

Камчатский государственный технический университет

Кафедра экологии и природопользования

Дисциплина
«Гидрология и регулирование стока»

**ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
БАСЕЙНА РЕКИ**

*Методические указания к лабораторной работе
для студентов специальности 320600 «Комплексное
использование и охрана водных ресурсов»*

Петропавловск-Камчатский 2003

УДК 556
ББК 26.22
И24

Ивашкевич Г.В.

И24 Гидрографические характеристики бассейна реки. Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 320600 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2003. – 20 с.

Методические указания к лабораторной работе «Гидрографические характеристики бассейна реки» предназначены для студентов специальности 320600 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» и составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Гидрология и регулирование стока».

Обсуждено на заседании кафедры ЭиП 10 июня 2002 г., протокол № 28.

**УДК 556
ББК 26.22**

© КамчатГТУ, 2003
© Ивашкевич Г.В., 2003

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

БАССЕЙНА РЕКИ

1. Цель работы:

Определить гидрографические характеристики бассейна реки.

2. Дано:

схема бассейна (учебная) М 1:100000 (рис. 1).

3. Задание:

3.1. Нанести линии водоразделов реки и ее притоков.

3.2. Определить площади водосборов главной реки и ее притоков.

3.3. Составить график нарастания площади водосбора.

3.4. Определить для водосбора реки:

а) длину,

б) среднюю ширину,

в) коэффициент вытянутости водосбора,

г) среднюю высоту,

д) уклон,

е) коэффициент асимметрии.

3.5. Составить гипсографическую кривую водосбора.

3.6. Определить коэффициент развития длины водораздельной линии.

4. Теоретические пояснения:

4.1. _Топографические карты, которые используются для определения гидрографических характеристик, подразделяются в зависимости от масштаба на следующие градации:

- крупномасштабные карты масштабов до 1:100000
- среднемасштабные карты масштабов 1:200000, 1:300000
- мелкомасштабные - карты масштабов 1:500000 и 1 : 1 000 000.

При чтении масштабов следует помнить, что число метров в 1 см масштаба равно числу, на два нуля меньшему указанного в масштабе (например, при масштабе 1:100000 в 1 см содержится 1000 м, или 1 км).

Ошибка при использовании топографических карт зависит и от масштаба карты. С изменением масштаба карты изменяются количественно гидрографические характеристики.

Рельеф на карте изображается горизонталями, а их сечение зависит от масштаба, как это указано в табл. 1.

Линия водораздела главной реки и ее притоков по топографическим картам, где рельеф изображен горизонталями, проводится по наивысшим отметкам с учетом косвенных признаков. При определении границ малых водосборов (до 100 км²) в условиях равнинного рельефа следует пользоваться картами масштаба крупнее 1:100 000. При определении линии водораздела в озерных, заболоченных районах следует использовать материалы аэрофотосъемки.

На примере карта водосбора р. Луговой представлена в горизонталях с абсолютными отметками и сечением рельефа через 20 м. Водораздельная линия бассейна должна проходить по наивысшим точкам бассейна (наивысшая точка в данном бассейне имеет отметку 191,00 м абс., а отметка устья р. Луговой +5,62 м абс.). Водораздельная линия проводится с учетом горизонталей и берг-штрихов, а также с ориентировкой на высотные отметки внутри и вне контура бассейна.

Река Луговая имеет правый приток р. Тихую (/) и два левых притока - р. Зеленую (//) и р. Сухую (///). Бассейн р. Луговой делится водораздельными линиями на три бассейна притоков и три межприточных пространства. Главную водораздельную линию рекомендуется наносить цветным карандашом, а частные водоразделы - черным. На рис. 1 все водоразделы обозначены пунктиром. Межприточные пространства нумеруются от истока к устью вначале по правому берегу (1, 2), а затем по левому (3, 4, 5).

4.2. Бассейном реки называется часть земной поверхности, включая толщу почво-грунтов, откуда данная река получает питание. Бассейн каждой реки включает в себя поверхностный и подземный водосборы.

Поверхностный водосбор представляет собой площадь земной поверхности, с которой происходит сток вод в реку или речную сеть.

Подземный водосбор образуют толщи почво-грунтов, из которых вода поступает в речную сеть. Поверхностный и подземный водосборы в общем случае не совпадают.

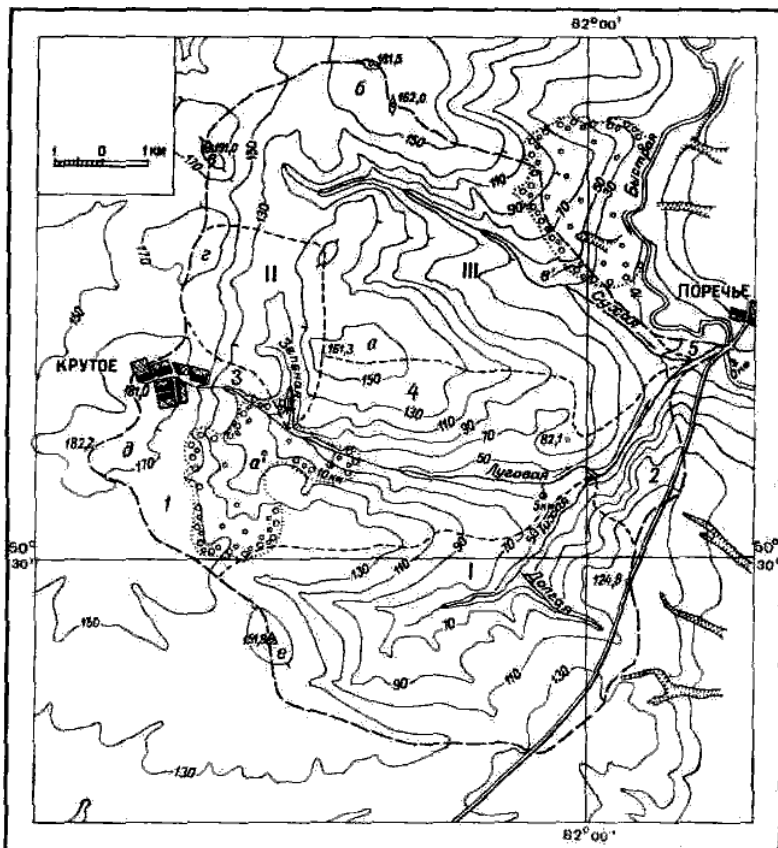


Рис. 1. Бассейн р. Луговой.

Разделение границ поверхностного и подземного водосборов вызывает большое затруднение, и часто при расчетах принимается только поверхностный водосбор, не делая различия между терминами «речной бассейн» и «речной водосбор».

Ошибки, возникающие при определении только площади поверхностного водосбора, значительны для малых рек при условии распространения карста. На плоских равнинах, где имеются бессточные области, эта часть земной поверхности не включается в водосборную площадь реки.

Таблица 1

Сечение рельефа в зависимости от масштаба карты

Масштаб	Сечение рельефа, м	Масштаб	Сечение рельефа, м
1:25000	5	1:300 000	20
1 :50 000	10	1 :500 000	50
1:100000	20	1:1000000	100
1 :200 000	40		

Определение площадей водосборов производится по картам, масштабы которых приведены в табл. 2.

Определение площадей любых контуров, изображенных на топографических картах (площадей водосборов и межприточных пространств, лесов, озер, болот), производится различными способами: графическим, планиметрированием, способом взвешивания и фотоэлектрическим.

Изложенные ниже способы определения площадей могут быть применены и к определению площадей контуров на планах и на других графических построениях.

Графический способ рекомендуется применять при определении малых площадей размером 1-2 дм² и в тех случаях, когда для определения площадей приходится пользоваться картами, бывшими в употреблении, и способ планиметрирования дает большие ошибки.

При использовании этого метода заготавливается специальная палетка из органического стекла, целлулоида или кальки. На палетку наносится сетка с ячейками со стороной по 2 мм. В зависимости от масштаба карты, по которой определяется площадь контура, находится цена деления каждой ячейки в км². Палетка наносится на контур и отсчитывается число полных ячеек и части неполных (на глаз). Отсчет числа ячеек в контуре рекомендуется производить дважды; если расхождение между общим числом ячеек не превышает 2%, то окончательный результат

принимается как среднее значение из двух отсчетов. Общее число ячеек в контуре, умноженное на цену деления, дает площадь контура.

Таблица .2

Масштабы карт, используемые для определения площадей водосборов

Характер рельефа водосбора	Площадь водосбора, км ²	Масштабы карт			
		планы или аэрофото-съемки	1:100000	1:200000 1:300000	1:500000 1:1000000
Равнинные водосборы со слабо-выраженным рельефом	100 100 – 1000 1000 – 10 000 > 10 000	+	+	+	+
Равнинные водосборы, значительно изрезанные речной и овражно-балочной сетью	20 20 - 200 200 – 10 000 >10 000	+	+	+	+
Горные реки	10 10-100 100-10 000 >10 000	+	+	+	+

Из перечисленных способов определения площадей бассейнов, лесов, озер, болот и межпроточных пространств наибо-

лее распространенными в настоящее время являются графический и способ планиметрирования. Способы взвешивания и фотоэлектрический редко применяются и в пособии не рассматриваются. Как показал анализ большого количества материалов, произведенный ГГИ, следует руководствоваться следующим:

а) в равнинных районах, где трудно точно выделить линии водораздела, определение площадей малых бассейнов следует производить по планам или аэрофотоснимкам;

б) в равнинных районах, изрезанных речной и овражной сетью, при площадях водосборов $300-500 \text{ км}^2$ и более можно определить площади по картам среднего масштаба;

в) в горных районах с явно выраженными водоразделами площади размером $100-300 \text{ км}^2$ можно определить по картам среднего масштаба;

г) площади 10 тыс. км^2 и более можно определить по картам мелкого масштаба с точностью $\pm 1-2\%$ относительно данных, полученных по картам крупного и среднего масштабов.

Независимо от способа определения площадей необходимо произвести следующие подготовительные работы:

1) если водосбор реки располагается на многих листах карты $M 1 : 300000$, то следует на карте $M 1 : 1\ 000\ 000$ наметить границы водосбора и нанести рамки листов рабочей карты;

2) на рабочей карте точно черточкой перпендикулярно к реке наметить замыкающий створ, до которого определяется площадь, проверив его по координатам;

3) нанести на карту красным карандашом линии водоразделов: общую всего водосбора и водосбора притоков, после чего на карте от истока к устью пронумеровать межприточные пространства.

Определение площадей водосборов способом планиметрирования производится в следующем порядке:

а. Проверяется планиметр, у которого ролик должен свободно вращаться и разность между двумя обводами не должна превышать $1/200$.

При обводе какой-либо фигуры необходимо следить за неподвижностью полюса планиметра. Обвод следует производить плавно, без перерыва, с одинаковой скоростью. При планиметрировании углы между рычагами не должны быть менее 30° и более 150° . Отсчет состоит из четырех цифр. Первая снимается с

циферблата, две следующие - со счетного колеса и последняя - с верньера. Обвод контура производится при двух положениях полюса относительно обводного рычага: полюс - право, полюс - лево. Расхождение не должно превышать значений, указанных в табл. 3.

Таблица 3

Расхождение в числе делений планиметра при двух обводах

Число делений планиметра	Разность в числе делений
до 150	2
150-600	4
600-1000	6
1000-1400	8
1400-1800	10
1800-2200	12

В последнее время полярный планиметр усовершенствован и имеет основной и дополнительный механизмы. Преимущество нового планиметра (ПП-2к) заключается в том, что количество обводов уменьшается в 2 раза.

б. Определение цены деления планиметра. Выбирается какая-либо правильная фигура (прямоугольник, квадрат, круг), которая обводится планиметром при положении полюса вне фигуры. Цена деления планиметра вычисляется по формуле

$$K = \frac{A}{B}$$

где A - площадь выбранной фигуры в масштабе карты (или любого построения); B - площадь этой же фигуры в единицах планиметра.

При измерении площадей бассейнов рек коэффициент планиметра определяется для каждой широтной зоны. Широтной зоной называется часть поверхности земного сфероида, ограниченная

двумя смежными параллелями. Часть зоны между двумя смежными меридианами называется трапецией.

При работах с планами крупного масштаба 1 : 100000 или 1 : 200 000, на которых даны линии километровой сетки, для определения цены деления планиметра обводится не трапеция, а часть ее - квадрат со стороной, равной 10 см. Площадь такого квадрата при масштабе 1:100000 = 100 км², а при масштабе 1 : 25 000 = 6,25 км².

Ошибка при планиметрировании вычисляется по формуле:

$$\Delta = \frac{n - n^1}{n_{cp}}$$

где $n - n^1$ - разность отсчетов; n_{cp} - среднее значение отсчетов.

П р и м е р: Определить площадь водосбора р. Зеленой по карте масштаба 1 : 100000, приведенной на рис. 1.2. Бассейн по широтным зонам делится на площади с f_1 по f_2 . Площади f_3 , f_7 и f_8 занимают полностью три трапеции.

На рис. 1.2 приведена координатная сетка с делением по широте через 20', по долготе через 30', и соответствующие этой сетке математические площади трапеций f км² равны: $f_3 = 1132,97$; $f_7 = 1142,96$; $f_8 = 1142,96$ км². Остальные части площади бассейна, не полностью расположенные в трапециях, определяются следующим образом. Определим площадь части бассейна f_{11} (на схеме эта часть заштрихована). Площадь всей трапеции, часть которой составляет площадь f_{11} , равна 1152,96 км². Для определения f_{11} вычисляется коэффициент планиметра $K=0,9384$, при определении которого значение A принимается как математическая площадь трапеции 11, а B - площадь этой трапеции в единицах деления планиметра.

Установив цену деления планиметра для данной трапеции, обводим площади f_{11} и f_{11a} и производим вычисления (табл. 4).

Поправка вычисляется как разность математической площади трапеции и полученной планиметрированием. В данном случае она равна $1152,96 - 1145,81 = 7,16$ км².

Величина поправки разбрасывается на каждый контур пропорционально его площади.

Общая величина поправки в данном примере составляет 0,62%. Расхождение менее 1%.

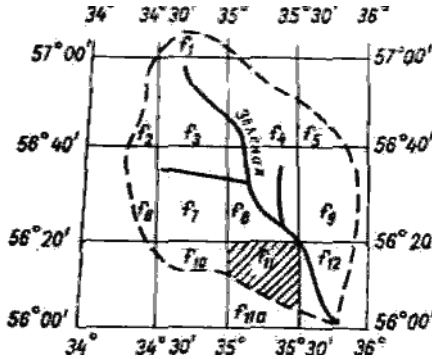


Рис.2. Схема к вычислению площади бассейна

Таблица 4

Ведомость измерения участка № 11 площади бассейна р. Зеленой
 М 1: 100000, площадь трапеции 11 1152,96 км². Периметр №
 Цена деления К = 0,9384 км²/ед.

№ бассейна	Средняя разность	Измеренная площадь, p км ²	Поправка км ²	Оконча- тельная площадь $F+p$ км ²
f_{11}	814	763,86	+4,78	768,64
f_{11a}	407	381,95 1145,81	2,37 +7,15	384,32 1152,96

4.3. Для составления графика нарастания площади водосбора по длине реки необходимо знать расстояния от устья (в километрах) до впадения правого и левого притоков и площади водосбора до этих пунктов.

Для построения графика нарастания площади водосбора р. Луговой строится график (рис.3) назначаются масштабы: вертикальный 1 см = 10 км² и горизонтальный 1 см = 1 км.

Построение на графике ведется для правого берега вниз от линии длины реки, для левого берега - вверх от нее.

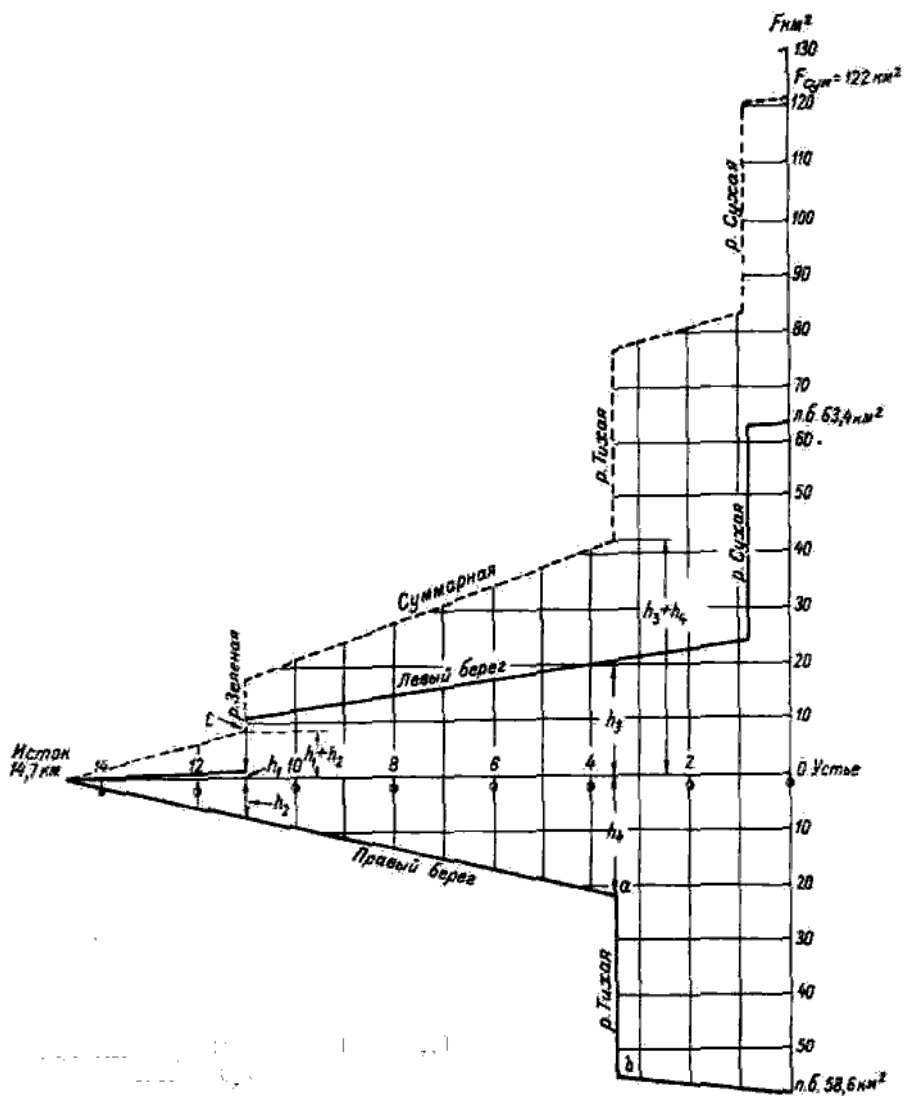


Рис. 3. График нарастания площади бассейна р. Луговой

На рис. 3 для правого берега откладывается расстояние от устья р. Луговой до впадения первого притока р. Тихой $l=3,58$ км. Площадь межприточного пространства от истока р. Луговой до р. Тихой по табл. 5 равна $21,6$ км². Эта площадь откладывается на расстоянии $3,58$ км от устья (точка a). От истока до точки o проводится наклонная линия. Водосбор р. Тихой имеет площадь $F = 33,4$ км², а в сумме с уже отложенным межприточным пространством I (на расстоянии $3,58$ км от устья) нарастание площади $F = 55,0$ км². Откладывая вниз от горизонтальной линии на расстоянии $3,58$ км от устья значение $F = 55$ км², получим точку b , которая соединяется вертикальной линией с точкой a . Притоков на правом берегу больше нет, следовательно, дальнейшее нарастание площади происходит только за счет межприточного пространства 2. Общая площадь правого берега $F = 58,6$ км². Это значение на шкале соединено наклонной линией с точкой b . Таким образом, на графике наклонными линиями изображается нарастание площадей межприточных пространств, а вертикальными линиями - площадей водосборов притоков. Для левого берега построение производится аналогично. При построении графика можно рекомендовать составление вспомогательной табл. 5.

Суммарный график нарастания площади водосбора строится следующим образом (построение графика производится вверх от линии длины реки). При впадении р. Зеленой на левом берегу на 11 -м км от устья межприточное пространство составляет h_1 ($1,62$ км²), на этом же расстоянии от устья нарастание площади правого берега h_2 , определенное графически ($7,00$ км²). Следовательно, до впадения р. Зеленой общее нарастание площади межбассейновых пространств равно $h_1+h_2=1,62+7,00= 8,62$ км². Откладывая это значение на 11 -м км от устья, получим точку c , а затем от нее откладываем вверх значение площади бассейна р. Зеленой $F = 8,98$ км². Эти построения повторяются для всех притоков правого и левого берегов.

По графику нарастания площади водосбора можно в любом пункте реки определять суммарную площадь водосборов по каждому берегу.

4.4. Длиной водосбора называется расстояние по прямой от истока до устья реки. Длину водосбора определяют циркулем до водораздельной линии. В данном примере $L = 12,8$ км.

Средняя ширина водосбора вычисляется по формуле:

$$B = \frac{F}{L}$$

где F - площадь водосбора, км²; L - длина, км.

Таблица 5

Данные к построению графика нарастания площадей в бассейне р. Луговой

Наименование площади	Расстояние от устья, км	Площадь, км ² $F \wedge P$	
		F	ΣF
Правый берег			
Межприточное пространство 1	-	21,6	21,6
р. Тихая	3,58	33,4	55,0
Межприточное пространство 2	-	3,57	58,6
Левый берег			
Межприточное пространство 3	-	1,62	1,62
р. Зеленая	11,0	8,98	10,6
Межприточное пространство 4	-	13,7	24,3
р. Сухая	0,88	38,7	63,0
Межприточное пространство 5	-	0,43	63,4

Для р. Луговой $V_{cp} = \frac{122}{12,8} = 9,53$ км

Коэффициент вытянутости водосбора δ определяется по формуле

$\delta = \frac{L^2}{F}$, где L - длина реки, км (см. упражнение 1.2); F - площадь водосбора, км². Подставляя значения, будем иметь $\delta = 1,77$.

При определении средней высоты водосбора применяются три способа: а) детальный, б) упрощенный, в) по гипсографической кривой. Наиболее часто используется упрощенный способ.

б. Упрощенный способ определения высоты водосбора основан на подсчете средней высоты отдельных площадок, на которые разбивается площадь водосбора на данной карте. Порядок работы следующий. На лист карты накладывается палетка, предварительно разделенная на клетки со сторонами 1 или 0,5 см, с таким расчетом, чтобы на окраинах водосбора было наименьшее количество неполных клеток. Палетка разбивается на ряды, и в каждом квадратике ряда глазомерной интерполяцией между горизонталями определяется средняя высота местности, условно относимая к центру квадратика. Если граница водораздела проходит по части квадратика, то центр несколько сместится. Полученная средняя высота для каждой клетки палетки записывается в ведомость, и сумма высот всех клеток, деленная на число клеток, дает среднюю высоту бассейна.

Как показано в работах ГГИ, применение упрощенного способа сокращает затраты труда на определение средней высоты по сравнению с детальным способом в 9 раз при ошибках, не превышающих 1,3%.

е. Коэффициент асимметрии водосбора, характеризующий неравномерность распределения площадей правой и левой части водосбора, вычисляется по формуле:

$$\alpha = \frac{F_l - F_n}{F_l + F_n}, \text{ где } F_l \text{ и } F_n - \text{площади левого и правого берегов.}$$
$$2$$

В данном примере, подставляя известные значения, получим:

$$\alpha = \frac{63.4 - 58.6}{\frac{122}{2}} = 0,08$$

4.5. Гипсографическая кривая дает наглядное представление о размещении площадей водосбора по высотным зонам. Вначале строится график распределения площадей водосбора по высотным зонам. По данным табл. 6 наносятся значения площадей, относя их к середине высотных интервалов. Например, для интервала 190-170 м значение площади 3,03 км² относится к уровню 180 и т. д. На рис. 6 получился ступенчатый график (заштрихован).

Кривая нарастания площади водосбора по высотным зонам строится на основании суммирования данных графика распределения площадей. Для удобства построения составляется вспомогательная табл. 6.

Таблица 6

К построению гипсографической кривой водосбора р. Луговой

№№ п/п	Высота водосбора, м	Площадь, соответствующая высоте, <i>f</i> км ²	Нарастание площади с уменьшением высоты, км ²
1	191	0,00	0,00
2	190	0.32	0,32
...
12'	5,62	6,97	122

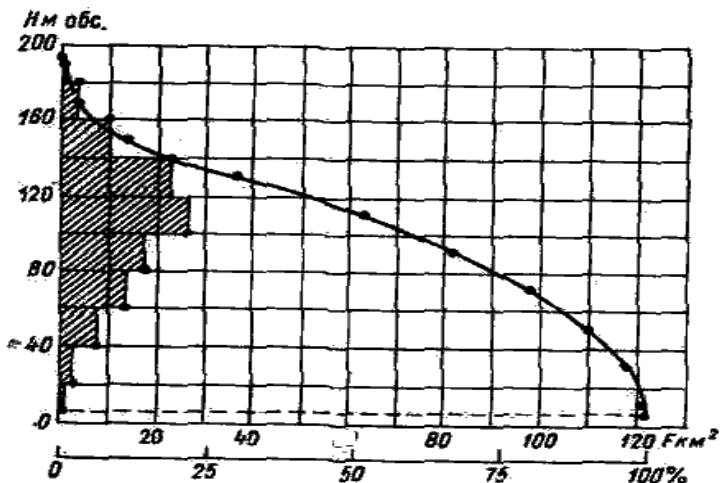


Рис. 6. Гипсографическая кривая бассейна р. Луговой.

Гипсографическая кривая строится на рис. 6 по данным граф 2 и 4 табл. 6. В отличие от графика распределения площадей, точки гипсографической кривой откладываются в конце (низ) интервала. Под масштабом площадей на рис. 6 нанесена шкала процентов из расчета $F = 122 \text{ км}^2 = 100\%$.

На рис. 6 видно, что 50% площади водосбора р. Луговой находится примерно на отметке 115,00 м.

По гипсографической кривой можно решать ряд задач.

а. Определить среднюю высоту водосбора по формуле

$$H_{cp} = \frac{F'}{F},$$

где F' - площадь, ограниченная осями координат и гипсографической кривой, м-км² или м³; F - общая площадь водосбора, км² или м².

Площадь F' по данным планиметрирования при цене деления планиметра (данные отсчетов планиметра не приводятся) $K=0,02164 \text{ м-км}^2/\text{ед.}$, равна $F'=K(n_2-n_1)=0,02164 \cdot 596=12897 \text{ м-км}^2$.

Средняя высота водосбора по формуле равна:

$$H = \frac{F^1}{F} = \frac{12.897 * 10^9}{122 * 10^6} = 106 \text{ м}$$

Полученный результат совпадает с вычисленным ранее.

5. Применяемые материалы, приборы и оборудование:

топографическая карта рекомендованного масштаба, карандаш, набор фломастеров, курвиметр или измерительный циркуль, планиметр, палетка или лист миллиметровой бумаги с полиэтиленовой пленкой, калька.

6. Выполнение работы.

Линия водораздела главной реки и ее притоков по топографическим картам, где рельеф изображен горизонталями, проводится по наивысшим отметкам с учетом косвенных признаков. При определении границ малых водосборов (до 100 км²) в условиях равнинного рельефа следует пользоваться картами масштаба крупнее 1:100 000. При определении линии водораздела в озерных, заболоченных районах следует использовать материалы аэрофотосъемки.

Определение площадей водосборов производится по картам, масштабы которых приведены в табл. 2. Определение площадей любых контуров, изображенных на топографических картах (площадей водосборов и межприточных пространств, лесов, озер, болот), производится главным образом способами: графическим или планиметрированием. При использовании этих методов заготавливается специальная палетка из органического стекла, целлулоида или кальки. На палетку наносится сетка с ячейками со стороной по 2 мм. В зависимости от масштаба карты, по которой определяется площадь контура, находится цена деления каждой ячейки в км². Палетка наносится на контур и отсчитывается число полных ячеек и части неполных (на глаз). Отсчет числа ячеек в контуре рекомендуется производить дважды; если расхождение между общим числом ячеек не превышает 2%, то окончательный результат принимается как среднее значение из двух отсчетов. Общее число ячеек в контуре, умноженное на цену деления, дает площадь контура.

При использовании планиметра при обводе какой-либо фигуры необходимо следить за неподвижностью полюса планиметра. Обвод следует производить плавно, без перерыва, с одинаковой скоростью. При планиметрировании углы между рычагами не должны быть менее 30° и более 150° . Отсчет состоит из четырех цифр. Первая снимается с циферблата, две следующие - со счетного колеса и последняя - с верньера. Обвод контура производится при двух положениях полюса относительно обводного рычага: полюс - право, полюс - лево. Расхождение при этом не должно превышать значений, указанных в табл. 3.

График нарастания площади строится на миллиметровой бумаге формата А4 по образцу рис. 3.

Характеристики бассейна рассчитываются по формулам, приведенным в теоретической части.

Гипсографическая кривая строится на миллиметровой бумаге формата А4 по образцу рис. 6.

7. Содержание отчета.

В отчет помещается выкопировка из топографической карты с нанесенной водораздельной линией и все гидрографические характеристики, выписанные на этом же листе произвольного формата. Указывается название водотока, фамилия, имя, отчество исполнителя. В отчет также входит гипсографическая кривая, и график нарастания площади.

8. Вопросы для самопроверки.

8.1. Что такое площадь бассейна и чем она отличается от площади водосбора?

8.2. Что такое водораздельная линия?

8.3. Охарактеризуйте длину, среднюю ширину и среднюю высоту бассейна.

8.4. В чем сущность коэффициента развития водораздельной линии?

8.5. Что показывает коэффициент вытянутости водосбора, средняя высота и его уклон ?

9. Литература.

9.1. Богословский Б.Б. Общая гидрология.-Л.: Гидрометеоиздат, 1984

9.2. Давыдов Л.К., А.А. Дмитриева, Н.Г. Конкина.- Общая гидрология-Л.: Гидрометеоиздат, 1973.

Ивашкевич Геннадий Васильевич

ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАССЕЙНА РЕКИ

*Методические указания к лабораторной работе
для студентов специальности 320600
«Комплексное использование и охрана водных ресурсов»*

В авторской редакции
Компьютерный набор, верстка Ивашкевич Г.В.

Лицензия ИД № 02187 от 30.06.00 г. Подписано в печать 09.01.2003 г.
Формат 61*86/16. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 0,84. Уч.-изд. л. 0,99. Усл. печ. л. 1,46
Тираж 40 экз. Заказ № 5

Редакционно-издательский отдел
Камчатского государственного технического университета

Отпечатано полиграфическим участком РИО КамчатГТУ
683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35