

к.г.н., доц. Сикан Александр Владимирович
Российский государственный гидрометеорологический университет

Гидрологические расчеты

Часть II

лекция № 7

Основные темы лекции:

1. Расчет максимальных уровней воды при наличии данных гидрометрических наблюдений.
2. Расчет максимальных уровней воды при наличии короткого ряда гидрометрических наблюдений.
3. Расчет максимальных уровней воды при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.
4. Расчет наивысших уровней озер при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.



1. Расчет максимальных уровней воды при наличии данных гидрометрических наблюдений

Расчетные наивысшие уровни воды рек в створе поста определяют по аналитической кривой обеспеченностей максимальных срочных (или мгновенных) уровней воды.

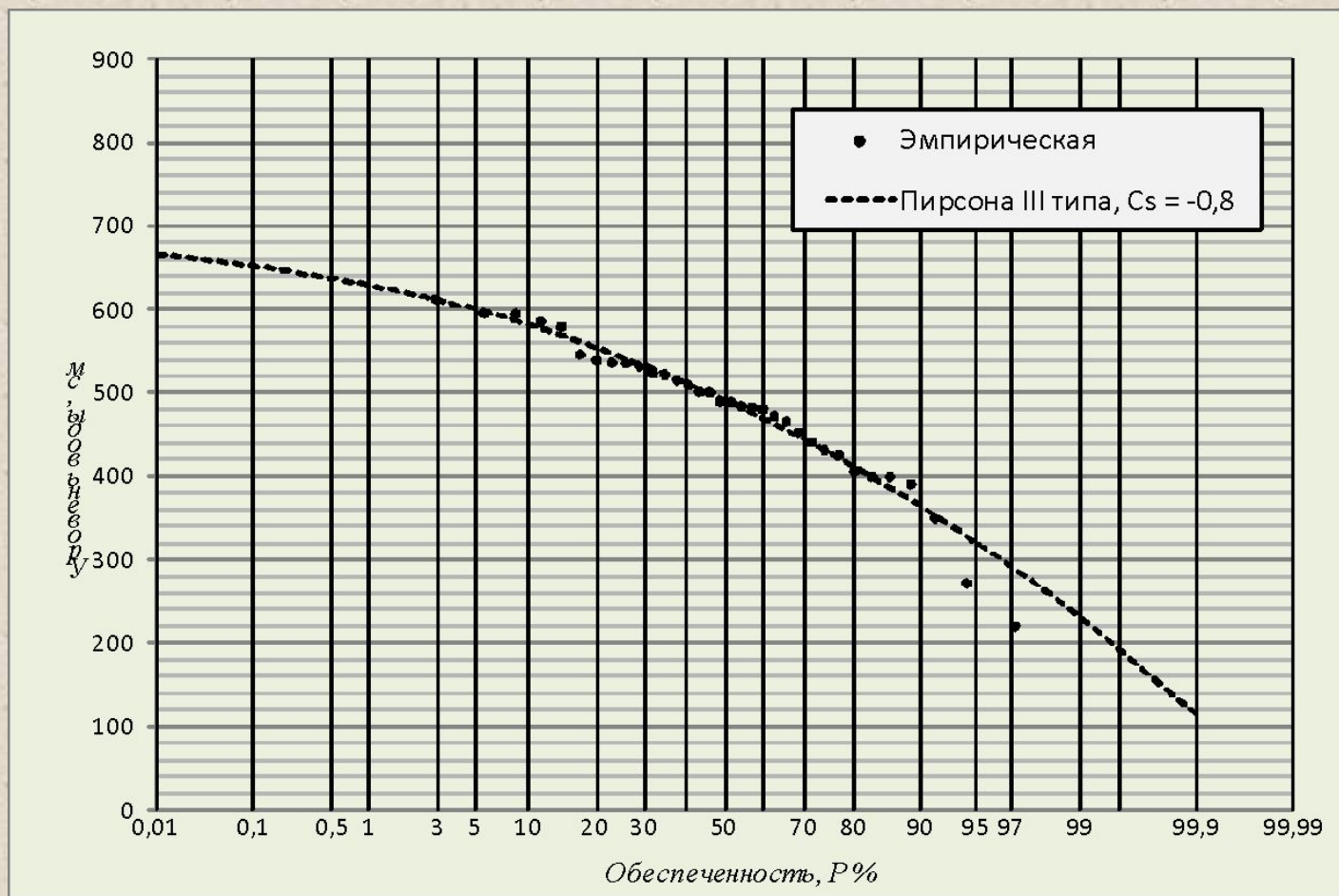
При неоднородности наивысших уровней воды допускается использование сглаженных эмпирических кривых обеспеченностей.

Для рек, наивысшие уровни которых наблюдаются в разные фазы водного режима, производится обработка однородных рядов уровней, соответствующих снеговому половодью, дождевым паводкам и паводкам ледниковых вод.

При наличии достоверных сведений о выдающихся уровнях производится уточнение параметров распределения по соответствующим формулам.

Особенности построения кривых обеспеченностей максимальных уровней воды

<i>Особенность</i>	<i>Вариант решения</i>
1. Ряд может содержать отрицательные значения.	Временно изменить «0» графика водомерного поста.
2. Ряды уровней нередко имеют отрицательную асимметрию.	Использовать аналитические кривые обеспеченностей, допускающие отрицательную асимметрию, например – кривую Пирсона III типа.
3. Эмпирическая кривая обеспеченностей может иметь 2 и даже 3 моды из-за особенностей поперечного профиля в расчетном створе.	Пользоваться сглаженной кривой обеспеченностей.
4. На некоторых реках на величину максимальных уровней воды могут оказывать влияние заторы льда, порождая неоднородность ряда.	Строить кривую обеспеченностей для беззаторных уровней и к расчетному уровню прибавлять заторную поправку.

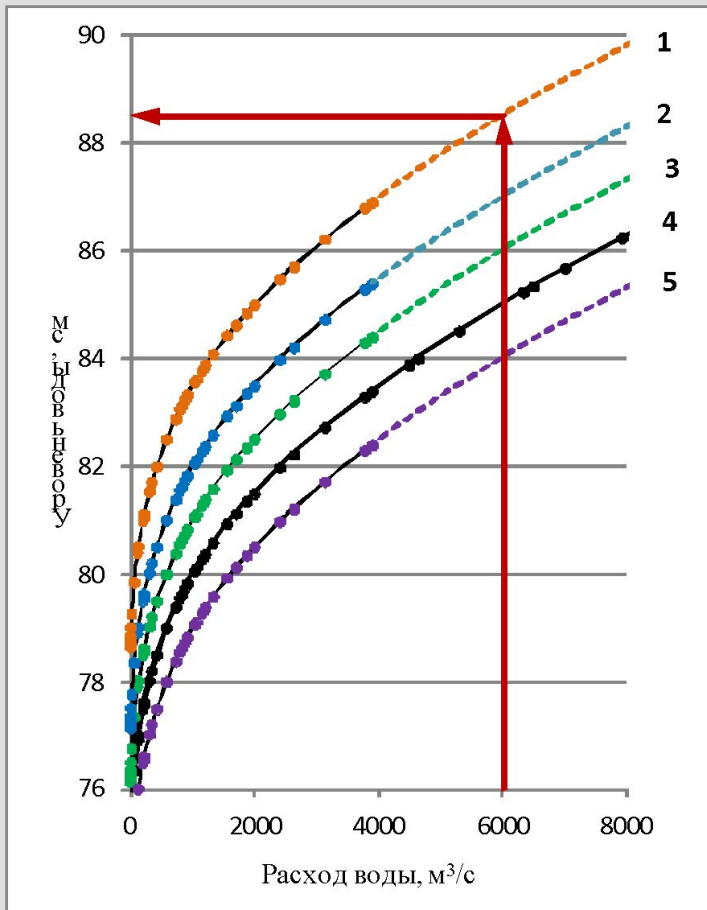


Кривая обеспеченностей максимальных уровней весеннего половодья;
р. Тигода – г. Любань

Расчетные уровни вверх или вниз по течению реки в случае свободного состояния русла переносятся следующими способами

- ❖ По кривым расходов воды $Q = f(H)$ – для бесприточных и малоприточных участков.
- ❖ По кривым связи соответственных уровней воды.
- ❖ По продольному профилю водной поверхности с учетом ее уклона при высоком уровне воды.

Перенос уровней с помощью кривых $Q = f(H)$



Кривые $Q = f(H)$; 1, 2, 3, 5 — временные посты; 4 — опорный пост.

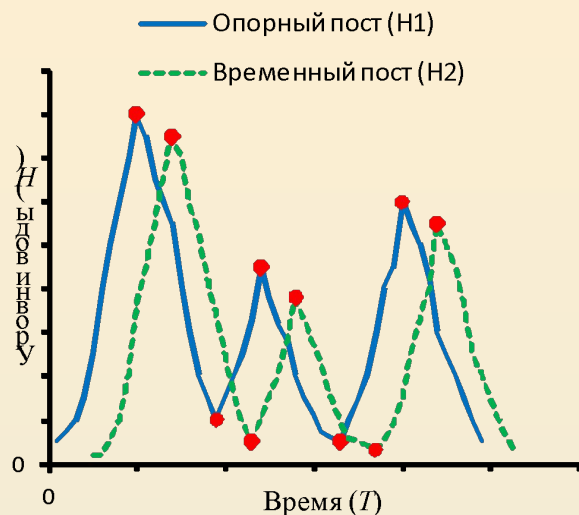
На участке проектирования открывается один или несколько временных гидрологических постов и производятся параллельные с опорным постом наблюдения за уровнями.

На основании данных параллельных наблюдений строятся в единой системе отметок кривые $Q = f(H)$ для каждого из створов. Кривые экстраполируются до расчетного максимального расхода.

По этим кривым определяются значения наивысших уровней в створах временных постов и по ним строится продольный профиль водной поверхности.

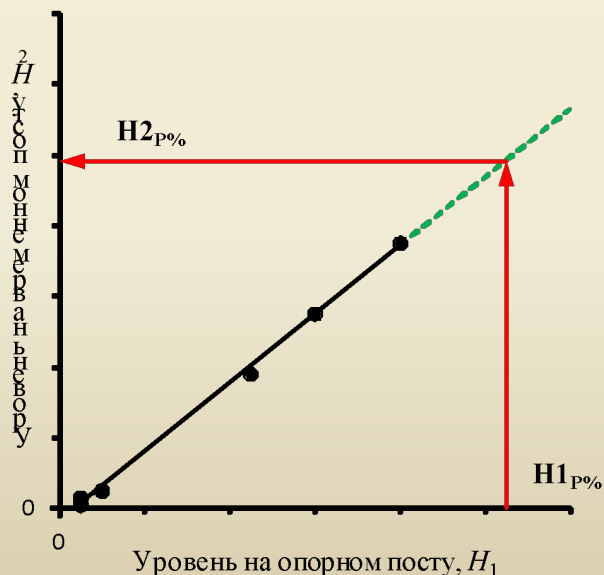
Метод применяется на бесприточных и малоприточных участках рек значительной протяженности.

Перенос уровней по кривым связи соответственных уровней воды



По результатам параллельных наблюдений на опорном и временном постах строится график связи $H_2 = f(H_1)$.

Полученная кривая связи экстраполируется до расчетного уровня опорного створа.



Данный способ может быть применен, если параллельными наблюдениями освещено не менее 80% многолетней амплитуды колебания уровня воды в опорном створе.

Перенос уровней по продольному профилю водной поверхности с учетом ее уклона при высоком уровне воды

Перенос производится в пределах небольших по длине речных участков (1-3 км) с учетом зависимости уклона от уровня.

$$H_2 = H_1 \pm \Delta H = H_1 + I \cdot \Delta L \quad (1)$$

H_1 – уровень воды на опорном посту, м БС;

H_2 – уровень воды в створе перехода (на временном посту), м БС;

ΔH – перепад уровней между постами, м;

I – средний уклон реки на участке между постами, ‰

ΔL – расстояние между постами, км.

Определение уклона обычно производится методом однодневной связки при высоком уровне воды.

При выполнении однодневной связки на участке между постами в одно и то же время забиваются урезные колья, выполняется их нивелировка, после чего определяются их высотные отметки, которые используются для построения продольного профиля.

2. Расчет максимальных уровней воды при наличии короткого ряда гидрометрических наблюдений

1. За имеющийся период наблюдений строится кривая $Q = f(H)$ для свободного состояния русла.
Координаты верхней части кривой не освещенной наблюдениями рассчитывают по формуле Шези-Манинга с выделением руслового и пойменных отсеков.
2. При наличии на реке заторов и зажоров оценивается заторная прибавка к расчетному уровню.
3. Ряд максимальных расходов воды приводится к длинному периоду с использованием данных по реке-аналогу.
4. По восстановленному ряду определяется расчетный расход заданной обеспеченности.
5. По кривой $Q = f(H)$ определяется расчетный уровень воды.
6. При наличии заторов-зажоров вводится заторно-зажорная прибавка ΔH_3

3. Расчет максимальных уровней воды при отсутствии данных гидрометрических наблюдений

Требуются полевые изыскания !

Основные задачи при проведении полевых изысканий:

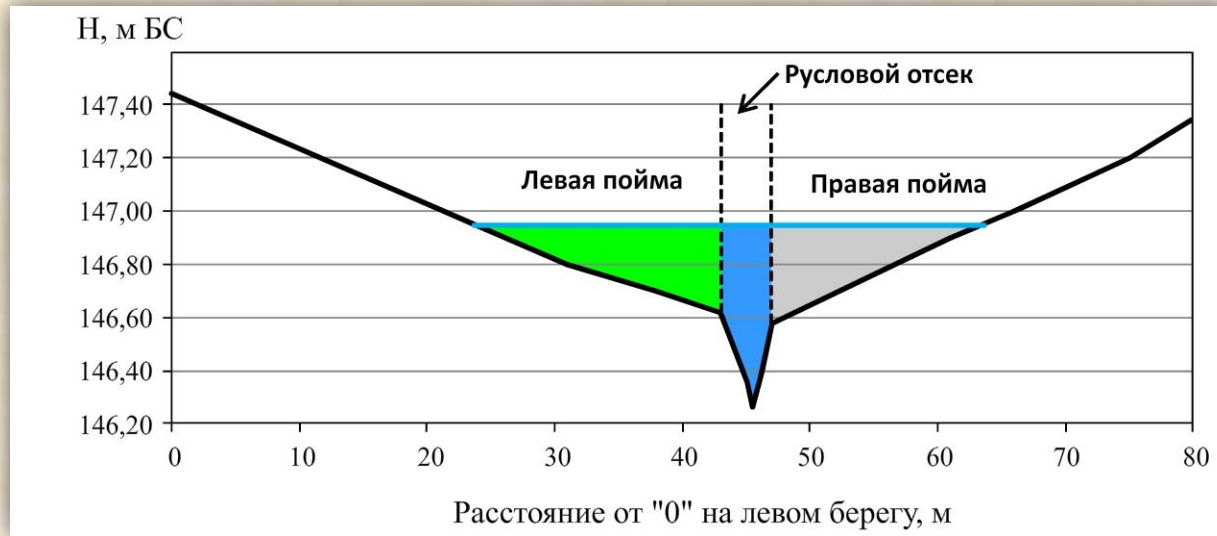
- гидрографическое обследование исследуемого участка реки;
- измерение продольных уклонов водной поверхности;
- проведение кратковременных гидрометрических наблюдений за уровнями и расходами воды;
- определение наивысшего уровня воды по меткам уровня высоких вод (УВВ);
- проведение промеров глубин в реке и нивелирование береговых склонов выше уреза до предполагаемой высоты уровня воды 1%-ной обеспеченности;
- оценка коэффициента шероховатости русла и поймы.

Примерное значение уклона водной поверхности реки вблизи створа в равнинных районах

(Таблица Б.13 из СП 33-101-2003)

Площадь водосбора, км ²	Уклон водной поверхности реки, ‰, при рельефе местности			
	Возвышенност и	Увалы	Холмистые равнины	Низменности
100	2,84	1,70	0,72	0,28
500	1,60	0,96	0,41	0,16
1000	1,28	0,76	0,32	0,13
5000	0,70	0,43	0,18	0,07
20000	0,44	0,27	0,11	0,04
50000	0,32	0,19	0,08	0,03
100000	0,25	0,15	0,06	0,03

По данным полевых изысканий строится поперечный профиль для расчетного створа

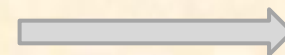


Поперечный профиль делят на отсеки: русловой отсек, левая пойма, правая пойма.

Для каждого отсека определяют:

- площадь поперечного сечения (ω_p , $\omega_{лп}$, $\omega_{пп}$);
- ширину (B_p , $B_{лп}$, $B_{пп}$);
- среднюю глубину (h_p , $h_{лп}$, $h_{пп}$).

Средняя глубина определяется по формуле



$$h_{cp} = \frac{\omega}{B}$$

(1)

Средняя скорость потока рассчитывается по формуле Шези-Маннинга:

$$v_{\text{cp}} = \frac{1}{n} h_{\text{cp}}^{2/3} I^{1/2} \quad (1)$$

Расход для каждого уровня определяется по формуле:

$$Q = \omega v_{\text{cp}} = \frac{\omega}{n} h_{\text{cp}}^{2/3} I^{1/2} \quad (2)$$

h_{cp} – средняя глубина, м;

ω – площадь поперечного сечения, м²;

I – уклон водной поверхности при высоком уровне воды (в долях единицы);

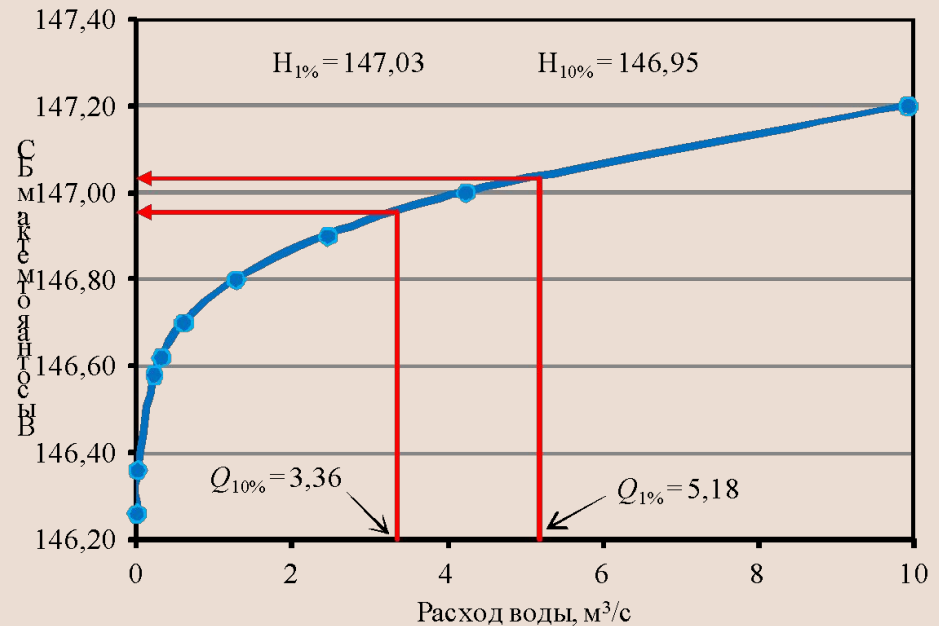
n – коэффициент шероховатости, определяется по шкале шероховатости речных русел и пойм (таблица Б.12 в СП 33-101-2003).

Для каждого уровня расчет по формуле (2) выполняется отдельно для руслового

и пойменных отсеков, затем расходы суммируются и строится кривая $Q = f(H)$.

Расчетные уровни воды определяются по максимальному расходу воды расчетной вероятности превышения $P\%$ и кривой расходов воды $Q = f(H)$, которая строилась с учетом гидравлических и морфометрических характеристик русла и поймы реки в рассматриваемом створе.

Для средних и больших рек расходы воды в пойме могут быть определены с использованием соотношений, приведенных в таблице 7.3 (СП 33-101-2003)



$\frac{B_p + B_{\pi}}{B_p}$	5	10	25	50
$\frac{Q_{\pi}}{Q_p + Q_{\pi}}$	0,02	0,05	0,17	0,40



Расчет подпорных уровней на устьевых участках рек и уровней, обусловленных заторно-зажорными явлениями, производится по методикам, описанным в п. 7.69 - 7.72 СП 33-101-2003.

4. Расчет наивысших уровней озер при отсутствии данных гидрометрических наблюдений

Для ориентировочных расчетов наивысших уровней воды проточных озер в зоне избыточного увлажнения используют зависимость:

$$\overline{\Delta H} = \beta (A / \Omega)^{0.5} \quad (1)$$

$\overline{\Delta H}$ – средний многолетний весенне-летний подъем уровня в озере над порогом стока, см;

A – площадь водосбора озера, км²;

Ω – площадь зеркала озера, км²;

β – коэффициент, определяемый по данным аналогов. Для Кольского полуострова и Карелии $\beta = 20$. Для озер северных и центральных областей ЕТР $\beta = 32$.

Зависимость (1) применима при $(A / \Omega) < 250$.

Коэффициент вариации и отношение C_s / C_v определяют по данным наблюдений на озерах-аналогах.

Допустимо принимать: $C_s = 0$.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы особенности построения кривых обеспеченностей максимальных уровней воды рек?
2. Как переносятся расчетные уровни вверх или вниз по реке в случае свободного состояния русла?
3. Как производится расчет максимальных уровней воды рек при наличии короткого ряда гидрометрических наблюдений?
4. Как производится расчет максимальных уровней воды рек при отсутствии данных гидрометрических наблюдений?
5. Как производится расчет наивысших уровней озер при отсутствии данных гидрометрических наблюдений?

Конец лекции №7

Рекомендуемые материалы для изучения:

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчёты: п. 14.
2. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты: п.7.5.
3. СП 33-101-2003. «Определение основных расчетных гидрологических характеристик»: п.5.44-5.46, п.6.30, п.7.68-7.74.
4. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений: п.12.
5. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений: п.10.