



ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ МАЛОГО ВОДОТОКА. РЕКА ЗЛАЯ

А.А. Кустикова, студентка

lotos_aleks@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В Калининградской области исследование гидрологических характеристик осуществляется только на крупных водотоках. Поэтому при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий малых рек, наблюдения за которыми отсутствуют, используют метод гидрологической аналогии. В качестве реки-аналога чаще всего используют р. Злую, на которой имеется продолжительный ряд наблюдений. Исследование гидрологических характеристик на этой реке осуществляется в с. Приозерье. Гидропост Калининградского ЦГМС начал работу в 1961 г. и действует в настоящее время.

В статье представлены результаты гидрологических изысканий р. Злой. Для ряда максимальных расходов водотока проверены гипотезы о достаточной продолжительности и однородности ряда.

Построена аналитическая кривая обеспеченности максимальных расходов малого водотока по трехпараметрическому закону распределения Крицкого-Менкеля. Найдены значения максимальных расходов в области малых вероятностей.

река Злая, малые водотоки, аналитическая кривая, обеспеченность, максимальные расходы, гидрология

Речная сеть Калининградской области представлена 4620 реками, густота речной сети достигает $0,85 \text{ км/км}^2$ [1]. Большая часть их относится к малым рекам и ручьям, на которых гидрометрические исследования не проводятся. Поэтому данные регулярных наблюдений за гидрологическими характеристиками этих рек отсутствуют.

Когда выполняется строительство, необходимо провести гидрологические изыскания. Целью этих изысканий является выявление факторов, которые способны оказать негативное воздействие на прочность проектируемого сооружения. Объектами изучения гидрологических изысканий являются водоемы и водотоки, а также процессы, в них происходящие. Гидрологические изыскания являются необходимым этапом перед началом строительства.

В соответствии со сводом правил [2] при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий для строительства на малых водотоках при отсутствии регулярных наблюдений используют метод гидрологической аналогии с привлечением реки-аналога.

Свод правил [2] регламентирует следующие условия, которые необходимо учитывать при выборе реки-аналога:

1. однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
2. географическая близость расположения водосборов;
3. сходство климатических условий и условий формирования речных стоков, близкая степень озерности, залесенности, заболоченности;
4. средние высоты водосборов не должны существенно отличаться;
5. отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток.

Для многих малых рек Калининградской области в качестве реки-аналога принимают р. Злую, на которой ведутся регулярные гидрометрические наблюдения с 1961 г. по настоящее время. В с. Приозерье расположен гидропост Калининградского ЦГМС (рис. 1).

Целью данной работы является нахождение статистических параметров распределения и построение аналитической кривой максимальных расходов р. Злой.



Рисунок 1 – Гидропост с. Приозерье, р. Злая

Река Злая – река в Калининградской области, правый приток р. Ржевки, бассейн Балтийского моря. Длина реки составляет 62 км, общая площадь водосборного бассейна – 292 км².

Река Злая берет начало на Инстручской гряде, далее несет свои воды по Нижнениманской низменности. Долина реки пойменная. Уклон реки составляет 0,97 м/км, высота бассейна над уровнем моря – около 60 м [3].

В нижнем течении водоток протекает по польдерам – низменные участки рельефа, где уровень земли находится ниже отметки уровня моря. Здесь река сообщается с дренажной системой польдеров [3].

Данные о максимальных расходах р. Злой в 1961-1981 гг. были опубликованы в гидрологических ежегодниках (см. [4] и др.). С 2008 по 2015 г. данные взяты с сайта Автоматизированной системы государственного мониторинга водных объектов [5].

Согласно своду правил [2] ряд наблюдений за рекой-аналогом можно использовать тогда, когда он является достаточным. Проверка достаточности продолжительности ряда осуществляется нахождением относительной средней квадратической погрешности расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики.

Среднеарифметическое значение максимальных расходов $Q_s = 11.975 \text{ м}^3/\text{с}$. Вспомогательные средние находят по формулам (1)-(2) из [2]:

$$Q_{s1} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i = 12.403, \quad (1)$$

$$Q_{s2} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} Q_i = 12.145 \quad (2)$$

Несмещенную оценку коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда r определяют по формуле (3) из [2]:

$$r = -0.01 + 0.98 \cdot r_0 - 0.06 \cdot r_0 + (1.66 + 6.46 \cdot r_0 + 5.69 \cdot r_0) / n, \quad (3)$$

где смещенную оценку находят по формуле (4) из [2]:

$$r_0 = \frac{\sum_{i=2}^n (Q_i - Q_{s1}) \cdot (Q_{i-1} - Q_{s2})}{\sqrt{\sum_{i=2}^n (Q_i - Q_{s1})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - Q_{s2})^2}} = -0.078 \quad (4)$$

Тогда $r = -0,045$.

Среднее квадратическое отклонение определяют по встроенной функции Mathcad 15:
 $\sigma = Stdev(Q) = 4.947$.

$$\text{Коэффициент вариации: } Cv = \frac{\sigma}{Q_s} = 0.413.$$

Так как коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда $r < 0.5$, то случайные средние квадратические погрешности выборочных средних определяют по формуле (5) из [2]:

$$\Delta Q_s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{(1+r)}{(1-r)}} = 0.878 \quad (5)$$

Таким образом, относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения максимальных расходов: $\varepsilon = \frac{\Delta Q_s}{Q_s} \cdot 100 = 7,33\%$.

Полученное значение относительной погрешности не превышает 20% и удовлетворяет требованию п. 5.1 [2], поэтому ряд гидрологических наблюдений р. Злой является достаточным.

В соответствии с п. 4.7 свода правил [2] определение расчетных гидрологических параметров следует производить по однородным рядам наблюдений.

Оценка однородности ряда гидрологических наблюдений р. Злой определяется по критерию однородности выборочных средних (критерий Стьюдента). Критерий Стьюдента относится к категории стандартных и рекомендуется в большинстве нормативных документов в качестве теста на однородность. Для этого ряд наблюдений разбивается на два одинаковых интервала. Затем находят значения средних расходов двух частей по формулам (6) и (7) из [6]:

$$Q_{g1} = \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} Q_i = 11.285, \quad (6)$$

$$Q_{g2} = \frac{1}{n_2} \cdot \sum_{i=n_1+1}^n Q_i = 12.715, \quad (7)$$

где n_1 и n_2 – длины первого и второго интервала соответственно.

Далее находится оценка средневзвешенной дисперсии по формуле (8) из [6]:

$$Sf = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot D1 + (n_2 - 1) \cdot D2}{n_1 + n_2 - 2}}, \quad (8)$$

где выборочные дисперсии каждой части ряда $D1 = \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} (Q_i - Q_{g1})^2 = 29.393$;

$$D2 = \frac{1}{n_2 - 1} \cdot \sum_{i=n_1+1}^n (Q_i - Q_{g2})^2 = 19.924.$$

Таким образом, $Sf = 4,983$.

Значение параметра для проверки равенства средних расходов определяется по формуле (9) из [6]:

$$Tf = \frac{|Qg1 - Qg2|}{Sf} \cdot \sqrt{\frac{n1 \cdot n2}{n1 + n2}} = 0.772.$$

Критическое значение по распределению Стьюдента $Tc = qt(0.95, n-2) = 1,703$.

Полученное значение $Tf = 0.772$ не превышает критическое значение $Tc = 1,703$, следовательно, ряд наблюдений р. Злой является однородным.

Таким образом, исследованный ряд максимальных годовых расходов р. Злой является достаточно продолжительным и однородным.

Для расчета максимальных расходов малой обеспеченности можно использовать аналитическую кривую трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля, полученную по формулам из [6] (рис. 2).

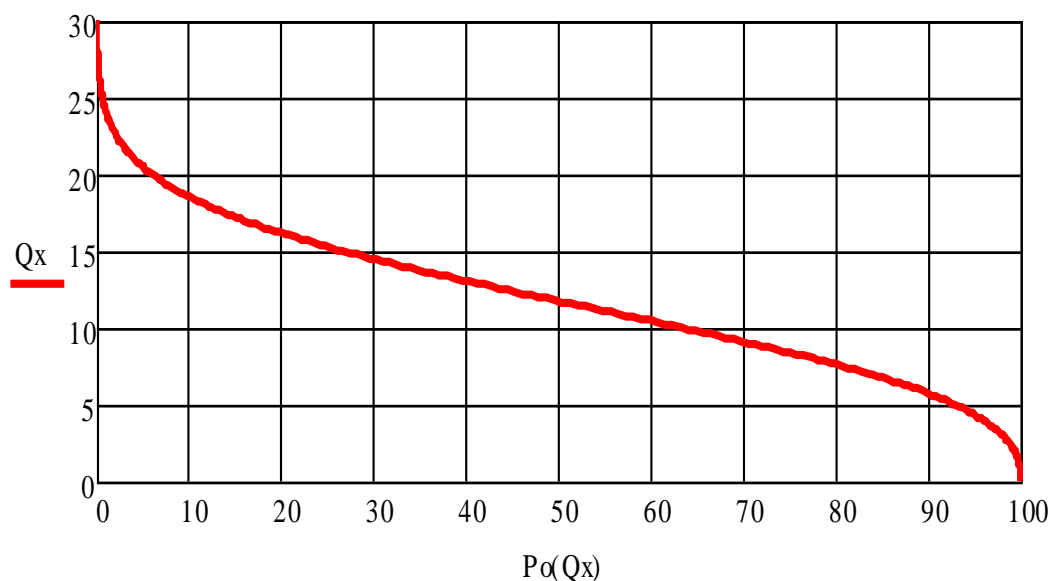


Рисунок 2 – Теоретическая кривая обеспеченности максимальных расходов р. Злой

В ходе исследования были определены максимальные расходы водотока в многоводные годы малой обеспеченности (таблица).

Таблица – Максимальные расходы водотока в годы малой обеспеченности

Пост	Обеспеченность года, %			
	1,0	3,0	5,0	10,0
с. Приозерье	24,125	21,744	20,477	18,522

Расчет максимальных расходов реки является основой для определения, прогнозирования и предотвращения возможного затопления паводковыми водами населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и объектов инфраструктуры.

Таким образом, проведенные изыскания на р. Злой могут служить основанием для разработки природоохранных мероприятий и при проектировании сооружений, расположенных в зоне изысканий. К тому же результаты исследования можно использовать для рек-аналогов, наблюдения за которыми не ведутся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вода России – Калининградская область [Электронный ресурс]. – URL: <http://water-rf.ru/> (дата обращения: 10.01.2018).

2. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Введ. 2004-01-01. – Москва, 2004. – 73 с.

3. Злая (Арге) река в Калининградской области, приток Ржевки, бассейн Немонина и Балтийского моря. | Все реки [Электронный ресурс]. – URL: <http://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogo-morya/nemonin-nemoninka/rzhevka-rzhavka/zlaya-arge> (дата обращения: 15.01.2018).

4. Гидрологический ежегодник 1961 г. – Т. 1. Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.М. Жвирздинене. Вып. 5,6. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1963. – 198 с.

5. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]. – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 27.12.2016).

6. Наумов, В. А. Методы обработки гидрологической информации. Лабораторный практикум для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование» / В.А. Наумов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 111 с.

HYDROLOGICAL SURVEYS OF SMALL WATERWAY. THE RIVER ZLAYA

A.A. Kustikova, student
lotos_aleks@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

In the Kaliningrad region, the study of hydrological characteristics is carried out only on large watercourses. Therefore, when carrying out engineering-hydrometeorological surveys of small rivers that are not monitored, the method of hydrological analogy is used. As a river-analogue, the river Zloy is most often used, on which there is a long series of observations. The study of hydrological characteristics on the Evil River is carried out in the village of Priozere. The Hydropost of the Kaliningrad TGMS began work in 1961 and is currently in operation.

The article presents the results of the hydrological survey of the Zloy River. For a number of maximum flow rates, hypotheses have been tested for sufficient duration and uniformity of the series.

An analytical curve is constructed for ensuring the maximum flow rates of a small watercourse according to the three-parameter distribution law of Kritsky-Menckel. The values of the maximum expenditures in the region of small probabilities are found.

River Zlaya, small watercourses, analytical curve, security, maximum costs, hydrology