



А. В. Григорьева

ГИДРОЛОГИЯ (УЧЕНИЕ О ГИДРОСФЕРЕ)

Екатеринбург
УГЛТУ
2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра экологии и природопользования (ЭиП)

А. В. Григорьева

Гидрология (учение о гидросфере)

Методические указания для выполнения контрольной работы

Екатеринбург
УГЛТУ
2024

Печатается по рекомендации методической комиссии Института леса и природопользования УГЛТУ.

Протокол № 1 от 2 октября 2023 г.

Рецензент – доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ, канд. с.-х. наук *О. Н. Орехова*

Предназначены для всех обучающихся, осваивающих образовательные программы всех направлений и специальностей высшего образования, реализуемых в УГЛТУ

Редактор В. Д. Билык
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

Подписано в печать 04.12.2024

Плоская печать

Формат 60×84/16

Поз. 11

Заказ №

Печ. л. 1,86

Тираж 10 экз.

Редакционно-издательский сектор РИО УГЛТУ
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа является одним из видов самостоятельной работы обучающихся и направлена на освоение, углубление знаний по отдельным разделам курса.

Данные методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине «Гидрология (учение о гидросфере)». Контрольная работа выполняется по индивидуальному заданию (варианту). *Номер варианта соответствует порядковому номеру обучающегося в списке группы.* Методические указания содержат теоретический материал и практическую часть, а также достаточную по объему инструкцию для выполнения индивидуального задания. *Текст, выделенный курсивом, является пояснением к выполнению задания, в содержание контрольной работы не включается.*

Контрольная работа выполняется в соответствии со следующими требованиями. При наборе текста рекомендуется использовать шрифт Times New Roman; кегль – 14 pt; поля – 2,5 сантиметра (со всех сторон); номера страниц ставятся по центру, межстрочный интервал – одинарный; абзацный отступ должен быть одинаковым по всей работе и составлять 1 сантиметр, необходимо установить автоперенос и выравнивание текста по ширине. Контрольную работу можно распечатать на листах бумаги для офисной техники формата А4 (210 × 297 мм) или прикрепить в электронном варианте в личном кабинете в соответствующем курсе в ЭИОС Moodle.

Иллюстрации размещаются внутри текста, после ссылок на них. Их размеры не должны выходить за поля текста. Рекомендуется делать нумерацию рисунков сквозной через всю работу. Рисунки и графики рекомендуется выполнять в специальных программах, допускается размещение рисунков, выполненных вручную. Рисунки и графики можно сканировать. При этом они должны быть четкими, хорошо читаемыми и доступными для редактирования в виде объекта. Пояснение деталей (частей) иллюстрации вводится в состав подрисуночной подписи обязательно, если в основном тексте нет расшифровки условных обозначений (цифровых, буквенных или графических), которыми помечены детали и части иллюстрации, или содержится расшифровка лишь некоторых обозначений. Нумерация таблиц оформляется аналогично нумерации иллюстраций: сквозная через всю работу. Рекомендуется нумерацию формул также делать сквозной. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Библиографические ссылки и библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

РЕКИ

Река – это водоток сравнительно крупных размеров, питающийся чаще всего атмосферными осадками, стекающими с водосбора, и имеющий четко выраженное сформированное самим потоком русло. Водотоки с площадью бассейна менее 50 км² обычно называют **ручьями**.

Реки классифицируют по размеру, условиям протекания, источникам (видам) питания, водному режиму, степени устойчивости русла, ледовому режиму и т. д.

Совокупность водотоков (рек, ручьев, временных водотоков, каналов), водоемов (озер, водохранилищ) и особых водных объектов (болот, ледников) в пределах речного бассейна составляет **гидрографическую сеть бассейна**. Совокупность естественных и искусственных водотоков называют **русловой сетью**.

Частью гидрографической (и русловой) сети является **речная сеть**. Речную систему составляют **главная река**, впадающая в приемный водоем (океан, море, бессточное озеро), и все впадающие в нее **притоки** различного порядка.

Исток – это место начала реки.

Устье реки – это место впадения реки в другой водный объект.

Длина реки (L) – это расстояние вдоль русла между истоком и устьем реки.

На рис. 1. необходимо найти главную реку, отметить ее исток и устье.

В качестве главной реки в разных случаях считают либо наиболее длинную реку в бассейне, либо наиболее многоводную реку.

Начало река может получить из ручьев и ключей, ледника, озера или болота. Когда река образуется от слияния двух рек, место слияния является началом этой реки, однако за исток ее следует принимать место начала более длинной из двух слившихся рек. В этом случае можно различать **гидрографическую длину реки**, т. е. длину от наиболее удаленного истока, и длину реки данного названия. Очевидно, что условия стока воды в реке и, в частности, время перемещения воды от истока до устья или какого-либо другого пункта зависит от гидрографической длины реки. Поэтому при анализе условий стока принимается во внимание гидрографическая длина реки.

Когда река образуется слиянием двух рек без названия, за исток реки принимается исток водотока большей длины, а при одинаковом их протяжении – исток левой составляющей.

При образовании реки в результате слияния двух рек, имеющих самостоятельные названия, за начало этой реки принимается место слияния образовавших ее рек.

Таким образом, если у водотока на карте есть название, то принимаем его за главную реку. Если на карте водотоки не имеют названия, то за

главную реку принимаем самый длинный водоток в данной речной системе, а при одинаковой длине водотоков без названия от места развилки – исток левого водотока будет истоком главной реки.

Буквами «И» и «У» отмечаем на карте исток и устье главной реки, соответственно.

У главной реки обычно выделяют притоки различного порядка. Нумеруем цифрой в кружочке все истоки притоков по часовой стрелке, начиная от устья главной реки.

Получится примерно так:

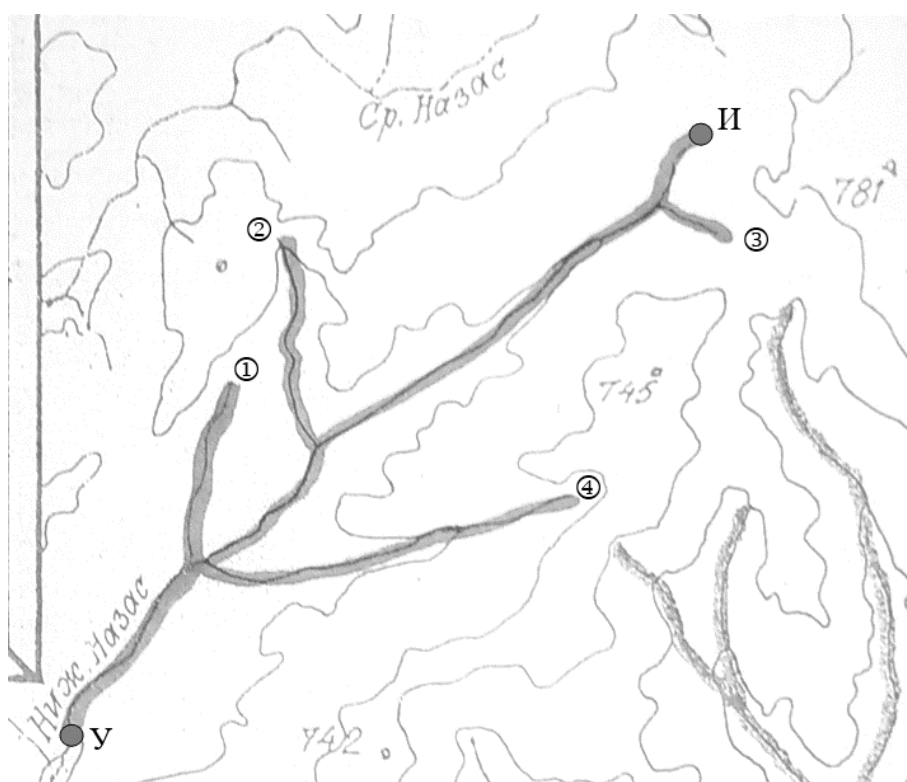


Рис. 1. Пример индивидуального задания

Далее определяем длину главной реки и всех ее притоков (измерения производятся на карте ниточкой, линейкой, циркулем-измерителем и т. д.). Помним, что масштаб на карте 1:10000, значит, в 1 см – 100 м.

Длины рек обычно определяют по крупномасштабным картам или аэрофотоснимкам (расстояния измеряют по геометрической оси русла или фарватеру). Длина реки может определяться циркулем-измерителем. При работе с циркулем длина реки (участка) измеряется постоянным раствором n , равным 1 или 2 мм. Величина n тщательно устанавливается перед началом работы и периодически проверяется в ее процессе. Длины измеряются дважды. Вначале от устья реки до истока с отсчетом числа n на каждом участке. Затем в обратном направлении. Расхождение между количеством отложений при первом и втором измерениях не должно превышать 2 %. При

выполнении этого условия за окончательное значение принимается среднее значение.

Длина реки (участка) при измерении циркулем вычисляется по формуле:

$$L = na,$$

где n – число отложений раствора циркуля;

a – значение раствора циркуля в мм.

Полученное значение выражается с учетом масштаба карты в метрах (километрах).

Длина главной реки $L_{\text{гл.р.}} = \text{см} \cdot 100 = \text{ м}$.

Притоки 1-го порядка – это водотоки, которые впадают непосредственно в главную реку:

L указывается номер соответствующего притока (цифра в кружочке) = $\text{см} \cdot 100 = \text{ м}$

L указывается номер соответствующего притока (цифра в кружочке) = $\text{см} \cdot 100 = \text{ м}$

и т. д.

Притоки 2-го порядка – это водотоки (притоки), впадающие в притоки 1-го порядка:

L указывается номер соответствующего притока (цифра в кружочке) = $\text{см} \cdot 100 = \text{ м}$

L указывается номер соответствующего притока (цифра в кружочке) = $\text{см} \cdot 100 = \text{ м}$

и т. д.

Притоки 3-го порядка – это водотоки (притоки), впадающие в притоки 2-го порядка:

L указывается номер соответствующего притока (цифра в кружочке) = $\text{см} \cdot 100 = \text{ м}$

L указывается номер соответствующего притока (цифра в кружочке) = $\text{см} \cdot 100 = \text{ м}$

и т. д.

Притоки 4-го порядка – это ... и т. д. (при наличии).

При определении порядка притока на карте от места развилки за приток 1-го порядка принимаем более длинный водоток.

Например, на рис. 2 приток №2 будет притоком 1-го порядка, т. к. впадает в главную реку (его устье «лежит» на главной реке), а приток №1 является притоком 2-го порядка, т. к. впадает в приток №2.

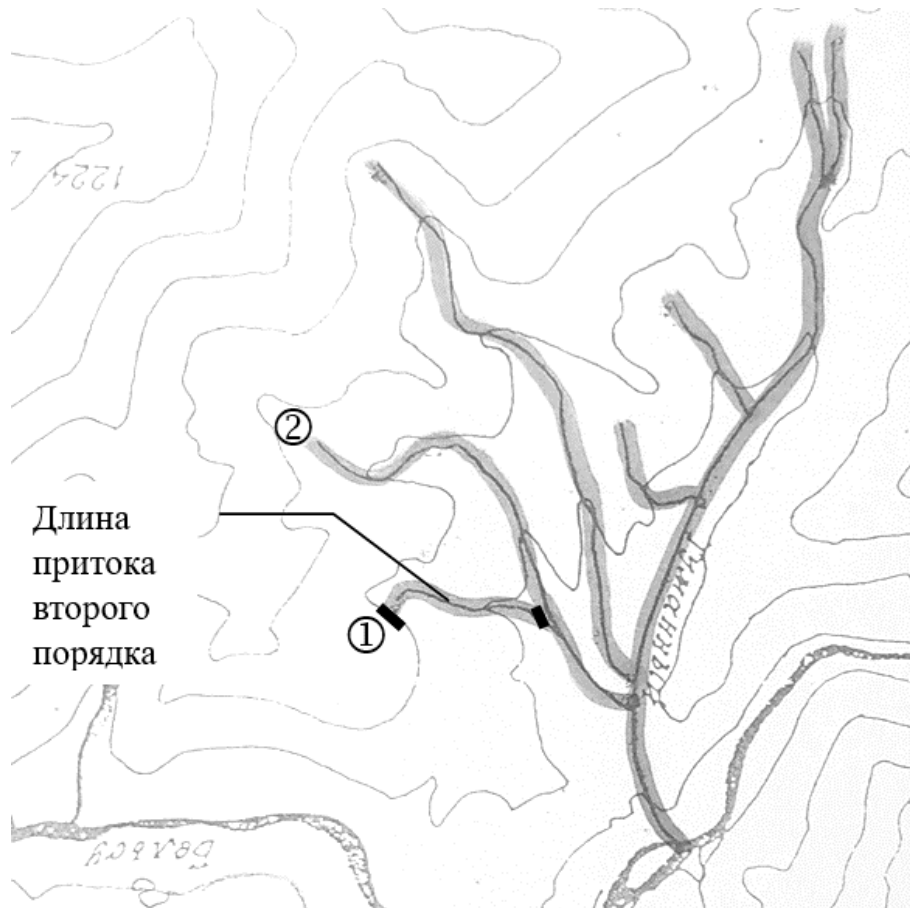


Рис. 2. Определение притоков различного порядка

Общая протяженность речной системы – это сумма длин главной реки и всех ее притоков.

$$\sum L = L_{\text{гл.р.}} + L_{\text{пр.1}} + L_{\text{пр.2}} + L_{\text{пр.3}} + L_{\text{пр.4}} + \dots = \text{м.}$$

Территория земной поверхности, включая толщу почвогрунта, откуда данная речная система или отдельная река получает водное питание, называется **бассейном речной системы** или **реки**. Бассейн каждой реки включает в себя поверхностный и подземный водосборы.

Поверхностный водосбор представляет собой площадь земной поверхности, с которой воды поступают в данную речную систему или отдельную реку.

Подземный водосбор образуют толщи почвогрунта, из которых вода поступает в речную сеть.

Граница между смежными водосборами называется **водоразделом**. Различают **поверхностный (орографический)** и **подземный** водоразделы.

На рис. 3 необходимо простым карандашом нанести орографический водораздел.

Орографический водораздел проходит по наиболее высоким точкам земной поверхности, расположенным между бассейнами соседних рек, разделяет обращенные в противоположные стороны покатости земной поверхности и отделяет площадь, с которой получает водное питание данная река, от площадей, сток с которых происходит в соседние реки (рис. 3). В пределах бассейна могут находиться отдельные точки с отметками, превышающими отметки водораздела.

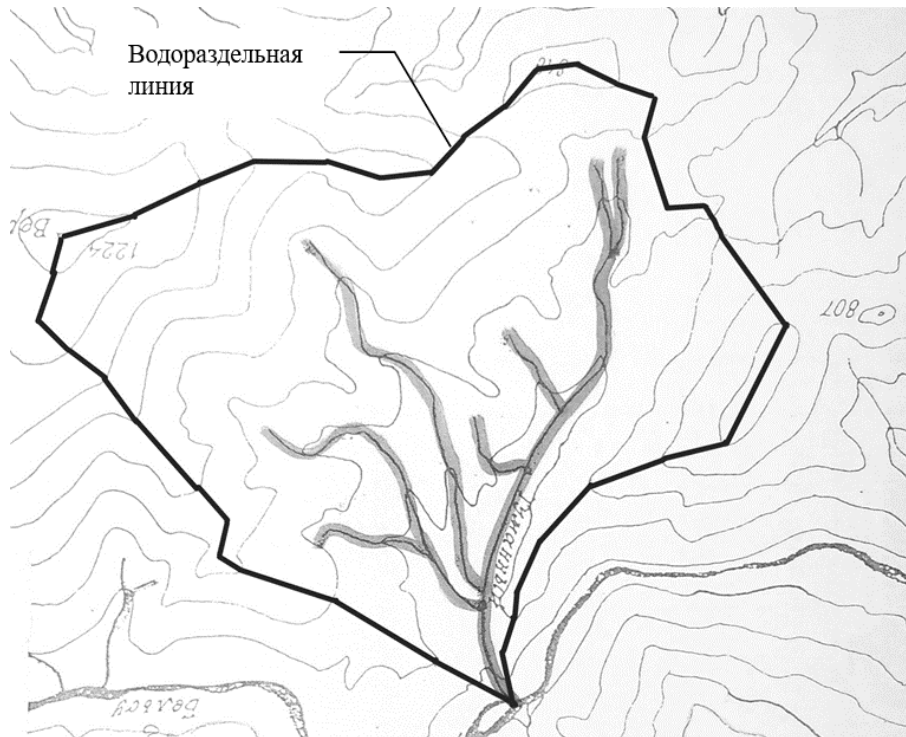


Рис. 3. Определение орографического водораздела на карте

Таким образом на карте выделили площадь поверхностного водосбора главной реки. Далее определяем длину водораздельной линии:

$$\text{Длина водораздельной линии } L_{\text{вод.л.}} = \text{см} \cdot 100 = \text{ м.}$$

Далее необходимо выделить площади поверхностного водосбора всех притоков и межбассейновых пространств.

Межбассейновыми пространствами называются такие участки склонов, сток с которых происходит непосредственно в главную реку. Они расположены между площадями водосборов притоков, впадающих в главную реку с одного берега.

Межбассейновые пространства нумеруются сначала по правому, затем по левому берегу (рис. 4).

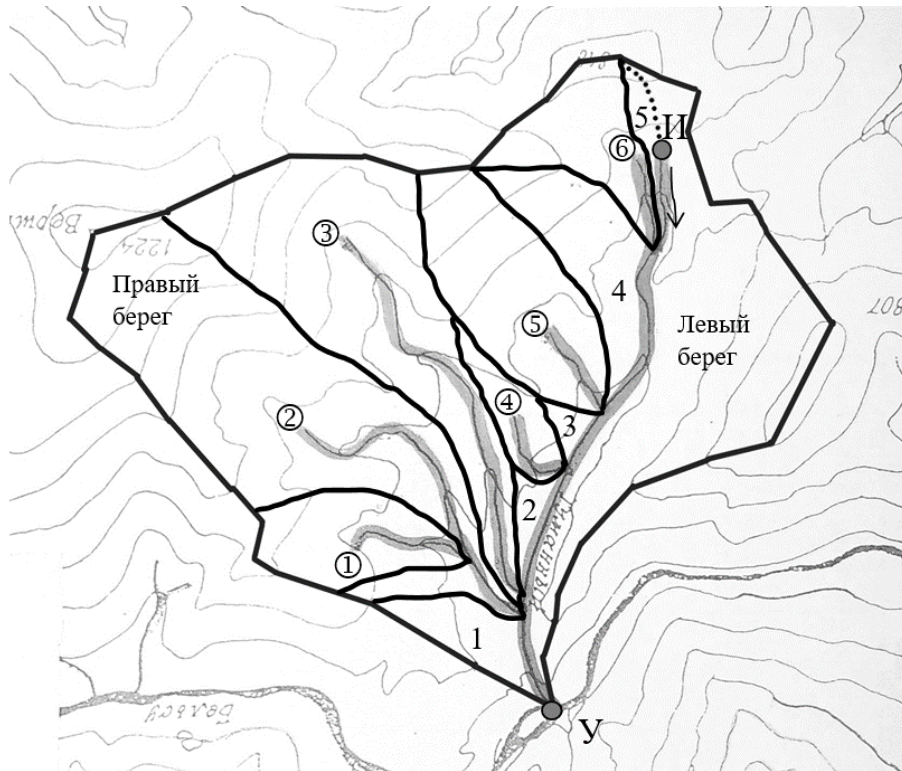


Рис. 4. Определение границ поверхностных водосборов притоков и межбассейновых пространств

На карте необходимо выделить площади притоков, можно выполнить штриховку разным цветом. Цифрами обозначить участки межбассейновых пространств.

Стрелочкой от истока к устью вдоль русла главной реки необходимо показать направление течения реки. Главная река делит площадь бассейна на левый и правый берег: справа по течению – правый берег, слева по течению – левый берег. На карте необходимо подписать, где правый и левый берега.

Исток главной реки в рассматриваемом примере не лежит на водоразделе, поэтому, чтобы определить границу между левым и правым берегами пунктиром по ложбине (понижение местности, где сформировался водоток в данном случае), нужно нанести линию от истока главной реки вверх до линии водораздела.

Далее необходимо определить площадь всех участков. Для этого на миллиметровую бумагу формата А4 «переносим» речную систему (главная река и все притоки), водоразделы, нумерацию межбассейновых пространств. Согласно масштабу, $1 \text{ см}^2 = 10000 \text{ м}^2$ или 1 га. Площади определяются методом палетки. Данные можно представить в виде списка или таблицы (см. табл. 1), результаты укажите в квадратных метрах.

Площадь бассейна реки ($F_{бас.}$) = $м^2$

Площадь правого берега ($F_{прав. бер.}$) = $м^2$

Ниже необходимо перечислить сначала притоки и межбассейновые пространства правого берега. Все притоки в данном задании на правом берегу. Межбассейновые пространства на правом берегу с 1 по 5. Результаты укажите в квадратных метрах.

Площадь бассейна притока 1 (F_1) = $м^2$

Площадь бассейна притока 2 (F_2) = $м^2$

Площадь бассейна притока 3 (F_3) = $м^2$

Площадь бассейна притока 4 (F_4) = $м^2$

Площадь бассейна притока 5 (F_5) = $м^2$

Площадь бассейна притока 6 (F_6) = $м^2$

Площадь межбассейнового пространства 1 ($F_{м/б 1}$) = $м^2$

Площадь межбассейнового пространства 2 ($F_{м/б 2}$) = $м^2$

Площадь межбассейнового пространства 3 ($F_{м/б 3}$) = $м^2$

Площадь межбассейнового пространства 4 ($F_{м/б 4}$) = $м^2$

Площадь межбассейнового пространства 5 ($F_{м/б 5}$) = $м^2$

Площадь левого берега ($F_{лев. бер.}$) = $м^2$

Далее необходимо перечислить притоки и межбассейновые пространства левого берега. В данном задании указана только площадь левого берега, так как на левом берегу нет притоков.

*Одним из способов графического изображения распределения общей площади водосбора реки между ее притоками является **круговой график водосбора**. На этом графике общая площадь водосбора изображается в виде круга, а площади отдельных притоков в соответствующем масштабе в виде секторов (рис. 5).*

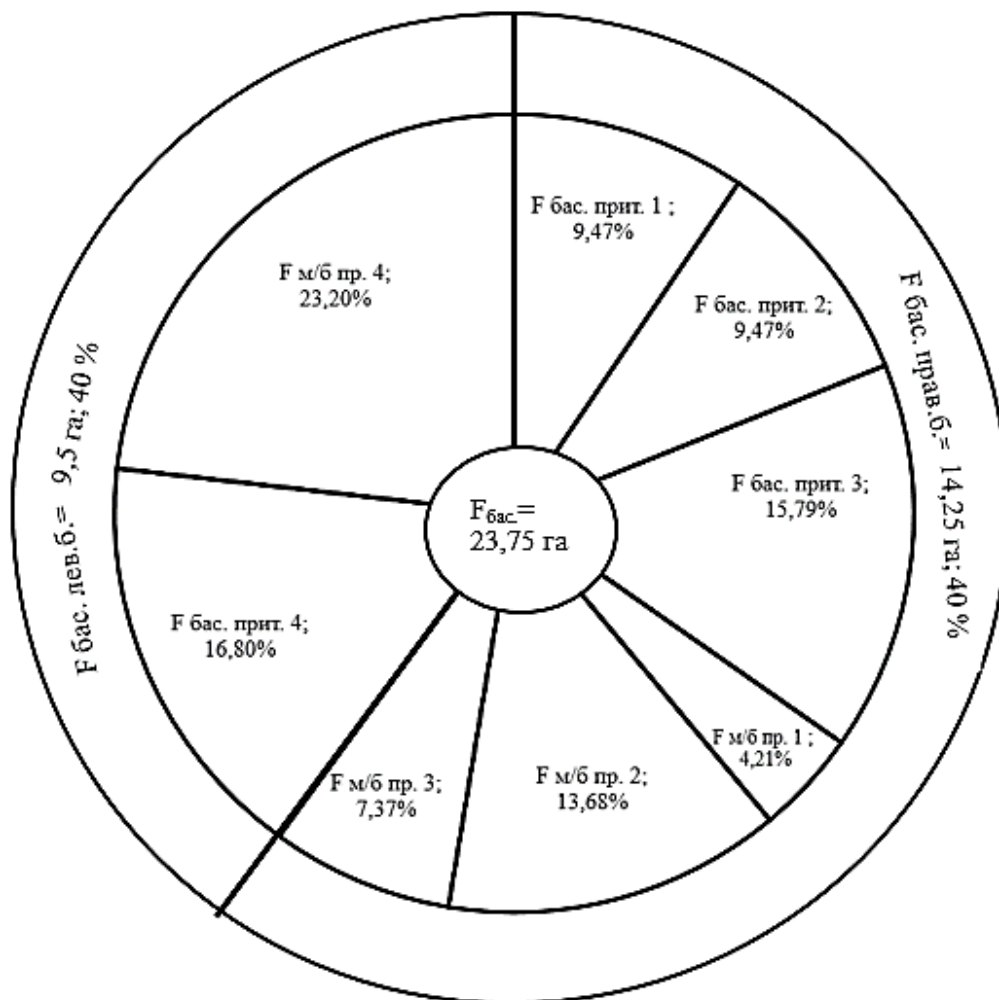


Рис. 5. Пример оформления кругового графика бассейна реки

Для построения рис. 5 удобно предварительно выразить площади отдельных частных бассейнов в процентах от всей площади и представить данные в виде табл. 1.

Таблица 1

Распределение площади бассейна реки между ее притоками

Название	Площадь	
	в м ² (или га)	в процентах (%)
Площадь бассейна реки ($F_{бас.}$)		
Площадь правого берега ($F_{прав. бер.}$)		
Площадь бассейна притока 1 (F_1)		
Площадь бассейна притока 2 (F_2)		
Площадь бассейна притока 3 (F_3)		
Площадь бассейна притока 4 (F_4)		
Площадь бассейна притока 5 (F_5)		
Площадь бассейна притока 6 (F_6)		
Площадь межбассейнового пространства 1 ($F_{м/б 1}$)		

Окончание табл. 1

Площадь межбассейнового пространства 2 ($F_{м/б 2}$)		
Площадь межбассейнового пространства 3 ($F_{м/б 3}$)		
Площадь межбассейнового пространства 4 ($F_{м/б 4}$)		
Площадь межбассейнового пространства 5 ($F_{м/б 5}$)		
Площадь левого берега ($F_{лев. бер.}$)		
Итого		100

Результаты обработки топографических карт приведены в табл. 2 (состав речной системы, значения показателей в таблице взяты для образца).

Таблица 2

Состав речной системы

№ п/п	Название водотока	Куда впадает и с какого берега (лв, пр)	Расстояние от устья, м	Длина, м	Площадь бассейна, м ²
1	Главная река	Бельсу (лв)	12000	1025	45000
2	Приток 1	Приток 2 (пр)	450	180	5000
3	Приток 2	Туманный (пр)	250	570	8000

Для характеристики речной системы данной площади составляют схематическое изображение главной реки и притоков в виде **гидрографической схемы**. Такая схема дает наглядное представление о расположении рек, протяженности главной реки и притоков (рис. 6). Для ее построения используются длины главной реки и притоков, расстояния от устья до места впадения притоков.

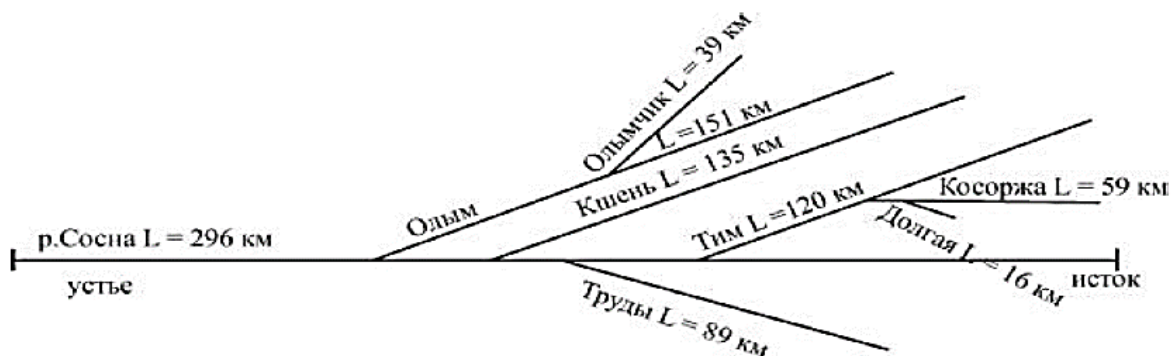


Рис. 6. Пример гидрографической схемы речной системы

Гидрографическая схема строится в одинаковом масштабе (например, 1:10000) как для главной реки, так и для ее притоков. Длина главной реки откладывается на горизонтальной линии, а притоки наносятся на соответствующих берегах (в местах их впадения) под некоторым произвольным углом, примерно 30–40 градусов к реке, в которую впадают. На схеме подписываются названия главной реки и притоков и указывается их длина в километрах.

Важной характеристикой бассейна служит распределение площади бассейна по высотам местности, представленное **гипсографической кривой**, показывающей, какая часть площади бассейна (в км² или %) расположена выше любой заданной отметки местности.

Для построения гипсографической кривой необходимо перенести на миллиметровку водораздел бассейна реки, устье главной реки, высотные точки и горизонтали местности (рис. 7).

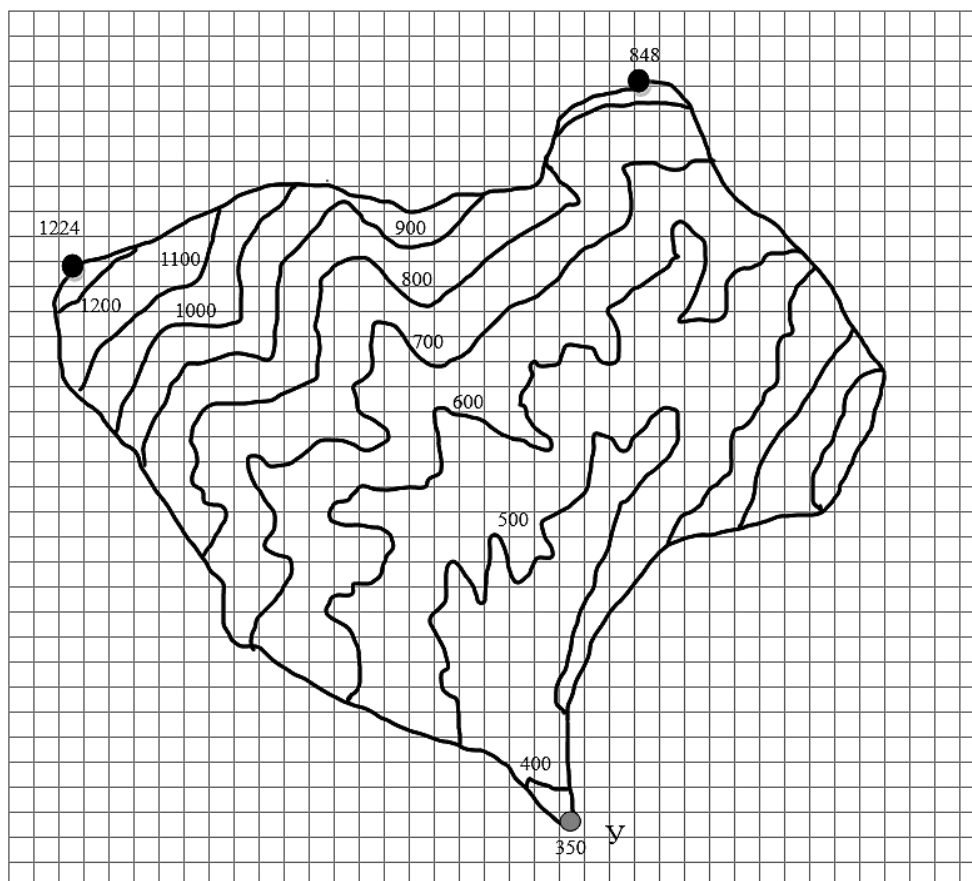


Рис. 7. Исходные данные для построения гипсографической кривой

Отметки горизонталей определяем согласно принятым в геодезии правилам, сечение горизонталей 100 м. Отметка поверхности устья определяется методом интерполяции (т. е. необходимо найти отметку

точки – устья в данном случае, лежащей между двумя горизонталями). Если на карте ниже устья (смотрим ниже по течению реки, в которую впадает главная река) горизонталь с меньшей отметкой поверхности отсутствует, то отметка поверхности устья главной реки принимается меньше отметки предыдущей горизонтали на 50 (половина сечения горизонталей). Например, минимальная отметка горизонтали на рис. 8 равна 400, требуется определить отметку устья. Ниже устья по течению горизонтали отсутствуют в задании. Поэтому отметка поверхности устья условно принимается $400 - 50 = 350$ м.

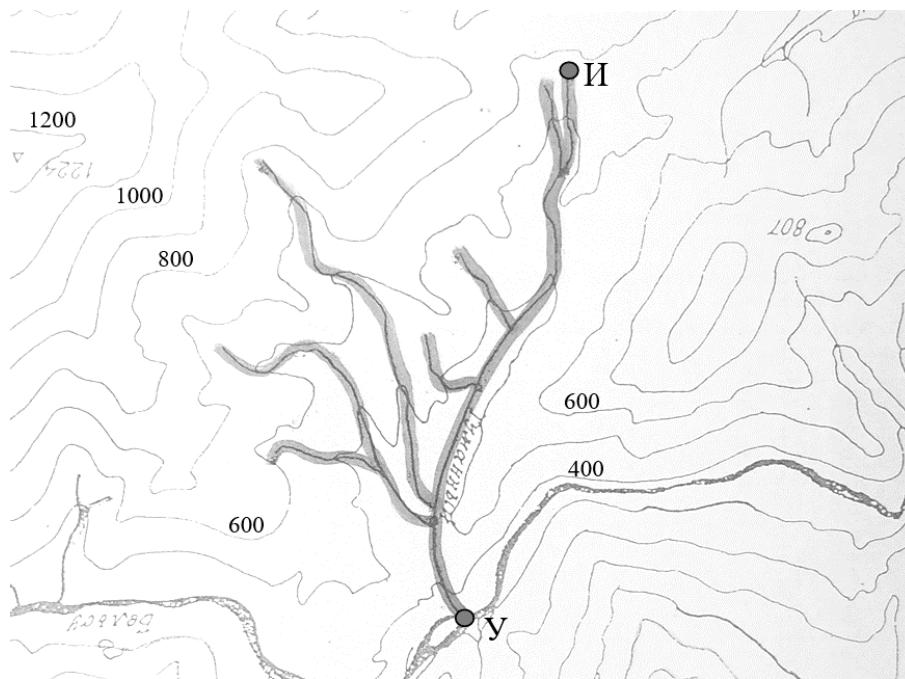


Рис. 8. Определение отметки поверхности устья

Далее измеряются площади, расположенные между горизонталями.

В рассматриваемом примере наивысшей точкой бассейна реки является вершина (точка) с отметкой 1224 м, минимального значения высота достигает в районе устья – 350 м. Этот интервал следует разбить на высотные ступени. Высотные отметки горизонталей и результаты вычисления площадей, заключенных между ними, приведены в табл. 3.

По данным измерений площадей и отметкам горизонталей строится график распределения площадей по высотным зонам, показывающий размеры площадей, лежащих между высотными отметками. Он имеет вид столбчатой диаграммы: по горизонтали откладываются площади, по вертикали – высотные отметки.

После того как график распределения площадей построен, строится кривая нарастания площадей по высотным зонам – гипсографическая кривая, которая может быть получена путем последовательного

суммирования площадей, отложенных по оси абсцисс на предыдущем графике. Точки гипсографической кривой откладываются на нижних границах высотных интервалов и соединяются плавной линией. На графике под масштабом площадей наносится шкала процентов из расчета, что общая площадь бассейна равна 100 %. Точке на кривой с абсциссой 50 % и будет соответствовать высота на оси ординат, которую можно считать средней высотой водосбора.

Таблица 3

Ведомость измерения площадей высотных зон бассейна реки (образец)

№	Высотные отметки горизонталей, м		Площадь высотной зоны, м ²
	от	до	
1	1200	1224	
2	1100	1200	
3	1000	1100	
4	900	1000	
5	800	900	
6	700	800	
7	600	700	
8	500	600	
9	400	500	
10	350	400	

Распределение площади бассейна по высотам и гипсографическая кривая представлены на рис. 9.

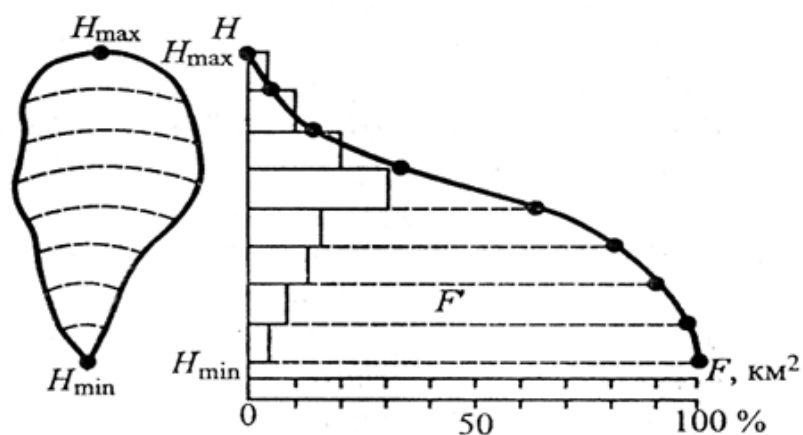


Рис. 9. Распределение площади бассейна по высотам и гипсографическая кривая

Длина бассейна L_b – это прямая, соединяющая устье реки и точку на водоразделе, прилегающую к истоку реки, измеряется в метрах.

$$L_b = \text{см} \cdot 100.$$

Проводим L_6 на карте, измеряем. Длина бассейна измеряется по прямой линии, не выходящей за пределы бассейна (рис. 10).

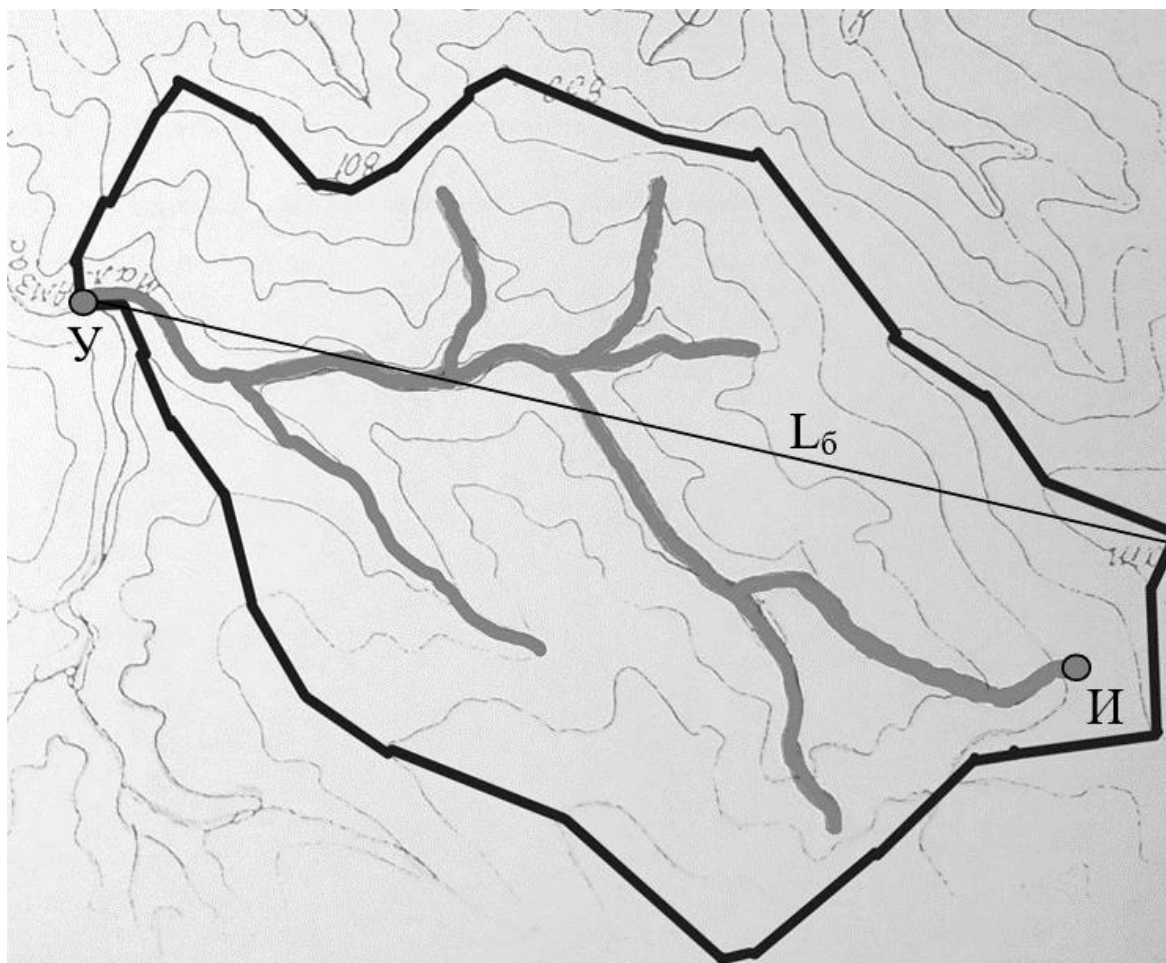


Рис. 10. Определение длины бассейна

Ширина бассейна B_6 – это прямая, перпендикулярная линии длины бассейна (рис. 11), измеряется в метрах.

$$B_6 = \text{см} \cdot 100.$$

Максимальная ширина бассейна $B_{6 \max}$ определяется по прямой, перпендикулярной к длине бассейна в наиболее широкой его части (рис. 11).

$$B_{6 \max} = \text{см} \cdot 100.$$

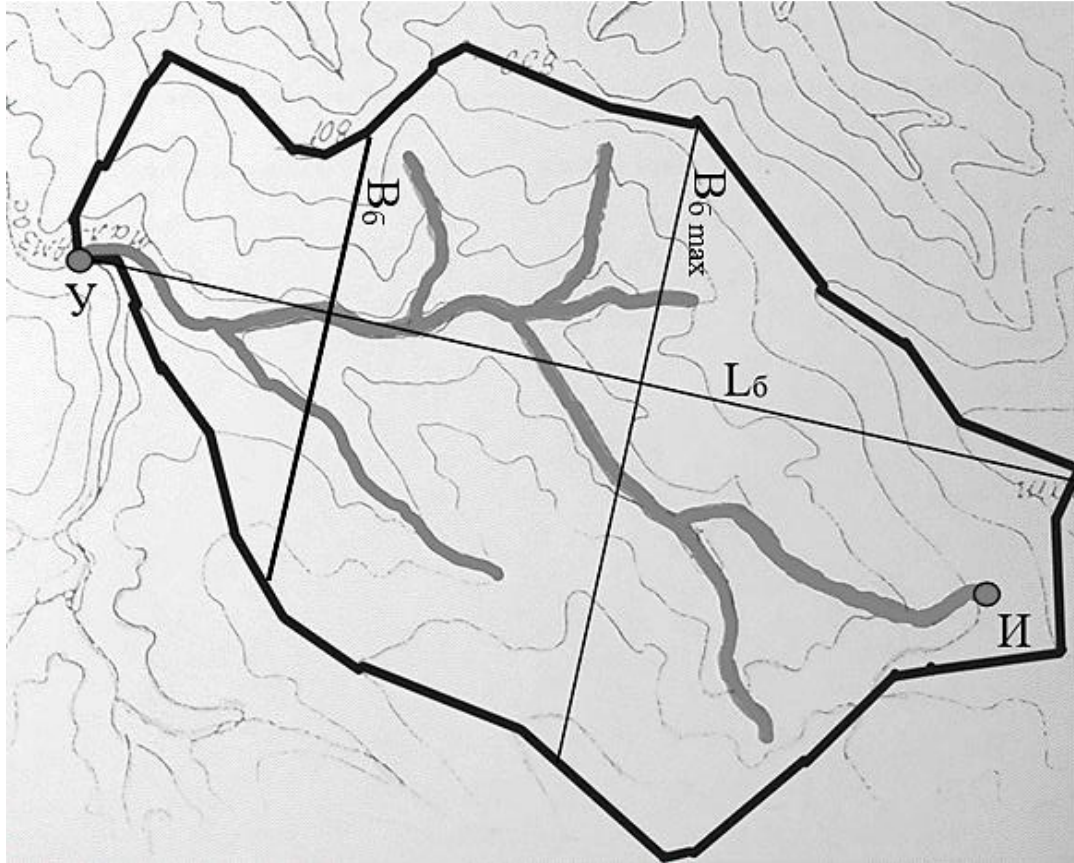


Рис. 11. Определение ширины бассейна реки

Средняя ширина бассейна $V_{б.ср}$ вычисляется по формуле

$$V_{б.ср.} = \frac{F_{бас.}}{L_{бас.}},$$

где $L_{б}$ – длина бассейна.

Густота речной сети (d) – это отношение общей протяженности речной сети к площади бассейна:

$$d = \frac{\sum L}{F_{бас.}}, \text{ м/м}^2.$$

Густота речной сети в пределах равнинных территорий Европейской части России в целом уменьшается с севера на юг: в лесной зоне она составляет 0,4–0,6 км/км², в степной 0,2–0,3, на Прикаспийской низменности уменьшается до 0,05. На Кавказе с увеличением высоты местности густота речной сети возрастает до 0,8–1,0, а иногда и до 2 км/км².

Средняя длина склонов бассейна определяется по формуле

$$L_{скл.ср.} = \frac{1}{2d}, \text{ м}.$$

Коэффициент извилистости главной реки – это отношение длины главной реки к длине отрезка, соединяющего исток и устье главной реки ($L_{отр.}$):

$$K_{изв.} = \frac{L_{гл.р.}}{L_{отр.}}$$

Длину главной реки и длину отрезка подставляем в метрах. На карте по прямой соединяем исток и устье главной реки, длину получившегося отрезка измеряем в сантиметрах, переводим в метры (рис. 12).

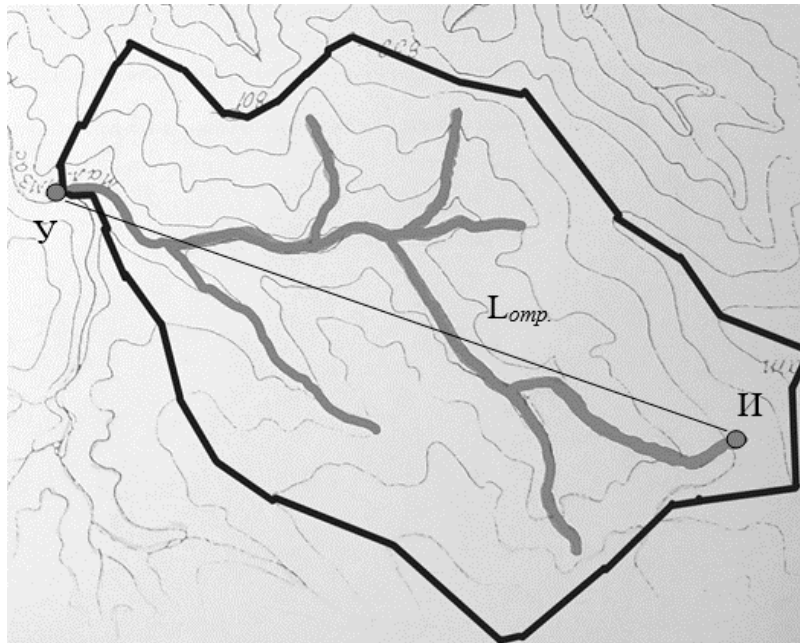


Рис. 12. Определение длины отрезка, соединяющего исток и устье главной реки

Коэффициент извилистости на отдельных участках рек изменяется от 1 до 2–3, а иногда и больше.

Коэффициент разветвления ($K_{разв.}$) – это отношение длины всех протоков ($\sum \ell$) к длине участка ($\ell_{уч.}$), на котором произошло разветвление:

$$K_{разв.} = \frac{\sum \ell}{\ell_{уч.}}$$

Сумму длин протоков и длину участка подставляем в метрах. Данный показатель является одной из характеристик речных систем, но не в каждом варианте возможно его рассчитать, разветвление водотока может отсутствовать. На карте разветвление будет выглядеть в виде «петельки», размер петельки может быть разным. Разветвление может быть как на притоке, так и на главной реке (рис. 13).



Рис. 13. Пример разветвления на участке реки

Длину участка ($l_{\text{уч}}$) измеряем от места разветвления на два протока до места их сливания вновь в один водоток (рис. 13). Длина протока 1 (l_1) и длина протока 2 (l_2) измеряются в метрах в соответствии с масштабом, сумму длин протоков ($\sum l = l_1 + l_2$) подставляем в формулу.

Коэффициент асимметрии (a) – это степень асимметричности бассейна реки относительно главного водотока, отношение двойной разности площадей берегов к общей площади бассейна.

$$a = \frac{2 \cdot (F_{\text{прав.бер.}} - F_{\text{лев.бер.}})}{F_{\text{бас.}}}$$

Коэффициент асимметрии может принимать отрицательное значение.

Коэффициент развития водораздельной линии (m) – это отношение длины водораздельной линии к длине окружности круга, площадь которого равна площади бассейна реки.

$$m = \frac{L_{\text{вод.д.л.}}}{L_{\text{окр.кр.}}}$$

Вычисления производятся с помощью формул для расчета длины окружности круга ($L_{окр.кр} = 2\pi r$) и площади круга ($S = \pi r^2$), а также с учетом того, что $S = F_{бас}$.

Долина и русло реки

Речные долины по происхождению могут быть **тектоническими, ледниковыми и эрозионными**.

По форме поперечного профиля они подразделяются на **теснины, ущелья, каньоны, V-образные, трапецеидальные, ящикообразные, корытообразные** и др. В поперечном профиле долины (рис. 14) выделяют **склоны долины** (вместе с уступом долины и надпойменными террасами) и **дно долины**. В пределах дна (ложа) долины находятся **русло реки** (наиболее низкая часть долины, занятая водным потоком в межень) и **пойма** (заливаемая водами половодья или значительными паводками часть речной долины).

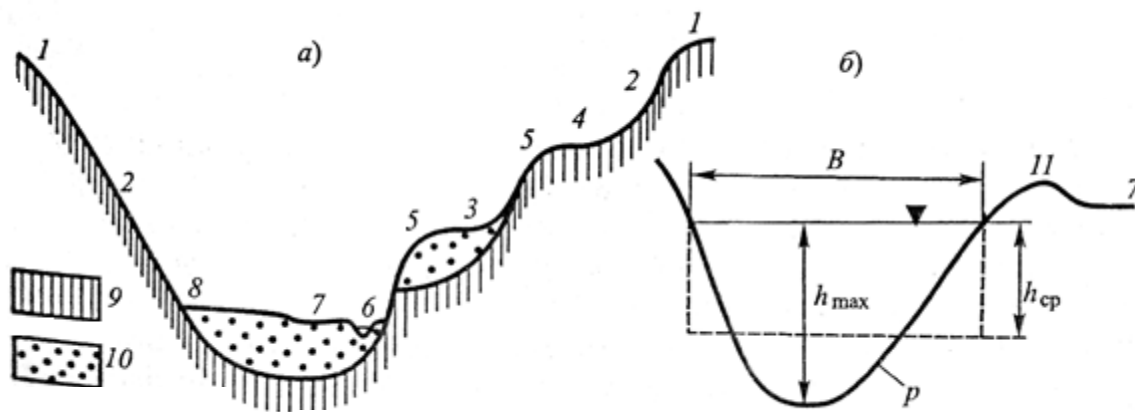


Рис. 14. Поперечный профиль долины (а) и русла (б) реки:

1 – бровка долин (коренного берега); 2 – уступ коренного берега; 3 – первая надпойменная терраса (аккумулятивная); 4 – вторая надпойменная терраса (эрозионная); 5 – бровка террасы; 6 – русло реки; 7 – низкая пойма; 8 – высокая пойма; 9 – коренные породы; 10 – аллювиальные отложения; 11 – прирусловой вал

Русла рек по форме в плане подразделяются на **прямолинейные, извилистые (меандрирующие), разделенные на рукава, разбросанные (блуждающие)** (рис. 15).

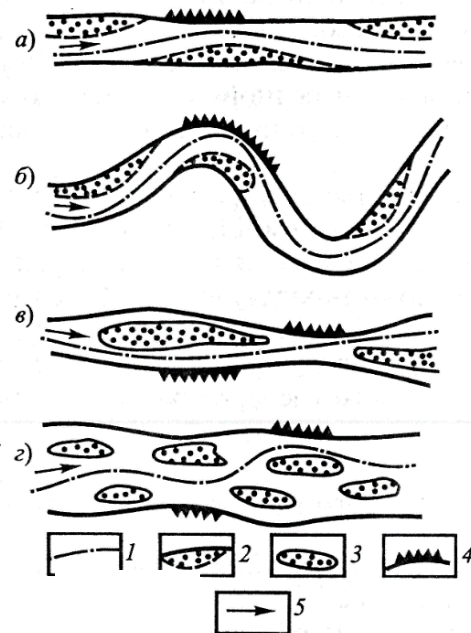


Рис. 15. Типы речных русел:

а – прямолинейное; *б* – извилистое; *в* – разделенное на рукава; *г* – разбросанное;
 1 – линия наибольших глубин; 2 – отмель; 3 – осередок или остров; 4 – размываемый участок берега; 5 – направление течения

Основные морфологические элементы русла следующие: **излучины** (меандры), затопляемые подвижные повышения дна – **осередки** и более высокие, более стабильные и закрепленные растительностью **острова**, глубокие и мелкие участки русла – **плесы и перекаты**, **донные гряды** различного размера.

Полоса в русле реки с глубинами, наиболее благоприятными для судоходства, называется **фарватером**.

Продольный профиль реки – это график изменения отметок дна и водной поверхности вдоль русла.

Продольные профили рек могут быть:

1. **Плавновогнутый**, или **профиль равновесия** – наиболее распространенный; он характеризуется вогнутой кривой гиперболического вида, более крутой в истоках реки и пологой ближе к устью.

2. **Прямолинейный**, характеризующийся относительно равномерными уклонами на всем протяжении реки; наблюдается главным образом у малых рек.

3. **Сбросовый**, или **выпуклый**, имеющий малые уклоны в верховьях и большие в нижнем течении реки; встречается редко и характерен для рек Карельской АССР и Кольского полуострова.

4. **Ступенчатый**, образующийся при наличии ряда хорошо выраженных промежуточных базисов эрозии, в виде встречаемых иногда

рекой трудно поддающихся размыву горных пород или в форме котловин проточных озер или водохранилищ (рис. 16, а).

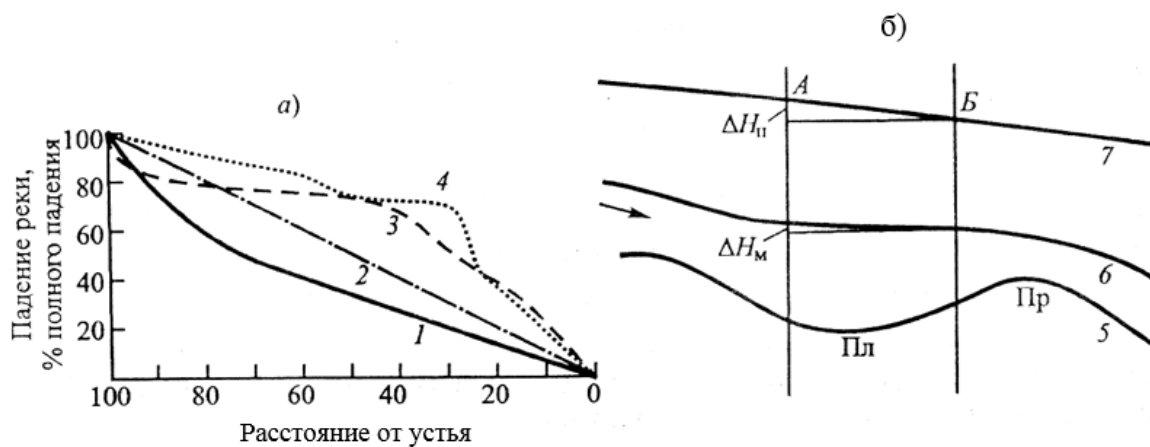


Рис. 16. Продольные профили реки (а) и ее участка (б):

1 – плавновогнутый (р. Вахш); 2 – прямолинейный (р. Зеравшан); 3 – выпуклый (р. Гунт); 4 – ступенчатый (р. Бартанг); 5 – дно реки; 6 – водная поверхность в межень; 7 – водная поверхность в половодье; ΔH_M – падение между створами А и Б в межень; ΔH_H – то же, в половодье; Пл – плес; Пр – перекат

Характер продольного профиля определяется геологическим строением и рельефом речного бассейна, а также эрозивно-аккумулятивной деятельностью самого потока.

Перегибы продольного профиля обычно приурочены к местам впадения притоков (ниже их профиль, как правило, выполаживается), а также к **местным базисам эрозии**, в качестве которых могут быть главная река для притока, пороги, водопады, проточные озера, водохранилища и др. Уровень приемного водоема (океана, моря, бессточного озера), куда впадает река, называют **общим базисом эрозии**.

Весьма характерен продольный профиль реки на коротком ее участке, включающем плесы и перекаты (рис. 16, б). В этом случае продольный профиль строят отдельно для дна и водной поверхности реки. Из данных видно (рис. 16, б), как изменяется продольный профиль водной поверхности с изменением уровня воды в реке. При низких уровнях (в межень) продольный профиль водной поверхности более крутой на перекатах и более пологий на плесах. При высоких уровнях (в половодье) продольный профиль обычно выравнивается или даже становится на плесах более крутым, чем на перекатах.

Далее необходимо построить продольный профиль главной реки на миллиметровой бумаге в масштабе 1:10000. За ПК₀ принять устье главной реки, за конечный пикет – исток главной реки. Пикеты между истоком и устьем главной реки расставляем в местах пересечения главной реки

с горизонталями местности. Например, на рис. 17 выделено пять пикетов: ПК₀, ПК₁, ПК₂, ПК₃, ПК₄.

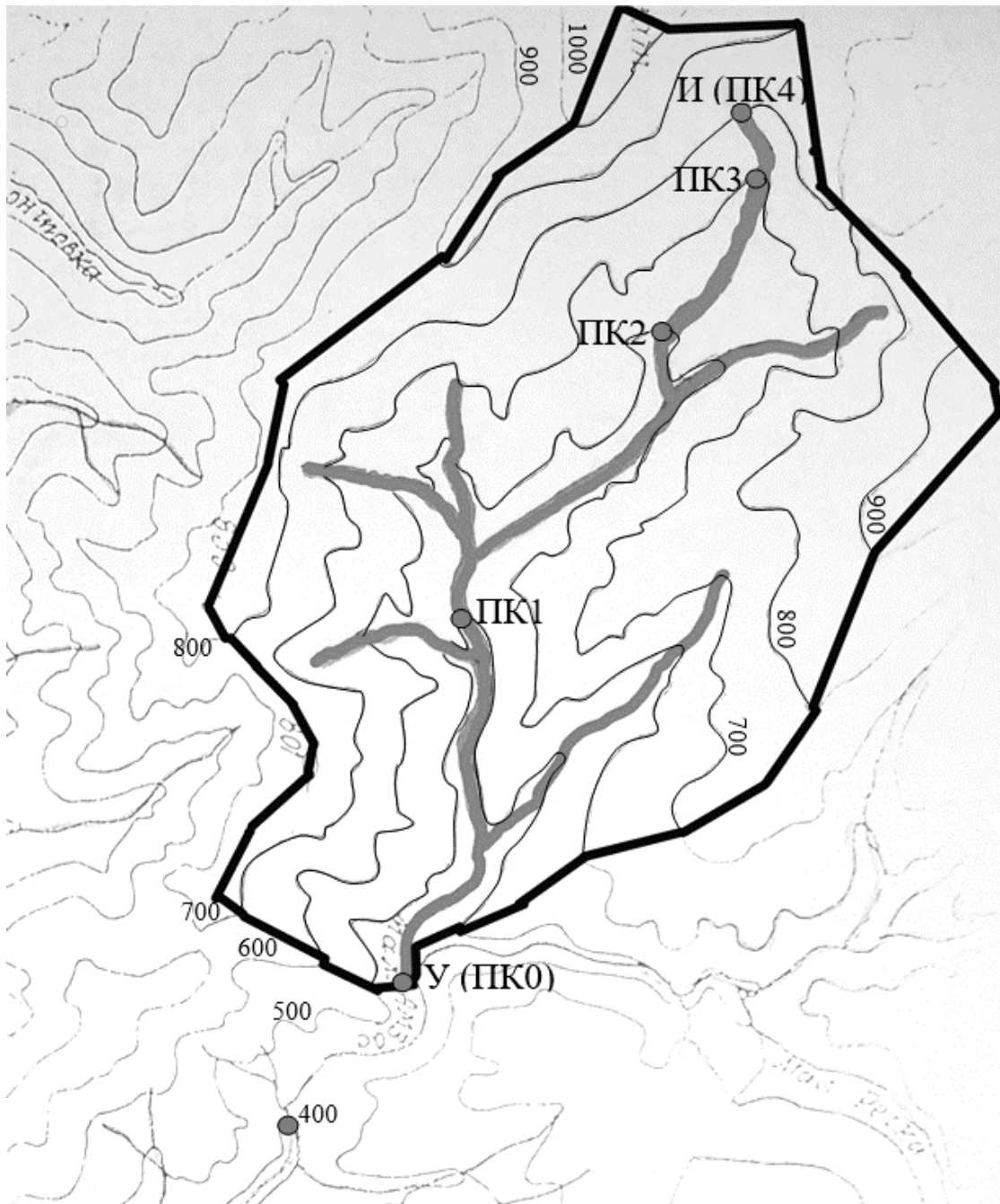


Рис. 17. Определение положения пикетов

Лист миллиметровки располагается горизонтально, внизу листа пишем «рис. номер, название, масштаб». Таблица содержит два столбца, четыре строки (высотой по 1 см каждая). Протяженность таблицы зависит от количества пикетов. Названия строк таблицы: номера пикетов; расстояние, м; отметки поверхности; уклон (рис. 18).

Номер пикета	
Расстояние, м	
Отметки поверхности	
Уклон	

Рис. №. Продольный профиль главной реки: 1:10000

Рис. 18. Образец оформления таблицы (шаг 1)

Далее заполняем строки 1 и 2. Первый пикет – ПК₀. Далее измеряем на карте расстояние от ПК₀ до ПК₁, измерение делаем по главной реке с учетом всех извилин (по веревочке или циркулем-измерителем), откладываем на продольном профиле в строке 2 данное расстояние в масштабе, пишем расстояние в метрах, а в строке 1 ставим ПК₁ (рис. 19).

Номер пикета	0	1
Расстояние, м	500	
Отметки поверхности		
Уклон		

Рис. №. Продольный профиль главной реки: 1:10000

Рис. 19. Образец оформления таблицы (шаг 2)

Далее аналогично. Измеряем на карте расстояние между пикетами 1 и 2, откладываем на продольном профиле, в строке 1 пишем пикет 2, расстояние в строке 2 указываем в метрах. И т. д. до последнего пикета (рис. 20).

Номер пикета	0	1	2	3	4
Расстояние, м	500	470	220	100	
Отметки поверхности					
Уклон					

Рис. №. Продольный профиль главной реки: 1:10000

Рис. 20. Образец оформления таблицы (шаг 3)

Если сложить все расстояния между пикетами (данные строки 2), то должны получить длину главной реки. Если такого результата не получили, значит, измерения проведены не точно или ранее неверно определена длина главной реки, необходимо исправить.

Далее под каждым пикетом в строке 3 записываем отметки поверхности пикетов (обратить внимание на направление текста!). Пикеты мы ставили на пересечении русла главной реки и горизонтали местности, поэтому отметка пикета будет равна отметке горизонтали, на которой он лежит (рис. 21).

Номер пикета	0	1	2	3	4
Расстояние, м		500	470	220	100
Отметки поверхности	438	500	600	700	800
Уклон					

Рис. №. Продольный профиль главной реки. 1:10000

Рис. 21. Образец оформления таблицы (шаг 4)

Исключение может составлять отметка поверхности истока или устья. Например, если исток лежит на горизонтали, то отметка данного пикета будет также равна отметке горизонтали. Если исток или устье не лежат на горизонтали, то отметку пикета нужно найти методом интерполяции как отметку точки, лежащей между двумя горизонталями (см. выше).

Например, на карте ниже устья есть горизонталь 400, устье находится между горизонталями 400 и 500 (рис. 17).

Производим следующие действия: 1) измеряем расстояние в метрах вдоль русла реки между точкой на горизонтали 400 и устьем; 2) измеряем расстояние в метрах между точкой на горизонтали 400 и ПК₁ (точка на горизонтали 500); 3) первое значение делим на второе, прибавляем к отметке 400. Получаем отметку устья (ПК₀) = 438 м (значение округляем до целых).

Далее отметки поверхности откладываем в верхней части, над таблицей в масштабе (рис. 22). Масштаб горизонтальный и вертикальный могут отличаться (если отличаются, то оба масштаба указываются в названии рисунка: $M_{\text{верт}}$, $M_{\text{гор}}$). Можно задать начальную точку отчета (в примере – 400) с целью экономии пространства в зоне построения продольного профиля. Полученные точки соединяем, получаем продольный профиль главной реки.

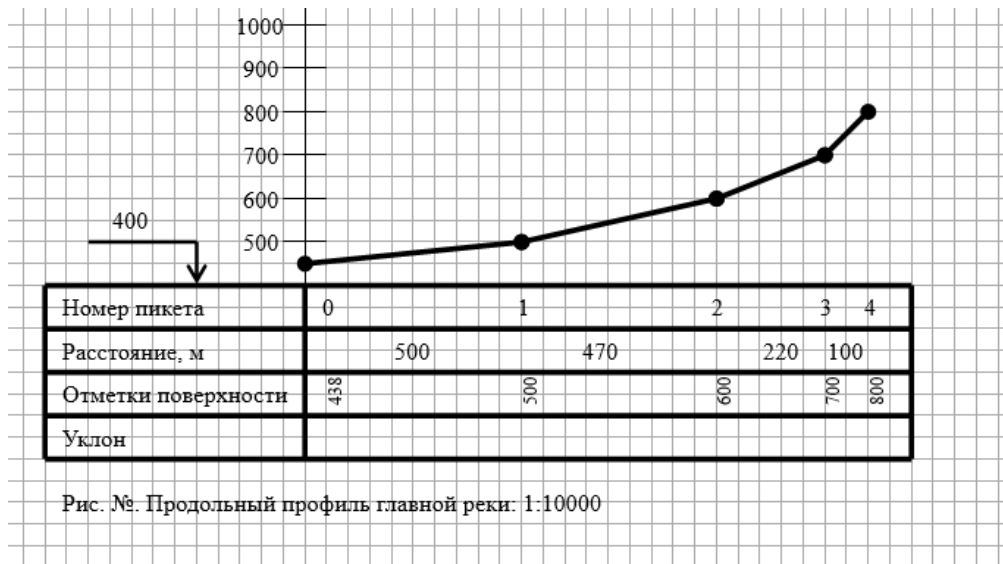


Рис. 22. Образец оформления таблицы (шаг 5)

Далее необходимо показать места впадения в главную реку притоков первого порядка. Для этого понадобится: 1) список притоков первого порядка; 2) длина каждого притока первого порядка; 3) из таблицы «Состав речной системы» берем данные по притокам первого порядка из столбца «Расстояние от устья, м».

На продольном профиле откладываем от устья (т. е. от ПК₀) вправо расстояние до места впадения притока первого порядка в масштабе, ставим точку. Из данной точки вверх откладываем длину притока в масштабе, добавляем выноску – «полочку» вправо (если приток относится к правому берегу реки) или влево (если приток относится к левому берегу реки). На «полочке» пишем номер притока. И так отмечаем все притоки первого порядка (рис. 23).

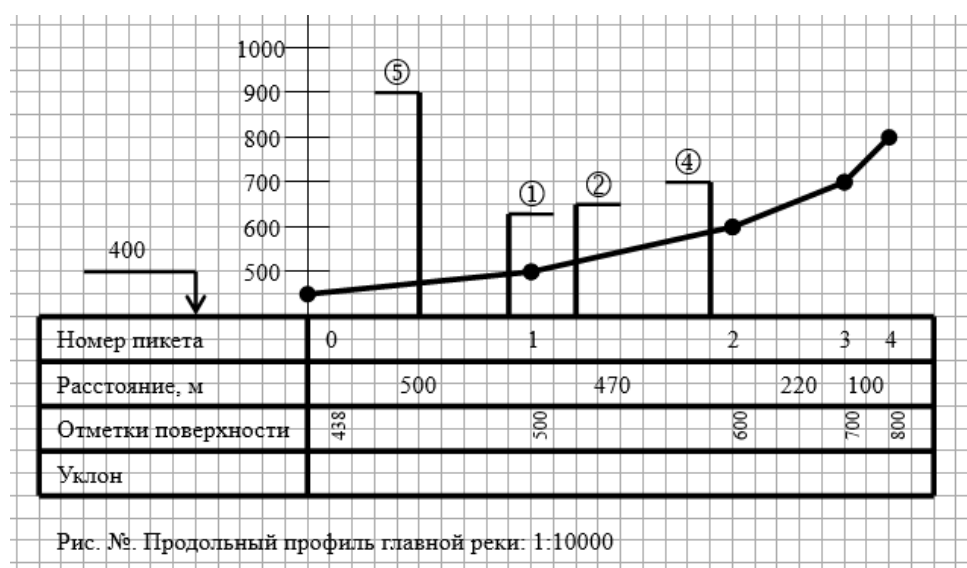


Рис. 23. Образец оформления таблицы (шаг 6)

Может получиться так, что приток находится ниже профиля главной реки, т. к. он небольшой по протяженности (длине).

Продольный профиль выполняется в цвете: уклон, профиль реки и впадающие в главную реку притоки – красным, все остальное – черным цветом.

Для характеристики крутизны продольного профиля рек используют понятие **уклон реки** (отдельно для дна и водной поверхности). Уклон реки вычисляют по формуле

$$I = \frac{\Delta H_i}{L_i},$$

где: ΔH – падение;

L_i – длина реки на участке.

Длину измеряют вдоль русла, и поэтому I представляет собой не тангенс, а угол наклона дна или водной поверхности к горизонту. Величина I для водной поверхности реки всегда положительна (исключения – лишь устья рек, подверженные действию приливов и нагонов), а для дна (в этом случае вместо I обычно пишут I_0) может на некоторых участках принимать и отрицательные значения, например в месте резкого уменьшения глубин на перекате. Уклон реки – величина относительная, и ее выражают или в долях единицы, или ‰, или ‰.

Необходимо рассчитать уклоны водной поверхности на каждом участке реки (т. е. между пикетами). Расчет производится в долях от единицы:

$$i_{\text{ПК0} - \text{ПК1}} = (500 - 438) : 500 = 0,124;$$

$$i_{\text{ПК1} - \text{ПК2}} = (600 - 500) : 470 = 0,213;$$

$$i_{\text{ПК3} - \text{ПК4}} = (700 - 600) : 220 = 0,455;$$

$$i_{\text{ПК4} - \text{ПК5}} = (800 - 700) : 100 = 1,00.$$

Полученные данные записываем в строку 4 на продольном профиле главной реки. Округляем до сотых. Записи в строках 2 и 4 делаем по середине участка между пикетами (рис. 24).

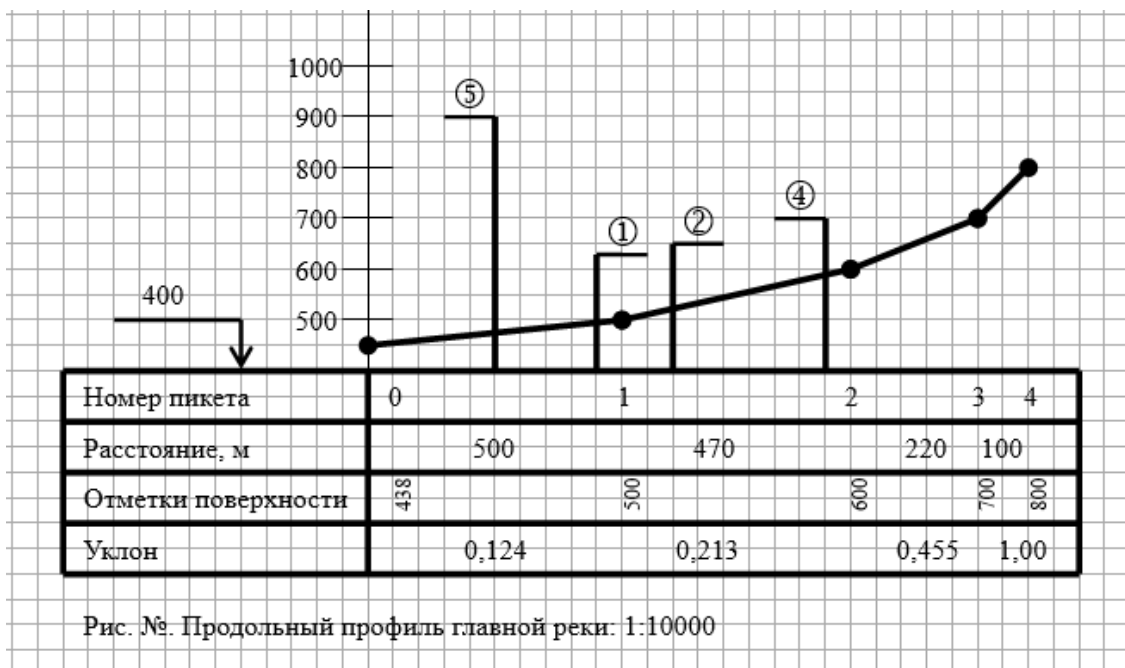


Рис. 24. Образец оформления таблицы (шаг 7)

Разность отметок дна или водной поверхности реки на каком-либо ее участке называется падением (ΔH). Разность отметок истока ($ПК_0$) и устья ($ПК_4$) реки составляет **полное падение реки**.

$$\Delta H = ПК_4 - ПК_0 = 800 - 438 = 362 \text{ м.}$$

ΔH показываем на продольном профиле главной реки (рис. 25).

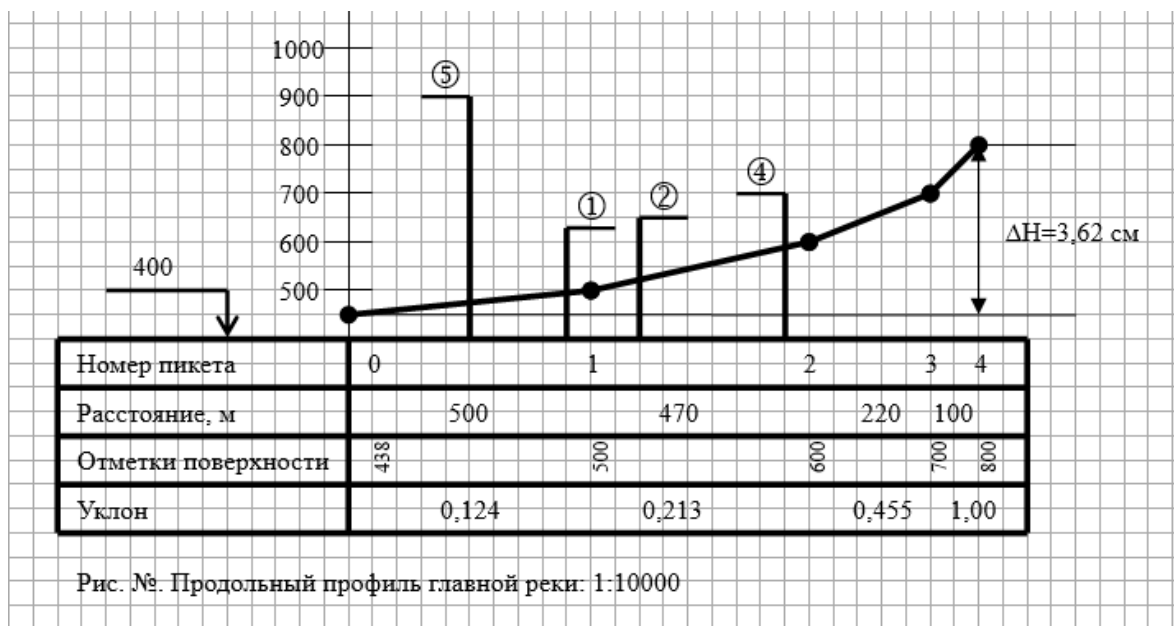


Рис. 25. Образец оформления таблицы (шаг 8)

Средний уклон бассейна реки (I_{cp}) вычислим по формуле

$$I_{cp} = \frac{\Delta H}{\sqrt{F_{бас}}}.$$

Километрическое падение (километрический уклон) – это падение на 1 км длины реки. Для этого величину падения уровня (ΔH), выраженную в сантиметрах, делят на длину участка русла в километрах.

$$I_{км} = \frac{\Delta H}{L_{гл.р.}}.$$

Например, $I_{км} = 3,62 \text{ см} : 1,290 \text{ км} = 2,81 \text{ см/км}$.

Продольный профиль главной реки представлен на рис. 25.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чиндяев, А. С. Гидросфера Земного шара : учебное пособие / А. С. Чиндяев, М. А. Маевская, И. А. Иматова. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2010. – 282 с. – ISBN 978-5-94984-320-8.
2. Григорьева, А. В. Гидрология (учение о гидросфере) : учебно-методическое пособие / А. В. Григорьева. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. – 70 с. – ISBN 978-5-94984-861-6. – URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/12447> (дата обращения: 28.10.2024).
3. Михайлов, В. Н. Гидрология : учебник для вузов / В. Н. Михайлов, С. А. Добролюбов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 753 с. – ISBN 978-5-4475-4463-8.
4. Чиндяев, А. С. Учение о гидросфере : методические указания к выполнению лабораторно-практических работ для студентов ЛХФ, обучающихся по направлению 511100 «Экология и природопользование», специальности 020802 «Природопользование» / А. С. Чиндяев, А. В. Горяева. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2009. – 51 с.

Для заметок