

## ПОВТОРЯЕМОСТЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ В КРЫМУ

*Е.В. Вышкваркова, Е.Н. Воскресенская,  
А.М. Ярош\**

Институт природно-технических систем  
г. Севастополь, ул. Ленина, 28  
E-mail: aveiro\_7@mail.ru

\* ГБУ РК «Ордена Трудового Красного  
Знамени Никитский ботанический сад –  
Национальный научный центр»  
пгт. Никита, Никитский спуск, 52

*С использованием ежедневных сумм осадков с 18 метеорологических станций Крыма за период 1950 – 2014 гг. исследована пространственная и временная изменчивость параметров экстремальных осадков (уровень и количество экстремальных осадков, неравномерность выпадения осадков) для зимнего и летнего сезонов и продолжительность засух.*

**Введение.** Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) утверждает, что с 1950-го года наблюдается увеличение интенсивности и частоты экстремальных осадков в средних широтах [1]. Экстремальные осадки могут приводить к катастрофическим последствиям – наводнениям, эрозии почв и оползням в горах. Многие авторы отмечают увеличение интенсивности и частоты экстремальных осадков в разных регионах мира – в Германии [2], в Греции [3] и пр.

В тоже время, такое явление как засуха также представляет собой экстремальное событие. Засухи обуславливают негативные социально-экономические последствия. Для их исследования обычно применяют такой критерий как продолжительность сухого периода [4]. Говоря о трендах засух, следует отметить, что существуют противоречивые точки зрения. Например, Donat и др. [5] обнаружили, что годовое максимальное количество последовательных сухих дней снизилось во второй половине XX века в большинстве регионов. Однако, Giorgi и др. [6] указали, что «гидрокли-

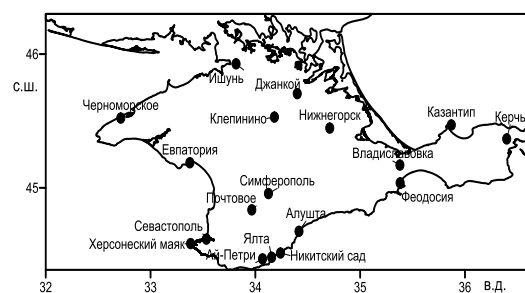
матическая интенсивность», мера, которая включает в себя продолжительность засух и интенсивность осадков, возросла в тот же период в ответ на потепление климата. Они показали, что положительные тренды (отражающие увеличение продолжительности засух и/или экстремальных осадков) наиболее выражены в Европе, Индии, части Южной Америки и Восточной Азии.

Побережье Черного моря и Крым – широко известный рекреационный и туристический регион, а также всемирно известный центр виноградарства и виноделия. Поэтому исследования экстремальных осадков и продолжительности засух в этом регионе очень важны. Целью данной работы является исследование пространственно-временной изменчивости параметров экстремальных осадков и продолжительности засух в Крыму за период 1950 – 2014 гг.

**Данные и методы.** В работе использованы данные ежедневных сумм осадков для 18 гидрометеорологических станций Крыма (рис. 1), взятых с KNMI Climate Explorer [7] за период 1950 – 2014 гг.

В качестве критерия экстремальных осадков выбран 95-й перцентиль. Для исследования неравномерности выпадения осадков использован индекс концентрации – CI (concentration index) [8].

Для изучения продолжительности засух использован индекс CDD (consecutive dry days) – максимальное количество последовательных дней с осадками  $\leq 1$  мм. Контроль качества исходных данных выполнен с помощью программного обеспечения RClimDex.

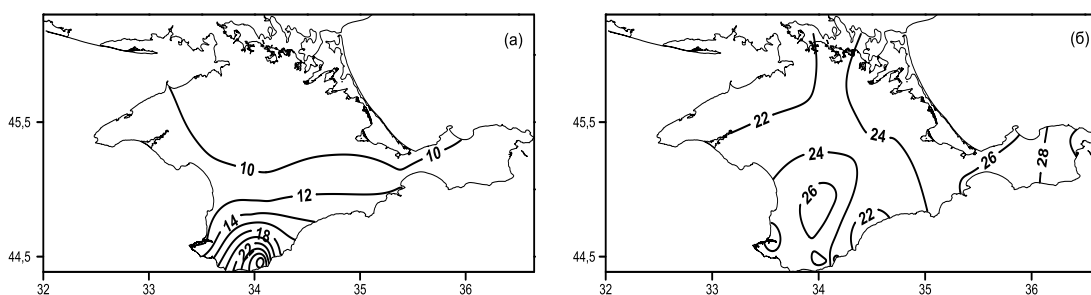


Р и с. 1. Расположение станций в Крыму

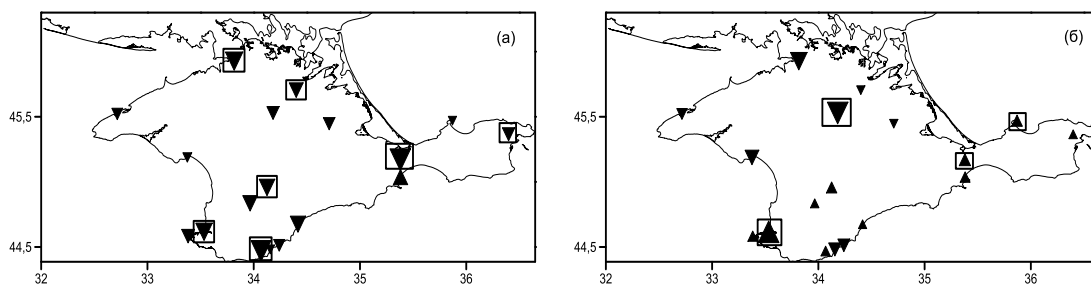
**Результаты.** Параметры экстремальных осадков рассчитаны для зимнего и летнего сезонов.

*Экстремальные осадки.* Пространственное распределение экстремальных осадков в зимний сезон характеризуется увеличением с севера на юг (рис. 2, а), с пиком в районе Крымских гор. Летом же, уровень экстремальных осадков по Крыму распределен достаточно равномерно. Их средние значения составляют 24,5 мм/сут (рис. 2, б). Увеличение до 30 мм/сут характерно для Керчи. Линейные тренды количества дней с экстремальными осадками зимой преимущественно отрицательные (рис. 3, а). Отрицатель-

ные тренды достигают 0,4 дней/10 лет в районе Крымских гор и в восточной части Крыма. Летом, линейные тренды экстремальных осадков в степной зоне полуострова также характеризуются отрицательным знаком, однако для юго-восточной части Крыма знак трендов меняется на положительный (рис. 3, б). Положительные тренды в юго-восточной части достигают величины 0,6 дней/10 лет, в то время как в степной зоне (север Крымского полуострова) линейные тренды имеют величину 0,1 дней/10 лет.



Р и с. 2. Пространственное распределение уровня экстремальных осадков для зимнего (а) и летнего (б) сезонов в Крыму за период 1950 – 2014 гг.



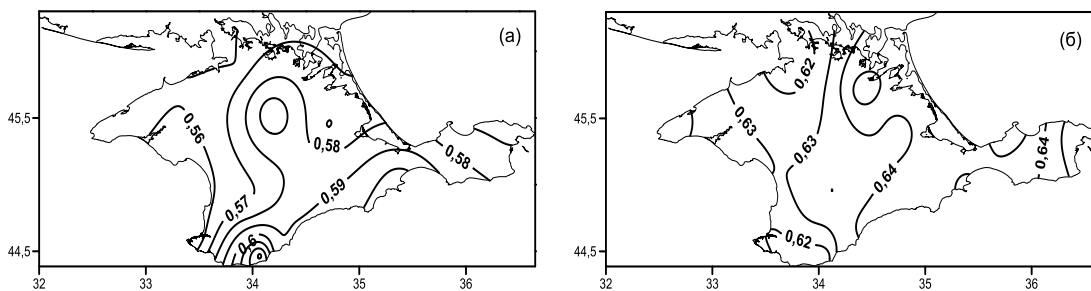
▲ – положительный тренд, ▼ – отрицательный тренд. Величина треугольников пропорциональна величине тренда. Значимые тренды на 5% уровне значимости выделены внешним квадратом

Р и с. 3. Пространственное распределение линейных трендов количества дней с экстремальными осадками для зимнего (а) и летнего (б) сезонов в Крыму за период 1950 – 2014 гг.

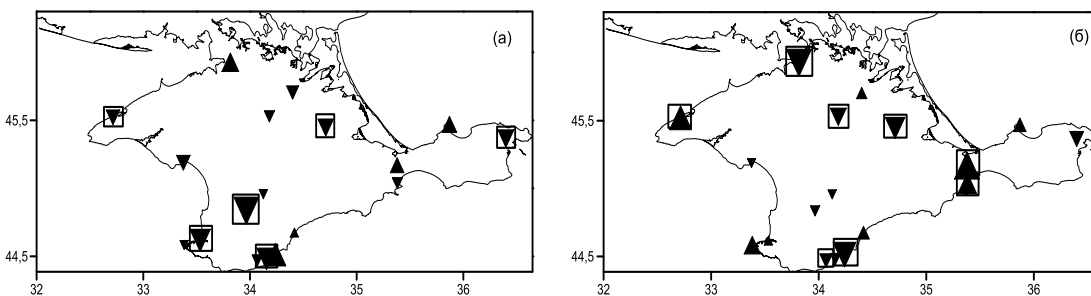
*Неравномерность выпадения осадков.* В зимний сезон индекс концентрации варьируется в пределах 0,54 – 0,63. Индекс концентрации ниже 0,6 характерен для всей территории Крыма, кроме района гор и Феодосии (рис. 4, а). Минимальные значения неравномерности осадков типичны для западного берега Крыма. Наибольший градиент неравномерности осадков наблюдается в южной части Крыма, что связано с топографией (наличием Крымских гор). Летний сезон характеризуется наибольшим средним значением неравномерности осадков –

0,63 и равномерным распределением (рис. 4, б). Значения выше среднего характерны для восточной части Крыма.

Линейные тренды индекса концентрации (неравномерности осадков) преимущественно отрицательные на всей территории Крыма. Значимые линейные тренды в зимний сезон расположены в южной части Крыма и в районе Керчи (рис. 5, а). Летом, линейные тренды также преимущественно отрицательные, однако есть несколько положительных трендов в районе станций Черноморское и Феодосия (рис. 5, б).



Р и с. 4. Пространственное распределение индекса концентрации для зимнего (а) и летнего (б) сезонов в Крыму за период 1950 – 2014 гг.

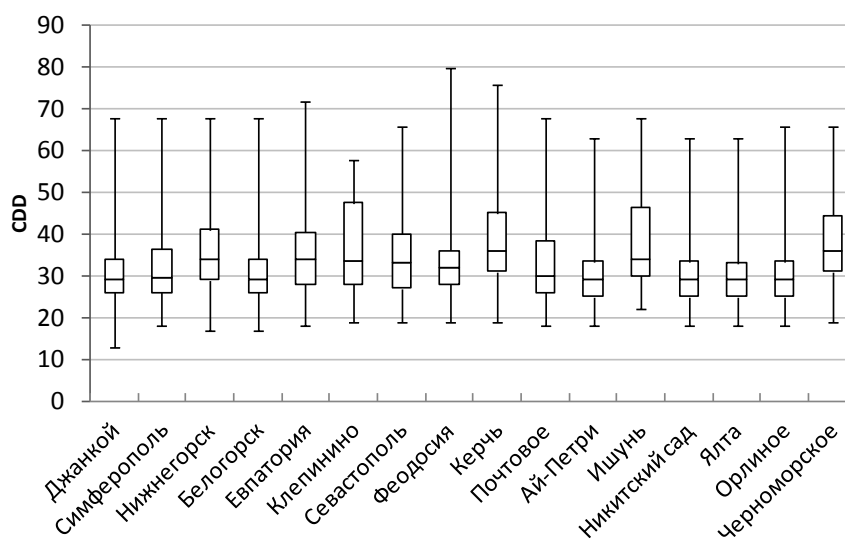


▲ – положительный тренд, ▼ – отрицательный тренд. Величина треугольников пропорциональна величине тренда. Значимые тренды на 5% уровне значимости выделены внешним квадратом

Р и с. 5. Пространственное распределение линейных трендов индекса концентрации для зимнего (а) и летнего (б) сезонов в Крыму за период 1950 – 2014 гг.

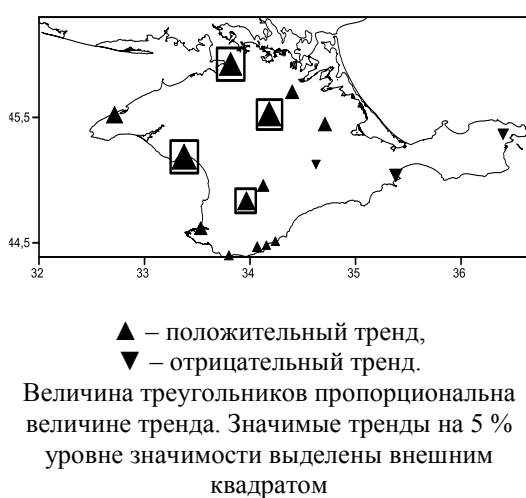
*Продолжительность засух.* Для исследования продолжительности засух был выбран годовой масштаб, поскольку засуха может начаться в один сезон и продолжиться в другой. Среднее значение индекса CDD изменяется от 29 до 36 дней. Это видно на диаграмме размаха

(Box and Whiskers plots) на рис. 6. Наибольшее среднее значение индекса CDD (36 дней) характерно для наиболее восточной и западной станций (Керчь и Черноморское соответственно). Наиболее продолжительный период засухи отмечен на станции Феодосия – 80 дней.



Р и с. 6. Диаграмма размаха (Box and Whiskers plot) индекса CDD для исследуемых станций Крыма за период 1950 – 2014 гг.

Также была исследована временная изменчивость индекса CDD для территории Крыма. Пространственное распределение среднегодовых коэффициентов линейных трендов представлено на рис. 7. Для рассчитанного среднегодового индекса CDD характерно увеличение количество последовательных сухих дней по территории Крыма за период 1950 – 2014 гг. кроме восточной части полуострова (не значимые). Значимые (на 5 % уровне) положительные линейные тренды характерны для центральной и западной части исследуемого региона и достигают 1,95 дней / 10 лет.



Р и с. 7. Пространственное распределение линейного тренда индекса CDD в Крыму за период 1950 – 2014 гг.

**Заключение.** Исследование сухих и влажных экстремумов показало следующее: 1) уровень экстремальных осадков зимой имеет максимальные значения в районе Крымских гор, а летом распределен равномерно. Линейные тренды зимой преимущественно отрицательные, а летом их знак отрицателен на севере Крыма и положителен в юго-восточной части; 2) неравномерность выпадения осадков зимой увеличивается в направлении Крымских гор, а летом распределена равномерно. Линейные тренды индекса концентрации преимущественно отрицательные в зимний и летний сезоны; 3) продолжительность сухих периодов изменяется в пределах 29 – 36 дней. Линейные тренды индекса CDD преимущественно положительные по всей территории Крыма.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ВОО «Русское географическое общество» в рамках гранта «Комплексный анализ природно-климатического потенциала и его будущих изменений на территории Крыма и в прибрежной зоне Черного моря для перспективного планирования устойчивого развития региона».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC [Stocker T.F. et al. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 1535 p.*
2. *Tromel S., Schonwiese C.D. Probability change of extreme precipitation observed from 1901 to 2000 in Germany // Theor. Appl. Clim. 2007. Vol. 87. P. 29–39.*
3. *Kioutsioukis I., Melas D., Zerefos C. Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955–2002) // Int. J. Clim. 2010. Vol. 30. P. 1723–1737.*
4. *Nastos P.T., Zerefos C.S. Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece // Atm. Res. 2009. Vol. 94. № 4. P. 616–628.*
5. *Donat M.G. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset / M.G. Donat, L.V. Alexander, H. Yang [et al.] // J. Geoph. Res. Atm. 2013. Vol.118. № 5. P. 2098–2118.*
6. *Giorgi F. Higher hydroclimatic intensity with global warming / F. Giorgi, E.-S. Im, E. Coppola [et al.] // J. Clim. 2011. Vol. 24. P. 5309–5324.*
7. *База данных Метеорологического института Королевства Нидерланды KNMI Climate Explorer [Электронный ресурс]. – Сайт – URL: <http://climexp.knmi.nl> (дата обращения: 09.10.2015).*
8. *Martin-Vide J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain // Int. J. Clim. 2004. Vol. 24. P. 959–971.*