

метрические данные о речном стоке и количественные характеристики бассейна реки или водоема.

К настоящему времени учреждениями гидрометеорологической службы Беларуси накоплен довольно большой фактический материал по речному стоку, хотя для территории бассейна р. Мухавец он все же недостаточен. Это связано, прежде всего, с закрытием многих гидрометрических постов и соответственно прекращением наблюдений за водным режимом рек и озер.

Список гидрологических постов на реках и каналах по состоянию на 01.10.2005 г., а также ранее продолжительно действующих, но в настоящее время закрытых приведен в табл. 3.5. В бассейне р. Мухавец наблюдений за гидродинамическим режимом подземных вод не ведется, нет также и озерных гидрологических постов.

Таблица 3.5. Перечень гидропостов в бассейне р. Мухавец

№ поста	Наименование реки – створ	Период наблюдений
	Жабинка – с. Малая Жабинка	1950 – 1986 (закрыт)
	Каменка – пос. Мухавец	1979 – 1988 (закрыт)
104	кан. Винец – с. Рыгали	1962 – 2000
49	Малорыга – г. Малорита	1972 – 2000
45	Мухавец – г. Брест	1955 – 2000
46	Мухавец – г. Брест	1955 – 2000
	Мухавец – г. Пружаны	1947 – 1976 (закрыт)
48	Рыта – с. Малые Радваничи	1952 – 2000

3.4. Анализ гидрометеорологической информации

Для расчета гидрологических характеристик используют данные наблюдений прежде всего на станциях и постах Департамента по гидрометеорологии и, при необходимости, данные других ведомств, инженерно-гидрометеорологических изысканий (экспедиционные), литературные и архивные материалы, особенно за периоды до начала систематических гидрометеорологических наблюдений в исследуемом регионе. Наиболее надежными можно считать данные, публикуемые в изданиях Департамента по гидрометеорологии, особенно после 60-х годов (в это время производилась их массовая проверка). Однако при необходимости, особенно при использовании архивных материалов, данные гидрометрических наблюдений надо проверять.

Основными статистическими параметрами и характеристиками, используемыми в гидрологических расчетах и применяемыми при анализе гидрометеорологической информации, являются:

- 1) математическое ожидание (среднее арифметическое);
- 2) коэффициенты вариации (изменчивости) и асимметрии;
- 3) среднеквадратическое отклонение (погрешность);
- 4) коэффициенты корреляции и автокорреляции;
- 5) критерии значимости, применяемые при статистической проверке исходной гидрометеорологической информации.

Одной из основных характеристик гидрологического режима рек является средняя многолетняя величина или *норма стока*. *Нормой годового стока* называется его среднее значение за многолетний период при неизменных географических условиях и одинаковом уровне хозяйственной деятельности в бассейне реки, включающий несколько (не менее двух) четных замкнутых циклов колебаний водности.

При наличии данных гидрометрических наблюдений согласно Пособию к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [Пособие..., 2000] норма годового стока определяется по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (3.6)$$

где \bar{Q} – норма годового стока, m^3/c ; Q_i – годовые значения стока за длительный период (n , лет), при котором дальнейшее увеличение ряда наблюдений не меняет или мало меняет среднюю арифметическую величину \bar{Q} .

Вследствие недостаточной длины фактических рядов наблюдений за годовым стоком среднее значение, полученное по формуле (3.6), отличается от нормы стока, т. е. рассчитывается с некоторой относительной средней квадратической ошибкой:

$$\delta_{\bar{Q}} = \frac{C_V}{\sqrt{n}} \cdot 100\%, \quad (3.7)$$

где C_V – коэффициент изменчивости (вариации) ряда годовых величин стока за n лет, можно определить методом моментов по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - \bar{K})^2}{n-1}}, \quad (3.8)$$

где K_i – модульный коэффициент, определяемый по формуле:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q}. \quad (3.9)$$

Продолжительность периода считается достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), а величина средней квадратической ошибки нормы стока не превышает 10 % [Пособие..., 2000]. При невыполнении этих условий расчетный ряд считается недостаточным, и его необходимо привести к многолетнему периоду с привлечением реки-аналога.

Коэффициент корреляции r – мера тесноты связи между рассматриваемыми характеристиками (переменными). Частный коэффициент корреляции изменяется в пределах от -1 до 1 – чем ближе к единице, тем теснее связь.

Коэффициент автокорреляции $r(\tau)$ – характеризует связь ряда гидрологических величин с этим же рядом, сдвинутым на некоторый интервал времени τ . Коэффициент автокорреляции позволяет судить о случайности и независимости значений характеристики ряда. Значения $r(\tau) \leq 0,2$ считаются несущественными.

При водохозяйственном использовании реки необходимо знать не только среднюю величину (норму стока), но и сток различной вероятности превышения (обеспеченности), т. е. возможные его колебания на весь запланированный период службы сооружения.

Для определения годового стока различной вероятности превышения используются кривые распределения или обеспеченности. В общем случае, если рассматривать изменяющийся (вариационный) сток, вид кривой обеспеченности зависит от следующих статистических параметров ряда: средней арифметической величины ряда (нормы стока \bar{Q}), коэффициента вариации (C_v) и коэффициента асимметрии (C_s).

Коэффициент вариации (изменчивости) (C_v) – безразмерный статистический параметр, характеризующий изменчивость гидрометеорологической величины относительно ее среднего значения.

Коэффициент асимметрии (C_s) – безразмерный статистический параметр, характеризующий степень несимметричности распределе-

ния ряда рассматриваемой гидрометеорологической величины относительно ее среднего значения и который можно определить методом моментов по формуле:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_v^3 \cdot (k - 1) \cdot (k - 2)}, \quad (3.10)$$

Для построения эмпирических (по данным наблюдений) кривых обеспеченности необходимо определить обеспеченность каждого члена стокового ряда. *Ежегодная вероятность превышения (обеспеченность) расхода воды (P, %)* – это вероятность появления расхода, равного или превышающего заданное значение. Определяется по формуле:

$$P = \frac{m}{n + 1} \cdot 100, \quad (3.11)$$

где m – порядковый номер членов ряда соответствующей гидрологической характеристики, расположенной в убывающем порядке; n – общее число членов ряда.

Чем больше вероятность превышения, тем меньше значение гидрометеорологической характеристики и наоборот.

Анализ исходной гидрометеорологической информации при наличии данных наблюдений

Методика расчета основных гидрологических характеристик зависит от вида и объема исходной гидрометеорологической информации. В практике гидрологических расчетов встречаются три случая: достаточный период наблюдений за гидрологическими характеристиками (репрезентативный период), недостаточный период наблюдений и отсутствие данных гидрометрических измерений. При достаточном периоде наблюдений расчеты производят непосредственно по имеющемуся ряду эмпирических значений стока с использованием методов вероятностно-статистического анализа. При недостаточном периоде наблюдений статистические характеристики или данные наблюдений приводят к многолетнему периоду, используя метод гидрологической аналогии и пункты-аналоги с длительным периодом наблюдений. При отсутствии данных гидрометрических наблюдений расчеты производят по формулам и картам, основанным на обобщении данных наблюдений на сети гидрологических станций и постов на обширных терри-

ториях, привлекая при необходимости данные инженерно-гидрометрических изысканий и метеорологических наблюдений. При обобщениях используют методы географической интерполяции и гидрологической аналогии.

Для получения достоверных данных наблюдений за водным режимом средних значений стока за многолетний период и расчетных обеспеченных значений вся гидрометеорологическая информация должна подвергаться тщательному анализу, так как статистически обрабатываемые ряды должны быть генетически однородны.

Проследить изменения физико-географических характеристик водосборов под влиянием всего комплекса мероприятий, проводимых на водосборе, практически невозможно. Наиболее существенное влияние на сток в целом и максимальные расходы и слои весеннего половодья в частности оказывают изменения водосборной площади.

Анализируя данные о строительстве мелиоративных объектов и используя обновленные карты масштаба 1:25000 и 1:10000, выполнено уточнение водосборных площадей ряда рек.

Так, установлено, что водосборная площадь р. Мухавец для створа г. Брест изменилась от 6810 км² в 1955 - 1969 гг. до 6590 км² в 1970 - 1980 гг.; р. Рыга для створа Малые Радваничи уменьшилась от 1440 км² в 1952 - 1964 гг. до 1200 км² в 1965 - 1972 гг., 1170 км² в 1973 - 1974 гг., и вновь возросла до 1230 в 1975 - 1980 гг.

Надежные данные по стоку за репрезентативный период образуют статистический ряд, у которого среднее значение и коэффициенты вариации и асимметрии являются параметрами кривой обеспеченности. С помощью этих параметров можно определить расчетное (обеспеченное) значение гидрологической характеристики.

Приведение к многолетнему единому периоду выполнено путем годичного восстановления пропущенных (или недостающих) наблюдений по методике ГГИ* в редакции А. А. Волчека, разработанной в составе программного комплекса автоматизированных расчетов «Гидролог» по заказу проектного института «Полесьегипроводхоз».

Для сопоставимости получаемых результатов все исследуемые ряды приведены к единому периоду наблюдений, равному 56 годам (1945 – 2000 годы). Продолжительность репрезентативного периода установлена по разностным интегральным кривым с учетом многолет-

* ГГИ – Государственный гидрологический институт (г. Санкт – Петербург)

них колебаний исследуемой величины. Продление выполнено для годового, максимального весеннего и минимального летнего речного стока. Результаты продления для годового стока приведены в табл. 3.6.

Что касается рядов максимальных (весеннего половодья) и минимальных (летне-осенней межени) значений речного стока, то картина продленных (восстановленных) рядов приблизительно аналогична рядам годового стока.

Таблица 3.6. Основные характеристики исходных (в числителе) и продленных (в знаменателе) рядов годового стока

Наименование реки – створа	Норма, м ³ /с	Коэффициент		
		вариации	асимметрии	автокорреляции
Жабинка – с. Малая Жабинка	0,64/0,61	0,45/0,40	1,09/1,47	0,07/0,08
Каменка – пос. Мухавец	0,31/0,30	0,37/0,47	0,29/1,01	-0,09/0,04
Малорыта – г. Малорита	1,87/1,89	0,46/0,48	1,31/0,81	-0,04/-0,04
Мухавец – г. Брест	26,2/24,6	0,57/0,54	2,62/2,77	0,14/0,10
Мухавец – г. Пружаны	0,34/0,36	0,41/0,33	1,29/0,99	0,01/0,09
Рыта – с. Малые Радваничи	4,16/4,13	0,47/0,44	0,97/1,03	0,04/0,05

3.5. Анализ восстановленных рядов речного стока и расчеты по оценке их однородности

Оценка однородности (стационарности) рядов гидрометрических наблюдений осуществляется на основе генетического анализа условий формирования речного стока путем выявления причин, обуславливающих неоднородность исходных данных наблюдений.

Оценка однородности выборочных средних выполняется по t -критерию Стьюдента; t -критерий Стьюдента рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{n_x \hat{\sigma}_x^2 + n_y \hat{\sigma}_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_x \cdot n_y \cdot (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (3.12)$$

где \bar{x} и \bar{y} – выборочные средние; $\hat{\sigma}_x$ и $\hat{\sigma}_y$ – выборочные дисперсии; n_x и n_y – объемы выборок.

Оценка однородности выборочных средних из асимметрично распределенных совокупностей выполняется аналогичным образом при тех же значениях t_{α} . Полученное значение t -критерия Стьюдента срав-