

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Повилинов Игорь Егорович

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 05.07.2023 08:13:07

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Уникальный программный ключ: 6d465b936eef331cede482bde6d12ab98216652f016465d53b72a7eab0de1b2

«Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»)

историко-географический факультет

Кафедра физической географии и геоморфологии им. Е.И.

Арчикова

ГИДРОЛОГИЯ

Методические указания к практическим и лабораторным работам

Чебоксары 2023

Гидрология: Метод. указания к практическим и лабораторным работам / Сост. О.А. Шлемпа; Чуваш. ун-т. Чебоксары, 2023. 38 с.

Методические указания содержат теоретическую часть и рекомендации к выполнению лабораторных работ. Составлены в соответствии с действующей программой. Тематика и содержание приведенных лабораторных работ ориентированы на работу с профильным учебником «Гидрология» (авт. Михайлов В.Н., Добролюбов А.Д., 2018).

Предназначены для студентов направлений 05.03.02 «География» и 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

Отв. редактор к.г.н, доцент Гаврилов О.Е.

Утверждено Методическим советом университета.

Содержание

Гидрометеорологические приборы и справочники	4
Морфометрические характеристики реки и её бассейна	5
Определение продолжительности и повторяемости стояния уровней.....	10
Скорости течения в живом сечении речного русла.....	13
Построение кривой расходов.....	16
Построение гидрографа реки.....	20
Характеристики речного стока.....	23
Определение морфометрических характеристик озера.....	26
Распределение температуры воды в озере по вертикали.....	30
Мировой океан и его части.....	34
Закономерности распределения температуры, солёности и плотности в Мировом океане.....	36

Работа №1. Гидрометеорологические приборы и справочники

1. Ознакомиться с устройством и принципами действия основных гидрометрических приборов, предназначенных для изучения процессов, происходящих в реках, озерах, водохранилищах.

Водомерные рейки (вертикальные, наклонные, переносные)— регистраторы уровня воды. Указатель уровня У-52— позволяет измерить уровень с точностью до 1 см и автоматически отмечает наивысший и наименьший уровни между сроками наблюдений.

Самописец уровня «Валдай» СУВ-М и самописец уровня воды длительного действия ГР-38— предназначены для непрерывной записи колебаний уровня воды.

Наметка, лот ручной, лот механический — предназначены для измерения глубин при выполнении промерных работ.

Гидрометрические вертушки (ГР-21М, ГР-55, ГР-11М)— предназначены для измерения скорости течения в водотоках.

Измеритель течений ГР-42— применяется для измерения скорости и направления течений в озерах и водохранилищах.

Водный термометр и глубоководный опрокидывающийся термометр — регистраторы температуры воды.

Электротермометр гидрологический полевой ГР-41М — предназначен для дистанционного измерения температуры воды.

Батометры (А. Н. Жуковского, Молчанова ГР-18) — служат для взятия проб воды со взвешенными наносами, для определения мгновенных значений мутности.

Батометр-бутылка на штанге (ГР-16, ГР-16М), батометр-бутылка в грузе ГР-15М, вакуумный батометр ГР-61— предназначены для взятия проб воды со взвешенными наносами при длительном наполнении.

2. Ознакомиться с основными гидрологическими справочниками, их структурой содержащимися в них материалами («Гидрологический ежегодник», «Сведения об уровне воды на реках и озерах», «Материалы по режиму рек СССР», «Справочники по водным ресурсам СССР»).

Работа №2 Морфометрические характеристики реки и её бассейна.

Важнейшими морфометрическими показателями, характеризующими величину и форму бассейна и гидросети служат площадь, ширина, асимметричность и конфигурация, длина реки, ее извилистость, уклон, густота речной сети, а также лесистость, озерность и заболоченность бассейна. Они позволяют выполнить гидрологические расчёты в случаях недостатка или отсутствия материалов наблюдений.

Задание.

1. Выделить водораздельную линию и определить ее длину.
2. Определить площадь бассейна.
3. Измерить: а) длину бассейна; б) среднюю и наибольшую ширину; в) коэффициенты асимметрии и развития водораздельной линии.
4. Вычислить 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

Водораздельная линия – отделяет данный речной бассейн от соседних. Проводится по наиболее высоким отметкам рельефа. Длина водораздельной линии (S , км) определяется в масштабе карты при помощи циркуля-измерителя с раствором 2 мм.

Площадь бассейна (F , км²) определяется при помощи палетки раздельно для правого и левого берегов реки. Также определяются площади озёр, лесов, болот, пашни.

Площадь бассейна реки определяется по формуле

$$F_{\text{бассейна}} = F_{\text{л}} + F_{\text{п}} + F_{\text{р}}$$

где

a - размер условного квадрата, который используют для подсчета площади фигуры на карте в см

n - число условных квадратов в пределах фигуры на карте

F' - площадь изучаемой фигуры в см

φ - масштабный коэффициент, показывающий соотношение между площадью, равной 1 см на карте и соответствующей площадью на местности

Длина бассейна (L_b , км) определяется расстоянием по прямой от устья (закрывающего створа) реки к ее истоку до наиболее отдаленной точки водораздельной линии.

Наибольшая ширина бассейна (B) равна длине наибольшего перпендикуляра к линии длины бассейна.

Средняя ширина бассейна (B_{cp} , км) вычисляется по формуле:

$$B_{cp} = \frac{F_{басс}}{L_{бас}}$$

Коэффициент асимметрии бассейна (a), описывает неравномерность распределения площадей правой и левой частей бассейна, определяется по формуле:

$$a = \frac{F_{лев} - F_{прав}}{F_{лев} + F_{прав}} \cdot 2$$

Коэффициент развития водораздельной линии бассейна (m), описывает конфигурацию речного бассейна, определяется по формуле:

$$m = 0,28 \frac{S}{\sqrt{F}}$$

Коэффициенты озерности заболоченности и лесистости определяются по формулам:

$$K_{оз} = \frac{f_{оз} \cdot 100}{F}$$

$$K_{б} = \frac{f_{б} \cdot 100}{F}$$

$$K_{л} = \frac{f_{л} \cdot 100}{F}$$

где $f_{оз}$, $f_{б}$, $f_{л}$ соответственно площадь озер, болот, лесов в пределах бассейна.

Длина реки (L) – расстояние вдоль русла между истоком и устьем. Определяется как и длины притоков ($l_1, l_2 \dots l^n$) в километрах по карте двукратным измерением (от устья до истока, затем в обратном направлении) с помощью циркуля-измерителя с постоянным раствором 1–2 мм. Расхождение между количеством отложений раствора циркуля при двух измерениях не должно превышать 2%, и для подсчета берется их среднее значение. Отсчёт начинают с устья реки, как от более определенной точки, чем исток, до первого притока, затем от первого до второго притока и т. д., что необходимо для построения гидрографической схемы реки.

Производим измерение длины реки по формуле

$$L_r = n \cdot a \cdot k \cdot \omega$$

где

n - среднее число шагов циркулем

a - масштабный коэффициент

k - поправочный коэффициент на извилистость

ω - постоянный раствор циркуля

Коэффициент извилистости реки определяется по формуле:

$$K_{изб} = \frac{L_{реки}}{L_1}$$

где $L_{реки}$ - длина всей реки

L_1 - кратчайшее расстояние от истока до устья

Коэффициент густоты речной сети (D) показывает количество километров гидрографической сети приходящихся на единицу площади водосбора и вычисляется по формуле:

$$D = \frac{\sum L_i}{F_{бас}}$$

где L_i - суммарная длина гидрографической сети водосбора

$F_{бас}$ - площадь всего водосбора

Продольный профиль реки это график изменения высотных отметок дна и водной поверхности вдоль русла. Продольный профиль строится на основании данных о протяженности отдельных характерных участков реки и высотных отметок границ этих участков.

Падение реки (ΔH) это разность отметок дна или водной поверхности на каком либо участке

Уклон (I) реки характеризует крутизну продольного профиля и определяется как отношение падения реки (изменение высоты) к длине реки.

$$I = \frac{\Delta H}{L_{реки}}$$

Таблица №1

Ведомость измерения длины реки для построения гидрографической схемы

Участки	Кол-во измерений n			k	L км	Расстояние от зам. створа	Расстояние от истока
	1 изм	2 изм	среднее				
Замыкающий створ							
Устье притока 1							
Устье притока 2							
Устье притока 3							
Исток							
Приток 1							
Приток 2							
Приток 3							

Гидрографическая схема составляется для схематического изображения речной системы. При её построении используются длины главной реки и притоков и расстояния мест впадения

притоков в главную реку. Главная река изображается в виде прямой линии, притоки первого порядка в виде отрезков примыкающих их к прямой под углом 45° . Указываются расстояния от устья главной реки до устьев притоков, длины притоков.

Работа №3. Определение повторяемости и продолжительности стояния уровней

Статистическая обработка гидрологических показателей: уровней, расходов воды, стока и т. п. в различные периоды (многолетний, отдельный год, период ледохода и весеннего половодья, межень и т. д.) позволяет определить повторяемость (частоту) и продолжительность (обеспеченность) и построить кривые частоты и обеспеченности. Это дает возможность решить практические задачи по определению периода, в течение которого уровень воды в реке, не опускался ниже заданного, или определить чаще встречающийся уровень.

Повторяемость уровней представляет количество дней или лет — число случаев стояния уровней в заданном уровне интервале. Повторяемость, выраженная в процентах от общего количества дней рассматриваемого периода, называется *частотой*.

Продолжительность стояния уровня — среднее многолетнее число дней в году, когда наблюдается уровень не выше данного. Продолжительность, выраженная в процентах от всего расчетного периода, называется *обеспеченностью* ($P, \%$).

Задание

1. По данным годовой таблицы ежедневных уровней воды составить ведомость повторяемости (частоты) и продолжительности (обеспеченности) уровней воды реки
2. Построить кривые частоты и обеспеченности
3. Определить на графиках частоты и обеспеченности характерные уровни и указать их величины.

Методические указания

1. При составлении ведомости повторяемости и продолжительности стояния уровней амплитуда колебания от максимальных до минимальных данных таблицы ежедневных уровней воды разбивается на 10 — 15 интервалов, значения которых записывают в графу 1 табл.2. При этом максимальный уровень округляем в большую сторону, а минимальный в меньшую. Величины интервалов записываются в графу 1 ведомости в убывающем порядке.

Таблица 2.

Ведомость повторяемости (частоты) и продолжительности
(обеспеченности) уровней воды

Интервал уровней воды, см	Число дней стояния уровней в интервале по месяцам							Повторяемость (частота)		Продолжительность (обеспеченность)	
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	.. .	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XI</i> <i>I</i>	дни	%	дни	%
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	.. .	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>
520- 500	—	—	2	.. .	—	—	—	2	0,54	2	0,54
499- 480	—	—	3	.. .	—	—	—	3	0,81	5	1,35
...
79- 60	8	9	5	.. .	13	13	14	96	25,9	321	87,9
59- 40	1 0	—	—	.. .	—	—	—	45	12,1	366	100

Итог	3	2	31	..	31	30	31	366	100	–	–
о	1	9		.							

Из таблицы ежедневных уровней воды определяем ежемесячно число дней стояния уровней в пределах каждого интервала и записываем их в графах 2—13 табл. 2; при проверке («Итого») вертикальное суммирование должно дать число дней в каждом месяце. Суммирование числа случаев (дней) за все месяцы для данного интервала дает повторяемость уровней за год для каждого интервала и записывается в графу 14 табл. 2. Частота уровня (или относительная повторяемость) вычисляется в процентах по отношению к 365 дням и записывается в графу 15 табл. 2.

Продолжительность стояния уровня в днях определяется путём последовательного сложения величин повторяемости. Для последнего интервала продолжительность стояния уровней равна 365 дням, что соответствует обеспеченности 100%. Продолжительность стояния уровней в днях и в процентах записывается в графы 16 и 17 таблицы 2.

2. По данным таблицы 2, графы 1, 14-17 строятся кривые повторяемости и продолжительности уровней воды. Горизонтальный масштаб – в 1мм один или 2 дня, вертикальный масштаб зависит от амплитуды колебаний уровня. Наиболее удобные масштабы 1:10, 1:20, 1:40. По оси ординат откладываются уровни, по оси абсцисс повторяемость против середины интервала и продолжительность против нижней границы интервала. Полученные точки плавно соединяются.

3. Характерными уровнями графиков частоты и повторяемости являются модальный медианный, верхний квадрилианный и нижний квадрилианный.

Модальный уровень H^m имеет наибольшую повторяемость, определяется по кривой повторяемости как уровень имеющий наибольшую частоту.

Медианный уровень H_{50} обеспеченный на 50%.

Верхний квадрилианный H_{25} соответствует обеспеченности 25%.

Нижний квадрильянный Н₇₅ обеспеченный на 7 5%

Работа № 4. Скорости течения в живом сечении речного русла.

Для измерения расходов воды, изучения течений и особенностей распределения скоростей течения потока в водотоках и водоёмах необходимо определение скоростей течения воды. Наиболее часто скорость определяется при помощи гидрометрических вертушек в строго фиксированных точках промерных вертикалей на глубинах 0.2 h, 0.6h, 0.8h, а также у поверхности и у дна.

Морфологические особенности русла реки могут быть охарактеризованы с помощью плана или поперечного профиля.

Поперечный профиль реки – график изменения отметок дна и водной поверхности поперек русла.

Водное сечение потока – сечение русла реки вертикальной плоскостью перпендикулярной направлению течения называется.

Площадь живого сечения (W, м²) – часть площади водного сечения, где наблюдаются скорости течения.

Ширина реки (B, м) – это кратчайшее расстояние между урезами воды на обоих берегах.

Средняя глубина (H_{ср.}, м) – отношение площади живого сечения к ширине реки:

$$H_{ср.} = W : B.$$

Смоченный периметр (P, м) – длина линии дна между урезами воды на поперечном профиле речного русла. Для крупных рек $P \approx B$.

Гидравлический радиус (R, м) – отношение площади живого сечения к смоченному периметру:

$$R = W : P.$$

Распределение скоростей в живом сечении русла можно

представить с помощью изотак и эпюр (рис. 1).

Этюра (годограф) – кривая изменения скоростей воды в реке по вертикали, изображенная на плоскости параллельной направлению течения.

Задание.

1. По данным таблицы 6 построить профиль водного сечения реки, определить его площадь, ширину реки, смоченный периметр, гидравлический радиус, среднюю и максимальную глубины реки и провести изотак.

2. Провести изотак в живом сечении.

Вычислить среднюю скорость течения на каждой скоростной вертикали аналитическим способом

3. Построить эпюру распределения скоростей течения для одной скоростной вертикали с максимальной глубиной и вычислить для неё среднюю скорость графическим способом

Методические указания.

1. По данным о глубине промерных вертикалей и расстоянию от берега (колонки 2 и 3 таблицы 3) построить на миллиметровке профиль дна, получив, таким образом, водное сечение. Вертикальный и горизонтальный масштаб определяется в соответствии размахом значений в таблице 3. Точки дна соединяются прямыми линиями. Выделить на каждой промерной вертикали своего варианта точки, соответствующие 0.2 h, 0.6h, 0.8h, а также у поверхности и у дна. Проставить возле них значения скорости течения (колонки 4-8). Определить общую площадь живого сечения реки:

$$\sum W = W_i + W_{i+1} + \dots + W_n.$$

2. Изотак – линии, соединяющие в живом сечении реки точки с одинаковыми скоростями воды, т.е. это линии равных скоростей. Точки равных скоростей соединяют плавными кривыми, интерполируя между значениями скоростей по вертикали. Изотак могут выходить на поверхность или в дно. Количество изотак зависит от максимальной скорости.

3. Определение средней скорости аналитическим способом на

промерных вертикалях осуществляется при помощи следующих формул:

При измерении в пяти точках $v_{cp} = 0,1(v_{пов} + 3 v_{0.2} + 3 v_{0.6} + 2 v_{0.8} + v_{дно})$

При измерении в трёх точках $v_{cp} = 0,25(v_{0.2} + 2 v_{0.6} + v_{0.8})$

При измерении в двух точках $v_{cp} = 0,5(v_{0.2} + v_{0.8})$

При измерении в одной точке $v_{cp} = v_{0.6}$

4. Для скоростной вертикали с наибольшей глубиной построить эпюру скоростей.

Эпюра скоростей (годограф) — фигура ограниченная линиями промерной вертикали, поверхности, дна и профилем скоростей. При построении эпюры по вертикали откладываются глубины, по горизонтали, напротив соответствующих точек, скорости в соответствии с выбранным масштабом и соединяют их плавной линией, продлив её до линий поверхности и дна. Площадь эпюры определяется при помощи палетки и численно равна расходу воды через вертикаль $q = v_{cp} \cdot h$, м²/с. Следовательно $v_{cp} = q/h$

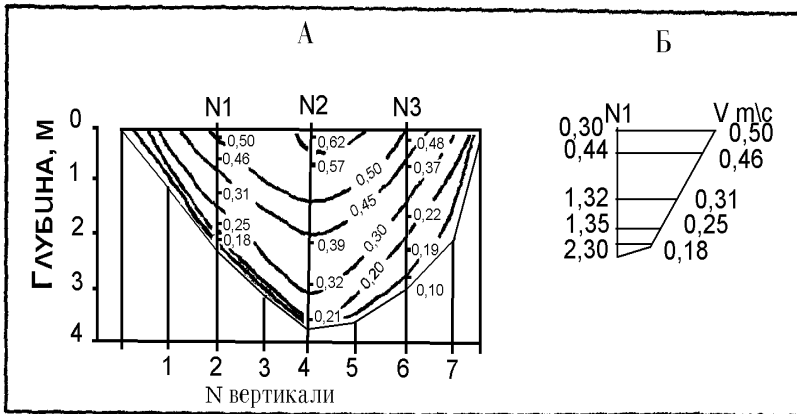


Рис. 1. Изотахи (А) и эпюры (Б) в живом сечении реки

Таблица 3.

Ведомость измеренных скоростей течения в живом сечении р.
Суры, пост №1,

№ промерной вертикали	Расстояние от левого берега, м	Глубина, (Н, м)	Скорости течения (м/с) на промерных вертикалях в точках				
			У поверхности (0.1 м)	0,2Н	0,6 Н	0,8Н	У дна (0.1 м)
Ур.л.б	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					

Ур.п.б	130	0,00					
--------	-----	------	--	--	--	--	--

Работа № 5. Построение кривой расходов воды.

Расход воды (Q , м³/с) — количество воды, протекающее через поперечное сечение русла в единицу времени является основным количественным показателем водности реки. Между расходом протекающей в реке воды и уровнем существует определенная гидравлическая зависимость, на основе которой практически по материалам наблюдений гидрологических потоков определяется связь между величинами расходов (Q) и уровней (H), необходимая для подсчета стока воды.

В гидрометрии принято определять зависимость $Q = f(H)$, т. е. зависимость расходов от уровней, хотя физически расход является (независимой переменной, а уровень — функцией. Так принято потому, что измерения уровней на гидрологических постах производятся ежедневно в стандартные сроки, а измерения расходов — значительно реже вследствие большой трудоемкости этих работ, т. е. практически величина расхода воды за каждый день определяется по уровню. Следовательно, если в каком-либо гидрометрическом створе на реке измерены расходы воды при различной высоте уровня (в половодье, межень и т. д.), то можно построить графические зависимости (кривые) расходов воды (Q), средних скоростей течения (v) и площадей водного сечения (ω) от уровня воды (H).

Зависимость между расходами и уровнями может быть изображена графически в виде кривой зависимости расходов от уровней, или кривой расходов $Q = f(H)$, зависимость $Q = f(H)$, представленная в виде одной плавной кривой (в случае, если определенному значению уровня соответствует определенное значение расхода воды) называется однозначной.

В данной работе рассматривается построение кривой расходов при однозначной зависимости $Q = f(H)$.

Задание

1. По данным ведомости измеренных расходов воды построить кривые зависимостей расхода воды (Q), площади водного сечения (ω) и средней скорости (v_{cp}) от уровня (H).
2. Произвести увязку построенных кривых: $Q = f(H)$, $\omega = f(H)$, $v_{cp} = f(H)$.

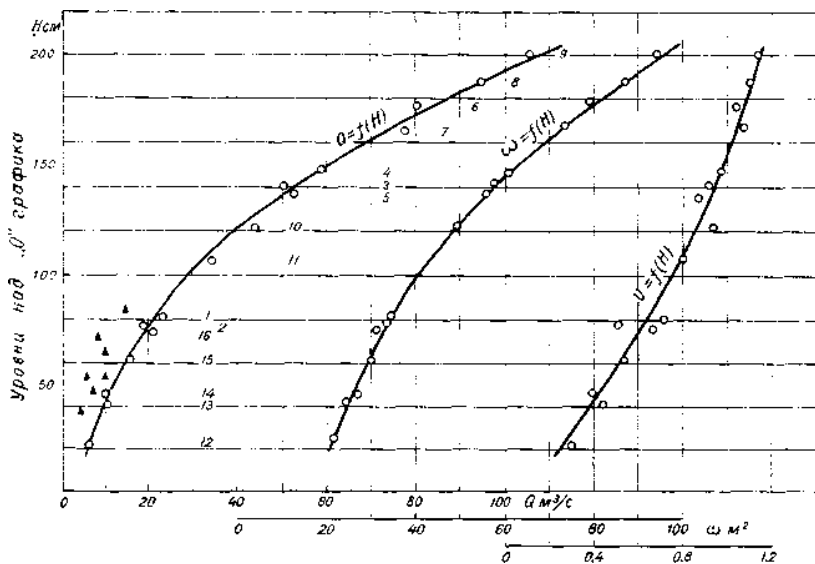


Рис. 2. Кривые расходов, площадей живого сечения и средних скоростей течения.

Методические указания

1. Кривая расходов строится по данным таблицы «Измеренные расходы воды», помещенной в «Гидрологическом ежегоднике». Кривая расходов $Q = f(H)$ строится в системе прямоугольных координат совместно с кривыми площадей $\omega = f(H)$ и средних скоростей $v_{cp} = f(H)$. Для построения кривой расходов $Q = f(H)$ используется столько точек, сколько расходов воды было измерено в течение года. При этом, по оси ординат откладываются уровни воды в сантиметрах над «0» графика, а по оси абсцисс — расходы

воды в $\text{м}^3/\text{с}$. Взяв из ведомости уровень (H) и измеренный при этом уровне расход (Q), наносят по этим данным на график точку (обводят ее кружком) и подписывают около нее порядковый номер расхода. Так делают для всех измеренных расходов, помещенных в ведомости. По полученным точкам проводят осредненную кривую так, чтобы точки, не совпадающие с кривой, расположились около нее симметрично. Кривую расходов проводят на глаз плавной линией, по середине полосы рассеивания точек расходов. Кривая должна быть плавная, без изломов и резких перегибов. Аналогично кривой расходов строятся кривые площадей водного сечения $\omega = f(H)$ и средних скоростей $v_{cp} = f(H)$. Для построения их используется та же шкала уровней по оси ординат, что и для кривой расходов. По оси абсцисс для кривой площадей откладывают площади водного сечения (ω , м^2) при соответствующих уровнях воды, а для кривой средних скоростей — средние скорости течения (v_{cp} , $\text{м}/\text{с}$). Точки на график наносятся таким образом, чтобы для каждой даты измеренного расхода значения Q, ω , v_{cp} точно соответствовали одному положению уровня. Масштабы кривых выбираются в зависимости от величин уровней, расходов, площадей водного сечения и средних скоростей так, чтобы прямая, соединяющая начальные и конечные точки кривой $Q = f(H)$, составила с осью абсцисс угол примерно 45° .

2. Кривые площадей водного сечения и средних скоростей необходимы для экстраполяции кривой расходов и для анализа надежности измеренных расходов. Все три кривые $Q = f(H)$, $\omega = f(H)$, $v_{cp} = f(H)$ связаны между собой равенством $Q = v_{cp} \omega$, по которому необходимо произвести их увязку, т. е. расход (Q, $\text{м}^3/\text{с}$), снятый с кривой $Q = f(H)$ при заданном уровне должен равняться средней скорости v_{cp} снятой с кривой $v_{cp} = f(H)$, умноженной на площадь водного сечения (ω , м^2), снятую с кривой $\omega = f(H)$, при том же уровне. Такое сопоставление расходов производится для трех выборочных значений уровня (H) (практически это делается для всей амплитуды) в верхней, средней и нижней частях кривых. Расхождение между расходами, снятыми с кривой $Q = f(H)$ и

вычисленными по уравнению $Q = v_{cp} \omega$, должно быть не более 1,5%; если оно больше, то в соответствующем интервале следует исправить положение кривых.

Работа №6. Построение гидрографа реки

Изменение расходов воды и реке показывает *гидрограф* – график показывающий изменение ежедневных секундных расходов воды (Q , м³/с) во времени $Q = f(t)$. Гидрограф характеризует колебания водности реки в различные фазы гидрологического режима (половодье, межень, паводки) и их продолжительность (рис.3). Гидрограф позволяет определить объем годового стока реки, стока отдельных месяцев и периодов, определить типы питания реки в различные сезоны, рассчитать, какую часть годового стока дает каждый тип питания и сезон. На основании различных соотношений разных видов питания строится классификация рек М.И. Львовича. 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 градаций (50 и 80%) снижены до 50 и 25%.

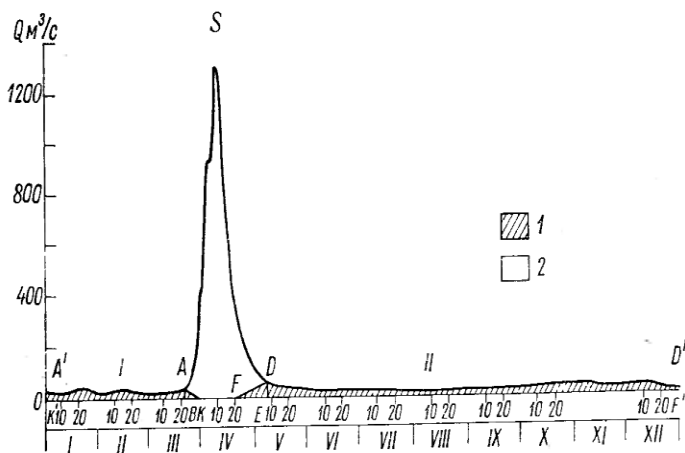


Рис3. Гидрограф реки.

Задание.

1. По данным таблицы ежедневных расходов воды построить гидрограф реки.
2. Расчленить гидрограф по видам питания.
3. Определить величину снегового, дождевого и грунтового питания и преобладающий тип питания.

Методические указания.

1. По данным таблицы ежедневных расходов воды и в соответствии с масштабами построить на миллиметровке график изменения расходов в течение года. На оси ординат откладываются значения расхода, на оси абсцисс – сутки и месяцы, разделенные на декады. Масштаб определяется согласно величин расхода. Ледовые явления отражаются на гидрографе при помощи условных знаков в подрисуночной строке.
2. Расчленить гидрограф на подземное, дождевое, снеговое питание по методу Б.В. Полякова. Для этого найти на графике самый высокий пик расхода, приходящийся на снеговое питание (определяется по смене отрицательных температур положительными). Предполагается, что в этот период подземное питание равно 0 (рис.3). 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.

3. Определяем долю снегового, дождевого и подземного питания. Находим общую площадь гидрографа в см^2 и умножаем на значение 1 см^2 в масштабе чертежа. Подсчитать количество см^2 , приходящихся на каждый вид питания. Для удобства полученные результаты занести в таблицу 3. На основании полученных данных делаем вывод о преимущественном виде питания реки.

Таблица 3.

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		

1. Определить «цену» 1 см^2 в единицах объема (м^3). Для этого 1 см вертикального масштаба (например, $10 \text{ м}^3/\text{с}$) надо умножить на 1 см горизонтального (например, 2 декады, т.е. 20 сут): $1 \text{ см}^2 = 10 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 20 \text{ сут} \cdot 86400 \text{ с} = 17,28 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

2. Перемножив данные колонок 2 и 3 таблицы 8, рассчитать объемы стока снегового, дождевого и грунтового питания.

3. Используя классификацию М.И. Львовича, проанализировать процентное соотношение разных видов питания и определить преимущественный тип питания.

Работа №7. Характеристики речного стока.

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, объем стока, модуль стока, слой стока, коэффициент стока. Расход воды измеряется непосредственно на гидростворах, 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_0), расхода воды (Q_0), слоя стока (h_0), модуля стока (M_0).

В работе рассматривается определение годовых характеристик стока при наличии данных гидрометрических наблюдений (по таблицам ежедневных расходов воды) и при отсутствии их (по картам среднего годового стока рек).

Задание

1. По данным таблицы ежедневных расходов воды определить годовые характеристики стока (W , h , M , η) реки
2. Определить средний многолетний модуль стока (M_0) в отмеченном пункте по карте изолиний средних годовых модулей стока и вычислить основные характеристики стока (Q_0 , W_0 , h_0).

Методические указания

1. Водность реки у данного створа в тот или иной момент времени характеризуется расходом воды (Q , м³/с). Для вычисления годовых характеристик стока в первую очередь используется величина

среднего годового расхода воды (Q_{cp}) из годовой таблицы ежедневных расходов воды:

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \text{ м}^3/\text{с}$$

где Q_i — ежедневный расход или средний расход за месяц; n — число дней или месяцев в году.

а) Объем стока за год (W , м³, млн. м³ или км³)—количество воды, стекающее с бассейна за год через данный створ реки; вычисляется по формуле

$W = Q_{cp} T$, где $T = 31,54 \cdot 10^6$ — число секунд в году.

б) Слой стока (h , мм) за год представляет собой высоту слоя воды, который образуется, если объем стока реки равномерно распределить по площади бассейна; вычисляется путем деления объема стока на площадь бассейна (F , км²)

$$h = \frac{W}{F \cdot 10^6} \text{ м}$$

Здесь 10^3 в числителе — перевод линейных метров в миллиметры; 10^6 в знаменателе — перевод квадратных километров в квадратные метры.

Сток вычисляется в виде слоя при расчетах, в которых он сопоставляется с атмосферными осадками и испарением, выражаемыми также в миллиметрах слоя (расчеты водного баланса, определение коэффициента стока).

в) Модуль стока (M , л/с • км²) — объем воды в литрах, стекающий в секунду с квадратного километра площади бассейна:

$$M = \frac{Q_{\text{ср}} \cdot 10^3}{F} \text{ л/с км}^2$$

Здесь 10^3 в числителе — перевод кубических метров в литры.

Модуль и слой стока являются величинами, отнесенными к единице площади бассейнов рек, и поэтому служат хорошими показателями для сравнения условий стока различных по величине бассейнов и широко используются для построения карт стока.

г) Коэффициент стока (η) выражается отвлеченным числом меньше единицы и показывает, какая часть атмосферных осадков, выпавших на поверхность бассейна, стекает в реку, т. е. дает относительную характеристику величины стока с бассейна в долях от выпавших осадков:

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

где h — слой стока в миллиметрах, x — слой атмосферных осадков в миллиметрах за тот же расчетный период

2. Для характеристики распределения стока по территории и расчета стока неизученных рек составляются карты среднего многолетнего 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, наносят на карту и по ним. проводят изолинии стока — плавные линии, соединяющие точки с одинаковыми величинами нормы стока, обычно выраженной в виде модуля стока (M_0 , л/с с 1 км^2).

Могут быть также использованы карты стока, составленные для отдельных районов и приводимые в справочниках «Ресурсы поверхностных вод СССР».

С карты стока делается выкопировка бассейна реки, для которой необходимо определить норму стока с нанесением изолиний средних годовых модулей стока. Изолиниями стока и линией водораздела бассейн делится на ряд частных площадей (f_1, f_2, \dots, f_n).

Работа №8. Определение морфометрических характеристик озера.

Озеро – это естественный водоем с замедленным водообменом.

Длина озера – кратчайшее расстояние между двумя наиболее удаленными точками береговой линии, измеренное по поверхности.

Максимальная ширина озера – перпендикуляр к длине озера в наиболее широкой его части.

Средняя ширина – частное от деления площади зеркала озера на его длину.

Максимальная глубина – определяется по журналу промера глубин.

Средняя глубина – частное от деления объема озера на площадь его зеркала.

Длина береговой линии измеряется по нулевой изобате.

Изрезанность береговой линии определяется путем сравнения с длиной окружности круга, равновеликого по площади, согласно формуле:

$$k = \frac{L}{2\sqrt{\pi F}}$$

Объем озера (объем котловины), заполненный водой до определенного уровня, - вычисляется как сумма отдельных слоев котловины, заключенных горизонтальными плоскостями, проведенными друг от друга на расстоянии h , где h – мощность элементарного слоя (сечение изобат):

$$\frac{F_1 F_2}{2} + \frac{F_2 F_3}{2} + \dots + \frac{F_{n-1} F_n}{2},$$

где $F_i, F_{i+1}, F_n, F_{n+1}$ – площади, ограниченные изобатами.

С изменением положения уровня воды в озере меняются все морфометрические характеристики. Изменение объема и площади озера в связи с изменением положения уровня (глубины) может быть представлено **кривыми площадей** (батиграфической кривой), **объемов** и **средних глубин** (рис. 7). Батиграфическая кривая показывает, какая площадь поверхности озера соответствует данной высоте стояния уровня или глубине, кривая объемов показывает, какой объем воды находится ниже любого заданного уровня (или глубины).

Задание 1. Используя план оз. Светлого (рис. 4), определить длину (l , м), среднюю ($B_{ср.}$, м) и наибольшую (B_{max} , м) ширину, среднюю ($H_{ср.}$, м) и максимальную (H_{max} , м) глубину озера, длину (L , м) и изрезанность береговой линии (k), построить кривые площадей и объемов.

Методические указания.

1. Показать на плане оз. Светлое отрезками длину и максимальную ширину и согласно масштабу определить их величины. Эти и другие искомые характеристики с их символами, формулами и значениями для удобства вписать в таблицу 4.

Таблица 4.

Морфометрические характеристики озера Светлого

№	Характеристики	Символы и/или формулы	Значения
1	Длина озера, м		
2	Максимальная ширина, м		
3	Площадь водной поверхности, м ²		
4	Средняя ширина, м		
5	Мощность элементарного слоя, м		
6	Максимальная глубина, м		
7	Длина береговой линии, м		
8	Изрезанность береговой		

	линии		
9	Объем озера, м ³		
1	Средняя глубина, м		
0			

2.Площадь водной поверхности озера определить с помощью палетки.

3.Аналогично рассчитать значения площадей, оконтуренных нижележащими изобатами для использования их в формуле. Полученные значения вписать в колонку 3 таблицы 11. Объемы элементарных слоев озера рассчитываются как полусуммы смежных площадей, умноженных на сечение изобат, а общий объем, как сумма объемов элементарных слоев.

4.Данные таблицы 11 использовать для построения кривых площадей и объемов (рис. 7). Кривые строятся на миллиметровке.

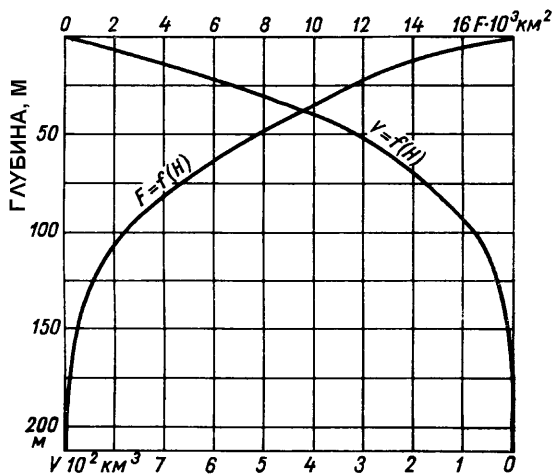


Рис. 4. Кривые площадей и объемов озера Глубокого

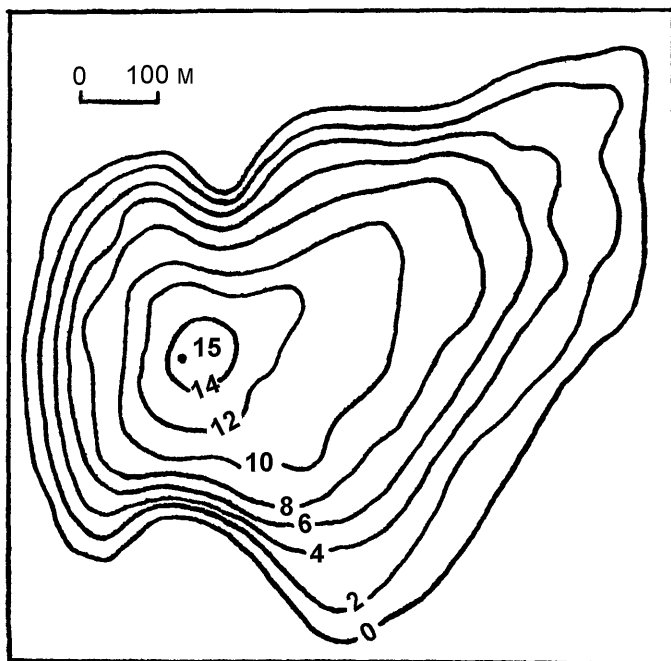


Рис. 5. План оз. Светлого

Таблица 5.

Площади и объемы элементарных слоев оз. Светлого.

Глубин $a, м$	Индекс площади, F_i	Площадь , тыс. $м^2$	Индекс объема, V_i	Объем, тыс. $м^3$
0	F_0		V_0	
2	F_1		V_1	
4	F_2		V_2	
...	...			

Задание 2. По данным рисунка 7 построить кривую изменения средних глубин озера .

Методические указания.

1. Построить на миллиметровке координатную плоскость. На оси абсцисс нанести значения средних глубин, на оси ординат – истинных глубин. Масштаб последней должен совпадать с вертикальным масштабом рис. 7.

2. Снять значения с кривых площадей и объемов от поверхности до дна через каждые 25 м и занести их в таблицу 12 (колонки 2 и 3).

3. Путем деления объема на площадь рассчитать среднюю глубину для каждой изобаты, кратной 25, включая поверхность. Данные внести в таблицу 12.

Полученные величины средней глубины вынести в виде точек на график. Точки соединить плавной кривой.

Таблица 6.

Данные для построения кривой средних глубин озера Глубокого

<i>Глубина, м</i>	<i>Объём, км</i>	<i>Площадь, км²</i>	<i>Средняя глубина, м</i>
<i>0 (поверхность)</i>			
<i>25</i>			
<i>...</i>			
<i>200</i>			

Работа №9 Распределение температуры в озере по вертикали.

Годовой термический цикл в озерах умеренного пояса имеет 4 периода:

В начальный период весеннего нагревания наблюдается обратная стратификация слоев воды, т.е. температура от поверхности ко дну повышается. Позже она сменяется весенней гомотермией, когда весь объем воды имеет температуру придонных слоев.

Период летнего нагревания начинается с прямой стратификации (температура уменьшается с глубиной). В этот период наблюдается расслоение на 3 термические зоны:

Гиполимнион – нижний слой с холодной «весенней» водой;

Металимнион – слой температурного скачка, где вертикальный градиент температуры может достигать 8-10⁰С на 1 м глубины.

Эпилимнион – поверхностный, наиболее теплый слой воды.

Период осеннего охлаждения первоначально протекает в условиях прямой стратификации, а в дальнейшем при осенней гомотермии.

Период зимнего охлаждения начинается с момента установления обратной термической стратификации. Охлаждение приводит к замерзанию поверхностных слоев воды.

Термические периоды выделяются по внутригодовым изменениям температуры воздуха, поверхностных и придонных слоев воды (рис. 5).

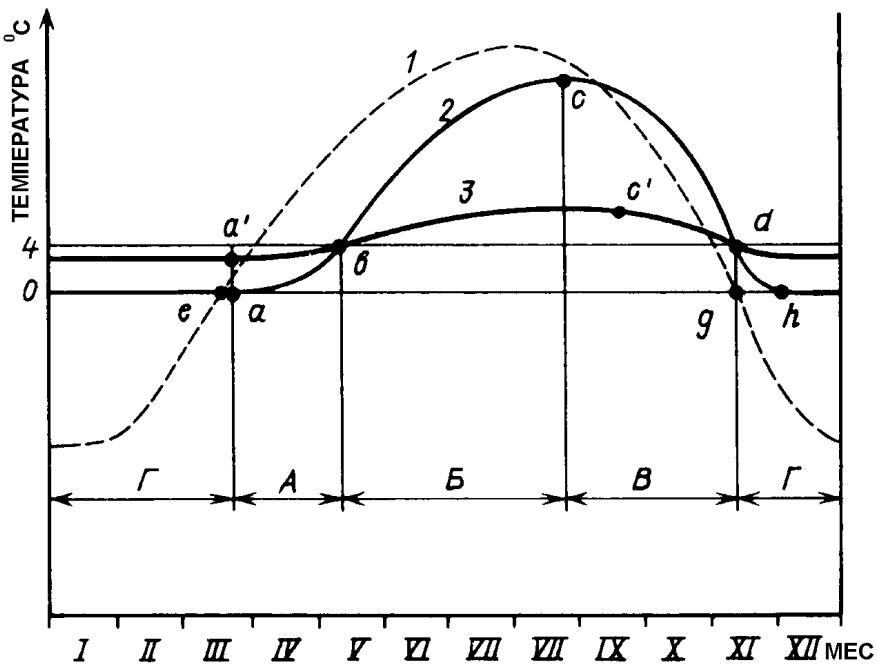


Рис. 6. Схема внутригодовых изменений температуры воздуха (1) и температуры в поверхностном (2) и придонном (3) слоях глубокого пресноводного озера в умеренных широтах северного полушария

Периоды: А – весеннего нагревания, Б – летнего нагревания, В – осеннего охлаждения, Г – зимнего охлаждения

Задание 1. По данным таблицы 13 построить график внутригодовых температур воздуха, поверхностных и придонных слоев воды оз. Широкого и выделить на нем термические периоды.

Таблица 7.

Месячные значения температур воздуха, поверхностных и донных слоев оз. Широкого

Температура	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
воздуха	-15	-12	-4	6	10	16	24	20	14	7	-2	-9
воды у поверхности	0	0	0	2	4	8	16	18	16	10	4	0
Воды у дна	2	2	2	3	4	5	7	9	10	7	4	2

Методические указания.

1. На миллиметровке построить координатную плоскость, нанеся на ось абсцисс температуры, а на ось ординат – месяцы. Масштаб выбрать самостоятельно.

2. Согласно таблице 13 вынести на координатную плоскость точки со значениями температур воздуха, поверхностных и донных слоев воды оз. Широкого, соединив их затем плавными линиями. Линии должны отличаться друг от друга по цвету или толщине.

3. Используя материалы учебника [13, с. 223-228] выделить на графике периоды весеннего и летнего нагревания, осеннего и зимнего охлаждения.

4. Охарактеризовать условия в точках, где происходит смена термических периодов.

Задание 2. Используя рисунок 6, построить осредненный график распределения температур по глубине для периода летнего нагревания, выделив на нем эпилимнион, металимнион и гиполимнион.

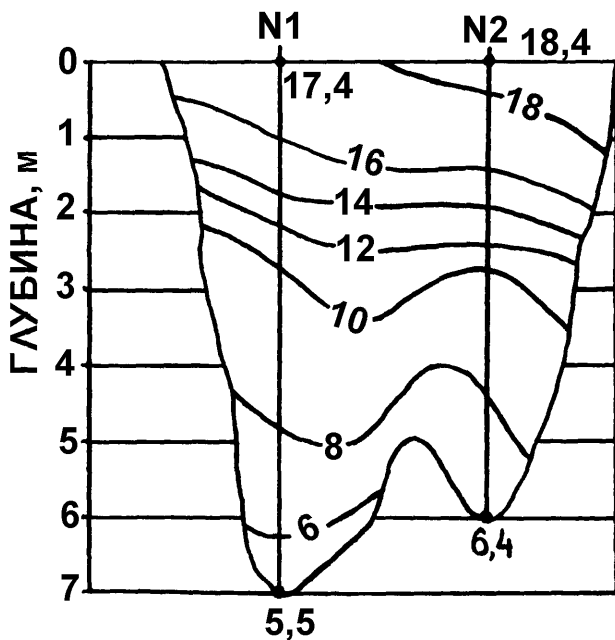


Рис. 7. Изотермы в водном сечении озера

Методические указания.

1. Выполнить копию рисунка 6. На промерных вертикалях №1 и №2 методом интерполяции определить температуру воды через каждый метр от поверхности до дна. Результаты занести в таблицу 8.
2. Для каждой строки таблицы рассчитать среднее арифметическое значение температуры (колонка 4).

Таблица 8.

Алгоритм расчета вертикального градиента температур оз.
Глубокого

Глубин а, м	Температура, °С			Вертикальный градиент температур, °С/м
	На вертикали №1	На вертикали №2	Средня я	
0				
1				
...	
7				

3. По данным колонки 4 на миллиметровке построить кривую распределения температур по глубине, отложив по вертикали глубину, а по горизонтали – температуры.

4. Вычислить вертикальный градиент температур на каждый метр глубины. Для этого определить разницу между средними температурами на глубинах, отличающихся на 1 м (колонка 5).

5. В колонке 5 найти максимальные величины градиентов, значительно превышающие остальные. Определить к каким глубинам озера они относятся.

6. Верхний и нижний пределы максимальных градиентов, соответствующих металимниону, показать на графике двумя

горизонтальными пунктирами. Выделившиеся, таким образом, три термических слоя подписать

Работа №10. Мировой океан и его части

Мировым океаном называется непрерывная водная оболочка земного шара, над которой выступают элементы суши – материки и острова и которая обладает единством, т.е. взаимосвязанностью частей и общностью солевого состава.

Часть Мирового океана, расположенная между материками, обладающая большими размерами, самостоятельной системой циркуляции вод и атмосферы, существенными особенностями гидрологического режима, называется **океаном**.

В океане выделяют моря, проливы и заливы. **Море** – это сравнительно небольшая часть океана, вдающаяся в сушу или обособленная от других его частей берегами материков, полуостровов и островов. Моря по классификации Ю.М. Шокальского бывают **внутренние (межматериковые, внутриматериковые), окраинные и межостровные**.

Внутренние моря имеют затрудненную связь с океаном через сравнительно узкие проливы. **Окраинные** моря отделяются от океана островами или вдаются в материк и имеют относительно свободную связь с океаном. **Межостровные** моря расположены среди крупных островов или архипелагов.

Задание 1. По материалам таблицы 17 составить в тетради две круговые диаграммы структуры Мирового океана по площади и объему.

Методические указания.

1. Перевести площадные и объемные показатели из абсолютных единиц в проценты.
2. Построить круговые диаграммы произвольного радиуса и отложить на них сектора, соответствующие процентному составу каждого океана. Следует помнить, что 100% площади или объема на диаграмме соответствуют 360° или 1% - $3,6^{\circ}$.
3. Выделенные на диаграмме сектора заштриховать согласно самостоятельно разработанной легенде

Задание 2. Составить столбчатую диаграмму, отражающую состав внутренних, окраинных и межостровных морей в пределах каждого океана.

Таблица 9.

Основные морфометрические характеристики Мирового океана (по данным картометрической лаборатории ЛГУ, 1970)

Океан	Площадь зеркала, тыс. км ²	Объем, тыс. км ³	Глубина, м	
			средняя	наибольшая
Атлантический	91655	330,1	3602	9218
Индийский	76175	284,6	3736	7455
Северный Ледовитый	14788	16,7	1131	5450
Тихий	178684	707,1	3957	11022
Мировой	361302	1338,5	3704	11022

Методические указания.

1. Пользуясь Географическим атласом (карты и приложения), определить количество внутренних, окраинных и межостровных морей. Каждый тип перевести в проценты.

2. Построить координатную плоскость, где на оси ординат отложить значения процентов, а на оси абсцисс 4 столбика, соответствующих 4 океанам.

3. Согласно рассчитанным процентам показать долю различных морей внутри каждого столбца, заштриховав его части в соответствии с самостоятельно разработанной легендой.

Работа №11. Закономерности распределения температуры, солености и плотности в Мировом океане.

Соленостью воды называется общее количество растворенных минеральных веществ, выраженной в граммах, в 1 кг морской воды. Единицы измерения – промилле ‰. Средняя соленость вод Мирового океана - 35‰.

Плотностью морской воды называют ее удельный вес –

отношение веса единицы объема морской воды при конкретной температуре и давлении к весу единицы объема дистиллированной воды при температуре ее наибольшей плотности 4⁰С. Единицы измерения – кг/м³. Плотность пресной воды при температуре 4⁰С равна 1000 кг/м³, морской воды при температуре 15⁰С – 1020-1030 кг/м³.

Распределение температуры, солености и плотности поверхностных вод Мирового океана в целом носит **широтнo-зональный характер**. С глубиной значения температуры вод снижаются, а солености и плотности увеличиваются. Максимальные градиенты этих показателей наблюдаются в среднем до глубины 1000 м, ниже изменения незначительны.

Отмеченные закономерности нарушают три фактора: **течения, реки и льды**. Они могут вносить существенные коррективы в общую схему распределения рассматриваемых показателей.

Средние величины солености и температуры поверхностных вод Мирового океана приведены в таблице 18.

Задание 1. По данным таблицы 19 построить совмещенный график распределения температуры и солености в Баренцевом и Черном морях в летний период и объяснить его.

Таблица 10

Средние величины солености и температуры поверхностных вод

Океан	Соленость, ‰	Температура, °С
Тихий	34,9	19,1
Индийский	34,8	17,1
Атлантический	35,4	16,9
Северный Ледовитый	29-32	-1,7
Мировой	35,0	17,4

Методические указания.

1. На миллиметровке построить координатную плоскость в виде буквы Г. На оси ординат (вниз) отложить

Таблица 11

Данные о температуре (t , $^{\circ}\text{C}$) и солености (S , ‰)
в Баренцевом (А) и Черном (Б) морях на различной глубине
(H , м)

	H	0	50	100	200	300	500	1000	2000
А	t	8,9	1,4	0,8	0,7	3,6	3,4	2,8	-
	S	32,5	33,4	33,4	33,4	33,8	34,0	34,4	-
Б	t	22,5	15,0	8,6	8,8	8,7	8,9	9,0	9,0
	S	8,5	10,0	15,0	17,5	19,0	19,8	20,5	20,8

глубины, на оси абсцисс в разных масштабах совмещаются соленость и температура. Построенные кривые обозначить индексами, приведенными в таблице 11, или разным цветом, отраженным в легенде.

2. Охарактеризовать основные закономерности распределения температуры и солености в Баренцевом и Черном морях с глубиной и указать причины их обуславливающие. Анализ кривых осуществить по следующей схеме:

- а) характеристика изменений температуры по глубине:
 - Баренцево море;
 - Черное море.
- б) характеристика изменений солености по глубине:
 - Баренцево море;
 - Черное море.

Ответы должны учитывать географическое положение, типологию морей, особенности климата (осадки, испарение), вод прилегающих участков суши, морских течений, льдов и других факторов, влияющих на изучаемые характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Акименко Т.А., Ефремов П.В. Практикум по гидрометрии: Учебное пособие.-М.: Изд-во Моск. Ун-та.2003.-86с
2. Клименко, Д. Е. Методы и средства гидрометеорологических измерений: учебно-методическое пособие / Д. Е. Клименко; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2021. – 75 с.:
3. Михайлов В.Н. Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. М.: Высшая школа, 2018г. 463 с.
4. Михеев В.А. Гидрология: учебное пособие по курсу «Науки о Земле» для студентов, обучающихся по специальности 28020265 «Инженерная защита окружающей среды» / сост. В. А. Михеев. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. –200с.
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - Вып.6, ч. 1. - 384 с.
6. Шаталов И. М., Щербакова М. К., Кондратович А. Н., Ключников В. А., Вишняков В. Н. Практическая гидрометрия. Минск: БНТУ, 2020. – 104 с.

Гидрология. Методические указания к практическим и лабораторным занятиям.

Редактор Т.В. Пенкина
Корректор Д.Л. Александрова

Подписано в печать 2.12.2023 Формат 60x84/16. Бумага газетная.
Печать оперативная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. 1,44
Тираж 100 экз. Заказ № 878

Чувашский государственный университет
Типография университета
428015 Чебоксары, Московский просп., 15