

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра географии

ГИДРОЛОГИЯ

Реки и озера

*Методические рекомендации
к выполнению лабораторных работ*

Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2019

УДК 556.5(075.8)
ББК 26.22я73
Г46

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 3 от 27.02.2019 г.

Составитель: доцент кафедры географии ВГУ имени П.М. Машерова
С.И. Курдин

Рецензент:
заведующий кафедрой геологии и географии
УО «ГГУ имени Ф. Скорины»,
кандидат географических наук, доцент *А.И. Павловский*

Гидрология: Реки и озера : методические рекомендации
Г46 к выполнению лабораторных работ / сост. С.И. Курдин. – Витебск :
ВГУ имени П.М. Машерова, 2019. – 56 с.

Методические рекомендации представляют собой руководство по выполнению заданий лабораторных работ, предусмотренных учебной программой курса «Гидрология» для студентов специальности 1-31 02 01-02 География (научно-педагогическая деятельность). Предназначены для аудиторной и самостоятельной работы студентов и включают теоретический материал и практические задания по основным темам данного курса.

УДК 556.5(075.8)
ББК 26.22я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2019

Содержание

Введение	4
Лабораторная работа № 1. Морфометрические характеристики рек и их бассейнов	5
Лабораторная работа № 2. Гидродинамические характеристики потока	12
Лабораторная работа № 3. Речной сток и его характеристики	18
Лабораторная работа № 4. Гидрограф реки и его генетический анализ	23
Лабораторная работа № 5. Уровни воды в реке.....	29
Лабораторная работа № 6. Морфологические характеристики озера.....	42
Лабораторная работа № 7. Распределение температуры воды по вертикали в озере	49
Литература	55

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Гидрология», который в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования отнесен к циклу специальных дисциплин государственного компонента и изучается в 3 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:

- закономерности движения воды и основные количественные показатели водного стока;
- закономерности гидрологического режима водоемов и водотоков суши.

Выполнение лабораторных работ заключается в изучении и углублении теоретических знаний по курсу, в получении умений и навыков определения морфометрических характеристик водоемов, водотоков и их водосборов; определения типов питания рек; составления комплексной гидрографической характеристики водного объекта;

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, изучается теоретический материал по теме. Далее проводятся необходимые расчеты, оформляются таблицы для записи результатов, строятся графики.

По итогам выполнения каждого задания делаются соответствующие выводы.

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 и крупномасштабным общегеографическим 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.

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.

Левый и правый берега 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.

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

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 на звание. 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.

При определении местоположения истока рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

- 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.

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

- 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.

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.

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.

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.

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 $30\text{--}45^\circ$) к этой горизонтальной линии. Места впадения притоков определяются по расстоянию от устья главной реки.

Границей водосбора служит водораздельная линия, отделяющая данный речной бассейн от соседних и являющаяся раздельной линией для поверхностного стока в данный или соседний бассейн. Водораздельную линию проводят, сообразуясь с рельефом местности по наиболее высоким отметкам (вершинам холмов, хребтам, седловинам) с учетом горизонталей и берг-штрихов; она должна замыкаться в устье реки или у расчетного замыкающего створа (штриховая линия на рис. 1). Длина водораздельной линии S в км определяется в масштабе карты при помощи циркуля-измерителя с раствором 2 мм.

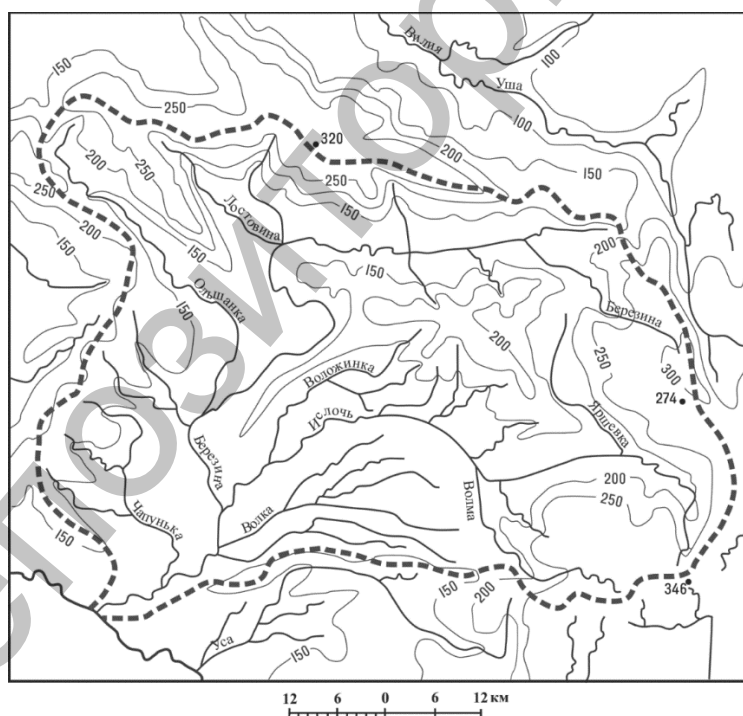


Рис. 1. Схема бассейна р. Березина

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.

Задание 1. Определить по гидрографической карте Национального атласа Республики Беларусь гидрографические характеристики бассейна реки согласно варианта (Определяет преподаватель):

1. Провести водораздельную линию, определить ее длину.
2. Определить площадь бассейна.
3. Определить для бассейна: а) длину, б) среднюю и наибольшую ширину, в) коэффициенты асимметрии и развития водораздельной линии.
4. Определить озерность, заболоченность и лесистость бассейна.
5. Определить длину главной реки и ее притоков
6. Вычислить коэффициенты извилистости главной реки и густоты речной сети.
7. Определить падение и продольный уклон главной реки.
8. Построить гидрографическую схему реки.

Методические указания:

Для выполнения задания необходимо снять на кальку с гидрографической карты (Национальный атлас Республики Беларусь) речную сеть (главную реку и притоки первого и второго порядка) и ее бассейн, ограниченный водораздельной линией.

На выкопировке внутри бассейна условными знаками должны быть показаны участки лесов, болот, ограниченные контуром; высотные отметки истока и устья главной реки; на водораздельной линии – характерные высотные отметки, через которые она проведена.

Длина главной реки (L , км) и длины притоков ($l_1, l_2 \dots l_n$) определяются по карте двукратным измерением (от устья до истока, затем в обратном направлении) при помощи циркуля-измерителя с постоянным раствором 1 или 2 мм.

Допустимое расхождение между количеством отложений раствора циркуля при двух измерениях не должно превышать 2% и для подсчета берется их среднее значение. Счет километров ведут от устья реки, как от более определенной точки, чем исток, до первого притока, затем от первого до второго притока и т.д. Такое деление главной реки на участки требуется для построения гидрографической схемы.

При измерении циркулем определяются не длины дуг, а хорды и длина реки получается заниженной, поэтому измеренная длина реки

(участка) или притока умножается на поправочный коэффициент на извилистость ($K_{изв}$), который выбирается в соответствии с типом извилистости (рис. 2). Коэффициент извилистости $K_{изв}$ также определяется как отношение длины реки к длине прямой линии, соединяющей устье и исток.

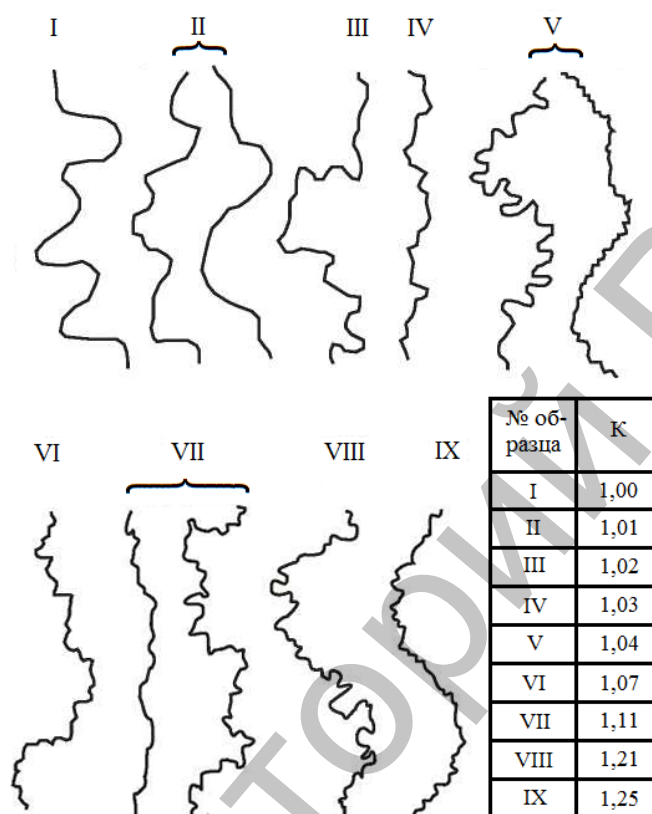


Рис.2 Образцы извилистости рек

Полученная длина реки (участка) или притока называется вычисленной и является окончательной. Результаты вычислений длины главной реки и длины притоков заносятся в ведомости табл. 1 и 2.

Длина главной реки получается как нарастающая величина ее участков от устья до истока.

Густота речной сети (D , км/км²) представляет собой длину речной сети, приходящуюся на 1 км² площади какой-либо территории. Для бассейнов рек:

$$D = \frac{\sum L}{F}$$

где

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

F – площадь бассейна реки, км².

Для схематического изображения речной системы составляется **гидрографическая схема** (рис. 3), дающая наглядное представление о том,

куда какая река и после какой впадает, и какова ее длина по сравнению с другими реками.

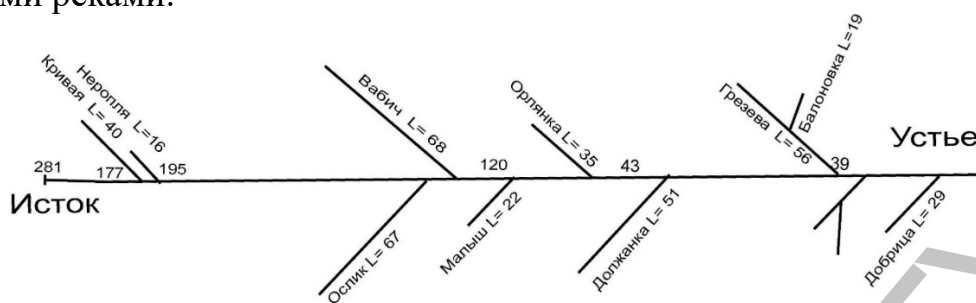


Рис. 3. Гидрографическая схема речной системы р. Друть

Для построения гидрографической схемы используют данные таблиц 1 и 2.

Таблица 1

Ведомость измерения длины реки

карта масштаба

Название участка реки	Число отложений раствора циркуля по участкам реки			Длина участка реки (км)	Поправочный коэффициент К	Истинная длина реки (км) При первом измер.	Длина реки нарастающая от устья до истока (км) При втором измер.
	при первом измер.	при втором измер.	среднее				

Общая длина главной реки $L = \underline{\hspace{2cm}}$ км

Длина прямой, соединяющей исток с устьем $l' = \underline{\hspace{2cm}}$ км

Коэффициент извилистости $K_{изв} = \underline{\hspace{2cm}}$

Таблица 2

Ведомость измерения длины притоков

карта масштаба

Название притока	Число отложений раствора циркуля по участкам реки			Длина притока (км)	Поправочный коэффициент К	Истинная длина притока (км)
	при первом измер.	при втором измер.	среднее			

Общая длина речной сети бассейна $L + \Sigma l = \underline{\hspace{2cm}}$ км

Густота речной сети ($\text{км}/\text{км}^2$) = $\underline{\hspace{2cm}}$

L — длина главной реки (км)

Σl — сумма длин притоков (км)

F — площадь бассейна (км^2)

Длина бассейна ($L_б$, км) при правильной его форме определяется расстоянием по прямой от устья (замыкающего створа) реки к ее истоку до наиболее удаленной точки водораздельной линии (рис. 4, А). При изогнутых формах бассейна его длину измеряют циркулем по медиане (рис. 4, Б).

В данном случае пользуются прозрачной палеткой с рядом concentрических окружностей и отверстием в центре для наковки. Для определения средних по ширине бассейна точек накладывают палетки так, чтобы какая-либо окружность касалась двух противоположных сторон бассейна, накладывают ряд точек, затем по ним проводят медианную линию.

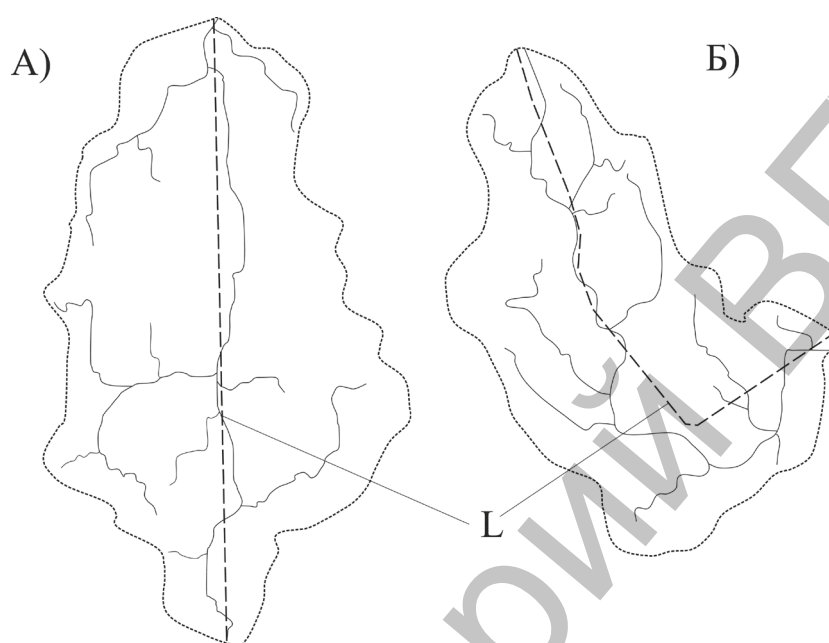


Рис. 4 Длина бассейна реки (L): А) – по прямой линии; Б) – по медиане.

Средняя ширина бассейна вычисляется по формуле:

$$B_{cp} = \frac{F}{L_{\phi}}$$

где

F – площадь водосбора, км²;

L_{ϕ} – длина бассейна, км.

Максимальная ширина бассейна определяется по прямой, нормальной к длине бассейна в самой широкой его части.

Величина **площади бассейна** в км² вычисляется при помощи палетки. Измерение площади бассейна необходимо провести отдельно для правого (F_p) и левого (F_l) берега главной реки, так как эти данные необходимы при вычислении коэффициента асимметрии.

Мерой асимметричности бассейна является **коэффициент асимметрии**:

$$\alpha = \frac{F_l - F_p}{(F_l + F_p) / 2}$$

где

F_l – площадь бассейна по левому берегу, км²;

F_p – площадь бассейна по правому берегу, км².

Коэффициент развития водораздельной линии бассейна m , характеризующий конфигурацию речного бассейна, представляет собой отношение длины водораздельной линии (S , км) к длине окружности круга (S' , км), площадь которого равна площади бассейна F , т.е.

$$m = \frac{S}{S'} = \frac{S}{2\sqrt{\pi F}} = 0,282 \frac{S}{\sqrt{F}}$$

Важными характеристиками территории являются лесистость, заболоченность и озерность.

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

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

где

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

Иногда коэффициенты лесистости, заболоченности и озерности выражаются в %.

Разность отметок (ΔH) водной поверхности истока (H_u) и устья (H_y) или двух каких-либо точек по длине реки, выражаемое в метрах на весь участок или в м/км, называется **падением реки**.

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

$$I = \frac{H_u - H_y}{L} = \frac{\Delta H}{L}$$

где

H_u – отметка высоты истока, м;

H_y – отметка высоты уреза воды в устье, м;

L – длина водотока между этими точками, км.

Лабораторная работа № 2 ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА

Теоретическая часть

Поперечное сечение русла определяет его пропускную способность и оказывает влияние на распределение скоростей, уклонов, направления течения и другие гидродинамические 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 (рис. 5).

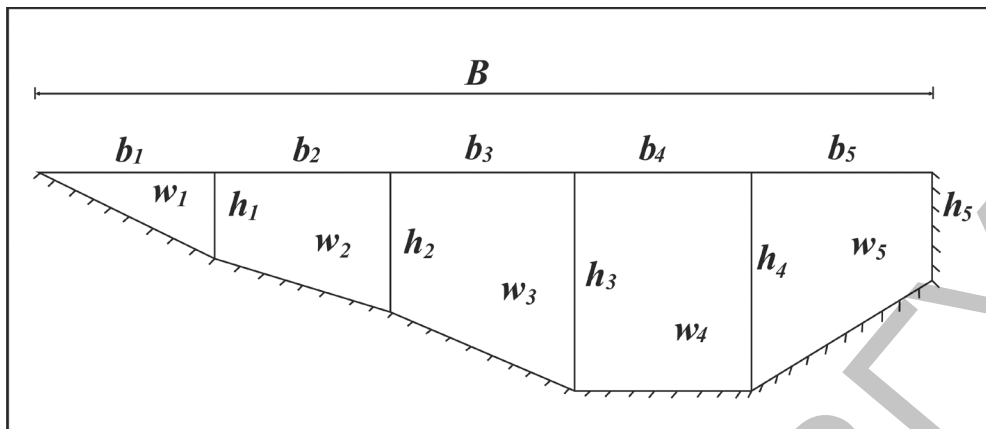


Рис. 5. Поперечное сечение русла

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 понятия «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.

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:

$$h_{cp} = \frac{w}{B}$$

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.

$$R = \frac{w}{P}$$

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.

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.

Наглядное представление о распределении скоростей в живом сечении можно получить построением **изотак** – линий, соединяющих в живом сечении точки с одинаковыми скоростями (рис. 6А).

Кривые изменения скоростей по вертикали называются **гидрографами** или **эпюрами скоростей**.

При типичном распределении скоростей течения по глубине речного по тока открытого русла эпюра вертикального распределения скоростей имеет максимум ($v_{\max}$) на поверхности; скорость, близкую к средней на вертикали ($v_{\text{ср}}$) – на глубине $0,6H$ от поверхности (H – полная глубина); минимум ($v_{\min}$), не равный нулю – у дна (рис. 6Б).

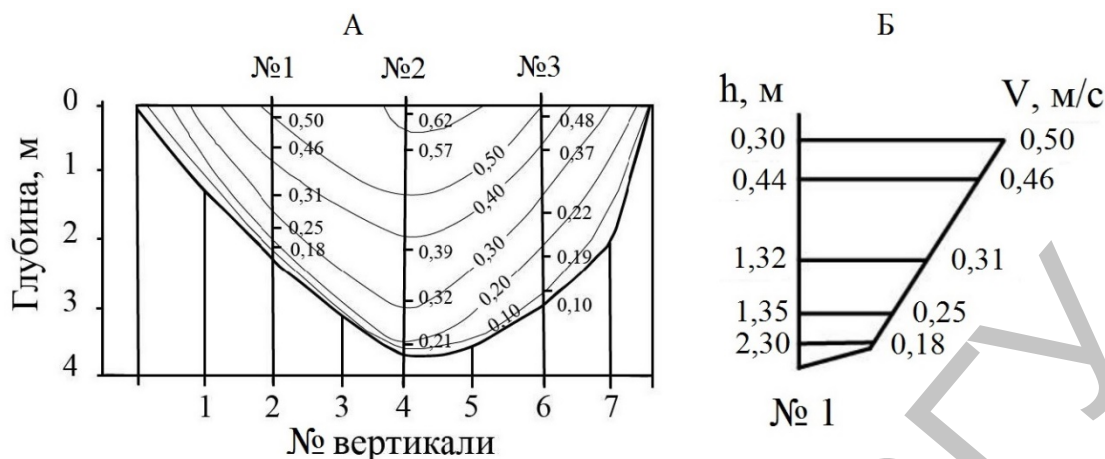


Рис. 6. Изотехи (А) и эпюры (Б) в живом сечении реки

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

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.

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

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

где

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

H – глубина, м.

Задание 2. Построить поперечное сечение русла реки. Определить ширину, максимальную глубину реки, площадь водного сечения потока, площадь живого сечения, среднюю глубину, смоченный периметр, гидравлический радиус, провести изотехи. Сделать выводы.

Исходные данные: таблица 3 (вариант 1), таблица 4 (вариант 2).

Таблица 3

Скорости течения, измеренные в поперечном сечении р. Ока, пост №1.

№ промерной вертикали	Расстояние от левого берега, м	Глубина. (Н, м)	Скорости течения (м/с) на промерных вертикалях в точках				
			у поверхности	0,2Н	0,6Н	0,8Н	у дна
урез лев. берега	0	0,00	-*	-	-	-	-
1	10	0,66	-	-	-	-	-
2	20	0,78	0,48	0,45	0,43	0,42	0,35
3	30	0,90	0,51	0,49	0,46	0,43	0,28
4	40	1,14	0,49	0,46	0,43	0,34	0,28
5	50	1,30	0,46	0,45	0,44	0,39	0,27
6	60	1,50	0,47	0,46	0,43	0,39	0,31
7	70	1,96	0,51	0,51	0,45	0,42	0,38
8	80	2,16	0,60	0,58	0,50	0,46	0,44
9	90	2,32	0,72	0,70	0,62	0,55	0,48
10	100	2,00	0,69	0,67	0,59	0,48	0,42
11	110	1,44	0,64	0,62	0,57	0,48	0,41
12	120	0,78	-	-	-	-	-
урез прав. берега	130	0,00	-	-	-	-	-

Примечание: *- измерения не проводились

Таблица 4

Скорости течения, измеренные в поперечном сечении р. Ока, пост №2

№ промерной вертикали	Расстояние от левого берега, м	Глубина Н, м	Скорости течения (м/с) на промерных вертикалях в точках				
			у поверхности	0,2Н	0,6Н	0,8Н	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

Продолжение таблицы 4

№ промерной вертикали	Расстояние от левого берега, м	Глубина Н, м	Скорости течения (м/с) на промерных вертикалях в точках				
			у поверхности	0,2Н	0,6Н	0,8Н	у дна
урез лев. берега	0	0,00	-	-	-	-	-
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

Методические указания. 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:

$$w_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \cdot b_i$$

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.

Методом интерполяции провести изотахи через 0,05 м/с. Каждая изотаха должна плавно, не упираясь в дно, выходить на поверхность. В разрывах указать их значения.

Задание 3.

По данным таблиц 4 и 5 построить эпюры на промерных вертикалях согласно варианта в таблице 6. Найти средние скорости делением площадей эпюр скоростей на глубину вертикали и по приближенной формуле. Сравнить их средние скорости и сделать вывод о влиянии на морфологию русла.

Варианты к заданию №3

№ варианта	Промерные вертикали			
	Таблица 4		Таблица 5	
1			4	10
2	2	7		
3			5	11
4	3	8		
5			6	12
6	4	9		
7			7	13
8	5	10		
9			8	14
10	6	11		
11			9	15

Методические указания. При построении эпюр скоростей отложить в вертикальном направлении общую глубину промерной вертикали и отметить на ней точки измерения скоростей. Из этих точек в горизонтальном направлении в соответствии с самостоятельно выбранным масштабом отложить скорости течения, изображенные в виде отрезков. Концы отрезков соединить линией.

Для левой и правой эпюры рассчитать средние значения скорости, которые сравнить между собой.

На основании сравнения средних скоростей и конфигурации эпюр сделать заключение о причинах различной крутизны правого и левого склонов русла, положении фарватера, соотношении эрозионных и аккумулятивных процессов.

Лабораторная работа 3 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.

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.).

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

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 $км^3$.

$$W = Q \cdot T,$$

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

T – число секунд в том же расчетном периоде времени.

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

$$M = \frac{Q}{F},$$

где F – площадь водосбора, $км^2$.

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

$$h = \frac{W}{F}$$

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

$$\alpha = \frac{h}{x}$$

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

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

Основной характеристикой водности реки является **норма стока** – средний годовой сток за многолетний период. Значение нормы стока можно выразить одной из характеристик стока, т.е. в виде среднего за многолетний период годового стока (W_0), расхода воды (Q_0), слоя стока (h_0), модуля стока (M_0).

Для характеристики распределения стока по территории и расчета стока неизученных рек составляются карты среднемноголетнего годового стока (нормы стока). На карты наносятся изолинии модуля или слоя стока. Исходными данными для составления карт стока служат характеристики стока, рассчитанные по материалам многолетних фактических наблюдений для отдельных изученных речных бассейнов. Полученные данные относят к центрам тяжести бассейнов, нанося на карту и по ним проводят изолинии стока – плавные линии, соединяющие точки с одинаковыми величинами нормы стока, обычно выраженной модулем стока (M_0 , $л/с \cdot км^2$).

Задание 4. По данным таблицы 7 определите основные среднегодовые гидрологические характеристики стока рек (объем стока, модуль стока, слой стока, коэффициент стока).

Таблица 7

Среднемесячные расходы воды рек (Q).

№ варианта	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	18.6	15.3	11.4	18.0	28.2	50.0	34.3	19.2	17.0	16.0	16.2	13.0
2	19.3	16.0	12.1	18.7	28.9	50.7	35.0	19.9	17.7	16.7	16.9	13.7
3	20.0	16.7	12.8	19.4	29.6	51.4	35.7	20.6	18.4	17.4	17.6	14.4
4	18.3	15.0	11.1	17.7	27.9	49.7	34.0	18.9	16.7	15.7	15.9	12.7
5	19.0	15.7	11.8	18.4	28.6	50.4	34.7	19.6	17.4	16.4	16.6	13.4
6	19.7	16.4	12.5	19.1	29.3	51.1	35.4	20.3	18.1	17.1	17.3	14.1
7	19.5	16.2	12.3	18.9	29.1	50.9	35.2	20.1	17.9	16.9	17.1	13.9
8	20.2	16.9	13.0	19.6	29.8	51.6	35.9	20.8	18.6	17.6	17.8	14.6
9	18.1	14.8	10.9	17.5	27.7	49.5	33.8	18.7	16.5	15.5	15.7	12.5
10	18.7	15.6	11.7	18.3	28.5	50.3	34.6	19.5	17.3	16.3	16.5	13.3
11	18.8	15.8	11.6	18.4	28.4	50.4	34.7	19.6	17.4	16.6	16.7	13.5
12	19.6	16.3	12.4	19.0	29.2	51.1	35.3	20.2	18.0	17.0	17.2	14.0
13	20.2	16.9	13.0	19.6	29.8	51.6	35.9	20.8	18.6	17.6	17.8	14.6
14	18.4	15.1	11.3	18.0	28.1	50.1	34.3	19.3	16.9	15.9	16.3	12.9
15	19.3	16.0	12.2	18.7	28.9	50.7	35.0	19.9	17.7	16.7	16.9	13.8
16	20.1	16.7	12.8	19.4	29.6	51.4	35.7	20.6	18.4	17.4	17.7	14.3
17	19.8	16.5	12.6	19.0	29.3	51.2	35.3	20.4	18.2	17.1	17.5	14.1
18	20.4	17.2	13.4	19.9	30.2	51.8	36.3	21.2	18.9	17.9	18.2	14.8
19	18.3	15.3	11.4	17.8	30.0	49.8	33.9	18.9	16.7	15.8	15.9	12.8
20	18.8	15.5	11.6	18.2	28.4	50.2	34.5	19.4	17.2	16.2	16.4	13.2
$x = 685 \text{ мм}$						$F = 5000 \text{ км}^2$						

Задание 5. Определить многолетние характеристики стока реки. Исходные данные: площадь бассейна $F = 34\,800 \text{ км}^2$, среднегодовые расходы за период 1986-2015 гг. (таблица 8), среднегодовые осадки 565 мм.

Таблица 8

Расходы воды в реке Белая за период 1986-2015 гг.

год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$
1986	310	1996	367	2006	282
1987	195	1997	234	2007	306
1988	392	1998	211	2008	319
1989	375	1999	198	2009	290
1990	219	2000	176	2010	289
1991	229	2001	286	2011	276
1992	281	2002	187	2012	237
1993	424	2003	335	2013	395
1994	215	2004	291	2014	350
1995	328	2005	489	2015	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 6. Определить многолетние характеристики стока рек.
Исходные данные: таблица 9 (20 вариантов).

Таблица 9

Данные для расчета многолетних характеристик рек

Река	F км ²	Q м ³ /с	W км ³	M л/с·км ²	y мм	x мм	α
1	2	3	4	5	6	7	8
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)	10200 0	?	?	?	101	?	0,195
Бельбек (с. Фруктовое)	?	2,38	?	4,83	?	379	?
Кубань (г. Краснодар)	?	?	?	8,71	275	?	0,374
Печора (г. Усть-Цильма)	24800 0	?	?	13,7	?	499	?
Волга (г. Нижний Новгород)	47900 0	?	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 6. Определить средний многолетний модуль стока (M_0) в отмеченном пункте по карте среднего годового стока.

Вычислить основные характеристики нормы стока (Q_0 , W_0 , h_0).

Методические указания. На кальку речного бассейна из задания 1 (лаб. работа №1), наносятся изолинии модулей стока (в л/с·км²) с карты среднего годового стока, помещенной в Атласе Республики Беларусь (10 класс стр. 16).

Средний многолетний модуль годового стока (M_0) бассейна (водосбора) реки до расчетного замыкающего створа можно определить следующим образом:

- на водосборе с равнинной территорией или при незначительно меняющемся рельефе, большая часть которого ограничена изолиниями модуля стока, намечается центр водосбора (ставится точка $Ц$). Если точка находится между изолиниями, то M_0 определяется путем прямолинейной интерполяции по перпендикуляру через точку $Ц$ между изолиниями стока.

- в случае пересечения водосбора несколькими изолиниями, как показано на рис. 7, M_0 определяется как средневзвешенное значение из произведений величин модулей стока на величины тяготеющих к ним площадей водосбора, по формуле:

$$M_0 = \frac{M_1 f_1 + M_2 f_2 + \dots + M_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n}$$

где $M_1, M_2 \dots M_n$ – средние арифметические значения модулей стока между изолиниями в л/с.км²;

$f_1, f_2 \dots f_n$ – площади бассейна между изолиниями в км², определяемые механическим способом с помощью палетки.

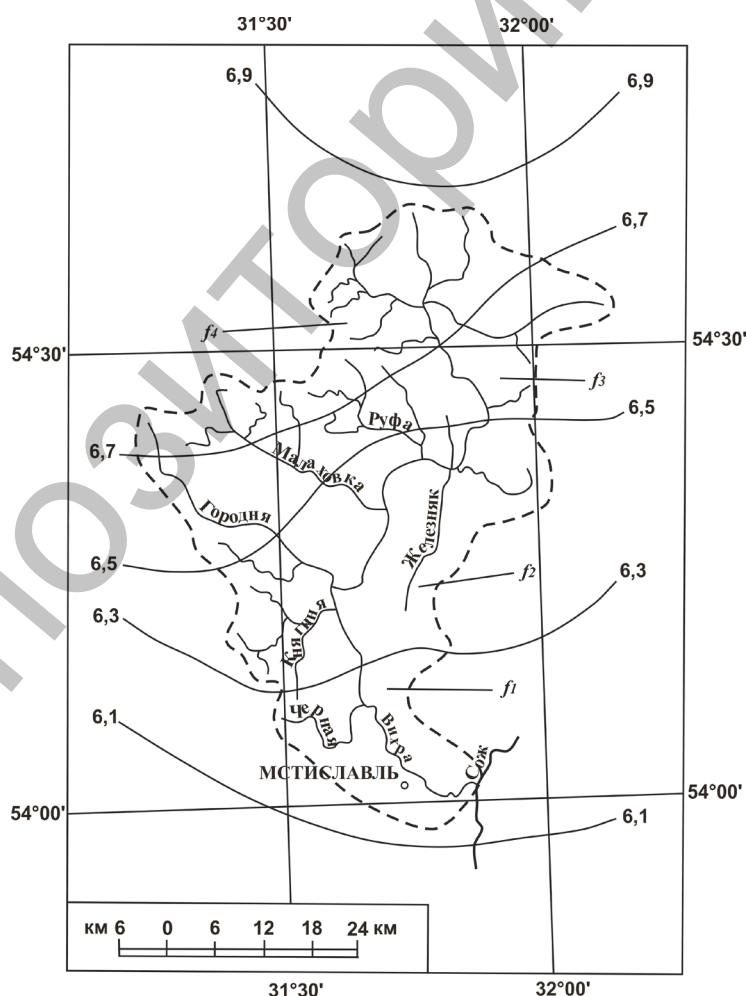


Рис. 7. Карта изолиний средних многолетних модулей стока (л/с, км²) бассейна р. Вухра

2. Определив среднемноголетний модуль годового стока, можно вычислить основные характеристики стока:

- из формулы

$$M_0 = \frac{Q_0 10^3}{F}$$

определяем средний многолетний расход ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q_0 = \frac{M_0 F}{10^3}$$

- объем среднемноголетнего годового стока ($\text{м}^3/\text{год}$):

$$W_0 = Q_0 \cdot 31,56 \cdot 10^6$$

- слой стока (мм):

$$h_0 = \frac{W_0}{F \cdot 10^3}$$

Лабораторная работа № 4 ГИДРОГРАФ РЕКИ И ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Теоретическая часть

Гидрограф – график изменения во времени расходов воды (Q , $\text{м}^3/\text{с}$) за год или часть года (сезон, половодье или паводок).

Обычно решение задачи о количественной оценке роли источников питания рек проводится путем расчленения гидрографа. **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.

Точность выделения отдельных источников питания по гидрографу повышается, если используются комплексные графики, на которых график расходов 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 меженного 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.

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 – **снеговое, дождевое, грунтовое и ледниковое** питание.

На основании различных соотношений разных видов питания строится классификация рек по М.И. Львовичу. Если один из видов питания дает более 80% годового стока, говорят об исключительном значении данного вида питания. Если на его долю приходится от 50 до 80% – этому виду придается преимущественное значение. Если же ни один вид питания не дает более 50% стока, такое питание называют смешанным. Для ледникового питания диапазоны грааций (50 и 80%) снижены до 50 и 25%.

При охлаждении воды до 0°C возникают ледовые образования – реки вступают в фазу ледового режима. В нем выделяют три фазы: замерзание – появление первичных форм ледообразования, ледостав и вскрытие. Не на всех реках наблюдаются все три фазы ледового режима.

Первичная форма ледообразования включает в себя:

Забереги – это полоса неподвижного льда, прикрепленного к берегу.

Сало – это очень тонкий слой мелких ледяных кристалликов, находящихся в реке в виде отдельных пятен.

Шуга – поднимающийся на поверхность внутриводный лед.

Ледостав – это полное замерзание реки.

Плавающие по реке льдины и ледяные поля образуют *ледоход*.

Задание 6. По данным таблиц 10, 11 построить гидрограф реки, расчленить его по видам питания, определить величину снегового, дождевого и грунтового питания и преимущественный тип питания.

Методические указания:

1. По данным таблицы 10 и в соответствии с масштабами построить на миллиметровке график изменения расходов в течение года. На оси ординат отложить значения расхода, на оси абсцисс – месяцы, разделенные на декады.

2. Над графиком изменения расходов построить график ледовых явлений (данные таблицы 11). Периоды ледостава обозначить сплошной линией толщиной 3 мм, ледохода – незаштрихованной, заберегов – вертикальной штриховкой.

3. Над графиком ледовых явлений вычертить график температурных изменений в течение года.

4. Расчленить полученный гидрограф на снеговое, дождевое и грунтовое питание. Для этого найти на графике самый высокий пик расхода, приходящийся на снеговое питание (определяется по смене отрицательных температур положительными). Считается, что в этот период грунтовое питание равно нулю

(рис.8). Ближе к лету его доля увеличивается, а количество снеговых вод уменьшается, и к концу мая они иссякают. Поэтому справа и слева от точки с нулевым питанием грунтовых вод провести отрезки к ближайшим впадинам (участки кривой, где падение расхода сменяется его увеличением) на гидрографе. Все пики расходов (кроме самого большого) срезать отрезками, соединяющими соседние впадины кривой. Область графика, расположенная ниже срезающих отрезков, относится к грунтовому питанию. Срезанные пики, находящиеся в диапазоне положительных температур имеют дождевое питание. Остальная часть графика – снеговые воды. Участки графика с различным питанием заштриховать согласно условным знакам легенды.

Таблица 10

Среднедекадные расходы (Q , м/с) и температура воздуха (t , °C)

Дата	№ варианта																			
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t
05.01	45	0	7	-6	43	-1	5	-8	6	-6	38	0	4	-8	9	-5	39	-1	38	-5
15.01	46	-2	8	-5	44	-3	6	-7	7	-5	39	-2	5	-7	10	-4	40	-3	39	-4
25.01	30	-5	6	-7	28	-6	4	-9	5	-7	23	-5	3	-9	8	-6	24	-6	23	-6
05.02	18	-2	7	-6	16	-3	5	-8	6	-6	11	-2	4	-8	9	-5	12	-3	11	-5
15.02	15	0	7	-5	13	-1	5	-7	6	-5	8	0	4	-7	9	-4	9	-1	8	-4
25.02	15	0	8	-5	13	-1	6	-7	7	-5	8	0	5	-7	10	-4	9	-1	8	-4
05.03	195	6	8	-3	193	5	6	-5	7	-3	188	6	5	-5	10	-2	189	5	188	-2
15.03	150	3	9	-1	148	2	7	-3	8	-1	143	3	6	-3	11	0	144	2	143	0
25.03	165	5	20	4	163	4	18	2	19	4	158	5	17	2	22	5	159	4	158	5
05.04	100	4	35	6	98	3	33	4	34	6	93	4	32	4	37	7	94	3	93	7
15.04	70	3	24	4	68	2	22	2	23	4	63	3	21	2	26	5	64	2	63	5
25.04	100	8	27	4	98	7	25	2	26	4	93	8	24	2	29	5	94	7	93	5
05.05	70	7	14	5	68	6	12	3	13	5	63	7	11	3	16	6	64	6	63	6
15.05	50	7	8	6	48	6	6	4	7	6	43	7	5	4	10	7	44	6	43	7
25.05	30	6	8	6	28	5	6	4	7	6	23	6	5	4	10	7	24	5	23	7
05.06	25	6	10	8	23	5	8	6	9	8	18	6	7	6	12	9	19	5	18	9
15.06	42	7	8	6	40	6	6	4	7	6	35	7	5	4	10	7	36	6	35	7
25.06	20	8	8	6	18	7	6	4	7	6	13	8	5	4	10	7	14	7	13	7
05.07	20	8	27	8	18	7	25	6	26	8	13	8	24	6	29	9	14	7	13	9
15.07	15	9	6	8	13	8	4	6	5	8	8	9	3	6	8	9	9	8	8	9
25.07	20	9	5	10	18	8	3	8	4	10	13	9	2	8	7	11	14	8	13	11
05.08	35	9	4	12	33	8	2	10	3	12	28	9	1	10	6	13	29	8	28	13
15.08	20	8	3	12	18	7	1	10	2	12	13	8	0	10	5	13	14	7	13	13
25.08	40	10	3	10	38	9	1	8	2	10	33	10	0	8	5	11	34	9	33	11
05.09	60	9	3	9	58	8	1	7	2	9	53	9	0	7	5	10	54	8	53	10

Продолжение таблицы 10

Дата	№ варианта																			
	11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t
15.09	40	8	5	7	38	7	3	5	4	7	33	8	2	5	7	8	34	7	33	8
25.09	30	6	4	4	28	5	2	2	3	4	23	6	1	2	6	5	24	5	23	5
05.10	35	2	4	2	33	1	2	0	3	2	28	2	1	0	6	3	29	1	28	3
15.10	37	2	7	1	35	1	5	-1	6	1	30	2	4	-1	9	2	31	1	30	2
25.10	30	1	8	0	28	0	6	-2	7	0	23	1	5	-2	10	1	24	0	23	1
05.11	25	0	16	0	23	-1	14	-2	15	0	18	0	13	-2	18	1	19	-1	18	1
15.11	27	-1	5	-2	25	-2	3	-4	4	-2	20	-1	2	-4	7	-1	21	-2	20	-1
25.11	40	-2	10	-3	38	-3	8	-5	9	-3	33	-2	7	-5	12	-2	34	-3	33	-2
05.12	32	-3	8	-4	30	-4	6	-6	7	-4	25	-3	5	-6	10	-3	26	-4	25	-3
15.12	25	-6	7	-4	23	-7	5	-6	6	-4	18	-6	4	-6	9	-3	19	-7	18	-3
25.12	15	-6	6	-5	13	-7	4	-7	5	-5	8	-6	3	-7	8	-4	9	-7	8	-4
05.01	36	0	6	-6	34	-1	6	-8	7	-6	30	0	6	-8	12	-5	35	0	34	-5
15.01	37	-2	6	-5	35	-3	7	-7	8	-5	31	-2	7	-7	14	-4	36	-2	35	-4
25.01	24	-5	5	-7	22	-6	5	-9	6	-7	18	-5	4	-9	11	-6	22	-5	21	-6
05.02	14	-2	6	-6	13	-3	6	-8	7	-6	9	-2	6	-8	12	-5	11	-2	10	-5
15.02	12	0	6	-5	10	-1	6	-7	7	-5	6	0	6	-7	13	-4	8	0	7	-4
25.02	12	0	6	-5	10	-1	7	-7	8	-5	6	0	7	-7	14	-4	8	0	7	-4
05.03	156	6	6	-3	154	5	7	-5	8	-3	150	6	7	-5	14	-2	170	6	169	-2
15.03	120	3	7	-1	118	2	8	-3	10	-1	114	3	8	-3	15	0	130	3	129	0
25.03	132	5	16	4	130	4	22	2	23	4	126	5	24	2	31	5	143	5	142	5
05.04	80	4	28	6	78	3	40	4	41	6	74	4	45	4	52	7	85	4	84	7
15.04	56	3	20	4	54	2	26	2	28	4	50	3	29	2	36	5	58	3	57	5
25.04	80	8	22	4	78	7	30	2	31	4	74	8	34	2	41	5	85	8	84	5
05.05	56	7	11	5	54	6	14	3	16	5	50	7	15	3	22	6	58	7	57	6
15.05	40	7	6	6	38	6	7	4	8	6	34	7	7	4	14	7	40	7	39	7
25.05	24	6	6	6	22	5	7	4	8	6	18	6	7	4	14	7	22	6	21	7
05.06	20	6	8	8	18	5	10	6	11	8	14	6	10	6	17	9	17	6	16	9
15.06	34	7	6	6	32	6	7	4	8	6	28	7	7	4	14	7	32	7	32	7
25.06	16	8	6	6	14	7	7	4	8	6	10	8	7	4	14	7	13	8	12	7
05.07	16	8	22	8	14	7	30	6	31	8	10	8	34	6	41	9	13	8	12	9
15.07	12	9	5	8	10	8	5	6	6	8	6	9	4	6	11	9	8	9	7	9
25.07	16	9	4	10	14	8	4	8	5	10	10	9	3	8	10	11	13	9	12	11
05.08	28	9	3	12	26	8	2	10	4	12	22	9	1	10	8	13	26	9	25	13
15.08	16	8	2	12	14	7	1	10	2	12	10	8	0	10	7	13	13	8	12	13
25.08	32	10	2	10	30	9	1	8	2	10	26	10	0	8	7	11	31	10	30	11
05.09	48	9	2	9	46	8	1	7	2	9	42	9	0	7	7	10	49	9	48	10

Окончание таблицы 10

Дата	№ варианта																			
	11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t	Q	t
15.09	32	8	4	7	30	7	4	5	5	7	26	8	3	5	10	8	31	8	30	8
25.09	24	6	3	4	22	5	2	2	4	4	18	6	1	2	8	5	22	6	21	5
05.10	28	2	3	2	26	1	2	0	4	2	22	2	1	0	8	3	26	2	25	3
15.10	30	2	6	1	28	1	6	-1	7	1	24	2	6	-1	13	2	28	2	27	2
25.10	24	1	6	0	22	0	7	-2	8	0	18	1	7	-2	14	1	22	1	21	1
05.11	20	0	13	0	18	-1	17	-2	18	0	14	0	18	-2	25	1	17	0	16	1
15.11	22	-1	4	-2	20	-2	4	-4	5	-2	16	-1	3	-4	10	-1	19	-1	18	-1
25.11	32	-2	8	-3	30	-3	10	-5	11	-3	26	-2	10	-5	17	-2	31	-2	30	-2
05.12	26	-3	6	-4	24	-4	7	-6	8	-4	20	-3	7	-6	14	-3	23	-3	23	-3
15.12	20	-6	6	-4	18	-7	6	-6	7	-4	14	-6	6	-6	13	-3	17	-6	16	-3
25.12	12	-6	5	-5	10	-7	5	-7	6	-5	6	-6	4	-7	11	-4	8	-6	7	-4

Таблица 11

Продолжительность ледовых явлений на реках

№ варианта	ледостав		ледоход		забереги
	от	до	до		от
1	01.12	01.03	10.03		01.11
2	30.11	02.03	08.03		01.11
3	25.11	25.03	10.04		13.11
4	27.11	15.03	01.04		05.11
5	29.11	13.0.	29.03		02.11
6	03.12	03.03	11.03		15.11
7	12.11	12.04	20.04		26.10
8	28.11	29.03	08.04		27.10
9	26.11	30.03	11.04		04.11
10	03.12	20.03	02.04		17.11
11	02.12	02.03	12.03		03.11
12	29.11	02.03	10.03		03.11
13	27.11	20.03	05.04		10.11
14	28.11	18.03	01.04		05.11
15	30.11	15.03	26.03		04.11
16	04.12	08.03	18.03		14.11
17	10.11	10.04	21.04		25.10
18	27.11	20.03	05.04		30.10
19	26.11	28.03	12.04		08.11
20	04.12	22.03	02.04		18.11

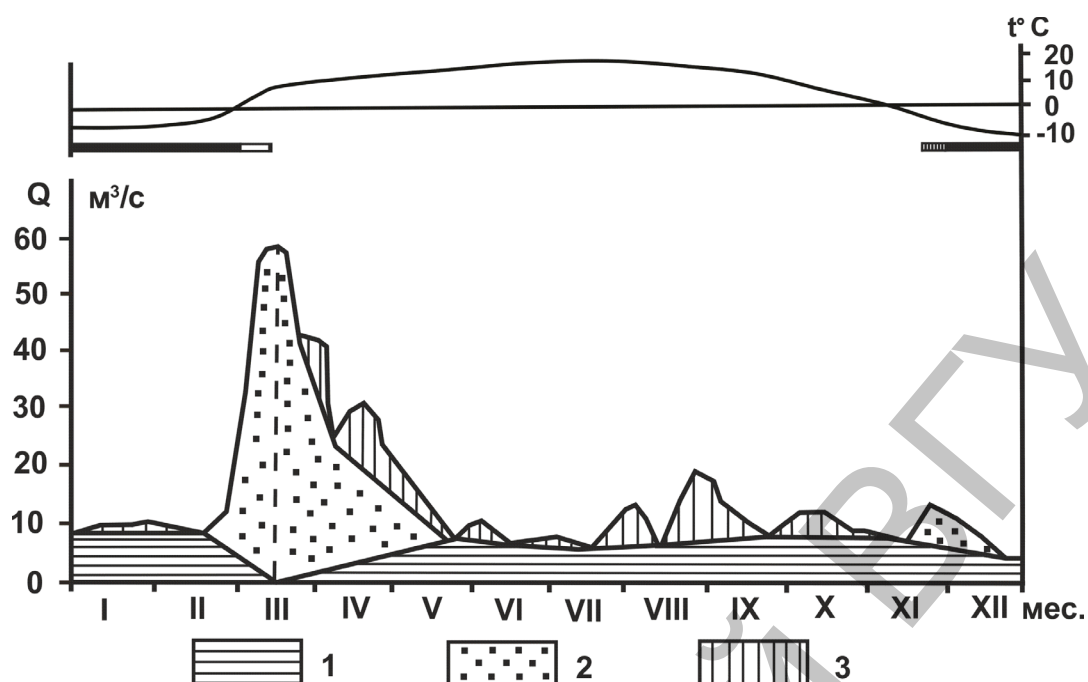


Рис. 8. Гидрограф реки с весенним половодьем 1 – грунтовое питание, 2 – снеговое питание, 3 – дождевое питание

5. Подсчитать количество $см^2$, приходящихся на каждый вид питания. Для удобства полученные результаты занести в таблицу 12.

Таблица 12

Расчет объемов разного вида питания реки

Питание	Площадь в $см^2$	«Цена» 1 $см^2$	Объем питания	
			$м^3$	%
Снеговое				
Дождевое				
Грунтовое				
Годовой объем стока			Σ	100

6. Определить «цену» 1 $см^2$ в единицах объема ($м^3$). Для этого 1 см вертикального масштаба (например, 10 $м^3/с$) надо умножить на 1 см горизонтального (например, 2 декады, т.е. 20 сут):

$$1 \text{ см}^2 = 10 \text{ м}^3/\text{с} \times 20 \text{ сут.} \times 86400 \text{ с} = 17,28 \times 10^6 \text{ м}^3.$$

Перемножив данные колонок 2 и 3 таблицы 3, рассчитать объемы стока снегового, дождевого и грунтового питания.

7. Используя классификацию М. И. Львовича (таблица 13), проанализировать процентное соотношение разных видов питания и определить преимущественный тип питания. Напишите формулу типа водного режима реки.

Таблица 13

Источник питания			Распределение стока по сезонам											
			весна			лето			осень			зима		
			почти исключи- тельно P	преимуществен- но P_y	преобладание P_y	почти исключи- тельно E	преимущественно E_y	преобладание E_y	почти исключи- тельно A	преимущественно A_y	преобладание A_y	почти исключи- тельно H	преимущественно H_y	преобладание H_y
Снеговое	почти исключительно S	+						Не обнару- жено (по имею- щимся дан- ным)						
	преимущественно S_x		+	+	+	+	+							
	преобладание s_x			+		+	+							
Дождевое	почти исключительно R				+	+	+		+	+		+	+	
	преимущественно R_x			+		+	+		+	+	+	+	+	
	преобладание r_x			+	+	+	+					+	+	
Ледниковое	почти исключительно G				+									
	преимущественно G_x				+	+								
	преобладание g_x					+	+							
Подземное	почти исключительно U	Не обнаружено (по имеющимся данным)												
	преимущественно U_x						+							
	преобладание u_x			+			+							

Лабораторная работа № 5 УРОВНИ ВОДЫ В РЕКЕ

Теоретическая часть

Уровнем воды называется высота водной поверхности относительно условной горизонтальной плоскости сравнения – нуля графика.

Уровень воды в реке постоянно изменяется. Основной причиной его изменений является приток воды в реку от талых вод снегов и ледников, дождей и подземных вод. Чем больше приток воды, тем значительно повышается уровень; малому притоку соответствуют низкие меженные уровни.

Уровни воды, систематически измеряются на гидрологических постах и станциях, используются не только для определения средних суточных расходов воды на реках, но и для других целей.

Гидрологический пост, оборудованный для определения уровня воды в водотоке или водоеме, называется водомерным постом. Для систематического контроля за высотным положением водомерных устройств посты оборудуют реперами – основными и контрольными, которые устанавливают в створе поста вне зоны затопления высокими водами.

За нуль графика гидрологического поста принимают, обычно, условную горизонтальную плоскость сравнения, отметка которой на 0,5 м ниже минимального исторического уровня воды в створе поста.

Наивысшие уровни половодья и паводков необходимы при проектировании гидротехнических сооружений, в промышленном строительстве,

при оценке возможного затоплении местности при строительстве водохранилищ и т.д.; летними минимумами уровней интересуется судоходство, а зимние необходимы для определения режима работы ГЭС. Для практических целей наиболее важными являются характерные уровни воды, определяемые по данным многолетних наблюдения. К ним относятся: 1) наивысший годовой, 2) наивысший весеннего ледохода (без затора и при заторе), 3) наивысший осеннего ледохода, 4) наивысший летне-осенних паводков, 5) наивысший летний и зимний.

Уровень воды в реке зависит от расхода и отражает изменение водности реки во времени. Следовательно, уровенный режим находится под влиянием тех же факторов, что и режим расходов – особенностей источников питания и расходования запасов влаги в бассейне, поэтому основные черты внутригодовых колебаний уровней под влиянием изменения водности соответствуют типам водного режима.

По данным наблюдений за уровнем воды производится статистическая обработка, основанная на методах математической статистики. К этому виду обработки относятся следующие методы: построение кривых повторяемости и продолжительности; расчеты характерных уровней.

Кривые повторяемости (частоты) и **продолжительности** (обеспеченности) за выбранный период могут быть построены для любой изучаемой величины уровней, расходов воды и взвешенных наносов, инфильтрационного питания, осадков и пр.

Повторяемостью уровня (в данном случае) называется число случаев (дней или лет) появления уровня в пределах какого-либо заданного интервала. Повторяемость, выраженная в процентах от общей длительности рассматриваемого периода, называется частотой.

Продолжительностью стояния уровня называется число дней (или лет) в расчетном периоде, когда наблюдались уровни выше или равные данному уровню. Продолжительность, выраженная в % от всего расчетного периода, называется обеспеченностью уровня.

Задание 7. По вариантам из таблицы 16:

1. Составить ведомость повторяемости и продолжительности стояния уровней.
2. Построить график кривых повторяемости (частоты) и продолжительности обеспеченности) стояния уровней.
3. Определить:
 - а) продолжительность навигации в заданном створе реки с условием ее возможности при уровнях $H_{min} + 1$ м;
 - б) характерные уровни и их продолжительность;
 - в) значения уровня 25; 50; 75 % обеспеченности и продолжительность стояния.

Методические указания.

Для составления ведомости повторяемости и продолжительности стояния уровней используются годовые таблицы уровней воды для различных рек (пример – таблица 14).

1. Составление ведомости повторяемости (частоты) и продолжительности (обеспеченности)

Для составления ведомости повторяемости и продолжительности стояния уровней годовая амплитуда колебания делится на интервалы, например, по 10, 20, 40 см. Число интервалов n приближенно можно рассчитать по соотношению $n < 5 \lg N$, где N – число дней (или лет) наблюдений.

Далее производится выборка количества дней повторения уровня в каждом интервале за каждый месяц (из таблицы 14) и результат вносится соответственно интервалу и месяцу в таблицу 15. Например, в графу 5 против интервала 554-520 – число 6 и так по каждому интервалу за каждый отдельный месяц года.

Проще выборку числа дней производить за каждый месяц для всех интервалов (а не по отдельным интервалам за год в целом). В графу «Итого» записывают сумму дней по вертикали. Она должна равняться числу дней в месяце.

Таблица 14

Ежедневные уровни воды реки Белая, см, 20...год

Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	116	122	110	124	191	181	224	176	134	132	109	118
2	116	122	112	124	187	174	226	169	130	130	109	130
3	116	124	111	126	190	171	220	167	128	128	110	134
4	116	124	111	132	195	170	220	170	124	126	115	133
5	112	125	110	136	198	182	223	176	123	124	112	130
6	112	126	110	136	194	190	206	179	122	122	112	128
7	110	126	111	137	184	193	206	178	123	120	114	124
8	110	123	111	140	184	181	198	172	124	120	112	122
9	112	118	110	146	180	177	186	168	127	119	111	122
10	112	116	108	148	176	178	176	168	130	120	111	120
11	112	116	110	144	172	192	197	168	126	119	113	119
12	112	114	112	139	180	190	202	170	159	118	112	119
13	114	113	112	182	180	185	196	171	157	117	111	120
14	113	114	113	174	180	186	190	171	153	116	110	117
15	112	114	114	163	201	182	188	170	140	121	110	118
16	112	114	114	154	212	182	184	169	134	120	114	114
17	113	112	114	158	196	184	182	172	131	118	136	114
18	114	111	114	160	181	188	182	174	144	117	126	113
19	112	110	114	155	180	187	181	180	140	116	128	115
20	112	111	116	162	180	190	194	182	136	115	137	108
21	111	111	118	169	179	186	188	167	138	114	134	107
22	115	113	118	177	180	192	184	166	133	114	129	103
23	114	112	120	178	182	190	185	157	128	114	125	102

Продолжение таблицы 14

Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
24	114	112	131	180	180	184	182	158	127	112	122	98
25	115	111	136	172	176	236	184	160	149	112	120	100
26	120	100	126	176	173	234	180	150	146	110	120	102
27	122	106	124	206	176	215	179	146	137	110	120	104
28	118	104	124	210	174	210	177	144	131	110	118	107
29	118	-	122	196	182	208	180	142	131	109	118	110
30	120	-	126	199	184	222	180	140	132	108	117	109
31	122	-	126	-	186	-	178	136	-	108	-	-
H_{cp}	114	115	116	116	184	191	193	165	135	117	118	115
H_{max}	124	128	137	217	222	236	229	192	173	132	139	135
H_{min}	110	101	107	123	171	170	172	135	122	108	109	98
Средний годовой уровень – 144. Высший – 236 (25/VI). Низший – 98 (24/XII).												

Повторяемость уровня за год для каждого интервала рассчитывают сложением числа дней появления уровней и записывают в графу 14 таблицы 15. Например, в интервале 199-160 повторяемость равна 17 дням. Частота уровня (или относительная повторяемость) вычисляются в % по отношению к 365 дням.

Таблица 15

Ведомость повторяемости и продолжительности уровней

Интервалы уровней над нулем графика	Число дней стояния уровней в интервале по месяцам												Повторяе- мость уров- ней за год		Продолжи- тельность уровня за	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дней	%	дней	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
554 - 520				6									6	1,64	6	1,64
519 - 480				4									4	1,1	10	2,74
479 - 440	11			4									15	4,11	25	6,85
439 - 400	4	11	15	6									36	9,86	61	16,67
399 - 360	1	11	9	1									22	6	83	22,67
359 - 320	1	6	7	2									16	4,38	99	27,03
319 - 280	1			7									8	2,19	107	29,22
279 - 240	1				9								10	2,75	117	31,97
239 - 200					11								11	3	128	34,98
199 - 160	1				11	5							17	4,65	145	39,63
159 - 120	11					25	6					3	45	12,15	190	51,68
119 - 80							25	30			10	28	93	25,5	283	76,85
79 - 66								1	30	31	20		82	22,46	365	100
Итого	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	100		

Продолжительность стояния уровня в днях вычисляется путем последовательного суммирования повторяемости в отдельных интервалах начиная с наивысшего (графа 16).

Продолжительность стояния уровня в днях вычисляется как сумма повторяемости. Для интервала 554–520 повторяемость и обеспеченность

равны шести дням, или 1,64%, для интервала 519–480 повторяемость 4 дня, а продолжительность у уровня 79–66 см равна 365 дням, что соответствует обеспеченности 100 %.

2. Построение графика кривых повторяемости и продолжительности стояния уровней

Построение кривой повторяемости в днях производится по данным графы 1 и 14 таблицы 15, а частоты – графы 1 и 15. Для построения кривой продолжительности используем данные граф 1 и 16, обеспеченности – графы 1 и 17. Точки по оси координат откладывают в середине интервала для кривой повторяемости и нижнем конце интервала для кривой продолжительности. Плавно соединяя точки, получают кривые повторяемости и продолжительности (рис. 9).

Частоту и обеспеченность уровней определяют из таблицы 15 (графы 15 и 17) или по рисунку 9, используя кривые повторяемости и продолжительности и ось времени (абсциссу) в процентах от года.

Построенные кривые продолжительности (обеспеченности) и повторяемости (частоты) уровня используются при решении многих практических задач, например при определении продолжительности затопления и для расчета отметок водозабора.

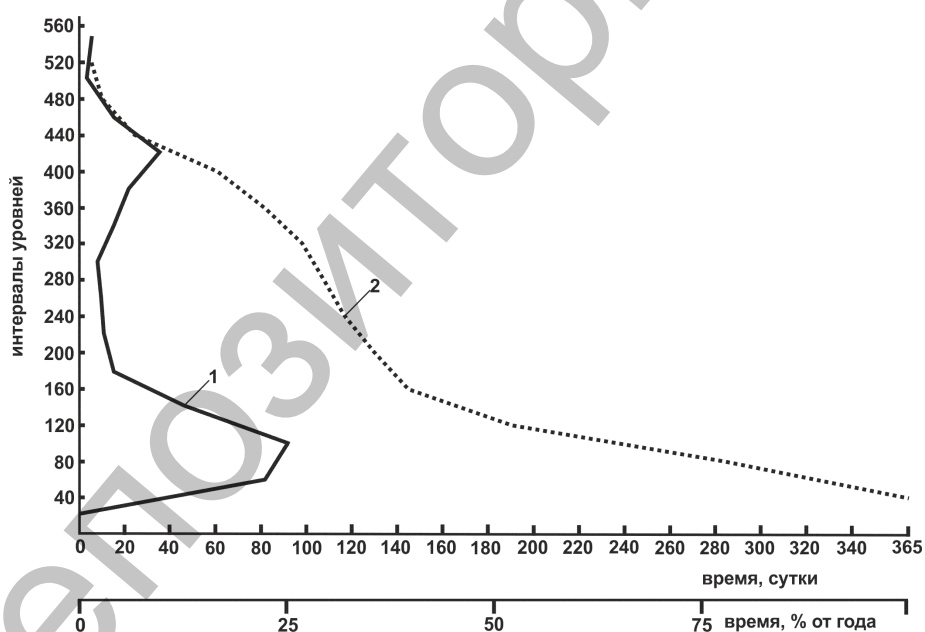


Рис. 9. График повторяемости (1) и продолжительности (2) уровней р. Белая, 20... г.

Рассмотрим практическое значение кривых на двух примерах. Можно определить значение уровня обеспеченностью 50 %, т.е. уровень, ниже которого в течение 183 дней (50 % от 365 дней) вода в реке не опускалась. Значение такого уровня определяются по кривой, как это показано на рис. 1; уровень равен 140 см. Аналогично изложенному можно определить уровни с продолжительностью в днях: 30, 90, 180, 270, 365.

Можно определить, сколько дней в году был обеспечен уровень, равный 250 см. Как показано на рис. 1, уровень воды на реке не опускался ниже 250 см в течение 110 дней в году (или 30 %), т.е. высота уровня, равная 250 см и выше, наблюдалась в 30 % всех случаев. Если нужно определить обеспеченность уровня, 250 и меньше, то $100 - 30 = 70\%$. Рассмотренный пример можно пояснить и следующим образом. Если при обеспеченности 30% значение уровня $H = 250$ см, а в 70% случаях меньше. Следовательно, значение уровня 250 см как бы обеспечено на 30%, отсюда и понятно название кривой обеспеченности.

В задании нужно определить сколько дней в году были обеспечены уровни H_{max} , H_{min} , $H_{ср.год}$, а также судоходные глубины при условии, что последние соответствует уровню $H_{min} + 1$ м. Как видно из таблицы 15, уровень воды в реке Белая в 20.. году не опускался ниже 66 см, т. е. судоходными глубины $H > 0,66 + 1 = 1,66$ м были 145 дней.

Варианты к заданию 7

Таблица 16

Годовые таблицы уровней воды для различных рек (по вариантам):

Вариант 1						р. Кума - с. Владимировка						
Высота нуля графика 47,87 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	427	412	584	605	534	503	610	472	466	460	440	468
2	428	418	587	600	538	495	609	466	466	459	442	450
3	418	453	596	590	536	492	609	466	466	457	442	447
4	415	488	602	586	528	495	617	455	468	454	432	448
5	410	505	604	591	524	503	626	468	468	455	444	448
6	410	502	601	606	520	518	634	428	466	456	454	452
7	415	488	588	612	512	526	640	422	466	448	446	449
8	422	479	582	604	510	531	642	434	463	440	442	447
9	424	485	542	581	514	538	641	444	460	444	446	448
10	420	475	546	568	514	536	640	441	462	452	403	446
11	416	474	538	558	505	534	638	444	463	461	440	446
12	414	472	534	548	502	530	634	457	464	462	444	442
13	410	474	546	539	502	520	635	458	458	458	458	444
14	401	474	539	539	496	510	632	462	460	455	450	438
15	400	474	541	536	492	508	623	468	458	456	444	440
16	399	470	548	531	498	510	603	468	452	451	446	441
17	401	470	548	530	498	513	584	471	457	450	444	440
18	398	470	553	528	498	508	568	472	462	450	445	442
19	400	470	552	526	512	500	556	480	464	450	450	440
20	400	464	548	524	526	508	546	483	467	448	451	440
21	402	480	560	522	544	538	544	476	465	446	446	442
22	406	506	562	524	558	575	536	474	464	446	453	442
23	406	528	550	524	560	592	533	470	460	446	452	442
24	408	554	547	530	549	598	526	468	454	448	449	442
25	407	505	554	529	538	601	522	458	466	414	446	442
26	411	510	538	528	531	602	510	454	466	438	448	442

Продолжение таблицы 16

Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
27	447	541	536	524	527	606	496	454	462	447	450	427
28	446	572	535	524	522	608	499	455	458	447	450	446
29	438	590	533	519	519	610	486	454	458	452	452	446
30	422		561	521	516	610	480	470	460	434	460	446
31	412		591		508		479	468		440		443
Вариант 2						р. Дон - г. Задонск						
Высота нуля графика 98,0 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	120	128	144	319	108	76	56	52	54	72	71	76
2	122	129	146	310	105	75	59	52	52	71	72	78
3	122	129	145	323	100	72	64	54	54	72	72	80
4	122	129	145	294	98	74	64	56	57	73	70	79
5	123	129	146	232	94	78	65	54	57	7	72	80
6	123	129	146	175	92	94	66	53	54	372	70	76
7	123	130	146	172	88	87	66	54	55	72	71	74
8	123	130	146	291	89	78	70	52	56	70	65	74
9	123	130	144	342	87	76	70	52	58	69	74	75
10	124	126	142	314	82	72	68	52	58	68	77	74
11	124	130	144	276	84	71	74	52	57	68	78	74
12	124	134	146	202	84	70	76	52	56	66	80	74
13	124	132	146	170	84	70	73	51	56	66	84	76
14	125	132	144	152	83	68	72	46	58	68	84	74
15	125	134	146	138	82	67	68	46	58	68	86	75
16	125	136	158	130	81	68	66	51	58	70	87	74
17	125	134	180	114	81	70	62	51	58	72	80	74
18	125	136	260	113	78	68	60	50	60	76	77	74
19	126	136	394	107	78	64	60	50	62	77	76	36
20	126	136	479	106	80	62	58	52	62	76	80	68
21	126	136	501	106	78	60	54	54	63	78	80	100
22	126	138	501	106	75	59	58	50	62	78	80	116
23	126	138	500	105	76	60	61	48	62	77	80	114
24	127	140	509	104	75	60	57	54	63	78	80	111
25	127	138	522	102	74	60	56	53	63	82	80	114
26	127	139	507	99	73	61	56	50	63	79	80	114
27	127	143	450	96	74	59	57	52	64	78	78	116
28	127	144	374	99	76	56	56	52	67	76	74	120
29	128	144	314	104	79	60	54	49	68	74	72	127
30	128		311	107	77	58	54	53	72	74	80	132
31	128		311		75		55	58		70		138

Продолжение таблицы 16

Вариант 3							р. Подкумок - ст.ца Лысогорская					
Высота нуля графика 391,82 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	10	18	25	43	62	64	128	34	36	27	21	23
2	10	11	24	53	60	68	154	36	35	22	20	20
3	8	6	12	47	59	62	145	36	34	24	18	20
4	10	6	16	44	58	83	120	36	41	28	22	22
5	13	4	17	46	64	78	124	36	39	37	22	22
6	10	3	20	42	59	76	133	43	36	34	22	22
7	10	11	16	40	56	72	104	38	32	28	18	22
8	10	11	15	40	54	67	95	36	32	28	20	20
9	9	12	113	44	54	58	90	50	30	26	20	20
10	10	9	113	46	52	59	88	42	30	27	20	20
11	3	12	85	46	48	70	82	40	32	29	19	20
12	12	18	29	44	48	58	77	46	34	28	18	20
13	9	17	21	44	52	50	70	61	34	26	18	20
14	12	16	23	44	60	48	64	50	37	26	15	22
15	14	20	20	44	70	60	61	44	38	25	17	22
16	14	24	24	48	85	67	60	40	38	25	14	24
17	12	22	22	48	84	93	62	39	37	25	16	24
18	10	25	22	50	76	71	74	38	34	26	14	24
19	12	25	16	58	68	82	62	36	35	25	20	22
20	16	27	21	62	65	109	61	34	35	20	20	18
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
21	16	42	18	61	62	104	61	34	34	24	16	20
22	10	30	20	62	62	120	58	32	32	26	18	22
23	12	32	19	60	62	119	52	30	32	25	23	19
24	11	31	22	59	58	108	52	43	32	24	24	15
25	15	29	25	60	52	98	50	44	34	25	23	12
26	8	30	27	80	48	111	45	40	32	24	17	16
27	9	30	26	82	46	138	42	42	33	24	18	17
28	8	26	26	74	42	108	42	42	32	24	18	20
29	11	28	26	66	40	96	39	44	30	20	21	18
30	21		30	61	40	98	36	42	28	22	20	21
31	29		34		59		34	38		20		22
Вариант 4							р. Есауловский Аксай - х. Водянский					
Высота нуля графика 36,76 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	224	246	225	284	310	268	274	273	272	278	310	295
2	222	247	224	252	316	270	274	273	272	278	311	294
3	224	249	222	232	312	270	275	272	273	278	311	294
4	226	247	222	226	238	272	275	272	272	279	312	294
5	224	246	228	225	219	274	282	272	272	279	312	294
6	225	247	231	224	218	276	282	272	274	280	312	293
7	227	247	230	224	230	278	284	271	274	280	313	293
8	227	247	234	223	250	278	285	271	274	280	314	293
9	228	246	234	222	262	277	286	271	274	279	315	293

Продолжение таблицы 16

10	228	245	223	222	271	278	286	271	274	279	315	293
11	229	244	222	220	270	278	286	271	274	279	314	292
12	226	242	232	220	224	278	285	271	273	280	313	292
13	228	236	232	219	219	276	284	270	273	281	312	291
14	229	232	224	219	219	275	284	270	273	282	310	291
15	230	230	224	219	220	274	282	270	272	282	310	291
16	231	229	226	219	220	274	282	270	273	282	307	291
17	232	230	228	220	226	274	281	270	274	282	304	290
18	235	230	235	220	238	273	280	272	274	294	302	290
19	236	228	242	219	252	272	278	273	275	304	300	290
20	237	227	234	219	262	272	278	273	276	308	298	290
21	238	226	229	219	268	272	277	272	276	310	296	290
22	238	223	229	219	270	271	277	272	276	311	296	290
23	237	222	226	220	273	272	276	272	276	312	265	290
24	237	220	226	220	274	272	276	272	276	312	265	289
25	239	220	224	226	272	272	276	274	276	309	294	289
26	240	221	224	240	270	272	276	274	277	308	296	289
27	241	221	226	256	270	272	274	276	277	307	296	289
28	242	222	250	274	270	272	274	276	277	306	296	289
29	242	224	270	288	269	272	274	274	278	307	295	289
30	244		276	298	269	273	274	274	278	308	295	289
31	245		299		268		273	272		309		289
Вариант 5							р. Дон - г. Данков					
Высота нуля графика 123,18 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	84	82	83	173	88	81	74	83	65	74	72	73
2	84	79	83	174	86	78	75	86	64	84	76	74
3	85	80	84	179	84	78	77	84	63	82	76	72
4	83	81	84	144	84	109	76	83	64	76	76	74
5	83	83	82	106	83	85	76	72	66	82	76	75
6	83	83	82	98	83	78	76	70	65	78	74	74
7	83	90	83	101	82	78	76	82	66	80	74	74
8	84	86	81	129	80	78	77	80	66	80	76	73
9	74	84	83	176	81	78	74	70	66	76	74	74
10	80	82	82	168	80	78	76	71	64	76	71	74
11	83	80	82	122	79	79	76	64	66	76	72	76
12	86	82	82	107	79	78	73	60	67	78	73	79
13	76	80	83	104	80	80	62	66	68	79	72	80
14	80	80	84	99	80	80	54	71	68	80	72	76
15	78	81	84	98	78	80	54	72	68	80	74	78
16	80	82	101	96	79	80	54	73	70	79	73	76
17	91	82	112	98	78	80	56	69	68	78	76	76
18	88	82	140	100	78	78	56	64	69	76	75	76
19	83	80	138	100	79	78	60	62	72	74	75	75
20	76	80	165	99	78	78	66	62	66	74	76	74
21	82	81	165	95	76	78	70	64	64	76	82	76
22	82	80	193	90	77	76	70	69	66	74	81	76

Продолжение таблицы 16

23	84	81	220	88	78	76	72	68	66	77	76	78
24	83	80	243	89	78	76	74	65	66	76	78	79
25	84	82	225	87	78	76	75	62	69	76	76	80
26	82	82	190	86	78	75	78	70	70	74	76	76
27	80	84	140	86	78	76	78	66	68	74	74	76
28	84	80	117	88	80	78	82	66	78	73	69	76
29	82	82	116	88	82	78	80	64	80	73	72	76
30	80		113	88	82	77	79	64	76	78	72	76
31	82		155		82		80	61		75		79
Вариант 6						р. Чир - ст. Облавская						
Высота нуля графика 39,15 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	195	209	214	228	196	182	184	180	176	183	185	191
2	196	210	214	225	196	182	184	180	176	183	185	190
3	196	210	214	222	196	182	184	181	176	184	185	189
4	196	210	214	220	196	182	183	181	178	184	185	189
5	196	210	214	213	196	182	182	180	178	184	185	189
6	196	210	214	212	194	182	182	180	178	184	185	189
7	198	210	214	210	194	182	181	180	178	184	185	189
8	198	210	214	212	194	182	181	179	177	184	186	189
9	199	210	214	211	192	182	181	178	177	184	188	189
10	201	211	214	209	192	181	182	178	177	184	191	189
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
11	202	211	214	206	191	182	181	178	177	184	191	189
12	202	212	214	204	191	182	180	177	177	184	191	189
13	202	212	214	203	191	184	179	177	178	184	191	189
14	202	212	214	201	190	206	180	177	178	184	191	189
15	204	213	214	201	189	200	180	176	178	185	191	189
16	204	213	214	200	188	190	180	176	179	185	191	189
17	204	213	214	199	188	187	182	176	180	185	192	189
18	204	213	218	199	188	186	180	176	180	185	192	189
19	204	213	220	199	187	185	180	176	180	186	192	189
20	204	213	221	199	187	183	180	176	180	186	192	189
21	204	213	219	199	187	182	180	176	180	186	192	188
22	204	213	216	199	186	182	180	176	180	186	192	188
23	206	214	222	198	185	182	180	176	180	186	192	188
24	206	214	274	196	184	182	180	175	181	186	192	188
25	208	214	298	195	184	182	180	175	181	185	192	188
26	208	214	294	195	184	182	180	175	181	185	192	188
27	208	214	281	195	184	182	180	175	181	185	192	188
28	208	214	266	195	183	182	180	175	181	185	192	188
29	208	214	260	195	183	184	180	175	181	185	192	188
30	208		240	195	183	184	180	176	181	185	191	188
31	209		233		182		180	176		185		188

Продолжение таблицы 16

Вариант 7						р. Дон - пгт Епифань						
Высота нуля графика 150,83 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	116	128	113	150	119	108	106	97	96	111	112	105
2	116	129	112	168	118	108	107	97	96	115	113	102
3	116	128	113	133	116	108	107	96	96	116	110	102
4	121	123	113	128	108	113	107	96	96	114	108	104
5	125	122	112	122	107	111	108	96	96	113	106	103
6	124	122	111	122	109	113	109	96	96	114	106	103
7	118	124	111	123	109	112	109	98	96	123	106	103
8	118	122	113	128	107	112	108	98	99	126	105	103
9	117	122	113	140	108	112	108	98	107	131	106	101
10	116	123	113	140	108	112	108	98	106	116	108	102
11	115	121	112	135	107	100	107	97	106	115	113	102
12	113	119	111	131	107	97	107	96	103	115	112	107
13	114	118	114	121	108	100	106	94	104	116	113	111
14	121	116	112	122	108	102	106	93	106	117	114	112
15	120	116	112	115	108	102	106	94	106	118	113	112
16	119	116	121	114	108	103	105	96	106	118	113	111
17	119	116	132	113	108	104	105	96	106	113	111	110
18	117	116	240	113	106	106	103	95	107	112	112	108
19	118	116	174	113	106	108	100	95	106	114	114	106
20	120	115	158	116	106	108	99	94	105	116	114	106
21	119	114	168	115	105	106	100	93	105	118	113	106
22	121	112	184	113	107	106	101	93	104	116	114	108
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
23	119	111	217	113	106	105	100	92	104	115	115	110
24	118	111	244	112	105	105	100	92	105	116	113	109
25	123	112	204	110	106	105	99	92	106	116	111	109
26	128	112	162	112	107	105	99	95	107	116	110	108
27	129	111	140	119	107	105	99	95	108	113	108	106
28	128	116	143	121	106	105	99	96	109	111	105	106
29	128	116	144	120	106	105	98	97	112	111	104	106
30	126		153		106	105	98	96	110	113	104	109
31	127		145		108		98	95		110		108
Вариант 8						р. Дон - г. Денков						
Высота нуля графика 123,18 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	7	78	77	428	84	76	74	79	80	85	79	90
2	79	80	76	479	84	74	73	78	78	82	80	90
3	78	81	76	491	84	74	75	79	80	82	78	89
4	76	81	76	408	83	74	74	78	78	82	80	88
5	78	80	78	332	84	74	78	79	80	90	80	88
6	82	80	77	269	84	73	76	78	80	90	78	89
7	83	83	78	217	82	74	77	79	80	90	80	86
8	84	82	76	170	86	74	78	80	83	90	82	87
9	80	84	77	158	85	72	76	79	80	86	84	87

Продолжение таблицы 16

10	80	82	76	149	84	72	73	78	80	82	84	88
11	79	78	78	135	83	74	73	80	79	83	81	84
12	78	82	78	134	85	72	74	79	80	84	81	84
13	78	80	76	130	86	73	73	79	81	84	85	82
14	81	82	78	123	84	72	79	80	79	84	84	84
15	80	77	77	112	85	72	78	79	78	83	82	85
16	78	76	78	108	82	72	79	81	78	76	80	87
17	78	78	78	106	82	72	78	78	80	80	82	84
18	80	76	78	100	80	72	77	79	82	79	81	83
19	78	76	78	98	78	72	82	78	78	82	82	83
20	78	77	78	94	74	74	79	80	79	81	82	85
21	78	76	78	95	76	72	79	80	81	78	84	86
22	78	77	78	89	76	72	79	80	80	78	82	86
23	78	78	84о	83	77	72	80	78	78	79	80	84
24	77	78	420	83	78	71	80	79	78	78	82	83
25	100	76	417о	86	79	72	78	80	78	80	86	84
26	152	77	345	80	78	72	79	80	77	80	90	82
27	168	77	318	83	76	72	78	80	76	82	84	84
28	138	78	248	82	74	73	78	80	78	81	88	85
29	83		291	82	72	72	78	82	77	80	87	85
30	79		316	82	74	73	80	80	77	82	90	83
31	78		364		74		79	78		82		85
Вариант 9						р. Буалук - х. Большой Лукьяновский						
Высота нуля графика 66,11 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	151	171	178	219	141	130	130	127	122	125	128	130
2	151	171	177	208	142	130	130	126	122	124	128	130
3	151	171	176	204	142	130	130	126	122	124	129	129
4	148	172	176	204	142	131	130	125	122	124	128	129
5	150	172	176	202	142	132	130	124	123	124	128	129
6	150	172	176	196	140	132	130	123	122	124	128	129
7	150	172	176	191	139	131	130	123	122	124	129	129
8	152	172	175	188	137	131	130	122	122	125	129	129
9	153	172	174	186	134	130	129	122	123	126	128	129
10	153	172	174	182	132	130	128	122	123	126	128	129
11	153	172	175	178	132	132	128	122	123	126	129	129
12	154	172	175	168	132	132	128	122	123	128	129	129
13	153	172	175	162	131	132	128	122	123	128	129	129
14	154	172	176	162	131	132	127	122	124	127	129	129
15	154	172	180	160	131	132	127	122	124	127	129	129
16	155	176	189	159	131	132	127	122	124	128	129	129
17	156	174	189	156	131	131	127	122	124	128	129	129
18	158	175	186	154	131	131	127	122	124	128	129	129
19	158	178	180	150	130	131	127	122	124	128	129	132
20	158	178	178	148	130	132	127	122	124	128	129	135
21	159	177	180	146	130	132	127	122	124	128	129	138
22	161	176	183	146	129	131	128	122	124	128	130	132

Продолжение таблицы 16

23	161	176	186	145	129	130	128	122	124	128	130	132
24	164	176	177	144	130	130	128	122	124	128	129	132
25	168	176	172	143	130	130	127	121	124	128	130	130
26	169	175	171	142	130	129	127	122	125	128	130	130
27	170	177	178	142	130	129	127	122	124	128	130	128
28	170	178	204	142	130	129	127	122	125	128	130	128
29	170	178	228	142	130	129	127	122	126	127	130	134
30	170		234	141	130	130	127	122	125	128	130	144
31	171		229		130		127	122		128		133
Вариант 10						р. Иловля - с. Гвардейское						
Высота нуля график 138,4 м БС												
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	350	345	346	380п	357	344	339	338	335	336	339	345
2	350	345	346	386	356	344	339	338	335	336	339	345
3	350	345	346	382	357	344	340	338	335	336	339	345
4	350	344	346	380	357	343	340	339	335	336	340	345
5	350	344	346	382	356	344	339	340	335	337	339	345
6	350	345	346	370	356	343	339	338	336	338	339	345
7	350	344	346	365	354	343	338	338	336	338	340	345
8	348	344	346	364	352	344	338	338	336	336	340	345
9	348	344	346	366	348	343	338	338	336	336	340	345
10	348	344	346	366	348	343	339	338	336	339	340	345
Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
11	348	344	346	365	348	342	339	338	336	340	340	345
12	348	344	346	366	348	342	338	338	336	338	340	345
13	348	344	346	366	348	342	338	338	336	340	341	345
14	350	344	247	362	348	342	338	338	336	341	341	345
15	349	345	359	361	347	341	338	338	336	341	342	345
16	348	344	369	360	346	340	338	338	336	340	344	345
17	348	344	403	361	346	340	338	337	336	340	344	345
18	348	344	411	360	346	340	338	337	336	339	345	345
19	347	344	427	360	346	340	339	333	336	339	345	345
20	347	344	389	359	346	340	339	335	336	339	344	344
21	346	344	388	359	346	340	338	336	336	340	344	344
22	347	343	406	358	346	340	338	335	336	340	344	343
23	347	343	421	358	346	340	338	336	336	340	344	342
24	346	343	403	357	346	339	338	335	336	339	345	342
25	346	343	390	356	346	339	338	335	336	339	345	343
26	345	344	384	356	346	340	338	335	336	340	348	344
27	345	345	378	357	346	339	338	335	336	339	352	344
28	346	346	370	356	345	339	338	335	336	339	353	343
29	346	346	372	358	345	339	338	335	336	339	348	343
30	346		381	357	344	339	338	335	336	339	346	343
31	345		380		344		338	335		339		343

Лабораторная работа №6

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРА

Теоретический материал

При изучении гидрологического режима озера и выполнении различного рода расчетов его режима необходимо, в первую очередь, определить основные морфометрические характеристики озера: площадь зеркала, длину, ширину, объем воды, глубину.

Морфометрические характеристики определяются по плану озера в изобатах (изолиниях равных глубин), построенному по данным промеров, и относятся к уровню воды, принятому для построения плана (рис. 6).

Площадь водной поверхности (F_0) и **объем озера** (V_0) изменяются в связи с колебаниями уровня воды (глубины – H). Зависимость площадей и объемов озера от его глубины выражается графически в виде батиграфической $F = f(H)$ и объемной $V = f(H)$ кривых. Эти кривые дают возможность определить величину площади зеркала и объема воды озера при любом его наполнении.

Длина озера (L_0 , м или км) – кратчайшее расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга точками береговой линии, изображаемая на плане прямой или ломаной линией (рис. 8.1).

Наибольшая ширина ($B_{\max}$, м или км) – наибольшее расстояние между берегами по перпендикуляру к длине озера (рис. 10).

Средняя ширина (B_{cp}) – частное от деления площади озера на его длину:

$$B_{cp} = \frac{F_0}{L_0}$$

где F_0 – площадь зеркала озера при нулевой изобате, m^2 ;
 L_0 – длина озера, м.

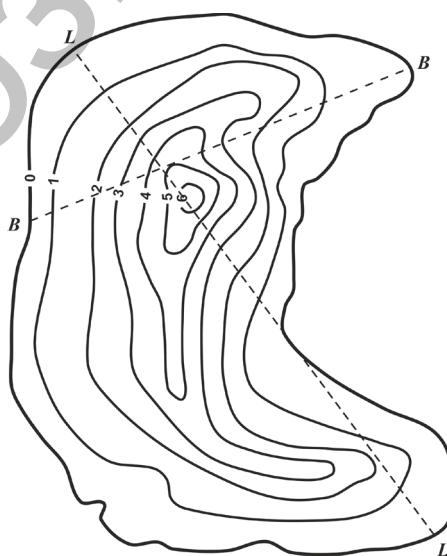


Рис.10. План озера в изобатах:

0-6 – изобаты; L-L – линия длины озера; B-B – максимальная ширина озера.

Наибольшая глубина ($h_{\text{макс}}$) определяется по данным промеров.

Средняя глубина ($h_{\text{ср}}$) – частное от деления объема озера на его площадь:

$$h_{\text{ср}} = \frac{V_0}{F_0}$$

где V_0 – объем озера при нулевой изобате, м^3 ;

F_0 – площадь озера при нулевой изобате, м^2 .

Коэффициент формы (K_ϕ) характеризует форму озерной котловины и определяется по формуле

$$K_\phi = \frac{h_{\text{ср}}}{h_{\text{макс}}}$$

где

$h_{\text{ср}}$ – средняя глубина озера, м ;

$h_{\text{макс}}$ – максимальная глубина озера, м .

Для конусовидной котловины этот коэффициент равен около 0,33, для параболической – около 0,68 и цилиндрической – около 1,0.

Задание 8. Увеличив в 2 раза рисунок плана озера с изобатами (по вариантам):

1. Определить по плану озера основные морфологические характеристики:

а) площадь водной поверхности (F_0 , м^2 или км^2) и площади, ограниченные изобатами (F_1, F_2, F_3 и т.д., м^2 или км^2);

б) длину озера (L_0 , м или км);

в) наибольшую и среднюю ширину ($B_{\text{макс}}, B_{\text{ср}}$, м или км);

г) объем воды всего озера (V_0 , м^3 или км^3) и объемы слоев между плоскостями изобат (V_1, V_2, V_3 и т.д., м^3 или км^3);

д) наибольшую и среднюю глубину ($h_{\text{макс}}, h_{\text{ср}}$, м);

е) коэффициент формы (K_ϕ).

2. Построить батиметрическую и объемную кривые озера.

Методические рекомендации.

Площадь водной поверхности (зеркала) озера (F_0) и площади, ограниченные изобатами определяются с помощью палетки. Результаты измерений заносятся в таблицу 17.

Таблица 17

Измерение площади озера (по палетке).

Изобаты	Количество клеток	Площадь, ограниченная изобатой, м^2 ; км^2

Для **вычисления объема воды в озере** (V_0) необходимо определить площади водной поверхности озера, соответствующие каждой изобате. Измеренные палеткой площади, соответствующие каждой изобате, записываются в графу № 2 таблицы 18.

Объем воды в озере вычисляется аналитическим способом. При этом объемы слоев воды озера, ограниченные плоскостями изобат, принимаются за правильные геометрические тела.

Таблица 18

Вычисление объема воды в озере

Изобаты	Площадь, ограниченная изобатой, м^2 ; км^2	Объем воды между изобатами, м^3 ; км^3	Объем воды под изобатами, м^3 ; км^3

Более точные результаты дает формула усеченного конуса

$$V_l = \frac{h}{3} (F_n + F_{n+1} + \sqrt{F_n F_{n+1}})$$

где V_l – объем слоя воды между нулевой и первой изобатами, *тыс. м³*;

h – сечение изобат, м;

F_n – площадь водной поверхности озера при нулевой изобате, *тыс. м²*;

F_{n+1} – то же при первой изобате.

В таком же порядке вычисляется объем воды между последующими изобатами.

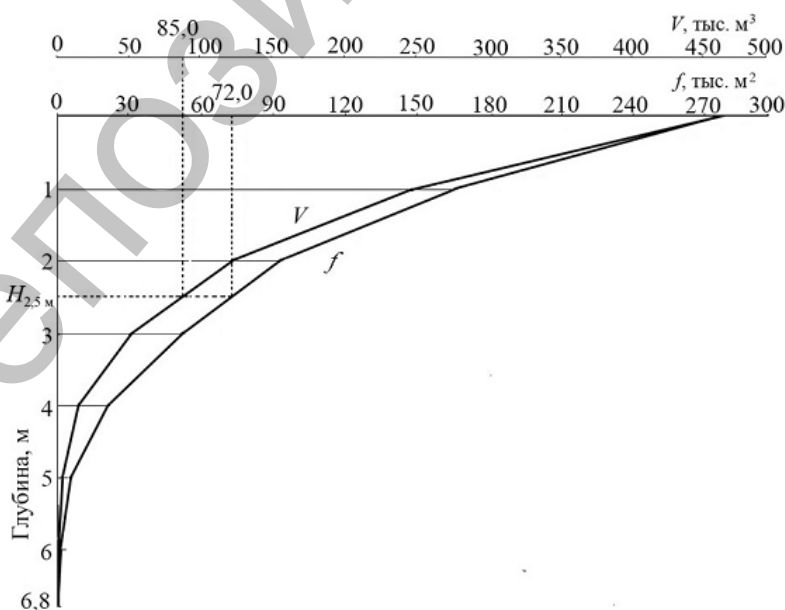


Рис. 11. Батиграфическая (площадная) и объемная кривые озера
 f – кривая площадей; V – кривая объемов

Объем воды ниже последней изобаты вычисляется по формуле конуса

$$V_n = \frac{1}{3} F_n h$$

где

V_n – объем воды ниже последней изобаты, тыс. м³;

F_n – площадь водной поверхности озера при последней изобате, тыс. м²;

h – глубина воды, равная разности между максимальной глубиной озера и отметкой нижней изобаты, м.

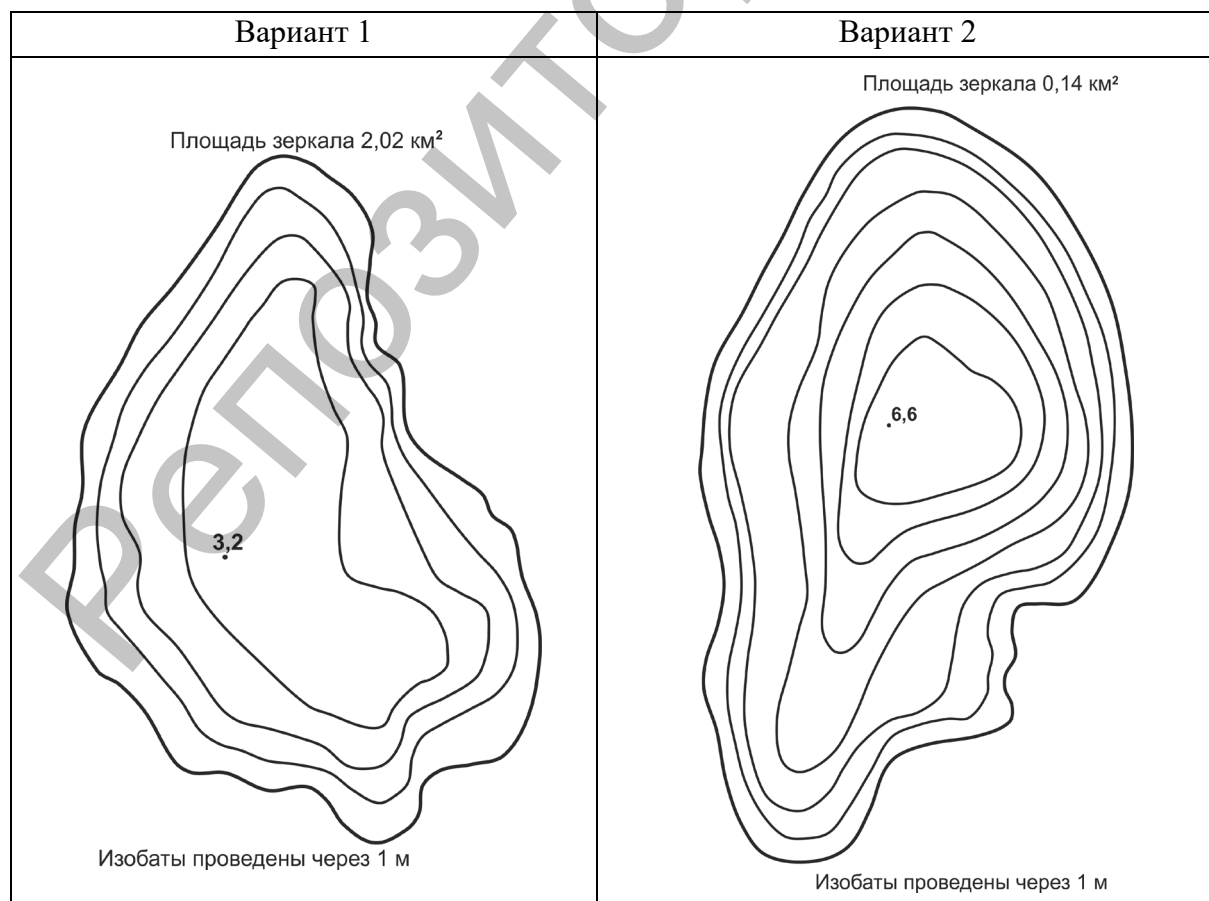
Вычисления начинают снизу, т.е. от наиболее глубокой изобаты. Общий объем озера V_0 определяется суммированием объема слоев.

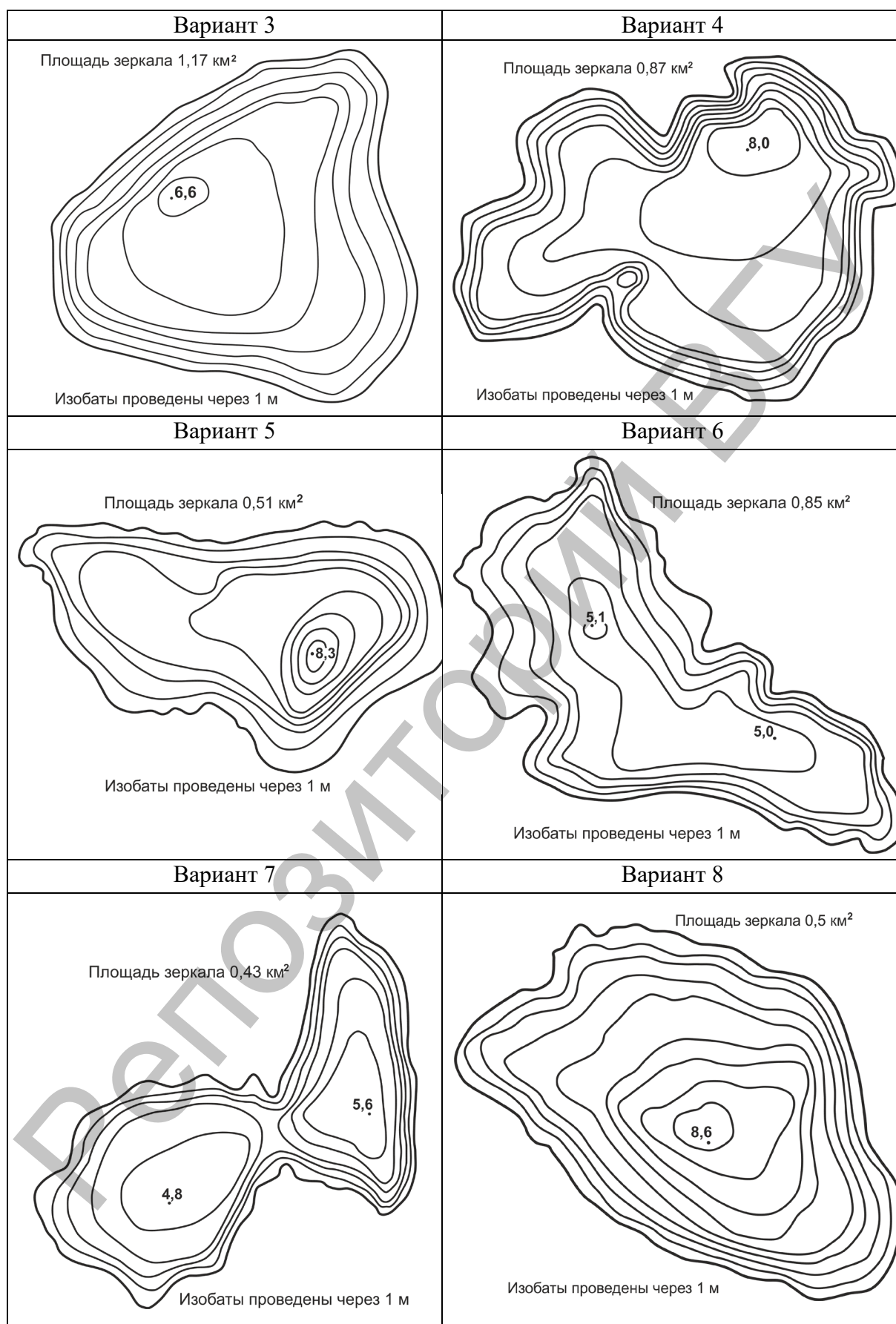
Данные таблицы 18 используются для построения батиграфической и объемной кривых озера.

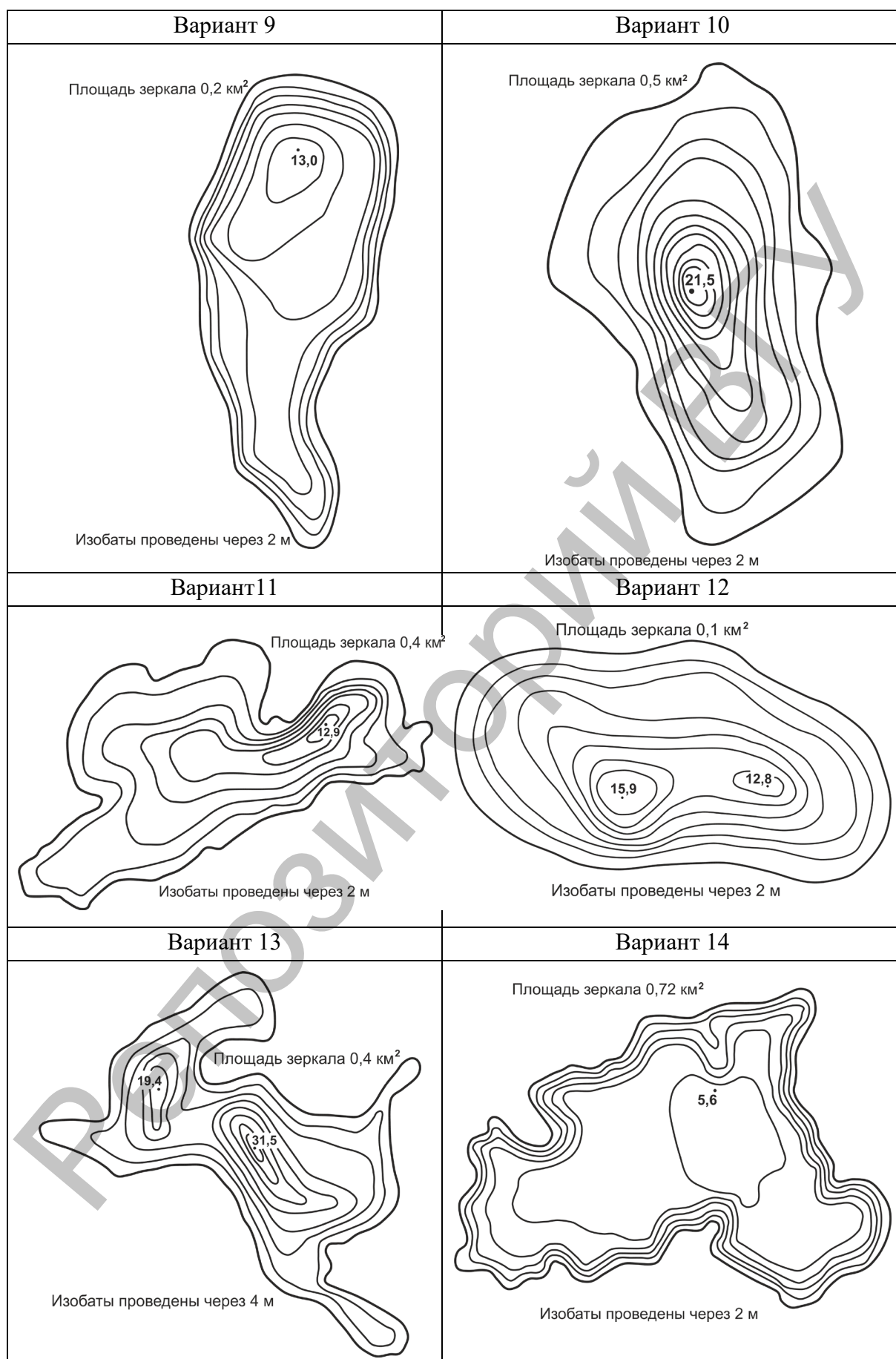
Кривая зависимости площади от глубины – батиграфическая кривая, строится по глубинам и соответствующим им площадям.

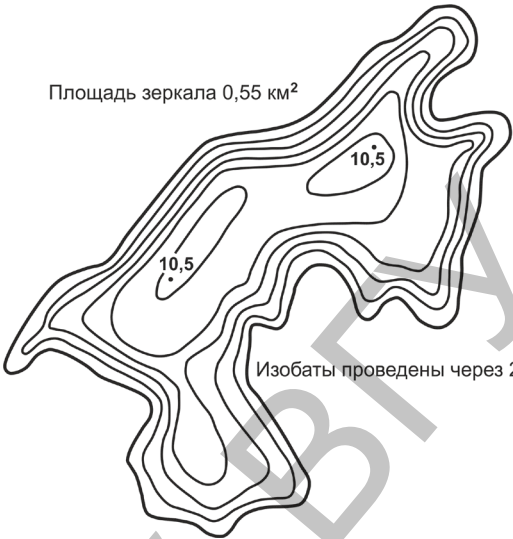
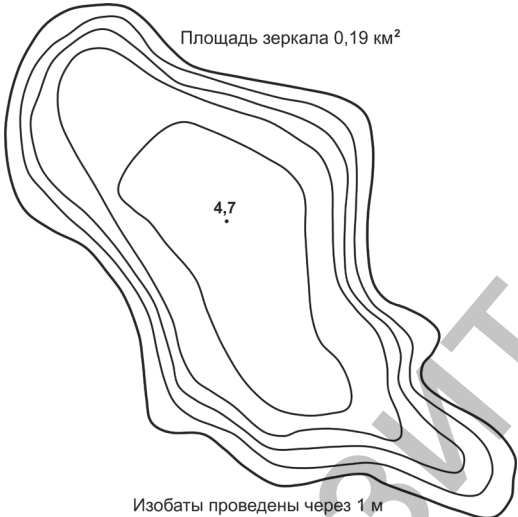
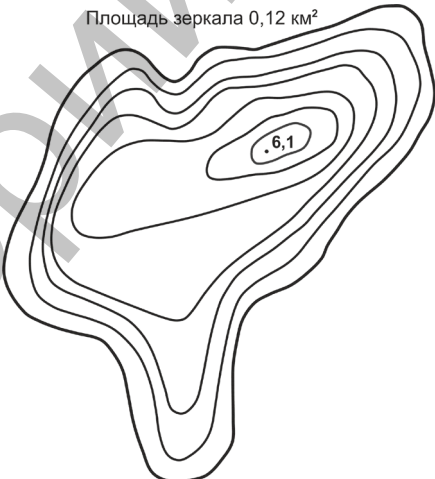
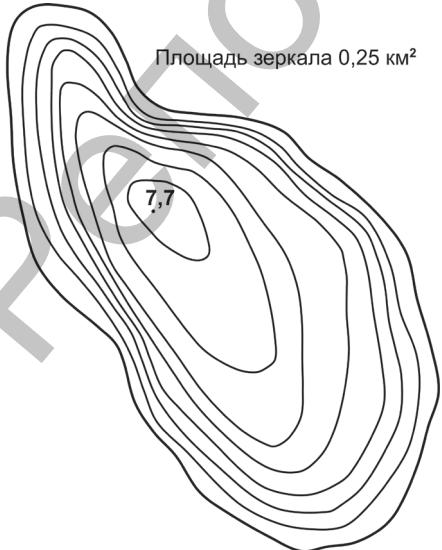
Объемная кривая выражает зависимость объема озера от глубины. Кривые строятся на одной плоскости. По вертикали откладываются значения глубин, по горизонтали – площади и объема (рис. 11).

Варианты к заданию № 8







Вариант 15  Площадь зеркала 0,42 км² 10,2 15,1 Изобаты проведены через 2 м	Вариант 16  Площадь зеркала 0,55 км² 10,5 10,5 Изобаты проведены через 2 м
Вариант 17  Площадь зеркала 0,19 км² 4,7 Изобаты проведены через 1 м	Вариант 18  Площадь зеркала 0,12 км² 6,1 Изобаты проведены через 1 м
Вариант 19  Площадь зеркала 0,25 км² 7,7 Изобаты проведены через 1 м	Вариант 20  Площадь зеркала 1,05 км² 14,5 Изобаты проведены через 2 м

Лабораторная работа №7

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ПО ВЕРТИКАЛИ В ОЗЕРЕ

Теоретический материал

Распределение температуры воды по глубине в пресных замерзающих озерах зоны умеренного климата обусловлено рядом закономерностей термического режима и его характерными особенностями, связанными, в первую очередь, с сезонными колебаниями теплообмена в озере и перемешиванием водной массы.

Нагревание водоема происходит в основном от поступающей на поверхность воды солнечной радиации, в соответствии с годовым ходом которой изменяется и температура водной массы. Наибольшие изменения температуры наблюдаются на поверхности озера, т.е. на границе, где активнее всего совершается теплообмен между водой и воздухом. Тепло проникает в глубину в результате конвекции, т.е. путем вертикального перемещения частиц воды в связи с их различной плотностью, а также в результате динамических явлений (волнения, течений).

Нагревание и охлаждение глубинных слоев воды в озере путем конвекции происходит в пресных водоемах только в том случае, когда температура верхних слоев воды ниже или выше 4°C (температура наибольшей плотности). При нагревании (в пределах от 0° до 4°C) или охлаждении (при температуре выше 4°C) верхних слоев воды увеличивается их плотность, что приводит к погружению слоев на глубину и замещению более легкими (менее плотными) – глубинными слоями воды.

Таким образом, возникающее перемешивание слоев (вертикальная конвективная циркуляция) обуславливается разной плотностью воды на различных глубинах. Конвективное перемешивание прекращается, когда вся вода в озере принимает однородную температуру, равную температуре придонного слоя воды, а для неглубоких озер $t = 4^{\circ}\text{C}$, такое состояние в озере называется гомотермией и характерно для переходных периодов термического режима – весны и осени.

При охлаждении воды до температуры ниже 4°C поверхностные слои ее становятся легче нижележащих более теплых и плотных слоев. Поэтому в зимний период, когда водные массы озер содержат наименьшее количество тепла, температура поверхностного слоя воды близка к нулю $^{\circ}\text{C}$. С глубиной температура увеличивается и у дна в большинстве водоемов находится в пределах $1,5 \sim 4,0^{\circ}\text{C}$, а при прогреве от теплоотдачи дна иногда несколько выше 4°C . Такое возрастание температуры с глубиной называется обратной термической стратификацией.

После наступления весенней гомотермии при дальнейшем накоплении тепла в процессе весеннего и летнего нагревания озера верхние его слои становятся все более теплыми и легкими, а в нижерасположенных слоях вода будет холоднее и плотнее. Такое убывание температуры с глубиной называется прямой термической стратификацией.

В глубоких пресных озерах зоны умеренного климата летом, при прямой термической стратификации, сильно и равномерно нагретый верхний слой воды – эпилимнион – подстиляется более холодным глубинным слоем – гипolimнионом. Между эпилимнионом и гипolimнионом располагается слой температурного скачка – металимнион, в котором температура резко понижается с глубиной. Слой температурного скачка является как бы заградительным слоем, выше которого происходит перемешивание водных масс, а ниже наблюдается более устойчивое состояние температуры воды, медленно изменяющейся с глубиной. В связи с этим в эпилимнионе создаются наиболее благоприятные условия жизни (обилие света, тепла, преобладание окислительных процессов), способствующие интенсивному развитию планктона. В металимнионе при резком падении температуры меняется газовый режим; нередко здесь отмечается массовая гибель микроорганизмов. В слое гипolimниона при отсутствии освещения погибают живые растительные организмы, уменьшается, нередко до нуля, содержание кислорода, иногда образуется губительный для всего живого – сероводород.

Положение слоя температурного скачка в озере и вертикальный градиент температуры в нем зависят от глубины ветрового перемешивания и температуры вод эпилимниона и гипolimниона.

Задание 9.

1. По данным наблюдений за температурой воды в озере построить график распределения температуры воды по вертикали для периодов прямой и обратной термической стратификации и гомотермии.

2. Выделить горизонтальными линиями на графике распределение температуры с глубиной при прямой термической стратификации - вертикальные температурные зоны: эпилимнион, металимнион и гипolimнион. Определить вертикальный градиент температуры (Θ) в слое температурного скачка (металимниона) и его наибольшее значение.

3. Вычислить среднюю температуру (t_{cp}) воды по вертикали для периода прямой термической стратификации, используя график (эпюру) распределения температуры воды по глубине.

Методические указания.

1. График распределения температуры по глубине строится на миллиметровой бумаге по данным измерения температуры по вертикали в озере (Таблица 19).

Таблица 19

Распределение температуры воды на глубине в озере Черном.

Дата	h, м	Пов.	2,0	5,0	8,0	10,0	14,0	20,0	24,0	26,0	29,0
01.03...	t°C	0,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,7	3,0	3,1	3,8
25.11...	t°C	4,8	4,8	-	4,8	4,8	4,8	4,8	-	4,8	4,9
29.06...	t°C	23,1	22,6	19,4	11,3	8,2	6,2	5,9	5,9	5,6	5,2

По оси ординат откладываются глубины в метрах, по оси абсцисс – температура воды в °C. На график наносятся точки, соответствующие температуре воды на разных горизонтах измерения.

Полученные точки соединяют плавной линией, которая характеризует распределение температуры воды от поверхности до дна озера. Для глубин рекомендуется масштабы – в 1 см 0,5; 1 или 2 м, для температуры – в 1 см 0,5; 1 или 2 °C.

2. На графике прямой термической стратификации определяем участок резкого перепада температуры воды с глубиной (металимнион) и через начальную и конечные точки, параллельно оси абсцисс, проводим горизонтальные линии, выделяя слои эпилимниона (выше металимниона), металимниона и гиполимниона (ниже металимниона) (рис. 2).

Вертикальный температурный градиент вычисляется как отношение разности температур в слое металимниона на толщ этого слоя.

$$\Theta = \frac{(t_2 - t_1)}{(h_2 - h_1)}$$

Для определения наибольшего градиента температуры выбираем отрезок кривой в слое металимниона с наибольшим перепадом температуры в метровом слое, это будет самый пологий участок кривой.

3. Фигура, ограниченная на графике координатными осями кривой распределения температуры воды в озере по глубине и линией дна называется эпюрой.

Средняя температура воды по вертикали (t_{cp}) может быть вычислена также с помощью эпюры. Для этого достаточно определить площадь эпюры ($S_{эн}$, м°C) и разделить на глубину вертикали (h , м)

$$t_{cp} = \frac{S_{эн}}{h}$$

На рис. 11 (кривая III) слой температурного скачка расположен между глубинами 3 и 12 м, выше и ниже его – слои с относительно однородной, мало изменяющейся по глубине, температурой воды. Изменение температуры в слое металимниона составляет 16,4 °C (от 22,6 до 6,2 °C) на 9 м глубины (12 м – 3 м), а вертикальный градиент – $\Theta = 1,8$ °C на 1 м (16,4:9). Для определения наибольшего градиента температуры выбираем отрезок кривой в слое скачка с наибольшим перепадом температуры. В нашем примере $\Theta_{наиб} = 4$ °C на 1 м в слое 5-6 м.

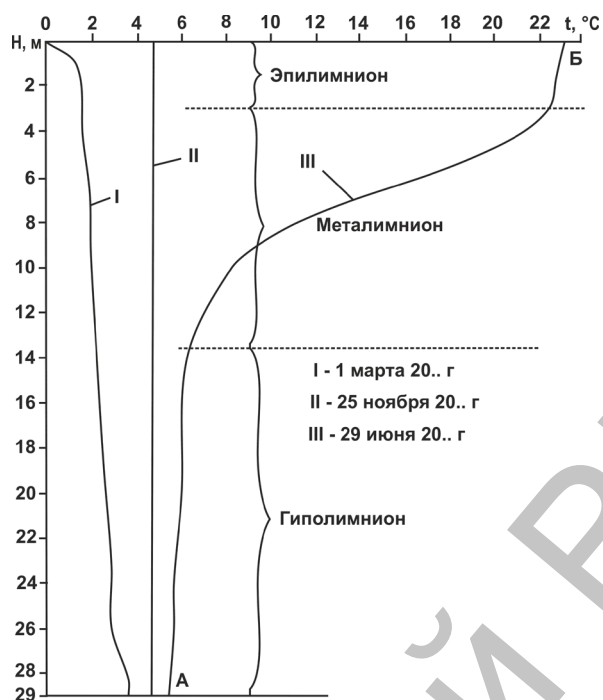


Рис.11. Распределение температуры воды в озере Черном с глубиной.
I – обратная термическая стратификация; II – гомотермия; III – прямая термическая стратификация.

Варианты к заданию 9

оз. Никулинское

Вариант 1

Дата	H, м	Пов.	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0
02.08...	t°C	16,6	16,2	16,0	12,2	8,6	7,5	7,1	6,4	5,1
30.02...	t°C	0,6	1,0	1,6	2,4	2,6	2,8	3,0	3,5	3,8
11.05...	t°C	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,6

оз. Свентес

Вариант 2

Дата	H, м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
20.08...	t°C	22,5	21,5	19,7	14,2	9,4	7,7	6,8	5,5	5,0	4,8
21.03...	t°C	0,3	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	3,0	3,6
30.11...	t°C	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3

оз. Разна

Вариант 3

Дата	H, м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
03.08...	t°C	22,6	22,0	21,2	18,3	12,6	9,4	6,7	5,6	5,1	4,5
24.12...	t°C	0,4	0,8	1,0	1,4	1,8	2,3	2,8	3,2	3,6	3,8
20.04...	t°C	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0

оз. Платялай

Вариант 4

Дата	H, м	Пов.	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	43,0
20.07...	t°C	19,2	18,1	11,5	10,6	9,2	7,4	7,0	6,1	5,0	4,5
10.01...	t°C	0,5	1,3	1,7	2,0	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5	2,8
28.04...	t°C	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	-	4,4	-	4,4

оз. Щучье

Вариант 5

Дата	Н,м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
30.07...	t°C	22,4	22,0	20,8	19,4	14,1	9,8	7,5	6,5	5,3	5,0
20.12...	t°C	0,3	0,4	0,7	0,9	1,1	1,4	2,0	2,6	3,0	3,5
20.10...	t°C	4,2	4,2	-	4,2	-	4,3	-	4,3	-	4,3

оз. Шугоозеро

Вариант 6

Дата	Н,м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	14,0	18,0	22,0	24,0
30.07...	t°C	20,2	19,8	19,0	18,5	10,6	9,0	7,9	7,5	7,0	6,8
04.01...	t°C	0,5	0,8	1,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,8	3,5	3,8
30.10...	t°C	6,5	6,5	-	6,5	-	6,6	-	6,6	-	6,6

оз. Свидьяра

Вариант 7

Дата	Н,м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	18,0	22,0
03.07...	t°C	20,0	19,8	19,3	18,8	12,0	11,0	7,6	7,2	7,0
27.02...	t°C	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	1,2	1,6	1,8	2,3
28.10...	t°C	4,6	4,6	-	4,6	-	4,7	-	4,7	4,8

оз. Теплое

Вариант 8

Дата	Н,м	Пов.	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0
02.08...	t°C	19,8	19,8	19,6	19,4	16,2	9,2	8,0	7,0	6,8	6,4
05.02...	t°C	0,5	0,9	1,2	1,4	1,8	2,6	2,8	3,3	3,8	4,2
10.04...	t°C	5,7	5,7	5,7	-	5,7	-	5,6	-	5,6	5,6

оз. Куйто

Вариант 9

Дата	Н,м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	14,0	16,0	18,0	20,0
30.06...	t°C	22,0	21,5	19,8	12,4	8,5	7,0	6,0	5,5	5,5	5,1
19.03...	t°C	0,4	0,8	1,2	2,0	2,4	2,4	3,0	-	3,4	3,6
3.09...	t°C	9,6	9,6	-	9,7	-	9,7	-	9,7	-	9,7

оз. Мядель

Вариант 10

Дата	Н,м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	14,0	18,0	22,0	23,0
10.07...	t°C	21,3	21,0	20,6	20,2	19,5	12,0	9,6	7,8	6,0	5,8
03.02...	t°C	0,6	1,0	1,2	-	1,6	1,8	2,4	3,4	-	3,8
22.11...	t°C	4,8	4,8	-	5,0	-	5,0	-	5,0	-	5,0

оз. Рудаково

Вариант 11

Дата	Н,м	Пов.	2,0	5,0	7,0	10,0	13,0	16,0	20,0	25,0	28,0
29.07...	t°C	21,8	21,2	20,8	15,1	11,2	10,5	9,0	7,3	6,3	6,0
26.01...	t°C	0,4	1,0	1,3	-	1,8	-	2,0	2,8	-	3,6
03.05...	t°C	7,4	7,3	7,3	-	7,2	-	-	7,1	-	7,1

оз. Пялоозеро

Вариант 12

Дата	Н,м	Пов.	5,0	7,0	15,0	20,0	25,0	30,0	40,0	50,0	60,0
25.07...	t°C	22,2	20,3	14,5	8,2	7,5	7,2	7,0	6,0	4,5	4,5
30.01...	t°C	0,4	1,0	2,0	-	2,4	-	3,0	3,3	3,5	3,8
30.05...	t°C	4,3	4,3	4,3	-	4,3	-	4,2	-	4,2	4,2

оз. Нарочь
Вариант 13

Дата	Н,м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	20,0	23,0
20.07...	t°C	19,5	19,6	18,9	18,6	17,5	9,0	7,3	7,0	5,8	5,5
11.01...	t°C	0,2	0,8	1,0	-	1,1	1,2	-	1,8	2,1	2,4
02.11...	t°C	5,5	5,5	-	5,5	-	5,5	-	5,5	-	5,5

оз. Таурагнас
Вариант 14

Дата	Н,м	Пов.	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	40,0	50,0	58,0
20.07...	t°C	21,2	19,5	15,5	8,1	7,2	7,0	6,4	5,5	5,0	4,7
10.01...	t°C	0,5	1,5	1,7	-	2,4	-	2,9	-	3,2	3,4
20.04...	t°C	4,5	-	4,5	-	4,3	-	4,3	-	4,3	4,3

оз. Сартай
Вариант 15

Дата	Н,м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	20,0
20.07...	t°C	21,2	19,8	19,3	18,8	17,4	8,5	6,3	5,5	4,7	4,1
10.03...	t°C	0,3	0,8	-	1,2	-	1,4	-	2,0	-	2,5
20.10...	t°C	7,4	7,4	-	7,5	-	7,5	-	7,6	-	7,7

оз. Дуся
Вариант 16

Дата	Н,м	Пов.	2,5	5,0	7,5	10,0	15,0	17,5	23,0	27,0	31,0
20.07...	t°C	19,5	19,2	18,8	17,5	10,3	8,7	7,5	6,4	5,0	4,8
10.02...	t°C	0,3	0,6	0,9	-	1,2	1,5	-	2,3	-	3,5
30.04...	t°C	4,8	4,8	4,7	-	4,7	4,6	-	4,6	-	4,6

оз. Усма
Вариант 17

Дата	Н,м	Пов.	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	15,0
30.07...	t°C	21,5	20,7	20,0	19,5	19,0	15,6	10,5	8,3	7,6	6,5
20.03...	t°C	0,7	1,2	1,5	2,0	-	2,3	2,7	3,0	-	3,2
10.11...	t°C	7,4	7,4	7,4	-	7,5	-	7,6	7,6	-	7,6

оз. Сенно
Вариант 18

Дата	Н,м	Пов.	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0	29,0
20.07...	t°C	23,3	22,5	20,2	15,8	9,4	7,1	6,8	6,0	5,2	4,9
30.01...	t°C	0,5	1,0	1,2	-	1,4	-	1,8	2,4	3,1	3,5
24.11...	t°C	5,3	5,3	5,3	-	5,4	-	5,4	5,5	-	5,5

оз. Стучка
Вариант 19

Дата	Н,м	Пов.	2,0	5,0	8,0	10,0	12,0	15,0	20,0	25,0	28,0
20.07...	t°C	22,8	21,6	21,0	19,4	13,1	11,4	8,0	7,2	5,4	5,0
15.02...	t°C	0,4	0,9	1,2	-	2,0	-	2,8	3,2	-	3,8
10.10...	t°C	9,8	9,8	9,8	-	9,8	-	9,9	10,0	-	10,0

оз. Медвежье
Вариант 20

Дата	Н,м	Пов.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	13,0	17,0
11.07...	t°C	22,0	21,7	20,5	19,3	18,8	12,1	8,5	6,6	6,0	5,3
30.01...	t°C	0,5	0,8	1,0	1,1	-	1,8	-	2,8	3,3	3,6
21.04...	t°C	4,6	4,6	4,6	4,5	-	4,5	-	4,5	-	4,5

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В.Н. Гидрология : учеб. для студ. высш. учеб. заведений, обучающихся по географическим спец. / В.Н. Михайлов. – Москва : Высшая школа, 2008. – 463 с.
2. Токарчук О.В. Гидрология : курс лекций для студентов геогр. фак. спец. 1-31 02 01-02 География / О.В. Токарчук. – УО «Брестский гос. ун-т имени А.С. Пушкина». – Брест : БрГУ имени А. С. Пушкина, 2013. – 239 с.
3. Самохин А.А. Практикум по гидрологии: учеб. пособие / А.А. Самохин, Н.Н. Соловьева, А.М. Догановский. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 296 с.
4. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.
5. 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.
6. Чеботарев, А.И. Общая гидрология. Воды суши / А.И. Чеботарев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. – 544 с.
7. Логинова Е.В., Лопух П.С. Методические разработки и варианты заданий к контрольной работе по курсу «Гидрология» для студентов заочного факультета / Е.В. Логинова, П.С. Лопух. – Минск: БГУ, 2011. – 47 с.
8. Карандашева Т.К. Гидрология: методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. Т.К. Карандашева. – Вологда; ВоГУ, 2015. – 24 с.
9. Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А. Гидрология суши. Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению 05.03.05 Прикладная гидрометеорология / М.Ю. Червяков, Я.А. Нейштадт. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2018. – 80 с.

Учебное издание

ГИДРОЛОГИЯ

Реки и озера

Методические рекомендации
к выполнению лабораторных работ

Составитель

КУРДИН Сергей Иванович

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Е.В. Крайло

Подписано в печать 10.09.2019. Формат 60х84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 3,46. Уч.-изд. л. 2,13. Тираж 50 экз. Заказ 95.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014 г.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.