

УДК 556.047 (282.255.6)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ ДЖУУКУ ЗА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ГОД

*Г.П. Фролова, Т.В. Бакалова*

Приведены результаты детальных гидрологических исследований, необходимых для проектирования и строительства гидротехнических сооружений.

*Ключевые слова:* гидрологические наблюдения; гидрологический год; расход и уровни воды; тарировочная кривая, повторяемость и продолжительность стояния уровней.

---

## THE RESULTS OF HYDROLOGICAL INVESTIGATION THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE RIVER JUUKU FOR THE HYDROLOGICAL YEAR

*G.P. Frolova, T.V. Bakalova*

The paper regards the results of the detailed hydrological investigation required for the design and construction of hydraulic structures.

*Keywords:* hydrological observation; hydrological year; flow and water levels; the calibration curve; repeatability and duration of standing levels.

Река Джууку расположена в восточной части бассейна оз. Иссык-Куль, в ущелье Джуука. Истоки ее находятся на северном склоне хребта Терской Ала-Тоо на высоте 4000–4500 м. Длина реки 50 км, площадь водосбора 516 км<sup>2</sup>, средняя высота водосбора составляет 3290 м. Приняв на своем пути основные притоки Ашу-Кашкасу и Джуукучак, Джууку становится многоводной и разливается на несколько рукавов. В нижнем течении значительная часть ее вод распределяется по многочисленным каналам равнины. Джууку здесь сильно меандрирует и потоком шириной в 25 м впадает в оз. Иссык-Куль.

Восточная часть котловины оз. Иссык-Куль характеризуется наибольшими для данной территории годовыми осадками, выпадающими преимущественно в весенне-летний период, в основном летом, – 415 мм (метеостанция Пржевальск). Осадки постепенно уменьшаются с востока на запад. Снеговая линия на Терской Ала-Тоо расположена от 3500 м. Река Джууку берет начало с ледников, расположенных на северном склоне хребта, по типу питания она относится к ледниково-снеговому.

Гидрологические наблюдения р. Джууку осуществляются на гидропосту в устье р. Джуукучак, расположенном в нижней части водосборного бас-

сейна реки, находящегося в 11 км южнее с. Сару, расположенного вдоль трассы Балыкчи – Джеты-Огуз – Каракол, в Джеты-Огузском районе Иссык-Кульской области.

Наблюдения ведутся с 1937 г. по сегодняшний день. Гидроствор оборудован люточной переправой. Гидрометеорологические измерения производятся стандартным оборудованием: гидрометрическая вертушка ГР-21М, гидрометрическая штанга, водомерные рейки, переносные водомерные рейки, самописец уровня воды “Валдай”. Для наблюдения за метеорологическими элементами на крутом левом берегу реки расположена дождемерная площадка, оборудованная термометрами – срочным и максимальным (установленными в защитной будке), и осадкомером Третьякова.

Экспедиционные исследования гидрологического режима реки Джууку были проведены в рамках проекта МНТЦ № KR-1130 “Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны”[1].

В соответствии с общим планом работ, участниками проекта была разработана программа полевых гидрологических исследований водного режима реки Джууку.

Программой предусмотрено круглогодичное выполнение измерений. Для того чтобы реально

Таблица 1 – Распределение гидрологических наблюдений в течение гидрологического года

Река, пост. Оборудование гидроствора	№ блока	Период наблюдений 2007–2008 гг.	Выполняемые наблюдения
Джууку – Устье р. Джуукучак	1	1.04–1.09	Уровни воды по водомерной рейке и с непрерывной записью, температура воды, расходы воды
	2	1.09–1.11	Уровни воды по водомерной рейке и с непрерывной записью, температура воды, расходы воды
Люлечная переправа	3	1.11–1.04	Уровни воды по водомерной и/или переносной рейке на свайном посту, температура воды, расходы воды, наблюдения за ледовыми явлениями

оценить измеряемые параметры, гидрологические исследования были разделены на три блока, соответствующие режимам реки, начиная с начала гидрологического года (таблица 1). За начало гидрологического года принят месяц устойчивого повышения расхода воды после зимней межени. Половодье обобщено в единый период наблюдений (1 блок), а межень разделена на периоды – чистый от ледовых явлений (2 блок) и с ледовыми явлениями – зимний период (3 блок).

Такое разделение гидрологического года на блоки позволяет лучше отслеживать расходы воды, проходящие по реке в зимний период. Для целей энергетики зимний период является лимитирующим.

В основе методики полевых наблюдений за гидрологическими элементами потока принят порядок измерений, изложенный в [1], а именно:

расходы измеряли основным методом измерений расходов, принятым в гидрометрии – “площадь-скорость”; уровни измеряли по постоянной водомерной рейке с точностью до 1 см. Измерения проводили в стандартные сроки: 8 и 20 часов. Непрерывную запись уровня воды осуществляли уровнемером “Валдай”. Все отсчеты приведены к “0” графика водомерного поста. Для уточнения величины расходов воды предусматривалось увеличение числа скоростных вертикалей и точек измерения на вертикали на глубине более 1 м.

По результатам экспедиционных наблюдений и данным, полученным наблюдателями постов, за полный гидрологический год (с 1.03 по 29.02 включительно) построен график колебания уровня воды (рисунок 1), и график суточных колебаний температуры воздуха за гидрологический год (рисунок 2).

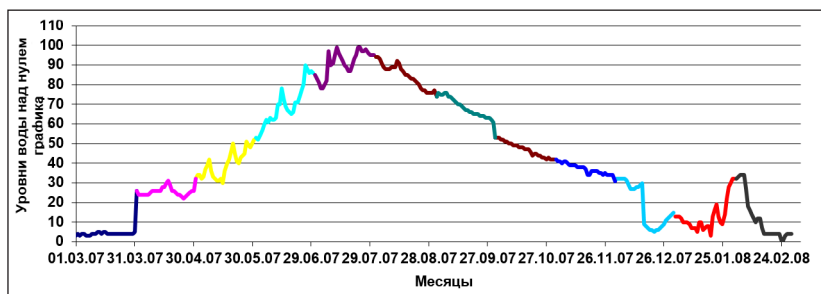


Рисунок 1 – График колебания среднесуточных уровней воды в замыкающем створе реки Джууку

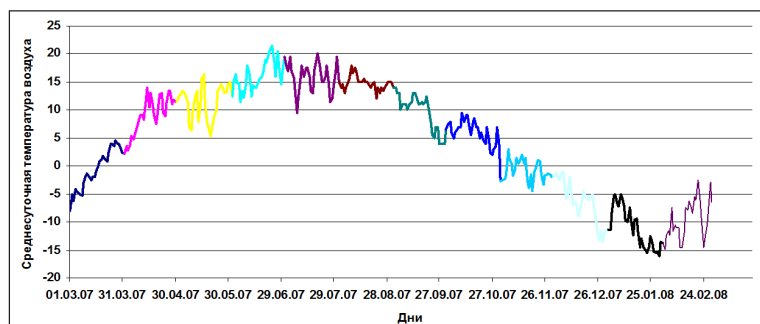


Рисунок 2 – График колебания среднесуточных температур воздуха в замыкающем створе реки Джууку

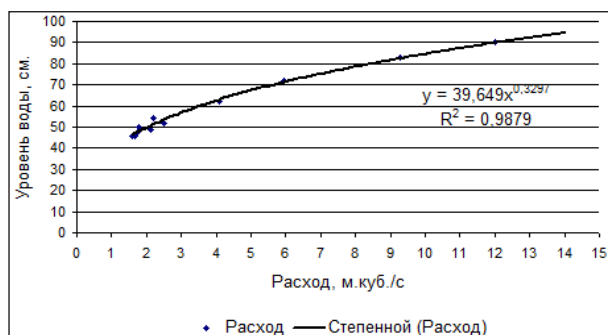


Рисунок 3 – Тарифовочная кривая расходов воды

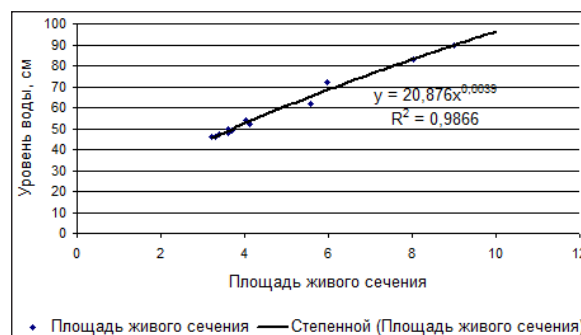


Рисунок 4 – Зависимость площади живого сечения (м<sup>2</sup>) от уровня воды

За гидрологический год диапазон колебания уровней воды составил 98 см. На графике видно, что в период межени (март) средний уровень воды находился на отметке 4 см над нулем графика водомерного поста. Затем 1 апреля наблюдался резкий подъем уровня воды (на 21 см), хотя температура воздуха в это время существенно не менялась. Можно предположить, что поднятие уровня воды связано с прорывом зажора выше водомерного поста по течению реки.

Дальнейший хронологический ход изменения температуры показал плавное колебание уровня воды. Уровень воды постепенно повышался и достигал максимального значения 99 см над нулем графика водомерного поста 23 и 24 июля, после чего уровень начал снижаться. В середине декабря (16) было отмечено резкое снижение уровня воды (на 21 см), связанное с понижением температуры воздуха.

Для определения среднесуточных расходов воды В.Г. Глушковым [3] была предложена формула, выражающая связь между  $Q$  и  $H$ :

$$Q = a(H + H_0)^m, \quad (1)$$

где  $H_0$  – уровень воды при расходе  $Q = 0$ ;  $a$  и  $m$  – параметры уравнения.

Применение этой формулы предусмотрено и действующим документом [3].

Как известно, измерение расходов воды на посту является долгим и трудоемким процессом, вследствие чего эти измерения делаются всего несколько раз в месяц. Для вычисления ежедневных расходов воды пользуются тарифовочной кривой, построенной на связи между уровнями и расходами воды.

По данным полевых измерений расходов воды, была построена кривая расходов, принятая за тарифовочную (рисунок 3). Математическое уравнение, полученное по графической кривой связи измеренных расходов и уровней, соответствует

стандартному уравнению (1). Это подтверждает достоверность измеренных элементов водного режима (глубина, скорость, уровень) и вычисленных по ним расходов. Затем с помощью уравнения (1), все среднесуточные уровни воды были переведены в расходы.

Также при полевых измерениях расходов воды были вычислены площади живого сечения (м<sup>2</sup>) и средние скороститечения воды (м/с). Кривые площади живого сечения и средней скорости течения воды приведены на рисунках 4, 5.

По данным гидрологических наблюдений за уровнями воды были определены характерные статистические уровни, имеющие большое значение для выбора их расчетных значений при проектировании гидротехнических сооружений для малой энергетики горно-предгорной зоны. Для этого по данным полевых исследований среднесуточных уровней воды были построены кривые повторяемости и продолжительности стояния уровней.

Повторяемость и продолжительность стояния уровней на р. Джууку за исследуемый период наблюдений была установлена путем статистической обработки ежедневных уровней воды. Расчеты сведены в таблицу, по результатам которых построены кривые повторяемости и продолжительности стояния уровней (рисунок 6).

По кривой повторяемости установлена высота уровня наибольшей частоты, называемого *модальным*, т. е. уровень, наиболее часто наблюдающийся в году. На кривой (см. рисунок 6) модальному уровню соответствует наибольшая по своему значению абсцисса  $H_{\text{мод}} = 4$  см.

По кривой продолжительности определен медианный уровень, т. е. уровень 50 %-ной обеспеченности, ниже которого в течение 183 суток вода в реке не опускается. Он более объективно характеризует среднее положение уровня, чем среднее

Таблица 1 – Число дней стояния уровней в интервале по месяцам

Интервалы уровней над нулем графика, см	Число дней стояния уровней в месяце											
	01.03.07	01.04.07	01.05.07	01.06.07	01.07.07	01.08.07	01.09.07	01.10.07	01.11.07	01.12.07	01.01.08	01.02.08
99–89				1	22	10						
88–79				5	7	13						
78–69				9	2	8	14					
68–59				11			16					
58–49			5	4				12				
48–39			12					19	11			
38									4			
37–29		3	14						15	10	3	5
28–19		27								5	3	1
18–9										7	16	7
8–1	31									9	9	16
Итого	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31	29

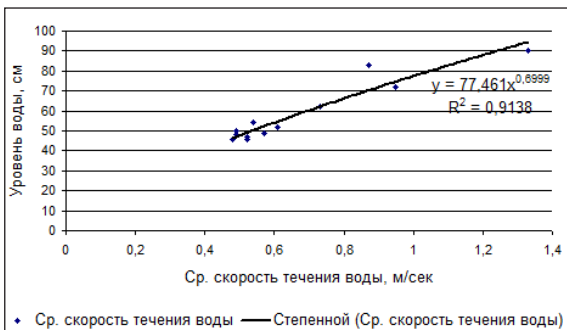


Рисунок 5 – Зависимость средней скорости течения от уровня воды

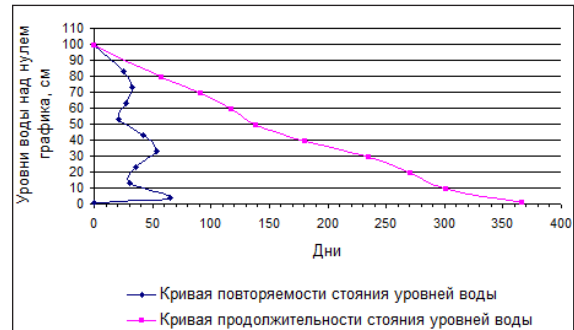


Рисунок 6 – Кривые повторяемости и продолжительности стояния уровней воды

арифметическое его значение. Определяется для абсциссы, равной 183 суток, или 50 % и равен  $H_{50\%} = 38$  см. Уровень воды в реке выше и равный 38 см стоит с мая по ноябрь. В таблице 2 серым цветом выделены месяцы, количество дней и уровни стояния воды, соответствующие 50 %-ной обеспеченности.

В результате, уровень, равный  $H = 38$  см, был выбран базовым при проектировании водозаборного узла для малой деривационной ГЭС на р. Джууку.

### Литература

1. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / под ред. Н.П. Лаврова. Бишкек: Салам, 2009. 504 с.
2. Состояние и перспективы развития систем гидрологических наблюдений и информационное обеспечение потребителей // Матер. VI гидрологического съезда. Секция 1. СПб.: Гидрометеониздат, 2004. 142 с.
3. Межгосударственный свод правил по проектированию и строительству. Определение основных гидрологических характеристик // МСП 3.04-101–2005: Система межгосударственных нормативных документов в строительстве. МНТКС, 2005. 120 с.