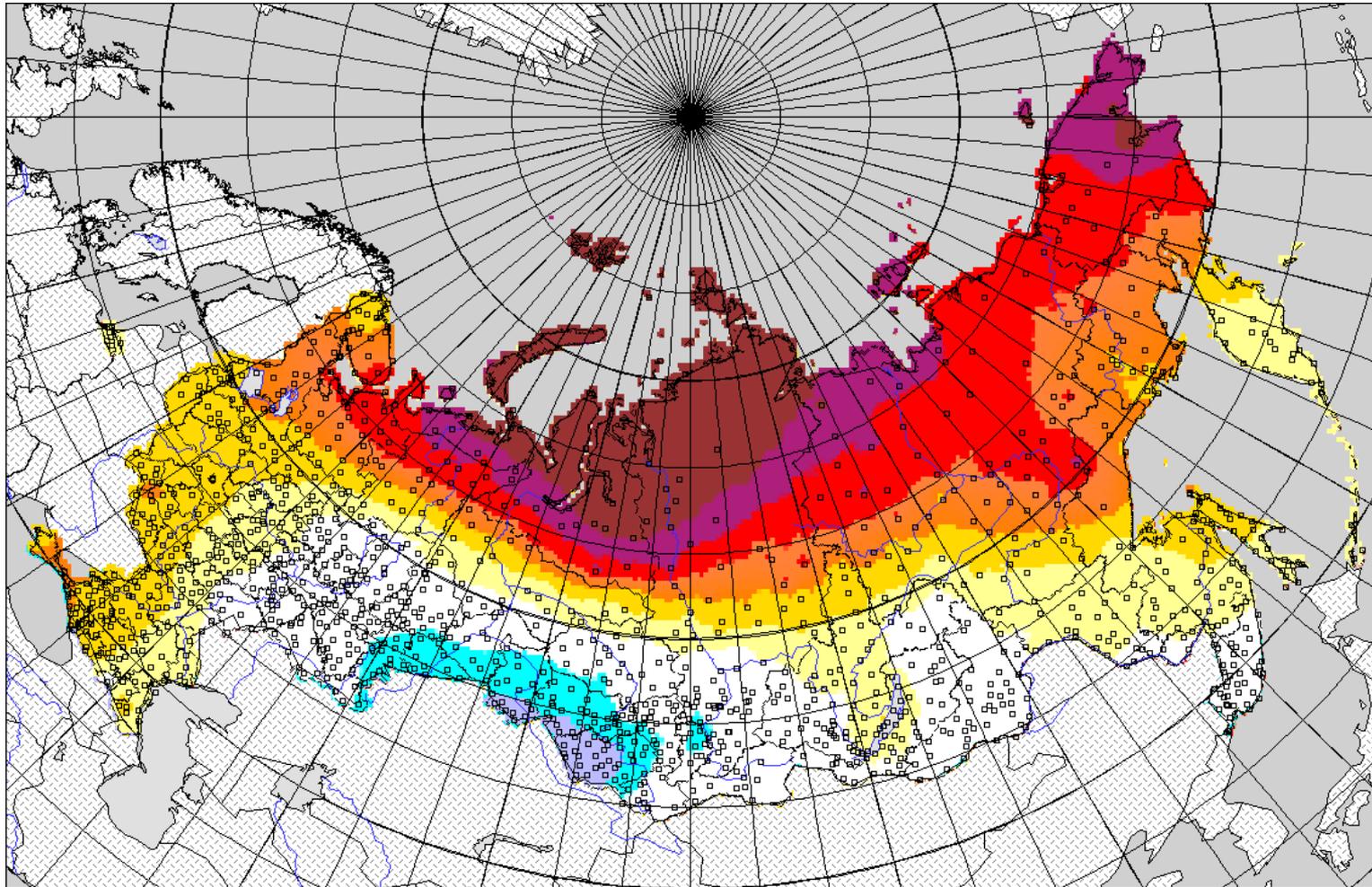
НЧК с периодом более 25 лет аномалий осредненных по территории приземных СГТВ относительно норм 1961-1990 гг.

1 – Северное полушарие, 2 – суша Северного полушария, 3 – Приволжский федеральный округ.



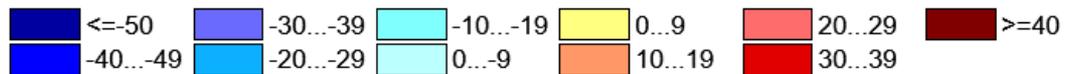
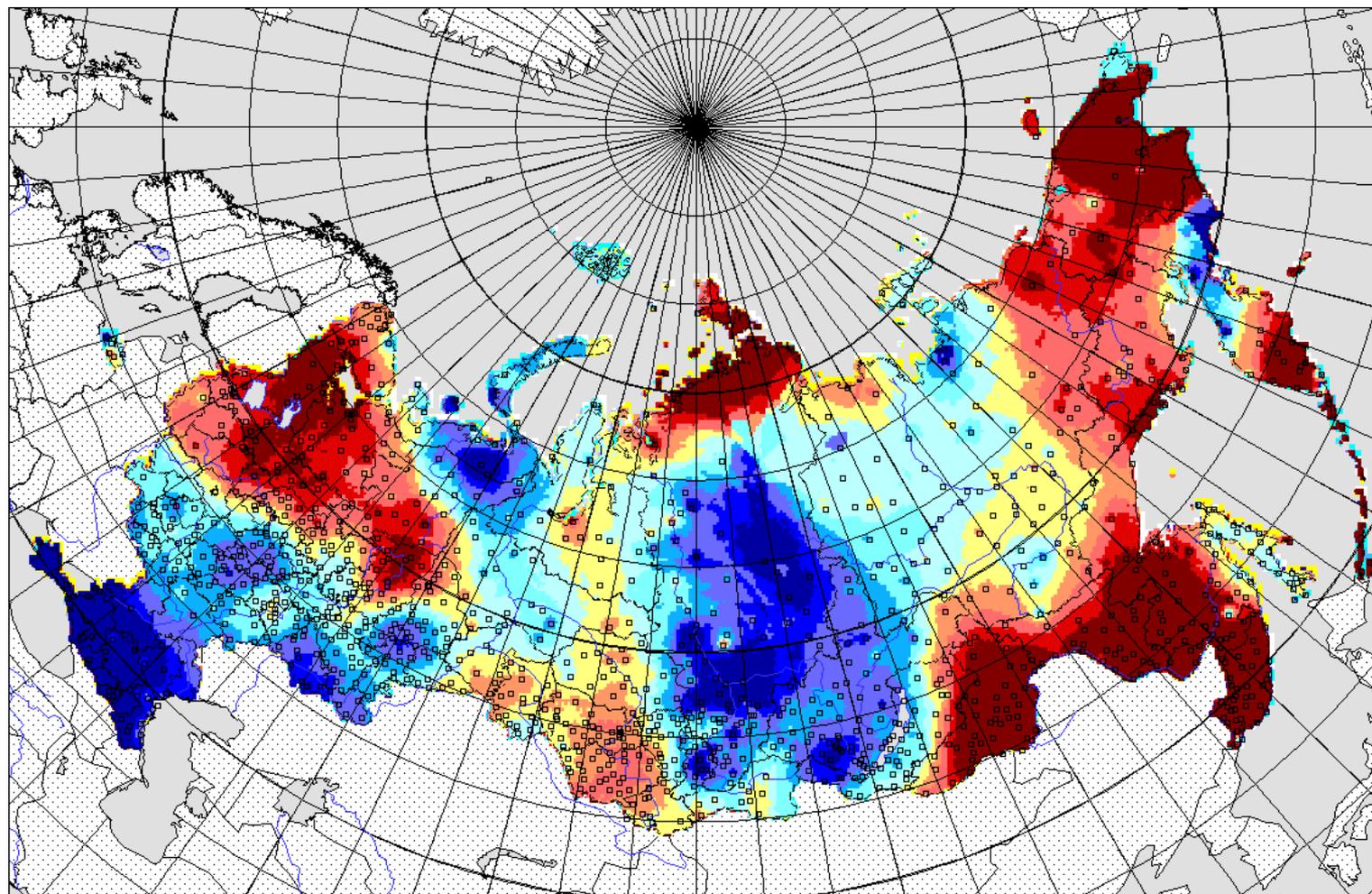
Тренды ТВ построенные по среднегодовым значениям 1251 ст. России (2001 – 2019 гг.) не выявляют значительных территориальных контрастов в изменениях температуры. Практически вся территория России за исключением достаточно узкой полосы Западной Сибири, где КНЛТ порядка $-0,20-0,49^{\circ}\text{C}/10$ лет, занята потеплением, более интенсивным на севере ЕЧР, Западной Сибири, побережье Арктики, где скорость потепления может достигать $1,49^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Тренд среднегодовой температуры (°C/10лет) 2001-2019



Годовая картина распределения трендов сумм осадков носит пестрый, контрастный характер Северо-запад ЕЧР, Среднее Поволжье, п-ов Таймыр, Дальний Восток находятся в зоне роста осадков со скоростью 40 мм/10 лет. Недобор осадков отмечается на юге ЕЧР, Северном Кавказе, на северо-востоке ЕЧР, в Средней Сибири и на арктическом побережье в районе Новосибирских островов. Так, в Причерноморье КНЛТ достигает -50 мм/10 лет.

Тренд годовых сумм осадков (мм/10лет) 2001-2019



С целью оценки роли атмосферной циркуляции в формировании термического режима региона рассчитывались коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями температуры как осредненной по региону, так и по отдельным станциям и индексами циркуляции NAO, AO, SCAND в период 1954-2018 гг. (65 лет) по месяцам.

Коэффициент корреляции между осредненной по ПФО температурой воздуха и индексами циркуляции атмосферы

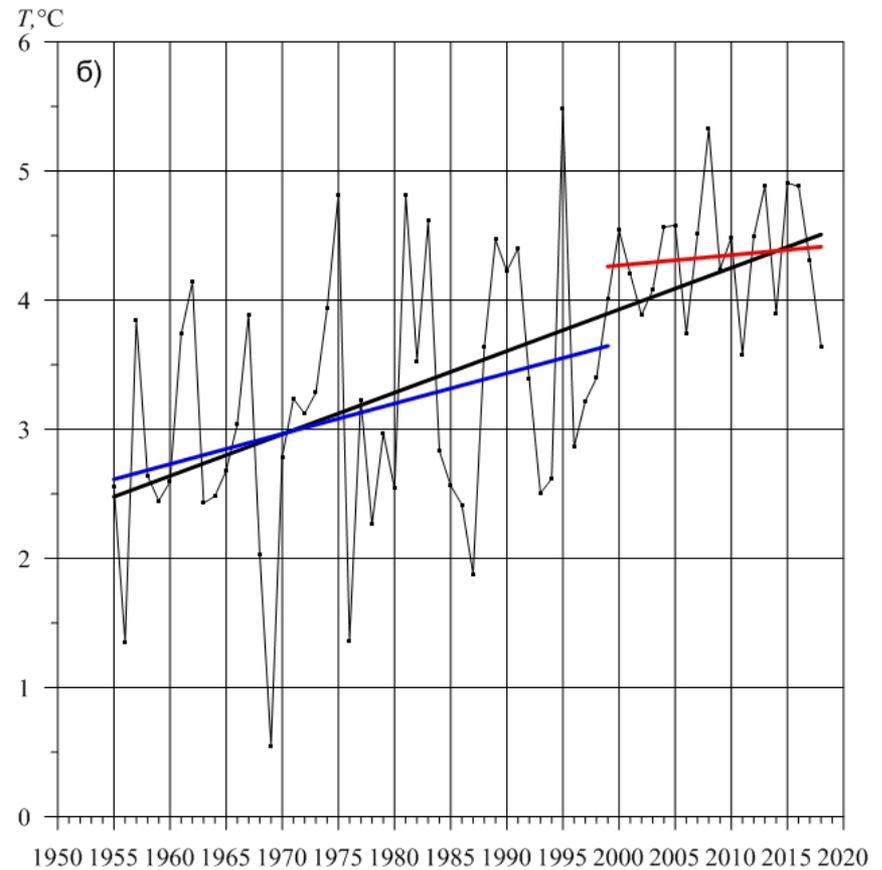
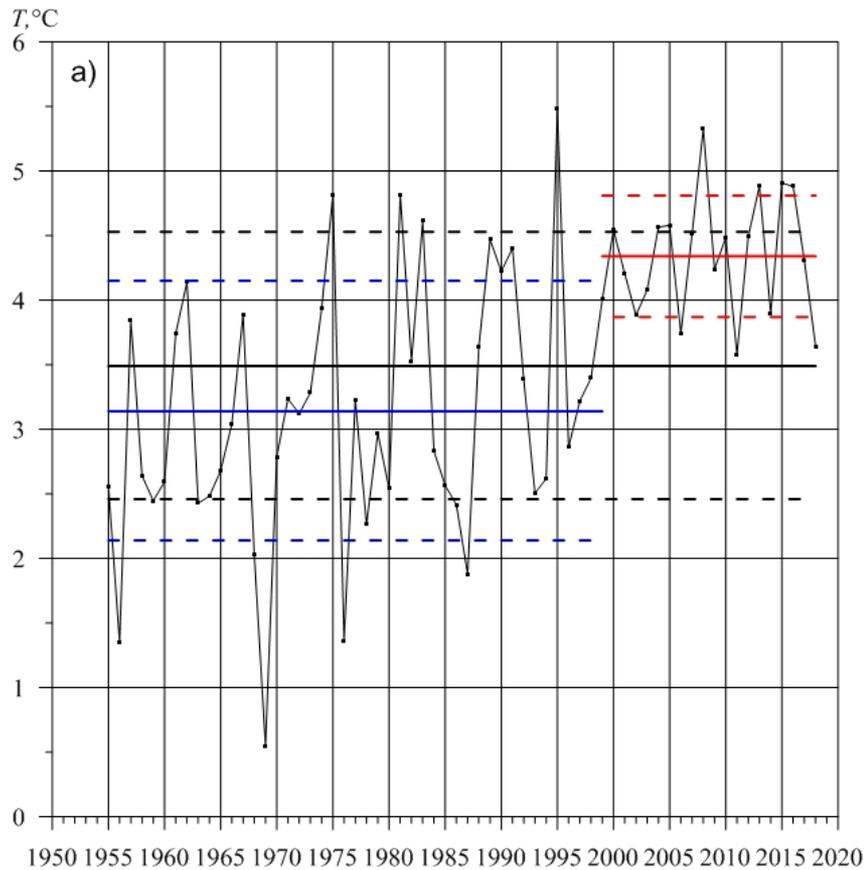
Индекс	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NAO	0,34	0,38	0,44	-0,10	-0,29	-0,32	-0,08	-0,15	0,11	-0,07	-0,12	0,47
AO	0,43	0,33	0,39	0,06	-0,06	-0,13	0,25	0,01	0,15	0,11	0,28	0,41
SCAND	-0,62	-0,63	-0,35	-0,31	-0,28	-0,03	0,09	-0,14	-0,17	-0,48	-0,22	-0,29

В начале XXI века в регионе произошел значительный скачок средней годовой температуры воздуха (СГТВ) на $1,2^{\circ}\text{C}$, при этом вдвое уменьшилась величина межгодовой изменчивости температуры, а минимальное значение резко повысилось с $0,55^{\circ}\text{C}$ до $3,58^{\circ}\text{C}$. Все это свидетельствует о существенном изменении термического режима в регионе на стыке 2-х веков.

Многолетний ход основных статистических характеристик средней годовой приземной температуры воздуха осредненной по территории ПФО (1955 – 2018 гг.).

(а – сплошные линии – средние значения, отклонения от среднего на величину среднего квадратического отклонения – штриховые линии, б – линейные тренды).

Черные линии – характеристики всего периода, синие линии – периода 1955 – 1999 гг., красные линии – периода 1999 – 2018 гг.



Характеристики крупных нормированных аномалий приземной температуры воздуха, осредненной по территории ПФО, в период 1955-2018 гг.

Период	Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1955-1998	n ₊	5	4	5	7	9	9	3	4	6	5	3	5
	n ₊ , %	11,36	9,09	11,36	15,91	20,45	20,45	6,82	9,09	13,64	11,36	6,82	11,36
	Sum ₊	6,16	5,84	6,39	11,20	11,54	13,54	4,79	6,57	8,51	8,11	3,98	5,74
	Av ₊	1,23	1,46	1,28	1,60	1,28	1,50	1,60	1,64	1,42	1,62	1,33	1,15
	n ₋	8	7	12	9	6	7	10	5	7	7	8	7
	n ₋ , %	18,18	15,91	27,27	20,45	13,64	15,91	22,73	11,36	15,91	15,91	18,18	15,91
	Sum ₋	-13,58	-11,26	-17,22	-13,38	-9,03	-10,18	-15,25	-6,59	-13,34	-11,76	-13,52	-12,01
Av ₋	-1,70	-1,61	-1,44	-1,49	-1,51	-1,45	-1,53	-1,32	-1,91	-1,68	-1,69	-1,72	
1999-2018	n ₊	4	6	6	5	5	6	6	6	3	5	6	5
	n ₊ , %	20,00	30,00	30,00	25,00	25,00	30,00	30,00	30,00	15,00	25,00	30,00	25,00
	Sum ₊	5,89	9,63	8,14	7,20	7,11	7,56	8,80	10,88	4,57	6,53	9,27	6,71
	Av ₊	1,47	1,61	1,36	1,44	1,42	1,26	1,47	1,81	1,52	1,31	1,54	1,34
	n ₋	2	2	2	0	4	1	3	1	0	1	1	1
	n ₋ , %	10,00	10,00	10,00	0,00	20,00	5,00	15,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00
	Sum ₋	-2,91	-2,70	-2,61	0,00	-6,62	-1,99	-3,63	-1,47	0,00	-1,20	-1,77	-2,51
Av ₋	-1,46	-1,35	-1,31	0,00	-1,65	-1,99	-1,21	-1,47	0,00	-1,20	-1,77	-2,51	

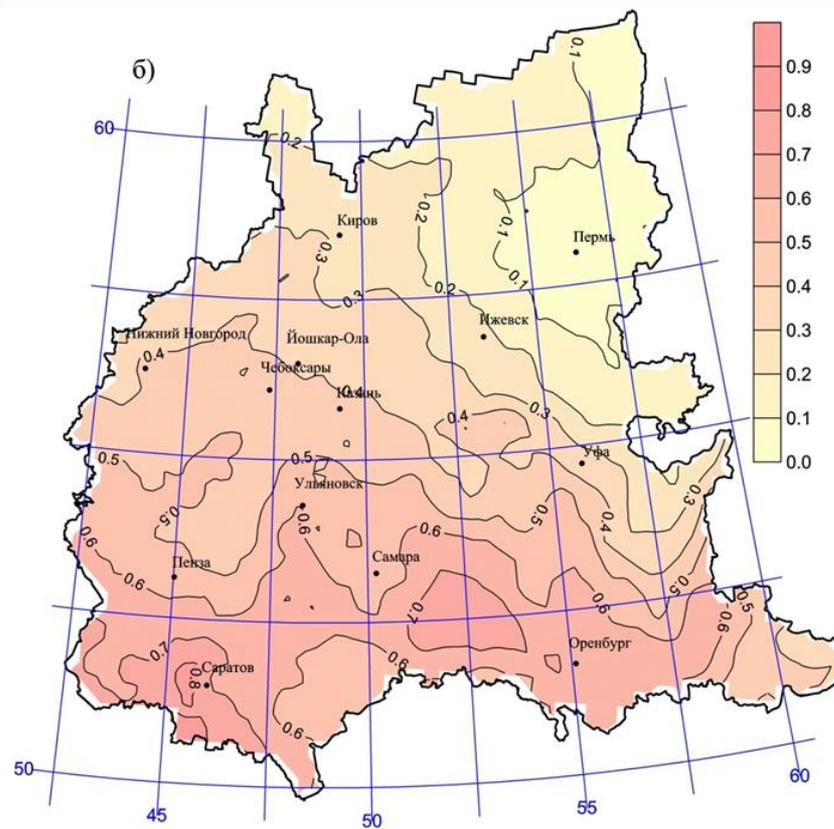
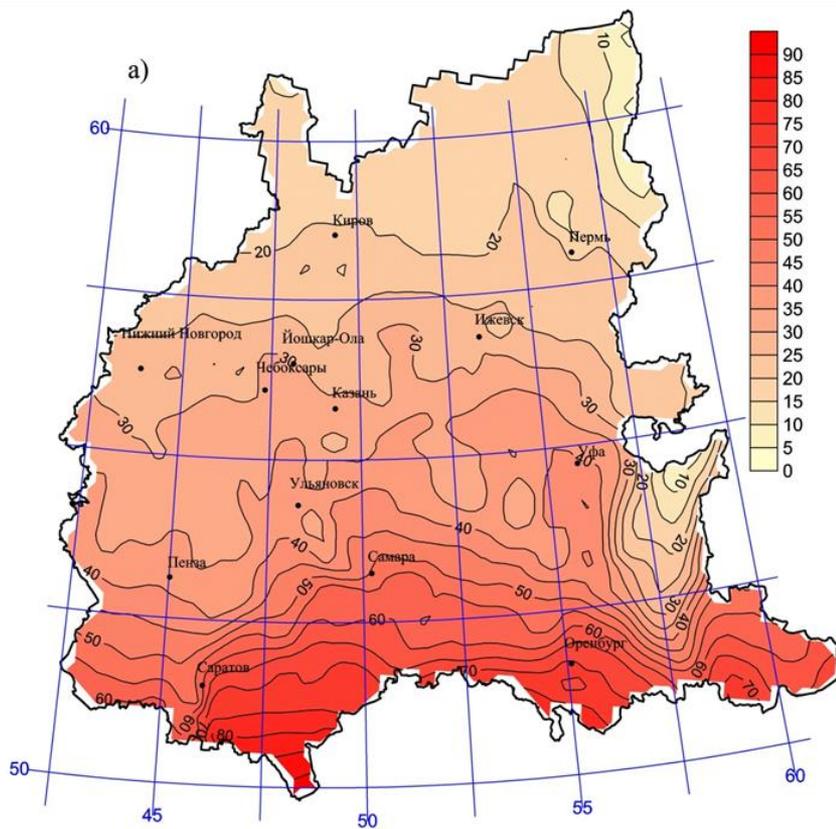
Примечание: n₊– число крупных положительных аномалий, n_{+,%} - число лет (%), в которых $\Delta t > \sigma$, Sum₊– сумма крупных положительных аномалий, Av₊– средняя крупная положительная аномалия. Знак минус (-) означает характеристики для крупных отрицательных аномалий.

Число крупных положительных аномалий в период 1955-2018 гг. чаще встречается в весенние месяцы (III-V) и в июне, где их число колеблется от 11 до 15, что составляет в процентном отношении от 17,19 до 23,44% времени, т.е. почти каждый четвертый – пятый месяц был аномально теплым.

Средняя интенсивность аномалии меняется от 1,24 (декабрь) до 1,74 (август). Число отрицательных аномалий примерно то же, что и положительных, но по интенсивности они часто превосходят положительные аномалии. Выделяется подпериод 1999-2018 гг., в котором число положительных аномалий заметно превосходит число отрицательных. При этом значительно возрастает в процентном отношении доля времени существования положительных аномалий (часто до 30%), что свидетельствует о заметном потеплении климата ПФО в XXI веке. При этом интенсивность положительных нормированных аномалий варьирует от 1,26 (июнь) до 1,81 (август). Интенсивность отрицательных нормированных аномалий меняется в пределах от -1,20 (октябрь) до -2,51 (декабрь). При этом в апреле и сентябре за последние двадцать лет не было отмечено случаев с крупной отрицательной аномалией.

С использованием данных реанализа ERA5 за 1980–2018 гг. для Приволжского федерального округа рассчитывалось распределение экстремальных показателей температурно-влажностного режима (количество дней с высокими и низкими температурами, интенсивными осадками).

Среднее число дней в году с максимальной суточной температурой $> 25^{\circ}\text{C}$ (а) и коэффициент наклона линейного тренда этой характеристики(б), дни/год (1980 –2018 гг.).



Количество морозных дней в году, когда минимальная суточная температура t_{\min} ниже -20°C распределяется по территории ПФО неравномерно: на крайнем северо-востоке (Пермский край) их число достигает 50 дней, а на юго-западе в Саратовской области их всего лишь 15. Число морозных дней возрастает до 25–35 дней в году на юго-востоке округа (Оренбургская область) и на востоке Башкортостана в районе Уральских гор. Количество морозных дней, характеризующих холодный период года, когда $t_{\min} < 0$ возрастает по территории ПФО с юго-запада на северо-восток от 135 до 225 дней в году.

Коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ) этой характеристики повсеместно имеет отрицательное значение ($-0,3 - -0,4$ дня/год), т.е. за десятилетие число дней с минимальными температурами $< -20^{\circ}\text{C}$ уменьшается на 3 – 4 дня.

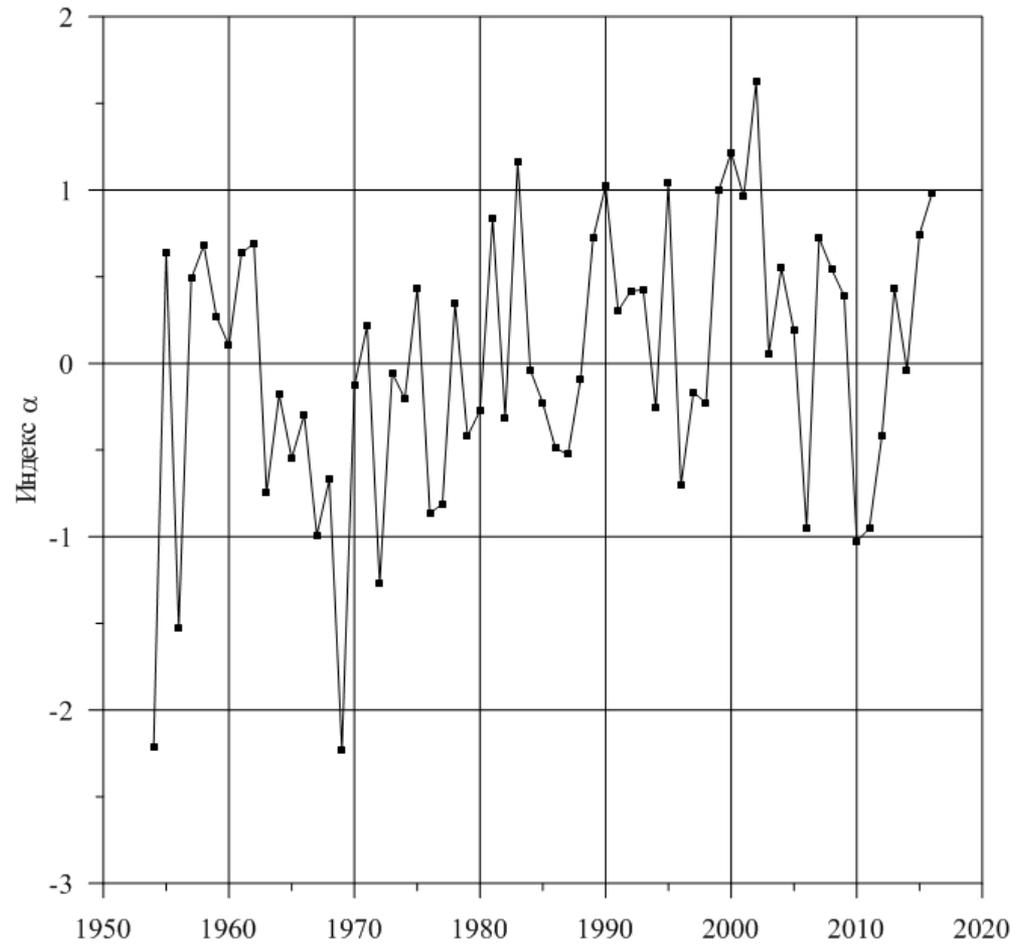
Количество летних дней, когда максимальная суточная температура (t_{\max}) $>25^{\circ}\text{C}$, отличается зональным распределением за исключением горной части на востоке Башкортостана.

Если на юге округа число жарких дней достигает 110, то на крайнем северо-востоке их всего лишь 10. Так же мало жарких дней (10–20) и на востоке Башкортостана (сказывается влияние Уральских гор).

Тропические ночи, когда $t_{\min} >20^{\circ}\text{C}$, отмечаются в основном в южной части округа (35), на крайнем северо-востоке ПФО они отсутствуют.

Тренд количества дней с $t_{\max} >25^{\circ}\text{C}$ повсеместно положителен. Число дней с максимальной температурой со скоростью 1–2 дня/10 лет растет в направлении с северо-востока на юго-запад до 6 – 7 дней/10 лет.

Изменения индекса аномальности зим на территории Республики Татарстан в период с 1954 по 2016 гг.



В северо-восточных районах ПФО и в Предуралье увеличивается количество дней с интенсивными осадками более 20 мм/сутки. Здесь ярко проявляется роль орографического фактора, поскольку влажные воздушные массы поступают с запада (на юге ПФО фиксируется один день с крупными осадками, а в восточном Башкортостане их три). КНЛТ положителен, но величина его незначительна.

В последние годы важное внимание уделяется проблеме влияния опасных гидрометеорологических явлений на экономику и жизнедеятельность населения России, на территории которой в 2010г. зафиксировано 510 опасных явлений (ОЯ) и неблагоприятных условий погоды.

Во ВНИИГМИ-МЦД, начиная с 1997 г., собирается и накапливается информация об опасных явлениях, фиксируемых гидрометеорологическими станциями.

По экспертной оценке, ежегодный ущерб от чрезвычайных ситуаций в России составляет от 1,5 до 2% годового валового внутреннего продукта. В 2010 г. ущерб составил от 675 до 900 млрд. руб. В работе Шамина С.И. приводятся сведения об ОЯ в субъектах РФ в период 1991-2018 гг.

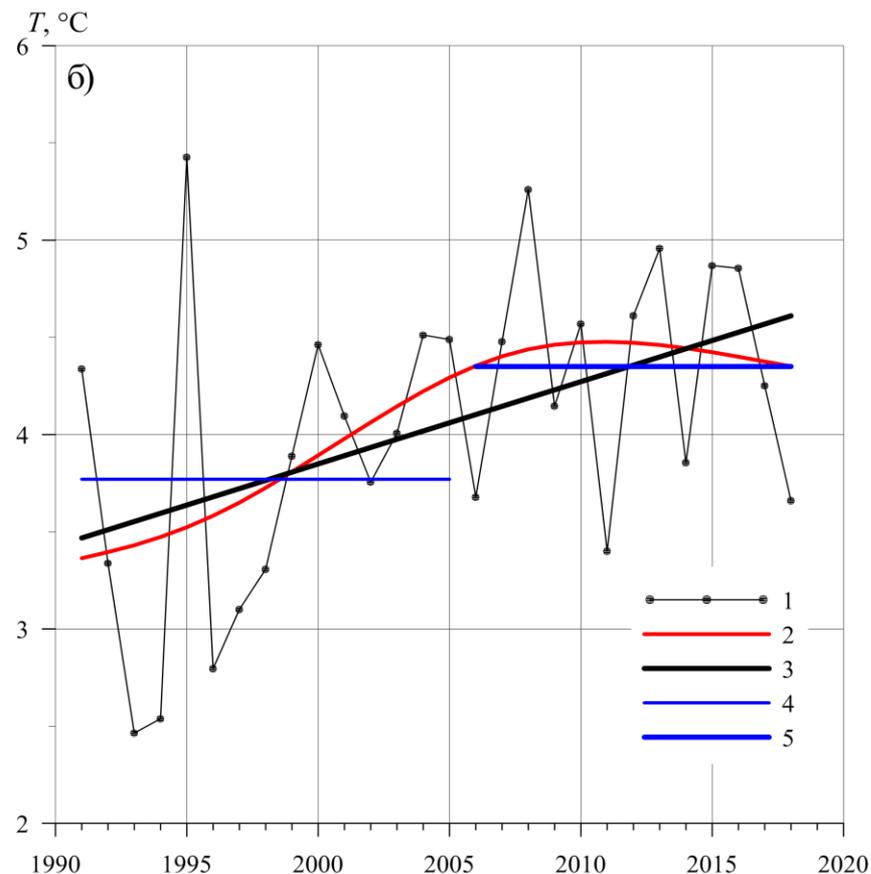
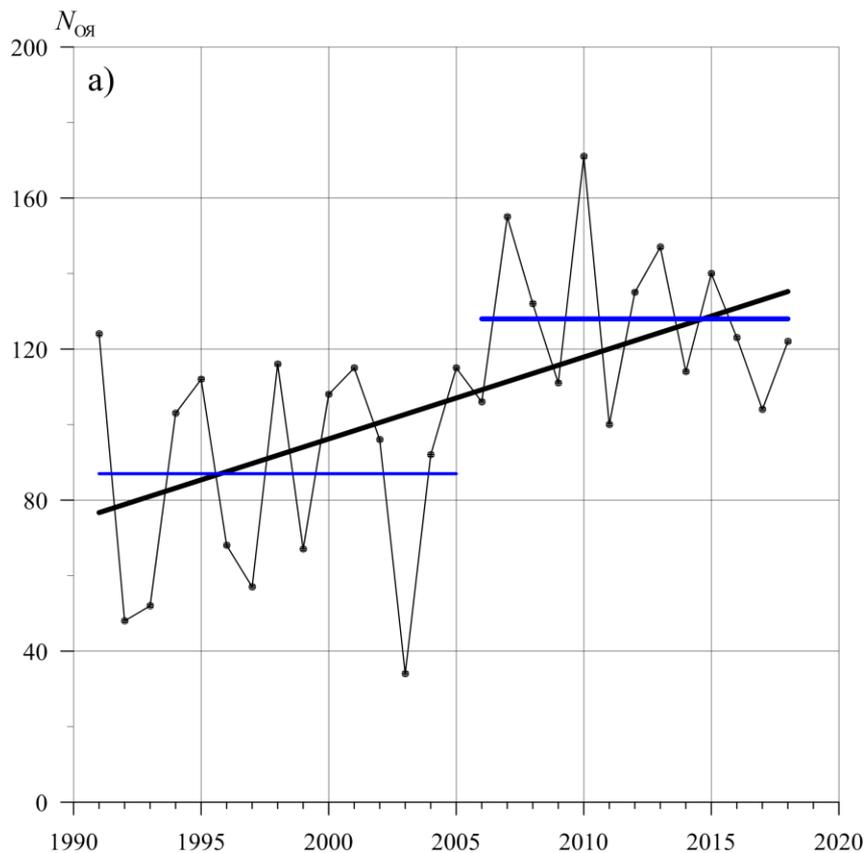
Рассмотрим динамику опасных явлений на территории ПФО в период с 1991 по 2018 гг., используя данные о распределении ОЯ в субъектах Российской Федерации, располагающихся на территории ПФО.

В целом наблюдается положительный тренд роста числа случаев с ОЯ на территории округа (28ед./10лет). Коэффициент детерминации R^2 линейного тренда достигает 27%, что свидетельствует о достоверности выявленной закономерности.

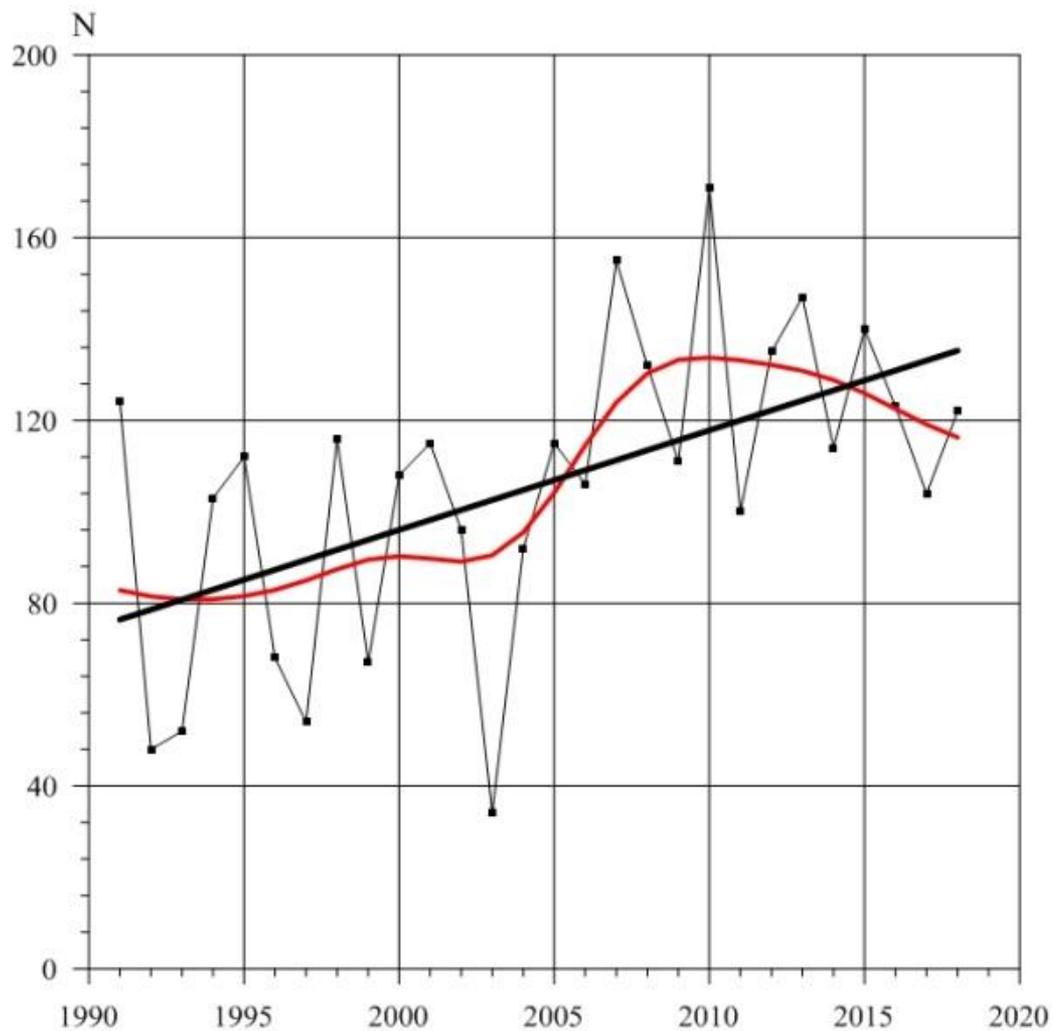
Наибольшее количество ОЯ возникает в период 2007-2015 гг., что связано с повышением температуры воздуха в XXI веке. В 2010 г. их количество в регионе достигло 170.

Общее число наблюдавшихся опасных явлений на территории ПФО с 1991 по 2018 гг. (а),
осредненная по территории ПФО средняя годовая температура воздуха (б).

1 – исходный ряд, 2 – НЧК с периодом более 15 лет, 3 – линейный тренд, 4 – среднее значение за период 1991 – 2005 гг., 5 – среднее значение за период 2006 – 2018 гг.

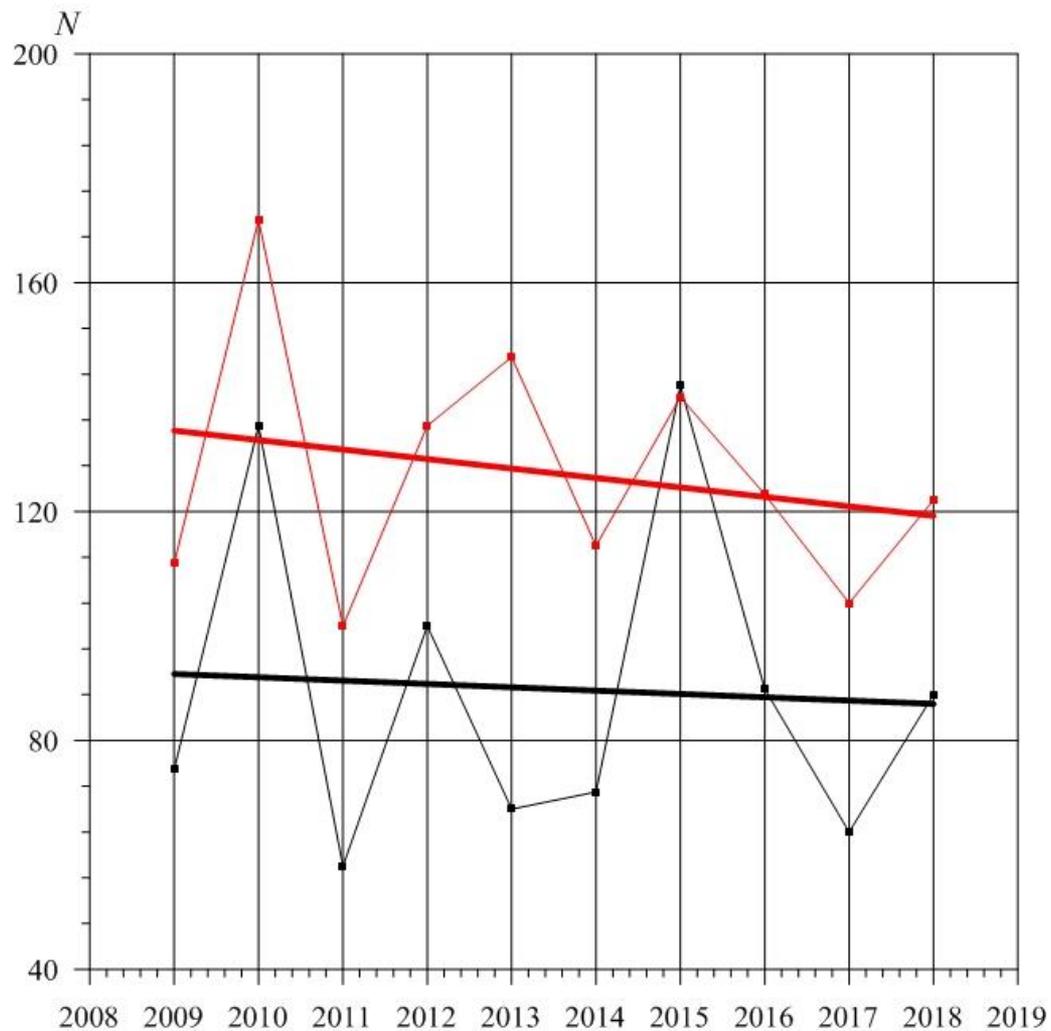


Многолетний ход числа всех опасных явлений на территории ПФО.
Исходные данные из статьи Шамина С.И. и Саниной А.Т.



Многолетний ход числа всех опасных явлений, нанесших ущерб на территории ПФО 2009 – 2018 гг.

Черный цвет – данные с сайта ВНИИГМИ-МЦД
Красный цвет – данные статьи Шамина С.И. и Саниной А.Т.



Характеристики изменения общего числа опасных явлений на территории ПФО (1991-2018 гг.)

Исходные данные из статьи Шамина С.И. и Саниной А.Т.

Субъект	A_v	S_d	S	A_v/S	A	R^2	α
Кировская область	9,29	3,68	120,8	0,08	0,27	0,34	0,00
Пермский край	5,68	3,06	193,5	0,03	-0,07	0,00	0,33
Удмуртская Республика	3,82	2,51	42,1	0,09	0,08	0,04	0,17
Нижегородская область	8,61	4,15	74,8	0,12	0,21	0,14	0,03
Республика Марий Эл	4,36	2,33	23,2	0,19	-0,03	-0,03	0,64
Чувашская Республика	4,46	2,95	18,3	0,24	0,01	-0,04	0,86
Республика Татарстан	10,61	5,51	68,0	0,16	0,31	0,18	0,01
Республика Мордовия	6,29	2,99	26,2	0,24	0,01	-0,04	0,89
Ульяновская область	8,64	5,17	37,3	0,23	0,31	0,21	0,01
Самарская область	11,39	6,12	53,6	0,21	0,36	0,21	0,01
Республика Башкортостан	7,75	4,18	143,6	0,05	-0,01	-0,04	0,93
Пензенская область	6,11	3,72	43,2	0,14	0,13	0,04	0,15
Саратовская область	10,43	5,29	100,2	0,10	0,27	0,15	0,02
Оренбургская область	8,43	4,16	124,0	0,07	0,33	0,39	0,00
ПФО	105,86	33,18	1068,8	0,10	2,18	0,27	0,00

Согласно перспективным оценкам, изменение климата в XXI столетии будет оказывать воздействие на человека, главным образом усугубляя существующие проблемы здоровья.

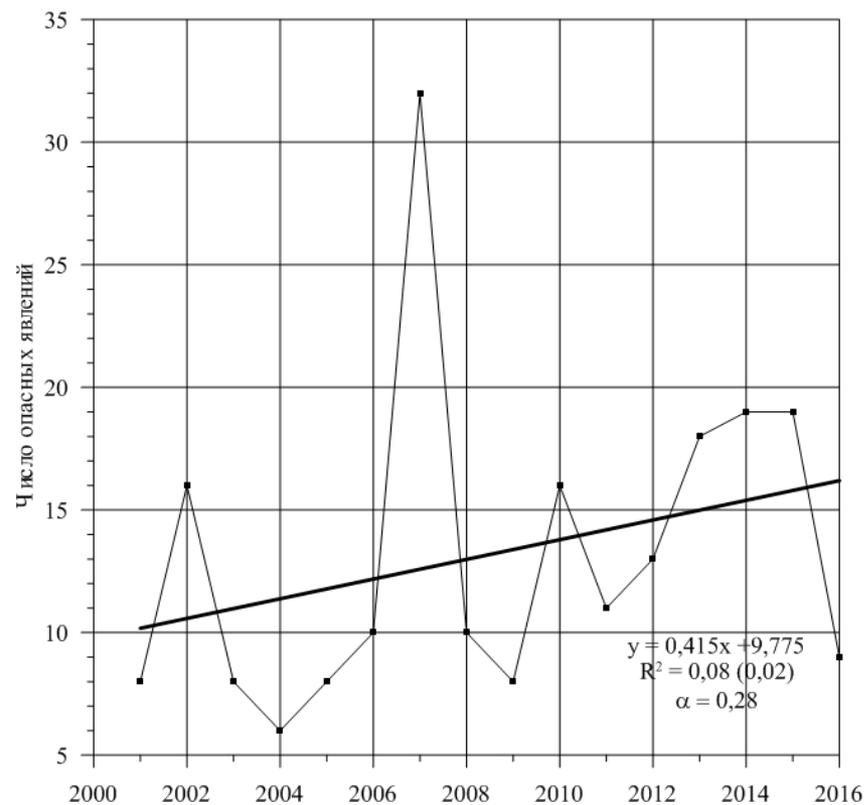
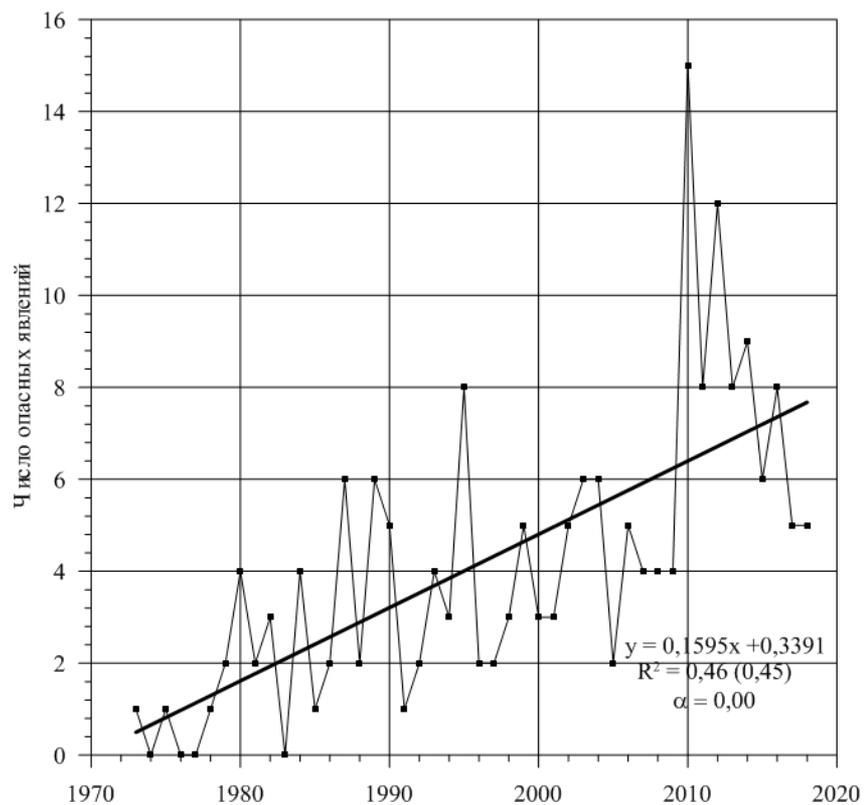
В частности, анализ медицинских показателей за 8 лет (2008–2015 гг.) по территории Татарстана показал, что в период экстремальной жары лета 2010г. (июль–август) произошло резкое увеличение числа случаев смертности на 2528 дополнительно по сравнению с июлем–августом 2009 г. При этом последствия жары в августе 2010 г. были более губительными, чем в июле.

Смертность в Татарстане выросла на 52,4% в августе 2010 г. по сравнению с августом 2009 г.

Показатели смертности населения Республики Татарстан в летний период 2008-2015гг. (число смертей на 100 тыс. населения)

Месяц	Год							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Июнь	115,6	110,6	109,9	103,3	99,3	99,3	95,8	110,7
Июль	111,9	102,6	119,6	112,1	103,6	102,9	101,9	96,0
Август	101,7	94,9	144,6	102,8	98,3	95,5	97,0	92,6

Повторяемость опасных гидрометеорологических явлений на территории Удмуртской Республики в период с 1973 по 2018 гг. (а) и на территории Республики Татарстан в период с 2001 по 2016 гг. (б).



Выводы

Средняя годовая температура воздуха осредненная по территории ПФО от периода 1988–1999 гг. к периоду 2000–2018 гг. возросла на $1,2^{\circ}\text{C}$ и достигла среднего значения $4,34^{\circ}\text{C}$ (2000–2018 гг.), при этом минимальная СГТВ повысилась с $0,55^{\circ}\text{C}$ (1969 г.) до $3,58^{\circ}\text{C}$ (2011 г.).

В то же время коэффициент наклона линейного тренда СГТВ двух рассматриваемых периодов понизился с $0,23^{\circ}\text{C} / 10$ лет практически до нуля от более раннего к более позднему.

Построенный каталог экстремальных зим в Татарстане в период 1955–2016 гг. по методу А.В. Мещерской показал, что экстремально холодные зимы на его территории происходили в периоды 1955–1982 и 2006–2011 гг. (наиболее холодной была зима 1969 г.), в то же время в 1989–2005 гг. произошли все случаи с экстремально теплыми зимами.

Повторяемость опасных гидрометеорологических явлений на территории Татарстана и Удмуртии значительно меняется от года к году в зависимости от циркуляционных и местных условий.

При этом отмечается положительный тренд их числа в последние десятилетия.

Экстремальные погодные условия оказывают заметное влияние на здоровье и продолжительность жизни населения.

Так, летняя жара 2010 г. привела в Татарстане к резкому повышению смертности населения, которая выросла на 52,4% в августе 2010 г. по сравнению с августом 2009 г.