ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Методические указания по
выполнению лабораторных работ

Ижевск 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт естественных наук
Кафедра географии, картографии и геоинформатики

ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Ижевск 2019

УДК 556.3(5)
ББК 26.222
О-28

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Составитель: к.г.н., доцент А.А. Перевощиков

Рецензент: к.г.н., доцент О.В. Гагарина

О-28 **Общая гидрология**.: Метод. указ. по выполнению лабораторных работ / сост. А.А. Перевощиков. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет». 2019. 59 с.

Методические указания подготовлены в соответствии с утвержденными программами учебных дисциплин «Общая гидрология», «Учение о гидросфере». Методические указания содержат подробные пояснения и примеры к выполнению графических и расчетных работ на лабораторных занятиях.

Методические указания предназначены для студентов географических направлений подготовки: "География", "Экология и природопользование", "Картография и геоинформатика" очной и заочной форм обучения.

УДК 556.3(5)
ББК 26.222

© Сост. А.А. Перевощиков, 2019

©ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение…….…. 4
Раздел 1. Подземные воды 5
Задание 1. Определение уровня залегания подземных вод в бассейне р.Холодной……..……. 5
Задание 2. Химический состав подземных вод……..….. 8
Задание 3. Определение типа режима подземных вод……. 16
Раздел II. Реки 20
Задание 4. Определение гидрографических характеристик бассейна р.Луговой (часть 1)…….…… 20
Задание 5. Определение гидрографических характеристик бассейна р.Луговой (часть 2)……..…… 24
Задание 6. Составление продольного профиля р. Клязьмы.... 28
Задание 7. Вычисление характерных уровней воды и продолжительности отдельных периодов режима реки……..….. 32
Задание 8. Вычисление расхода реки графическим способом. 37
Задание 9. Определение нормы стока реки……..…. 41
Задание 10. Определение коэффициента изменчивости (вариации) *Cv* годового стока…….…….. 44
Задание 11. Расчет и построение кривых повторяемости и продолжительности гидрологических явлений……..….. 47
Задание 12. Расчеты обеспеченности и вероятности гидрологических явлений……..…. 50
Раздел III. Озера 56
Задание 13. Расчет водного баланса о.Севан……..….. 56
Задание 14. Изучение вертикального распределения температуры оз. Глубокого……..……... 57
Список рекомендуемой литературы……..…… 58

ВВЕДЕНИЕ

При изучении курсов «Общая гидрология» и «Учение о гидросфере» на географических специальностях университетов значительный объем времени отводится на лабораторные работы. Целью лабораторных работ является привитие студентам умений и навыков по основным гидрометрическим и гидрологическим расчетам.

Тематика лабораторных занятий разработана таким образом, чтобы охватить все водные объекты суши, но основное внимание уделено рекам. Теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ, излагается лишь в отдельных работах.

Проведение лабораторных занятий предполагается после прослушивания данной темы в лекционном курсе, хотя возможно их выполнение с некоторым опережением.

Данные методические указания составлены с расчетом использования их студентами географических направлений подготовки: "География", "Экология и природопользование", "Картография и геоинформатика" очной и заочной форм обучения.

Для составления методических указаний использованы имеющиеся аналогичные издания (Лучшева, 1972; Торсуев, 1970; Голубев. Михайлов, Чуткина, 1982 и др.), а также гидрологические ежегодники, справочники и другие материалы.

Общие требования к выполнению лабораторных работ.

1. Все графические работы выполняются только простым карандашом. Таблицы заполняются ручкой.
2. К выполненной работе в обязательном порядке прилагаются все расчеты.
3. Небрежно выполненные работы не принимаются.

Раздел 1. Подземные воды

Задание 1. Определение уровня залегания подземных вод в бассейне р.Холодной

Исходные данные:

1. Карта бассейна р. Холодной. Масштаб 1:100000 (рис. 1).
2. Каталог буровых скважин и колодцев (табл. 1).
3. Коэффициенты фильтрации для ламинарных потоков в некоторых категориях грунтов (табл.2).

Оборудование: калька (15х15 см).

Таблица 1

Каталог буровых скважин и колодцев в бассейне р. Холодной

№ п/п	Абс. отметка устья скважины, колодца, м	Глубина зеркала грунтовых вод, м	№ п/п	Абс. отметка устья скважины, колодца, м	Глубина зеркала грунтовых вод, м
1	100	25	21	60	10
2	78	15	22	40	8
3	45	2	23	27	1
4	45	2	24	40	10
5	60	10	25	97	25
6	90	20	26	70	15
7	75	15	27	52	1
8	50	3	28	41	1
9	35	2	29	55	10
10	40	3	30	30	2
11	60	10	31	30	2
12	100	25	32	26	1
13	80	30	33	45	12
14	43	1	34	70	15
15	35	2	35	63	8
16	29	1	36	85	20
17	50	10	37	74	18
18	75	15	38	60	10
19	60	5	39	75	18
20	75	20	40	70	15

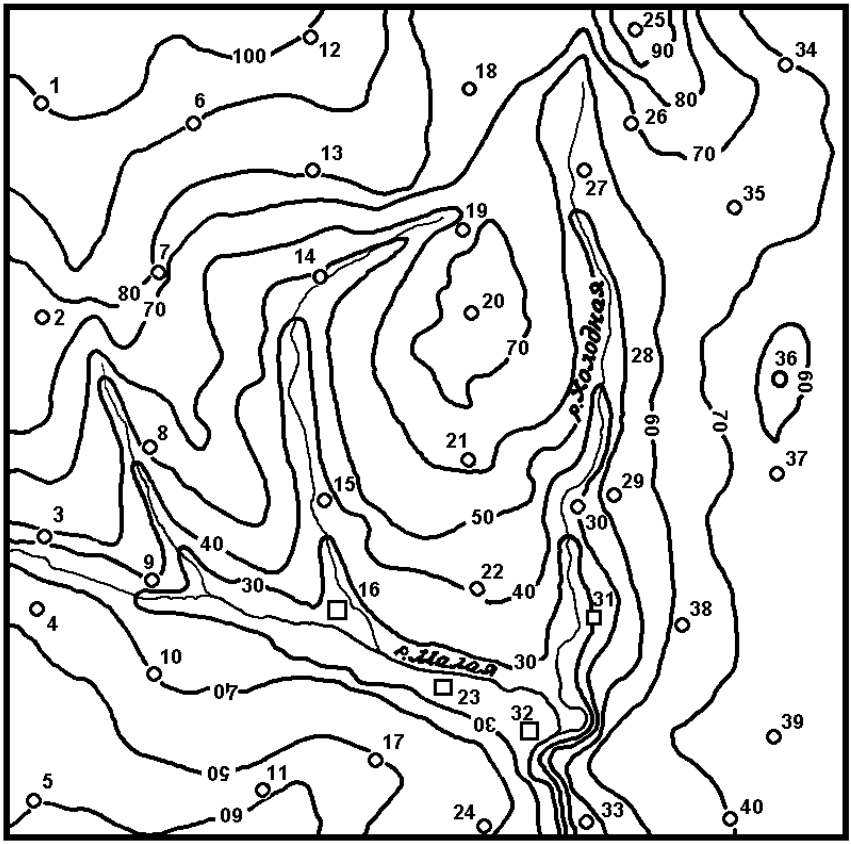

Рис. 1. Карта бассейна р.Холодной.
Масштаб 1:100000.
о – скважины, □ - колодцы

Порядок работы

1. На кальку нанести контуры карты, гидросеть. Точками обозначить местоположение скважин и колодцев.
2. Определить в каждой точке абсолютную отметку зеркала грунтовых вод и подписать ее рядом со скважиной и колодцем.
3. Методом интерполяции провести гидроизогипсы кратные 10 м (рис. 2).

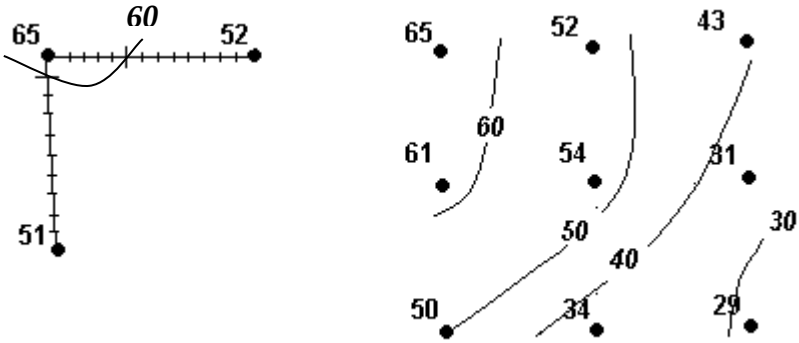

Рис. 2. Построение гидроизогипс методом интерполяции

4. Показать стрелками направление потока грунтовых вод в 5-6 ключевых точках.
5. Вычислить уклон грунтовых вод между скважинами 12 и 13; 28 и 36 по формуле

$$I = (H_1 - H_2)/L \qquad (1)$$

где I – уклон (м/км); H_1 и H_2 – абсолютные отметки зеркала грунтовых вод в скважине с более высоким и более низким положением вод (м); l – расстояние между скважинами (км).
6. По формуле Дарси (2) с использованием данных таблицы 2 определить скорость ламинарной фильтрации (V), при условии, что водоносные горизонты между скважинами 12 и 13; 28 и 36 соответственно представлены:
1-й вариант - супесь, гравий;
2-й вариант - песок глинистый, галечники;
3-й вариант – лессы, песок крупнозернистый.

$$V = k\,I \qquad (2)$$

где: V – скорость фильтрации, м/сут; k – коэффициент фильтрации, м/сут; i – напорный градиент, численно равный уклону водной поверхности;

Таблица 2

Коэффициенты фильтрации для ламинарных потоков в некоторых категориях грунтов

Горные породы	Кф, м/сут	Горные породы	Кф, м/сут
Глины	менее 0,001	песок среднезернистый	5 – 20
суглинки	0,001 – 0,1		
супеси	0,1 – 0,5	песок крупнозернистый	20 - 50
лессы	0,25 – 0,5		
песок глинистый	0,5 – 1,0	гравий	20 - 150
песок мелкозернистый	1 - 5	галечники	100 - 1000

Задание 2. Химический состав подземных вод

Исходные данные:

Материалы химического анализа подземных вод (табл. 3).

Варианты

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номера проб	1,6	2,7	3,8	4,9	5,10	6,11	7,12	8,13	9,1
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Номера проб	10,2	11,3	12,4	13,5	1,7	2,8	3,9	4,10	5,11

Оборудование:

Работа выполняется на развернутом тетрадном листе в одном из вариантов.

Порядок работы.

По результатам химического опробования водоносного горизонта (табл. 3):

1. Выразить химический состав воды в трех формах: ионной, миллиграмм-эквивалентной и процент-эквивалентной;
2. Определить минерализацию воды и реакцию по pH.
3. Определить виды жесткости воды: общую, карбонатную и некарбонатную. Определить группу воды по общей жесткости по классификации О.А. Алекина.

Таблица 3

Химические анализы подземных вод

№ п/п	Физические свойства воды (pH)	Свободная CO_2, мг/л	Окисляемость O_2, мг/л	Катионы, мг/л						Анионы, мг/л					Coli-титр
				Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{2+} / Fe^{3+}	NH_4^+	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	NO_3^-	NO_2^-	
1	Прозрачная, без цвета, запаха (7,4)	17,6	5,8	26,3	7,0	25,9	17,0	-	1,0	18,0	11,5	15,2	3,5	0,08	-
2	Прозрачная, без цвета, запаха (7,6)	15,4	3,1	46,3	-	35,3	6,0	0,05 / 0,3	0,4	9,0	1,0	29,0	-	-	-
3	Прозрачная, без цвета и запаха (7,3)	52,8	2,9	55,7	-	96,4	24,9	-	-	6,8	42,8	500,2	-	-	-
4	Прозрачная, без цвета и запаха (7,5)	55,3	1,8	52,5	4,0	76,6	1,2	0,3 / -	0,05	13,6	28,0	305,0	2,2	0,7	-
5	Прозрачная, без цвета и запаха (7,6)	5,9	-	58,4	-	56,1	29,6	0,3 / 0,1	0,1	12,5	100,4	307,3	18,0	0,3	-
6	Прозрачная, без цвета и запаха (7,6)	-	-	10,6	0,71	0,22	0,2	-	-	1,3	1,5	15,67	-	-	-
7	Прозрачная, без цвета и запаха (7,6)	-	1,8	5,0		91,0	32,0	-	-	6,0	69,0	353,0	-	-	-
8	Цвет 4, прозрачность 30 (7,9)	-	0,75	5,2	-	37,4	9,0	-	0,25	2,9	8,2	158	-	0,02	200
9	Цвет 8 (7,7)	-	1,6	7,6	-	59,2	25,1	-	0,61	4,3	28,2	282,5	0,67	0,01	-
10	Цвет 7,7, прозрачность 30 (7,7)	-	3,03	7,0	-	59,0	15,7	-	0,15	19,5	62,9	163,0	-	0,01	500
11	Цвет 13,6, прозрачность 30 (7,6)	-	2,03	35,6	-	117	32,9	0,3 / -	0,8	76,5	149,5	390,0	0,03	0,01	500
12	Цвет 2 (7,9)	-	2,5	14,0	-	45,2	33,8	-	0,59	89,1	48,0	242,0	0,77	0,8	500
13	Без цвета и запаха (7,0)	34,5	3,0	93,1	-	195	44,9	-	0,2	24,1	76,4	930,0	-	-	300

4. Определить агрессивность воды: выщелачивания, общекислотную, углекислую и сульфатную.
5. Выразить химический состав в виде формулы М.Г. Курлова и дать название воды;
6. Оценить бактериальную загрязненность воды и пригодность для питьевых целей.

Пояснения к ходу выполнения задания

1. Обработка химических анализов подземных вод

К главным химическим компонентам подземных вод относятся: хлор-ион Cl^-, сульфат-ион SO_4^{2-}, гидрокарбонатный HCO_3^- и карбонатный CO_3^{2-} ионы, а также ионы щелочных и щелочноземельных металлов натрия Na^+ и калия K^+, кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+}, железа и кремния (в коллоидном состоянии).

Химический анализ воды выражают в трех формах: ионной, миллиграмм-эквивалентной и процент-эквивалентной. В природной воде молекулы солей почти полностью диссоциированы на ионы, поэтому основной формой выражения результатов анализа воды является ионная форма. Содержание каждого иона в лабораторных условиях определяют в граммах или миллиграммах в объеме 1 л. Для выяснения ряда показателей химического состава воды данные ионной формы пересчитывают в миллиграмм-эквивалентную и процент-эквивалентную. Для пересчета данных анализа из ионной формы в миллиграмм-эквивалентную необходимо количество миллиграммов каждого иона в 1 л воды разделить на его эквивалентную массу (ионная масса, деленная на валентность).

Результаты определений для массовых анализов рекомендуется выражать в ионной и процент-эквивалентной форме целыми числами, а миллиграмм-эквивалентную – с точностью до второго десятичного знака.

Для пересчета результатов анализа из миллиграмм-эквивалентов в процент-эквиваленты сумму миллиграмм-эквивалентов анионов и катионов принимают порознь за 100 % и вычисляют процентное содержание каждого иона в отдельности (табл.5).

Имея химический анализ воды в трех формах, можно определить основные показатели химического состава воды: минерализацию,

жесткость, составить формулу химического состава, определить агрессивность.

Таблица 5

Пример выражения результатов химического анализа воды в трех формах

Ион	мг/л	мг-экв/л	%-экв/л
Катионы			
Na^{+}	246	10,4	62
Ca^{2+}	77	3,8	22
Mg^{2+}	34	2,8	16
Итого	357	17,15	100
Анионы			
Cl^{-}	265	7,5	45
SO_4^{2-}	218	4,5	27
HCO_3^{2+}	286	4,7	28
Итого	769	16,7	100

2. Определение минерализации воды и реакции по pH

Минерализация характеризует общее содержание в воде растворимых солей, а также веществ, находящихся во взвешенном и коллоидном состоянии. Для определения минерализации необходимо взять сумму анионов (А) и катионов (К) в ионной форме:

$$M = \sum \text{мг/л}(\text{А} + \text{К}). \qquad (3)$$

Существуют различные классификации подземных вод по минерализации. Ниже приводится классификация В.И.Вернадского, соответствующая требованиям практического использования подземных вод:

Группы	*Минерализация, г/л*
Пресные	до 1
Слабосолоноватые	1 – 3
Сильносолоноватые	3 – 10
Соленые	10 – 50
Слабые рассолы	50 – 100
Крепкие рассолы	> 100

Пример. Согласно данным табл. 3, минерализация составляет: 246 + 77 + 34 + 265 + 218 + 286=1126 мг/л или 1,1 г/л.

Вода относится к слабосолоноватым.

Реакция воды выражается показателем pH, который представляет собой десятичный логарифм концентрации водорода H+, взятый с положительным знаком: $pH = -\lg [H^+]$.

По величине активной реакции pH воды делятся следующим образом:

Наименование воды	*pH*
Очень кислая	5
Кислая	5 – 7
Нейтральная	7
Щелочная	7 – 9
Высокощелочная	> 9

3. Определение жесткости воды

Под жесткостью понимают свойство воды, обусловленное присутствием в ней солей кальция и магния. Выражается жесткость в мг-экв/л. Различают следующие виды жесткости: общая, устранимая (временная), неустранимая (постоянная), карбонатная и некарбонатная.

Природные воды по общей жесткости О.А. Алекин подразделяет на следующие группы:

Группы	*Жесткость, мг-экв/л*
Очень мягкая	до 1,5
Мягкая	1 – 3
Умеренно жесткая	3 – 6
Жесткая	6 – 9
Очень жесткая	> 9

Устранимая (временная) и карбонатная жесткости обусловлены одними и теми же гидрокарбонатными и карбонатными солями кальция и магния. Устранимая жесткость – величина экспериментальная. Она показывает, на сколько уменьшается общая жесткость воды после кипячения. Карбонатная жесткость – величина расчетная, численно равна количеству миллиграмм-эквивалентов гидрокарбонатных и карбонатных ионов, содержащихся в воде. Если

это количество больше, чем общая жесткость, карбонатную жесткость считают равной общей жесткости.

Неустранимая жесткость обусловлена хлоридами, сульфатами и другими некарбонатными солями кальция и магния. Определяется по разности между общей и карбонатной жесткостью.

Пример. Вычислить все виды жесткости по данным табл. 3.

1. Общая жесткость:

$$G_{общ} = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] = 3{,}8 + 2{,}8 = 6{,}6 \text{ мг-экв/л.} \quad (4)$$

По степени жесткости (по классификации О.А. Алекина) вода относится к жесткой.

2. Карбонатная жесткость равна 4,7 мг-экв/л.

3. Некарбонатная жесткость равна 6,6 – 4,7 = 1,9 мг-экв/л.

4. Агрессивность воды

Подземные воды обладают в той или иной степени свойством агрессивности по отношению к бетону, железобетону и металлам. Агрессивность вод обусловлена присутствием ионов водорода, свободной углекислоты, сульфатов и магния. Различают следующие виды агрессивности: агрессивность выщелачивания, общекислотная, углекислая, сульфатная.

Агрессивность выщелачивания определяется по величине карбонатной жесткости воды. Вода считается агрессивной по отношению к бетону при карбонатной жесткости свыше 0,54–2,14 мг-экв/л в зависимости от типа цемента в составе бетона.

Агрессивность общекислотная определяется по количеству водородных ионов (по pH). Вода считается агрессивной для всех видов цементов в пластах высокой проводимости: а) при pH < 7 и карбонатной жесткости меньше 8,6 мг-экв/л; б) при pH < 6,7 и карбонатной жесткости больше 8,6 мг-экв/л. Для слабопроницаемых пластов вода считается агрессивной при pH ≤ 5.

Углекислая агрессивность устанавливается в воде по содержанию свободной углекислоты. Для большинства цементов в пластах высокой водопроводимости воды считаются агрессивными, если выражение $a[Ca^{2+}] + b$, будет больше содержания свободной углекислоты, где a и b – коэффициенты, определяемые в зависимости

от величины карбонатной жесткости и количества ионов Cl^- и SO_4^{2-} в мг/л. Значения коэффициентов приведены в таблице 6.

Таблица 6

Значения коэффициентов *a* и *b* для определения углекислой агрессивности воды

Карбонатная жесткость, мг-экв/л	Суммарное содержание Cl^- и SO_4^{2-}, мг/л											
	0 - 200		201 - 400		401 - 600		601 - 800		108 - 1000		> 1000	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
1,4	0,01	16	0,01	17	0,01	17	0,00	17	0,00	17	0,00	17
1,8	0,04	17	0,04	18	0,03	17	0,02	18	0,02	18	0,02	18
2,1	0,07	19	0,06	19	0,05	18	0,04	18	0,04	18	0,04	18
2,5	0,10	21	0,08	20	0,07	19	0,06	18	0,06	18	0,05	18
2,9	0,13	23	0,11	21	0,08	19	0,08	18	0,07	18	0,07	18
3,2	0,16	25	0,14	22	0,11	20	0,10	19	0,08	18	0,08	18
3,6	0,20	27	0,17	23	0,14	21	0,12	19	0,11	18	0,10	18
4,0	0,24	29	0,20	24	0,16	22	0,15	20	0,13	19	0,12	19
4,3	0,28	32	0,24	26	0,19	23	0,17	21	0,16	20	0,14	20
4,7	0,32	34	0,28	27	0,22	24	0,20	22	0,19	21	0,17	21
5,0	0,38	36	0,32	29	0,25	26	0,23	23	0,22	22	0,19	22
5,4	0,40	38	0,36	30	0,29	27	0,26	24	0,24	23	0,22	23
5,7	0,44	41	0,40	32	0,32	29	0,29	25	0,27	24	0,25	24
6.1	0,48	43	0,44	34	0,36	30	0,33	26	0,30	25	0,28	25
6,4	0,54	46	0,47	37	0,40	32	0,36	28	0,33	27	0,31	27
6,8	0,61	48	0,51	39	0,44	33	0,40	30	0,37	29	0,34	28
7,1	0,67	51	0,55	41	0,48	35	0,44	31	0,41	30	0,38	29
7,5	0,74	53	0,60	43	0,53	37	0,48	33	0,45	31	0,41	31
7,8	0,81	55	0,63	45	0,58	38	0,53	34	0,49	33	0,44	32

Агрессивность сульфатная оценивается по содержанию в воде ионов SO_4^{2-} и Cl^-, мг/л. В породах высокой водопроводимости для бетона на портландцементе вода считается агрессивной при следующих содержаниях SO_4^{2-} и Cl^-, мг/л:

Cl^-	SO_4^{2-}
0–3000	250–500
3001–5000	501–1000
> 5000	> 1000

В породах слабой проводимости вода считается агрессивной при содержании иона SO_4^{2-} до 1000 мг/л, для бетонов на пуццолановом, шлаковом и песчано-пуццолановом портландцементе – при содержании иона Cl^- - 400 мг/л независимо от содержания иона SO_4^{2-}.

5. Выражение химического состава воды в виде формул

Для выражения химического воды часто используют формулу М.Г. Курлова, которая представляет собой псевдодробь. В числителе в процент-эквивалентной форме расположены анионы в убывающем порядке, а в знаменателе – в таком же порядке катионы. Ионы, содержание которых не превышает 10 %-экв/л, в формулу не включаются. Слева от дроби указывается количество газов и активных элементов, минерализация воды (М) до первого десятичного знака (г/л), справа – температура воды (°С), реакция воды pH и дебит скважины или расход родника ($м^3$/сут).

Согласно данным табл. 2, химический состав воды в виде формулы представляется следующим образом:

$$M_{1,1}\frac{Cl\ 45\ HCO_3\ 28\ SO_4 27}{Na\ 62\ Ca\ 22\ Mg\ 16} \qquad (5)$$

Название воды дается в следующем порядке: сначала читается числитель от меньшего содержания к большему, затем в таком же порядке читается знаменатель.

Название воды, изображенной формулой, читается так: сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридная магниево-кальциево-натриевая.

6. Оценка качества воды для питьевого и хозяйственного назначения

Питьевая вода должна быть бесцветной, прозрачной, иметь температуру от 4 до 150С, не иметь неприятного запаха и вкуса, не содержать болезнетворных бактерий, солей тяжелых металлов.

При выборе и оценке воды источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения пользуются государственными стандартами (СанПиН).

По СанПиН 2.1.4.1074-01 сухой остаток не должен превышать 1000 мг/л, общая жесткость должна быть не выше 7 мг-экв/л. Употребление воды с большим сухим остатком и жесткостью устанавливается органами государственной санитарной инспекции в зависимости от местных условий.

Совершенно не допускается присутствие в питьевой воде аммиака и азотистой кислоты, указывающих на загрязнение воды продуктами разложения органических веществ.

Питьевая вода, подаваемая без очистки, должна содержать свинца не более 0,03 мг/л, мышьяка – 0,05 мг/л, фтора – 1,5 мг/л, меди – 1,0 мг/л, цинка – 5,0 мг/л, железа – 0,3 мг/л.

Загрязненность воды оценивается присутствием патогенных бактерий, показателями являются coli-титр и coli-тест. Coli-титр – это объем воды в кубических сантиметрах, в котором содержится одна кишечная палочка. В пригодной для питья воде допускается coli-титр 300 $см^3$ и более. Coli-тест выражает количество кишечных палочек в одном литре воды, он не должен превышать трех.

К технической воде также предъявляются определенные требования. Вода, идущая на питание паровых котлов, оценивается накипеобразованием, вспениванием и коррозией стенок котла. Для питания котлов вода должна иметь сухой остаток не более 300 мг/л, содержать хлора менее 200 мг/л, агрессивная кислота должна отсутствовать, жесткость должна быть менее 2,9 мг-экв/л (для легкоочищаемых котлов) и 1,8 мг-экв/л (для трудноочищаемых котлов).

Задание 3. Определение типа режима подземных вод

Исходные данные:

Средние многолетние данные климатических, гидрологических и гидрогеологических условий для определения типа режима подземных вод (табл. 7).

Оборудование: миллиметровая бумага (15х20 см).

Порядок работы

1. По данным табл. 7. для своего варианта задания построить совмещенные хронологические графики колебания атмосферных осадков, температуры воздуха, уровней поверхностных и подземных вод (рис. 3).
2. По характеру и соотношению полученных кривых определить тип режима подземных вод. Тип режима определяется на основании

сравнения совмещенных хронологических графиков изменения уровней подземных вод с ходом атмосферных осадков, температуры воздуха и уровней воды поверхностных водных объектов (рис. 3).

Таблица 7

Средние многолетние данные климатических, гидрологических и гидрогеологических условий для определения типа режима подземных вод

Вари-ант	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
X, мм	36	31	32	32	46	60	71	63	57	54	44	43
$T_{возд}$, °C	-14,2	-13,2	-7,2	2,8	11,0	16,4	18,3	16,2	10,0	2,4	-5,6	-11,9
	Уровни воды, м											
Река	52,1	52,2	55,3	54,9	53,0	52,7	52,4	52,4	52,6	52,8	53,2	52,5
Скв.1	50,3	50,5	50,6	51,3	51,3	51,2	50,8	50,3	50,1	50,1	50,4	50,2
Скв.2	55,0	55,1	56,0	56,0	55,5	55,4	55,1	55,1	55,3	55,4	55,6	55,4
Скв.3	53,5	53,5	53,5	53,5	54,4	54,5	54,4	54,3	54,1	53,8	54,2	53,8
Скв.4	49,5	49,4	49,3	49,2	49,0	48,8	48,6	48,5	48,4	48,3	48,2	48,1
Скв.5	54,0	54,0	54,1	53,2	53,0	52,7	52,2	52,3	52,0	52,1	52,1	52,2
Скв.6	51,4	51,6	51,7	54,2	52,4	52,3	51,9	51,3	51,2	51,1	51,8	51,0
Скв.7	55,5	55,6	57,2	56,6	56,1	55,8	55,6	55,4	55,7	55,9	56,2	55,8
Скв.8	54,2	54,3	54,3	54,4	55,1	55,2	55,0	54,9	54,7	54,4	54,9	54,4
Скв.9	51,4	51,3	51,2	51,1	50,9	50,7	50,5	50,3	50,2	50,1	50,0	49,9
Скв.10	53,5	53,5	53,6	52,9	52,7	52,4	52,2	52,0	51,7	51,8	51,8	51,9
Скв.11	50,8	51,0	51,1	51,8	51,6	51,4	51,2	50,8	50,6	50,5	50,9	50,1
Скв.12	54,8	54,9	55,3	55,8	55,3	55,2	54,8	54,7	55,0	55,2	55,5	55,3
Скв.13	53,0	53,0	53,0	53,0	53,8	53,7	53,6	53,6	53,5	53,3	53,8	53,2
Скв.14	54,7	54,5	54,3	54,1	53,8	53,5	53,2	52,9	52,7	52,5	52,1	52,0
Скв.15	54,3	54,3	54,5	54,0	53,5	53,1	53,0	52,8	52,5	52,5	52,6	52,7

Г.Н.Каменский для подземных вод выделяет следующие типы естественных режимов: прибрежный (речной); водораздельный (инфильтрационный); поглощения; деятельного слоя. Прибрежный режим определяется гидрологическим режимом поверхностных

водных объектов; водораздельный инфильтрацией атмосферных осадков и испарением с уровня грунтовых вод (при глубине их залегания менее 5 м); режим поглощения свойственен карстовым районам и конусам выноса в предгорных равнинах; режим деятельного слоя – верховодке и зонам развития многолетнемерзлых пород.

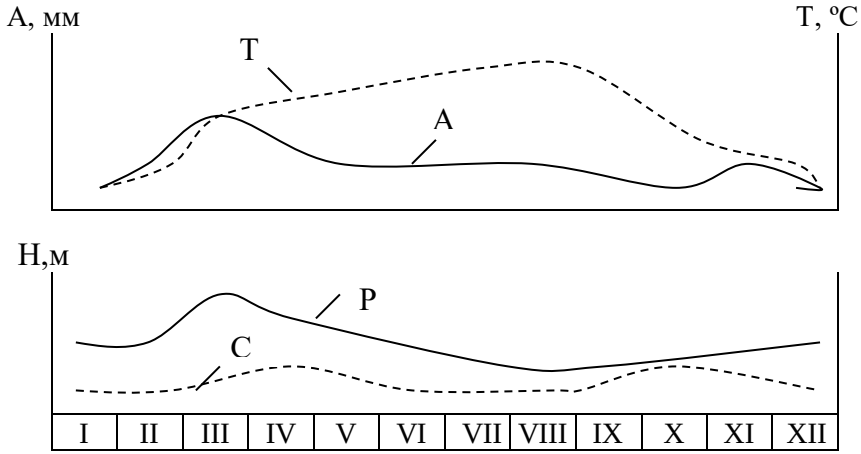

Рис. 3. Совмещенный хронологический график режима: А – атмосферных осадков, Т – температуры воздуха; уровней воды: Р – в реке, С – в скважине

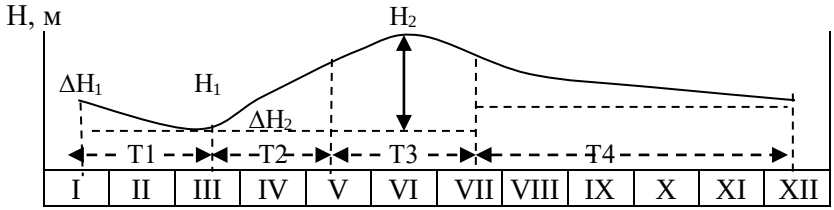

Рис. 4. Характеристики режима уровня грунтовых вод на примере одного из возможных видов режима.

Н1 – минимальный уровень, м; Н2 – максимальный уровень, м; а – амплитуда колебаний уровней, м; Т – периоды, сут.: Т1 – зимнее-весеннего спада; Т2 – весеннего подъема; Т3 – Высокого летнего положения; Т4 – летнее-осенне-зимнего спада

В.С.Ковалевский разделяет режим подземных вод по условиям формирования на три группы: естественный (нарушенный), искусственный сильно нарушенный, искусственный слабо нарушенный. Естественный режим формируется под воздействием комплекса природных факторов; искусственный сильно нарушенный – под влиянием хозяйственной деятельности человека, воздействие которой доминирует над воздействием естественных факторов; искусственный слабо нарушенный – при одновременном воздействии естественных и искусственных факторов (часто – с преобладанием первых). Типы искусственных режимов обычно выделяют по характеру изменения природной среды: режим в зоне влияния водохранилищ и каналов; на площадях орошения и осушения; в районах эксплуатации полезных ископаемых; в зонах водоотбора и восполнения запасов подземных вод; и пр.

3. Выделить на графике колебания уровней подземных вод характерные фазы режима (рис. 4).

4. Определить по графику колебаний уровней параметры режима: максимальный и минимальный уровни: даты их наступления, амплитуду колебания уровня, периоды подъема и спада и их темпы. Темп роста (спада) уровня (Δt, см/сут) вычисляется по формуле 6

$$\Delta t = \Delta H/T \qquad (6)$$

Полученные результаты отразить в таблице 8.

Таблица 8

Характеристики режима уровня грунтовых вод

Уровни				Амплитуда	Периоды			
мах	дата	мин	дата		подъема	темп	спада	Темп

Раздел II. Реки

Задание 4. Определение гидрографических характеристик бассейна р.Луговой

Исходные данные:
Карта бассейна р. Луговой. Масштаб 1:100000 (рис. 5).
Оборудование: калька (10х10 см), миллиметровая бумага (15х15 см), палетка, курвиметр или циркуль-измеритель, линейка, транспортир.

Порядок работы

1. Нанести на кальку контуры карты, гидросеть, линии водоразделов р.Луговой и ее притоков.
2. Измерить палеткой площади бассейнов р.Луговой, ее притоков и межбассейновых пространств отдельно для правого и левого берегов (F), а также расстояния от устья р.Луговой до устья всех ее притоков (l). Измерение длины реки производится циркулем-измерителем с постоянным раствором 2 мм, обязательно с 2-кратным повторением. Результаты измерений занести в таблицу 5. Нумерация межбассейновых пространств и притоков ведется по порядку - от истока к устью сначала по правому берегу, затем по левому.
3. Составить круговой график распределения площадей. Предварительно данные о площадях бассейнов рек и межбассейновых пространств переводятся в проценты и градусы дуги (табл. 6). Диаметр круга принять равным 10 см. Во внешнем кольце шириной 1 см показать площади бассейнов правого и левого берегов р.Луговой, а также межбассейновых пространств правого и левого берегов, В каждом секторе пишутся названия бассейна, его площадь в км^2 и процентах.
4. Определить длину бассейна $\boldsymbol{L}$ (расстояние по прямой от устья до истока реки), среднюю ширину $\boldsymbol{B_{ср}}$, среднюю высоту $\boldsymbol{H_{ср}}$, средний уклон $\boldsymbol{I_{ср}}$, коэффициент асимметрии $\boldsymbol{A}$, коэффициент развития водораздельной линии m по формулам 7 - 11.:

Рис. 5. Карта бассейна р.Луговой.
Масштаб 1:100000.

Таблица 9

Площади бассейна р.Луговой и ее притоков

Правый берег				Левый берег			
Бассейн	L от устья	Площадь		Бассейн Устья	L от устья	Площадь	
		F, км^2	∑F			F, км^2	∑F
1-е межбассейновое пространство				4-е межбассейновое пространство			
р.Ягодная				р.Родниковая			
2-е межбассейновое пространство				5-е межбассейновое пространство			
р.Малая				р.Тихая			
3-е межбассейновое пространство				6-е межбассейновое пространство			
				р.Извилистая			
				7-е межбассейновое пространство			

Таблица 10

Площадь бассейнов р.Луговой и ее притоков в долях дуги

Бассейны	Площадь		
	Км^2	%	Градусы дуги
Правый берег Р.Ягодная Р.Малая Межбассейновые пространства 1-3 Левый берег Р.Родниковая Р.Тихая Р.Извилистая Межбассейновые пространства 4-7			
ВСЕГО			

Таблица 11

Длины горизонталей и оконтуриваемые ими площади в бассейне р.Луговой

№ п/п	Высота горизонтали	Длина, км	Площади выше горизонтали	
			Км^2	%
1	2,8			
2	20			
3	40			
4	60			
5	80			
6	100			
7	120			
8	140			
9	160			

$$B_{cp} = F/L \quad (7)$$

$$H_{cp}=\sum h_i l_i/\sum l_i \quad (8)$$

$$I=h\sum li/F \quad (9)$$

$$A=2(Fл-Fn)/(Fл+Fn)=2(Fл-Fn)/F \quad (10)$$

$$m = \frac{S}{2\pi\sqrt{F/\pi}} \quad (11)$$

Где ***F*** – площадь бассейна; h_i – абсолютная отметка ***i*** –ой горизонтали; L_i - длина ***i*** –ой горизонтали (результаты измерений длин горизонталей занести в таблицу 11); ***Fл*** и ***Fn*** – площадь бассейна левого и правого берегов; S – длина водораздельной линии. Результаты вычислений представить в таблице 12.

5. Составить гипсографическую кривую бассейна р.Луговой. Для этого определить методом палетки площади выше каждой горизонтали (в км^2 и %, табл.11). На миллиметровой бумаге на оси абсцисс отложить (в %) площади выше горизонталей, на оси ординат – соответствующие горизонтали.

Таблица 12

Некоторые морфометрические характеристики бассейна р.Луговой

L, км	B_{cp}, км	H_{cp}	I_{cp},	***A***	***M***

Задание 5. Определение гидрографических характеристик бассейна р.Луговой

Исходные данные:
Карта бассейна р.Луговой. Масштаб 1:100000 (рис. 5).
Оборудование: миллиметровая бумага (10х15 см), циркуль-измеритель или курвиметр.

Порядок работы

1. Найти истоки и устья р.Луговой и всех ее притоков.
2. Определить длину главной реки и всех ее притоков методом циркуля-измерителя с постоянным раствором, равным 2 мм. Результаты измерений занести в таблицы 13 и 14:

а) измерить длину рек циркулем-измерителем (обязательно 2 раза – снизу вверх по реке и обратно, взять средний результат);
б) определить тип извилистости реки (рис. 6; табл. 15);
в) вычислить истинную длину реки (***L***)

$$L = L'*k \qquad (12)$$

Где ***L'*** – измеренная длина реки по карте: ***k*** – поправочный коэффициент, зависящий от типа извилистости реки (табл.15)

3. Составить список рек бассейна р.Луговой (табл. 16).
4. Начертить на миллиметровой бумаге гидрографическую схему р.Луговой. На горизонтальной линии в масштабе 1:100000 откладывается общая длина р.Луговой и отмечаются места впадения всех ее притоков. Под углом 30° к горизонтальной линии в местах впадения притоков в таком же масштабе откладываются в виде прямых линий притоки р.Луговой: правые – вниз от горизонтальной линии, левые – вверх. На этих прямых также отмечаются места впадения притоков, в этих точках под углом 30° в том же самом масштабе откладываются притоки притоков р.Луговой.

Главная река, все ее притоки подписываются и проставляются их длины в *км*. На главной реке подписываются устье, исток, стрелкой показывается направление течения.

Таблица 13

Журнал измерения длины р.Луговой

Местоположение точки	Измеренное расстояние от устья, км	Коэффициент извилистости, k	Истинное расстояние от устья, км
Устье Р.Малая Р.Ягодная Р.Извилистая Р.Тихая Р.Родниковая Исток	0		0

Таблица 14

Журнал измерения длин притоков р.Луговой

Местоположение точки	Измеренное расстояние от устья, км	Коэф-ент извилис-тости, k	Истинное расстояние от устья, км
Р.Малая, устье - р.Родник Р.Малая, р.Родник – исток Р.Ягодная, устье - исток Р.Извилистая, устье - исток Р.Тихая, устье – исток Р.Родниковая, устье – исток			

5. Вычислить общий коэффициент извилистости (***K***) р.Луговой

$$K = L/M \qquad (13)$$

где М – расстояние от устья до истока по прямой (*км*).

6. Вычислить коэффициент густоты речной сети всего бассейна р.Луговой и всех ее притоков ***Д***

$$Д = \sum L/F, \qquad (14)$$

Где $\sum L$ – суммарная длина всех рек в пределах бассейна. Результаты представить в таблице 17.

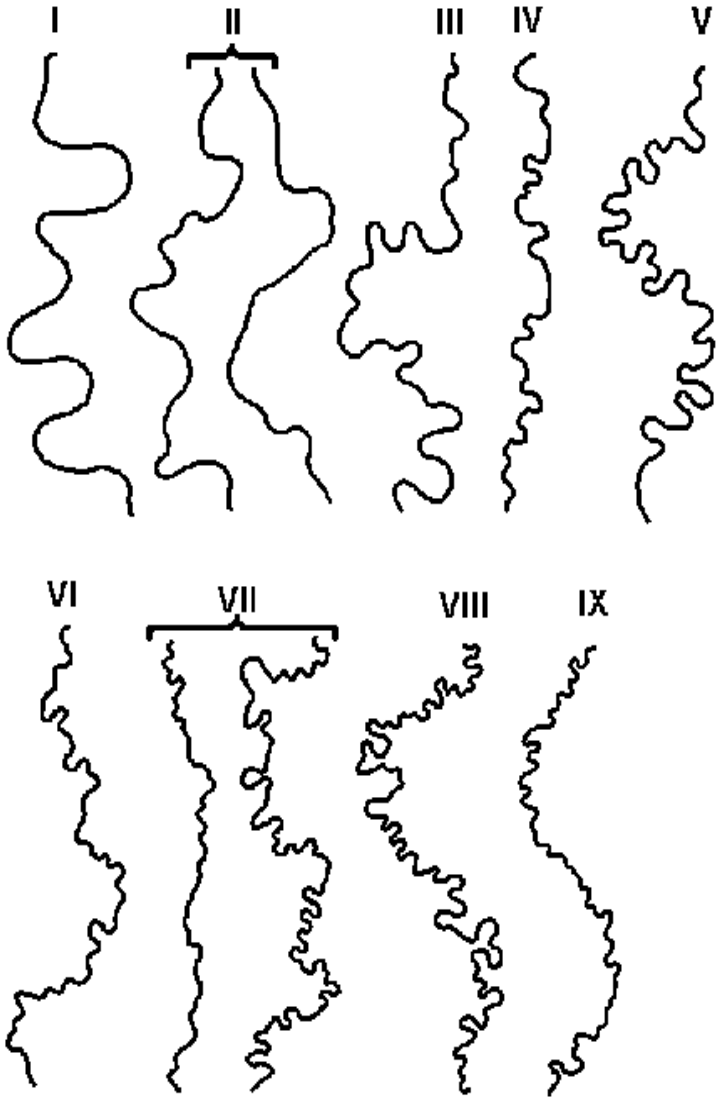

Рис. 6. Тип извилистости реки

Таблица 15

Коэффициент извилистости рек

Тип извилистости	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Коэффициент извилистости	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,07	1,11	1,21	1,25

Таблица 16

Список рек бассейна р.Луговой

№ п/п	Название реки	Куда и с какой стороны впадает	Расстояние от устья, Км	Длина, км	Площадь бассейна, км^2
1	Луговая				
2	Малая				
3	Родник				
4	Ягодная				
5	Извилистая				
6	Тихая				
7	Родниковая				

Таблица 17

Густота речной сети бассейна р.Луговой и ее притоков

Бассейн	∑ L, км	F, км^2	Д
Луговая			
Малая			
Родник			
Ягодная			
Извилистая			
Тихая			
Родниковая			

Задание 6. Составление продольного профиля р. Клязьмы

Исходные данные: Отметки дна, бровок правого и левого берегов, максимального и меженного уровней воды р. Клязьма на участке 470-420 км от устья (табл. 18).
Оборудование: миллиметровая бумага (15х30 см)

Порядок работы

1. Построить на миллиметровой бумаге профиль дна, бровок правого и левого берегов, максимального и меженного уровней воды. По оси абсцисс откладывается расстояние по течению реки в масштабе 1:200000, по оси ординат абсолютные отметки всех характеристик в масштабе 1:200. Отметки точек соединяются прямыми линиями, разными условными обозначениями. Непосредственно ниже горизонтальной линии профиля на соответствующих расстояниях от устья реки показываются:
а) расстояние от устья в км;
б) абсолютные отметки дна реки, бровок правого и левого берегов, максимального и меженного уровней.

Таблица 18

Некоторые морфометрические характеристики продольного профиля р.Клязьмы

№ п/п	Расстояние от устья, км	Абсолютные отметки, м				
		Дно реки	Берега реки		Уровень воды	
			правый	левый	Максим.	Межень
1	2	3	4	5	6	7
1	470	112	117	117	118	112
2	469	112	119	116	-	112
3	468	112	116	115	-	-
4	467	111	116	116	-	112
5	466	109	117	114	-	-
6	464	110	116	115	-	112
7	463	110	115	116	-	-
8	462	111	115	116	-	111
9	461	109	113	112	116	-
10	460	110	114	113	-	-
11	459	107	116	115	-	-
12	458	109	114	113	-	111

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7
13	456	109	114	114	-	-
14	454	107	114	113	-	110
15	452	109	113	113	-	110
16	450	108	113	112	-	-
17	449	107	113	110	114	110
18	448	109	113	117	-	-
19	446	106	112	113	-	110
20	445	107	112	112	-	-
21	443	104	112	112	-	110
22	442	107	111	114	-	-
23	441	109	112	110	-	-
24	440	106	111	110	113	109
25	439	108	111	112	-	-
26	438	108	111	110	-	-
27	437	106	110	110	-	-
28	436	106	115	110	-	-
29	435	106	110	111	-	108
30	434	106	110	110	-	-
31	432	106	109	117	-	108
32	431	105	110	110	-	-
33	430	104	110	109	-112	107
34	429	106	110	108	-	-
35	428	104	110	109	-	107
36	427	105	109	108	-	-
37	426	104	109	109	-	-
38	424	105	109	109	-	106
39	423	104	112	107	-	-
40	422	104	114	108	-	-
41	420	103	110	108	112	105

2. Вычислить и записать в таблицу 19 уклоны реки на участках между пунктами 1 и 4, 4 и 12, 12 и 15 и т.д. при меженном и максимальном уровнях воды. Для этого:

а) определить длину участков в метрах

$$l = L_в - L_н; \qquad (15)$$

б) определить падение уровня воды на участке от верхнего пункта до нижнего в *м* при меженном и максимальном уровнях

Таблица 19

Уклоны р.Клязьма на отдельных участках

Участок	*L, м*	Максимальный уровень		Межень	
		h, м	***l, ‰***	***h, м***	***l, ‰***
1-4					
4-12					
12-15					
15-17					
17-21					
21-24					
24-26					
26-31					
31-35					
35-38					
38-41					

$$h = H_в - H_н \qquad (16)$$

где l и h – длина и падение участка; $H_в$ – абсолютная отметка верхнего пункта участка, находящегося на расстоянии $L_в$ от устья; $H_н$ – абсолютная отметка нижнего пункта участка, находящегося на расстоянии $L_н$ от устья.

3. Охарактеризовать реку по продольному профилю (табл. 20):

а) наибольшая глубина потока при максимальном и меженном уровнях находится по профилю как наибольшая разность между абсолютными отметками дна и соответствующим уровнем воды;

б) наименьшая глубина потока при максимальном и меженном уровнях воды находится аналогично;

в) наибольший и наименьший уклоны водной поверхности при максимальном и меженном уровнях определяется по таблице 19;

г) средний уклон водной поверхности для всего отрезка продольного профиля р.Клязьма при максимальном и меженном уровнях воды $i_{ср}$ (‰)

$$i_{ср} = \frac{H_1 - H_{41}}{L_1 - L_{41}} * 1000 \qquad (17)$$

где H_1 и H_{41} – абсолютные отметки воды на 1-м и 41-м пунктах профиля при соответствующем уровне воды; L_1 и L_{41} – расстояние 1-го и 41-го пунктов профиля от устья;

Таблица 20

Основные характеристики продольного профиля р.Клязьма на участке 470-420 *км* от устья

	Максимальный уровень воды		Минимальный уровень воды	
	Вели-чина	Расстояние от устья	Вели-чина	Расстояние от устья
Наибольшая глубина, м Наименьшая глубина, м Наибольший уклон, ‰ Наименьший уклон, ‰ Наибол. высота бровок: а) правого берега, м б) левого берега, м Наименьш. высота бровок а) правого берега, м б) левого берега, м				

Таблица 21

Затопляемые в половодье берега р.Клязьма

№ п/п	Правый берег		№ п/п	Левый берег	
	Расстояние от устья, км	Наибольшее затопление, м		Расстояние от устья, км	Наибольшее затопление, м
1 2 3 4 5 6			1 2 3 4		

д) наибольшая и наименьшая высота бровок правого и левого берегов реки при максимальном и минимальном уровнях находятся по профилю реки.

4. Установить протяженность берегов, затопляемых в половодье по обеим берегам реки. Для этого по профилю выявить участки, где бровки правого и левого берегов расположены ниже максимального уровня и на сколько (*м*). Результаты занести в таблицу 21.

Задание 7. Вычисление характерных уровней воды и продолжительности отдельных периодов режима реки

Исходные данные:

1. Годовая таблица уровней воды р.Вала у с.Вавож за 1962 год (табл. 22). Вертикальная линия рядом с цифрами означает ледостав, о – ледоход,) – забереги, п – подвижка.
2. Характерные уровни воды р.Унжи у г.Макарьева за 1936 – 1944 гг. (табл. 23)

Оборудование: миллиметровая бумага (40х20 см).

Порядок работы

1. На миллиметровой бумаге составить график колебания уровней воды р.Валы у с.Вавож за 1962 г. На оси абсцисс откладывается дата в масштабе 1 мм – 1 день, на оси ординат уровни над нулем графика в масштабе 1:50.
2. Определить по графику и таблице 22 дату и урез воды в реке для характерных уровней (табл. 23). На графике отметить положение характерных уровней и подписать их.
3. Определить для р.Вала у с.Вавож по таблице 22 и графику в 1962 году продолжительность:

а) весеннего половодья;
б) весеннего ледохода;
в) осеннего ледохода;
г) зимнего ледостава.

Результаты занести в таблицу 24.

4. Рассчитать для всех характерных уровней р.Унжи по данным таблицы 25 (с указанием даты):

а) среднее значение уровня;
б) максимальный уровень;
в) минимальный уровень;
г) наиболее ранний срок наступления характерного уровня (с указанием его);
д) наиболее поздний срок наступления характерного уровня (с указанием его).

Результаты отобразить в виде нижней незаполненной части таблицы 25.

Таблица 22

Уровень воды р.Вала у с.Вавож в 1962 г (в *см* над нулем графика)

Число	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
1	48	59	69	82	226	51
2	42	60	74	141	202	49
3	44	62	73	194	193	48
4	42	62	72	230	187	45
5	46	58	72	240	178	42
6	44	60	75	252	156	46
7	44	53	74	256	140	36
8	46	58	76	266	130	53
9	46	61	71	280	118	44
10	49	63	75	310	108	47
11	48	58	76	334	101	42
12	48	64	74	374	94	41
13	50	62	72	426п	88	51
14	52	63	74	502п	86	32
15	51	64	73	552о	79	38
16	51	60	72	558о	77	33
17	45	69	72	556	70	28
18	49	64	72	552	72	23
19	54	69	71	540	74	12
20	52	68	74	530	69	10
21	49	67	76	512	68	12
22	57	70	72	481	68	12
23	52	68	74	455	68	4
24	56	67	73	410	67	12
25	57	68	74	350	69	18
26	58	69	75	321	64	8
27	60	75	72	303	64	14
28	58	73	73	294	64	8
29	63	74	74	276	62	10
30	63		74	248	59	17
31	57		76		56	
Средняя						
Высш.						
Низш.						

Продолжение таблицы 22

Число	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	28	13	14	10	18	11
2	26	10	9	10	24	10
3	30	8	14	10	24	11
4	31	10	13	11	26	17
5	50	11	16	14	22	28
6	53	8	16	14	22	21
7	52	12	14	16	22	17
8	46	11	12	16	23	31
9	45	9	15	14	21	43
10	26	9	18	14	22	50
11	12	24	10	14	20	42
12	13	16	10	14	20	43
13	19	10	20	14	14	41
14	19	10	21	14	20	42
15	22	3	16	14	21	44
16	22	0	14	14	18	44
17	18	4	16	17	19	46
18	18	8	16	16	19	49
19	8	4	15	20	15	44
20	7	10	14	18	20	39
21	10	10	16	12	22	43
22	13	12	12	12	21	40
23	12	10	12	12	18	38
24	18	14	12	12	20	38
25	15	12	10	13	16	38
26	20	10	14	12	9	44
27	18	11	11	12	1	39
28	10	0	10	13	11	35
29	12	5	10	13	17	32
30	14	8	8	12	23	30
31	13	8		12		31
Средняя						
Высш.						
Низш.						

Таблица 23

Характерные уровни р.Вала у с.Вавож в 1962 г

Характерный уровень	Дата	Н, см
Уровень начала весеннего ледохода		
Наивысший уровень весеннего половодья		
Наивысший уровень летне-осеннего паводка		
Наинизший уровень летней межени		
Наивысший уровень осеннего ледохода		
Уровень начала устойчивого ледостава		
Наивысший уровень зимней межени		
Наинизший уровень зимней межени		

Таблица 24

Продолжительность отдельных фаз режима р,Вала у с.Вавож в 1962 г

Фаза	Начало	Конец	Продолжи-тельность	Средний уровень
Весеннее половодье				
Весенний ледоход				
Осенний ледоход				
Зимний ледостав				

Таблица 25

Характерные уровни воды р.Унжа у г.Макарьев

Годы	Начало весеннего половодья		Наивысший уровень половодья		Наинизший уровень летней межени		Наивысший уровень осеннего ледохода		Начало устойчивого ледостава		Наинизший уровень зимней межени	
	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата
1936	255	23/04	460	3/05	-48	12/08	44	19/11	48	23/11	15	23/12
1937	160	9/04	207	5, 6/05	-59	2, 3/09	-26	7/11	-49	18/11	-26	15/12
1938	174	21/04	422	30/04	-50	15/09	12	12/11	44	24/11	-20	6/01
1939	271	27/04	360	3/05	-42	4/09	32	19/11	9	26/11	-8	12/01
1940	252	20/04	370	26,27/04	-34	28/08	122	25/11	26	2/12	10	15,16/02
1941	164	1/05	370	16/05	-30	28,31/08	20	5/11	0	7/11	1	13,14/12
1942	151	24/04	384	1/05	-38	17/09	8	7/11	0	8/11	4	8/01
1943	186	14/04	330	30/04	-33	21/08	2	8/11	9	21/11	3	12/02
1944	304	27/04	420	4, 5/05	-26	4, 5/09	-4	9/11	-18	17/11	-4	1/12
1945	155	30/04	309	12/05	-27	21/08	152	4/11	58	11/11	2	1-3, 5/01
Средн.												
Наивысш.												
Наинизш												
Ранний												
Поздний												

Задание 8. Вычисление расхода реки графическим способом

Исходные данные:

1. Результаты промера глубин по поперечному профилю сечения русла р.Светлой (табл. 26).
2. Скорости течения воды в русле р.Светлой по скоростным вертикалям (табл. 27).

Оборудование: миллиметровая бумага (40х20 см), калькулятор, линейка.

Таблица 26

Результаты промера глубин в поперечном сечении русла р.Светлой

Расстояние от берега, м	0	10	20	30	40	50	60	80	100	120
Глубина, м	0	1,17	2,25	3,51	3,90	3,99	4,12	3,88	3,79	3,98
Толщина льда, м	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,50	0,45	0,50	0,60	0,35

Продолжение таблицы 26

140	150	170	180	200	220	240	260	270	290	310	320	340
3,53	3,40	2,94	2,81	2,22	2,26	2,28	2,18	2,32	2,40	2,36	1,19	0
0,50	0,55	0,55	0,65	0,85	0,65	0,70	0,75	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50

Таблица 27

Скорость течения в русле р.Светлой по скоростным вертикалям

№ скоростной вертикали		1	2	3	4	5	6	7
Расстояние от берега, м		30	60	120	150	180	240	270
Скорость на глубина, м/с	Лед	0,26	0,24	0,18	0,11	0,14	0,11	0,20
	0,2h	0,44	0,45	0,30	0,23	0,21	0,22	0,36
	0.4h	0,46	0,46	0,40	0,32	0,28	0,27	0,41
	0.6h	0,44	0,43	0,41	0,34	0,31	0,31	0,41
	0.8h	0,38	0,39	0,31	0,30	0,29	0,28	0,36
	дно	0,30	0,30	0,22	0,21	0,22	0,23	0,28

Порядок работы

1. Вычертить на миллиметровой бумаге профиль поперечного сечения р.Светлой, расположив его таким образом, (рис 7) чтобы над ним можно было разместить эпюру средних скоростей по скоростным вертикалям и эпюру элементарных расходов, а непосредственно под профилем поперечного сечения р.Светлой в местах, соответствующих скоростным вертикалям – цифровые характеристики профиля, средние скорости по скоростным вертикалям и элементарные расходы воды в виде таблицы 28.
2. Непосредственно на графике вычертить 7 эпюр вертикальных скоростей. По оси абсцисс откладываются скорости течения в масштабе 1 см равен 0,1 м/с, по оси ординат (вниз от нуля графика) – глубины реки в том же масштабе, что и на профиле поперечного сечения русла р.Светлой (рис. 8).
3. Вычислите средние скорости течения по всем скоростным вертикалям V_{cp}

$$V_{cp} = F / h \qquad (18)$$

где F площадь эпюры; h - глубина реки.
Результаты занести в таблицу 28.
4. Построить сверху над поперечным сечением русла р.Светлой эпюру средних вертикальных скоростей. Для этого вверх от линии уреза воды в масштабе 1 см равен 0,1 м/с над соответствующими скоростными вертикалями отложить значения средней скорости (V_{cp}). Полученные точки соединить плавной кривой.
5. Вычислить элементарные расходы по всем скоростным вертикалям q_i (м^2/с)

$$q_i = V_{cp}\, h_i \qquad (19)$$

где V_{cp} –средняя скорость на скоростной вертикали, h_i – глубина русла реки по соответствующей вертикали. Результаты занести в таблицу 25.
6. Построить сверху над поперечным сечением русла р.Светлой эпюру элементарных расходов q_i. Для этого вверх от линии уреза воды в масштабе 1 см равен 1 м^2/с (в отличие от эпюры средних вертикальных скоростей этот масштаб показать справа от графика), над соответствующими скоростными вертикалями отложить значения

элементарных расходов q_i и полученные точки соединить плавной кривой.

7. Вычислить расход реки Q методом палетки

$$Q = Fq \qquad (20)$$

Где Fq – площадь эпюры элементарных расходов.

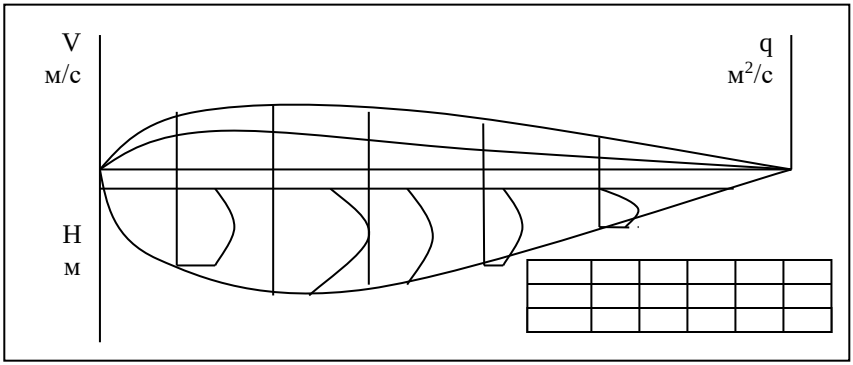

Рис. 7 Схема построения профиля и эпюр

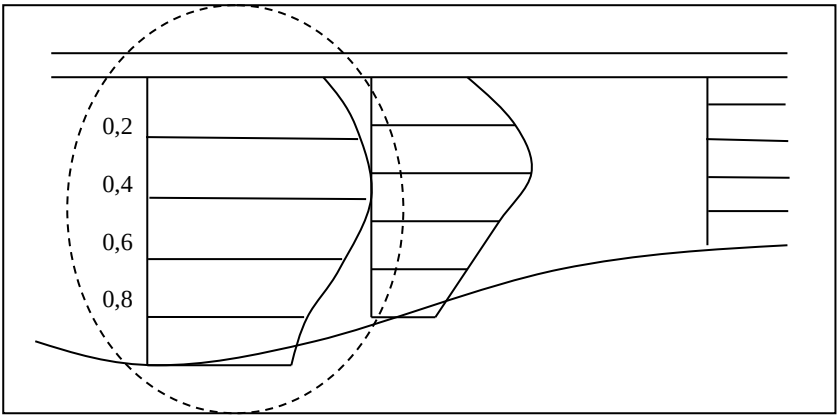

Рис. 8. Схема построения эпюры вертикальных скоростей

Таблица 28

Числовые характеристики поперечного профиля р,Светлой

№ скоростной вертикали	1	2	3	4	5	6	7
Расстояние от берега, м	30	60	120	150	180	240	270
Глубина, м (без льда)							
Средняя скорость, м/м							
Элементарный расход, $м^2/с$							

8. Определить и представить в таблице 29:

А) расход реки (***Q***, $м^3/с$);

Б) площадь живого сечения реки (***W***, $м^2$), подсчитанную методом палетки;

В) площадь льда ($W_л$, $м^2$), подсчитанную методом палетки;

Г) общую площадь поперечного сечения русла р.Светлой ($W_{общ}$, $м^2$)

$$W_{общ} = W + W_л; \quad (21)$$

Д) ширину реки (***B***);

Е) ширину реки без льда ($B_в$);

Ж) среднюю глубину реки ($h_{ср}$);

$$h_{ср} = W_{общ}/B \quad (22)$$

З) максимальную глубину реки (h_{max});

И) среднюю скорость течения реки ($V_{ср}$, м/с)

$$V_{ср} = Fv_{ср}/B_в \quad (23)$$

Где $Fv_{ср}$ - площадь эпюры средних скоростей;

К) максимальную скорость течения реки (V_{max}, м/с) по эпюрам вертикальных скоростей.

Таблица 29

Количественные характеристики поперечного сечения русла р.Светлой

Q, $м^3/с$	***W***, $м^2$	$W_л$, $м^2$	$W_{общ}$. $м^2$	***B***, м	$B_в$, м	$h_{ср}$, м	h_{max}, м	$V_{ср}$, м/с	V_{max}, м/с

Задание 9. Определение нормы стока реки

Исходные данные:

1. Средние годовые расходы р.Кама у г.Перми за 1881-1935 гг. (табл. 30).
2. Площадь бассейна р.Кама до г.Перми 167800 км^2.
3. Норма осадков для бассейна р.Кама до г.Перми за 1881-1935 гг. 623 мм.
4. Средние годовые расходы воды р.Иж у пос.Лебединное Озеро за 1934-1962 гг (табл. 31).
5. Средние годовые расходы воды р.Кырыкмас у пос.Канада за 1934, 1936, 1937 гг. (табл 32).
6. Площади бассейнов р.Иж у пос.Лебединное Озеро –7770 км^2; р.Кырыкмас у пос.Канада – 2010 км^2.
7. Норма осадков для бассейнов р.Иж и р.Кырыкмас 518 мм

Оборудование: миллиметровая бумага (15х20 см), калькуляторы.

Порядок работы

1. Вычислить норму стока для р.Кама у г.Перми непосредственно по материалам гидрометрических наблюдений:

а) норму стока через расход Q_0, м^3/с

$$Q_0 = \sum Q_i / n \qquad (24)$$

б) норму стока через средний многолетний модуль стока M_0, л/с*км^2

$$M_0 = Q_0 * 10^3 / F \qquad (25)$$

в) норму стока через средний многолетний объем стока W_0, м^3/год (км^3/год)

$$W_0 = Q_0\ 31{,}5 * 10^6 \qquad (26)$$

$$W_0 = M_0\ F\ 31{,}5 * 10^3 \qquad (27)$$

г) норму стока через средний многолетний слой стока Y_0, мм

$$Y_0 = W_0 * 10^{-3} / F \qquad (28)$$

$$Y_0 = 31{,}5 * M_0 \qquad (29)$$

д) норму стока через средний многолетний коэффициент стока λ_0

$$\lambda_0 = Y_0 / X_0 \qquad (30)$$

где $\sum Q_i$ - сумма средних годовых расходов за период наблюдений n лет; F - площадь бассейна р.Кама до г.Перми; X_0 - среднее многолетнее количество осадков в бассейне р.Кама до г.Перми.

Таблица 30

Средние годовые расходы р.Кама у г.Перми за 1881-1935 гг.

№ п/п	Год	Средний годовой расход, м3/с	№ п/п	Год	Средний годовой расход, м3/с
1	1881	1700	29	1909	1970
2	1882	1880	30	1910	1270
3	1883	1540	31	1911	1660
4	1884	1630	32	1912	1470
5	1885	1510	33	1913	1530
6	1886	1940	34	1914	2320
7	1887	1660	35	1915	1750
8	1888	1880	36	1916	2300
9	1889	1650	37	1917	1310
10	1890	1480	38	1918	1740
11	1891	1540	39	1919	1680
12	1892	1740	40	1920	1140
13	1893	1860	41	1921	1200
14	1894	1840	42	1922	1310
15	1895	2170	43	1923	1880
16	1896	1220	44	1924	1760
17	1897	1380	45	1925	2020
18	1898	1250	46	1926	2450
19	1899	2250	47	1927	2240
20	1900	1830	48	1928	2070
21	1901	1290	49	1929	1840
22	1902	1980	50	1930	1860
23	1903	1500	51	1931	1360
24	1904	1420	52	1932	1720
25	1905	1800	53	1933	1260
26	1906	1420	54	1934	1390
27	1907	1170	55	1935	1620
28	1908	1560			

Результаты вычислений занести в таблицу 33.

2. Определить норму стока р.Иж у пос.Лебединое Озеро за период с 1934 г. по 1962 г. Полученные данные занести в таблицу 33;

3. Вычислить норму стока для бассейна р.Кырыкмас у пос. Канада при коротком ряде наблюдений. Вычисления производятся методом бассейна-аналога, в качестве которого для р.Кырыкмас использовать бассейн р. Иж до пос. Лебединое Озеро, включающей полностью и бассейн р.Кырыкмас. Удлинение ряда наблюдений проводится графическим способом:

а) по данным таблиц 31 и 32 построить график связи средних годовых расходов р.Иж, у пос. Лебединое Озеро и р.Кырыкмас у пос. Канада. По оси абсцисс откладываются значения средних годовых расходов р. Иж, по оси ординат – р.Кырыкмас; масштаб – в 1 см 2 м^3/с.

Таблица 31

Средние годовые расходы р.Иж у пос. Лебединое Озеро за 1934-1962 гг.

№ п/п	Год	Средний годовой расход, м3/с	№ п/п	Год	Средний годовой расход, м3/с
1	1934	21,0	15	1948	44,6
2	1935	18,2	16	1949	34,2
3	1936	21,3	17	1950	44,2
4	1937	26,7	18	1951	39,0
5	1938	23,1	19	1952	17,8
6	1939	30,7	20	1953	32,2
7	1940	24,7	21	1954	24,6
8	1941	36,6	22	1955	39,4
9	1942	38,7	23	1956	54,9
10	1943	32,6	24	1958	38,8
11	1944	37,5	25	1959	33,3
12	1945	33,5	26	1960	29,9
13	1946	49,2	27	1961	37,8
14	1947	60,6	28	1962	33,3

Таблица 32

Средние годовые расходы р.Кырыкмас у пос. Канада за 1934, 1936, 1937 гг.

Год	1934	1936	1937
Средний годовой расход, м^3/с	3,96	5,93	9,10

б) определить по графику связи средние годовые расходы р.Кырыкмас у пос. Канада за 1934 - 1962 гг. Для этого по среднегодовому расходу р.Иж с графика связи снимается соответствующее значение среднегодового расхода р.Кырыкмас, для года с отсутствующими наблюдениями. Результаты представить в виде таблицы аналогичной таблице 31.

в) по полученному продленному ряду среднегодовых расходов найти для бассейна р.Кырыкмас у пос.Канада средний многолетний модуль стока M_0 (по формуле 25), средний многолетний объем стока W_0 (по формуле 26 или 27), средний многолетний слой стока h_0 (по формуле 28 или 29), коэффициент стока λ_0 (по формуле 30). Результаты занести в таблицу 33.

Таблица 33

Норма стока рр. Кама, Иж, Кырыкмас в точках гидрологических измерений

Река	Q_0, м^3/с	M_0, л/с*км^2	W_0, м^3/год	Y_0, мм	λ_0
Кама					
Иж					
Кырыкмас					

Задание 10. Определение коэффициента изменчивости (вариации) Cv годового стока

Исходные данные:

1. Р.Иж (табл. 31) для всех вариантов полностью.
2. Р.Кама (табл. 30) по вариантам:

Варианты

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1881-1890	1885-1895	1890-1900	1895-1905	1900-1910	1905-1915	1910-1920	1915-1925	1920-1930	1925-1935

Оборудование: калькулятор, линейка.

Порядок работы

1. Для подсчета коэффициента изменчивости (вариации) *Cv* годового стока р. Кама и р.Иж составляется таблица (табл.34), из которой берется $\sum(k-1)^2$ и подставляется в формулу 35 или 36.
2. Заполнить две таблицы для р.Иж и р.Кама аналогично приведенному примеру
3. Определить коэффициент изменчивости (вариации) *Cv* годового стока.
4. Рассчитать относительную среднюю квадратическую ошибку средней многолетней величины годового стока εQ и относительную среднюю квадратическую ошибку коэффициента изменчивости εC_v

Коэффициент изменчивости Cv характеризует отклонения величины стока за отдельные годы от нормы стока, он равен:

$$C_v = \frac{\delta_Q}{Q_0}, \qquad (31)$$

где δQ — среднеквадратическое отклонение годовых расходов от нормы стока.

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum(Q_i - Q_o)^2}{n}} \qquad (32)$$

Если n > 30, то

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum(Q_i - Q_o)^2}{n-1}}. \qquad (33)$$

Если сток за отдельные годы выразить в виде модульных коэффициентов

$$\text{К} = \frac{Q_1}{Q_o}, \qquad (34)$$

$$\text{то} \quad C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n}} \qquad (35)$$

а при n < 30

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}} \qquad (36)$$

Пример расчета для р.Обнора у п.Шарна

Обно́ра — река в европейской части Российской Федерации, протекает по Вологодской и Ярославской области, правый приток Костромы.

Таблица 34

Данные для расчета ***Cv***

№ п.п.	Годы	Годовые расходы Q_i, м^3/с	$K=\frac{Q_I}{Q_{CP}}$	k-1	$(k-1)^2$
1	1967	13,2	1,07	0,07	0,0049
2	1968	14,1	1,16	0,16	0,0256
3	1969	17,0	1,37	0,37	0,1369
4	1970	12,2	0,98	-0,02	0,0004
5	1971	10,0	0,81	-0,19	0,0361
6	1972	8,35	0,67	-0,33	0,1089
7	1973	8,37	0,67	-0,33	0,1089
8	1974	14,0	1,13	-0,13	0,0169
9	1975	10,8	0,87	-0,13	0,0169
10	1976	15,0	1,27	0,37	0,0729
СУММА		124,02	10,00	0,00	0,5284
Q_{CP} СРЕДНЕЕ		12,4			

Коэффициент изменчивости годового стока реки Обнора у. п. Шарна равен:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0{,}5284}{9}} = 0{,}24$$

Относительная средняя квадратическая ошибка средней многолетней величины годового стока реки Обнора у п. Шарна за период с 1967 по 1976 гг. (10 лет) равна:

$$\varepsilon_Q = \frac{C_V}{\sqrt{n}} \cdot 100\% = \frac{0{,}24}{3{,}162} \cdot 100\% = 7{,}6\% \text{ т.е.} < 10\%$$

Относительная средняя квадратическая ошибка коэффициента изменчивости Cv при его определении методом моментов равна:

$$\varepsilon C_v = \frac{1}{n+4Cv^2}\sqrt{\frac{n(1+Cv^2)}{2}} \cdot 100\%$$

В рассматриваемом примере:

$$\varepsilon C_v = \frac{1}{10+4\cdot 0{,}24^2}\sqrt{\frac{10(1+0{,}24^2)}{2}} \cdot 100\% = 22{,}5\% > 10\%$$

В нашем примере εQ находится в пределах допустимой, а εC_v больше допустимой ошибки, значит, ряд наблюдений недостаточный.

Задание 11. Расчет и построение кривых повторяемости и продолжительности гидрологических явлений

Исходные данные:

1. Р.Иж (табл. 31) для всех вариантов полностью.
2. Р.Кама (табл. 30) по вариантам:

Варианты

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1881-1890	1885-1895	1890-1900	1895-1905	1900-1910	1905-1915	1910-1920	1915-1925	1920-1930	1925-1935

Оборудование: Карандаш, линейка, калькулятор, клетчатка вероятности

Порядок работы

1. По предложенным вариантам определить амплитуду среднегодовых расходов Р.Иж и р.Кама. Полученную амплитуду разбить на равные градации (или интервалы). Число интервалов ***n*** приближенно рекомендуется рассчитывать по соотношению:

$$n \le 5 \lg N, \qquad (37)$$

где N - число лет наблюдений. Подсчитать, какое число раз в заданный интервал попадает значение расхода реки. Полученные данные оформить в виде таблицы 2.

2. Построить кривую повторяемости и продолжительности где по оси абсцисс откладываются %, а по оси ординат – значения Q с указанием наибольшего и наименьшего их значения (рис. 9).

Колебания годового стока во времени обусловлены влиянием большого числа факторов, что вызывает необходимость при изучении этих колебаний применять методы математической статистики.

Повторяемостью называется число случаев попадания значения Q в каждый интервал. Число случаев повторяемости, вычисленное в % от общего числа наблюдений, называется частотой.

Продолжительностью называется сумма повторяемости, а обеспеченностью – сумма частот.

Пример расчета

Таблица 35

Среднегодовые расходы р. Черная за 1954-1973 гг

Год	Q, $м^3/с$	Год	Q, $м^3/с$	Год	Q, $м^3/с$	Год	Q, $м^3/с$
1954	72	1959	80	1964	67	1969	50
1955	72	1960	72	1965	70	1970	70
1956	66	1961	74	1966	103	1971	62
1957	80	1962	91	1967	63	1972	85
1958	72	1963	85	1968	48	1973	93
ИТОГО: количество лет наблюдений – 20; суммарный расход – 1492 $м^3/с$; средний многолетний расход - 75 $м^3/с$							

$$n \leq 5 \lg N, \quad (38)$$

$$n \leq 5 \lg 20, \quad (39)$$

$$n \leq 6{,}5 \quad (40)$$

Число интервалов должно быть не более 7

Таблица 36

Ведомость повторяемости (частоты) и продолжительности (обеспеченности) расходов р.Черная (пример)

Интервал, м3/с	Повторяемость (частота)		Продолжительность (обеспеченность)	
	Число случаев	%	Число случаев	%
110-100	1	5	1	5
99-90	2	10	3	15
89-80	4	20	7	35
79-70	9	45	16	80
69-60	2	10	18	90
59-50	1	5	19	95
49-40	1	5	20	100

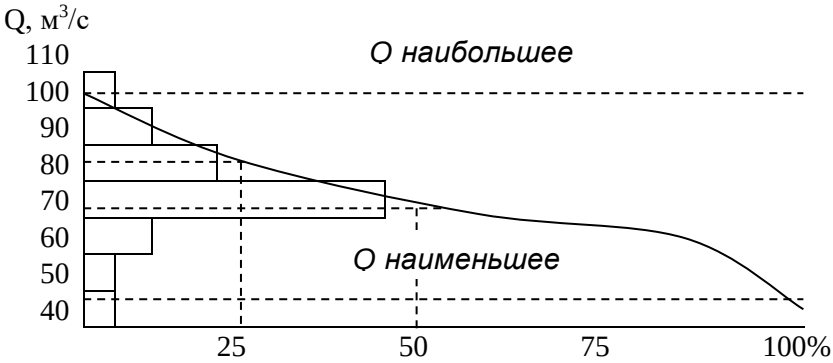

Рис. 9. Кривые повторяемости и продолжительности расходов р.Черная (пример)

Задание 12. Расчеты обеспеченности и вероятности гидрологических явлений

Исходные данные:

1. Р.Иж (табл. 31) для всех вариантов полностью.
2. Р.Кама (табл. 30) по вариантам:

Варианты

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1881-1890	1885-1895	1890-1900	1895-1905	1900-1910	1905-1915	1910-1920	1915-1925	1920-1930	1925-1935

Оборудование: Карандаш, линейка, калькулятор, клетчатка вероятности

Порядок работы

1. Построить эмпирическую кривую обеспеченности многолетнего стока на клетчатке вероятности.
2. Построить аналитическую кривую обеспеченности многолетнего стока на клетчатке вероятности.
3. Нанести на клетчатку вероятности (рис. 11) точки эмпирической кривой обеспеченности. По полученным значениям построить аналитическую кривую и определить средние годовые расходы вероятностью ежегодного превышения 1; 10; 50; 75; 90 и 99,9% (табл. 38).

<u>Обеспеченностью гидрологической величин</u>ы называется вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической величины может быть превышено среди совокупности всех возможных ее значений.

<u>Обеспеченностью годового стока</u> *P* может быть названо среднее число лет (выраженное в процентах или доля от общего числа лет), в котором годовой сток будет равен или больше данного.

<u>Кривая обеспеченности (или кривая вероятности превышения</u>) – это интегральная кривая, показывающая обеспеченность или вероятность превышения (в процентах или в долях от единицы) данной величины среди общей совокупности

ряда. При расчетах параметров кривых обеспеченности значения гидрологической величины рассматривается в виде статистического ряда, т.е. ряда расположенного в убывающем порядке.

Кривые обеспеченности или кривые вероятности превышения могут быть построены в виде эмпирических (наблюденных) и аналитических (теоретических) кривых.

Кривые обеспеченности (эмпирическая и аналитическая) в целях повышения точности строятся на специальных клетчатках вероятности (см. рис. 10). Если значения эмпирических точек, а в дальнейшем и аналитические величины наносить в простых координатах, то верхний и нижний участки кривых получаются изогнутыми, что затрудняет их экстраполяцию.

На клетчатке вероятности выбирается вертикальный масштаб для значений ***Qi***, причем максимальное значение ***Q*** принимается большим, чем значение расхода для первого члена ряда. По горизонтальной нижней оси откладывается обеспеченность в процентах, а по верхней оси период повторения лет ***N***.

1. Эмпирические кривые обеспеченности годового стока строятся по вероятности превышения *P*% эмпирических точек, вычисленных для каждого члена ряда величин годового стока по формуле

$$P = \frac{m - 0{,}3}{n + 0{,}4} 100\% \qquad (41)$$

где *m* – порядковый номер члена ряда величин стока, расположенных в убывающем порядке; *n* – общее число членов ряда.

В таблице 39 средние годовые расходы ***Qi*** располагаются в убывающем порядке, причем если за период наблюдений было два или более одинаковых расхода, то они повторяются так, что число ***n*** остается одинаковым для хронологического ряда и ряда, расположенного в убывающем порядке.

По значениям *Qi* и *P*% из таблицы 39 на клетчатку вероятности наносятся эмпирические точки.

2. Аналитические кривые обеспеченности применяются для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых. Теоретическими схемами аналитических кривых обеспеченностей, применяемых при

гидрологических расчетах случайных величин, являются схемы биноминального и трехпараметрического гамма-распределения.

Параметрами аналитических кривых обеспеченности являются: средний многолетний расход Q_0, коэффициент изменчивости (вариации) Cv и коэффициент асимметрии Cs.

Пример расчета

Таблица 37

Среднегодовые расходы р. Черная за 1954-1973 гг

Год	Q, $м^3/с$	Год	Q, $м^3/с$	Год	Q, $м^3/с$	Год	Q, $м^3/с$
1954	72	1959	80	1964	67	1969	50
1955	72	1960	72	1965	70	1970	70
1956	66	1961	74	1966	103	1971	62
1957	80	1962	91	1967	63	1972	85
1958	72	1963	85	1968	48	1973	93
ИТОГО: количество лет наблюдений – 20; суммарный расход – 1492 $м^3/с$; средний многолетний расход – 75 $м^3/с$							

Таблица 38

Обеспеченность годового стока рек Кама и Иж

	Обечпеченность, %					
	1	10	50	75	95	99,9
р. Иж						
р.Кама						

Таблица 39

Ведомость расчета параметров вероятности превышения средних многолетних показателей расхода

№ п/п	Q_i, м3/с в убывающем порядке	Год	Вероятность превышения $P = \frac{m-0.3}{n+0.4}100\%$	$k=Q_i/Q_0$	(k-1)	$(k-1)^2$	$(k-1)^3$
1	103	1966	3,4	1,37	0,37	0,1369	0,0507
2	93	1973	8,3	1,24	0,24	0,0576	0,0138
3	91	1962	13,2	1,21	0,21	0,0441	0,0093
4	85	1968	18,1	1,13	0,13	0,0169	0,0022
…							
19	50	1969	91,6	0,67	-0,33	0,1089	0,0359
20	48	1968	96,6	0,64	-0,36	0,1296	0,0467
Сумма	1492			19,92	-0,01	0,4968	
Среднее	Q_0=75						

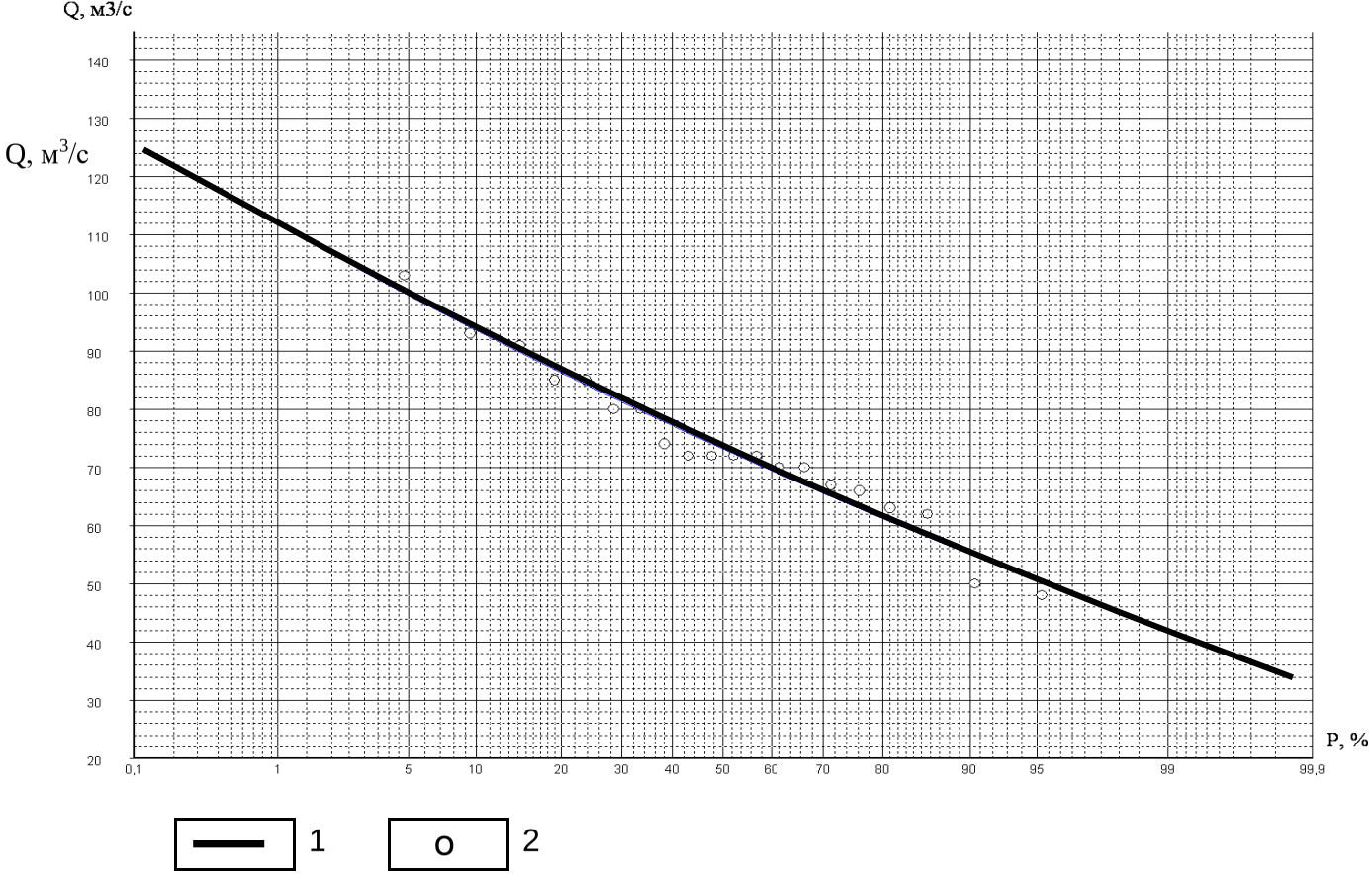

Рис. 10. Эмпирическая и теоретическая кривые обеспеченности расхода р. За период 1954-1968 гг.
Кривая: 1 – теоретическая; 2 - эмпирическая

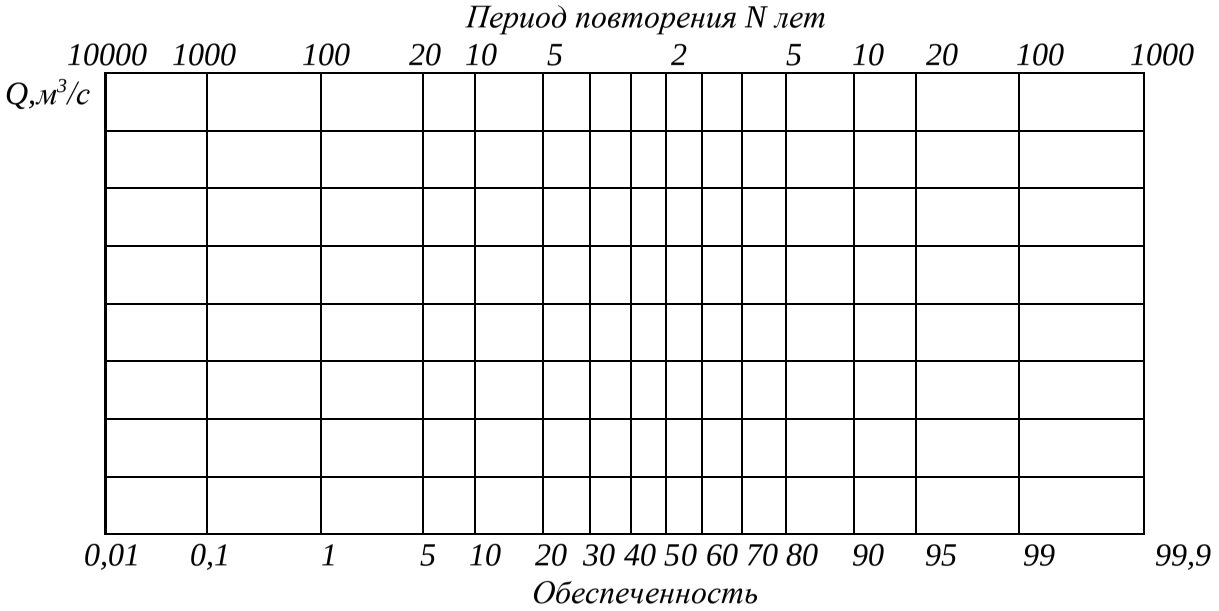

Рис. 11. Клетчатка вероятности для самостоятельной работы
(распечатай и рисуй!)

Раздел III. Озера

Задание 13. Расчет водного баланса о.Севан

Исходные данные:

1. Площадь водной поверхности о.Севан (F) 1416 км^2.
2. Приходно-расходные данные о.Севан за 1927-1930 гг. (табл. 40).

Оборудование: калькулятор, линейка.

Таблица 40

Составные части водного баланса о.Севан за 1927-1930гг.

Год	Приход			Расход						
	Сток		Осад-ки, мм	р.Раздан		Подз. сток		Орошение		Испа-рение
	тыс.м^3	мм		м^3/с	мм	м^3/с	мм	тыс.м^3	мм	
	W	Y	X	Q	Y$^/$	Qп	w	W$^{//}$	Y$^{//}$	Z
1927	715832		393	0,95		2,3		62505		
1928	827343		403	1,16		2,3		63948		
1929	943832		388	1,90		2,8		68767		
1930	709922		408	1,64		2,6		65605		
Сред										
Макс										
Мин										

Порядок работы

1. Определить средние, максимальные и минимальные значения всех составных частей водного баланса о.Севан за 1927-1930 гг. Полученные данные занести в таблицу 40
2. Выразить все составные части водного баланса в мм слоя и занести в таблицу 40:

а) сток в о.Севан (Y, мм)

$$Y = W*10^{-3}/F; \quad (42)$$

б) слой стока р.Раздан (Y$^/$, мм)

$$Y = 31,5*10^3 Q/F \quad (43)$$

в) слой подземного стока (W, мм)

$$w = 31,5*10^3 Qп/F \quad (44)$$

г) забор воды на орошение($Y^{//}$, мм)

$$Y^{//} = W^{//}*10^{-3}/F; \quad (45)$$

где W – сток в озеро в тыс.$м^3$; F – площадь озера в $км^2$; Q – расход р.Раздан в $м^3/с$; Qп – расход подземного стока в $м^3/с$; $W^{//}$ - забор воды на орошение в тыс. $м^3$.

3. По уравнению водного баланса (46) найти величину испарения с поверхности о.Севан за каждый год и в среднем за период с 1927 по 1930 гг.

$$Y + X = Y/ + w + Y// + Z \quad (46)$$

Где X – годовое количество осадков в мм.

Задание 14. Изучение вертикального распределения температуры оз. Глубокого

Исходные данные: Распределение температур воды в оз. Глубоком на различных глубинах по наблюдениям 6 мая, 14 августа, 2 декабря 1964 г. (табл. 41)

Оборудование: миллиметровая бумага (15х20).

Таблица 41

Вертикальное распределение температур оз.Глубокого

Глубина	Температура воды			Глубина	Температура воды		
	6 мая	14 авг.	2 дек.		6 мая	14 авг.	2 дек.
0,0	6,1	23,0	0,5	6,0	-	8,8	-
0,5	-	-	1,0	6,5	5,8	-	-
1,0	-	22,7	1,3	7,0	5,4	-	-
1,5	-	21,5	-	8,0	-	7,2	2,2
2,0	-	19,7	1,5	10,0	4,9	6,6	2,8
2,5	6,0	18,2	-	12,5	-	6,1	3,2
3,0	-	17,8	1,5	15,0	4,6	5,7	3,4
3,5	-	17,3	-	20,0	-	5,5	3,7
4,0	-	16,5	1,6	25,0	-	5,3	-
4,5	5,8	14,5	-	27,5	-	-	3,8
5,0	-	11,8	1,7	30,0	4,0	5,2	4,0

Порядок работы:

1. Вычертить на миллиметровой бумаге графики вертикального распределения температур оз. Глубокого 6 мая, 14 августа, 2 декабря

1964 г. На оси абсцисс в масштабе 1 см равен 2°, откладывается температура, на оси ординат вниз от точки нуля в масштабе 1 см равен 2 м – глубина. Полученные точки соединяются плавной кривой. Все три кривые вычерчиваются на одном графике.

2. Определить тип температурной стратификации и подписать его на графике.
3. Найти стой температурного скачка и отметить его на графике.

Список рекомендуемой литературы

Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 448 с.

Гидрогеология: Метод. Указания для бакалавров по направлению 511000 – геология и студентов специальности 011400 – гидрогеология и инженерная геология / Перм. ун-т. Сост. Г.Н.Дублянская, В.Н. Дублянский, Г.К.Михайлов. Пермь, 1998. Ч.1. 55 с.

Голубев Г.Н., Михайлов В.Н., Чуткина Л.П. Общая гидрология: Метод. указания. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 32 с,

Давыдов Л.К., Дмитриева А.А., Конкина Н.Г. Общая гидрология. Л.: Гидрометеоиздат. 1973. 462 с.

Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 440 с.

Лучшева А.А. Основы гидравлики и гидрометрии. М: Недра. 1980. 167 с.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. М.: Высш. Шк., 1991. 368 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Средний Урал и Приуралье / Под ред. Н.М. Алюшинской. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. Т.11.- 848 с.

Учебное издание

СОСТАВИТЕЛЬ:

ПЕРЕВОЩИКОВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ

ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ

Авторская редакция

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 12.2019. Формат 60x84 $^{1}/_{16}$
Тираж 60 экз. Заказ №

Типография
Издательского центра «Удмуртский университет»
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2
тел. 68-57-17.