

МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

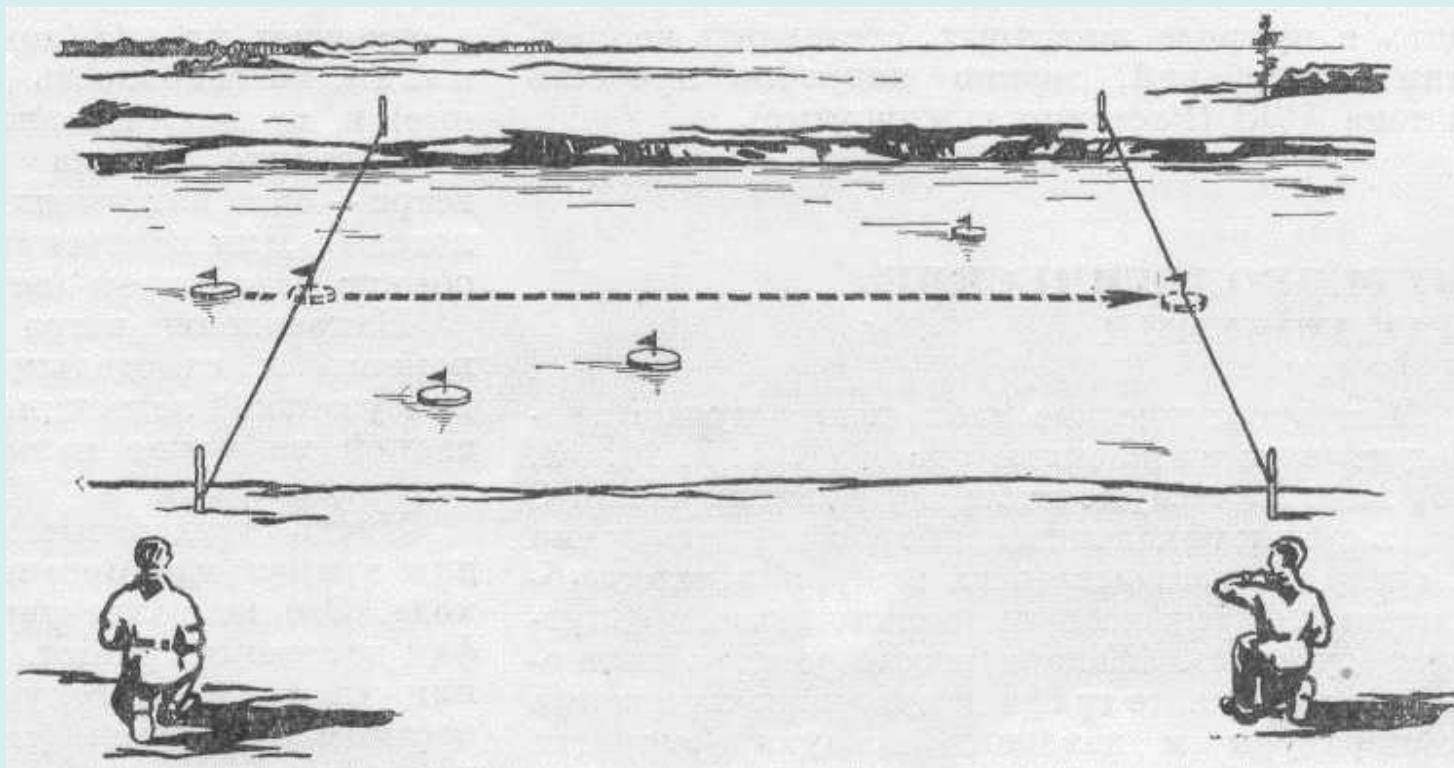
Толстухин Андрей Иванович,
канд. техн. наук, доцент
Поволжского государственного
технологического университета,
декан факультета Природообустройства
и водных ресурсов

Член Национального номинационного комитета
Российского национального юниорского водного конкурса
email: TolstuhinAI@volgatech.net

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ И РАСХОДА

1. Поверхностными поплавками (самый простой, но и самый неточный)
2. Аналитический метод с использованием измерителей скорости (наиболее точен для рек)
3. Гидравлический метод (применяется, если нет возможности измерить скорости течения)
4. Измерение расхода водосливами (рекомендуется для измерения расходов ручьев)

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПОПЛАВКАМИ

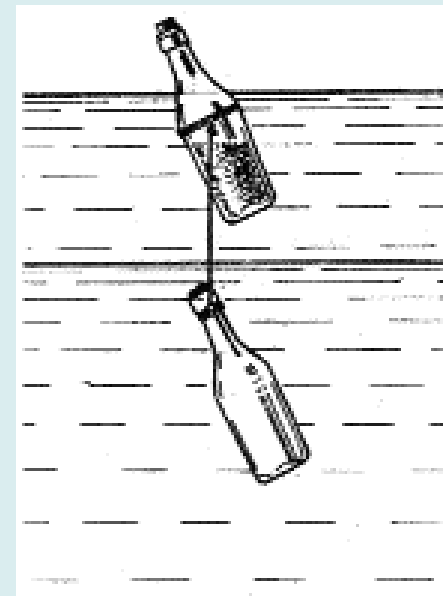
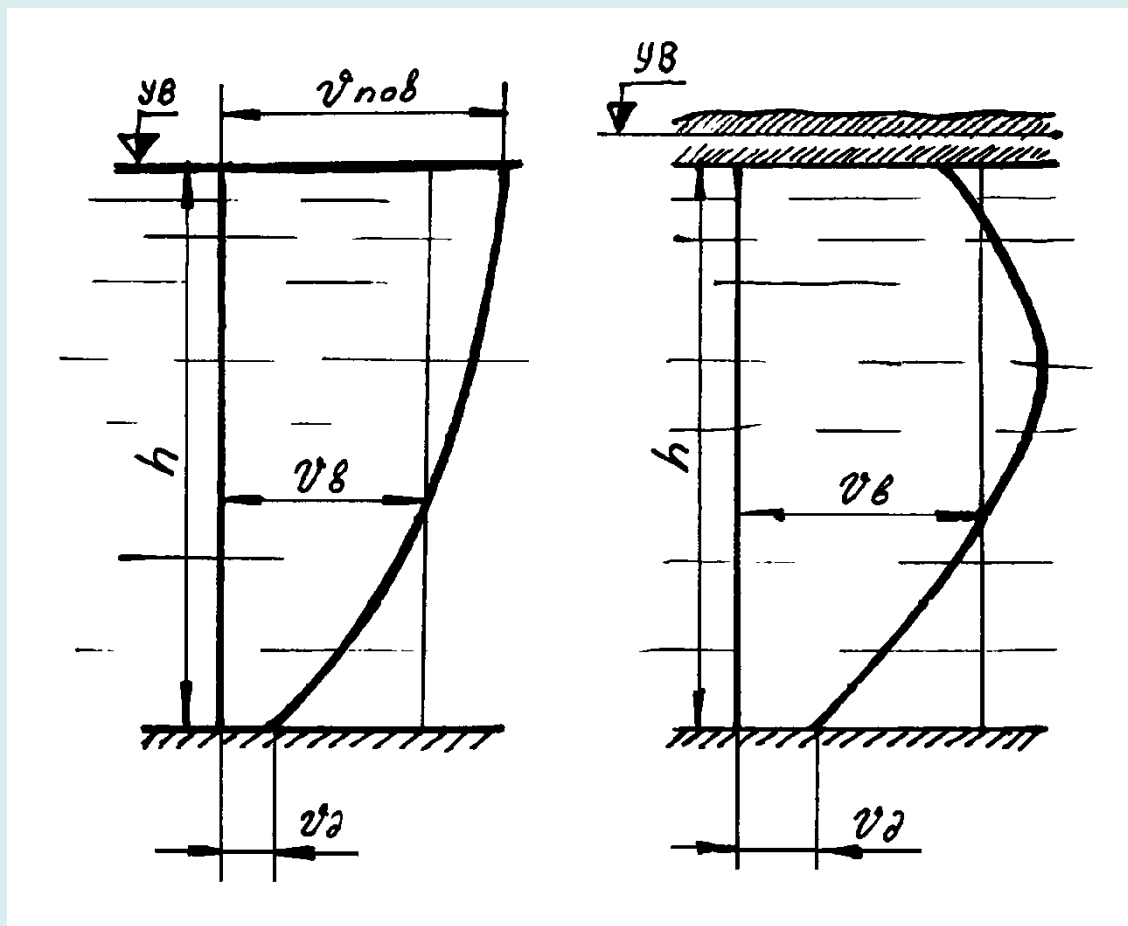


Для измерения поверхностных скоростей выбирают прямой участок длиной не менее $L=50V_{\text{макс}}$

Поверхностная скорость $V_{\text{п}}=L/t$.

Средняя скорость $V_{\text{ср}}=KV_{\text{п}}$, где K – поправочный коэффициент от поверхностной скорости к средней, приблизительно $K=0,7...0,9$

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПОПЛАВКАМИ



Использование глубинных поплавков позволяет получить более достоверные результаты, в этом случае вводить поправочный коэффициент для расчета средней скорости не нужно

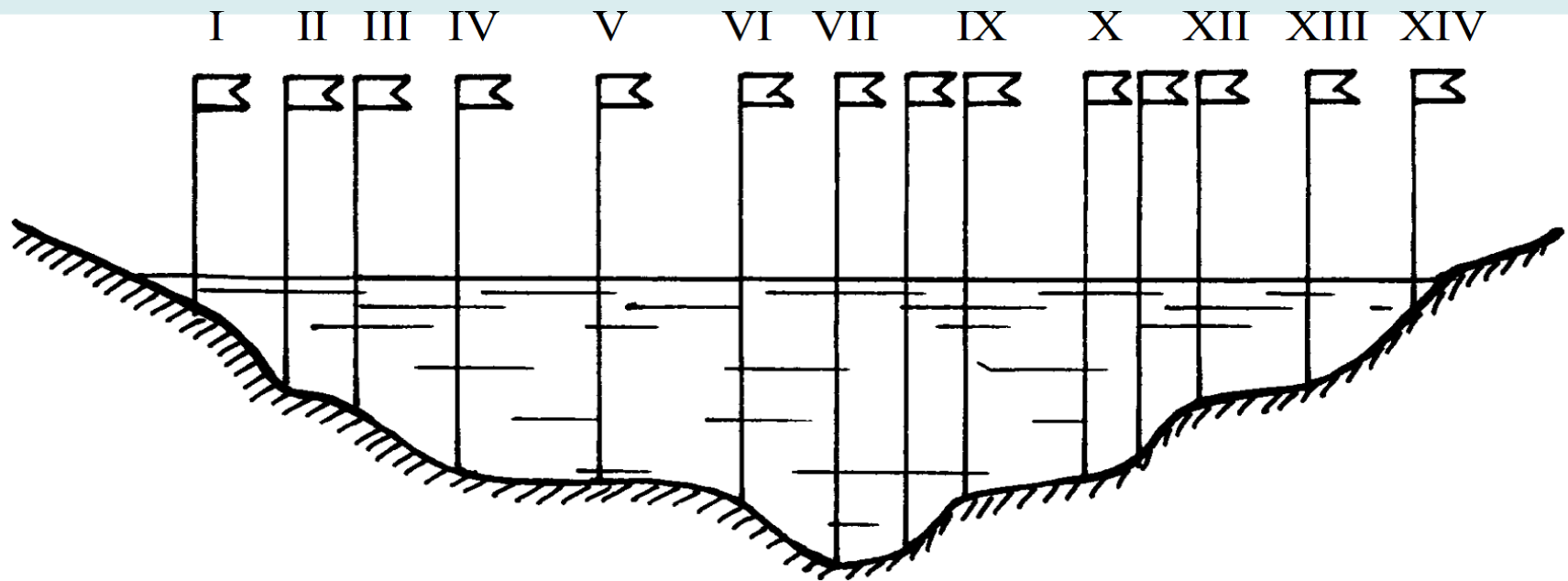
ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПОПЛАВКАМИ

Поплавки применяют для измерения расхода воды в следующих случаях:

- для измерения малых скоростей течения на вертикали, когда они меньше предельной скорости вертушки – 0,08 м/с, например, при заросшем русле (глубинные поплавки);
- при интенсивном ледоходе в качестве поплавков используют отдельные льдины (поверхностные поплавки);
- при повреждениях вертушки, плавсредства или переправы (поверхностные поплавки);
- для разовых приближенных определений расхода воды на необорудованных створах и при рекогносцировке (поверхностные поплавки);
- в период половодья и паводков на больших реках (аэрогидрометрическим способом).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

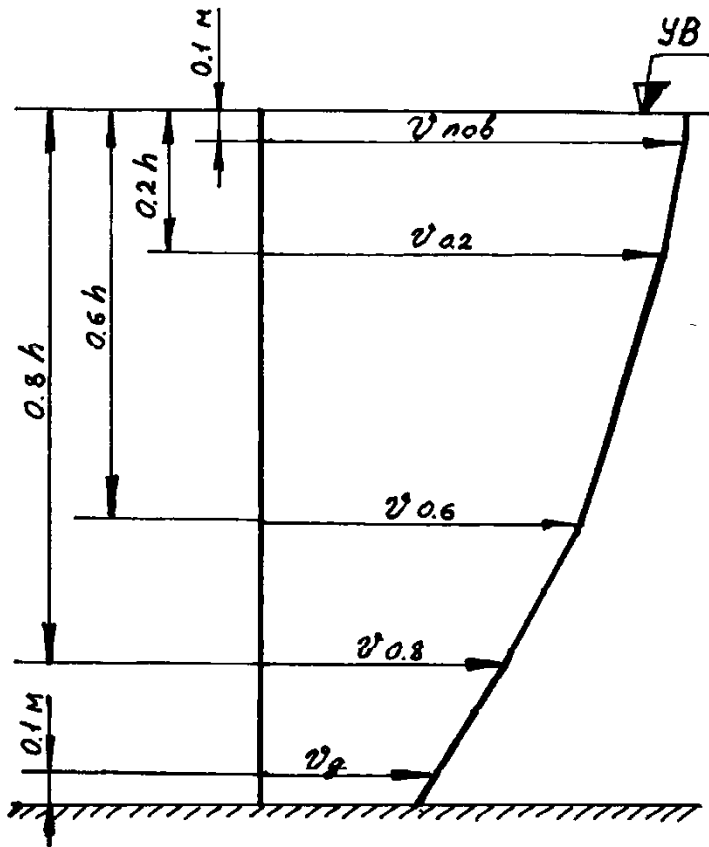
Расположение скоростных вертикалей в гидрометрическом створе



На первом этапе работ производится разбивка промерных (скоростных) вертикалей. Число таких вертикалей определяется необходимой точностью, изменчивостью рельефа дна русла, шириной русла реки

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

Расположение точек измерения скоростей
на скоростной вертикали



$$V = 0,1(V_{пов} + 3V_{0,2h} + 3V_{0,6h} + 2V_{0,8h} + V_{д})$$

$$V = 0,25(V_{0,2h} + 2V_{0,6h} + V_{0,8h})$$

$$V = 0,5(V_{0,2h} + V_{0,8h})$$

$$V = V_{0,6h}$$

В зависимости от необходимой точности, глубины реки выбирается метод измерения средней скорости на вертикали (одно-, двух-, трех- или пятиточечный).

При глубинах менее 1 м рекомендуется измерять скорость течения в одной точке (на глубине 0,6h)

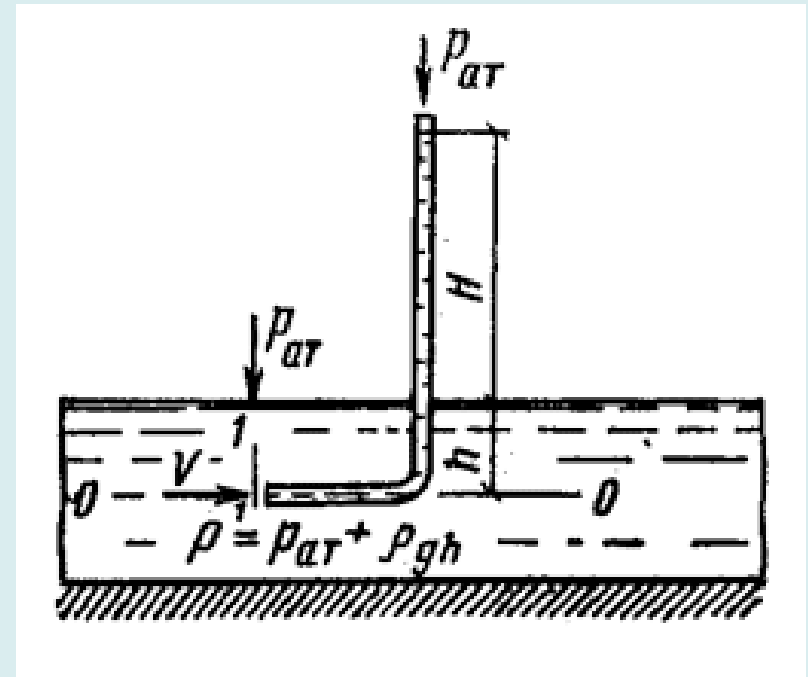
АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

Приборы для измерения скоростей течения

Гидрометрическая вертушка
(электронный измеритель скорости)



Трубка Пито



$$V = \sqrt{2gH}$$

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

$$Q = \omega c \sqrt{Ri}$$

Формула Шези

Q – расход, м³/с;

ω - площадь живого сечения, м²;

R – гидравлический радиус, м, **$R = \omega / \chi$** ;

χ - смоченный периметр, м;

c – коэффициент Шези;

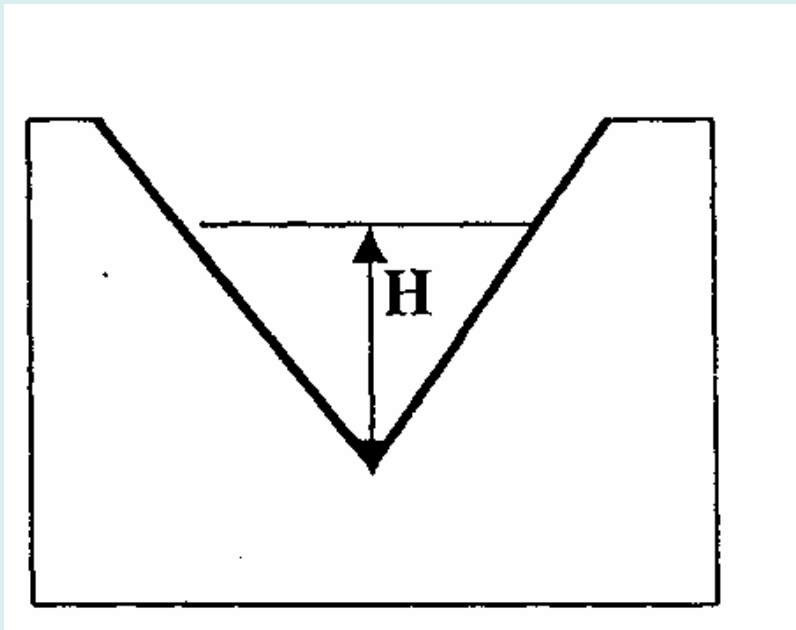
$$c = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

n – коэффициент шероховатости русла (принимается по справочникам в зависимости от состояния русла);

i – уклон свободной поверхности (для большинства равнинных рек 0,001...0,005)

ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДОСЛИВАМИ

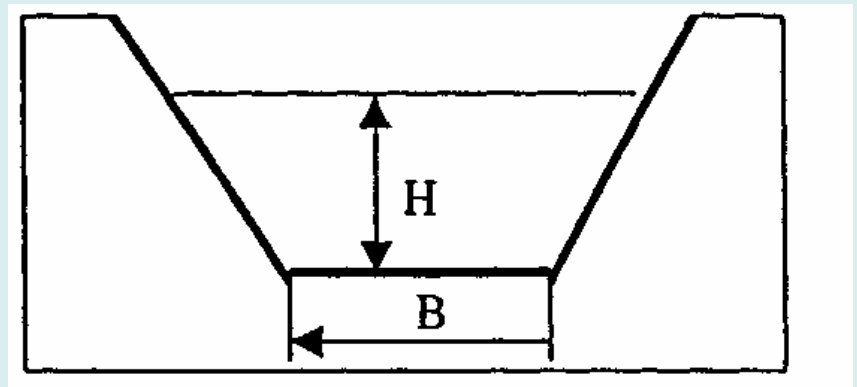
Треугольный водослив
Томпсона



$$Q = 1,4H^{5/2}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

Трапецеидальный водослив
Чиполетти



$$Q = 1,86BH^{3/2}$$

$$\text{tg}\alpha = 0.25$$

ПОЧЕМУ НЕОБХОДИМЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Выполнение гидрометрических работ является наиболее точным способом определения скоростей течения и расходов водных объектов, однако они дают результаты «здесь и сейчас» - именно в створе, где проведены измерения и именно в этот момент времени.

Для получения репрезентативной картины о характере изменения расходов рек по их длине и в разные фазы гидрологического режима выполняют гидрологические расчеты. На следующем слайде представлена их классификация, **красным выделен наиболее типичный случай.**

Последующие слайды показывают этапы работы по расчету гидрологических характеристик (на примере реки Малая Кокшага)

Полная информация о выполнении гидрологических расчетов имеется, например, в издании: **Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984 год.** В приложениях к справочнику представлен картографический материал, необходимый для выполнения расчетов.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Гидрологические расчеты



РАСЧЕТНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Реки

Расход воды Q , м³/с

Объем стока воды W , м³

Модуль стока воды q , л/(с км²)

Слой стока воды h , мм

Уровень воды H , м

Гидрографическая длина
водотока L , км

Средневзвешенный уклон водотока

Водосбора

Площадь водосбора F ,
км²

Средняя высота водосбора над
уровнем моря

Относительная лесистость
водосбора $f_{л}$, %

Относительная заболоченность $f_{б}$, %

Относительная озерность $f_{оз}$, %

Средневзвешенная озерность $\bar{f}_{оз}$, %

Закарстованность водосбора $f_{к}$, %

Относительная распаханность
водосбора $f_{п}$, %

РАСХОДЫ РЕК РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

Максимальный

**Весеннего
половодья**

**Летне – осеннего
дождевого паводка**

$$Q_{P\%} = \frac{K_0 h_{P\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 \delta_3 F}{(F + b)^n} \quad Q_{P\%} = q_{200} \left(\frac{200}{F} \right)^n \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_p F$$

Обеспеченность до 25 – 50%

Минимальный

$$Q_{P\%} = 10^{-3} \lambda_{p\%} a (F + f_0)^n$$

Зимние

Летние

30 - суточные

Среднесуточные

Обеспеченность свыше 50%

ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ РЕКИ МАЛАЯ КОКШАГА



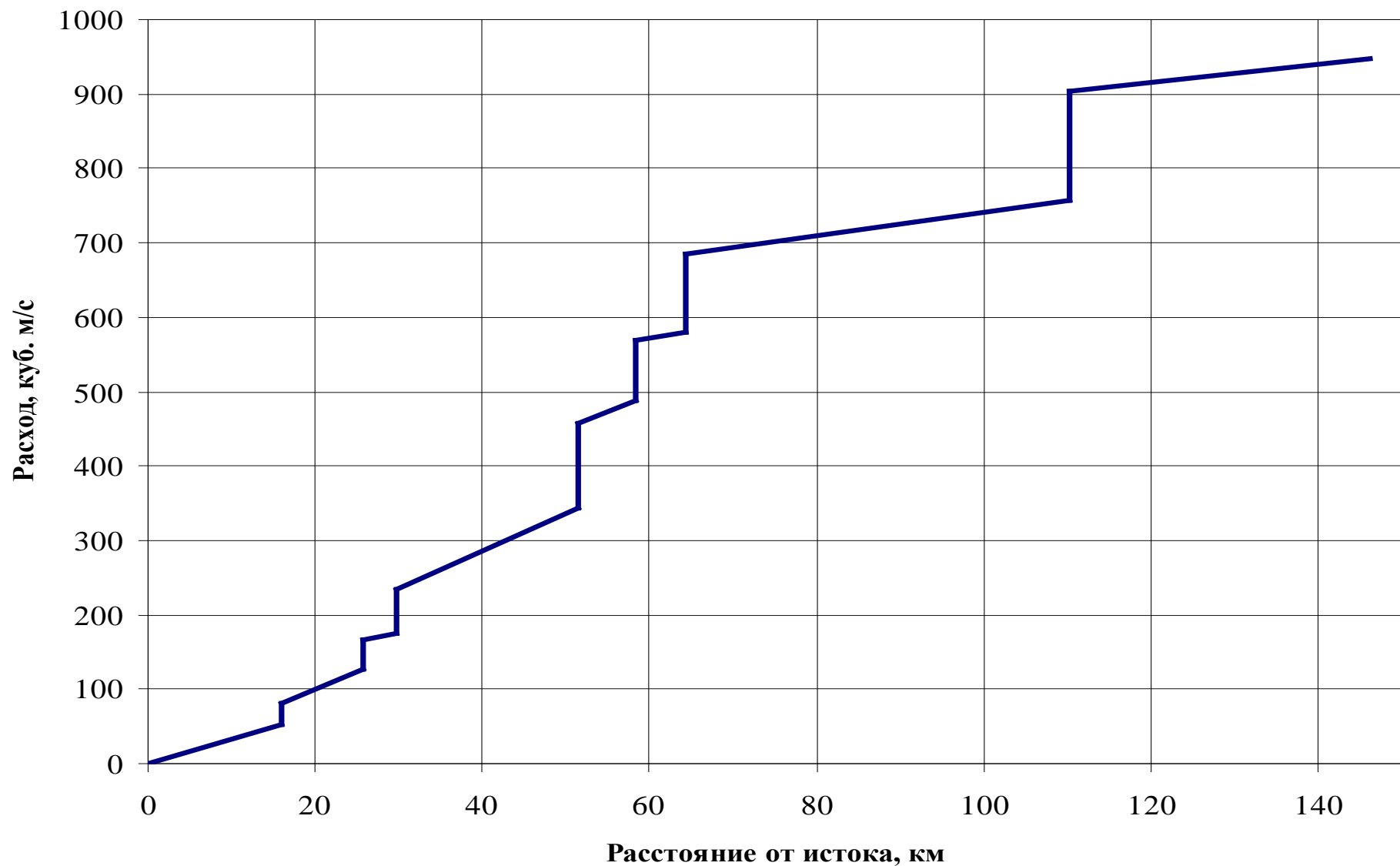
БАССЕЙНЫ РЕК МАЛАЯ И БОЛЬШАЯ КОКШАГА



РЕЗУЛЬТАТЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ РЕКИ МАЛАЯ КОКШАГА

№ п/п	Характеристика	Длина участка от истока, км		Площадь общая, км ²	Площадь лесов, км ²	Площадь болот, км ²	Площадь озер, км ²
		Начало	Конец				
1	Верховье	0	16,0717	111,65	9,71	0	0
2	р. Нурма	16,07169	16,0717	48,07	2,89	0	0
3		16,07169	29,7087	106,49	22,72	0	0
4		16,07169	25,7886	15,39	2,45	0	0
5	р. Шулка	25,7886	25,7886	96,82	20,92	0	0
6		25,7886	51,5179	134,91	20,27	0	0
7	р. Кордемка	29,70871	29,7087	186,12	60,16	0	0
8		25,7886	51,5179	153,68	23,9	0	0
9	р. Ошла	51,51794	51,5179	546,6	224,75	0	0,378
10		51,51794	58,3612	23,6	0	0	0
11	р. Манага	58,36116	58,3612	185,74	5,42	0	0,594
12		51,51794	64,3416	53,1	16,03	0,742	0
13	р. Б. Ошла	64,34158	64,3416	696,96	409,99	0	0
14		58,36116	110,294	292,54	219,73	0,643	0,204
15		64,34158	110,294	461,19	381,22	22,36	1,38
16	р. М. Кундыш	110,2945	110,294	1242,3	741,5	3,67	1,64
17	Устье	110,2945	146,269	493,3	411,88	19,29	0,354

ГРАФИК НАРАСТАНИЯ РАСХОДА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ р. МАЛАЯ КОКШАГА



Желаю творческих успехов в выполнении
водных проектов.

Буду рад помочь, контактная информация
на титульном слайде.