

Методы гидрологических исследований: проведение измерений и описание рек

© Составитель А.С.Боголюбов (по материалам М.А.Андреевой, В.А.Дзиковича, В.Т.Дмитриевой, Н.П.Матвеева, 1991¹). Москва, Экосистема, 1996

Данное пособие включает в себя методики определения основных гидрографических характеристик реки, полевых гидрометрических исследований (определения ширины, промеров глубин, измерения скоростей течения, температуры, прозрачности), полевых гидрографических работ (план русла, профиль реки, годограф скоростей), вычисления стандартных гидрологических показателей (водного сечения, средней скорости течения, расхода воды), изучения водного режима реки.

Введение

Комплексный подход к экологическим исследованиям предполагает изучение и описание таких основных абиотических составляющих экосистем, как **климат, почвы, подстилающие породы, рельеф, поверхностные воды**. Все эти параметры являются в равной степени важными факторами, определяющими как внешний облик той или иной экосистемы, так и внутренние, глубинные закономерности ее функционирования.

Именно поэтому только тщательное изучение всех этих параметров соответствует требованиям **комплексного экологического исследования**.

Водные объекты, а особенно **реки**, являются одной из важнейших экологически значимых составных частей экосистем и изучаются как при проведении комплексных экологических исследований, так и в качестве самостоятельного объекта при природоохранных исследованиях.

Главную роль в изучении закономерностей функционирования водных объектов играют **гидрологические исследования**.

Методические приемы гидрологии и гидрографии позволяют **стандартизировать процесс описания, измерения и составления физико-географической характеристики водоема**. В свою очередь это позволяет составить **паспорт водоема** и на его основании правильно оценивать роль водоема в той или иной экосистеме, допустимый уровень антропогенной нагрузки на водоем, выработать рекомендации по его охране и рациональному хозяйственному использованию.

В данном пособии приводятся **основные методические приемы** гидрологического обследования реки, которое может служить основой для составления **паспорта реки**.

Оборудование для измерительных работ

Для проведения измерительных работ на реке необходимо следующее оборудование:

1. Планшет с компасом и визирной линейкой.
2. Лодка резиновая, лот или наметка с разметкой на метры и дециметры.
3. Трос или веревка с метками через каждый метр.
4. Гидрометрическая вертушка или поверхностные поплавки, флажки красный и белый.
5. Термометр водный, диск белый, шкала цветности.
6. Секундомер или часы с секундной стрелкой.
7. Рулетка, вешки.

¹ Андреева М.А., Дзикович В.А., Дмитриева В.Т., Матвеев Н.П. **Полевая практика по общему землеведению**: для ст.-заочников геогр. фак. пед. ин-тов; МГЗПИ. - М.: Просвещение, 1991.

8. Полулитровые бутылки с пробками, шпагат для обвязывания бутылок.
9. Геологический молоток, нож.
10. Фотоаппарат.
11. Журналы наблюдений, чертежные принадлежности, бумага, резинки, простые карандаши.

Общий план изучения реки

Подготовительный этап (выполняется до начала полевых работ на основе картографических и литературных материалов):

1. Определение по карте основных гидрографических характеристик реки:
 - 1.1. К бассейну какой речной системы относится.
 - 1.2. Приток какой реки и какого порядка.
 - 1.3. Протяженность и извилистость реки.
 - 1.4. Название и протяженность притоков.
 - 1.5. Падение и уклон реки.
 - 1.6. Площадь водосборного бассейна.
2. Физико-географическая характеристика бассейна реки.

Полевые исследования

1. Гидрометрические работы на реке:

- 1.1. Глазомерная или буссольная съемка.
- 1.2. Определение ширины реки.
- 1.3. Промеры глубин.
- 1.4. Определение скорости течения реки.
- 1.5. Измерение температуры, прозрачности и цвета воды.
- 1.6. Исследование характера русла реки.

2. Графические работы:

- 2.1. План русла реки.
- 2.2. Поперечный профиль реки.
- 2.3. Годограф скоростей.

Камеральная обработка материала

1. Вычислительные работы:

1.1. Определения площади водного сечения реки, смоченного периметра, средней глубины, гидравлического радиуса, средней скорости течения.

- 1.2. Вычисление расхода воды в реке.
- 1.3. Определение стока, модуля и коэффициента стока реки.

2. Изучение водного режима реки:

- 2.1. Источники питания.
- 2.2. Годовые и многолетние колебания уровней воды.
- 2.3. Ледниковый режим.

3. Хозяйственное использование реки:

- 3.1. Воздействие хозяйственной деятельности на режим реки и качество воды.
- 3.2. Водоохранные мероприятия.

Подготовительный этап перед началом полевых исследований относительно прост и требует лишь минимальных пояснений.

Бассейном реки называется территория, с которой собирается питающая ее вода. Каждая река, не впадающая непосредственно в море, относится к бассейну более крупной реки. Та, в свою очередь, относится к бассейну более крупной реки, впадающей непосредственно в море.

Каждая более мелкая река является **притоком** более крупной реки. Притоки, впадающие в реку непосредственно, называются притоками **первого порядка**. Водотоки, впадающие в реки первого порядка, по отношению к главной реке называются притоками **второго порядка**, и так далее. Например, река Ока, впадающая в Волгу, является по отношению к ней рекой первого порядка, река Москва, впадающая в Оку, является по отношению к Волге притоком второго порядка, Яуза, впадающая в Москву - третьего, Ичка, впадающая в Яузу - четвертого и т.д. В свою очередь, по отношению к реке Москве, Яуза является притоком первого, а Ичка - второго порядка.

Протяженность реки (L) определяется по карте (проще всего с помощью курвиметра - простейшего прибора для измерения расстояний по карте) или по литературным данным. **Извилистость** определяется как отношение протяженности реки (L) к расстоянию между ее началом и концом (истоком и устьем) по прямой (S) - L/S (км). Чем больше этот показатель, тем больше и извилистость.

Названия и протяженность притоков определяются по картам.

Падение - это разница в высотах между началом и концом (истоком и устьем) реки (H). Вычисляется по топографической карте с помощью горизонталей. **Уклон** - это отношение падения реки (H) к ее протяженности (L) - H/L . Чем эта величина больше, тем больше уклон.

Площадь водосборного бассейна вычисляется по карте. Вначале на карте очерчивается территория водосборного бассейна - территория, с которой поверхностные воды собираются в данную реку по всей ее длине - от точки ее начала (истока) до устья. В эту территорию включаются все притоки, впадающие в данную реку, с их притоками более высоких порядков, озерами и болотами, из которых они вытекают, а также (грубо) - половина водораздельных территорий, окружающих истоки рек, показанные на картах.

Площадь бассейна вычисляется методом квадратов - наложения (кальки) или нанесения (карандашом) на карту сетки квадратов с последующим их подсчетом (числа полных и неполных).

Физико-географическая характеристика бассейна реки составляется при необходимости по литературным источникам (по учебникам, географическим справочникам, по картам) и включает краткое описание по схеме: геологическое строение, рельеф, климат, общие особенности гидрографической сети, почвенно-растительный покров).

Полевые исследования

Полевые исследования реки начинаются с выбора и разметки пробных участков (участка) для проведения измерительных работ. При необходимости проведения масштабного исследования (например при съемке участка реки в несколько километров) рекомендуется разбить реку на несколько пробных участков, протяженностью по 200-300 метров и проводить измерения на них последовательно.

Составление планов пробного участка

Для составления плана пробного участка используют **методы глазомерной или буссольной съемки**. При буссольно-глазомерной съемке измеряют азимуты линий визирования вдоль берега реки. Расстояние между точками измерений и до уреза воды определяют рулеткой или шагами. Для того чтобы измерить длину линии шагами, необходимо знать длину своего шага.

Журнал буссольной съемки представлен на рис. 1.

Рис. 1. Журнал буссольной съемки (шапка таблицы)

№ точек	Азимут		Расстояние между точками	Расстояние до уреза	Характер прибрежной части
	прямой	обратный			

Примечание: в графу "характер прибрежной части" включаются: особенности берегов и растительности, дороги, населенные пункты, сельскохозяйственные угодья.

Определение ширины реки.

Ширина небольшой реки определяется при помощи **шнура**, который натягивают от уреза воды одного берега до другого. Длина шнура измеряется рулеткой.

Ширина реки также может быть определена по карте, составленной в поле.

Промеры глубин.

На исследуемом участке реки производится разбивка поперечных профилей, по которым ведут промеры. Створы поперечных профилей обозначают вешками. Промерные створы берутся через 50 - 100 м в зависимости от характера рельефа дна и берегов реки.

Для измерения глубины используется ручной **лот**, который представляет собой размеченную веревку с грузом. На мелких реках удобнее промерять глубины наметкой (шест), размеченной на метры и дециметры. Чтобы шест не погружался в дно, к его концу прибавляется поддон в виде диска диаметром 10 - 15 см. Шест окрашивается белой масляной краской и размечается на дециметры красной краской. Диаметр шеста 4 - 5 см, длина до 2 - 3 м.

Точка, от которой определяют положение промерных вертикалей называется **постоянным началом створа**. По линии створа натягивается стальной трос или веревка, размеченные на метры цветными ленточками или деревянными дощечками. Трос закрепляется кольями на противоположных берегах реки. Промеры производятся с лодки вдоль троса. Расстояние между промерными вертикалями зависит от ширины реки (табл. 1).

Табл. 1. Расстояния между промерными точками при разной ширине реки

Ширина реки, м	до 10	20	50	100	200
Расстояние, м	1	2	5	10	20

При промерах лодка передвигается вдоль троса, против соответствующих меток измеряется глубина, отмечается характер дна (камень, песок, ил). Одновременно с измерением глубин измеряются температура, прозрачность, цвет воды.

При соответствующих условиях промеры глубин могут производиться **с моста**.

Данные промеров записывают в специальный журнал (рис.2).

Рис. 2. Журнал промеров глубин (шапка таблицы)

№ профиля	№ промерных точек	Расстояние от постоянного начала, м	Глубина, м	Температура, °С	Прозрачность	Цвет	Характер дна
-----------	-------------------	-------------------------------------	------------	-----------------	--------------	------	--------------

Для построения **плана реки** в изобатах можно ограничиться тремя поперечными профилями, которые используются также для определения площади живого сечения реки, измерения скорости течения реки и других гидрометрических характеристик.

Данные промеров глубин наносятся на план реки. Первоначально наносятся створы, а затем глубины. Точки с одинаковыми глубинами соединяются изолиниями, которые называются изобатами. Изобаты проводятся методом интерполяции через равные интервалы. Значения изобат подписываются. Образец плана русла реки с изобатами показан на рис. 3.

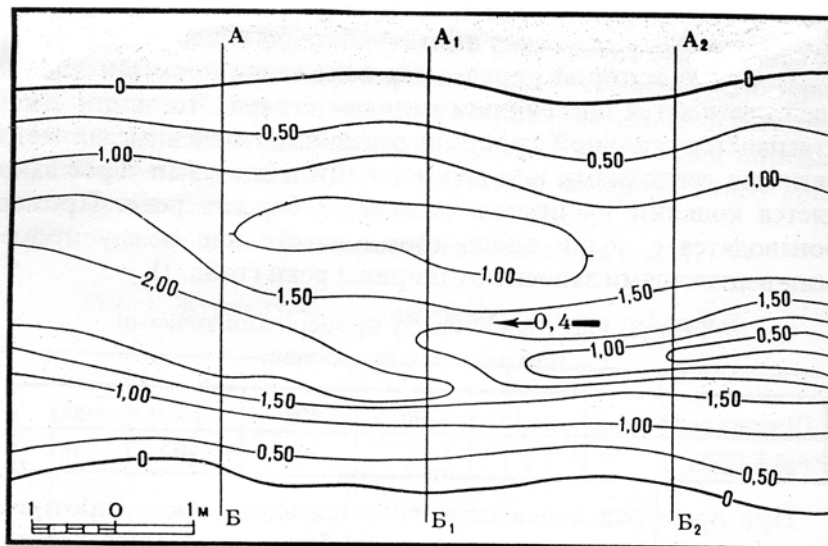


Рис. 3. Образец плана русла реки

По одному из профилей вычерчивают **поперечный профиль** живого сечения реки (схематично показан на рис.8). При составлении профиля по горизонтальной оси откладываются расстояния от постоянного начала до промерных точек, а по вертикальной оси - глубины. Вертикальный масштаб принимается в 5 - 10 раз крупнее горизонтального. На основе поперечного профиля могут быть рассчитаны морфометрические характеристики русла: смоченный периметр, средняя глубина, гидравлический радиус.

Определение скорости течения реки.

Скорость течения представляет собой путь, пройденный частицами воды за единицу времени, и измеряется в метрах за одну секунду (м/с). Знать скорость течения необходимо для вычисления расхода воды.

Для измерения скорости используются **поплавки** и **гидрометрические вертушки**.

Поплавками можно измерять скорость как в поверхностном слое, так и на различных глубинах. В связи с этим поплавки делятся на две группы: поверхностные и глубинные.

Поверхностные поплавки могут иметь вид кружков диаметром 10 - 15 см и толщиной 3 - 5 см, отпиленных от бревна. Поверхностными поплавками могут быть также бутылки, частично наполненные водой и закупоренные пробкой с цветным флажком. Размер и форму поплавков следует подбирать так, чтобы они как можно меньше возвышались над водой, не обладали большой парусностью и хорошо были видны с берега. Для лучшей видимости поплавок на реке его окрашивают в белый или красный цвет. При небольших размерах можно ограничиться 3 - 5 поплавками.

Измерение скорости течения поверхностными поплавками рекомендуется проводить при безветренной погоде. Выбирается прямой участок реки и разбивается на створы. Необходимо иметь четыре створа: главный, по одному выше и ниже главного и пусковой. На каждом из створов устанавливают по 4 вехи, попарно на одном и другом берегах. Каждая пара вех должна быть поставлена перпендикулярно к направлению течения реки. Расстояние между вехами у всех пар берется одинаковым (например, 5 м). Створы также должны нахо-

даться на равном расстоянии друг от друга, составляющем от 1 до 3 ширины реки каждое (рис.4). Поплавки забрасываются с пускового створа последовательно: сначала ближе к левому берегу, потом на середине реки, затем ближе к правому берегу. Каждый последующий поплавок пускается после того, как предыдущий прошел все три створа.

Время прохождения поплавков через низовой и верховой створы отмечается на секундомере по сигналам, подаваемым наблюдателями, стоящими на каждом створе. Для определения скорости поплавок путь поплавок делится на время его движения.

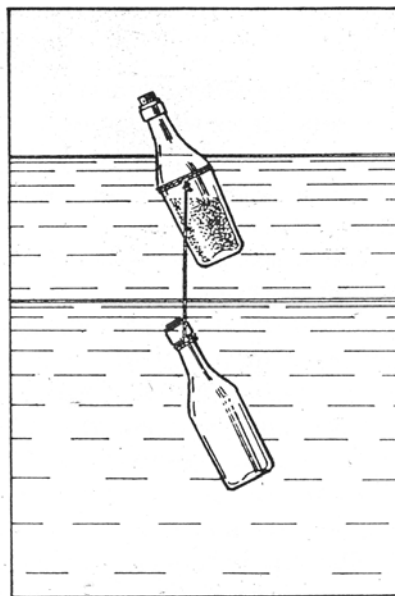
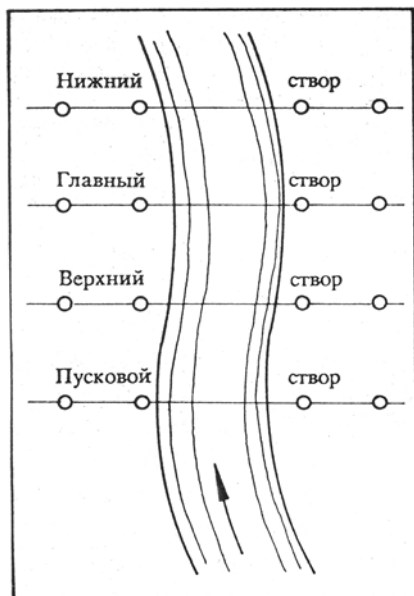


Рис. 4. Расположение створов Рис. 5. Двойные поплавки из бутылок

Средняя скорость вычисляется сложением скорости всех поплавков и делением на их количество.

Результаты записываются в журнал (рис.6).

Рис. 6. Образец журнала измерения поверхностных скоростей течения реки

№ поплавка	Расстояние, м	Время, сек.	Скорость течения, м/с	Средняя скорость, м/с
1	50	82	0,60	0,62
2	50	76	0,65	
3	50	80	0,62	

Для измерения скорости течения на разных глубинах используют **двойные поплавки**. В качестве глубинных поплавков могут быть использованы две бутылки. Бутылки привязывают одна к другой веревкой, длина которой зависит от глубины измерения скорости. Нижняя бутылка наполняется водой и закупоривается пробкой, в верхнюю насыпается песок в таком количестве, чтобы верхняя ее часть находилась над водой, и она тоже закупоривается пробкой (рис. 5). Скорость движения верхней бутылки указывает на среднюю скорость обеих бутылок. Чтобы определить скорость на определенной глубине, например на $0,2h$ (h - глубина реки), нужно знать поверхностную скорость ($V_{пов}$) и среднюю скорость двух бутылок ($V_{сп}$), из которых нижняя опускается на глубину $0,2h$. Тогда скорость на этой глубине определяется по формуле: $V_{0,2h} = 2 V_{сп} - V_{пов}$. Таким же способом можно определить скорость на глубине $0,6h$, $0,8h$ и т.д.

Наиболее точный способ измерения скорости течения - при помощи **гидрометрической вертушки**. Измерение глубин вертушкой производится на скоростных вертикалях, которые распределяются на поперечном профиле через 5 - 10 м. Вертушка опускается на определенную глубину на штанге (при глубинах реки до 3 м) или на тросе (если глубина превышает 3 м).

Замеры скоростей принято проводить у поверхности, на глубинах $0,2h$, $0,6h$, $0,8h$ и у дна. Продолжительность измерения скорости в отдельных точках должна быть не менее 100 с. Установив вертушку на определенной глубине, пропускают 1-2 сигнала, включают секундомер и считают количество сигналов. Сигнал, по которому включен секундомер, в счет не принимается. Число оборотов в секунду вычисляют путем деления суммарного числа оборотов на общее количество секунд. Сначала вычисляют суммарное количество оборотов (N) путем умножения числа оборотов за прием на число приемов. Затем сумма оборотов делится на продолжительность наблюдений в секундах (t) и определяется число оборотов в секунду (n): $n = N/t$.

В тарифовочной таблице по найденному числу оборотов в секунду находится соответствующая величина скорости течения воды. На основании полученных скоростей в отдельных точках можно вычислить среднюю скорость по вертикали.

Распределение скоростей по глубине изображается в виде **гидрографа скоростей**. При вычерчивании графика на вертикальной оси откладываются в определенном масштабе глубины, на горизонтальной - скорости течения. Затем на соответствующих глубинах откладываются измеренные скорости и полученные точки соединяются плавной кривой (рис.7 а).

Наглядное представление о распределении скоростей в живом сечении можно получить построением изотак - линий, соединяющих в живом сечении точки с одинаковыми скоростями (рис.8). Наибольшие скорости течения располагаются обычно на некоторой глубине от поверхности.

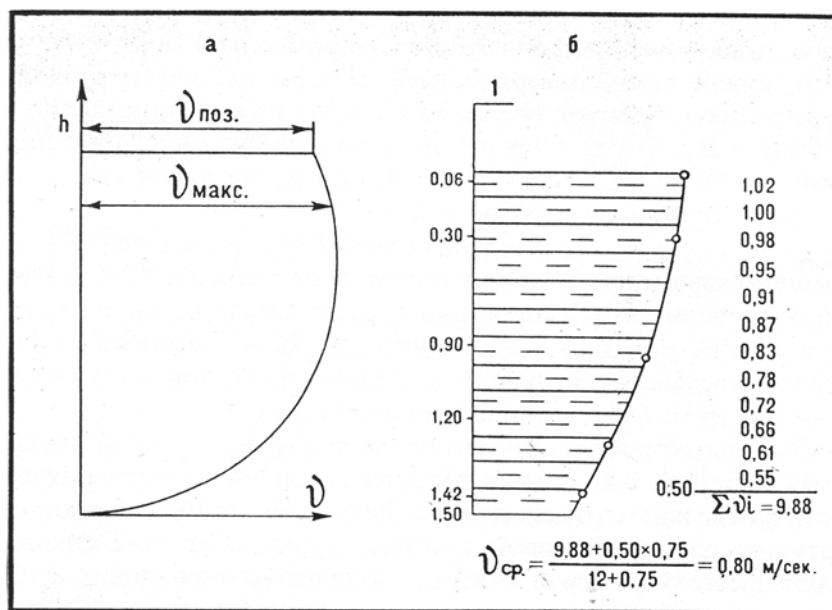


Рис. 7. Эпюра скоростей (а); вычисление средней скорости по вертикали графоаналитическим способом

Для вычисления средней скорости течения на вертикали применяются способы: 1) аналитический; 2) графический; 3) графоаналитический.

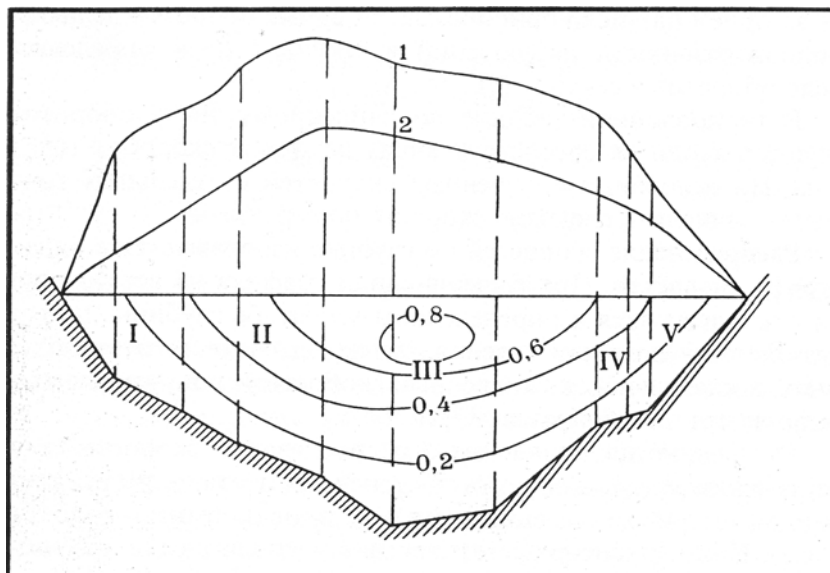


Рис. 8. Изотахи в живом сечении речного потока

Аналитический способ - наиболее простой и доступный. Вычисление средней скорости производится путем деления суммы скоростей на количество измерений по следующим формулам:

а) при измерении в пяти точках:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{пов}} + 3V_{0,2h} + 3V_{0,6h} + 2V_{0,8h} + V_{\text{дно}}}{10}$$

б) при измерении в трех точках:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{0,2h} + 2V_{0,6h} + V_{0,8h}}{4}$$

в) при измерении в двух точках:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{0,2h} + 2V_{0,8h}}{2}$$

г) при измерении в одной точке:

$$V_{\text{ср}} = V_{0,6h}$$

Графический способ. С помощью планиметра определяется площадь годографа. Средняя скорость вычисляется путем деления площади годографа (F) на глубину вертикали (h):

$$V_{\text{ср}} = F / h$$

Графоаналитический способ. Площадь годографа разбивается, начиная от поверхности воды, на полоски высотой 4 мм (рис.7 б). Годограф может быть разделен без остатка или с остатком 3, 2, 1 мм. Для каждой середины полоски снимают значение скорости и выписывают справа от годографа. Средняя скорость вычисляется по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{\sum V_i + V_n K}{n + k},$$

где $\sum V_i$ - сумма скоростей, снятых с полных полосок; V_n - значение скорости, снятой с середины нижней неполной полоски; K - коэффициент, равный отношению $m/4$ (где m - высота неполной полоски в миллиметрах).

Полученные данные по средней скорости течения используются в дальнейшем для расчета расхода воды в реке.

Изучение физических свойств речной воды

Температура воды

Температуру воды на поверхности определяют водным термометром в металлической или деревянной оправе. Держать его в воде следует не менее 3 мин. Затем термометр быстро извлекают на дневную поверхность и производят по его шкале отсчет с точностью до $0,1 - 0,2^\circ$. Сначала отсчитывают десятые доли, а потом уже целые градусы.

Для измерения температуры воды можно использовать бутылочный батометр, который легко изготовить самому (рис.9). Для этого берут бутылку и закрывают ее пробкой. К пробке привязывают бечевку, размеченную на метры. К этой бечевке привязывают еще одну бечевку, другой конец которой завязывают вокруг горлышка бутылки. К бутылке подвешивается груз. Опустив бутылку на необходимую глубину, выдергивают из нее пробку. Бутылка заполняется водой из того слоя, в который она помещена. При поднятии бутылки вверх вода из вышележащих слоев войти в нее уже не сможет. С помощью термометра быстро измеряется температура воды в бутылке. Следует отметить, что в результате турбулентного перемешивания воды в реке температура поверхностного и придонного слоев почти одинаковая. Одновременно с измерением температуры воды определяется температура воздуха с помощью термометра-праща или обыкновенного термометра.

Данные исследований записывают в полевой журнал (рис.2).

Определение прозрачности воды

Определение прозрачности воды производится в помощью белого диска (диска Секки), который представляет собой окрашенный в белый цвет металлический круг (1) диаметром 30 см (рис.10). Через центр диска пропущен лить (2), размеченный на метры и дециметры. На лить под диском привязывается съемный груз (3).

Диск опускается с лодки на размеченном тросе или бечевке. Диск медленно опускают с теневой стороны лодки и в момент, когда диск становится невидимым, отмечают глубину его погружения по делениям на лотлине. Опустив диск глубже, через 2 - 3 мин начинают его поднимать и снова засекают глубину, на которой он стал видимым. Средняя глубина из этих двух измерений является показателем прозрачности воды.

Данные о прозрачности воды в реках указывают не только на степень насыщения воды взвешенными наносами, но и на глубину проникновения в водоем солнечных лучей. От этих характеристик зависит температура воды и глубина распространения водной растительности.

Определение цвета и качества воды

Одновременно с определением прозрачности ведутся наблюдения за цветом воды с помощью шкалы цветности. Шкала состоит из набора 22 стеклянных пробирок, заполненных цветными растворами разных оттенков, от синего до коричневого, и пронумерованных от I до XI.

Для определения цвета воды белый диск опускается на глубину, равную половине величины прозрачности, и на фоне диска цвет воды сравнивается с цветом жидкости в пробирках. Найденный цвет воды обозначается номером соответствующей пробирки. Вкус и запах воды устанавливается визуально.

Особое внимание при изучении реки следует обратить на качество воды, пригодность ее для питья. Собираются сведения о загрязнении воды сточными водами, химическом составе воды, случаях замора рыбы и т. д.



Рис. 9. Бутылочный батометр

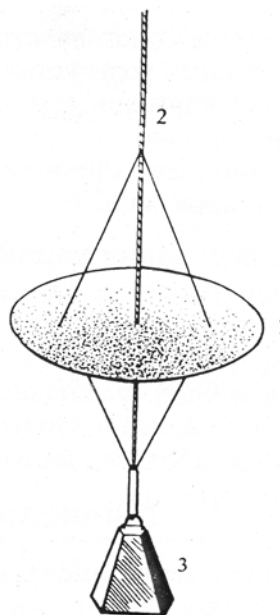


Рис. 10. Диск Секки

Исследования характера речного русла

При изучении на определенных участках характера русла реки следует отметить плесы и перекаты, пороги и водопады, зарисовать острова и отмели на реке. Собрать сведения об особенностях дна и берегов, степени зарастаемости русла водной растительностью, выходов грунтовых вод, интенсивности разрушения берегов, их заболоченности.

Вычислительные работы

Определение расхода воды в реке

После выполнения необходимых гидрометрических работ и их обработки необходимо приступить к расчетам морфометрических и гидрологических характеристик. Важнейшим показателем реки служит расход воды.

Расходом называется объем воды, протекающей через живое сечение в единицу времени. Расход выражается в кубических метрах в секунду ($\text{м}^3 / \text{с}$) и вычисляется по формуле: $Q = f \cdot V_{\text{ср}}$, где Q - расход воды, f - площадь живого сечения, $V_{\text{ср}}$ - средняя скорость течения реки. Из формулы следует, что для определения расхода воды в реке необходимо знать среднюю скорость течения и площадь живого сечения.

Площадь живого сечения вычисляется на поперечном профиле реки, вычерченном для главного створа (рис.8). Промерными вертикалями профиль разбивается на части. Площади образовавшихся треугольников и трапеций вычисляются и затем суммируются. Образец результатов расчета площади поперечного сечения представлен на рис.11.

Вначале вычисляются полусуммы соседних глубин, которые умножаются на расстояния между промерными вертикалями. Полученные произведения представляют собой частные площади, а их сумма - общую площадь живого сечения. Зная среднюю скорость течения и площадь живого сечения можно определить **расход воды** по уже приведенной формуле: $Q = f \cdot V_{\text{ср}}$. Выше мы определили, что площадь живого сечения (f) равна $8,18 \text{ м}^2$ (рис.11), а сред-

ная скорость (V_{cp}) составила 0,80 м/с. Следовательно расход воды $Q = 8,18 \cdot 0,80 = 6,544$ м³/с.

Рис. 11. Образец таблицы с результатами расчета площади живого сечения реки

№ промерных точек	Расстояние от постоянного начала, м	Глубина м	Полусумма соседних глубин, м	Расстояние между промерными точками	Площадь между смежными вертикалями, м ²	Примечания
1	6,0	0,00	0,22	2,0	0,44	Урез левого берега
2	8,0	0,45	0,80	2,0	1,60	
3	10,0	1,15	1,22	2,0	2,44	
4	12,0	1,30	1,12	2,0	2,24	
5	14,0	0,95	0,62	2,0	1,24	Урез правого берега
6	16,0	0,30	0,15	1,5	0,22	
7	17,5	0,00				

$$f = 8,18 \text{ м}^2$$

Расход воды может быть подсчитан также **по поверхностным скоростям**, измеренным поплавками. Для этого используются аналитический или графоаналитические способы.

Аналитический способ расчета величины расхода воды сводится к следующему. Полученные средние значения скоростей, относящихся к разным промерным точкам, записывают в журнал вычисления расхода воды (рис.12). Далее находится полусумма скоростей между смежными вертикалями. Умножение полученных величин скоростей на площади живого сечения между вертикалями дает частные расходы воды, суммирование их - общий расход воды.

Расход воды, полученный по поверхностным скоростям, превышает действительные его значения. Поэтому вводится поправочный коэффициент, равный 0,85. В приведенном примере действительный расход составляет $2,82 \times 0,85 = 2,4 \text{ м}^3 / \text{с}$.

Вычисление расхода воды с помощью **графоаналитического способа** можно представить в виде графика. По данным промеров глубин вычерчивается профиль живого сечения, под ним выписываются все полученные при измерении глубины и скорости течения (рис.13). От уровня воды вверх откладываются поверхностные скорости. Полученные точки соединяют плавной кривой, называемой **эпюрой поверхностных скоростей**. Путем умножения средних скоростей на площади между соседними вертикалями получают частные расходы, а общая их сумма дает расход всего потока.

Рис. 12. Образец таблицы для вычисления расхода воды

№ точек	Площадь между промерными точками, м	Скорость течения, м/с	Полусумма соседних скоростей, м/с	Элементарные расходы воды, м ³ /с
1	0,44	0,00	0,115	0,05
2	1,60	0,23	0,295	0,47
3	2,44	0,36	0,430	1,05
4	2,24	0,50	0,425	0,95
5	1,24	0,35	0,235	0,29
6	0,22	0,12	0,060	0,01
7		0,00		

$$Q = 2,82 \text{ м}^3 / \text{с}$$

На основании данных о расходе воды можно получить другие гидрологические характеристики: объем стока, модуль стока, слой и коэффициент стока.

Объем стока (W , м³ или км³) - количество воды, протекающее через живое сечение реки за определенный промежуток времени (сутки, месяц, год). Для определения годового стока реки нужно среднегодовой расход воды умножить на число секунд в году, т. е. на $31,5 \cdot 10^6$ с.

Модуль стока (M , л/с·км²) - количество воды в литрах, стекающее в 1 секунду с 1 км² водосборной площади. Модуль стока вычисляется по формуле: $M = Q \cdot 1000 / F$, где Q - расход воды, а F - площадь водосбора.

Слой стока (h , мм) - слой воды в миллиметрах, равномерно распределенный по площади F и стекающий с водосбора за некоторый отрезок времени T , выраженный в секундах. Слой стока рассчитывается по формуле: $h = 86,4TQ / F$.



Рис. 13. Вычисление расхода воды графоаналитическим способом

Коэффициент стока (K) - отношение слоя стока к слою атмосферных осадков за один и тот же отрезок времени, т.е.:

$K = (h/r) \cdot 100$, где K - коэффициент стока в процентах, h - слой стока, а r - слой атмосферных осадков в мм.

Изучение водного режима

Для характеристики водного режима реки используются материалы полевых наблюдений, данные гидрологических справочников и других литературных источников, результаты опроса местных жителей. Сведения о питании рек можно получить из гидрологических и климатических справочников и специальных карт.

По материалам наблюдений на гидрологических постах строятся графики внутригодового и многолетнего колебания уровня воды в реке. От старожилов можно узнать о колебании уровня реки в маловодные и многоводные годы, о времени наступления половодья, паводков, межени, характере ледовых явлений, об особых гидрологических явлениях (катастрофические наводнения, обмеления, пересыхания и перемерзания реки).

Изложение результатов исследования (оформление паспорта реки)

По итогам проведенного исследования, если оно было комплексным, т.е. включало все вышеперечисленные разделы, должен быть оформлен итоговый отчет - **паспорт реки**.

Паспорт реки должен включать следующие разделы:

1) Географическое положение реки и ее бассейна (административный район, место в речной системе, изучаемый участок реки - верхнее, среднее или нижнее течение, притоки, исток, устье).

2) Краткая физико-географическая характеристика бассейна реки (геологическое строение, рельеф, климат, гидрографическая сеть, почвенно-растительный покров).

3) Морфометрические характеристики реки и ее бассейна (протяженность реки и ее притоков, густота речной сети, падение и уклон реки, площадь водосборного бассейна).

4) Морфометрия и морфология речного русла (ширина, глубина, площадь живого сечения, форма русла, характер дна и берегов).

5) Основные характеристики стока (расход, объем, модуль, слой и коэффициент стока).

6) Гидрологический режим реки (источники питания, колебание уровня воды, ледово-термический режим, физические свойства речной воды).

7) Хозяйственное использование реки и водоохраные мероприятия.

В паспорт реки также включаются: карта-схема бассейна реки с указанием местоположения изученного участка, план русла реки в изобатах, профиль поперечного сечения реки, годограф скоростей, график вычисления средней скорости по вертикали, распределение скоростей по живому сечению реки, графики расчета расхода воды, колебания уровня, таблицы вычисления площади водного сечения и расхода воды.

К паспорту также прилагаются журналы полевых наблюдений, фотоснимки или рисунки разных участков реки.

Литература

Андреева М.А., Дзикович В.А., Дмитриева В.Т., Матвеев Н.П. **Полевая практика по общему землеведению**: для ст.-заочников геогр. фак. пед. ин-тов; МГЗПИ. - М.: Просвещение, 1991.

Близняк Е.В. **Водные исследования**. - М., 1952.

Богословский Б.Б. **Основы гидрологии суши**. - Минск, 1974.

Матвеев Н.П., Сераев Н.А. **Полевая практика**. М., 1963.

Орлова В.В. **Гидрометрия**. - Л., 1974.

Полевая практика по географическим дисциплинам. - М., 1980.

Тессман Н.Ф. Учебно-полевая практика по основам общего землеведения. М., 1975.