

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Гидравлика»

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

Методические указания
к курсовой работе
по дисциплине «Гидрология и гидрометрия»
для студентов специальности
1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство»

М и н с к
Б Н Т У
2 0 1 1

УДК 556.5.048:378.147.091.313+627.81:378.147.091.313(075.8)

ББК 26.22я7

Г 46

Составитель *В.Н. Юхновец*

Рецензенты:

Э.И. Михневич, С.П. Гатилло

Графическое оформление карт
и рисунков выполнили студенты

К.Ю. Аксенович, Р.Н. Горбачик, П.А. Мартинович

Методические указания помогут студентам овладеть современными практическими навыками гидрологических и водохозяйственных расчетов, связанных с использованием водных ресурсов. В работе приводится балансовый таблично-цифровой метод расчета сезонно-годового регулирования стока с предшествующим этому расчету построением морфометрических характеристик водохранилища.

В основу гидрологических расчетов положены реальные физические характеристики рек, взятые из справочников Государственного водного кадастра.

В настоящем издании учтены новейшие разработки по гидрологическим расчетам. Указания дополнены соответствующими приложениями, необходимыми для расчетов.

Методические указания могут быть использованы и при дипломном проектировании.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	5
ЗАДАНИЕ	7
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	8
СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	9
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ БАССЕЙНА РЕКИ И РАЙОНА НАМЕЧАЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	9
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКА	9
2.1. Годовой сток разной обеспеченности.....	9
2.2. Расчет внутригодового распределения стока воды	11
2.3. Расчет максимального стока воды	13
2.3.1. Расход талых вод (половодья).....	13
2.3.2. Расход дождевых паводков.....	18
2.4. Расчет и построение гидрографа максимального стока....	19
2.5. Расчет минимальных расходов воды	22
2.6. Определение стока взвешенных наносов	25
2.7. Ледовый режим реки	26
3. РАСЧЕТ ВОДОХРАНИЛИЩА	27
3.1. Расчет и построение кривых	27
морфометрических характеристик водохранилища	27
3.2. Установление объемов притока и потребления воды	30
3.3. Расчет сезонного регулирования без учета потерь воды ..	32
3.4. Установление мертвого объема.....	35
3.5. Расчет сезонного регулирования стока с учетом потерь воды на испарение, фильтрацию, льдообразование	36
3.5.1. Дополнительное испарение	36
3.5.2. Потери воды на фильтрацию	39
3.5.3. Потери воды на образование льда.....	40
3.5.4. Расчет сезонного регулирования стока табличным методом с учетом потерь воды (второе приближение)	42

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА ВОДЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
ЛИТЕРАТУРА.....	49
ПРИЛОЖЕНИЯ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	53
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	70
ПРИЛОЖЕНИЕ 7	71
ПРИЛОЖЕНИЕ 8	72
ПРИЛОЖЕНИЕ 9	73
ПРИЛОЖЕНИЕ 10	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 11	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 12	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 13	77
ПРИЛОЖЕНИЕ 14	78

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В курсовой работе решаются задачи по определению характеристик годового стока воды, стока половодья и дождевого паводка, минимального стока за летне-осенний и зимний периоды, задачи по расчету и построению гидрографа максимального стока, который необходим при проектировании объектов водохозяйственного строительства, сооружений мелиоративных систем, транспортного строительства и других мероприятий, связанных с оценкой и использованием водных ресурсов; производится расчет наполнения водохранилища балансовым таблично-цифровым методом для удовлетворения потребностей в воде водопользователей и водопотребителей. При этом определяется значение сбросного расхода воды с учетом трансформирующей емкости водохранилища и приближенно определяется сток наносов с целью назначения его мертвого объема.

Гидрологические расчеты выполняются в основном для условий отсутствия данных гидрометрических наблюдений в проектном створе реки, что наиболее часто встречается в практике строительного проектирования.

Гидрологическим и водохозяйственным расчетам предшествует краткая характеристика природных условий бассейна реки и района гидротехнического строительства, приводимая по литературным источникам. Необходимая для выполнения работы литература указывается в квадратных скобках цифрами, соответствующими номерам списка литературных источников.

Студент получает исходные данные к выполнению всех предусмотренных курсовой работой расчетов в конкретном створе реки, устанавливаемом по географическим координатам – долготе и широте. Местоположение створа отыскивается сначала на схеме расположения пунктов гидрологических наблюдений по кадастровому номеру (приложение 1), а затем с учетом конфигурации реки на схеме этот же створ отыскивается на реальной карте рек с географической координатной сеткой (приложение 2). И таким образом координаты проектного створа становятся известными, т.е. местоположение створа известно. После определения координат створа становится возможным устанавливать значения всех необходимых в расчетах гидрологических характеристик с использованием карт действующих нормативных источников [1, 2, 3]. Гидрологические

характеристики представлены на картах изолиниями, и требуемое значение характеристики снимается с карты с использованием линейной интерполяции между смежными изолиниями. Некоторые характеристики приведены на картах по районам, ограниченным контурными линиями. Необходимые для выполнения курсовой работы карты, помещенные в настоящие методические указания, заимствованы из [2, 3, 4, 5].

ЗАДАНИЕ

1. Привести краткие характеристики природных условий бассейна реки и района гидротехнического строительства.

2. Определить расчетные гидрологические характеристики стока воды:

2.1. Вычислить расходы годового стока разной обеспеченности $p = 0,1-99, \%$;

2.2. Рассчитать внутригодовое распределение стока:

а) в маловодный год обеспеченностью $p = 95, \%$;

б) в многоводный год обеспеченностью $p = 5, \%$;

в) в средний по водности год.

2.3. Определить максимальный расход талых вод расчетной обеспеченности.

2.4. Найти максимальный расход дождевого паводка расчетной обеспеченности по редуccionной формуле.

2.5. Рассчитать и построить гидрограф половодья.

2.6. Вычислить расходы минимального стока среднемесячные и среднесуточные за летне-осенний и зимний сезоны обеспеченностью $p = 95, \%$.

2.7. Определить сток взвешенных наносов.

2.8. Дать краткое описание ледового режима реки.

3. Произвести расчет наполнения водохранилища:

3.1. Построить кривые морфометрических характеристик водохранилища.

3.2. Установить объемы притока и потребления по отдельным месяцам года.

3.3. Рассчитать таблично-цифровым способом объем водохранилища сезонного регулирования без учета потерь воды.

3.4. Установить мертвый объем водохранилища.

3.5. Рассчитать объем водохранилища с учетом потерь воды на дополнительное испарение, фильтрацию, образование льда, построить совмещенный хронологический график притока, потребления и работы водохранилища.

4. Определить расчетный расход для проектирования водосбросных сооружений.

5. Сделать заключение и выводы.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Река, створ (наименование).

Площадь водосбора F , км².

Расстояние от истока реки L , км.

Средневзвешенный уклон реки до створа, ‰.

Средний уклон склонов водосбора, ‰.

Озерность водосбора f_0 , %.

Заболоченность водосбора f_{δ} , %.

Лесистость водосбора $f_{л}$, %.

Густота речной сети D , км/км².

Класс капитальности сооружения;

Удельные среднегодовые расходы воды водосбора, взятые из Государственного водного кадастра, в виде статистического ряда q , л/с·км².

Обеспеченность стока маловодного и многоводного годов p , %.

Значения площадей зеркала будущего водохранилища от отметок уровней воды в нем.

Гидрологические условия в чаше водохранилища.

Объем годового потребления воды из водохранилища и распределение потребления по месяцам в процентах, задаваемое руководителем работы.

Исходные данные приводятся в задании по курсовой работе.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Во введении излагаются поставленные задачи, цели и методы их решения в соответствии с заданием по курсовой работе.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ БАССЕЙНА РЕКИ И РАЙОНА НАМЕЧАЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В данном разделе приводится гидрографическая и климатическая характеристики, даются общие сведения о водном режиме рек гидрологического района, к которому относится намеченный объект проектирования. Гидрологический район и подрайон устанавливается по карте-схеме гидрологического районирования (приложение 3).

Гидрографическая характеристика включает краткое описание реки и ее бассейна (исток, устье, длина реки, уклон, русло, пойма, долина, площадь бассейна, местоположение водосбора, с какими водосборами граничит, рельеф, гидрографическая сеть – основные притоки, их длина, густота речной сети, высота и геология водосбора). Источники информации [6, 7, 8].

Краткая климатическая характеристика (температура воздуха среднегодовая, среднемесячная и экстремальная; атмосферные осадки среднегодовые и разной обеспеченности; снежный покров и запасы воды в нем; влажность и дефицит влажности; скорости ветра среднегодовые и редкой повторяемости; солнечная радиация). Источники информации [6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Общие сведения о водном режиме рек конкретного гидрологического района приводятся из [6, гл. 2].

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКА

2.1. Годовой сток разной обеспеченности

Исходные данные берутся из Государственного водного кадастра в виде статистического ряда модулей расходов среднегодо-

вого стока q , л/с·км², и определяются значения стока в диапазоне обеспеченностей $p = 0,1-99$ %, которые нужны для решения различных народнохозяйственных задач, связанных с использованием водных ресурсов.

Искомые значения суммарного годового стока Q_p определяются для условий наличия данных гидрометрических наблюдений в проектном створе.

Основная цель решения этой задачи – усвоить материал и приобрести навыки по расчету и построению интегральных кривых распределения (кривых обеспеченностей) гидрологических характеристик.

После того, как построена кривая обеспеченности, вычисляется значение Q_p :

$$Q_p = \overline{Q}_n \cdot K_p, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

$$\overline{Q}_0 = \frac{\overline{q} \cdot F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

$$\overline{q} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}, \text{ л/с} \cdot \text{км}^2, \quad (3)$$

где n – количество членов статистического ряда;

F – площадь водосбора, км² (значение F – в задании);

K_p – модульный (переходный) коэффициент требуемой обеспеченности p согласно действующим нормативным источникам.

Значение коэффициента K_p (ординаты кривой) определяется по подобранной теоретической кривой распределения.

Подбираются две теоретические кривые распределения: биномиальная кривая Пирсона III типа и кривая трехпараметрического гамма-распределения. Подбор кривых осуществляется тремя методами: методом моментов, методом приближенно наибольшего правдоподобия и графоаналитическим методом (квантилей).

Расчеты по п. 2.1 и подбор теоретических кривых распределения выполняются согласно «Методическим указаниям» [16] или пособиям [2, 3].

Расчеты сопровождаются оформлением соответствующих таблиц и построением кривых распределения на клетчатке вероятностей, согласно [16].

2.2. Расчет внутригодового распределения стока воды

Необходимость выполнения расчета внутригодового распределения стока обусловлена многообразием решаемых инженерных гидрологических задач в привязке к отраслям народного хозяйства. К примеру, в данной курсовой работе результаты расчета внутригодового распределения стока в маловодные годы используются в расчетах наполнения водохранилища.

Внутригодовое распределение стока зависит от водности реки. Выделяют многоводные, средневодные и маловодные годы. В работе предусматривается расчет внутригодового распределения стока по месяцам для очень многоводного года, характеризующегося обеспеченностью $p = 5 \%$, среднего по водности и очень маловодного с обеспеченностью $p = 95 \%$. Расходы воды Q_p для каждого указанного года берут из материалов предыдущего расчета (п. 2.1) и задача решается далее для условий отсутствия данных гидрометрических наблюдений в створе. Рекомендуется использовать типовые районные распределения месячного и сезонного стока рек (в процентах от годового) по гидрологическим районам, приведенные в приложении 4 и заимствованные из пособия [3]. В этих распределениях дана месячная доля стока v_m в процентах от годового в зависимости от гидрологического района и водности года.

При выполнении расчетов за 100 % приняты среднегодовые расходы соответствующей обеспеченности, умноженные на 12 (12 месяцев).

Тогда расход за конкретный месяц в каждой группе водности равен

$$Q_m = \frac{12Q_p v_m}{100}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4)$$

Гидрологический район и подрайон устанавливают, как отмечалось выше, по приложению 3; Q_p – значения расходов очень многоводного, среднего по водности и очень маловодного года, вычисленные в п. 2.1.

Результаты расчета помещают в таблицу 1.

Таблица 1 – Внутригодовое распределение стока

Характеристика стока	Месяцы												Год
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
Очень многоводный год, $p = 5\%$													
$v_{M,} \%$													
$Q, \text{м}^3/\text{с}$													
Средний по водности год													
$v_{M,} \%$													
$Q, \text{м}^3/\text{с}$													
Очень маловодный год, $p = 95\%$													
$v_{M,} \%$													
$Q, \text{м}^3/\text{с}$													

По результатам расчета строят ступенчатые гидрографы стока для каждого по водности года (рисунок 1), совместив их на одном рисунке и используя разные условные обозначения.

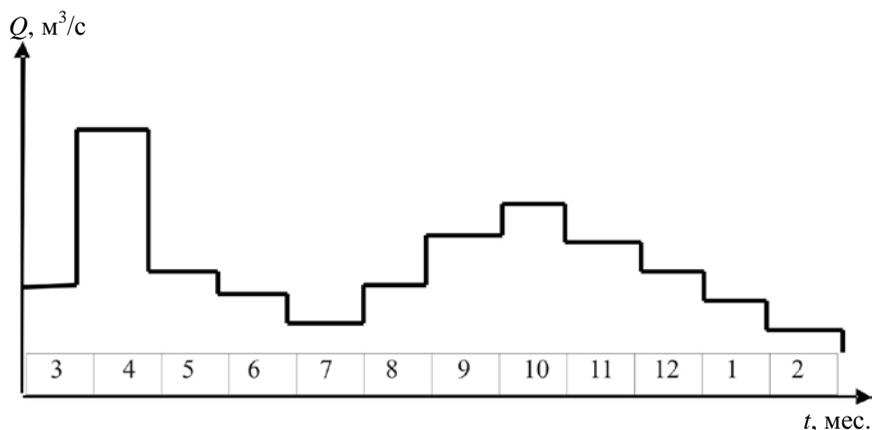


Рисунок 1 – Гидрографы годового стока по месяцам

2.3. Расчет максимального стока воды

Расчет производится для случая отсутствия данных гидрометрических наблюдений в проектном створе реки, поэтому используются соответствующие формулы.

2.3.1. Расход талых вод (половодья)

Значение расчетного мгновенного расхода половодья для равнинных рек с площадью водосбора $F < 50\,000$ км², согласно действующим СН [1, 2, 3], можно определять по формуле

$$Q_p = \frac{K_0 h_p \mu}{(F + 1)^n} \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \cdot F, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5)$$

где p – индекс расчетной обеспеченности, устанавливаемой по действующим нормативным документам для гидротехнического и водохозяйственного строительства в зависимости от класса капитальности сооружений и их народнохозяйственного значения;

K_0 – параметр, характеризующий дружность половодья, зависящий главным образом от природной зоны (климат) и рельефа водосбора (его значение рекомендуется определять по формуле (5) обратным ходом, используя данные наблюдений на реках-аналогах);

h_p – расчетный слой суммарного (с учетом грунтового питания) стока обеспеченностью p , подлежит определению, мм;

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды, определяется по таблице 2;

δ – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды под влиянием залесенности, заболоченности и распаханности водосбора;

n – показатель степени редукции модуля максимального стока по площади водосбора; $n = 0,20$ для бассейнов рек Республики Беларусь.

Таблица 2 – Значения параметра μ

Водосбор	Обеспеченность p , %							
	1	2	3	5	10	25	50	75
Правобережные притоки р. Припять	1,0	0,95	0,94	0,93	0,87	0,81	0,74	0,66
Остальные реки Республики Беларусь	1,0	0,96	0,93	0,90	0,84	0,75	0,65	0,55

Значение K_0 можно определять приближенно для водосборов лесной зоны (территория Республики Беларусь относится к лесной зоне) по таблице 3 в зависимости от параметра α , косвенно характеризующего рельеф водосбора и определяемого по формуле

$$\alpha = \frac{J_{\text{ср.взв.реки}} \cdot \sqrt{F}}{25}, \quad (6)$$

где $J_{\text{ср.взв.реки}}$ – средневзвешенный уклон реки, ‰.

Таблица 3 – Параметры α , K_0 , категория рельефа

Значение α	$\alpha > 1$	$0,5 < \alpha < 1$	$\alpha < 0,5$
Категория рельефа водосбора	1	2	3
Значение K_0	0,010	0,008	0,006

Значение расчетного слоя стока половодья h_p вычисляется по формуле

$$h_p = h_0 \cdot K_p, \quad (7)$$

где h_0 – средний многолетний слой половодья, устанавливается по рекам-аналогам или по карте (приложение 5), заимствованной из [3], мм;

K_p – модульный коэффициент, значение которого определяют по установленным значениям коэффициентов вариации C_v и асимметрии C_s подбираемой теоретической кривой распределения (кривой Пирсона III типа или кривой трехпараметрического гамма-распределения).

Значение коэффициента вариации C_v рекомендуется определять по карте (приложение 6, карта заимствована из [3]). Параллельно также надо вычислить значение коэффициента C_v по региональной формуле

$$C_v = \frac{14 - 1,3 \lg(F + 100)}{(h_0 + 10)^{2/3}}, \quad (8)$$

чтобы убедиться в близкой сходимости обоих значений C_v .

Значение коэффициента асимметрии C_s принимается по нормативному соотношению $C_v / C_s = \alpha$. Для водосборов рек территории Республики Беларусь $\alpha = 2-2,5$ [2].

После получения коэффициентов C_v и C_s требуемое значение модульного коэффициента K_p определяется так же, как и в п. 2.1, т.е. значение K_p вычисляется по выражению $K_p = C_v \cdot \Phi_{p,C_s} + 1$ при использовании кривой распределения Пирсона III типа, или значение K_p выписывается из таблиц [16] при использовании кривой трехпараметрического гамма-распределения.

Значение коэффициента δ , учитывающего снижение максимального стока рек, зарегулированного проточными озерами, определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{1 + C f'_0}, \quad (9)$$

где C – коэффициент, принимаемый в зависимости от среднего многолетнего слоя половодья h_0 по таблице 4;

f'_0 – средневзвешенная озерность водосбора, %; значение f'_0 можно вычислить по относительной озерности f_0 , используя формулу

$$f'_0 = \frac{f_0 - 2}{2,8}. \quad (10)$$

Таблица 4 – Коэффициент C в формуле (9)

h_0 , мм	> 100	99–50	49–20	< 20
C	0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4

Если река и ее притоки вытекают из озер, водосборы которых занимают более половины водосбора реки, то значение f'_0 вычисляется по формуле

$$f'_0 = \frac{f_0 - 2}{0,92}. \quad (11)$$

Когда озера расположены на водосборе вне главного русла и основных притоков, значение δ надо принимать равным 0,8 независимо от степени озерности.

При незначительной озерности ($f_0 < 1$ %) значение δ можно принимать равным единице ($\delta = 1$).

Значение коэффициента δ_1 , учитывающего влияние леса, вычисляют по формуле

$$\delta_1 = \frac{\alpha_1}{(f_{л} + 1)^{0,22}}, \quad (12)$$

где $f_{л}$ – относительная залесенность водосбора в процентах;

α_1 – параметр, учитывающий расположение леса на водосборе, принимается по таблице 5.

Таблица 5 – Значения параметра α_1

Расположение леса на водосборе	$f_{л}, \%$		
	3–9	10–19	20–30
Равномерное	1,00	1,00	1,00
В верхней части водосбора	0,85	0,80	0,75
В нижней и прирусловой части водосбора	1,20	1,25	1,30

Значение коэффициента δ_2 , учитывающего влияние заболоченности водосбора, вычисляют по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1f_{\delta} + 1), \quad (13)$$

где f_{δ} – относительная заболоченность водосбора в процентах;

β – коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав почв (грунтов) вокруг болота и заболоченных земель, принимается по таблице 6.

Таблица 6 – Значение коэффициента β

Типы болот и почв (грунтов) на водосборах	β
Низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах с супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,8
Болота разных типов на водосборе	0,7
Верховые болота на водосборах с супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,5
Верховые болота на водосборах с среднесуглинистыми и глинистыми почвами (грунтами)	0,3

К заболоченным территориям относятся земли (леса, луга) избыточно увлажненные со слоем торфа не менее 30 см.

Коэффициент δ_3 учитывает снижение максимального расхода воды за счет распаханности водосбора. Его значение равно единице ($\delta_3 = 1$), если $E > 200 \text{ км}^2$, $p < 5 \%$, относительная распаханность $f_{\text{расп}} < 50 \%$.

При невозможности подобрать реку-аналог расчетный мгновенный расход половодья на реках Республики Беларусь допускается определять по формуле [3]

$$Q_p = \frac{K'_0 h_p \mu \delta}{1000(F+1)^{0,20}} F, \quad (14)$$

где обозначения h_p , μ , δ , F – те же, что и в формуле (5), а параметр K'_0 определяется по формуле

$$K'_0 = \frac{9,15}{e^{0,02f_{\text{л}}(1+0,07f_{\delta})}} + \frac{1,18}{10^{\frac{0,14}{i}}} + 0,77, \quad (15)$$

где e – основание натурального логарифма;

$f_{\text{л}}$ – относительная залесенность водосбора, %, вычисленная с учетом площадей, занимаемых лесом заболоченным и лесом по суходолу;

f_{δ} – относительная заболоченность водосбора, %, включающая болота, заболоченные земли и мелиорируемые земли на осушенных болотах;

i – уклон водотока, ‰ (его значение в исходных данных).

2.3.2. Расход дождевых паводков

Расходы дождевых паводков определяются в курсовой работе по двум методикам, рекомендуемым к использованию [1, 2, 3], если невозможно подобрать реку-аналог, при площади водосбора $F > 50 \text{ км}^2$.

Согласно методике [1, 2] расчетный мгновенный расход вычисляют по редуccionной формуле

$$Q_{p \%} = q_{200, 1\%} \left(\frac{200}{F} \right)^n \lambda_p \delta \delta_2 \delta_3 F, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (16)$$

где $q_{200, 1\%}$ – модуль максимального мгновенного расхода воды обеспеченностью $p = 1 \%$ при $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$, приведенный к площади водосбора 200 км^2 , определяется интерполяцией по карте (приложение 7);

$\delta, \delta_2, \delta_3$ – те же коэффициенты, что и в п. 2.3.1;

λ_p – переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды обеспеченностью $p = 1 \%$ к максимальным расходам воды другой обеспеченности; значение λ_p принимается по таблице 7;

n – коэффициент редуccionции модуля максимального мгновенного расхода воды с увеличением площади водосбора; $n = 0,30$ для р. Днепр с притоками Сож, Березина и соответственно с их водосборами, $n = 0,22$ для рек остальной территории Республики Беларусь.

Таблица 7 – Значения λ_p при $F > 0,1 \text{ км}^2$ для района 2 по [2] (территория Республики Беларусь относится к району 2)

$p, \%$	0,1	1	2	3	5	10	25
λ_p	1,5	1	0,85	0,77	0,67	0,55	0,36

Согласно методике [3] расчетный мгновенный расход паводка определяется по формуле

$$Q_p = \frac{\alpha_{10\%} \delta \lambda_p}{\Phi^{0,8}} F, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (17)$$

где $\alpha_{10\%}$ – параметр, характеризующий модуль мгновенного расхода воды обеспеченностью 10 %, определяется по карте (приложение 8);

δ – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов воды проточными озерами, определяется по формуле (9) при $C = 0,11$ при наличии сведений только об относительной озерности f_0 ;

λ_p – переходной коэффициент от максимального расхода дождевого паводка обеспеченностью 10 % к расходу другой обеспеченности, принимаемый по таблице 8;

Φ – морфологическая характеристика русла, определяемая по формуле

$$\Phi = \frac{1000L}{\chi i^{1/3} F^{1/4}}, \quad (18)$$

где i – средневзвешенный уклон реки, ‰;

χ – гидравлический параметр реки, принимаемый по таблице 9;

L – длина реки до проектного створа, км;

F – площадь водосбора, км².

Таблица 8 – Переходный коэффициент λ_p

Обеспеченность, %	1	2	3	5	10	25
Переходной коэффициент	1,96	1,65	1,47	1,29	1,0	0,64

Таблица 9 – Параметр χ

Характеристики русел и пойм	χ
Чистые русла постоянных равнинных рек; русла периодически пересыхающих водотоков	11
Извилистые, частично заросшие русла больших и средних рек, периодически пересыхающие водотоки, несущие во время паводка большое количество наносов	9
Сильно засоренные и извилистые русла периодически пересыхающих водотоков	7

2.4. Расчет и построение гидрографа максимального стока

В настоящей работе гидрограф строится для больших расходов, каковыми являются расходы половодья. Мгновенный расход половодья вычислен в п. 2.3.1.

Расчетные гидрографы половодья строятся по средним суточным расходам воды. Переход от мгновенного максимального расхода Q_p к среднему суточному той же обеспеченности \bar{Q}_p осуществляется по зависимости

$$\bar{Q}_i = Q_p / K_\tau, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (19)$$

где K_τ – переходный коэффициент от Q_p к \bar{Q}_p , его значение можно принимать по таблице 10, взятой из [3].

Таблица 10 – Переходные коэффициенты K_τ

Бассейны рек	Площадь водосбора, км ²							
	1	5	10	50	100	500	1000	1500
Реки бассейна Западной Двины	1,6	1,4	1,3	1,2	1,15	1,00	1,00	1,00
Реки других бассейнов	2,6	2,1	1,9	1,6	1,40	1,15	1,08	1,00

На равнинных реках территории Республики Беларусь чаще всего бывают одновершинные гидрографы половодий. Их можно рассчитывать по уравнению

$$y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}}, \quad (20)$$

где $y = Q_i / \bar{Q}_p$ – ординаты расчетного гидрографа, выраженные в долях среднесуточного максимального расхода воды заданной обеспеченности;

$x = t_i / t_{п}$ – абсциссы расчетного гидрографа, выраженные в долях продолжительности подъема половодья $t_{п}$;

a – параметр, зависящий от коэффициента формы гидрографа λ^* , функционально связанного с коэффициентом несимметричности гидрографа K_s .

Коэффициент K_s определяется по формуле

$$K_s = \frac{h_{\Pi}}{h}, \quad (21)$$

где h_{Π} – слой стока за период подъема половодья, мм;

h – суммарный слой стока всего половодья, мм.

Значение K_s устанавливают по данным рек-аналогов, содержащимся в Государственном водном кадастре, например, [6, табл. 75, с. 174].

Уравнение (20) решено относительно конкретных значений K_s , λ^* , a и представлено в приложении 9 (таблица заимствована из [3]). Пользуясь этой таблицей по установленному значению K_s определяют необходимое значение коэффициента λ^* .

Для расчета координат гидрографа половодья надо из приложения 9 выписать соответствующие установленному K_s значения координат безразмерного гидрографа x и y . Переход к размерному гидрографу осуществляют перерасчетом безразмерных координат в размерные по формулам

$$Q_i = \bar{Q}_p y_i, \text{ м}^3/\text{с}; \quad (22)$$

$$t_i = t_{\Pi} x_i, \text{ сут.} \quad (23)$$

Эти расчеты удобнее выполнять в табличной форме (таблица 11).

Таблица 11 – Координаты гидрографа половодья

x															
y															
$Q_i = \bar{Q}_p y_i$															
$t_i = t_{\Pi} / x_i$															

Однако предварительно надо определить время подъема половодья t_{Π} , сут, по формуле

$$t_n = \frac{0,0116h_p\lambda^*}{\tilde{q}_p}, \text{ сут}, \quad (24)$$

где h_p – слой суммарного стока половодья, мм, его значение определено в п. 2.3.1;

\tilde{q}_p – среднесуточный модуль максимального расхода половодья, определяемый по формуле

$$\tilde{q}_p = \frac{\bar{Q}_p}{F \cdot K_\tau}, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2. \quad (25)$$

Значение коэффициента K_τ принимают по таблице 10.

По результатам расчета на миллиметровой бумаге в принятом масштабе строится гидрограф половодья (рисунок 2).

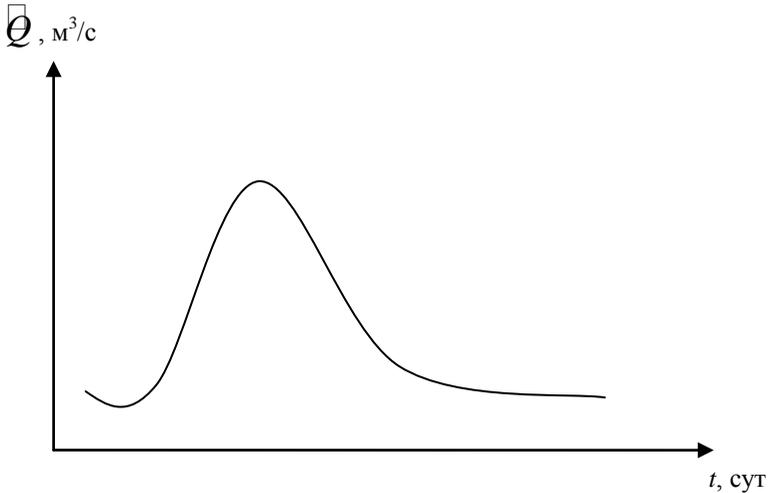


Рисунок 2 – Гидрограф весеннего половодья

2.5. Расчет минимальных расходов воды

Минимальный сток формируется в период, когда река переходит на грунтовое питание и поверхностный сток имеет наименьшее значение. Такими периодами в году являются летне-осенний и зимний.

Под расходами минимального стока понимают 30-суточные (средние месячные) расходы воды расчетной обеспеченности p , %, устанавливаемой для разных отраслей экономики по действующим нормативным документам.

В курсовой работе надо определить минимальные среднемесячные и среднесуточные расходы воды за летне-осенний и зимний периоды обеспеченностью p , равной 80 % и 95 %, для условий отсутствия данных гидрометрических наблюдений в створе.

Расходы воды обеспеченностью $p = 80$ % получают по следующим формулам (используется методика [1, 2]):

$$Q_{80, \text{л-о}} = \frac{q_{80, \text{л-о}} \cdot F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с}; \quad (26)$$

$$Q_{80, \text{з}} = \frac{q_{80, \text{з}} \cdot F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (27)$$

где $q_{80, \text{л-о}}$, $q_{80, \text{з}}$ – модули минимального стока обеспеченностью 80 % соответственно летне-осеннего и зимнего периодов, значения которых устанавливают по картам минимального стока для центра тяжести водосбора, когда $F > F_{\text{пр}}$, л/с·км². Эти карты представлены в приложениях 10 и 11.

Понятие предельной площади $F_{\text{пр}}$ следует понимать так, что если $F < F_{\text{пр}}$, происходит неполное дренирование подземных вод руслом реки.

Значение $F_{\text{пр}}$ зависит от природного района и расчетного периода. Для водосборов рек территории Республики Беларусь $F_{\text{пр}} = 1200$ км² – для зимнего периода и $F_{\text{пр}} = 1500$ км² – для летнего периода согласно [2].

Для водосборов, меньших предельной площади $F_{\text{пр}}$, когда на сток существенно влияют аональные (местные) факторы, используют формулу

$$Q_{80\%} = 10^{-3} a (F \pm f_0)^n, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (28)$$

где a , f_0 , n – параметры, определяемые в зависимости от географических районов в отдельности для летне-осеннего и зимнего периодов по рекомендациям [2];

a – параметр, характеризующий увлажненность данного района;
 $-f_0$ – средняя площадь водосбора в районе, при которой нет поверхностного стока;

$+f_0$ – средняя площадь подземного водосбора, с которой в данном районе обеспечивается дополнительное питание рек;

n – параметр, характеризующий интенсивность изменения стока с увеличением F .

Значение f_0 для водосборов рек Республики Беларусь равно 0 ($f_0 = 0$).

В зимний период значение параметра $a = 0,23$ и $n = 1,20$ для водосборов рек бассейнов Западной Двины и Немана, $a = 0,63$ и $n = 1,13$ для рек бассейна Березины (притока р. Днепр) и $a = 0,07$ и $n = 1,25$ для рек остальной территории Республики Беларусь.

В летне-осенний период значение $a = 1,14$ и $n = 1,30$ для водосборов рек географической трапеции, ограниченной широтой 52° – 56° и долготой 30° – 36° ; $a = 2,05$ и $n = 1,02$ – для водосборов рек территории, ограниченной широтами 55° – $55^\circ 20'$ и долготой в диапазоне 26° – 30° ; $a = 0,12$ и $n = 1,33$ – для водосборов рек остальной территории Республики Беларусь.

Переход от расхода обеспеченностью $p = 80\%$ к расходу другой обеспеченности Q_p выполняют по формуле

$$Q_p = Q_{80\%} \cdot \lambda_p, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (29)$$

где λ_p – переходный коэффициент, зависящий от географического района и обеспеченности p , определяется по [2] согласно таблице 12.

Таблица 12 – Переходные коэффициенты λ_p для определения минимальных 30-суточных расходов воды различной обеспеченности

Водосборы рек	Обеспеченность p , %				
	75	80	90	95	97
Водосборы рек бассейнов Припяти и Немана	1,06	1,00	0,86	0,78	0,70
Водосборы рек остальной территории Республики Беларусь	1,09	1,00	0,80	0,63	0,54

Минимальные суточные расходы обеспеченностью $p = 80 \%$ для обоих периодов вычисляют по формуле

$$Q_{c,80} = Q_{80} \cdot K, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (30)$$

где K – коэффициент, $K = 0,74$ для водосборов рек на территории Республики Беларусь в зимний период и $K = 0,64$ – для летне-осеннего периода.

Минимальный суточный расход другой обеспеченности вычисляют умножением $Q_{c,80}$ на переходный коэффициент λ_p , принимаемый по таблице 12, т.е.

$$Q_{c,p} = Q_{c,80} \cdot \lambda_p, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (31)$$

2.6. Определение стока взвешенных наносов

Расчету подлежат среднегодовые расход и объем наносов, расход наносов обеспеченностью 5 %, 25 %, 75 % и распределение стока наносов по периодам года – весеннему и межённому.

Расчет осуществляется для условий отсутствия данных гидрометрических наблюдений в проектном створе.

Среднегодовой расход взвешенных наносов R_0 вычисляют по формуле

$$R_0 = \rho Q_0 \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}, \quad (32)$$

где ρ – мутность (г/м³ воды), определяется по карте (приложение 12);

Q_0 – среднегодовой расход воды, м³/с, вычислен в п. 2.1.

Годовой расход взвешенных наносов обеспеченностью p , %, вычисляется по выражению

$$R_p = R_0 K_p, \text{ кг/с}, \quad (33)$$

где K_p – модульный коэффициент.

Значение K_p определяется по кривой распределения в зависимости от обеспеченности p , коэффициента вариации $C_{v,R}$ и коэффициента асимметрии $C_{s,R}$.

Значение $C_{v,R}$ можно получить по выражению

$$C_{v,R} = C_{v,Q} \cdot K_1, \quad (34)$$

где $C_{v,Q}$ – коэффициент вариации годового стока воды, вычисленный в п. 2.1;

K_1 – коэффициент, значение которого для равнинных рек приблизительно равно 1,6 ($K_1 = 1,6$), [18].

Значение коэффициента $C_{s,R}$ принимается по соотношению

$$C_{s,R} = 2C_{v,R}. \quad (35)$$

После определения коэффициентов $C_{v,R}$ и $C_{s,R}$ необходимое значение K_p определяют так же, как и в расчетах годового стока п. 2.1, с использованием или биномиальной кривой распределения Пирсона III типа, или кривой трехпараметрического гамма-распределения.

Средний многолетний объем взвешенных наносов определяется по выражению

$$V_R = 31,5 \frac{R_0}{\rho_{\text{взв}}}, \text{ млн м}^3, \quad (36)$$

где $\rho_{\text{взв}}$ – плотность взвешенных наносов, изменяется в пределах 1000–1500 кг/м³.

Объем наносов за весенний и меженный периоды вычисляют по формулам

$$V_{R,B} = V_R \cdot K_B, \text{ м}^3, \quad (37)$$

$$V_{R,M} = V_R \cdot K_M, \text{ м}^3. \quad (38)$$

Значения коэффициентов K_B и K_M можно принимать по [6, таблица 140, с. 281].

2.7. Ледовый режим реки

Сроки наступления и продолжительности основных фаз ледового режима необходимо принимать по [6, таблица 126]. Достаточно дать «средние сроки».

Толщину льда привести по [6] в соответствии с рисунком 129 и таблицей 131.

Сведения о заторах и зазорах берутся по таблицам 135 и 136 из [6]. В случае отсутствия данных делается запись «Сведения о заторах и зазорах отсутствуют».

3. РАСЧЕТ ВОДОХРАНИЛИЩА

Необходимость регулирования стока посредством создания водохранилища определяется водохозяйственными задачами. При расчетах регулирования используют вероятностные, балансовые методы или их сочетание. В данной работе используется балансовый таблично-цифровой метод применительно к первому варианту правил сезонно-годового регулирования, когда водохранилище заполняется до отметки нормального подпорного уровня (НПУ), а затем производятся холостые сбросы.

Сбросы в нижнем бьефе (НБ) ограничиваются условиями, исключающими опасность наводнения в нижнем бьефе и обеспечивающими требуемую подачу воды нижерасположенным водопользователям.

3.1. Расчет и построение кривых морфометрических характеристик водохранилища

Эти кривые представляют собой связь объемов воды V , площадей зеркала Ω , средних глубин \tilde{h} , показателя глубоководности водохранилища a с уровнями в нем H , т.е.

$$V = f_1(H), \Omega = f_2(H), \tilde{h} = f_3(H), \quad (39)$$

и совмещаются на одном чертеже (рисунок 3).

Характеристики используют при проектировании для выбора отметок нормативных уровней и отметок сооружений, для определения границ затопления и др.

Для построения кривых морфометрических характеристик их координаты определяются согласно таблице 13.

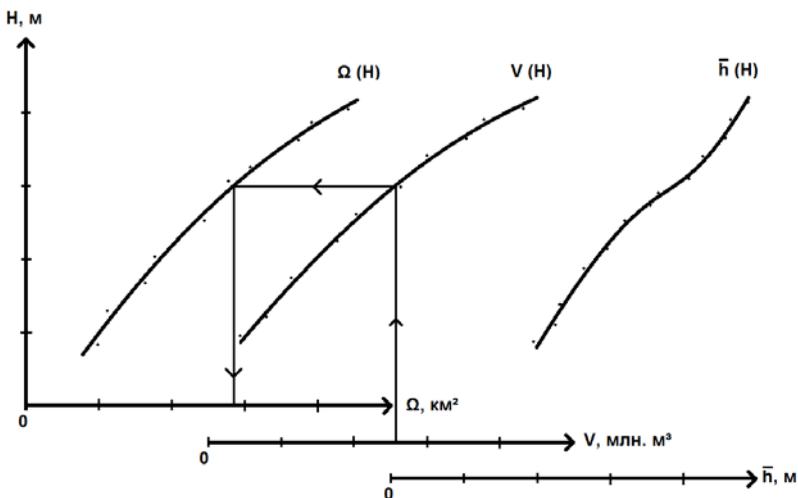


Рисунок 3 – Кривые морфометрических характеристик водохранилища

Таблица 13 – Расчет координат кривых морфометрических характеристик водохранилища

H, м	Ω, км ²	ΔH, м	Ω̄, км ²	ΔV	V	h̄, м	a
				млн м ³			
1	2	3	4	5	6	7	8

Графы 1 и 2 таблицы 13 заполняются исходными данными, приведенными в задании.

Высота слоя воды ΔH_i равна разности отметок соседних горизонталей:

$$\Delta H_i = H_{i+1} - H_i, \text{ м.} \quad (40)$$

При этом делается допущение, что водная поверхность водохранилища горизонтальна.

Средняя площадь зеркала воды между соседними горизонтами

$$\bar{\Omega} = \frac{\Omega_i + \sqrt{\Omega_i \Omega_{i+1}} + \Omega_{i+1}}{3}, \text{ км}^2. \quad (41)$$

Частичный объем воды в слое ΔH_i

$$\Delta V_i = \bar{\Omega}_i \Delta H_i, \text{ млн м}^3. \quad (42)$$

Объем первого придонного слоя речной долины ΔV_1 определяют по формуле

$$\Delta V_1 = \frac{2}{3} \Omega_1 H_1, \text{ млн м}^3, \quad (43)$$

где $\frac{2}{3} \Omega_1 = \bar{\Omega}_1$.

Объем воды V для каждой отметки горизонта получают последовательным суммированием частичных объемов, начиная с наименьшей отметки H .

Характеристика глубоководности a определяется отношением площади пелагиали (с глубинами более 2 м) ко всей площади литорали водохранилища (с глубинами менее 2 м):

$$a = \Omega_{H>2} / \Omega_{H<2}. \quad (44)$$

Площадь $\Omega_{H>2}$ определяется по кривой $\Omega = f_2(H)$ при отметке на 2 м ниже заданной отметки, а $\Omega_{H<2}$ определяется по формуле

$$\Omega_{H<2} = \Omega - \Omega_{H>2}. \quad (45)$$

Средняя глубина водохранилища \bar{h} при каждой отметке наполнения есть отношение объема V к площади зеркала Ω , т.е.

$$\bar{h} = \frac{V}{\Omega}, \text{ м}. \quad (46)$$

По данным таблицы 13 на миллиметровой бумаге строят морфометрические характеристики водохранилища, т.е. кривые (39); вертикальная ось H – общая для всех кривых (см. рисунок 3).

3.2. Установление объемов притока и потребления воды

При сезонном регулировании стока за расчетный принимается годовой сток, обеспеченность которого равна обеспеченности водотока (водопотребления). Нормы обеспеченности для различных водопотребителей и водопользователей зависят от степени уменьшения и бесперебойности в подаче воды и находятся в пределах 75–99 % [19]. В работе принята обеспеченность, равная 95 %. Расчетными величинами притока в маловодном году являются расходы, установленные в результате вычисления внутригодового распределения стока в п. 2.2. Эти расходы для каждого месяца заносят в графу 2 таблицы 14. Помесячные объемы притока V_i есть произведение $Q_i \cdot t_i$, где t_i – количество секунд в месяце. Если выразить эти объемы в млн м³, то надо расходы притока умножить на коэффициенты, значения которых следующие: для II месяца 2,44; для IV, VI, IX, XI – 2,59; для I, III, V, VII, VIII, X, XII – 2,68; для объема годового стока – 31,5, т.е. это количество секунд в месяце, разделенное на 10⁶. Вычисленные таким образом значения объемов притока помещают в графу 3 таблицы 14.

Таблица 14 – Пример расчета регулирования стока таблично-цифровым методом без учета потерь воды

Ме- сяцы	Приток		Потреб- ление U , млн м ³	$(V - U)$ млн м ³		$\Sigma(V - U)$ млн м ³	Напол- нение W	Сброс S
	Q_{95} , м ³ /с	V , млн м ³		+	-		млн м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
III				27,02		27,02	5	22,02
IV				52,17		79,19	34,62	22,55
V				10,03		89,02	34,62	10,03
VI					1,88	87,34	34,62	
VII					4,63	82,71	32,74	
VIII					5,92	76,79	28,11	

Окончание таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
IX					7,48	69,31	22,19	
X					5,92	63,39	14,71	
XI					1,19	62,2	8,79	
XII					3,08	59,12	4,60	
I					1,17	57,95	4,52	
II					3,35	54,60	3,35	
Контроль (3) – (4) = (5) – (6) = (9)								

Примечание.

1. В графе 8 выписываются остатки воды W на начало каждого месяца, начиная с месяца, когда сбросы из водохранилища S закончены, в графе 9 – ежемесячные сбросы из водохранилища S .

2. Величины в графах 3, 4, 5, 6, 9 суммируются, и по ним производится проверка вычислений (см. контроль в таблице 14).

Величины потребления воды состоят из помесячных суммарных расходов:

1) забираемых непосредственно из верхнего бьефа водохранилища для удовлетворения нужд водопотребления;

2) транзитных расходов, поступающих в нижний бьеф для удовлетворения нужд водопользователей и водопотребителей, а также для поддержания в нижнем бьефе расхода не ниже минимально допустимого для охраны природы (создания минимальных гарантированных элементов потока).

Минимально допустимые расходы воды для охраны природы определяются отдельно для холодного и теплого периодов в размере 0,75 от минимальных среднемесячных (30-дневных) расходов 95 % обеспеченности. Последние вычислены выше в п. 2.5.

При определении значений расходов, необходимых для обеспечения водопотребителей и водопользователей (расходов отдачи), учитываются расходы сточных и других возвратных вод, поступающих на рассматриваемый участок реки.

Объем потребления и его внутригодовое распределение по месяцам v_i , выраженное в процентах от годового, даны в задании. Получение абсолютных величин месячного потребления U_i производится в соответствии с заданным процентом месячного потребления от годового U :

$$U_i = U \cdot v_i / 100, \text{ млн м}^3. \quad (47)$$

Объем годового потребления в первом приближении вычисляется по формуле

$$U = 31,5 \cdot Q_{95} \cdot 0,70, \text{ млн м}^3, \quad (48)$$

где Q_{95} – расход годового стока обеспеченностью $p = 95\%$ (вычислен в п. 2.1).

Результаты расчета потребления сводятся в графу 4 таблицы 14.

3.3. Расчет сезонного регулирования без учета потерь воды

Режим отдачи не соответствует режиму естественного стока реки. Часто объемы отдачи в отдельные временные интервалы года существенно превышают объемы притока. В другие же многоводные периоды и сезоны наоборот, объемы притока превышают объемы отдачи. В связи с этим для надлежащего удовлетворения потребностей в воде в течение года приходится искусственно перераспределять естественный сток (производить регулирование стока) путем устройства водохранилищ с полезным объемом $W_{\text{плз}}$ для покрытия дефицитов. $W_{\text{плз}}$ заполняется в многоводные фазы. Избытки воды сбрасываются при этом в НБ.

Расчет регулирования производится по водохозяйственному году, за начало которого принимается начало многоводного сезона, т.е. граница смены низкого стока на высокий.

Для определения $W_{\text{плз}}$ выявляют избытки и дефициты воды $(V - U)$ и заносят в графы 5 и 6 таблицы 14: избытки – положительные, дефициты – отрицательные.

Процедура расчета наполнения и сброса производится методом последовательных приближений, поскольку вначале расчета неизвестны потери воды из водохранилища. Поэтому в первом приближении потери воды не учитывают.

Наполнение осуществляется с момента опорожнения водоема, т.е. с конца водохозяйственного года вперед по ходу времени в году (ходом «снизу вверх»), начиная с объема $W_n = 0$. Значение $W_n = 0$ проставляется внизу графы 8 таблицы 14 и далее последовательно прибавляются значения дефицитов $(V - U)$ за каждый месяц.

Объем воды в водохранилище на конец каждого месяца вычисляется по формуле

$$W_{i,k} = W_{i,n} + (V - U), \text{ млн м}^3. \quad (47)$$

Если среди месяцев с дефицитами встречаются месяцы с избытками воды, то объемы $W_{i,k}$ за эти месяцы надо уменьшить на величину избытков, т.к. отдача в эти периоды удовлетворяется за счет естественного притока, и затем продолжить определение $W_{i,k}$ по формуле (47), завершив вычисление $W_{i,k}$ добавлением последнего дефицита $(V - U)$.

Полученное наибольшее значение $W_{i,k}$ в графе 8 таблицы 14 покрывает все дефициты за год и является полезным объемом водохранилища $W_{плз}$ (без учета потерь).

Требуемый полезный объем $W_{плз}$ надо заполнить за счет стока многоводных месяцев. Расчет наполнения водохранилища ведется уже «сверху вниз». При этом наполнять водохранилище за каждый многоводный месяц следует таким образом, чтобы холостые сбросы, формирующиеся за счет избытков воды, были наименьшими из возможных в целях уменьшения агрессивности потока в НБ. Это возможно осуществить, если сбросы за многоводные месяцы будут одинаковыми. Их значение можно получить делением суммарных избытков на количество многоводных месяцев. А если оказывается, что избыток воды за месяц меньше вычисленного, то он весь сбрасывается в НБ и не участвует в наполнении водохранилища, а водохранилище наполняется за счет стока оставшихся месяцев и снова с учетом наименьших сбросов из возможных.

В таблице 14 приведен пример определения полезного объема $W_{плз}$ и расчета наполнения водохранилища балансовым таблично-цифровым методом без учета потерь воды, когда объемы избытков и недостатков (дефицитов) известны (графы 5 и 6).

Для установления $W_{плз}$ в графе 8 в конце II месяца проставляется объем, равный нулю, т.е. $W_{n,k} = 0$, т.к. на конец II месяца водохранилище полностью сработано (опорожнено). И чтобы удовлетворить потребность в воде за период между II и III месяцами, когда имеются недостатки объемов, надо накопить в водохранилище воды не менее, чем сумма этих недостатков. Накопление воды осуществ-

ляется в те месяцы, когда есть избытки. Значит, при последовательном суммировании недостатков воды от II месяца до VI вперед по ходу времени получаем значение полезного объема $W_{\text{плз}} = 34,62$ млн м^3 , а сумма избытков составляет 88,02 млн м^3 . Следовательно, разницу в объемах между суммами избытков и недостатков воды на конец V месяца 54,6 млн м^3 надо пустить на холостые сбросы S . Из примера видно, что водохранилище можно заполнить водой за счет притока только в III и IV месяцах.

В V месяце накопление не требуется, поэтому избытки воды полностью направлены на холостой сброс.

Полезный объем водохранилища $W_{\text{плз}}$ можно также определить по разностной суммарной кривой $\sum (V_i - U_i) = f(t)$ (t – время, мес.), которая строится по данным графы 7 таблицы 14. Искомый $W_{\text{плз}}$ находится по максимальной разности ординат между предыдущей наивысшей и наинизшей точкой разностной суммарной кривой (или ломанной) (рисунок 4).

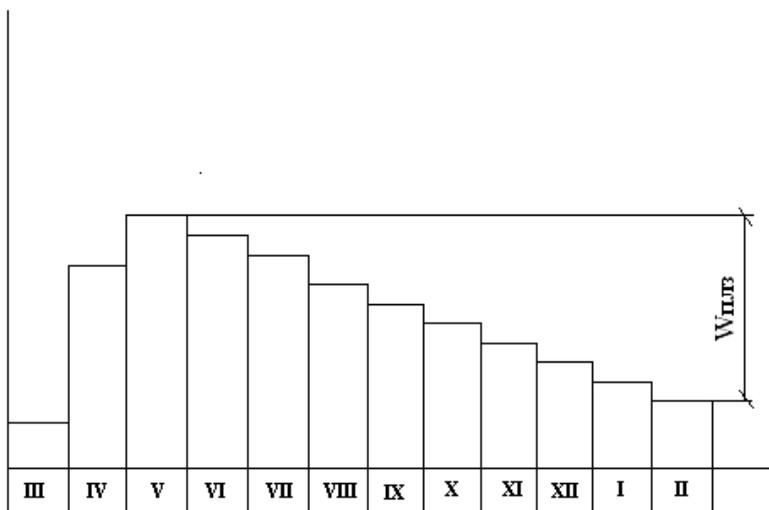


Рисунок 4 – Разностная суммарная кривая объемов воды

$$\sum (U_i - V_i) = f(t)$$

3.4. Установление мертвого объема

Мертвый объем $W_{м.о}$ и отметку уровня мертвого объема (УМО) у водохранилищ различного назначения определяют исходя из условий заиления этой части емкости в течение определенного периода, обеспечения напора, судоходства, высоты водоподъема, соблюдения санитарно-технических условий, с учетом требований рыбного хозяйства и др.

В данной работе мертвый объем принимается

$$W_{м.о} = (0,11-0,33)W_{плз}, \text{ млн м}^3,$$

и он должен вмещать в себя объемы взвешенных и влекомых наносов, попадающих в водохранилище за срок его службы, который принимается равным $T = 75$ лет.

Средний многолетний объем взвешенных наносов V_R вычислен в п. 2.6.

Объем взвешенных наносов, заполняющий водохранилище на T лет, определяется по формуле

$$W_{взв} = V_R (1 - \delta) T, \text{ млн м}^3, \quad (48)$$

где δ – транзитная часть наносов мелких фракций, сбрасываемых из водохранилища в многогодные периоды; в среднем $\delta = 0,2-0,3$.

Объем влекомых наносов, заполняющий водохранилище за T лет, определяется по формуле

$$W_{вл} = 31,5 R_0 \frac{\beta}{\rho_{вл}} T, \text{ млн м}^3, \quad (49)$$

где β – отношение массы влекомых к массе взвешенных наносов (для равнинных рек $\beta = 0,05-0,1$);

$\rho_{вл}$ – плотность влекомых наносов, $\rho_{вл} = 1500-1800$, кг/м^3 .

Объем водохранилища, занимаемый наносами, определяется как сумма

$$W_{нан} = W_{взв} + W_{вл}, \text{ млн м}^3. \quad (50)$$

Сравнивается значение $(0,11-0,33) W_{\text{плз}}$ с $W_{\text{нан}}$ и большее из них принимается за величину мертвого объема ($W_{\text{м.о}} = \dots$, млн м³).

В объем твердых веществ не включаются отложения от размыва берегов.

3.5. Расчет сезонного регулирования стока с учетом потерь воды на испарение, фильтрацию, льдообразование

3.5.1. Дополнительное испарение

Дополнительное испарение представляет собой разность между испарением с водной поверхности и с поверхности суши до устройства водоема за один и тот же период времени.

Вычисления по испарению привязываются к расчетной обеспеченности p' . Значение этой обеспеченности устанавливается по выражению

$$p' = 100 - p, \%, \quad (51)$$

где p – обеспеченность стока маловодного года, которая в данном случае равна 95 %, т.е. p' есть недостаток до 100 % от обеспеченности маловодного года.

Потери воды на дополнительное испарение определяют ежемесячно. Сначала устанавливают норму испарения за безледоставный период с поверхности воды $Z_{\text{о.в}}$ по карте (приложение 13) и норму испарения с поверхности суши (суммарное испарение) $Z_{\text{о.с}}$ по карте, (приложение 14). Эти карты заимствованы из [6] ($Z_{\text{о.в}} = \dots$, мм; $Z_{\text{о.с}} = \dots$, мм).

Значения слоев испарения обеспеченностью p' $Z_{\text{в},p'}$ и $Z_{\text{с},p'}$ вычисляют по выражениям

$$Z_{\text{в},p'} = Z_{\text{о.в}} \cdot K'_p, \text{ мм}, \quad (52)$$

$$Z_{\text{с},p'} = Z_{\text{о.с}} \cdot K'_p, \text{ мм}. \quad (53)$$

Принимая коэффициенты вариации и асимметрии кривых распределения испарения с водной поверхности и с поверхности суши

$C_{vz} = 0,12$ и $C_{sz} = 0$ согласно [6, с. 40 и с. 308], значение модульного коэффициента K'_p получают равным 1,20.

Расчет дополнительного испарения из водохранилища сводится в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет дополнительного испарения из водохранилища

№	Элементы баланса	За период	Внутрисезонное распределение испарения, %								
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1	Испарение с поверхности воды $v_{zв.м}$ в % от суммы за период, %	100 %	4	13	18	22	19	12	7	5	
2	Слой испарения $Z_{в.м}$, мм										
3	Испарение с поверхности суши $v_{zс.м}$ в % от суммы за период, %	100 %	8	12	18	20	17	10	4	3	
4	Слой испарения $Z_{с.м}$, мм										
5	Расчетное дополнительное испарение $Z_{д.м}$, мм										
6	Средний объем воды в водохранилище за месяц \overline{W}_m , млн м ³										
7	Средняя площадь зеркала водохранилища за месяц $\overline{\Omega}_m$, км ²										
8	Потери воды на дополнительное испарение $\Delta W_{m,z_2}$ млн м ³										

Полученные по формулам (52) и (53) значения слоев испарения $Z_{в.п'}$, $Z_{с.п'}$ представляют 100 % испарения за период. Слои испарения по месяцам $Z_{в.м}$ с водной поверхности и $Z_{с.м}$ с поверхности суши вычисляют по выражениям

$$Z_{\text{в.м}} = \frac{Z_{\text{в.п'}} \cdot v_{\text{зв.м}}}{100}, \text{ мм}; \quad (54)$$

$$Z_{\text{с.м}} = \frac{Z_{\text{с.п'}} \cdot v_{\text{зс.м}}}{100}, \text{ мм}, \quad (55)$$

где $v_{\text{зв.м}}$ – месячная доля в процентах испарения с водной поверхности от испарения за период;

$v_{\text{зс.м}}$ – месячная доля испарения с поверхности суши в процентах от значения за период.

Значения $v_{\text{зв.м}}$ и $v_{\text{зс.м}}$ заимствованы из [6, с. 40 и с. 308] и в качестве типовых распределений занесены в строки 1 и 3 таблицы 15.

Результат вычислений $Z_{\text{в.м}}$ и $Z_{\text{с.м}}$ по формулам (54), (55) записывают соответственно в строки 2 и 4 таблицы 15.

Величины помесячного расчетного дополнительного испарения устанавливаются по разности

$$Z_{\text{д.м}} = Z_{\text{в.м}} - Z_{\text{с.м}}, \text{ мм}. \quad (56)$$

Они заносятся в графу 5 таблицы 15 и являются исходными данными для последующих расчетов.

Потери воды на дополнительное испарение с зеркала водохранилища определяются для каждого месяца безледоставного периода по выражению и заносятся в строку 8 таблицы 15

$$\Delta W_{\text{м.з}} = Z_{\text{д.м}} \cdot \overline{\Omega}_{\text{м}} \cdot 10^{-3}, \text{ млн м}^3, \quad (57)$$

где $\overline{\Omega}_{\text{м}}$ – средняя за месяц площадь зеркала водохранилища, км².

Средняя площадь зеркала водохранилища за каждый месяц $\overline{\Omega}_{\text{м}}$, определяется по среднему объему воды в водохранилище за этот месяц с использованием ранее построенных морфометрических характеристик (см. п. 3.1, рисунок 3). Значения $\overline{\Omega}_{\text{м}}$ помещают в строку 7 таблицы 15.

Средний объем воды за месяц получают как среднее значение из объемов на начало $W_{н.м}$ и конец месяца $W_{к.м}$, выбираемых из таблицы 14 с учетом полученного мертвого объема $W_{м.о}$:

$$\overline{W}_м = 0,5(W_{н.м} + W_{к.м}) + W_{м.о}, \text{ млн м}^3. \quad (58)$$

Полученные по формуле (58) значения $\overline{W}_м$ заносят в строку 6 таблицы 15.

Для удобства установления значений объемов $W_{н.м}$ и $W_{к.м}$ в каждом месяце предпочтительнее расчет производить с конца водохозяйственного года (таблица 14, графа 8), когда на конец последнего месяца в таблице 14 $W_{к.м} = 0$.

3.5.2. Потери воды на фильтрацию

Для определения потерь воды на фильтрацию используются приближенные нормативы (таблица 16).

Таблица 16 – Нормативные значения потерь воды на фильтрацию из водохранилища

Гидрогеологические условия	Потери на фильтрацию за месяц от объема водохранилища, %
Благоприятные (ложе сложено водонепроницаемыми грунтами, высокое залегание грунтовых вод по периферии водохранилища)	0,5–1
Средние	1–1,5
Неблагоприятные (ложе сложено водопроницаемыми грунтами, возможность грунтового питания отсутствует)	1,5–3

Исходя из гидрогеологических условий чаши рассматриваемого водохранилища (по исходным данным) и по данным таблицы 16 потери воды на фильтрацию принимаются в размере ... % от среднего за каждый месяц объема воды в водохранилище.

Значение средних объемов воды за каждый месяц устанавливаются, как и ранее, с учетом мертвого объема.

Результаты расчета заносят в таблицу 17.

Таблица 17 – Потери воды на фильтрацию

Месяцы	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
Средний объем воды за месяц \overline{W}_M , млн м ³												

Окончание таблицы 17

Месяцы	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
Потери на фильтрацию $\Delta W_{M,ф}$, млн м ³												

3.5.3. Потери воды на образование льда

Приближенное определение потерь воды за каждый месяц ледоставного периода, обусловленных оседанием льда на берегах при сработке водохранилища, производится с учетом мертвого объема $W_{M,о}$ по формуле

$$\Delta W_{M,л} = 0,9 \cdot 10^{-2} (\Omega_n - \Omega_k) \cdot d_{л.м} = 9 \Delta \Omega d_{л.м} \cdot 10^{-3}, \text{ млн м}^3, \quad (59)$$

где $d_{л.м}$ – средняя в данном месяце толщина льда, см;

Ω_n – площадь зеркала водохранилища к началу месяца, км²;

Ω_k – то же к концу месяца, км²;

0,9 – отношение плотности льда к плотности воды.

Значения площадей Ω_n , Ω_k устанавливают по объемам воды в водохранилище на начало и конец каждого месяца ледоставного периода с использованием морфометрических характеристик (см. рисунок 3).

Для определения помесечной толщины льда устанавливается максимальная величина ее в конце ледостава $d_{л.маx}$, см, в зависимости от средней глубины водохранилища при наибольшем его объеме W_8 за ледоставный период $\bar{h} = W_8 / \Omega_8$ по [6, рисунок 154] или по рисунку 5. Здесь Ω_8 – площадь зеркала водохранилища, соответствующая объему W_8 определяется также по рисунку 3.

$$W_{\delta} = \dots, \text{ МЛН М}^3;$$

$$\Omega_{\delta} = \dots, \text{ КМ}^2;$$

$$\bar{h} = \dots, \text{ М};$$

$$d_{\text{л.маx}} = \dots, \text{ СМ.}$$

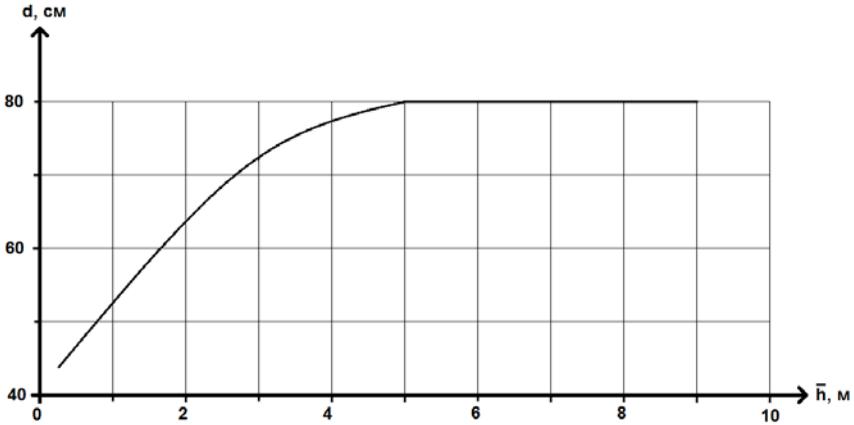


Рисунок 5 – График связи максимальной толщины льда со средней глубиной водоема

Средняя толщина льда за каждый месяц вычисляется по формуле

$$d_{\text{л.м}} = \frac{d_{\text{л.маx}} \cdot v_{\text{л.м}}}{100}, \text{ СМ,} \quad (60)$$

где $v_{\text{л.м}}$ – относительная толщина льда за каждый месяц ледоставного периода в процентах от максимальной толщины льда $d_{\text{л.маx}}$, ее значения принимаются по таблице 18.

Таблица 18 – Относительная толщина льда $v_{\text{л.м}}$ за каждый месяц ледоставного периода в процентах от максимальной толщины льда $d_{\text{л.маx}}$

Водоёмы в бассейнах рек	Значения $v_{л.м}$ по месяцам ледоставного периода, %					
	XI	XII	I	II	III	IV
Западной Двины	25	55	77	91	100	30
Днепра	20	55	75	95	100	25
Немана	6	60	85	95	100	25
Западного Буга	–	45	80	92	100	7

Значения $v_{л.м}$, приведенные в таблице 18, получены на основе анализа материалов наблюдений и измерений толщины льда, сохраняющихся в [4, таблица 17].

Результаты расчета потерь воды на льдообразование заносят в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчет потерь воды на льдообразование

№	Наименование	Месяцы ледоставного периода					
		XI	XII	I	II	III	IV
1	Толщина льда $d_{л.мах}$, см						
2	Объем воды на начало месяца W_n , млн м ³						
3	Объем воды на конец месяца W_k , млн м ³						
4	Площадь зеркала Ω_n на начало месяца, км ²						
5	Площадь зеркала Ω_k на конец месяца, км ²						
6	Потери воды за месяц $\Delta W_{м.л}$, млн м ³						

3.5.4. Расчет сезонного регулирования стока табличным методом с учетом потерь воды (второе приближение)

Все расчеты сводятся в таблицу 20.

1. Данные о притоке и общем полезном потреблении переносятся из таблицы 14 (граф 3, 4) в таблицу 20 (графы 2, 3).

2. В таблицу 20 (графы 4, 5, 6) переносятся объемы потерь воды из таблиц 15, 17, 19.

3. Вычисляются санитарные попуски S' за каждый месяц:

$$S' = 0,75 \cdot K \cdot Q_{\min \text{ л-о,з}}, \text{ млн м}^3, \quad (61)$$

где K – месячный временной коэффициент (см. п. 3.2);

$Q_{\min \text{ л-о,з}}$ – расходы минимального стока летне-осеннего и зимнего периодов обеспеченностью $p = 95 \%$ (см. п. 2.5). Вычисленные значения S' размещают в графе 7 таблицы 20.

4. Устанавливается суммарное помесечное потребление воды с учетом потерь и санитарных попусков путем суммирования названных объемов, и полученные данные заносят в графу 8 таблицы 20.

5. Выявляют объемы избытков и недостатков воды аналогично таблице 14 и заполняют графы 9 и 10 таблицы 20.

6. Принятое значение мертвого объема водохранилища $W_{\text{м.о}}$ вносится в графу 11 таблицы 20 в конце водохозяйственного года, т.е. под таблицей, т.к. объем воды в последнем месяце должен суммарно покрыть отдачу за этот месяц и мертвый объем.

7. Начиная с этого месяца, «ходом назад», т.е. так же, как и в расчете регулирования стока без учета потерь воды, рассчитывают объем водохранилища, необходимый для восполнения дефицита между суммарным потреблением и притоком. В качестве такого объема выступает объем первого межennaleго месяца после многоводного периода. Он является полным объемом водохранилища $W_{\text{плн}}$ и представляет собой сумму полезного $W_{\text{плз}}$ и мертвого $W_{\text{м.о}}$ объемов:

$$W_{\text{плн}} = W_{\text{плз}} + W_{\text{м.о}}. \quad (62)$$

8. При весеннем заполнении водохранилища всплывший лед учитывается в виде дополнительных ресурсов воды с записью их величины с обратным знаком.

9. Расчет наполнения водохранилища производят так же, как в таблице 14, «ходом сверху вниз», заканчивая последним месяцем многоводного периода. Если воды не хватает для заполнения водохранилища, надо уменьшить потребление и расчеты повторить.

10. Излишки воды направляются на сброс (графа 12 таблицы 20). При этом надо предусматривать холостые сбросы в многоводные месяцы по возможности равномерными (для уменьшения агрессивных проявлений потока в НБ).

Выполненный во втором приближении расчет регулирования стока нуждается в корректировке главным образом из-за того, что потери воды, вычисленные по объемам в первом приближении, будут большими в связи с увеличением площади зеркала и объема во-

дохранилища (за счет потерь и санитарных попусков). Поэтому надо продолжить расчет регулирования стока в последующих приближениях по аналогичной методике до получения достоверного объема водохранилища с учетом новых потерь, отличающегося от предыдущего не более чем на 5 %. Поскольку расчеты во всех приближениях, следующих за вторым, методически одинаковые, то в целях снижения их трудоемкости в курсовой работе ограничиваются вторым приближением.

11. По результатам расчета (данные таблицы 20) строится совмещенный хронологический график хода притока V и потребления $U_{\text{сум}}$ по месяцам в виде ступенчатой линии, а ход изменения объема воды W в водохранилище – в виде ломаной, горизонтальная ось – месяцы.

12. Определяются по кривой $V = f(H)$ (рисунок 3) нормальный подпорный уровень, соответствующий полному объему водохранилища $W_{\text{плн}}$, и уровень мертвого объема (УМО), соответствующий объему $W_{\text{м.о}}$. На рисунке 3 проводятся две горизонтальные линии, соответствующие этим уровням, с указанием значений их отметок.

Таблица 20 – Табличный расчет сезонного регулирования стока с учетом потерь воды из водохранилища

Месяцы	При-ток V , млн m^3	Потребление U , млн m^3	Потери воды, млн m^3			Санитарные попуски S' , млн m^3	Потребление с учетом потерь и санитарных попусков U , млн m^3	$V - U_{\text{сум}}$, млн m^3		Наполнение W , млн m^3	Сброс S , млн m^3
			ΔW_z	ΔW_{ϕ}	$\Delta W_{л}$			+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
III											
IV											
V											
VI											
VII											
VIII											
IX											
X											
XI											
XII											
I											
II											

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА ВОДЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Величину расчетного максимального расхода воды $Q_{рсб}$, подлежащего пропуску через сооружение гидроузла, следует определять с учетом трансформации половодья или паводка (срезки максимального расхода) за счет временного задержания части объема воды в водохранилище.

Регулирование высокого стока с использованием емкости водохранилищ производится с целью уменьшения размеров водосбросных сооружений и снижения вероятности наводнений в нижнем бьефе.

Исходными данными являются расчетный гидрограф половодья, построенный выше в п. 2.4, отметка водосбросного сооружения, начальное наполнение водохранилища, морфометрическая характеристика водохранилища.

В курсовой работе трансформация гидрографа половодья осуществляется упрощенным способом Д.И. Кочерина, широко распространенным в практических расчетах. Для этого расчетный гидрограф условно принимается треугольной формы. Высота треугольника равна максимальной ординате расчетного гидрографа \tilde{Q}_p , а основание – время t , которое вычисляется по объему половодья расчетной обеспеченности $V_{пол}$:

$$t = \frac{2V_{пол}}{\tilde{Q}_p}. \quad (63)$$

В свою очередь объем $V_{пол}$ определяется планиметрированием площади расчетного гидрографа с учетом масштабов расхода и времени.

При отсутствии планиметра объем $V_{пол}$ определяют по площади треугольника, равновеликой площади фигуры (рисунок 2). Фигура треугольника строится на глаз. Величина его основания равна времени t в сутках. Тогда объем половодья

$$V_{пол} = \frac{1}{2} \tilde{Q}_p \cdot t \cdot 86400 \cdot 10^{-6}, \text{ млн м}^3, \quad (64)$$

где \bar{Q}_p – среднесуточный расход половодья, вычисленный в п. 2.4, м³/с;

86 400 – количество секунд в сутках.

Объем трансформирующей емкости $W_{тр}$ определяется различно для водохранилища сезонного или многолетнего регулирования. При сезонном регулировании стока трансформирующая емкость в работе принимается равной полезному объему водохранилища $W_{плз}$ ($W_{тр} = W_{плз}$) исходя из предпосылки, что уровень ежегодной сработки равен уровню мертвого объема и форсировки уровня не происходит. Отметка гребня водосбросных отверстий – на уровне мертвого объема.

Величина сбросного расхода $Q_{рсб}$ определяется по формуле

$$Q_{рсб} = \tilde{Q}_p \left(1 - \frac{W_{тр}}{W_{пол}} \right), \text{ м}^3/\text{с}. \quad (65)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных расчетов:

1. Получены значения расчетных характеристик годового, максимального, минимального стока воды, которые здесь приводятся и даются соображения о точности их определения на основе сравнения с литературными кадастровыми данными.

2. Приводятся значения:

- отметки нормального подпорного уровня (∇ НПУ);
- полного объема водохранилища $W_{пол}$;
- площади зеркала водохранилища при ∇ НПУ;
- средней глубины водохранилища при ∇ НПУ;
- мертвого объема $W_{м.о}$;
- отметки уровня мертвого объема ∇ УМО;
- площади зеркала при ∇ УМО;
- средней глубины при ∇ УМО;
- высоты призмы сработки $h_{приз} = \nabla$ НПУ – ∇ УМО.

3. Определяются показатели регулирования стока:

– коэффициент регулирующей емкости водохранилища, представляющий собой отношение полезного объема $W_{плз}$ к среднему объему годового стока V_0

$$\beta = \frac{W_{\text{плз}}}{V_0},$$

где $V_0 = 31,5 \bar{Q}_{\text{год}}$, млн м³. $\bar{Q}_{\text{год}}$ – среднегодовой расход, вычисленный в п. 2.1, м³/с;

– коэффициент зарегулированной отдачи α , представляющий собой отношение годовой суммарной потребности в воде к среднему годовому стоку

$$\alpha = \frac{\sum U_{\text{сум}}}{V_0}.$$

4. Приводятся соображения о влиянии суммарных потерь воды на показатели регулирования β и α , для чего потребуется дополнительно определить значения β и α без учета потерь воды по данным таблицы 14.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение расчетных гидрологических характеристик: СНиП 2.01.14–83. – М., 1983. – 36 с.
2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л., 1984. – 448 с.
3. Определение расчетных гидрологических характеристик: П1–98 к СНиП 2.01.14–83. – Минск, 2000. – 174 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР: в 20 т. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 5, Ч. II: Основные гидрологические характеристики. – 622 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики: в 20 т. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – Т. 5: Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – 432 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР: в 20 т. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 5, Ч. I: Белоруссия и Верхнее Поднепровье..
7. Краткий справочник рек и водоемов БССР / А.И. Тюльпанов [и др.]. – Минск: Госиздат БССР, 1949.
8. Нацыянальны атлас Беларусі. – Минск, 2002. – 292 с.
9. Температура воздуха // Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Вып. 7, Ч. 1.
10. Осадки // Справочник по климату СССР. – Обнинск, 1975. – Вып. 7, Ч. 2, Т. 1, 2.
11. Ветер // Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 7, Ч. 3.
12. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров // Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 7, Ч. 4.
13. Влажность воздуха // Справочник по климату СССР. – Обнинск, 1977. – Вып. 7, Ч. 5.
14. Температура почвы // Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Вып. 7, Ч. 8.
15. Солнечная радиация и радиационный баланс // Справочник по климату СССР. – Минск, 1971. – Вып. 7.
16. Расчет и построение кривых обеспеченностей расходов воды рек: методические указания к практическим и лабораторным занятиям / сост. В.Н. Юхновец. – Минск: БНТУ, 2009.
17. Методические указания по обоснованию природно-хозяйственных данных к курсовой работе по курсу «Гидрология и

гидрометрия» для студентов специальности 12.03 «Гидротехническое строительство речных сооружений и ГЭС». – Минск: БПИ, 1985.

18. Клибашев, К.П. Гидрологические расчеты / К.П. Клибашев, И.Ф. Горошков. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.

19. Плешков, Я.Г. Регулирование речного стока / Я.Г. Плешков. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.

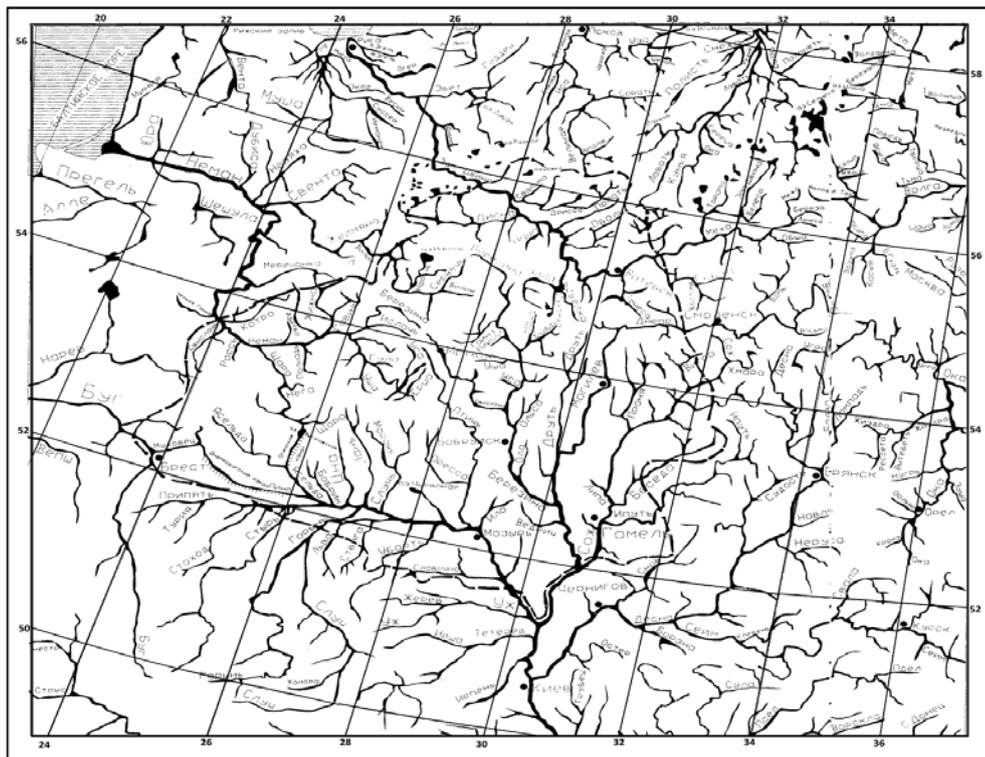
20. Гидрология и регулирование стока: методические указания к выполнению курсового проекта / сост. Э.И. Михневич. – Минск, 2009. – 60 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

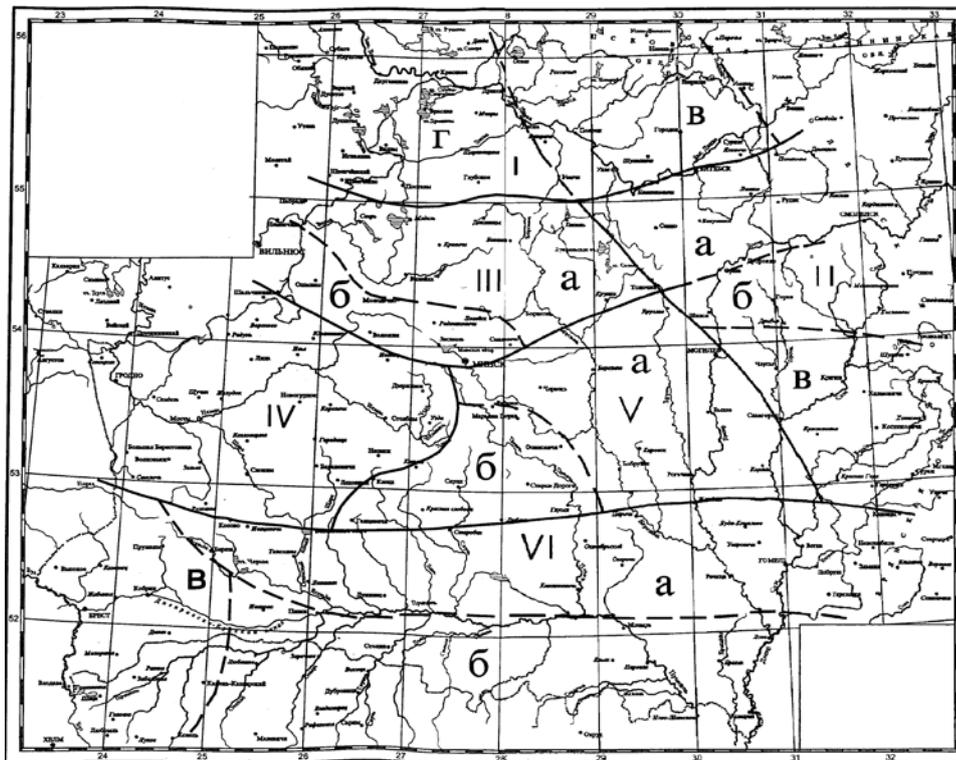
Схема расположения пунктов гидрологических наблюдений с кадастровыми номерами



Карта рек РБ



Карта гидрологических районов и подрайонов Беларуси



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Типовые районные распределения месячного и сезонного стока рек (в процентах от годового)

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I. Западно-Двинский район															
Подрайон «в»															
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} < 1 \%$															
Очень многоводный	3,0	27,0	14,6	90,5	2,6	3,2	6,0	8,1	10,8	6,5	4,7	4,0	44,6	40,2	15,2
Многоводный	3,7	33,2	18,0	7,8	2,1	2,6	5,0	6,6	8,9	5,2	3,8	3,1	54,9	33,0	12,1
Средний	4,2	37,7	20,4	6,5	1,8	2,2	4,2	5,5	7,4	4,3	3,1	2,7	62,3	27,6	10,1
Маловодный	4,7	42,2	22,8	5,8	1,4	1,3	3,4	4,5	6,0	3,4	2,4	2,1	69,7	22,4	7,9
Очень маловодный	5,4	48,3	26,2	3,5	1,0	1,2	2,3	3,0	4,0	2,2	1,6	1,3	79,9	15,0	5,1
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	3,8	22,0	12,1	9,9	3,9	3,7	6,1	8,7	11,2	8,0	5,8	4,8	37,0	43,5	18,6
Многоводный	4,9	28,7	15,8	8,2	3,2	3,1	5,0	7,1	9,2	6,4	4,6	3,8	49,4	35,8	14,8
Средний	5,8	33,5	18,4	6,8	2,7	2,6	4,1	6,0	7,7	5,3	3,9	3,2	57,7	29,9	12,4
Маловодный	6,6	38,3	21,1	5,5	2,2	2,1	3,4	4,9	6,2	4,2	3,0	2,5	66,0	24,3	9,7
Очень маловодный	7,7	45,0	24,8	3,7	1,5	1,4	2,3	3,2	4,2	2,7	1,9	1,6	77,5	16,3	6,2
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	4,3	14,5	8,3	10,1	6,5	4,9	5,8	9,6	111,2	10,7	7,7	6,4	27,1	48,1	24,8
Многоводный	6,4	21,7	12,5	8,3	5,3	4,0	4,8	7,9	9,3	8,5	6,1	5,2	40,6	39,6	19,8
Средний	7,9	26,9	15,5	7,0	4,4	3,4	4,0	6,6	7,7	7,1	5,2	4,3	50,3	33,1	16,6
Маловодный	9,5	32,1	18,4	5,7	3,6	2,8	3,3	5,3	6,3	5,6	4,0	3,4	60,0	27,0	13,0
Очень маловодный	11,6	39,3	22,6	3,8	2,4	1,9	2,2	3,6	4,3	3,6	2,6	2,1	73,5	18,2	8,3
$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} < 1 \%$															
Очень многоводный	3,5	31,0	16,7	8,1	2,2	2,8	5,2	6,9	9,3	6,2	4,4	3,7	51,2	34,5	14,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Многоводный	3,8	34,2	18,5	7,4	2,1	2,5	4,7	6,3	8,5	5,2	3,7	3,1	56,5	31,5	12,0
Средний	4,1	36,7	19,8	6,9	1,9	2,3	4,4	5,8	7,8	4,4	3,2	2,7	60,6	29,1	10,3
Маловодный	4,4	39,1	21,2	6,3	1,7	2,1	4,0	5,4	7,2	3,7	2,7	2,2	64,7	26,7	8,6
Очень маловодный	4,8	43,2	23,2	5,3	1,5	1,8	3,4	4,5	6,0	2,7	1,9	1,6	71,3	22,5	6,2
$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	4,5	26,3	14,5	8,5	3,3	3,2	5,2	7,4	9,5	7,6	5,4	4,6	45,3	37,1	17,6
Многоводный	5,1	29,7	16,4	7,8	3,1	2,9	4,7	6,8	8,8	6,3	4,6	3,8	51,2	34,1	14,7
Средний	5,6	32,4	17,8	7,2	2,8	2,7	4,4	6,3	8,1	5,5	3,9	3,3	55,8	31,5	12,7
Маловодный	6,0	35,0	19,4	6,6	2,6	2,5	4,1	5,8	7,5	4,5	3,3	2,7	60,4	29,1	10,5
Очень маловодный	6,8	39,3	21,7	5,6	2,2	2,1	3,4	4,9	6,4	3,3	2,4	1,9	67,8	24,6	7,6
$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	5,6	19,1	11,0	8,6	5,5	4,2	4,9	8,2	9,5	10,1	7,2	6,1	35,7	40,9	23,4
Многоводный	6,8	22,9	13,1	7,9	5,0	3,8	4,6	7,5	8,8	8,4	6,1	5,1	42,8	37,6	19,6
Средний	7,6	25,8	14,8	7,3	4,7	3,6	4,2	7,0	8,1	7,3	5,2	4,4	48,2	34,9	16,9
Маловодный	8,5	28,7	16,4	6,8	4,3	3,3	3,9	6,5	7,6	6,0	4,3	3,7	53,6	32,4	14,0
Очень маловодный	9,8	33,3	19,1	5,8	3,7	2,8	3,4	5,5	6,5	4,3	3,1	2,7	62,2	27,7	10,1
$F = 5000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} < 1 \%$															
Очень многоводный	3,7	32,7	17,7	7,6	2,1	2,6	4,8	6,4	8,6	5,9	4,3	3,6	54,1	32,1	13,8
Многоводный	3,9	34,7	18,8	7,2	2,0	2,5	4,6	6,1	8,3	5,1	3,7	3,1	57,4	30,7	11,9
Средний	4,1	37,9	19,5	7,0	1,9	2,4	4,5	6,0	8,0	4,5	3,2	2,7	59,8	29,8	10,4
Маловодный	4,3	42,2	20,5	6,7	1,8	2,3	4,2	5,7	7,6	3,9	2,8	2,3	62,7	28,3	9,0
Очень маловодный	4,5	40,2	21,7	6,3	1,7	2,2	4,0	5,3	7,2	3,0	2,1	1,8	66,4	26,7	6,9
$F = 5000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	4,9	28,1	15,5	7,9	3,1	3,0	4,8	6,9	8,9	7,3	5,2	4,4	48,5	34,6	16,9
Многоводный	5,2	30,3	16,7	7,6	3,0	2,9	4,6	6,6	8,5	6,3	4,5	3,8	52,2	33,2	14,6
Средний	5,5	31,8	17,6	7,4	2,9	2,7	4,5	6,5	8,3	5,5	4,0	3,3	54,9	32,3	12,8
Маловодный	5,8	33,7	18,6	7,0	2,8	2,6	4,3	6,2	7,9	4,8	3,4	2,9	58,1	30,8	11,1

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Очень маловодный	6,2	36,1	20,0	6,7	2,6	2,5	4,1	5,8	7,5	3,7	2,6	2,2	62,3	29,2	8,5
$F = 5000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	6,2	21,1	21,1	12,2	8,0	5,1	3,9	4,6	7,6	8,8	9,7	7,0	5,8	39,5	38,0
Многоводный	6,9	23,4	23,4	13,5	7,7	4,9	3,8	4,5	7,4	8,5	8,3	6,0	5,1	43,8	36,8
Средний	7,4	25,2	25,2	14,5	7,5	4,8	3,7	4,3	7,2	8,3	7,4	5,3	4,4	47,1	35,8
Маловодный	8,1	27,2	27,2	15,6	7,2	4,6	3,5	4,1	6,9	8,0	6,4	4,6	3,8	50,9	34,3
Очень маловодный	8,8	29,8	29,8	17,1	6,9	4,4	3,4	4,0	6,6	7,7	4,9	3,5	2,9	55,7	33,0
Подрайон «Г»															
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} < 1 \%$															
Очень многоводный	9,6	36,3	3,0	7,9	3,3	1,3	1,8	6,3	12,3	10,6	4,8	2,8	48,9	32,9	18,2
Многоводный	11,7	44,0	3,6	6,4	2,7	1,1	1,5	5,1	9,9	8,1	3,7	2,2	59,3	26,7	14,0
Средний	13,0	49,0	4,0	5,5	2,3	0,9	1,3	4,4	8,5	6,4	2,9	1,8	66,0	22,9	11,1
Маловодный	14,5	54,5	4,4	4,4	1,8	0,8	1,0	3,5	6,9	4,8	2,2	1,2	73,4	18,4	8,2
Очень маловодный	16,4	61,7	4,9	2,9	1,2	0,5	0,7	2,3	4,6	2,8	1,3	0,7	83,0	12,2	4,8
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	9,7	29,0	3,3	8,4	3,6	1,8	2,6	7,6	12,1	11,9	6,0	4,0	42,0	36,1	21,9
Многоводный	12,4	37,1	4,3	6,9	2,9	1,5	2,1	6,2	9,8	9,2	4,6	3,0	53,8	29,4	16,8
Средний	14,1	42,4	4,9	5,9	2,5	1,3	1,8	5,3	8,4	7,3	3,7	2,4	61,4	25,2	13,4
Маловодный	16,1	48,2	5,5	4,7	2,0	1,0	1,5	4,3	6,8	5,4	2,7	1,8	69,8	20,3	9,9
Очень маловодный	18,6	55,7	6,4	3,2	1,4	0,7	1,0	2,9	4,4	3,1	1,6	1,0	80,7	13,6	5,7
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	8,9	18,3	3,8	9,2	4,1	2,9	4,3	10,0	10,8	13,2	8,0	6,5	31,0	41,3	27,7
Многоводный	13,0	26,6	5,4	7,5	3,4	2,4	3,5	8,1	8,8	10,2	6,2	4,9	45,0	33,7	21,3
Средний	15,6	31,9	5,5	6,5	2,9	2,0	3,1	7,0	7,6	8,1	4,9	3,9	54,0	29,1	16,9
Маловодный	18,4	37,8	7,8	5,2	2,4	1,6	2,5	5,7	6,1	6,0	3,6	2,9	64,0	23,5	12,5
Очень маловодный	22,2	45,5	9,3	3,5	1,6	1,1	1,7	3,8	4,1	3,4	2,1	1,7	77,0	15,8	7,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = < 1 \%$															
Очень многоводный	10,1	38,3	3,1	7,5	3,1	1,3	1,7	6,1	11,7	9,9	4,5	2,7	51,5	31,4	7,1
Многоводный	11,8	44,4	3,5	6,3	2,6	1,1	1,5	5,1	9,8	8,1	3,7	2,1	59,7	26,4	13,9
Средний	12,9	48,7	4,0	5,5	2,3	0,9	1,3	4,4	8,5	6,7	3,0	1,8	65,6	22,9	11,5
Маловодный	14,1	53,1	4,3	4,7	1,9	0,8	1,1	3,7	7,2	5,3	2,4	1,4	71,5	19,4	9,1
Очень маловодный	15,7	59,1	4,8	3,4	1,4	0,6	0,8	2,8	5,3	3,5	1,6	1,0	79,6	14,3	6,1
$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	10,4	31,0	3,6	8,0	3,4	1,8	2,5	7,3	11,4	11,2	5,7	3,7	4,5	34,4	20,6
Многоводный	12,5	37,4	4,3	6,8	2,9	1,5	2,1	6,2	9,7	9,0	4,6	3,0	54,2	29,2	16,6
Средний	14,0	42,0	4,9	5,9	2,5	1,3	1,8	5,3	8,5	7,5	3,8	2,5	60,9	25,3	13,8
Маловодный	15,6	46,7	5,4	5,0	2,1	1,1	1,5	4,5	7,1	6,0	3,0	2,0	67,7	21,3	11,0
Очень маловодный	17,7	53,1	6,1	3,7	1,6	0,8	1,1	3,3	5,2	4,0	2,1	1,3	76,9	15,7	7,4
$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	9,9	20,4	4,2	8,8	4,0	2,8	4,1	9,5	10,3	12,4	7,5	6,1	34,5	39,5	26,0
Многоводный	13,1	26,9	5,5	7,4	3,3	2,3	3,5	8,1	8,8	10,1	6,1	4,9	45,5	33,4	21,1
Средний	15,4	31,6	6,5	6,4	2,9	2,0	3,0	7,1	7,6	8,4	5,1	4,0	53,5	29,0	17,5
Маловодный	17,7	36,3	7,5	5,5	2,5	1,7	2,6	5,9	6,4	6,6	4,0	3,3	61,5	24,6	13,9
Очень маловодный	20,9	42,8	8,8	4,0	1,8	1,3	1,9	4,4	4,8	4,4	2,7	2,2	72,5	18,2	9,3
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	10,4	39,1	3,1	7,4	3,1	1,3	1,7	5,9	11,5	9,6	4,4	2,5	52,6	30,9	16,5
Многоводный	11,8	44,3	3,6	6,4	2,6	1,1	1,5	5,1	9,8	8,0	3,6	2,2	59,7	26,5	13,8
Средний	12,8	48,1	3,9	5,6	2,3	0,9	1,3	4,6	8,7	6,8	3,1	1,9	64,8	23,4	11,8
Маловодный	13,9	52,3	4,2	4,8	2,0	0,8	1,1	3,9	7,4	5,6	2,5	1,5	70,4	20,0	9,6
Очень маловодный	15,3	57,8	4,7	3,7	1,5	0,6	0,9	2,9	5,7	4,0	1,8	1,1	77,8	15,3	6,9
$F = 5000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	10,6	31,9	3,7	7,9	3,4	1,7	2,4	7,2	11,4	10,8	5,4	3,6	46,2	34,0	19,8

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Многоводный	12,5	37,4	4,3	6,8	2,9	1,5	2,1	6,2	9,8	9,0	4,5	3,0	54,2	29,3	16,5
Средний	13,8	41,5	4,8	6,0	2,6	1,3	1,9	5,4	8,6	7,7	3,9	2,5	60,1	25,8	14,1
Маловодный	15,3	45,8	5,3	5,1	2,2	1,1	1,6	4,6	7,4	6,3	3,2	2,1	66,4	22,0	11,6
Очень маловодный	17,2	51,6	6,0	4,0	1,7	0,9	1,2	3,6	5,6	4,5	2,3	1,4	74,8	17,0	8,2
$F = 5000 \text{ км}^2, F'_{\text{оз}} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	10,4	21,3	4,3	8,6	3,9	2,7	4,1	9,4	10,2	12,0	7,3	5,8	36,0	33,9	25,1
Многоводный	13,1	26,9	5,5	7,5	3,4	2,4	3,5	8,0	8,8	10,0	6,1	4,8	45,5	33,6	20,9
Средний	15,1	31,0	6,4	6,6	3,0	2,1	3,1	7,1	7,7	8,6	5,2	4,1	52,5	29,6	17,9
Маловодный	17,3	35,5	7,2	5,6	2,5	1,8	2,7	6,1	6,7	7,0	4,2	3,4	60,0	25,4	14,6
Очень маловодный	20,2	41,4	8,4	4,4	2,0	1,4	2,0	4,7	5,1	5,0	3,0	2,4	70,0	19,6	10,4
II. Верхне-Днепровский район															
Подрайон «а»															
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	39,9	17,8	2,9	4,4	3,7	6,6	4,9	5,4	7,7	3,3	1,9	1,5	60,6	32,7	6,7
Многоводный	46,1	20,5	3,4	3,3	2,8	5,0	3,7	4,1	5,8	2,6	1,5	1,2	70,0	24,7	5,3
Средний	50,3	22,4	3,8	2,6	2,2	3,8	2,9	3,1	4,5	2,2	1,2	1,0	76,5	19,1	4,4
Маловодный	54,6	24,3	4,1	1,8	1,6	2,7	2,0	2,2	3,2	1,7	1,0	0,8	83,0	13,5	3,5
Очень маловодный	59,9	26,7	4,5	0,9	0,8	1,4	1,0	1,1	1,5	1,1	0,6	0,5	91,1	6,7	2,2
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	14,7	40,7	2,8	3,6	2,8	7,0	4,9	6,1	9,8	4,1	2,1	1,4	58,2	34,2	7,6
Многоводный	17,1	47,5	3,2	2,8	2,2	5,3	3,7	4,6	7,4	3,4	1,7	1,1	67,8	26,0	6,2
Средний	18,8	52,1	3,6	2,2	1,7	4,2	2,9	3,6	5,7	2,8	1,4	1,0	74,5	20,3	5,2
Маловодный	20,4	56,6	3,9	1,6	1,2	3,1	2,1	2,6	4,3	2,3	1,2	0,7	80,9	14,9	4,2
Очень маловодный	22,6	62,7	4,3	0,8	0,6	1,6	1,1	1,4	2,2	1,5	0,7	0,5	89,6	7,7	2,7
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	2,7	39,7	12,1	5,7	2,4	3,3	9,4	6,0	9,5	4,4	2,6	2,2	54,5	36,3	9,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Многоводный	3,2	46,6	14,1	4,5	1,8	2,6	7,4	4,7	7,5	3,7	2,2	1,7	63,9	28,5	7,6
Средний	3,8	52,7	13,9	7,7	2,8	2,4	2,1	2,9	5,2	3,3	1,7	1,5	70,4	23,1	6,5
Маловодный	6,0	58,9	12,3	3,7	2,6	2,1	2,0	3,1	3,9	2,1	1,8	1,5	77,2	17,4	5,4
Очень маловодный	6,7	65,4	13,6	2,2	1,6	1,3	1,2	1,9	2,3	1,5	1,2	1,1	85,7	10,5	3,8
<i>F</i> = 5000 км ²															
Очень многоводный	2,6	37,7	11,4	6,0	2,5	3,5	9,8	6,2	10,0	5,0	2,9	2,4	51,7	38,0	10,3
Многоводный	3,1	44,6	13,5	4,7	2,0	2,7	7,8	5,0	7,9	4,2	2,5	2,0	61,2	30,1	8,7
Средний	3,7	50,7	13,4	8,2	3,0	2,5	2,3	3,2	5,5	3,8	2,0	1,7	67,8	24,7	7,5
Маловодный	4,0	56,0	14,8	4,0	2,8	2,3	2,2	3,3	4,3	2,5	2,0	1,8	74,8	18,9	6,3
Очень маловодный	6,5	63,8	13,3	2,5	1,8	1,4	1,4	2,1	2,6	1,8	1,5	1,3	83,6	11,8	4,6
Подрайон «б»															
<i>F</i> = 50 км ²															
Очень многоводный	46,3	20,6	3,4	3,1	2,6	4,7	3,5	3,9	5,6	3,1	1,8	1,4	70,3	23,4	6,3
Многоводный	47,5	21,2	3,5	2,8	2,4	4,2	3,1	3,5	5,0	3,4	1,9	1,5	72,2	21,0	6,8
Средний	48,4	21,5	3,6	2,6	2,2	3,9	2,8	3,2	4,5	3,6	2,1	1,6	73,5	19,2	7,3
Маловодный	49,5	22,0	3,7	2,3	1,9	3,5	2,6	2,8	4,1	3,8	2,1	1,7	75,2	17,2	7,6
Очень маловодный	51,3	22,8	3,8	1,8	1,6	2,8	2,1	2,3	3,2	4,1	2,3	1,9	77,9	13,8	8,3
<i>F</i> = 100 км ²															
Очень многоводный	17,2	47,7	3,2	2,6	2,1	5,1	3,6	4,4	7,1	3,8	1,9	1,3	68,1	24,9	7,0
Многоводный	17,7	49,1	3,3	2,4	1,9	4,6	3,2	4,0	6,3	4,1	2,1	1,3	70,1	22,4	7,5
Средний	18,0	50,1	3,5	2,2	1,7	4,2	2,9	3,6	5,8	4,4	2,2	1,4	71,6	20,4	8,0
Маловодный	18,5	51,3	3,5	1,9	1,5	3,8	2,6	3,2	5,3	4,6	2,3	1,5	73,3	18,3	8,4
Очень маловодный	19,2	53,3	3,7	1,6	1,2	3,1	2,1	2,6	4,3	4,8	2,5	1,6	76,2	14,9	8,9
<i>F</i> = 1000 км ²															
Очень многоводный	13,1	46,6	4,9	3,3	2,5	5,3	4,6	4,5	6,7	4,4	2,4	1,7	64,6	26,9	8,5
Многоводный	13,4	48,0	5,1	3,0	2,3	4,8	4,2	4,1	6,2	4,6	2,5	1,8	66,5	24,6	8,9

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Средний	11,9	51,2	5,1	2,8	3,7	4,4	2,4	3,7	5,7	4,7	2,5	1,9	68,2	22,7	9,1
Маловодный	16,9	47,3	5,6	3,8	2,6	2,2	1,9	3,4	6,7	4,1	2,9	2,6	69,8	20,6	9,6
Очень маловодный	17,5	49,0	5,9	3,3	2,2	1,9	1,6	2,9	5,7	4,2	3,1	2,7	72,4	17,6	10,0
<i>F = 5000 км²</i>															
Очень многоводный	12,6	44,9	4,7	3,5	2,7	5,6	4,9	4,7	7,1	4,8	2,6	1,9	62,2	28,5	9,3
Многоводный	12,9	46,2	4,9	3,2	2,5	5,1	4,5	4,4	6,5	5,0	2,7	2,1	64,0	26,2	9,8
Средний	11,4	49,1	4,9	3,0	4,0	4,7	2,6	4,0	6,2	5,2	2,8	2,1	65,4	24,5	10,1
Маловодный	16,2	45,4	5,5	4,2	2,9	2,4	2,0	3,7	7,3	4,4	3,2	2,8	67,1	22,5	10,4
Очень маловодный	16,7	46,9	5,6	3,6	2,5	2,1	1,8	3,2	6,3	4,8	3,5	3,0	69,2	19,5	11,3
Подрайон «а»															
<i>F = 50 км²</i>															
Очень многоводный	44,8	20,0	3,3	2,7	2,3	4,1	3,1	3,4	4,9	5,7	3,2	2,5	68,1	20,5	11,4
Многоводный	47,0	20,9	3,5	2,6	2,1	3,8	2,9	3,1	4,5	4,8	2,7	2,1	71,4	19,0	9,6
Средний	49,0	21,8	3,6	2,3	1,9	3,5	2,6	2,8	4,1	4,2	2,4	1,8	74,4	17,2	8,4
Маловодный	50,7	22,6	3,7	2,2	1,8	3,3	2,4	2,6	3,8	3,4	2,0	1,5	77,0	16,1	6,9
Очень маловодный	53,9	24,0	4,0	1,8	1,5	2,6	2,0	2,1	3,1	2,5	1,4	1,1	81,9	13,1	5,0
<i>F = 100 км²</i>															
Очень многоводный	12,1	47,6	6,4	5,4	1,9	2,2	3,0	3,8	5,7	6,0	3,7	2,2	66,1	22,0	11,9
Многоводный	12,7	50,1	6,8	4,9	1,7	2,0	2,8	3,5	5,3	5,1	3,2	1,9	69,6	20,2	10,2
Средний	13,2	52,0	7,0	4,6	1,6	1,9	2,6	3,3	4,9	4,4	2,8	1,7	72,2	18,9	8,9
Маловодный	13,7	54,1	7,3	4,2	1,5	1,7	2,4	3,0	4,5	3,8	2,4	1,4	75,1	17,3	7,6
Очень маловодный	14,6	57,4	7,7	3,6	1,3	1,5	2,0	2,5	3,8	2,8	1,8	1,0	79,7	14,7	5,6
<i>F = 1000 км²</i>															
Очень многоводный	3,7	49,0	10,3	1,6	2,0	3,5	6,1	4,1	6,9	7,3	3,3	2,2	63,0	24,2	12,8
Многоводный	3,9	51,4	10,9	1,5	1,9	3,3	5,7	3,8	6,4	6,4	2,9	1,9	66,2	22,6	11,2
Средний	15,4	45,3	7,8	3,5	2,7	2,4	2,0	3,9	7,0	4,5	3,1	2,4	68,5	21,5	10,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Маловодный	18,2	46,6	6,3	4,6	2,7	1,9	2,2	3,7	5,0	3,9	2,6	2,3	71,1	20,1	8,8
Очень маловодный	19,2	49,1	6,7	4,2	2,4	1,8	1,9	3,3	4,5	3,0	2,1	1,8	75,0	18,1	6,9
<i>F = 5000 км²</i>															
Очень многоводный	3,5	46,7	9,9	1,8	2,2	3,8	6,6	4,4	7,4	7,9	3,5	2,3	60,1	26,2	13,7
Многоводный	3,7	49,1	10,4	1,7	2,1	3,6	6,2	4,1	7,0	6,9	3,1	2,1	63,3	24,7	12,1
Средний	14,8	43,5	7,4	3,9	2,9	2,6	2,2	4,3	7,6	4,9	3,3	2,6	65,7	23,5	10,8
Маловодный	17,5	44,9	6,1	5,1	2,9	2,1	2,4	3,9	5,5	4,2	2,9	2,5	68,5	21,9	9,6
Очень маловодный	18,6	47,6	6,5	4,5	2,6	1,9	2,1	3,6	4,9	3,4	2,3	2,0	72,7	19,6	7,7
III. Вилейский район															
Подрайон «а»															
<i>F = 100 км²</i>															
Очень многоводный	23,8	7,5	3,9	6,1	4,0	4,9	8,9	6,8	11,5	10,5	7,1	5,0	35,2	42,2	22,6
Многоводный	29,0	9,1	4,7	5,6	3,7	4,5	8,2	6,2	10,5	8,6	5,8	4,1	42,8	38,7	18,5
Средний	32,6	10,2	5,4	5,2	3,4	4,2	7,8	5,8	9,8	7,3	4,9	3,4	48,2	36,2	15,6
Маловодный	37,0	11,6	6,0	4,8	3,1	3,8	7,0	5,3	8,8	5,9	3,9	2,8	54,6	32,8	12,6
Очень маловодный	43,6	13,7	7,1	4,0	2,6	3,2	5,8	4,4	7,3	3,9	2,6	1,8	64,4	27,3	8,3
<i>F = 1000 км²</i>															
Очень многоводный	4,0	24,1	8,2	3,0	4,2	10,1	5,6	7,2	12,2	9,1	6,6	5,7	36,3	42,3	21,4
Многоводный	4,7	28,4	9,7	2,8	3,9	9,2	5,1	6,6	11,2	7,9	5,6	4,9	42,8	38,8	18,4
Средний	14,8	23,8	9,0	8,3	4,2	4,8	5,6	6,1	7,1	6,5	5,3	4,5	47,6	36,1	16,3
Маловодный	16,3	26,2	10,0	7,3	5,6	5,0	4,3	5,0	6,2	5,5	4,7	3,9	52,5	33,4	14,1
Очень маловодный	16,9	29,6	13,0	6,5	5,0	4,4	3,8	4,4	5,4	4,3	3,7	3,0	59,5	29,5	11,0
<i>F = 5000 км²</i>															
Очень многоводный	4,3	26,3	8,4	3,1	4,0	9,9	5,9	7,0	10,7	9,4	6,0	5,0	39,0	40,6	20,4
Многоводный	4,8	29,2	9,3	3,0	3,8	9,4	5,6	6,6	10,1	8,4	5,4	4,4	43,3	38,5	18,2
Средний	14,9	23,9	7,7	7,5	4,0	4,4	5,2	6,3	9,6	6,9	5,2	4,4	46,5	37,0	16,5

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Маловодный	16,1	25,9	8,3	7,6	5,7	5,1	4,6	5,1	6,6	6,5	4,6	3,9	50,3	34,7	15,0
Очень маловодный	16,9	26,5	11,8	7,1	5,3	4,7	4,3	4,8	6,0	5,5	3,9	3,2	55,2	32,2	12,6
Подрайон «б»															
<i>F = 100 км²</i>															
Очень многоводный	18,4	10,0	6,2	9,4	6,7	4,7	5,5	6,5	8,8	9,4	7,9	6,5	34,6	41,6	23,8
Многоводный	20,3	11,0	6,9	9,2	6,5	4,6	5,4	6,4	8,5	8,3	7,1	5,8	38,2	40,6	21,2
Средний	21,6	11,7	7,3	9,0	6,4	4,6	5,3	6,3	8,4	7,6	6,5	5,3	40,6	40,0	19,4
Маловодный	23,2	12,6	7,8	8,8	6,2	4,4	5,2	6,1	8,3	6,8	5,8	4,8	43,6	39,0	17,4
Очень маловодный	25,7	14,0	8,7	8,4	5,9	4,2	4,9	5,8	7,8	5,7	4,9	4,0	48,4	37,0	14,6
<i>F = 500 км²</i>															
Очень многоводный	21,0	10,2	4,0	6,3	4,6	5,3	8,6	7,2	9,6	10,1	5,9	7,2	35,2	41,6	23,2
Многоводный	22,8	11,0	4,4	6,2	4,5	5,1	8,4	7,0	9,4	9,2	5,4	6,6	38,2	40,6	21,2
Средний	24,2	11,7	4,7	6,1	4,4	5,0	8,2	6,9	9,2	8,5	5,0	6,1	40,6	39,8	19,6
Маловодный	25,7	12,4	4,9	5,9	4,3	4,9	8,0	6,7	9,0	7,9	4,6	5,7	43,0	38,8	18,2
Очень маловодный	27,8	13,5	5,3	5,7	4,2	4,7	7,8	6,5	8,7	6,9	4,0	4,9	46,6	37,6	15,8
<i>F = 1000 км²</i>															
Очень многоводный	20,7	10,0	3,9	6,5	4,7	5,4	8,8	7,4	9,8	9,9	5,8	7,1	34,6	42,6	22,8
Многоводный	22,8	11,0	4,4	6,2	4,5	5,1	8,5	7,1	9,4	9,1	5,3	6,6	38,2	40,8	21,0
Средний	24,2	11,7	4,7	6,0	4,4	5,0	8,2	6,9	9,1	8,6	5,0	6,2	40,6	39,6	19,8
Маловодный	25,7	12,4	4,9	5,8	4,3	4,9	8,0	6,7	8,9	8,0	4,7	5,7	43,0	38,6	18,4
Очень маловодный	27,8	13,5	5,3	5,6	4,1	4,7	7,7	6,4	8,5	7,1	4,2	5,1	46,6	37,0	16,4
IV. Неманский район															
<i>F = 100 км²</i>															
Очень многоводный	23,4	7,4	4,2	8,7	4,9	6,1	3,7	8,4	12,8	11,0	5,5	3,9	35,0	44,6	20,4
Многоводный	27,5	8,7	5,0	7,5	4,2	5,3	3,2	7,3	11,0	10,9	5,5	3,9	41,2	38,5	20,3
Средний	30,5	9,7	5,5	6,6	3,8	4,7	2,8	6,5	9,8	10,8	5,4	3,9	45,7	34,2	20,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Маловодный	34,3	10,8	6,2	5,7	3,2	4,0	2,4	5,5	8,4	10,5	5,2	3,8	51,3	29,2	19,5
Очень маловодный	39,5	12,5	7,1	4,3	2,4	3,0	1,8	4,2	6,3	10,2	5,1	3,6	59,1	22,0	18,9
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	9,9	23,6	4,3	9,3	4,2	5,2	3,8	7,7	12,5	9,7	5,6	4,2	37,8	42,7	19,5
Многоводный	10,9	26,1	4,8	8,3	3,8	4,6	3,4	6,9	11,2	9,9	5,8	4,3	41,8	38,2	20,0
Средний	14,5	25,1	5,5	7,7	4,4	5,3	3,9	5,2	8,4	9,3	6,0	4,7	45,1	34,9	20,0
Маловодный	15,4	26,6	5,9	6,9	3,9	4,8	3,5	4,6	7,6	9,3	6,4	5,1	47,9	31,3	20,8
Очень маловодный	17,4	25,2	10,4	5,3	3,6	4,1	3,2	4,1	6,0	9,2	6,4	5,1	53,0	26,3	20,7
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	10,0	24,0	4,4	9,0	4,1	5,0	3,7	7,5	12,1	10,0	5,9	4,3	38,4	41,4	20,2
Многоводный	10,9	26,1	4,8	8,2	3,7	4,6	3,4	6,8	11,1	10,1	5,9	4,4	41,8	37,8	20,4
Средний	14,4	24,8	5,4	7,8	4,4	5,4	4,0	5,2	8,5	9,3	6,0	4,8	44,6	35,3	20,1
Маловодный	15,3	26,4	5,7	7,2	4,0	4,9	3,7	4,8	7,8	9,0	6,2	5,0	47,4	32,4	20,2
Очень маловодный	17,0	24,7	10,1	5,7	3,9	4,4	3,5	4,4	6,5	8,8	6,1	4,9	51,8	28,4	19,8
V. Центрально-Березинский район															
Подрайон «а»															
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	12,6	36,2	5,3	10,3	2,0	3,0	5,1	5,7	9,6	5,5	3,4	1,3	54,1	35,7	10,2
Многоводный	13,2	37,9	5,5	8,8	1,7	2,6	4,4	4,9	8,3	6,8	4,3	1,6	56,6	30,7	12,7
Средний	13,6	39,1	5,7	7,8	1,5	2,3	3,8	4,3	7,3	7,8	5,0	1,8	58,4	27,0	14,6
Маловодный	14,2	40,8	5,9	6,5	1,2	2,0	3,2	3,6	6,1	8,9	5,6	2,0	60,9	22,6	16,5
Очень маловодный	15,2	43,7	6,3	4,7	0,9	1,4	2,3	2,6	4,3	10,0	6,3	2,3	65,2	16,2	18,6
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	11,7	35,7	4,4	8,6	3,8	3,0	5,4	5,9	10,2	2,7	3,7	4,9	51,8	36,9	11,3
Многоводный	12,1	36,9	4,6	7,7	3,4	2,6	4,8	5,2	9,2	3,2	4,4	5,9	53,6	32,9	13,5
Средний	31,3	15,7	8,0	3,1	6,4	4,4	2,6	5,2	7,7	7,0	4,0	4,6	55,0	29,4	15,6

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Маловодный	16,9	32,0	7,9	4,9	3,2	2,5	2,8	4,6	7,7	7,9	4,4	5,2	56,8	25,7	17,5
Очень маловодный	17,8	33,8	8,4	3,9	2,5	2,0	2,2	3,6	6,0	8,5	5,4	5,9	60,0	20,2	19,8
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	13,3	30,4	5,4	3,8	4,9	4,3	8,1	7,2	9,7	6,2	3,8	2,9	49,1	38,0	12,9
Многоводный	13,8	31,6	5,6	3,4	4,4	3,8	7,2	6,5	8,8	7,1	4,4	3,4	41,0	34,1	14,9
Средний	14,4	30,9	7,2	3,6	6,3	4,2	5,1	5,1	7,2	6,7	4,9	4,4	52,5	31,5	16,0
Маловодный	16,9	28,3	9,2	3,9	4,2	4,6	5,1	4,8	5,8	7,2	5,3	4,7	54,4	28,4	17,2
Очень маловодный	17,7	29,5	9,6	3,3	3,5	3,9	4,3	4,1	4,9	7,3	6,2	5,7	56,8	24,0	19,2
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	12,6	28,7	5,1	3,9	5,1	4,4	8,2	7,4	10,0	7,0	4,3	3,3	46,4	39,0	14,6
Многоводный	13,0	29,7	5,3	3,6	4,7	4,0	7,6	6,8	9,2	7,7	4,8	3,6	48,0	35,9	16,1
Средний	13,6	29,2	6,7	3,9	6,8	4,6	5,5	5,4	7,6	7,0	5,1	4,6	49,5	33,8	16,7
Маловодный	15,9	26,5	8,6	4,3	4,6	5,1	5,6	5,4	6,4	6,7	5,7	5,2	51,0	31,4	17,6
Очень маловодный	16,5	27,6	9,0	3,8	4,1	4,4	4,9	4,7	5,7	7,3	6,3	5,7	53,1	27,6	19,3
Подрайон «б»															
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	12,6	36,2	5,6	13,0	0,9	1,4	3,7	4,6	8,5	7,2	4,7	1,6	54,4	32,1	13,5
Многоводный	13,9	40,0	6,2	10,6	0,7	1,1	3,0	3,7	6,9	7,4	4,8	1,7	60,1	26,0	13,9
Средний	15,1	43,2	6,7	8,6	0,6	0,9	2,4	3,0	5,6	7,4	4,8	1,7	65,0	21,1	13,9
Маловодный	16,3	46,8	7,3	6,4	0,4	0,7	1,8	2,2	4,3	7,3	4,8	1,7	70,4	15,8	13,8
Очень маловодный	18,4	52,9	8,2	3,5	0,2	0,4	1,0	1,2	2,2	6,4	4,2	1,4	79,5	8,5	12,0
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	13,6	33,4	6,6	3,9	1,9	2,7	8,0	5,8	10,7	8,0	3,2	2,2	53,6	33,0	13,4
Многоводный	15,0	36,8	7,2	3,2	1,6	2,2	6,5	4,8	8,7	8,3	3,4	2,3	59,0	27,0	14,0
Средний	33,2	20,1	10,0	5,5	2,5	1,7	1,6	3,7	7,4	7,8	3,7	2,8	63,3	22,4	14,3
Маловодный	20,2	40,8	7,8	4,1	1,9	1,7	2,6	2,6	4,5	6,1	4,3	3,4	68,8	17,4	13,8
Очень маловодный	22,4	45,4	8,8	2,4	1,1	1,0	1,5	1,5	2,6	5,9	4,2	3,2	76,6	10,1	13,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>F</i> = 1000 км ²															
Очень многоводный	12,6	31,0	6,2	4,1	2,1	2,8	8,5	6,2	11,4	9,0	3,6	2,5	49,8	35,1	15,1
Многоводный	14,1	34,5	6,8	3,5	1,7	2,4	7,1	5,2	9,5	9,1	3,6	2,5	55,4	29,4	15,2
Средний	31,3	19,0	9,3	6,1	2,8	1,9	1,8	4,2	8,2	8,4	4,0	3,0	59,6	25,0	15,4
Маловодный	18,7	37,9	7,3	4,8	2,3	2,0	3,0	3,0	5,3	6,9	4,9	3,9	63,9	20,4	15,7
Очень маловодный	20,9	42,4	8,2	3,2	1,6	1,3	2,1	2,1	3,6	6,4	4,6	3,6	71,5	13,9	14,6
<i>F</i> = 5000 км ²															
Очень многоводный	4,9	28,5	14,4	5,6	4,2	3,3	8,8	5,9	9,4	6,7	4,9	3,4	47,8	37,2	15,0
Многоводный	5,4	31,5	15,9	4,7	3,5	2,8	7,5	5,1	8,0	7,0	5,1	3,5	52,8	31,6	15,6
Средний	15,8	30,6	10,0	6,3	4,0	3,2	2,8	4,7	6,5	7,9	4,7	3,5	56,4	27,5	16,1
Маловодный	17,0	33,0	10,8	5,5	3,3	2,7	2,4	3,4	5,8	7,3	4,8	4,0	60,8	23,1	16,1
Очень маловодный	22,4	33,1	11,7	4,0	2,5	2,0	1,7	2,5	4,3	7,1	4,7	4,0	67,2	17,0	15,8
VI. Припятский район															
Подрайон «а»															
<i>F</i> = 50 км ²															
Очень многоводный	42,6	10,4	3,7	2,5	1,8	5,5	6,9	4,8	6,9	4,8	2,2	7,9	56,7	28,4	14,9
Многоводный	47,8	11,7	4,2	2,0	1,4	4,4	5,6	3,9	5,5	4,3	2,0	7,2	63,7	22,8	13,5
Средний	40,9	19,8	8,9	3,8	2,2	1,6	1,9	3,2	5,1	5,5	3,2	3,9	69,6	17,8	12,6
Маловодный	44,6	24,2	7,5	3,0	1,7	1,2	1,5	2,1	3,5	5,9	2,8	2,0	76,3	13,0	10,7
Очень маловодный	50,6	27,5	8,6	1,4	0,8	0,6	0,7	1,0	1,6	4,0	1,9	1,3	86,7	6,1	7,2
<i>F</i> = 100 км ²															
Очень многоводный	42,2	10,4	3,6	2,5	1,8	5,5	6,8	4,8	6,8	4,9	2,3	8,2	56,4	28,2	15,4
Многоводный	47,6	11,7	4,1	2,0	1,4	4,4	5,6	3,9	5,5	4,4	2,1	7,3	63,4	22,8	13,8
Средний	40,7	19,8	8,8	3,9	2,3	1,7	2,0	3,2	5,3	5,4	3,1	3,8	69,3	18,4	12,3
Маловодный	44,3	24,1	7,5	3,2	1,8	1,3	1,5	2,2	3,7	5,7	2,7	2,0	75,9	13,7	10,4
Очень маловодный	50,2	27,3	8,5	1,6	0,9	0,7	0,8	1,1	1,8	3,9	1,9	1,3	86,0	6,9	7,1

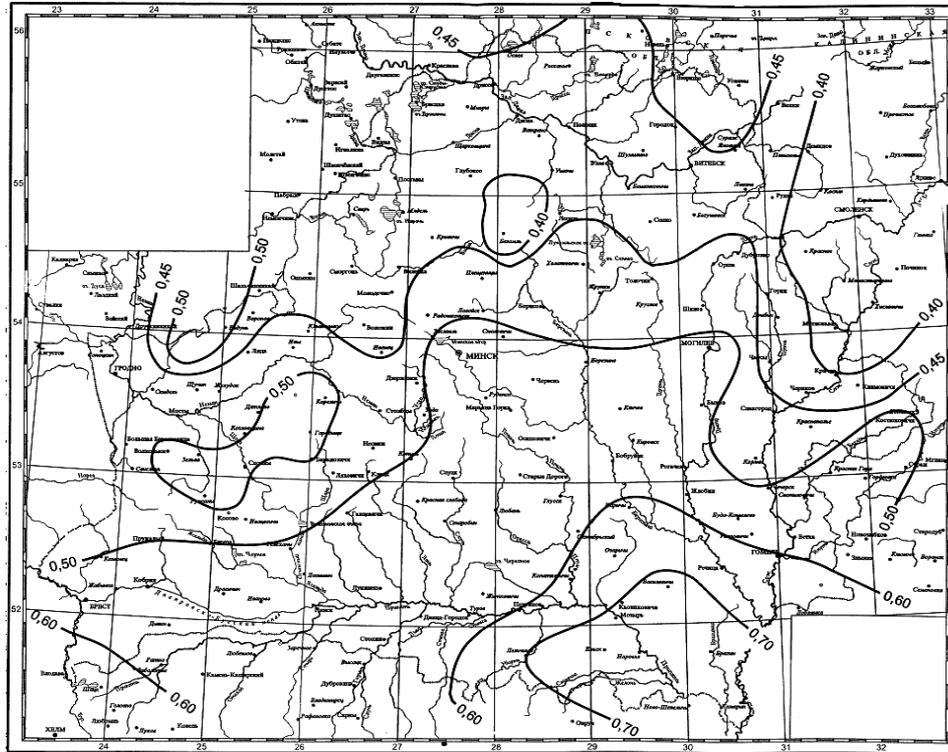
Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	17,1	29,8	9,1	7,3	5,1	2,8	1,8	4,3	6,9	8,1	4,8	2,9	56,0	28,3	15,8
Многоводный	19,3	33,6	10,1	6,0	4,2	2,3	1,4	3,6	5,7	7,1	4,2	2,5	63,0	23,2	13,8
Средний	20,9	36,3	11,0	5,0	3,5	1,9	1,2	3,0	4,7	6,4	3,8	2,3	68,2	19,3	12,5
Маловодный	22,6	39,3	11,9	3,9	2,8	1,5	0,9	2,3	3,8	5,6	3,4	2,0	73,8	15,2	11,0
Очень маловодный	25,5	44,3	13,4	2,4	1,7	0,8	0,6	1,4	2,2	4,0	2,4	1,3	83,2	9,1	7,7
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	17,3	30,0	9,1	7,1	5,0	2,7	1,7	4,3	6,8	8,2	4,9	2,9	56,4	27,6	16,0
Многоводный	19,2	33,4	10,1	6,0	4,2	2,3	1,4	3,6	5,7	7,2	4,3	2,6	62,7	23,2	14,1
Средний	20,7	36,0	10,8	5,2	3,6	2,0	1,2	3,1	4,9	6,4	3,8	2,3	67,5	20,0	12,5
Маловодный	22,4	39,0	11,7	4,2	3,0	1,6	1,0	2,5	4,0	5,4	3,2	2,0	73,1	16,3	10,6
Очень маловодный	24,7	43,1	13,0	2,9	2,1	1,1	0,7	1,7	2,8	4,1	1,4	1,4	80,8	11,3	7,9
Подрайон «б»															
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	27,5	14,8	6,0	13,3	4,4	2,3	0,7	3,6	10,9	8,6	5,5	2,4	48,3	35,2	16,5
Многоводный	31,0	16,6	6,8	11,3	3,7	1,9	0,7	3,0	9,2	8,3	5,3	2,2	54,4	29,8	15,8
Средний	36,7	17,2	5,8	6,1	3,0	2,2	2,0	4,3	7,4	9,4	3,7	2,2	59,7	25,0	15,3
Маловодный	22,2	37,4	6,2	7,2	2,3	1,7	1,4	2,3	5,0	3,6	6,4	4,3	65,8	19,9	14,3
Очень маловодный	26,0	43,9	7,3	4,2	1,4	1,0	0,8	1,4	2,8	2,8	5,0	3,4	77,2	11,6	11,2
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	4,0	32,8	11,1	12,2	5,4	3,5	1,3	4,1	8,4	8,9	5,6	2,7	47,9	34,9	17,2
Многоводный	4,5	36,9	12,6	10,5	4,7	3,0	1,1	3,6	7,2	8,2	5,2	2,5	54,0	30,1	15,9
Средний	35,9	14,9	8,0	5,8	3,5	2,5	1,6	3,6	9,1	9,5	3,4	2,2	58,8	26,1	15,1
Маловодный	38,0	19,0	7,5	6,1	2,7	1,9	1,6	2,8	6,8	7,3	4,0	2,3	64,5	21,9	13,6
Очень маловодный	43,4	21,7	8,6	4,1	1,8	1,3	1,1	1,9	4,6	6,1	3,4	2,0	73,7	14,8	11,5
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	3,9	32,4	11,1	12,3	5,5	3,6	1,2	4,2	8,4	9,0	5,6	2,8	47,4	35,2	17,4

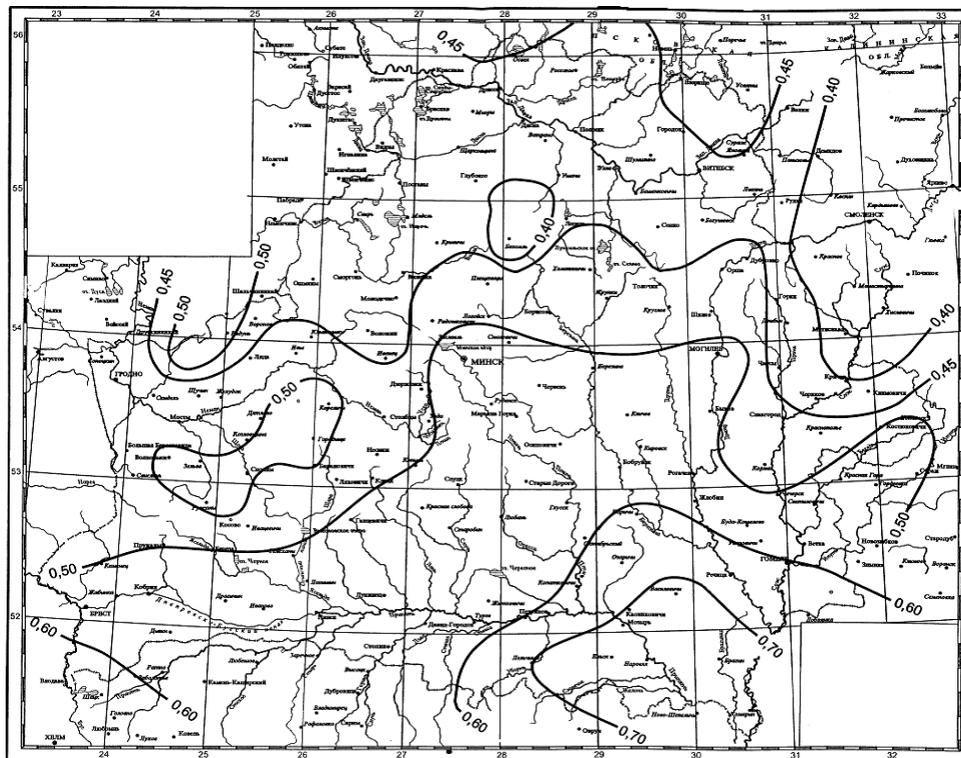
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Многоводный	4,4	36,7	12,5	10,5	4,7	3,0	1,1	3,6	7,2	8,4	5,3	2,6	53,6	30,1	16,3
Средний	35,7	14,8	7,9	5,9	3,6	2,5	1,6	3,6	9,2	9,6	3,4	2,2	58,4	26,4	15,2
Маловодный	37,7	18,9	7,5	6,2	2,8	2,0	1,6	2,9	6,9	7,2	4,0	2,3	64,1	22,4	13,5
Очень маловодный	42,6	21,4	8,4	4,5	2,0	1,4	1,2	2,1	5,0	6,1	3,3	2,0	72,4	16,2	11,4
Подрайон «в»															
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	22,6	9,2	3,9	10,7	6,3	3,7	1,6	6,6	12,6	13,8	5,7	3,3	35,7	41,5	22,8
Многоводный	27,4	11,1	4,7	8,5	5,1	3,0	1,3	5,2	10,1	14,3	5,9	3,4	43,2	33,2	23,6
Средний	31,1	12,7	5,3	7,0	4,1	2,4	1,1	4,3	8,2	14,4	6,0	3,4	49,1	27,1	23,8
Маловодный	35,5	14,4	6,1	5,4	3,2	1,9	0,8	3,3	6,4	14,0	5,7	3,3	56,0	21,0	23,0
Очень маловодный	42,0	17,1	7,1	3,1	1,9	1,1	0,5	1,9	3,7	13,1	5,4	3,1	66,2	12,2	21,6
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	20,4	10,2	5,1	9,3	5,7	4,5	2,8	6,2	12,1	12,4	6,5	4,8	35,7	40,6	23,7
Многоводный	24,7	12,4	6,1	7,6	4,6	3,7	2,3	5,0	10,0	12,3	6,5	4,8	43,2	33,2	23,6
Средний	27,7	13,9	6,9	6,4	3,9	3,1	1,9	4,3	8,5	12,2	6,4	4,8	48,5	28,1	23,4
Маловодный	31,5	15,7	7,8	5,2	3,2	2,5	1,6	3,4	6,7	11,7	6,1	4,6	55,0	22,6	22,4
Очень маловодный	36,7	18,3	9,1	3,5	2,1	1,7	1,0	2,3	4,6	10,8	5,7	4,2	64,1	15,2	20,7
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	20,4	10,2	5,1	9,2	5,6	4,5	2,8	6,1	12,1	12,6	6,6	4,8	35,7	40,3	24,0
Многоводный	24,7	12,4	6,1	7,7	4,7	3,7	2,3	5,1	10,1	12,1	6,4	4,7	43,2	33,6	23,2
Средний	27,5	13,7	6,8	6,6	4,0	3,2	2,0	4,3	8,6	12,2	6,4	4,7	48,0	28,7	23,3
Маловодный	30,8	15,4	7,7	5,5	3,3	2,6	1,6	3,6	7,2	11,7	6,1	4,5	53,9	23,8	22,3
Очень маловодный	35,4	17,7	8,8	3,8	2,4	1,8	1,2	2,6	5,0	11,1	5,8	4,4	61,9	16,8	21,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

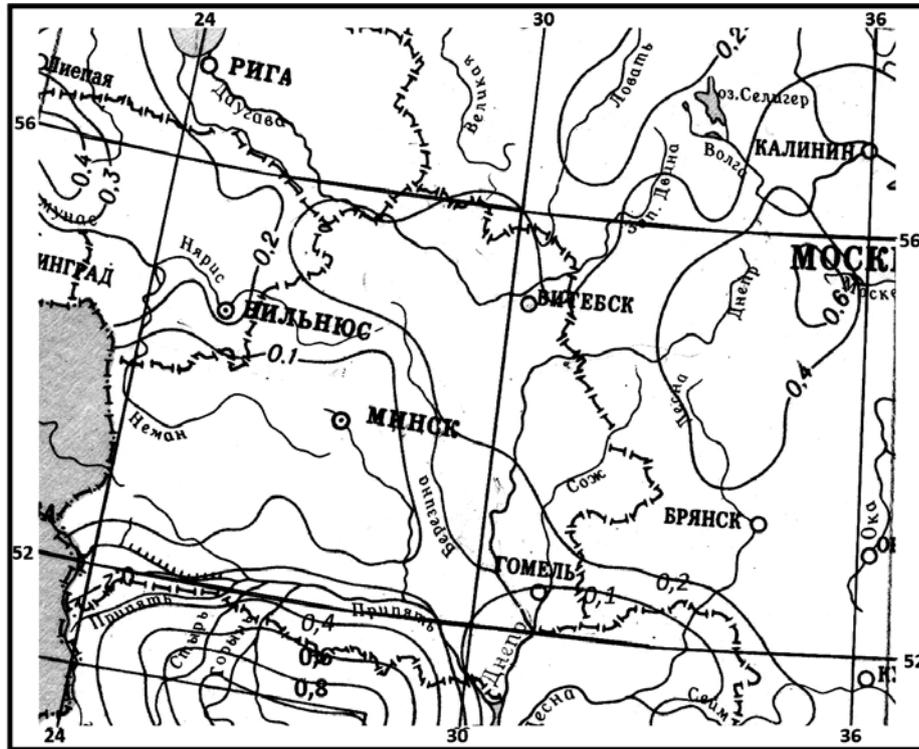
Карта среднемноголетнего слоя стока весеннего половодья, мм

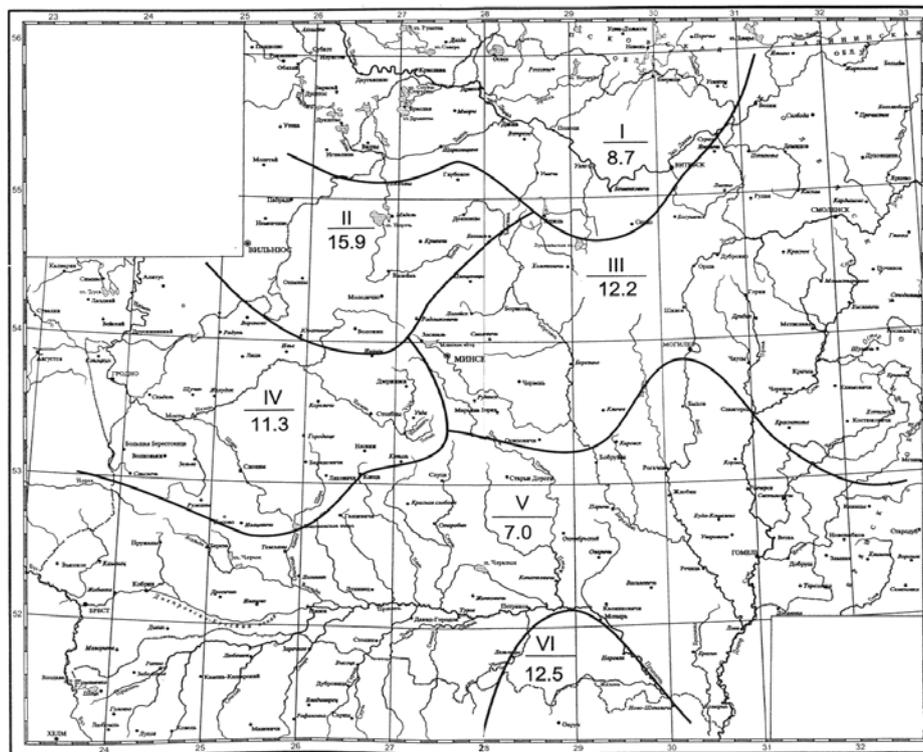


Карта коэффициента вариации слоя стока весеннего половодья



Параметр $q_{200,1\%}$



Карта районирования параметра $\alpha_{10\%}$ 

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

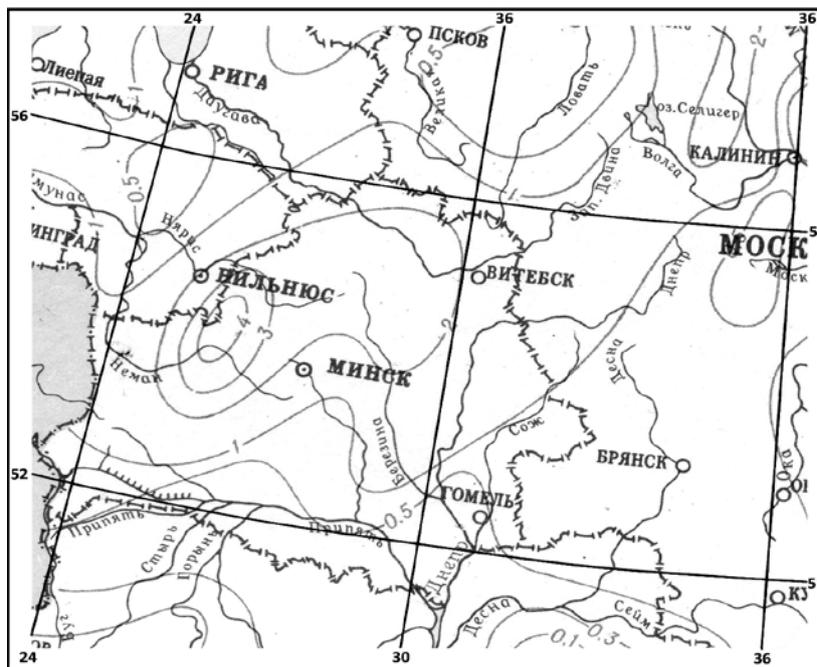
Относительные координаты расчетного гидрографа половодья x и y в зависимости от K_s или λ^*

$x_i = t_i / t_n$	Значения $y = Q_1 / Q_p$ при различных $\lambda = q \cdot t_n / (0.0116 \cdot h_p)$, равных																				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	0,3
0,1	0,023	0,002	0	0	0																0,023
0,2	0,210	0,091	0,034	0,011	0,003	0	0	0	0												0,210
0,3	0,450	0,290	0,180	0,099	0,050	0,022	0,009	0,003	0,001	0	0	0	0								0,450
0,4	0,660	0,510	0,390	0,280	0,190	0,120	0,076	0,043	0,024	0,013	0,006	0,003	0,001	0	0	0	0	0			0,660
0,5	0,780	0,690	0,590	0,49	0,400	0,310	0,240	0,180	0,130	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0	0	0,780
0,6	0,880	0,820	0,750	0,690	0,610	0,540	0,470	0,390	0,330	0,270	0,220	0,180	0,140	0,120	0,088	0,066	0,049	0,036	0,017	0,009	0,880
0,7	0,940	0,910	0,870	0,830	0,790	0,740	0,690	0,640	0,590	0,540	0,480	0,430	0,390	0,340	0,300	0,260	0,220	0,190	0,140	0,094	0,940
0,8	0,970	0,960	0,950	0,930	0,910	0,890	0,870	0,840	0,810	0,780	0,750	0,720	0,690	0,660	0,620	0,590	0,550	0,520	0,460	0,400	0,970
0,9	0,990	0,990	0,990	0,980	0,980	0,970	0,970	0,960	0,960	0,950	0,940	0,930	0,920	0,910	0,900	0,890	0,880	0,870	0,840	0,820	0,990
1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,1	0,990	0,990	0,990	0,990	0,980	0,970	0,970	0,970	0,960	0,960	0,950	0,940	0,930	0,930	0,920	0,910	0,900	0,870	0,870	0,850	0,990
1,2	0,980	0,970	0,960	0,950	0,940	0,920	0,910	0,890	0,870	0,850	0,830	0,800	0,780	0,760	0,730	0,700	0,680	0,650	0,600	0,540	0,980
1,3	0,970	0,950	0,930	0,910	0,880	0,850	0,820	0,780	0,750	0,710	0,680	0,640	0,600	0,560	0,520	0,480	0,440	0,410	0,340	0,280	0,970
1,4	0,950	0,920	0,890	0,850	0,810	0,770	0,720	0,670	0,620	0,570	0,520	0,480	0,430	0,380	0,340	0,300	0,260	0,230	0,170	0,120	0,950
1,5	0,920	0,880	0,840	0,790	0,740	0,680	0,620	0,560	0,500	0,440	0,390	0,340	0,290	0,250	0,210	0,170	0,140	0,120	0,075	0,046	0,920
1,6	0,900	0,850	0,790	0,730	0,660	0,590	0,520	0,460	0,390	0,340	0,280	0,230	0,190	0,150	0,120	0,092	0,071	0,054	0,030	0,016	0,900
1,7	0,870	0,81	0,740	0,660	0,590	0,510	0,440	0,370	0,300	0,250	0,200	0,150	0,120	0,089	0,066	0,047	0,034	0,024	0,011	0,005	0,870
1,8	0,840	0,770	0,690	0,600	0,520	0,440	0,360	0,290	0,230	0,180	0,130	0,100	0,072	0,050	0,035	0,023	0,015	0,010	0,004	0,001	0,840
1,9	0,810	0,730	0,640	0,550	0,460	0,370	0,290	0,230	0,170	0,130	0,089	0,063	0,043	0,028	0,018	0,011	0,007	0,004	0,001		0,810
2,0	0,780	0,690	0,590	0,490	0,400	0,310	0,240	0,180	0,130	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0		0,780
2,2	0,730	0,310	0,500	0,400	0,300	0,220	0,150	0,100	0,066	0,042	0,025	0,014	0,008								0,730
2,4	0,670	0,540	0,420	0,320	0,220	0,150	0,096	0,058	0,034	0,019	0,010	0,005	0,002								0,670
2,6	0,620	0,480	0,350	0,250	0,160	0,100	0,060	0,032	0,017	0,008	0,004	0,002	0,001								0,620
2,8	0,570	0,420	0,290	0,190	0,120	0,068	0,036	0,018	0,008	0,004	0,001	0,001	0								0,570
3,0	0,530	0,370	0,240	0,150	0,086	0,045	0,022	0,010	0,004	0,002	0	0									0,530
3,5	0,430	0,260	0,150	0,079	0,037	0,016	0,006	0,002	0	0											0,430
4,0	0,340	0,190	0,092	0,042	0,016	0,005	0,002	0													0,340
5,0	0,210	0,091	0,034	0,011	0,003	0	0														0,210
6,0	0,130	0,044	0,012	0,003	0,																0,130
8,0	0,052	0,010	0,002	0																	0,052
K_s	0,190	0,230	0,260	0,290	0,310	0,330	0,340	0,360	0,370	0,380	0,380	0,390	0,400	0,400	0,410	0,420	0,420	0,420	0,430	0,430	0,190

Примечание к приложению 9: $K_s = \frac{h_{рп}}{h_p} = f(\lambda^*)$.

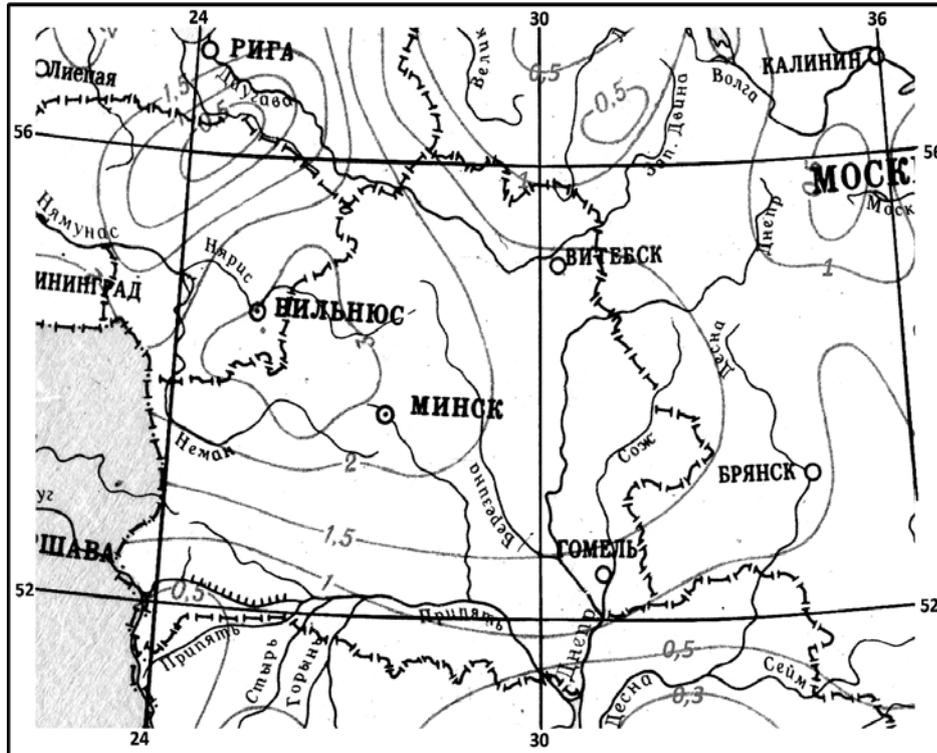
ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Минимальный 30-дневный летне-осенний сток рек обеспеченностью $p = 80\%$ $q = 80$, л/с·км²

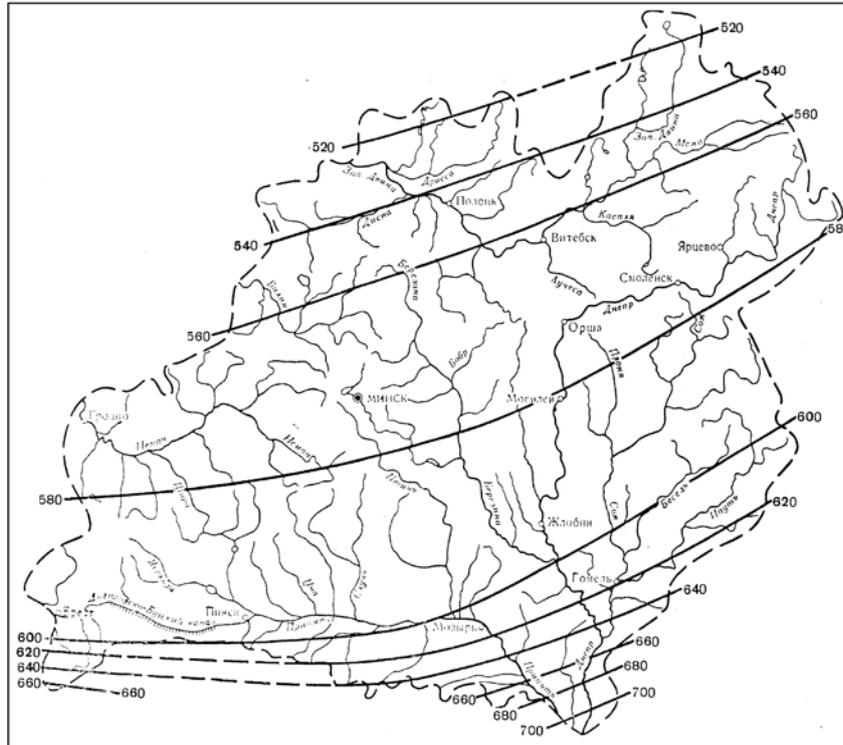


ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Минимальный 30-дневный зимний сток обеспеченностью $p = 80 \% q$, л/с·км²



Норма испарения с поверхности воды, $Z_{0.в}$, мм



Учебное издание

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

Методические указания
к курсовой работе
по дисциплине «Гидрология и гидрометрия»
для студентов специальности
1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство»

С о с т а в и т е л ь
ЮХНОВЕЦ Владимир Николаевич

Редактор Т.А. Подолякова
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 15.03.2011.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 4,59. Уч.-изд. л. 3,59. Тираж 100. Заказ 1147.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.