

УДК 551.577.23

Е.Н. Воскресенская, *д.геогр.н.*, **Е.В. Вышкваркова**, *инж.*

Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ И ИХ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

По данным наблюдений суточных сумм осадков на 28 гидрометеостанциях Украины в период с 1951 по 2009 гг. с использованием независимых методов получены ряды экстремальных величин осадков для четырех сезонов и года в целом, оценены их линейные тренды. Проанализировано пространственное распределение климатических изменений рассчитанных характеристик по территории страны для зимы, весны, лета и осени.

Ключевые слова: *суточные суммы осадков, экстремальные события, линейный тренд, пространственное распределение.*

Введение. Экстремальные осадки, являясь климатическими феноменами, способны существенно влиять на эффективность деятельности многих секторов экономики стран и регионов. С интенсивными ливнями связана угроза наводнения, эрозии, селей и оползней в горах. Несвоевременные и затяжные дожди вредоносны для урожая. Экстремально малые суммы осадков приводят к засухе, опасности лесных пожаров, обмелению рек, трудностям для судоходства и водоснабжения, потерям урожая. Интенсивные снегопады парализуют транспорт, вызывают повреждения деревьев, ЛЭП, зданий под снеговой нагрузкой, сход снежных лавин в горах, а при выпадении в обычно бесснежных районах или в теплое время года приносят ущерб сельскому хозяйству.

В условиях современных изменений климата и его будущих неопределенностей, интерес к изучению тенденций экстремальных осадков в последние десятилетия постоянно возрастает [1]. В отчете IPCC [2] указывается на увеличение количества осадков за период 1900–2009 гг. севернее 30° широты вследствие глобального потепления. Однако в литературе встречается ряд публикаций по региональным изменениям климата с противоречивыми выводами. Современные исследования в данной области, основанные на использовании разных методов и различных типов данных, показывают, что в оценках величин экстремальных осадков имеются существенные неопределенности, не позволяющие эффективно изучать как климатические характеристики экстремальных осадков, так и связанные с ними последствия. В одних работах, например, [3] изучение региональных трендов количества осадков показало значимое увеличение осадков в восточной части Северной и Южной Америки, на севере Европы, в северной и центральной частях Азии. При этом увеличение засушливости наблюдалось в Сахели, Средиземноморском бассейне, части южной Азии. В других, например [4], не выявлено увеличения относительного вклада интенсивных осадков на территории бывшего СССР и Китая. В то же время, в [5] обнаружено, что тренды количества влажных дней для 90-процентильного уровня за период 1961–1990 имеют там разные знаки, тогда как в [6] показано общее увеличение числа экстремальных осадков в Европе в период 1946–1999. Аналогичные результаты были получены в ходе глобальных и региональных исследований [7]. Такие выводы получили подтверждение в 4-м оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата [2], где утверждается, что повторяемость случаев выпадения экстремальных осадков за последние 50 лет в Европе в целом растет. Для территории Украины подобные оценки выполнялись лишь для отдельных местностей. Однако изучение экстремальных осадков остается непростой задачей.

Метод, основанный на использовании индексов экстремальности [8, 9 и др.], наиболее распространен для выделения экстремальных осадков. Для этого выбираются пороговые значения, обычно абсолютные или относительные величины. Другим, часто применяемым методом, является ранжирование интенсивности осадков. Однако, применение разных подходов к выделению экстремальных событий порой вызывает дискуссии в ходе региональных исследований. В то же время, получение количественных характеристик для анализа повторяемости экстремальных климатических явлений остается сложной задачей, поскольку частота таких событий невелика и использование стандартных статистических методов затруднительно. В настоящей работе с использованием независимых методов выделены экстремальные значения осадков. На этой основе проведен анализ пространственного распределения их линейных трендов по территории Украины.

Данные и методика анализа. В работе использовались данные суточных сумм осадков по результатам наблюдений за период с конца XIX по начало XXI вв. на следующих 28 гидрометеорологических станциях Украины: Ай-Петри, Аскания Нова, Винница, Генчеськ, Дебальцево, Днепропетровск, Донецк, Житомир, Ивано-Франковск, Измаил, Керчь, Киев, Кировоград, Лубны, Луганск, Львов, Одесса, Полтава, Севастополь, Симферополь, Сумы, Тернополь, Ужгород, Умань, Феодосия, Харьков, Черновцы, Шепетовка.

Указанные массивы сформированы из двух источников: база данных the European Climate Assessment (ECA) & Dataset [<http://eca.knmi.nl/dailydata/index.php>] и база данных National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) [<http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/search>]. Проверка качества полученных массивов выполнялось с привлечением данных наблюдений гидрометеослужбы Украины, которая показала однородность и тесную корреляционную связь для периода с 1951 по 2009 гг., наиболее полно обеспеченного качественными данными по всем станциям. В результате, именно этот период и рассматривался далее в ходе исследования.

Сложность анализа суточных осадков заключается в том, что их распределение не соответствует нормальному закону распределения. Оно может быть аппроксимировано Гамма-распределением. На рис. 1 приведена в качестве примера гистограмма распределения суточных осадков (для дней с суммами осадков больше 0,1 мм) для зимнего сезона для станции Ай-Петри (1951–2005 гг.). Коэффициенты асимметрии и эксцесса равны 4,76 и 25,96 соответственно.

Для изучения экстремальных осадков в данной работе применены методы абсолютного и относительного порогового значения. Оценка изменений во времени

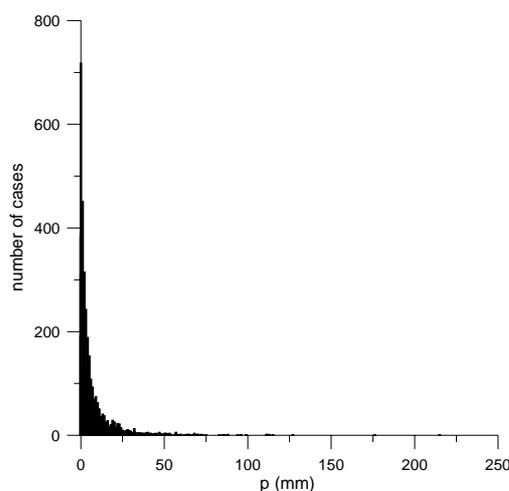


Рис. 1 – Гистограмма распределения суточных осадков для зимнего сезона, станция Ай-Петри (1951–2005 гг.)

неравномерности экстремальных осадков проводилась на основе рассчитанных линейных трендов. Рассмотрим последовательно результаты применения указанных методов и их анализа.

Результаты. Анализ экстремальных осадков выполнялся с привлечением двух независимых методов. Первый из них – метод абсолютного порогового значения (индекс R20mm, R30mm). Смысл метода заключается в следующем. Выбирается некоторое значение суммы осадков (в мм) за сутки, например, 30 мм, которое считается пороговым. При этом все случаи суточных сумм осадков, превышающие указанное значение, принимаются за экстремальные.

Проблема этого метода состоит в определении порогового значения для изучаемого региона. Дело в том, что данный метод хорошо подходит для анализа осадков в одной точке или на небольшой территории. Однако при рассмотрении значительных территорий, одно и то же пороговое значение может быть нерепрезентативным для разных ее областей. Поэтому неправильно применять один и тот же критерий к районам, находящимся в неодинаковых климатических областях, например, засушливого и морского климата.

В настоящей работе первоначально использовался порог 30 мм за сутки, что было применено в соответствии с рекомендацией Гидрометслужбы Украины. Однако для некоторых станций, особенно в зимний период, это значение оказалось слишком

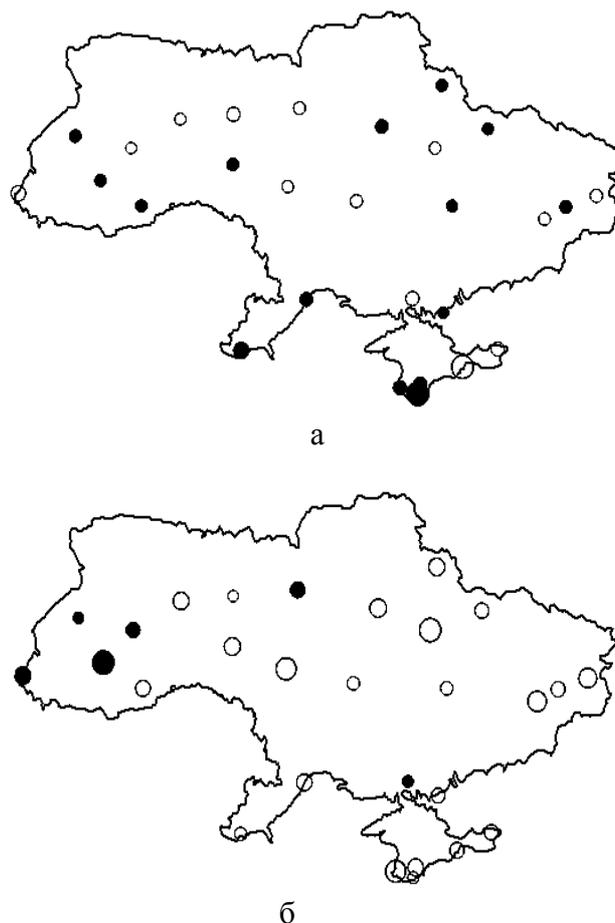


Рис. 2 – Пространственное распределение знаков линейных трендов индекса R20mm для зимнего (а) и летнего (б) сезонов. Черные круги – отрицательный, белые – положительный (величина кругов пропорциональна величине тренда)

большим. Поэтому в ходе использования первоначально принятого порога экстремальности $R30mm$, тренды повторяемости дней с интенсивными осадками для зимнего сезона не рассчитывались, поскольку предварительный анализ количества дней с экстремальными осадками показал, что за исследуемый период на многих станциях было отмечено всего лишь один-два таких случая. В летний же сезон количество таких случаев было вполне достаточным для оценки линейных трендов. В итоге получено, что пространственное распределение линейных трендов в анализируемый период было следующим. Отрицательные тренды характерны для западной части страны и юга Украины, особенно ее приморских регионов, а также для отдельных областей в северной части страны, в частности, станций Киева и Житомира. На остальной территории рассчитанные тренды имеют положительный знак, что говорит об учащении экстремальных ситуаций с осадками.

Далее по указанным выше причинам в качестве порогового использовалось значение 20 мм, которое было принято согласно соответствующей рекомендации группы экспертов по определению изменений климата CLIVAR/JCOMM.

Применение для анализа в качестве пороговой – величины индекса $R20mm$ показало такую картину (рис. 2). В зимний сезон положительные тренды экстремальных осадков приурочены к районам Донецкого края, восточной части

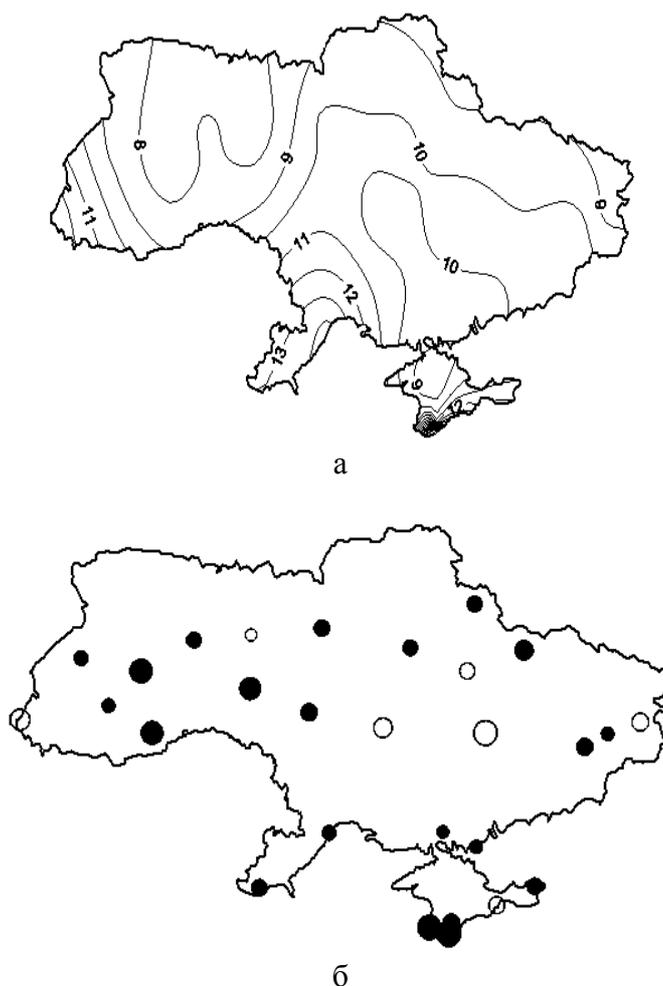


Рис. 3 – Пространственное распределение суточных осадков 95%-ой повторяемости (а) и знаков линейных трендов (б) для зимнего сезона за период 1951–2009 гг. Черные круги – отрицательный, белые – положительный (величина кругов пропорциональна величине тренда)

Крымского полуострова, центральной Украины, а также Закарпатского региона, а для большей оставшейся части Украины – отрицательные. При этом в летний сезон для большей части территории Украины характерно преобладание положительных трендов, отрицательные же значения линейных трендов осадков типичны для таких регионов как западная часть страны, а также для станций Киев и Аскания Нова. Значения положительных трендов в анализируемый период составляют от 0,29 дня/10 лет до 0,001 дня/10 лет, а отрицательных – от –0,33 дня/10 лет до –0,0043 дня/10 лет.

Второй метод основан на использовании относительного порогового значения. В этом случае экстремальными считаются осадки, превышающие некоторое значение, соответствующее определенному проценту повторяемости, получаемому при расчете гистограммы повторяемости осадков. В нашем случае 90, 95 и 99 % (то есть осадки, повторяющиеся раз в 10, 20 и 100 лет). Этот метод более универсален, так как для каждой станции определяется свое пороговое значение, что позволяет учесть рельеф, климатические особенности каждого региона. Однако у такого метода есть и свои недостатки. Дело в том, что одно и то же значение, полученное в процентах соответствует разному абсолютному значению количества осадков на разных станциях.

Рассмотрение распределения суточных сумм осадков 95%-ой повторяемости (так называемые «умеренные» экстремальные явления) для летнего и зимнего сезонов показало следующие результаты.

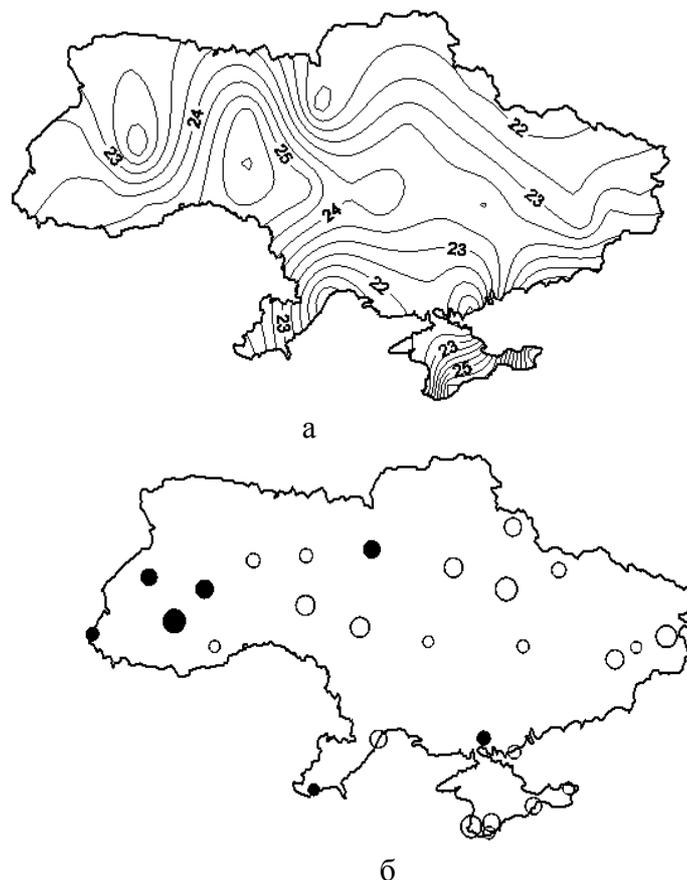


Рис.4 – Пространственное распределение суточных осадков 95%-ой повторяемости (а) и знаков линейных трендов (б) для летнего сезона за период 1951 – 2009 гг. Черные круги – отрицательный, белые – положительный (величина кругов пропорциональна величине тренда)

Зимой максимальное значение характерно для станции Ай-Петри, что показывает рис. 3а. Локальные максимумы расположены на западе, в районе Карпатских гор и на юго-западе страны, включая Одессу. Для лета характерно достаточно равномерное распределение осадков 95%-ной повторяемости. Величина колеблется в пределах 23–24 мм (рис. 4а).

Для определения трендов суточных осадков различной повторяемости подсчитано количество случаев в году превышающие заданные пороги. В зимний период преобладают отрицательные тренды (от $-0,31$ дня/10 лет до $-0,026$ дня/10 лет) (рис. 3б), а в летний – положительные (от $0,25$ дня/10 лет до $0,0043$ дня/10 лет) (рис. 4б).

Таким образом, используемые методы анализа экстремальных осадков показали похожие результаты, заключающиеся в уменьшении на большей части территории Украины количества случаев экстремальных событий в зимний период и их увеличение в летний.

Выводы. В период 1951 – 2009 гг. число событий с экстремальными осадками на большей части территории Украины значимо увеличивалось в летний сезон. Такой результат получен с использованием двух независимых методов.

Линейные тренды экстремальных осадков хорошо согласуются между собой в оценках для зимнего сезона и характеризуются преимущественно отрицательным знаком. Однако, в летний сезон для индексов экстремальных осадков типично преобладание положительных знаков линейных трендов.

Список литературы

1. Mariotta A., Struglia M.V., Zeng N., Lau K.M. The hydrological cycle in the Mediterranean region and implications for the water budget of the Mediterranean Sea // *Journal of Climate*. – 2002. – 15. – P. 1674–1690.
2. Solomon S. et al. Technical Summary, in: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, UK, 2007.
3. Hamilton J.P., Whitelaw G.S., Fenech A. Mean annual temperature and total annual precipitation trends at Canadian biosphere reserves // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2001. – 67. – P. 239–275.
4. Karl T.R., Knight R.W. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States // *BAMS*. – 1998. – 79. – P. 231 – 241.
5. Klein-Tank A.M.G., Konnen G.P. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–1999 // *J. Climate*. – 2003. – 16. p. 3665–3680.
6. Haylock M.R., Goodess C.M. Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with mean large-scale circulation // *Int. J. Climatol.* – 2004. – 24. – P. 759 – 776.
7. Zolina O., Simmer C., Kapala A., Gulev S.K. On the robustness of the estimates of entennial scale variability in heavy precipitation from station data over Europe // *Geophys. Res. Lett.* - 2005. - V. 32. - L14707, doi:10.1029/2005GL023231.
8. Moberg A. et al. Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901 – 2000 // *J. Geophys. Res.* – 2006. - 111. - D22106, doi: 10.1029/2006JD007103.
9. Haylock M.R., Goodess C.M. Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with the mean large scale circulation // *Int. J. Climatol.* – 2004. - 24. – P. 759–776.
10. Martin-Vide J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain // *Int. J. Climatol.* – 2004. – 24. – P. 959 – 971.
11. Воскресенская Е.Н., Вышкваркова Е.В. Пространственное распределение индекса концентрации суточных осадков по территории Украины // *Системы контроля окружающей среды /Сб. науч. тр. НАН Украины, МГИ. – Севастополь. – 2011 – Выпуск 15. – С. 235 – 239.*

Екстремальні опади і їх кліматичні зміни на території України за даними спостережень

Воскресенська О.М., Вишкваркова О.В.

За даними спостережень добових сум опадів на 28 гідрометеостанція України в період з 1951 по 2009 рр. з використанням незалежних методів отримані ряди екстремальних величин опадів для чотирьох сезонів і року в цілому, оцінені їх лінійні тренди. Проаналізовано просторовий розподіл кліматичних змін розрахованих характеристик по території країни для зими, весни, літа і осені.

Ключові слова: добові суми опадів, екстремальні події, лінійний тренд, просторовий розподіл.

Extreme precipitation and their climate change over the Ukraine after the observation data sets

Voskresenskaya E.N., Vyshkvarкова E.V.

On the basis of daily precipitation data sets from 28 hydrometeorological stations of Ukraine the seasonal and yearly extreme value rows are got for 1951 – 2009 using several independent methods. Their linear trends are estimated in this paper. The space distribution of climate change of extreme precipitation frequency over the Ukraine in winter, spring, summer and autumn is analyzed in the paper.

Keywords: daily precipitation, extreme events, linear trends, space distribution.