

Лекция V

Структурная морфометрия
и измерители русловых форм

Научные принципы структурной морфометрии

Измерители должны описывать целостную дискретную форму движения руслоформирующих наносов и форму речного русла в пределах нескольких дискретных форм движения

ИЗМЕРИТЕЛИ НА УРОВНЕ ЧАСТИЦЫ

Длина скачка – порядка $10 d$

Высота скачка – $0.6-4 d$

Скорость продольного движения – $0.4 V_{\text{ср}}$

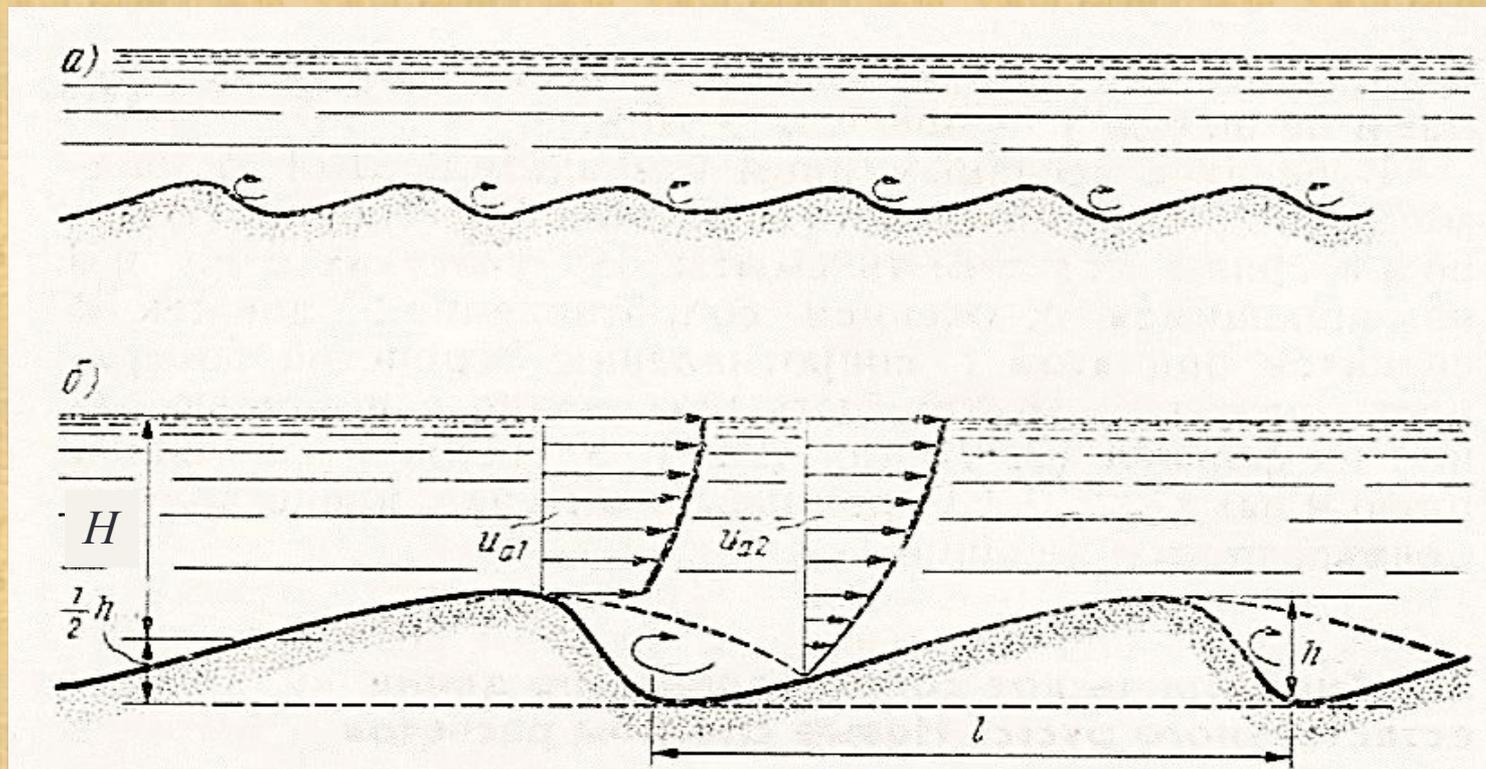
Измерители:

Диаметр – d

Гидравлическая крупность – скорость падения в стоячей воде

Неразмывающая скорость потока

ИЗМЕРИТЕЛИ НА УРОВНЕ МИКРОФОРМ



- ▶ h – высота гряды
- ▶ l – длина гряды
- ▶ C_G – скорость сползания гряды

Расчет высоты микроформ – гряд (h_r в м)

▶ При отсутствии данных о подвижности донных наносов

▶ для малых рек, сложенных из песчаного материала $h_r = 0,13 H$

▶ для средних и крупных равнинных рек $h_r = 0,2 + 0,1 H$

▶ При наличии данных о глубине и скорости

▶ в общем виде

$$h_r = 0,39 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{2,5} Fr^{-3,75}$$

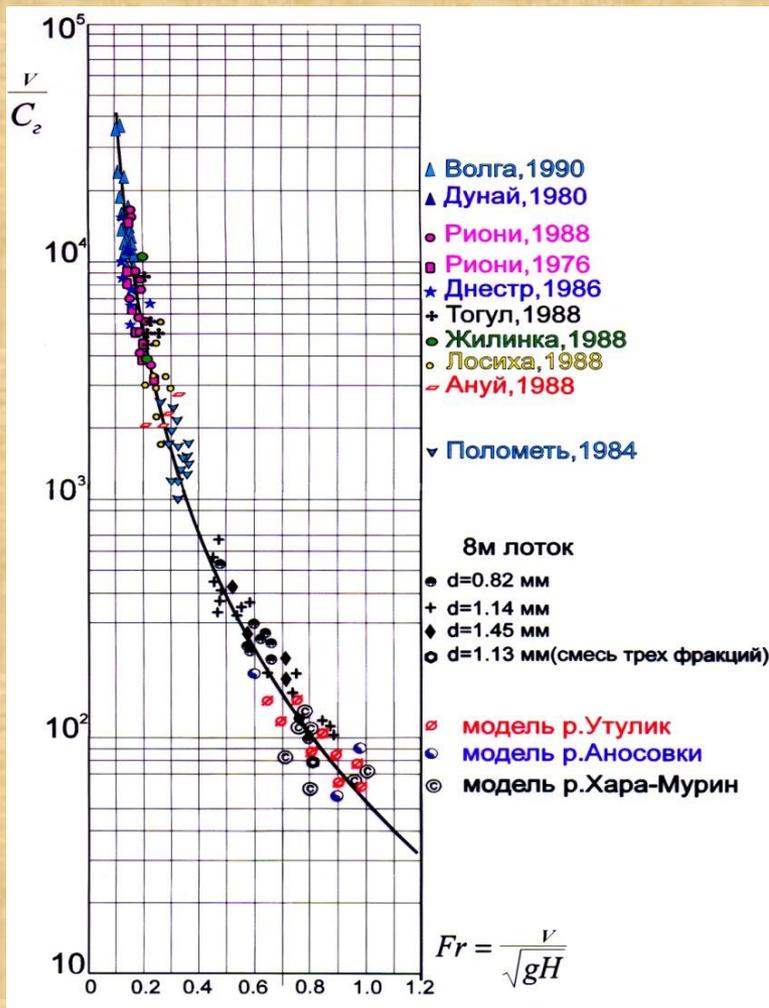
▶ для малых и средних рек, сложенных гравийно-галечного материала значений относительной скорости < 150

из

$$h_r = \left(0,07 \frac{V}{V_0} + 0,02 \right) H$$

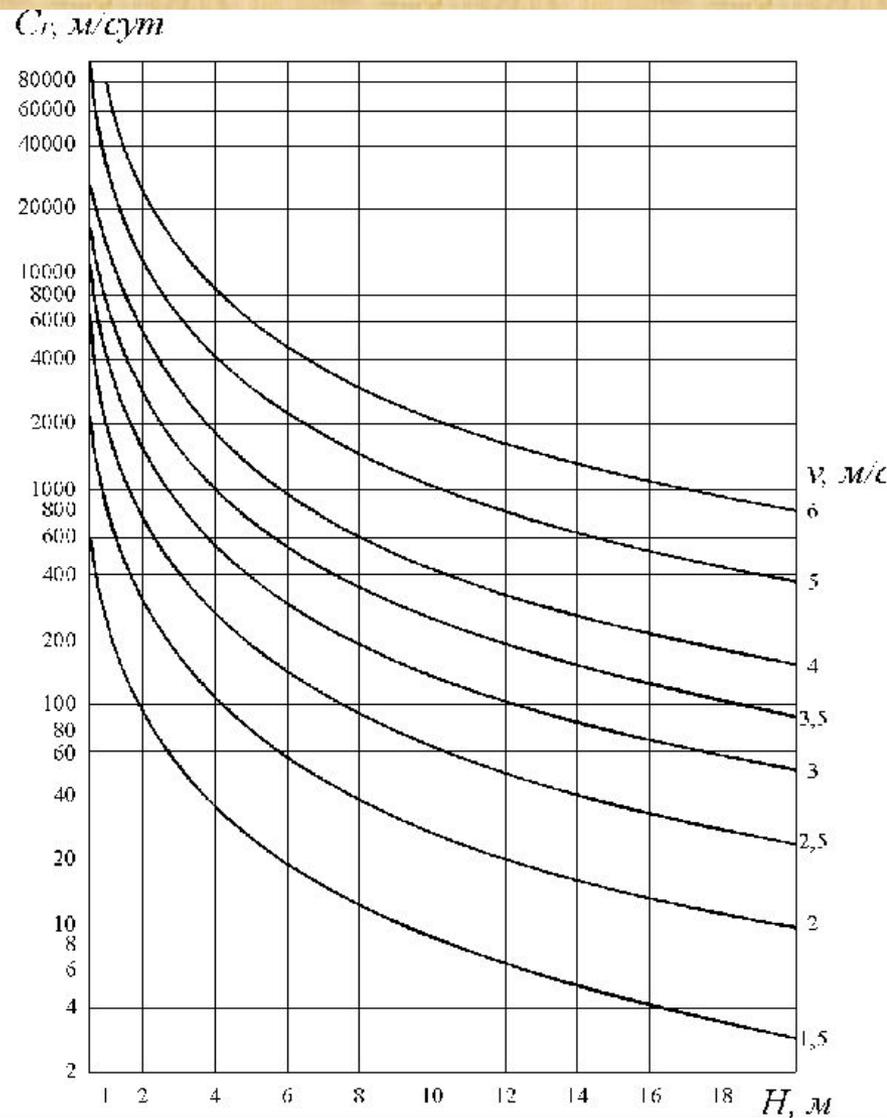
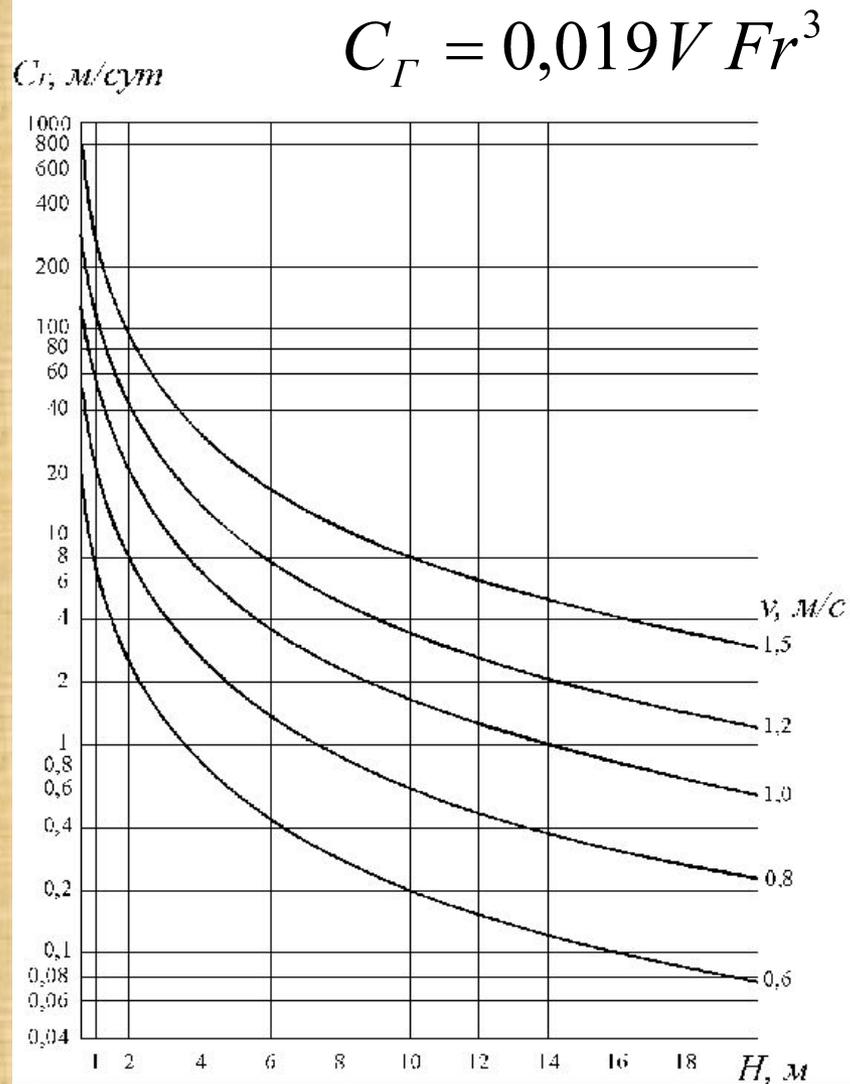
гладко

Зависимость скорости движения гряд установившегося профиля от кинематических характеристик потока

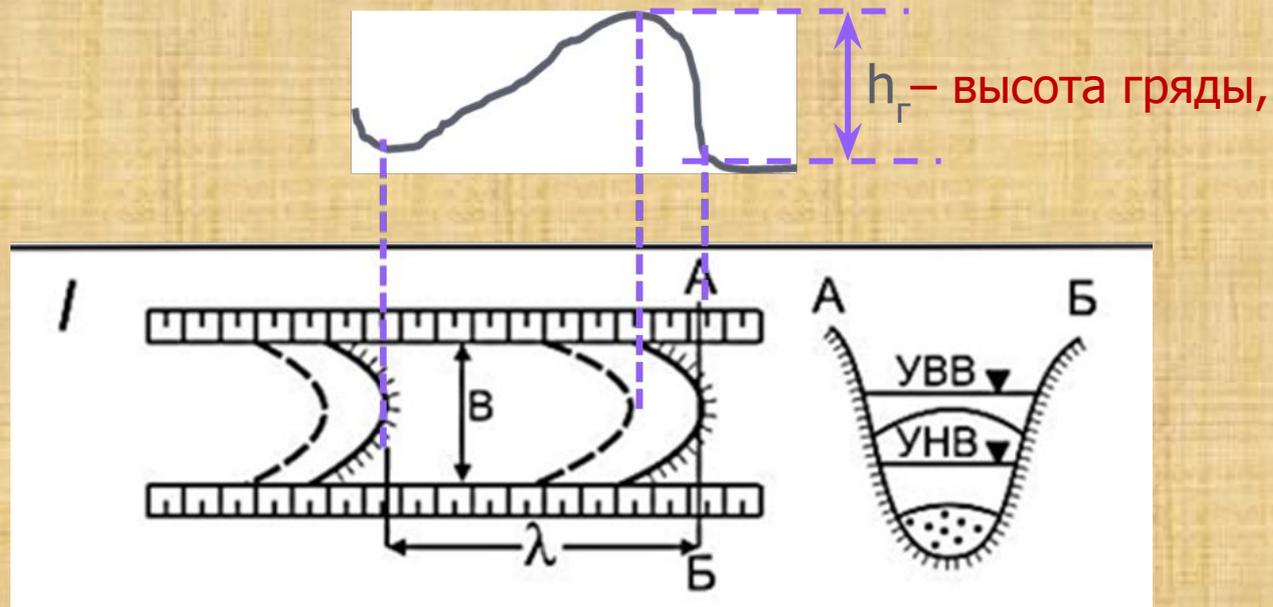


$$C_{\Gamma} = 0,019VFr^3$$

Скорость движения русловых микроформ



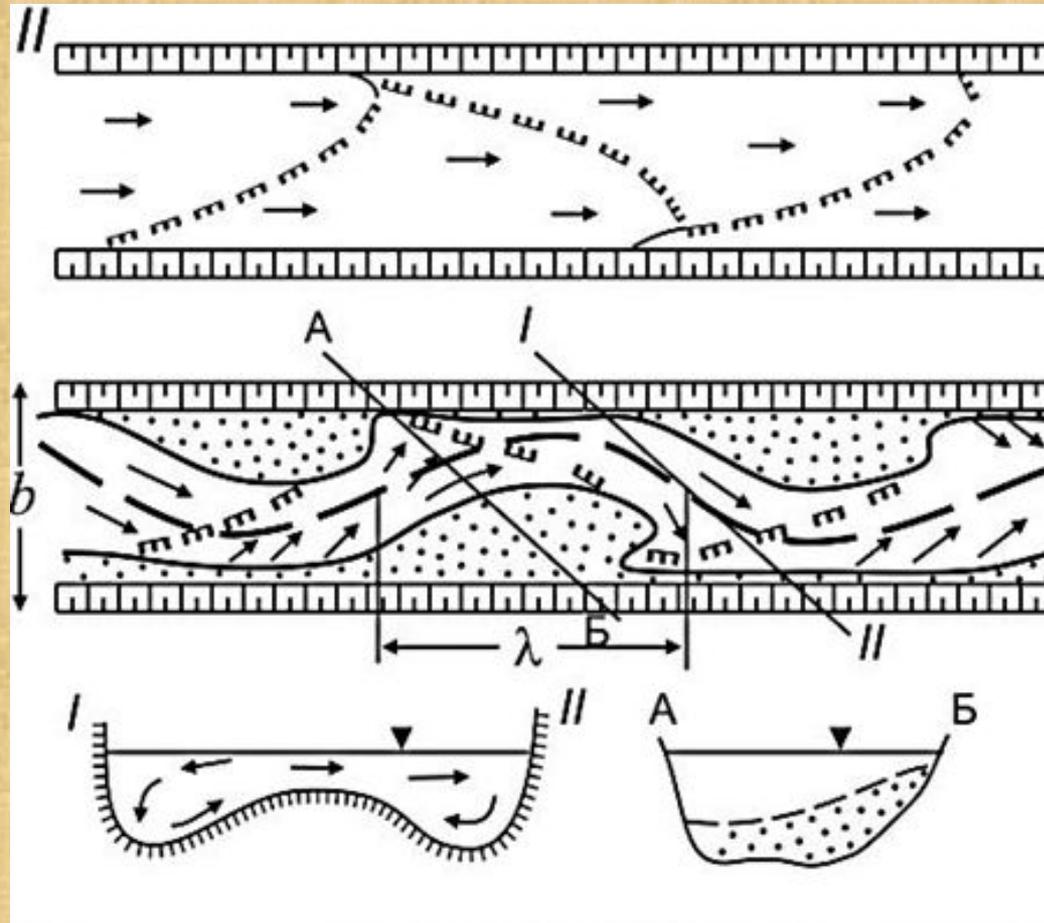
ИЗМЕРИТЕЛИ НА УРОВНЕ МИКРОФОРМ



немеандрирующие русла с ленточными грядами

- ▶ λ –шаг гряды,
- ▶ B –ширина русла между бровками меженных берегов,
- ▶ λ/B – относительный шаг гряды
- ▶ C_g –скорость сползания гряды

ИЗМЕРИТЕЛИ НА УРОВНЕ МЕЗОФОРМ



- ▶ λ –шаг поворота,
- ▶ b –ширина русла между бровками меженных берегов,
- ▶ λ/b – относительный шаг поворота
- ▶ C_g –скорость сползания поворота

Отношения между геометрическими характеристиками мезоформ и средними кинематическими характеристиками потоками

Высота мезоформы

$$\Delta = \frac{0.31H_{CP}}{Fr^{0.76}}$$

Соотношение высоты и длины мезоформы

$$\frac{\Delta}{\lambda} = \frac{0.024}{Q_{\max 50}^{0.30}}$$

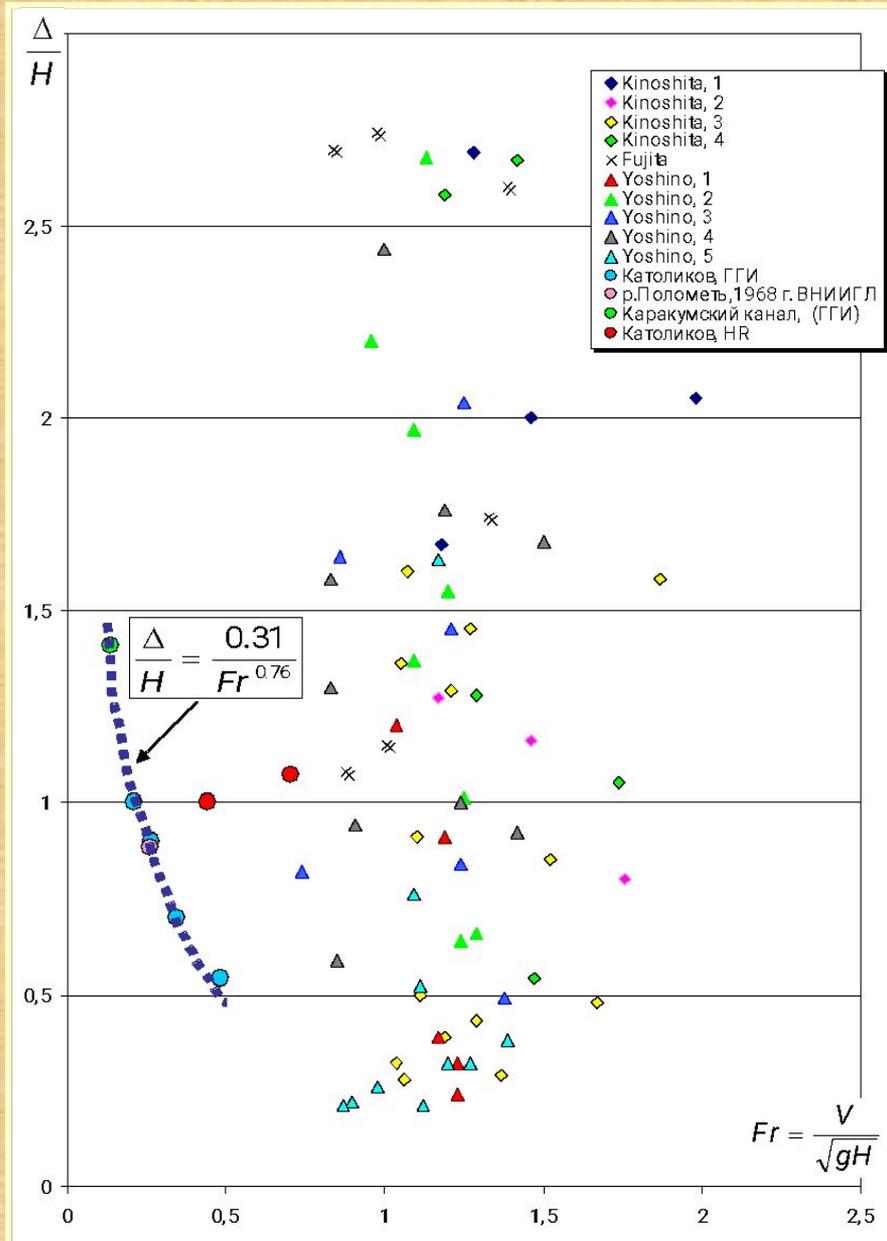
$$\frac{\Delta}{\lambda} = \frac{0.033}{Q_{\max 50}^{0.35} i^{0.05}}$$

$$\frac{\Delta}{\lambda} = 0.001Fr^{-1.3}$$

i - уклон

Fr - число Фруда при руслоформирующем расходе

Методы расчета параметров мезоформ



Формулы:

$$\frac{\lambda}{d} = 13.8 \left(\frac{Q_{50}}{d^2 \sqrt{gdi}} \right)^{0.42}$$

$$\lambda = 15.2 \left(\frac{Q_{50}}{i^{0.12}} \right)^{0.60}$$

$$\lambda = 10Q_{50}^{0.67}$$

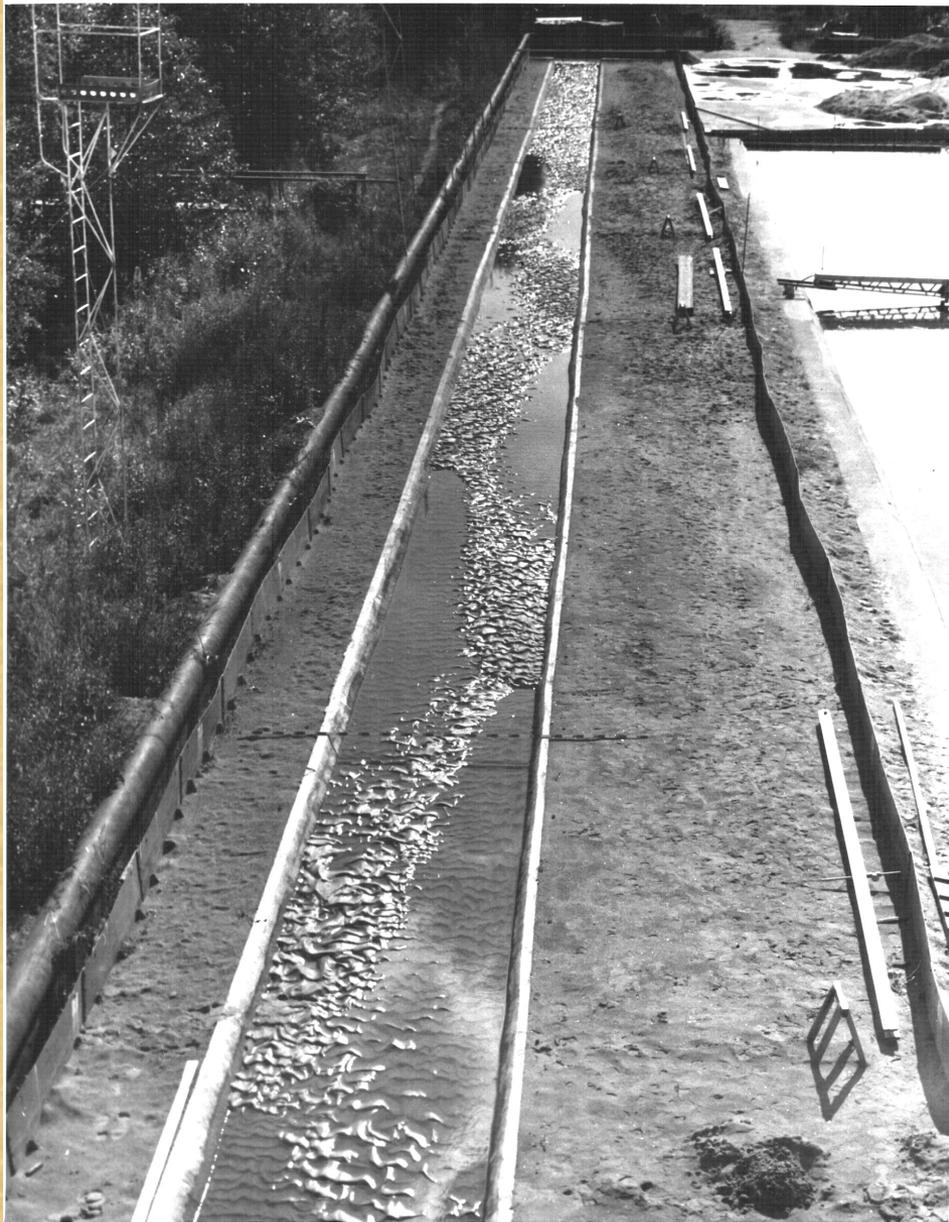
В.В. Ромашина

З.Д. Копалиани

$$C_{\Delta} = 950v_{\Gamma} (h_{\Gamma}/\Delta) Fr^3$$

$$\Delta_{\Pi} = \frac{0.31H_{CP}}{Fr^{0.76}}$$

В.М. Католикова

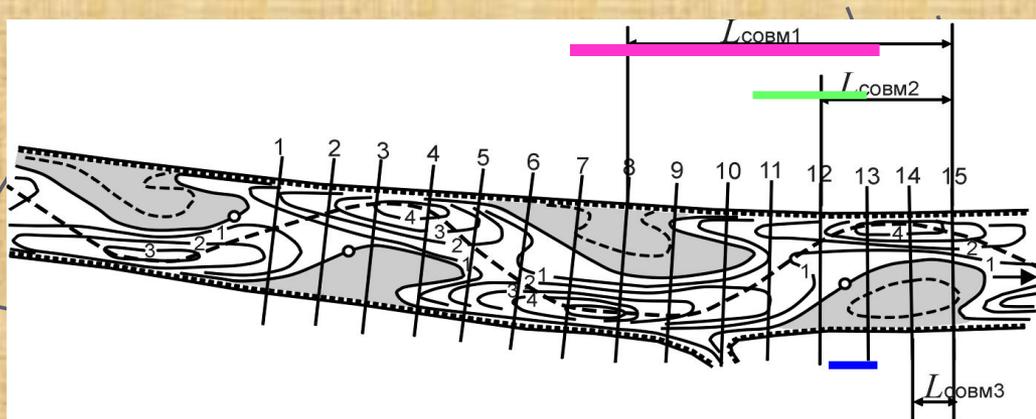
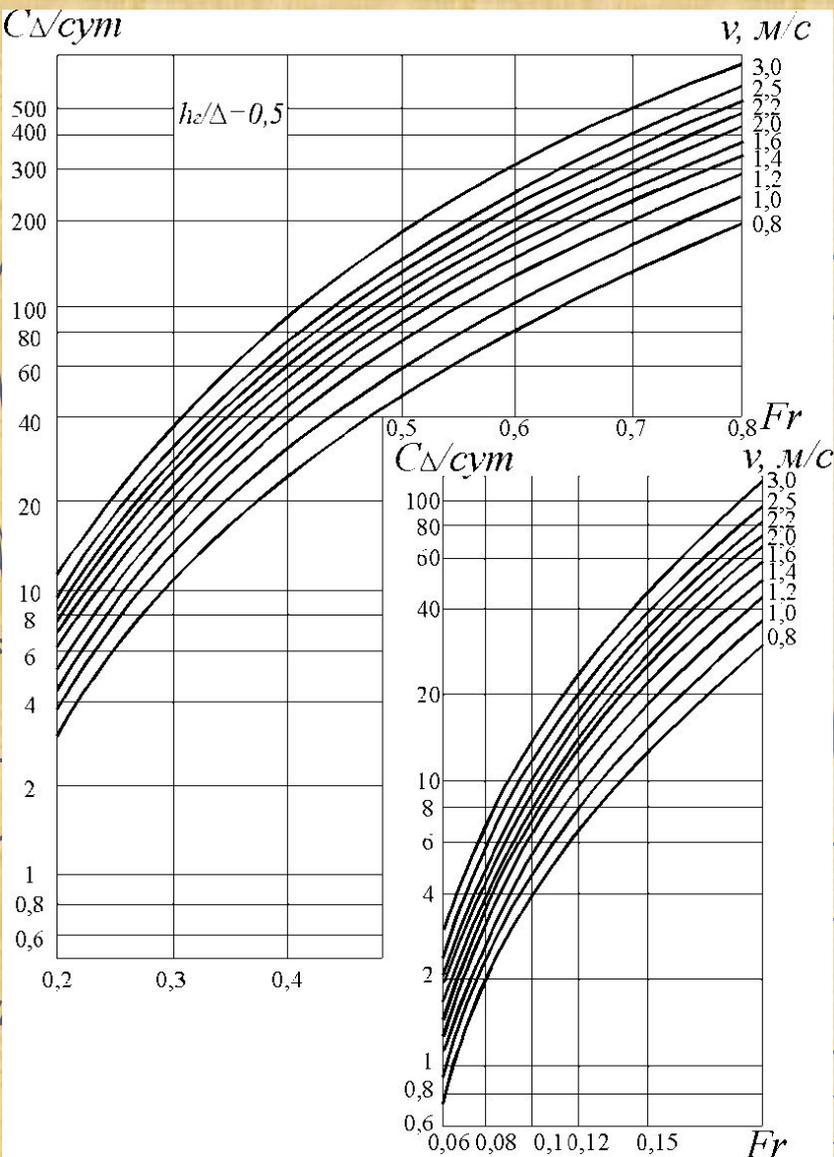


6.3. Номограммы для определения скорости движения русловых мезоформ по формуле:

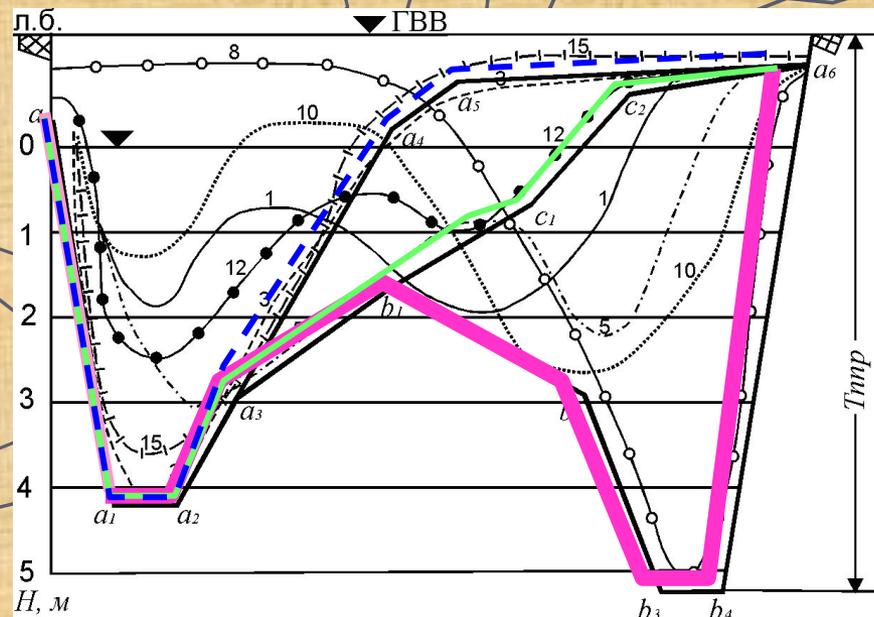
$$C_{\Delta} = 950v_{\Gamma} (h_{\Gamma} / \Delta) Fr^3$$

6.3. Примеры расчета смещения мезоформ за прогнозируемый период

6.3.1. Пример 1. Определить смещение побочня за 30 лет в поперечном сечении 15



Прогнозируемые поперечные профили русла



ИЗМЕРИТЕЛИ НА УРОВНЕ МАКРОФОРМ

Ограниченное меандрирование

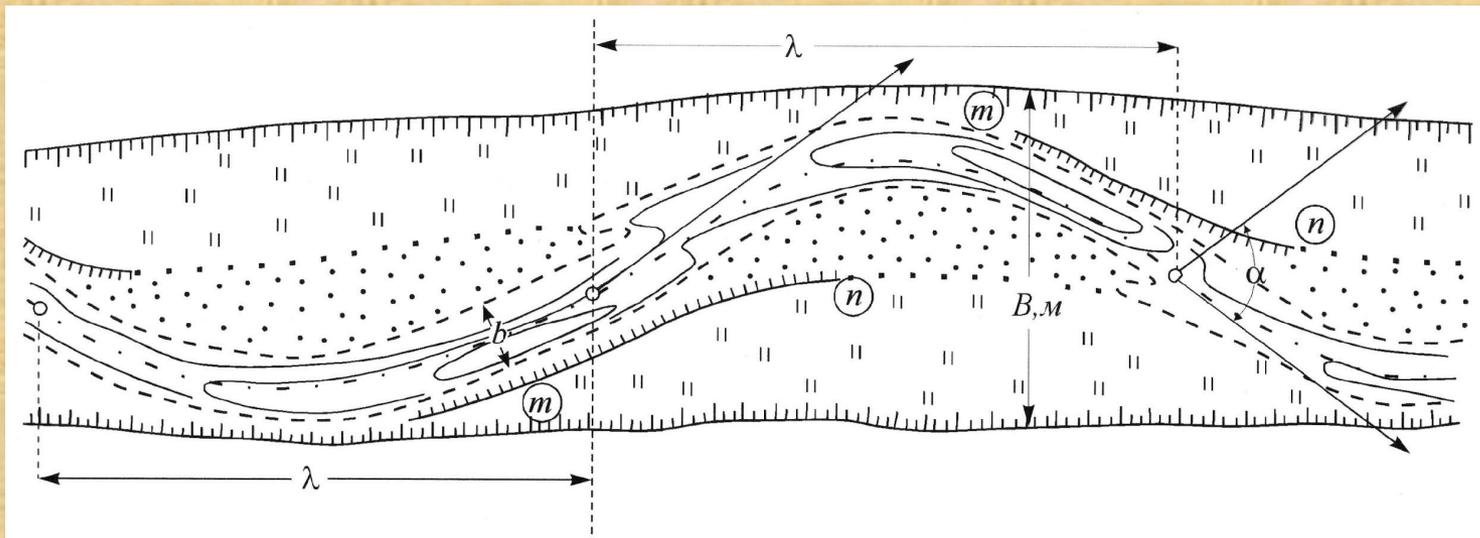
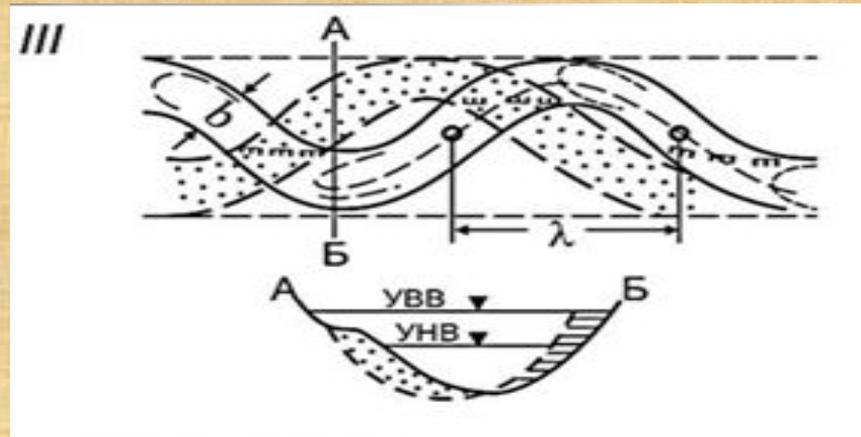
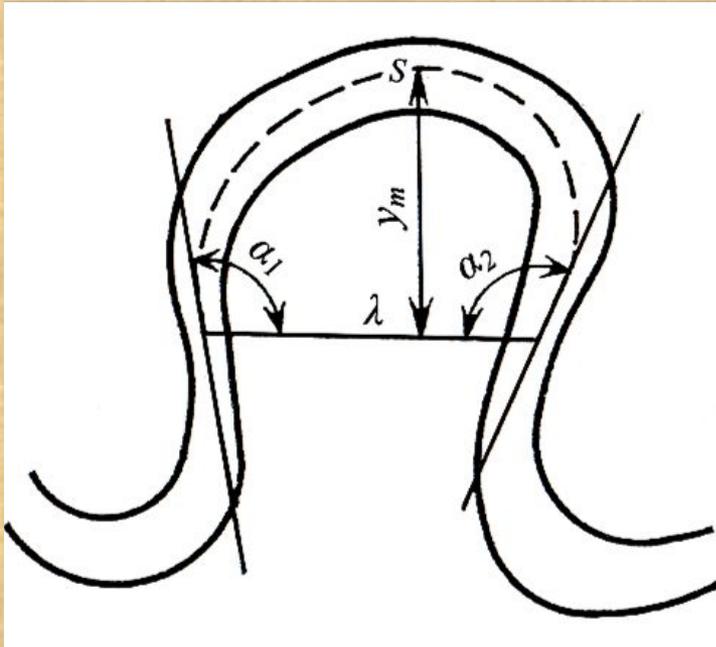


Схема ограниченного меандрирования.

Свободное меандрирование



λ – шаг излучины

(расстояние между двумя смежными точками перегиба);

S – длина излучины,

(измерена по средней линии меженного русла);

y_m – стрела прогиба излучины

(наибольшее расстояние по нормали от средней линии русла до линии шага излучины);

b – средняя ширина меженного русла

(измерена в точках перегиба);

α_1 – угол входа

(угол между линией шага и касательной к средней линии меженного русла, проведенной в верхней точке перегиба);

α_2 – угол выхода

(угол между линией шага и касательной к средней линии меженного русла, проведенной в нижней точке перегиба);

$\alpha_0 = \alpha_1 + \alpha_2$ – угол разворота излучины

S/λ – показатель степени развитости излучины

Расчет плановых смещений излучин меандрирующих рек

$$y_n = C_m KT \frac{Z_n - Z_o}{Z_m - Z_o}$$

Формула Н.Е.Кондратьева

- y_n - величина перемещения береговой линии в поперечнике n ;
- C_m - наибольшая скорость перемещения береговой линии на участке
- K - коэффициент скорости развития излучины $K = f(\alpha)$, где α - угол разворота
- T - период прогнозирования;
- Z_n - наибольшая глубина в данном поперечнике ; Z_m - наибольшая глубина на участке излучины

Математическая модель В.И.Замышляева

$$\theta_T + V^2 \theta_s \int_0^s \theta_s^2 ds = -V^2 \theta_{ss}$$

уравнение, описывающее поведение величины $\theta(s, t)$ угла наклона касательной к оси русла в выбранных декартовых координатах:

Незавершенное меандрирование

