

## **МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ СУТОЧНЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**

<sup>1</sup>Иманов Ф. А., <sup>2</sup>Магеррамова А. Р.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский и проектный институт «Суканал»,  
ОАО «Азерсу»

г. Баку, Республика Азербайджан, e-mail: farda\_imanov@mail.ru

<sup>2</sup>Бакинский Государственный Университет

г. Баку, Республика Азербайджан, e-mail: meherremova.ayten@inbox.ru

Выполнен анализ функций распределения суточных максимальных осадков для 50 пунктов наблюдений, расположенных на территории Азербайджана. Показано, что для аппроксимации эмпирических кривых распределения целесообразно использовать трехпараметрическое гамма – распределение Крицкого-Менкеля. Для сглаживания эмпирических кривых неоднородных рядов применено усеченное гамма – распределение Крицкого-Менкеля. Эмпирические обеспеченности резко отклоняющихся точек определены по формуле М. А. Мамедова.

Ключевые слова: суточные максимальные осадки; кривые распределения; усеченные кривые; статистические параметры; критерий Пирсона.

## **LONG-TERM FLUCTUATIONS OF DAILY MAXIMUM PRECIPITATION IN AZERBAIJAN**

<sup>1</sup>Imanov F. A., <sup>2</sup>Maharramova A. R.

<sup>1</sup>"Sukanal" Scientific-Research and Design Institute, "Azersu" OJSC  
Baku, Republic of Azerbaijan, e-mail: farda\_imanov@mail.ru

<sup>2</sup>Baku State University

Baku, Republic of Azerbaijan, e-mail: meherremova.ayten@inbox.ru

The analysis of the distribution functions of the daily maximum precipitation for 50 observation points located on the territory of Azerbaijan is carried out. It is shown that for the approximation of empirical distribution curves, it is advisable to use three-parameter gamma - Kritsky-Menkel distribution. To smooth the empirical curves of inhomogeneous series, a truncated gamma - the Kritsky-Menkel distribution was used. The empirical probability of sharply deviating points is determined by the formula of M. A. Mamedov.

Keywords: daily maximum precipitation; distribution curves; truncated curves; statistical parameters; Pearson's test

Для решения многих задач прикладной гидрометеорологии широко используются суточные максимумы осадков (СМО) редкой повторяемости. Значение СМО 1 %-ой обеспеченности является основным параметром формулы предельной интенсивности стока. Обеспеченные значения СМО определяются с помощью аналитических кривых обеспеченностей. В настоящее время, на практике используются более 10-и таких распределений

[1, с.23]. Анализ 51 рядов наблюдений СМО в бассейне реки Верхняя Вистула (Польша) показал, что обобщенное распределение экстремальных величин (GEV) лучше усредняло 62 % всех рядов. Эта цифра составляет 18 % для логарифмического нормального распределения, 7 % для распределения Гамбеля [2, с.12]. Сравнительный анализ распределений GEV и Парето (GPD) был проведен в бразильской Амазонии, и сделан вывод в пользу GEV распределения [3, с.973]. В бассейне реки Верхней Лусатиан Неиссе (Польша) Gamma и GED распределения лучше аппроксимируют эмпирические данные СМО [4, с.62].

В международной практике, при изучении экстремальных гидрометеорологических величин, включая СМО, наиболее часто используются GEV распределение, лог-нормальное распределение и распределение Гумбеля.

М. А. Мамедов на примере рядов СМО на Кавказе, включая Азербайджан, выполнил сравнительный анализ трех аналитических кривых распределения (лог-нормальная, трехпараметрическая гамма-распределение Крицкого-Менкеля и биномиальная кривая) и пришел к выводу, что первые две аналитические кривые лучше аппроксимируют эмпирические распределения [5, с.26].

При расчете статистических параметров кривых распределения чаще всего используют метод моментов и наибольшего правдоподобия [6, с.21]. В последнее время широкое распространение получил метод L-моментов [7, с.297; 8, с.295; 9, с.2].

В данной статье выполнен анализ функций распределения СМО для 50 пунктов наблюдений, расположенных на территории Азербайджана, осуществлена оценка их соответствия эмпирическому материалу, определены статистические параметры рядов.

Исследованы возможности двух типов аналитических кривых распределения – лог-нормальной кривой и трехпараметрической гамма - кривой Крицкого - Менкеля. Такой выбор объясняется тем, что лог-нормальное распределение является одним из наиболее часто используемых в практике, так как коэффициент асимметрии рядов СМО обычно очень велик. Трехпараметрическая гамма – распределение Крицкого-Менкеля является наиболее широко используемой аналитической кривой в Азербайджане.

Вначале статистические параметры всех рядов были рассчитаны по методу моментов. Средние значения СМО колеблются от 19,5 до 113 мм, и коэффициенты вариации от 0,22 до 0,77. Для этих параметров были построены пространственные кривые обеспеченностей. Медианные значения для среднего и коэффициента вариации составляют, соответственно 34 мм и 0,39. Только для 9 рядов (18 %) значения коэффициента вариации превышают 0,50. Практически все ряды наблюдений положительно асимметричны. Отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации находятся в диапазоне 2 – 6 (медианное значение, 3,5).

Результаты оценки статистических параметров рядов методом наибольшего правдоподобия полностью согласуются с результатами, полученными методом моментов.

Относительные ошибки статистических параметров оценивались по известным формулам. Медианные значения пространственных рядов среднего и коэффициента вариации составляют, соответственно 7,5 и 14,0 %.

Учитывая, что значения статистических параметров, рассчитанные методом наибольшего правдоподобия являются более устойчивыми, то на следующих этапах расчетов и географических обобщений были использованы значения, определенные этим методом.

Эмпирические обеспеченности рассчитывались по формуле Вейбула.

В результате визуального анализа соответствия эмпирических и аналитических кривых распределения, выявлено, что:

1. Лог-нормальная и трехпараметрическая гамма – кривая Крицкого-Менкеля одинаково хорошо аппроксимируют эмпирические кривые предложения. Такие ряды составляют 26 % от общего количества рядов.

2. В 48 % случаев, трехпараметрическая гамма – распределение Крицкого-Менкеля лучше соответствует эмпирическим данным.

3. Для 6 % рядов лог- нормальная кривая лучше соответствует эмпирическим кривым.

4. В 20 % случаев, ни одна из рассмотренных аналитических кривых не аппроксимирует удовлетворительно эмпирические данные, поскольку они являются неоднородными. Для сглаживания таких эмпирических кривых использовано усеченное гамма – распределение Крицкого-Менкеля (рисунок).

Таким образом, в результате выполненного анализа установлено, что для аппроксимации эмпирических кривых СМО на территории Азербайджана, целесообразно использование трехпараметрического гамма – распределения Крицкого-Менкеля, которое является подходящим для 74 % рядов наблюдений.

Этот вывод подтверждается результатами статистического анализа соответствия рассмотренных аналитических кривых распределения и эмпирических кривых. Для проверки соответствия этих кривых применялся критерий Пирсона ( $\chi^2$ ) [10, с.153].

Для четырех пунктов наблюдений рассчитанные (эмпирические) значения статистики  $\chi^2$  приведены в таблице.

При уровне значимости 5 % ( $2\alpha = 5$  %) теоретическое значение статистики  $\chi^2$ , соответствующее объему данных наблюдений, составляет 9,49. Как видно из таблицы, для всех рядов эмпирические значения статистики меньше теоретического. Это означает, что обе рассматриваемые аналитические кривые соответствуют эмпирическим кривым. Однако для всех рядов значения статистики, рассчитанные для кривой Крицкого-Менкеля, меньше соответствующих значений, полученных для лог –

нормальной кривой. Это показывает, что кривые Крицкого – Менкеля лучше соответствуют эмпирическим кривым.

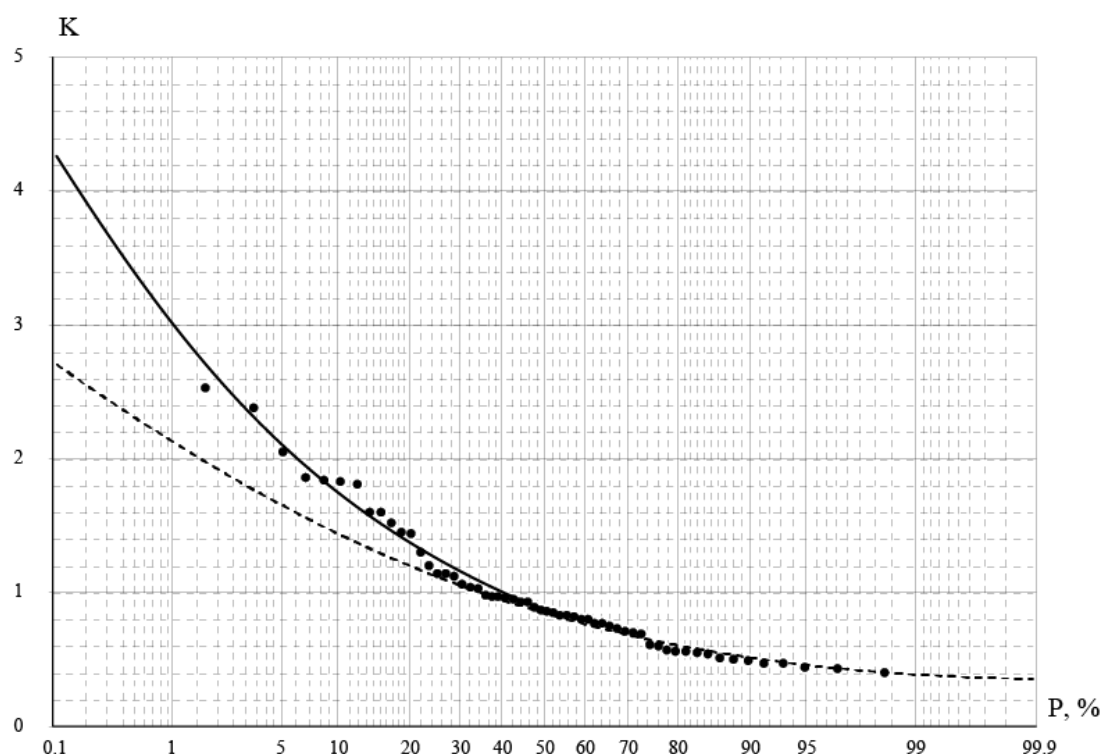


Рисунок – Кривые обеспеченностей суточных максимумов осадков для пункта Баку  
 - - - - полная трехпараметрической гамма - кривая Крицкого - Менкеля;  
 — усеченная гамма - кривая Крицкого – Менкеля.

Таблица – Результаты проверки соответствия аналитических и эмпирических кривых обеспеченностей по критерию Пирсона

| Пункт наблюдения | Для кривой Крицкого-Менкеля | Для лог-нормальной кривой |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Баку             | 5,17                        | 5,45                      |
| Маштага          | 7,04                        | 8,81                      |
| Пираллахи        | 3,44                        | 4,40                      |
| Сумгаит          | 1,84                        | 4,08                      |

Следует отметить, что несколько первых точек (обычно 1-2 точки) ранжированного ряда, соответствующие наибольшим значениям СМО, резко отклоняются от аналитических кривых. Такие ряды составляют 16 % от общего количества. Для определения эмпирических обеспеченностей таких точек использована формула М.А. Мамедова [5, с.68].

$$P = \frac{m}{n + k^z} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $k$  - модульный коэффициент;  $z$  – показатель степени.

Значение  $z$  зависит от длины ряда наблюдений, коэффициента вариации

и отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации:

$$z=f(n, C_v, C_s / C_v). \quad (2)$$

Таким образом, статистические параметры рядов суточных максимальных осадков Азербайджана могут быть рассчитаны как методом моментов, так и методом наибольшего правдоподобия. Для аппроксимации эмпирических кривых распределения СМО целесообразно использовать трехпараметрическое гамма-распределение Крицкого-Менкеля. Формула М. А. Мамедова позволяет точки, отскакивающие от аналитической кривой, включать в общую совокупность, что делает решение задач построения и экстраполяции эмпирических кривых более надежными.

### Библиографические ссылки

1. Сикан, А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. /А.В. Сикан. – СПб: Изд.-во РГГМУ, 2007. – 279с.
2. Estimating Maximum Daily Precipitation in the Upper Vistula Basin, Poland. / D. Młynski [et al.] // Atmosphere, 2019 – 10. – 43. – P.1-17.
3. Barbosa Santos, E. Seasonal Analysis of Return Periods for Maximum Daily Precipitation in the Brazilian Amazon / E. Barbosa Santos, P.S. Lucio, C. Moisés Santos e Silva. // J. of Hydrometeorology, 2015. – Vol. 16. – No. 3. – PP. 973-984.
4. Wdowikowski, M. Maximum daily rainfall analysis at selected meteorological stations in the upper Lusatian Neisse River basin / M. Wdowikowski, B. Kaźmierczak, O. Ledvinka // Meteorology, Hydrology and Water Management, 2016. – Vol. 4. – Issue 1. – PP.53-63.
5. Мамедов, М.А. Расчеты максимальных расходов воды горных рек. / М.А. Мамедов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 84 с.
6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
7. The Estimation of Probable Maximum Precipitation, The Case of Catalonia / M/ Carmen Casas [et al.] // Trends and Directions in Climate Research: Ann. N.Y. Acad. Sci., 2008. – № 1146. – P. 291–302.
8. Comparison of mapping approaches of design annual maximum daily precipitation. / J. Szolgay [et al.] // Atmospheric Res. 92, 2009 – P. 289–307.
9. Benabdesselam, T. Regional approach for the estimation of extreme daily precipitation on North-east area of Algeria. / T. Benabdesselam, H. Amarchi // International J. of Water Resour. and Environmental Engineering, 2013 – Vol. 5(10) – PP. 573-583. DOI:10.5897/IJWREE12.071
10. Иманов, Ф.А. Статистические методы в гидрометеорологии. / Ф.А. Иманов. – Баку, 2011. – 269 с. (на азербайджанском языке).