

ко 41.000 различных чисел, чтобы любую длину в этом огромном диапазоне определить с точностью  $\sim 0,1\%$ .

Не исключена целесообразность использования рассматриваемого способа счета на вычислительных машинах. Программирование вычислительных операций может быть осуществлено непосредственно для номеров предпочтительных чисел. Таблицы типа 2 и 3 должны быть занесены в запоминающее устройство.

Поступило 15.III.1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кураков И. Г. Журн. „Стандартизация“, № 1, 1954.
2. Ткаченко В. В. Журн. „Стандартизация“, № 4, 1956.  
ГОСТ 8032—56.

А. Г. НАЗАРЯН, М. С. ПОХСРАРЯН, М. И. ТЕР-АСТАЦАТРЯН

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В связи с понижением уровня озера Севан происходит опускание базиса эрозии рек, впадающих в озеро, что сопровождается боковой и особенно усиленной донной эрозией.

Целью данного исследования является установление характера изменения продольных профилей рек при дальнейшем спуске уровня озера, что необходимо для проектирования соответствующих руслорегулирующих сооружений. Одним из путей решения этой задачи является лабораторное исследование на русловых моделях. Моделирование процесса руслообразования осуществляется путем применения трех друг от друга независимых соотношений: морфометрическая зависимость, обобщенная формула Маннинга и условие подвижности размываемого русла.

Морфометрическая зависимость, предложенная М. А. Великановым [1], связывает относительную ширину потока  $\frac{b}{d}$  с его основными элементами: расходом  $q$ , средним диаметром частиц грунта —  $d$  и уклоном ложа реки  $i$ .

$$\frac{b}{d} = \alpha \left[ \frac{q}{d^2 \sqrt{gdi}} \right]^x \quad (1)$$

Численные значения  $\alpha$  и  $x$  определяли путем анализа натуральных данных для рек бассейна озера Севан (рис. 1).

Обобщенная формула Маннинга связывает среднюю скорость потока  $u_{cp}$  как с уклоном  $i$  и глубиной  $h$  так и со средним диаметром частицы грунта  $d$

$$u_{cp} = \beta \left( \frac{h}{d} \right)^n \sqrt{ghi} \quad (2)$$

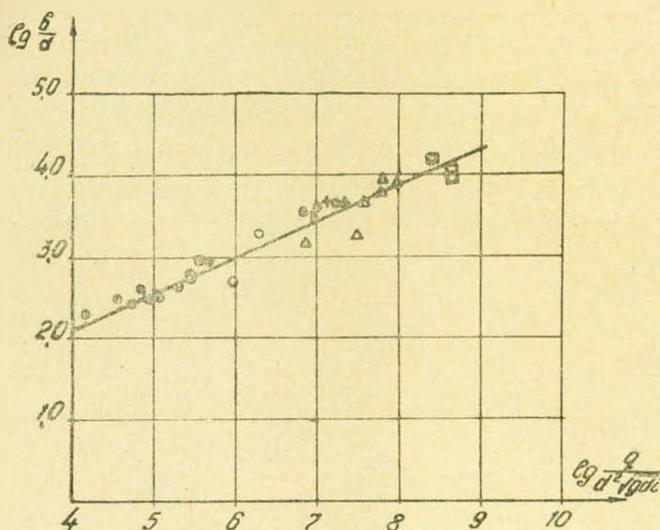


Рис. 1.

$n$  — показатель степени по Гончарову  $n = \frac{1}{6}$ ,

$\beta$  — постоянный коэффициент (по Гончарову  $\beta = 6,25$ ).

Условие подвижности представляется в виде безразмерного комплекса.

$$\frac{hi}{\sigma d} = f, \tag{3}$$

$\sigma$  — относительная плотность

$$\sigma = \frac{\rho_n - \rho}{\rho} = \frac{\gamma_n - \gamma}{\gamma},$$

$\rho_n, \gamma_n$  — плотность и уд. вес наносов,

$\rho, \gamma$  — плотность и уд. вес воды,

$f$  — коэффициент сопротивления подвижного русла [2].

Представим уравнения (1) — (3) в виде масштабных коэффициентов с соответствующими индексами, учитывая при этом и два очевидных соотношения

$$q = u_{cp} \cdot b \cdot h \text{ и } i = \frac{h}{L},$$

получим:

$$\alpha_b = \alpha_d^{-0,25} \alpha_q^{0,5} \alpha_h^{0,25} \alpha_i^{-0,25}$$

$$\alpha_u = \alpha_d^{-0,167} \alpha_h^{0,667} \alpha_i^{0,5}$$

$$\alpha_h \cdot \alpha_i = \alpha_f \alpha_d \tag{4}$$

$$\alpha_q = \alpha_u \cdot \alpha_b \cdot \alpha_h$$

$$\alpha_f = \alpha_h \alpha_e^{-1}.$$

Допускается, что масштаб длины  $\alpha_l$  задан из условия площади лаборатории, а масштабы плотности  $\alpha_s$  и диаметров  $\alpha_d$  определяются в зависимости от свойства и характеристик песка-заменителя. Значение  $\alpha_f$  для автотомельной зоны постоянное  $\alpha_f = 1$ . В случае когда процесс происходит не в зоне квадратичного обтекания, значение  $\alpha_f$  определяется по графикам И. В. Егнazarова [2].

Решая систему (4) по отношению к величинам  $\alpha_b$ ,  $\alpha_d$ ,  $\alpha_s$  и  $\alpha_f$ , получим:

$$\begin{aligned}\alpha_b &= \alpha_e \left( \frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-0,167} \cdot (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{0,833} \\ \alpha_h &= \alpha_e \left( \frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-0,5} (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{0,5} \\ \alpha_u &= \alpha_e^{0,5} \left( \frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-0,416} \cdot (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{0,583} \\ \alpha &= \alpha_e^{2,5} \cdot \left( \frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-1,088} \cdot (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{1,916}.\end{aligned}\quad (5)$$

Натурные значения величин моделируемой реки входящие в выражения (1) — (4) следующие:

$$d = 0,002 \text{ м}, \quad h = 0,60 \text{ м}, \quad b = 35,0 \text{ м}, \quad q = 20 \text{ м}^3/\text{сек},$$

$$i = 0,003, \quad u_{\text{ср}} = 0,95 \text{ м/сек}, \quad \gamma = 2,65 \text{ т/м}^3.$$

Исходя из практической возможности был выбран продольный масштаб модели  $\alpha_e = 100$  и материал модели (туфовой песок) с характеристиками

$$d = 0,8 \text{ мм} \text{ и } \gamma = 2,20 \text{ т/м}^3.$$

Согласно [2] принимается  $\alpha_f = 1$ .

По соотношению (5) были подсчитаны все остальные параметры модели.

На основании этих подсчетов на площади открытой лаборатории института была построена модель реки Аргичи впадающей в озеро Севан. Модель охватывала часть озера с устьевой частью реки и занимала площадь более  $600 \text{ м}^2$  (длина  $60 \text{ м}$ , ширина  $10 \text{ м}$ ). Дно озера и ложе реки были сформированы из туфового песка, по профилю местности, соответствующей 1930 году (до начала спуска озера). Перед началом опыта бассейн (озеро) наполнялся водой до соответствующей отметки, затем по модельной реке подавалось необходимое количество воды, соответствующее расходу реки.

Спуск горизонта воды производился согласно графику понижения уровня и с учетом волновой деятельности озера. Анализом натуральных данных было установлено, что основные деформации русла происходят в течение паводка.

Исходя из этого, на модели паводок продолжался до тех пор, пока устанавливалось стабильное состояние процессов деформации для данного уровня озера. После прохождения паводка спускался горизонт уровня озера. Опыты повторялись для каждого уровня стояния воды в озере.

На рис. 2 и 3 приведены результаты опытов по определению продольного профиля модельной реки в связи со спуском базиса эрозии.

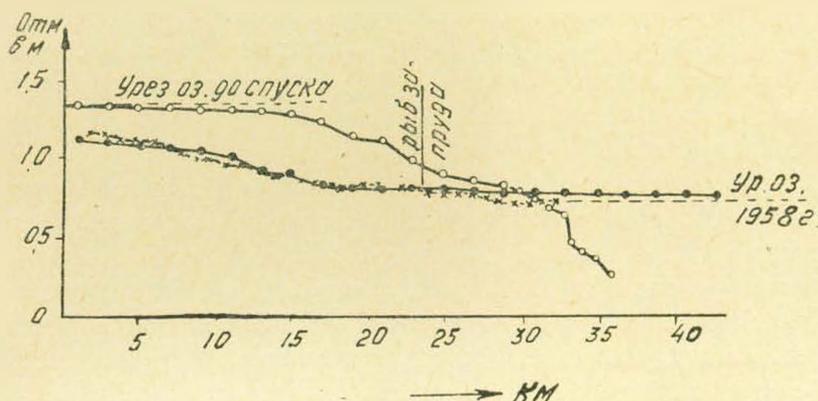


Рис. 2.

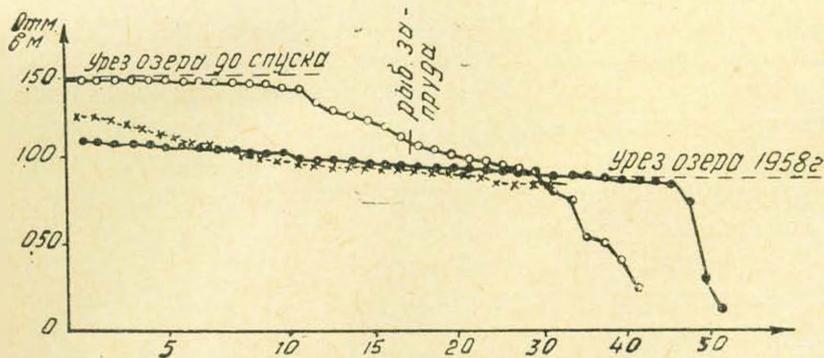


Рис. 3.

Там же представлены профили реки до и после спуска уровня озера. Как видно из рисунков, результаты модельных исследований удовлетворительно согласуются с данными натуральных наблюдений.

Поступило 10.IV 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Великанов М. А. Динамика русловых потоков, ч. II. М., 1955.
2. Егiazаров И. В. Моделирование русловых процессов. ДАН СССР, т. 92, № 4, 1953.
3. Егiazаров И. В. Транспортирующая способность открытых потоков. Изд. АН СССР ОТН, № 2, 1956.