DOI: 10.21513/2410-8758-2017-3-133-144 УДК 551.524.3

АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ВЕСНОЙ 2017 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ГЛОБАЛЬНОМ И ИСТОРИЧЕСКОМ КОНТЕКСТЕ

М. Ю. Бардин [1,2], Э. Я. Ранькова [1,2], О. Ф. Самохина [1]

[1] Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН,
107258, Москва, ул. Глебовская, 20Б; *mik-bardin@yandex.ru*

[2] Институт географии РАН,
119017, Москва, Старомонетный пер., 29

Резюме. Представлено обобщение результатов оперативного мониторинга климата, ведущегося в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, для весеннего сезона 2017 г. Проанализированы географическое распределение аномалии температуры для территории России и суши Земного шара и исторические временные ряды некоторых температурных индексов для крупных регионов России. Весна 2017 г. в России оказалась весьма необычной в отношении температурного режима. Наблюдались чрезвычайно крупные аномалии тепла на всей территории в начале сезона и крупные аномалии холода в Европейской части России его конце. Столь крупные аномалии не наблюдались ни в каком другом регионе Земли. Однако, анализ временных рядов температурных индексов показывает, что в целом сезон вписывается в наблюдаемую климатическую тенденцию потепления. Проанализированы особенности изменения показателей экстремальности температурного режима России и ее регионов. Показано, что число месяцев с экстремально высокими температурами везде очень заметно возрастает. В целом по России этот рост начинается в 1990-х годах. Наблюдается также убывание числа экстремально холодных месяцев, но на фоне значительных десятилетних колебаний.

Ключевые слова. Температура воздуха, аномалия, экстремум, изменения, тренд.

SPRING ANOMALIES OF AIR TEMPERATURE OVER RUSSIA IN 2017: THE GLOBAL AND HISTORICAL CONTEXT

M. Yu. Bardin [1,2], E. Ya, Rankova [1,2], O. F. Samokhina [1]

[1] Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russia; *mik-bardin@yandex.ru*

[2] Institute of Geography of RAS,
29, Staromonetny lane, 119017, Moscow, Russia

Summary. A synthesis of operational climate monitoring data carried out by the Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS are presented

for spring of 2017. Geographical distribution of temperature anomalies over Russia and globally over land, as well as historical time series of some temperature indices for large regions of Russia are analyzed. Spring of 2017 in Russia appeared to be quite unusual in regard to the temperature regime. Extremely large warm anomalies were observed over the whole territory in the beginning of the season, while large cold anomalies over the European Russia took place in its end. No one else part of the Globe had experienced the similar large anomalies. However, an analysis of time series of temperature indices demonstrates that the season on the whole corresponds well with observed climate warming tendency. Specific features of change in temperature regime indices over Russia and its regions are analyzed. It is shown that the number of months with extremely high temperatures increases very noticeably everywhere. In Russia as a whole, this rise began in the 1990-s. A decrease in the number of extremely cold months is also observed, but it proceeds on the background of substantial decadal oscillations.

Keywords. Air temperature, anomaly, extreme, change, trend.

Введение

В последнее время в связи с необычно холодными для последних лет, апрелем и, особенно, маем в европейской части России СМИ задаются вопросом: не закончилось ли глобальное потепление? Не началось ли похолодание? Некоторые ученые подогревают интерес к такой постановке вопроса, утверждая даже, что устойчивого потепления вообще не наблюдалось в последние десятилетия, а для Земли наступает период глобального похолодания, связанного с циклами изменения орбитальных параметров планеты (циклы Миланковича). Не вдаваясь в подробности астрономической теории изменения климата, отметим лишь два момента. Во-первых, указанные циклы происходят на временных масштабах порядка ста тысяч лет, из которых похолодание занимает примерно ¾ времени, так что при амплитуде глобальных изменений в этих циклах порядка 4-8°C (Petit et al. 1999) средняя скорость похолодания составляет около 0.05-0.10°C/1000 лет, более чем в 100 раз ниже наблюдаемой скорости потепления, и оно останется неощутимым для многих поколений (даже принимая во внимание составляющую с периодом около 26 тысяч лет, на половине которых может произойти примерно половина указанного похолодания: там же). Во-вторых, анализ изменений инсоляции на следующий 100-тысячелетний цикл (Berger, Loutre 2002) показывает, что ожидаемое похолодание будет значительно меньше предыдущих, а оледенение может наступить значительно позже, чем ожидается по аналогии с предыдущими циклами (порядка 50000 лет) и может вообще не наступить при определенных антропогенных сценариях.

В настоящей статье рассматриваются несколько вопросов, связанных исключительно с *наблюдаемыми* климатическими аномалиями и изменениями. Насколько необычной была весна 2017 г. на территории России, в том числе, на фоне глобальных аномалий? Насколько она вписывается в текущую тенденцию потепления? Каковы основные особенности наблюдаемых изме-

нений температуры на территории России? Последний вопрос обсуждался в ряде работ авторов (например, Ранькова и др., 2014). Здесь он будет освещен с использованием некоторых нестандартных температурных индексов.

Статья подготовлена по материалам оперативного мониторинга климата России и Земного шара (суша), ведущегося в ИГКЭ (Груза и др., 2013; ЦМКП 2013; ЦМКП 2016). Материалы мониторинга регулярно публикуются в ежегодных Докладах Росгидромета (Доклад 2016), Заявлениях ВМО (WMO 2017), специальных изданиях региональных ассоциаций (Bulygina et al. 2016), научных изданиях (Груза и др., 2017; Бардин и др., 2017). Использованы данные 3288 метеорологических станций Земного шара, 455 станций стран СНГ и Балтии. Для расчета аномалий принят стандартный период 1961-90 гг., ранги и эмпирические вероятности (вероятности непревышения) приведены для ряда с 1936 г.

Аномалии температуры весной 2017 года на территории России

В целом по территории РФ весенний сезон был очень теплым: четвертым с 1936 г.; все среднемесячные аномалии (в среднем по территории) положительны (табл. 1). Доля площади, занятая аномалиями, превышающими 2 стандартных отклонения, составила 23% территории страны – также четвертая величина с 1936 года. Особенно тепло было в азиатской части России (АЧР), где средняя сезонная температура оказалась максимальной в ряду наблюдений; экстремальные аномалии (выше 95-го процентиля) наблюдались практически повсеместно к востоку от 90° в. д., т.е. восточнее Западной Сибири (рис. 1). В европейской части России (ЕЧР) сезон в целом был умеренно теплым (ранг 27 из 82 – вероятность непревышения около 33%, хотя за последние 10 лет это был третий самый холодный весенний сезон); области небольшой (менее 0.5°С по величине) отрицательной аномалии наблюдались на юго-западе СЗФО, в междуречье Волги и Камы, на Южном Урале.

Выдающимся был март, самый теплый с 1936 года в целом по РФ и в АЧР, причем средняя температура базового периода 1961-90 гг. превзойдена более, чем на 6 градусов. В Уральском и Дальневосточном ФО март был самым теплым с 1936 г., в Сибирском ФО – вторым в ряду. В ЕЧР было несколько прохладнее (ранг 3): теплее примерно на 0.5°С было в 1990 и 2007 г. Особенно тепло было в ЦФО. Экстремальные аномалии выше 95-го процентиля в АЧР наблюдались повсеместно севернее 60°с.ш. и превышали 13°С в Ямало-Ненецком и Таймырском АО (рис. 1).

Апрель был теплым для РФ в целом (11-й) и очень теплым в АЧР (6-й: вероятность непревышения 7.5%); области экстремального тепла наблюдались в Восточной Сибири и в Прибайкалье. В ЕЧР месяц был умеренно холодным: аномалия температуры -0.3°С близка к медиане распределения; за последнее десятилетие это был второй самый холодный апрель после 2009 г., когда аномалия была ниже -1°С. Отрицательные аномалии наблюдались во всех федеральных округах европейской России.

Таблица 1. Регионально осредненные аномалии температуры для весенних месяцев 2017 года и сезона в целом и их ранги в рядах с 1936 г., упорядоченных по убыванию

	Март		***Апрель***		***Май***		***Весна***	
	vT_{2017}	***Ранг***	***vT_{2017}***	***Ранг***	***vT_{2017}***	***Ранг***	***vT_{2017}***	***Ранг***
Российская Федерация	**6.03**	**1**	2.32	11	0.12	45	**2.82**	**4**
Европейская часть России	**4.14**	**3**	-0.30	43-44	-1.89	74 (*9*)	0.65	27
Азиатская часть России	**6.79**	**1**	3.36	6	0.93	28	**3.69**	**1**
Федеральные округа РФ								
Северо-Западный	4.90	5	-0.51	55	-2.63	75 (*8*)	0.59	34
Центральный	**5.06**	**2**	-0.05	41	-1.88	65 (*18*)	1.04	23
Приволжский	3.12	9	-0.19	42	-1.84	66 (*17*)	0.36	34-35
Южный	4.19	5	-0.26	38	-0.83	53-54	1.03	19
Северо-Кавказский	2.79	8	-0.28	41	-0.27	47	0.75	22
Уральский	**7.00**	**1**	1.51	34	-0.83	67 (*16*)	2.56	12
Сибирский	**5.76**	**2**	3.41	9	1.48	16	**3.55**	**3**
Дальневосточный	**7.52**	**1**	**3.85**	**2**	0.93	26	**4.09**	**1**

Примечание. Цветом выделены аномалии с рангами 1-5: голубым - отрицательные, желтым – положительные; для крупных отрицательных аномалий в скобках показан ранг с конца ряда; базовый период для расчета аномалий 1961-90

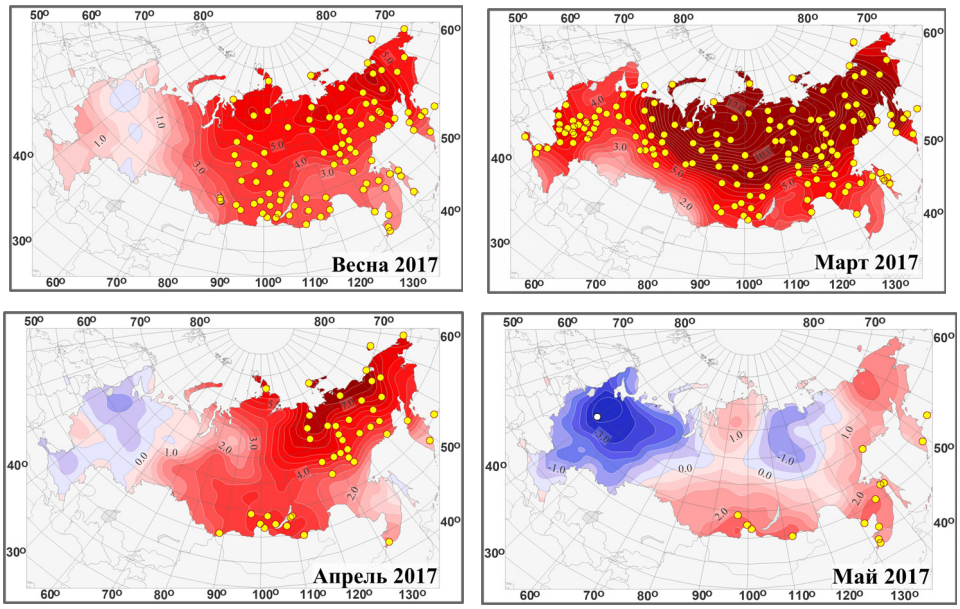

Рисунок 1. Аномалия (отклонение от нормы 1961-90 гг.) среднемесячной температуры воздуха на территории России в весенний период 2017 г.
Шаг изолиний 0.5°С. Желтые кружки указывают на аномалии, превышающие 95-й процентиль, рассчитанный за период 1936-2016 гг.

Необычным для последних десятилетий был май. В целом по РФ температура была близка к климатической норме 1961-90 гг.: однако, это самый холодный май в 21-м веке. Особенно холодно было в ЕЧР: 9-й самый холодный май с 1936 г. и самый холодный с 2000 года. Особенно холодно, как и в апреле, было на юго-западе СЗФО: аномалии ниже -3.5°С. Не жарко было и в АЧР: хотя для региона отмечена заметная положительная аномалия, она наблюдалась на фоне заметного потепления; в результате май 2017 г. оказался одним из двух самых холодных за последнее десятилетие. Заметные положительные аномалии наблюдались лишь в Прибайкалье и на Дальнем Востоке, где местами отмечены экстремальные среднемесячные температуры выше 95-го процентиля.

Аномалии температуры весной 2017 года над сушей Земного шара

В соответствии с глобальной картиной температурных условий нынешней весны на территории всей суши Земного шара (рис. 2), территория России выделяется как регион осуществления наиболее крупных и значимых аномалий. Действительно, хотя в марте максимальные положительные аномалии наблюдались не только в России, но и в других регионах (США, Мексика, Центральная Европа, северо-запад Африки, Австралия), но по величине и площади охвата они значительно уступали наблюдавшимся в Азиатской части России (АЧР). Достаточно отметить, что на территории АЧР севернее 60-й параллели *на всех используемых станциях (N=105)* март 2017 г. оказался в числе 10% самых теплых (с 1911 г.). Из них 94.3% значений относятся к 5%-м экстремумам тепла (температура выше 95-го процентиля), а 58% превысили максимумы мартовских температур за период 1911-2016 годы. В апреле наиболее значимыми были экстремальные положительные аномалии, охватившие всю азиатскую часть России и значительную территорию Южной и центральной Азии, а в мае – очаг 5%-х экстремумов холода на европейской территории России (температура ниже 5-го процентиля) на фоне положительных аномалий на всей остальной территории Земного шара.

При этом для весеннего сезона 2017 г. в целом, главной особенностью температурного режима, по-видимому, следует считать связную область экстремальных положительных аномалий на Евразийском континенте, сохранявшуюся на протяжении всего сезона. В марте эта область включала практически всю Евразию (кроме центральной территории Китая и, частично, Средней Азии). В апреле она сохранилась на азиатской территории Евразии (вся Азиатская часть России плюс Монголия и страны Южной Азии), а в мае сместилась на территорию зарубежной Азии и Средиземноморья.

Изменения температуры на территории России

Далее рассмотрены тенденции (тренды) в изменении температуры весеннего периода на территории России в течение 1976-2017 гг.

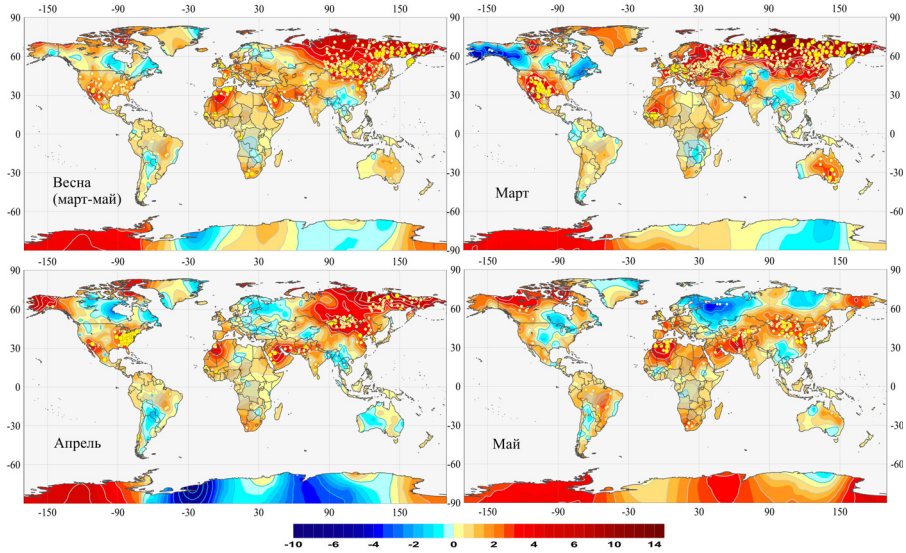

Рисунок 2. Аномалии (отн. 1961-90 гг.) температуры приземного воздуха на территории Земного шара весной 2017 г.: в среднем за сезон(весна) и за каждый месяц (март, апрель, май)
Кружками желтого и белого цвета выделены 5%-е экстремумы тепла и холода (значения выше 95-го и ниже 5-го процентилей, соответственно); в том числе кружками большего размера показаны максимумы для периода 1911-2017 гг.

Рисунок 3 показывает, что весенние температуры на территории РФ, в ЕЧР и АЧР росли почти монотонно с первой половины 1980-х (рис. 3). Некоторое замедление наблюдалось в конце 20-го – начале 21-го столетия, но в последнее десятилетие температура растет ускоренными темпами по отношению к средней скорости всего периода 1936-2017 гг. как для РФ в целом, так и для ее европейской и азиатской частей. Относительно холодная весна 2017 г. в ЕЧР тем не менее вписывается в наблюдаемую тенденцию потепления.

В таблице 2 представлены оценки региональных трендов среднемесячной температуры за 1976-2017 гг., за март-апрель-май и весенний сезон в целом. Все тренды положительны; сезонные для всех регионов, а также месячные для РФ и АЧР и федеральных округов АЧР значимы на уровне 1%; тренды среднемесячных температур в ЕЧР значимы на 5%-м уровне. Максимальные значения трендов, превышающие 0.9^{o}C/10 лет, наблюдаются в марте в АЧР, в СФО и ДВФО. Тренды весенней температуры для РФ в целом и для всех рассмотренных регионов в несколько раз превышают скорость глобального потепления: тренд среднегодовой глобальной приземной температуры составляет по данным ВМО 0.1 – 0.2^{o}C/10 лет (WMO 2017). Для весеннего сезона оценки тренда глобальной температуры приведены в нижней части таблицы 2 для суши Земного шара и каждого полушария (также за 1976-2017 гг.). В среднем по Земному шару, эти оценки составляют примерно 0.3 ^{o}C/10 лет, по Северному и Южному полушариям, соответственно, около 0.4 и несколько выше 0.1 ^{o}C/10 лет. Все приведенные глобальные оценки статистически значимы на уровне 0.1% и согласуются с оценками ведущих мировых климатических центров.

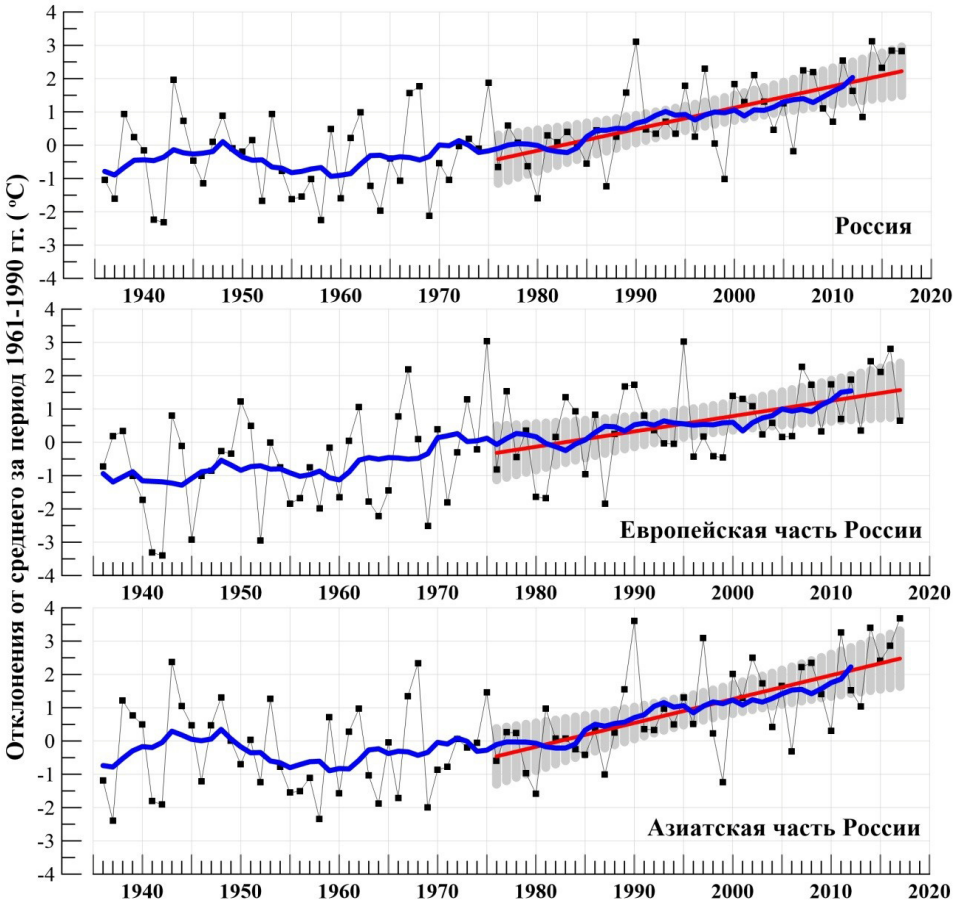

Рисунок 3. Временные ряды аномалии среднемесячной температуры воздуха, осредненной по территории РФ, ЕЧР и АЧР
Весенний период (март – май)

На рис. 4 изображен временной ряд осредненных по территории РФ среднемесячных аномалий температуры воздуха за период с января 1911 по май 2017 года. Ход аномалий представлен с месячным шагом (от месяца к месяцу) в двух шкалах – натуральной (вверху: VT, ^{o}C) и вероятностной (внизу: Prob, доли 1). Под вероятностью здесь понимается эмпирическая «кумулятивная вероятность» или «вероятность непревышения», которая рассчитана для каждого значения ряда с использованием остальных данных того же календарного месяца за 1911-2017 гг. В результате, значение Prob=0 соответствует осуществлению минимума (рекордно холодный месяц), а Prob=1 – напротив, максимума (рекордно теплый месяц) *среди одноименных месяцев всех остальных лет* (и до, и после текущего года). Поэтому на графике число точек-минимумов всегда равно 12, тогда как число максимумов на всем временном интервале – больше либо равно 12 (т.к. максимум может быть повторным). На верхнем фрагменте (рис. 4а) представлен ход аномалий за весь период, а на нижнем (рис. 4б) – за последние 8 лет (с января 2010 г.) для более детального рассмотрения.

Таблица 2. Оценки линейного тренда пространственно осредненных аномалий температуры приземного воздуха за 1976-2017 гг. для территории РФ и суши Земного шара, для каждого весеннего месяца и сезона в целом

Регион	*Март*		*Апрель*		*Май*		*Весна*	
	b **°C/10 лет**	***D, %***	***b*** **°C/10 лет**	***D, %***	***b*** **°C/10 лет**	***D, %***	***b*** **°C/10 лет**	***D, %***
Территория России								
Российская Федерация	0.83	21	0.64	24	0.46	39	0.64	43
Европейская часть России	0.56	9	0.48	9	0.41	9	0.46	23
Азиатская часть России	0.94	21	0.71	21	0.48	39	0.72	41
Федеральные округа РФ								
Северо-Западный	0.38	3	0.59	12	0.44	8	0.47	17
Центральный	0.60	8	0.44	8	0.42	7	0.49	21
Приволжский	0.65	10	0.40	4	0.37	5	0.47	18
Южный	0.81	14	0.21	2	0.41	8	0.48	21
Северо-Кавказский	0.60	14	0.07	0	0.37	11	0.35	20
Уральский	0.87	13	0.77	8	0.53	12	0.72	25
Сибирский	0.97	17	0.86	21	0.40	17	0.74	35
Дальневосточный	0.92	21	0.62	23	0.52	29	0.69	38
Суша Земного шара								
Земной шар	0.35	61	0.30	72	0.26	82	0.30	79
Северное полушарие	0.43	59	0.38	71	0.32	85	0.38	79
Южное полушарие	0.14	34	0.12	28	0.11	22	0.13	39

Примечание. ***b*** – коэффициенты линейного тренда, ***D*** - вклад тренда в дисперсию ряда

Прослеживается определенное повышение температуры примерно с 1980-х гг. и сопутствующий рост вероятностей, причем почти все максимумы (P=1) наблюдались после 2005 г. Четко выделяется сгущение точек в полосе P>0.90 (10%-е экстремумы тепла) и разрежение – в полосе P<0.10 (10%-е экстремумы холода) в последние десятилетия.

Для большей наглядности на рис. 5 показано, как в течение рассматриваемого периода менялось количество экстремумов (использован 5%-й критерий как более жесткий). Здесь красные кривые соответствуют повторяемости 5%-х экстремумов тепла (значений выше 95-го процентиля), а синие – 5%-х экстремумов холода (значений ниже 5-го процентиля). Повторяемость экстремумов рассчитывалась последовательно в каждой точке временного ряда по данным о среднемесячной температуре за 60 последних месяцев, т.е. по данным скользящих с шагом месяц 60-месячных интервалов (для примера: значение в точке «май 2000» означает число осуществлений соответствующих экстрему-

мов за период с июня 1995 по май 2000 гг.). Оценки на рис. 5 приведены для территории РФ в целом и шести ее регионов.

Рисунок 4. Ход пространственно осредненных среднемесячных аномалий температуры приземного воздуха на территории России

Аномалии представлены в натуральной (вверху) и вероятностной (внизу) шкале, за весь период (а) и с 2010 г. (б). Красная горизонтальная линия соответствует вероятности 90%, синяя – 10%. В качестве вероятностной меры (ось ординат) использовано значение эмпирической (кумулятивной) функции распределения F=Prob(x≤X), рассчитанное по данным одноименных месяцев за 1911-2017 гг.

Рис. 5 показывает, что потепление на территории России и ее регионов отчетливо проявилось в росте числа экстремальных положительных аномалий с начала 1990-х гг. (или с конца 1980-х, поскольку оценки относятся к предшествующему 5-летию), но до второй половины 1990-х гг. это потепление не было поступательным. Не было оно и единовременным на территории: начало активной фазы задерживалось по мере продвижения с востока на запад вплоть до 2005-2010 гг.

Основные особенности:

- ЕТ РФ: активная фаза – с 2005, замедление в 2010 и следующий подъем с 2015;

- Западная Сибирь и Средняя Сибирь: пауза в 2000-2010 и резкий рост с 2011-2012;

- Забайкалье-Прибайкалье: самый активный рост в районе 2000 г. (1997-2003), затем – резкий спад к 2007 и после него – плато.

Убывание числа экстремальных отрицательных аномалий также очевидно, но указать общее начало этого тренда не удается, да и наблюдается он на фоне гораздо более значительных колебаний масштаба десятилетия.

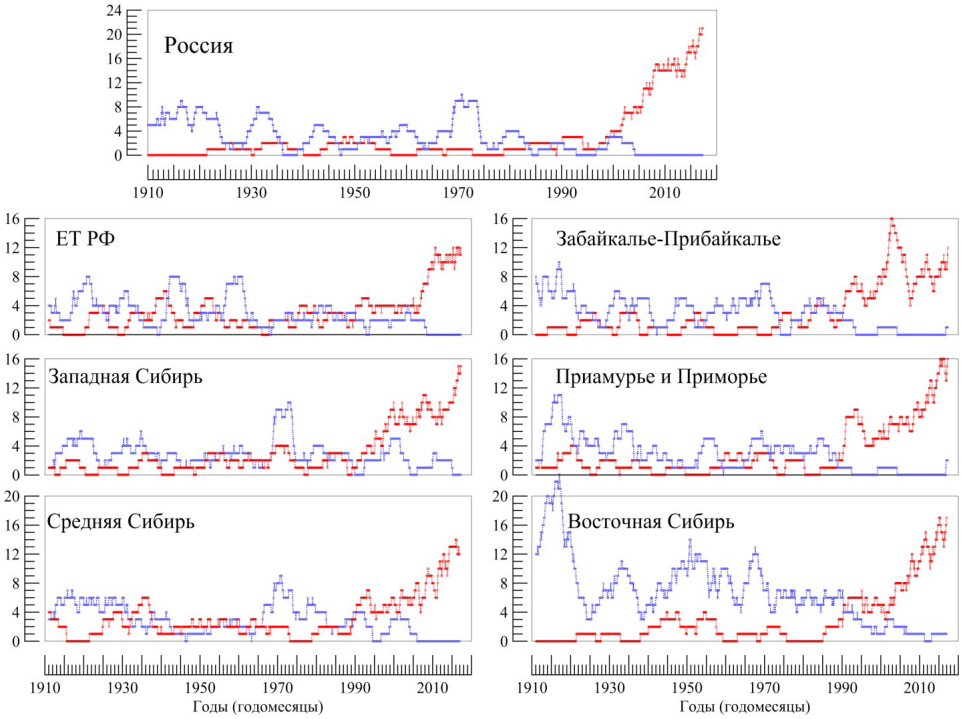

Рисунок 5. Число месяцев с 5%-ми экстремумами тепла (красные кривые) и холода (синие кривые) на территории России, рассчитанное по скользящим 60-месячным периодам с января 1911 г. по апрель -2017 г. (точки отнесены к последнему месяцу расчетного периода и нанесены с шагом 1 месяц)

Значения 5-го и 95-го процентилей оценены для каждого календарного месяца по данным одноименных месяцев за 1911-2017 гг.

Выводы

Весной 2017 года на территории России наблюдались крупные климатические аномалии. В марте экстремально тепло было на большей части территории России, в особенности – на севере АЧР, где повсеместно превзойдены предыдущие максимумы среднемесячной температуры. Это была наиболее крупная аномалия сезона для всей суши Земного шара. Напротив, в мае в западных районах России наблюдалась крупная отрицательная аномалия: средняя по ЕЧР температура мая попала в число 10 наиболее холодных с 1936 года, и подобной аномалии холода не наблюдалось на всей остальной территории суши Земли. Однако сезон в целом оказался теплым: 4-й в ряду наблюдений для России в целом и самый теплый в АЧР. Анализ рядов региональных среднесезонных температур показывает, что для России в целом, ЕЧР и АЧР сезон вписывается в наблюдаемую тенденцию потепления: значения 2017 г. не отклоняются значительно от линии тренда за 1976-2017 гг. (период современного потепления), в том числе для ЕЧР.

Анализ рядов среднемесячных температур России и ее физико-географических регионов, представленных в вероятностной шкале (температура каждого месяца представлена эмпирической вероятностью в ряду с 1936 г.) показывает, что число экстремально теплых месяцев (вероятность более 95%) растет во всех регионах поступательно начиная с конца 1990-х гг. Убывает также число экстремально холодных месяцев (вероятность менее 5%), хотя и не так явно (убывание происходит на фоне значительных междесятилетних колебаний), а начало этой тенденции также не так выражено, как в случае экстремально теплых месяцев.

Список литературы

Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Самохина О.Ф. 2017. Климатические аномалии приземной температуры летом 2016 года. - Метеорология и гидрология, №2, с. 137-142.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Самохина О.Ф., 2017. Особенности температурных аномалий у поверхности Земного шара в 2016 году. – Фундаментальная и прикладная климатология, т. 1, с. 124-146.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Бардин М.Ю., Рочева Э.В., Самохина О.Ф., Платова Т.В., Соколов Ю.Ю., 2013. Методика мониторинга климата на территории РФ: температура приземного воздуха, атмосферные осадки. – Методический кабинет Гидрометцентра России. Методы, технологии. Долгосрочные прогнозы и мониторинг климата. http://method.meteorf.ru/methodsl-long/monitor/monitor.htmI

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. 2016. – Росгидромет, 67 с. (ISBN 978-5-906099-58-7).

Ранькова Э.Я., Груза Г.В., Рочева Э.В., Самохина О.Ф., 2014. Температура приземного воздуха - В кн.: Второй оценочный доклад Росгидромета Об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – Москва, гл. 1.2, с. 37-72.

ЦМКП. 2013. Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 11 декабря 2013 г. – 1. Методика мониторинга климата на территории Российской Федерации: температура приземного воздуха, атмосферные осадки (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», коллектив авторов под руководством Груза Г.В.). – Росгидромет.

ЦМКП. 2016. Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 20 декабря 2016 г. – 1. Технология мониторинга изменений климата Земного шара: приземная температура (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В.). – Росгидромет.

Berger A., Loutre M.F., 2002. An Exceptionally long Interglacial Ahead? – Science, 297, pp. 1287-1288. (303).

Bulygina O.N., Korshunova N.N., Bardin M.U. and N.M. Arzhanova. 2016. Russia - In: State of the climate in 2015, Chap. 7. Regional climates. A. Mekonnen, J. A. Renwick, and A. Sanchez-Lugo, Eds.. – BAMS, August 2016, S209-S212, S214

Petit J.R., J. Jouzel, D. Raynaud, N.I. Barkov, J.-M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chappellaz, M. Davis, G. Delaygue, M. Delmotte, V. M. Kotlyakov, M. Legrand, V. Y. Lipenkov, C. Lorius, L. PÉpin, C. Ritz, E. Saltzman & M. Stievenard. 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica – Nature, 399, pp. 429-436.

WMO 2017: WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016. WMO, No. 1189 - World Meteorological Organization, 26 p.

Статья поступила в редакцию: 10.07.2017 г. После переработки: 14.07.2017