

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 551.515.9

“ВЕЛИКАЯ” ЗАСУХА 2010 г. НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЕ: ИСТОРИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ, ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ

© 2013 г. **А.Б. Шмакин**, **М.М. Чернавская**, **В.В. Попова**

Институт географии РАН

Поступила в редакцию 02.04.2013 г.

Рассмотрена пространственно-временная структура рекордной жары и продолжительной засухи лета 2010 г. на Европейской территории России (ЕТР). Выделены периоды наиболее высоких температур и продолжительной засухи. По обнаруженным историческим источникам сделана выборка качественно подобных ситуаций в эпоху до начала сетевых метеорологических измерений, вплоть до периода, предшествовавшего монголо-татарскому нашествию. В XIV–XVI вв. на Руси происходило по 2–3 сильных засухи за столетие, и еще несколько – умеренной интенсивности. Современными методами многомерной статистики проведён анализ механизмов крупномасштабной атмосферной циркуляции, способствовавших формированию рекордной засухи. Показано, что значительную роль в формировании блокирующих антициклонов в Восточной Европе играет механизм WP (Западно-Тихоокеанский), проявляющий себя особенно заметно в период после 1980-х годов, то есть при современном потеплении.

Введение. Экстремальная засуха и рекордно высокие температуры летом 2010 г. были отмечены почти по всей Европейской территории России (ЕТР) и в ряде прилегающих регионов соседних стран. По данным NOAA (Национальной администрации океана и атмосферы США) и NASA, положительная аномалия температуры на ЕТР в июле 2010 г. стала самой большой (как по знаку, так и по абсолютной величине) аномалией на всей планете (см. <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2010july/>). Наиболее сильная и продолжительная засуха в сочетании с рекордной жарой наблюдались в июле и августе в центральных областях ЕТР. Она стала предпосылкой для сильнейших за много десятилетий лесных и торфяных пожаров, неурожая и других негативных последствий. Уже опубликован ряд статей, посвящённых погодным аномалиям 2010 г. на ЕТР [9, 46–49]. Так в работе [9] рассматриваются их основные территориальные особенности и обсуждается возможная связь с процессами глобального потепления, хотя не приводятся конкретные механизмы этой связи. В статьях [46, 47] на основании результатов численного моделирования делается вывод о том, что блокирующий антициклон в Восточной Европе в 2010 г. сформировался под влиянием исключительно внутренней динамики климатической системы, и возможностей предсказать его

заранее (с заблаговременностью свыше недели) практически не было. В то же время, в статье [49] показано, что жара и засуха 2010 г. – звено в цепи многих других событий, вызванных общим ростом температуры с 1980-х гг. В работе [48] оба подхода (случайное событие за счет внутренней динамики и следствие глобального потепления) признаны достойными внимания и не столь уж противоречащими друг другу.

Анализ механизмов формирования блокирующих антициклонов, приводящих к длительным засухам и положительным аномалиям температуры в летнее время, выполнен в ряде публикаций [5, 16, 40, 43]. В статье [50] анализируется возможное влияние явлений Эль-Ниньо/Ла Нинья и других циркуляционных механизмов на развитие блокирующих антициклонов над Восточной Европой, однако вопрос об их возможном влиянии оставлен открытым. В [51] обсуждается связь блокирующих антициклонов с муссонной циркуляцией и очагами тепла в океане и Средиземном море. В статье [42] исследуется воздействие засухи на урожайность зерновых на ЕТР в 2010 г. При этом до сих пор не столь много внимания уделялось детальному анализу аномалий температуры и осадков, а также атмосферной засухи по территории ЕТР и по конкретным временным отрезкам лета 2010 г.

Большой интерес представляет также поиск исторических аналогов аномалий температуры и осадков или качественно подобных ситуаций в прошлом. Поскольку, как известно, столь высоких температур на ЕТР в истории метеорологических измерений (то есть примерно со второй половины XVIII в.) не было, то особый интерес в этом смысле могут представить собой летописные и иные литературные свидетельства предыдущих столетий. В распоряжении исследователей имеется достаточно обширный материал, освещающий погодные экстремумы прошлых веков на староосвоенных территориях России. По сведениям, извлеченным из летописей и обобщающих их книг, можно приблизительно восстановить повторяемость и распространение засухи и жары за несколько столетий.

До недавнего времени современное потепление считалось преимущественно “зимним”. Видимо, поэтому анализу изменений термического режима летнего периода (как в масштабе России, так и в масштабе полушария) почти не уделялось внимания. Между тем в масштабе полушария рост температуры приземного воздуха летом становится заметным уже в середине 1980-х гг., и к концу первого десятилетия XXI в. достигает 0.8°C . Приведенные в [20] линейные тренды летней температуры за 1976–2006 гг. показывают, что по темпам роста летнее потепление на территории России не уступает зимнему. При этом отмечается [34] существенно более высокий вклад трендов летней температуры в общую изменчивость по сравнению с холодным сезоном. В конце 1990-х – начале 2000-х гг. средняя по территории России температура достигла ее уровня в период потепления 1930–1940-х гг. Экстремальная жара на ЕТР летом 2010 г. и в Западной Сибири в 2012 г. ставит изучение летнего потепления в ряд наиболее важных проблем, вызванных современными изменениями климата. Для выяснения причин этого явления и вероятности его повторения необходимо получить представление о том, насколько оно связано с наблюдающимися многолетними тенденциями и процессами глобального потепления в целом.

Данные и методика обработки. Для анализа распространения погодных аномалий лета 2010 г. использовались ежедневные метеорологические данные с сайта ВНИИГМИ-МЦД в Обнинске. Новая версия архива ежедневных данных по температуре и осадкам включает 599 станций на территории бывшего СССР, в том числе 526 станций на территории России. Ряды данных в архиве начинаются с начала наблюдений на каждой станции по осень 2010 г. на территории России,

по 2005–2006 гг. на территории Украины, Беларуси, Казахстана и Узбекистана, по 1997–1998 гг. в Туркмении и Таджикистане, по 1991–1993 гг. – в остальных странах бывшего СССР. Данные были проверены на наличие ошибок и недостоверных записей с помощью специальных процедур, разработанных в ИГ РАН. Для анализа привлекались ежедневные данные по среднесуточной, максимальной и минимальной температуре, а также осадкам примерно на 200 станциях, расположенных на ЕТР и в прилегающих районах Финляндии, Эстонии, Латвии, Белоруссии, Украины и Казахстана. Данные за 2010 г. с территории соседних с Россией стран были взяты с сайта NOAA. По этим данным вычислены метеорологические характеристики экстремальной жары и засухи (средняя температура за июль и август, максимальная температура за лето, месячная сумма осадков, общее число дней с атмосферной засухой, максимальная непрерывная продолжительность атмосферной засухи). В качестве критериев атмосферной засухи был выбран порог суточных осадков менее 5 мм при максимальной суточной температуре выше 25°C на широте выше 52° с.ш. и долготе менее 50° в.д., либо на широте выше 55° с.ш. и долготе более 50° в.д., или при осадках до 5 мм в сутки и максимальной температуре выше 30°C на остальной территории [6].

Для поиска исторических качественных аналогов “Великой” засухи 2010 г. использовались различные литературные источники, содержащие сводки по погодным экстремумам на ЕТР за последние тысячу лет, составленные на основе летописей и других древних источников. Частично такие сводки были обобщены в ряде книг, выпущенных в XIX и XX вв. Информация о погодных экстремумах в XVIII и XIX вв. может быть также извлечена из специальных источников (журнал Министерства внутренних дел Российской империи и т.п.).

Записи о засухах классифицировались на три категории согласно описанию: 1 – локальные засухи, без описания значительных последствий; 2 – региональное распространение засухи с указанием пересыхания рек и подобных последствий; 3 – распространение засухи по нескольким регионам на ЕТР с упоминанием лесных и торфяных пожаров, задымления воздуха и т.п.

Данные о характеристиках атмосферной циркуляции были взяты с сайта NOAA (<http://www.src.ncep.noaa.gov/data/teledoc>). Там помещены среднемесячные значения нескольких индексов, количественно характеризующих основные циркуляционные механизмы внетропических широт

Северного полушария. Эти индексы получены путем разложения по естественным ортогональным функциям (е.о.ф.) колебаний поля геопотенциала внетропической зоны Северного Полушария на уровне 700 гПа, и поэтому они выделяются объективно, статистически независимы друг от друга, характеризуя основные центры действия средней тропосферы [45].

В качестве основных составляющих изменчивости поля давления над Евразией в тёплое полугодие выделяются следующие циркуляционные механизмы, названные в соответствии с их географической привязкой: Северо-Атлантическое колебание (North Atlantic Oscillation – NAO), Тихоокеанско-Североамериканский (Pacific-North American – PNA), Полярно-Евразийский (Polar-Eurasian – POL), Западно-Тихоокеанский (West Pacific – WP), Восточно-Атлантический (East Atlantic – EA), Скандинавский (Scandinavian – SCAND), Восточно-Атлантический – Западно-Российский (East Atlantic – West Russia – EAWR). В ходе статистического анализа вычислялась средняя июльская температура за каждый год на метеостанциях, после чего методом кригинга строилось пространственное поле средней температуры, а затем производилась интерполяция этого поля в узлы регулярной сетки. Полученные поля и их связь с рядами индексов атмосферной циркуляции исследовались с применением методов многомерной статистики (метод главных компонент, пошаговая множественная регрессия).

Распределение температуры и осадков на ЕТР летом 2010 г. Жара и засуха 2010 г. имели место на большей части ЕТР, причём наиболее жаркая погода наблюдалась во второй половине июля. На рис. 1 показан временной ход максимальной за каждые сутки температуры воздуха в Москве (район ВДНХ) за три летних месяца. Такой ход температуры летом 2010 г. был характерен для большинства районов центра ЕТР: с наиболее высокими температурами с середины июля до середины августа. Кроме кривой максимальных температур за лето 2010 г., здесь показаны рекордные суточные максимумы температуры, наблюдавшиеся ранее и превзойдённые летом 2010 г. Всего за лето в Москве было побито 22 рекорда максимальной суточной температуры, а в течение 33 дней подряд максимальная температура превышала значение $+30^{\circ}\text{C}$ – такого прежде в метеорологической истории центра ЕТР не наблюдалось! На рис. 1 также видно, что практически весь июль представлял собой экстремальный месяц, поэтому для анализа пространственного распределения метеорологических характеристик по территории ЕТР можно использовать именно

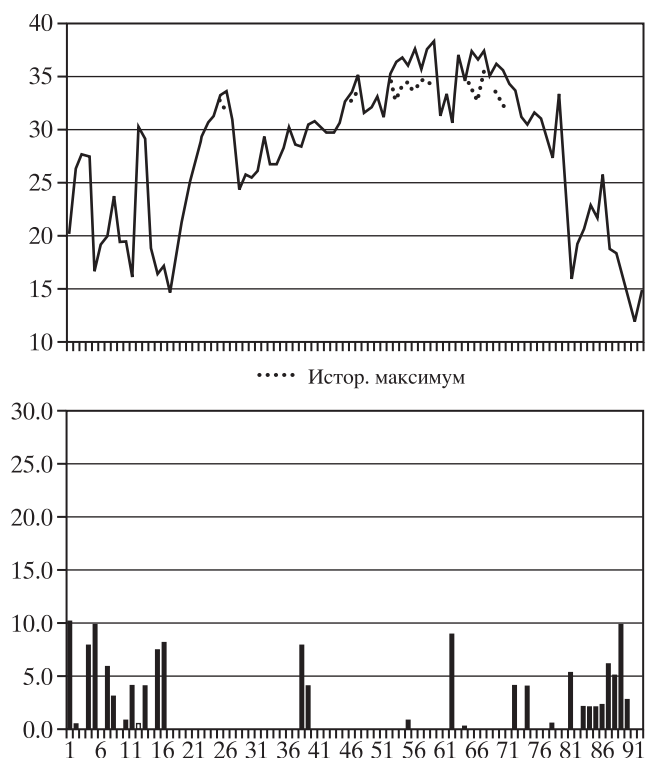


Рис. 1. Ход максимальной за каждые сутки температуры воздуха (вверху) и осадков (внизу) в Москве (станция ВДНХ) за июль–август 2010 г.

июль. Многолетний ряд средней июльской температуры воздуха в Москве, также приведённый на рис. 1, демонстрирует, насколько резким было превышение средней температуры в 2010 г. над всем предыдущим рядом наблюдений. Интересно отметить, что температура июля 2011 г. заняла в Москве второе место за все годы наблюдений, хотя в данном случае высокая температура не имела столь катастрофических последствий, поскольку в 2011 г. она не сопровождалась засухой.

На рис. 2а показано распределение средней температуры в июле 2010 г. по территории ЕТР. Максимум средней июльской температуры располагался на нижней Волге и в северном Прикаспии, а область наиболее высоких температур протягивалась оттуда в северо-западном направлении, в сторону Финского залива. Практически на всей показанной территории среднемесячные температуры превысили норму на $5\text{--}7^{\circ}\text{C}$. При этом средняя температура в центре ЕТР оказалась выше, чем на юге и юго-западе Украины. В то же время, на севере и северо-востоке ЕТР, а также в Предуралье, хотя средняя температура и была повышенной, не было побито рекордов ее среднемесячных значений, так что основная зона жары и засухи располагалась в центре ЕТР и в прилегающих областях. Всего прошлые рекорды абсо-

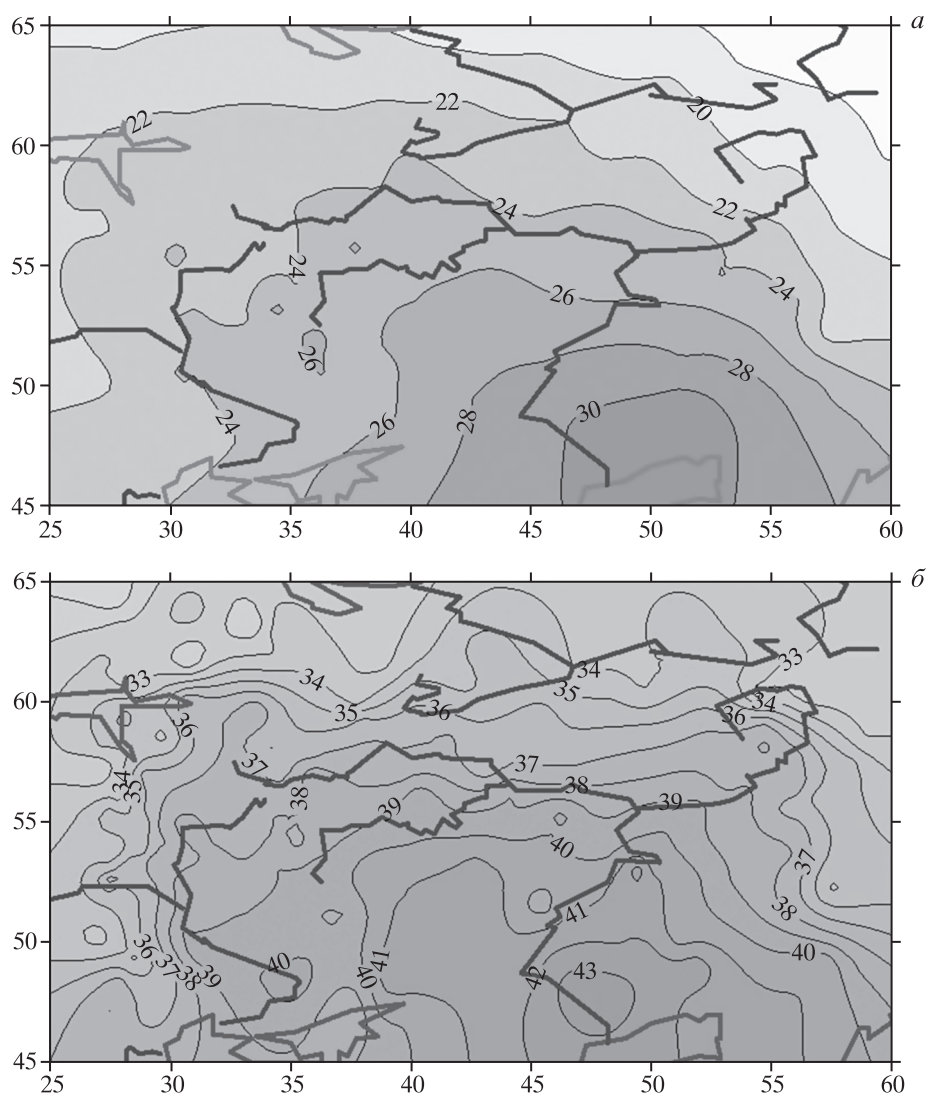


Рис. 2. Распределение средней температуры июля 2010 г. на территории ЕТР (а) и максимальной за лето 2010 г. (б)

лютного максимума температуры были побиты в 26 субъектах Российской Федерации.

Поле максимальной (независимо от срока наступления) температуры за лето 2010 г. (рис. 2б) в целом отражает те же географические закономерности: наибольшие значения в северном Прикаспии с распространением “гребня” максимумов к северо-западу (к Финскому заливу) и отчасти к северо-востоку (в Прикамье). Рекордные максимумы в центре ЕТР также превысили максимальные за лето температуры на периферии Восточно-Европейской равнины – на значительной части Украины, на Урале, в Прибалтике и Финляндии. При этом был побит абсолютный рекорд температуры для России – на метеостанции Утта в Калмыкии максимальная температура составила $+45.4^{\circ}\text{C}$ при прежнем рекорде $+45.0^{\circ}\text{C}$ на станциях Эльтон и Баскунчак. На рис. 2б

рекордная точечная температура не отражена, т.к. данные по станции Утта не попали в архив ВНИИГМИ-МЦД.

Распределение суммарной продолжительности атмосферной засухи (без учета непрерывности) по вышеуказанным критериям (рис. 3а) четче указывает на районы, наиболее от неё пострадавшие. Хотя максимум (более 90 дней в течение года) наблюдается в северном Прикаспии, однако этот район и по климатическим нормам может считаться самым засушливым в России. В то же время, практически столько же дней с атмосферной засухой наблюдалось в среднем течении Волги, в районе Самарской луки. Несколько меньше дней с атмосферной засухой (от 80 до 90) имело место еще в одном очаге, для которого совершенно несвойственны такие засушливые условия: в Тамбовской, Рязанской, Пензенской и Нижегородской

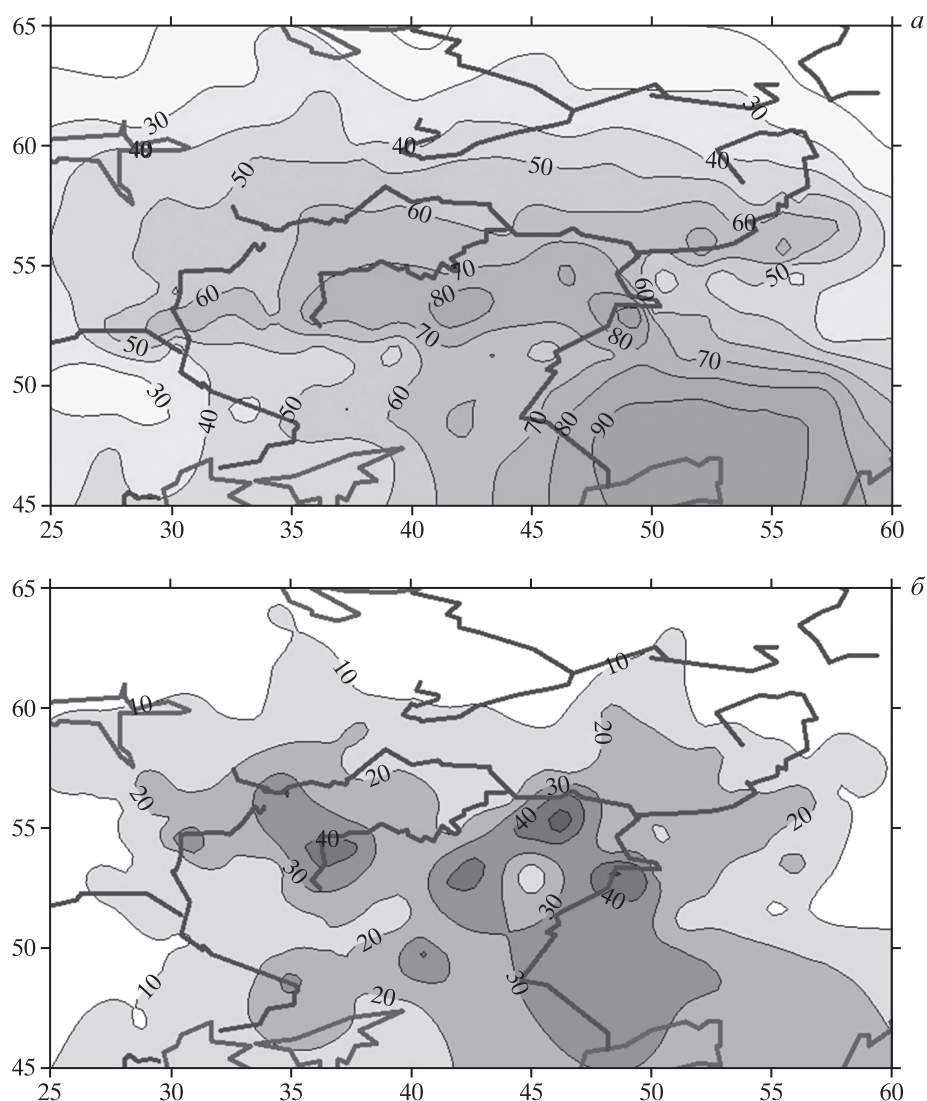


Рис. 3. Распределение суммарной продолжительности атмосферной засухи (без учёта непрерывности – *а*) и непрерывной атмосферной засухи на ЕТР летом 2010 г.

областях, в Чувашии и Мордовии. Более 70 дней с атмосферной засухой наблюдалось на территории, протянувшейся от верховьев Оки на восток до Самарской области и далее на юг, а также в двух относительно небольших очагах в среднем Прикамье (территории Татарстана и Башкирии). Наконец, суммарная продолжительность засухи более 2 месяцев имела место на огромной территории центра и юга ЕТР – от Брянской и Смоленской областей до востока Башкирии и от бассейна Дона до северного Прикаспия.

Непрерывная продолжительность атмосферной засухи по тем же критериям (рис. 3б) имела максимум даже не в традиционно засушливых регионах северного Прикаспия, а в непривычных к этому районам в среднем Поволжье (Нижегородская область и Чувашия) – более 50 суток непрерывной

атмосферной засухи! Более месяца непрерывной засухи наблюдалось в Смоленской области, в регионе от верховьев Волги до верховьев Оки, на севере Ростовской и западе Волгоградской областей и в обширной области от Республики Марий Эл на севере до Калмыкии и Астраханской области на юге, за вычетом запада Саратовской и Пензенской областей. Однако можно считать, что те случайные выпадения небольших сумм осадков, которые формально прерывали непрерывную атмосферную засуху во многих пунктах, во многих случаях не приносили облегчения засушливых условий. Например, в Москве два-три незначительных дождя в июле и самом начале августа практически не повлияли на увлажнение почвы и распространение пожаров, поэтому можно считать, что засуха здесь продолжалась более 50 суток (рис. 1а), и в целом по территории ЕТР

Таблица 1. Суммы осадков в июле по среднемуго-летним нормам и в 2010 г. на ЕТР. Жирным шрифтом показаны рекордно низкие осадки за июль

Пункт	Средние много-летние осадки в июле, мм	Сумма осадков в июле 2010 г., мм
Сыктывкар	72	10
Санкт-Петербург	61	62
Вологда	70	8
Киров	75	7
Псков	77	63
Кострома	71	5
Москва	77	13
Смоленск	91	30
Рязань	62	4
Нижний Новгород	71	3
Орёл	72	21
Брянск	82	7
Тамбов	64	2
Курск	75	42
Воронеж	73	5
Казань	58	4
Уфа	67	21
Самара	50	2
Саратов	46	3
Волгоград	34	2

ее фактическая продолжительность скорее приближалась к числу дней с атмосферной засухой без учёта непрерывности (рис. 3а).

Суммы осадков за июль 2010 г., естественно, были рекордно низкими во многих районах. В табл. 1 приведены климатические нормы осадков для июля и осадки в июле 2010 г. в ряде областных центров ЕТР, охватывающих практически всю ее центральную часть и периферию, причем выделены станции, на которых в июле 2010 г. суммы осадков были рекордно малы за всю историю метеонаблюдений. За исключением Санкт-Петербурга и Пскова (то есть северо-запада ЕТР), во всех приведенных пунктах июльские осадки были рекордно низкими, а в Курске предыдущий рекорд был повторен. В большинстве из приведённых пунктов, включая такие северные города, как Сыктывкар, Вологда, Киров и Кострома, месячная сумма осадков составила менее 10 мм, а в 9 городах центра и юго-востока ЕТР не превысила 5 мм. (Осадки за июнь и август здесь не анализируются, поскольку в первой половине июня и второй половине августа на территории ЕТР выпадало достаточно много осадков.)

Как известно, продолжительная жара и засуха на ЕТР привели к множеству прямых и косвенных

последствий. На огромных площадях, причем с одной из наибольших плотностей населения в России, имели место лесные и торфяные пожары, во многих сельских населенных пунктах сгорели жилые дома. Задымление от пожаров покрыло огромные территории, и несколько десятков миллионов человек в течение нескольких недель находились на задымленной территории. Жара и задымление стали причиной резкого обострения болезней у множества людей, страдающих легочными и сердечными болезнями; в целом смертность в июле и августе 2010 г. в центральных областях ЕТР удвоилась [37]. Одним из последствий засухи стали низкие урожаи многих сельскохозяйственных культур, что привело к росту цен на многие продукты питания. Угроза нехватки продовольствия привела к запрету на экспорт зерновых из России, что, в свою очередь, спровоцировало рост цен на мировых продовольственных рынках (см., например, обзор “РИА Новости”: <http://ria.ru/economy/20101231/315793310.html>) и могло повлиять на развитие политических кризисов 2011 г. в странах Северной Африки и Ближнего Востока – одних из главных покупателей российского зерна. Таким образом, засуха 2010 г. стала одним из важнейших событий года как в национальном, так и в глобальном масштабе. Поэтому она с полным основанием заслуживает названия Великой Восточно-Европейской засухи 2010 г.

Исторические аналоги Великой Восточно-Европейской засухи 2010 г. Как неоднократно подчёркивалось во многих документах Росгидромета, в истории метеорологических наблюдений на ЕТР никогда прежде не наблюдалось столь высоких температур, как летом 2010 г. При этом рекордно высокие температуры сопровождались очень низкими, а во многих регионах рекордно низкими осадками (табл. 1). Поскольку регулярные метеорологические измерения проводятся на ЕТР примерно с середины XVIII в., можно с уверенностью говорить, что за последние более чем 250 лет столь сильной жары и засухи на ЕТР не наблюдалось. В более ранние эпохи метеорологических измерений в России не проводилось, однако известно, что летописи и иные исторические материалы, составлявшиеся в течение многих веков, содержат множество упоминаний о засухах, неурожаях, лесных и торфяных пожарах и других стихийных бедствиях, вызванных экстремально высокой температурой и низкими осадками. Эти материалы имеют в основном качественный характер, указывая лишь на то или иное явление и степень его проявления с точки зрения составителя. В отдельных случаях, однако, указываются и конкретные показатели: точные даты явлений,

длительность периодов отсутствия осадков, степень роста цен на зерно, смертность вследствие засухи и болезней и т.д.

Достоинством этих письменных свидетельств является длительность исторического периода, за который собирались сведения об аномалиях погоды, а в ряде случаев – подробность, с которой неизвестные летописцы фиксировали события, и даже литературный стиль, который мог бы сделать честь многим современным СМИ. При этом проявления жары и засухи поражают сходством с ситуацией 2010 г. Например, при описании событий 1525 г. в Москве летописец выражается так: *“Бысть засуха велика от Троицына дни до Успения Богородицы, и мгла была велика, и дымы великие в день и ночь, 4 недели солнца и луны никто не узрел. И земля горела, и дымове велики, и ярового хлеба и сена бысть скудно”*. Снова Москва, 1533 г.: *“От Июня не бысть дождя до Сентября месяца, но засуха и мгла велика, аки дым горький леса выгореша, и болоти водные высохша. И солнце в третьи час дни являшеся красно и зрете на него немочно”*.

К сожалению, подобные сведения, при всей их ценности, невозможно использовать напрямую для характеристики метеорологических условий прошлых веков. Однако, введя некоторую количественную меру для характеристики летописных сведений в зависимости от силы описываемых явлений или используемых эпитетов, а также в соответствии с географическим распространением описываемого явления, можно установить приблизительную повторяемость жары и засух различной силы в прошлые столетия на ЕТР. Для этого, как уже упоминалось, была разработана специальная шкала: событию присваивалась категория 1, если в источниках (пусть и в нескольких) указывались локальные засухи, без описания значительных последствий; категория 2 – в случае регионального распространения засухи с прямым указанием на это и с упоминанием о пересыхании рек и подобных значительных, но не катастрофических последствиях; категория 3 – распространение засухи по нескольким регионам на ЕТР с упоминанием наиболее значительных негативных последствий: сильного неурожая вследствие засухи, лесных и торфяных пожаров, задымления воздуха и т.п. Затем все события были собраны в единые хронологии по каждой категории (табл. 2–4), на основании которых были построены диаграммы временного распространения засух на ЕТР по летописным и иным литературным источникам (рис. 4). Следует подчеркнуть, что охват источников в данном исследовании был максимально широким, с привлечением несколь-

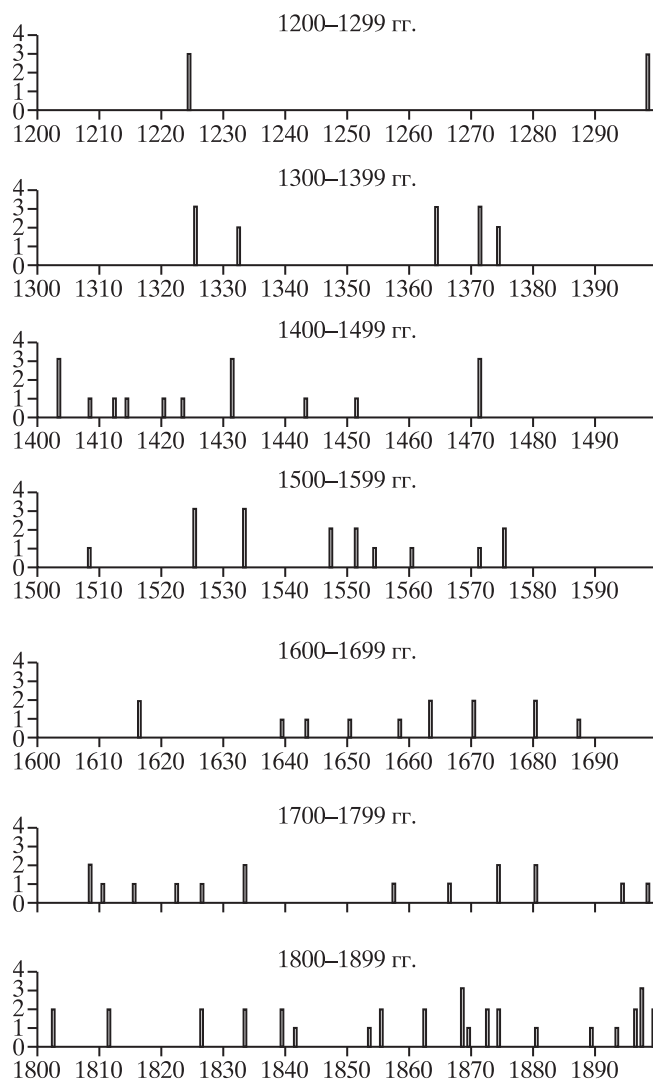


Рис. 4. Частота засух различной интенсивности за XIII–XIX вв. по летописным и литературным данным

ких десятков публикаций, многие из которых не переиздавались с XIX в. и не компилировались современными авторами.

Всего с XI по XIX в. отмечено 29 засух категории 1, 30 засух категории 2 и 14 засух категории 3. В какой-то степени неравномерность проявления засух разных категорий проявилась вследствие методики назначения категорий: например, до XV в. вообще не фиксируется засух категории 1, хотя они, очевидно, происходили. Это может быть связано с относительной незначительностью событий, о которых не считали нужным упоминать; кроме того, сеть монастырей, в которых велись летописи, была в первые века существования Руси довольно редкой. После татаро-монгольского нашествия летописи вообще несколько десятилетий не упоминают о засухах – вероятно, число летописцев уменьшилось, да и засухи, возможно,

Таблица 2. Хронология засух интенсивностью 1 балл по историческим источникам (РР – Русская равнина)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1408	РР, центр	Ростов	“Месяца июня 21 бысть пожар велик в Ростове много церквей сгорело, и соборная церковь со всем узорочьем, и иконы и книги; и колокола разлишася, и церкви соборная каменная падеся: и засуха бо бе велика и буря велия, не успеха ничтоже унести, а человек с тысячу во озере истопе”	[30], т. 6
1408	РР, центр	Тверь	“Того же лета, месяца августа засуха бысть и мразы велицы”	[2] по [27]
1412	РР, центр	Нижний Новгород	“Меженина бысть в Новгороде в Нижнем, купили ржи по 40 алтын – по 4 алтыны старыми деньгами.”	[26], т. 11–12
1414	РР, север	Новгород	“В Новгороде в Великом погоре монастырь, церквей каменных 8. Того же лета бысть засуха велиа и громи велицы и страшны зело”	[26], т. 11–12
1423	РР, центр	Нижний Новгород	“... бысть меженина”	[2] по [27]
1443	РР, север	Тверь	“... бысть меженина по всей земли...”. В Твери оков ржи стоил 26 алтын	[2] по [27], [3]
1451	РР, центр	Москва	Во время нашествия на Москву царевича Мазовши “... засуха велика бе...”	[2] по [28]
1508	РР, север	Новгород	“Тоя же весны, Майя в 14, в неделю погоре от Панского двора посад и торги. И того же месяца в 22, Черторья выгорел и Благовещение на Козье бороде, и Алексий Святый, Семчинское до всполия. О Новгородском пожаре великом. Того же лета бысть засуха велика и много городов выгорело, такоже и сел, и лесов, и хлеба, и травы много выгорело, а в Новгороде в Великом полгорода выгоре. А людей згоре 2000 и семьсот”	[26], т. 13
1554	РР	Новгородская земля	Маловодная весна: “Весной воды прибыльной не было”	[3]
1560	РР	Новгородская и Псковская земли	По весне “вода была мала, сухота по всем рекам”	[3]
1571	РР	Новгород	Сухое лето. “...Ставили на избах бочки с водою у дымниц”. Было запрещено топить избы. Жители соорудили печи для хлеба на огородах	[3]
1639	РР	Украина	Сильная засуха, сгубившая урожай	[3], [4]
1643	РР	Россия	“Земля плода не подаде..., занеже не бысть дождя”	[3]
1650	РР	Новгород	“...а того лета бысть велиа засуха и не бысть дождев”	[18]
1658	РР	Россия	Засуха в южной и средней полосе	[1]
1687		Украина, Крым	Засушливое начало лета на Украине. Исполинский степной пожар	[3] по [2]
1710	РР	Украина	Засуха	[3]
1715	РР	Нижний Новгород	Сильная засуха, громадный пожар	[3] по [2]
1722	РР	Россия	Засуха	[3]
1726	РР	Юго-западная Россия	“Весна была сухая, ярына пострадала, лето сухое”	[3]
1757	РР	Петербург	“Исключительно тепел был июль 1757 г. в Петербурге, 23.2°±5.6”	[3] по [8], [15]
1766	РР		Неурожай в 46 уездах России, вызванный засухой	[3] по [4]
1794	РР	Юг Украины	“Неслыханное бездождье, продолжавшееся с начала мая по сентябрь”	[3]

Таблица 2 (окончание)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1798	РР	Юг России	Засуха	[10]
1802	РР	Россия	Засуха, за июнь-август отмечено всего 6 дней с дождем	[10]
1841	РР	Россия	“...с первых чисел июня настала почти повсеместно засуха, продолжавшаяся во многих губерниях до самой осени”	[38]
1853	РР	От Воронежской губ. до Астрахани, Одессы и Херсона	С середины апреля наступила засуха, продолжавшаяся почти непрерывно в течение двух месяцев	[10]
1869	РР	Поволжье	Минимальное годовое количество осадков на Средней (370 мм) и Нижней Волге (260 мм). Засуха	[15]
1880	РР	Нижняя Волга, южнее 55 град. с.ш.	Засуха	[8]
1889	РР	Украина	Весенняя засуха продолжалась май и июнь	[15]
1893	РР	Новгород	Весенняя сухость продолжалась до 26 июня, почва на полях, лугах ... дала многочисленные трещины, иные в ладонь шириной	[15]

Таблица 3. Хронология засух интенсивностью 2 балла по историческим источникам (РР – Русская равнина)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1024	РР, центр	Суздальская земля	“Смушение велие...”; “... на небе дожда, на земле же плода Бог не повелевает даяти...” (засуха)	[2] по [23]
1060	РР, юг	Киевская Русь	“В се лето собраша Изяслав, Святослав и Всеволод безчисленное множество воинства, и пойдоша на Торки. Слышавшие же Торки оставивше все побегоша от лица их и едины голодом и жаждою изомроша, иные же мором изомроша...”	[2] по [23]
1068	РР, север и центр		“Казнит бог ведром... ради удержак от вас дождь, предел един одождих, а другаго не одождих, исьше, поразих вы зноем”	[17]
1124	РР, юг	Киев	“В се же лето бысть бездожие. Киев мало не весь погоре”	[2] по [28]
1145	РР, север	Новгород	Стояли две недели жаркие, как искра жгучие, перед жатвой; потом начался дождь, так что не видно было ясного дня до зимы; и много хлебов пропало, и сена не убрали	[4]
1145	РР, центр		В Тверской летописи говорится о трех жарких неделях перед жатвой	[4]
1151	РР, юг	Киев	Днепр летом обмелел так, что в ряде мест его можно было переходить вброд	[3]
1332	РР		“Бысть меженина велика в земли Русской, дороговь, глад хлебный и скудость всякого жита”	[27]
1374	РР, центр		“Быша знои велицы и жары, а дожда сверху не едина капля не бывала во все лето, а на кони, на коровы, на овцы и на всяк скот был мор велик. Потом же прииде и на люди мор велик по всей земли Русской. И у Мамаю тогда в Орде бысть мор велик”	[26]

Таблица 3 (продолжение)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1547	РР, центр	Москва	“Тое же весны и пришла засуха великая и вода в одну неделю спала а суды царя великого князя на Москве обсушила”	[32]
1552	РР, восток	Казань	“И поиде царь князь великий чистым полем великим к Казани... .. мнози же человецы изомроша от солнечного жара и от жажды водныя, исхоша бо вся дебри и блата, и малыя реки полския не тецаху путем своим, но мало развие воды в великих реках обретаешся и во глубоких омурах, но тои сосудами, и корцы и котлы и пригорищами в час един до суха исчерпаху”	[12]
1575	РР, юг	Запорожье	Лето настолько жаркое, что трава выгорела и вода в реках высохла, вблизи Никополя высохли плавни, в сентябре и октябре овцы переходили Днепр вброд.	[44]
1616	РР	центр, Русская земля	“... Сушь была великая”	[4], [3]
1663	РР, центр	Москва	Начиная с февраля до июня число дней с осадками было ниже нормы. 17 июня перед вечернями царь Алексей Михайлович ходил к церкви Ильи Пророка за Пречистенскими воротами для молебна о дожде. Дожди пошли после 22 июня	[14]
1670	РР	Русск. Север	Лето было сухое, и от солнечного зноя и великих жаров хлеб в полях ржаной и яровой и всякие овощи во всех странах и градах погорели, и земля от засухи солнечной тоже горела во многих местах в глубину аршин и больше	[3]
1680	РР, юг	юго-запад	“В том же року суша и горячность солнца велика была, от которой повысыхали воды и травы сухости робацтво умножилось и позедавшая капуста та боб, гороха, конопле повиедали и гречку, з ниви на ниву стадом ходили”	[14]
1680	РР, юг	юго-запад	“А як лето, так и осень сухая была же, болота повыгорали, и воды в них не было”	[14]
1703	РР, юг	Украина	Засуха. “Великое бездождье” на юге России	[21], [3]
1708	РР, юг	Украина	“Во время нынешней настоящей суши во многих местах Днепр так повысыхал, что вброд коньми через оный переезжают...”	[4]
1733	РР	Россия	“В июле месяце, когда необходимо нужен дождь, его еще не бывало”. Правительство разослало указы о совершении молебствий о “плодоносном дожде”	[22]
1747–1750	РР, юг	Украина	В Изюмском уезде “за безмерною сушею учинился недород, а где и был всход, там саранчею поедено без остатка...”	[13]
1774	РР		“Самый теплый июнь был в 1774 году, когда май и июль были также теплы”	[15], 1912
1780	РР		Повсеместная засуха. Недород в 16 губерниях.	[15], 1908
1802	РР		Засуха. За июнь-август отмечено всего 6 дней с дождем. Нашествие вредителей	[10]
1811	РР	Киев	Днепр так обмелел, что его в Киеве переходили вброд	[19]
1826	РР	Центр России	Сильная жара началась в мае и продолжалась “с необыкновенным постоянством до осенних месяцев”	[10]

Таблица 3 (окончание)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1833	РР, юг, включ. Повол.		“Продолжительная, почти невиданная дотоле засуха во всем южном крае”	[7]
1839	РР, восток	Саратовское Заволжье	“Июль был чрезвычайно жаркий. Менее 30 град. теплоты не было, когда она дошла до 40 град., то атмосфера раскалилась... дожди и росы ни капли, ветры дули и обливали жаром. Земля разгорячилась до того, что трескалась, и невозможно было ходить по ней босыми ногами. Воды в реках на аршин глубиной сделались теплыми... собаки, волки и др. животные были от жары. Такой жар длился до 15 августа. Затем сильный дождь дал кратковременную передышку. Потом почти три месяца продолжалась засуха. Когда осенью пробовали пахать землю, она рассыпалась комьями”	[10]
1855	РР	Центр	Засуха и жара. В Тульской губернии земля местами растрескалась и пересохла на значительную глубину.	[10]
1862	РР, юг	Екатеринославская губ.	“Пастбища от жаров погорели очень рано и потом от необыкновенно постоянной засухи в течение 3-х месяцев (с июля до октября) озими большей части не взошли”	[11]
1872	РР	Юг, Костромская, Тверская, Тульская, Калужская, Тамбовская, Оренбургская губ.	Засуха с мая по июль	[36]
1874	РР	Верхний Днепр	Летом 1874 г. Днепр сильно обмелел, другие реки тоже.	[15], 1900
1896	РР	Петербург	Необычайно жаркое лето, особенно в первой и второй декаде июня. Столь же теплым было лето 1774 г.	[15], 1897
1899	РР	Юг России	Бесснежная зима и бездождье в течение всей весны. Засуха так велика, что колодцы и пруды обмелели	[15], 1900

Таблица 4. Хронология засух интенсивностью 3 балла по историческим источникам (РР – Русская равнина)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1092	РР, юг	Киев	Было бездождье, так что земля выгорела, и многие леса загорались сами собой и болота. “В се лето суша такова бысть, яко и земля изгаряше и болота, и борове, сами зажигахуся, и иная знамения различные бываху, яже вся злая Руской земле прознаменоваша”	[4] [2] по [23], [24] и [28]
1161	РР, север, центр		“Того же лета бысть ведро, и жары велици и сухмень чрез все лето, и пригоре всяко жито и всяко обилие, и озера и реки засхоша, болота же выгореша, и леса и земля горела”	[2] по [26]
1223	РР, центр	Владимир, Суздаль	“... мнози борове и болота загорехуся”. Мгла “к земле прилегла”	[3]
1223	РР, юг	Днепр, Калка	Уровень воды в Днепре был весьма низким. Во время битвы на Калке 31 мая 1223 г. стояла сухая и знойная погода	[3]

Таблица 4 (продолжение)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1224	РР, центр	Суздаль	“Того же лета в Суздале погореша леси, и болота и дубравы; бяше же дым по всей земли, яко не мочи бяху и птицам летати, но падаху на поле, и на посадe и на граде”	[27], т. 15
1224	РР		“Бысть ведро велми и згаше земля, борове и болота, и по всей земли смерчеся от многа дыма, и мнози от птиц умираху падающе”	[25], т. 16
1298	РР, центр	Тверь	“Того же лета бысть мор на скот. Того же лета бысть сухмень, засуха велика, загоряхуся борове, лесове, болота, мхове”	[29]
1298	РР, центр		“Засуха бысть велика”	[26], [28], [2] по [24]
1298	РР, центр		“...сухмень бысть велия, и загоряхуся лесы, и боры, и болота, мхи, поля и бысть нужда велиа, и мор бысть на скот”	[2] по [26]
1325	РР, центр		“...сухмень бысть велиа, и много водных мест исхоша, и лесы и боры и болота выгореша”	[26]
1364	РР, центр	Тверь	“Того же лета бысть стреляния и шибение громкое в Твери на соборную церковь и знамения многи и страшне молниями и вихры. Того же лета бысть сухмень велиа по всей земле и воздух куряшеся и земля горяше”	[24]
1364	РР, центр	Москва	”Того же лета пожар бысть в Москве бе же тогда сухмень и зной велиций”	[26]
1365	РР, центр		“Знамение бысть на небеси: около солнца черно, а само солнце, аки кроваво. Солнце бысть аки кровь и по нем мести черны, и мгла стояла с поллета, и зной и жары бяху велицы, лесы и болота и земля горяше и реки презхоша иныи же места водяные до конца исхоша”	[41]
1365	РР, центр	Москва	“Того же лета пожар был на Москве, бе же тогда сухмень и зной велицы, возста же тогда и буря с вихрем силна зело и размета огонь повсюду и много людей поби и пожже”	[26]
1365	РР, центр	Москва	“Того же лета бысть пожар на Москве загореся церковь Всех святых и от того погоре весь град Москва, и ... Бяше бо тогда было варно в то время и засуха велика и знойно, еще же к тому встала буря ветрена велика”	[31]
1371	РР, центр		“Сухмень же бысть тогда велика и зной и жар мног. Реки многиа пресхоша, и озера, и болота, а леса и боры горяху, и болота высохши, горяху и земля горяше. И бысть тогда дорогов хлеб на велика и глад велий по всей земле”	[24]
1371	РР, центр		“Бяше же тогда лето сухо, жито посохло, а лесове и борове и дубраве и болота погораху, индеже и земля горяше”	[31]
1371	РР, север	Новгород	“Того же лета бысть пожар в Новгороде в Великом”	[3] по [17]
1403	РР, север	Новгород	“Тое же весны засуха бысть и вода отнюдь мала зело, и рвы вси сухи быша. Бысть Волхове вода суха, и вси русли сухи быша”	[2] по [26]; [17]

Таблица 4 (окончание)

Год	Регион	Геогр. объект	Описание	Источник
1431	РР, центр	Новгород	“Засуха бысть велиа, и земля и боры и болота горяху и глад бысть велик по всей земли Русской. Того же лета мгла стояла 6 недель, солнце не видели и рыбы в воде мерли, и птица падала на землю...”	[30], [28]
1471	РР, север		“Тако ише Новгородская земля, яко ни капли дождя с небеси на землю не бысть во все лето от месяца Майя до Сентебрия, и от солнечного зноя вся земля их и блата пресхоша. ...Ловать засохла, бяше бо засуха того лета и бысть пагуба велика”	[2] по [17]
1525	РР, центр	Москва	“Бысть засуха велика от Троицына дни до Успения Богородицы, и мгла была велика, и дымы великие в день и ночь, 4 недели солнца и луны никто не узрел. И земля горела, и дымове велики, и ярового хлеба и сена бысть скудно”	[26], [35]
1525	РР, центр		От чрезмерного солнечного жара почти все посевы были выжжены, и за этой засухой последовала дороговизна хлеба. От чрезвычайного жара загорались многие деревни, леса и хлеба. Дым от них наполнял окрестности	[32]
1533	РР, центр	Москва	“От Июня не бысть дождя до Сентября месяца, но засуха и мгла велика, аки дым горький леса выгореша, и болоти водные высохша. И солнце в третьи час дни являшеся красно и зрете на него немочно”	[30], [28]
1533	РР, север		“Того же лета бысть бездожие велие и иссякнувша источники и ручия и кладези и болота и множество изомроша скота от жажды водныя. Начяша леса горети и мхи. И быша дымове превелици и мрак”	[3], [33]
1868	РР	Олонецкая губ.	“... в первой половине и середине августа атмосфера совершенно сгустилась от жары и от лесных пожаров”	[39], 1868
1897	РР	Петербургская, Псковская, Тверская, Московская, Орловская, Казанская, Уфимская губ.	Июнь-июль. Засуха, местами горели хлеба, засохла ботва у картофеля, лесные пожары в Карелии, Тверской, Владимирской, Московской губ., возгорание торфяников в Вологде, Пермской, Владимирской, Нижегородской губ., степные пожары в Уфимской губ.	[15], 1897

стали не столь уж значимым событием на общем фоне бедствий. С другой стороны, в XIX в. отмечается 11 засух из 30 категории 2, что может быть связано со значительным усовершенствованием отчетности по различным ведомствам, а также с появлением метеослужбы. Обращает на себя внимание, что засухи категории 3 (т.е. наиболее сильные) встречаются по одной в XI и XII вв., по две – в XIII и XVI вв. (а также в XIX в.), по три – в XIV и XV вв., а в XVII–XVIII вв. не фиксируются совсем. Вероятно, это отражает некоторые медленные колебания климата на Русской равнине, связанные с частотой блокирующих антициклонов. Наиболее подверженным сильным засухам периодом в русской истории таким образом,

можно считать XIV–XV века, особенно столетие с 1350 по 1450 г., когда произошло четыре сильных засухи и еще шесть – более слабых. Таким образом, в отдельные века частота сильных и обширных засух на ЕТР может резко возрастать, и они могут повторяться несколько раз за столетие. Даже если при этом абсолютные значения температуры были ниже, чем в 2010 г., то с качественной точки зрения эффект для природы и сельского хозяйства был в указанные отрезки времени аналогичен последствиям жары и засухи 2010 г. Поэтому с точки зрения исторического опыта засуху 2010 г. нельзя считать уникальной: подобных ситуаций в истории Руси и России было множество.

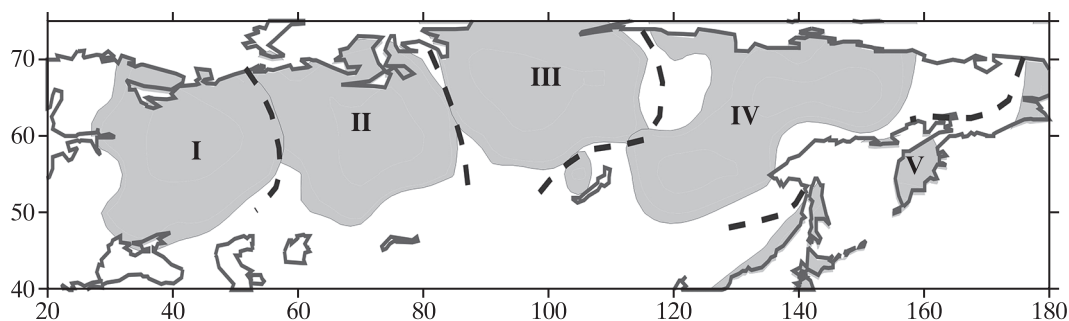


Рис. 5. Границы районов (пунктирные линии), выделенных по характеру колебаний средней для лета температуры воздуха. I, II, III, IV и V – номера районов.

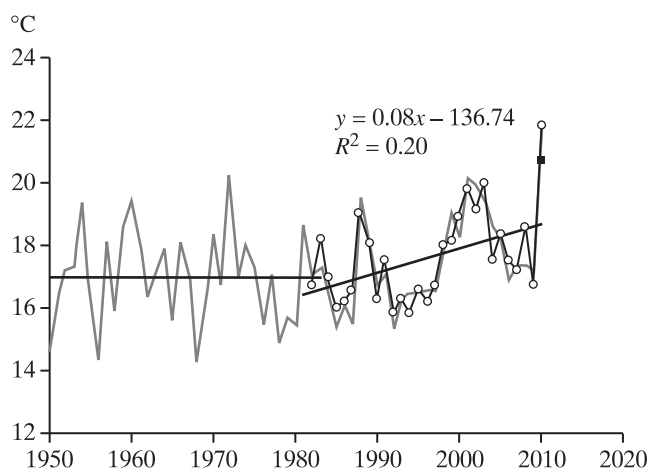


Рис. 6. Изменения средней по ЕТР (район I на рис. 5) температуры в июле. Жирная линия – измеренная кривая, тонкая с кружками – рассчитанная по регрессии из табл. 5б. Прямые линии – тренды за 1950–1983 и 1981–2010 гг. Приведено уравнение для тренда после 1981 г.

Крупномасштабные механизмы атмосферной циркуляции, способствующие засухам на ЕТР. Важный вопрос, связанный с “Великой” засухой 2010 г. на Восточно-Европейской равнине, – причины ее формирования и возможность прогнозирования подобных условий в будущем. Поскольку непосредственной причиной засухи и жары является специфическая атмосферная циркуляция (так называемый “блокинг”), представляет значительный интерес выяснение роли различных циркуляционных механизмов в формировании полей метеозлементов, характерных для летнего блокинга, а также оценка возможности предсказания аномалий температуры и осадков летом над обширными областями континента Евразии.

Из результатов [34] следует, что по характеру колебаний температуры в июле (как и в среднем для лета) основная территория России может быть разделена на четыре района (рис. 5). ЕТР представляет собой единый район, внутри которого

корреляция колебаний температуры в его центре с любой точкой на окраине точек составляет не менее 0.55.

Путем простого осреднения интерполированных в регулярную сетку ($5 \times 5^\circ$) температурных рядов получен многолетний ход средней по ЕТР температуры июля, представленный на рис. 6. В ее многолетнем ходе до 1980-х гг., в основном, выделяются межгодовые вариации. В последующие десятилетия наиболее выраженными становятся флуктуации с периодом 6–10 лет, а также тренд (примерно с середины 1980-х гг.), который достигает около 0.8°C за 10 лет.

Выявлены также основные механизмы крупномасштабной атмосферной циркуляции (Northern Hemisphere Teleconnection Patterns), определяющие термический режим этого района, и их сравнительные вклады в изменчивость температуры в целом для лета за период 1950–2006 гг. Это полученные путем анализа по методу пошаговой множественной регрессии атмосферные индексы EAWR (East Atlantic – Western Russia – Восточная Атлантика – Западная Россия), Scand (Scandinavia – Скандинавия) и WP (West Pacific – Западно-Тихоокеанский). Существенные различия в характере колебаний температуры до и после середины 1980-х гг. указывают на необходимость проведения такого анализа для каждого из этих периодов отдельно. Из материалов табл. 5 видно, что результаты, приведенные для 1950–1984 гг. и 1985–2010 гг., значительно различаются между собой. До середины 1980-х гг. изменчивость июльской температуры в среднем для ЕТР на 36% объяснялась колебаниями EAWR (табл. 5а), причем определенная их доля (10%) связана с аномалиями индекса EAWR в мае. Невысокая доля описываемой циркуляционными индексами изменчивости июльской температуры, возможно, объясняется существенным вкладом внутримассовых конвективных процессов, характерных для летнего сезона в умеренных широтах. В этом кон-

Таблица 5. Параметры множественной пошаговой регрессионной зависимости между средней по ЕТР июльской температурой приземного воздуха и индексами макромасштабной атмосферной циркуляции**а. 1950–1984 гг.**

индекс	коэффициент	погрешность	R	$R^2\%$	$t (N = 33)$	p
EAWR-7	-0.60	0.19	0.51	26	-3.19	0.00
EAWR-5	-0.44	0.20	0.60	36	-2.22	0.03

б. 1985–2010 гг.

индекс	коэффициент	погрешность	R	$R^2\%$	$t (N = 33)$	p
WP-7	-0.40	0.16	0.62	39	-2.58	0.02
EAWR-7	-0.52	0.13	0.77	59	-3.90	0.00
WP-5	-0.62	0.13	0.84	70	-4.85	0.00
WP-4	0.61	0.14	0.89	80	4.27	0.00
SCAND-7	0.46	0.15	0.93	86	2.96	0.01

в. 1985–2009 гг.

индекс	коэффициент	погрешность	R	$R^2\%$	$t (N = 33)$	p
WP-4	0.77	0.20	0.42	17	0.20	0.00
WP-5	-0.78	0.22	0.68	47	0.22	0.00

R – коэффициент корреляции, $R^2\%$ – суммарная доля объясненной изменчивости, N – количество степеней свободы, t – критерий Стьюдента, p – уровень значимости

тексте весьма отличаются следующие 26 лет, когда колебаниями циркуляционных индексов можно объяснить более 80% изменчивости июльской температуры (табл. 5б). В этом случае это те же индексы, что были выявлены для лета в среднем [34], – WP, EAWR и Scand, с лидирующей ролью WP, вклад которого в целом достигает 59%. Рассчитанная на основании приведенной в табл. 5б регрессионной зависимости кривая (рис. 6) достаточно близко передает основные флуктуации наблюдаемой температуры и полностью воспроизводит линейный тренд (0.82 °C за 10 лет при 24% его вклада в общую дисперсию).

Существенно, что 21% изменчивости температуры в июле объясняются колебаниями этого индекса весной – в апреле (10%) и в мае (11%). Влияние состояния макромасштабной циркуляции весной на формирование летних термических условий, вероятно, связано с волновой структурой общей циркуляции атмосферы и имеет важное значение для предсказуемости температурных аномалий и засух. В табл. 5в приведены параметры регрессионной зависимости температуры только от индексов WP в апреле и мае, из чего следует, что изменчивость температуры июля в среднем для ЕТР может быть почти наполовину описана этими индексами. На рис. 6

маркером (в виде квадрата) показано значение температуры за июль 2010 г., рассчитанное на основе приведенной регрессионной зависимости за 1984–2009 гг. Оно оказалось весьма близким к реально наблюдавшейся в июле 2010 г. температуре воздуха. В то же время следует отметить, что аналогичным образом рассчитанная температура июля для ЕТР на 2011 г. оказалась далека от реальной, то есть полученная зависимость не обладает надежностью, достаточной для ее практического использования.

Заключение. На основе данных метеостанций по европейской территории России (ЕТР) и прилегающим странам проанализированы географическое распространение и эволюция во времени рекордных аномалий температуры и областей аномально низких осадков в июле и августе 2010 г., а также атмосферной засухи как сочетания высокой температуры и незначительных осадков. За исключением периферийных областей ЕТР, почти во всех субъектах Российской Федерации были отмечены абсолютные рекорды температуры и рекордно низкие осадки.

По историческим описаниям сделана выборка качественно подобных ситуаций в эпоху до начала метеорологических измерений, то есть с начала летописания до середины XVIII – начала

XIX в. Выработана балльная шкала для оценки интенсивности засух по литературным источникам. На качественном уровне выявлено, что условия, сходные с летом 2010 г., наблюдались на ЕТР неоднократно, причем в некоторые эпохи таких ситуаций было больше, в другие – меньше. В частности, в XIV–XVI вв. происходило по 2–3 сильные засухи за столетие и еще несколько засух умеренной интенсивности. В другие века частота засух на ЕТР была ниже.

Методами многомерной статистики на ряде данных после 1950 г. показано, что ряд механизмов атмосферной циркуляции, количественно характеризующих соответствующими индексами, оказывает существенное влияние на частоту и интенсивность засух на ЕТР. Особенно важна роль механизма WP (Западно-Тихоокеанский), который после 1980-х гг. в значительной степени определяет режим засух на ЕТР через волновую структуру течений во внетропической зоне Северного полушария. До середины 1980-х гг. этот механизм был слабо связан статистически с наличием и интенсивностью засух на ЕТР. Начиная с середины 1980-х гг. происходит постепенное ослабление зонального переноса во внетропической зоне Северного полушария, и одновременно значимо растёт средняя температура летнего сезона на ЕТР. Летнее потепление на ЕТР в современную эпоху стало не менее интенсивным, чем зимнее, а доля тренда в вариациях температуры в этот сезон даже существенно превышает аналогичный показатель для зимы.

Благодарности

Работа поддержана РФФИ (гранты 11-05-00573; 11-05-00676 и 13-05-41058) и программой Отделения наук о Земле РАН № 13. Авторы выражают благодарность П.А. Морозовой и В.В. Мацковскому за помощь в обработке данных метеостанций и архивов данных в регулярной сетке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белокуров С.А. Дневальные записки приказа тайных дел 7165–7183 гг. Изд-во Императорского общества истории и древностей российских при Московском университете. М.: Типография Штаба Московского военного округа, 1908. 346 с.
2. Боголепов М. О колебаниях климата Европейской России в историческую эпоху. Типография Т-ва И.Н. Кушнерев и К°. Москва, 1908. 107 с.
3. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 524 с.
4. Бучинский И.Е. О климате прошлого Русской равнины. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1957. 142 с.
5. Варгин П.Н., Лукьянов А.Н., Ганьшин А.В. Исследование динамических процессов в период формирования и развития блокирующего антициклона над европейской частью России летом 2010 г. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т. 48. № 5. С. 537–557.
6. Васильев А.А., Белинский О.Н. Основные виды гидрометеорологических опасностей и их распределение по территории России. В кн.: Природные опасности России. Т. 5. Гидрометеорологические опасности / Под ред. Голицына Г.С., Васильева А.А. М.: Крук, 2001. С. 14–24.
7. Варандинов Н.Н. История Министерства внутренних дел. Ч.1–3. СПб., 1858.
8. Воейков А.И. Избранные сочинения. Т. 1–3. М., Л. 1948–1951.
9. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка возможного вклада глобального потепления в генезис экстремально жарких летних сезонов на европейской территории РФ // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47. № 6. С. 717–721.
10. Журнал Министерства внутренних дел. 1840. Ч. 35, 39; 1855. Ч. 13, 15–18.
11. Журнал Министерства государственных имуществ. 1862. сент.; 1848. Ч. 23; 1857. Ч. 26.
12. История о Казанском царстве (Казанский летописец). Полное Собрание Русских Летописей (ПСРЛ), Т. XIX. 1903.
13. Леонтович Ф.И. Голодовки в России до конца прошлого века // Северный вестник. № 3. 1892.
14. Летопись Самовидца. Киев. 1878.
15. Метеорологический вестник. 1892, 1897, 1900.
16. Мохов И.И. Особенности формирования летней жары 2010 г. на европейской территории России в контексте общих изменений климата и его аномалий // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2011, Т. 47. №6. С. 709–716.
17. Новгородская первая летопись старшего и младшего извода. М.-Л. 1951.
18. Новгородский хронограф XVII в. // Тихомиров М.Н. Русское летописание. Ред.: Шмидт С.О. и др. М.: Наука, 1979. 383 с.
19. Оптоков Е.В. Колебания водности рек в историческое время. Исследования рек СССР. Вып. 14. Л., 1933.
20. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008.
21. Петрушевич А.С. Сводная Галицко-Русская летопись с 1600 по 1760 г. Львов, 1874.
22. Полное собрание законов Российской империи. № 6603, № 5022 СПб., 1831–1870.
23. Полное собрание русских летописей. Ипатьевская летопись. Густынская летопись. Т. 2. СПб., 1846.

24. Полное собрание русских летописей. Лаврентьевская летопись. Т. 1. Л., 1926.
25. Полное собрание русских летописей. Летописный сборник, именуемый Летописью Авраамки. Т. 16. СПб., 1889.
26. Полное собрание русских летописей. Летописный сборник, именуемый Патриаршей или Никоновской летописью. Т. 9–13. СПб., 1862.
27. Полное собрание русских летописей. Летописный сборник, именуемый Тверской летописью. Т. 15. СПб., 1863.
28. Полное собрание русских летописей. Летопись по Воскресенскому списку. Т. 7–8. СПб., 1859.
29. Полное собрание русских летописей. Симеоновская летопись. Т. 18. СПб., 1913.
30. Полное собрание русских летописей. Софийская вторая летопись. Т. 6. СПб., 1856.
31. Полное собрание русских летописей. Рогожский летописец. Т. 15. В. 1. 1922.
32. Полное собрание русских летописей. Русский Хронограф. Т. 22. Ч. 1. СПб., 1914.
33. Полное собрание русских летописей. Устюжские и Вологодские летописи XVI–XVIII вв. Т. 37. М., 1982.
34. Попова В.В. Современные изменения температуры приземного воздуха на севере Евразии: региональные тенденции и роль атмосферной циркуляции // Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. № 6. С. 59–69.
35. Постниковский, Пискаревский, Московский и Большой летописцы. Т. 34. М., 1978.
36. Правительственный вестник. 1872.
37. Ревич Б.А. Экстремально жаркое лето 2010 г. и его влияние на здоровье и смертность населения Европейской России (интервью). Изменение климата (бюллетень), М.: Росгидромет, № 23, март 2011 г., С. 9–11.
38. Сборник статистических сведений о России. Под ред. В.П. Безобразова. Т. III. СПб., 1858.
39. Северная почта. 1806–1819, 1862–1866 гг.
40. Семенов Е.К., Соколина Н.Н., Тудрий К.О. К вопросу о регенерации субтропического антициклона как факторе его дальнейшей стабилизации (на примере лета 2010 г.) // Метеорология и гидрология. 2012. № 10. С. 5–15.
41. Устюжский летописный свод. М.-Л., 1950.
42. Фролов А.В., Страшная А.И. О засухе 2010 г. и ее влиянии на урожайность зерновых культур // Сб. “Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 г.” М.: Триада Лтд, 2011. С. 22–31.
43. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирования // Метеорология и гидрология. 2010. № 11. С. 5–18.
44. Эварницкий Д.И. История запорожских казаков. СПб., 1888.
45. Barnston A.G., Livezey R.E. Classification, seasonality, and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. 1987. V. 115. P. 1083–1126.
46. Dole R., Hoerling M., Perlwitz J., Eischeid J. et al. Was there a basis for anticipating the 2010 Russian heat wave? // Geophysical Res. Let. 2011. V. 38. DOI: 10.1029/2010GL046582.
47. Matsueda M. Predictability of Euro-Russian blocking in summer of 2010 // Geophysical Res. Let. 2011. V. 38. DOI: 10.1029/2010GL046557.
48. Otto F.E.L., Massey N., van Oldenborgh G.J., Jones R.G. et al. Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave // Geophysical Res. Let. 2012. V. 39. L04702, doi:10.1029/2011GL050422.
49. Rahmstorf S., Coumou D. Increase of extreme events in a warmer world // Proceedings of the National Academy of Sci. 2011. V. 108. № 44. P. 17905–17909.
50. Schneidereit A., Schubert S., Vargin P., Lunkeit F. et al. Flow and the Long-Lasting Blocking High over Russia: Summer 2010 // Monthly Weather Rev. 2012. V. 140. P. 2967–2981.
51. Trenberth K.E., Fasullo J. Climate extremes and climate change: The Russian Heat Wave and other Climate Extremes of 2010 // J. of Geophysical Res. 2012. V. 117. D17103, doi:10.1029/2012JD018020.

2010 GREAT DROUGHT at the East European Plain: Historical Analogies and Circulation Mechanisms

A.B. Shmakin, M.M. Chernavskaya, V.V. Popova

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

The spatial and temporal characteristics of the peak heat and prolonged drought of 2010 summer in the European part of Russia (EPR) are considered. Periods of high temperatures and prolonged drought are marked. Based on historical sources, the sampling of qualitatively similar situations in the era prior to the meteorological measurements up to the period prior to the Mongol-Tatar invasion is done. In the 14th–16th centuries 2–3 strong droughts in a century took place in Russia, as well as several droughts of moderate intensity. Modern methods of multivariate statistics are used for analysis of large-scale atmospheric circulation mechanisms that contributed to the formation of a record drought. It is shown that WP mechanism (Western Pacific), particularly noticeable since the 1980s, i.e. during the modern warming plays a significant role in the formation of blocking anticyclones in Eastern Europe.