



РЕЗУЛЬТАТЫ ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АНГРАПЫ. ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА

А. А. Кустикова, студентка
e-mail: lotos_aleks@mail.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье отражены некоторые результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне реки Анграпы, имеющей рыбохозяйственное значение. По данным среднемесячных расходов воды реки Анграпы в створе гидропоста д. Берестово за период наблюдений 67 гидрологических лет найдены чрезвычайно многоводные, крайне маловодные и средние по водности годы. Найдены среднемесячные расходы заданных градаций по методу среднего распределения стока за годы характерной градации водности, а также за весь период наблюдений, построены соответствующие гидрографы среднемесячных расходов воды реки Анграпы. Найдены значения среднемесячных расходов и построены графики внутригодового распределения стока реки Анграпы для лет 10,50 и 95 % вероятностей превышения. Выполнены расчет и построение графика относительной изменчивости среднемесячных расходов за весь период наблюдений. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: река Анграпа, аналитическая кривая, обеспеченность, внутригодовое распределение, гидрология, изыскания

ВВЕДЕНИЕ

Систематические наблюдения за гидрологическими характеристика рек Калининградской области были начаты в XIX веке. Данные сведения позволяют проследить и проанализировать изменение стока рек региона за многолетний период. Данные наблюдений за гидрологическими явлениями за периоды времени 15 лет и более используют в водохозяйственных расчетах, а также при проектировании, строительстве и реконструкции гидротехнических и других сооружений на реках, озерах и водохранилищах. Первичная обработка характеристик гидрологического режима водного объекта включает в себя анализ внутригодового распределения стока воды. Характер изменения расходов воды в течение года обусловлен питанием реки водой. По классификации Б.Д. Зайкова, реки подразделяются на три группы: с весенним половодьем, с половодьем в наиболее теплую часть года, с дождевыми паводками [1]. Опыт исследований гидрологических режимов рек Калининградской области показывает, что средние и крупные реки области относятся к рекам с весенним половодьем. Для них характерны такие фазы водного режима, как весеннее половодье, летняя и зимняя межени, осенью в реках наблюдаются кратковременные подъемы уровня воды из-за обильных дождей. На малых реках региона расходы дождевых паводков превышают расходы весеннего половодья.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования в данной статье выступает река Анграпа – трансграничный водоток, протекающий по территориям Республики Польша и Калининградской области Российской Федерации. Длина водотока – 169 км, в том числе 97 км на территории Калининградской области [2]. Средний уклон реки составляет 0,63 м/км. Водосбор реки площадью

3960 км² асимметричен, в том числе 1440 км² приходится на водосборный бассейн основного правого притока – реки Писсы.

Река Анграпа относится к рыбохозяйственным водотокам высшей категории. Она интенсивно используется в таких сферах народного хозяйства, как гидроэнергетика, рекреация, промышленность и жилищно-коммунальное хозяйство. В совокупности со своими притоками, многочисленными каналами, расположенными в бассейне водоприемника, и закрытым дренажем она образует мелиоративную систему, предназначенную для отвода избыточных вод с территорий населенных пунктов и земель сельскохозяйственного назначения. На реке Анграпе расположены гидротехнические сооружения. Водосливная плотина гидроузла, расположенная на 58 км реки в районе пос. Путятино, разрушена.

В г. Черняховске в русле реки Анграпы на расстоянии 1 км от устья расположена водосливная плотина из каменной наброски с железобетонным экраном. Плотина входит в комплекс Прегольской шлюзовой системы и предназначена для подпитки Черняховского судоходного канала.

На 76 км от устья реки Анграпы находится Озерская гидроэлектростанция, водохранилище которой расположено в русле реки, имеет выраженную пойму с крутыми склонами высотой до 12 м.

Суммарная пропускная способность сооружений Озерской гидроэлектростанции составляет 159,3 м³/с, в табл. 1 представлена пропускная способность сооружений.

Таблица 1 – Пропускная способность сооружений Озерской гидроэлектростанции, м³/с

№ п/п	Сооружение	Пропускная способность
1	Бетонная водосливная плотина	52
2	Здание гидроэлектростанции	10
3	Донный водовыпуск	48,7
4	Головное регулирующее сооружение обводного левобережного канала	48,6

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является изучение внутригодового распределения стока реки Анграпы и его зависимости от водности расчетного года.

Работа включает:

1. Нахождение маловодных, многоводных и средних по водности лет.
2. Расчет среднемесячных расходов в годы различной водности за весь период наблюдений.
3. Построение графиков внутригодового распределения стока реки Анграпы.
4. Расчет и построение графика относительной изменчивости среднемесячных расходов за весь период наблюдений.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение расчетных гидрологических характеристик годового стока воды реки и его внутригодового распределения необходимо выполнять в соответствии с требованиями СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» (далее – СП-2003) [3].

Определение расчетного календарного внутригодового распределения стока производится по рядам данных наблюдений длительностью не менее 15 лет. СП-2003 [3] регламентируются основные методы расчета внутригодового распределения:

- 1) компоновки;
- 2) реального года;
- 3) среднего распределения стока за годы характерной градации водности.

Расчет внутригодового распределения стока производят по водохозяйственным годам, начиная с первого месяца многоводного года, в данном случае многоводный год будет начинаться с первого месяца половодья – марта.

В зависимости от типа водного режима и преобладающего вида использования водных ресурсов реки в составе водохозяйственного года выделяют следующие периоды: лимитирующий и нелимитирующий периоды. В свою очередь, лимитирующий период делится на два сезона: лимитирующий и нелимитирующий. Расчетное внутригодовое распределение месячного стока определяют для водохозяйственного года заданной вероятности превышения P , соответствующей заданной проектной обеспеченности гарантированной отдачи [3].

В данной работе определение внутригодового распределения стока реки Анграпы производится по ряду наблюдений длительностью 67 водохозяйственных лет по гидропосту д. Берестово [4]. Согласно СП-2003, если период наблюдений превышает 30 лет, то выделяют пять групп лет по водности: очень многоводные ($P < 16,7\%$), многоводные ($16,7\% \leq P < 33,3\%$), средние водности ($33,3\% \leq P < 66,7\%$), маловодные ($66,7\% \leq P < 83,3\%$) и очень маловодные ($P > 83,3\%$) годы [3].

В статье отражены результаты определения распределения стока внутри года методом среднего распределения стока за годы характерной градации водности, так как данный метод позволяет избежать искажения результатов, полученных методом реального года, под действием индивидуальных особенностей года с близкой расчетной вероятностью превышения, который может в действительности и не встретиться.

Метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности базируется на расчете средних относительных распределений месячных расходов от годовой их суммы путем осреднения относительных значений стока каждого месяца за все годы, входящие в ту или иную группу водности [3]. Расчетное значение среднемесячных расходов вычисляют путем умножения месячных долей расхода интересующей градации водности на среднегодовой расход воды заданной обеспеченности.

По аналитической кривой средних годовых расходов реки Анграпы (рис. 1) определяют расходы заданной вероятности превышения, представленные в табл. 2.

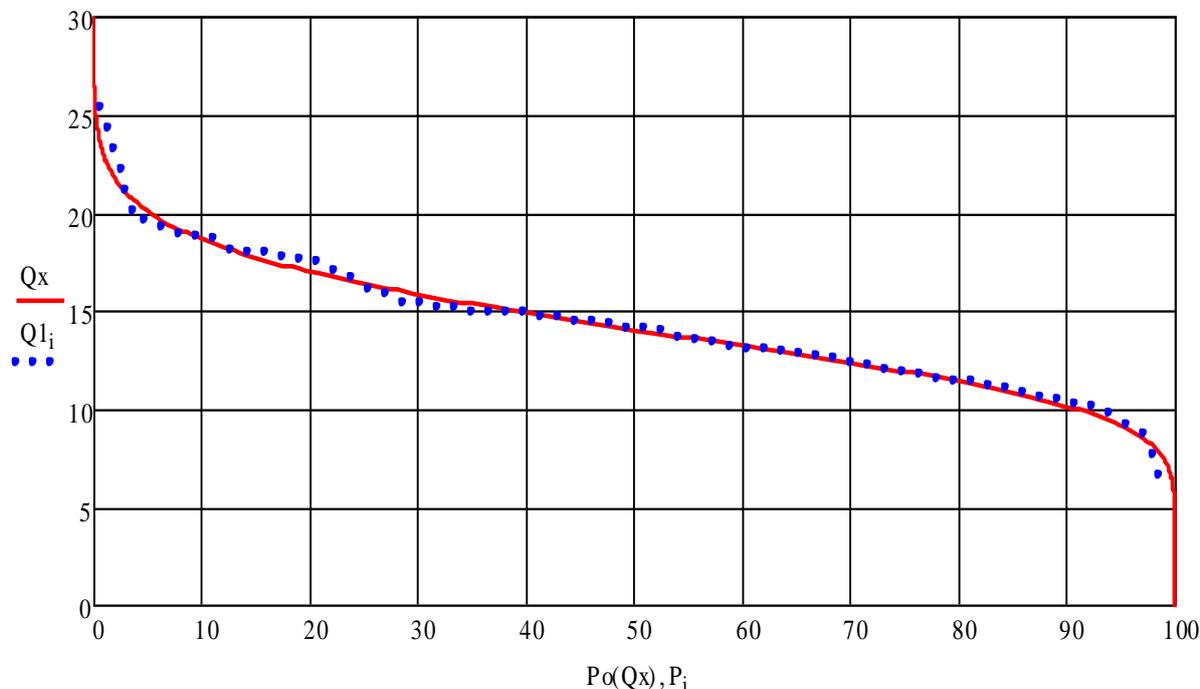


Рисунок 1 – Теоретическая (линия) и эмпирическая (точки) кривые обеспеченности средних годовых расходов реки Анграпы

Таблица 2 – Среднегодовые расходы реки Анграпы заданной обеспеченности, м³/с

Пост	Обеспеченность года, %		
	10	50	95
Д. Берестово	18,606	13,998	9,122

По определенным средним годовым расходам заданных вероятностей превышения определяют объем годового стока (м³) по формуле (1):

$$W_{p\%} = Q_{p\%} \cdot 12, \quad (1)$$

где $Q_{p\%}$ – средний годовой расход реки Анграпы заданной обеспеченности.

Расчет среднемесячных расходов начинают с ранжирования ряда среднегодовых расходов в порядке убывания. Далее для каждого члена ранжированного ряда находится вероятность превышения по формуле (2):

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где m – номер члена ранжированного ряда по порядку;
 n – общее число выборок.

Упорядоченный ряд среднегодовых расходов воды реки Анграпы в соответствии с требованиями СП-2003 [3] делят на пять групп по водности лет, для каждой группы в математическом пакете Mathcad формируются матрицы среднемесячных расходов воды. По полученным матрицам выполняется построение графиков среднемесячных расходов реки Анграпы (рис. 2) [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

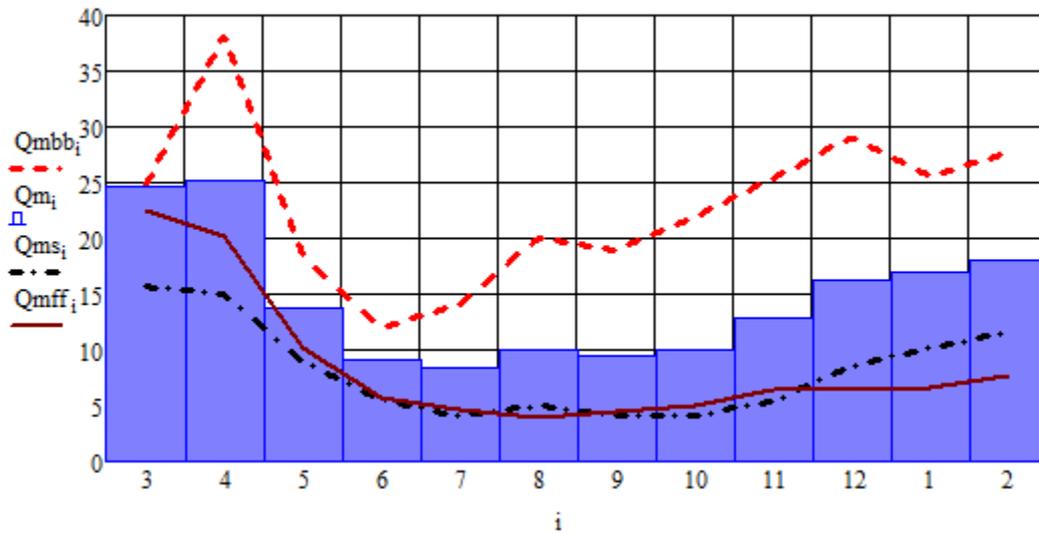
Результатами определения внутригодового распределения стока реки Анграпы является график среднемесячных расходов воды за годы характерной градации водности (рис. 2), которые позволяют вычислить среднемесячные расходы воды для года заданной обеспеченности. Для этого выполняется расчет процентных долей месяцев в годовом стоке, представленных в табл. 3.

Ежемесячные расходы определяют путем умножения годового стока заданной обеспеченности на процентные доли месяцев в годовом стоке. Графики внутригодового распределения расходов воды в реке Анграпе для лет 10, 50, и 95 % обеспеченностей представлены на рис. 3.

Также в математической среде Mathcad был выполнен расчет средних квадратических отклонений месячных расходов от среднемесячных за все время наблюдений, график которых представлен на рис. 4 [5].

Таблица 3 – Расчет процентных долей месяцев в годовом стоке реки Анграпы, %

Группа лет по водности	Месяцы												Год
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	
Очень многоводный	9,0	13,8	6,7	4,4	5,1	7,2	6,9	7,9	9,2	10,5	9,3	10,0	100,0
Средней водности	16,1	15,3	9,0	5,6	4,2	5,1	4,2	4,2	5,4	8,8	10,3	11,9	100,0
Очень маловодный	21,7	19,4	9,8	5,5	4,4	3,8	4,4	4,9	6,1	6,1	6,4	7,4	100,0



столбики – за все время наблюдений; штриховая линия – по очень многоводным годам; штрихпунктирная линия – по годам средней водности; сплошная линия – по очень маловодным годам; i – номер месяца

Рисунок 2 – Среднемесячные многолетние расходы реки Анграпы ($\text{м}^3/\text{с}$)

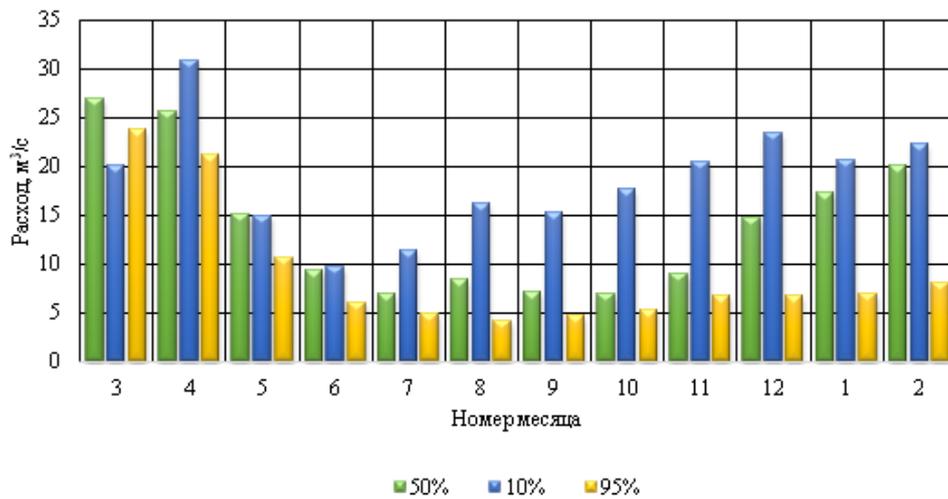


Рисунок 3 – Среднемесячные многолетние расходы реки Анграпы ($\text{м}^3/\text{с}$) для лет расчетной обеспеченности

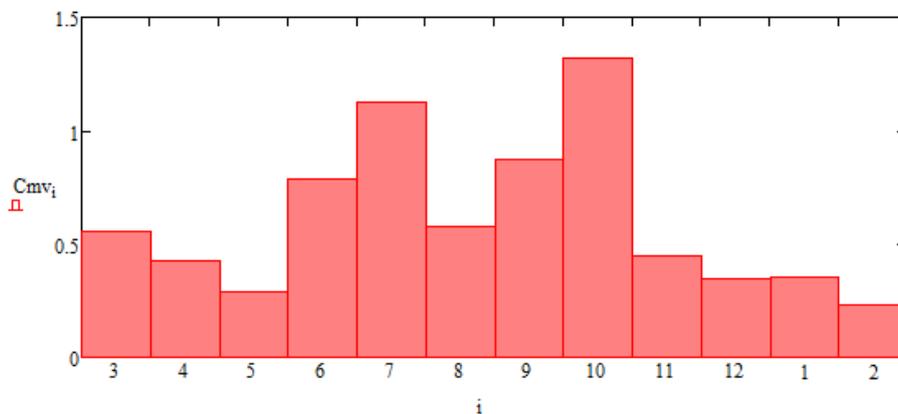


Рисунок 4 – Коэффициент вариации среднемесячных расходов реки Анграпы (д. Берестово) за все время наблюдений (i – номер месяца)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наибольшие величины среднемесячных расходов реки Анграпы по гидропосту д. Берестово наблюдаются в апреле и немного меньше в марте (весеннее половодье), наименьшие расходы отмечаются с июля по октябрь (межень). В декабре-феврале расходы воды в реке повышаются из-за оттепелей. Многолетняя структура внутригодового распределения стока в многоводные и маловодные годы сильно отличается. Доля весеннего стока имеет наибольшее значение в очень маловодные годы. Для очень многоводных лет характерен короткий период межени длительностью два месяца и пик половодья приходится на апрель. По рис. 4 отмечено, что наибольшая относительная изменчивость среднемесячных расходов реки Анграпы наблюдается во время летне-осенней межени, наименьшая – в зимний период.

В данной статье отражены результаты инженерных расчетов по определению основных гидрологических характеристик реки Анграпы. Сведения о внутригодовом распределении стока могут быть использованы при проектировании водохранилищ сезонного, декадного регулирования, для определения гарантированных минимальных и максимальных расходов воды реки Анграпы, для составления водного баланса притока и водопотребления. Указанные данные используются при проектировании промышленных и хозяйственных систем водоснабжения и водоотведения, разработке природоохранных мероприятий, мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод, а также в гидромелиорации земель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Вода России» - Водный режим рек и его типы [Электронный ресурс]. – URL: <https://water-ru.ru/> (дата обращения: 10.04.2020).
2. Государственный водный реестр. Река Анграпа [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=149588> (дата обращения: 15.12.2019).
3. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Введ. 2004-01-01. – Москва, 2004. – 73 с.
4. International Hydrological Programme [Электронный ресурс]. – URL: <http://webworld.unesco.org/water/> (дата обращения: 04.03.2016).
5. 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: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 111 с.

RESULTS OF ENGINEERING AND HYDROMETEOROLOGICAL SURVEYS IN THE ANGRAPA RIVER BASIN. INTRA-ANNUAL FLOW DISTRIBUTION

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

The article reflects some results of engineering and hydrometeorological surveys in the basin of the Angrapa river, which is of fisheries importance. According to the average monthly water consumption of the river Angrapa in the range of the hydropost d Berestovo during the observation period of 67 hydrological years found very high-water, very low-water and average water years. Found the average monthly costs of specified grades, by the method of average distribution of runoff over the years the characteristic of gradation water content, as well as for the entire observation period, built the corresponding hydrographs signalsat costs of river water Angrapa. The values of monthly expenditure and graphs intra-annual distribution of river flow Angrapa for years 10.50 and 95% probabilities of exceedance. The calculation and plotting of the relative variability of the average monthly expenses for the entire observation period were performed. The results were analyzed.

Key words: *Angrapa river, analytical curve, security, intra-annual distribution, hydrology, surveys*