

УДК 551.577

**ОЦЕНКА РИСКА ЭКСТРЕМАЛЬНО ОБИЛЬНЫХ ОСАДКОВ
 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИХ РЕЖИМНЫХ ДАННЫХ**

Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Цинцадзе Т.Н., Бегалишвили Н.Н., Мдивани С.Г., Цинцадзе Н.Т.
 Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии

Введение

Атмосферные осадки являются одной из основных характеристик климата. сведения об осадках крайне необходимы для различных отраслей экономики, в особенности при обеспечении запросов сельского хозяйства, энергетики, транспорта, промышленного и гражданского строительства, создания гидротехнических сооружений, а также решения ряда других производственных и научных задач. Весьма важна информация относительно величин экстремально обильных осадков и связанных с ними вероятностей их выпадения (рисков). Большая интенсивность отдельного дождя, как правило, характерна для ливня. Однако, в протяжении ливневого дождя небольшая продолжительность, но большой интенсивности выпадает такое количество осадков, которое может привести к катастрофическим результатам. В горных условиях, при наличии крутых склонов с водонепроницаемыми геологическими структурами экстремально обильные осадки, в том числе и ливни, приобретают разрушительную силу. Экстремально обильные осадки, вызывая паводки и наводнения, наносят огромный ущерб, экономике страны, нередко приводя к трагическим последствиям среди населения.

В настоящей работе предложена методика оценки вероятности выпадения экстремально обильных суточных осадков на основе применения режимных месячных их характеристик. Методика реализована для данных осадков региона, прилегающего к Черноморскому побережью Грузии. Однако, она может быть применена и для других регионов, например для оценки риска обильных осадков в регионах Восточной Грузии. Проверка методики выполнена путем сравнения расчетных величин осадков и связанных с ними рисков с фактическими суточными данными наблюдений за обильными осадками.

Методика исследований

Вероятность (риск) выпадения экстремально обильных осадков можно оценить исходя из закона распределения суточных осадков для данного месяца, которые принимаем известными в виде ассиметричной гамма-функции:

$$f(x) = Ax^\alpha \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right), \quad (1)$$

где $f(x)$ -плотность вероятности суточных осадков x ;

$\alpha > -1, \beta > 0, A = \frac{1}{\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha+1)}$ -параметры распределения. $\Gamma(\alpha + 1)$ -полная гамма-функция или интеграл Эйлера второго рода.

Таким образом, интегральная функция

$$\Gamma(x \gg x_1) = \int_{x_1}^{\infty} f(x)dx = \int_{x_1}^{\infty} Ax^\alpha \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right) dx = \frac{\Gamma(\alpha+1; \frac{x}{\beta})}{\Gamma(\alpha+1)} \quad (2)$$

представляет собой вероятность выпадения суточных осадков выше величины x_1 . Здесь $\Gamma(\alpha + 1; \frac{x}{\beta})$ - неполная гамма-функция.

Первые два момента функции распределения (1) могут быть выражены через параметры распределения следующим образом:

$$M_1[x] = \bar{x} = \int_0^{\infty} xf(x)dx = (\alpha + 1)\beta, \quad (3)$$

$$M_2[x] = D = \int_0^{\infty} (x - \bar{x})^2 f(x)dx = (\alpha + 1)\beta^2, \quad (4)$$

где \bar{x} и D - соответственное среднее значение суточных осадков и дисперсия распределения для данного месяца.

И так, используя известные режимные характеристики осадков для каждого месяца, приведенные в климатических справочниках [1,2], а также результаты исследований в различных регионах Грузии (например, в [3]), можно оценить величины \bar{x} и D в выражениях (3) и (4). Затем, решая систему уравнений (3)-(4) относительно α и β , можно определить параметры распределения α, β, A в (1).

окончательно, это позволяет вычислить вероятность выпадения осадков, равных и больше заданной величины x_1 в (2), иначе, оценить в частности риск обильных осадков с количеством $x \gg x_1$.

Результаты исследований

В качестве примера реализации предложенной методики рассмотрим ежегодные данные об осадках двух метеостанций на территории Аджарии – Батуми и Хуло, в регионе Западной Грузии, прилегающей к Черному морю [1]. Из всех данных, помещенных в климатический справочник, остановимся на изменениях в сентябре 1959 года, когда на станции Батуми – АМСГ было отмечено наибольшее количество осадков за период 1951-1965 годов – 674 мм [1,2]. Наибольшее суточное количество осадков, зафиксированных в сентябре, 1959 года составило $x_m = 110$ мм. Число дней с осадками в этом месяце оказалось равным $N = 19$ (см.табл.1).

Таким образом, среднемесячное количество суточных осадков составило $\bar{x}_1 = \frac{674}{30} = 22.5 \text{ мм}$, а среднемесячное за сутки с осадками $\bar{x}_2 = \frac{674}{19} = 35.5 \text{ мм}$. Дисперсию суточных осадков находим из среднеквадратического значения, которое принимаем равным [3]
 $\sigma = 0.7\bar{x} = 0.7 \cdot 35.5 = 25 \text{ мм}$.

Тогда $D = \sigma^2 = 625 \text{ мм}^2$.

Итак, имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} (\alpha + 1)\beta = 35.5 \\ (\alpha + 1)\beta^2 = 625' \end{cases} \quad (5)$$

решением, которой будет $\alpha = 1, \beta = 17.6$. Тогда $A = 0.00323$. Таким образом, искомая функция распределения суточных осадков имеет вид:

$$f(x) = 0.00323x \exp(-0.057x). \quad (6)$$

Используя (2) и (6), можно оценить суточную вероятность выпадения осадков выше определенной величины. Расчетные значения вероятности, в том числе риск экстремально обильных осадков, представлены в последнем столбце табл.1.

Таблица 1. Число дней с осадками N_x разной величины и соответствующие вероятности выпадения осадков (Батуми, сентябрь 1959г.)

№	Количество осадков x_m	Число N_x дней с указанными осадками	Суточная вероятность выпадения осадков в сентябре F_1 , вероятность для дней с осадками F_2	Расчетная вероятность с осадками F
1	$\gg 0,1$	19	$\frac{19}{30} = 0.63; \frac{19}{19} = 1$	1.00
2	$\gg 0,5$	18	$\frac{18}{30} = 0.60; \frac{18}{19} = 0.95$	0.99
3	$\gg 1.0$	18	$\frac{18}{30} = 0.60; \frac{18}{19} = 0.95$	0.99
4	$\gg 5.0$	17	$\frac{17}{30} = 0.57; \frac{17}{19} = 0.90$	0.96
5	$\gg 10.0$	14	$\frac{14}{30} = 0.47; \frac{14}{19} = 0.74$	0.88
6	$\gg 20.0$	13	$\frac{13}{30} = 0.43; \frac{13}{19} = 0.68$	0.68
7	$\gg 30.0$	10	$\frac{10}{30} = 0.33; \frac{10}{19} = 0.53$	0.49
8	$\gg 50.0$			0.22
9	экстремально обильные осадки $\gg 100.0$	ориентировочно 1	$\frac{1}{30} = 0.03; \frac{1}{19} = 0.05$	0.02

Для данных метеостанции Хуло был аналогично отобран октябрь 1951 года, когда наблюдалось наибольшее месячное количество осадков 300мм для периода 1951-1965 гг. Согласно этим данным, наибольшее суточное количество осадков в этом месяце составило $x_m = 57 \text{ мм}$. Число дней с осадками было равным $N = 24$ (см табл.2). В этом случае функция распределения суточных осадков имеет вид:

$$f(x) = 0.0631x^{0.235} \exp(-0.1x). \quad (7)$$

Число дней с осадками различной величины, соответствующая им фактическая суточная вероятность выпадения осадков, а также расчетные значения суточной вероятности, в том числе риск экстремально обильных осадков, представлены в табл.2.

Сравнивая в таблицах 1 и 2 фактические (наблюденные) данные суточных вероятностей выпадения осадков различной величины с расчетными значениями вероятностей, можно отметить их удовлетворительное согласие. Укажем только, что небольшое превышение расчетных величин над фактическими получено для сравнительно малых значений осадков и наоборот - вычисленные величины несколько меньше наблюдаемых для «хвоста» распределения в направлении больших осадков.

Таблица 2. Число дней с осадками N_x разной величины и соответствующие вероятности выпадения осадков (Хуло, октябрь 1951г.)

№	Количество осадков x_m	Число N_x дней с указанными осадками	Суточная вероятность выпадения		Расчетная вероятность с осадками F
			осадков в сентябре F_1 ,	вероятность для дней с осадками F_2	
1	$\gg 0,1$	24	$\frac{24}{31} = 0.77;$	$\frac{24}{24} = 1$	1.00
2	$\gg 0,5$	22	$\frac{22}{31} = 0.71;$	$\frac{22}{24} = 0.92$	0.97
3	$\gg 1.0$	21	$\frac{21}{31} = 0.68;$	$\frac{21}{24} = 0.88$	0.94
4	$\gg 5.0$	14	$\frac{14}{31} = 0.45;$	$\frac{14}{24} = 0.58$	0.70
5	$\gg 10.0$	9	$\frac{9}{31} = 0.29;$	$\frac{9}{24} = 0.38$	0.46
6	$\gg 20.0$	5	$\frac{5}{31} = 0.16;$	$\frac{5}{24} = 0.21$	0.19
7	$\gg 30.0$	3	$\frac{3}{31} = 0.10;$	$\frac{3}{24} = 0.13$	0.07
8	$\gg 50.0$				0.01
9	экстремально обильные осадки $\gg 100.0$	ориентировочно 1	$\frac{1}{31} = 0.03;$	$\frac{1}{24} = 0.04$	10^{-6}

Заключение

Таким образом, проверка предложенной методики показала, что она может быть применена для определения суточной вероятности выпадения осадков различной величины, в том числе для оценки риска экстремально обильных осадков в данном месяце. Для реализации методики желательно знать количество осадков и число дней с осадками в данном месяце. При отсутствии этой информации можно воспользоваться данными климатических справочников [1,2].

Проверка методики может быть выполнена и для месяцев, характеризующихся сравнительно малым количеством выпавших осадков.

Проверку можно провести, также, для данных измеренных суточных осадков в отдельных месяцах годов текущего столетия.

В дальнейшем можно планировать исследования по применимости методики для различных регионов, например, для оценки рисков обильных осадков в районах Восточной Грузии.

располагая ежегодными данными относительно величин вероятности выпадения обильных осадков, можно исследовать их динамику, оценить влияние климатических изменений на риск экстремально обильных осадков в различных регионах страны. Для решения указанной задачи необходимо будет оценить региональные значения параметров (коэффициентов) в распределении суточных осадков.

ლიტერატურა- REFERENCES -ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по климату СССР. Вып. 14. Грузинская ССР. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть II. Атмосферные осадки. Гидрометеиздат, Л., 1973, 377 с.
2. Справочник по климату СССР. Вып. 14. Грузинская ССР. Часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Гидрометеиздат, Л., 1970, 426 с.
3. Бегалишвили Н.А., Сванидзе Г.Г., Шакарашвили В.Ш. К вопросу планирования проекта ивеличения осадков (ПУО) на основе статистического моделирования экспериментов. В сб. «Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков». М. Московское отделение Гидрометеиздата, 1988, с.216-220.
4. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. Планирование на основе метода Монте-Карло рандомизированного засева облаков в экспериментах по искусственному увеличению осадков в горном регионе. Обозрение прикладной и промышленной математики. Серия «Вероятность и статистика» Том 3, вып.2, М. «ТВП», 1996, с.193-203.

უკ 551.577

ნაღეჟთა რეჟიმული მონაცემებით ექსტრემალურად უზვი ნაღეჟების რისკის შეფასება. / ნ. ბეგალიშვილი, ბ. ბერიტაშვილი, თ. ცინცაძე, ნ. ნ. ბეგალიშვილი, ს. მდივანი, ნ. ცინცაძე / საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული - 2013. - ტ.119. - გვ.48-51. -რუს.; რეზ.ქართ.,ინგლ., რუს.

ცალკეული თვეების ნალექთა რეჟიმული მონაცემების საფუძველზე შეფასებულია ექსტრემალურად უხვი დღელამური ნალექების მოსვლის ალბათობა შავი ზღვის საქართველოს მიმდებარე რეგიონის მაგალითზე. ნალექთა გამითვლილი სიდიდეები და მათთან დაკავშირებული რისკები შედარებულია უხვ ნალექებზე დაკვირვების ფაქტობრივ მონაცემებთან.

UDC 551.557

Extreme heavy precipitation risk assessment using standard record data. / N. Begalishvili, B. Beritashvili, T. Tsintsadze, N. N. Begalishvili, S. Mdivani, N. Tsintsadze / Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. - 2013. - v.119. – pp.48-51 -Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The extremely heavy precipitation event probability is assessed on the basis of monthly weather records. Case study is conducted for Georgia's Black Sea coastal region. Risk calculated values are verified applying data on observed patterns of precipitation.

УДК 551.557

Оценка риска экстремально обильных осадков с использованием их режимных данных. / Бегалишвили Н. А., Бериташвили Б. Ш., Цинцадзе Т. Н., Бегалишвили Н. Н., Мдивани С. Г., Цинцадзе Н. Т. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. – 2013. – т.119. – с. 48-51 – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Выполнена оценка вероятности выпадения экстремально обильных суточных осадков с использованием режимных месячных характеристик на примере региона, прилегающего к Черноморскому побережью Грузии. Проведено сравнение расчетных величин осадков и связанных с ними рисков с фактическими данными наблюдений за обильными осадками.