

Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

Кафедра геоэкологии и инженерной геологии

ГИДРОЛОГИЯ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Факультет экологии

Направление бакалавриата – 05.03.06 «Экология и природопользование»

Вологда
2015

УДК 556(076)

Гидрология: методические указания по выполнению лабораторных работ
/ сост. Т.К. Карандашева. – Вологда; ВоГУ, 2015. – 24 с.

Учебная дисциплина «Гидрология» изучается студентами направления бакалавриата «Экология и природопользование» в 1 семестре.

Методические указания содержат теоретическую часть, рекомендации к выполнению лабораторных работ, необходимые материалы и варианты заданий для самостоятельной работы.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель: Т.К. Карандашева, канд. геогр. наук

Рецензент: А.В. Белый, канд. геогр. наук

Подписано в печать 5.03.2015.	Усл. печ. л. 1,5	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ № ____.	

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. С. Орлова, 6

Введение

Настоящие методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Гидрология», который в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования отнесен к математическому и естественнонаучному циклу ООП ВПО и изучается в 1 семестре.

Целью курса является знакомство студентов с некоторыми разделами прикладной гидрологии, занимающейся применением закономерностей гидрологии поверхностных вод суши для решения задач рационального природопользования.

В результате освоения дисциплины студент должен знать основы гидрологии рек, озер и водохранилищ, уметь работать с информацией в тестовом, числовом и картографическом представлении.

Выполнение лабораторных работ заключается в изучении и углублении теоретических знаний по курсу, в получении умений и навыков анализа информации, представленной в виде текстов, графиков, таблиц и карт.

Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателя. По каждой теме предусмотрены задания, которые выполняются студентами как коллективно, так и индивидуально. Студент ведет рабочую тетрадь, в которой записывает тему, цель, задания, проводит все необходимые расчеты, оформляет полученные результаты и делает выводы.

Прежде чем приступить к выполнению заданий, обсуждается теоретический материал по теме. Далее проводятся необходимые расчеты, оформляются таблицы для записи результатов, строятся графики.

По итогам выполнения каждого задания делаются соответствующие выводы.

Распределение часов по видам занятий

Виды занятий	1 семестр
	часы
Лекции	16
Лабораторные работы	16
Самостоятельная работа	40
Подготовка к промежуточной аттестации	36
Всего часов	108
Итоговый контроль	экзамен

Лабораторная работа № 1

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕК И ИХ БАССЕЙНОВ

Теоретическая часть

Каждая река и ее бассейн могут быть охарактеризованы количественными показателями – **морфометрическими характеристиками**. Определение морфометрических характеристик производят по топографическим картам. Масштаб карт выбирается в соответствии с требуемой точностью проводимого исследования. Кроме того, карты должны удовлетворять следующим требованиям: новизна и сохранность, наличие сведений о рельефе, полнота изображения гидрографической сети, покрытие всего бассейна картами одного масштаба [1].

Река – водный поток сравнительно больших размеров, как правило, постоянный (иногда в засушливой зоне временно на отдельных участках пересыхающий), питающийся стоком атмосферных осадков со своего водосбора и текущий в разработанном им русле [2]. **Левый берег** и **правый берег** реки определяются с точки зрения наблюдателя, плывущего на лодке по течению, причем наблюдатель смотрит по ходу течения реки.

К морфометрическим характеристикам рек относятся длина, гидрографическая длина, средний уклон, координаты продольного профиля, извилистость, координаты поперечного профиля и др. [3].

Длиной реки (L) называется расстояние от истока до устья в километрах; счет километров принято вести от устья, как наиболее определенной точки, чем исток [4].

Исток реки – место (на карте – точка) начала реки; обычно соответствует месту, с которого появляется постоянное русло потока. Нередко для крупных рек за начало реки условно принимается место слияния двух рек разного названия. В этом случае следует различать **гидрографическую длину** реки, представляющую собой сумму длин основной реки и той из ее образующих, исток которой наиболее удален от места слияния. На болотных реках за исток часто принимается точка, с которой появляется открытый поток с постоянным руслом [2].

При определении местоположения истока рекомендуется руководствоваться следующими положениями [3]:

- на топографических картах за исток реки следует принимать начало ее изображения сплошной (или пунктирной) линией, либо ключ или родник, являющийся началом реки;
- если река вытекает из озера, то за ее исток принимается точка пересечения линии реки с береговой линией озера;
- если река вытекает из болота, то за исток реки принимается начало сплошной или пунктирной линии, изображенной на карте;

- если река образуется слиянием двух рек, имеющих свои собственные названия, отличные от названия основной реки, за исток (начало) основной реки принимается место слияния этих рек;

- если на карте одна из двух составляющих рек имеет название, отличное от названия основной реки, а другая не имеет собственного названия, то за исток основной реки принимается исток составляющей, не имеющей названия;

- в тех же случаях, когда река образуется в результате слияния двух и более рек, не имеющих названия, за исток принимается начало большего по длине составляющего притока. Если длина составляющих притоков одинакова, принимается исток той составляющей, у которой больше: площадь водосбора. Если и длина, и площади водосборов составляющих рек одинаковы, то за исток основной реки принимается исток той составляющей, у которой он имеет большую высоту. И, наконец, если все указанные характеристики одинаковы, то за исток реки принимается исток левой составляющей, а в случае трех составляющих - исток средней из них.

Устье – место впадения реки в море, озеро (водохранилище), другую реку или место, в котором вода реки полностью растекается по поверхности суши, расходясь на испарение и просачивание в почву, или полностью разбирается на орошение, водоснабжение и т.п. [2].

При установлении местоположения устьев рек на карте следует придерживаться следующих основных правил [3]:

- в общем случае за устье реки принимается точка пересечения впадающей реки с береговой линией принимающей реки, озера, моря;

- устьем реки, имеющей дельту, считается место впадения главного рукава дельты; при наличии нескольких одинаковых по водности рукавов основным считается тот, который имеет больший уклон, а если уклоны одинаковы или не могут быть установлены, то за основной принимается наиболее короткий из них. У всех многорукавных устьев, имеющих название, за устье принимается устье рукава, имеющего название основной реки;

- при впадении реки двумя рукавами в разные реки, основной - более многоводный, а место его впадения принимается за устье;

- положение ручьев пересыхающих рек определяется как конец обозначения этих рек на карте сплошных или пунктирных линий.

В тех случаях, когда река протекает через озеро или водохранилище, сохраняя при этом свое название, в длину реки включается и длина озера или водохранилища между точками впадения и выхода реки по средней линии водоема, примерно совпадающей с положением прежнего русла реки до создания водохранилища (рисунок 1.1).

Извилистость реки – извилистость очертаний речного русла в плане, возникающая в ходе меандрирования и, в основном, определяется режимом реки, геологическим строением, почвами ее бассейна и долины [5].

Коэффициент извилистости $K_{изв}$ определяется как отношение длины реки к длине прямой линии, соединяющей исток и устье реки [1].

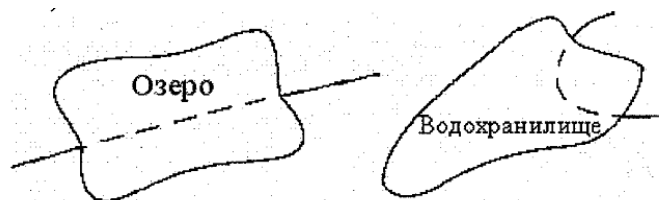


Рис. 1.1. Пример определения длины реки, протекающей через озеро или водохранилище по прежнему руслу реки [3]

Продольный профиль реки – изображенный на графике продольный вертикальный разрез русла по линии фарватера (наибольших глубин) или по его средней линии с обозначением высотного положения свободной поверхности в межень или половодье, линии дна, иногда высоты берегов, уклонов, километража и других характеристик русла [2].

Средний уклон реки (I , ‰) - отношение падения реки, то есть разности высот истока и устья, к соответствующей гидрографической длине реки:

$$I = \frac{H_u - H_y}{L} = \frac{\Delta H}{L}, \quad (1.1)$$

где H_u - отметка высоты истока, м;

H_y - отметка высоты уреза воды в устье, м;

L – длина водотока между этими точками, км [3].

Речная система – совокупность рек какой-либо территории, сливающихся вместе и выносящих свои воды с этой территории в виде общего потока. Состоит из главной реки и притоков [2].

Для схематического изображения речной системы составляется **гидрографическая схема** (рисунок 1.2), дающая наглядное представление о том, куда какая река и после какой впадает, и какова ее длина по сравнению с другими реками. При построении гидрографической схемы по горизонтальной линии откладывают в масштабе длину главной реки. Притоки вычерчивают в том же масштабе в виде прямых линий, отходящих от места впадения под некоторым углом (обычно порядка 30° - 40°) к этой горизонтальной линии [4]. Места впадения притоков определяются по расстоянию от устья главной реки.

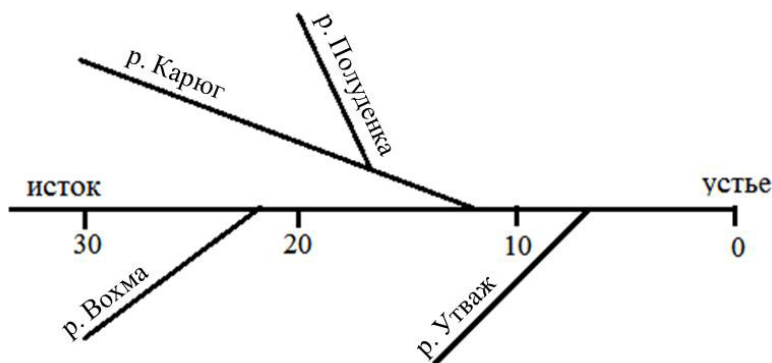


Рис. 1.2. Гидрографическая схема бассейна р. Большая Бобровка

Бассейн реки (озера) – часть земной поверхности, включая толщу почвогрунтов, откуда происходит сток вод в отдельную реку, речную систему или озеро. Бассейн каждой реки (озера) включает в себя поверхностный и подземный водосборы. Поверхностный водосбор представляет собой участок земной поверхности, с которого поступают воды в данную речную систему или отдельную реку (озеро). Подземный водосбор образуют толщи почвогрунтов, из которых вода поступает в речную сеть (озеро). В общем случае поверхностный и подземный водосборы не совпадают. Однако в силу больших затруднений в определении границы подземного водосбора обычно при расчетах и анализе явлений стока за величину бассейна реки принимается только поверхностный водосбор, и вследствие чего не делают различий между терминами речной (озерный) бассейн и речной (озерный) водосбор [2] (рисунок 1.3).

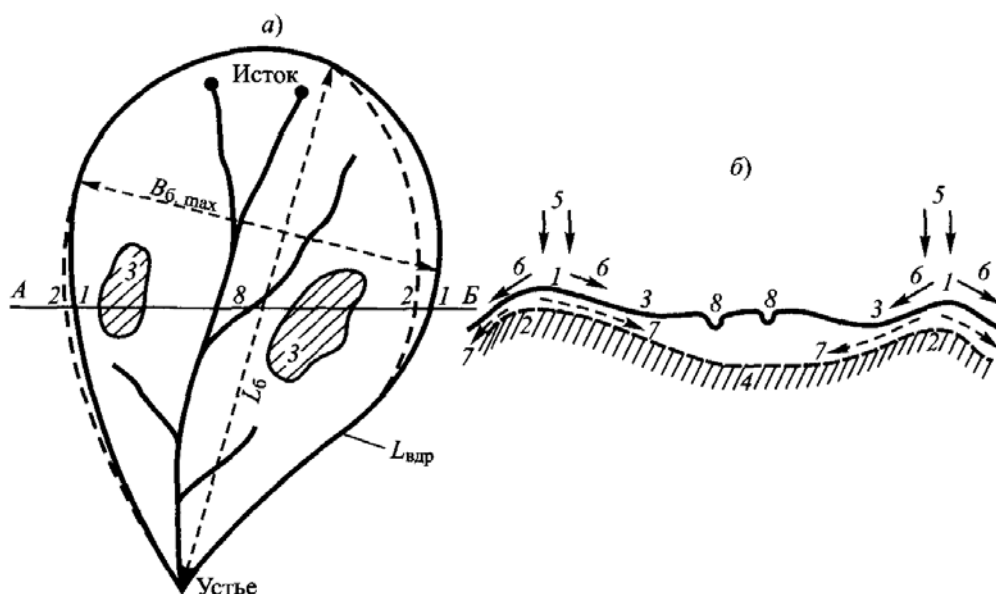


Рис. 1.3. Схема бассейна и водосбора реки в плане (а) и в поперечном разрезе (б) по линии А - Б:

- 1 – граница бассейна и поверхностного водосбора реки (орографический водораздел);
- 2 – граница подземного водосбора (подземный водораздел);
- 3 – бессточные области, не входящие в водосбор реки; 4 – водоупор; 5 – осадки;
- 6 – поверхностный сток; 7 – подземный сток; 8 – русла рек [6]

Речные бассейны отличаются друг от друга размерами и формой. Основными морфометрическими характеристиками речного бассейна служат **площадь** (F , км²), **длина** (L_b , км), **максимальная ширина** (B_{max} , км), **средняя ширина** (B_b , км), **длина водораздельной линии** ($L_{вдр}$, км).

Длина бассейна – расстояние по прямой от устья до наиболее удаленной точки на линии водораздела (рисунок 1.3). Максимальная ширина бассейна определяется по прямой, нормальной к длине бассейна в самой широкой его части.

Средняя ширина бассейна вычисляется по формуле:

$$B_{\text{ср}} = \frac{F}{L}, \quad (1.2)$$

где F – площадь водосбора, км^2 ;

L – длина бассейна, км [3].

В зависимости от расположения притоков относительно главной реки различают симметричные и несимметричные бассейны. Мерой асимметричности бассейна является **коэффициент асимметрии**:

$$a = \frac{F_{\text{л}} - F_{\text{п}}}{F_{\text{л}} + F_{\text{п}}}, \quad (1.3)$$

где $F_{\text{л}}$ – площадь бассейна по левому берегу, км^2 ;

$F_{\text{п}}$ – площадь бассейна по правому берегу, км^2 , [4].

Представление о характере увеличения площади бассейна от истока к устью дает **график нарастания площади водосбора** (рисунок 1.4).

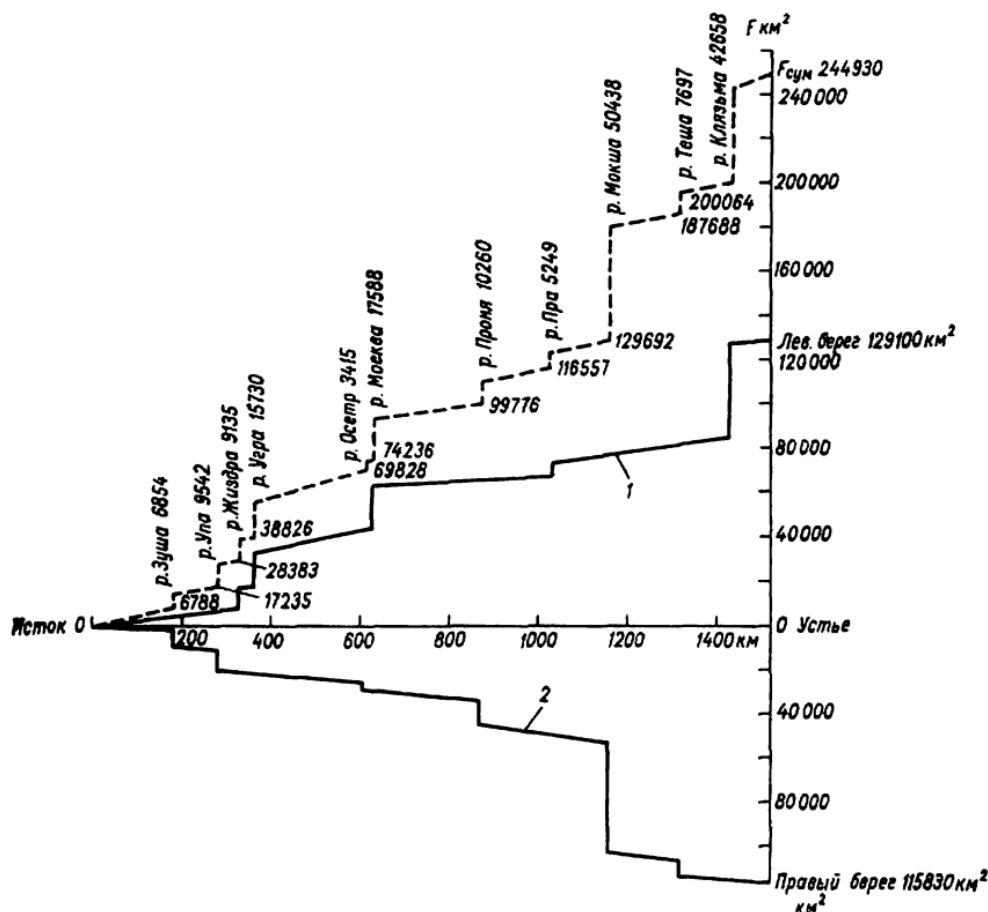


Рис. 1.4. График нарастания площади водосбора р. Оки: 1 – по левому берегу, 2 – по правому берегу, 3 – суммарный график [4]

По оси абсцисс откладывается длина главной реки в принятом масштабе, по оси ординат – площади водосбора главной реки между притоками и площади бассейнов притоков. Постепенное нарастание площади водосбора главной реки сменяется резким увеличением водосбора в местах впадения притоков,

что отображается на графике отрезком вертикальной линии, соответствующим в принятом масштабе величине площади водосбора притока [2].

Важными характеристиками территории являются густота речной сети, лесистость, заболоченность и озёрность. **Густота речной сети** (D , км/км²) представляет собой длину речной сети, приходящуюся на 1 км² площади какой-либо территории. Для бассейнов рек:

$$D = \frac{\sum L}{F}, \quad (1.4)$$

где $\sum L$ - сумма всех постоянных водотоков, км;

F – площадь бассейна реки, км² [1].

Коэффициенты лесистости, заболоченности и озёрности вычисляются как отношения площадей лесов, болот, озёр к площади бассейна реки:

$$f_l = \frac{F_l}{F}, \quad f_b = \frac{F_b}{F}, \quad f_o = \frac{F_o}{F}, \quad (1.5)$$

где F_l , F_b , F_o – площади, занятые соответственно лесами, болотами, озерами, км².

Иногда коэффициенты лесистости, заболоченности и озёрности выражаются в % [1].

Пример. Сбор информации по р. Вологде и ее бассейну.

Чтобы получить некоторое представление о водном объекте следует обратиться к доступным справочным данным. Общие сведения можно найти в электронной энциклопедии Википедия [7], а поиск специальной гидрологической информации провести по данным Государственного водного реестра [8].

Вологда – река в Вологодской области, правый приток р. Сухоны. Длина водотока 155 км, площадь водосбора 3030 км². Исток: 59°28'20" с. ш. 38°55'45" в. д., высота 194 м. Устье: Сухона, 59°17'10" с. ш. 40°13'04" в. д., высота 107 м [7].

Вологда берёт начало в лесистом районе к северо-западу от города Вологды. Течение в верховьях довольно быстрое, русло извилистое. Общее направление течения реки — на восток. В северо-западных пригородах г. Вологды река принимает свой крупнейший приток - Тошню (таблица 1.1).

Ниже города река выходит на обширную заболоченную низменность, течение практически исчезает. Вологда впадает в Сухону в нескольких сотнях метров выше устья Лежи. За два километра до устья от Вологды отходит боковая протока, называемая Окольной Сухоной, соединяющая Вологду и Лежу. Вологда судоходна от впадения Тошни [7].

Густота речной сети в бассейне р. Вологда составляет порядка 0,5-1,0 км/км², заболоченность < 5%, озёрность < 2,5% [9].

Таблица 1.1

Притоки реки Вологды [8]

Название	Длина водотока км	Правый /левый	км от устья	Водосборная площадь км ²
Векса	9	левый	7	0
протока Окольная Сухона	11	правый	7	0
Шограш	20	правый	27	0
Собима (Золотуха)	15	правый	31	0
Пудежка	20	левый	39	0
Тошня	103	правый	46	1130
Козьма	11	правый	59	0
Поченьга	23	правый	73	0
Манега	11	левый	74	0
Перженьга	11	правый	76	0
Масляная	82	правый	94	329
Синдошь	31	правый	102	112
Шомица	25	левый	109	0
Вотча	36	левый	120	0

Задание 1. Найти морфометрические характеристики р. Вологды (длину, коэффициент извилистости, средний уклон) и ее бассейна (длину, среднюю ширину, площадь бассейна, площади водосбора левых и правых притоков, площадь водосбора главной реки). Построить гидрографическую схему р. Вологды и суммарный график нарастания площади водосбора. Сделать выводы.

Указание. Для определения расстояния между истоком и устьем реки в поисковом окне Википедии [6] задать «Вологда река». В правом верхнем углу открываемой страницы «Вологда (река)» находятся:

 **Координаты: 59°17'10 "с. ш. 40°13' 04" в. д.**

Показать географическую карту.

Координаты показывают положение устья р. Вологды. Значок  (или направление курсора на **Показать географическую карту** и щелчок левой кнопкой мыши) открывает интерактивную карту, на которой р. Вологда на всем протяжении выделена цветом. Используя масштаб карты, можно определить расстояние по прямой от истока до устья реки.

За длину бассейна приближенно принять расстояние между истоком и устьем реки.

Задание выполняется под руководством преподавателя.

Задание 2. Найти морфометрические характеристики реки и ее бассейна.

Варианты: малые реки Вологодской области.

Задание выполняется самостоятельно.

Лабораторная работа № 2

ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ РУСЛА И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОТОКА

Теоретическая часть

Поперечное сечение русла определяет его пропускную способность и оказывает влияние на распределение скоростей, уклонов, направления течения и другие гидравлические элементы потока.

Поперечным сечением русла называется плоскость, перпендикулярная к направлению течения потока и ограниченная снизу дном, с боков откосами русла, а сверху линией горизонта воды. При наличии ледяного покрова за верхнюю границу площади поперечного сечения принимается линия уровня воды в лунках (рисунок 2.1) [4].

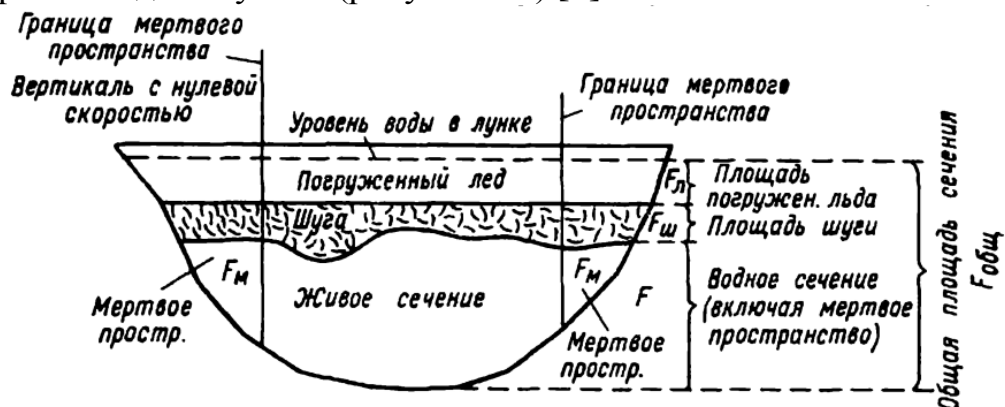


Рис. 2.1. Поперечное сечение русла [4]

В площадь поперечного сечения могут входить как составные части площадь водного сечения и площадь неподвижного погруженного льда (поверхностного, шуги и внутриводного).

Под площадью водного сечения при наличии ледяного покрова подразумевается полная площадь поперечного сечения за вычетом площади погруженного неподвижного льда (поверхностного, шуги и внутриводного). При отсутствии ледяного покрова понятие «площадь водного сечения» совпадает с понятием «площадь поперечного сечения».

Под площадью живого сечения подразумевается часть площади водного сечения, в которой скорости течения больше нуля или практически больше предела чувствительности прибора, применяемого для измерения скоростей. Под площадью мертвых пространств подразумевается часть площади водного сечения, в которой величины скорости течения практически равны нулю, или меньше предела чувствительности прибора.

Водное сечение потока изменяется с изменением уровня воды. Каждому уровню воды в реке соответствует свое водное сечение [4].

Основными морфометрическими элементами живого сечения являются следующие.

1. Площадь живого сечения (w), определяемая на основании измерений глубин и скоростей течения.

2. Ширина потока по линии уровня воды (B).

3. Смоченный периметр (P) – длина линии по заполненным водой откосам берегов и дну.

4. Средняя глубина (h_{cp}), вычисляемая по формуле

$$h_{cp} = \frac{w}{B}, \quad (2.1)$$

где w – площадь живого сечения, $м^2$;

B – ширина потока по линии уровня воды, $м$.

5. Гидравлический радиус (R), дающий представление о размере площади живого сечения, приходящейся на единицу длины его периметра, характеризует сопротивление, испытываемое движущейся жидкостью за счет трения о ложе.

$$R = \frac{w}{P}, \quad (2.2)$$

где w – площадь живого сечения, $м^2$;

P – смоченный периметр, $м$.

Для равнинных рек разница между смоченным периметром и шириной реки незначительна. Отсюда следует, что для равнинных рек смоченный периметр можно заменять шириной реки, а гидравлический радиус – средней глубиной. Для горных потоков, протекающих между нагромождениями камней, такая замена менее правомерна, чем для равнинных рек. Чем более плавно очертание поперечного сечения русла, тем лучше средняя глубина отражает условия протекания через него.

6. Важной характеристикой поперечного сечения русла является его форма. Правильное параболическое очертание поперечного сечения создает условия для упорядоченного равномерного движения воды в русле. Наличие в пределах поперечного сечения резких углублений дна или выступов создает застойные зоны, водовороты, обратные течения и пр. [4].

Скорости течения в реках неодинаковы в различных точках потока: они изменяются и по глубине и по ширине живого сечения. На каждой отдельно взятой вертикали наименьшие скорости наблюдаются у дна, что связано с влиянием шероховатости русла. От дна к поверхности нарастание скорости сначала происходит быстро, а затем замедляется, и максимум в открытых потоках достигается у поверхности или на расстоянии $0,2H$ от поверхности.

Кривые изменения скоростей по вертикали называются **гидрографами** или **эпюрами скоростей** [10] (рисунок 2.2).

При типичном распределении скоростей течения по глубине речного потока эпюра вертикального распределения скоростей имеет максимум (V_{max}) на поверхности; скорость, близкую к средней на вертикали – на глубине $0,6H$ от поверхности (H – полная глубина); минимум (V_{min}), не равный нулю – у дна.

Однако под влиянием ледяного покрова, ветра, растительности, неровностей рельефа дна и берегов это распределение скоростей нарушается [6].

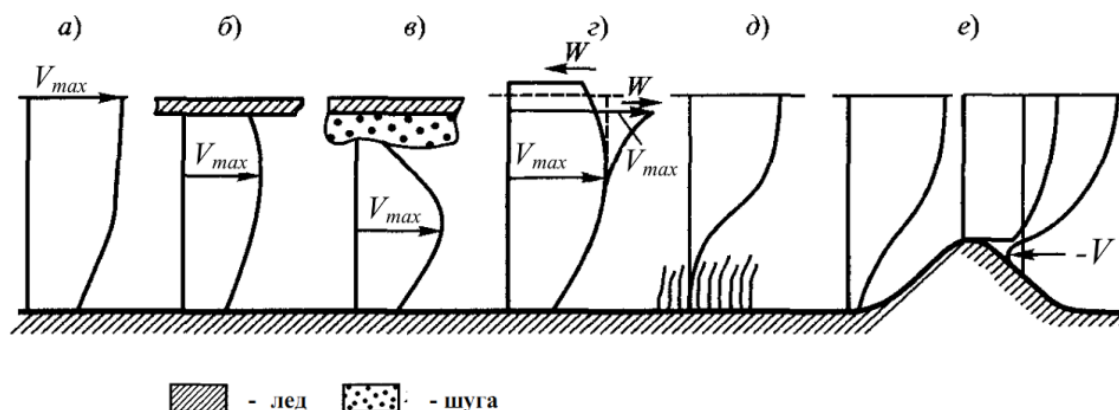


Рис. 2.2. Вертикальное распределение скоростей течения в речном потоке:
а – типичное; б – под ледяным покровом; в – под слоем внутриводного льда (шуги);
г – при попутном и встречном ветре; д – при влиянии растительности;
е – при влиянии неровностей дна; W - направление ветра;
 V_{max} – максимальная скорость течения; $-V$ – обратное течение [6]

Зимой подо льдом, особенно при наличии шуги, под влиянием добавочного трения о шероховатую нижнюю поверхность льда скорости малы. Максимум скорости смещается к середине глубины и иногда расположен ближе ко дну.

Ветер, дующий в направлении течения, увеличивает скорость у поверхности. При обратном соотношении направлений ветра и течения скорости у поверхности уменьшаются, а положение максимума смещается на большую глубину по сравнению с его положением в безветренную погоду.

При развитии водной растительности, значительно повышающей шероховатость русла, уменьшаются скорости в придонном слое. При наличии на дне неровностей (возвышения, валуны) скорости в потоке перед препятствием резко уменьшаются [10].

Средняя скорость на вертикали вычисляется делением площади эпюры скоростей на глубину вертикали, а при наличии скоростей, измеренных в характерных точках, по приближенной формуле

$$V_{ср.верт} = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2}, \quad (2.3)$$

где $V_{0,2}$, $V_{0,8}$ - скорости, измеренные на глубинах соответственно $0,2H$ и $0,8H$, м/с;

H – глубина, м.

Наглядное представление о распределении скоростей в живом сечении можно получить построением **изотак** – линий, соединяющих в живом сечении

точки с одинаковыми скоростями (рисунок 2.3). Область максимальных скоростей расположена обычно на некоторой глубине от поверхности.

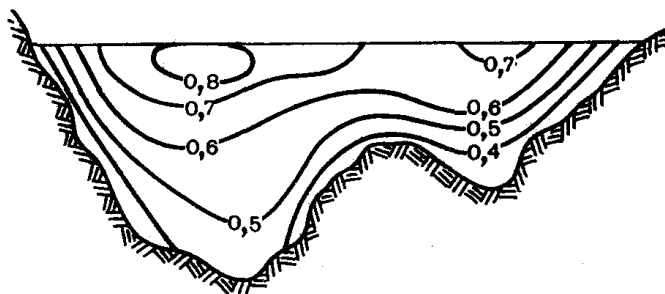


Рис. 2.3. Изоахты в живом сечении речного потока [10]

Задание 1. Построить поперечное сечение русла р. Сухоны. Определить ширину реки, максимальную глубину реки, площадь водного сечения потока, площадь живого сечения, среднюю глубину реки, смоченный периметр, гидравлический радиус. Построить распределение скоростей в живом сечении русла. Сделать выводы.

Исходные данные: таблица 2.1.

Таблица 2.1

**Скорости течения, измеренные в поперечном сечении р. Сухона.
Пост № XX, 03.05.2013 г.**

№ промерной вертикали	Расстояние от левого берега, м	Глубина H , м	Скорости течения (м/с) на промерных вертикалях в точках				
			у поверхности	0,2H	0,6H	0,8H	у дна
урез лев. берега	0	0,00	-*	-	-	-	-
1	10	0,58	-	-	-	-	-
2	20	1,05	-	-	0,20	-	-
3	30	1,15	-	-	0,38	-	-
4	40	1,96	0,35	0,48	0,43	0,38	0,22
5	50	2,12	0,48	0,56	0,52	0,35	0,29
6	60	2,82	0,49	0,62	0,62	0,49	0,25
7	70	3,52	0,56	0,72	0,65	0,56	0,28
8	80	3,73	0,74	0,79	0,72	0,65	0,35
9	90	3,56	0,72	0,82	0,75	0,76	0,38
10	100	3,92	0,82	0,98	0,85	0,78	0,42
11	110	4,32	0,92	1,05	0,97	0,86	0,41
12	120	4,68	0,90	1,17	0,80	0,63	0,48
13	130	4,45	0,82	1,20	0,95	0,59	0,42
14	140	3,45	0,95	0,98	0,95	0,51	0,40
15	150	1,85	0,76	0,82	0,59	0,46	0,45
16	160	1,52	-	-	0,39	-	-
17	170	0,64	-	-	-	-	-
урез прав. берега	180	0,00	-	-	-	-	-

Примечание: *- измерения не проводились

Указание. Для построения поперечного сечения по данным о глубине промерных вертикалей и расстоянию от берега выбрать вертикальный и горизонтальный масштабы. Построить сечение, соединив точки дна отрезками прямых линий.

Ширина реки (B , м) определяется как кратчайшее расстояние между урезами воды на обоих берегах. Наибольшая глубину (h_{max}) выбирается из данных промеров.

Для определения площади водного сечения (w) сначала вычислить площади между всеми промерными вертикалями по формуле площади трапеции

$$w_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \cdot b_i, \quad (2.4)$$

где h_i и h_{i+1} - глубины на смежных промерных вертикалях, м;

b_i – расстояние между промерными вертикалями, м.

Площади между урезом берега и крайней промерной вертикалью определяют по формуле площади прямоугольного треугольника. Суммируя полученные частичные площади, вычисляется общая площадь водного сечения [11].

Задание выполняется под руководством преподавателя.

Задание 2. Построить эпюру скоростей. Найти среднюю скорость на промерной вертикали делением площади эпюры скоростей на глубину вертикали и по приближенной формуле 2.3. Сделать выводы.

Исходные данные: таблица 2.1. Варианты: промерные вертикали 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.

Задание выполняется самостоятельно.

Лабораторная работа № 3 **ГИДРОГРАФ И ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

Теоретическая часть

Гидрограф – график изменения во времени расходов воды (Q , м³/с) за год или часть года (сезон, половодье или паводок) [2].

Обычно решение задачи о количественной оценке роли источников питания рек проводится путем расчленения гидрографа [10]. **Расчленение гидрографа** - графическое выделение на гидрографе объемов воды, сформированных различными источниками питания. Расчленение гидрографа осуществляют, ориентируясь на общие характерные особенности стока воды, поступающей из различных источников питания, проявляющиеся, в частности, во времени наступления отдельных фаз режима, в интенсивности нарастания и спада расходов воды и др. [2].

Точность выделения отдельных источников питания по гидрографу повышается, если используются комплексные графики, на которых график рас-

ходов воды совмещается с графиками ежедневного хода температуры воздуха и суточных величин атмосферных осадков (с выделением твердых осадков).

Простейший способ расчленения гидрографа заключается в том, что на гидрографе прямыми или плавными линиями соединяются точки минимальных расходов предвесеннего периода и все частные минимумы межженного периода в промежутках между паводками. При таком способе расчленения гидрографа не учитываются особенности режима стока подземных вод в реки, что является существенным недостатком. В дальнейшем были разработаны типовые схемы, учитывающие гидрогеологические условия, характер колебаний уровней речных и подземных вод, режим подземного стока [10].

Несмотря на несовершенство методов количественной оценки роли источников питания в годовом стоке, применение этих методов дает возможность произвести генетический анализ водного режима рек и классифицировать их по источникам питания [10] – **снеговое, дождевое, грунтовое и ледниковое** питание.

Типовой гидрограф для рек с преобладанием снегового и грунтового питания, представлен на рисунке 3.1а [12]. Это реки типа Волги, равнинные спокойные со снеговым половодьем и небольшим осенним паводком. За период весеннего половодья на реках такого типа проходит от 50 до 60% годового стока.

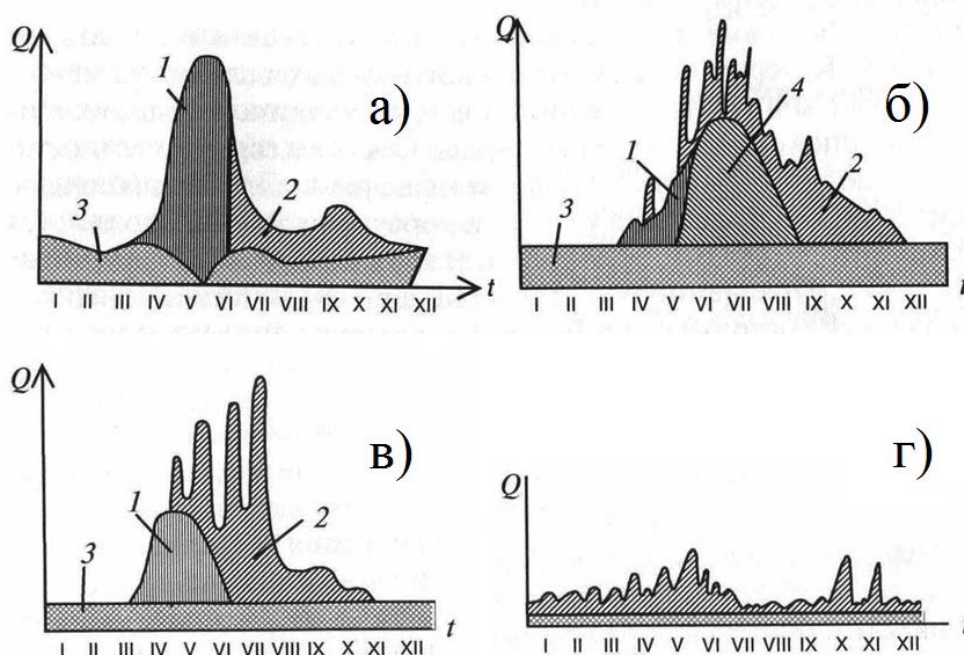


Рисунок 3.1 – Гидрографы рек: а) Волги, б) Терека, в) Шилки, г) Сочи.

Расчленение гидрографов по видам питания:

1 – снеговое, 2 – дождевое, 3 – грунтовое, 4 – ледниковое питание [12]

Типовой гидрограф для рек с преобладанием ледникового и грунтового питания, представлен на рисунке 3.4б. Это реки горных районов Кавказа и Средней Азии. Общий паводок на таких реках начинается

с таяния снегов сначала в долинах, а затем в горах. Уже в мае снеговое питание рек сменяется питанием в результате таяния ледников ниже снеговой линии, которое продолжается до сентября. И на все это накладываются непредсказуемые паводки ливневого характера, непродолжительные по времени, но значительные по величине расходов воды. Половодье растягивается во времени на три-четыре месяца, общий объем воды за время его прохождения составляет 70-75% от годового стока реки.

Типовой гидрограф для рек с преобладанием снегового и дождевого питания представлен на рисунке 3.1в. В «мокрый период» - от мая до октября – для рек этого типа характерно наличие нескольких пиков: мощных по объему воды, продолжительности и максимальным расходам. Общая продолжительность паводкового периода – пять-шесть месяцев в году. За это время в реке проходит 80-85% от годового стока.

Типовой гидрограф рек с ливневым питанием представлен на рисунке 3.1г. Гидрограф реки представляет собой целую серию пиков паводков, совпадающих по времени с выпадением осадков в бассейне реки. Имеется небольшое питание подземными водами, но оно незначительно, так что в межливневый период река почти пересыхает [12].

На основе анализа гидрографов М.И. Львович предложил классификацию рек СССР по источникам питания и внутригодовому распределению стока [4], которая не потеряла актуальности и в настоящее время (рисунки 3.2, 3.3). В классификации Львовича делается попытка количественно оценить каждый из указанных признаков, и устанавливаются географические зоны распространения выделенных типов.

Анализ гидрографов рек проведен в двух направлениях:

- по источникам питания - снеговое, дождевое, грунтовое и ледниковое питание;
- по внутригодовому распределению стока – весенний сток, летний, осенний и зимний.

При количественной оценке каждого источника питания – снежного покрова S , дождевых вод R и грунтовых вод U Львович принял следующие градации: более 80, 50-80 и менее 50%. Если в годовом стоке более 80% приходится на один из данных источников питания, то река, по Львовичу, принадлежит к типу рек **чисто** снегового, дождевого или подземного питания. Если доля стока за счет одного из источников питания составляет 50-80%, река относится к типу рек **преимущественно** снегового, дождевого или подземного питания. Если доля стока ни одного из трех источников питания не превышает 50%, река принадлежит к типу рек смешанного питания [10].

Если для рек ледникового питания взять пределы 50 и 80%, то большинство таких крупных ледниковых рек, как Терек, Кубань, Амударья и др., оказалось бы в числе рек смешанного питания. Между тем ледниковое и высокогорное снеговое питание, которое составляет для этих рек 50%, оказывает основное влияние на их водный режим. Поэтому для ледникового питания предложены другие градации: более 50, 25-50 и менее 25% [4].

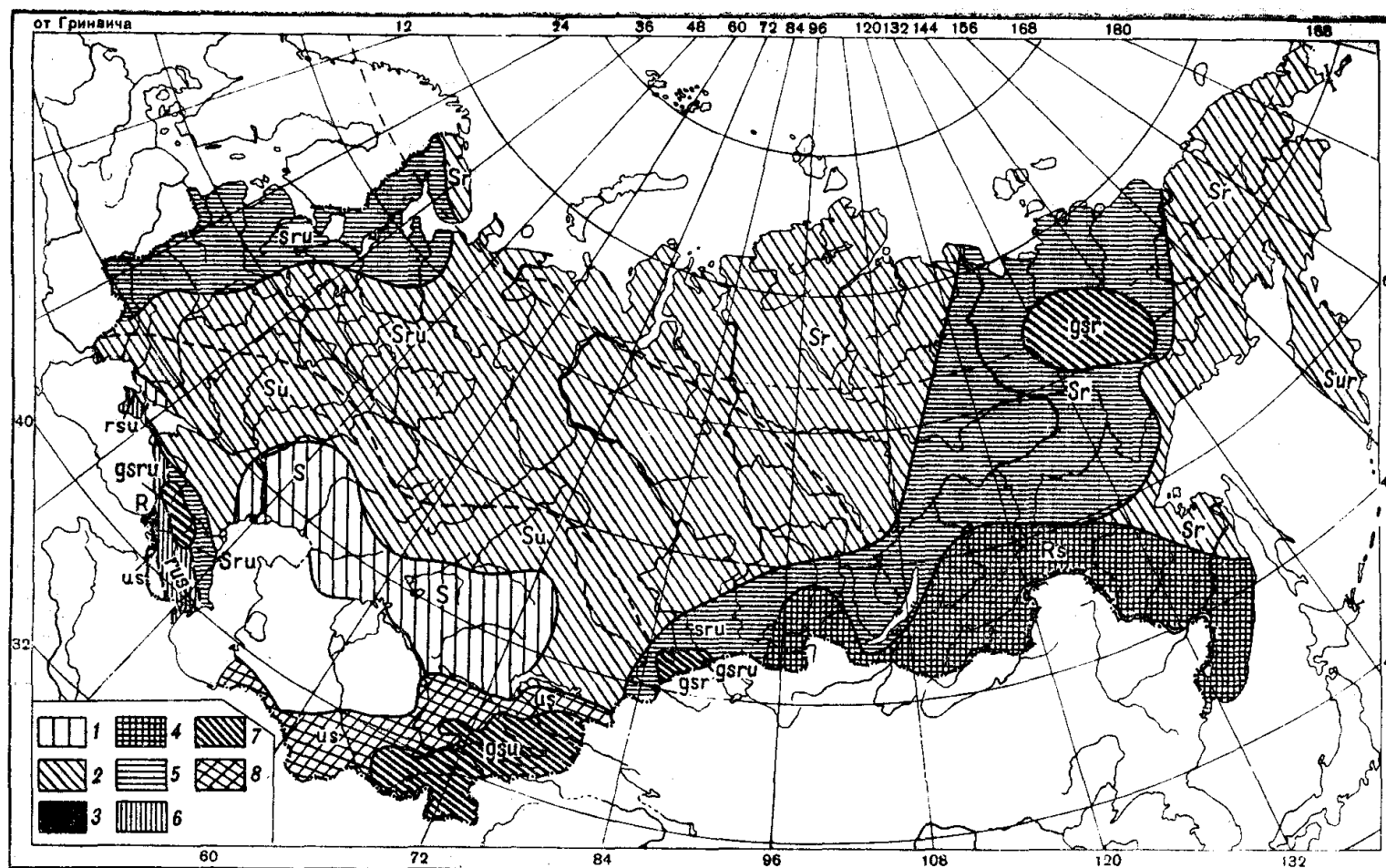


Рис. 3.2. Классификация рек СССР по источникам питания (по М.И. Львовичу): 1) S – реки чисто снегового питания; 2) реки преимущественно снегового питания: Su – грунтовое >10%, Sru – дождевое больше грунтового, оба >10%, Sr – дождевое >10%; 3) R – реки чисто дождевого питания; 4) Rs – реки преимущественно дождевого питания, снеговое >10%; 5) sru – реки смешанного питания с преобладанием снегового, дождевое больше грунтового, оба >10%; 6) rus – реки смешанного питания с преобладанием дождевого, грунтовое больше снегового, оба >10%; 7) реки смешанного питания с преобладанием ледникового: gsr – снеговое больше дождевого, грунтовое <10%, gsru – то же, но грунтовое >10%; 8) us – реки смешанного питания с преобладанием грунтового [4]

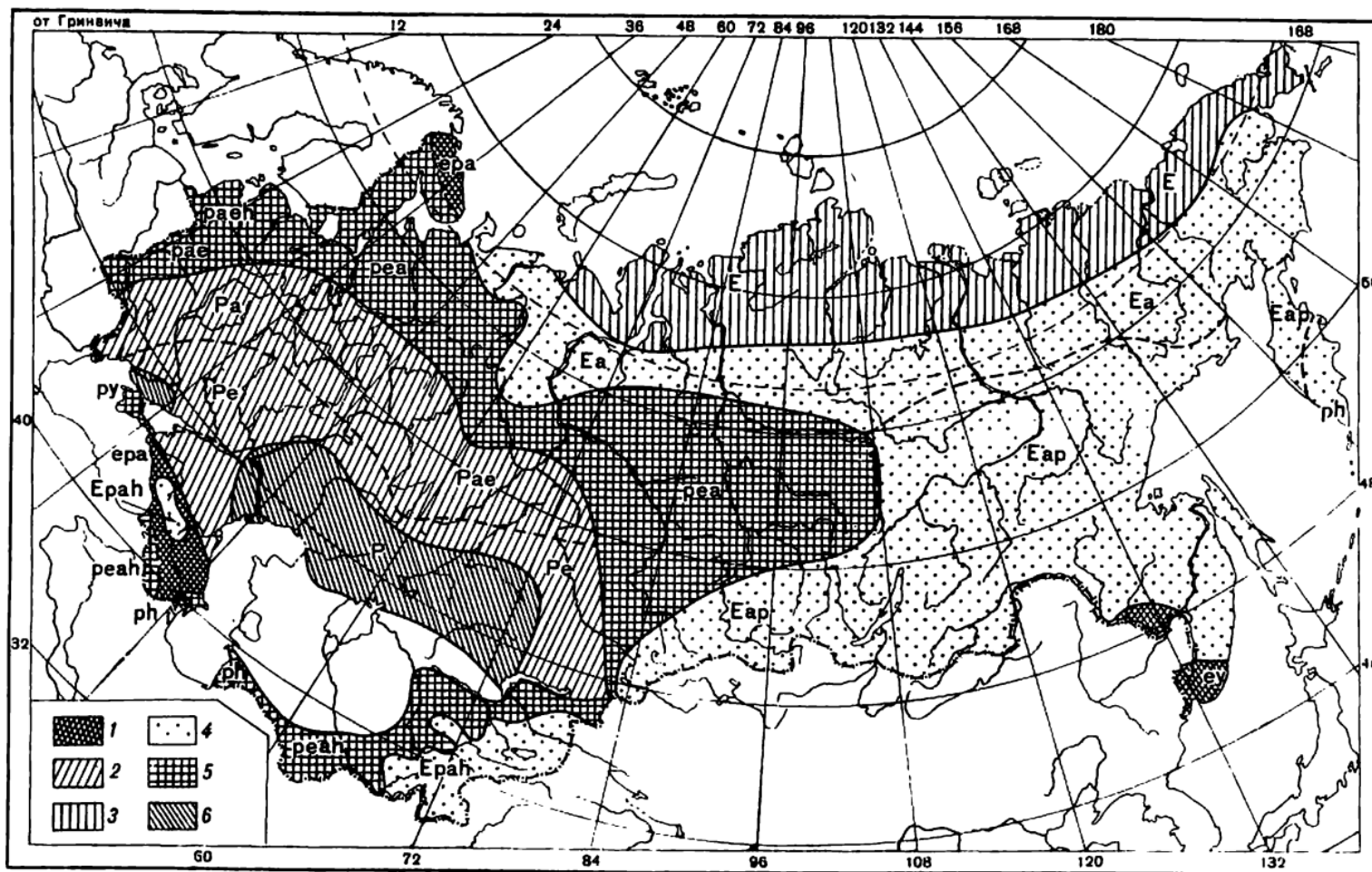


Рис. 3.3. Схема классификации рек СССР по сезонному распределению стока:

- 1) Р – сток почти исключительно весной (весна >80%, остальные сезоны < 10%); 2) Ру – сток преимущественно весной (весна >40%);
- 3) Е – сток почти исключительно летом (лето >80%, остальные сезоны <10%); 4) Еу – сток преимущественно летом (лето >50%);
- 5) Ру – сток во все сезоны <50%, преобладает весенний сток; 6) еу – сток во все сезоны <50%, преобладает летний сток [4]

Условно принято, что второстепенные источники питания могут вовсе не учитываться в том случае, если они составляют меньше 10% общего объема годового стока [4].

Схема классификации рек по источникам питания, разработанная исходя из указанных градаций, представлена на рисунке 3.2.

Классификация рек по внутригодовому распределению стока основана на одинаковом для всех делении года на сезоны: весна (март-май); лето (июнь-август); осень (сентябрь-октябрь); зима (декабрь-февраль). Такое чисто календарное деление, конечно, является достаточно условным [4]. Схема классификации рек по сезонному распределению стока представлена на рисунке 3.3.

Задание 1. Провести генетический анализ гидрографа реки Сухоны.
Исходные данные: таблица 3.1

Таблица 3.1

**Среднедекадные расходы (Q) и температура воздуха (t) Р. Сухона.
Пост № XX 20** г.**

Дата	Q, м ³ /с	t, °C	Дата	Q, м ³ /с	t, °C	Дата	Q, м ³ /с	t, °C
5.01	145	-12	5.05	2100	4	5.09	510	11
15.01	162	-22	15.05	1800	9	15.09	450	9
25.01	120	-15	25.05	1870	13	25.09	209	11
5.02	115	-13	5.06	690	15	5.10	255	4
15.02	98	-15	15.06	765	18	15.10	373	3
25.02	85	-10	25.06	534	15	25.10	284	4
5.03	80	-5	5.07	426	19	5.11	240	-2
15.03	72	-3	15.07	341	17	15.11	210	-5
25.03	63	2	25.07	530	20	25.11	200	-7
5.04	670	3	5.08	300	17	5.12	185	-9
15.04	1550	4	15.08	230	15	15.12	175	-10
25.04	1900	5	25.08	350	9	25.12	150	-8

Ледостав до 21.03. и с 23.11, ледоход до 01.04, забереги с 30.10.

Указание. С графиком расходов воды совместить графики изменения температуры воздуха и ледовых явлений. Провести расчленение гидрографа, дать количественную оценку источников питания, определить тип питания реки по классификации Львовича.

Задание выполняется под руководством преподавателя.

Задание 2. Определить тип питания и сезонное распределение стока реки Сухоны с помощью классификации Львовича (рисунки 3.2. и 3.3). Сопоставить с результатами задания 1. Сделать выводы.

Задание выполняется под руководством преподавателя.

Задание 3. Определить тип питания и сезонное распределение стока рек с помощью классификации Львовича (рисунки 3.2. и 3.3).

Варианты	Реки
1	Западная Двина, Ока, Лена
2	Неман, Волга, Енисей
3	Южный Буг, Урал, Колыма
4	Днестр, Таз, Амур
5	Онега, Бия, Анадырь.
6	Припять, Катунь, Хатанга
7	Десна, Ишим, Шилка
8	Днепр, Чулым, Индигирка
9	Дон, Иртыш, Яна
10	Кубань, Обь, Вилуй
11	Печора, Сырдарья, Ангара
12	Мезень, Амударья, Пясина
13	Северная Двина, Тавда, Витим
14	Вычегда, Нижняя Тунгуска, Чуна
15	Кама, Тобол, Алдан

Задание выполняется самостоятельно.

Лабораторная работа 4 РЕЧНОЙ СТОК И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Теоретическая часть

Речной сток – 1) перемещение воды в процессе ее круговорота в природе в форме стекания по речному руслу; 2) количество воды, протекающее в речном русле за какой-то промежуток времени [4].

Главной характеристикой речного стока являются расходы воды. Все остальные гидрологические характеристики, используемые в гидрологических исследованиях и расчетах, по сути являются производными от соответствующих расходов воды (максимальных, или минимальных, средних за сутки или за месяц и т.д.) [1].

Расход воды (Q) – объем воды, протекающей через живое сечение потока в единицу времени, выражается в $м^3/с$, для малых водотоков в $л/с$ [2].

Объем стока (W) – количество воды, протекающее через рассматриваемый створ водотока за какой-либо период времени; выражается для малых водотоков в $м^3$, для крупных рек в $км^3$ [2].

$$W = \bar{Q} \cdot T, \quad (4.1)$$

где $\bar{Q}$ – средний расход за расчетный период времени, $м^3/с$;

T – число секунд в том же расчетном периоде времени [1].

Модуль стока (q) – количество воды, стекающей в единицу времени с единицы площади водосбора, выражается в $л/(с \cdot км^2)$ или $м^3/(с \cdot км^2)$ [2].

$$q = \frac{Q}{F}, \quad (4.2)$$

где F – площадь водосбора, км²[1].

Слой стока (y) – количество воды, стекающей с водосбора за какой-либо промежуток времени, выраженное в виде слоя (в мм), равномерно распределенного по площади [2].

$$y = \frac{W}{F} \quad (4.3)$$

Коэффициент стока (α) – отношение величины стока к величине выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение этой порции стока [Там же].

$$\alpha = \frac{y}{x}, \quad (4.4)$$

где x – атмосферные осадки, вызвавшие этот сток, мм.

Коэффициент стока показывает, какая часть осадков расходуется на образование стока.

Задание 1. Определить многолетние характеристики стока реки Сухоны у г. Тотьма.

Исходные данные: площадь бассейна $F = 34\,800$ км², среднегодовые расходы за период 1959-1988 гг. (таблица 4.1), среднегодовые осадки 565 мм [9].

Таблица 4.1

Расходы воды р. Сухоны у г. Тотьма за 1959-1988 гг.[13]

год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$
1959	310	1969	367	1979	282
1960	195	1970	234	1980	306
1961	392	1971	211	1981	319
1962	375	1972	198	1982	290
1963	219	1973	176	1983	289
1964	229	1974	286	1984	276
1965	281	1975	187	1985	237
1966	424	1976	335	1986	395
1967	215	1977	291	1987	350
1968	328	1978	489	1988	239

Указание. За расчетный период принимается средний год. Продолжительность обычного года составляет 365 суток, високосного – 366 суток, среднего - 365,25 суток.

$$T = 365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31,56 \cdot 10^6 \text{ с.}$$

Задание выполняется под руководством преподавателя.

Задание 2. Определить многолетние характеристики стока рек.

Исходные данные: таблица 4.2 (15 вариантов).

Таблица 4.2

Данные для расчета многолетних характеристик рек [7, 13]

Река	F км ²	Q м ³ /с	W км ³	q л/с·км ²	y мм	x мм	α
Западная Двина (г. Витебск)	27300	220	??	?	?	724	?
Днестр (г. Бендеры)	?	324	?	4,91	?	?	0,364
Днепр (г. Смоленск)	?	?	3,02	?	214	738	?
Дон (ст. Казанская)	102000	?	?	?	101	?	0,195
Бельбек (с. Фруктовое)	?	2,38	?	4,83	?	379	?
Кубань (г. Краснодар)	?	?	?	8,71	275	?	0,374
Печора (г. Усть-Цильма)	248000	?	?	13,7	?	499	?
Волга (г. Нижний Новгород)	479000	?	88,6	?	?	?	0,371
Урал (г. Оренбург)	?	92,9	?	?	36	?	0,0553
Обь (г. Барнаул)	?	?	?	8,81	278	433	?
Иртыш (г. Омск)	?	885	?	?	36	415	?
Ангара (с. Богучаны)	?	?	111	?	128	361	0,309
Витим (г. Бодайбо)	?	1519	47,9	?	?	464	?
Амур (Комсомольск-на-Амуре)	?	?	310	5,68	?	?	0,496
Авача (г. Елизово)	4750	?	?	?	907	1197	?

Примечание: ?? - найти

Задание выполняется самостоятельно.

Библиографический список

1. Самохин А.А. Практикум по гидрологии : учеб. пособие / А.А. Самохин, Н.Н. Соловьева, А.М. Догановский. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. – 296 с.
2. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.
3. Догановский, А.М. Сборник задач по определению основных характеристик водных объектов суши : учеб. пособие / А.М. Догановский, В.Г. Орлов. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2011. – 315 с.
4. Чеботарев, А.И. Общая гидрология. Воды суши / А.И. Чеботарев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. – 544 с.
5. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / под ред. А.Ф. Трешникова. – Москва : Советская энциклопедия, 1988. – 432 с.
6. Михайлов, В.Н. Гидрология: учебник для вузов / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – Москва : Высш. шк., 2007. – 463 с.
7. Википедия [Электронный ресурс] : свободная энциклопедия. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/>.
8. Государственный водный реестр [Электронный ресурс] : Поиск по данным государственного водного реестра. – Режим доступа : <http://textual.ru/gvr/index.php?card=15864>.
9. Атлас Вологодской области : учеб. пособие / ВГПУ. – Санкт-Петербург: Аэрогеодезия ; Череповец : Порт-Апрель, 2007. – 108 с. : цв. ил.
10. Давыдов, Л.К. Общая гидрология : учебник для вузов / Л.К. Давыдов, А.А. Дмитриева, Н.Г. Конкина. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 462 с.
11. Скорняков, В.А. Учебное пособие по гидрологической практике / В.А. Скорняков, И.С. Федорова. – Москва : Моск. ун-т, 1972. – 78 с.
12. Михалев, М.А. Инженерная гидрология : учеб. пособие / М.А. Михалев. – Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2006. – 360 с.
13. Государственный гидрологический институт [электронный ресурс] : State Hydrological Institute: Hydro-Station list of countries. – Режим доступа : <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/part'4/FORMER%20USSR/index4.html>

Содержание

	стр.
Введение.....	3
Лабораторная работа № 1 Морфометрические характеристики рек и их бассейнов	4
Лабораторная работа № 2 Поперечное сечение русла и гидравлические элементы потока.....	11
Лабораторная работа № 3 Гидрограф и его генетический анализ.....	15
Лабораторная работа № 4 Речной сток и его характеристики	21
Библиографический список	24