

Лабораторная работа № 4

Определение основных гидрографических характеристик речной сети и объема стока расчетной обеспеченности

В разделе гидрологии изучаются процессы образования естественных водных объектов (рек, озер и др.) и их режим (объем, сток, расход воды, испарение и т.п.).

При изучении вопросов гидромелиоративного и водохозяйственного назначения важно знать режим формирования поверхностного, внутрипочвенного и подземного стока, его объем в течение года, ряда лет и по отдельным периодам.

Сток зависит от многих факторов: осадков и испарения; рельефа гидрографической сети, размеров и формы водосбора; почвенно-геологических условий, растительного покрова, озерности и др.; хозяйственной деятельности человека.

В гидротехническом и мелиоративном строительстве объем стока необходимо знать при устройстве каналов, прудов, водохранилищ, водоподпорных, водосбросных и других гидротехнических сооружений.

1. Определение основных гидрографических характеристик речного водосбора

Речной водосбор характеризуется площадью, коэффициентом асимметрии и средним уклоном водосбора, длиной главного водотока и его коэффициентом извилистости, густотой речной сети.

Территория, с которой собирается сток в речную сеть до расчетного створа, является площадью речного водосбора или водосборной площадью F . Она заключена в границах водораздельной линии 1 . Поэтому для изучения водосбора необходимо иметь карту (план) с горизонталями местности 1 , расположение главного водотока 2 и его притоков 3 . В верхней части водосбора от расчетного створа на карте устанавливают границу водораздела и проводят водораздельную линию 4 . Одновременно намечают линию по самой пониженной части тальвега (рис. 4.1). При помощи планиметра или палетки определяется площадь территории (км^2), заключенной в границах водораздельной линии и оси створа 5 .

Длина главного водотока L (км) определяется курвиметром по линии наибольшей протяженности русла (или измерением мерной лентой на местности). Аналогично измеряется суммарная длина притоков $\sum L = L_1 + \dots + L_n$ (км), где $L_1 \dots L_n$ – длина отдельных притоков.

Густота речной сети ρ ($\text{км}/\text{км}^2$) – это отношение суммы длин всех водотоков к водосборной площади.

$$\rho = (L + \sum L)/F. \quad (4.1)$$

Коэффициент извилистости главного водотока δ определяется отношением его длины L , измеренной на карте, к сумме отрезков прямых, соединяющих начало и конец характерных однообразно ориентированных участков реки L_n .

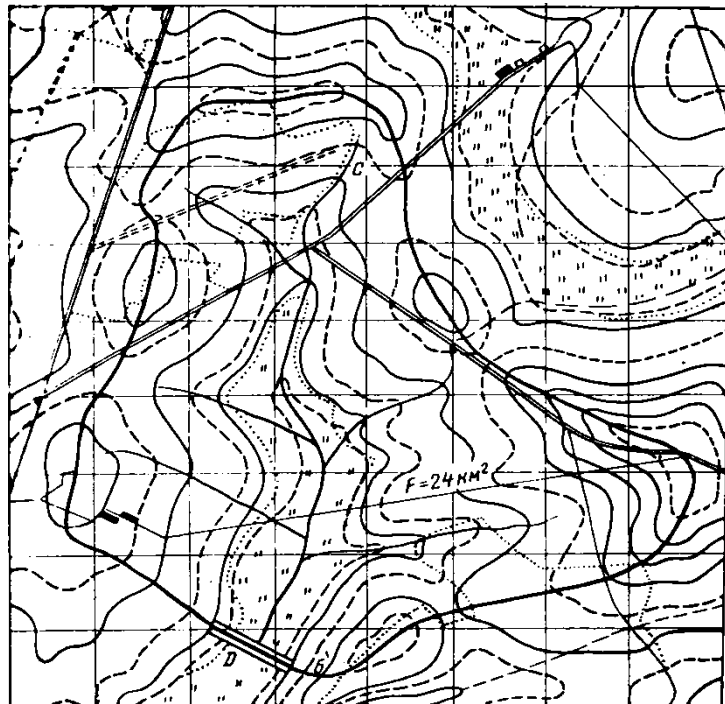


Рис. 4.1. Карта бассейна реки

$$\delta = L/L_n \quad (4.2)$$

Коэффициент асимметрии водосбора K_a - это отношение разности площадей левой (F_l) и правой (F_n) площади водосбора к общей площади F .

$$K_a = (F_l - F_n)/F \quad (4.3)$$

Средний уклон склонов I_{cp} определяют по горизонталям местности как среднее арифметическое из 5...10 измерений по створам наибольшего уклона склонов. Затем выполняется гидрографическая схема реки и строится график нарастания водосборной площади бассейна (рис. 4.2).

Эти характеристики необходимы для последующих гидрологических расчетов.

Гидрографическую схему реки выполняют следующим образом. В определенном масштабе (1:25000 или 1:50000) в виде прямой изображают главный водоток - реку. Затем прямыми линиями (под углом 45...60°) показывают притоки и их длину.

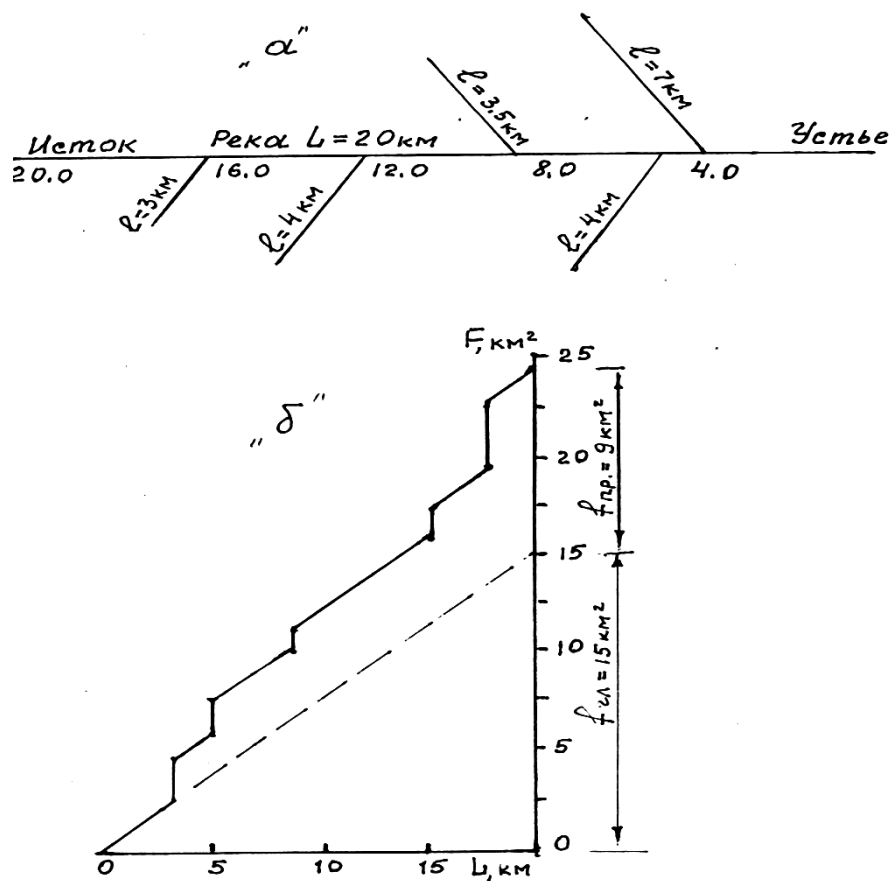


Рис. 4.2. Гидрографическая схема реки (а) и график нарастания водосбора (б)

При построении графика нарастания водосбора на оси абсцисс откладывают длину реки, а на оси ординат указывают водосборную площадь бассейна F (в нашем примере $F = 24 \text{ км}^2$). Затем планиметром или палеткой измеряют водосборные площади притоков ($f_{\text{пр}}$). Отложив водосборную площадь всех притоков ($\sum f_{\text{пр}}$, в нашем случае равна 9 км^2), получают непосредственно площадь бассейна главной реки (в примере на рис. 4.2, б эта площадь составляет 15 км^2). Линию нарастания площади водосбора главной реки ($f_{\text{гл}}$) условно принимают в виде прямой, изображенной на рисунке штрихами. Угол наклона графика нарастания площади бассейна к абсциссе сохраняется постоянным. Нанеся площади водосбора бассейнов всех притоков, получают график нарастания площади бассейна реки.

Гидрографическая схема и график нарастания водосбора необходимы для предварительного планирования расположения водозаборов воды для целей орошения, водоснабжения и других нужд.

2. Определение объема стока при отсутствии гидрометрических данных

При отсутствии систематических гидрометрических данных (наблюдений, замеров) объем стока определяется путем построения теоретической кривой вероятности превышения (обеспеченности).

В гидрологии обеспеченность отражает вероятность появления значения величины N , или превышающей ее, в ряде лет наблюдений (по количеству раз из 100 лет или продолжительности времени в %). Данная кривая позволяет прогнозировать ожидаемую изменчивость гидрологической величины.

Например, если какая-либо величина N будет иметь вероятность превышения $P = 1\%$, то это значит, что только 1 раз в 100 лет будет наблюдаться значение величины N (и более N). Если N имеет $P = 99\%$, то величина N (и более) будет появляться 99 раз из 100 лет и только один год из 100 эта величина может быть меньше N .

В проектной практике вероятность превышения принимают в зависимости от характера сооружения и его назначения. Расходы для весьма ответственных мелиоративных сооружений назначают с $P = 1\%$. Для небольших гидросооружений $P = 3...10\%$.

Расчетная вероятность превышений P устанавливается строительными нормами и правилами (СНиП).

Рассмотрим порядок построения теоретической кривой вероятности превышения объема весеннего стока для определенного створа реки (района строительства плотины, гидротехнического сооружения). Для этого нужно иметь следующие данные: среднемноголетнее значение стока h , мм; коэффициент изменчивости (вариации) весеннего стока C_v и коэффициент асимметрии C_s , выраженной через C_v ; площадь водосбора речного бассейна F , км².

При отсутствии данных фактических наблюдений многолетнее значение стока h определяется по карте изолиний (Минск - 90, Гродно - 60, Брест - 50, Гомель - 65, Могилев - 100, Витебск - 110 мм).

Коэффициент изменчивости C_v для Республики Беларусь можно принять 0,4...0,5. Если водосборная площадь F меньше 100 км², его необходимо умножить на коэффициент 1,25; C_s для весеннего стока и талых вод принимается равным $2C_v$ ($C_s=2C_v$).

Имея соотношение C_s/C_v и значения C_v , из приложения 2.3 выписывают модульные коэффициенты K_p для различных обеспеченностей P (%).

Объем весеннего стока W (тыс.м³) обеспеченностью P (%), образующегося на водосборной площади F (км²), при слое стока h_p (мм), определяется по формуле

$$W_p = h_p \cdot F, \quad (4.3)$$

а слой стока весеннего снеготаяния h_p - по формуле

$$h_p = h \cdot K_p. \quad (4.4)$$

К примеру, для района г. Могилева $h = 100$ мм, $C_v = 0,5$, $F = 30$ км², что меньше, чем 100 км², следовательно $C_v = 1,25 \cdot 0,5 = 0,6$ (берется с точностью

до 0,1), $C_s = 2C_v = 1,2$. Ординаты кривой вероятности превышения (значения K_p) в зависимости от коэффициента вариации берут из приложения 2.3.

Определение объема весеннего стока различной вероятности превышения удобно выполнять в форме табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1. Определение объема весеннего стока различной вероятности превышения

$P, \%$	K_p	$h_p, \text{мм}$	Объем стока $W_p,$ тыс. м^3
0,1	3,89	389	11670
1	2,89	289	8670
3	2,39	239	7170
5	2,15	215	6450
10	1,81	181	5430
99	0,13	13	390

Полученные данные используются для построения теоретической кривой вероятности превышения объема весеннего стока. Кривую строят на клетчатке вероятностей Хазена [2] или (для учебных целей) на миллиметровой бумаге (рис. 4.3). Для этого на оси абсцисс откладываются значения вероятностей P до 100 %, на оси ординат - объемы стока W_p (тыс. м^3). В начале ординат их значения равны нулю.

По кривой вероятности превышения для какой-либо величины стока W_p , отложенной по оси ординат, можно определить продолжительность времени (%), в течение которого любое рассматриваемое значение величины N было равно этому значению или превышало его.

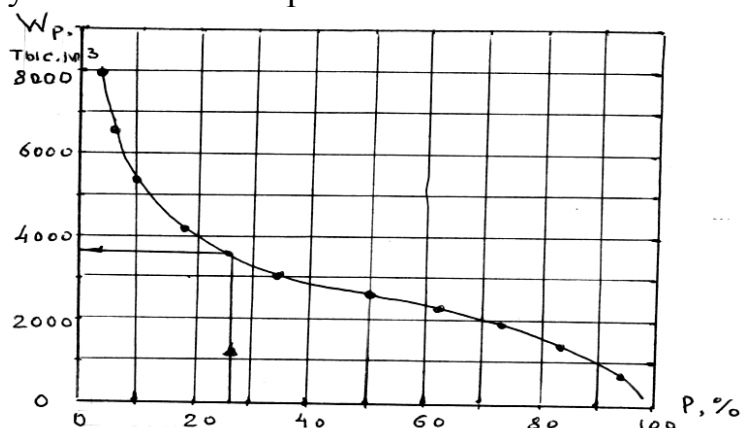


Рис. 4.3. Кривая вероятности превышения объема стока

Пример. На графике (рис. 4.3) 25 % обеспеченности P соответствует объем стока величины $W = 3930$ тыс. м^3 . Следовательно появление стока более величины W возможно 25 раз из 100 лет, т.е. в каждый четвертый год.