

УДК 551.583.

ВОЗДЕЙСТВИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЧЕЛОВЕКА В ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЛЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

© 2012 г. В.В. Виноградова

Институт географии РАН

Поступила в редакцию 26.10.2010 г.

Глобальное потепление проявляется в увеличении частоты волн тепла, с которыми связано возрастание смертности. Они могут приводить к ограничениям продолжительности работы на открытом воздухе, что особенно важно для засушливых земель Европейской России. Были определены основные тенденции изменения тепловых нагрузок на человека в южных регионах России за последние десятилетия. Анализ среднемесячных значений показателей тепловой нагрузки на человека и среднесезонных аномалий NDVI-индикатора фитомассы показывает, что в годы снижения фитомассы тепловая нагрузка на человека повышалась.

Введение. Изменения климата – одно из широкомасштабных и продолжающихся изменений окружающей среды, которые влияют на самого человека и на все сферы его деятельности. Погода и климат оказывают как прямое воздействие на здоровье человека через заболевания, связанные с экстремальными температурами, опасными и катастрофическими явлениями погоды, загрязнением воздуха, так и косвенное, связанное с нехваткой или загрязнением питьевой воды и пищи и т.д. К экстремальным климатическим событиям относятся увеличение количества жарких дней и тепловых волн, интенсивные осадки, увеличение риска засух, увеличение повторяемости сильных ветров и тропических циклонов [5].

Изменение климата может привести к возрастанию частоты волн тепла. С ними связано возрастание смертности среди больных и ослабленных людей. Также волны тепла могут приводить к ограничениям продолжительности работы на открытом воздухе, что особенно важно для засушливых земель Европейской России.

Важным фактором, влияющим на условия жизни человека в засушливых районах, является воздействие высоких температур и повторяемость душных погод, а также колебания температуры в течение суток. Резкие изменения температуры оказывают неблагоприятное влияние на метеочувствительных людей и негативно влияют на растения, в том числе на сельскохозяйственные культуры, животный мир и экосистемы в целом.

Взаимосвязь возрастания тепловых нагрузок на человека и процессов опустынивания при потеплении климата очевидна. Оценка территории с точки зрения ее экстремальности и возможного проявления на ней катастрофических процессов, была дополнена исследованием воздействия тепловых нагрузок на человека.

Район исследования. Исследование проводилось для южных засушливых регионов Европейской части России, а именно Саратовской, Волгоградской, Астраханской, Ростовской, Оренбургской областей, Краснодарского и Ставропольского краев, республик Калмыкия и Дагестан.

Материалы и методика. Оценка воздействия высоких температур и повторяемости душных погод на человека проводилась с использованием эффективной температуры TE ($^{\circ}\text{C}$).

$$TE = T - 0.4(T - 10) (1 - (f/100)),$$

где T – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; f – относительная влажность воздуха, %.

Эффективная температура – температура насыщенного влагой воздуха, которая будет давать то же ощущение комфорта/дискомфорта, что и реальная температура окружающего воздуха с определенным уровнем влажности [1, 3, 4, 6]. Для оценки теплового стресса на основании эффективной температуры используется ее следующая классификация [6]: выше 30°C – сильные тепловые нагрузки, от 30 до 24°C – умеренные тепловые нагрузки, от 24°C до 18°C – “тепло”,

от 18 °C до 12 °C – “умеренно тепло”, от 12 °C до 6 °C – “прохладно”, от 6 °C до 0 °C – “очень прохладно”.

Эффективную температуру рассчитывали по данным реанализа в узлах градусной сетки $2.5 \times 2.5^\circ$ для территории 40–55° с.ш., 30–60° в.д. Результаты расчетов были представлены на картах, построенных для каждого из летних месяцев и всего теплого периода: май–сентябрь для двух последних десятилетий XX века 1980–1989, 1990–1999 и начала XXI века 2000–2007 гг.

Еще один важный фактор, влияющий на условия жизни человека – это повторяемость так называемых “волн тепла”. Не существует универсального определения понятия “волна тепла”. Волна тепла – это длительный период с чрезмерно жаркой погодой, которая может сопровождаться высокой влажностью. Чаще всего этот термин используется в сравнении с обычными климатическими условиями (погодой) в данном регионе. Температуры, которые люди, проживающие в более жарком климате, считают нормальными, в более прохладных областях могут быть названы волной тепла, если они выходят за пределы нормальных климатических условий для данной области. Термин “волна тепла” применяется и к обычным колебаниям погодных условий и к экстраординарным периодам жаркой погоды, которая может наблюдаться только однажды за столетие. Серьезные волны тепла вызвали катастрофические потери урожая, тысячи смертных случаев от гипертермии и частые падения напряжения в электрических сетях из-за повышенного использования кондиционеров.

Ниже приведены наиболее распространенные определения волн тепла. Определение, рекомендуемое Всемирной метеорологической организацией (ВМО): *волна тепла* – это период, когда ежедневная максимальная температура больше чем в течение пяти последовательных дней превышает среднюю максимальную температуру воздуха на 5 градусов Цельсия (9 градусов Фаренгейта), по сравнению с нормой 1961–1990 [9].

Определение из Метеорологического словаря [10]: *волна тепла* – это период с аномально жаркой и чаще всего влажной погодой. Чтобы считаться волной тепла, этот период должен продолжаться по крайней мере один день, но обычно она длится от нескольких дней до нескольких недель. В 1900 г. А.Т. Бароуз определил *волну тепла* как период в три дня или более, в каждый из которых максимальная температура достигает или превышает 90 °F (32 °C).

Еще один термин: “*тепловой шторм*”, – применяемый в Калифорнии для очень интенсивной волны тепла. Тепловые штормы наблюдаются, когда температура достигает 100 °F (38 °C) в течение трех или более последовательных дней на обширной территории (десятки тысяч квадратных миль).

Но обычно критерии комфорта для любого региона зависят от нормальных климатических условий того региона, поэтому, например, в Нидерландах волной тепла был назван период длительностью по крайней мере пять последовательных дней, когда максимальная температура превышала 25 °C (77 °F), при условии, что по крайней мере в течение трех дней за этот период максимальная температура была выше 30 °C (86 °F). Это определение волны тепла также используется в Бельгии и Люксембурге. В Дании же волной тепла считают период, когда три последовательных дня или дольше средняя максимальная температура воздуха на более чем пятидесяти процентах территории страны превышает 28 °C.

В настоящей работе оценку волн тепла проводили с использованием максимальной температуры. Использованы подготовленные во ВНИИГМИ-МЦД Росгидромета суточные данные 12 метеостанций юга России за 1936–2000 гг. и 7 метеостанций за 2001–2009 гг.

По данным этих метеостанций были рассчитаны характеристики волн тепла, как присущие нашему региону, так и рекомендованные ВМО и А.Т. Бароузом:

- число дней с максимальной температурой воздуха выше 30 °C;
- число дней с температурой выше 30 °C в течение пяти дней подряд и более;
- число дней с температурой выше 30 °C за июль;
- число дней с температурой на 5 °C выше средней максимальной температуры воздуха в течение пяти дней подряд и более;
- число дней с температурой выше 32 °C в течение трех дней подряд и более.

Результаты представлены на картах для трех последних десятилетий: 1981–1990 гг., 1991–2000 гг. и 2001–2009 гг. Так же были построены гистограммы распределения максимальной температуры воздуха в летние месяцы, которые позволяют оценить преобладающие температуры воздуха, связанные с опасностью жарких и душных погод в этом регионе.

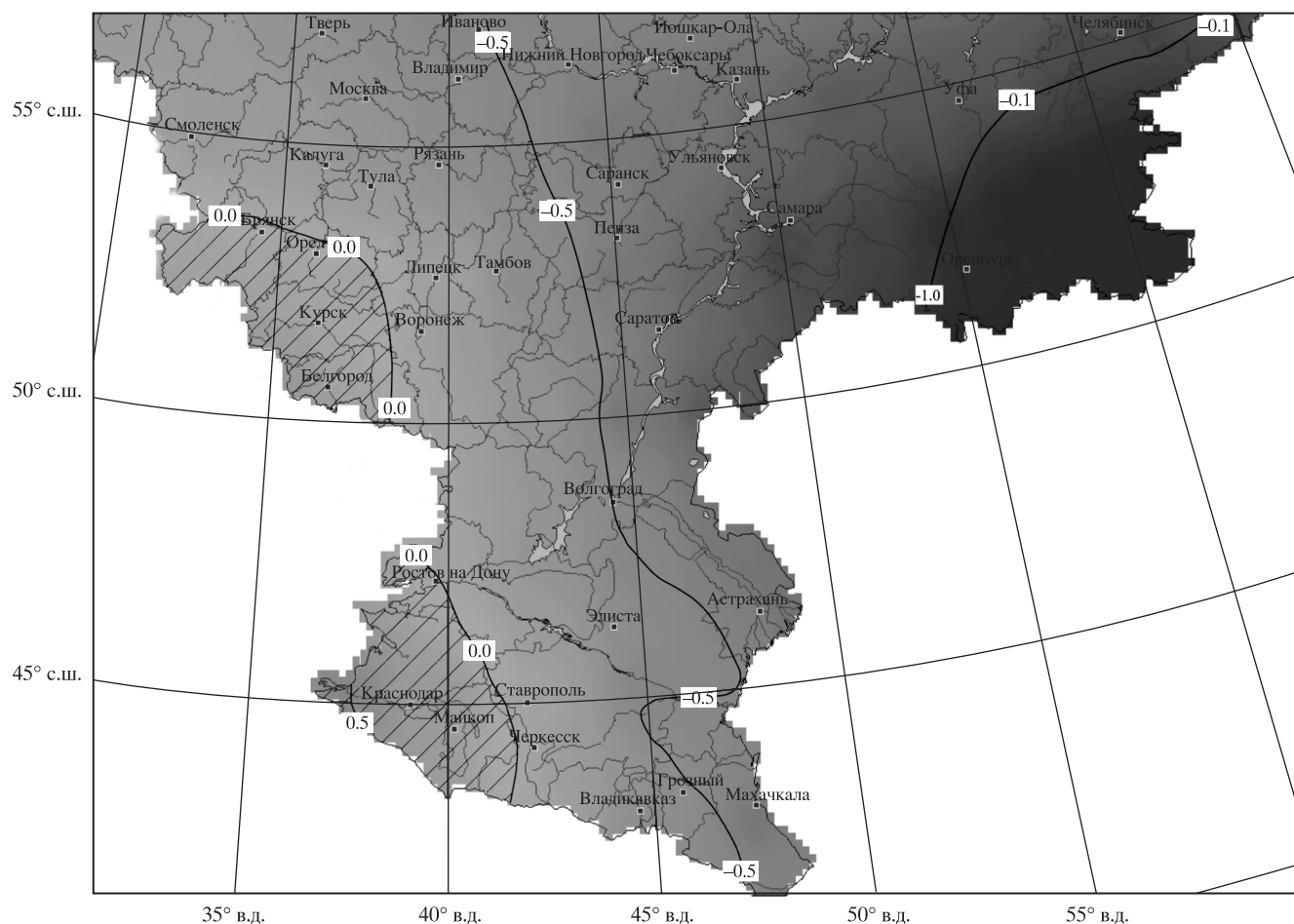


Рис. 1а. Карты разности июльских значений эффективной температуры a – в 1990–1999 и 1980–1989.

Существенным фактором, воздействующим на организм человека, являются изменения температуры в течение суток. По данным метеостанций юга России за период 1936–2009 гг. за май–сентябрь были рассчитаны амплитуды температуры воздуха и построены карты средней амплитуды температуры воздуха за теплый период.

Затем для наиболее засушливых территорий юга Европейской России, а именно Калмыкии и Астраханской области был проведен совместный анализ эффективной температуры, амплитуды воздуха и показателей волн тепла и NDVI-индикатора фитомассы в годы с его положительными (1988–1998 гг.) и отрицательными (1982–1987 гг., 1999–2006 гг.) аномалиями.

NDVI-индикатор фитомассы рассчитывается по формуле

$$NDVI = K2 - K1/K2 + K1,$$

где $K1$ – отражение радиационных потоков растительным покровом в видимом (0.58–0.68 мкм)

диапазоне солнечного спектра, а $K2$ – в ближнем инфракрасном (0.725–1.10 мкм) диапазоне. Были использованы месячные значения вегетационного индекса (MODIS) [8] за теплый период (май–сентябрь) 1982–2006 гг. с разрешением $0.07 \times 0.07^\circ$.

Проведенный анализ позволил оценить взаимосвязь процессов опустынивания и возрастания тепловых нагрузок на человека при глобальном потеплении климата.

Основные результаты и их обсуждение. Эффективная температура. Для оценки воздействия тепловых нагрузок на человека в засушливых землях Европейской России были построены карты эффективной температуры для летних месяцев последних двух деkad XX в. и первой декады XXI в.

Карты эффективной температуры для июля отражают высокие значения этого параметра практически на всей территории, поэтому можно предположить, что суточные значения эффектив-

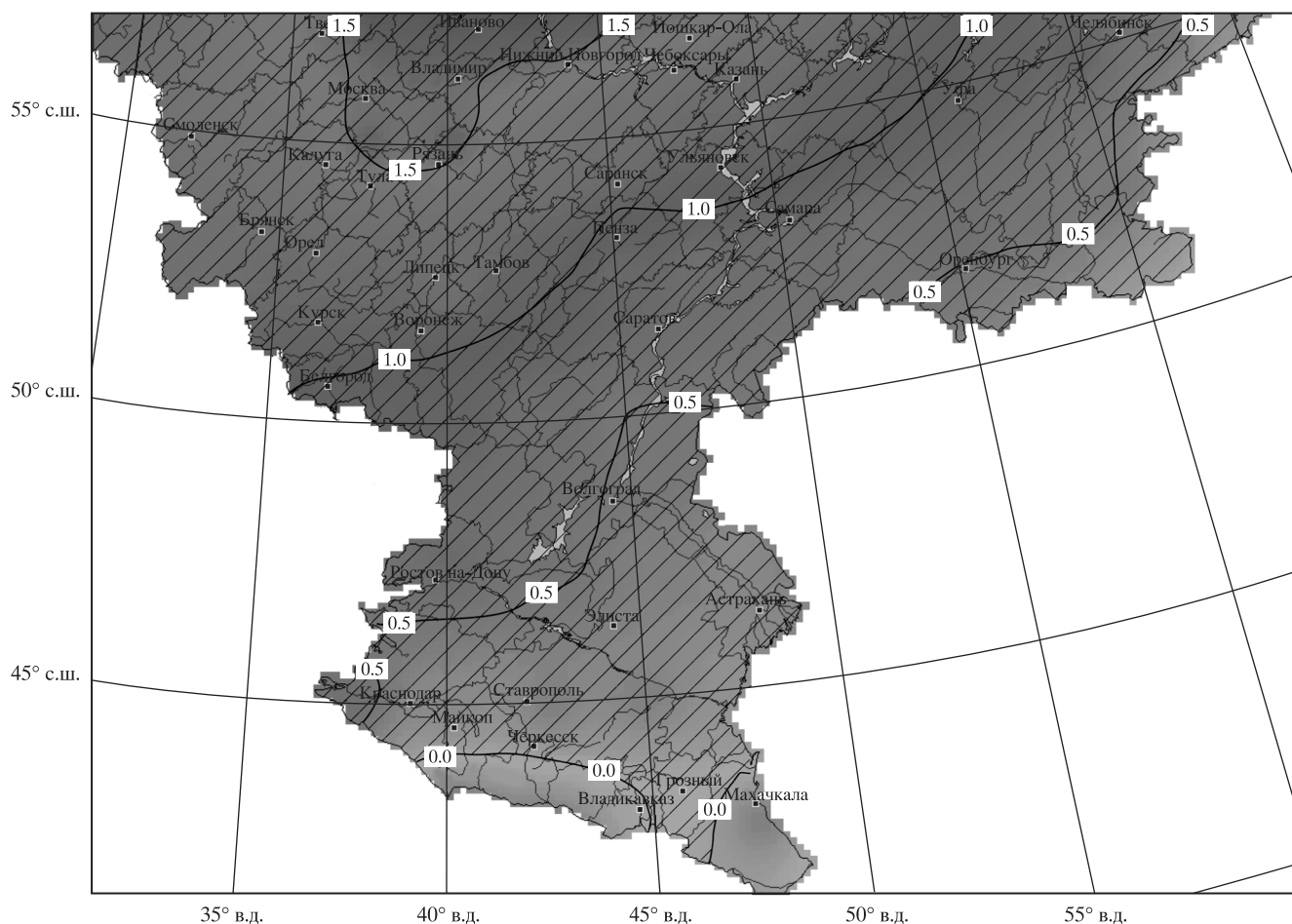


Рис. 1б. В 2000–2007 и в 1990–1999. Штриховкой показаны области роста эффективной температуры во второй период по отношению к первому.

ной температуры для летних месяцев значительно выше ее среднемесячных значений и могут вызывать более сильные тепловые нагрузки. Карта изменения эффективной температуры для 90-х годов по сравнению с 80-ми годами XX века (рис. 1а) свидетельствует, что на западе территории происходило увеличение тепловых нагрузок, а в восточной части, где отмечалось ослабление засушливости и восстановление растительного покрова [2], – уменьшение. Эта закономерность прослеживается для всего теплого периода. В начале XXI в. практически на всей рассматриваемой территории наблюдается рост эффективной температуры по сравнению с концом XX в. (рис. 1б). Исключение составляют лишь предгорья Кавказа и южная часть побережья Каспийского моря.

Характеристики волн тепла. Динамика волн тепла оценивалась на основании карт, построенных по суточным данным метеостанций юго-востока России для последних десятилетий XX в. и начала XXI в.

Анализ карты числа дней с температурой воздуха выше 30 °С показывает, что максимальные значения этого параметра для обоих десятилетий конца XX в. отмечены на юго-востоке территории, а именно в Астраханской области и в Калмыкии. На востоке региона происходит небольшое сокращение числа дней с температурой выше 30 °С, зато на западе и в центральной части территории, а также в Дагестане наблюдается значительный рост этого параметра (рис. 2а). В начале нового столетия на юге Европейской части России число дней с температурой выше 30 °С увеличилось. Наибольший рост наблюдался в Калмыкии, Краснодарском и Ставропольском краях и Оренбургской области. Уменьшение этого показателя наблюдалось только на побережье Дагестана (рис. 2б).

Карты среднего за 10 лет числа периодов с температурой выше 30 °С в течение пяти дней подряд и более показывают, что количество волн тепла в конце XX в. больше на востоке и юго-вос-

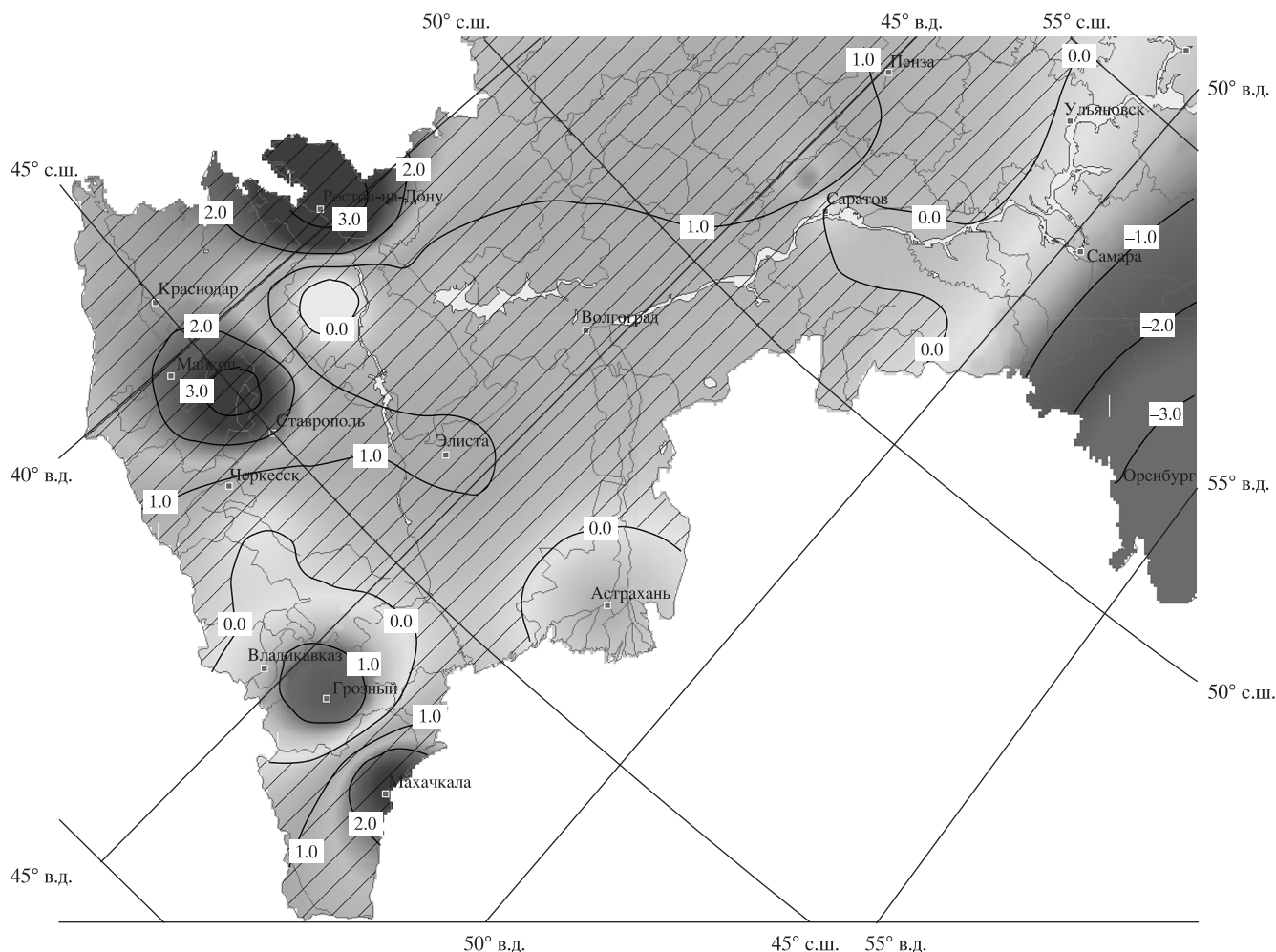


Рис. 2а. Карты разности июльских значений числа дней с температурой выше 30 °С: а – в 1990–1999 и 1980–1989.

токе территории, причем в 1990-е годы, по сравнению с 1980-ми годами, происходит некоторое сокращение их количества на востоке территории при одновременном увеличении этого параметра на западе и в центре региона. Но в начале XXI в. практически на всей территории наблюдалось увеличение количества волн тепла, особенно интенсивное в Астраханской области.

Максимальное число дней с температурой выше 30 °С в июле может достигать 25–27 дней в месяц. Эти значения наблюдаются в Астраханской области. Для большей части территории характерны значения 16–18 дней в месяц. В начале XXI в. эти значения возросли до 19–22 дней в месяц. Уменьшение продолжительности волн тепла отмечено вблизи Черного и Каспийского морей и в горах. В последнее десятилетие XX в. и в начале XXI в. в июле на большей части территории произошло небольшое увеличение максимального числа дней с температурой выше 30 °С, за исключением ее южной части.

Карты среднего за 10 лет числа дней с температурой на 5 °С выше средней максимальной температуры воздуха в течение пяти дней подряд и более, т.е. карты среднего за 10 лет количества волн тепла, по определению ВМО [9], показывают, что в 80-е годы XX в. больше всего волн тепла отмечалось на востоке региона: в Оренбургской и Саратовской областях. В центре и на западе региона число волн тепла было незначительно, а на побережье Каспийского моря, в районе Махачкалы, их вообще не было. В 1990-е годы повсеместно происходило увеличение волн тепла, причем они распределены по территории довольно равномерно. Наибольшее количество волн тепла наблюдалось в центре и на востоке региона: в Саратовской, Оренбургской областях, в республиках Калмыкия и Дагестан. В начале XXI в. происходило дальнейшее увеличение числа волн тепла. Но в отличие от 1990-х годов максимальные значения отмечены в западной части территории и в Астраханской области. Небольшое сокращение

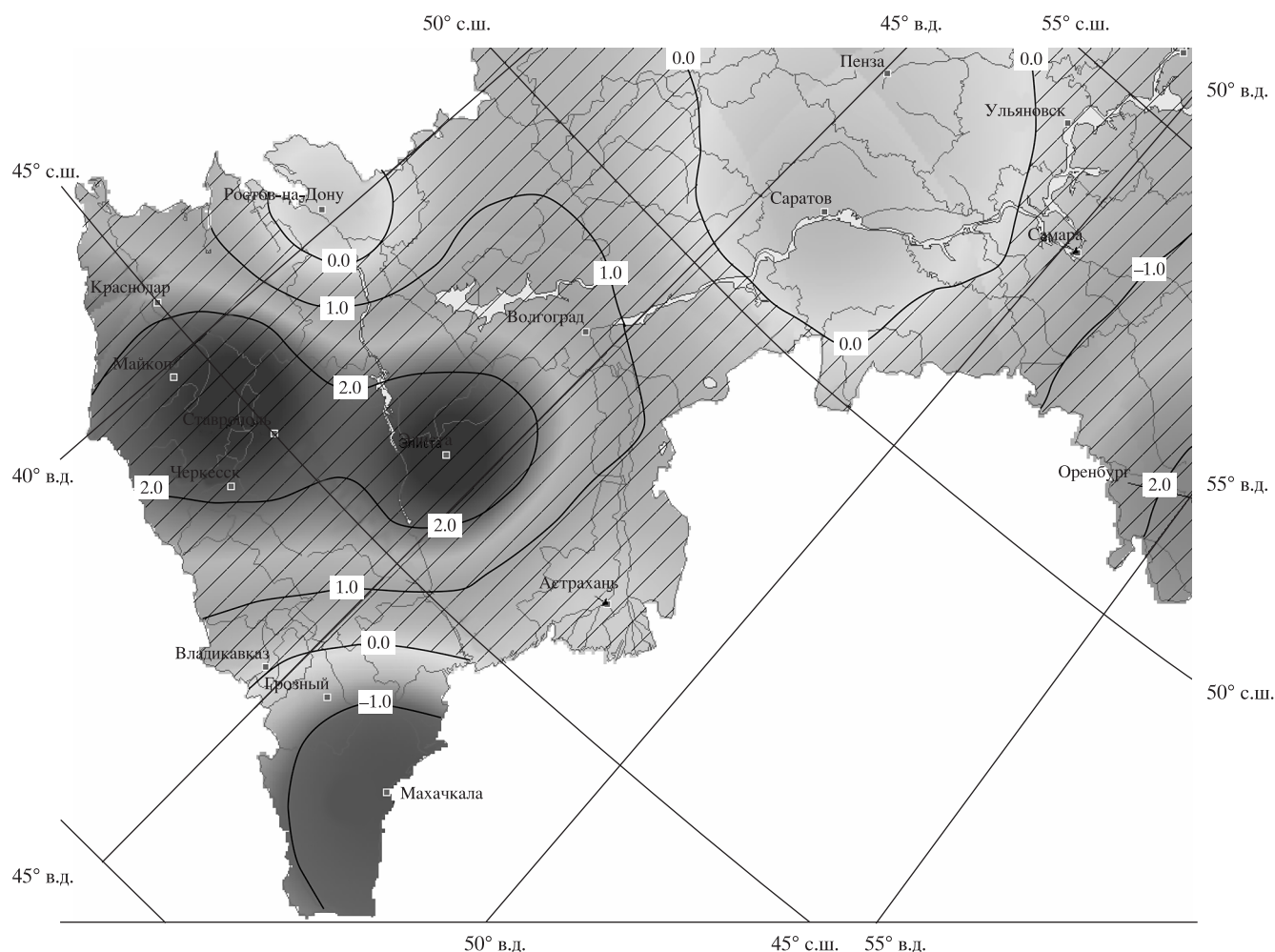


Рис. 2б. Карты разности июльских значений числа дней с температурой выше 30 °С: б – в 2000–2007 и в 1990–1999. Штриховкой показаны области увеличения числа волн тепла во второй период по отношению к первому.

волн тепла произошло в Дагестане. Максимальная продолжительность волн тепла во все три декады была в Саратовской области и увеличилась от 10 дней в 1980-е годы до 13 дней в 1990-е и 2000-е годы. На остальной территории отмечался заметный рост продолжительности волн тепла от начала к концу периода с 4–6 дней в 1980-е годы до 8–15 – в 1990-е годы и затем небольшое сокращение до 9–13 дней в начале нового тысячелетия.

В южных регионах России в течение последних 30 лет возрастало среднее за 10 лет число дней с температурой выше 32 °С в течение трех дней подряд и более (определение волны тепла по А.Т. Бароузу [10]). В 1980-е годы отмечалось 1–2.8 волны тепла, а в XXI в. – уже 2–4 волны тепла. Также возрастала максимальная продолжительность волн тепла от 9–17 дней в 80-е годы XX в. до 12–20 дней в начале XXI в. Наибольшее количество волн тепла наблюдалось в центральных и западных областях, а меньше всего их было

на севере, в Саратовской области и на побережье Каспийского моря – в Дагестане.

Таким образом, можно констатировать нарастание тепловых нагрузок, связанных с воздействием волн тепла как по продолжительности, так и по интенсивности с конца XX в. к началу XXI в. практически по всем характеристикам и определениям волн тепла. Исключение составляет только побережье Каспийского моря, где увеличение тепловых нагрузок было незначительно.

Более детальный анализ тепловых нагрузок в конце XX в. проведен по ежедневным данным для некоторых метеостанций юга России. Метеостанции Астрахань и Элиста расположены в регионах, тесно связанных с процессами опустынивания. Графики сезонного хода максимальной температуры воздуха для двух последних десятилетий XX в. и начала XXI в. показывают, что большую часть теплого периода года, примерно с середины июня до середины августа, максимальная

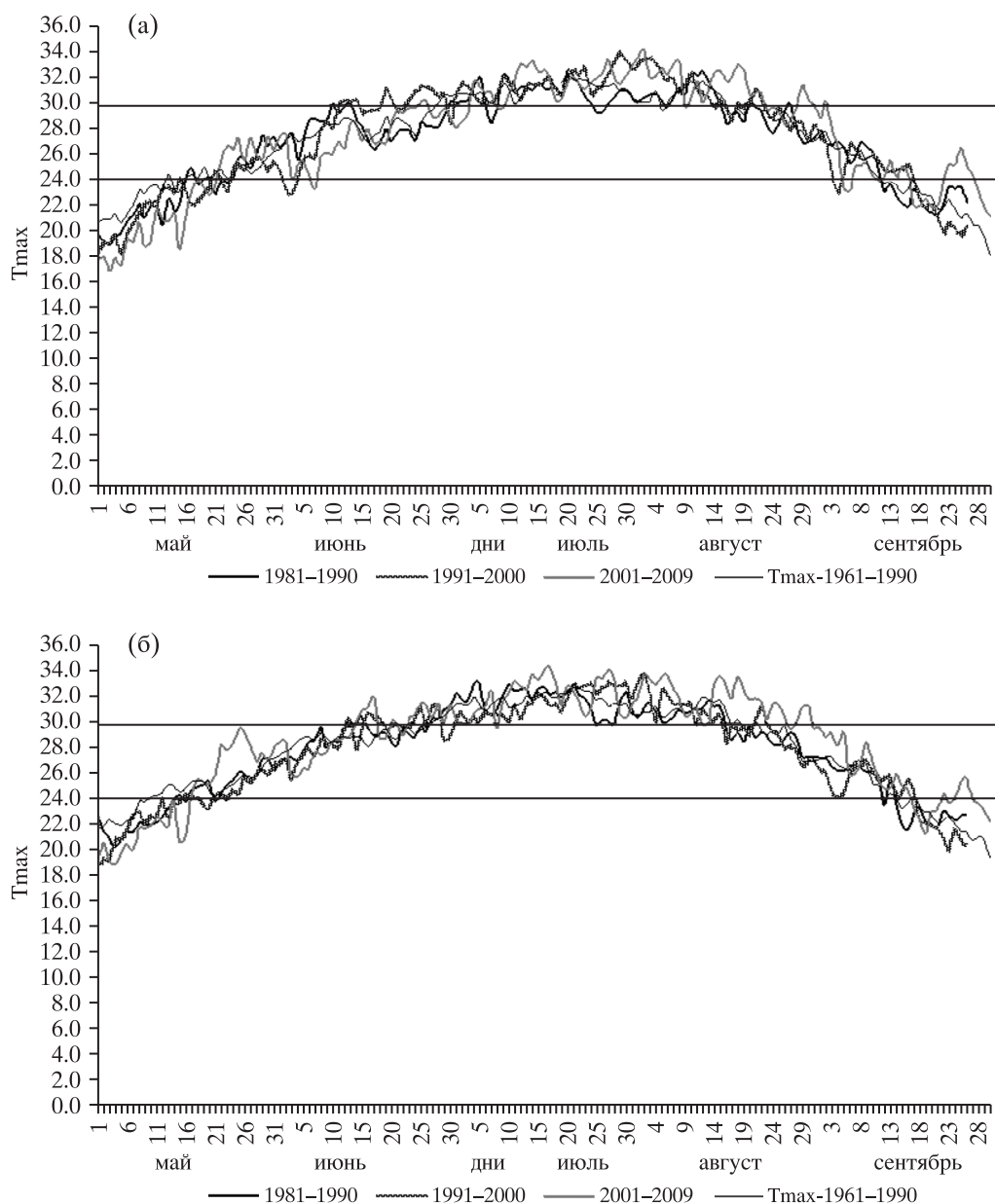


Рис. 3. График сезонного хода максимальной температуры: *а* – Элиста, *б* – Астрахань.

температура воздуха превышает 30 °C (рис. 3). Причем для метеостанции Элиста период с максимальными температурами выше 30 °C в 1990-е годы начинался раньше и заканчивался позже, а значения температуры выше, чем в 1980-е годы. В начале XXI в. произошло увеличение продолжительности периода с температурами выше 30 °C до начала сентября. Зато в начале лета (в июне) отмечены более низкие температуры. Для метеостанции Астрахань периоды с максимальными температурами выше 30 °C в 1980-е и 1990-е годы начинались и заканчивались практически в одни и те же сроки, но в 1980-е годы более вы-

сокие температуры отмечены в начале периода, приблизительно с середины июня до середины июля, а в 1990-е годы – в конце периода: с середины июля до начала августа. В XXI в. период с высокими температурами увеличивался до начала сентября.

Для метеостанций, расположенных в более западных регионах, максимальные температуры воздуха выше 30 °C наблюдались более короткий период времени: приблизительно с начала июля до середины августа, а для метеостанции Ростов-на-Дону – только в июле. Причем в 1990-е годы отмечены более высокие температуры, чем

в 1980-е, кроме самого начала периода – первой декады июля. На севере региона, в районе Саратова, средняя за 10 лет максимальная температура воздуха в летние месяцы 24–28 °С. Максимальные температуры выше 30 °С отмечены только в 1990-е годы в третьей декаде июля. В первой декаде XXI в. период с высокими температурами воздуха начинался во второй половине лета, приблизительно с начала июля и продолжался до начала сентября. В начале лета, наоборот, почти на всех метеостанциях температуры ниже или сравнимы со среднемесячными.

Максимальная температура воздуха. Гистограммы распределения максимальной температуры воздуха, построенные по данным некоторых метеостанций юга России, в летние месяцы позволяют оценить преобладающие температуры. Обобщенные данные распределения температуры воздуха приведены в табл. 1. Для метеостанций Элиста и Астрахань, расположенных в более засушливой части региона, гистограммы распределения максимальной температуры воздуха показывают, что максимальная температура воздуха выше 30 °С во все летние месяцы наблюдалась более, чем в 50% случаев. В июле на обеих метеостанциях чаще всего наблюдались температуры 30–34 °С (порядка 60% и более случаев). Самая часто встречающаяся температура – 32 °С. На метеостанции Элиста она отмечена в 22% случаев, а на метеостанции Астрахань – в 25–27% случаев. В XXI в. произошло расширение диапазона высоких температур, особенно на метеостанции Астрахань, при их более равномерном распределении внутри диапазона. В июне максимальная повторяемость сдвинулась на более низкие температуры: 26–32 °С, при этом в 1990-е годы расширялся диапазон наиболее часто встречающихся температур. В августе произошел сдвиг повторяемости в сторону более высоких температур и расширение диапазона: 28–36 °С в Элисте и 28–34 °С в Астрахани. В этом месяце чаще других наблюдалась температура 32 °С – более 20% случаев.

Для метеостанций Армавир и Ростов-на-Дону, расположенных в более западных районах, летние максимальные температуры несколько снизились, хотя и остались достаточно высокими: 28 °С и выше (более 50% случаев). Наиболее высокие температуры воздуха отмечены в июле и августе: 28–32 °С в 60–70% случаев. При этом наибольшая повторяемость (порядка 20% случаев) – у температуры 30 °С. В июне наблюдалось некоторое снижение максимальных температур: от 26–30 °С в Армавире до 24–28 °С в Ростове-

на-Дону. В 1990-е годы максимальные температуры воздуха несколько выше, чем в 1980-е (табл. 1). В 2000–2009 гг. произошло расширение диапазона наиболее часто повторяющихся температур в сторону более высоких значений, особенно в июле и августе. Максимально повторяющаяся температура на обеих метеостанциях тоже повысилась до 32 °С в июле и августе, а ее повторяемость возросла до 23% (табл. 1).

Для метеостанций, расположенных на севере и востоке рассматриваемого региона – Саратов и Оренбург, в первую очередь надо отметить расширение диапазона наблюдаемых максимальных температур в сторону более низких значений: 24–32 °С (табл. 1). Причем в Саратове максимальные температуры ниже. Самые высокие температуры отмечены в июле. Для Саратова они составляют 26–32 °С (75% случаев в 1980-е годы и 65% случаев в 1990-е годы), для Оренбурга – 28–34 °С (59% случаев для обоих десятилетий). Наиболее часто встречающаяся летняя максимальная температура составляет 28 °С для Оренбурга и 26 °С для Саратова, и наблюдается она в менее чем 20% случаев. Надо отметить, что в начале этого века тенденция расширения диапазона максимальных летних температур продолжилась, в начале лета (июнь) в сторону более низких температур 22–30 °С, а в конце лета, в августе, – в сторону более высоких температур: до 32 °С (табл. 1). Это показывает большую вариативность максимальных летних температур воздуха в этих регионах и говорит о меньшей опасности неблагоприятных условий для человека с точки зрения волн тепла.

Для метеостанции, расположенной на побережье Каспийского моря (Махачкала), наиболее часто повторяющиеся летние максимальные температуры воздуха немного снизились. В июне они составили 28–30 °С, а в августе – 26–30 °С, т.е. для этого региона менее опасны волны тепла, хотя в Махачкале в июле чаще всего наблюдается максимальная температура 30 °С (около 30% случаев).

Амплитуда температуры воздуха. Для большей части засушливых земель Европейской России характерны значения амплитуды порядка 11–12 °С. Некоторое снижение амплитуды отмечено вблизи крупных водоемов, а ее существенное снижение – на побережье Каспийского моря (метеостанция Махачкала). Увеличение амплитуды воздуха наблюдалось в более континентальных районах на востоке региона (метеостанция Оренбург).

Таблица 1. Повторяемость максимальной температуры воздуха по данным метеостанций юга Европейской России

Метеостанция		Параметр			
		интервал температур с максимальной повторяемостью		температура с максимальной повторяемостью	
месяц	десятилетие	t , °C	%	t , °C	%
Элиста					
Июнь	1981–1990	26–30	52.4	26, 30	17.7
	1991–2000	26–36	73.8	26	16.3
	2001–2009	28–32	47.5	28, 30	17.1
Июль	1981–1990	30–34	54.5	32	21.1
	1991–2000	30–34	61.3	30	22.2
	2001–2009	30–34	57.5	32	27.9
Август	1981–1990	32–36	43.3	32	21.9
	1991–2000	28–36	83.2	34	22.1
	2001–2009	28–34	65.9	32	25.1
Астрахань					
Июнь	1981–1990	28–32	58.0	32	22.3
	1991–2000	26–32	66.9	30	17.6
	2001–2009	28–32	53.9	28	18.2
Июль	1981–1990	30–34	64.9	32	24.9
	1991–2000	30–34	68.0	32	27.5
	2001–2009	30–36	73.4	34	20.1
Август	1981–1990	28–34	82.9	32	24.2
	1991–2000	28–34	71.9	32	23.3
	2001–2009	30–36	69.4	34	19.1
Армавир					
Июнь	1981–1990	26–30	62.7	28	23.6
	1991–2000	26–32	66.8	26	18.5
	2001–2009	26–32	63.8	28	22.8
Июль	1981–1990	28–32	62.3	30	27.1
	1991–2000	28–34	74.5	30	23.3
	2001–2009	28–36	81.6	32	23.3
Август	1981–1990	28–32	59.7	30	20.3
	1991–2000	28–34	79.0	30	25.2
	2001–2009	28–36	74.8	32	19.0
Ростов-на-Дону					
Июнь	1981–1990	24–28	54.6	28	19.6
	1991–2000	26–32	63.6	30	16.9
	2001–2009	22–32	88.8	22, 24, 32	16.3
Июль	1981–1990	26–32	71.4	28	20.3
	1991–2000	26–32	68.3	30	19.5
	2001–2009	28–32	56.7	32	23.9
Август	1981–1990	26–32	71.9	32	20.2
	1991–2000	26–32	70.5	30	22.2
	2001–2009	28–32	60.1	32	23.1
Махачкала					
Июнь	1981–1990	24–28	60.0	26	28.0
	1991–2000	24–28	60.8	28	21.5
	2001–2009	24–28	55.8	28	20.7

Таблица 1 (окончание)

Июль	1981–1990	28–32	73.9	30	29.4
	1991–2000	28–32	69.5	30	26.7
	2001–2009	28–32	75.1	30	31.3
Август	1981–1990	26–30	81.6	28	33.9
	1991–2000	28–32	69.6	28	31.7
	2001–2009	28–32	72.1	30	26.0
Оренбург					
Июнь	1981–1990	26–32	58.3	28	18.4
	1991–2000	24–32	68.9	26	17.9
	2001–2009	22–30	61.4	26	14.8
Июль	1981–1990	28–34	59.0	30	17.4
	1991–2000	28–34	59.2	28	19.4
	2001–2009	28–34	65.6	28	18.7
Август	1981–1990	24–30	64.6	28	17.9
	1991–2000	24–32	63.6	26	14.6
	2001–2009	26–32	55.7	32	16.2
Саратов					
Июнь	1981–1990	24–30	59.7	30	15.7
	1991–2000	24–32	68.5	26	14.7
	2001–2009	22–30	69.2	22	18.2
Июль	1981–1990	26–32	74.5	26	20.9
	1991–2000	26–32	65.3	28	21.4
	2001–2009	24–32	71.3	28	17.9
Август	1981–1990	24–30	70.0	26	22.3
	1991–2000	24–30	62.2	30	17.2
	2001–2009	24–32	64.8	28	16.3

В последние два десятилетия XX в. и в начале XXI в. средняя за лето амплитуда температуры воздуха уменьшилась по сравнению с нормой (1961–1990) практически на всей территории. Причем в целом для территории в 1990-е годы это уменьшение было более существенным, чем в 1980-е годы. Так, в 1980-е годы наибольшие изменения отмечены в центре и на юге территории, а в 1990-е годы – на западе, востоке и юге. В начале XXI в. изменения амплитуды были незначительны в центральной части территории. Максимальный рост амплитуды температуры воздуха отмечался на метеостанции Махачкала. Причем в целом для территории, начиная с 80-х годов XX в. и по настоящее время, уменьшение амплитуды усиливалось. Это может говорить об ослаблении континентальности климата юга России и, следовательно, об уменьшении его засушливости.

NDVI-индикатор фитомассы. Анализ июльских карт NDVI-индикатора фитомассы, построенных по спутниковым данным системы MODIS [8] для 1982–2006 гг. показывает, что за три

последних десятилетия изменения этого параметра в основном соответствовали изменениям тепловых нагрузок. В более влажные 90-е годы XX в. на большей части территории наблюдается небольшое увеличение NDVI. Только в некоторых районах на юге и в центре рассматриваемой территории отмечено увеличение засушливости и уменьшение NDVI (рис. 4а). В начале XXI в. на большей части территории произошло снижение NDVI-индикатора фитомассы и, следовательно, увеличение засушливости, особенно в центре и на юго-востоке (в Ставропольском крае, в Калмыкии, на юге и востоке Волгоградской области и в Астраханской области) (рис. 4б). Необходимо отметить, что в те же годы на юге России наблюдалось увеличение тепловых нагрузок.

Совместный анализ межгодового хода среднемесячных значений эффективной температуры и NDVI-индикатора фитомассы, проведенный для Калмыкии и Астраханской области, указывает на то, что в годы наибольшего снижения фитомассы повышалась тепловая нагрузка на человека, а средняя суточная амплитуда температуры воздуха

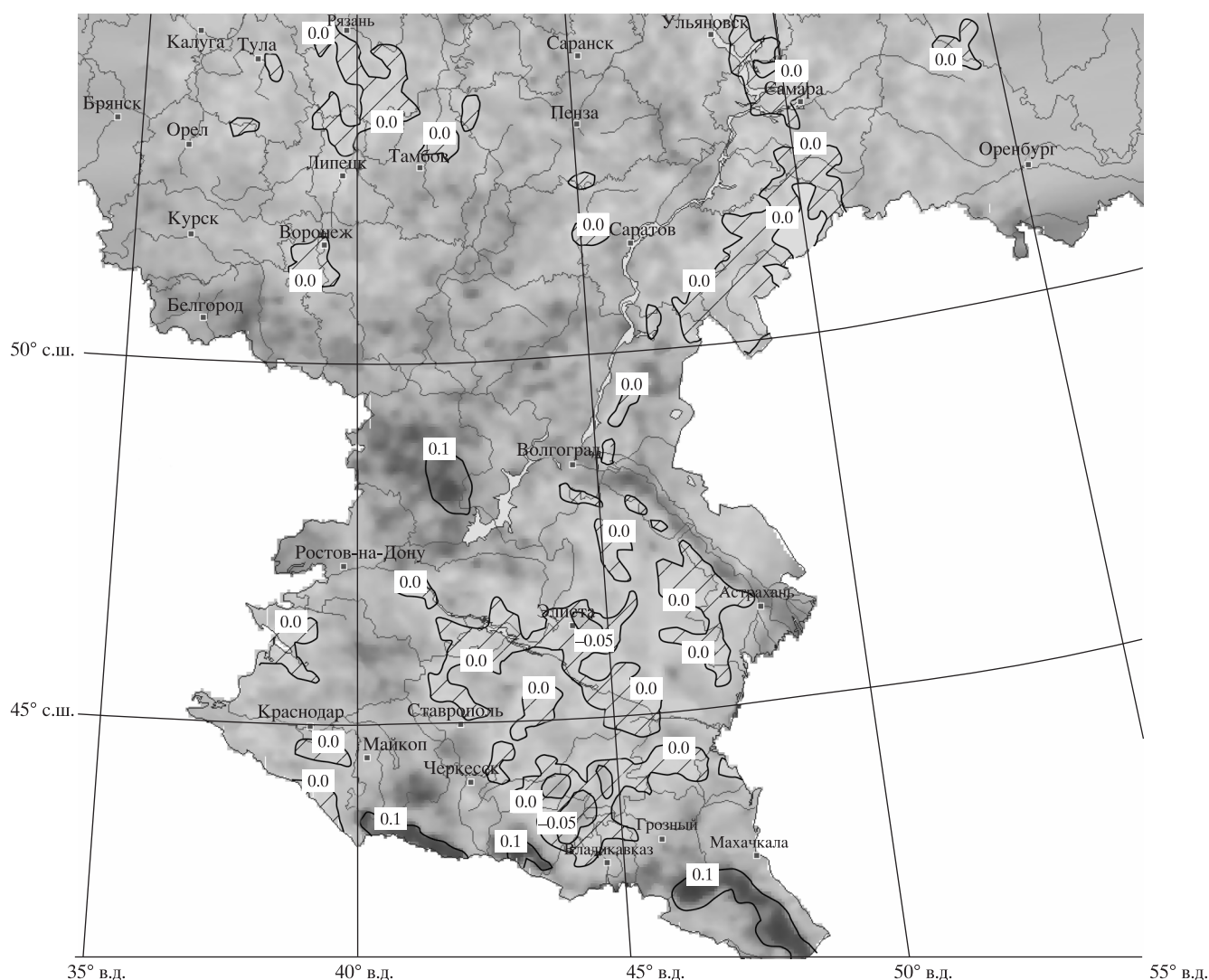


Рис. 4а. Карты разности июльских значений вегетационного индекса (NDVI): а – в 1991–2000 и 1982–1990.

возрастала в годы падения фитомассы (отрицательных аномалий NDVI) (табл. 2).

Оценка средних значений температурных характеристик, связанных с тепловой нагрузкой на человека, в годы с положительными и отрицательными аномалиями NDVI, т.е. в более влажные и более сухие годы соответственно отражает их не всегда однозначную связь (табл. 2). Обратная связь отмечается на всей территории с эффективной температурой и суточной амплитудой температуры воздуха, т.е. годы с отрицательными аномалиями NDVI-индикатора фитомассы соответствуют годам с положительными аномалиями эффективной температуры и более значительной амплитудой температуры воздуха. Среднее за лето число дней с максимальной температурой

воздуха выше 30 °C увеличивалось в засушливые годы в Астраханской области и сокращалось в Калмыкии. А максимальное число дней с температурой выше 30 °C в июле, в годы с отрицательными аномалиями NDVI увеличивалось в Калмыкии и уменьшалось в Астраханской области.

Таким образом, совместный анализ среднемесячных значений показателей тепловой нагрузки на человека и среднесезонных аномалий NDVI-индикатора фитомассы в Калмыкии и Астраханской области показывает, что обратная связь наблюдается между NDVI-индикатором и эффективной температурой и амплитудой температуры воздуха. Это позволяет говорить о том, что в годы наибольшего снижения фитомассы повышалась тепловая нагрузка на человека.

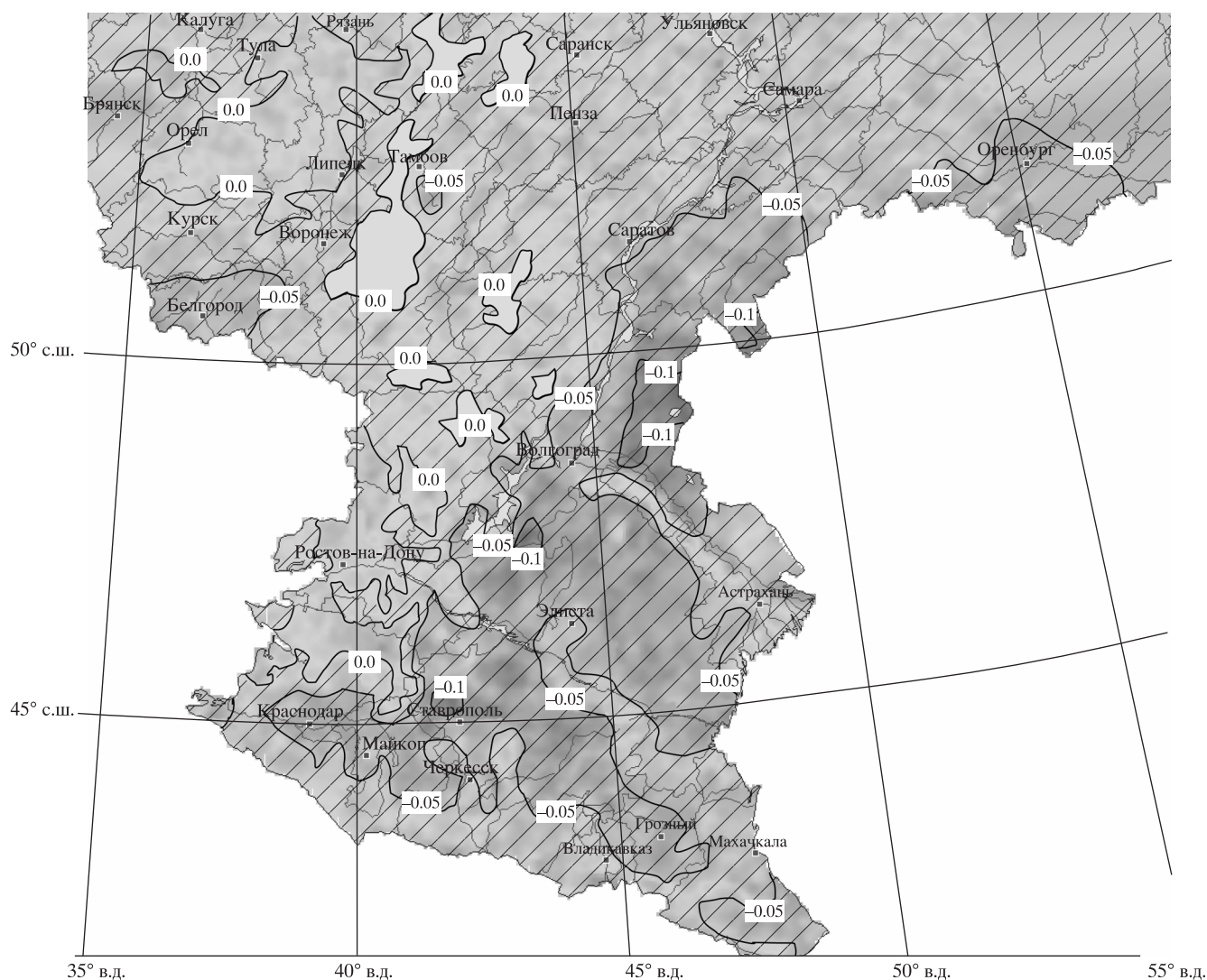


Рис. 46. Карты разности июльских значений вегетационного индекса (NDVI): б – в 2001–2006 и в 1991–2000. Штриховкой показаны области уменьшения вегетационного индекса во второй период по отношению к первому.

Выводы. Совместная оценка тепловых нагрузок на человека, проведенная с использованием показателей эффективной температуры, характеристик волн тепла, среднесуточной амплитуды температуры воздуха позволила определить основные тенденции изменений этих характеристик в южных регионах России за последние десятилетия:

1. Для всей территории юга России характерны высокие значения эффективной температуры. В последнее десятилетие XX в. на западе территории происходило увеличение тепловых нагрузок, а в восточной части – уменьшение. Эта закономерность прослеживается как для июльских значений эффективной температуры, так и для всего теплого периода. Начало же XXI в. можно

охарактеризовать повсеместным ростом эффективной температуры, за исключением предгорных районов.

2. Расчеты, проведенные по всем характеристикам и определениям волн тепла, показывают, что с конца XX в. к началу XXI в. на юге России происходило нарастание тепловых нагрузок, связанных с воздействием волн тепла как по продолжительности, так и по интенсивности. Исключение составляет только побережье Каспийского моря, где увеличение тепловых нагрузок было незначительно.

3. Совместный анализ среднемесячных значений температурных характеристик и NDVI-индикатора фитомассы в сухие и влажные годы для наиболее засушливых территорий юга Евро-

Таблица 2. Средние показатели климата в годы с положительными и отрицательными аномалиями NDVI-индикатора фитомассы

Параметр Метеостанция	Периоды с положительными аномалиями NDVI	Периоды с отрицательными аномалиями NDVI	Разность
NDVI	0.36	0.33	0.03
Эффективная температура, °C (территория 2,5 × 2,5°)			
Элиста (45–47.5 с.ш.; 42.5–45 в.д.)	21.1	21.3	–0.2
Астрахань (45–47.5 с.ш.; 47.5–50.0 в.д.)	23.2	23.6	–0.4
Среднее за лето число дней с максимальной температурой воздуха выше 30 °C			
Элиста	10.0	9.1	0.9
Астрахань	10.6	11.5	–0.9
Число дней с температурой выше 30 °C в течение пяти дней подряд (июль)			
Элиста	1.5	1.3	0.2
Астрахань	1.4	1.5	–0.1
Максимальное число дней с температурой выше 30 °C (июль)			
Элиста	9.9	11.3	–1.4
Астрахань	12.6	11.1	1.5
Средняя за лето суточная амплитуда температуры воздуха			
Элиста	12.3	12.4	–0.1
Астрахань	11.8	12.2	–0.4

пейской России, а именно Калмыкии и Астраханской области, показывает, что наибольшая связь NDVI-индикатора фитомассы наблюдается с эффективной температурой и амплитудой температуры воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астапенко П.Д. Некоторые аспекты биометеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 27 с.
2. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. Соотношение между климатическим и антропогенным факторами восстановления растительного покрова юго-востока Европейской России // Аридные экосистемы. 2007. Т. 14. № 33–34. С. 20–33.
3. Муравьева К.А. О методах изучения влияния климата на организм человека в СССР // Географическая среда и здоровье населения. Л.: Гидрометеиздат, 1971. С. 80–95.
4. Нганга Дж.К., Нгузи Дж.К. Индексы комфорта для некоторых городов Кении // Климат и здоровье человека. 1988. Т. 1. С. 195–203.
5. Хайнес А., Коватс Р.С., Кэмпбелл-Лендрум Д., Корвалан К. Изменение климата и здоровье человека – воздействия, уязвимость и адаптация // Всемирная конференция по изменению климата 29 сентября – 3 октября 2003 г. Москва / Труды. 2004. С. 307–322.
6. Хентшел Г. Крупномасштабная и локальная классификация климата с точки зрения биометеорологии человека // Климат и здоровье человека. 1988. Т. 1. С. 117–121.
7. Climate and Development // Climate and Health / Ed. Biswas A.K.: Dublin: Tycooly Int. Publ. Lim., 1984. P. 36–51.
8. EOS Data Gateway. <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>.
9. Frich A., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century (PDF) // Climate Res. V. 19. 2002. P. 193–212.
10. Glickman, Todd S. Glossary of Meteorology/ Boston: American Meteorological Society, 2000; <http://ams-glossary.allenpress.com/glossary>.

Influence of Climate Conditions on the Man in Arid Lands of European Russia

V.V. Vinogradova

Institute of Geography, RAS

During the global warming, the increase of frequency of heat waves, which courses the augmentation of mortality of sick people. Also the heat waves can be a result of restrictions of duration of outdoor works that is especially important for droughty areas of European Russia. The relationship between the thermal influence increase on the man and processes of desertification connected climate warming is obvious. The examination of the territory from the point of view of its extremeness and possible exhibiting there of catastrophic processes, was supplemented by investigation of the influence of temperature on the people. In this investigation effective temperature, the heat waves, and daily average amplitude of air temperature are used. The basic tendencies of the thermal load modification on the people in Russian south areas for the last decades were defined. The combined analysis of monthly average thermal load indexes on the people and seasonal average anomalies of NDVI shows, that the thermal load on the people increased in the years with the greatest decreasing of phytomass.