

**ОПАСНАЯ АТМОСФЕРНАЯ ЗАСУХА НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В  
УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ЛЕТНЕГО ПОТЕПЛЕНИЯ И СВЯЗЬ С  
МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ**

Черенкова Е.А., e-mail: lcherenkova@marketresearch.ru  
Институт географии Российской академии наук  
Россия, 119017 Москва, Старомонетный переулок, 29

**AZARDOUS ATMOSPHERIC DROUGHT IN THE SOUTH OF  
EUROPEAN RUSSIA IN THE RECENT SUMMER WARMING AND  
RELATIONSHIP WITH LARGE-SCALE ATMOSPHERIC CIRCULATION**

Cherenkova E.A., e-mail: lcherenkova@marketresearch.ru  
Institute of Geography, Russian Academy of Sciences  
Russia, 119017 Moscow, Staromonetnyi per., 29

Key words: hazardous atmospheric drought, air temperature, atmospheric circulation, Atlantic Multidecadal Oscillation, European Russia

**Abstract.** Characteristics of hazardous atmospheric drought in the European part of Russia during the period 1936-2014 using the weather stations data were investigated. The drought frequency was increased in the territory to the south of 54° N in the warm phases of the North Atlantic compared with the negative phase. However, the summer warming in the European Russia which was begun in the mid 70-ies of 20-th century made the most significant effect on the drought frequency increase. As a result, the area of drought was significantly extended to the northern regions where catastrophic drought has not previously been observed.

During the dangerous atmospheric drought period in 1936-2014, and according to B.L. Dzerdzeevskiy classification of daily synoptic processes, the most frequently circulation mechanisms observed were those associated with the establishment of anticyclonic circulation over the region. Positive statistically significant trend of the circulation mechanisms change during periods of drought observed in both warm phases of the North Atlantic.

Засуха является природным явлением, способным наносить экосистемам непоправимый ущерб. Пристальное внимание исследователей к изучению засухи в меняющемся климате обусловлено, прежде всего, ее последствиями для природной среды и общества - снижением продуктивности растительных сообществ и агрофитоценозов, а также дефицитом водных ресурсов. Как правило, обширные засухи связаны с формированием крупномасштабных стационарных антициклонов, блокирующих зональный поток - блокингов. Несмотря на значительность стохастической составляющей засух, предпринимаются попытки установить закономерности формирования засух. Выявлены значимые различия частоты сильных засух и урожайности зерновых культур на юге европейской территорией России (ЕТР) в противоположные фазы квазидвухлетней цикличности ветра в экваториальной стратосфере, связанные с различиями в статистике синоптических циклонических и антициклонических вихрей над ЕТР [Cherenkova et al. 2015]. Отмечается, что риск формирования весенне-летних засух на ЕТР в год наблюдения достаточно сильного Ла-Нинья значительно возрастает, а в последующем году существенно понижается [например, Mokhov, Smirnov, 2006 и др.].

Засуха различной интенсивности на европейской территории России наблюдается практически каждый год. Наиболее ощутимо засуха воздействует на районы недостаточного и неустойчивого увлажнения, находящиеся на юге ЕТР. Актуальность мониторинга засух обусловлена тем, что на этих территориях расположены зернопроизводящие области европейского зернового пояса РФ. Сложность изучения феномена засухи связана с тем, что засуха как комплексное явление может рассматриваться с различных точек зрения.

Цель статьи состоит в исследовании региональных особенностей пространственного распределения катастрофических атмосферных засух на европейской территории России в ситуации современного летнего потепления и в зависимости от термического состояния Северной Атлантики.

**Материалы и методы.** В данной работе исследуется динамика опасной атмосферной засухи (ОАЗ). Согласно рекомендациям Росгидромета, засуха классифицируется как опасная атмосферная, если в течение не менее 30 дней подряд при аномально высоких температурах воздуха (максимальная температура превышает  $25^{\circ}\text{C}$ , а в южных районах ЕТР –  $30^{\circ}\text{C}$ ) не наблюдается эффективных осадков [Гречиха, 2004]. ОАЗ относится к категории опасных гидрометеорологических явлений, по интенсивности воздействия на экосистемы можно считать такую засуху катастрофической. Максимум повторяемости ОАЗ отмечается на территории Прикаспийской низменности. Для расчета засухи использован климатический архив данных ВНИИГМИ-МЦД наблюдений за суточной максимальной температурой воздуха и суточными суммами осадков на 110-ти метеостанциях сети Росгидромета, находящихся в пределах территории исследования (данные доступны на интернет-сайте <http://www.meteo.ru>). Также были рассмотрены среднемесячные температуры воздуха из того же архива. В расчет принимались временные ряды, в которых пропуски составили не более 10%. Начало периода исследования (1936-2014 гг.) обусловлено существенным расширением сети метеостанций СССР во второй половине 1930-х годов. Ранее автором была изучена динамика опасной атмосферной засухи на территории ЕТР в период 1936-2000 гг. [Cherenkova, 2007]. В данном исследовании частота ОАЗ рассмотрена в климатические периоды устойчивых положительных и отрицательных значений Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО), связанной с аномалиями температуры поверхности океана и переноса океанического тепла в Северной Атлантике. Согласно исследованиям [Sutton et al., 2012], к холодным фазам температуры поверхности океана (ТПО) Северной Атлантики с преобладающими отрицательными значениями АМО условно можно отнести периоды 1901-1925 гг. и 1963-1994 гг., а к теплым фазам с преобладающими положительными значениями АМО – периоды 1926-1962 гг. и 1995-2014 гг. Средняя частота ОАЗ за рассмотренные периоды рассчитывалась для каждой метеостанции как отношение числа случаев с засухой к числу лет периода.

Анализ динамики синоптических процессов был проведен с помощью типизации элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Северного полушария, разработанной Б.Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой [Дзердзеевский, 1968]. Для ЕТР использованы следующие группы циркуляции по генезису циклонов и антициклонов тёплого полугодия: широтная западная (распространение на восток гребня азорского антициклона), долготная северная (вторжение арктических антициклонов), долготная южная (выход южных циклонов) и стационарное положение (стационарирование антициклона в регионе) (более подробное описание ЭЦМ, на фоне которых формируются засухи, по группам циркуляции для ЕТР приведено в работе [Кононова, 2009; Cherenkova et al., 2015]).

**Обсуждение результатов.** Влияние ТПО Северной Атлантики на частоту ОАЗ в регионе наблюдения ОАЗ (на территории ЕТР южнее  $54^{\circ}$  с.ш.) маскируется присутствующим приблизительно с середины 70-х годов XX-го века положительным трендом во временных рядах летней температуры на ЕТР. Средняя скорость изменения среднемесячной температуры за летние месяцы на территории в период 1936-2014 г. составила  $0.06^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , потепление было значимым на всей территории ЕТР. О тесной связи

временных рядов ОАЗ и температуры воздуха свидетельствует достаточно высокий коэффициент корреляции между рядами – 0.73. Вместе с тем, можно сказать, что воздействие термического состояния Северной Атлантики проявилось в увеличении частоты ОАЗ на юге ЕТР в периоды с преобладающими положительными значениями АМО – периоды 1936-1962 гг. (рис. 1 а) и 1995-2014 гг. (рис. 1 б) по сравнению с периодом отрицательных значений в 1963-1994 гг. Например, в период 1936-1962 гг. максимальная повторяемость ОАЗ на территории Прикаспийской низменности составила в среднем до 4-7 засух /10 лет. В период 1963-1994 гг. частота наблюдения ОАЗ в регионе понизилась до 3-5 засух /10 лет (см. рисунок 2 а), а затем вновь возросла до 5-7 засух /10 лет в период 1995-2014 гг.

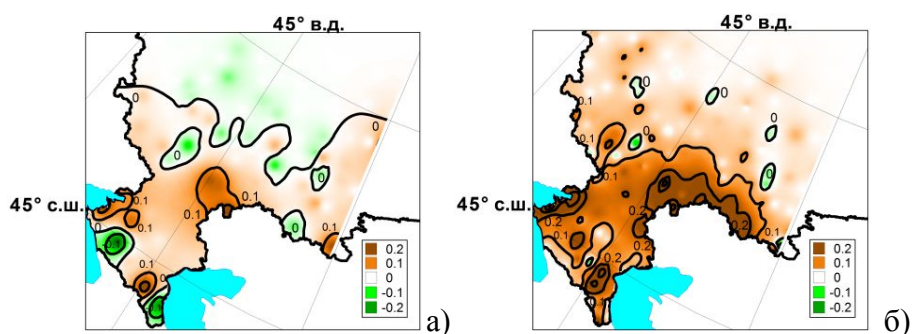


Рисунок 1. Изменение частоты ОАЗ на ЕТР в периоды 1936-1962 гг. (а) и 1995-2014 гг. (б) по сравнению с 1963-1994 гг.

На территории ЕТР к северу от 54° с.ш. (рисунок 2 а) в период 1963-1994 гг. ОАЗ не отмечалась, так как число дней с максимальными температурами воздуха, превышающими 25°C, было недостаточным для наблюдения длительных периодов аномально высоких температур воздуха, на фоне которых возникает ОАЗ. Напротив, в период наиболее активного потепления в 1995-2014 гг. непрерывные периоды с аномально высокими температурами стали более длительными и устойчивыми вследствие роста числа дней их наблюдения, что стало приводить к более частому наблюдению ОАЗ. Можно сказать, что существенное влияние на изменение частоты ОАЗ на территории, расположенной севернее 54° с.ш., оказало повышение летней температуры воздуха. В результате граница наблюдения катастрофической засухи существенно продвинулась к северу (рисунок 1 б) в те регионы, в которых такой тип засухи ранее не наблюдался.

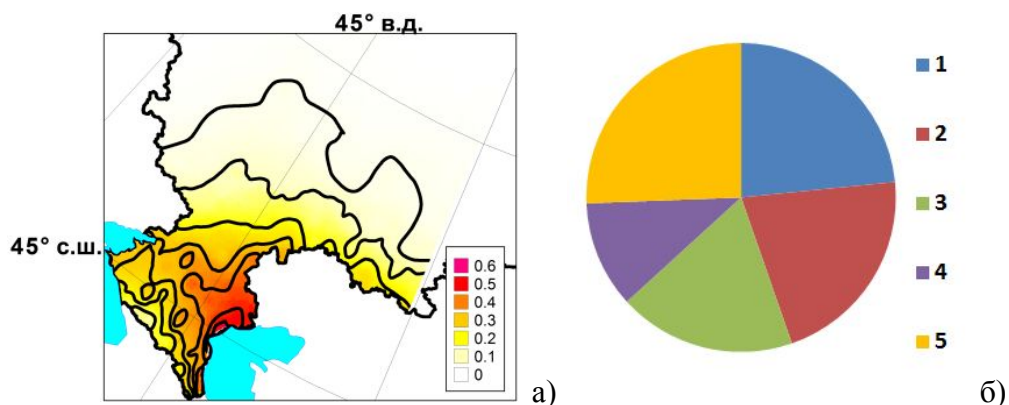


Рисунок 2. Частота ОАЗ в период 1963-1994 гг. (а) и соотношение групп циркуляции Б.Л. Дзердзеевского (%), участвующих в формировании ОАЗ: широтной западной (1), долготной северной с распространением арктических антициклонов на регион через Европейскую территорию (2) и Западную Сибирь (3), долготной южной (4) и стационарного положения (5).

Согласно данным ежедневного календаря последовательной смены ЭЦМ типизации Б.Л. Дзердзеевского ([www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)), 23.4% всех дней с ОАЗ на европейской части территории России в период 1936-2014 гг. формировалось при ЭЦМ, входящих в широтную западную группу циркуляции, 21.3% дней приходилось на долготную северную группу с распространением арктических антициклонов на регион через Европейскую территорию, 18.5% – на долготную северную группу с распространением арктических антициклонов на регион через Западную Сибирь (см. рисунок 2 б). Вклад ЭЦМ долготной южной группы, при которых на юг Европейской территории России выходят средиземноморские циклоны, в длительность ОАЗ был самым незначительным (11.2%), а на ЭЦМ группы стационарного положения приходилось 25.6%. Таким образом, наиболее часто встречались ЭЦМ, с которыми ассоциируется установление антициклонической циркуляции над регионом. Число последовательной смены ЭЦМ в периоды с ОАЗ в меридиональную южную циркуляционную эпоху (период 1957-1969 гг.), а также в период уменьшения продолжительности меридиональных южных процессов и роста меридиональных северных (1998-2014 гг., включающий годы наиболее активного современного потепления) превышает аналогичную характеристику в другие циркуляционные эпохи. В обоих случаях положительный тренд увеличения числа смен был статистически значимым. В работе [Кононова, 2015] отмечается, что современное увеличение годовой продолжительности блокирующих процессов, развивающихся преимущественно над континентами зимой и летом, привело к повышению летних и понижению зимних температур. В той же работе говорится о том, что в период 1998-2013 гг. на Северном полушарии может формироваться одновременно 3-4 блокирующих процесса, что в 1.5-2 раза больше, чем в предыдущие циркуляционные эпохи. Из вышесказанного следует, что в ближайшие годы сохраняется достаточно высокий риск возникновения ОАЗ на ЕТР.

**Заключение.** Исследование характеристик опасной атмосферной засухи на европейской территории России в период 1936-2014 гг. позволило получить следующие результаты. Воздействие Северной Атлантики проявилось в увеличении частоты опасных атмосферных засух на территории ЕТР южнее 54° с.ш. в положительные фазы АМО по сравнению с отрицательной фазой. Вместе с тем, наиболее существенное влияние на частоту опасной атмосферной засухи оказало современное летнее потепление на ЕТР, отмечавшееся с середины 70-х годов XX-го века. В результате граница наблюдения катастрофической засухи существенно продвинулась к северу в те регионы, в которых такой тип засухи ранее не наблюдался.

Согласно данным типизации Б.Л. Дзердзеевского, в период наблюдения опасной атмосферной засухи в 1936-2014 гг. наиболее часто встречались ЭЦМ, с которыми ассоциируется установление антициклонической циркуляции над регионом. В обе рассмотренные положительные фазы АМО наблюдался положительный статистически значимый тренд числа последовательной смены ЭЦМ в периоды с засухой.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научной темы 0148-2014-0015 «Исследования механизмов изменений климата и их последствий для окружающей среды и социально-экономических процессов в России» (рег. №01201352488).

## Литература

- Гречица А.П. Определение опасных гидрометеорологических явлений. Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций: III научно-практическая конференция. 22-23 октября 2003 г. Доклады и выступления. – М.: Едиториал УРСС. 2004. С.19-29.
- Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований, М.: Изд-во АН СССР и Межвед. геофиз. комитета при Президиуме АН СССР. 1968. 240 с.

- Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. – М.: Воентехиниздат, 2009, 372 с.
- Кононова Н.К. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX-XXI столетиях и их последствия для климата. // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2015. Т. 1. № 1. С. 133-162.
- Cherenkova E. A., Bardin M. Yu., Zolotokrylin A. N. The statistics of precipitation and droughts during opposite phases of the quasi-biennial oscillation of atmospheric processes and its relation to the yield in the European part of Russia // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2015. Volume 40. Issue 3. Pp. 160-169.
- Cherenkova E. A., Semenova I. G., Kononova N. K., Titkova T. B. Droughts and dynamics of synoptic processes in the south of the East European Plain at the beginning of the twenty-first century // *Arid Ecosystems*. 2015. Volume 5, Issue 2 , pp. 45-56.
- Cherenkova E.A. Dynamics of Severe Atmospheric Droughts in European Russia // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2007. Vol.32. Issue 11. Pp.675-682.
- Mokhov I. I., Smirnov D. A. El-Nino – Southern Oscillation drives North Atlantic Oscillation as revealed with nonlinear techniques from climatic indices // *Geophys. Res. Lett.* 2006. Vol. 33. P. L03708.
- Sutton, R. T., and B. W. Dong, 2012: Atlantic Ocean influence on a shift in European climate in the 1990s. // *Nature Geoscience*. 5. 788-792.