

ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПОЙМЫ

Переход мезоформы в макроформу на равнинных реках связан с формированием поймы и отложением на поверхность русловой формы, сложенной руслообразующими наносами, тонких взвешенных наносов. Обычно это происходит в условиях поселения на русловой форме влаголюбивой пионерной растительности.

В первом приближении процесс формирования поймы описывается уравнениями движения пойменного потока и деформации. Для описания растекания потока по пойме воспользуемся разработками И. И. Леви (1957) для движения потока в расширении русла:

$$u^2 = \left(u_0^2 + \frac{i}{n_n^2} h_n^{4/3} \right) \exp\left(-2g \frac{n_n^2}{h_n^{4/3}} x \right) - \frac{i}{n_n^2} h_n^{4/3}. \quad (1)$$

Здесь u_0 — скорость потока на входе на пойменный массив, i , h_n , n_n — уклон, глубина и шероховатость (по Маннингу) для пойменного потока. Если воспользоваться для расчета расхода наносов q_s формулой Россинского-Кузьмина (1950), то, после подстановки (1) в уравнение деформации и интегрирования по длине пойменного массива L получим:

$$\frac{dz_0}{dt} = \frac{\Delta q_s}{L}; \quad (2)$$

$$\Delta q_s = (1-E) q_{s0} [E + 1 + (E-1)f] (1+f);$$

$$E = \exp\left(-2g \frac{n_n^2}{h_n^{4/3}} L \right); \quad f = \left(\frac{h_n}{z_0 + h_n} \right)^{4/3} \left(\frac{n_p}{n_n} \right)^2; \quad h_n = z_m - z_0;$$

$$q_{s0} = \rho_h \frac{\sqrt{i}}{n_p} h (z+h)^{2/3}; \quad \rho_h = \rho_0 \left(\frac{z_0 + h - 2}{z} \frac{\Delta}{z_0 + h} \right)^{\frac{\omega}{\chi v^*}}.$$

Здесь n_p — шероховатость русла (по Маннингу), z_0 — средняя отметка поверхности массива поймы, ω — гидравлическая крупность наносов поймообразующих фракций, ρ_0 — придонная мутность потока в русле за счет наносов поймообразующих фракций, ρ_h — мутность на высоте z от дна русла, χ — постоянная Кармана, v^* — динамическая скорость потока.

Время затопления поймы можно оценить с помощью кривой Гудрича, предложенной В. А. Урываевым (1941) для описания кривой продолжительности расходов воды:

$$p = 1 - 10^{-C \left(\frac{Q_{\max} - Q}{Q - Q_{\min}} \right)^n}$$

Если переход от расходов к уровням воды осуществлять по формуле К. В. Гришанина (1969):

$$h = M \frac{\sqrt[4]{Q}}{\sqrt{gB}}$$

то интервал времени dt затопления поймы при уровне z равен:

$$dt = 2 \ln 10 \cdot 10^{-C \left(\frac{z_m^2}{z^2} - 1 \right)^n} (1-n) c \left(\frac{z_m^2}{z^2} - 1 \right) \frac{z_m^2}{z^3} \delta T dz.$$

Здесь δT — интервал непрерывного времени, c и n — коэффициенты кривой Гудрича, которые можно определить по номограммам В. Г. Андреянова (1960). Минимальный расход воды принят равным нулю: $Q_{\min} = 0$. Максимальный уровень затопления z_m изменяется с изменением отметки поймы z_0 и путем интеграций может быть рассчитан из неявного уравнения:

$$z_m^{4/3} + \frac{n_p}{n_n} \frac{B_n}{B_p} (z_m - z_0)^{4/3} = \frac{n_p}{n_n} \frac{Q_{\max}}{\sqrt{i}}$$

Оно получено из предположения о прямоугольной форме русла. Q_{\max} — максимальный расход воды, B_p и B_n — ширина русла и пойменного массива.

Уравнение (2) дважды численно интегрируется: 1) по интервалу dt для внутригодового изменения уровня воды dz ; 2) по годовому интервалу δT для изменения отметки поймы δz_0 :

$$\int \frac{1}{h_n} \int_{z_0}^{z_m} \frac{\Delta q_s}{L} dz = T - T_0.$$

Расчеты в широком диапазоне определяющих параметров Q_{\max} , B_n , B_p , L , n_p , n_n , n , s , i , ω , ρ_0 показывают, что внутренний интеграл можно заменить простым выражением:

$$\frac{1}{h_n} \int_{z_0}^{z_m} \frac{\Delta q_s}{L} dz \approx \frac{k}{z_0}$$

и тогда (3) приобретает вид:

$$z_0^2 - z_{00}^2 = k(T - T_0), \text{ где} \quad (4)$$

z_{00} — высота первичной мезоформы, T_0 — время начала формирования поймы. Коэффициент k зависит от вышеперечисленных определяющих параметров, его значения изменяются в широком диапазоне, и этот коэффициент необходимо определять по данным наблюдений для каждого конкретного участка поймы.