

Т Р У Д Ы
СРЕДНЕАЗИАТСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
ИРРИГАЦИИ

Выпуск 42

Сборник
статей по ирригации
и гидротехнике

№ 2

САНИИРИ
Ташкент
1937

Т Р У Д Ы

СРЕДНЕАЗИАТСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
ИРРИГАЦИИ

Выпуск 42

Сборник
статей по ирригации
и гидротехнике

№ 2

САНИИРИ

Ташкент

1937

Содержание

Стр.

1. А. Островский — К вопросу об экономической целесообразности бетонирования деривационных каналов ГЭС в лессовидных грунтах 3
2. М. Е. Андрейчиков — О неравномерном движении воды в открытых руслах 19
3. А. Т. Гордеев — Анизотропность тела дамб 24
4. С. С. Бан — Модели сооружений на помощь эксплуатационному штату . . 33
5. А. П. Ушаков — Зимняя эксплуатация плотины Чумыш на реке Чу в 1934-35 г. 35
6. В. С. Грушевский — Организационные мероприятия по очистке арыков в Исфайрам-Шахмарданской системе 1935-36 г. 49
7. Е. Д. Рождественский — К вопросу производства механического анализа по методу Сабанина 74

Дир. редактор А. И. АЛЕКСЕЕВ.

Технический редактор Е. П. Глаголева.

Сдано в производство 21/III-37 г.

Подписано к печати 14/XI 37 г.

Узлит № 6077 Б5 5,25 п. л. Тираж 1000 + 52 экз. Зак. 542

Ташкент. Полиграфкомбинат НКМП УзССР 1937 г.

К вопросу об экономической целесообразности бетонирования деривационных каналов ГЭС в лессовидных грунтах

Введение

Предлагаемая работа преследует узкую цель доказать экономическую нецелесообразность облицовки деривационных каналов гидроустановок в лессовидных грунтах в большинстве практических случаев. Работа ни в коей мере не затрагивает ни вопросов методики экономических расчетов, вокруг которых ведется в настоящее время оживленная дискуссия, ни вопросов о типах облицовки и их сравнительной экономичности. В основу работы положены применяемые до сего времени, хотя несовершенные, методы экономических расчетов и обычная конструкция бетонной облицовки толщиной 15—20 см. Конструктивные элементы каналов принимаются также по обычным действующим нормам. В условиях Средней Азии громадное большинство гидроустановок малой и средней мощности проектируется и строится на ирригационных каналах, т. е. в пределах равнинной (не горной) зоны. Характерной особенностью этой зоны является преобладание лессовидного покрова той или иной структуры и мощности с различными подстилающими породами. Таким образом, следует считать характерным для ГЭС Средней Азии (малой и средней мощности) наличие деривации, проходящей в лессовидных грунтах. Естественно, что вопрос о целесообразности облицовки деривационных каналов является для Средней Азии весьма существенным и требующим общего решения. Некоторые материалы (исключительно теоретические) для решения этого вопроса и предлагаются в нашей работе.

Облицовка каналов может, вообще говоря, быть обусловлена причинами экономического и технического порядка, а именно: наличие грунтов, размываемых малыми скоростями и требующих больших сечений; зарастание каналов и заиление их вследствие малых скоростей; водопроницаемость грунтов, вызывающая большие потери на фильтрацию и повышающая уровень грунтовых вод.

Значительный опыт, имеющийся в Средней Азии по ирригационным каналам в лессовидных грунтах, показывает, что при правильном проектировании и выполнении каналы в лессовидных грунтах допу-

скают скорости неразмывающие и не дающие заилиения и зарастания каналов (зарастание откосов в пределах колебания горизонта воды неизбежно и учитывается коэффициентом шероховатости).

Водопроницаемость лессовидных грунтов совершенно незначительна и уменьшается со временем.

Таким образом, обычные технические причины, обуславливающие применение облицовки, для лессовидных грунтов отсутствуют. Однако, в нашей работе не предлагается решение технической целесообразности, так как таковая определяется особенностями топографических и геологических условий, могущих заставить прибегнуть к облицовке канала независимо от вышеизложенных соображений. Остаются причины только экономического порядка, доказать несостоятельность которых и является целью предлагаемой работы.

§ 1. Расчетные предпосылки

Для сокращения дальнейших рассуждений приводим все необходимые формулы, коэффициенты и обозначения, каковые приняты нами для всей работы.

Для определения потерь на фильтрацию применяется формула Морица¹:

$$S = 0,011574 \psi K_0 \dots \dots \dots (1)$$

где S — потери в м³/с на 1 км канала;

ψ — смоченный периметр в м²;

K_0 — коэффициент просачивания в м/сутки, принимаемый:

а) для тяжелых глин — 0,125,

б) для легких глин и тяжелых суглинков — 0,200,

в) для легких суглинков — 0,300.

Для определения элементов канала применяется коэффициент Ше-зи по формуле Маннинга:

$$C = \frac{1}{n} R^{2/3} \dots \dots \dots (2)$$

где R — гидравлический радиус в м;

n — коэффициент шероховатости, принимаемый:

а) для каналов в лессовидных грунтах — 0,025,

б) для каналов с бетонной одеждой — 0,014.

Другие обозначения, принимаемые при расчете каналов:

Q — расход в м³/с;

v — скорость в м/с;

ω — площадь живого сечения м²;

i — уклон канала;

L — длина канала;

b — ширина по дну м;

h — глубина воды м;

m — коэффициент смоченного откоса; m_1 — коэффициент откоса выше бермы;

$$\beta = \frac{b}{h};$$

¹ Тромбачев. „Орошение и осушение“. Ташкент, 1932 г., стр. 109.

δ — индекс для канала с одеждой;
 $з$ — индекс для канала в естественном грунте.
 Выработка энергии определяется по формуле¹

$$\frac{1000 Q_{\text{ср. к}} H}{75} = 0,736 \eta_r \eta_m 8760 \text{ квт/час}$$

Принимая в этой формуле.

к. п. д. генератора $\eta_r = 0,95$,

к. п. д. турбины $\eta_m = 0,85$,

получим преобразованную формулу для выработки энергии:

$$70000 \cdot Q_{\text{ср. к}} H$$

где $Q_{\text{ср. к}}$ — среднекубический расход канала;

H — расчетный напор.

Принимая обычное число часов работы ГЭС установки (по воде) 7000, вводим коэффициент использования расчетного расхода $\mu = 0,8$, и тогда $Q_{\text{ср. к.}} = 0,8 Q$, а формула для выработки энергии в квтч

$$56000 QH \dots \dots \dots (3)$$

Для определения потерь энергии в канале предыдущая формула принимает вид:

$$56000 QiL \dots \dots \dots (4)$$

Для упрощения дальнейших выкладок форма канала несколько схематизируется против обычной, а именно принимается:

- а) глубина канала до нижней бровки равна глубине воды в канале;
- б) коэффициент откоса сохраняется до нижней бровки, выше устанавливается другой коэффициент откоса, также постоянный до верхней бровки.

Кроме вышеприведенных, в экономических расчетах приняты следующие обозначения:

- B — стоимость 1 м² облицовки в руб.;
- B — стоимость 1 м³ земляных работ в руб.;
- A — капиталовложения в руб.;
- α — процент на эксплуатационные расходы;
- e — стоимость квтч энергии в руб.;
- $\Delta \mathcal{E}$ — потери энергии;
- H_1 — глубина выемки.

§ 2. Решение вопроса в ирригационной практике

В ирригационной практике применение облицовки канала вызывается или необходимостью уменьшения потерь воды, или возможностью уменьшения сечения и земляных работ по каналу.

В первом случае имеем²:

Стоимость бетонировки на п. м канала

$$A = \psi B$$

Эксплуатационные расходы по бетонировке

$$\Delta A = \psi B \alpha \dots \dots \dots (5)$$

¹ Егiazаров. „Гидроэлектрические силовые установки“. Часть вторая, Ленинград, 1931 г., стр. 191.

² Костяков. „Основы мелиорации“. Москва, 1927 г., стр. 210 — 213.

Обозначения дополнительно:

P — стоимость воды за 1 м^3 в руб.;

t — число дней работы канала в году;

σ — процент потерь воды, сберегаемой в канале.

Получаем ежегодную стоимость сберегаемой воды

$$\frac{Q \cdot 86400 \cdot t \cdot \sigma \cdot P}{1000} \dots \dots \dots (6)$$

Сравнивая 5 и 6, получаем

$$B \leq 86,4 \frac{Q \cdot \sigma \cdot P \cdot t}{\alpha \cdot \psi} \dots \dots \dots (7)$$

Отсюда определяется допустимая стоимость 1 м^3 бетонировки. Так как в ирригационной практике стоимость оросительной воды зависит от полноты использования источника орошения, то вышеприведенный расчет является условным и практически неприменимым. В ирригационной же практике бетонировка для сбережения воды применяется только при недостатке воды в источнике.

Во втором случае экономичность бетонировки канала определяется возможностью допустить в нем значительно большие скорости, нежели в земляном русле.

Имеем для земляного канала

$$Q = (b_3 + mh) h \cdot v_3$$

Для бетонированного канала

$$Q = (b_6 + mh) h \cdot v_6$$

причем $v_6 > v_3$, отсюда

$$(b_3 + mh) h \cdot v_3 = (b_6 + mh) h \cdot v_6$$

или

$$b_6 = \frac{(b_3 + mh) v_3}{v_6} - mh = b_3 \frac{v_3}{v_6} - mh \left(1 - \frac{v_3}{v_6} \right) \dots \dots (8)$$

Обычно

$$\frac{v_3}{v_6} = \frac{1}{3},$$

тогда

$$b_6 = \frac{1}{3} b_3 - \frac{2}{3} mh$$

или

$$b_6 = \frac{h}{3} (\beta_3 - 2m) \dots \dots \dots (9)$$

Обычно в ирригационных каналах $m=1$; тогда

$$\beta_6 = \frac{1}{3} (\beta_3 - 2).$$

Например, при

$$\beta_3 = 4. \quad \beta_6 = \frac{2}{3}, \text{ т. е. } \frac{\beta_6}{\beta_3} = \frac{1}{6}$$

Тогда

$$A_3 = (\beta_3 + m) h^2 \cdot B; A_6 = (\beta_6 + m) h^2 \cdot B + (\beta_6 + 2\sqrt{1+m^2}) h \cdot B$$

Отсюда

$$B \leq \frac{(\beta_3 - \beta_6) h \cdot B}{\beta_6 + 2\sqrt{1+m^2}}$$

Подставляя, например, по предыдущему

$$\beta_3 = 4; \beta_6 = \frac{2}{3}; m = 1$$

$$B \leq 0,95 h \cdot B$$

При глубине $h = 1 - 3$ м и стоимости земляных работ $B = 2 - 4$ руб. имеем

$$B \leq 1 \text{ р. } 90 \text{ к.} - 11 \text{ р. } 40 \text{ к.}$$

Последняя величина уже довольно близка к реальной стоимости бетонировки и дает указание на возможность бетонировки по экономическим соображениям.

§ 3. Оценка сберегаемой воды для ГЭС

В условиях энергетической практики имеется возможность произвести оценку сберегаемой воды на основе определения сбережения энергии. На этом основании имеем возможность определить экономичность бетонировки деривации, как средства для сбережения воды. Действительно, имеем потери по деривации по формуле (1)

$$S = 0,011574 \psi K_0 \text{ (на 1 км)}$$

Расход сберегаемой по всей деривации

$$Q = 0,011574 \psi K_0 \frac{L}{1000}$$

Согласно формуле (3) сберегаемая энергия

$$\Delta \mathcal{E} = 56 \times 0,011574 \psi K_0 L H$$

Стоимость сберегаемой энергии

$$0,648 \psi K_0 L H e \dots \dots \dots (10)$$

Стоимость облицовки канала

$$A = \psi B L$$

Эксплуатационные расходы по облицовке

$$\Delta A = \psi B L \alpha \dots \dots \dots (11)$$

Сравнивая (10) и (11), имеем

$$B \leq \frac{0,648 K_0 H e}{\alpha} \dots \dots \dots (12)$$

Отсюда видно, что экономичность бетонировки определяется коэффициентом проницаемости, напором установки, процентом эксплуатационных расходов и стоимостью энергии.

§ 4. Случай одинаковых сечений

Дальнейшее рассмотрение ведем по вопросу экономичности бетонирования вследствие уменьшения шероховатости канала. Прежде всего рассматриваем случай равенства живых сечений. Тогда бетонированный канал имеет скорость, одинаковую с земляным каналом.

В виду уменьшения шероховатости, имеется возможность уменьшить уклон канала и тем самым уменьшить потери энергии. В этом случае ежегодные расходы по потерям энергии при земляном канале (дополнительные) должны быть сопоставлены с ежегодными расходами по капиталу, затраченному на облицовку канала. Земляные работы в сравнение не входят, так как они одинаковы для обоих каналов. Имеем

$$Q = \omega_6 v_6 = \omega_3 v_3$$

Отсюда

$$\frac{v_6}{v_3} = \frac{\omega_3}{\omega_6}$$

Так как

$$\omega_3 = \omega_6, \text{ то } v_6 = v_3$$

Имеем

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{i}$$

причем

$$R_6 = R_3$$

Тогда

$$\frac{1}{n_6} \sqrt{i_6} = \frac{1}{n_3} \sqrt{i_3}$$

Отсюда

$$\frac{i_6}{i_3} = \left(\frac{n_6}{n_3} \right)^2 \dots \dots \dots (13)$$

Дополнительные потери напора в земляном канале

$$\begin{aligned} H_{3-6} &= (i_3 - i_6) L = i_3 L \left(1 - \frac{i_6}{i_3} \right) = \\ &= i_3 L \left[1 - \left(\frac{n_6}{n_3} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (14) \end{aligned}$$

Дополнительные потери энергии

$$\Delta \mathcal{E} = 56000 Q H_{3-6} = 56000 Q i_3 L \left[1 - \left(\frac{n_6}{n_3} \right)^2 \right]$$

Стоимость потерянной энергии

$$56000 Q i_3 L \left[1 - \left(\frac{n_6}{n_3} \right)^2 \right] \cdot e \dots \dots \dots (15)$$

Площадь облицовки

$$\psi_6 = h (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2}) L$$

Стоимость облицовки

$$A = h L (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2}) Б$$

Расходы по капиталу на облицовку

$$\Delta A = h L (\beta + 2\sqrt{1+m^2}) B \cdot \alpha \dots\dots\dots (16)$$

Сравниваем (15) и (16)

$$B \leq \frac{56000 Q i_3 \left[1 - \left(\frac{n_6}{n_3} \right)^2 \right]}{h (\beta + 2\sqrt{1+m^2}) \cdot \alpha} \dots\dots\dots (17)$$

Подставляем

$$Q = \omega \cdot v = \frac{(\beta + m)^{5/3} h^{8/3}}{n_3 (\beta + 2\sqrt{1+m^2})^{2/3}} \sqrt{i_3}$$

$$B \leq \frac{56000 R^{5/3} i_3^{3/2} \left[1 - \left(\frac{n_6}{n_3} \right)^2 \right] \cdot e}{n_3 \cdot \alpha}$$

Для лессовидных грунтов имеем

$$v = \frac{1}{n_3} R^{2/3} i^{1/2} = 1 \text{ м/с}$$

Отсюда

$$i^{1/2} = \frac{n_3}{R^{2/3}}$$

Подставляем

$$i^{3/2} = \frac{n_3^3}{R^2}$$

$$B \leq \frac{56000 n_3^2 \left[1 - \left(\frac{n_6}{n_3} \right)^2 \right] \cdot e}{R^{1/3} \cdot \alpha} \dots\dots\dots (19)$$

Принимая согласно § 1 $n_3 = 0,025$ $n_6 = 0,014$ имеем,

$$B \leq \frac{24e}{R^{1/3} \cdot \alpha} \dots\dots\dots (20)$$

Отсюда экономичность облицовки определяется гидравлическим радиусом, процентом эксплуатационных расходов и стоимостью энергии.

§ 5. Случай одинаковых уклонов

Здесь рассматриваем случай, когда бетонированный канал сохраняет уклон, а следовательно и потери напора земляного канала. Благодаря уменьшению шероховатости имеется возможность уменьшить живое сечение канала, т. е. объем земляных работ. В этом случае стоимость земляных работ по земляному каналу должна быть сопоставлена с уменьшенной стоимостью земляных работ и стоимостью облицовки в бетонированном канале. Потери энергии из сравнения исключаются, так как они одинаковы для обоих каналов.

Имеем

$$i_3 = i_6 \text{ при } h_3 = h_6 = h$$

$$\frac{\omega_3 R_3^{2/3}}{n_3} = \frac{\omega_6 R_6^{2/3}}{n_6}$$

$$\frac{(\beta_3 + m)^{5/3}}{n_6 (\beta_3 + 2\sqrt{1+m^2})^{2/3}} = \frac{(\beta_6 + m)^{5/3}}{n_6 (\beta_6 + 2\sqrt{1+m^2})^{2/3}}$$

Отсюда

$$\frac{(\beta_3 + m)^5}{(\beta_3 + 2\sqrt{1+m^2})^2} = \frac{(\beta_6 + m)^5}{(\beta_6 + 2\sqrt{1+m^2})^2} \cdot \left(\frac{n}{n_6} \right)^3$$

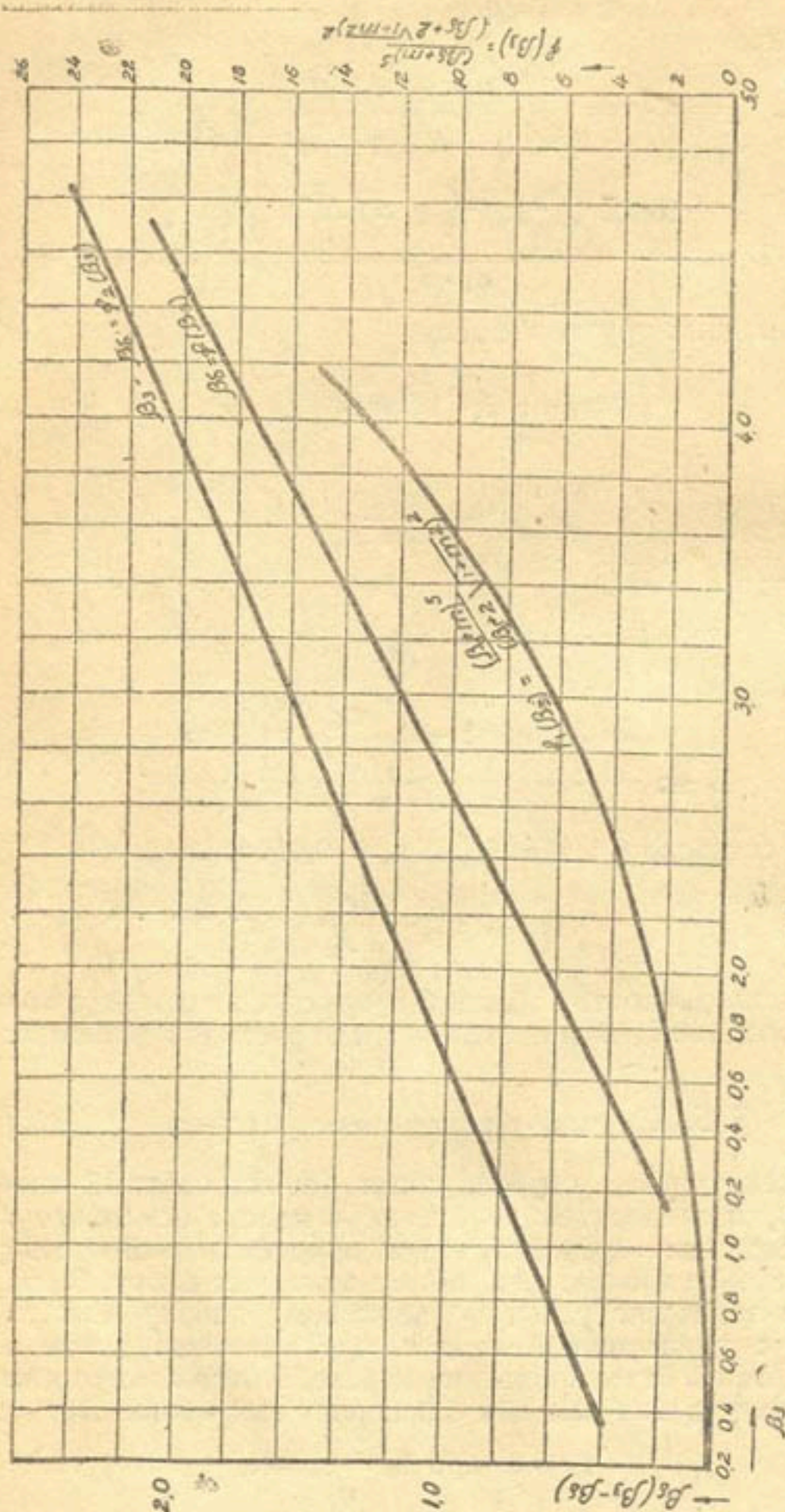


График 1 зависимостей

$$\beta_6 = f(\beta_3); \quad \frac{(\beta_6 + m)^5}{(\beta_6 + 2\sqrt{1+m^2})^2} = f_1(\beta_3)$$

и $\beta_3 - \beta_6 = f_2(\beta_3)$

Для $p_3 = 0,025$ и $p_6 = 0,014$ построен график 1 для $m = 1,5$. В графике даны зависимости

$$\beta_6 = f(\beta_3), \text{ а также } (\beta_3 - \beta_6) = f_2(\beta_3)$$

Из графика усматривается, что зависимости изображаются линиями, весьма близкими к прямым.

Угол наклона прямых

$$f(\beta_3) \sim 0,69; f_2(\beta_3) \sim 0,31$$

Из этого же графика можно найти зависимость

$$\frac{v_6}{v_3} = \frac{\omega_3}{\omega_6} = \frac{\beta_3 + m}{\beta_6 + m} = \frac{\beta_3 + 1,5}{\beta_6 + 1,5}$$

Это последнее отношение колеблется от 1,45 до 1,65.

Далее находим объем земляных работ в обоих случаях при глубине выемки H_1 и глубине над водой $H_1 - h$

$$\Omega_3 = (\beta_3 + m) h^2 + [\beta_3 h + 2 m h + m_1 (H_1 - h)] (H_1 - h)$$

$$\Omega_6 = (\beta_6 + m) h^2 + [\beta_6 h + 2 m h + m_1 (H_1 - h)] (H_1 - h)$$

Разность между ними

$$\Omega_3 - \Omega_6 = (\beta_3 - \beta_6) h^2 + (\beta_3 - \beta_6) h (H_1 - h) = (\beta_3 - \beta_6) h \cdot H_1$$

Эта формула вытекает также из чисто геометрических представлений, так как разность площадей равна площади параллелограмма, у которого основание — разность ширин по дну, а высота — полная глубина выемки.

Разность в стоимости

$$A = (\beta_3 - \beta_6) h \cdot H_1 B \dots \dots \dots (22)$$

Стоимость облицовки канала

$$(\beta_6 + 2 \sqrt{1 + m^2}) h \cdot B \dots \dots \dots (23)$$

Сравнивая (22) и (23), имеем

$$B \leq \frac{(\beta_3 - \beta_6) H_1 B}{\beta_6 + 2 \sqrt{1 + m^2}} \dots \dots \dots (24)$$

§ 6. Случай экономического сечения

Экономическое сечение бетонированного канала, в общем случае, отличается от сечения земляного канала и уклоном и площадью. Для возможности сравнения их необходимо найти общее выражение для размеров и уклона экономического сечения. При этом считаем постоянным h (глубину воды в канале) и для уточнения результатов вводим величину z (запас нижней бровки над горизонтом воды в канале).

Находим капиталовложения в канал

$$[B(\Omega + \Omega_1) + B\psi] L$$

Заменяем

$$\Omega = [\beta h + m(h + z)](h + z); \psi = \beta h + 2 \sqrt{1 + m^2} (h + z)$$

$$\Omega = [\beta h + 2m(h + z) + m_1 [H_1 - (h + z)]] [H_1 - (h + z)]$$

Расходы по капиталу

$$\alpha \{ \beta [\beta h (h + z) + m (h + z)^2 + \beta h [H_1 - (h + z)] + 2m (h + z) [H_1 - (h + z)] + m_1 [H_1 - (h + z)]^2] + B (\beta h + 2 \sqrt{1 + m^2} (h + z)) \} L \quad (25)$$

Потери энергии на уклон

$$70000 \mu Q i L$$

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{\mu^2 Q^2 n^2}{\omega^2 R^{4/3}} = \frac{\mu^2 Q^2 n^2 (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{4/3}}{(\beta + m)^{10/3} h^{16/3}} \quad (26)$$

Расходы по потерям на уклон

$$\frac{\mu^2 Q^2 n^2 (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{4/3}}{(\beta + m)^{10/3} h^{16/3}} \cdot 70000 \mu Q L e \quad (27)$$

Экономическое сечение находится из условия минимума суммы (25) и (27), для чего эта сумма дифференцируется по β и приравнивается к нулю

$$\frac{7000 \mu^3 Q^3 n^2 e}{h^{16/3}} \cdot \frac{4/3 (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{1/3} (\beta + m)^{10/3} - 10/3 (\beta + m)^{7/3}}{(\beta + m)^{20/3}} =$$

$$= \frac{(\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{4/3}}{(\beta + m)^{20/3}} + \alpha \{ B [n (h + z) + h [H_1 - (h + z)] + B h] = 0$$

Производя упрощение

$$- \frac{70000 \mu^3 Q^3 n^2 e \cdot 2 (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{1/3} [3 \beta - 2 m + 10 \sqrt{1 + m^2}]}{h^{16/3} \cdot 3 (\beta + m)^{13/3}} +$$

$$+ \alpha [B h H_1 + B h] = 0$$

Отсюда

$$h^{16/3} = \frac{46700 \mu^3 n^2 Q^3 e}{\alpha [h (B H_1 + B)]}$$

$$\frac{(\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{1/3} (3 \beta - 2 m + 10 \sqrt{1 + m^2})}{(\beta + m)^{13/3}} \quad (28)$$

Подставляя в (26)

$$i = \frac{\mu^2 Q^2 n^2 (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{4/3} \cdot \alpha [h (B H_1 + B)] (\beta + m)^{13/3}}{(\beta + m)^{10/3} \cdot 46700 \mu^3 n^2 Q^3 e (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{1/3} (3 \beta - 2 m + 10 \sqrt{1 + m^2})} =$$

$$= 0,000027 \frac{\alpha h (B H_1 + B) (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2}) (\beta + m)}{Q e (3 \beta - 2 m + 10 \sqrt{1 + m^2})} \quad (29)$$

Для земляного канала имеем из условия

$$v = 1 \text{ м/с}$$

$$\omega = \frac{Q}{v} = Q; (\beta + m) h^2 = Q \quad (30)$$

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{0,025^2 (\beta + 2 \sqrt{1 + m^2})^{4/3}}{(\beta + m)^{4/3} h^{4/3}} \quad (31)$$

Сопоставление (28) с (30) и (29) с (31), в виду сложности полученных формул, затруднительно и сделано лишь для частных случаев, путем графических построений.

Из этого рассмотрения будет видно, что всегда $\beta_{\text{эк}} < \beta_3$, но уклон экономический может быть и меньше и больше, чем уклон земляного канала.

Из (29) вытекает, что экономический уклон зависит от стоимости земляных работ и бетонировки, глубины канала, глубины выемки, расхода и стоимости энергии.

Выведенные попутно формулы (28) и (29) позволяют определять размеры (β) и уклон (i) экономического сечения без подбора, при заданных величинах: h , Q , e , α , B , B , m , H_1 .

Заключение

В результате нашего исследования получены формулы, определяющие для различных случаев экономичность бетонировки. Для практического применения нами ниже предлагается некоторое упрощение этих формул.

Для возможного упрощения принимаем во всех случаях:

$\alpha = 10$ (процент амортизации);

$m = 1,5$ (коэффициент откоса в лессовых грунтах).

Тогда наши расчетные формулы примут вид:

$$B \leq 6,5 K_0 H e \dots \dots \dots (12-a)$$

$$B \leq \frac{240e}{R^{1/3}} \dots \dots \dots (20-a)$$

$$B \leq \frac{(\beta_3 - \beta_6) H_1 B}{\beta_6 + 3,6} \dots \dots \dots (24-a)$$

Для формулы (12-a) имеем пределы входящих величин:

$e = 0,01 - 0,05$ руб.

$K_0 = 0,125 - 0,300$ м/сут.

$H = 10 - 50$ м.

Отсюда усматривается, что при максимальном значении всех входящих величин экономичность бетонировки возможна при стоимости ее ≤ 4 р. 90 к. Отсюда ясно, что во всех практических случаях бетонировка каналов в лессовидных грунтах с целью сбережения воды экономически не оправдывается.

Для формулы (20-a) принимаем:

$e = 0,01 - 0,05$.

$R = 0,4 - 5,0$.

Из формулы усматривается, что при обычных каналах ($R = 1,0 - 3,0$ м) и стоимости энергии ($e = 0,01 - 0,03$ руб.) экономичность бетонировки возможна при стоимости до 7 рублей 20 коп.

Лишь в исключительных случаях при очень малых каналах ($R < 0,5$) и очень высокой стоимости энергии ($e = 0,05$ р.) экономичность бетонировки достигается при стоимости до 14 рублей.

Для формулы (24-a) принимаем:

$\beta_6 = 0,4 - 2,0$,

$B = 2 - 4$ руб.,

$H_1 = 5 - 25$ м,

а также зависимость согласно графику 1

$$\beta_3 - \beta_6 = f_2(\beta_3)$$

Из сопоставления этих величин усматривается, что при производстве $BH_1 \leq 40$ стоимость бетонировки $B \leq 16$ рублей. Следовательно, при цене $B=2$ рубля бетонировка вообще неприемлема (при $H_1 \leq 20$ м); при $B=3$ руб. бетонировка приемлема при 13 м и наконец, при $B=4$ руб. бетонировка экономична при $H_1 > 10$ м.

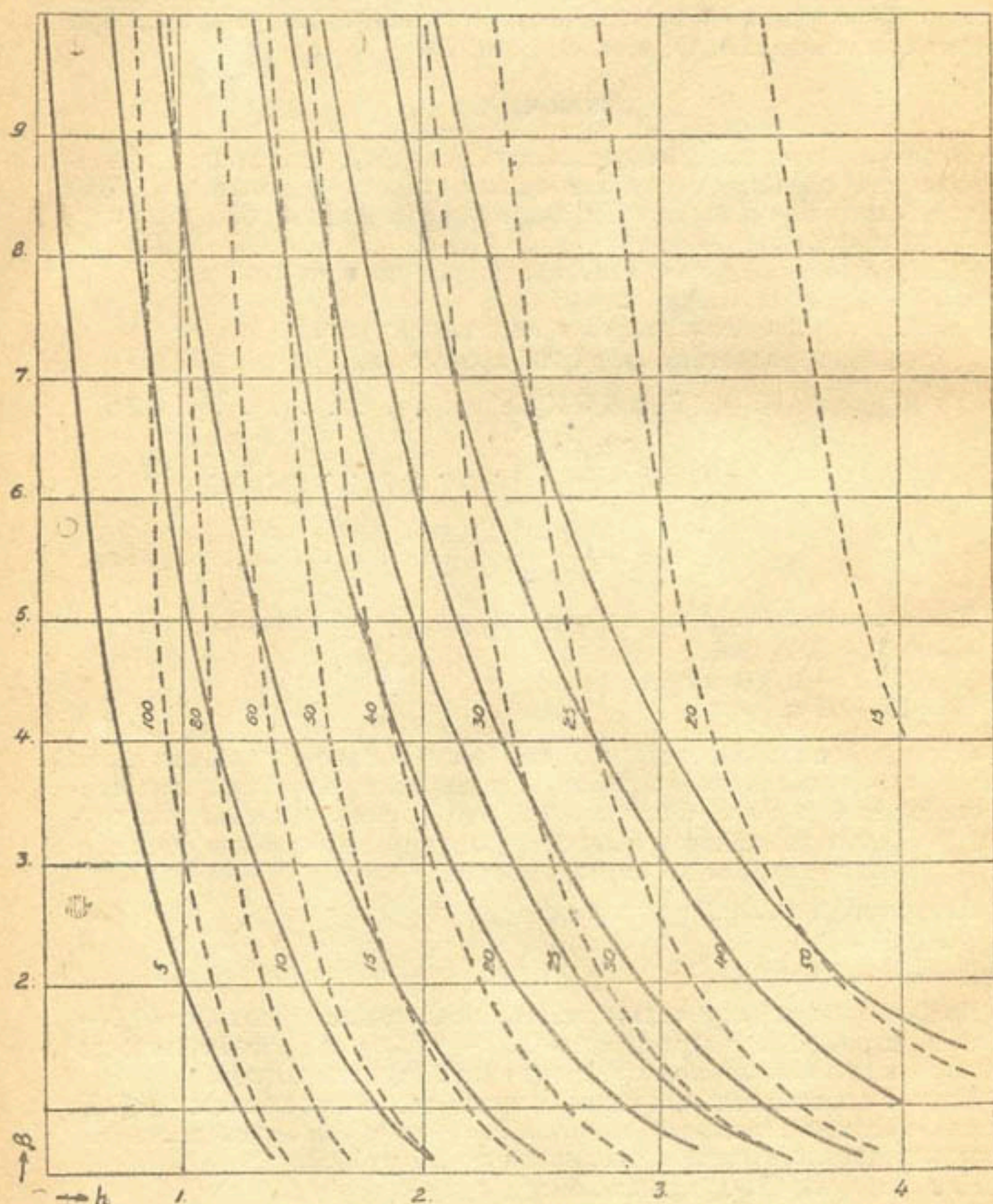


График 2 зависимостей $(\beta + 1,5)h^2 = Q$

$$i = \frac{0,000625 - \beta_3 (\beta + 3,6)^{4/3}}{(\beta + 1,5)^{4/3} h^{4/3}} \quad \begin{array}{l} \text{Для земляного канала} \\ \text{при } n = 0,025 \\ v = 1,0 \text{ м/с} \end{array}$$

При произведениях $BH_1 > 40$ экономичность бетонировки зависит также от β_6 , при чем возрастает с увеличением β_6 , т.е. размеров канала.

Формулы (27) — (31) принимают вид:

$$h^{19/3} = \frac{46,7 Q^3 e}{BH_1 + B} \cdot \frac{(\beta + 3,6)^{1/3} (3\beta + 15)}{(\beta + 1,5)^{13/3}} \dots (28-a)$$

$$i = 0,000027 \frac{h (BH_1 + B)}{Qe} \cdot \frac{(\beta + 3,6) (\beta + 1,5)}{(3\beta + 15)} \dots (29-a)$$

$$h^2 = \frac{Q}{\beta + 1,5} \dots (30-a)$$

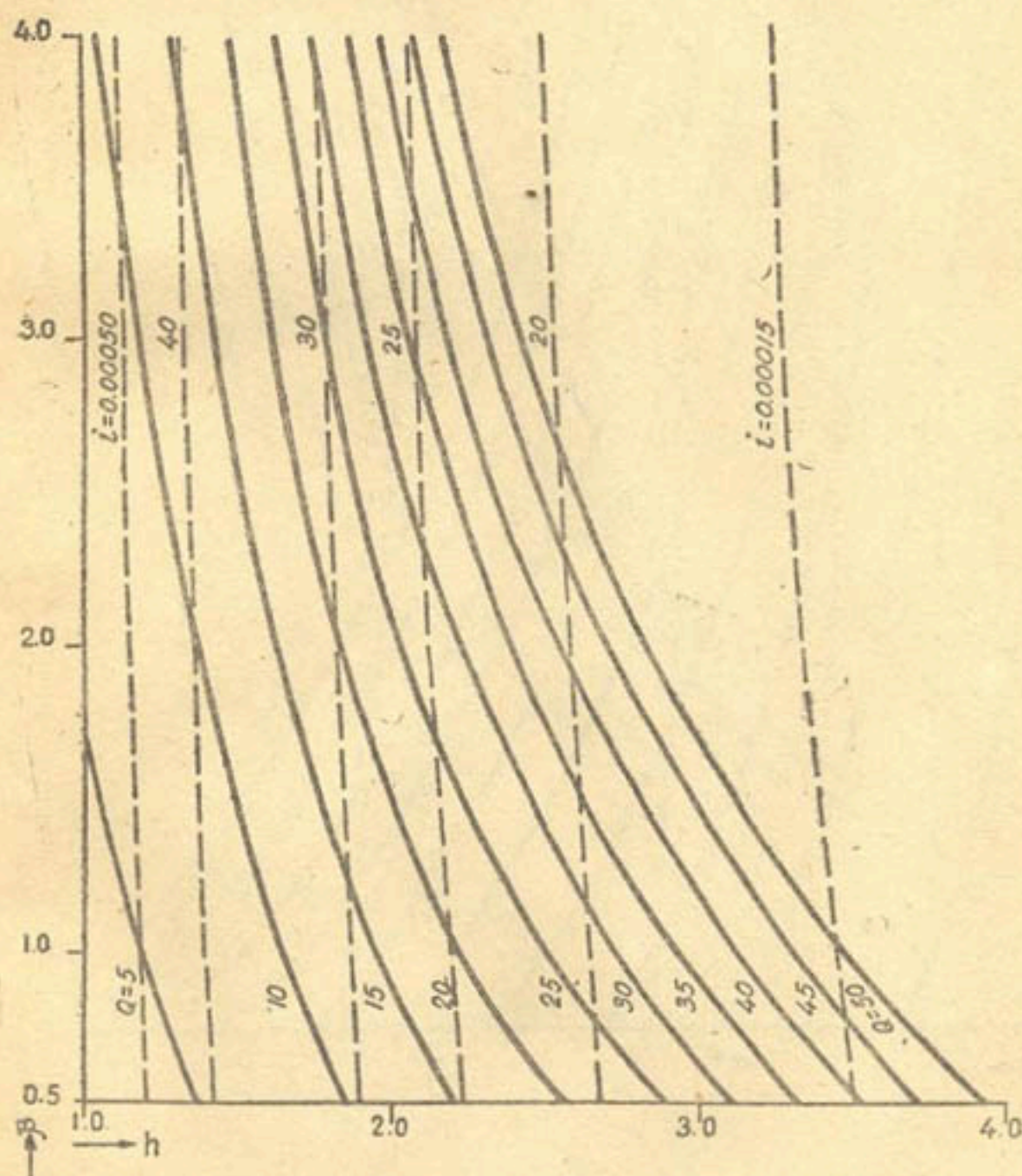


График 3

$$h^{19/3} = \frac{46,7 Q^3 e}{BH_1 + B} \cdot \frac{(\beta + 3,6)^{1/3} (3\beta + 15)}{(\beta + 1,5)^{13/3}} ;$$

$$i = 0,000027 \cdot \frac{h (BH_1 + B)}{Qe} \cdot \frac{(\beta + 3,6) (\beta + 1,5)}{(3\beta + 15)}$$

при $H_1 = 5 \text{ м}$; $B = 2 \text{ р}$; $e = 0,02 \text{ р}$

$$i = \frac{0,000625 (\beta + 3,6)^{4/3}}{(\beta + 1,5)^{4/3} h^{4/3}} \dots \dots \dots (31-a)$$

Формулы (30-а) и (31-а) построены на графике 2. Для формул (28-а) и (29-а), в виду большого числа переменных, нами построены графики только некоторых их значений. Принято постоянным

$$B = 15 \text{ руб.}$$

График 3 построен для $B = 2 \text{ руб.}$, $e = 0,2 \text{ р.}$ и $H_1 = 5 \text{ м.}$

График 4 — для $B = 2 \text{ руб.}$, $e = 0,04 \text{ р.}$ и $H_1 = 5 \text{ м.}$

График 5 — для $B = 2 \text{ руб.}$, $e = 0,02 \text{ р.}$ и $H_1 = 25 \text{ м.}$

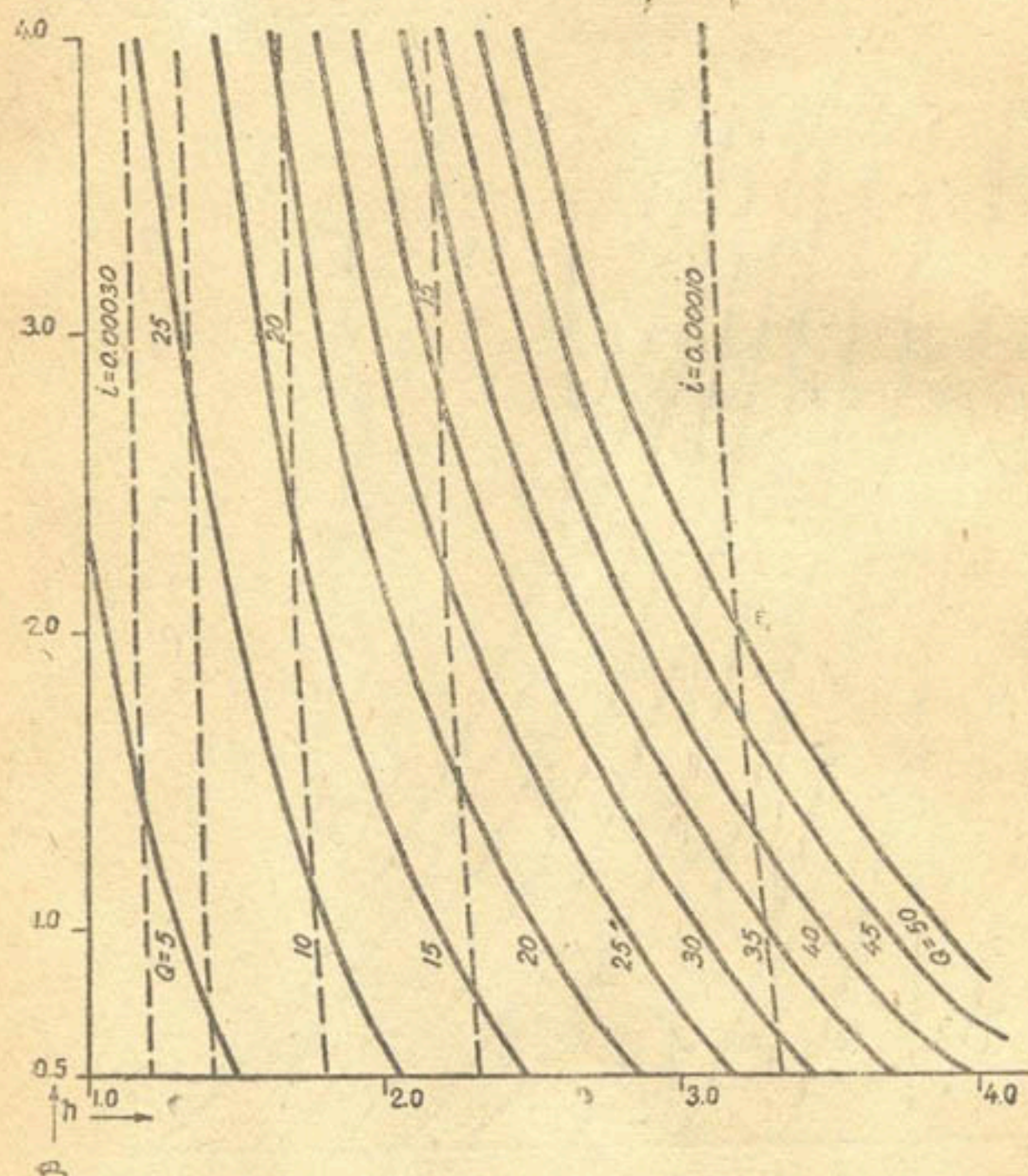


График 4

$$h^{19/3} = \frac{46,7 Q^3 e}{B H_1 + B} \cdot \frac{(\beta + 3,6)^{1/3} (3\beta + 1,5)}{(\beta + 1,5)^{19/3}};$$

$$i = 0,0000027 \cdot \frac{h (B H_1 + B)}{Q e} \cdot \frac{(\beta + 3,6) (\beta + 1,5)}{(3\beta + 1,5)}$$

при $H_1 = 5 \text{ м.}$; $B = 2 \text{ р.}$; $e = 0,04 \text{ р.}$

Пределы остальных величин принимаем:

$$Q = 5 - 50 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$h = 1 - 4 \text{ м};$$

$$\beta = 0,5 - 4.$$

Делая сопоставление величин (β) и (i), получаемых из графика 2, таковыми же из графиков 3, 4 и 5¹, получаем суммарные годовые

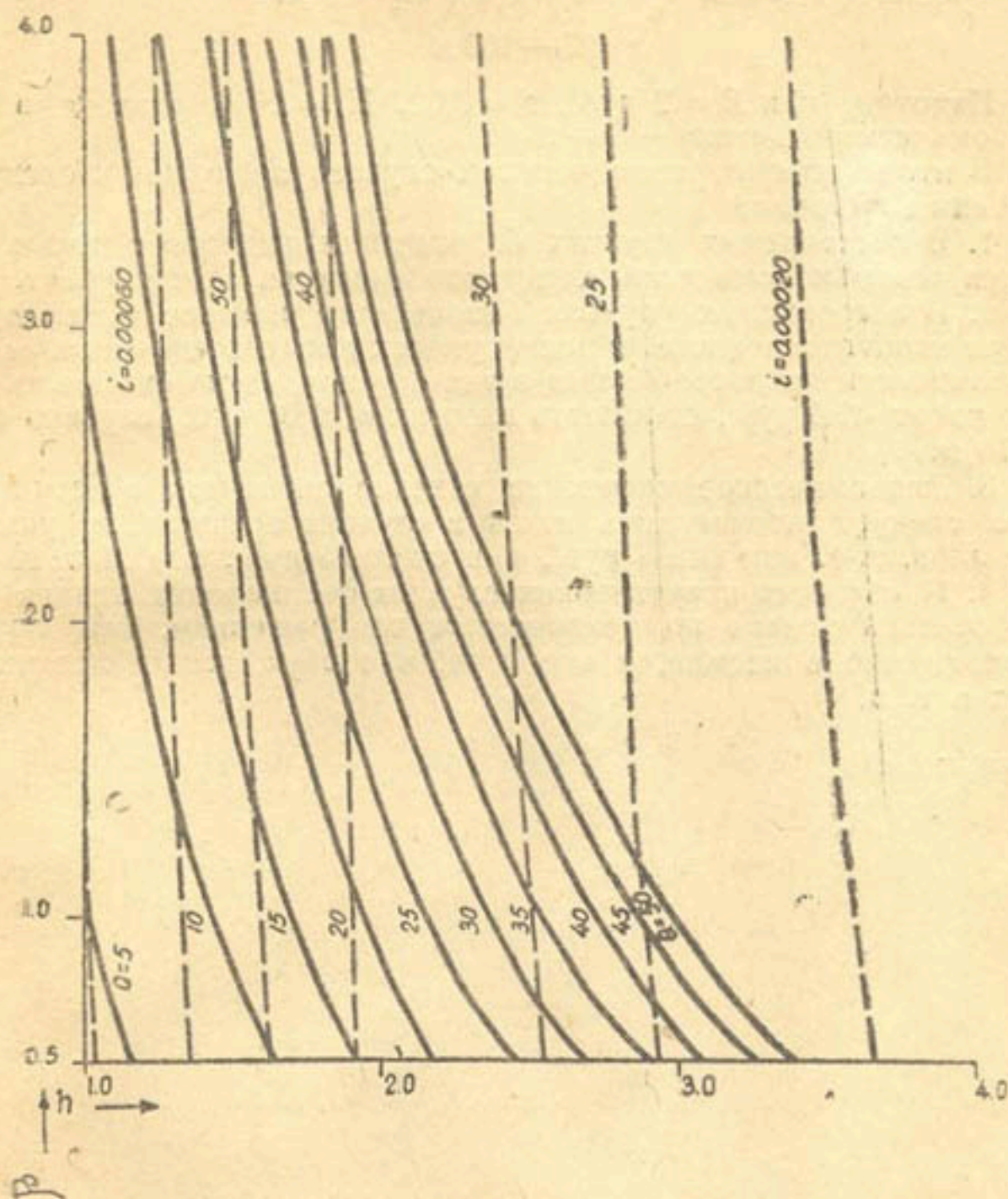


График 5

$$h^{10/3} = \frac{46,7 Q^3 e}{B H + B} \cdot \frac{(\beta + 3,6)^{1/3} (3\beta + 15)}{(\beta + 1,5)^{13/3}};$$

$$i = 0,0000027 \cdot \frac{h (B H_1 + B)}{Q e} \cdot \frac{(\beta + 3,6) (\beta + 1,5)}{(3\beta + 15)}$$

$$\text{при } \left. \begin{array}{l} H_1 = 12,5 \text{ м} \quad B = 4 \\ H_1 = 25 \quad \quad B = 2 \\ H_1 = 5 \quad \quad B = 10 \\ H_1 = 10 \quad \quad B = 5 \end{array} \right\} p e = 0,02 \text{ р.}$$

¹ Сопоставление производится путем вычисления преобразованных выражений (25) и (27). Для сокращения места здесь не приводится.

затраты в земляном канале меньше, чем в экономическом бетонном во всех случаях, когда произведение $BH_1 \leq 40$.

При $B=2$ руб., $e=0,02$, $H_1=5$ м имеем разницу в расходах в пользу земляного канала

50 — 100%

То же при $B=2$ руб., $e=0,04$, $H_1=5$ м.

27 — 100%

Наконец, при $B=2$ руб., $e=0,02$, $H_1=25$ м разница в пользу экономического канала — 0 — 15%.

В итоге рассмотрения частных случаев приходим к следующим основным выводам:¹

1. В лессовидных грунтах бетонировка каналов с целью сбережения воды экономически нецелесообразна во всех случаях.

2. В лессовидных грунтах бетонировка каналов с целью сбережения капиталовложений и последующих эксплуатационных расходов экономически нецелесообразна в тех случаях, когда стоимость земляных работ ≤ 4 руб., стоимость энергии $\leq 0,04$ руб., глубина выемки ≤ 10 м.

3. Экономическое сравнение каналов земляного и бетонированного следует производить лишь в случаях превышения указанных пределов, т.-е. или $B \geq 4$ руб., или $e \geq 0,04$ руб., или $H_1 \geq 10$ м.

4. В обычных практических случаях бетонировка канала может требоваться только по техническим соображениям, как, например, прохождение в насыпи, в косогоре, в особых геологических условиях и т. п.

Ташкент

¹ Выводы относятся только к деривационным каналам.

О неравномерном движении воды в открытых руслах

Основное уравнение установившегося неравномерного изменяющегося движения жидкости в открытых руслах имеет вид:

$$i_0 - \frac{dh}{ds} = \frac{\alpha d \left(\frac{v^2}{2g} \right)}{ds} + \frac{v^3}{C^2 R} \dots \dots \dots (1)$$

где v — скорость; i_0 — уклон для водотока; g — ускорение силы тяжести; C — коэф. Шези; R — гидравлический радиус; h — глубина потока; s — расстояние.

Удельная энергия сечения потока любого сечения выражается следующей формулой:

$$\mathcal{E} = h + \frac{\alpha v^2}{2g} \dots \dots \dots (2)$$

где h — максимальная глубина наполнения.

Если взять производную от этого выражения по s , то получим:

$$\frac{d\mathcal{E}}{ds} = \frac{dh}{ds} + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Сопоставляя (1) и (3), будем иметь:

$$\begin{aligned} \frac{d\mathcal{E}}{ds} &= i_0 - \frac{v^3}{C^2 R} \\ \text{или} \quad \frac{d\mathcal{E}}{ds} &= i_0 - \frac{Q^3}{C^2 \omega^3 R} \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

Уравнение (4) может рассматриваться как уравнение неравномерного движения в общем виде, выраженное в дифференциальной форме. Так как численное значение $\frac{d\mathcal{E}}{ds}$ на рассматриваемом протяжении потока может изменяться от некоторого максимального значения A до минимума, каковой может доходить до нуля, то, вводя некоторую

переменную x , уравнение (4) можно представить в следующем виде:

$$\frac{d\varepsilon}{ds} = A \cos^2(x) \quad \dots \dots \dots (5)$$

где A — упомянутое выше максимальное значение $\frac{d\varepsilon}{ds}$.

Анализируя уравнение (5), замечаем, что x , выраженный в радианах, может меняться в пределах от 0 до 1,57; и, следовательно, при $x = 0$; $\cos^2(x) = 1,0$ и $\frac{d\varepsilon}{ds} = A$; при $x = 1,57$ $\cos^2(x) = 0$ и $\frac{d\varepsilon}{ds} = 0$ (равномерный режим); промежуточные значения x будут обуславливать соответствующие значения $\frac{d\varepsilon}{ds}$.

Уравнение (5) может быть представлено в следующем виде:

$$\frac{d\varepsilon}{dx} \cdot \frac{dx}{ds} = A \cdot \cos^2 x \quad \dots \dots \dots (6)$$

При выборе достаточно малого протяжения рассматриваемого участка потока значение $\frac{d\varepsilon}{dx}$ можно считать постоянным и равным a , при чем

$$a = \frac{\varepsilon - \varepsilon_1}{x - x_1} \quad \dots \dots \dots (7)$$

так что уравнение (6) примет следующий вид:

$$a \cdot \frac{dx}{ds} = A \cos^2(x) \quad \dots \dots \dots (8)$$

Отделяя переменные, получим:

$$ds = \frac{a \cdot dx}{A \cos^2(x)} \quad \dots \dots \dots (9)$$

Интегрируя в пределах выбранного участка это уравнение, найдем:

$$S = a \int \frac{dx}{A \cos^2(x)} = \frac{a \operatorname{tg}(x)}{A} + C \quad \dots \dots \dots (10)$$

где C — некоторая постоянная.

Исключая обычным порядком постоянную интегрирования, получим длину участка:

$$S = \frac{a [\operatorname{tg}(x) - \operatorname{tg}(x_1)]}{A} \quad \dots \dots \dots (11)$$

Далее, складывая отдельные значения S , получим полную длину

$$L = \sum S$$

Это уравнение и является предлагаемым решением уравнения неравномерного движения. Входящие в него значения тангенсов легко могут быть определены из уравнения (5), а именно, учитывая, что

$$\cos^2(x) = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2(x)} \quad \dots \dots \dots (12)$$

формула (5) может быть представлена в следующем виде:

$$\frac{d\vartheta}{ds} = \frac{A}{1 + \operatorname{tg}^2(x)}$$

откуда

$$\operatorname{tg}(x) = \sqrt{A \frac{ds}{d\vartheta} - 1,0} \dots \dots \dots (13)$$

Таблица 1

№	h	ω	ω²	C²R	$\frac{d\vartheta}{ds}$	tg x	x	v	$\frac{v^2}{2g}$	z	a	s
1	3,75	58,7	3440	5650	0,00060	0,245	0,340	0,477	0,0115	3,762	—5,5	—1173
2	3,00	43,5	1895	4380	0,00605	0,394	0,375	0,644	0,0212	3,0212	—2,91	—864
3	2,50	34,4	1185	3550	0,000514	0,600	0,540	0,813	0,0337	2,5337	—13,5	—1250
4	2,00	26	577	2770	0,00272	1,75	0,895	1,080	0,0590	2,089	—0,523	—1250
5	1,80	22,9	575	2290	0,000073	2,93	1,345	1,225	0,0764	1,8754	—0,187	—775
6	1,75	22,3	498	2310	0,000070	5,83	4,105	1,255	0,0803	1,8400		

очевидно, что значение переменной x, входящее в формулу (7), может быть определено также из уравнения (13), а именно:

$$x = \operatorname{artg} \left[\sqrt{A \cdot \frac{ds}{d\vartheta} - 1,0} \dots \dots \dots (14) \right]$$

при нулевом и обратном уклоне дна водотока при применении предлагаемого метода в приведенных формулах следует принимать при $i_0 = 0$

$$\frac{d\vartheta}{ds} = \frac{Q^2}{C^2 \omega^2 R} \dots \dots \dots (15)$$

и при i_0 , равном отрицательной величине:

$$\frac{d\vartheta}{ds} = - \left(i_0 + \frac{Q^2}{C^2 \omega^2 R} \right) \dots \dots \dots (16)$$

Порядок практического применения этого способа состоит в следующем: задаваясь различными значениями h, определяем по формуле (4), (15) или (16), в зависимости от того, прямой или обратный уклон дна водотока, или же он равен нулю, соответствующие численные значения производной $\frac{d\vartheta}{ds}$; далее из определенных значений $\frac{d\vartheta}{ds}$ выбираем максимальное ее значение, каковое и будет в нашем случае равно A.

Зная $\frac{d\vartheta}{ds}$ для принятых значений h по формуле (13), определяем соответствующие значения тангенсов; по формуле (14) зная tg(x),

определяем значения x , при чем в этом случае следует пользоваться таблицами круговых функций.¹

После получения x по формуле (2), при заданном значении h , Q и, следовательно, v , определяется значение удельной энергии ε . По формуле (7) определяется значение постоянной величины a и в конечном итоге искомое значение протяжения между принятыми значениями h определяется по формуле (11).

Предлагаемый способ интегрирования уравнения неравномерного движения по сравнению с имеющимися способами, кроме преимущества, обусловленного своей универсальностью, следует считать и более точным, так как в нем имеется всего одно допущение, выраженное формулой (7), каковое может быть взято с любым приближением за счет уменьшения рассматриваемых протяжений потока.

Для иллюстрации применения предлагаемого способа приводим решение двух примеров: первый — на построении кривой свободной поверхности в призматическом русле с прямым уклоном дна² и второй — в непризматическом русле с постоянной глубиной наполнения³.

Пример 1. Построить кривую подпора в трапециoidalном канале, при заданных $Q = 28$ куб. метров в секунду; ширина по дну $b = 10,0$ м; $m = 1,0$; $i_0 = 0,00070$; подпор у затвора $y = 2,0$ метра; глубина равномерного режима $h_0 = 1,75$; русло земляное $\gamma = 1,30$; для вычисления кривой берем шесть точек:

$h_1 = 3,75$; $h_2 = 3,00$; $h_3 = 2,50$; $h_4 = 2,00$; $h_5 = 1,80$; $h_6 = 1,76$ м.

Предварительно для принятых значений h определяем соответствующие значения $\frac{d\varepsilon}{ds}$, $\lg(x)$ и x_i .

Имеем максимальное значение $\frac{d\varepsilon}{ds} = A = i_0$ (при $h = \infty$). Решение сделано в табличной форме, при чем подсчеты сделаны на логарифмической линейке (см. табл. 1).

Беря абсолютные значения, суммируем полученные данные и сводим их в таблицу 2, при чем для сравнения приводим результаты решения этой задачи по методу проф. Бахметьева.

Таблица 2

Интервалы глубин	Метод инж. Андрейчикова, М. Е.		Метод Бахметьева	
	s	Σs	s	Σs
3,75 — 3,0	1173	1173	1168	1168
3,00 — 2,50	864	2037	833	2001
2,50 — 2,00	1260	3297		
2,00 — 1,80	1250	4547		
1,80 — 1,76	775	5322	3339	5340

¹ См., например, „Справочник по мелиорации и гидротехнике“, т. I, стр. 26, год издания 1934.

² Условия этой задачи приведены в книге „Инженерная гидравлика“ М. Д. Чертоусова.

³ Условия задачи заимствованы из книги проф. Ахутина „Примеры гидравлических расчетов в области неравномерного движения воды в открытых руслах“, стр. 36, год издания 1931.

Пример 2. Бетонированный канал трапециoidalного сечения предполагается устроить с переменной шириной по дну, уменьшающейся вниз по течению, но с тем, чтобы глубина в канале при данном расходе оставалась постоянной. Требуется построить очертание канала в плане. Дано $Q = 5,60 \text{ м}^3/\text{сек}$; $h = 0,80 \text{ м} = \text{Const}$; начальная ширина по дну: $b = 1,60 \text{ м}$; $i_0 = 0,143$; $m = 1,00$; $n = 0,017$; $l = 12,0$ (длина канала); расстояние подсчитываем для следующих ширин по дну: 1,60; 1,40; 1,20; 1,00; 0,80; 0,60 и 0,40 метра.

Максимальное значение $\frac{d\theta}{ds}$, очевидно, будет равняться $A = 0,143 = i_0$ при $b = \infty$; аналогично предыдущему при принятых значениях b определяем значение $\frac{d\theta}{ds}$.

Решение сделано в табличной форме (см. табл. 3).

Таблица 3

№	b	ω	v	C^2R	$\frac{v^2}{C^2R}$	$\frac{d\theta}{ds}$	$\text{tg } x$	x	θ	a	s
1	1,60	1,92	2,92	1361	0,00627	0,1367	0,212	0,21	1,234	3,44	0,650
2	1,40	1,75	3,19	1305	0,00780	0,1352	0,229	0,236	1,326	3,43	0,720
3	1,30	1,60	3,50	1339	0,00988	0,13312	0,269	0,265	1,423	3,73	1,225
4	1,00	1,44	3,89	1164	0,0130	0,1300	0,316	0,305	1,572	3,74	1,515
5	0,80	1,28	4,97	1081	0,0175	0,1354	0,374	0,358	1,770	3,97	2,50
6	0,60	1,12	5,00	994	0,0252	0,1178	0,464	0,435	2,075	4,14	4,03
7	0,40	0,96	5,83	589	0,0382	0,1048	0,604	0,545	2,530		

Окончательные результаты подсчетов сводим в таблицу 4, причем для сравнения приводим значения расстояний, определенные по методу суммирования и по методу инженера Леви.

Таблица 4

Интервалы значений b	Метод суммирования		Метод инж. Леви		Метод инж. Андрейчикова	
	s	Σs	s	Σs	s	Σs
1,60 — 1,40	0,674	0,674	0,71	0,71	0,65	0,65
1,40 — 1,20	0,903	1,58	0,89	1,60	0,72	1,37
1,20 — 1,00	1,246	2,82	1,25	2,85	1,225	2,60
1,00 — 0,80	1,800	4,62	1,70	4,55	1,515	4,12
0,80 — 0,60	2,774	7,40	2,74	7,29	2,50	6,62
0,60 — 0,40	4,750	12,15	4,59	11,88	4,03	10,65

Самфероволь.

Анизотропность тела дамб

Из существующих в настоящее время многочисленных способов возведения дамб и плотин из различного вида грунтов наиболее распространенным является способ послойного наращивания сооружения и укатки отдельных слоев катками.

Причинами, часто побуждающими к принятию данного способа производства работ, являются: 1) наличие сравнительно большого опыта в обращении с оборудованием и механизмами, применяющимися при этом, 2) сравнительная легкость организации производства работ, 3) незначительные осадки, получающиеся после ввода сооружения в эксплуатацию, позволяющие без особого риска, сразу же после окончания сооружения, облицовывать откосы бетоном, устраивая при этом исключительно лишь температурные швы. Последняя указанная возможность имеет ту ценность, что в свою очередь упрощает работы по возведению облицовки, т. к. позволяет широко использовать механизмы (Динглер).

Уплотнение отдельных слоев дамбы осуществляется катками, при чем выбор последних сплошь и рядом производится не из условия соблюдения технических требований, а из имеющегося наличия, что, естественно, не всегда может отвечать тем требованиям, которые предъявляются к гидротехническим сооружениям.

Целью данной статьи является попытка осветить те физические явления и свойства, причиной которых является образование анизотропности в земляных сооружениях, укатываемых при возведении гладкими (весовыми) катками.

Вынутый в забое, уложенный соответствующим способом и укатанный в тело дамбы грунт целиком изменяет свойства, присущие ему при нахождении в естественном состоянии.

Указанное изменение является следствием динокинетического действия катка, благодаря чему укатанные слои грунта, а, следовательно, и тело дамбы, по различным направлениям — осям (оси X , Y и Z) приобретают различные геотехнические свойства.

Примечание. Оси X и Y расположены в горизонтальной плоскости, причем направление оси X (см. рис. 1) совпадает с направлением следа катка; направление оси Y перпендикулярно оси X .

Если причины возникновения неравнопрочности укатанных слоев дамбы в вертикальной плоскости (оси Z) являются функцией некоторых переменных (вес катка, толщина укатываемого слоя, влажность укатываемого грунта, его компрессионные свойства и т. д.)

и в настоящее время имеют достаточно исчерпывающее объяснение, то образование анизотропности в укатанных слоях дамбы в горизонтальной плоскости является вопросом достаточно новым, требующим своего изучения.

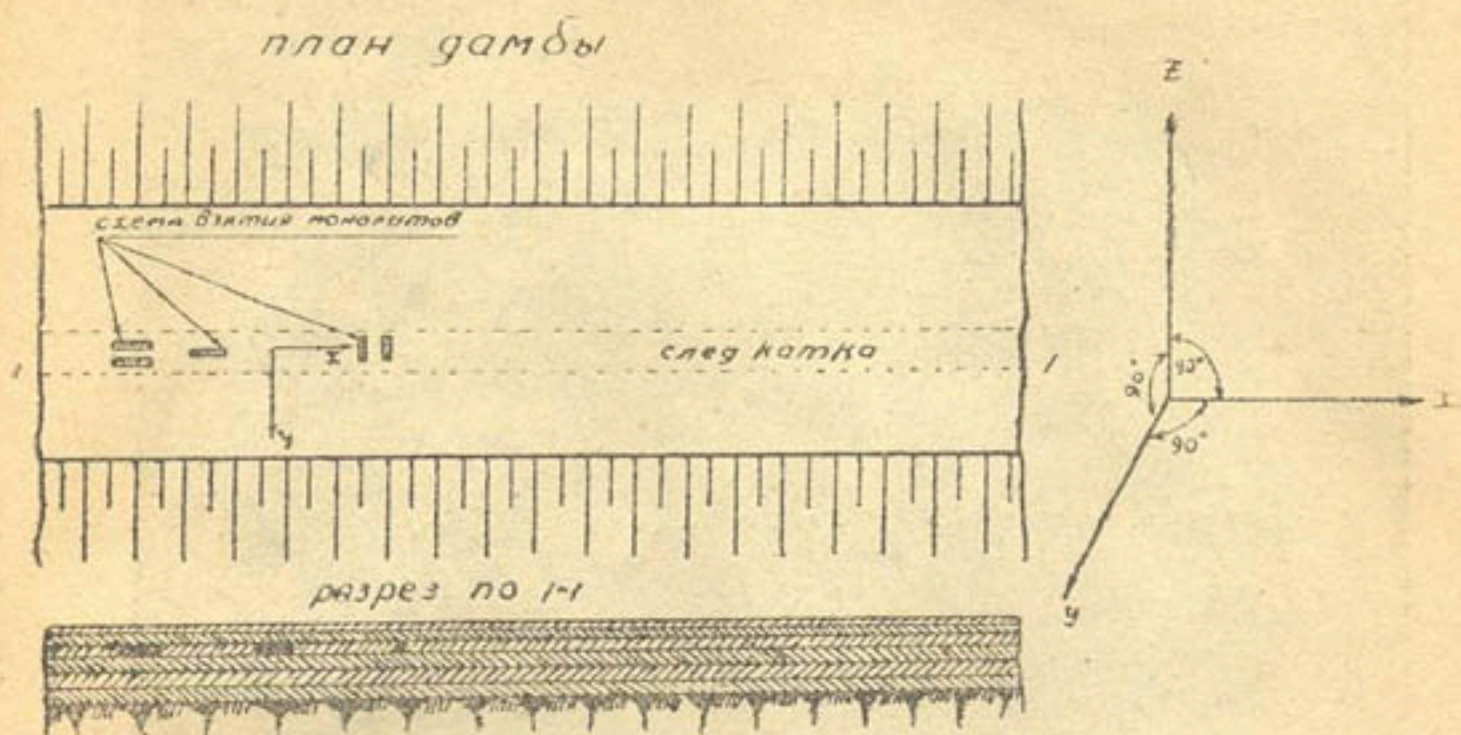


Рис. 1.

Укатываемые гладким катком слои дамбы, наряду с претерпеванием вертикального давления, возникающего от веса катка, приобретают волнообразное, поступательное движение в направлении движения катка, — в катках прицепных, и в самодвижущихся — в направлении движения от переднего барабана и в направлении, противоположном движению от задних ведущих барабанов. Максимальное перемещение грунта в горизонтальной плоскости, имеющее место в начале укатки, по мере увеличения числа проходов катка угасает, достигая в конце укатки известного минимума. В силу описанного волнообразного перемещения грунта, в плоскости оси Y происходит как бы втирание мелких частичек грунта в поры, образуемые частичками грунта больших фракций, а так как волнообразное перемещение грунта при укатке имеет место главным образом в направлении оси X, то, естественно, каждая частичка грунта располагается между другими частичками в плоскости осей X и Y неодинаково.

Впервые наличие анизотропных свойств в дамбах, выражающихся в появлении продольных трещин (см. рис. 2), было замечено нами на дамбах деривационного канала Чирчикстроя. Результаты вскрытия данных трещин и сопоставления глубин проникновения их с трещинами поперечными показали наличие каких-то иных причин, чем усадочные явления, получающиеся в грунте благодаря его усушке.

С целью проверки предположения о наличии анизотропности тела дамбы и установления величины ее грунтовой инспекцией строительства был произведен ряд опытов, при чем в основу методики производства всех опытов было положено улавливание разницы геотехнических свойств грунта по различным осям.

Специфичность данного исследования при определении некоторых констант физико-механических и водных свойств грунта заставила несколько изменить существующую методику определения их.

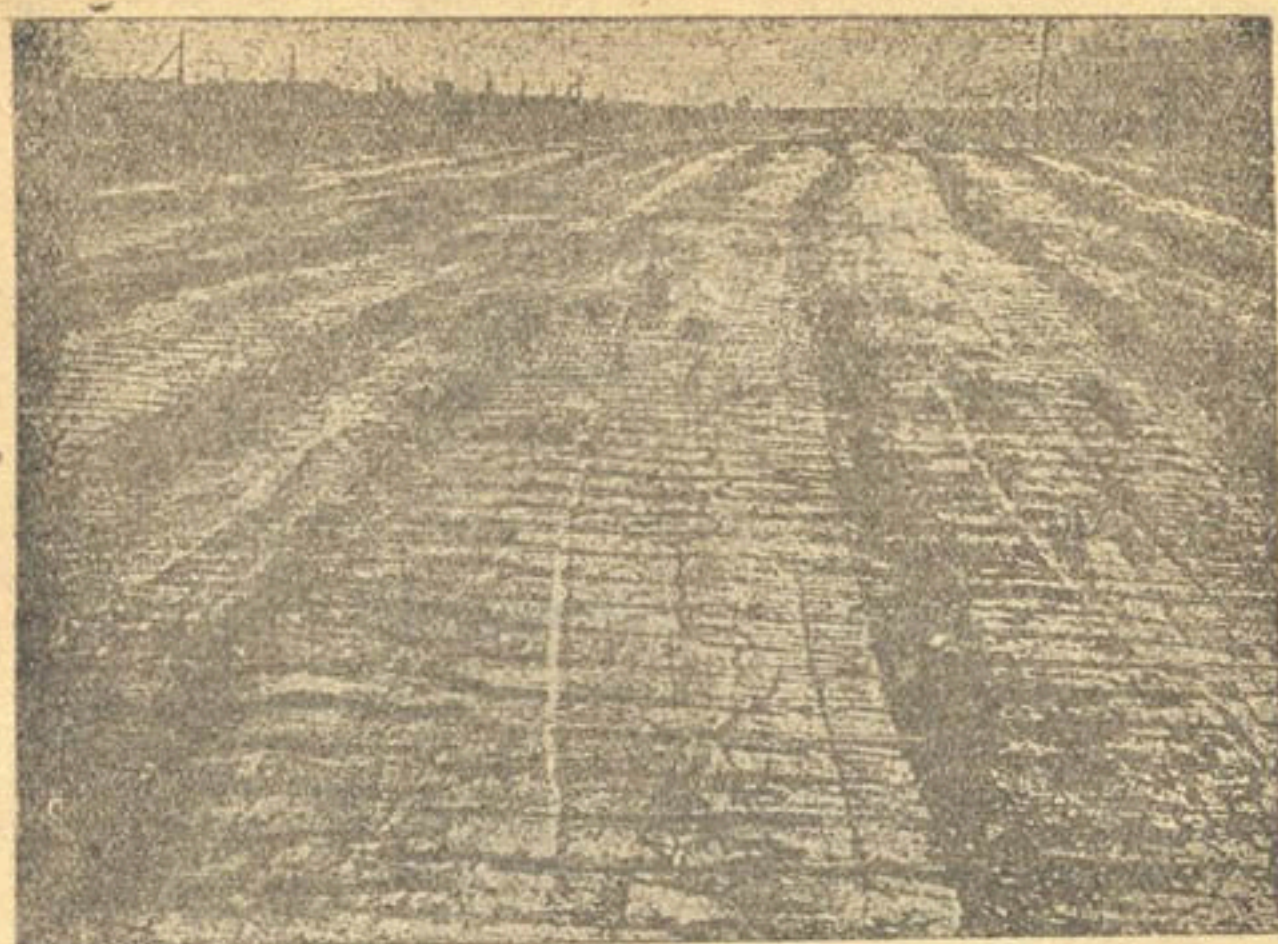


Рис.2. Характер растрескивания тела дамбы

Указанные мероприятия были проведены с целью сохранения в грунте при испытании его напряженного, полученного при укатке, состояния. Грунт для исследования брался из тела дамбы монолитами, при чем положение монолитов в плане точно фиксировалось. С целью устранения возможности изготовления экспериментальных образцов из грунта, имеющего различную плотность, все образцы грунта для определения того или иного константа брались из одного укатанного слоя, на одной и той же высоте от поверхности слоя. Физико-механические свойства, характеризующие подвергавшийся испытанию грунт, см. в табл. 1.

Таблица 1

№ испытания	Гравулометрический состав							Ср. объемный вес в сух. сост.	Удельный вес	Н. предел текучести	П. предел пластичности	Число пластич.
	1,0 — 0,25	0,25 — 0,10	0,10 — 0,05	0,05 — 0,01	0,01 — 0,005	0,005 — 0,001	Менее 0,001					
1	6,30	1,88	4,50	20,84	29,68	25,20	11,60	1,87	2,72	28,05	16,93	11,12
2	6,76	1,88	4,42	19,76	22,18	30,00	15,00	1,86	2,72	27,94	17,23	10,71
3	6,52	1,84	4,20	20,54	26,50	28,80	11,60	1,88	2,73	27,95	16,68	11,27
4	6,28	1,74	4,12	22,44	25,82	26,00	13,60	1,87	2,72	28,17	15,85	12,32

Результаты и описание способов проведения опытов

С целью установления характера разрушения грунта при размокании из монолита было изготовлено 4 образца-кубика размером

9 × 9 × 9 см. Указанные образцы были помещены в стеклянный сосуд и залиты водой. По истечении 28 минут на образцах стали обрушиваться ребра и появились волосные трещины в направлении оси X. По истечении одного часа 3 образца были извлечены из воды и сфотографированы (см. рис. 3). Для масштаба, а также для обозначения положения оси X (следа катка), на образцы наклеены спички.

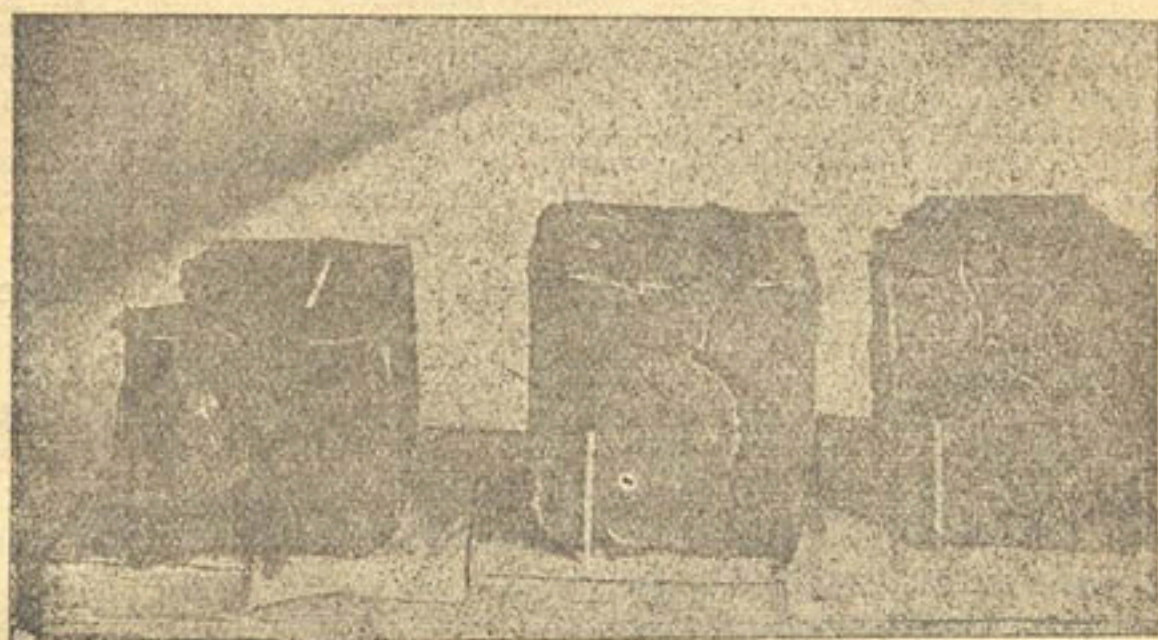


Рис. 3 Характер разрушения образцов лессового грунта при замачивании водой

Результаты данного испытания свидетельствуют о неоднократной, меньшей в продольном направлении тела дамбы степени истинного сцепления грунта. Косвенное установление величины неравнопрочности сил сцепления частичек грунта, находящегося в теле дамбы, в направлении осей X и Y, было произведено путем разрушения образцов грунта при поперечном изгибе под действием сосредоточенной силы P, приложенной к середине пролета. Нагрузка образцов силой P производилась дробью, высыпающейся из автоматически действующего бункера прибора Михаэлиса.

Экспериментальные образцы грунта представляли собой бруски размером 30 × 28 × 80 мм.

При разламывании образцов под действием силы P деформация изгиба в образцах не наблюдалось, т. е. разрушение происходило мгновенно.

Результаты данного испытания сведены в таблице (см. табл. 2 и 2-а).

Таблица 2 и 2-а

Изгиб по оси X			Изгиб по оси Y		
№№ образцов п. п.	Ломающая сила P в гр	% влажности грунта	№№ образцов п. п.	Ломающая сила P в гр	% влажности грунта
1	1740	13,21	1	1530	13,21
2	1594		2	825	
3	1600		3	1274	
4	1990		4	1418	
5	1600		5	1730	
6	1852		6	1450	
Ср.	1729,33		Ср.	1362,83	

Из рассмотрения данных таблиц видно, что сопротивление образцов грунта на изгиб в направлении оси X более стабильное, чем в направлении оси Y; кроме того, средняя величина сопротивления грунта разрушению при изгибе по оси X более, чем по оси Y, ∞ на 27%.

Примечание. При изгибании образцов грунта по оси X плоскость разрушения образца направлена по оси Y, и наоборот; указанное явление ярко свидетельствует о получении дамбой лучшего уплотнения в поперечном направлении. Несмотря на то, что усадка указанных слоев грунта при усушке в направлении, перпендикулярном следу катка (оси Y), больше, чем по направлению оси X, что подтверждается появлением продольных трещин на дамбах, определение величин линейных усадок по направлениям осей X и Y было произведено опытным путем.

Абсолютные величины усадки грунта при усушке незначительны, тем не менее, величина усадки грунта в направлении оси Y в среднем меньше величины усадки по направлению оси Y ∞ на 16%. Данный опыт производился над грунтом, первоначальная влажность которого составляла 15,66% от сухого веса.

В виду несовершенства способа замеров величины усадок и содержания малого процента влаги в экспериментальных образцах, получить результаты изменения величины усадки грунта в зависимости от влажности в направлении рассматриваемых нами осей не представилось возможным. Попытка увеличить влажность испытываемого грунта перед опытом искусственным путем не дала положительных результатов, т. к. грунт, при насыщении его водой, давал некоторое приращение объема, изменяя тем самым внутреннее напряжение, полученное им при укатке. Определение величин влагоемкости полной и капиллярной производилось обычными, принятыми грунтовыми лабораториями, способами. Кроме того, при определении капиллярной влагоемкости взвешивание образцов грунта в начале опыта производилось через каждые 2 часа. Методика такой постановки опытов позволила проследить скорость капиллярного насыщения водой экспериментальных образцов как в направлении оси X, так и в направлении оси Y. В таблице 3 представлены данные скорости насыщения водой образцов грунта, вырезанных близко от поверхности слоя.

Таблица 3

Назван. осей	Приращение количества влаги в гр через каждые 2 часа																			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
X	1,85	2,15	2,25	2,40	2,40	2,45	2,50	2,62	2,66	2,70	3,05	3,13	3,13	3,13	3,14	3,14	3,18	3,25	3,28	3,32
Y	0,30	0,35	0,45	0,55	0,70	0,80	0,92	1,10	1,15	1,25	1,25	1,25	1,30	1,40	1,40	1,47	1,50	1,65	1,73	1,77

На рис. 4 изображены кривые приращения количества капиллярной влажности в граммах в зависимости от времени. Образцы грунта для проведения данных опытов вырезались цилиндром из середины слоя. Результаты опытов по определению полной влагоемкости грунта сведены в таблице 4.

Насыщен. производ. в направлении оси	№ образ- цов	Влагоемкость в %/о		Примечание
		Капил- лярная	Полная	
X	1	18,07	18,65	Средняя пористость грунта согласно данным табл. 1 опре- делена = 31,41%.
	2	21,12	21,65	
	3	22,85	22,99	
	4	24,31	24,82	
Сред. по оси X		21,59	22,03	
Y	5	16,94	18,72	
	6	20,20	20,72	
	7	21,20	21,76	
	8	20,12	20,40	
Сред. по оси Y		19,62	20,4	

При рассмотрении данных кривых и таблицы видно, что в образцах грунта, насыщение водой в которых производилось по направлению оси X, капиллярное поднятие воды происходит несколько быстрее, чем в образцах грунта, насыщение водой которых производилось в направлении оси Y.

Преобладание процента заземленного воздуха в образцах грунта, насыщение водой которых производилось в направлении оси Y, также в свою очередь свидетельствует о более неравномерной по сечению скорости проникновения влаги в грунт, в результате чего в грунте появляется большее число замкнутых, заполненных воздухом контуров.

При постановке опытов на определение величины коэффициента фильтрации по осям встретились серьезные затруднения, вызываемые неоднородной по осям величиной пучинистости грунта, появляющейся при намокании его в воде.

Производя определение коэффициента фильтрации образцов грунта на приборе Терцаги и стремясь сохранить неизменным напряженное состояние грунта, полученное им при укатке, приходилось фильтрующие образцы грунта подвергать сжатию, в силу чего, имея

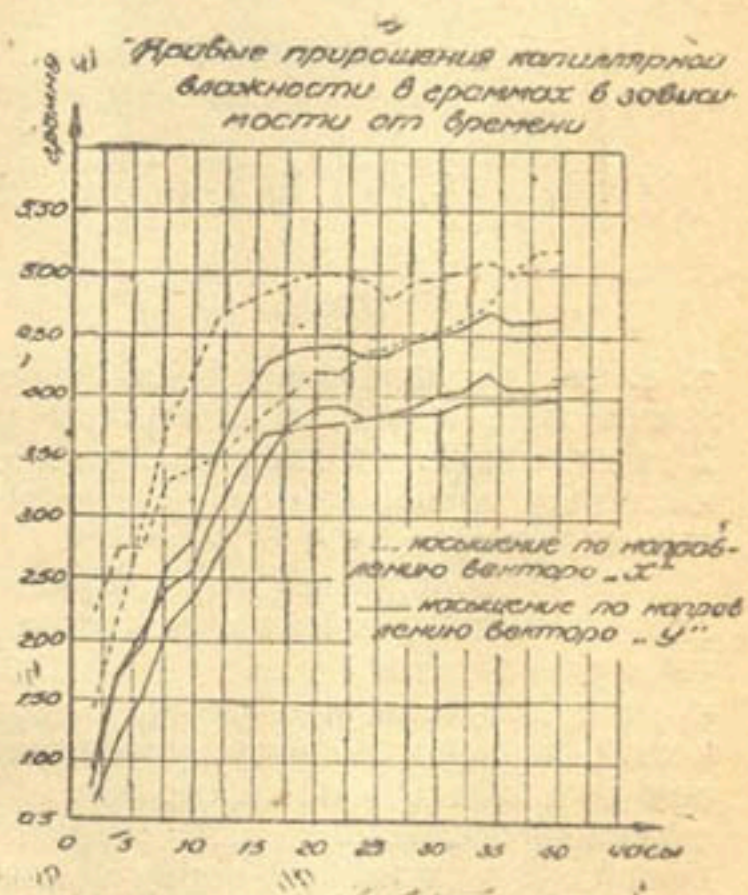


Рис. 4.

различные по осям компрессионные свойства грунта, вводился новый элемент, искусственно отклоняющий истинные значения коэффициента

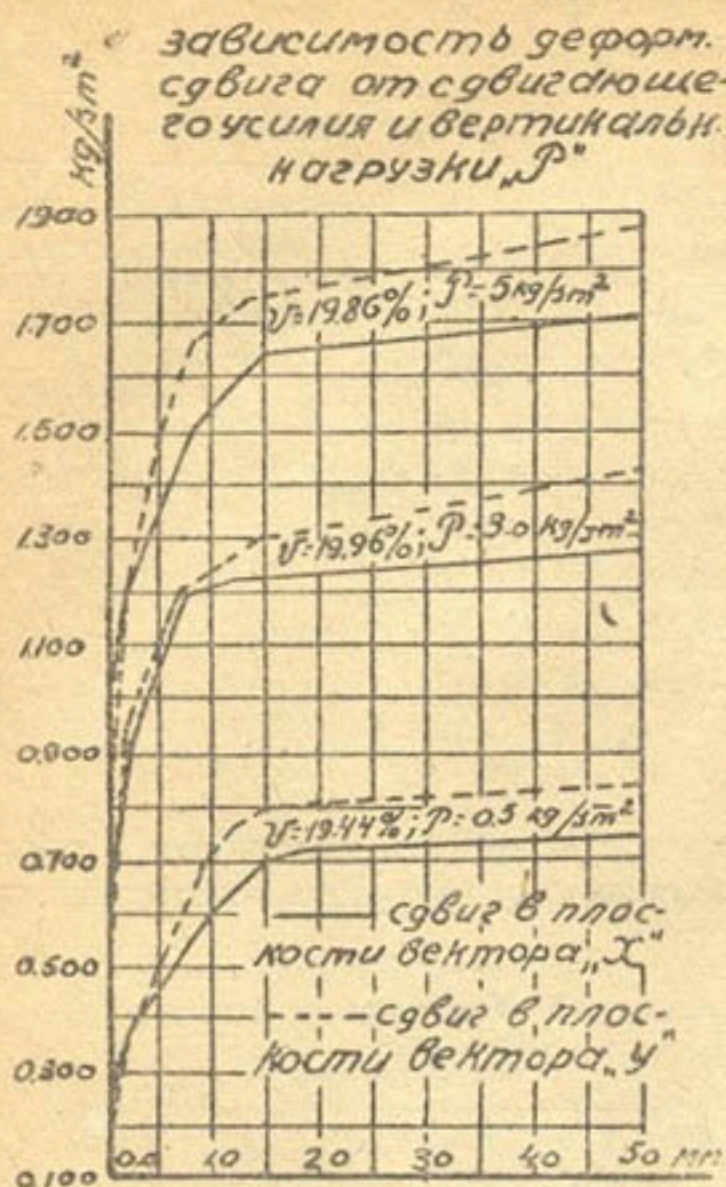


Рис. 5

т. е. в горизонтальной плоскости, что касается неравнопрочности тела дамбы в плоскости вертикальной (в направлении оси Z), то для иллюстрации величины ее ниже приводятся кривые объемного веса грунта в сухом состоянии в зависимости от глубины взятия пробы (рис. 6).

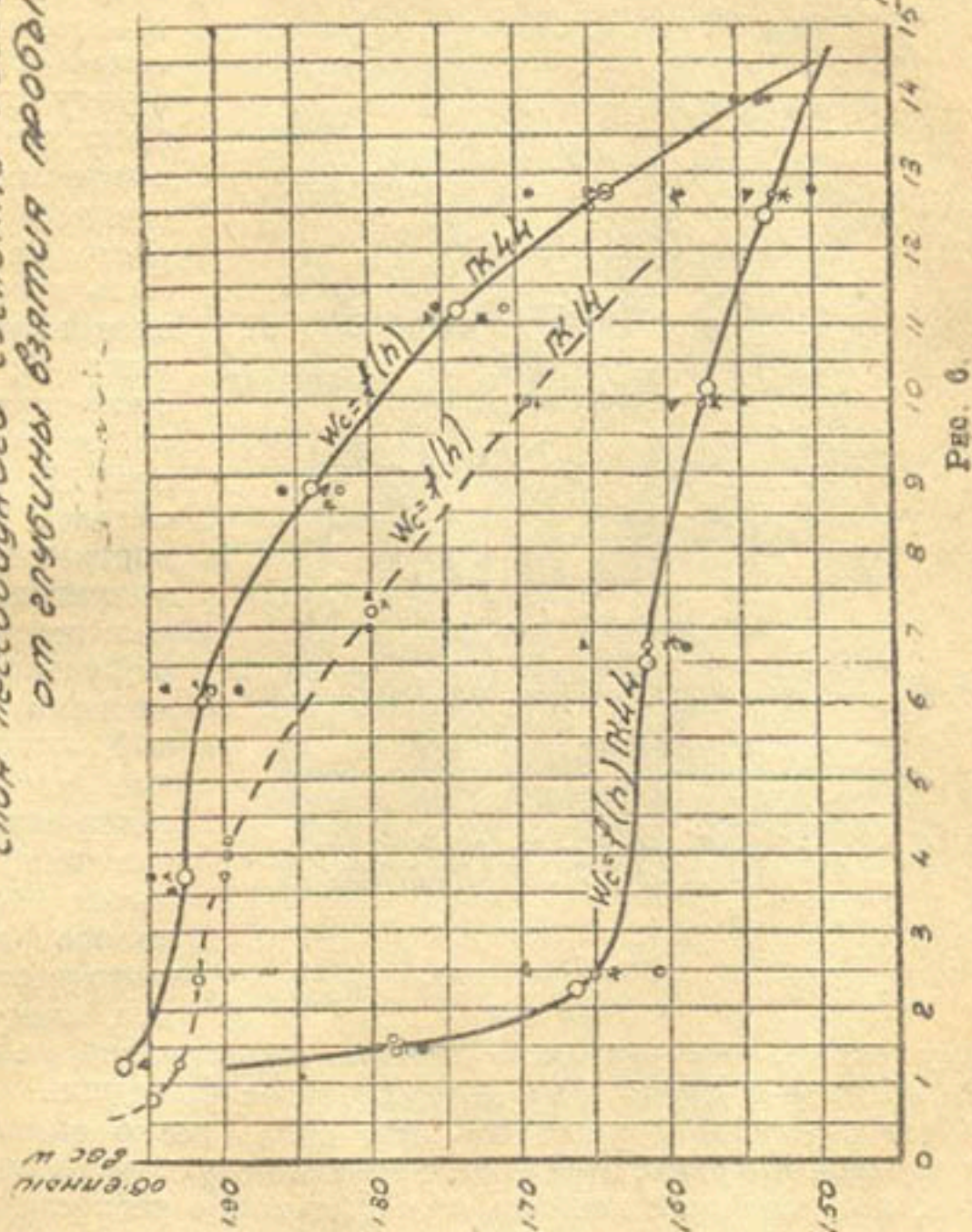
Из рассмотрения данных кривых видно, что плотность укатываемого в насыпь гладким катком грунта по высоте слоя есть величина разнородная, резко убывающая по глубине. Приведенные здесь кривые получены при уплотнении грунта (с различным содержанием влаги), при чем толщина уплотняемых слоев в рыхлом теле в среднем колебалась в пределах 20 см. Имея объемный вес грунта в естественном состоянии $\approx 1,60$, мы на поверхности укатанного слоя получаем переуплотненную корку той или иной толщины с средним объемным весом $\approx 1,85$, тогда как на глубине 10 — 13 см сплошь и рядом при применении трехтонных катков мы имеем недоуплотнение. Наличие такого неравномерного уплотнения, а подчас и недоуплотнения грунта, естественно, снижает качество сооружения, вызывая в нем подчас нежелательные осадки в период эксплуатации. На рисунке 7 на фиг. 2 изображен монолит грунта, взятый из укатанных слоев дамбы и разделившийся на слои при высыхании. Отсутствие поверхностного рыхления и должного подстилающего увлажнения

фильтрации от получаемых. Указанная здесь причина не позволила произвести построение кривых зависимости коэффициента фильтрации от времени. Тем не менее, полученные средние величины коэффициентов фильтрации (по направлению оси $X K_{\phi} = 5 \times 10^{-7}$ и $Y K_{\phi} = 5 \times 10^{-8}$) также в свою очередь подтверждают наличие лучшего уплотнения поперек дамбы, чем вдоль.

На рис. 5 представлен график деформации грунта на сдвиг в зависимости от сдвигающего усилия. Данные для построения указанного графика получены нами в результате испытания образцов грунта на приборе проф. Пузыревского. Результаты данного испытания, как и предыдущих, подтверждают правильность предположения наличия анизотропности тела дамбы в плоскости осей X и Y.

Все вышеизложенные эксперименты проводились нами с целью установления анизотропности тела дамбы в направлении осей X и Y,

наблюдения изменения объемного веса укатанного слоя песковидного сыпучего материала от глубины взятия пробы



при засыпке нового слоя на свежеекатанный еще более препятствует возникновению связи между отдельными укатанными слоями — они совершенно свободно отделяются друг от друга (см. рис. 7 фиг. 1). Приведенные здесь факты не являются единичными и случайными явлениями и, если при рассмотрении вертикального разреза тела дамбы данные качества на-глаз могут быть и не установлены, то, применив некоторое усилие, мы всегда сможем отделить один слой от другого. При постановке опытов по выявлению анизотропности в направлении осей X и Y, для избежания взятия на испытание образцов грунта в местах контакта слоев, принудительное расслоение монолитов не производилось. Освобожденный от ящика и гипсовой оболочки монолит под влиянием потери влаги при высыхании сам дает трещины в местах контакта слоев.

Анализируя все вышеуказанное, можно прийти к заключению, что резкую неравнопрочность тела дамбы в вертикальной плоскости частично можно устранить лишь при бдительном выполнении всех



Рис. 7.

технических условий по возведению дамб (обязательное рыхление и смачивание поверхности укатанного слоя перед засыпкой нового, придание оптимальной влажности грунту при укатке) и снижении толщины укатываемых слоев. Последнее же сплошь и рядом не всегда может быть приемлемо из-за экономических соображений; что касается смягчения анизотропности в направлении осей X и Y , то последнее может быть достигнуто лишь при применении шиповых или ребристых катков (неравнопрочность тела дамбы в вертикальной плоскости шиповые катки устраняют совершенно). Применение шиповых катков, кроме сравнительно малого веса и большого удельного давления, имеет также и то

преимущество, что укатанная поверхность грунта не требует затраты времени и средств на поверхностное рыхление.

Наличие анизотропных свойств, столь резко выявленных в период возведения дамб, очевидно, с течением времени в период эксплуатации, под влиянием всевозможных факторов несколько смягчается, тем не менее сказать о том, что данные свойства являются величинами быстро исчезающими, в настоящий момент не представляется возможным. С практической стороны разрешение данного вопроса может иметь то значение, что к вопросу выбора оборудования (катков) при возведении земляных сооружений на крупных гидротехнических стройках представляется возможным подходить сознательно, учитывая возможные при этом дефекты в работе. Кроме того, гон катка при укатке грунта в водоудержательные насыпи, независимо от его длины, как правило, необходимо располагать параллельно будущему урезу воды.

Чирчекстрой

Модели сооружений на помощь эксплуатационному штату

Существующие методы эксплуатации инженерных сооружений, не имеющие в большинстве случаев научного обоснования, приводят к затруднениям в периоде их применения, а иногда и авариям.

Результаты неумелой эксплуатации сооружений, забирающих воду из источников питания, несущих массу донных наносов, можно иллюстрировать целым рядом фактов. Например¹, узел сооружений на р. Кугарт-сае, где наносами завалены в головных участках правый и левый магистральные каналы, также забита наносами потерна, заложенная в глухой части плотины, подававшая воду на правый берег, так что до последнего времени подача воды как на правый, так и на левый берег производится старыми оголовками; второй пример — Аравансайское сооружение вследствие непринятия мер для пропуска паводкового расхода также было завалено наносами и разрушено; третий пример — авария на быстротоке канала Янги-даргом (системы Верхнезеравшанского узла) вследствие пропуска паводковых расходов при открытых щитах промывных карманов с одновременным забором воды в регулятор, что обусловило значительную насыщенность забираемого потока наносами. Эти примеры в достаточной степени характеризуют результаты неумелой эксплуатации сооружений.

А таких примеров можно привести целую серию.

Из изложенного видно, что неумение эксплуатировать сооружения, незнание конструктивных особенностей сооружения, их неосвоенность эксплуатационным штатом приводят к простоям сооружения на ремонте и даже выводят их из строя, с возвратом к старым методам подачи воды на поля орошения.

Причины этого следует искать в большинстве случаев в некомпетентности эксплуатационного штата, в частых сменах руководящих эксплуатацией сооружений работников, а также в незнании ими истории работы сооружения; немаловажную роль играет и безразличное отношение того или иного руководителя к порученной ему работе.

¹ Результаты полевых освидетельствований приводимых в статье сооружений даны в статьях инж. А. В. Троицкого в № 1 за 1936 г. и № 9 за 1935 г. журнала „Ирригация и гидротехника“.

Кроме того, вопросы эксплуатации предполагаемого к постройке сооружения совершенно не учитываются в период составления проектов и редко даются для проверки в лабораторных условиях совместно с исследованиями, проводимыми на предмет выявления лучших для данных конкретных условий типов сооружения.

Получаемые же попутно с исследованиями моделей в лаборатории материалы по эксплуатации совершенно недостаточны.

Исходя из изложенного, во избежание повторения в дальнейшем имевших место ошибок, необходимо провести в жизнь следующее мероприятие, нашедшее поддержку как со стороны некоторых проектировщиков-строителей, так и заведывающих эксплуатацией, а именно — на каждом существующем и обязательно вновь возводимом сооружении устанавливать геометрически подобно воспроизводящую натуру модель, но ни в коем случае не макет.¹

Устройство такой модели давало бы руководящему эксплуатацией штату производить сопоставление явлений, происходящих на модели, с явлениями натуры, проверять то или иное эксплуатационное мероприятие до его применения в натуре. Явления, сопутствующие ему, фиксируются и при благоприятном результате эти мероприятия могут быть перенесены в натуру. Таким образом, эксперимент проводится на модели, а не в натуре, и только лучшие результаты переносятся в натуру.

При таком методе эксплуатационный штат более быстро и лучше освоит вверенное ему сооружение, попутно накопит отсутствующий в настоящее время материал как по моделированию, так и по технической эксплуатации крупных ирригационных сооружений.

Вместе с этим на каждом сооружении будет собран материал, которым будет руководствоваться новый эксплуатационный штат в случае смены старого.

На базе накопленного и проверенного материала возможно будет создать вполне полноценную инструкцию по эксплуатации инженерных сооружений, каковой до сего времени нет.

Эффекта от применения рекомендуемого метода можно ожидать большого; затрата же на постройку и содержание штата, работающего на модели, совместно с консультацией по ее освоению не превысит 5 — 10 тысяч рублей.

По нашему мнению, необходимо предлагаемое мероприятие в самый короткий и жесткий срок внедрить в производство, обеспечив этим заведывающих эксплуатацией от эксплуатирования сооружений вслепую и от повторения прежних ошибок, тем самым удлинив сроки безаварийной службы дорогостоящих ирригационных сооружений.

Ташкент

¹ Как то, например, было сделано для Чумылской плотины на р. Чу КирАССР.

Зимняя эксплуатация плотины Чумыш на реке Чу

в 1934—1935 гг.

1. Введение

Настоящая статья представляет собой результаты рекогносцировочных наблюдений за Чумышской плотинкой в первый год ее эксплуатации в зимний период.

В Средней Азии, в связи с развитием гидроэлектростроительства и крупного промышленного водоснабжения, большинство гидротехнических сооружений (плотины, головные сооружения и т. д.), предназначенных в основном для ирригационных целей, используется комплексно и вынуждено работать круглый год. Но, как показал опыт эксплуатации и исследований Санири, существующие гидротехнические сооружения в условиях Средней Азии к нормальной работе в зимний период не приспособлены и на эксплуатацию их необходимы огромные средства¹.

2. Программа работ

Из общей программы гидротехнических исследований на плотине Чумыш² зимний режим составляет очень незначительную часть, а именно:

Зимний режим

I. В целях определения условий сброса шуги, льда и плавающих предметов через плотину, производится наблюдение за движением льда и шуги вдоль забральных стенок, подходом их к козырькам секторных щитов и сбросом в нижний бьеф, а также фиксация явления заторов, если таковые будут наблюдаться.

¹ См. журнал Ирригация и гидротехника № 2 за 1936 г. ст. Ушакова А. и Дмитриева К. и вып. 41 за 1937 год ст. Ушакова А. и Аладьина Н.

² Исследования на плотине Чумыш проводились под общим руководством М. С. Вызго.

II. Определение попадания шуги и льда под забральную стенку в отстойники и дальше в канал.

III. Наблюдение за обмерзанием плотины, примерзанием щитов и манипуляции щитами в зимний период.

3. Краткая гидрологическая характеристика реки Чу

От ледника Тянь-шаня до пустынных степей протекает р. Чу. С отметки приблизительно 3000 м сбрасывается до отметки 300 м. Чу имеет длину около 1000 км.

За начало Чу можно принять либо р. Кочкур, либо р. Джуван-арык. Место слияния Джуван-арыка с Кочкуром и дает начало Чу. Далее она течет в долине, сжимаемой склонами Корчая с юга, Арза с севера, и образует обширную Ортотокайскую впадину, в устье своем режущую горы Кызыл-аймул, и огибая их с южной, восточной и северной сторон, река протекает вблизи оз. Иссык-куль, имея превышение над последним, у развалин Кутем-алды, в 8 м. Ниже Кутем-алды река проходит в Карочингайском развале, далее меняет свое направление на север, образуя Буамское ущелье. После Буамского ущелья река выходит в Чуйскую долину, приобретая свойства долинной реки.

Чу заканчивается в 100 км не доходя р. Сыр-дарьи.

Из притоков следует отметить те, вода которых вливается в Чу, — правобережные: Большой Кибин, Малый Кибин, Черная; левобережные: р. р. Красная, Алаарча, Аксу. Ряд более мелких речек, стекающих в Чуйскую долину, не донося своих вод до р. Чу, разбирается на орошение в предгорьях и погружается в вершинах конусов выноса. Фильтруя в конусах, воды горных речек частично выходят на дневную поверхность в виде ключей и карасюков (ключи и карасюки составляют около 20% от всего водного баланса бассейна).

Питание Чу смешанное, имеет два паводка — снеговой и ледниковый.

Максимум максимор отмечен на Чу 280 м³/с и минимум минимор — 13 м³/с.

Чу замерзает лишь с середины своего течения, а именно около села Успенского и далее книзу на всем своем протяжении.

4. Зимний режим Чу¹

Что касается зимнего режима реки Чу, то имеющиеся данные непосредственных наблюдений за состоянием ледяного покрова являются недостаточными и отрывочными. Между тем, судя по ходу температур в течение года, следует предполагать, что зимний режим отличается сложностью и неустойчивостью.

Зимний режим реки Чу, согласно имеющимся данным, освещен в особой записке (Зимний режим р. Чу ниже села Ильинского). Здесь мы приведем лишь основные выводы из указанной записки.

Температура воздуха в течение зимних месяцев отличается резкими колебаниями от 29,4° до 39°; что касается воды, то последняя обнаруживает значительные колебания и переохлаждения в районе Кутемалдинского гидрометрического поста. По мере движения вниз

¹ По проектным данным.

№ п. п.	Описание места опускания при- бора	Глубина в месте наблюдения	Скорость в месте наблюдения	Время опускания при- бора и состояние погоды						Время осмотра и состояние погоды						Величина обмерзания веревки и пучков	Характер обмерзания
				Время опускания при- бора и состояние погоды			Время осмотра и состояние погоды			Время опускания при- бора и состояние погоды			Время осмотра и состояние погоды				
				месяц, число	часы	облачность	ветер	темпера- тура воздуха	темпера- тура воды	месяц, число	часы	облачность	ветер	темпера- тура воздуха	темпера- тура воды		
1	Контрольная веревка в верх- нем бьефе пло- тины	1,20	—	14/1	21	1	—	—21	+0,1	15/1	9	1	—	—22	—0,05	Пучки и веревки обмерзли толщ. 4 см (довольно сильное сцепление)	Структура пла- стинчатая, размер пластинок 1 мм, вся веревка покрыта тонким слоем льда
2	Контрольная бутылка в верх- нем бьефе пло- тины	1,20	1,05	15/1	20	1	—	—19,5	+0,1	16/1	9	1/2	—	—21	00	Стенки бутылки покрыты тонкими иглами льда длиной 1,5 см, толщиной в лист писчей бумаги	Груз и куски проволоки покры- ты слоем пластин- чатого строения льда
3	Контрольная веревка в ниж- нем бьефе пло- тины	1,65	2,20	15/1	20	1	—	—19,5	+0,1	16/1	9	1/2	—	—21	00	Веревки и пучки покрыты слоем льда толщиной до 3—5 см.	Структура об- мерзания пластин- чатая, размер пла- стинок 2×3 мм
4	Контрольная веревка в ниж- нем бьефе пло- тины	1,65	2,20	14/1	21	1	—	—21,5	+0,1	15/1	9	1	—	—22	0,05	Груз, пучки и веревка покрыты слоем льда толщиной до 1—1,5 см.	Структура обмер- зания пластинча- тая, пучки про- волоки смерзлись между собой до- вольно сильно, для отрыва требуется некоторое усилие

по течению реки эти колебания t° воды смягчаются и в районе Константиновского поста не обнаруживают такой резкости. Последнее объясняется, повидимому, выклиниванием на этом участке значительного количества грунтовых вод.

Данные гидрометрических наблюдений показывают, что сплошного замерзания р. Чу от Орт-Токинского поста до с. Ильинского не наблюдалось, даже при t° воздуха до -30° . Явление это обусловливается, кроме вышеуказанного питания р. Чу грунтовыми водами, еще наличием больших скоростей течения. Так, например, у Константиновского поста средние скорости течения в зимний период — около 1,5 м/сек. Вместе с этим *в течение зимних месяцев на р. Чу наблюдается почти непрерывное движение льда и шуги*. Так, по Константиновскому посту период ледохода наблюдается от 60 до 80 дней.

Наличие шуги и донного льда создает благоприятные условия для образования ледяных заторов. При условии подпора реки плотиной и образования бассейна перед ней со слабыми скоростями течения следует ожидать перед плотиной образования сплошного ледяного покрова. Нормальная толщина слоя льда в этих условиях по формуле Н. Г. Барнеса с поправочным коэффициентом к ней инж. Н. Л. Порывкина определена в 38 см.

Исходя из описания зимнего режима р. Чу, можно принять следующие основные условия, которым должен удовлетворять Чумышский ирригационный узел в связи с зимним режимом реки Чу:

1. Принимать в расчет давление льда на гидротехнические сооружения, вследствие расширения ледяного покрова, не следует, так как в естественном режиме реки сплошного ледяного покрова почти не бывает, а в условиях подпертого горизонта ледяной покров может образоваться лишь незначительной толщины (макс. 38 см) и, кроме того, пологий левый берег реки позволяет свободное расширение ледяного покрова при изменениях температуры. Кроме того, значительные колебания горизонтов перед плотиной будут сплошной ледяной покров взламывать.

2. Следует учитывать необходимость пропуска льда и шуги в течение весьма продолжительного периода — от 60 до 80 дней. Это обстоятельство заставляет при выборе конструкции щитов уделить особое внимание расходу пропуска льда без открытия всего отверстия во избежание больших потерь воды.

3. Условия для перехода льда и шуги на правом берегу реки у Чумышских скал являются весьма неблагоприятными, т. к. благодаря крутому изгибу реки в этом месте вся основная масса льда центробежной силой будет прижиматься к правому берегу.

4. Следует при проектировании металлических щитов учитывать возможность образования донного льда и примерзание щитов к флютбету.

Условия и характер сброса плавающих тел в верхнем бьефе через козырьки плотины (по данным ЦАГИ)

Для обеспечения невозможности попадания плавающих тел и ледяного сала¹ в головной регулятор канала устраивается в начале струенаправляющих стенок секций отстойника шандорный паз, перекрываемый шандорами² на глубину 77 см от нормального горизонта воды 658,50 таким образом, что плавающие тела, увлекаемые поверх-

¹ Очевидно, под ледяным салом ЦАГИ подразумевало шугу.

² В рабочих чертежах шандоры заменены забральной стенкой.

мостной скоростью, по углу скоса струенаправляющих стенок и при подходе к центральной части плотины сбрасываются через козырек в нижний бьеф.

Проверка на модели сооружения влияния выбранного узла скоса понуров показала, что для обеспечения полного сброса плавающих тел необходимо устройство забральной стенки. В этом случае вся масса плавающих льдинок сбрасывается через козырьки плотины.

При конструктивном устройстве забральной стенки, как шандор, в этом случае образуется гребенка и возможно скопление плавающих предметов у входа в отстойник и лишь частичный сброс в нижний бьеф.

Вышеприведенные данные и были положены в основу при составлении проекта в отношении зимней работы плотины.

Строительство в процессе работ уже предвидело, что основные затруднения будут не в том, о чем говорится в записках, относящихся к зимнему режиму, а в забивке водоема перед плотиной льдом и шугой. Это видно из пояснительной записки к исполнительному чертежу оградительной дамбы.

„Наличие на строительстве бутового камня позволило сохранить столь сильное крепление мокрого откоса дамбы, предложенное проектом, вследствие возможности тяжелого ледяного режима зимой, при наличии в подпертом бьефе в первые годы эксплуатации, до момента достаточного завала наносами, благоприятных условий для образования шуговых заторов“.

5. Основные данные Чумышской плотины

Основные данные о Чумышской плотине см. журнал „Ирригация и гидротехника“ №№ 5 и 7 за 1936 г¹.

6. Состояние плотины Чумыш и верхнего бьефа к моменту начала работ

К моменту прибытия нашего рекогносцировочного отряда горизонт перед плотиной был уже снижен с отметки 653.30 до отметки 652.50 (водоем перед плотиной спущен 2.1-35 г. и подача воды на Аламединскую ГЭС через плотину не производилась).

По причине, указанной выше, осуществить первоначально намеченную Институтом программу не представлялось возможным, и мы на месте работ ее изменили с учетом действительного положения вещей.

7. Описание произведенных работ

А. Гидрометеорологические и специальные наблюдения

Наблюдения общего порядка производились в верхнем бьефе плотины (на 80 м вверх от нее, по правому берегу) три раза в сутки — в 8, 13, 19 и по мере надобности — в 24 часа. Наблюдения за колебанием горизонтов не производились, так как горизонт воды был ниже 0 рейки в верхнем бьефе за время наблюдения.

¹ См. ст. М. С. Вызго, И. А. Холькина и Чекулаева Г. С. и ст. М. С. Вызго и В. Л. Иваненко.

Все наблюдения общего порядка сведены в график (см. рис. 1).

Помимо общих наблюдений в районе плотины были проведены наблюдения за образованием подводного льда по сечению потока при помощи контрольных веревок. Они опускались вечером и оставались в воде до утра следующего дня. Все наблюдения за контрольными веревками сведены в таблицу 1.

Из рассмотрения указанной таблицы можно сделать некоторые выводы:

1. Обмерзание веревок происходит равномерно от поверхности до дна. Это говорит за то, что кристаллы находятся в потоке по всему сечению.

2. Пучки веревки и груз обмерзают только тогда, когда t воды¹ ниже 0° .

3. Характер обмерзания контрольных веревок в реке Чу походит на обмерзание контрольных веревок по рр. Чирчик и Боз-су.

Наблюдения за „донным“ льдом

Наблюдения за наличием льда на дне производились на двух участках, первый — ниже плотины на 200 м, а второй — в районе головного сооружения АГЭС.

Грунт, где наблюдался „донный“² лед, — галечник с песком; глубина воды на первом участке 0,70 м, а на втором 1,70 м, $v_{\text{ср.}}$ соответственно равны 1,15 м и 0,70 м/с.

На указанных участках покрытие дна льдом отмечено в следующие числа — 13/1 в 9 часов и 17/1 в 10 часов. Строение рыхлое, состоящее из пластинок, весьма напоминающее обмерзание контрольных веревок; толщина 0,5—2,0 см. Наблюдениями отмечено, что лед на дне долго не держится и легко всплывает.

Б. Маршрутные наблюдения на реке Чу

В целях выявления зимнего режима р. Чу на участке выше плотины нами был произведен маршрут от плотины Чумыш до сел. Токмак; общее протяжение маршрута 50 км.³ В виду невозможности продвижения вдоль берега Чу,⁴ непосредственных наблюдений на р. Чу не производили, за исключением места впадения р. Черной в р. Чу, от Чумыша ~ 10 км. В момент наблюдений, т.-е. 25/1-35 г., р. Черная была скована льдом толщиной в 30 см, t воды под льдом $+0^\circ,2$, t воздуха — 6° ; минуты через три замеряли t воды в р. Чу (с 100 м выше впадения Черной реки в р. Чу) — термометр показал $+6^\circ,0$.

Расход Черной реки $Q = 0,25 - 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

26/1-35 г. в 4 часа дня прибыли на конечный пункт своего маршрута — головное сооружение Шортюбинского магистрального канала возле села Токмак. Питание указанного канала происходит следующим образом: 1) бесплотинный водозабор, 2) короткое подводящее русло, 3) головное сооружение, состоящее из сброса и регулятора. Перед регулятором имеется криволинейный порог.

Шортюбинский канал зимой не работает вследствие забивки его льдом и шугой.

¹ t воды определялась рудниковым термометром.

² „Донный лед“ наблюдался нами почти на всех реках Ср. Азии, сюда относятся: Сыр-дарья, Чирчик, к. Боз-су, к. Салар, деривационный канал Кадырья ГЭС, р. Ходжа-бакирган и т. д.

³ Выехали 25/1-35 г. в 2 часа дня и возвратились в 4 часа 27/1-35 г.

⁴ Транспорт — санки.

Сторож сооружения А. П. Чуриков (местный старожил) сообщил нам очень ценные сведения о зимнем режиме верхнего течения р. Чу; они сводятся к следующему.

В начале декабря 1929 г. Чуриков ездил с извозом из Токмака до рыбацкого поселка по Буамскому ущелью вдоль левого берега р. Чу; во время поездки t воздуха была $\infty 15 - 20^\circ$, дул встречный ветер и по Чу шла шуга. В районе станции Чулак, $\infty 40$ км от Токмака, был шуговой затор длиной 1,2—2 км. От ст. Чулак до Рыбачьего поселка имелся ряд незначительных заторов, не более 60—80 м в длину¹.

В декабре 1932 г. Чуриков вновь проезжал Буамское ущелье и также наблюдал ряд заторов по Чу.

Особое внимание нами было обращено на сбор сведений о зимнем режиме р. Красной. Красная речка родникового питания; общая длина ее $\infty 30$ км. Расходы как летом, так и зимой почти равны и, по данным балансовой гидрометрии, $Q = 15 - 20 \text{ м}^3/\text{с}$; t воды зимой теплая. Шуги и льда в Красной речке не бывает.

Зимний режим р. Чу в районе Токмака

1. Около Токмака почти ежегодно образуются заторы длиной до 6000 м, шириной во всю пойму — 300 м. Так, например, затор от 6/I-35 г. образовался там, где Чу делится на четыре рукава. Образование затора сопровождается подъемом горизонта на 1 м выше, чем обычный зимний горизонт. Строение затора возле Токмака — беспорядочное нагромождение шуги и льда до 2,5 м высоты.

2. В зимний период, который можно считать (90 дней) с средней суточной температурой ниже 0° , шуга идет 30—60 дней и ход ее с перерывами.

В 1934-35 г. шуга шла 25—30 дней, а ход ее прекратился 23/I-35 г.

3. Шугоход начинается при t воздуха — $8 - 10^\circ \text{ С}$.

В. Данные о зимнем режиме р. Чу по Константиновскому посту²

Константиновский пост расположен на 5 км ниже плотины Чу.

Руководитель гидрометрических работ по Чуйской долине И. И. Вальтер³ любезно сообщил нам о зимнем режиме р. Чу следующее:

1. До Таш-уткуля р. Чу обладает свойствами зимнего режима рек Средней Азии, но с учетом местных особенностей; в частности, Красная речка сильно искажает зимний режим р. Чу, так как вода в ней зимой теплая (печка-Чу).

2. За Гуляевкой, которая расположена ∞ на 120 км ниже Константиновского поста, Чу в зимний период напоминает низовья Амударьи и Сыр-дарьи. Пойма Чу покрыта нагромождениями из льда и шуги до 7—8 м высоты. Вследствие заторов за Гуляевкой р. Чу блуждает по пойме⁴.

¹ Аналогичные заторы нами наблюдались на р. Чаткал зимой 1932-33 и 1933-34 гг.

² Управление гидрометрической службы Чуйской долины помещается на Константиновском посту.

³ И. И. Вальтер работает на Чу с 1923 г.

⁴ Деформация русла по причине затора наблюдалась нами неоднократно: так, например, у головы Салара во время затора в январе 1933 г. дно размывлось на 1,5 м при толщине шугового слоя в заторе 2,5 м. Дно русла состояло из гальки до 10 см и песка.

3. В створе Константиновского поста с зимы 1923 г. по зиму 1935 г. шугоход более двадцати дней за зимний сезон не наблюдался.

4. По Чу имеется ряд материалов по зимнему режиму, но они не обработаны и не обобщены.

Выводы

На основании полученных материалов можно сделать следующие предварительные выводы:

I. Р. Чу по характеру зимнего режима необходимо ориентировочно разбить на три участка:

- а) от начала до впадения в нее Красной речки;
- б) от впадения Красной речки до Гуляевки; этот участок вследствие питания родниковыми водами менее всего шугоносен;
- в) от Гуляевки до озера Саумаль-куль.

Примечание. Дальнейшие выводы будут относиться только к уч. б.

II. В условиях р. Чу, при открытой поверхности реки, значительной турбулентности и колебании ср. суточных t воздуха от -2° до -18° (с постепенным понижением t воздуха — от 2° до -18° в течение 7 дней), происходит образование как глубинного, так и донного льда.

III. Колебание кривой шугообразований следует кривой колебания t воздуха, при чем пику t воздуха соответствует увеличение шуги.

IV. Ход шуги в зиму 1934-35 г. характерен тем, что в декабре шуги нет (за исключением 21/XII-34 г.). За январь месяц среднесуточная t воздуха ниже 0, шуга шла 8 дней.

V. По Чу шуга встречается в следующих видах: зернистая, пластинчатая.

VI. В условиях Чу шуга идет коврами, площадью от 0,20 м до 6—7 м. Глубина погружения ковров не превышает 35 см.

VII. Зимний режим Чу чрезвычайно сложен и для освещения его необходимы детальные исследования.

Д. Затор перед плотиной от 2/I-35 г.

Шуга перед плотиной Чумыш была отмечена первый раз 21/XII-34 г. (ход ее продолжался не более 4 часов в количестве 2—3%). Вторично шуга у сооружения появилась в ночь с 1/I на 2/I, водоем перед плотиной покрылся коркой льда, идущая сверху шуга падала под лед, и произошло обычное явление — образовался затор (перед затором плотина работала нормально).

Вследствие затора горизонт воды перед плотиной стал подниматься (см. рис. 1), достигнув отметки выше катастрофической. По причине подъема горизонта в районе головного сооружения Аламединской ГЭС создавалась угроза перелива воды через дамбу (ее всю ночь 2/I крепили). В случае перелива воды поверх дамбы ее могло разрушить и Чу направилась бы в деривационный канал АГЭС. Указанное обстоятельство могло вызвать аварию на Аламединской гидроэлектростанции, которая снабжает электроэнергией гор. Фрунзе.

Горизонт воды у головного сооружения АГЭС поднялся против нормального на 1,3 м и часть воды переливалась через щиты регулятора (см. рис. 2).

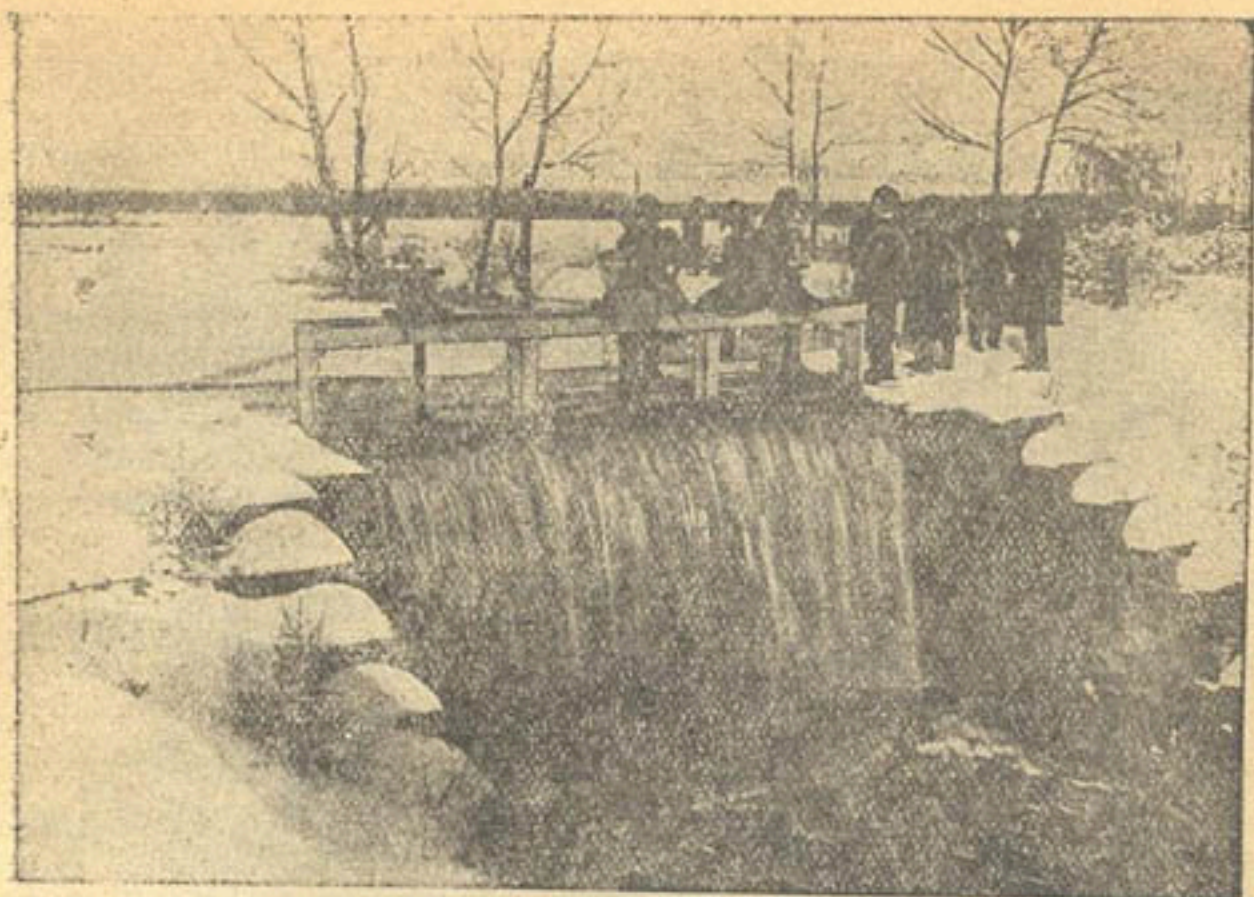


Рис. 2. Перелив воды через щиты головного регулятора АГЭС. Январь, 1935 г. Фото Попова.

Для предотвращения последствий, которые могли произойти вследствие подъема горизонта воды, строительством и администрацией АГЭС были приняты следующие меры:

1. Артель рабочих непрерывно производила подсыпку дамбы в районе головного сооружения АГЭС.

2. В 7 час. утра 2/1 приступили к постепенному спуску водоема перед плотной, и к 3 часам дня горизонт снизился на 1,5 м против нормального, а питание Атбашинского канала переключили на старое головное сооружение.

После снижения горизонта скорости перед плотиной установились почти бытовые, вследствие чего илистые и песчаные отложения интенсивно размывались (размывы продолжались 4 дня) и русло Чу разбилось на три рукава (см. рис. 3), один из которых (основной) направился вдоль оградительной дамбы, угрожая подмыть последнюю. Для предупреждения подмыва строительство установило 4 каменных отбойных шпоры.

Описание наблюдений за остатками затора от 2/1-35 г.

В целях получения необходимых данных, характеризующих затор от 2/1, проделаны следующие работы:

1. На план масштаба 1:2000 нанесли границы, строение затора и новое русло Чу (см. рис. 4).

2. Пронивелировали характерные заторные горизонты в трех местах:

- а) на 110 м выше плотины,

- б) в районе головного сооружения АГЭС,

- в) выше головы АГЭС у 26-й рейки.

На основании полученного материала по Чу и имеющегося в Санири по другим рекам можно судить о характере забивки водоема шугой. Из рисунка 4 видно, что средняя часть водоема



Рис. 3. Общий вид водоема перед Чумышской плотиной после спуска воды по причине затора от 2/I-36 г.

состоит из торосистого нагромождения шуги, а слева и справа — ровный кристаллический лед. Следовательно, основная забивка шугой проходила по середине водоема, там, где был основной ток воды. Значительно забивало русло в конце оградительной дамбы; здесь нагромождение шуги доходит до 1,20—1,50. Общая длина затора — 4000 м, он кончился там, где скорость в реке $v_{\text{лов}} = 2,30$ м/с. Объем льда и шуги в заторе = 1.000.000 м³.

Е. Плотина, регулятор и затворы

Так как Чумышская плотина фактически в зимних условиях (с шугоходом) при н. г. воды не работала (см. рис. 5), то о ее работе возможно судить только по материалам косвенного порядка.

В отношении плотины можно отметить следующие моменты:

1. До заиления верхнего бьефа работать плотиной с н. г. не удастся, так как в этих условиях скорости малы — порядка 0,5 м/с, т. е. такие, при которых шуга смерзается.

2. Секторные щиты в зимний период сильно обмерзают (см. рис. 6), вследствие чего манипуляции с ними затруднительны; так, например, 19/I-35 г. щит примерз к бычкам и при подъеме его были повреждены подъемные тросы. Перед подъемом щитов производили околку льда и обливали щиты кипятком.¹

3. Обмерзание щитов объясняется следующим:

- 1) боковая фильтрация;
- 2) фермы щита близко расположены к бычкам (расстояние между фермой и бычком 0,10 м);

¹ Каких-либо мероприятий по обогреву щитов на Чумышской плотине нет. Данное обстоятельство необходимо учесть при постройке щитов на плотине Чирчик ГЭС и предусмотреть устройство электрообогрева.

Индия

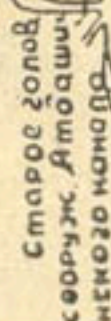


Рис. 4.

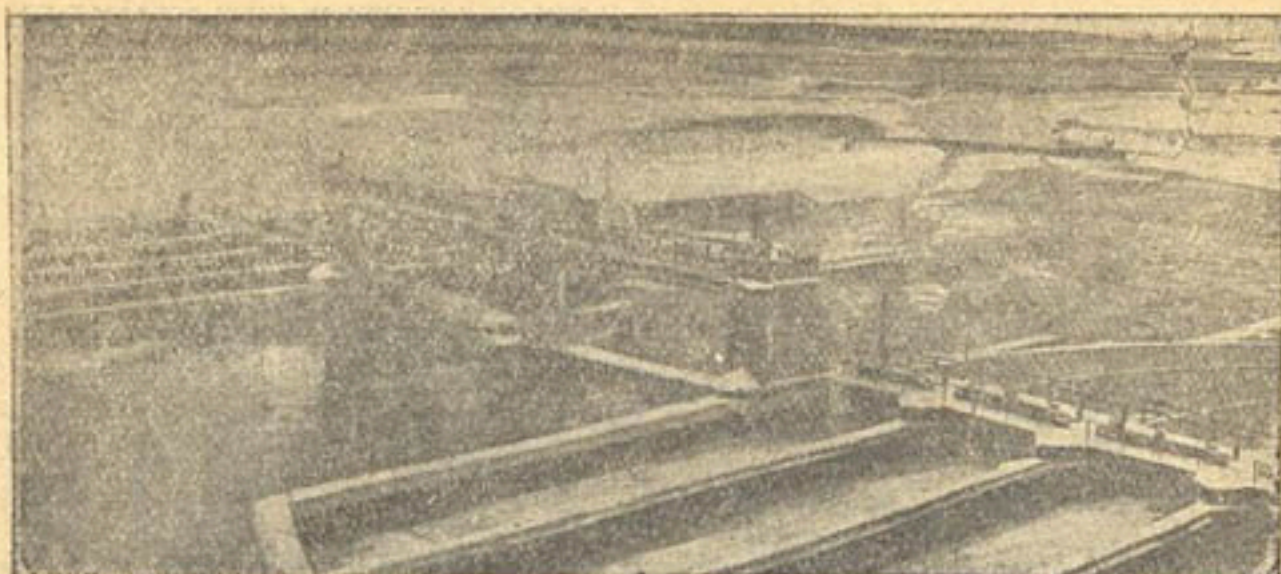


Рис. 5.

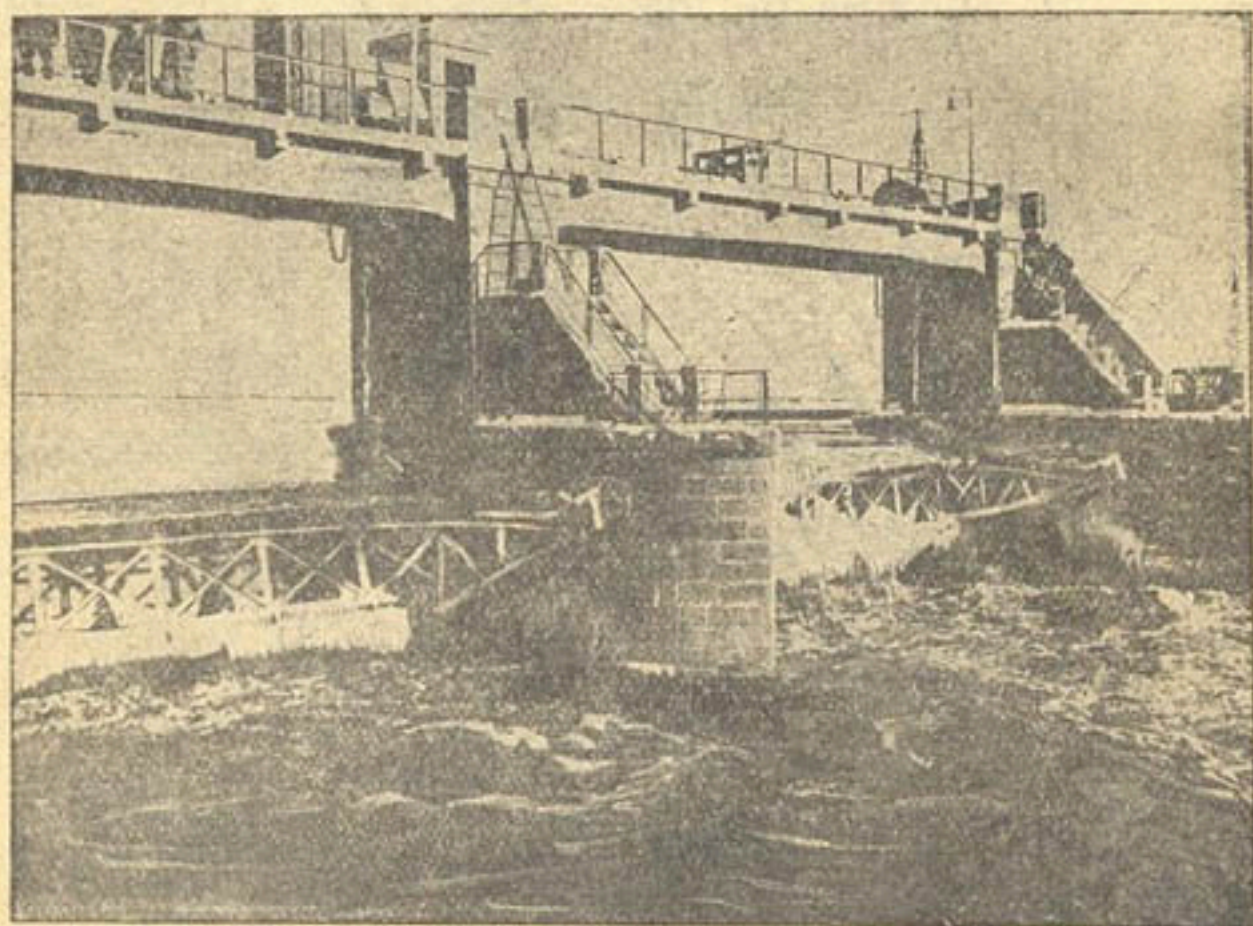


Рис. 6. Обмерзание секторных щитов Чумышской плотины. Январь. 1935. Вид с нижнего бьефа. Фото Попова

- 3) отсутствие боковых щек на льдо-шугосбросном козырьке.
- 4) Подъемные механизмы и оси сегментных щитов даже при температуре воздуха -32° работали вполне удовлетворительно.

Ж. Работа деривации и станции АГЭС

Аламединская гидростанция в 1935 г. затруднений от шуги и льда почти не испытывала, хотя в прошлые годы затруднения были значительные.

Нормальная работа АГЭС объясняется следующим образом: после расширения деривационного канала скорости в нем в зимний период

уменьшались, с 0,9 — 1 м/с. до 0,3 м/с, и он стал покрываться льдом почти на всем протяжении; после установления ледостава станция работает нормально, так как ледяной покров является самым надежным средством против образования шуги.

В прошлые годы станция испытывала ряд затруднений¹:

1. Забивка и обмерзание решеток перед входом в трубопровод.
2. Забивка и обмерзание направляющего аппарата и даже напорного трубопровода².

Общие выводы

I. Благодаря сооружению плотины Чумыш резко изменился бытовой режим Чу на участке подпора. Изменение коснулось главным образом:

1. Формирования русла на участке подпора и выше.
2. Изменения ледового режима, так как зимний режим в верхнем бьефе неразрывно связан с оформлением потока в зоне подпора и выше. Мы считаем, что противошуговые мероприятия нужно разбить на две очереди: первые предусматривают охрану и пропуск шуги при неустановившемся режиме верхнего бьефа, т.е. за тот период, пока будет происходить занос, заиливание наносами верхнего бьефа. Этот период характеризуется нарастанием скоростей в верхнем бьефе и формированием русла потока выше плотины.

Второй период можно считать с того момента, когда скорость в верхнем бьефе приблизится к бытовым или порядка 1,0 — 1,2 м/с., т.е. таким, при которых, очевидно, ледяного покрова (затора) в условиях верхнего бьефа перед плотиной не произойдет. Шуга будет транспортироваться без задержки. При таких условиях с шугой можно бороться двумя способами:

а) пропуск шуги через плотину (если подходные скорости будут не меньше $v = 1,0 - 1,2$ м/с);

б) всю воду и шугу направлять в Атбашинский и Георгиевский каналы и борьбу вести у напорных бассейнов³.

Окончательно решить вопрос, как вести борьбу с шугой (во второй период) в верхнем бьефе, можно только тогда, когда:

а) будет установлено, через сколько времени верхний бьеф достигает бытового режима;

б) поставлены исследования в 1936 — 37 гг. на р. Чу. К указанному периоду водоем заилится процентов на 60 — 70;

в) сопоставлены проекты тех или иных противошуговых мероприятий.

II. До окончания строительства Георгиевского канала и станции на нем в зимний период можно работать с пониженным горизонтом перед плотиной, АГЭС питать старой головой. Но работа с пониженным горизонтом равносильна промывке верхнего бьефа, а это отдаляет срок установления бытового режима перед плотиной.

III. Как одно из мероприятий для работы плотины с нормальным горизонтом, можно рекомендовать следующее: выше плотины в под-

¹ По данным директора станции, Волохова, А. С.

² Зимняя эксплуатация Аламединской ГЭС во многом напоминает эксплуатацию Бозеуской ГЭС.

³ Указанный способ борьбы с шугой только у напорного бассейна применен впервые в 1933-34 г. на Кадырье ГЭС и зарекомендовал себя как вполне надежный — при условии, если шуга транспортируется по каналу.

ходящих условиях (широкая пойма, камыши, отсутствие населения) создавать искусственные заторы (шугохранилище) с тем, чтобы не допускать ее к водоему перед плотиной. Для создания затора можно применить пловучие гирлянды, или камышитовые плиты с металлическим каркасом из тросов или проволоки. При пользовании камышитовыми плитами их необходимо опускать до дна с таким расчетом, чтобы основное русло было перекрыто ими.

Указанные мероприятия провести вполне возможно, так как они недорогие и совершенно безопасны для кого-либо.

IV. Наблюдения Института в практике показали, что существующие гидротехнические сооружения, как то: плотина Кадырья ГЭС, плотина Чумыш, Боз-су ГЭС, голова Салара, Заха и Шарихан-сая и т. д. в зимний период работают с большими перебоями, а иногда даже совершенно выбывают из строя на длительные сроки.

Исходя из этого, на работу гидротехнических сооружений в зимнее время должно быть обращено серьезное внимание, так как большинство проектирующих и строящих организаций халатно относится к вопросам зимнего режима.

VI. При проектировании гидротехнических сооружений в условиях Ср. Азии нужно ледовую задачу учитывать так же, как и наносную, помня, что борьба с шугой и льдом почти всегда требует мероприятий противоположных, чем борьба с наносами.

Организационные мероприятия по очистке арыков в Исфайрам-Шахимарданской системе 1935-36 год

Предисловие

Настоящая статья по очистке ирригационной и заурной сети, включающая в себе только данные по Исфайрам-Шахимарданской системе, имеет своим назначением отметить существующие положения с работами по очистке, а также выдвигает ряд предложений, содержание которых сводится к улучшению постановки этих работ в будущем.

Поскольку работы по очистке ирригационной и заурной сети в большинстве районов Узбекистана проходят в одинаковых примерно условиях, самый вопрос очистки приобретает общий интерес для всего Узбекистана и особенно для водных его работников.

Все отмеченные в статье цифры получены из отчета Исфайрам-Шахимарданского системного управления в г. Фергане. Обработка статистических материалов (приложение к статье) сделана при содействии экономиста Н. Н. Весновского.

В. С. Грушевский

Огромная программа роста народного хозяйства, намеченная на вторую пятилетку, заставляет общественность заострить свое внимание на обеспечении наиболее рациональных организационных форм работы, придания им полной четкости, ясности и разработанности.

Проф. Н. В. Поляков

Обслуживаемые Исфайрам-Шахимарданским системным управлением источники орошения — Исфайрам-сай и Шахимардан-сай, а также часть Шаарихан-сая (из р. Кара-дарья) орошают пять районов — Ферганский, 2-й Ленинской МТС, Маргеланский, Ташлакский и Алтыарыкский. Расположенные на территории указанных районов русла источников орошения заиляются по Исфайрам-саю и Шахимардан-саю совершенно незначительно и обеспечивают пропускную способность воды на всем их протяжении без очистки. По системе Шаарихан-сая, наоборот, заиление очень большое и требует иногда за вегетационный период до двух полных очисток. Заиление зауров меньшее в верхней части Исфайрама и Шахимардана и большее в нижней части этих саев, а также по Шаарихан-саю. Все работы по очистке ирригационной и заурной сети выполняются силами насе-

ния вышеуказанных пяти районов, в порядке общественных ирригационных работ, под наблюдением полевого гидротехнического персонала районов.

К магистральным каналам Исфайрам-Шахимарданской системы могут быть отнесены каналы Исса-аулие, [REDACTED] и Дехкан-абад, являющиеся наиболее крупными каналами системы и имеющие наибольшее количество работ по очистке.

Такие каналы, как Кува и Бешалыш по Исфайраму, Маргелан и Алты-арык по Шахимардан-саю, также относятся к магистральным, но они очистки не требуют, т. к. имеют в холостой их части галечно-каменистые русла, на которых наносов не остается.

Все остальные более мелкие магистрали с самостоятельным водозабором из источника орошения проходят в отчетных материалах в рубрике „распределительной сети“.

К последней отнесены также отводы первого и второго порядка и в некоторых случаях отводы третьего порядка, при условии орошения ими земель нескольких колхозов.

Мельчайшая сеть — это отводы третьего порядка и оросители, т.-е. собственно-внутриколхозная сеть.

Кроме ирригационной сети, по системе подвергается очистке и осушительная сеть, носящая местное название заурной сети.

До настоящего времени организация и проведение работ по очистке сети проводились следующим образом:

Подготовка работ. Перед началом работ системное управление спускает в районы контрольные цифры, как затрат рабсилы, так и подлежащей к исполнению кубатуры работ, отдельно на магистрали, распределители, мельчайшую сеть и зауры. Располагая материалами по очистке за ряд лет, системное управление имеет возможность определить более или менее точно намечаемые плановые объемы работ. Гидротехники районов (райгидротехники и ст. гидротехники МТС) прорабатывают план до первоначальных учетных единиц в увязке с колхозами и определяют потребность в рабсиле. Эта проработка имеет своей целью подойти возможно точнее к определению объема работ и затрат рабсилы. От того, насколько серьезно гидротехники подходят к этому делу, зависит в дальнейшем и соответствующее выполнение плана.

Райисполкомы, утверждая план работ по очистке, обычно корректируют только срок выполнения работ, увязывая его с затратами рабсилы по всем с.-х. мероприятиям, не выходя из предела баланса этой рабсилы в районе в определенные промежутки времени. За утверждением плана работ следует его оформление, т.-е. дача разнарядок на рабсилу в сельсоветы и колхозы. Ограниченность времени для работ по очистке требует от низкого эксплуатационного штата исчерпывающего знания вверенного каждому из гидротехников и мирабов участка его работы, четкой расстановки рабсилы и постоянного наблюдения за выполнением работ. На месте работы совершенно необходим уполномоченный сельсовета, как администратор и руководитель работ. Безусловно, необходимо также участие представителя правления колхоза для наблюдения как за выполнением работы, так и за распределением исполненного объема работ соответственно выработанной кубатуре между исполнителями и за начислением трудодней для каждого работающего по очистке колхозника в отдельности. Особо следует оттенить наблюдаемый в настоящее время разноречивый в части установления норм выработки, стоимости работ и, как следствие, в начислениях трудодней за выпол-

ненную работу. Из этого вытекает необходимость узаконения как норм выработки по очистке, так и стоимости очистки в тех или иных единичных расценках с погонного метра длины или же с одного кубометра выемки. Основными показателями работ по очистке ирригационной сети являются: длина сети, объемы работ и нормы выработки.

Длина сети. Один из основных показателей очистки — длина — имеет исключительно большое значение, т. к. точность определения этого показателя может служить основанием для исчисления размеров очистки не только для какого-нибудь периода года, но и на целый ряд лет.

По Исфайрам-Шахимарданской ирригационной системе определение километража магистральных каналов распределителей I и II порядка, а также крупных зауров, в основном сделано. Магистральные каналы Исса-аулие, [REDACTED] и Дехкан-абад пройдены по несколько раз измерительным инструментом и точность длины по ним установлена до 1 п. м включительно и вопрос о длине их, подлежащей очистке, решен навсегда.

Для закрепления замеров длины по отдельным каналам необходимо устанавливать через 100—500 метров береговые бетонные репера. Установка деревянных реперов-пикетов себя не оправдывает, т. к. через год эти пикеты бесследно исчезают и их приходится восстанавливать.

Такие каналы, как Исса-аулие, [REDACTED] и Дехкан-абад, имеют уже береговые деревянные репера, установленные через 100 метров. Длина отводов I и II порядка также в значительной ее части по системе замерена низовым мирабским штатом. Измерителем служила рулетка или определенной длины веревка. По Ферганскому району, кроме того, на отводах первого порядка, начиная от головы арыков, по всей длине установлены деревянные репера через каждый километр, а по отводам второго порядка установлено по одному реперу в конце арыка. Аналогичная работа по отводам I порядка не полностью проделана и Алтыарыкским районом. Замеры произведены также в районе 2-й Ленинской МТС, в Ташлакском и Маргеланском районах, но без закрепления на месте теми или иными знаками.

Длина мельчайшей сети и мелких зауров, в виду значительности их разбросанности и меняющегося их направления и размера, точно не определена и подлежит изучению.

Что касается крупных зауров, то их длина является на ближайшее время постоянной.

Объемы работ. Определив длину арыков, не трудно подойти и к уточнению объемов их заиливания, устанавливая их на определенной длине того или другого арыка. Единицей измерения здесь может быть количество наносов на 1 километр длины того или иного арыка.

По объемам земляных работ отдельные районы системы характеризуются следующими цифрами:

1. Маргелан	— 321000 м ³	годовой очистки
2. Ташлак	— 289000 м ³	" "
3. Ленинский	— 271000 м ³	" "
4. Алты-арык	— 228000 м ³	" "
5. Ферганский	— 110000 м ³	" "

От общего объема очистки кубатура работ по сети различного порядка составляет по распределителям — 40%, по заурам — 28%,

мельчайшей сети — 20% и магистральям — 12%. Таким образом, наибольший объем работ по очистке падает на распределительную сеть. Однако и зауры по системе дают большой процент работ, тем более, что по трудоемкости очистка их требует рабсилы больше, чем для остальных каналов.

Говоря об этих объемах, нужно иметь в виду, что эти объемы получены в результате не инструментального замера, а на основании подсчетов низового линейного персонала по длине арыков, поперечному их сечению и по глубине заиления. Точно установлены объемы только по арыкам, очищенным под нивелировку. Что же касается мельчайшей сети и мельчайших зауров, то объемы очистки их определены ориентировочно, по выборочному определению заиления на 1 км и по фактическим затратам рабсилы на эту очистку.

Рабсила. Порядок истребования рабсилы из колхозов на очистку существует с давних времен следующий: гидротехники районов, на основании утвержденного райисполкомом плана, составляют разнарядки по колхозам и требуют по ним выходов на работу. Выход на работу учитывается уполномоченным сельсоветом вместе с мирабом, при чем работающим должна выдаваться соответствующей формы квитанция о выполнении задания. Однако, по многим участкам районов, из-за недостаточной грамотности мирабов и учгидротехников, вошло в практику вести учет по списку с исчислением общего количества затраченной рабсилы на очистку того или иного арыка, что и фиксируется в акте приемки или в сводке, даваемой в МТС. Такой учет затраты рабсилы не может быть признан достаточно отображающим действительное положение вещей.

Нормы выработки и их определение. Определив объем выполненных работ в кубатуре по арыку или группе арыков и учтя число трудодней, затраченных на очистку этих арыков, не трудно установить среднюю выработку на один трудодень. Поскольку время этого трудодня не установлено, — оно колеблется от 4 до 10 часов, — выработка, естественно, будет колебаться, но средняя выработка по всем работам очистки на все количество трудодней так или иначе может быть установлена. За отчетный год нормы выработки на трудодень равны в кубометрах:

По магистральям	— от 1,6 до 4,4	в среднем 2,6
„ распределителям	— „ 3,4 „ 5,1	„ 4,5
„ мельчайшей сети	— „ 5,0 „ 7,6	„ 5,0
„ заурам	— „ 2,5 „ 5,0	„ 3,6

За ряд лет эти нормы значительно изменились в сторону увеличения их. Эта правильная тенденция к повышению их неуклонно сохраняется с 1932 г. и по настоящее время. Однако, имеющееся увеличение выработки еще не отвечает тем требованиям, которые предъявляются в данное время в отношении иных производственных процессов.

Описанная выше длина арыков, размер заиления на 1 км сети в кубометрах, затраты рабсилы и нормы выработки, все это является общим показателем выполнения очистки ирригационной и заурной сети. Опыты работы за прошлое время говорят о необходимости учета при очистке именно всех этих показателей. Исключение и наблюдения части их с оставлением измерителем какого-либо одного показателя или кубатуры, или рабсилы или длины, что практикуется

ежегодно ирригационным управлением НКЗ УзССР, лишает возможности судить о фактическом состоянии дела очистки на местах и не дает общего представления о ней.

Чтобы судить о степени выполнения очистки, необходимо точно знать длину, размер заиления на ней и действительную потребность рабсилы по отдельным видам очистки, т.-е. по магистральным каналам, распределителям, мельчайшей (внутриколхозной) сети и по заурам.

Общее выполнение работ по очистке ирригационной и заурной сети по Исфайрам-Шахимарданской системе в целом за осень 1935 года и весну 1936 года определилось в 1 211 846 кубометров на длине 6639 км, на что затрачено 289 969 человеко-дней. По сравнению с предыдущим производственным годом имеется некоторое уменьшение как кубатуры, так и затрат рабсилы. Уменьшение идет главным образом за счет распределителей. Однако, это не значит, что распределители очищены хуже, чем в предыдущем году. Наоборот, подготовленность ирригационной сети к водополивам в этом году вполне удовлетворительна. Дополнительные работы по подчистке арыков в летний период не будут превышать нормальные объемы, т.-е. прошлогодние. Следовательно, причиной уменьшения работ этого года по распределителям явились преувеличенные показания предыдущего года. Анализ выполнения работ по отдельным арыкам, произведенный на основе промеров длины, поперечных сечений и глубины заиления, подтверждает достоверность данных за последний год. Как оказалось, объемы работ очистки по отчетам за прошлые годы получались от определения выработки на трудовень по числу выходов на работу, без учета действительной длины и количества наносов по тому или иному каналу. Примерно такое же положение с определением объемов работ было в текущем году и по мельчайшей сети. Показатели очистки по мельчайшей сети из года в год увеличиваются, но никакого обоснования на это увеличение ни в одном районе нет. По заурам объемы работ за отчетный год более близки к действительности, чем в предыдущем году. Объемы очистки зауров по системе не увеличились, а уменьшились, хотя в отчетном году вошло в действие несколько новых зауров.

Сравнение данных об очистке за несколько лет подтверждает вывод о том, что кубатура работ по очистке, а равно и потребная для ее выполнения рабсила из года в год увеличиваются и дают наивысшие цифры для 1934-35 года. В то же время известно, что за последние четыре года никаких мероприятий, способствующих увеличению длины сети, по системе проведено не было. Длина сети, подлежащая очистке, должна поэтому остаться постоянной, количество наносов по ней также должно быть по годам примерно одно и то же и, следовательно, предпосылок к увеличению объема работ не должно быть. Для того, чтобы подтвердить это положение, подойдем к этому вопросу более конкретно по отдельным видам работ. По магистралям Исса-аулие, ~~Исфайрам-Шахимарданской~~ и Дехкан-абад производившаяся очистка чередовалась с работами по наращиванию берегов — обвалованием, а именно: в начале года по этим каналам производилась очистка, а в момент водополивов, по мере заиления русла, берега каналов по верху наращивались дерново-хворостяной кладкой.

Увеличение объемов работ по магистральным каналам в связи с более тщательной их очисткой в 1936 г. следует признать обоснованным.

По распределителям объемы работ колеблются по годам от 469 тыс. в 1935-36 г. до 598 тыс. в 1934-35 г.; колебания эти особенно разительны в районах 2-й Ленинской МТС и Ферганском, т.-е. в тех районах, где дело очистки принято отмечать ежегодно не вполне удовлетворительным, но где ирригационная распределительная сеть за все время обеспечивала требуемый пропуск воды. Следовательно, показатели очистки этих районов позволяют усомниться в их достоверности, что в свою очередь говорит о безразличном к ним отношении как гидротехников, так и вышестоящих организаций.

В данном случае объем очистки распределителей по системе за 1934-35 г. явно преувеличен примерно на 50 тыс. кубометров, при чем это преувеличение дало также повышение и норм выработки на трудодень.

Если кубатуру очистки за 1934-35 г. уточнить по отдельным арыкам с подсчетом ее по километражу и по размерам заиления, то отчетные данные за 1934-35 г. оказываются ничем не обоснованными.

По мельчайшей сети за три года объем работ увеличился почти вдвое, и эта тенденция к увеличению объемов продолжает оставаться и в текущем году. При рассмотрении данных об очистке мельчайшей сети по колхозам, мы имеем основания утверждать, что эти объемы по отдельным участкам также преувеличены против действительных. Преувеличение объемов служит гидротехникам обоснованием для истребования рабсилы на работу с запасом, как гарантию для полного выполнения работ. Работа по очистке мельчайшей сети, как работа внутриколхозного значения, в большинстве случаев проходит вне наблюдения гидротехников, а это обстоятельство создает условия для показания повышенных и затрат рабсилы, и выполненной кубатуры.

По заурам объемы работ по их очистке за последние два года немного увеличились против прошлого в связи с тем, что в последнее время очистке зауров придается большое значение. Работа зауров, как дренажных каналов и как водосборов для поверхностных использованных вод, рассматривается, как фактор, влияющий на рост урожайности сел.-хоз. культур, особенно хлопка. В этом свете увеличение объемов очистки по системе вполне правильно, тем более, что данные последнего года по большинству зауров имеют обоснование в виде действительных замеров объемов работ по ним.

Таким образом, по всем видам оросительных и осушительных каналов увеличение работ по их очистке могло иметь место, но до определенных пределов. Таким пределом, по нашему мнению, является последний 1936 год. Дальнейшее увеличение очистки возможно только с расширением сети.

На основании вывода о принятии 1935-36 г. за исходный возможно отбросить данные за все предыдущие годы и сделать некоторые выводы об эффективности использования рабсилы и высказать ряд рационализаторских мероприятий, необходимость проведения которых вытекает из продолжительной практики работ по очистке в Исфайрам-Шахимарданской системе.

Прежде всего считаем необходимым остановиться на сопоставлении затрат на очистку, эксплуатацию и строительство по системе.

В нижеприводимой таблице сведены отчетные данные о стоимости работ по мелкому ирригационному строительству и по эксплуатационным мероприятиям.

**Затраты на эксплуатацию Исфайрам-Шахимарданской ирригац. системы
в денежном выражении (республиканский бюджет и средства населения)
по бухгалтерскому отчету**

Показания затрат	1934 г. фактич. затраты в рублях	% к общей стоимо- сти	1935 г. фактически затраты в рублях	% к общей стоимо- сти
I. Мелкое ирригационное строи- тельство, изыскания и проекти- ровка	346.054	14,1	473.534	16,2
II. Общий расход по эксплуатации и капиталовложению в эксплу- атацию	2 101.363	85,9	2.446.129	83,8
III. Всего всех расходов (денежные средства и натурповинности)	2.447.417	100,0	2.919.663	100,0
1. В т. ч. натурповинность	1.073.498	43,9	1.281.566	43,9
2. Из них очистка ирригац. и за- урной сети	892.094	36,4	787.401	27,0
3. В т. ч. нивелировка для очи- стки	3.120	0,1	9.000	0,3

За 1935 год по системе имеется увеличение затрат против 1934 г., что вызвано армированием системы сооружениями инженерного типа, установкой многочисленных водомерных сооружений, требующих ремонта и обслуживания персоналом повышенной квалификации. Эти затраты и в дальнейшем будут расти прямо пропорционально росту оснащенности системы сооружениями. Однако, это же обстоятельство создает предпосылки к уменьшению средств населения — натурповинности. Эти средства в дальнейшем должны сокращаться.

Расходы по очистке составляют третью часть всех затрат по эксплуатации. 1935 год (календарный) дает процент стоимости очистки к общим расходам ниже одной трети — 27%. Это уменьшение проходит за счет недовыполнения плана осенней очистки. Разница невыполненных работ, как известно, переходит на весну следующего 1936 года. Общий же объем работ за год (производственный) будет составлять более чем одну треть расходов по эксплуатации. Считая, что работы по очистке имеют периодический характер, — выполнение их за год проходит в течение трех месяцев, — нужно признать, что размер расходов на очистку по системе довольно значителен. Это обстоятельство вынуждает обратить самое серьезное внимание на работы по очистке сети, чего до сего времени со стороны руководства работами по очистке, к сожалению, не наблюдалось.

При сопоставлении затрат на очистку и эксплуатацию нужно иметь в виду еще следующее обстоятельство. До последнего времени оценка работ по очистке определялась не по какой-то установленной стоимости одного кубометра, а вообще по количеству израсходованных на работу человеко-дней, без учета выработки по ним, при чем эта оценка производилась совершенно произвольно то по 3 рубля, то по 4 рубля человеко-день, в зависимости от обстоятельств и от необходимости дать для бухгалтерского отчета требуемую общую сумму рублей. Это еще раз подтверждает невнимание к вопросу очистки и к определению стоимости ее, поскольку эта стоимость не наличные деньги, а просто труд населения.

С весны 1936 года стоимость одного человеко-дня работы на очистке была установлена по II разр. в 4 — 31 коп., при условии выработки:

На магистралях	— 2,5 кубометра
„ распределителях	— 5,0 „
„ мельчайшей сети	— 6,0 „
„ заурах	— 3,5 „

Таким образом, стоимость одного кубометра земляных работ по очистке получилась соответственно равной:

1 р. 72 к. 86к. 72 к. 1 р. 23 к.

При такой оценке стоимость выполненных работ за 1935-36 г. будет выражаться следующими цифрами (в рублях):

№№ п.п.	Районы	Магистр.	Распред.	Мельч. сеть	Зауры	Итого
1	Ферганский :	—	37163	33587	27429	98179
2	Ленинский	78845	54915	17952	168305	320017
3	Маргеланский	71046	152705	33276	69042	326069
4	Ташлакский	—	93744	53003	55826	202573
	Итого по сист.	234334	405033	210701	396327	1246385

В приведенную стоимость не входят расходы на содержание штата по тех. надзору, каковые должны производиться за счет начислений 80% на стоимость работ (по очистке) и проходить в сумме общих затрат по эксплуатации. Приняв все это во внимание, устанавливаем, что расходы по очистке выше тех, которые указаны в официальных отчетах, и удельный вес этих расходов в эксплуатации будет несравненно значительнее, чем это отображено в сравнительной таблице.

Определив стоимость работ по очистке, можно установить размер затрат на 1 гектар орошаемой площади и на один километр длины сети. Общая площадь поливных земель по системе — 77637 гектаров, длина ирригационной и заурной сети ориентировочно, с учетом неточности данных по мельчайшей сети, равна 6639 километрам.

Исходя из приведенных выше цифр, стоимость эксплуатационных мероприятий и работ по очистке сети на 1 га поливной площади и на один километр длины сети по Исфайрам-Шахимарданской системе получилась следующей:

	Стоимость на 1 гект. поливной площади	В руб. на 1 км длины ирриг. и заурной сети
Всего всех расходов (денежн. средства и натурповин.) . .	43,5	508,9
В т. ч. натурповинность : .	22,4	262,1
Из них очистка сети	16,0	187,7
В т. ч. нивелировка д/очистки	0,12	1,35

Размер затрат на нивелировку для очистки говорит о том, какое ничтожное внимание уделялось этим работам вследствие их недооценки.

Располагая данными по очистке арыков и зауров не только за отчетный год, но и за ряд лет, пользуясь данными промеров длины и поперечного сечения арыков, а также установив глубину наносов на 1 километр сети, мы имеем возможность заранее определить объемы работ не только на будущий производственный год, но и на все последующие годы, поскольку установлено, что количество выпадающих наносов ежегодно примерно одно и то же по всей системе. При постоянной длине сети кубатура земляных работ за год будет выражаться по районам в следующих цифрах:

Объемы земляных работ по очистке сети в тыс. руб.

Районы	Магистр.	Распредел. I и II пор.	Мельчайш. сеть	Зауры	Итого
Ферганский	—	62.000	30.700	22.000	114.700
Ленинский	36.000	64.000	24.900	112.500	237.400
Маргеланский	41.300	88.600	34.000	52.000	215.900
Ташлакский	44.600	64.000	43.000	55.000	206.600
Алтыарыкский	—	87.000	55.000	45.000	187.000
По сети	121.900	365.600	187.600	236.500	961.600

Из таблицы видно, что предполагаемый объем работ ниже данных по отчетам за предыдущие годы.

Эта разница может быть целиком отнесена к неточности отчетных данных, имевших определенное назначение оправдать выполнение запроектированных вздутых планов и подогнать фактическую выработку под плановую или ее превысить, ибо при невыполнении плана или низких нормах выработки вопрос очистки начинал ставиться на заседаниях, требовались объяснения гидротехников и т. п. На самое же главное во всем этом деле, а именно на обоснование работ по отдельным арыкам, должного внимания никто не обращал.

При соответствующей организации и постановке работы по очистке сети, когда должно быть обеспечено не только выполнение норм выработки на трудодень, но и поднятие производительности труда на 15%, годовая потребность в рабсиле на работы по отдельным категориям каналов будет выражаться в следующих количествах:

Затрата рабсилы в человеко-днях

Район	Магистр.	Распред	Мельч. сеть	Зауры	Итого	На сумму руб.
Ферганский	—	10540	4350	5345	20235	87212
Ленинский	10200	10880	3530	23900	48510	209078
Маргеланский	14040	15060	4820	12630	46550	200630
Ташлакский	15160	10880	6090	13360	45490	196062
Алтыарыкский	—	14790	7790	10930	35510	144428
По сист.	39400	62150	26580	66165	194295	837410

Как видим, потребность в рабсиле по сравнению с ежегодными ее затратами по отдельным данным уменьшена по системе на 105,6 тыс. человеко-дней. Если эту разницу затрат рабсилы перевести в денежное выражение по расценкам последнего года, то полученная сумма и будет составлять годовую экономию затрачиваемых на очистку средств населения.

Экономия эта по пяти районам системы определяется в 408,5 тыс. руб.

Данная цифра складывается из оценки человеко-дня рабсилы на очистке в 4 р. 31 к. за день, а если взять действительную стоимость трудодня колхозника, которая несомненно выше 4 р. 31 к., то экономия в затратах будет еще более ощутительной.

По отдельным районам системы экономия в затратах на работы по очистке распределяется следующим образом:

По Ферганскому району снижение затрат рабсилы очень небольшое, всего на сумму примерно 10—11 тыс. руб., т. к. здесь подсчеты объемов работ не преувеличены и не преуменьшены нормы затраты рабсилы.

Для Ленинского района общая кубатура работ, так же как и для Ферганского района, не снижена. Вопрос идет о рациональном использовании рабсилы, уплотнении рабочего дня и повышении производительности труда, т. к. за предыдущие годы нормы выработки по распределителям и мельчайшей сети не выполнялись. Нужно, чтобы эти нормы были не только выполнены, но и перевыполнены. Рациональное использование рабсилы для района 2-й Ленинской МТС дает экономию 100—110 тыс. рублей в год.

По Маргеланскому району объемы работ очистки по всем видам работ из год в год без всякого основания увеличивались и были невероятно вздуты против действительных. Так, например, объем очистки по району в целом с 321 тыс. кубометров снижается до 215 тыс. Кроме того, и здесь должно быть уделено внимание производительности труда и выполнению норм выработки. Весь комплекс мероприятий должен дать экономию затрат на очистку по району 125 тыс. руб. в год.

По Ташлакскому району, выделившемуся из Маргеланского района, объемы очистки механически взяты преувеличенными по предыдущим годам. Уточняя кубатуру по всем видам очистки и проводя мероприятия по повышению норм выработки до возможной средней, мы получаем экономию затрат рабсилы в сумме 100—103 тыс. руб. в год.

По Алтыарыкскому району объемы работ по распределительной и мельчайшей сети значительно уменьшаются по сравнению с предыдущими годами. По заурам объемы остаются без изменения. Осуществляя мероприятия по повышению норм выработки, можно получить по району экономию в 58,0 тыс. рублей в год.

Проведением таких же рационализаторских мероприятий можно было бы снизить размер ежегодных затрат на работы по очистке оросительной и осушительной сети Исфайрам-Шахимарданского района.

Первым и основным мероприятием следует признать безусловную необходимость очистки под нивелир. До настоящего времени имела и имеет место недооценка значения очистки под нивелир. Между тем, нивелировка дает ровное дно, улучшает пропускную способность пронивелированных каналов, придает им нормальные сечения. Кроме того, при нивелировке возможны точные подсчеты земляных работ, следовательно, и затраты рабсилы не будут превы-

шать фактической потребности. Результаты нивелировки должны быть закреплены установкой реперов как по дну арыка, так и по берегу, при чем, как указывалось выше, эти репера желательно делать не на один год, а постоянные, т.-е. железные или бетонные. Хотя это будет связано с некоторыми дополнительными затратами, но поскольку это избавит от повторной нивелировки, целесообразно эти затраты произвести сразу при первой нивелировке. Помимо своего прямого назначения, репера будут служить составной и необходимой частью армирования Исфайрам-Шахимарданской ирригационной системы.

Вторым рационализаторским предложением по очистке является предложение о сокращении затрат рабсилы. По отчетным данным видно, что затраты рабсилы на очистку 1 километра распределителей составляют 100—150 трудодней, а на очистку 1 километра мельчайшей сети требуется 15—25 трудодней.

При рассмотрении показателей очистки необходимо учесть следующее:

В районе Маргелан на одном из распределителей заиление на 1 километре составляет 390 кубометров, на выработку которых при отсутствии наблюдения затрачивается 112 трудодней, что дает норму выработки на 1 трудодень 3,5 кубометра. Там же при наблюдении и организованной работе такая же кубатура очищается в 78 трудодней, что дает норму выработки в 5 м.

В Алтыарыкском районе на одном километре мелких зауров заиление составляет 312—330 кубометров. В одном случае эту кубатуру выполняют 125 трудоднями, с нормой выработки 2,5 кубометра на трудодень (выработка ниже нормальной), а в другом эта же кубатура выполняется 95 трудоднями, с нормой выработки 3,5 кубометра на один трудодень (нормальная выработка). Аналогичное положение имеем и по другим районам — Ташлак, Ленинский и Фергана. Из изложенного вытекает безусловная необходимость увеличения норм выработки минимум на 15% против существующих. Это увеличение норм выработки может быть достигнуто правильной организацией труда и соответствующим вниманием к делу очистки сети.

Из этого же мероприятия вытекает и другое предложение, дополняющее и стимулирующее снижение затрат рабсилы на очистку, — это оплата труда работающих на очистке. При коротком сроке этой работы, ее разбросанности, руководство этой работой, как указано выше, а также и учет очистки в большинстве случаев неудовлетворительны. Очистка, отдельные ее элементы и нормы выработки учитываются неряшливо, а работающие на очистке колхозники получают свои дни по числу выходов на работу. Никакой связи оплаты с выработкой отдельного рабочего дня по всем видам работ, за исключением внутриколхозной очистки, не существует. Вполне естественно, что при таких условиях никаких стимулов к поднятию производительности труда, к выполнению и перевыполнению установленных норм выработки не наблюдается. Между тем, даже незначительное поднятие этой выработки в прямой зависимости сокращает на много затраты рабсилы на 1 километр сети. Если это сокращение затрат распространить на всю длину ирригационной и заурной сети, то экономия в переводе на деньги будет составлять внушительную сумму. Следовательно, нужно поставить оплату труда на очистке в прямую зависимость от выработки, чего до сего времени не делалось.

Вместе с этим, как одно целое, вытекает вопрос и об урегулировании норм выработки по очистке. Говоря об этом вопросе, в органах ирригации обычно ссылаются на неизученность этого вопроса, вытекающую из недостаточной налаженности учета и т. д. Из опыта очистки под нивелир, где точность объемов работ установлена и, следовательно, нормы выработки определены, а также на основании статистического учета за целый ряд лет, можно считать, что в условиях Исфайрам-Шахимарданской системы являются установленными следующие нормы выработки:

На магистралях	1—3 м ³ на трудодень
„ распределителях	2—5 „ „ „
„ заурах	2—4 „ „ „
„ мельчайшей сети	4—7 „ „ „

В самом деле, если по техническим нормам землекоп при работе в легких грунтах выбрасывает 6 и более кубометров, то почему, спрашивается, из мелкого арыка можно выбросить только три кубометра. Установление действительно возможных норм выработки является также одним из мероприятий по рационализации очистки ирригационной сети.

Эти показатели вот уже в течение примерно 10 лет считаются нормальными. Мы же считаем их низкими и полагаем, что только из-за отсутствия заинтересованности работающих, из-за недостаточного наблюдения и из-за слабой организации работ такая выработка имела место.

И, наконец, последний вопрос очистки, на котором следует остановиться, это руководство и организация работ. Насколько это дело до сего времени находится в неудовлетворительном состоянии, даже в так называемой показательной системе, видно из следующего,

а) длина подлежащей очистке сети, особенно мельчайшей, требует уточнения. Эту длину точно не знает ни один гидротехник района;

б) при составлении планов многие из цифр этого плана являются необоснованными соответствующими замерами и подсчетами;

в) производство работ по очистке в большинстве случаев проходит без технического наблюдения и оформляется по документам низового гидротехнического штата — уч. гидротехников и мирабов. Техническая приемка выполненных работ путем инструментальных обмеров и подсчетов не производится;

г) требование рабсилы на производство работ ничем не ограничивается, и рабсила используется вне связи с установленными нормативами. Контроль здесь также отсутствует;

д) четкого руководства работами по очистке с самого их начала и до конца со стороны системного управления нет.

Все вышеуказанное является следствием недооценки работ, выполняемых силами населения, следствием недостаточного внимания этим работам, что является в свою очередь результатом отсутствия со стороны ирригационного управления НКЗ УзССР каких-либо указаний по этому вопросу, кроме общего требования выполнения работы и пр. С другой стороны, местные исполкомы, утвердив план работ, в дальнейшем предоставляют эти работы самотеку и никогда не требуют никаких обоснований, смет или расчетов на затрату рабсилы, на ее перерасход. Мало того, райисполкомы не располагают в отчетах никакими данными о затратах рабсилы на очистку. Между тем, следует установить, как правило, чтобы требование на рабсилу было соответствующим образом обосновано, а на пере-

расход рабсилы необходимо было получить особое утверждение райисполкомов. Кроме того, в целях рационализации работ, нужно организовать учет их и через сельсоветы и через гидротехнический штат, а приемку работ по арыкам нужно производить не одному гидротехническому штату, а с обязательным участием представителей местной власти.

Заключительным выводом по всему вышеизложенному являются следующие положения:

1. Необходимость иметь точный подсчет кубатуры очистки и затрат рабсилы на эту работу. Это дает возможность составить точно обоснованный план очистки в каждом районе.

2. Проведение этого плана в жизнь зависит от организации и постановки работы, от четкости руководства. Надлежащую организацию этой работы и четкое руководство системное управление должно обеспечить тем более, что на это отпускаются особые средства.

3. Наблюдение за работами должно вестись не вообще по сводкам, а по каждой мелкой водохозяйственной единице, с учетом на ней фактической затраты рабсилы и норм выработки, исходя из установленного объема работ по арыку на всей сети, кроме мельчайшей. Приемка работ должна производиться путем инструментального промера, с одновременным определением выполненной кубатуры как с количественной, так и с качественной стороны.

4. Необходимо поднять на должную высоту значение нивелировки, ввести ее на работах по очистке и результаты закрепить.

Установка реперов на всей длине крупной сети является необходимым условием закрепления объемов очистки на определенной длине.

5. Совершенно необходимо прикрепить отдельных водопользователей к определенным участкам очистки не на один сезон, а на все время.

6. Необходимо вести изучение отдельных арыков для целей определения возможности применения на них при очистке тех или других механизмов, что должно предпринять вопрос о замене очистки вручную на механизированный способ.

Использованные источники

1. Аполлосов В. М., Смирнов Е. А., Гостунский А. Н. — Механизация очистки ирригационной сети в Ср. Азии, 1933 г.

2. Старцев Т. А., Козел Я. К. — Проблемы ирригации республ. Ср. Азии. — 1934 г.

3. Ладашевич — Описание Исфайрам-Шахимарданской ирригационной системы. 1934 г.

4. Статистические материалы Исф.-Шахимарданского сист. управления 1935-36 г.

Отчет

по очистке ирригационной сети и зауров в 1935-36 году

Районы	Магистральная		Распределительная		Мельчайшая сеть			Зауры			Итого		
	км	р. дн.	км	р. дн.	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³
Ферганский	—	—	218	8700	559	8000	48000	220	6700	20000	897	23400	107000
	—	—	86	3109	344	4341	26010	34	1150	2906	464	8600	42516
	—	—	39	36	61	54	54	15	17	15	46	37	40
Весна 1936 года	—	—	294	10790	215	2580	15480	186	5550	12428	695	18920	88858
	—	—	377	6805	367	4212	20639	86	2242	9190	830	13250	59442
	—	—	128	63	170	163	133	46	40	147	119	70	68
Всего за год	—	—	380	13899	559	6921	41490	220	6700	22334	1159	27520	131374
	—	—	463	9914	711	8553	46649	120	3392	12096	1294	21859	101958
	—	—	122	71	127	123	112	55	51	54	112	78	78

Отчет

по очистке ирригационной сети и зауров в 1935-36 году

Районы	Магистрали			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого					
	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³			
Ленинский	Осень 1935 года . . .	План . . .	9	2000	9500	239	17750	89000	380	6330	38000	225	30000	90000	853	56080	226500	
	Выполнено .		9	2160	9495	10	931	3174	74	1552	7793	121	14899	74482	214	19542	94944	
	Процент . .		100	108	100	5	5	4	19	24	20	54	50	83	25	35	42	
	Весна 1936 года . . .	План . . .	11	12654	39029	391	26100	130505	306	2778	16668	458	15051	52678	1166	56583	238880	
	Выполнено .		11	13159	36345	399	14547	60681	283	3076	17141	360	15922	62351	1053	46704	176518	
	Процент . .		100	104	93	102	56	48	94	109	102	79	105	118	90	83	74	
Итого за год . .	План . . .		20	14654	48529	401	27031	133674	380	4330	24461	579	19950	127160	1380	65965	333824	
	Выполнено .		20	15319	45840	409	15478	63855	357	4628	24934	481	20821	136833	1267	66246	271462	
	Процент . .		100	104	94	101	58	48	94	107	102	84	150	108	92	100	81	
	Маргеланский	Осень 1935 года . . .	План . . .	—	—	—	311	25009	124077	655	3983	27886	270	13330	40000	1236	42322	191963
		Выполнено .		—	—	—	278	25282	113678	324	3041	19581	278	15113	44508	880	43436	177767
		Процент . .		—	—	—	89	101	92	49	76	70	103	113	111	71	103	93
Весна 1936 года . . .		План . . .	17	15455	47734	153	12700	63500	331	2979	17875	48	2487	8670	549	33621	137779	
Выполнено .			17	16375	41306	154	12723	63886	374	4329	26635	46	3307	11624	591	36734	143451	
Процент . .			100	106	86	100	100	100	112	150	150	95	130	130	108	109	104	
Итого за год . .	План . . .		17	15455	47734	420	33772	170533	655	6020	37458	326	17600	53178	1418	72847	308901	
	Выполнено .		17	16375	41306	432	38005	17754	698	7370	46216	324	18420	56132	1471	80170	321218	
	Процент . .		100	106	86	103	112	104	106	122	123	100	105	105	104	110	104	

Отчет

по очистке ирригационной сети и зауров за 1935-36 год

Районы		Магистраль			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого		
		км.	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³	км	р. дн.	м³
Ташлакский	Осень 1935 года . . .	—	—	—	200	16792	75562	603	5072	30497	104	13320	39660	947	35184	146019
	Выполнено . . .	3	938	4491	150	5608	22772	436	4933	37324	130	15341	46799	719	26820	111386
	Процент . . .	—	—	—	63	33	30	72	97	122	125	115	117	46	76	76
Весна 1936 г.	План	34	16904	51613	233	13064	65320	373	7830	47000	55	2700	9450	695	40498	173383
	Выполнено . . .	31	17035	44604	262	11503	54560	578	10516	63903	116	3566	14758	987	42620	177825
	Процент . . .	91	101	86	114	88	84	150	135	135	205	132	156	142	105	103
Итого за весь год	План	34	16904	51613	298	31332	150997	3603	12763	843240	153	18041	56249	1088	79030	343183
	Выполнено . . .	34	17273	49096	412	17111	77332	1014	15449	101227	246	18907	61557	1706	68740	289211
	Процент . . .	100	102	95	138	55	51	168	121	120	161	105	109	157	87	84
Алтынаркский	Осень 1935 года . . .	—	—	—	143	10405	56270	269	4143	39863	63	6930	20815	475	21478	116948
	Выполнено . . .	—	—	—	102	7703	34905	270	6971	42115	50	6450	17087	422	21124	94107
	Процент . . .	—	—	—	71	74	62	100	168	106	79	93	82	89	98	80
Весна 1936 года . . .	План	—	—	—	191	14300	75500	193	5000	30000	83	10750	37625	467	30050	139125
	Выполнено . . .	—	—	—	194	17200	74100	194	6500	31500	91	7430	28300	479	31130	133900
	Процент . . .	—	—	—	101	120	104	100	130	105	110	70	71	101	108	98
Всего за год . . .	План	—	—	—	293	22003	106405	463	11971	72115	133	17200	54712	889	51174	233232
	Выполнено . . .	—	—	—	296	24903	109005	464	13471	73615	141	13880	45387	901	52254	228007
	Процент . . .	—	—	—	101	113	102	100	112	102	106	81	83	101	103	93

Отчет

по очистке ирригационной сети и зауров в 1935 и 1936 году

Район		Магистраль			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого		
		км	р. дн.	м ³	км	р. дн.	м ³	км	р. дн.	м ³	км	р. дн.	м ³	км	р. дн.	м ³
Всего по систем- ному управлению	Осень 1935 года . . .	9	2000	9500	1151	78656	383909	2466	27528	184246	882	70280	210775	4508	178464	788043
	Выполн. . .	12	3098	13986	616	42633	188129	1448	20838	132813	613	52953	185782	2699	119522	520710
	Проц. . .	133	155	147	54	54	49	59	76	72	70	75	88	60	67	66
Весна 1936 года . . .	План . . .	62	45013	138376	1262	76954	388421	1418	21167	127023	830	36538	127851	3572	179672	781671
	Выполн. . .	59	46569	122255	1386	62778	282840	1796	28633	159818	699	32467	126223	3940	170447	691136
	Проц. . .	95	103	88	110	82	73	127	135	126	84	89	90	110	95	88
Всего за год . . .	План . . .	71	47013	147876	1792	128027	629159	2660	42005	259846	1411	89501	313633	5770	305533	1346778
	Выполн. . .	71	49667	136241	2012	105411	470969	3244	49471	292631	1312	85420	312005	6639	289969	1211846
	Проц. . .	100	106	92	112	82	75	112	118	113	93	95	99	115	95	90

Фактическая выработка

на очистке ирригационной и заурной сети за 1932-33 — 1935-36 гг.
в м³ на 1 чел.-день

Районы	Производ. годы	Магистральн.	Распределит.	Мелкая сеть	Зауры	Примечание
1. Ферганский	1932/33	—	2,5	—	1,4	
	1933/34	—	3,5	4,0	2,7	
	1934/35	—	4,1	6,3	3,6	
	1935/36	—	4,3	5,5	3,5	
2. Ленинский	1932/33	—	1,7	—	1,7	
	1933/34	3,1	3,8	5,0	3,3	
	1934/35	—	5,1	5,8	4,3	
	1935/36	2,7	4,1	5,4	4,4	
3. Маргеланский	1932/33	—	2,4	—	2,4	
	1933/34	2,7	3,9	6,7	3,9	
	1934/35	2,8	3,6	5,2	3,5	
	1935/36	2,5	4,7	6,3	3,0	
4. Ташлакский	1934/35	—	3,8	4,7	3,4	
	1935/36	2,6	4,5	6,5	3,3	
5. Алтыарыкский	1932/33	—	2,0	—	2,0	
	1933/34	—	2,7	2,7	2,5	
	1934/35	—	4,6	5,6	3,6	
	1935/36	—	4,4	5,5	3,3	
Всего по сист. управл.	1932/33	—	2,0	—	1,7	
	1933/34	2,6	3,5	4,0	3,1	
	1934/35	2,8	4,1	5,3	3,9	
	1935/36	2,5	4,5	5,9	3,6	

Очистка ирригационной и заурной сети, кубатура земляных работ, затраты рабсилы в чел.-дн. за один километр сети и фактическая выработка

в м³ на ч.-д. в 1935-36 г.

Районы	Периоды	Кубатура земляных работ на 1 км				Затрачено трудодней на 1 км очистки				Выработка м³ на один трудодень				Примечание
		Материал	Распределит.	Мельничная сеть	Зауры	Материал	Распределит.	Мельничная сеть	Зауры	Материал	Распределит.	Мельничная сеть	Зауры	
Ферганский	Осень Весна	— — —	158 78 93	76 56 66	85 107 100	— — —	36 18 21	13 12 12	34 26 28	— — —	4,4 4,3 4,3	6,0 4,9 5,5	2,5 4,1 3,5	
Ленинский	Осень Весна	— 3146 3146	317 152 156	105 61 70	615 173 284	— 1139 1139	93 36 38	21 11 13	123 44 64	— 2,7 2,7	3,4 4,2 4,1	5,0 5,6 5,4	5,0 3,9 4,4	
Маргеланский	Осень Весна	— 2426 2426	409 415 411	60 71 66	160 253 173	— 952 952	91 83 88	9 12 10	54 72 57	— 2,5 2,5	4,5 6,0 4,7	6,4 6,2 6,3	2,9 3,5 3,0	
Ташлакский	Осень Весна	— 1453 1453	152 208 188	86 110 100	360 127 250	— 555 555	37 44 42	11 18 15	118 30 77	— 2,6 2,6	4,1 7,7 4,5	7,6 6,1 6,5	3,1 4,1 3,3	
Алтыарыкский	Осень Весна	— — —	342 382 368	156 162 159	342 311 322	— — —	75 87 84	26 33 29	129 82 98	— — —	4,5 4,3 4,4	6,0 4,8 5,5	2,6 3,8 3,3	
Всего по системному управлению	Осень Весна	— — —	301 204 234	92 89 90	303 181 238	— — —	68 45 52	14 16 15	86 46 65	— — —	4,4 4,5 4,5	6,4 5,6 5,9	3,5 3,9 3,6	

Динамика

очистки ирригационной и заурной сети за 1932 — 1936 гг. по районам Исфайрам-Шахмарданского системного управления

Время производства работ	Магистраль			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого		
	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³
Ферганский															
1932 - 33 г. Осень	—	—	—	—	15864	28913	—	—	—	—	1274	1840	—	17138	30753
	—	—	—	—	16070	52090	—	—	—	—	1355	1785	—	17425	53875
Весна	—	—	—	—	31934	81003	—	—	—	—	2629	3625	—	34563	84628
1933 - 34 г. Осень	—	—	—	—	7737	24900	—	11800	44019	—	5466	14517	—	25003	87936
	—	—	—	—	2359	7558	—	7231	31600	—	—	—	—	9590	39158
Весна	—	—	—	—	10096	36958	—	19031	75619	—	5466	14517	—	34593	127094
1934 - 35 г. Осень	—	—	—	—	6568	30372	—	6106	47094	—	2433	9068	—	15107	86534
	—	—	—	—	9153	32236	—	4578	22408	—	6819	23886	—	20550	78530
Весна	—	—	—	—	15721	62608	—	10684	69502	—	9252	32954	—	35657	165064
1935 - 36 г. Осень	—	—	—	86	3109	13600	344	4341	26010	34	1150	2906	464	8600	42516
	—	—	—	377	6805	29613	367	4212	20639	86	2242	9190	830	13259	59442
Весна	—	—	—	463	9914	43213	711	8553	46649	120	3392	12096	1294	21859	101958
За год	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Динамика

очистки ирригационной и заурной сети за 1932 — 1936 гг. по районам Иеррайрам-Шахмарданского системного управления

Время производства работ	Магистраль			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого		
	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³
Ленинский район															
1932-33 г. Осень	—	—	—	—	29217	47863	—	—	—	—	35412	52055	—	64629	99918
Весна	—	—	—	—	32923	58819	—	—	—	—	8396	16334	—	41319	75153
1933-34 г. Осень	—	—	—	—	62140	106682	—	—	—	—	43808	68339	—	105948	175071
Весна	—	—	—	—	12967	35424	—	—	—	—	24467	38183	—	37434	73607
1934-35 г. Осень	—	5262	16313	—	1448	7240	—	1150	5749	—	1234	6167	—	9094	35469
Весна	—	5262	16313	—	14415	42664	—	1150	5749	—	25701	44350	—	46528	109076
1935-36 г. Осень	—	248	1240	—	11063	65305	—	5685	38124	—	17266	86480	—	34262	191149
Весна	—	2185	10041	—	12881	56279	—	1282	6160	—	12687	45559	—	29036	118039
1935-36 г. Осень	—	2433	11281	—	23944	121584	—	6968	44284	—	29953	132039	—	63298	309188
Весна	9	2160	9495	10	931	317	74	1552	7793	121	14899	74482	214	19512	94944
За год	11	13159	36345	399	14547	60681	283	3076	17141	360	15922	62351	1053	46704	176518
За год	20	15319	45840	409	15478	63855	357	4628	24934	481	30821	136833	1267	65246	271462

Динамика

очистки ирригационной и заурной сети за 1932—36 гг. по районам Исфайрам-Шахмарданского системного управления

Время производства работ	Магистраль			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого		
	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³
Маргеланский район															
1932-33 г.	Осень	—	—	—	83322	131075	—	—	—	21117	38100	—	104439	169175	—
	Весна	—	—	—	40652	130453	—	—	—	600	1800	—	141252	132253	—
1933-34 г.	Осень	—	—	—	123974	261528	—	—	—	21717	39900	—	145691	301428	—
	Весна	—	18435	36173	—	68437	201425	—	—	8457	29437	—	95329	267035	—
1934-35 г.	Осень	—	9625	33018	—	25842	126036	—	6408	42814	—	—	44289	212286	—
	Весна	—	28060	69191	—	94279	327461	—	6408	42314	—	10871	39855	139618	479321
1935-36 г.	Осень	—	6413	20978	—	44105	188772	—	2476	13099	—	18087	70034	71081	292883
	Весна	—	5996	13613	—	18141	55346	—	3384	17546	—	5841	17992	33362	104497
За год	Осень	—	12409	34591	—	62246	244118	—	5860	30645	—	23928	888026	104443	397380
	Весна	—	—	—	273	25282	113678	324	3041	19581	278	15113	44508	43436	177767
За год	Осень	17	16375	41305	154	12723	63886	374	4829	26685	46	3307	11624	36734	143451
	Весна	17	16376	41306	432	38005	177664	698	7370	46216	324	19420	56132	80170	321218

Динамика

очистки ирригационной и заурной сети за 1932 — 36 гг. по районам Исфайрам-Шахимарданского системного управления

Время производства работ	Магистрали			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого	
	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней
Ташлакский район														
До 1935 года Ташлакского района не существовало (выделен из Маргеланского района)														
1934-35 г. Осень	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Весна	—	7100	30400	—	13181	70111	—	9169	43406	—	6146	20762	—	40696
1935-36 г. Осень	3	938	4491	150	5608	22772	436	4933	37324	130	15341	46799	719	26820
Весна	31	17035	44604	262	11503	54560	578	10516	63903	116	3566	14758	987	42520
Весна	34	17273	49095	442	17111	77332	1014	15449	101227	246	18907	61557	1706	68740
														289211

Динамика

очистки ирригационной и заурной сети за 1932—36 гг. по районам Исфайрам-Шахмарданского системного управления

Время производства работ	Магистраль			Распределители			Мелчайшая сеть			Зауры			Итого		
	Магистраль			Распределители			Мелчайшая сеть			Зауры			Итого		
	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³
Алтыарынский район															
1932-33 г. Осень	—	—	—	—	—	16445	29715	—	—	—	3280	6680	—	19726	36395
Весна	—	—	—	—	—	29421	58842	—	—	—	—	—	—	29421	58842
	—	—	—	—	—	45866	88557	—	—	—	3280	6680	—	49146	95237
1933-34 г. Осень	—	2772	7117	—	—	23298	51939	—	—	—	15552	30658	—	41622	89714
Весна	—	—	—	—	—	11158	35855	—	—	—	1094	3282	—	22136	65980
	—	2772	7117	—	—	34456	87794	—	—	—	16646	33940	—	63758	155694
1934-35 г. Осень	—	—	—	—	—	9998	56512	—	—	—	10835	46743	—	30729	164086
Весна	—	—	—	—	—	11848	43380	—	—	—	1736	5069	—	15678	58940
	—	—	—	—	—	21846	99892	—	—	—	12671	51812	—	46407	223026
1935-36 г. Осень	—	—	—	102	—	7703	34905	270	—	—	6450	17087	422	21124	94107
Весна	—	—	—	194	—	17200	74100	194	—	—	7430	28300	479	31130	133900
	—	—	—	296	—	24903	109006	454	—	—	13880	45387	901	52254	228007

Динамика

очистки ирригационной и заурной сети за 1932—36 гг. по районам Исрайрам-Шахмарданского системного управления

Время производства работ	Магистраль			Распределители			Мельчайшая сеть			Зауры			Итого		
	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³	км	раб. дней	м³
Всего по системному управлению															
1932-33 г. Осень	—	—	—	—	144848	237566	—	—	—	—	61083	98675	—	205931	336241
Весна	—	—	—	—	119066	300204	—	—	—	—	10351	19919	—	129417	320123
	—	—	—	—	263914	537770	—	—	—	—	71434	118594	—	335348	656364
1933-34 г. Осень	—	21207	43290	—	112439	31818	—	11800	44019	—	53942	112795	—	199388	518292
Весна	—	14887	49331	—	40807	176689	—	24673	107006	—	4742	19867	—	85109	352893
	—	36094	92621	—	153246	494877	—	36473	151025	—	58684	132662	—	284497	871185
1934-35 г. Осень	—	6651	22218	—	71734	340961	—	24063	159148	—	48721	212325	—	151179	784652
Весна	—	15281	54054	—	70184	257352	—	20448	102011	—	33229	113308	—	139142	526725
	—	21942	76272	—	141918	598313	—	44511	251159	—	81950	325633	—	290321	1201377
1935-36 г. Осень	12	3098	13986	626	42633	188129	1448	20838	132823	613	52953	185782	2699	119522	520710
Весна	59	46569	122255	1386	62778	282840	1796	28633	159818	699	32467	126223	3940	170147	691136
	71	49667	136241	2012	105411	470969	3244	49471	292631	1312	85420	312005	6639	289969	1211846

К вопросу производства механического анализа грунтов по методу Сабанина¹

(Результаты лабораторных исследований)

Вопрос о производстве механического анализа грунтов вполне заслуженно возбуждает большой интерес у специалистов, работающих в различных отраслях. Ему отводит значительное место литература по почвоведению, геологии, строительным материалам и др.; его весьма часто включают в повестку всевозможных съезды, конференции и совещания. Но, несмотря на это, мы до сего времени не имеем строго разработанной методики как по подготовке грунта к анализу, так и по выполнению такового.

В настоящее время лаборатории, занимающиеся механическими анализами грунтов, пользуются различными способами подготовки грунта к анализу и отличными методами самого производства его, вследствие чего получаются совершенно несравнимые результаты, что препятствует широкому обобщению богатейших аналитических данных. Кроме того, это ведет еще к тому, что часто один и тот же грунт классифицируется лабораториями по-разному, даже при применении одного и того же метода классификации.

В литературе по строительным материалам обычно предлагается производить механический анализ грунтов на 4 фракции (с выделением частиц меньше 0,01 мм) по методу Сабанина. Для анализа с выделением более мелких фракций чаще всего сочетаются методы Сабанина и Робинсона.

Указанное сочетание требует, чтобы фракция, содержащая частицы меньше 0,01 мм, получалась бы по своей величине одинаковой по обоим методам, иначе результаты анализа совершенно не будут увязываться между собой. Полная же увязка достигается лишь при употреблении одного и того же способа подготовки грунта и единой шкалы скоростей падения частиц.

Возможность указанной комбинации явилась следствием детального изучения различных методов анализа целым рядом исследователей (Антипов-Каратаев И. Н., Остапов С. В., Замятченский Н. А., Архангельский Б. В. и др.).

При выполнении анализа на 4 фракции, с выделением частиц следующих размеров: $> 0,25$; $0,25-0,05$; $0,05-0,02$ и $< 0,01$, наиболее распространены в практике такие виды подготовки грунта:

1. Кипячение.
2. Кипячение с последующим растиранием.

¹ В порядке обсуждения.

3. Растирание.

4. Взбалтывание.

Из них первый и четвертый методы нужно считать более объективными по сравнению с двумя остальными, в которых может получить отражение индивидуальность аналитика.

Для анализа с выделением более мелких фракций употребляются несколько иные виды подготовки, а именно:

1. Обработка кислотами с разрушением органических веществ и последующим введением пептизаторов (аммиак и т. п.).

2. Отмыв воднорастворимых солей.

3. " " " с последующим кипячением.

Так как все перечисленные методы обработки в различной степени ведут к нарушению структуры грунта (почвы), то иногда производится анализ без всякой подготовки.

В лаборатории Санири грунт к анализу на четыре фракции подготавливается растиранием (подробное описание его приведено ниже), а при сочетании методов Сабанина и Робинсона применяется отмыв грунта от воднорастворимых солей с последующим кипячением.

Остановилась лаборатория на этих способах подготовки, исходя из тех соображений, что кипячение и взбалтывание лессовых грунтов, каковыми в подавляющей массе являются грунты Средней Азии, а также глинистых грунтов, недостаточны для отделения имеющихся в них мелких частиц, так как они при отмучивании, слипаясь, снова образуют крупные агрегаты; повторные же кипячения и взбалтывания слишком сложны по технике своего выполнения.

Применение при сочетании методов Сабанина и Робинсона отмыва воднорастворимых солей с последующим кипячением преследует цель удаления электролитов, действующих коагулирующим образом на коллоидные и близкие к ним по своей величине частицы грунта.

Способ обработки грунта кислотами был отвергнут, исходя из тех положений, что грунты Средней Азии, сильно карбонизованные, а иногда и загипсованные, дают часто потерю при обработке кислотами до 35—40%, поэтому при такой обработке можно притти к ложному представлению о структуре грунта, так как карбонаты и гипс играют исключительно большую роль в образовании структуры грунта, цементируя его и образуя сами частицы самой разнообразной величины. Нужно оговориться о том, что для песков принятый нами способ подготовки (растирание) следует признать мало подходящим, потому что при трении частиц друг о дружку происходит их разрушение; подготовка же удалением воднорастворимых солей является сильным фактором воздействия при анализах засоленных грунтов.

Ставя вопрос об унификации подготовки грунта к анализу, мы должны высказать соображение о том, что способ подготовки в большей степени зависит от того, для каких целей производится анализ, какие выводы и расчеты будут сделаны на его основе. И вообще-то говоря, пожалуй, унификация подготовки и немыслима, потому что различные отрасли техники (строительство, почвоведение и т. д.) предъявляют к анализу неодинаковые требования.

Особняком стоит вопрос о механическом анализе взвешенных наносов.

В реках, каналах взвешенные наносы находятся под влиянием солевых растворов, каковые оказывают определенное коагулирующее воздействие на мелкие частицы грунта.

Анализы же наносов в лаборатории ведутся в обстановке, совершенно отличной от естественных условий, окружающих их, поэтому увязки фракционного состава с гидравлическими элементами потока могут получаться несоответствующими натуре¹.

Это обстоятельство имеет огромное значение для Средней Азии, реки которой часто несут большие количества наносов, содержащих частицы, приближающиеся по своим размерам к коллоидным.

Правильное разрешение этой задачи должно заключаться в приближении условий производства анализа наноса к естественным условиям его существования в потоке. Санири разрешает эту проблему созданием приборов, дающих возможность определять фракционный состав наносов непосредственно на месте или даже в самом канале².

Столкнувшись с необходимостью обобщения аналитических материалов по механическому анализу грунтов, выполненных с различной подготовкой, химическая лаборатория Санири решила поставить исследование³, с целью определения примерных отклонений анализов среднеазиатских карбонизированных грунтов в зависимости от способа подготовки грунта — это с одной стороны; с другой стороны, выдвигалось требование установления средних отклонений, наблюдающихся при принятом в лаборатории методе подготовки грунта, выбора способа, дающего наиболее устойчивые результаты, а также выявления характера действия разных способов подготовки на фракционный состав.

Исследования проводились с пятью грунтами, которые по предварительному опробованию дали различный механический состав.

Общая характеристика грунтов приводится ниже. У всех грунтов был определен механический состав с применением следующих способов обработки: растирание, кипячение, взбалтывание и обработка 0,1N-м раствором соляной кислоты.

Каждый грунт со всеми способами обработки подвергался пятикратному анализу, из коих получились средние величины. Анализы были выполнены аналитиком Е. А. Туполевой.

Описание методики исследований

У грунта, доведенного до воздушно-сухого состояния, комки осторожно раздавливались деревянным пестиком с каучуковым наконечником, затем он (грунт) пропусклся через сито с отверстиями в 1 мм.

После такой общей подготовки грунт при анализе подвергался указанным четырем способам подготовки следующим образом:

Растирание

Взятая для анализа навеска грунта (5 гр) вначале смачивалась водой до консистенции кашицы и переносилась на сито с отверстиями в 0,25 мм, где производилась промывка в фарфоровую чашку. В чашке он взмучивался струей воды, и после отстоя жидкость переливалась в другую фарфоровую чашку, а из нее уже в стакан для отмучивания. Грунт, оставшийся в первой чашке, растирался

¹ Ссобрания об этом уже высказывались Остаповым С. В.

² Работы в этом направлении ведутся инж. Гостунским А. Н.

³ Исследования проводились в 1933 г.

пальцами (с резиновыми наконечниками), взмучивался струей воды, жидкость переливалась в другую чашку, из которой уже в стакан для отмучивания, и т. д. Эти операции продолжались до тех пор, пока в чашке после растирания не оказывалось глинистых частиц. Затем грунт из чашки смывался в стаканчик и отмучивался до осветления сливаемого слоя. Для контроля грунт снова вымывался в чашку, в которой производилось растирание, и делалось контрольное отмучивание. Продолжительность растирания сильно варьировала в зависимости от состава грунта.

Кипячение

Навеска грунта в 5 гр помещалась в эрленмейеровскую колбу емкостью 100 см³, обливалась 50 см³ воды и подвергалась кипячению с обратным холодильником в течение 30 минут, после чего грунт переносился на сито с отверстиями в 0,25 мм, на котором промывался в фарфоровую чашку, из коей уже переносился в стаканчик и отмучивался до осветления сливаемого слоя.

Взбалтывание

5 гр грунта помещались в литровую колбу и заливались 800 см³ дистиллированной воды. Затем в течение четырех часов содержимое бутылки подвергалось взбалтыванию на шюттель-машине (осевая машина с сорока пятью оборотами в минуту). После взбалтывания грунт промывался на сите (0,25 мм отверстие) и подвергался отмучиванию.

Обработка соляной кислотой

Навеска грунта в 5 гр обрабатывалась в стакане при легком нагревании 100 см³ 0,1 N-й соляной кислоты, переносилась на фильтр, где промывалась кислотой до исчезновения реакции на кальций. После этого грунт промывался дистиллированной водой до исчезновения реакции на хлор. Затем грунт смывался с фильтра на сито (0,25 мм отверстие), а после промывки на нем переносился в стаканчик, в котором и производилось отмучивание.

При всех методах подготовки грунта частицы больше 0,25 мм (остающиеся на сите) помещались в чашку, сушились и взвешивались.

Отмучивание производилось в аппарате Сабанина, при чем отделение фракции < 0,01 мм делалось в маленьком стаканчике сливанием слоя жидкости от 4 до 2 см через 100 секунд, а дальнейшее отмучивание велось в большом стакане сливанием слоя жидкости от 12 до 6 см через 30 минут. Взмучивался грунт в стаканах стеклянной палочкой с резиновой лопаточкой. Для уменьшения всасывания на концы сифонов были одеты мелкие металлические сетки. Стаканы, а также сифоны, подбирались одного диаметра.

Общая характеристика грунтов

Исследовались грунты, взятые в следующих районах:

Грунт № 1. Верхний горизонт — Алмалыкский район. Лессовидная глина¹.

¹ Классификация грунтов произведена по схеме гидрогеолога Б. М. Георгиевского, представляющей собой переработку схем проф. Иванова и проф. Полякова. Гидрогеологическое исследование в Южном Хорезме (рукопись).

Грунт № 2. Верхний горизонт — Вахшский район. Илистый песок.
 Грунт № 3. Горизонт 0 — 2 м — Вахшский район. Пылеватая глина.
 Грунт № 4. Станция Мельниково Ср.-Аз. жел. дор. Тяжелая глина.
 Грунт № 5. Станция Мельниково Ср.-Аз. жел. дор. Суглинок средний.

Общая характеристика изученных грунтов видна из рассмотрения таблицы первой.

Таблица 1

№№ грунтов	Удельный вес	Влажность в процен- тах	Потеря при прокал. в процентах	Колич. рас- твор. солей в процен- тах
1	2,62	1,97	13,93	0,119
2	2,67	0,66	6,83	0,064
3	2,69	1,23	13,00	0,816
4	2,70	1,49	15,40	0,168
5	2,64	1,09	12,83	0,184

Удельный вес грунтов определялся обычным пикнометрическим путем. Приводимые данные об удельных весах представляют собой средние величины трех параллельных определений.

Влажность устанавливалась высушиванием грунтов до постоянного веса при температуре 105 — 110°. Определение потери при прокаливании производилось путем прокалки грунтов на паяльной горелке до постоянного веса.

Определение количества растворимых солей производилось обработкой грунтов дистиллированной водой при взбалтывании в течение трех минут с отношением грунта к воде, равным 1:5.

Для выявления степени засоления грунтов в водных вытяжках был определен плотный остаток, а характера засоления — ионы: Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^{--} , Cl^- и HCO_3^- .

Количественные данные содержания отдельных компонентов солевого состава приведены в таблице второй.

Таблица 2

№№ грун- тов	В п р о ц е н т а х					
	Плотный остаток	Ca^{++}	Mg^{++}	SO_4^{--}	Cl^-	$\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-$
1	0,119	0,023	0,003	0,005	0,007	0,075
2	0,064	0,013	0,002	0,004	0,006	0,058
3	0,816	0,150	0,016	0,436	0,008	0,044
4	0,168	0,031	0,007	0,028	0,007	0,089
5	0,184	0,031	0,006	0,023	0,012	0,127

Все грунты в общем имеют большую потерю при прокаливании, при чем второй грунт показывает примерно в два раза меньшую потерю, чем остальные. Потери при прокаливании указывают на сильную карбонизацию грунтов, что подтверждается качественной реакцией на карбонаты и потерями грунтов при обработке их соляной кислотой.

Органических веществ грунты содержали незначительные коли-

чества. Третий грунт значительно засолен; грунт второй засолен слабо, остальные занимают промежуточное положение.

По характеру засоления выделяется третий грунт, содержащий в подавляющем количестве гипс; характер засоления остальных грунтов почти одинаков. Для третьего грунта, а отчасти и для остальных, цифра, выражающая засоленность, не может считаться абсолютной, так как, по нашим наблюдениям, природный гипс растворяется довольно медленно, а водная вытяжка бралась только трехминутная. Следует отметить, что для водных вытяжек употреблялась вода, не освобожденная от углекислого газа, поэтому часть карбонатов должна была перейти в раствор.

Результаты исследований

Описанные пять грунтов подвергались пятикратному анализу с применением четырех методов подготовки. Полученные средние величины по отдельным фракциям приведены в третьей таблице. В четвертой таблице даны амплитуды колебаний отдельных фракций грунта в зависимости от способа обработки, при чем амплитуды приводятся с учетом обработки соляной кислотой и без учета таковой.

Фракционный состав грунтов в зависимости от способа обработки

Таблица 3

№ грунтов	Способ обработки	Ф р а к ц и и			
		1 > 0,25 мм	2 0,25—0,05 мм	3 0,05—0,01 мм	4 < 0,01 мм
1	Растирание	0,33	2,59	22,87	74,21
	Кипячение	0,39	3,22	23,80	72,59
	Взбалтывание	0,46	3,43	22,23	73,88
	Обработка HCl	0,23	2,60	22,36	74,81
2	Растирание	60,08	22,09	2,85	14,98
	Кипячение	59,44	27,03	4,22	9,31
	Взбалтывание	65,91	21,27	4,44	8,38
	Обработка HCl	69,83	18,18	4,76	7,23
3	Растирание	нет	2,34	39,46	58,20
	Кипячение	"	3,25	42,26	54,49
	Взбалтывание	"	3,28	41,40	55,32
	Обработка HCl	"	1,66	37,98	60,36
4	Растирание	0,08	1,08	1,73	97,11
	Кипячение	0,13	2,41	6,14	91,32
	Взбалтывание	0,16	2,01	5,58	92,25
	Обработка HCl	0,13	1,40	1,91	96,56
5	Растирание	12,71	43,91	7,90	35,48
	Кипячение	13,30	45,64	8,65	32,41
	Взбалтывание	12,78	45,96	10,72	30,54
	Обработка HCl	12,53	52,04	13,08	22,35

Таблица 4

№№ грун- тов	Без обработки HCl				С обработкой HCl			
	1 фрак.	2 фрак.	3 фрак.	4 фрак.	1 фрак.	2 фрак.	3 фрак.	4 фрак.
1	0,13	0,84	1,57	1,62	0,23	0,84	1,57	1,62
2	6,47	5,76	1,59	6,60	10,39	8,85	1,91	7,75
3	нет	0,94	2,80	3,71	нет	1,62	4,28	5,87
4	0,08	1,33	4,41	5,79	0,08	1,33	4,41	5,79
5	0,59	2,05	2,82	4,94	0,77	8,13	5,18	13,13

Изучая вопрос влияния отдельных способов подготовки на грунты различных составов, нужно отметить, что лучшие по равномерности данные дает грунт первый, у которого фракционный состав сравнительно мало меняется в зависимости от способа обработки. Наиболее сильные отклонения показывает второй грунт. Колебания отдельных фракций рисуют нам следующую картину: сильнее всего подвергается изменению четвертая фракция, что и понятно, так как на ней отражается и вымыв солей, и все результаты воздействия обработки на более крупные фракции, при чем резкие отклонения этой фракции наблюдаются у второго грунта и самые слабые у первого. Затем по резкости колебаний идут третья и вторая фракции. Первая фракция, если отбросить второй грунт, колеблется весьма незначительно.

При определении разрушающей способности отдельных способов подготовки приходится исключать обработку соляной кислотой вследствие того, что в этом случае заведомо происходит очень сильное разрушение грунта, интенсивность которого зависит главным образом от степени карбонизации. Величины потерь получаются самые разнообразные. Исследованные нами грунты после обработки их 0,1 N-й соляной кислотой показали такие потери:

№№ грунтов	1	2	3	4	5
Потери в процентах	25,57	13,30	26,12	31,61	29,87

Сопоставляя между собой остальные три способа обработки, мы приходим к заключению, что наиболее сильным в смысле воздействия на грунт является растирание, при чем почти во всех случаях за счет уменьшения второй и третьей фракций происходит увеличение четвертой. Кипячение и взбалтывание оказывают на грунт почти одинаковое воздействие.

Фракционный состав с применением обработки соляной кислотой ближе подходит к составу, полученному при растирании, чем при других способах подготовки. Большой интерес представляет действие различных видов подготовки на отделение очень мелких частиц. За грубый критерий для решения этой стороны вопроса нами взята

продолжительность полного отстоя четвертой фракции на том основании, что продолжительность отстоя будет зависеть от величины самых мелких частиц, полученных при обработке.

В таблице пятой приведена продолжительность отстоя четвертой фракции всех грунтов в зависимости от способов обработки.

Продолжительность отстоя фракции в часах

Таблица 5

№№ грунтов	IV фракция				Примечание
	Способы подготовки				
	Растира- ние	Кипяче- ние	Взбалты- вание	Обработка HCl	
1	239	221	648	698	Средние величины из 5 определений
2	105	93	256	504	
3	64	69	176	504	
4	35	40	336	864	
5	35	40	216	792	

Как и следовало ожидать, появление наиболее мелких частиц наблюдается при обработке грунта соляной кислотой, дающей глубокое разрушение цементирующих веществ и удаляющей электролиты (воднорастворимые соли).¹

Следующее место занимает взбалтывание; растирание и кипячение в общем дают одинаковые результаты, значительно уступающие первым двум. Не лишены интереса пределы колебаний, полученные при параллельных анализах одного и того же грунта, изложенные в шестой таблице.

Таблица содержит средние, максимальные и минимальные отклонения от средних величин каждой фракции, выявленных при параллельных определениях.

Для получения условной единицы измерения точности анализа в целом при параллельных определениях средние отклонения отдельных фракций суммированы.

Первые две фракции дают в общем малые отклонения (средние), третья и четвертая для отдельных грунтов показывают отклонения, превышающие два процента. Последнее нужно объяснить в первую очередь всасывающей способностью открытых сифонов, употребляемых при анализе. Поведение отдельных грунтов коротко может быть охарактеризовано таким образом: наименьшие отклонения при всех способах подготовки дает четвертый грунт, а самые большие — третий. Установить же отчетливо преимущество с точки зрения точности анализа какого-нибудь способа обработки не представляется возможным вследствие того, что отклонения образуют весьма пеструю картину. Следующий этап исследований заключался в установлении различия между величинами третьей и четвертой фракций, полученных по разности и непосредственным взвешиванием.

Предварительно нужно заметить, что в лаборатории Санири для ускорения механического анализа метод Сабанина несколько изменен, а именно: предлагаемое Сабаниным определение фракции 0,01 — 0,05 мм путем взвешивания заменено по разности. Общий ход

¹ Сами же они отмываются водой.

Отклонения от средних величин по отдельным фракциям

Таблица 6

Способ подготовки	№ пробы	1 0,25			2 0,25 — 0,05			3 0,05 — 0,01			4 0,01			Для всех фракций		
		Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное
Растирание	1	0,04	0,09	0,01	0,01	0,17	0,07	1,84	3,69	0,08	1,93	3,86	0,23	3,82	7,81	0,39
	2	0,52	1,04	0,18	0,72	1,77	0,17	0,10	0,19	0,05	0,62	0,84	0,41	1,96	3,84	0,81
	3	нет	нет	нет	0,38	0,67	0,06	2,29	4,32	0,60	2,19	4,14	0,32	4,86	9,13	0,98
	4	0,02	0,05	0,02	0,6	0,11	0,03	0,07	0,11	0,05	0,08	0,13	0,04	0,23	0,40	0,14
	5	0,70	1,04	0,31	0,65	1,63	0,05	0,10	0,20	0,00	1,00	1,69	0,47	2,45	4,46	0,83
Кипячение	1	0,01	0,03	0,01	0,50	0,84	0,02	0,96	1,50	0,28	1,39	1,95	0,18	2,86	4,32	0,49
	2	0,99	1,19	0,79	0,57	1,13	0,17	0,23	0,27	0,19	0,47	0,95	0,14	2,26	3,54	1,29
	3	нет	нет	нет	0,53	1,23	0,09	1,92	2,62	0,84	2,10	3,44	1,19	4,55	7,89	2,12
	4	0,03	0,07	0,01	0,05	0,09	0,01	1,04	1,60	0,56	0,86	1,64	0,04	1,58	3,40	0,62
	5	0,31	0,72	0,08	0,30	0,62	0,12	0,55	0,71	0,05	0,47	0,77	0,28	1,63	2,82	0,53
Взбалтывание	1	0,03	0,06	0,02	0,45	1,05	0,07	0,87	1,11	0,65	1,23	2,09	0,49	2,58	4,31	1,23
	2	0,11	0,15	0,07	0,74	1,47	0,15	0,43	0,86	0,18	0,57	1,15	0,19	1,85	3,63	0,59
	3	нет	нет	нет	0,44	1,06	0,02	1,75	4,38	0,62	2,09	5,45	0,59	4,28	10,89	1,53
	4	0,02	0,04	0,00	0,10	0,15	0,01	0,19	0,30	0,02	0,30	0,46	0,12	0,61	0,95	0,15
	5	0,54	1,06	0,10	0,44	0,96	0,06	1,42	2,70	0,32	1,39	2,60	0,22	3,79	7,32	0,70
Обработка HCl	1	0,12	0,16	0,08	0,42	0,82	0,10	1,62	2,41	0,82	2,81	5,38	0,98	4,97	8,77	1,98
	2	0,50	0,85	0,06	0,59	1,03	0,15	0,86	1,73	0,02	0,38	0,65	0,09	2,33	4,26	0,32
	3	нет	нет	нет	0,06	0,10	0,02	0,69	1,39	0,16	0,70	1,39	0,14	1,45	2,88	0,32
	4	0,03	0,07	0,01	0,21	0,40	0,07	0,17	0,30	0,05	0,37	0,65	0,07	0,78	1,42	0,20
	5	0,76	1,53	0,06	1,64	3,27	0,94	0,64	0,86	0,43	2,20	4,01	0,40	5,24	9,67	1,83

анализа в этом случае располагается следующим образом: навеска грунта отмучивается в маленьком стаканчике сливанием слоя в 2 см, через 100 сек. часть ее, остающаяся в стакане, взвешивается и четвертая фракция (частицы $< 0,01$ мм) определяется по разности (навеска минус остаток); затем остаток отмучивается в большом стакане сливанием слоя в 6 см через 30 секунд, новый остаток также взвешивается, — третья фракция (частицы 0,01 — 0,05 мм) определяется как разность между первым остатком и вторым.

После этого второй остаток пропускается через сито с отверстиями в 0,25 мм; оставшиеся на сите частицы $> 0,25$ взвешиваются, а вторая фракция (частицы 0,25 — 0,05) определяется также по разности. Такой способ отмучивания уничтожает очень кропотливую и долгую работу — отстаивание фракции 0,05 — 0,01 мм. При массовых анализах это обстоятельство имеет огромное значение в смысле упрощения работы, потому что отстаивание требует большого количества банок, места и в конечном счете ведет к задержке хода самого анализа.

Величины 3-й и 4-й фракций, полученных по разности и непосредственным взвешиванием

Таблица 7

№ № грунтов	Фракции	Растирание		Кипячение		Взбалтывание	
		По разности	Взвешиванием после отстоя	По разности	Взвешиванием после отстоя	По разности	Взвешиванием после отстоя
1	0,05—0,01	22,87	22,16	23,80	23,60	22,23	21,73
	$< 0,01$	74,21	70,04	72,59	67,69	73,33	66,55
2	0,05—0,01	2,85	2,56	4,22	3,63	4,44	4,18
	$< 0,01$	14,98	12,07	9,31	7,84	8,38	5,83
3	0,05—0,01	39,46	38,66	42,26	41,50	41,40	40,60
	$< 0,01$	58,20	52,90	54,49	48,51	55,32	49,57
4	0,05—0,01	1,73	1,51	6,14	5,47	5,58	5,00
	$< 0,01$	97,11	93,71	91,32	88,34	92,25	89,68
5	0,05—0,01	7,90	7,59	8,65	8,30	10,72	9,64
	$< 0,01$	35,48	31,88	32,41	29,85	30,54	26,42

Отклонения величин 3-й и 4-й фракций, полученных по разности и непосредственным взвешиванием

Таблица 8

№ № грунтов	0,05—0,01			$< 0,01$		
	Растирание	Кипячение	Взбалтывание	Растирание	Кипячение	Взбалтывание
1	0,61	0,20	0,50	4,17	4,90	6,78
2	0,29	0,58	0,26	2,91	1,47	2,55
3	0,80	0,76	0,80	5,30	5,98	5,75
4	0,22	0,67	0,58	3,40	2,98	2,57
5	0,31	0,35	1,08	3,60	2,56	4,12

Полученные нами величины третьей и четвертой фракций, определенные по разности и непосредственным взвешиванием, изложены в таблице 7. Для ясности в таблице 8 приводятся отклонения величины фракции; как и следовало ожидать, величины фракций, вычисленные по разности, больше, чем полученные непосредственным взвешиванием, при чем отклонения у третьей фракции незначительные, а у четвертой достигают крупных размеров, доходя в отдельных случаях почти до 7 процентов.

Так как не малое значение имеет и вопрос стоимости анализа, то нами сделана попытка ориентировочного решения его.

В основу вывода стоимости анализа в зависимости от способа подготовки грунта нами взяты продолжительность отмучивания (время аналитика) и количество дистиллированной воды, потребное для отмучивания последних двух фракций, потребляющих в основном воду при анализе. Материал, характеризующий затронутый вопрос, приведен в таблицах 9 и 10.

Продолжительность отмучивания в минутах

Таблица 9

№№ грунтов	3-я фракция				4-я фракция				3-я и 4-я фракции вместе				Примечание
	Способ обработки				Способ обработки				Способ обработки				
	Растирание	Кипячение	Взбалтывание	Обработка. HCl	Растирание	Кипячение	Взбалтывание	Обработка. HCl	Растирание	Кипячение	Взбалтывание	Обработка. HCl	
1	40	23	12	8	156	156	201	80	196	179	213	88	Средние величины из 5 определений
2	15	8	10	7	150	49	77	50	165	57	87	57	
3	32	24	9	10	150	126	156	101	182	150	165	111	
4	6	6	10	11	67	60	88	46	73	66	98	57	
5	10	9	10	7	67	56	87	45	77	65	97	52	

Объемы воды в см³, употребленные для отмучивания

Таблица 10

№№ грунтов	3-я фракция				4-я фракция				3-я и 4-я фракции вместе				Примечание
	Способ обработки				Способ обработки				Способ обработки				
	Растирание	Кипячение	Взбалтывание	Обработка. HCl	Растирание	Кипячение	Взбалтывание	Обработка. HCl	Растирание	Кипячение	Взбалтывание	Обработка. HCl	
1	3050	3390	2430	1660	3195	3130	5020	2510	6245	6520	7450	4170	Средние величины из 5 определений.
2	1785	1535	2125	1675	2740	1235	1900	1285	4525	2770	4025	2960	
3	3760	3270	2610	2265	3230	3270	4470	2625	6990	6540	7080	4890	
4	1275	1510	2200	1885	2170	2080	2740	1250	3445	3590	4940	3135	
5	2305	1680	2155	2065	2165	1930	3160	2325	4470	3610	5315	4390	

Зависимость между способом обработки и продолжительностью отмучивания двух последних фракций (3-й и 4-й) может быть представ-

лена нисходящая по продолжительности отмучивания рядом: взбалтывание, растирание, кипячение и обработка соляной кислотой.

Точно такой же ряд получается и для объемов воды, употребляемых при отмучивании.

Следовательно, если отбросить подготовку соляной кислотой, при которой расходуются реактивы, то наиболее экономичной явится подготовка кипячением, а самым дорогим — взбалтыванием.

Резюме

1. Механический анализ наносов требует метода, по возможности сохраняющего условия нахождения их в потоке. Практикуемые в настоящее время способы подготовки грунта к анализу для наносов не приемлемы. Разрешение вопроса должно быть направлено в сторону конструирования прибора, дающего возможность определять фракционный состав наносов на месте без отрыва их от окружающей среды — воды потока.

Наиболее правильным, по нашему мнению, явилось бы использование идей Цункера.

2. Способ подготовки грунта к механическому анализу зависит от целей, для которых он производится. Всеобъемлющего (унифицированного) способа не может быть, поэтому необходимо детально проработать вопрос о допустимом нарушении структуры грунта при его анализе для различных целей.

3. Изученные способы подготовки грунта к анализу (растирание, кипячение, взбалтывание и обработка соляной кислотой) влияют различно на точность (отклонения при параллельных определениях) его в зависимости от фракционного и, видимо, минералогического состава грунта.

Наибольшие отклонения от средней у всех грунтов дают третья и четвертая фракции.

Более устойчивые результаты наблюдаются у грунтов с большой четвертой фракцией и незначительными второй и третьей фракциями; грунты же, содержащие большую третью фракцию, дают сильные отклонения. Это может быть объяснено всасывающей способностью открытого сифона, действие которого особенно сильно будет сказываться при наличии частиц промежуточных величин (в смысле отнесения их к той или иной фракции).

Во избежание всасывания открытые сифоны должны быть заменены сифонами с запаянным концом и боковыми отверстиями или же изогнутыми.

4. Изменение фракционного состава грунтов, в зависимости от способа подготовки, зависит от комбинации в грунте частиц различных величин и минералогического состава их.

5. Действие соляной кислоты на фракционный состав будет зависеть от того, какие фракции содержат карбонаты и гипс, а также от величин сцементированных ими частичек.

6. Употреблять способ подготовки грунта к анализу, заключающийся в обработке его соляной кислотой, при анализе карбонизированных грунтов нельзя, так как при этом сильно нарушается структура грунта.

7. Принятый в лаборатории Санири метод подготовки грунта — растирание — дает результаты, не менее устойчивые, чем остальные способы. При растирании достигается большее выделение фракции

< 0,01 мм, чем при кипячении и взбалтывании. Этот метод можно рекомендовать для грунтов, содержащих много глинистых частичек. Для грунтов с большим содержанием первых фракций (песков) следует применять кипячение. Вообще же результаты анализа таких грунтов по методу Сабанина получаются неустойчивые.

8. Лучшее выделение наиболее мелких частичек получается при применении обработки соляной кислотой и взбалтыванием.

9. Вследствие незначительных отклонений третьей фракции (0,01—0,05 мм) при получении ее по разности и непосредственным взвешиванием, для ускорения хода анализа и удешевления его нужно рекомендовать определять ее по разности, как это принято в лаборатории Санири.

10. Исходя из затраты времени и воды на анализ, можно признать самым экономным способом подготовки кипячение, а самым дорогим — взбалтывание.