

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра общего землеведения и гидрометеорологии**

---

**Е. В. Логинова**  
**П. С. Лопух**

Методические разработки и варианты  
заданий к контрольной работе по курсу  
«Гидрология» для студентов заочного  
факультета

---

**МИНСК**  
**2011**

УДК 556  
ББК 26.22  
Х20

Рекомендовано Ученым советом  
географического факультета  
6 февраля 2011 г., протокол № 6

Рецензент  
Кандидат биологических наук,  
доцент *А.И. Зарубов*

**Логинова, Е. В.**

Методические разработки и варианты заданий к контрольной работе по курсу гидрологии для студентов заочного факультета / Е. В. Логинова, П. С. Лопух – Минск : БГУ, 2011. – 47 с.

Методические разработки составлены в соответствии с программой курса “Гидрология”.

Предназначены для студентов географического факультета заочной формы обучения. Методические рекомендации могут использоваться при прохождении производственной практики, написании курсовых и дипломных работ.

УДК 556  
ББК 26.22

© БГУ, 2011

Учебно-методическое пособие

**Логинова Елена Владимировна**  
**Лопух Петр Степанович**

**Методические разработки и варианты заданий к контрольной работе по курсу «Гидрология»**

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Е.В. Логинова*

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60×84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 2,91. Уч.-изд. л. 1,67. Тираж 50 экз. Зак. \_\_\_\_\_

Белорусский государственный университет.  
ЛИ № 02330/0056804 от 02.03.2004.  
220030, Минск, проспект Независимости, 4.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика  
на копировально-множительной технике  
химического факультета  
Белорусского государственного университета.  
220030, Минск, ул. Ленинградская, 14.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Задание 1. Гидрографические характеристики реки и ее бассейна...	4
Задание 2. Характеристики среднего годового стока воды рек.....	9
Задание 3. Морфометрические характеристики озера.....	14
Задание 4. Распределение температуры воды по вертикали в озере	19
Литература.....	25
Приложение 1. Варианты задания 1 – 2.....	26
Приложение 2. Варианты задания 3.....	28
Приложение 3. Варианты задания 4.....	41

## Предисловие

Учебное пособие «Методические разработки и варианты заданий к контрольной работе по курсу «Гидрология» составлено в соответствии с программой курса и является методическим руководством для студентов при выполнении контрольной работы.

Контрольная работа включает четыре задания:

Задание 1. Гидрографические характеристики реки и ее бассейна

Задание 2. Характеристики среднего годового стока воды рек

Задание 3. Морфометрические характеристики озера

Задание 4. Распределение температуры воды по вертикали в озере. В пособии приведены образцы содержания и выполнения каждого задания на примере конкретных водных объектов; кратко излагаются простейшие методы обработки и расчета гидрологических наблюдений и исследований, указаны задачи отдельных видов работ и их практическое значение, ознакомившись с которыми, каждый студент должен выполнить все четыре задания по одному из вариантов, указанному преподавателем (см. приложение 3). Исходными данными для выполнения 1 и 2 задания является название реки (см. приложение 1), для 3 - план озера (приложение 2: все планы озер масштаба 1:10000), для 4 - таблица температуры воды (приложение 3).

Контрольная работа выполняется в ученической тетради по образцам заданий; иллюстрации (на кальке или миллиметровке) вычерчиваются тушью и клеиваются в конце каждого выполненного задания.

Пособие «Методические разработки и варианты заданий к контрольной работе по курсу «Гидрология» должно быть возвращено на кафедру вместе с выполненной контрольной работой в установленный срок; без этого контрольная работа не будет рассматриваться. В случае неправильного выполнения работы, она возвращается студенту с замечаниями преподавателя для исправления.

## ЗАДАНИЕ 1. ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ И ЕЕ БАССЕЙНА

Изучение рек начинается с выявления основных характеристик их бассейнов (водосборов), т.е. территорий, с которых происходит сток в данные речные системы (в главную реку с ее притоками). Гидрографические характеристики реки и ее бассейна играют важную роль в гидрологических расчетах, особенно в тех случаях, когда расчеты выполняются при недостаточном количестве материалов наблюдений или при их полном отсутствии.

К основным гидрографическим характеристикам относятся морфометрические показатели, характеризующие величину и форму бассейна и гидросети: площадь, длина, ширина, асимметричность и конфигурация, длина реки, ее извилистость, уклон, густота речной сети, а также лесистость, озерность и заболоченность бассейна.

Для определения этих характеристик используются картографические материалы, при этом чем крупнее масштабы карт, тем точнее будут полученные данные.

### Содержание:

Определить по карте (выкопировке из Карты рек Беларуси) масштаба 1:500000 гидрографические характеристики бассейна реки

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.

### Выполнение:

Для выполнения задания необходимо снять на кальку с физической карты (из физико-географической карты Беларуси масштаба 1:500000, Национального атласа Республики Беларусь или электронной карты Беларуси масштаба 1:200000) по возможности крупного масштаба речную сеть (главную реку и притоки первого и второго порядка) и ее бассейн, ограниченный водораздельной линией.

оз.Лесное

Вариант 22

Дата	Н, м	пов.	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	13,0	17,0	21,0	25,0
1.08.75	°C	21,6	21,0	19,2	15,5	11,4	7,8	6,8	6,3	5,9	5,5
10.03.75	°C	0,3	0,7	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	-	2,5	3,0
21.10.75	°C	6,3	6,3	6,4	-	6,4	-	6,5	-	6,5	6,5

оз.Лебедь

Вариант 23

Дата	Н, м	пов.	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	17,0
20.07.76	°C	23,5	23,2	21,6	16,9	12,3	8,1	7,5	7,2	6,4	6,2
05.02.76	°C	0,4	0,9	1,2	1,5	1,8	2,0	2,3	-	2,9	3,1
18.10.76	°C	5,0	5,0	5,0	-	5,1	-	5,2	-	5,2	5,2

оз.Белое

Вариант 24

Дата	Н, м	пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
21.07.75	°C	21,0	20,4	20,0	18,5	15,1	12,0	9,4	8,6	7,4	7,0
11.01.76	°C	0,3	0,8	1,2	1,5	1,8	2,1	2,2	-	2,3	2,5
30.10.76	°C	6,1	6,1	-	6,1	-	6,2	-	6,3	-	6,3

оз.Мозырь

Вариант 25

Дата	Н, м	пов.	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	13,0	15,0
10.07.76	°C	20,8	20,4	19,5	18,7	17,2	11,5	9,4	7,0	6,4	6,2
18.02.76	°C	0,5	0,8	1,1	-	1,3	1,5	2,0	2,4	-	2,8
12.11.75	°C	4,3	4,3	4,3	-	4,4	-	4,4	4,5	-	4,5

оз.Дикое

Вариант 26

Дата	Н, м	пов.	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	19,0
01.08.74	°C	19,7	19,5	19,1	18,0	15,3	12,5	8,3	7,2	6,5	5,8
10.03.75	°C	0,3	0,6	0,9	1,3	-	1,8	2,4	-	3,0	3,3
20.10.74	°C	5,1	5,1	5,1	-	5,2	-	5,2	-	5,3	5,3

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
20.07.75	°C	23,3	22,5	20,2	15,8	9,4	7,1	6,8	6,0	5,2	4,9
30.01.74	°C	0,5	1,0	1,2	-	1,4	-	1,8	2,4	3,1	3,5
24.11.74	°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
20.07.76	°C	22,8	21,6	21,0	19,4	13,1	11,4	8,0	7,2	5,4	5,0
15.02.75	°C	0,4	0,9	1,2	-	2,0	-	2,8	3,2	-	3,8
10.10.75	°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
11.07.75	°C	22,0	21,7	20,5	19,3	18,8	12,1	8,5	6,6	6,0	5,3
30.01.76	°C:	0,5	0,8	1,0	1,1	-	1,8	-	2,8	3,3	3,6
21.04.75	°C	4,6	4,6	4,6	4,5	-	4,5	-	4,5	-	4,5

оз.Отолово

Вариант 21

Дата	Н, м	пов.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	12,0	16,0
10.07.75	°C	21,7	21,5	20,8	20,1	19,0	18,3	12,2	9,9	8,5	6,1
11.03.75	°C	0,4	0,7	1,5	-	1,8	1,9	-	2,5	3,0	3,4
11.11.75	°C	3,0	3,0	-	3,0	-	3,1	-	3,2	3,2	3,2

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.

I. 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.

2. Площадь бассейна F является его основной характеристикой, так как процессы стока зависят, в первую очередь, от площади бассейна. Величина площади бассейна в км вычисляется при помощи планиметра (или палетки). Все вычисления заносятся в ведомость (табл. 1). Измерение площади бассейна необходимо провести отдельно для правого (P<sub>п</sub>) и левого (P<sub>л</sub>) берега главной реки, так как эти данные необходимы при вычислении коэффициента асимметрии. Затем в бассейне измеряют площади лесов, озер, болот для определения соответствующих показателей.

Таблица 1

Ведомость измерения площади бассейна реки \_\_\_\_\_  
карта масштаба \_\_\_\_\_

Наименование площади	Площадь в делениях планиметра			Площадь $F = R(n_2 - n_1)$ в км <sup>2</sup>
	отсчеты	Разность	Средняя разность $n_2 - n_1$	

Планиметр № \_\_\_\_\_

Цена деления планиметра (k) \_\_\_\_\_ км<sup>2</sup>/ед.

Площадь бассейна реки(F) \_\_\_\_\_ км<sup>2</sup> (F<sub>л</sub> = \_\_\_\_ км<sup>2</sup>, F<sub>п</sub> = \_\_\_\_ км<sup>2</sup>)

Площадь лесов(f<sub>л</sub>) \_\_\_\_\_ км<sup>2</sup>

Площадь озер (f<sub>о</sub>) \_\_\_\_\_ км<sup>2</sup>

Площадь болот (f<sub>б</sub>) \_\_\_\_\_ км<sup>2</sup>

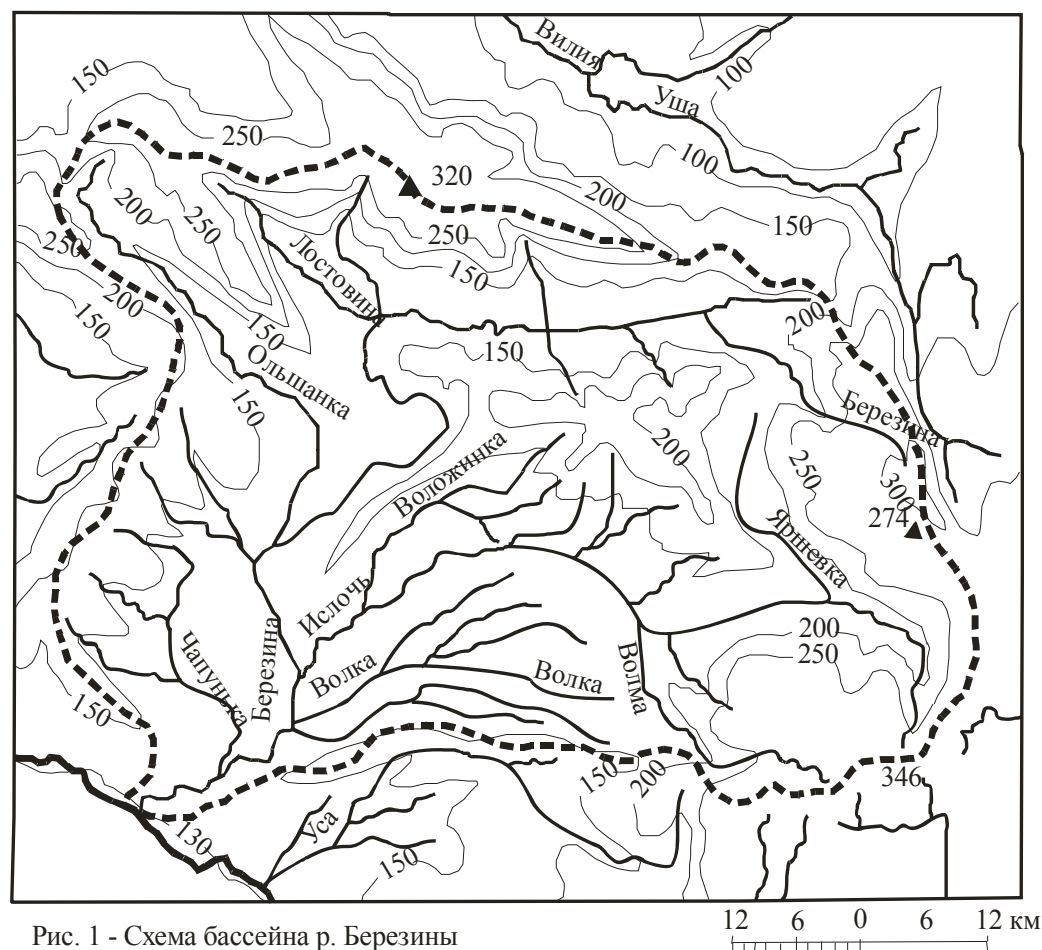


Рис. 1 - Схема бассейна р. Березины

3) Длина бассейна ( $L_b$ , км) при правильной его форме определяется расстоянием по прямой от устья (замыкающего створа) реки к ее истоку до наиболее удаленной точки водораздельной линии (рис. 2, а). При изогнутых формах бассейна его длину измеряют циркулем по медиане (рис. 2, б). В данном случае пользуются прозрачной палеткой с рядом концентрических окружностей и отверстием в центре для наколки. Для определения средних по ширине бассейна точек накладывают палетки так, чтобы какая-либо окружность касалась двух противоположных сторон бассейна, накалывают ряд точек, затем по ним проводят медианную линию.

б/ Средняя ширина бассейна  $V_{cp}$  в км вычисляется по формуле  $V_{cp} = \frac{F}{L_b}$ , где  $F$  - площадь бассейна в  $км^2$ ,  $L_b$  - длина бассейна в км.

Наибольшая ширина бассейна  $V$  определяется длиной наибольшего перпендикуляра к линии длины бассейна.

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
20.07.75	°C	19,5	19,6	18,9	18,6	17,5	9,0	7,3	7,0	5,8	5,5
11.01.75	°C	0,2	0,8	1,0	-	1,1	1,2	-	1,8	2,1	2,4
02.11.75	°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
20.07.76	°C	21,2	19,5	15,5	8,1	7,2	7,0	6,4	5,5	5,0	4,7
10.01.76	°C	0,5	1,5	1,7	-	2,4	-	2,9	-	3,2	3,4
20.04.76	°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
20.07.75	°C	21,2	19,8	19,3	18,8	17,4	8,5	6,3	5,5	4,7	4,1
10.03.75	°C	0,3	0,8	-	1,2	-	1,4	-	2,0	-	2,5
20.10.74	°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
20.07.76	°C	19,5	19,2	18,8	17,5	10,3	8,7	7,5	6,4	5,0	4,8
10.02.76	°C	0,3	0,6	0,9	-	1,2	1,5	-	2,3	-	3,5
30.04.76	°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
30.07.75	°C	21,5	20,7	20,0	19,5	19,0	15,6	10,5	8,3	7,6	6,5
20.03.75	°C:	0,7	1,2	1,5	2,0	-	2,3	2,7	3,0	-	3,2
10.11.74	°C:	7,4	7,4	7,4	-	7,5	-	7,6	7,6	-	7,6

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
30.06.75	°C	22,0	21,5	19,8	12,4	8,5	7,0	6,0	5,5	5,5	5,1
19.03.75	°C	0,4	0,8	1,2	2,0	2,4	2,4	3,0	-	3,4	3,6
3.09.74	°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
10.07.76	°C	21,3	21,0	20,6	20,2	19,5	12,0	9,6	7,8	6,0	5,8
03.02.75	°C	0,6	1,0	1,2	-	1,6	1,8	2,4	3,4	-	3,8
22.11.75	°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
29.07.75	°C	21,8	21,2	20,8	15,1	11,2	10,5	9,0	7,3	6,3	6,0
26.01.75	°C	0,4	1,0	1,3	-	1,8	-	2,0	2,8	-	3,6
03.05.75	°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
25.07.75	°C	22,2	20,3	14,5	8,2	7,5	7,2	7,0	6,0	4,5	4,5
30.01.75	°C	0,4	1,0	2,0	-	2,4	-	3,0	3,3	3,5	3,8
30.05.74	°C	4,3	4,3	4,3	-	4,3	-	4,2	-	4,2	4,2

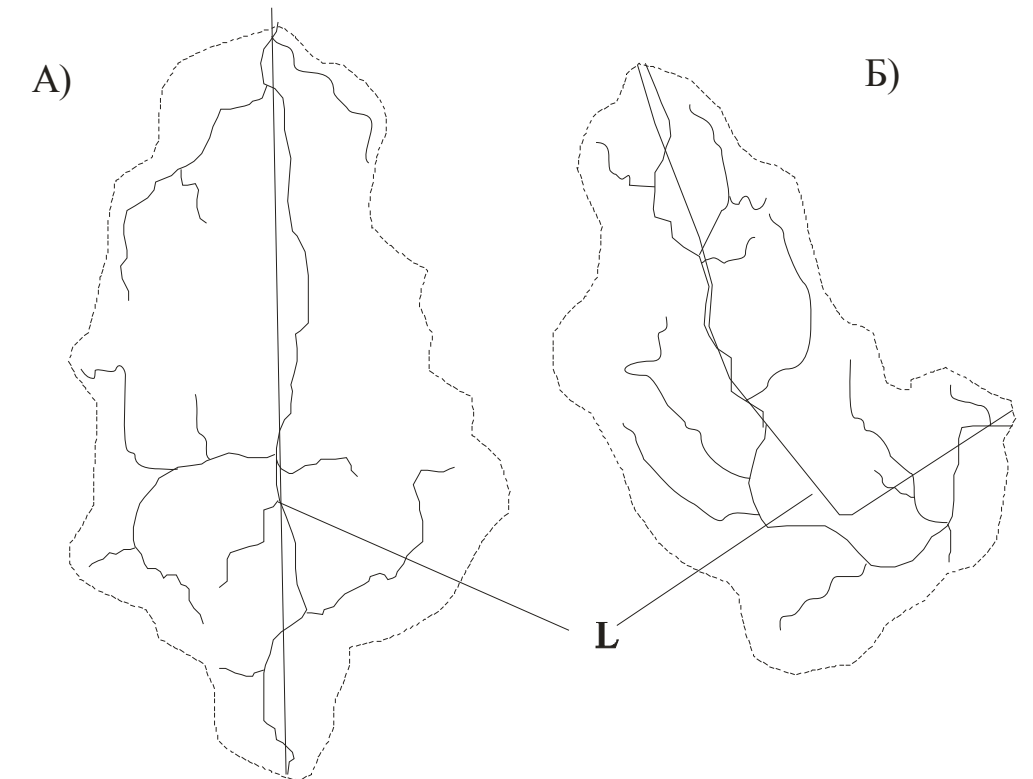


Рис. 2. Длина бассейна реки (L): а -по прямой линии  
б - по медиане

в/ Коэффициент асимметрии бассейна  $\alpha$ , характеризующий неравномерность распределения площадей правой и левой частей бассейна (по отношению к главной реке), вычисляется по формуле

$$\alpha = \frac{F_{\text{л}} - F_{\text{п}}}{\frac{F_{\text{л}} + F_{\text{п}}}{2}}, \text{ где } F_{\text{л}} - \text{площадь левобережной и } F_{\text{п}} - \text{правобережной}$$

части бассейна в км<sup>2</sup>.

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.

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

Наименьшее возможное значение коэффициента  $m$  равно единице; с его увеличением форма речного бассейна больше отличается от формы круга.

4. Для оценки влияния озер, болот, залесенности речных бассейнов на гидрологический режим рек и величину стока определяет коэффициент озерности ( $K_{\text{оз}}$ ), заболоченности ( $K_{\text{б}}$ ), лесистости ( $K_{\text{л}}$ ):

$K_{O3} = \frac{F_{O3} \cdot 100\%}{F}$ ,  $K_6 = \frac{F_6 \cdot 100\%}{F}$ ,  $K_L = \frac{F_L \cdot 100\%}{F}$ , где  $K_{O3}$ ,  $K_6$ ,  $K_L$ ) - соответственно площади, занятые озерами, болотами, лесами в пределах данного речного бассейна  $F$ , км<sup>2</sup>.

5. 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 ( $K$ ), который выбирается в соответствии с типом извилистости (рис. 3). Полученная длина реки (участка) или притока называется вычисленной и является окончательной. Данный способ определения истинной длины реки основан на методе Ю.М.Шокальского (Апполов Б.А. Учение о реках. М., 1963, с. 45). Результаты вычислений длины главной реки и длины притоков заносятся в ведомости табл. 2 и 3.

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

6. Коэффициент извилистости реки  $K_{из}$  определяется как отношение вычисленной длины реки ( $L$ ) к длине прямой  $l'$ , соединяющей

устье и исток:  $K_{из} = \frac{L}{l'}$ . Результаты вычислений заносятся в табл. 2.

Густота речной сети бассейна  $D$  определяется как отношение вычисленной длины всех рек бассейна к площади бассейна:

$$D = \frac{L + \sum l}{F}, \text{ км/км}^2, \text{ где } \sum l - \text{сумма длин притоков в км.}$$

Результаты вычислений заносятся в табл. 3.

7. Разность отметок ( $\Delta h$ ) водной поверхности истока ( $H_{и}$ ) и устья ( $H_0$ ) или двух каких-либо точек по даине реки, выражаемом в метрах на весь участок или в м/км, называется падением реки. Отношение величины падения ( $\Delta h$ ) к даине реки ( $L$ ) или к длине данного участка

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
30.07.76	°C	22,4	22,0	20,8	19,4	14,1	9,8	7,5	6,5	5,3	5,0
20.12.74	°C	0,3	0,4	0,7	0,9	1,1	1,4	2,0	2,6	3,0	3,5
20.10.73	°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
30.07.76	°C	20,2	19,8	19,0	18,5	10,6	9,0	7,9	7,5	7,0	6,8
04.01.75	°C	0,5	0,8	1,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,8	3,5	3,8
30.10.76.	°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
03.07.75	°C	20,0	19,8	19,3	18,8	12,0	11,0	7,6	7,2	7,0
27.02.75	°C	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	1,2	1,6	1,8	2,3
28.10.75	°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
02.08.73	°C	19,8	19,8	19,6	19,4	16,2	9,2	8,0	7,0	6,8	6,4
05.02.74	°C	0,5	0,9	1,2	1,4	1,8	2,6	2,8	3,3	3,8	4,2
10.04.73	°C	5,7	5,7	5,7	-	5,7	-	5,6	-	5,6	5,6



Приложение 3

Варианты задания 4

оз.Никулинское

Вариант 1

Дата	Н, м	пов.	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0
02.08.75	°C	16,6	16,2	16,0	12,2	8,6	7,5	7,1	6,4	5,1
30.02.76	°C	0,6	1,0	1,6	2,4	2,6	2,8	3,0	3,5	3,8
11.05.76	°C	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,6

оз.Свентес

Вариант 2

Дата	Н, м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
20.08.75	°C	22,5	21,5	19,7	14,2	9,4	7,7	6,8	5,5	5,0	4,8
21.03.75	°C	0,3	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	3,0	3,6
30.11.75	°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	Н, м	Пов.	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
03.08.74	°C	22,6	22,0	21,2	18,3	12,6	9,4	6,7	5,6	5,1	4,5
24.12.74	°C	0,4	0,8	1,0	1,4	1,8	2,3	2,8	3,2	3,6	3,8
20.04.76	°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	Н, м	Пов.	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40,0	43,0
20.07.74	°C	19,2	18,1	11,5	10,6	9,2	7,4	7,0	6,1	5,0	4,5
10.01.74	°C	0,5	1,3	1,7	2,0	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5	2,8
28.04.74	°C	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	-	4,4	-	4,4

реки называется уклоном реки, т.е.  $J = \frac{H_u - H_o}{L} = \frac{\Delta h}{L}$ . При отсутст-  
вии данных об отметках уровней средний уклон ориентировочно оп-  
ределяют как отношение разности отметок поверхности земли в тех  
же точках ( $H_n - H_0$ ) к длине реки.

Таблица 2

Ведомость измерения длины реки				карта масштаба			
Название участка реки	Число отложений раство-ра циркуля по участкам реки			Длина участка реки (км)	Попра-вочный коэф-фициент К	Истин-ная длина реки (км)	Длина реки нараста-ющая от устья до ис-тока (км)
	при первом измер.	при втором измер.	среднее				

Общая длина главной реки L = \_\_\_\_\_ км  
Длина прямой, соединяющей исток с устьем l' \_\_\_\_\_ - км  
Коэффициент извилистости реки  $K_n = L/l'$

Таблица 3

Ведомость измерения длины притоков				карта масштаба		
Название притока	Число отложений раство-ра циркуля по участкам реки			Длина притока (км)	Попра-вочный коэф-фициент К	Истинная длина при-тока (км)
	при первом измер.	при втором измер.	среднее			

Общая длина речной сети бассейна  $L + \sum l =$  \_\_\_\_\_ км  
Густота речной сети бассейна  $D = \frac{L + \sum l}{F}$  км/км<sup>2</sup>  
L - длина главной реки (км)  
 $\sum l$  - сумма длин притоков (км)  
F – площадь бассейна(км<sup>2</sup>)

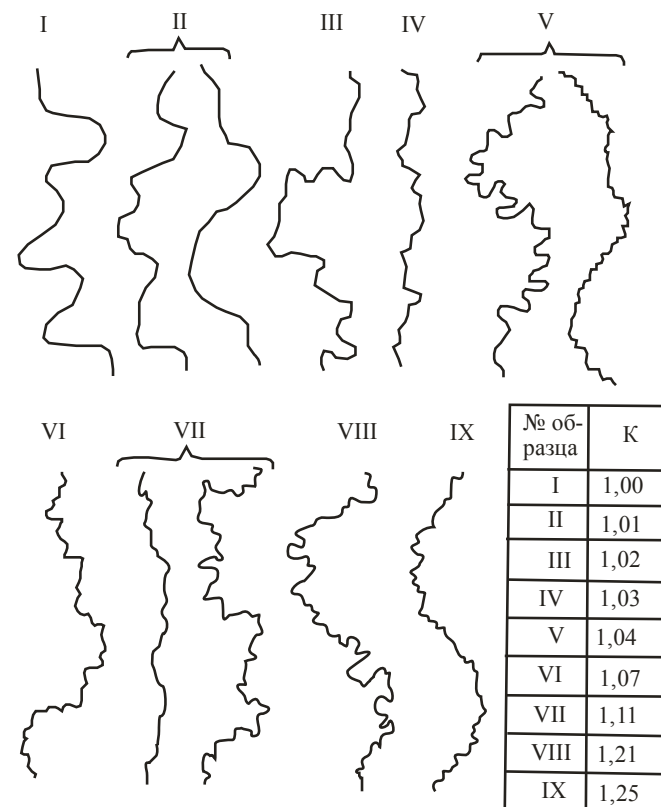


Рис. 3. Образцы извилистости рек

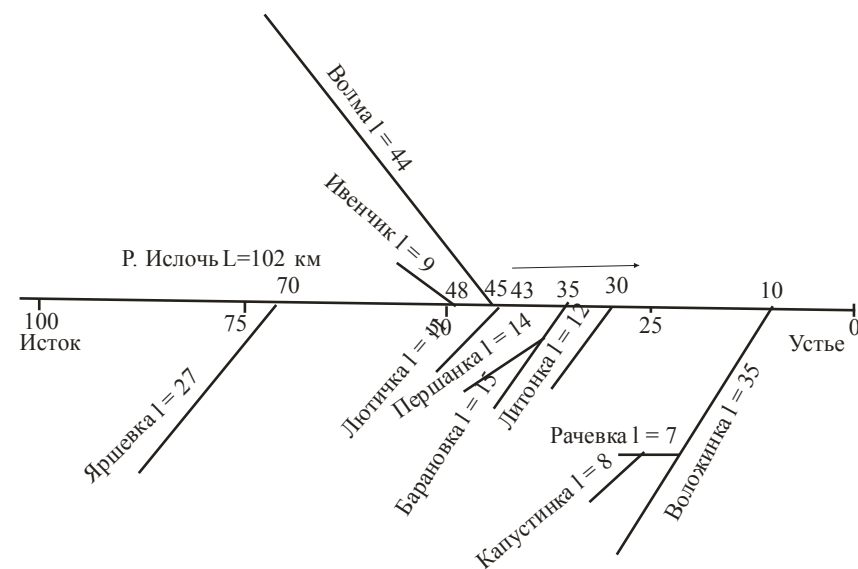
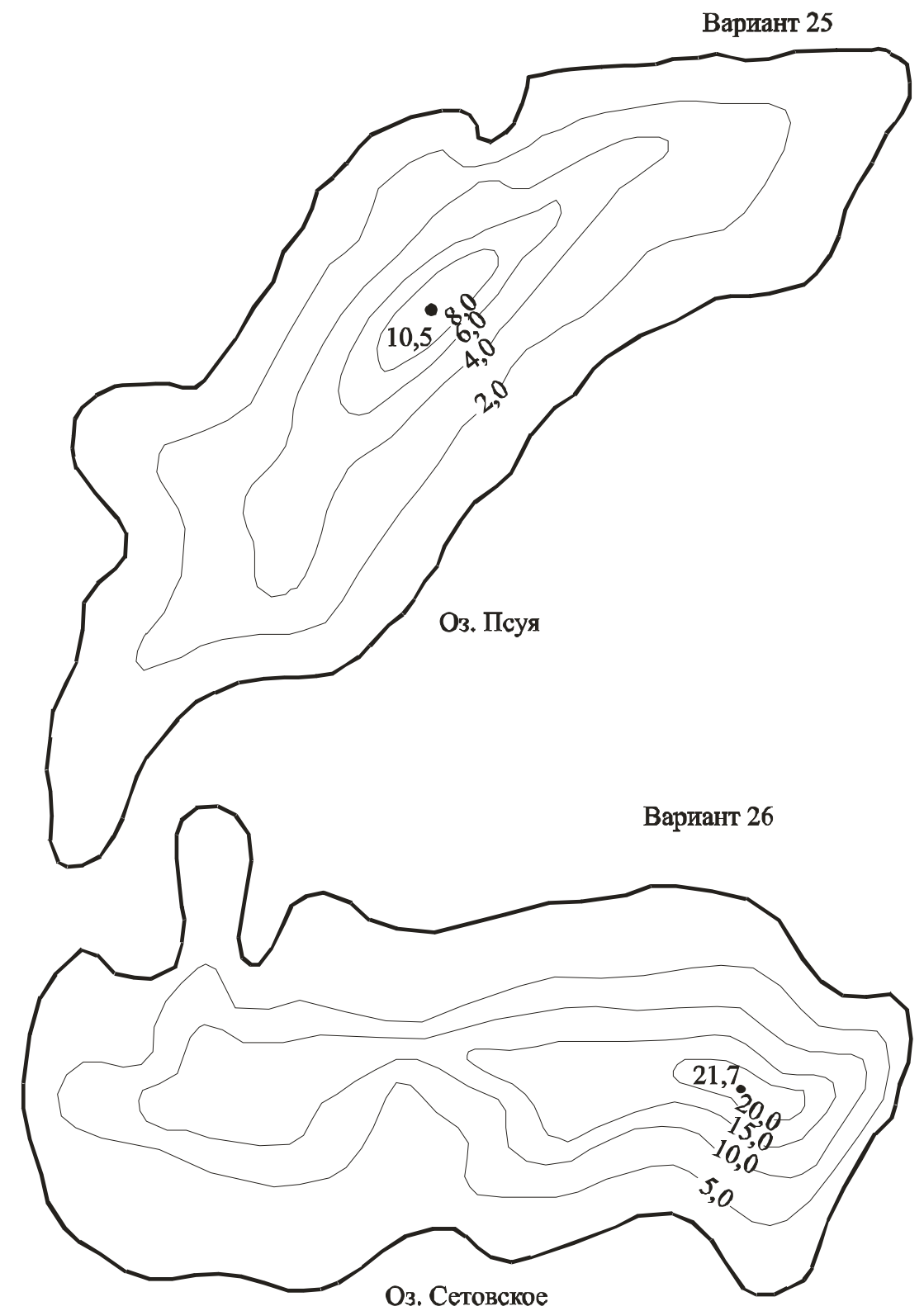
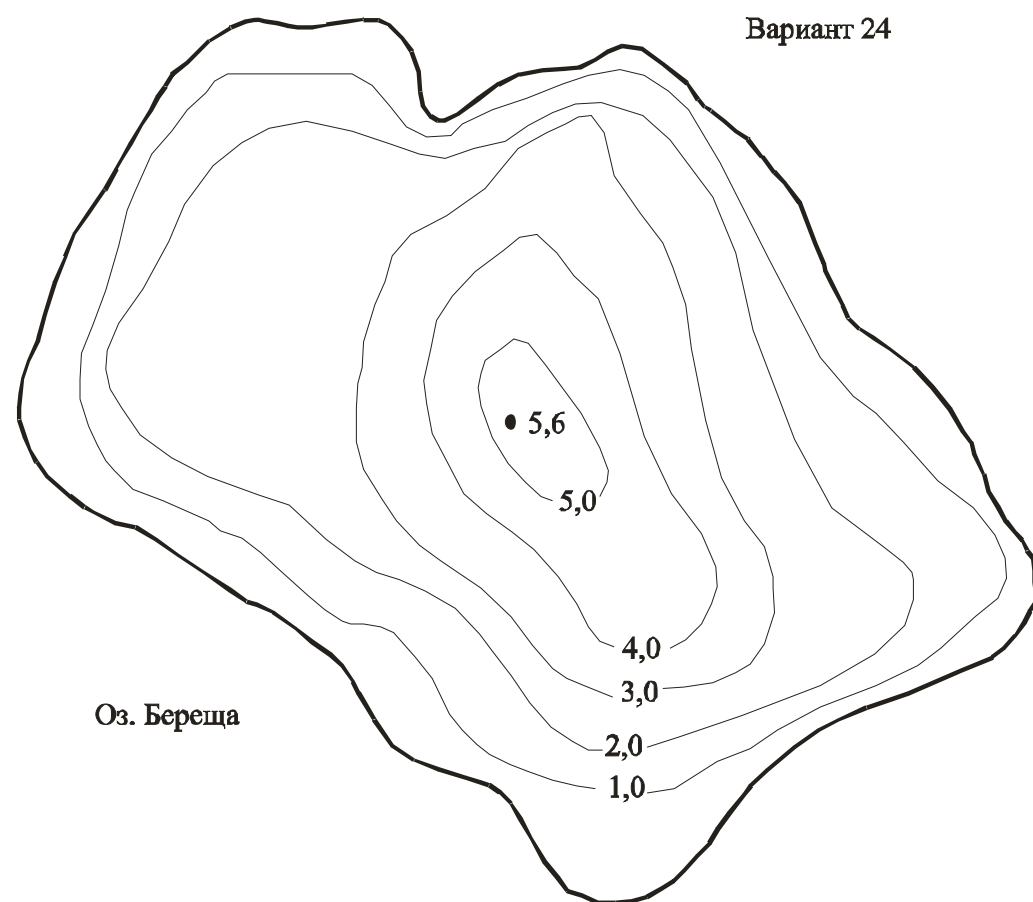
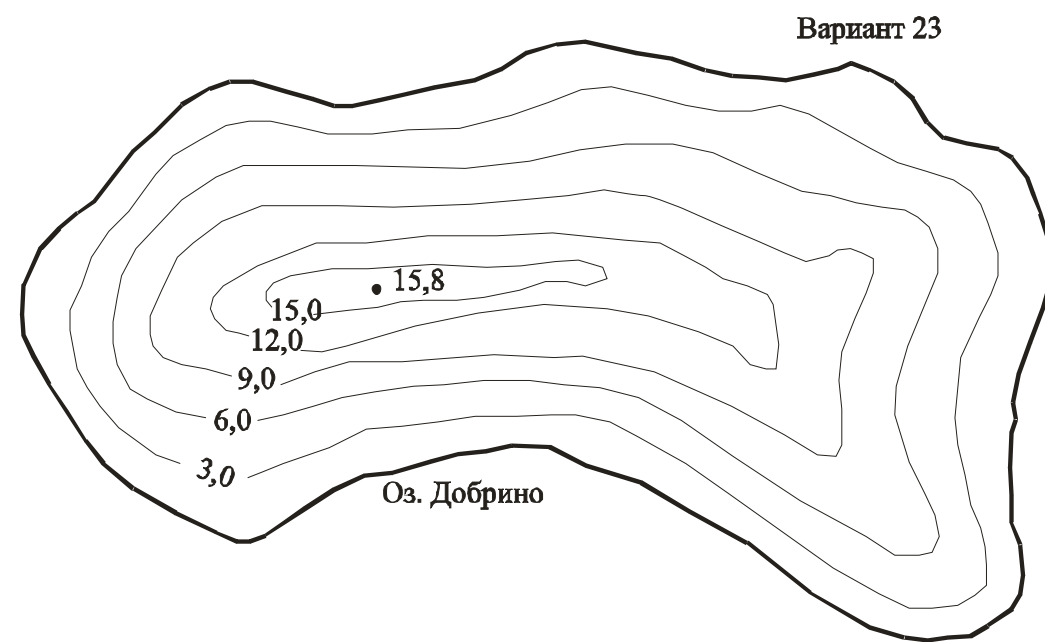


Рис. 4. Гидрографическая схема р. Исlochь

Уклон реки (J) представляет собой величину безразмерную; он выражается в виде десятичной дроби или промилле. Например, средний уклон р.Березины равен  $J = \frac{300-130}{226} = \frac{170}{226} = 0,00075$  или  $0,75\text{‰}$ , т.е. на 1 км протяжения реки падение в среднем составляет 0,75 метров.





При значительном изменении уклона реки по ее длине средний уклон может быть определен более точно по способу Г.А.Алексеева (Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л., 1970).

8. Речную систему можно представить в виде гидрографической схемы реки (рис. 4). Для построения схемы пользуются данные табл.2, 3. Главная река изображается в виде прямой линии; притоки первого порядка - в виде отрезков прямой, расположенных под углом 30 - 45° к главной реке. Масштаб выбирается таким образом, чтобы чертеж помещался на листе миллиметровой бумаги формата 203 x 288 мм. На схеме выписываются расстояния в километрах от устья главной реки (для масштаба 1:100000 через 5 км, 1:200000 через 10 км, 1:500000 через 25 км, 1:1000000 через 50 км и т.д.), от устья главной реки до устьев притоков, длины и названия притоков.

## ЗАДАНИЕ 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДНЕГО ГОДОВОГО СТОКА ВОДЫ РЕК

В практике гидрологических расчетов основными количественными показателями определения водности рек и сопоставления ее для различных бассейнов служат характеристики стока.

Стоком называется количество воды, протекающее через поперечное сечение реки в данном створе за определенный промежуток времени. Характеристики стока следующие: средний за рассматриваемый период времени расход воды ( $Q_{ср}$ , м<sup>3</sup>/с), объем стока ( $W$ , м<sup>3</sup> или км<sup>3</sup>), модуль стока ( $M$ , л/с.км<sup>2</sup>), слой стока ( $h_o$ , мм), коэффициент стока ( $\eta$ ). Непосредственно на гидростворах измеряется расход воды, остальные характеристики получают расчетным путем.

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 ( $W_o$ ), расхода воды ( $Q_o$ ), слоя стока ( $h_o$ ), модуля стока ( $M_o$ ).

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, соединяю-

щие точки с одинаковыми величинами нормы стока, обычно выраженной модулем стока ( $M_o$ , л/с.км<sup>2</sup>).

Для определения нормы стока при отсутствии данных гидрометрических наблюдений в настоящее время рекомендуется использовать карту среднего годового стока (с изолиниями нормы стока в л/с.км<sup>2</sup>) рек СССР государственного гидрологического института (ГГИ) в масштабе 1:5000000 или 1:10000000. Могут также использоваться карты стока, составленные для отдельных районов и приводимые в справочниках «Ресурсы поверхностных вод СССР».

#### Содержание:

1. Определить средний многолетний модуль стока  $M_o$  в отмеченном пункте по карте среднего годового стока.
2. Вычислить основные характеристики нормы стока ( $Q_o$ ,  $W_o$ ,  $h_o$ ).

#### Выполнение:

На кальку речного бассейна (из задания I) наносятся изолинии модулей стока (в л/с.км<sup>2</sup>) с карты среднего годового стока, помещенной в «Указаниях по определению расчетных гидрологических характеристик», СН 435-72 (приложение 1), Л., 1972 г. или в Атласе СССР (стр. 66).

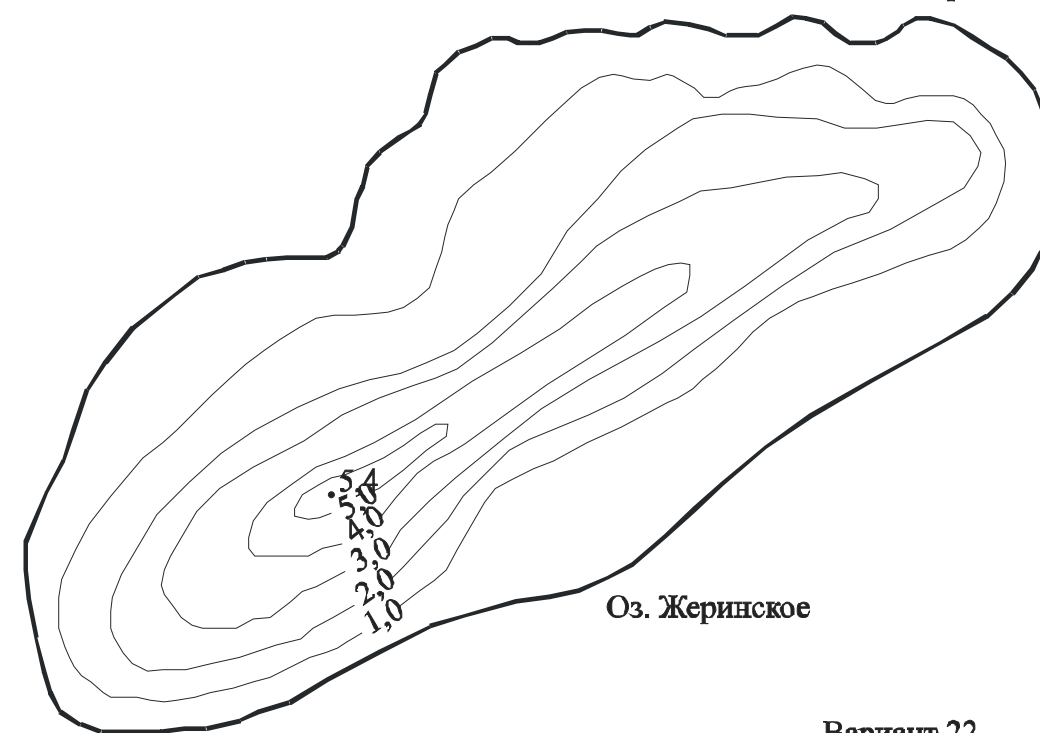
1. Средний многолетний модуль годового стока ( $M_o$ ) бассейна (водосбора) реки до расчетного замыкающего створа можно определить следующим образом.

а/ 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  $M_o$  определяется путем прямолинейной интерполяции по перпендикуляру через точку Ц между изолиниями стока.

б) В случае пересечения водосбора несколькими изолиниями, как показано на рис. 5,  $M_o$  определяется как средневзвешенное значение из произведений величин модулей стока на величины тяготеющих к ним площадей водосбора, по формуле: 
$$M_o = \frac{M_1 f_1 + M_2 f_2 + \dots + M_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n},$$

л/с.км<sup>2</sup>, где  $M_1, M_2, \dots, M_n$  - средние арифметические значения модулей стока между изолиниями в л/с.км<sup>2</sup>,  $f_1, f_2, \dots, f_n$  - площади бассейна между изолиниями в км<sup>2</sup>, определяемые планиметрированием. Данные расчетов заносятся в табл. 4, откуда средний многолетний модуль го-

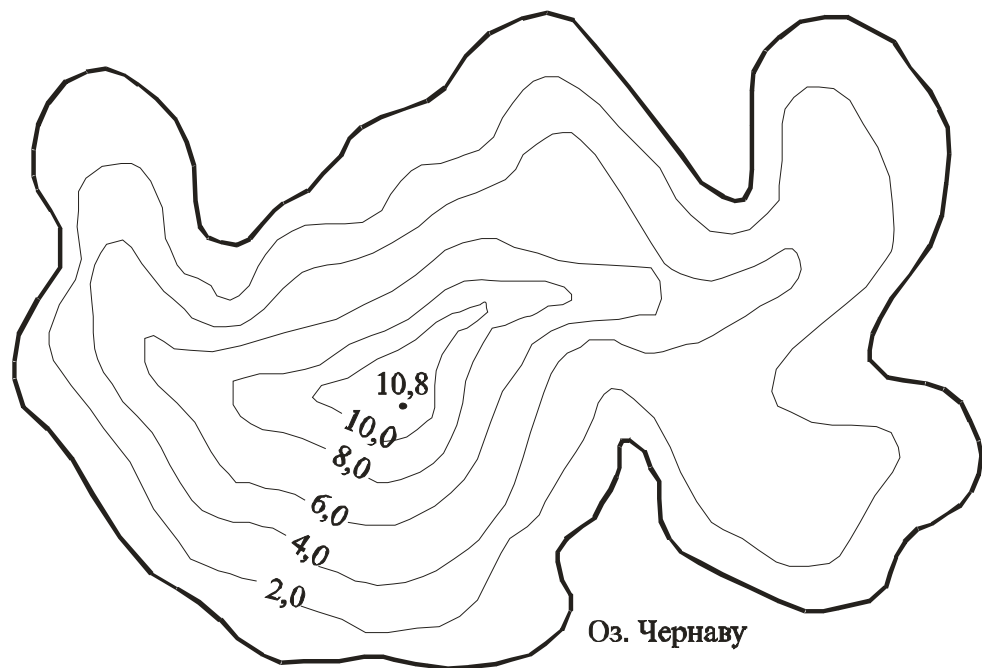
Вариант 21



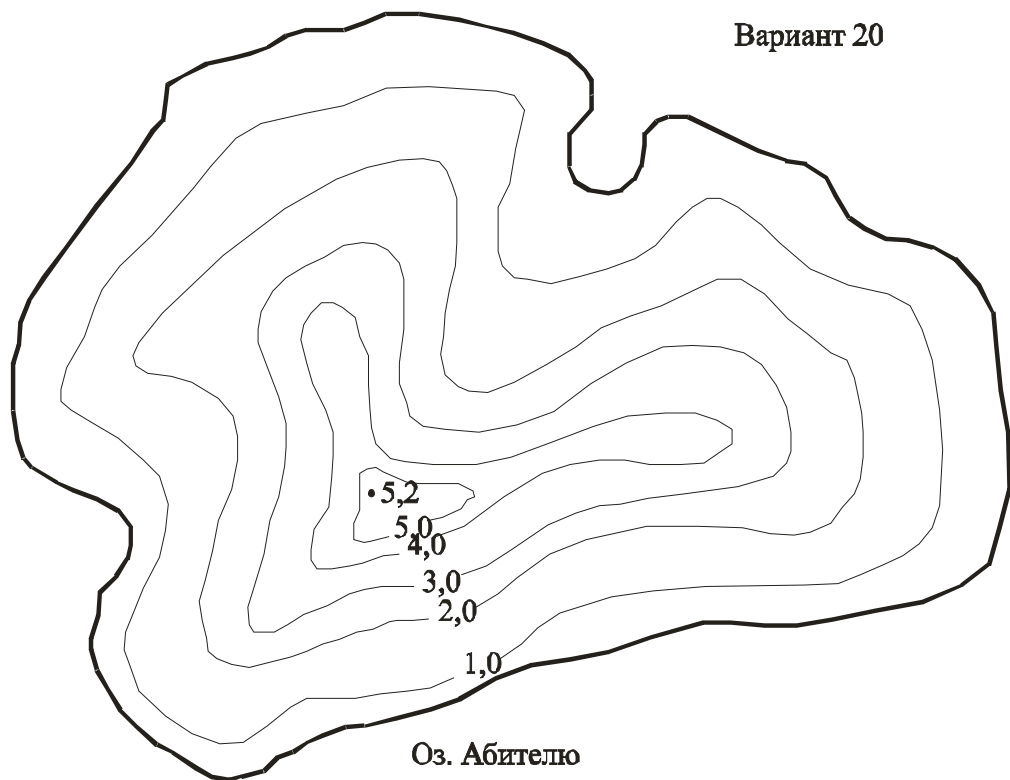
Вариант 22



Вариант 19



Вариант 20



дового стока (в нашем примере бассейна реки Вихры) равен  $M_o = \frac{1886,0 + 4815,4 + 3956,0 + 3635,3}{304,2 + 752,4 + 599,4 + 534,6} = 6,5 \text{ л/с.км}^2$

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

а/ из формулы  $M_o = \frac{Q_o \cdot 10^3}{F}$ , средний многолетний расход

$$Q_o = \frac{M_o \cdot F}{10^3} = \frac{6,5 \cdot 2190,6}{1000} = 14,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

б/ объем среднемноголетнего годового стока  $W_o = Q_o \cdot 31,54 \cdot 10^3 = 450,4 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год};$

$$\text{в/ слой стока } h_o = \frac{W_o}{F \cdot 10^3} = \frac{450,4 \cdot 10^6}{2190,6 \cdot 10^3} = \frac{450400}{2190,6} = 206 \text{ мм}$$

Таблица 4  
Определение частных площадей бассейна р.Вихры и средних модулей между изолиниями стока по карте (рис. 5)

Измеренная площадь	Площадь деления планиметра			Площадь $f_i=R(n_2-n_1)$	Средне-арифметический модуль $M_i$ л/с.км <sup>2</sup>	$f_i \times M_i$
	отсчеты	разность отсчетов	средняя разность $(n_2-n_1)$			
$f_1$	5290 5205 5121	85 84	84,5	304,2	6,2	1886,0
$f_2$	5539 5330 5121	209 209	209,0	752,4	6,4	4815,4
$f_3$	5437 5270 5104	167 166	166,5	599,4	6,6	3956,0
$f_4$	5574 5426 5277	148 149	148,5	534,6	6,8	3635,3

Планиметр №474/59. Цена деления планиметра R - 3,6 км<sup>2</sup>/ед.  
Площадь бассейна р.Вихры F= 2190.6 км<sup>2</sup>.

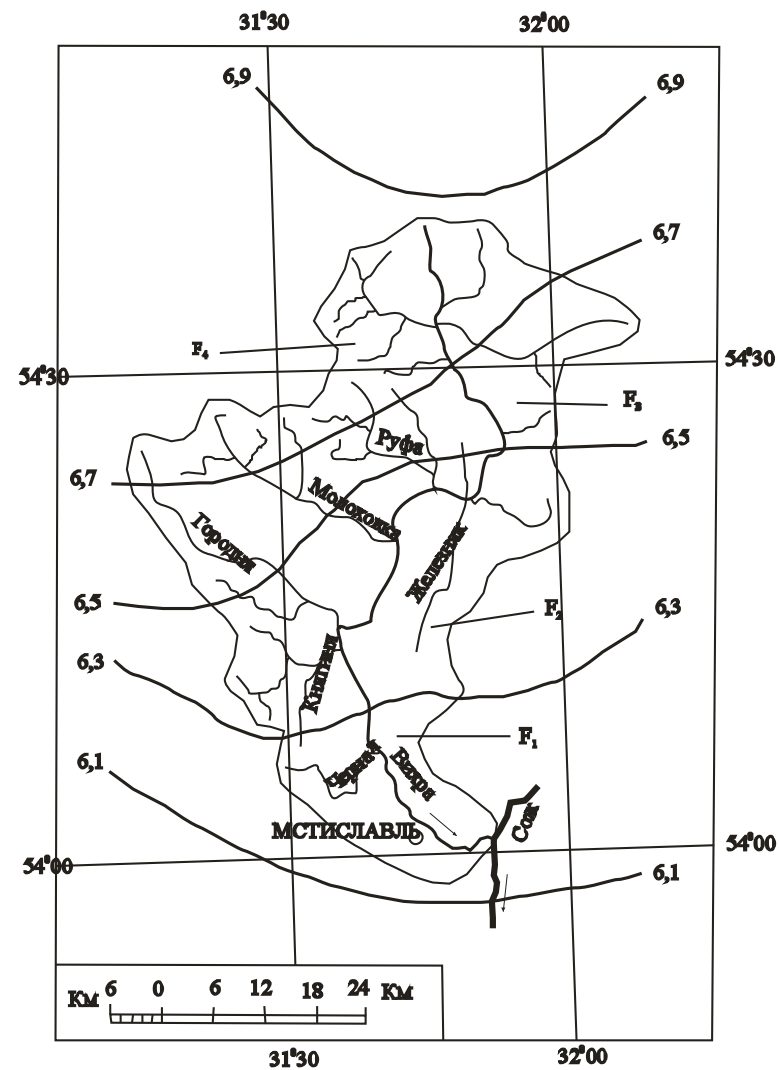
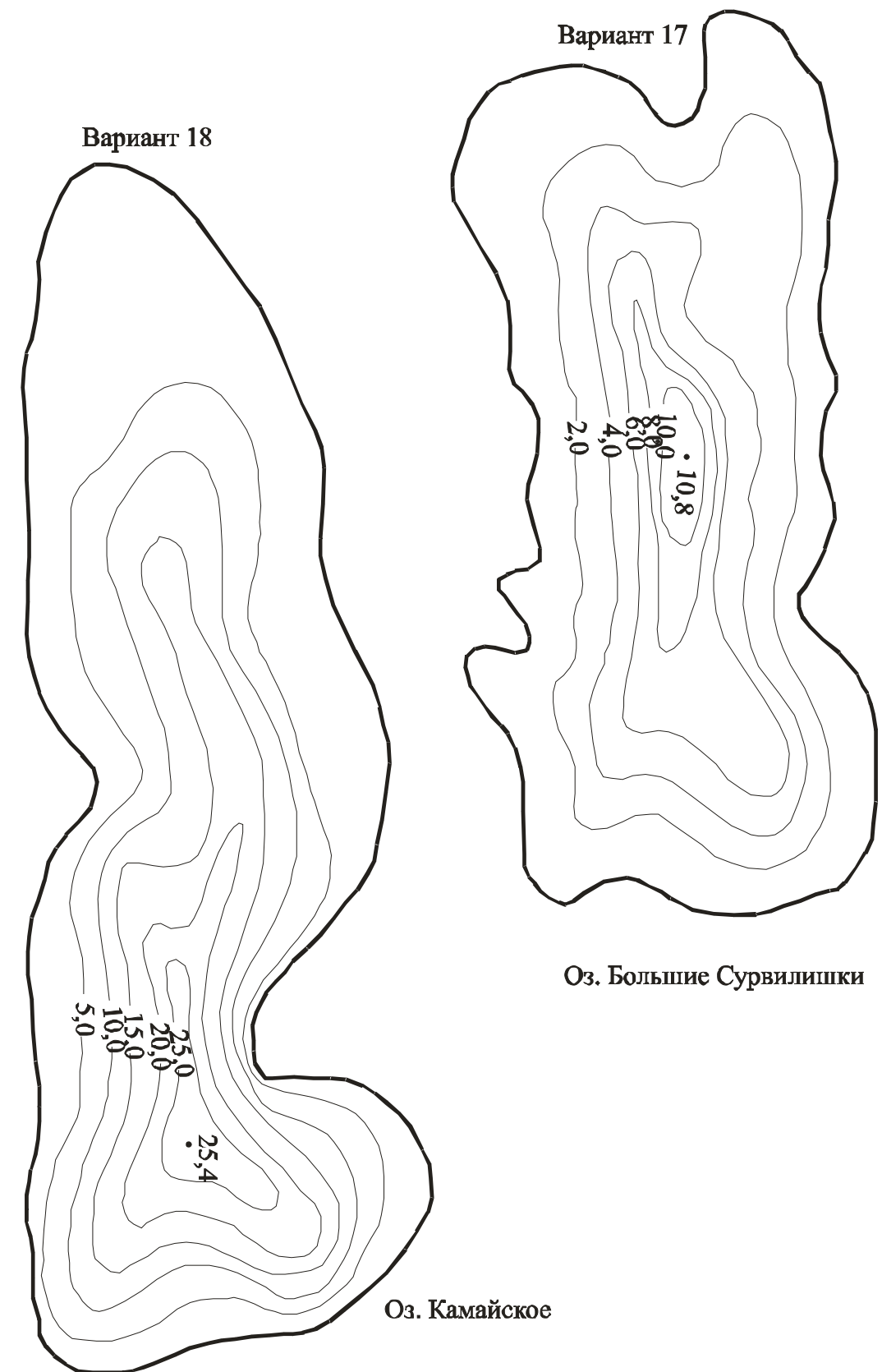


Рис. 5. Карта изолиний средних многолетних модулей стока (л/с.км<sup>2</sup>) бассейна р. Вихры

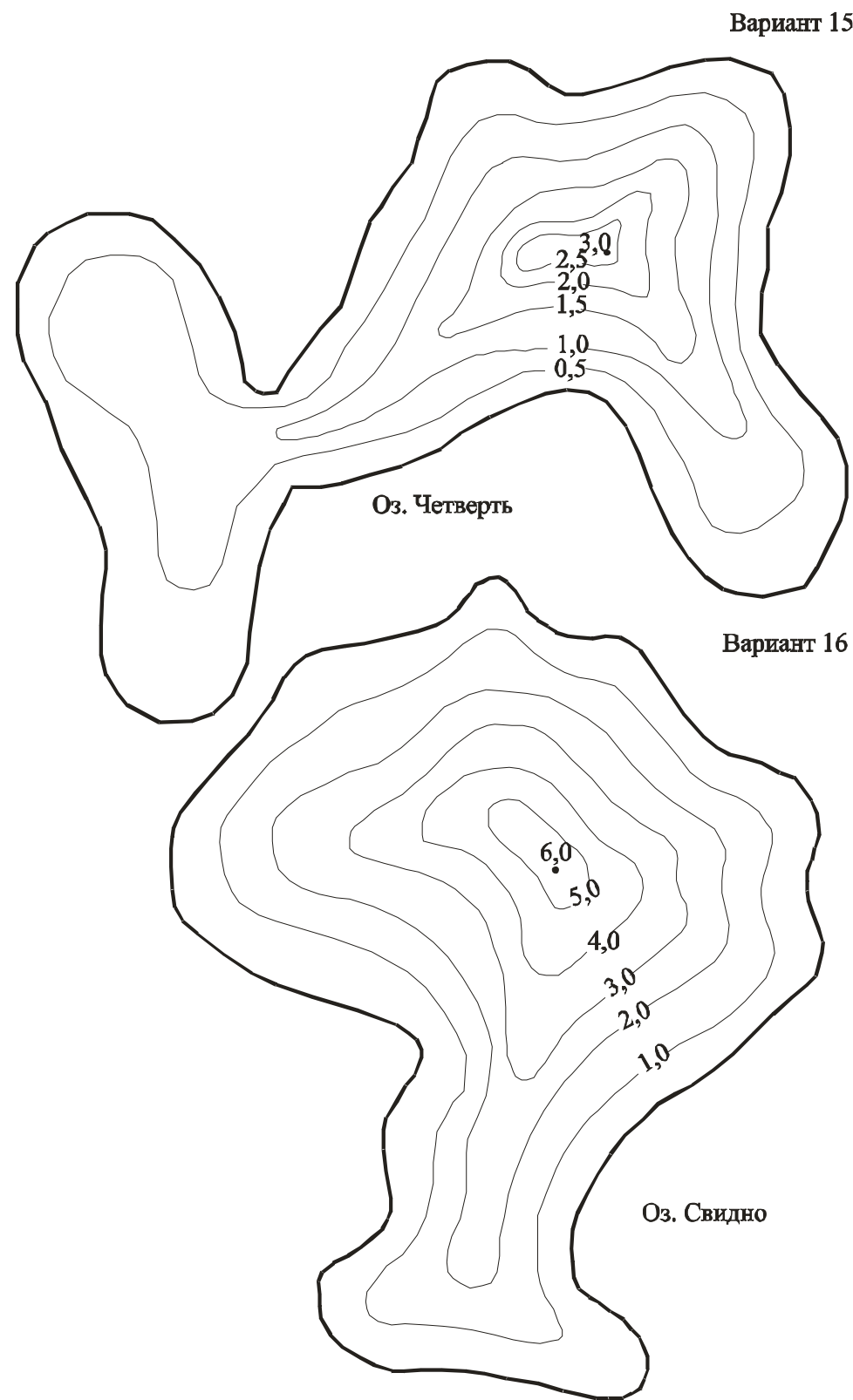
### ЗАДАНИЕ 3. МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРА

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 про-







меров , и относятся к уровню воды, принятому для построения плана (рис.6).

Площадь водной поверхности ( $f$ ) и объем озера ( $V$ ) 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 (рис. 7). Эти кривые дают возможность определить величину площади зеркала и объема воды озера при любом его наполнении.

#### Содержание:

1. Определить по плану озера \_\_\_\_\_ (масштаб \_\_\_\_\_) основные морфометрические характеристики:
  - а/ площадь зеркала ( $f$ ) и площади, ограниченные изобатами;
  - б/ длину ( $L$ );
  - в/ наибольшую ( $B_{\text{макс}}$ ) и среднюю ( $B_{\text{ср}}$ ) ширину;
  - г/ объем воды всего озера ( $V_o$ ) и объемы слоев между плоскостями изобат ( $v_1, v_2, \dots, v_n$ );
  - д/ наибольшую ( $H_{\text{макс}}$ ) и среднюю ( $H_{\text{ср}}$ ) глубину.
2. Построить батиграфическую и объемную кривые озера.

#### Выполнение:

1. а/ Площадь зеркала озера ( $f_o$ ,  $\text{м}^2$  или  $\text{км}^2$ ) и площади, ограниченные изобатами ( $f_1, f_2, \dots, f_n$ ) определяются планиметрированием; записи ведутся в табл. 5. Результаты вычислений заносятся в графы 1, 2 табл. 6.

б/ Длина озера ( $L$ ,  $\text{м}$  или  $\text{км}$ ) - кратчайшее расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга точками береговой линии, измеренное по его поверхности; изображается в плане прямой или ломаной линией.

Таблица 5

Изобата	Вычисление площади озера			Площади, ограниченные изобатами $f = R(n_2 - n_1)$ , $\text{м}^2$
	Площадь в делениях планиметра отсчет	разность отсчетов	средняя разность ( $n_2 - n_1$ )	
0				
1 м				

и т.д.

Планиметр № \_\_\_\_\_

Цена деления планиметра  $R =$  \_\_\_\_\_  $\text{км}^2/\text{ед.}$

Таблица 6

Морфометрические характеристики оз. Голодзянка

Площадь зеркала ( $f_0$ )	339700 м <sup>2</sup>	
Длина (L)	1000 м	
Ширина средняя ( $B_{cp}$ )	340 м	
Ширина наибольшая ( $B_{макс.}$ )	510 м	
Объем ( $V_0$ )	1362185 м <sup>3</sup>	
Глубина средняя ( $H_{cp}$ )	4,0 м	
Глубина наибольшая ( $H_{макс.}$ )	6,5 м	

Глубина H, м	Площади, огра- ниченные изоба- тами f, м <sup>2</sup>	Объем между изобатами v, м <sup>3</sup>	Объем под изо- батами V – v, м <sup>3</sup>
0	339700		1362185
1	306500	323100	1039085
2	274250	290375	748710
3	241250	257750	490960
4	210000	225625	265335
5	137000	173500	91825
6	28000	32500	9335
6,5	0000	9335	0000

$$V_0 = 1362185$$

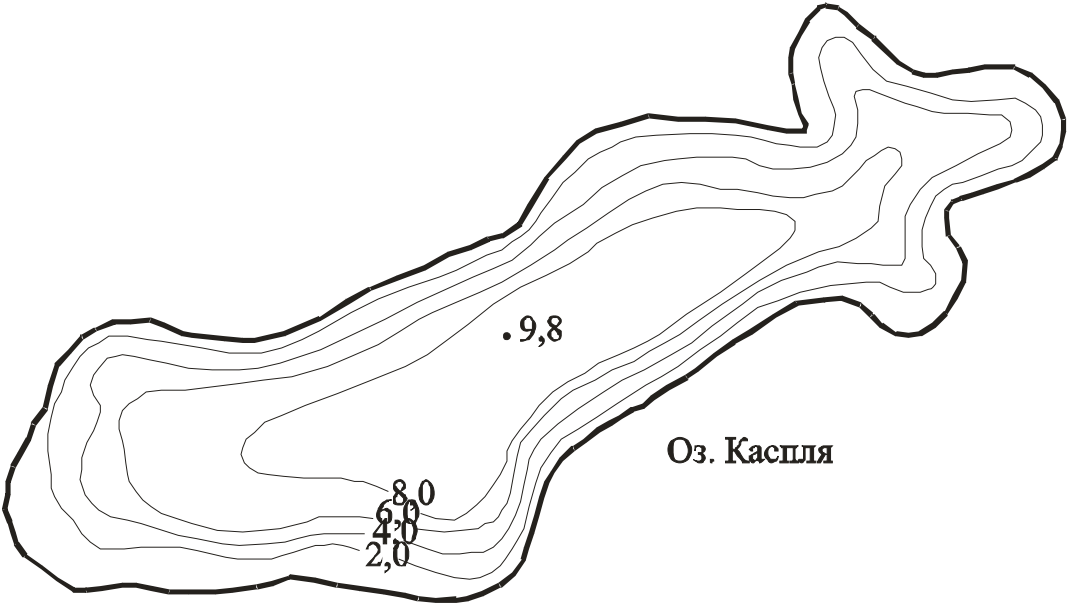
Наибольшая ширина ( $B_{макс.}$ , м или км) - наибольшее расстояние между берегами по перпендикуляру к длине озера.

Средняя ширина ( $B_{cp}$ ) - частное от деления площади озера на его длину:  $B_{cp} = f_0 / L$ .

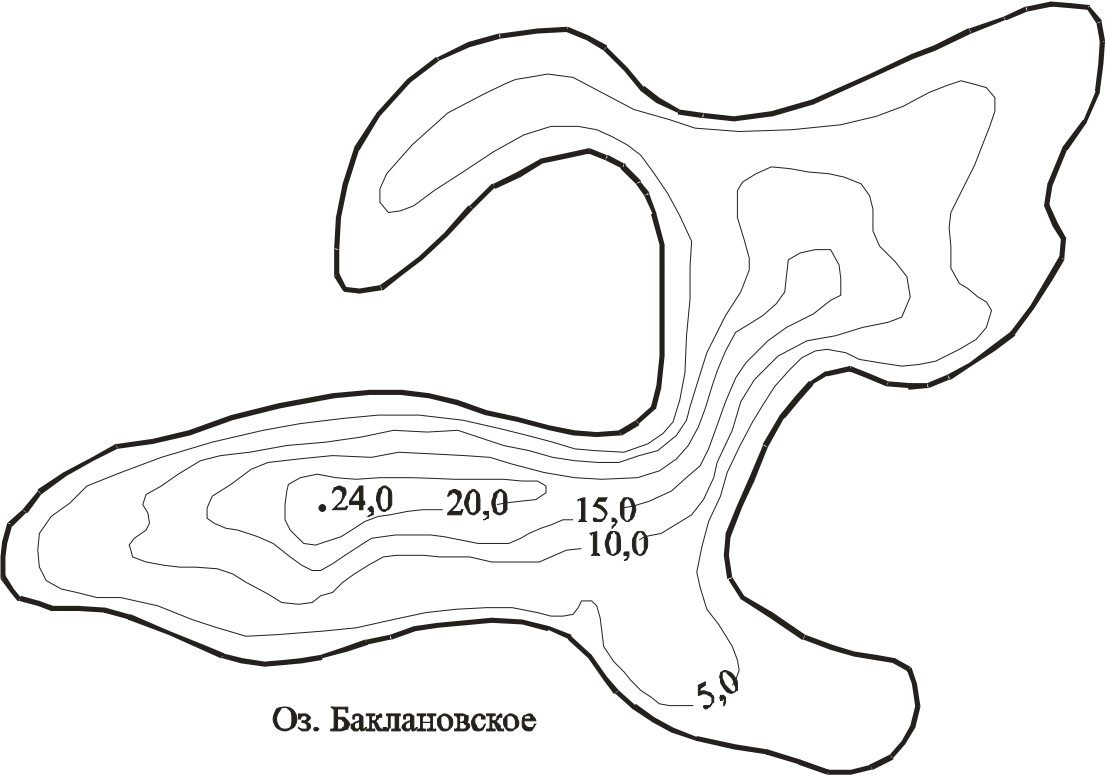
г/ Котловины озера имеют сложную форму, отличающуюся от формы правильных геометрических тел, и подобрать зависимость для вычисления объема всей водной массы озера затруднительно. Поэтому при аналитическом определении объем рассчитывается по слоям, заключенным между плоскостями соседних изобат. Эти слои с достаточной точностью могут быть приравнены к правильным геометрическим телам. Лучшие результаты при вычислении объемов слоев большинства озер дает формула усеченного конуса. Общий объем озера ( $V_0$ ) определяется суммированием объемов слоев:

$$V = \frac{h}{3}(f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2}); V_0 = \sum v_i, \text{ м}^3 \text{ или км}^3, \text{ где } V - \text{объем слоя между плоскостями изобат; } h - \text{сечение изобат, принимаемое, как}$$

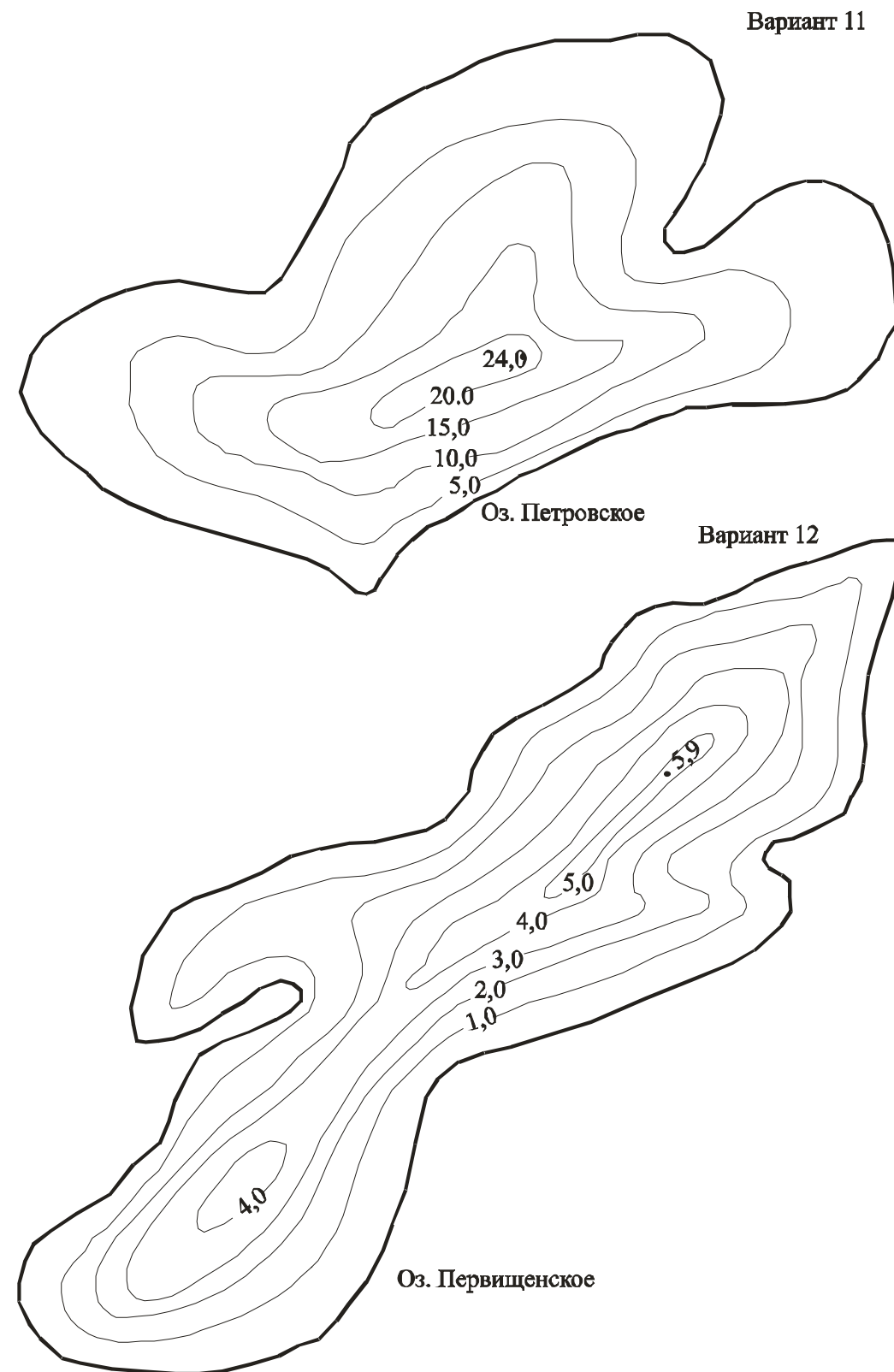
Вариант 13



Вариант 14







правило, одинаковым для всего плана;  $f_1, f_2$  - площади, ограниченные изобатами. Для приближенных расчетов объемов слоев может быть использована формула призмы  $V = h(\frac{f_1 + f_2}{2})$ .

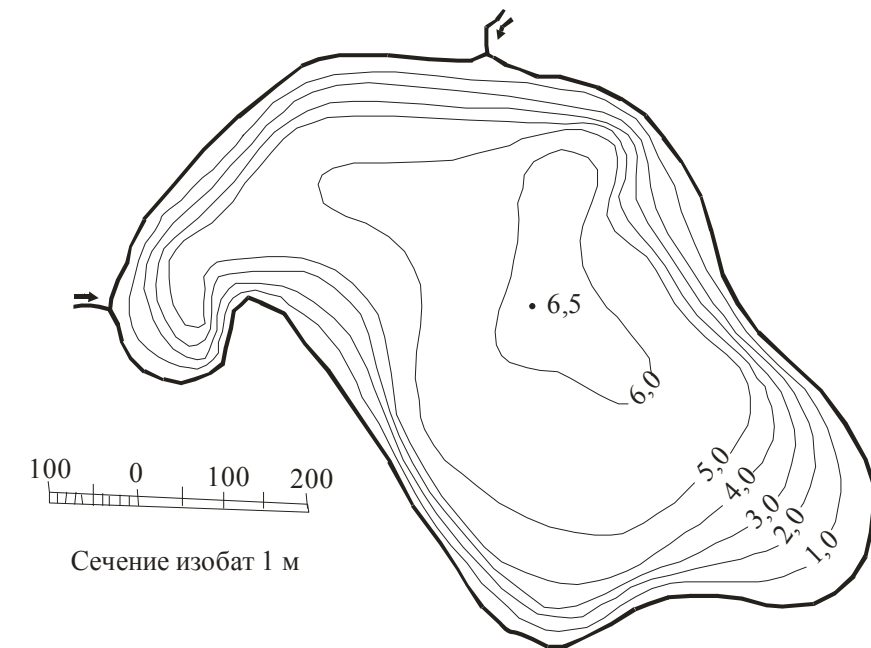


Рис. 6. План оз. Голодзянка в изобатах

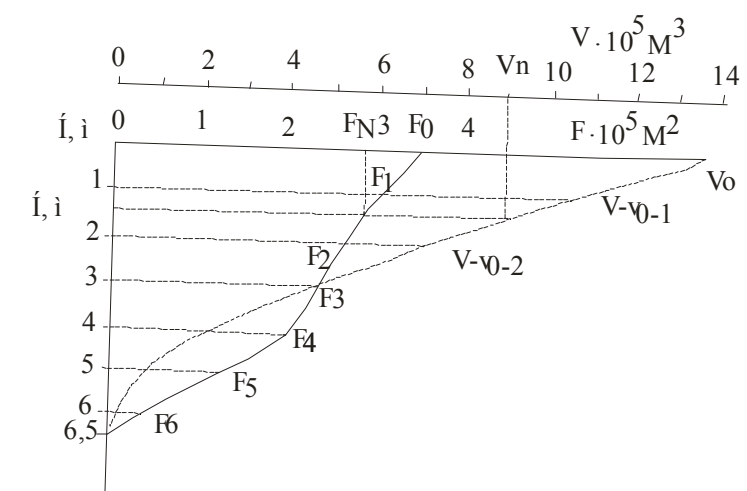


Рис. 7. Батиграфическая и объемная кривые оз. Голодзянка

Вычисленные объемы слоев записываются в графе 3 табл. 6. Последовательное суммирование объемов слоев от дна до поверхности

(графа 4, табл. 6) дает нарастание объема до полного его значения под нулевой изобатой ( $V_0$ ).

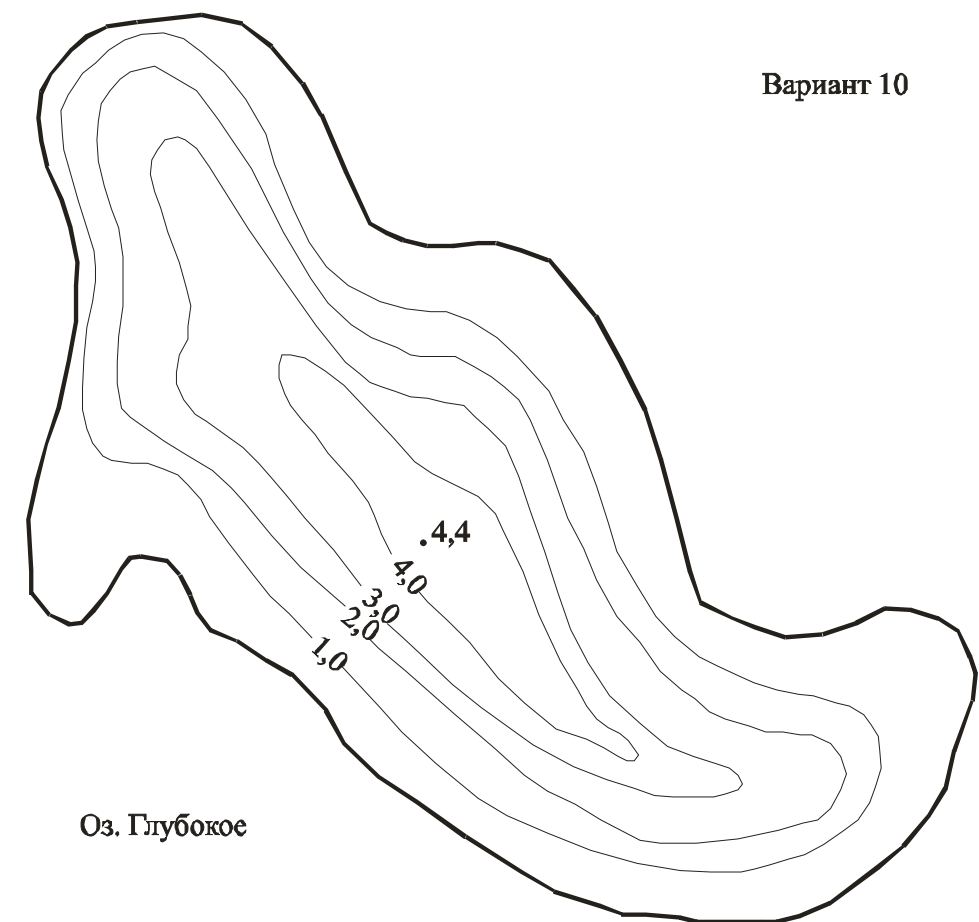
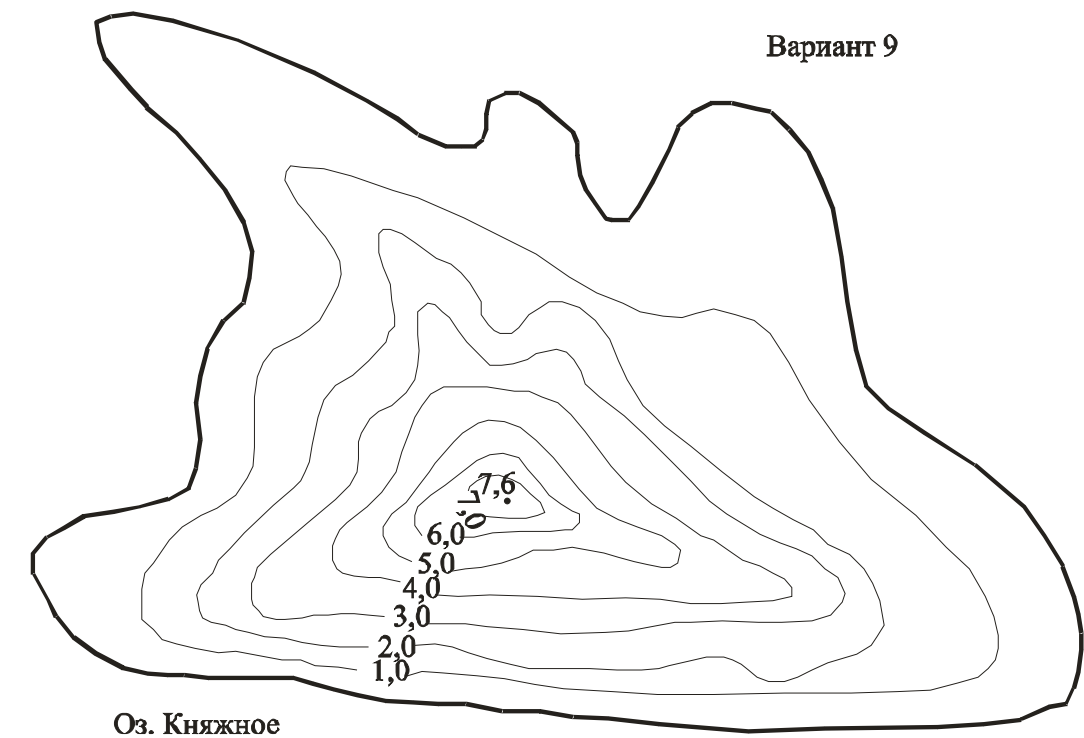
д/ Наибольшая глубина ( $H_{\max}$ ) определяется по данным промеров и надписывается на плане озера.

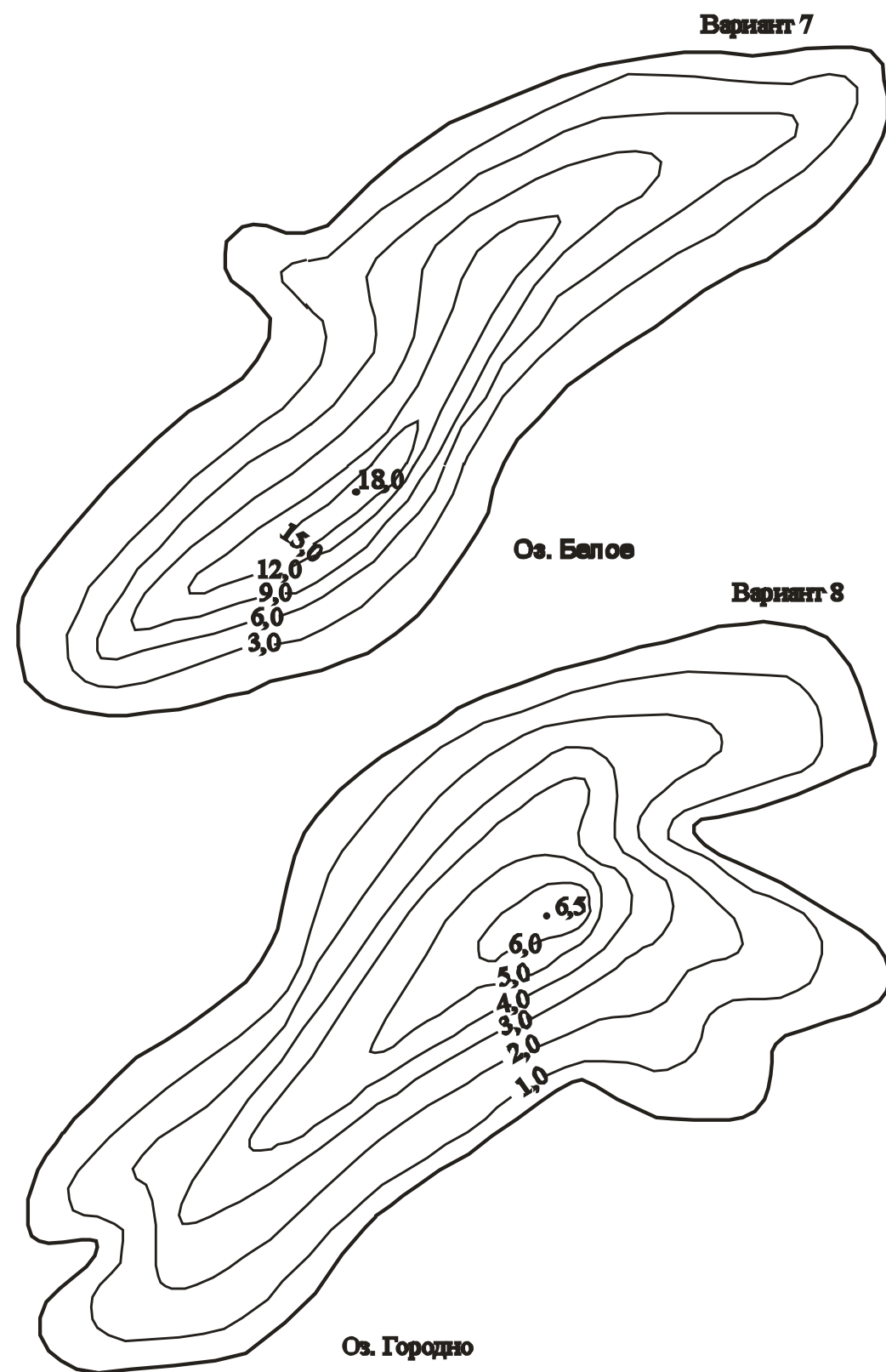
Средняя глубина ( $H_{\text{ср}}$ ) - частное от деления объема озера на его площадь:  $H_{\text{ср}} = \frac{V}{f_0}$ , м.

2. Кривая зависимости площади озера от глубины - батиграфическая кривая строится на миллиметровой бумаге (формат 203 x 288 мм) по глубинам и соответствующим им площадям, выбираемым из граф 1, 2 табл. 6. На графике (рис. 7) по вертикальной оси откладываем значения глубин ( $H$ , м), по горизонтальной - площади ( $f$ ,  $\text{м}^2$ ). Для упрощения записи наносимые на шкалу значения площади делятся на  $10^n$ ; степень указывается в конце шкалы ( $f \cdot 10^5 \text{ м}^2$ ); в нашем примере величины площадей, снятые с кривой, нужно умножить на  $10^5$ . На линии при значении глубины  $H=0$  откладывается величина площади зеркала озера ( $f_0$ ), в приводимом примере (табл. 6, рис. 7)  $f_0=339700 \text{ м}^2$ ; на линии  $H=1$  м - площадь, ограниченная первой изобатой  $f_1=306500 \text{ м}^2$ , и т.д. Через полученные точки проводим плавную линию - батиграфическую кривую  $f=f(H)$ .

Площадь, заключенная между батиграфической кривой и осями координат ( $0f_0H_{\max}$  на рис. 7), изображает в масштабе чертежа объем всей водной массы озера; площади  $0f_0f_1$ ,  $1f_1f_2$  и т.д. - объемы слоев между изобатами. Определив планиметрированием площади  $0f_0f_1$ ,  $1f_1f_2$  и др. и умножив их на значение единицы измерения площади в масштабе чертежа, получим величину объемов слоев между изобатами. Так, например, если масштаб глубин 1 см:1 м, а площадей 1 см:  $0,5 \cdot 10^5 \text{ м}^2$  (рис. 7), то 1 см<sup>2</sup> на чертеже соответствует  $0,5 \cdot 10^5 \text{ м}^3$  ( $1 \text{ м} \cdot 0,5 \cdot 10^5 \text{ м}^2 = 0,5 \cdot 10^5 \text{ м}^3$ ) при площади  $0f_0f_1$  (слой от поверхности до глубины 1 м), равной  $6,462 \text{ см}^2$ , объем слоя будет равен  $6,462 \cdot 0,5 \cdot 10^5 = 3,231 \cdot 10^5 \text{ м}^3$ , что соответствует величине объема между изобатами 0-1 м (графа 3, табл. 6). Таким образом, для определения объема озера и объемов слоев графическим методом может быть использована батиграфическая кривая.

Зависимость объема всего озера и объемов слоев от глубины выражается объемной кривой, которая строится совместно с батиграфической кривой; шкала ( $V$ ,  $\text{м}^3$ ) располагается параллельно ( $f$ ,  $\text{м}^2$ ) (рис. 7). Для построения объемной кривой на горизонтальных линиях, соответствующих отложенным на вертикальной оси точкам глубин (0, 1, 2 и т.д.) откладываются величины объемов воды, расположенных под





изобатами, из графы 4, табл. 6. На линии при значении глубины  $H = 0$  откладывается полный объем озера ( $V_0 = 1362185 \text{ м}^3$ ), на линии  $H = 1 \text{ м}$  - величина полного объема без объема первого от поверхности слоя ( $V_0 - V_{0-1} = 1039085 \text{ м}^3$ ), на линии  $H = 2 \text{ м}$  - величина полного объема без объемов двух верхних слоев ( $V_0 - V_{0-2} = 748710 \text{ м}^3$ ) и т.д. В точке максимальной глубины  $V = 0$ . Через отложенные точки проводим плавную линию - объемную кривую  $V = f(H)$ .

Батиграфическая и объемная кривые могут быть построены по плану котловины озера в горизонталях. В этом случае на вертикальной оси вместо глубин откладываются отметки горизонталей (высоты уровней воды) в абсолютных или относительных величинах.

По батиграфической и объемной кривым определяются площадь и объем озера при изменениях уровня воды. Для этого от отметки соответствующего уровня (глубины) на вертикальной шкале проводится горизонтальная линия до пересечения с кривыми и по шкалам отсчитываются величины площади и объема. Например, при понижении уровня на  $1,5 \text{ м}$  ( $H_n$ ) площадь зеркала будет равна  $f_n = 285000 \text{ м}^2$ , а объем  $V_n = 895000 \text{ м}^3$  (рис. 7).

#### ЗАДАНИЕ 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ПО ВЕРТИКАЛИ В ОЗЕРЕ

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  $4^\circ\text{C}$  (температура

наибольшей плотности). При нагревании (в пределах от 0° до 4°С) или охлаждении (при температуре выше 4°С) верхних слоев воды увеличивается их плотность, что приводит к погружению слоев на глубину и замещению более легкими (менее плотными) - глубинными слоями воды.

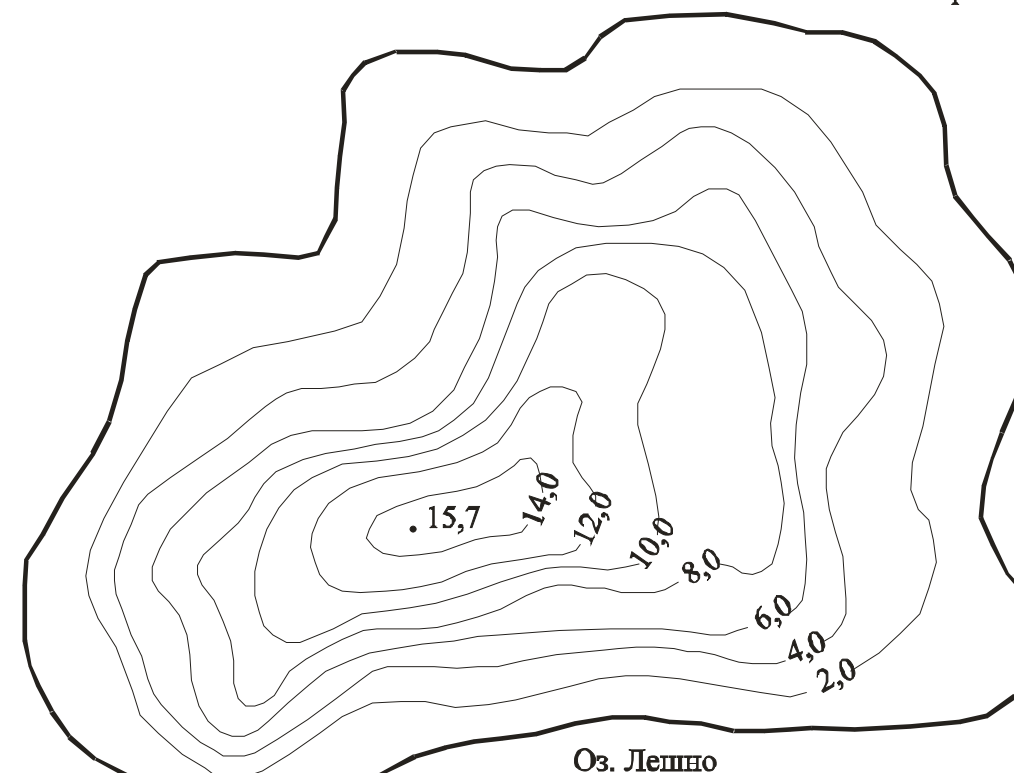
Таким образом, возникающее перемешивание слоев (вертикальная конвективная циркуляция) обуславливается разной плотностью воды на различных глубинах. Конвективное перемешивание прекращается, когда вся вода в озере принимает однородную температуру, равную температуре придонного слоя воды, а для неглубоких озер  $t = 4^{\circ}\text{C}$ , такое состояние в озере называется гомотермией (рис. 8, кривая 2) и характерно для переходных периодов термического режима - весны и осени.

При охлаждении воды до температуры ниже 4°С 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 °С. С глубиной температура увеличивается и у дна водоемов находится в пределах 1,5 ~ 4,0°С,- а при прогреве от теплоотдачи дна иногда несколько выше 4°С. Такое возрастание температуры с глубиной называется обратной термической стратификацией /рис.8, кривая 1/.

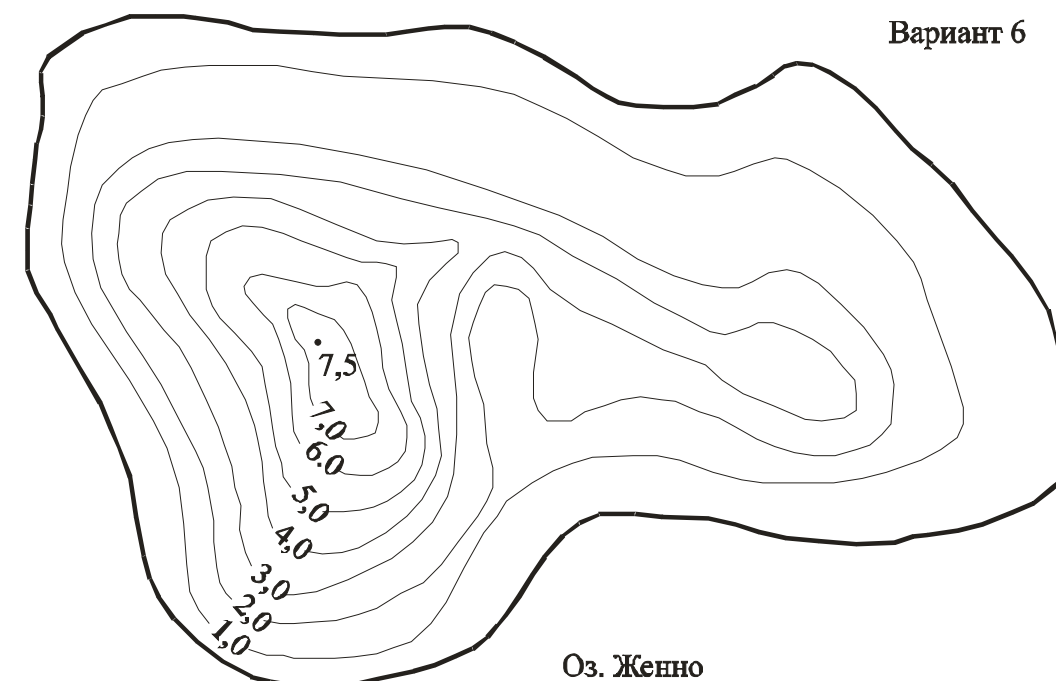
После наступления весенней гомотермии при дальнейшем накоплении тепла в процессе весеннего и летнего нагревания озера верхние его слои становятся все более теплыми и лёгкими, а в нижерасположенных слоях вода будет холоднее и плотнее. Такое убывание температуры с глубиной называется прямой термической стратификацией /рис.8, кривая III/.

В глубоких пресных озерах зоны умеренного климата летом, при прямой термической стратификации, сильно и равномерно нагретый верхний слой воды - эпилимнион - подстилается более холодным глубинным слоем - гиполимнионом. Между эпилимнионом и гиполимнионом располагается слой температурного скачка - металимнион, в котором температура резко понижается с глубиной (см. рис. 8). 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 раз-

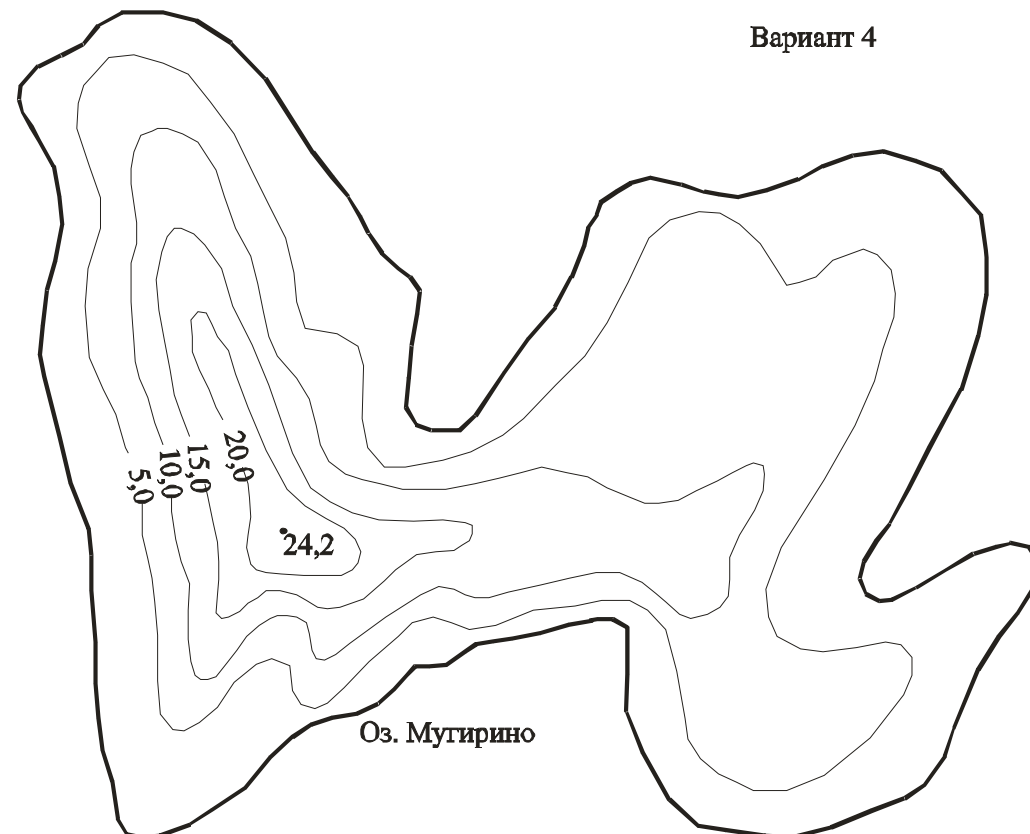
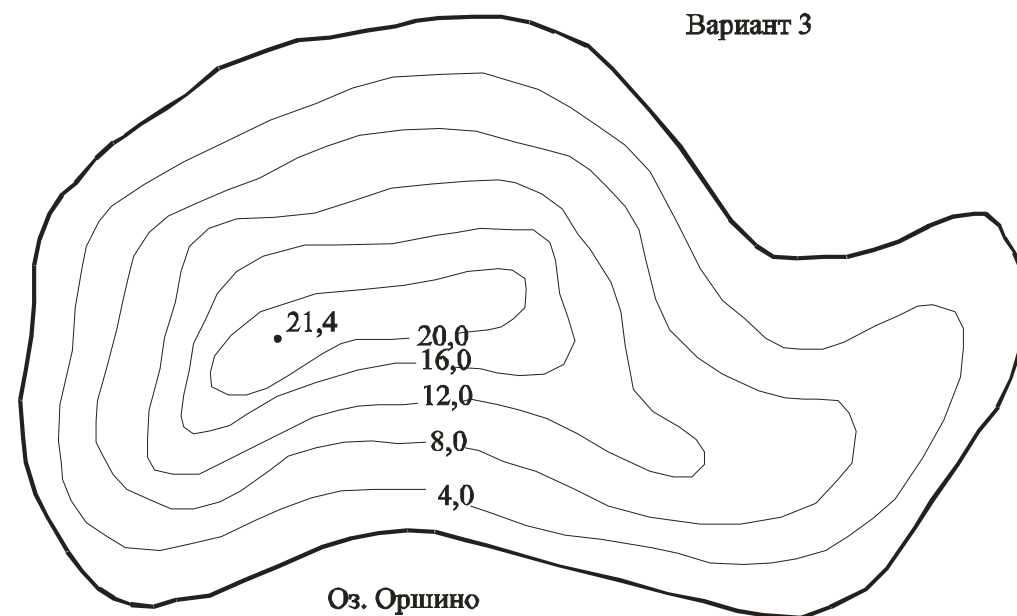
Вариант 5



Вариант 6







витию 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.

#### Содержание:

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 распределения температуры с глубиной при прямой термической стратификации вертикальные температурные зоны: эпилимнион, металимнион (слой температурного скачка), гипolimнион (рис. 8). Определить вертикальный градиент температуры  $\Theta = \frac{dt}{dh}$  (изменение температуры на 1 м глубины) в слое температурного скачка и его наибольшее значение ( $\Theta_{\text{макс}}$ ).

3. Вычислить среднюю температуру ( $t_{\text{ср}}$ , °C) воды по вертикали для периода прямой термической стратификации, используя график (эпюру) распределения температуры воды по глубине.

#### Выполнение:

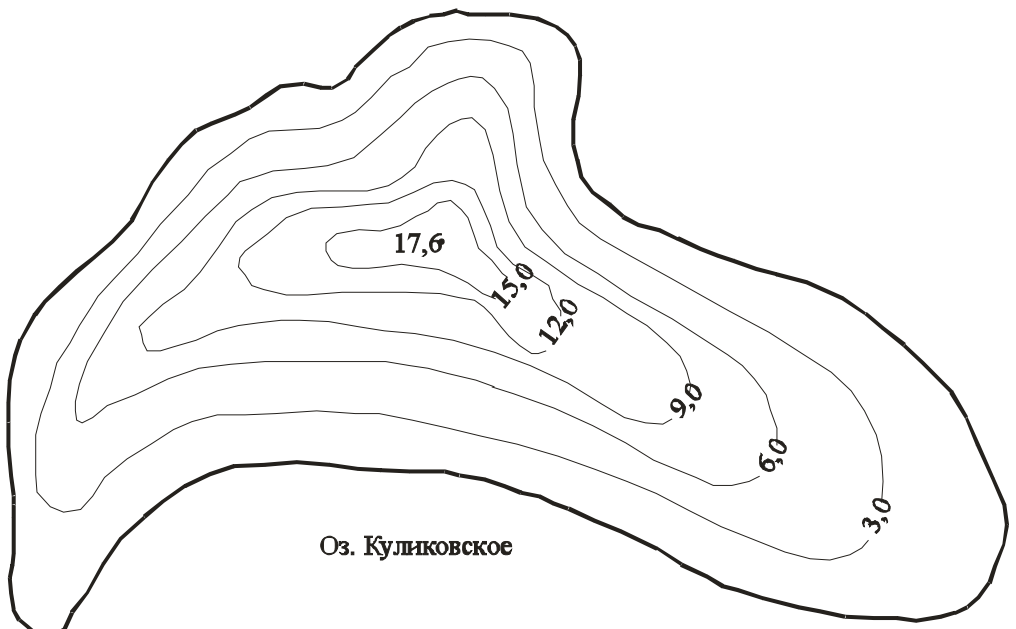
1. График распределения температуры воды по глубине строится на миллиметровой бумаге по данным измерений температуры на вертикали в озере (табл. 7). По оси ординат откладываются глубины в метрах, по оси абсцисс - температура °C. На график наносятся точки, соответствующие температуре воды на разных горизонтах измерения. Полученные точки соединяются плавной линией, которая характеризует распределение температуры воды от поверхности до дна водоема.

Рекомендуемые масштабы для глубин - в 1 см 0,5; 1 или 2 м, для температуры - в 1 см 0,5; 1 или 2 °C.

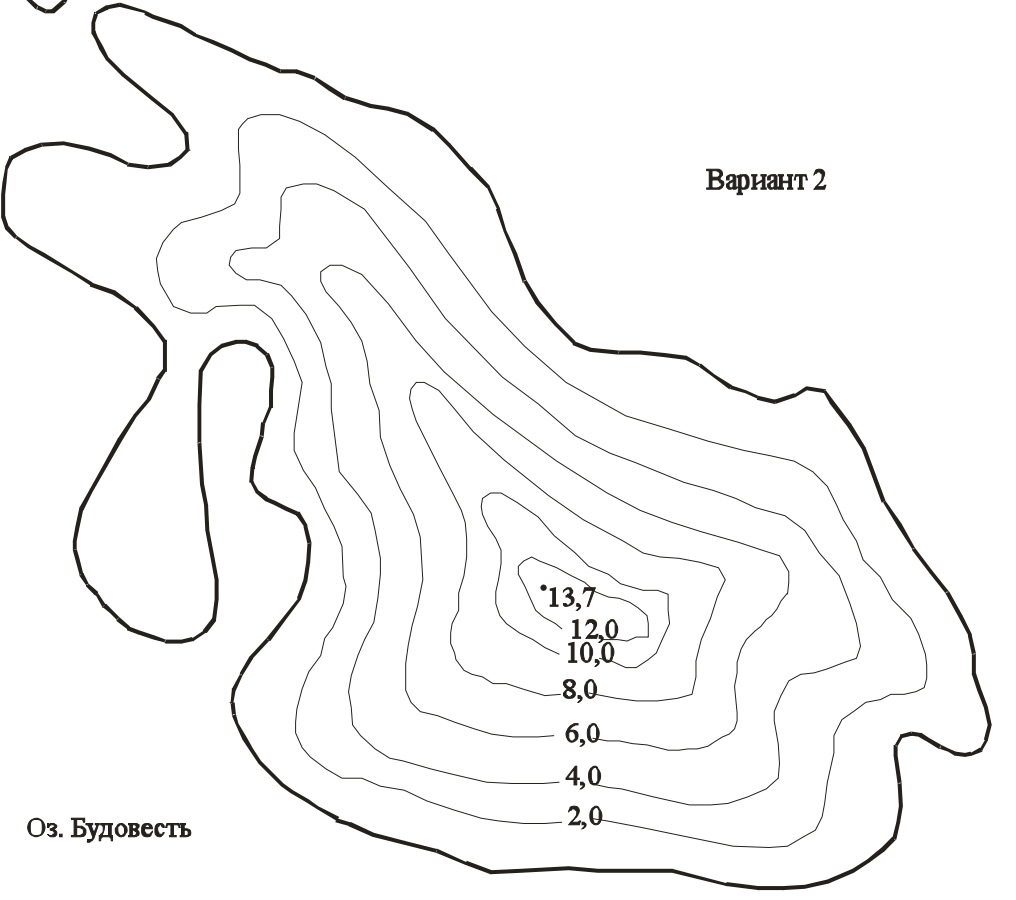
2. На графике - кривая 3 прямой термической стратификации - определяем участок резкого перепада температуры с глубиной и через начальную и конечную точки, параллельно оси абсцисс, проводим го-

Варианты задания 3

Вариант 1



Вариант 2



горизонтальные линии, выделяя слои эпилимниона, металимниона и гиполимниона.

На рис. 8 (кривая 3) 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 –  $\Theta = 1,8^\circ\text{C}$  на 1 м (16,4:9). Для определения наибольшего градиента температуры выбираем отрезок кривой в слое скачка с наибольшим перепадом температуры. В нашем примере  $\Theta_{\text{наиб}} = 4^\circ\text{C}$  на 1 м в слое 5 – 6 м.

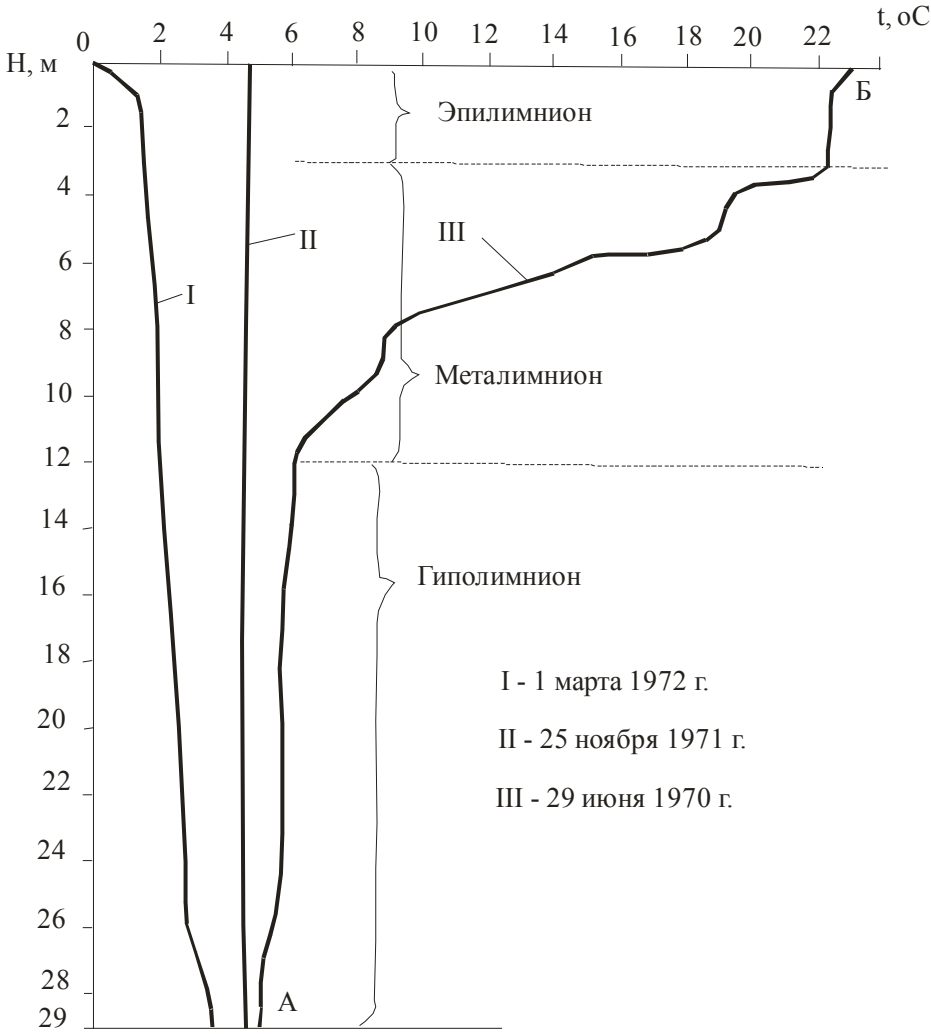


Рис. 8. График распределения температуры воды по глубине в озере Кривом

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты задания 1 – 2

Вариант задания	Название реки	Вариант задания	Название реки
1	<b>Западная Двина</b>	14	<b>Западный Буг</b>
2	Лучоса	15	Мухавец
3	Улла	16	Лесная
4	Эсса	17	<b>Днепр</b>
5	Полота	18	Друть
6	Дисна	19	Свислочь
7	Нища	20	Березина
8	Свольна	21	Плисса
9	<b>Неман</b>	22	Бобр
10	Западная Березина	23	Проня
11	Щара	24	<b>Припять</b>
12	Ислочь	25	Ясельда
13	Вилия	26	Оресса

3. Средняя температура воды на вертикали ( $t_{cp}$ , °C) может быть вычислена с помощью графика распределения температуры воды по глубине; определяется как частное от деления площади эпюры, ограниченной на графике координатными осями, кривой распределения температуры воды и линией дна, на полную глубину вертикали:

$$t_{ср} = \frac{S, м \cdot оС}{H, м}, \text{ где } S - \text{площадь эпюры (м} \cdot \text{°C)}; H - \text{глубина вертикали в метрах.}$$

Таблица 7

Распределение температуры воды на глубине в оз.Кривом (Ушачская группа озер, БССР)

Глубина, Н м	Температура воды, t °C		
	1 марта 1972 г.	25 ноября 1971 г.	29 июня 1970 г.
Поверхн.	0,2	4,8	23,1
1	1,2		22,6
2	1,5	4,8	22,6
3			22,6
4		4,8	19,6
5	1,7		19,4
6		4,8	15,4
7			12,4
8	1,9	4,8	9,3
9			8,9
10	2,0	4,8	8,2
12			6,2
14	2,2	4,8	6,2
16			5,9
18			5,9
20	2,7	4,8	5,9
22			5,9
24	3,0		5,9
26	3,1	4,8	5,6
28	3,7		5,2
29	3,8	4,9	5,2

Площадь эпюры распределения температуры воды по глубине определяется с помощью планиметра или палетки. В нашем примере (рис. 8) площадь эпюры (площадь ОБА29)  $S = 284,8 \text{ м} \cdot \text{°C}$  в масштабе чертежа, глубина вертикали  $H = 29 \text{ м}$ :

$$tc = \frac{S, м \text{ } ^\circ C}{H, м} = \frac{284,8}{29} = 9,8 ^\circ C.$$

На листе миллиметровой бумаги рядом с построенным графиком помещается таблица распределения температуры воды по глубине, расчеты градиентов температуры и средней температуры для периода прямой термической стратификации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Аполлон Б.А.* Учение о реках. – М.: Изд.МГУ, 1963. – 125 с.
2. *Базыленко Г.М.* Лабораторно-практические занятия по курсу общей гидрологии. – Мн.: БГУ, 1975. – 59 с.
3. *Богословский Б.Б.* Основы гидрологии суши. – Мн.: БГУ, 1974. – 250 с.
4. *Давыдов Л.К., Дмитриева А.А., Конкина Н.Г.* Общая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 179 с.
5. *Клибашев К.П., Горошков И.Ф.* Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 125 с.
6. *Лучшева А.А.* Практическая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 320 с.
7. Руководство по обработке и подготовке к печати данных наблюдений на озерах и водохранилищах. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 302 с.
8. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 160 с.
9. *Чеботарев А.И.* Общая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 355 с.