

УДК 551.524.3

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА АРИДНЫХ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

© 2021 г. Л.М. Акимов

Воронежский государственный университет

Россия, 394047, г. Воронеж, ул. Хользунова, д. 40. E-mail: akl63@bk.ru, geocologist@mail.ru

Поступила в редакцию 16.06.2021. После доработки 30.06.2021. Принята к публикации 01.07.2021

В работе представлены результаты анализа тенденций среднемесячной температуры воздуха, аридных земель европейской части России и сопряженных с ними территорий, в летний период, а также даны оценки их направленности и скорости изменений температуры во второй половине XX и начале XXI веков. На фоне глобального климата исследованы региональные особенности термического режима европейской территории России. Дан анализ широтных и долготных количественных показателей изменений термического режима, с пространственным распределением на исследуемой территории. Установлен существенный рост температуры воздуха на территориях аридных земель России, где тенденция повышения температуры значительно выше данных, представленных в Оценочных докладах и составила 0.066°C за 10 лет.

Ключевые слова: температура воздуха, глобальный климат, европейская территория России, термический режим, аридные земли, тенденция, изменчивость.

DOI: 10.24412/1993-3916-2021-4-3-12

В последние десятилетия на Европейской территории России, наблюдаются значительные температурные аномалии. В средствах массовой информации периодически появляются сведения об очень холодных или очень теплых зимах. Экстремально жаркое лето 2010 года вызвало существенные сдвиги в экосистемах. Высокие температурные режимы способствовали изменению напочвенного покрова в борах и широколиственных лесах, засуха и гибель растений наблюдались в г. Москве и ближнем Подмосковье (Полякова, Меланхолин, 2013).

Последствием воздействия высоких температур на территории ЕТР явилась засуха, которая способствовала развитию очагов инфекционных болезней в ослабленных древесных насаждениях. Отмечено значительное увеличение некрозов коры, различных видов рака, стволовых и корневых гнилей, что привело к накоплению сухостоя, общему ухудшению лесопатологического состояния насаждений, росту численности насекомых-вредителей (Иванов и др., 2013).

Погодно-климатические аномалии вносят определенные коррективы в цикличность многолетней и сезонной динамики функционирования экосистем. Сдвигаются у биоты сроки наступления фаз развития годового цикла, что ведет к изменению генеративного цикла, повреждению и даже гибели организмов (Соловьев и др., 2011). Нарушается ритм развития некоторых эпифитотийных болезней (Ширнина, 2019).

Установлено, что наблюдаемое увеличение экстремальных погодных явлений является следствием глобальных изменений климата (Оценочный доклад ..., 2008; Изменение климата, 2016; Доклад о климатических рисках ..., 2017; IPCC, 2007, 2013; Morice et al., 2012).

Изменение климата в различных регионах Российской Федерации тщательно анализируется структурными подразделениями Росгидромета (Доклад Росгидромета ..., 2014).

В научных публикациях сообщается о широком спектре мнений и альтернативных оценок климата (Груза, Ранькова, 2011; Спорышев, Катцов, 2006). Наиболее широко обсуждаются данные вопросы в статьях (Акимов и др., 2012; Акимов, Задорожная, 2014, 2018, 2019; Ваганов и др., 2014; Федотов и др., 2019).

В связи с различными физико-географическими особенностями и циркуляционным режимом на территории России и ее большой протяженностью полученные результаты имеют существенные

различия и требуют уточнения региональных и локальных особенностей климатических изменений в каждом сезоне. Для получения подобных данных в каждом регионе необходимо вести регулярные, детальные, многолетние исследования, анализируя их с учетом увеличения скорости климатических изменений (Акимов, Задорожная, 2018; Алексеев и др., 2014; Спорышев, Катцов, 2006).

Следовательно, на фоне глобального изменения климата, изучение регионального термического режима, как основного фактора среды, по своим масштабам и степени важности является не менее актуальной задачей, чем исследование глобального климата.

Материалы и методы исследования

В работе рассматриваются характеристики средних месячных значений температуры воздуха в июле на территории Европейской части России и сопредельных государств (Украина, Беларусь, страны Прибалтики), в широтной зоне 40-60° с.ш., в секторе 30-60° в.д., в узлах регулярной сетки (i, j) с шагом 2.5x2.5°. В качестве информационной базы использованы массивы данных CRUTEM.4.5.0.0 – температура воздуха над сушей, HadSST.3.1.1.0 – температура воды на поверхности океанов и морей, HadCRUT.4.5.0.0 – объединенные данные о температуре воздуха над континентами и океанами, от 18.01.2017 (Полякова, Меланхолин, 2013). Массивы данных поддерживаются совместно двумя коллективами Великобритании: Хэдлицентром (Met Office Hadley Centre) и Университетом Восточной Англии (CRU UEA). Данные ежемесячно обновляются и публикуются производителем на web-сайтах Met Office (2020) и University of East Anglia (2020) в форме глобальных сеточных полей (в центрах 5-градусных боксов) и глобальных временных рядов (для Земного шара и обоих полушарий). Период наблюдений составил 60 календарных лет, с 1958 по 2017 годы.

С целью изучения временной динамики изменения температуры исходная выборка за весь период наблюдений с 1958 по 2017 годы разделена на три равных временных периода fk : 1958-1977 ($f1$), 1978-1997 ($f2$) и 1998-2017 ($f3$), с различным глобальным индексом температуры: 0.1, 0.47 и 0.74 соответственно (Morice et al., 2012).

На первом этапе для центрального месяца сезона были использованы данные среднемесячной температуры воздуха в узлах равномерной сетки (i, j) с шагом 2.5x2.5°. Всего на выбранной территории для каждого года получены 117 узлов. Здесь (i, j) – порядковые номера узлов по широте (i=1, 2, 3, ..., 13) и долготе j (j=1, 2, 3, ..., 9) соответственно. В результате сформированы индивидуальные массивы данных с 1958 по 2017 гг. размерностью (117x60), t – порядковый номер года t (t=1,2,3,...,60). Таким образом, массив включал 7020 значений средней месячной температуры.

Большое значение при оценке изменений климата уделяется анализу экстремальных проявлений, имеющих значительные влияния на негативные изменения в экосистеме, а также исследованию их временных тенденций. Данная проблема вызывает возрастающий интерес в многочисленных научных публикациях (Акимов, Задорожная, 2014, 2018; Груза, Ранькова, 2011; Платова, 2007).

Целью исследования явилось изучение пространственно-временного распределения среднемесячной температуры воздуха летнего периода, как основного абиотического фактора среды влияющего на жизнь биоты, т.к. биоразнообразие является индикатором состояния окружающей среды, служит параметром региональной и локальной её динамики.

Задачей исследования является уточнение, детализация и оценка изменений термического режима в аридных землях Европейской территории России и на сопряженных с ними территориях.

По наблюдениям последних лет отмечается отклик биоты ландшафтов на сезонные изменения климата, например в орнитологии, проявляется в смещении сроков у рано-прилетающих птиц на пять дней (канюк, славка-черноголовка и т.д.). Установлено обогащение состава местной орнитофауны в центре Европейской России новыми видами. Расширяются северные границы ареала представителями южного фаунистического комплекса (тропического, средиземноморского и т.д.). Наблюдается продвижение южных элементов флоры на север (*Cleistogenes squarrosa*, *Berula erecta* и т.д.), более раннее цветение катальпы (*Catalpa*) в Воронеже, продвижение границы степной зоны на север и т.д. (Федотов и др., 2019).

Особенностью данного исследования, по сравнению с уже имеющимися работами, является использование фактической средней месячной температуры у поверхности Земли, а не ее отклонение от «нормы». Анализ географических особенностей рассматриваемых характеристик динамики

климата приводился по пространственным осреднениям температуры как вдоль широты i , так и вдоль долготы j в узлах регулярной сетки с шагом по широте $i=2.5^\circ$ и долготе $j=2.5^\circ$, за период наблюдений с 1958 по 2017 гг., для среднего месяца сезона – июля. Полученные средние многолетние значения температуры характеризуют бюджет запаса тепла в летний период, в отдельных регионах исследуемой территории.

Результаты исследований и их обсуждение

Термический режим Европейской территории России в летний период формируется за счет сложного взаимодействия сезонных центров действия атмосферы, определяющих в данном регионе циркуляцию воздуха. Южные районы, особенно юго-восток территории, подвержены влиянию гребня Азорского антициклона, переносящего сухой и жаркий воздух из субтропиков. Восточная часть Европейской территории России, особенно Предуралья, находится под влиянием тыловой части Южно-Азиатской депрессии, способствующей периодическому проникновению холодного северного воздуха. Остальная часть, рассматриваемой территории, находится под влиянием теплого и влажного воздуха с Атлантики, определяющего умеренный температурный фон.

Пространственное распределение средней многолетней температуры воздуха в июле, за исследуемый промежуток времени, представленное на рисунке 1, имеет не выраженное широтное направление.

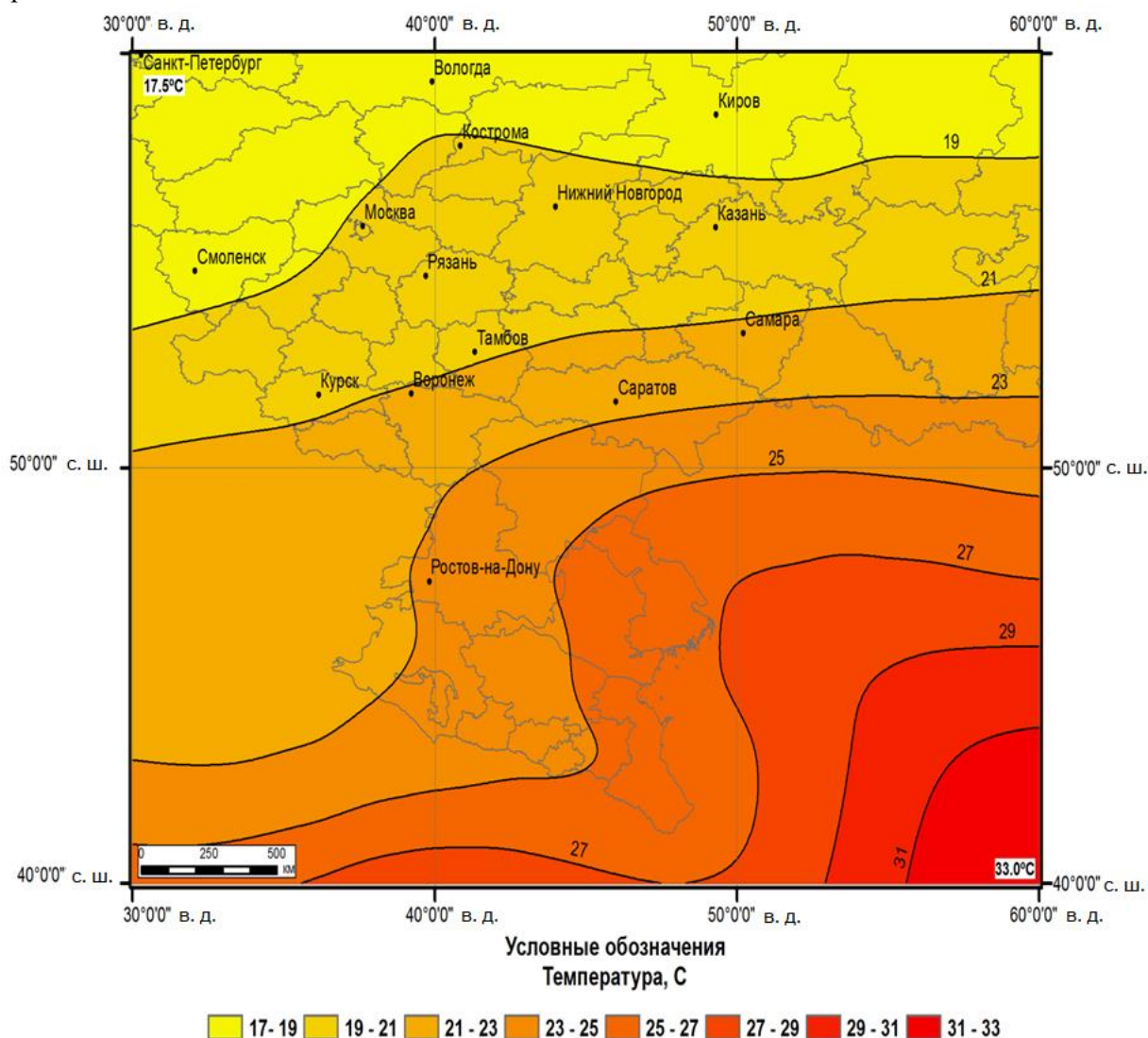


Рис. 1. Средняя многолетняя температура июля за период 1958 по 2017 годы.

В северных районах европейской части России (Ленинградская, Смоленская, Вологодская, Кировская и Пермская области), значение средней многолетней температуры ниже 19.0°C. Наименьшее значение 17.5°C наблюдается в районе Санкт-Петербурга (60.0° с.ш., 30.0° в.д.), к югу температура воздуха повышается. Территория, расположенная между изотермами 19.0-21.0°C является переходной линией раздела аридных земель расположенных южнее 21.0°C, особенно на юго-востоке и увлажненных территорий – соответственно, расположенных севернее 19.0°C. Распределение температур в диапазоне с 21.0 по 25.0°C имеют сложную форму в виде соединенных вместе ложбины и гребня, занимают около 41% территории и полностью охватывают широты 52.5-50.0° с.ш., а на западе территории (до долготы 44.5° в.д. включительно) опускаются до широт от 47.7-42.5° с.ш. Выявленная температурная ложбина, расположенная на западе территории, обусловлена проникновением ветров с Атлантики, а на юго-востоке наблюдается мощный гребень тепла, где средние многолетние значения температуры увеличиваются до значений 31.0°C (5.1%), достигая максимума 33.0°C (40.0° с.ш., 60.0° в.д.).

Для более детального анализа особенностей термического режима климата исследуемой территории в летнее время, проведен анализ сглаженных средних многолетних значений температур, осредненных вдоль долгот и вдоль широт, а также исследованы межширотные изменения температуры воздуха региона изучения. Результаты анализа средних многолетних значений температуры июля, осредненные вдоль фиксированных долгот и широт, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сглаженные средние многолетние значения температуры воздуха за период 1958-2017 гг. в июле.

а) Осреднение вдоль долгот													
Восточная долгота, градусы	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	52.5	55.0	57.5	60.0
Средняя температура, °С	20.7	20.9	21.2	21.7	22.1	22.5	22.8	23.0	23.4	24.0	24.4	24.9	25.0
б) Осреднение вдоль широт													
Северная широта, градусы	60.0	57.5	55.0	52.5	50.0	47.5	45.0	42.5	40.0				
Средняя температура, °С	18.1	18.9	19.6	22.3	23.1	24.7	25.4	26.3	28.4				

Анализ результатов представленный в таблице 1 позволил установить, что в долготном направлении (табл. 1, а) идет монотонное повышение температуры с запада на восток от 20.7°C (30.0° в.д.) до 25.0°C (60.0° в.д.). В широтном направлении (табл. 1, б) выражена тенденция роста температуры с севера на юг, от 18.1°C (60.0° с.ш.) до 28.4°C (40.0° с.ш.). Таким образом, градиент средней месячной температуры воздуха вдоль широт в июле, в среднем составил 0.5°C на 1.0° широты.

В качестве дополнительной характеристики при анализе особенностей термического режима исследуемой территории, рассматривалась межширотная изменчивость средних широтных значений температуры воздуха, представленная на рисунке 2.

Распределение, осредненной по широтам межширотной разности является более неоднородным, со значительными колебаниями от широты к широте. Причем, наименьшие изменения отмечаются между крайними северными широтами, 57.5-60.0° с.ш. Здесь при смещении на 2.5° с.ш. вдоль долготы, повышение средней широтной температуры составляет +0.58°C. При дальнейшем перемещении к югу, величина прироста температуры от широты к широте, увеличивается, достигая наибольшего значения в широтной зоне от 52.5° с.ш. до 47.5° с.ш., с экстремумом между широтами 52.5-50.0° с.ш., где рост температуры при перемещении с севера на юг составляет 2.1°C. Второй максимум, с величиной 2.06°C, отмечается между широтами 40.0-42.5° с.ш.

Для выявления динамики изменения температуры воздуха исследуемой территории в летний период, исходная выборка за весь период наблюдений с 1958 по 2017 гг., была разделена на три равных временных периода (f_k) имеющих различный глобальный индекс температуры \bar{T}^{f1} (1958-1977 гг.)=0.1°C; \bar{T}^{f2} (1978-1997 гг.)=0.47°C и \bar{T}^{f3} (1998-2017 гг.)=0.74°C соответственно (Morice et al., 2012).

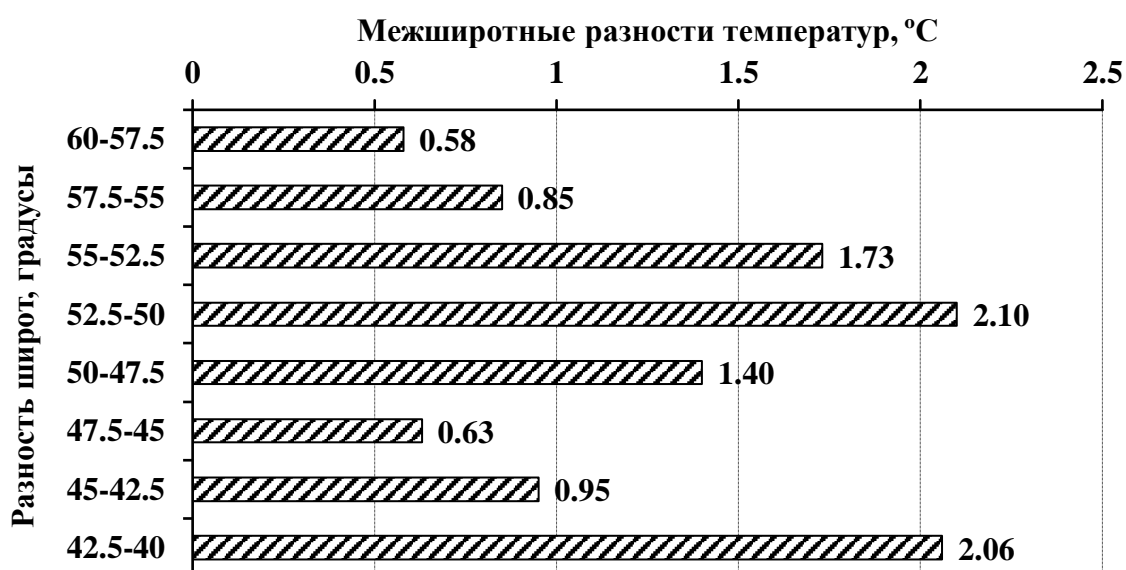


Рис. 2. Распределение межширотной разности температуры за 1958-2017 гг. в июле.

На следующем этапе исследования, проведен сравнительный анализ осредненных величин значений средней месячной температуры воздуха в июле по всей рассматриваемой территории (30.0-60.0° в.д., 40.0-60.0° с.ш.), в различных временных периодах fk . Результаты анализа представлены в таблице 2, в скобках обозначен процент изменения температуры относительно исходного первого периода \bar{T}^{f1} (1958-1977 гг.).

Таблица 2. Средние температуры воздуха в июле, осредненные по всей территории в различные временные периоды.

Временные периоды, годы	1957-1977	1977-1997	1997-2017
Температура, °С	22.1 (100%)	22.7 (103%)	24.6 (111%)

В результате установлено, что в течение рассматриваемого промежутка времени, от периода к периоду, происходило монотонное повышение температуры воздуха, хотя и не равномерное. Так, в среднем разность температур между периодами \bar{T}^{f1} (1958-1977 гг.) и \bar{T}^{f2} (1978-1997 гг.) за 20 лет повысилась на 0.6°С, что составило 3%. В то же время от второго периода \bar{T}^{f2} (1978-1997 гг.) к третьему (современному периоду \bar{T}^{f3} (1998-2017 гг.)) температура повысилась на 1.9°С, т.е. средняя по всей площади температура повысилась на 11% по отношению к исходному первому периоду. Этот факт подтверждает вывод оценочных докладов (Оценочный доклад ..., 2008; IPCC, 2007, 2013) о продолжающемся глобальном потеплении, которое может быть обусловлено повышенным фоном загрязняющих веществ.

Учитывая тот факт, что термический режим территории является важным абиотическим фактором развития биоты, выявленную региональную динамику температуры можно рассматривать как глобальную характеристику исследуемой территории.

В этой связи дополнительно проведено исследование динамики экстремальных максимальных и минимальных значений температуры воздуха. Средняя максимальная температура воздуха от периода к периоду росла более равномерно, чем при средних многолетних значениях. Ее повышение происходило на большую величину, по отношению к средним значениям, особенно от первого периода ко второму (1.1°С). Примерно на таком же уровне повышалась температура и от второго к современному периоду. Минимальные температуры также растут, но, по отношению к средним максимальным значениям, их величина значительно меньше и составила 0.62°С как между первым и вторым, так и между вторым и третьим периодами.

Исходя из представленных анализов осредненных по территории, различных параметров температуры воздуха, следует сделать вывод, что в летний период, в многолетнем ходе параметров температуры, происходит ее повышение, как по средним, так и по экстремальным максимальным и минимальным их значениям. Однако скорость повышения средних максимальных значений температуры превышает таковую для минимальных.

Динамику повышения температуры иллюстрирует рисунок 3, на котором представлены сравнительные оценки кривых температуры, описывающих распределение по долготе осредненных ее значений, рассчитанных по средним месячным значениям, наблюдавшимся в различных временных периодах $f1$, $f2$ и $f3$.

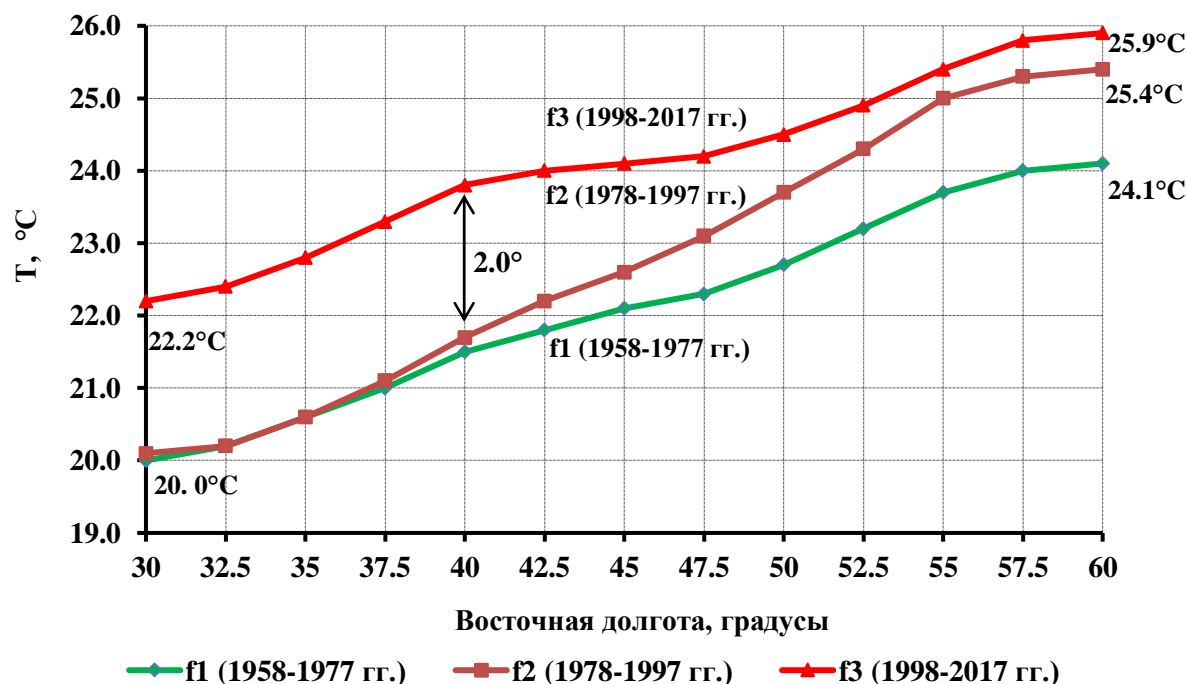


Рис. 3. Средние долготные температуры воздуха (T) в июле в различные периоды времени.

Анализ характера кривых свидетельствует о том, что самые высокие средние долготные температуры отмечаются в современном периоде \bar{T}^{f3} (1998-2017 гг.). При анализе рядов температуры первого \bar{T}^{f1} (1958-1977 гг.) и второго \bar{T}^{f2} (1978-1997 гг.) периодов установлено, что на отрезке долгот от 30.0° в.д. до 37.5° в.д., подверженных влиянию Атлантики, различий в средних периодных данных не отмечено. Начиная с долготы 40.0° в.д. и далее на восток, где в основном расположены аридные земли, наблюдается увеличение разности температур между ($f1$) и ($f2$) периодами. Наибольшие различия между текущим периодом ($f3$) и предшествующими ($f2$) и ($f1$) периодами отмечаются на западе (до 40.0° в.д.), где они достигают значения 2.2°C . Далее к востоку, разность между текущим и предыдущим периодами уменьшается до 0.5°C . Отмечено, что на протяжении всего ряда долгот наименьшая температура отмечается в самом раннем периоде. При этом уровень температур во всех периодах с запада на восток увеличивается, достигая максимума в Предуралье.

Такое изменение пространственного распределения температуры на исследуемой территории, объясняется изменением циркуляционного режима на фоне глобального изменения климата. Наблюдается смещение Южно-Азиатской депрессии в более высокие широты, тем самым под действие ее тыловой части, способствующей затоку холодного воздуха с севера, попадают районы Поволжья и восточная часть Центрально-Черноземного региона. Гребень Азорского антициклона смещается в юго-восточном направлении, перенося адвекцию тепла на территорию Западной Европы, а также в районы аридных земель России. Эти изменения циркуляционного режима атмосферы, объясняют прохладное лето 2019 года в центральной части России и жару в Западной Европе.

Особый интерес представляет временная динамика изменения температуры, а именно

межпериодные разности температур между соседними временными периодами ($f2-f1$) и ($f3-f2$) на различных широтах (рис. 4).

Из рисунка 4 наглядно видно, что значительное повышение температуры между современным ($f3-f2$) и предыдущим ($f2-f1$) периодами, по отношению к предыдущей паре, происходило в северной половине рассматриваемой территории ($60.0-50.0^\circ$ с.ш.). На этих широтах разность температур была положительной и превышала 1.5°C , достигая максимума 1.72°C на широте 52.5° с.ш. Резкое изменение знака разности δT произошло на широте 47.5° с.ш. Во всех широтах расположенных южнее 47.5° с.ш., величина и знак разности межпериодной температуры изменились. Рост температуры в современном периоде $f3$ (1998-2017 гг.), по отношению к предыдущему $f2$ (1978-1997 гг.) уменьшился в два-три раза и составил $0.30-0.55^\circ\text{C}$. Демаркационной линией резкого изменения температуры является широта 50° с.ш.

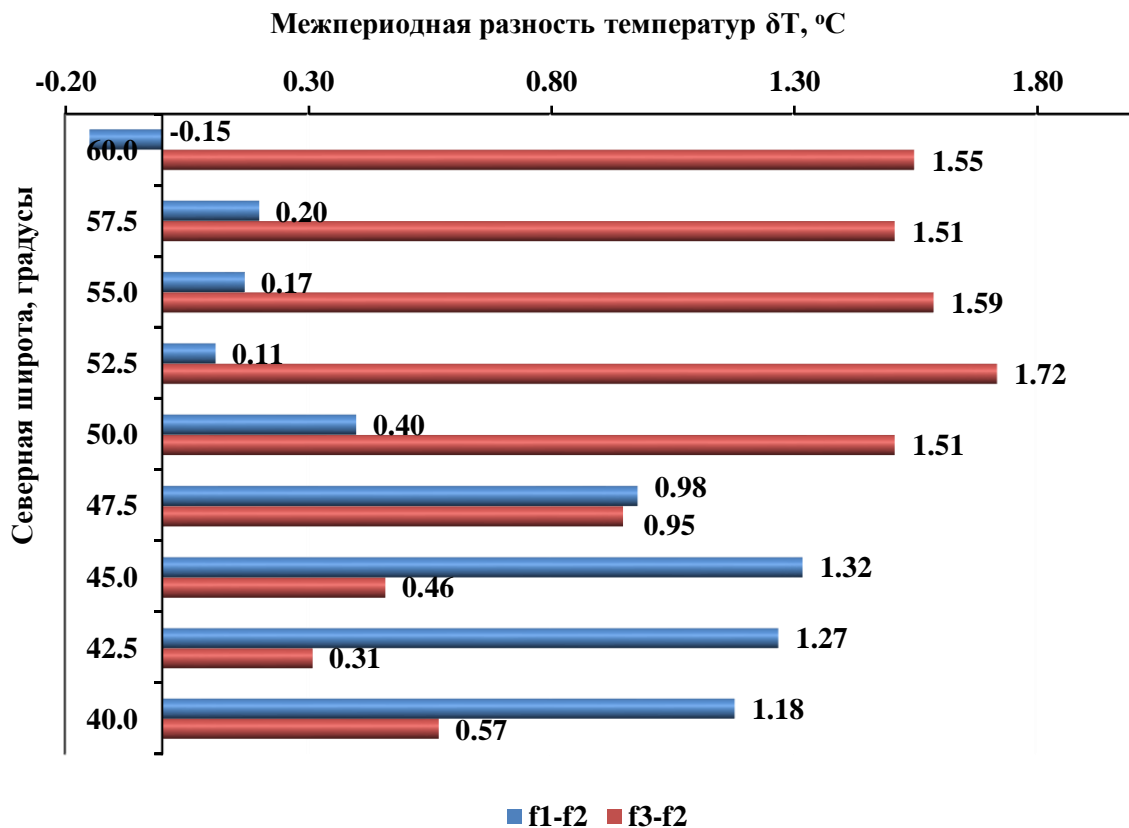


Рис. 4. Сравнительный анализ межпериодных разностей средней месячной температуры воздуха $\delta T^\circ\text{C}$ в июле на различных широтах.

Таким образом, исходя из анализа фактических данных температуры воздуха, рассчитанных с помощью различных сглаженных параметров, можно сделать вывод, что наибольшее повышение температуры в течение современного периода происходило в северной половине рассматриваемой территории. В южных широтах, особенно подверженных влиянию Атлантики, происходило замедление роста. В тоже время на юго-востоке территории, в местах размещения аридных земель, хотя и наблюдалось замедление скорости роста температуры, но тенденция сохранилась. Данные изменения являются следствием изменения циркуляционного режима европейской территории России на фоне глобального изменения климата.

Описанный выше анализ климатических параметров температуры воздуха в летнем сезоне, позволил получить лишь качественные оценки характера колебаний климата за рассматриваемый период, а именно направление и динамику.

Количественным показателем изменения климата является коэффициент линейного тренда b , полученный на основе решения линейного уравнения регрессии и оценки его вклада в общую дисперсию

R^2 . Он описывает знак (направление) изменения температуры воздуха за рассматриваемый период и величину его скорости в $^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Для полного представления о величине линейного тренда b , за период наблюдений с 1958 по 2017 гг., произведен расчет тренда b для каждого узла регулярной сетки с шагом 2.5 градуса. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 5.

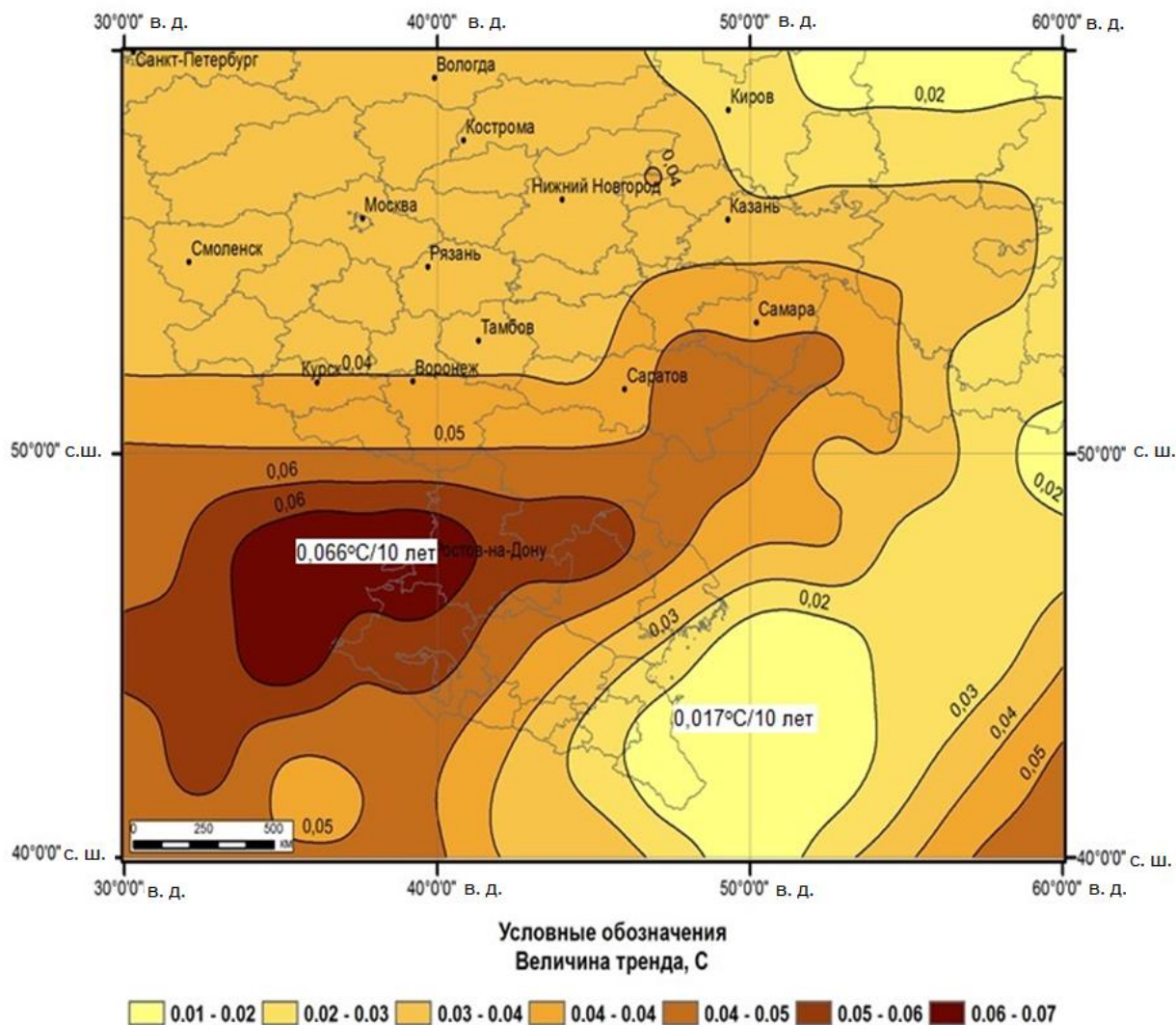


Рис. 5. Величина линейного тренда b ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$) на исследуемой территории (40° - 60° с.ш., 30° - 60° в.д.) за период 1958-2017 гг. в июле.

Анализ пространственного распределения линейного тренда b показал, что самое значительное потепление происходило на широте 47.5° с.ш. в секторе 37.5 - 40.0° в.д., в районе аридных земель Калмыкии, Ростовской области, Поволжья, Ставропольского края, части Волгоградской и Астраханской областей, Республики Дагестан, а также юга Центрально-Черноземного региона. Здесь рост температуры составляет 0.066°C за 10 лет, что значительно выше, чем в данных, представленных в Оценочных докладах. Данная тенденция распределения температуры обусловлена поворотом оси гребня Азорского антициклона в более широтном направлении.

В северо-восточном направлении, величина повышения температуры уменьшается до 0.02°C за 10 лет, а на юго-востоке территории (47.0° с.ш. и 50.0° в.д.), величина тренда температуры уменьшается до 0.017°C за 10 лет. Эти районы находятся под влиянием Южно-Азиатской депрессии, тыловая часть которой способствует уменьшению скорости роста температуры.

Несмотря на то, что полученные результаты о климатическом распределении температуры

воздуха на исследуемой территории, на пике летнего периода, являются значительно осредненными, они позволили выявить некоторые особенности в формировании термического режима, которые могут быть полезными, в качестве методических рекомендаций, при решении экологических и экономических задач в случае отсутствия исходной информации.

Заключение

В процессе проведенных исследований установлено, что в летний период, в многолетнем ходе температуры, происходит ее повышение, как по средним, так и по максимальным и минимальным значениям. Однако скорость их повышения в различных местах не однородна и имеет свои региональные особенности:

– в районах расположения аридных земель России, особенно на землях Калмыкии, Ростовской области, Ставропольского края, части Волгоградской и Астраханской областей, Республики Дагестан, а также юга Центрально-Черноземного региона наблюдается наибольший рост температуры, который составляет 0.066°C за 10 лет и по своим показателям превышает данные Оценочных докладов;

– в центральной части и на востоке ЕТР, охватывающей Предуралье и Поволжье, существенного роста температуры не наблюдается.

Данные региональные особенности изменения температуры обусловлены в первую очередь изменением циркуляционного режима над рассматриваемой территорией усиливающегося на фоне глобального потепления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимов Л.М., Владимиров Д.В., Григорьевская А.Я.* 2012 Тенденции изменения флоры луговых степей Центрального Черноземья России в условиях современного состояния климата // Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы). Материалы Международной научной конференции / Ред. В.И. Федотов. С. 275-278.
- Акимов Л.М., Задорожная Т.Н.* 2014. Исследование динамики многолетнего ряда температуры в целях разработки сверхдолгосрочного прогноза // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология». № 3. С. 35-39.
- Акимов Л.М., Задорожная Т.Н.* 2018. Особенности распределения трендов температуры воздуха на Европейской территории России и сопредельных государств // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология». № 4. С. 5-14.
- Акимов Л.М., Задорожная Т.Н., Закусилов В.П.* 2019. Климатическая неоднородность температуры воздуха на территории Восточной Европы в весенний период // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология». № 1. С. 29-38.
- Алексеев Г.В., Асарин А.Е., Балоншишникова Ж.А., Битков Л.М., Булыгина О.Н., Бугров Л.Ю., Щепаченко Д.Г.* 2014. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет. 1018 с.
- Ваганов Е.А., Золотокрылин А.Н., Пчелкин А.В., Величко А.А., Гаврило М.В., Минин А.А., Парфенова Е.И., Романовская А.А., Чебакова Н.М., Голубев А.В.* 2014. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Последствия изменения климата. Росгидромет. М. С. 242-255.
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* 2011. Вероятностная оценка наблюдаемых и ожидаемых изменений климата Российской Федерации: температура воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: Институт глобального климата и экологии. С. 43-70.
- Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. 2017. Санкт-Петербург. 106 с.
- Доклад Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2013 год. 2014. М.: Росгидромет. 246 с.
- Иванов В.П., Марченко С.И., Глазун И.Н.* 2013. Изменения в биогеоценозах центральной части Брянской области после летней жары 2010 года // Вестник ПГТУ. «Лес. Экология. Природопользование». № 1. С. 25-35.
- Изменение климата. 2016. Информационный Бюллетень № 58. Гидрометиздат. С. 12-15.
- Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. Т. 1. Изменения климата. М.: Росгидромет. 227 с.
- Платова Т.В.* 2007. Климатическая характеристика некоторых показателей экстремальности

- температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». № 1. С. 38-47.
- Полякова Г.А., Меланхолин П.Н. 2013. Влияние засухи 2010 года на травяно-кустарничковый покров Подмосковных лесов // Лесоведение. № 4. С. 43-51.
- Соловьев А.Н., Шихова Т.Г., Бусыгин Е.И. 2011. Влияние погодно-климатических аномалий 2010 года на состояние растений средних широт востока Русской равнины // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о земле». Вып. 4. С. 8-20.
- Спорышев П.В., Катцов В.М. 2006. Пространственно-временные особенности глобального потепления // Доклады РАН. Серия «Геофизика». Т. 410. № 4. С. 532-537.
- Федотов В.И., Успенский К.В., Григорьевская А.Я., Федотов С.В. 2019. Отклик биоты ландшафтов на углубляющиеся изменения климата // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Материалы международной научно-практической конференции. Посвящается 85-летию факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ // Ред. С.А. Куролап, Л.М. Акимов, В.А. Дмитриева. С. 13-19.
- Ширнина Л.В. 2019. Трансформация патологических процессов в насаждениях лесных древесных пород в условиях изменения климата // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Материалы международной научно-практической конференции. Посвящается 85-летию факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ / Ред. С.А. Куролап, Л.М. Акимов, В.А. Дмитриева. Т. 2. С. 213-217.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996 p.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 p.
- Met Office. 2020 [Электронный ресурс <http://www.MetOffice.gov.uk> (дата обращения: 02.03.2020)].
- Morice C.P., Kennedy J.J., Rayner N.A., Jones P.D. 2012. Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: the HadCRUT4 dataset // Journal of Geophysical Research. No. 117 (D8). P. 8101.
- NCEP Model Analyses & Forecasts. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2020 [Электронный ресурс https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/ncep/qs_eurasia/daily/sflux/air.2m/ (дата обращения: 02.03.2020)].
- Osborn T. 2020. HadCRUT4 global temperature graphs Administration [Электронный ресурс <https://crudata.uea.ac.uk/~timo/diag/tempdiag.htm> (дата обращения: 02.03.2020)].
- University of East Anglia. Climatic Research Unit. 2020 [Электронный ресурс <http://www.cru.uea.ac.uk> (дата обращения: 02.03.2020)].