

# **Изменение норм основных климатических параметров на территории россии за последние десятилетия**

Н. Н. Коршунова, Н. В. Швець

## **Введение**

Факт изменения климата в последние десятилетия не вызывает сомнения, он подтвержден многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых. Одним из наиболее очевидных, несмотря на его простоту, показателем климатических изменений является изменение климатических норм, вычисленных за последовательные периоды времени. Согласно [1], под климатической нормой понимается та или иная характеристика климата, статистически полученная из многолетнего ряда, чаще всего средняя многолетняя величина. По регламенту ВМО период осреднения для получения норм должен составлять 30 лет. На 16-й сессии Комиссии по климатологии ВМО было принято решение о сохранении периода 1961 – 1990 гг. в качестве стабильного базового периода ВМО для долгосрочной оценки изменчивости и изменения климата, и для этих целей нормы пересчитывать, как и прежде, через 30 лет. Для целей мониторинга климата и оперативной оценки аномальности текущей погоды 30-летние климатологические стандартные нормы ВМО должны обновляться раз в каждые десять лет [2]. Во исполнение этого решения во ВНИИГМИ-МЦД рассчитаны нормы основных климатических параметров (температуры воздуха, осадков, упругости водяного пара, атмосферного давления на уровне моря) на территории России за три 30-летних периода с шагом в 10 лет: 1961 – 1990, 1971 – 2000 и 1981 – 2010 гг.

Вопрос изменения климатических норм рассматривался и ранее, например в [3] исследовалось изменение на территории России разницы между нормами по температуре воздуха, полученными за два последовательных 30-летия – 1931 – 1960 и 1961 – 1990 гг. Результаты показали увеличение норм на большей части южной половины страны и уменьшение – на арктическом побережье и островах.

Территория России крайне неоднородна по своим климатическим условиям, поэтому на фоне глобального потепления на территории России выявлены районы, где потепление не происходит или наблюдается похолодание [4]. Целью данного исследования является выявление и изучение региональных особенностей изменения норм основных климатических параметров на территории России в последние десятилетия.

## **Данные**

В исследовании использованы нормы по основным метеорологическим параметрам – температуре воздуха, атмосферным осадкам, числу дней с осадками более 1мм, упругости водяного пара и атмосферному давлению на уровне моря. Нормы вычислены за три 30-летних периода с шагом в 10 лет: 1961 – 1990 (N 1), 1971 – 2000 (N 2) и 1981 – 2010 гг. (N 3). Для всех метеорологических параметров рассчитаны следующие разности норм:

$$\Delta N = N_2 - N_1;$$

$$\Delta N = N_3 - N_2.$$

Результаты представлены в виде карт, полученных с помощью геоинформационной системы (ГИС) в регулярной азимутальной стереографической проекции. Использовался стандартный IDW-метод пространственной интерполяции с коэффициентами обратно пропорциональными квадрату расстояния (пакет программ «MAPINFO»).

## **Результаты**

На рис. 1 представлены разности норм  $\Delta N$  (1971 – 2000 и 1961 – 1990 гг.) по температуре воздуха на территории России в центральные месяцы сезонов. На Европейской территории России (ЕТР) потепление периода 1971 – 2000 гг. наиболее значительным оказалось зимой, особенно в крайних западных областях. Исключение составляют лишь горные районы Северного Кавказа. Объясняется это увеличением циклоничности над ЕТР в последние десятилетия XX века [5] и хорошо согласуется с полученными в данном исследовании уменьшением норм по атмосферному давлению и увеличением норм по осадкам и парциальному давлению

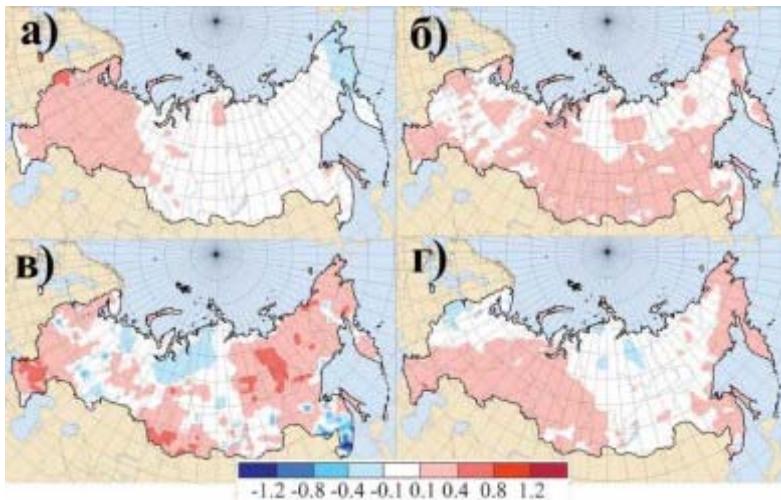


Рис. 1. Разность норм 1971 – 2000 и 1961 – 1990 гг. по температуре воздуха на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

водяного пара. Осень в западных областях ЕТР стала более прохладной. На юге региона потепление в период 1971 – 2000 гг. сказалось в большей степени летом.

На Азиатской территории России (АТР) зима стала холоднее в восточных районах Чукотского АО и на севере Камчатского края. На остальной территории АТР термический режим в зимние месяцы не изменился. Наиболее значительные изменения произошли в летний период: гораздо теплее стало в Республике Саха-Якутия и на юге Западной Сибири, а в северных районах Западной Сибири и Красноярского края, на дальневосточном юге – холоднее. На некоторых метеорологических станциях Приморского края нормы по температуре за период 1971 – 2000 гг. в летние месяцы более чем на 1 °C меньше соответствующих норм за предыдущее тридцатилетие. Весна на большей части АТР стала теплее, а нормы по температуре в осенние месяцы в период 1971 – 2000 гг. увеличились в Западной Сибири и вдоль побережий дальневосточных морей. На огромных пространствах Восточной Сибири температурный режим осенью остался неизменным, а в отдельных районах на севере региона наблюдалось похолодание.

Значительные изменения в термическом режиме на территории России произошли в период 1981–2010 гг. (рис. 2). Зимой на фоне значительного потепления на большей части страны в некоторых районах наблюдалось похолодание. И если на юге Западной Сибири и Забайкалья отмечается незначительное уменьшение норм в последнее тридцатилетие, то в крайних северо-восточных районах (Чукотка, Магаданская область, север Камчатского края и восточные районы Якутии) климатические нормы уменьшились на 1–1,5 °C.

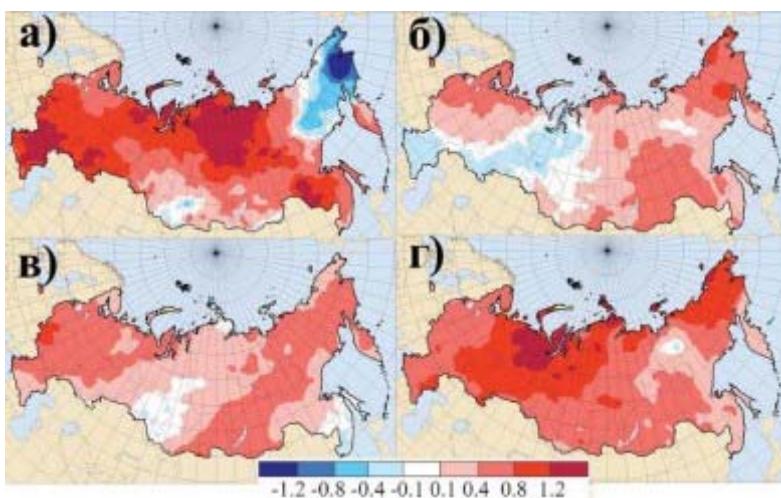


Рис. 2. Разность норм 1981 – 2010 и 1971 – 2000 гг. по температуре воздуха на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

Весной зона уменьшения климатических норм протянулась от южных областей ЕТР через Южный Урал до Ямала, захватив большую часть Западной Сибири. Летом зоны уменьшения норм сжимаются до небольших очагов на юге Западной Сибири и Дальнего Востока, а увеличение норм на остальной территории страны не столь существенно, как зимой. Осень стала теплее практически на всей территории России, но наибольшее увеличение климатических норм в октябре произошло на северо-востоке ЕТР, Урале, в северной половине Западной Сибири, на Таймыре и Чукотке.

Наибольшие изменения климатических норм по осадкам в период 1971 – 2000 гг. произошли летом (рис. 3). Значительно больше

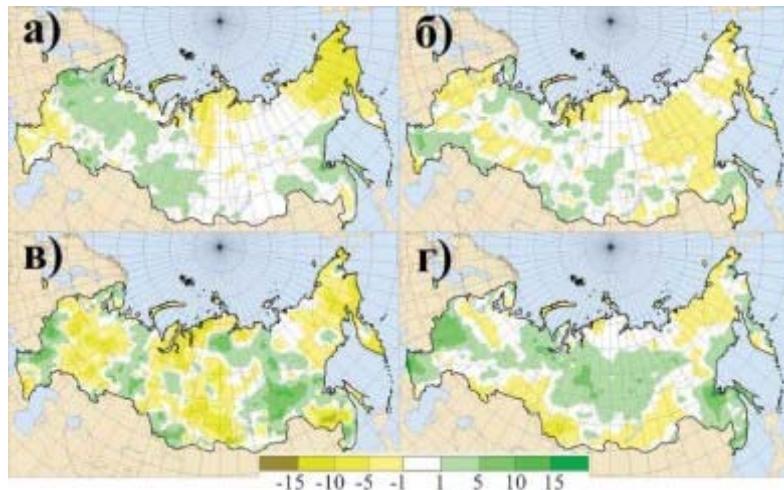


Рис. 3. Разность норм 1971 – 2000 и 1961 – 1990 гг. по осадкам на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

осадков стало в юго-западных областях ЕТР, на юге Якутии и севере Забайкалья. Уменьшились климатические нормы на востоке ЕТР, большей части Западной Сибири и на огромной территории, охватывающей восточные районы Якутии, Магаданскую область, Чукотку и Камчатку. Последний очаг отрицательных значений  $\Delta N 1$  отмечается во все сезоны, но наибольшее уменьшение норм отмечается в этих районах зимой. Увеличение климатических норм по осадкам в результате увеличения повторяемости циклонов наблюдалось зимой в северной половине Европейской территории России, достигая максимальных значений в Псковской и Смоленской областях. А весна в западных областях ЕТР в период 1971 – 2000 гг. стала суще. Осенью климатические нормы увеличились на юге и юго-западе ЕТР, севере Западной Сибири, большей части Красноярского края и дальневосточном юге. Максимальное уменьшение норм в октябре отмечено на Алтае.

В последующее тридцатилетие общие тенденции изменения режима увлажнения на территории России сохранились (рис. 4). Максимальное изменение норм 1981 – 2010 гг. отмечено летом. В центре очага отрицательных значений  $\Delta N 2$ , который охватил большую часть ЕТР, оказались центрально-черноземные области.

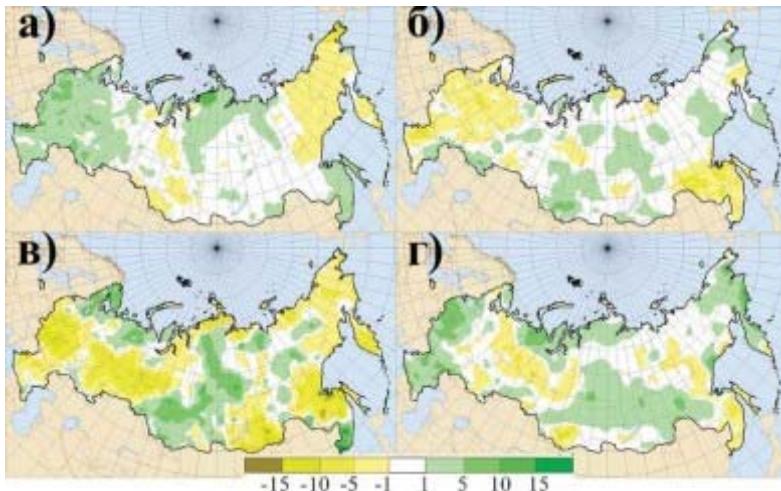


Рис. 4. Разность норм 1981 – 2010 и 1971 – 2000 гг. по осадкам на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

Сказались сильные засухи, которые наблюдались в последнее десятилетие в центре и на юге ЕТР. Значительно уменьшились летние осадки также на Урале, в центральных районах Западной Сибири, Забайкалье, Хабаровском крае, на Сахалине и Камчатке. Зоны положительных значений  $\Delta N_2$  летом гораздо меньше по площади. Летние осадки увеличились в крайних северо-западных и северо-восточных районах ЕТР, на юге Западной Сибири, большей части Красноярского края и в Приморье.

Зимой, в отличие от предыдущего тридцатилетия, осадки увеличились на всей Европейской территории России и севере Восточной Сибири, куда в последнее десятилетие все чаще проникали атлантические циклоны, принося более теплые и насыщенные влагой воздушные массы. В северо-восточных районах АТР климатические нормы по осадкам еще больше уменьшились, но в отличие от предыдущего тридцатилетия здесь стало больше осадков весной и осенью. Но в общем режим увлажнения переходных периодов в последнее тридцатилетие изменился в меньшей степени, чем в период 1971 – 2000 гг.

При столь значительных изменениях климатических норм по осадкам нормы по числу дней с осадками более 1 мм изменились несущественно практически на всей территории страны во все сезоны года, поэтому карты распределения  $\Delta N_1$  и  $\Delta N_2$  для этой климатической характеристики не приводятся.

На рис. 5 представлена разница норм 1971–2000 и 1961–1990 гг. по атмосферному давлению на уровне моря на территории России в центральные месяцы сезонов. Видно, что наибольшее изменение за период 1971 – 2000 гг. климатические нормы по давлению на уровне моря претерпели зимой. На Европейской территории, за исключением Северного Кавказа, в Западной Сибири, на большей части Восточной Сибири произошло понижение атмосферного давления в результате увеличения циклоничности, т. е. увеличения повторяемости циклонов. Наиболее значительное уменьшение климатических норм отмечено на северо-востоке ЕТР и Урале. На побережье дальневосточных морей в этот период наблюдался значительный рост атмосферного давления, особенно на Камчатке, в Магаданской области и на Чукотке.

Весной на большей части ЕТР климатические нормы также уменьшились, но не столь значительно. На АТР при довольно большой пестроте распределения  $\Delta N_1$  можно отметить

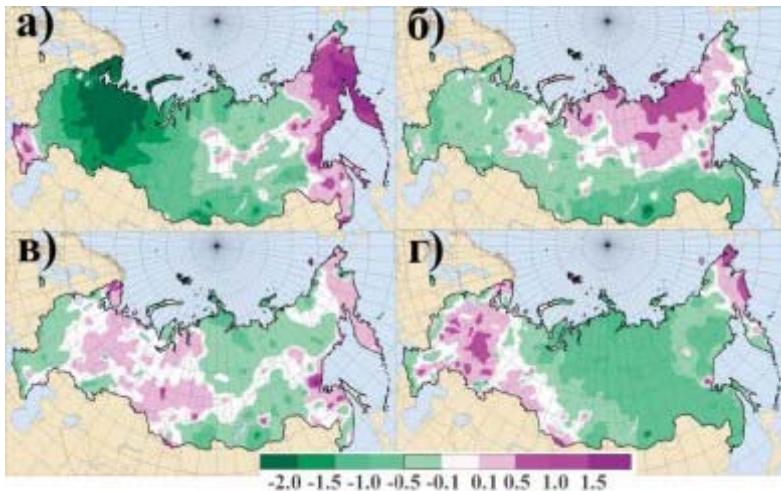


Рис. 5. Разность норм 1971 – 2000 и 1961 – 1990 гг. по атмосферному давлению на уровне моря на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель;

увеличение атмосферного давления в северной половине и уменьшение – в южной. Летом разности норм невелики по абсолютной величине, при этом положительные их значения отмечены на севере и северо-востоке ЕТР, в Западной Сибири и на побережье дальневосточных морей, а на западе ЕТР и большей части Восточной Сибири – отрицательные. В октябре на большей части ЕТР климатические нормы увеличились, на АТР, за исключением южных районов Западной Сибири и восточного побережья Чукотки, – уменьшились.

В последнее тридцатилетие (1981 – 2010 гг.) режим атмосферного давления на территории России существенно изменился (рис. 6). В отличие от предыдущего тридцатилетия зимой и осенью возросло атмосферное давление в Западной Сибири. Наибольшее увеличение климатических норм отмечено весной на ЕТР, особенно в северо-западных областях, что свидетельствует об увеличении повторяемости антициклонального типа погоды, поэтому весна в последние десятилетия на ЕТР стала теплее и суше (см. рис. 2 и 4). Это справедливо и для летних месяцев на Европейской территории.

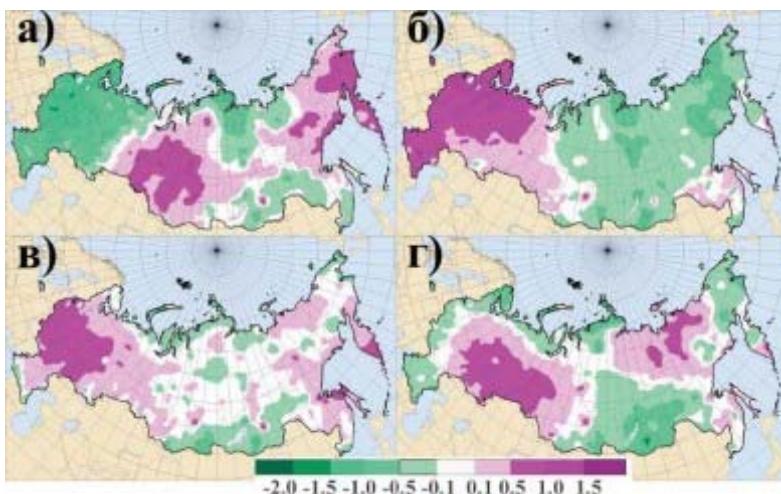


Рис. 6. Разность норм 1981 – 2010 и 1971 – 2000 гг. по атмосферному давлению на уровне моря на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

На большей части АТР весной, в отличие от предыдущего тридцатилетия, атмосферное давление уменьшилось. Осенью климатические нормы, помимо Западной Сибири, увеличились также в северной половине Республики Саха-Якутия и в меньшей степени – на дальневосточном юге.

Климатические нормы по парциальному давлению водяного пара в период 1971 – 2000 гг. увеличились на ЕТР, за исключением Северного Кавказа, и не изменились на большей части АТР (рис. 7). Уменьшение норм в зимние

месяцы в соответствии с уменьшением норм по температуре воздуха произошло на восточном побережье Чукотки и на севере Камчатского края. Весной при довольно сложном пространственном распределении  $\Delta N$  1 в южной половине АТР преобладают положительные значения, а на севере климатические нормы практически не изменились. Наибольших изменений климатические нормы в это тридцатилетие претерпели летом. Значительное уменьшение парциального давления водяного пара, которое обусловлено понижением температуры воздуха, отмечено на дальневосточном юге. На ЕТР следует отметить повышение парциального давления в южных областях.

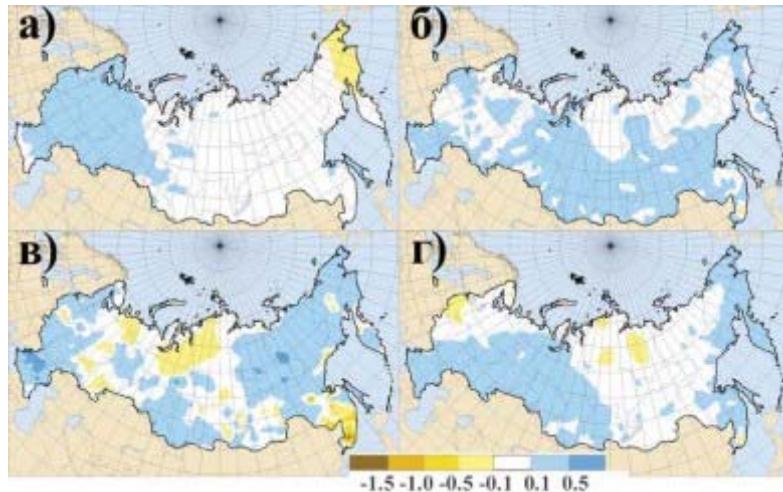


Рис. 7. Разность норм 1971 – 2000 и 1961 – 1990 гг. по парциальному давлению водяного пара на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель;

Осенью увеличение парциального давления наблюдалось на юге и востоке ЕТР, Урале, большей части Западной Сибири и на побережье дальневосточных морей.

В последующее тридцатилетие (1981 – 2010 гг.) в январе отмечено изменение климатических норм парциального давления, аналогичное предыдущему тридцатилетию (рис. 8). Летом и осенью на большей части страны произошло увеличение парциального давления пара, обусловленное ростом температуры. Весной на юге ЕТР, Южном Урале и в восточных районах Западной Сибири климатические нормы по парциальному давлению водяного пара уменьшились.

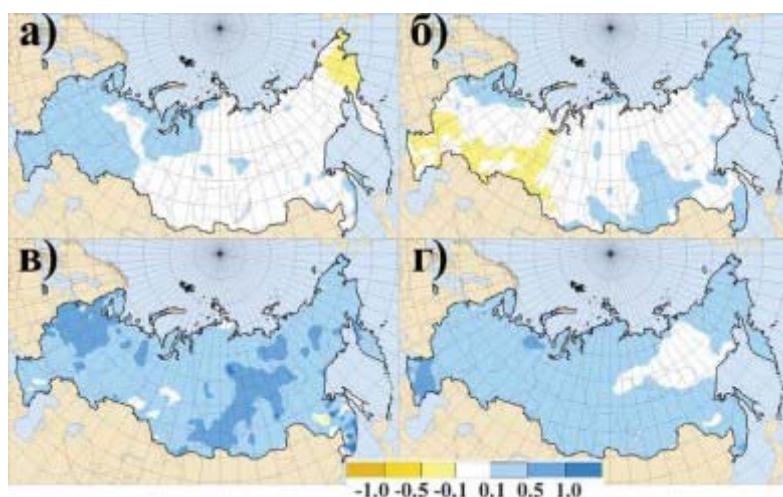


Рис. 8. Разность норм 1981 – 2010 и 1971 – 2000 гг. по парциальному давлению водяного пара на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

Кроме разностей норм в точке, рассчитаны средние значения (простое арифметическое среднее) разностей  $\Delta N_1$  и  $\Delta N_2$  для девяти квазиоднородных районов, определенных на основе классификации Алисова и использованных

ранее в [6] (рис. 9).

Результаты для центральных месяцев сезонов представлены в табл. 1 и 2.

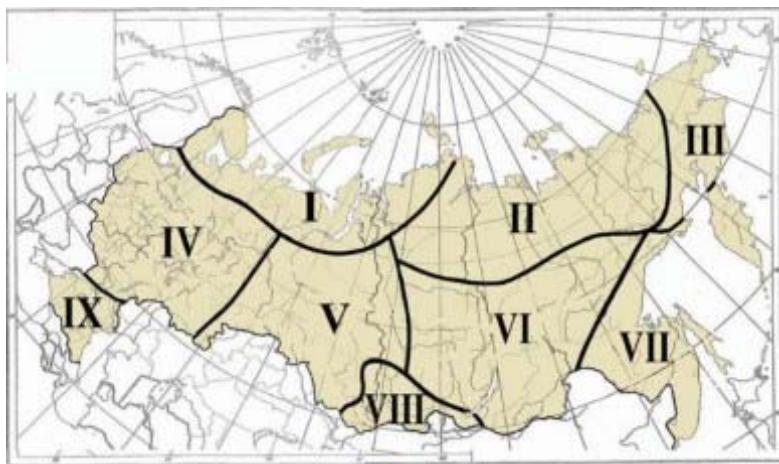


Рис. 9. Квазиоднородные районы на территории России: I – север европейской части и Западной Сибири, II – северная часть Восточной Сибири и Якутии, III – Чукотка и север Камчатки, IV – центр европейской части России, V – центр и юг Западной Сибири, VI – центр и юг Восточной Сибири, VII – Дальний Восток, VIII – Алтай и Саяны, IX – юг европейской части России

Данные табл. 1 и 2 также подтверждают наличие региональных особенностей в изменении норм основных метеорологических параметров. Например, значительное повышение зимних температур в период 1971 – 2000 гг. в центральных областях Европейской территории России (район IV) замедлилось в последующем тридцатилетии, но стали более теплыми лето и осень. А на юге ЕТР (район IX) в последнем тридцатилетии продолжилось потепление в зимний период. В северо-восточных районах Дальнего Востока (район III) отрицательные значения разностей норм зимой в последнее тридцатилетие стали меньше по абсолютной величине, т. к. значительное похолодание на Чукотке компенсировалось более теплыми зимами на Камчатке.

В режиме осадков следует отметить значительное увеличение зимних осадков (при уменьшении атмосферного давления) и уменьшение летних осадков (при увеличении атмосферного давления) в центральной части ЕТР (район IV).

Таблица 1

**Разности норм 1971 – 2000 и 1961 – 1990 гг. основных климатических параметров для квазиоднородных районов**

№ района	Число станций	Месяцы			
		январь	апрель	июль	октябрь
Температура воздуха					
I	126	0,8	0,3	0,0	0,1
II	70	0,2	0,5	0,4	0,3
III	24	-1,0	0,5	0,3	0,7
IV	378	1,4	0,4	0,1	0,2
V	179	0,7	0,5	0,0	0,7
VI	197	0,3	0,6	0,2	0,2
VII	174	0,4	0,3	0,2	0,3
VIII	78	0,6	0,6	0,2	0,5
IX	99	0,4	0,2	0,2	0,3
Атмосферные осадки					
I	123	-0,3	0,2	-0,8	0,5
II	70	-2,3	-0,8	-0,7	-0,1
III	24	-6,7	-2,5	-5,6	-1,2

IV	376	1,2	-0,6	-1,4	1,9
V	180	1,1	0,3	0,1	-1,3
VI	197	0,1	-0,3	0,5	0,1
VII	175	0,5	-0,8	-2,0	3,5
VIII	78	0,9	1,0	-1,7	-1,1
IX	99	-1,7	1,0	-0,2	4,5
Атмосферное давление на уровне моря					
I	120	-2,0	-0,2	0,1	-0,1
II	68	0,1	0,4	-0,3	-0,6
III	23	1,0	-0,1	0,2	0,1
IV	376	-1,6	-0,3	-0,1	0,2
V	178	-1,2	-0,2	0,1	0,0
VI	185	-0,4	-0,5	-0,2	-0,6
VII	171	0,6	-0,7	0,1	-0,5
VIII	62	-0,9	-0,6	-0,2	-0,1
IX	90	0,4	-0,2	-0,2	-0,1
Упругость водяного пара					
I	118	0,1	0,1	0,0	0,0
II	70	0,0	0,1	0,2	0,0
III	22	-0,1	0,1	0,2	0,2
IV	376	0,2	0,1	0,1	0,1
V	178	0,1	0,1	0,1	0,2
VI	193	0,0	0,1	0,1	0,0
VII	172	0,1	0,1	0,0	0,2
VIII	78	0,1	0,2	0,2	0,1
IX	99	0,1	0,2	0,3	0,2

Таблица 2

Разности норм 1981 – 2010 и 1971 – 2000 гг. основных климатических параметров для квазиоднородных районов

№ района	Число станций	Месяцы			
		январь	апрель	июль	октябрь
Температура воздуха					
I	118	0,8	0,4	0,4	0,9
II	67	0,4	0,4	0,4	0,7
III	16	-0,8	0,7	0,4	0,8
IV	419	1,1	0,2	0,6	0,8
V	226	0,6	0,0	0,1	0,8
VI	217	0,5	0,4	0,5	0,5
VII	174	0,6	0,3	0,1	0,3
VIII	89	0,1	0,2	0,4	0,5
IX	112	1,0	-0,2	0,4	0,7
Атмосферные осадки					
I	117	1,2	-0,5	3,1	1,5
II	68	-0,7	0,7	-0,8	0,3
III	18	-3,1	0,2	-2,3	1,8
IV	427	3,4	-1,4	-4,4	1,6
V	230	-0,1	0,8	0,0	0,2
VI	219	0,3	0,3	-2,4	1,3
VII	187	1,1	-2,2	-0,1	-1,4
VIII	90	-0,7	1,8	1,7	-0,8
IX	112	2,3	-1,8	-1,1	2,7
Атмосферное давление на уровне моря					
I	95	-0,7	0,7	0,1	-0,2
II	58	0,0	-0,5	0,0	0,2
III	13	0,5	-0,5	-0,1	-0,3
IV	358	-1,0	0,7	0,6	0,2
V	165	0,4	0,2	0,2	0,4
VI	169	0,0	-0,3	-0,1	-0,4
VII	123	0,1	0,0	0,2	0,1
VIII	58	0,3	-0,1	-0,2	-0,2
IX	81	-0,7	0,8	0,1	-0,3
Упругость водяного пара					

I	100	0,1	0,1	0,4	0,4
II	56	0,0	0,1	0,4	0,1
III	11	-0,1	0,1	0,3	0,2
IV	373	0,2	0,0	0,5	0,4
V	174	0,1	-0,1	0,2	0,3
VI	177	0,0	0,1	0,4	0,2
VII	142	0,1	0,1	0,3	0,2
VIII	77	0,0	0,1	0,5	0,2
IX	96	0,3	-0,1	0,4	0,5

## Выводы

Подготовленные во ВНИИГМИ-МЦД массивы высокого качества по основным климатическим параметрам позволили в соответствии с рекомендациями ВМО рассчитать климатические нормы за три последовательных тридцатилетия и исследовать региональные особенности их изменения на территории России. Разности климатических норм, полученные в данной работе, могут рассматриваться как один из показателей изменений климата, которые проявляются неодинаково в различных регионах такой огромной страны, как Россия. Выявлено, что наибольшее потепление произошло в последнее тридцатилетие (1981 – 2010 гг.) зимой на ЕТР, севере Восточной Сибири и на дальневосточном юге, а на северо-востоке АТР отмечено значительное похолодание. Наблюдается уменьшение летних осадков в центре ЕТР, Южном Урале, центральных районах Западной Сибири, Забайкалье и Хабаровском крае, причем в последнем регионе уменьшение летних осадков отмечалось и в период 1971 – 2000 гг. И это является одной из главных причин участившихся в последние годы лесных пожаров. В режиме атмосферного давления на уровне моря наибольшие изменения выявлены зимой в период 1971 – 2000 гг.: на ЕТР наблюдалось значительное уменьшение атмосферного давления, обусловленное увеличением повторяемости циклонов, а на северо-востоке АТР – рост атмосферного давления, связанный с ослаблением в этот период Алеутской депрессии. Региональные особенности проявляются и в изменении значений разности норм, осредненных по квазиоднородным климатическим районам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / Под ред. А.И. Бедрицкого. СПб: Летний сад, 2009. Том II. С. 34.
2. for Climatology Sixteenth session. Heidelberg, 3 – 8 July 2014. Abridged final report with resolutions and recommendations. WMO-№ 1137. P. 68.
3. Belokrylova T., Bulygina O., Razuvaev Temperature Pattern variability on the USSR Territory in 1931–1990 // Proceedings of the Sixteenth Annual Climate Diagnostics Workshop, Los Angeles, October 28 – November 1 1991. Los Angeles: Dept. of Atmospheric Sciences University of California, 1992. P. 173 – 178.
4. Булыгина О. Н., Коршунова Н. Н., Разуваев В. Н., Шаймарданов М. З., Швець Н.В. Изменчивость экстремальных климатических явлений на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2000. Вып. 167. С. 16 – 31.
5. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. № 11. С. 24 – 37.
6. Bulygina O. N, Groisman P. Ya., Razuvae V. N, Radionov V. Snow cover basal ice layer changes over Northern Eurasia since 1966 // Environ. Res. Let. 2010. V. 5.