

0305
ТРУДЫ

Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации

PROCEEDINGS

of the Middle Asia Scientific Research Institute of Irrigation

Выпуск 12

Issue 12

627
13-12
Изм. А. С. ЗАВЯЛОВ

**ПРОТИВОШУГОВЫЕ РАБОТЫ НА КАНАЛЕ БОЗ-СУ
В ПЕРИОД 1926—31 гг.
И МЕРЫ БОРЬБЫ С ШУГОЙ**

**MEASURES AGAINST FRAZIL AND ANCHOR ICE
ON THE CHANNEL BOZ-SU IN 1926—31**

by A. S. VAVILOV

С А О Г И С

1933

МОСКВА

ТАШКЕНТ

ПРОБ. 1951 г.

ТРУДЫ

Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации

PROCEEDINGS

of the Middle Asia Scientific Research Institute of Irrigation

Выпуск 12

Issue 12

Инж. А. С. ВАВИЛОВ

ПРОТИВОШУГОВЫЕ РАБОТЫ НА КАНАЛЕ БОЗ-СУ

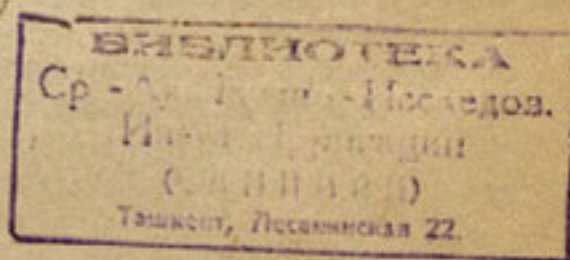
В ПЕРИОД 1926—31 гг.

И МЕРЫ БОРЬБЫ С ШУГОЙ

MEASURES AGAINST FRAZIL AND ANCHOR ICE

ON THE CHANNEL BOZ-SU IN 1926—31

by A. S. VAVILOV



ОБЪЕДИНЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИЗДАТЕЛЬСТВ
СРЕДНЕАЗИАТСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

МОСКВА—1933—ТАШКЕНТ

Опечатки, замеченные в книге А. С. Вавилова

«Противопутковые работы на канале Боз-су
в период 1926—31 гг. и меры борьбы с тугой».

Стр. 8 строка 1-я —

Стр. 20 строка 15-я — напечатано 1-15 куб. м/сек. — следует читать 12-15 куб. м/сек.

„ „ „ 20-я — „ 2,3 куб. м/сек. „ „ 2-3 куб. м/сек.

„ „ „ 21-я — „ 19-23 куб. м/сек. „ „ 18-23 куб. м/сек.

Стр. 31 строка 10-я — „ 13 куб. м/сек. из Каль-
кауза „ 15 куб. м/сек.

Стр. 34 „ 10-я — „ Правый (по течению)
пешеходный мост „ Первый (по течению)
пешеходный мост.

„ „ „ 28-я — „ Состояние железно-
дорож „ Состояние железно-
дорожной трубы на
Бурджарском сброс-
ном тракте.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Работы по борьбе с вредными воздействиями донного льда (шуги) имеют значительное распространение в пределах Средней Азии. Резко континентальный климат с неустойчивыми зимними морозами, перемежающимися оттепелями, ставит эту борьбу в исключительно тяжелые условия. Донный лед (шуга) имеет распространение по всей территории Средней Азии. Он затрудняет и осложняет зимнюю эксплуатацию оросительных систем при производстве зимних поливов, а также при питании водою гидроэлектростановок, обеспечение которых постоянным расходом воды обязательно во всякое время года. Шуговые заторы в Средней Азии происходят, кроме того, и на реках, нанося при этом значительный ущерб народному хозяйству.

До сего времени в технической литературе нет описаний явлений донного льда в пределах Средней Азии, и я имел в виду по возможности восполнить этот пробел с тем, чтобы практика противошуговых работ по системе канала Боз-су, проводимых в период с 1926 г. по 1931 г., и выводы, сделанные мною, могли послужить руководящими указаниями при производстве такого рода работ в республиках Средней Азии.

При составлении описания работ я опирался на свой личный опыт и записи при производстве такого рода работ на Бозсуйском водном тракте с 1927 г. по 1931 г. Мною использованы также материалы комиссий, акты и прочие официальные документы, касающиеся данного вопроса, а также специальная литература и технические отчеты, список которых приводится в конце книги. В части выводов и мероприятий по борьбе с шугой я опирался исключительно на личный опыт и опыт борьбы с шугой за пределами Средней Азии, собранный за время моей научной командировки в 1931 г.

Не претендуя на абсолютную полноту и правильность изложенного, буду глубоко благодарен за указания о вкравшихся неточностях.

А. С. Вавилов.

I. ВВЕДЕНИЕ

Общее описание канала Боз-су и его регулиционных сооружений

Указаний о времени постройки канала Боз-су нет. Несомненно, однако, что он построен в глубокой древности.

Канал Боз-су берет начало из реки Чирчик, на правом берегу, возле кишлака Ниязбек. Выше головы канала Боз-су, на правом берегу р. Чирчик, берет начало канал Зах, а еще выше ранее брах свое начало канал Искандер.

Вследствие разрушения Чирчиком головного участка канал Искандер заброшен, и, таким образом, канал Боз-су является в настоящее время вторым (от истока) отводом на правом берегу р. Чирчик (см. схему канала Боз-су и его сбросов, фиг. 1).

Канал Боз-су от головы до своего конца (вододелитель Анхор—Калькауз) имеет протяжение в 40 км. На своем пути он дает питание 3 правым отводам—Ивишь, Кынграк и Дарвазакент, и 11 левым отводам—Гальбрек, Кара-су (правый берег), Хумдан, Махмут, Дурмень, Юз, Ялангач, Салар, Аккурган, Казы-тарнау и Гадраган, и в концевой части заканчивается вододелителем, распределяющим воду между двумя конечными каналами—Анхор и Калькауз.

Система канала Боз-су до 1927 г. не была обеспечена сбросами и являлась слепой. Отводы Боз-су—Кара-су (правый берег) и Салар, имели прямой выход сбросных вод в Чирчик, а отводы Анхор и Калькауз не имели прямых сбросных трактов, надежно действующих во всякое время года.

В 1927-28 г., после постройки Бозсуйской гидростанции, когда выявилась необходимость сбрасывать отработанную воду в любое время года, был устроен Бурджарский сбросной тракт, начинающийся от вододелителя Анхор—Калькауз, с использованием для этого сброса до Ботанического сада старого русла канала Анхор, а ниже—оврага Бурджар. По состоянию пропускной способности железно-дорожной трубы, в конце этот тракт может принимать до 20 куб. м в сек. Сбросные воды по Бурджарскому тракту попадают в Салар, а из Салара в р. Чирчик.

Проектировался и намечался к устройству второй сбросной тракт—Калькаузский, на расход до 25 куб. м в сек., начинающийся также от вододелителя Анхор—Калькауз, с использованием для этого в начальной части (до арыка Янги) русла канала Калькауз, далее русла канала Дам-аши, еще далее оврага Кара-камыш, из которого сбросные воды этого тракта попадают в Нижний Боз-су, а далее непосредственно в р. Сыр-дарью. Вследствие предполагаемого расширения Бурджарского сбросного тракта и намечаемой постройки Бурджарской и Актепинской гидростанций, устройство Калькаузского тракта отвергнуто.

Канал Салар, имевший до постройки Бозсуйской гидростанции чисто ирригационное значение, после постройки приобрел значение контрольного сброса, помощью которого не только регулируется правильность подачи расхода воды на Бозсуйскую ГЭС, но также сбрасывается шуга в зимнее время.

В настоящее время каналом Боз-су орошается до 60 тыс. га, что составляет 35% от общей поливной площади р. Чирчик.

Расход Боз-су в напряженный момент поливного периода за время с 15 июля по 15 августа достигает 72 куб. м в секунду и снижается в зимнее время до 40-50 куб. м в секунду.

До 1925 г. захват воды в Боз-су производился чисто туземным способом (разборка водозахватных дамб во время прохода паводков и возведение их после спада воды) и осуществлялся в порядке общественной ирригационной повинности (бывшая натуральная повинность—хошар). При этом очень часто случалось, что во время, когда Боз-су оставался без воды, нужны были усилия тысячи человек, чтобы постройкой водозахватных шпор направить в него достаточное количество воды.

В 1925 г. был составлен эскизный проект полуинженерной системы захвата воды каналом Боз-су из р. Чирчик, и в этом же году были осуществлены работы по устройству габионных водосливов на реке Чирчик и в голове Боз-су (см. чертеж регулировочных сооружений, фиг. 3). Эти работы произведены исключительно на денежные средства (водный сбор). Одновременно с этими работами в голове Боз-су был устроен сброс-регулятор инженерного типа (Юмалак-тепе).

На этом месте, до постройки инженерного сброса, существовал туземный сброс обычного типа, перекрываемый в маловодье дамбой. Кроме этого сброса, ранее существовал расположенный ниже туземного типа сброс Гальбрек, который ныне перекрыт наглухо. Из оставшихся до настоящего времени туземных сбросов нужно еще отметить сброс Янги-клык, расположенный выше сброса Юмалак-тепе. Между головным барражем канала Боз-су и его сбросом Юмалак-тепе в Боз-су впадает русло сброса Киргиз-кулак, по которому сбрасываются излишки воды из канала Зах в количестве до 50 м³/сек. (см. схему питания и сбросов Боз-су, фиг. 2).

С 1925 г. по настоящее время водозахватные регулировочные сооружения в голове канала Боз-су остаются полуинженерного типа. При ежегодных затратах до 100 тыс. руб. и более на производство ремонтно-регулирующих работ, эти сооружения более надежно обеспечивают непрерывность водопользования по Боз-су по сравнению с применявшимся прежде чисто туземным способом. Несмотря на это, они все же не являются вполне надежными, так как в период сильного паводка эти сооружения могут быть разрушены, а при уменьшении расхода в р. Чирчик канал Боз-су может остаться без воды.

Для ремонта существующих регулировочных сооружений в голове Боз-су и для пропуска через них паводкового расхода имеется специальный прораб, и только лишь при условии особо бдительного надзора за этими сооружениями и принятия своевременных мер до сего времени поливные кампании по Боз-су, начиная с 1923 г., были успешны.

Гидроэнергетическая характеристика системы канала Боз-су

На всем протяжении от головы до вододелителя Анхор—Калькауз канал Боз-су зарылся в лессовые берега и остановился на трудно размываемом ложе (галечник и шоховые глины), имея на некоторых участках скорости до 3 м/сек. Благоприятные топографические условия для получения гидроэнергии непосредственно на канале Боз-су до 1926 г. не были использованы, и последний являлся исключительно каналом ирригационного значения.

Из нижеследующего списка вододействующих предприятий видно, что общая мощность всех установок по отводам Боз-су до 1926 г. составляла 1 624 л.с. Конечно, все возможности получения гидроэнергии и на отводах Боз-су не были в полной мере использованы.

Таблица 1

СПИСОК

вододействующих предприятий, расположенных на отводах канала Боз-су (1926 г.)

№ канала	№ вододействующих предприятий	Наименование вододействующих предприятий	Тип предприятия	Тип двигателя	Количество предприятий	Мощность в л.с. сил	
						Одного пред-приятия	Всех пред-приятий
1		Отводы канала Боз-су					
		Анхор					
	1	Мельница (№ 3)	Инженерный	Турбина	1	35	35
	2	Ваточесалка	Полуинженерный	Подливное колесо	1	6	6
2		Шейхантаур					
	3	Мельница на 1 камень	Неинженерный	Мутовка	1	1,5	1,5
	4	" " 2 камня	"	"	1	3	3
	5	Толчая на 2 песта	"	Подливное колесо	1	1	1
3		Кият					
	6	Ваточесалка	Полуинженерный	"	1	6	6
	7	Мельница на 2 камня	Неинженерный	Мутовка	1	3	3
4		Джар-тегерман					
	8	Мельница на 2 камня	"	"	2	3	6
	9	Толчая на 2 песта	"	Подливное колесо	1	1	1
5		Отвод Иванова					
	10	Ледоделательный завод	Инженерный	Турбина	1	35	35
	11	Мельница	Полуинженерный	Подливное колесо	1	20	20
	12	Ваточесалка	Полуинженерный	"	3	6	18
	13	" "	"	"	1	4	4
	14	Мельница на 1 камень	Неинженерный	Мутовка	3	1,5	4,5
	15	" " 2 камня	"	"	4	3	12
	16	" " 3 "	"	"	1	4,5	4,5
	17	Толчая на 2 песта	"	Подливное колесо	11	1	11
6		Галя-джуваз					
	1	Мельница на 2 камня	"	Мутовка	3	3	9
	2	Толчая на 2 песта	"	Подливное колесо	13	1	13
7		Отвод Баюк-станция					
	1	Электростанция	Инженерный	Турбина	1	150	150
	2	Ваточесалка	Полуинженерный	Подливное колесо	3	5	15
	3	Мельница на 2 камня	Неинженерный	Мутовка	8	3	24
	4	Мельница на 4 "	"	"	1	6	6
	5	Толчая на 2 песта	"	Подливное колесо	19	1	19
8		Нижний Боз-су					
	1	Ваточесалка	Полуинженерный	Подливное колесо	1	6	6
	2	Мельница на 2 камня	Неинженерный	Мутовка	2	3	6
	3	" " 3 "	"	"	1	4,5	4,5

№№ каналов	№№ вододельствующих предприятий	Наименование вододельствующих предприятий	Тип предприятия	Тип двигателя	Количество предприятий	Мощность в л.с., силax	
						Одного пред-приятия	Всех пред-приятий
9		Камалин					
	1	Толчея на 2 песта . . .	Неинженерный	Подливное колесо	1	1	1
10		Кубар					
	1	Мельница на 1 камень .	Неинженерный	Мутовка	1	1,5	1,5
	2	Толчея на 2 песта . . .	"	Подливное колесо	2	1	2
11		Арпа-ная					
	1	Мельница на 2 камня . .	Неинженерный	Мутовка	2	3	6
	2	Толчея на 2 песта . . .	"	Подливное колесо	3	1	3
12		Чанак-ата					
	1	Мельница на 1 камень .	"	Мутовка	2	1,5	3
13		Таки-шахар, Ак-тепеси Шахар					
	1	Мельница на 1 камень .	Неинженерный	Мутовка	5	1,5	7,5
14		Ялги					
	1	Мельница на 2 камня .	"	"	1	3	3
15		Дам-аши					
	1	Ваточесалка	Полуинженерный	Подливное колесо	1	12	12
	2	" " " " " " "	"	"	2	5	10
	3	Мельница на 1 камень .	Неинженерный	Мутовка	4	1,5	6
	4	" " 2 камня . . .	"	"	2	3	6
16		Отвод Павлова					
	1	Мельница № 4	Инженерный	Турбина	1	45	45
	2	" № 5	"	"	1	50	50
	3	Ваточесалка	Полуинженерный	Подливное колесо	1	5	5
	4	Мельница на 2 камня . .	Неинженерный	Мутовка	5	3	15
	5	Толчея на 2 песта . . .	"	Подливное колесо	2	1	2
17		Гулам-казм					
	1	Мельница на 3 камня . .	Неинженерный	Мутовка	5	3	15
18		Кенджибай					
	1	Мельница на 1 камень .	"	"	3	1,5	4,5
	2	" " 2 камня . . .	"	"	2	3	6
	3	Толчея на 2 песта . . .	"	Подливное колесо	1	1	1
19		Кара-сарай, Регистан, Жангоби Чимбай (Ачават)					
	1	Мельница на 1 камень .	Неинженерный	Мутовка	12	1,5	18
20		Кукча					
	1	Ваточесалка	Полуинженерный	Подливное колесо	1	5	5
	2	Коробрилка	"	"	2	5	10
	3	Мельница на 1 камень .	Неинженерный	Мутовка	3	1,5	4,5
	4	Мельница на 2 камня . .	Неинженерный	Мутовка	4	3	12
	5	Толчея на 2 песта . . .	"	Подливное колесо	1	1	1
21		Подахана					
	1	Мыльный завод	Полуинженерный	Подливное колесо	1	3	3
	2	Мельница на 1 камень .	Неинженерный	Мутовка	2	1,5	3
	3	" " 2 " "	"	"	4	3	12
22		Джан-калчилян, Тюя-тартар, Дамашии Бегляр-беги					
	1	Мельница на 1 камень .	Неинженерный	Мутовка	3	1,5	4,5
	2	" " 2 камня . . .	"	"	3	3	9

№№ каналов	№№ водоемов, ствующих предприятий	Наименование водоедействующих предприятий	Тип предприятия	Тип двигателя	Количество предприятий	Мощность в лощ. силах	
						Одного предприятия	Всех предприятий
23		Сбросы Кара-камыш и Нижний Бозсу (сбросные воды из канала Бозсу)					
	1	Ваточесалка	Полуинженерный	Подливное колесо	4	5	20
	2	Мельница на 1 камень	Неинженерный	Мутовка	4	1,5	6
	3	" " 2 камня	"	"	12	3	36
	4	" " 3 "	"	"	5	4,5	22,5
	5	Толчей на 2 песта	"	Подливное колесо	6	1	6
74		Ялангач					
	1	Мельница на 1 камень	"	Мутовка	2	1,5	3
25		Кара-су (правобережный)					
	1	Кожевенный завод № 2	Полуинженерный	Подливное колесо	1	50	50
	2	Электростанция	"	"	1	50	50
	3	Рисовый завод № 1	Инженерный	Турбина	1	45	45
	4	" " № 5	"	"	1	34	34
	5	Мельница	"	"	1	45	45
	6	Чайный завод	Полуинженерный	Подливное колесо	1	15	15
	7	Краскотерка № 2	"	"	1	15	15
	8	" "	"	"	1	5	5
	9	Шерсточесалка	"	"	1	3	3
	10	Мельница на 2 камня	Неинженерный	Мутовка	19	3	57
	11	Толчей на 2 песта	"	Подливное колесо	15	1	15
26		Салар					
	1	Хлопкоочистительный завод № 51	Инженерный	Турбина	1	90	90
	2	Мельница № 2	Инженерный	"	1	70	70
	3	Хлопкоочистительный завод № 49	"	"	1	50	50
	4	Мельница военных инвалидов	Полуинженерный	Подливное колесо	1	18	18
	5	Мельница	"	"	1	5	5
	6	Кожевенный завод	"	"	1	3	3
	7	Мельница на 4 камня	Неинженерный	Мутовка	8	6	48
	8	Толчей на 2 песта	"	Подливное колесо	15	1	15
27		Джун					
	1	Мельница на 1 камень	"	Мутовка	2	1,5	3
	2	" на 2 камня	"	Мутовка	7	3	21
	3	Толчей на 2 песта	"	Подливное колесо	8	1	8
28		Ниязбаш-курукульдук					
	1	Сахарный завод	Инженерный	Турбина	1	120	120
	2	Мельница	Полуинженерный	Подливное колесо	1	10	10
	3	"	"	"	1	5	5
	4	Мельница на 2 камня	Неинженерный	Мутовка	4	3	12
	5	Толчей на 2 песта	"	Подливное колесо	13	1	13
		Итого	—	—	311	—	1624

Из крупных водоедействующих предприятий из числа перечисленных в списке, существующих и работающих до настоящего времени, нужно отметить:

1. По Калькаузу—мельницы № 4 и 5, общей мощностью 95 лощ. сил.
2. По Анхору—ледоделку (бывшую Инянова), мощностью 35 лощ. сил, электростанцию (Блок-станция ТГТ), мощностью 150 лощ. сил¹, мельницу Азияк-леба № 3, мощностью 35 лощ. сил.

¹ Разобрана зимой 1931-32 г.

3. По Салару—хлебозаводы № 49 и 5—общей мощностью 140 лощ. сил; мельницу № 2 Азна-
тлеба, мощностью 70 лощ. сил; мельницу № 1 военных инвалидов, мощностью 18 лощ. сил.

4. По Кара-су (прибрежному) кожзавод, мощностью 50 лощ. сил; два рисоавода, общей
мощностью 79 лощ. сил; крахмальный завод, мощностью 45 лощ. сил.

5. По Куру-Кульдуку консервный завод, мощностью 120 лощ. сил.

Всего 827 лощ. сил.

Так как мелкие вододействующие предприятия (ваточесалки, туземные мель-
ницы, толчеи и т. д.) в настоящее время работают не все, а только около 50 %
бывшего ранее количества, выработка гидроэнергии мелкими предприятиями, установ-
ленными на отводах Боз-су, сократилась к настоящему времени на $\frac{1624 - 827}{2} = 398$ л. с

Взамен этого сокращения после 1926 г. значительно возросла выработка
гидроэнергии за счет вновь открытой Бозсуйской гидростанции.

1 мая 1926 г. была открыта Бозсуйская гидростанция, расположенная в 35,5 км
от головы канала Боз-су и в 4,5 км от вододелителя Анхор-Калькауз.

Гидростанция использует перепад в 12,7 м, созданный земляной плотиной,
подпор от которой распространился вверх по течению на расстояние до 8 км
(от ГЭС до головы Салара—6 км и от головы Салара до конца распространения
подпора—2 км). Гидростанция имеет 3 сдвоенных турбины системы Френсиса, по-
требляющих каждая при полном напоре 12,7 м и нагрузке 1100 кв- 12,22 м³/сек.

Напор в 12,70 м при существующих условиях является реальным при отмет-
ке горизонта воды в верхнем бьефе 10,75 саж. (22,9 м), а в нижнем 4,70 саж.
(10,03 м).

Расход воды, потребный для всех 3 турбин существующей гидростанции
при полной нагрузке и напоре Н-12,7 м, равен $12,22 \times 3 = 36,66$ куб. м/сек.
Практически гидростанция через все 3 турбины не пропускает больше 35,50 куб. м/сек.
При расходах до 38 куб. м/сек. нижний бьеф гидростанции поднимается на
0,5 м выше пола машинного зала и грозит всякими неприятностями.

Общая вырабатываемая мощность существующей гидростанции—около 3300 кв.

На гидростанции имеется место для установки четвертой турбины, которая
при существующих горизонтах в нижнем бьефе может служить только как запасная.

При производстве некоторых работ по снижению горизонта в нижнем бьефе
гидростанции возможно будет пустить в постоянную работу и четвертую турбину,
при этом потребуется воды около $12,22 \times 4 = 48,88$ куб. м/сек. Тогда общая мощ-
ность Бозсуйской ГЭС возрастет до 4400 кв. Четвертая турбина заказана Ленин-
градскому машинотресту и должна была быть готова к середине 1933 г.

Весной 1930 г. приступлено к постройке на канале Боз-су второй районной
гидростанции—Кадырья, которая рассчитывает использовать напор до 35 м, созда-
ваемый деривационным каналом длиной в 5,5 км.

Голова деривационного канала на Боз-су расположена примерно в 20 км от
головы последнего, а здание станции на 5,5 км ниже головы деривационного канала.

Гидростанция рассчитана на установку 4 турбин, с общим расходом до 45 куб.
м/сек. Общая проектная мощность Кадырьинской гидростанции намечена в 13 тыс. кв.
Пуск Кадырьинской ГЭС намечен в начале 1933 г.

Двумя указанными гидростанциями гидроэнергетическая возможность кана-
ла Боз-су полностью не будет использована. Как непосредственно на канале Боз-су
выше существующей гидростанции и ниже по Боз-су, так и по его сбросным трак-
там, остается еще неиспользованным значительное количество гидроэнергии¹.

Изменение режима канала Боз-су в связи с постройкой ГЭС

Для создания перепада на Боз-су у Бозсуйской гидростанции был создан
подпор, распространившийся примерно на 8 км вверх, образовав водохранилище.
Таким образом, голова канала Салар, берущего начало из канала Боз-су в 6 км
от гидростанции, оказалась в районе распространения подпора, созданного Бозсуй-
ской ГЭС.

¹ В настоящее время приступлено к постройке Бурджарской ГЭС, проектируется Актепинская
и имеется схема устройства Аккавакской и Саларской ГЭС.

До постройки гидростанции голова канала Салар не была ошлюзована, и регулировка воды производилась чисто туземным способом—путем разборки и возведения каменно-хворостяных дамб.

В связи с постройкой гидростанции был составлен проект и произведена постройка головного шлюза-регулятора канала Салар, с учетом подпора от гидростанции. Создание подпора коренным образом изменило режим Боз-су на всем протяжении его от гидростанции до конца кривой распространения подпора.

Глубина в верхнем бьефе у ГЭС стала весьма значительной (до 15 м), а скорости сильно уменьшились.

Голова канала Салар после постройки Бозсуйской гидростанции приобрела совершенно исключительное по своей важности значение как контрольный сброс перед гидростанцией.

Как проходила шуга по каналу Боз-су до постройки гидростанции

До 1926 г., то-есть до постройки Бозсуйской ГЭС, в наиболее сильные морозы на срок 20—30 дней канал Боз-су оставляли без воды, и вся шуга, попадающая из р. Чирчик, по головным сбросам уходила обратно в реку. Об отбое шуги и пропуске чистой воды в Боз-су вопрос не поднимался, так как в этом не было острой необходимости.

Пропускать воду вместе с шугой каналы Анхор и Калькауз не могли, так как не имели специальных сбросов, кроме выпусков в мелкую сеть. Конечно, шуга была и раньше в размерах не менее чем в настоящее время, но раньше она не причиняла никакой неприятности, потому что, как сказано выше, в наиболее сильные морозы, то-есть в период наибольшего образования шуги (как в р. Чирчик, так и в самом русле Боз-су), вода в Боз-су не пускалась. Та шуга, которая все же могла частично попасть в ирригационную сеть при легких заморозках, проходила свободно или по каналу Салар на сброс в Чирчик, или в мелкие (туземного типа) сбросы через вододействующие предприятия на каналах Анхор и Калькауз в Кара-камыш и Нижний Боз-су.

Очевидцы рассказывают, что до постройки гидростанции, в одну из зим, когда Боз-су на время хода шуги не был закрыт, все русло его от вододелителя Анхор-Калькауз до сооружения Юмалак-тепе оказалось забитым шугой, и пропуск воды стал невозможен. Когда после этого город стал сильно нуждаться в питьевой и хозяйственной воде, то для пропуска воды пришлось прокапывать в шуговом заторе Боз-су специальный канал длиной 3-4 км вниз от Юмалак-тепе.

Попытки пропускать воду по забитому шугой руслу не удавались.

II. ЗИМНИЙ ПЕРИОД 1926-27 г.

Работа гидростанции зимой 1926-27 г. и меры, принимаемые для безостановочной работы ее

Для обеспечения работы гидростанции в зимнее время никаких подготовительных работ осенью 1926-27 г. не делалось. Такую беспечность можно объяснить только лишь отсутствием опыта в подобного рода работах у сотрудников водного хозяйства и Бозсуйской ГЭС.

Ни на сооружении Юмалак-тепе, ни у головного Саларского сооружения шугоотбойные устройства (запони) перед началом хода шуги не были установлены. И только в конце января 1927 г. были поставлены шугоотбойные запони на сооружении Юмалак-тепе (см. фиг. 4). Устройство запоней запоздало: к моменту их установки гидростанция успела остановиться два раза и вновь была пущена.

Ничем не задерживаемые чирчикские шуга и лед могли свободно проходить в Боз-су. Здесь, непосредственно в канале Боз-су, образовывалась местная шуга и вместе с чирчикской попадала в водохранилище гидростанции. Вследствие незначительных скоростей воды, водохранилище покрылось поверхностным льдом, и шуга не могла проходить через всю длину водохранилища, а задерживалась поверхностным льдом и скоплялась в верхней его части.

Количество шуги и льда было весьма значительное вследствие больших морозов (до 23° ниже 0) и сильных снегопадов.

Результат не замедлил своим появлением. Остановившаяся масса шуги и льда в верхней части водохранилища постоянно пополнялась. Идущие сверху шуга и лед подныривали под впереди стоящую массу смерзшейся шуги и льда, но не проходили далеко, а останавливались близко у входа и утолщали ледяной покров в верхней части водохранилища.

Подобное наслоение продолжалось непрерывно, в результате чего стеснилось русло и уменьшился расход воды, проходившей к турбинам гидростанции.

А так как в голове канала Боз-су расход оставался неизменным, то вскоре после стеснения русла (в ночь с 6 на 7 января) у головного Саларского сооружения и образования шугового затора горизонт воды стал быстро повышаться¹.

Сооружению канала Салар угрожал перелив через щиты, прорыв плотины, соединяющей сооружение с левым берегом, и вообще это сооружение ставилось под угрозу разрушения.

Мерами предупреждения являлись увеличение сброса воды в Салар и уменьшение пуска воды в канал Боз-су до 10 куб. м/сек. 7 января утром эти мероприятия были выполнены, и горизонт воды у Саларского сооружения понизился до нормального.

При нормальной работе гидростанции для двух агрегатов требуется 24-25 куб. м/сек., а так как в голове Боз-су расход был уменьшен до 10 куб. м/сек., то гидростанция стала работать с неполной нагрузкой, а к утру 8 января совершенно остановилась, потому что приток воды к ней еще более уменьшился.

Чтобы возобновить работу ГЭС, было необходимо или снова увеличить расход воды в голове Боз-су, или закрыть пропуск воды по каналу Салар.

Большое увеличение расхода воды в голове канала Боз-су было нежелательно, потому что при этом вода, подошедшая к Саларскому головному сооружению увеличенным расходом, могла не пройти к ГЭС, а повысить горизонт и опять поставить под угрозу разрушения головное Саларское сооружение.

Было решено увеличить расход канала Боз-су только до 15 куб. м/сек. и закрыть отверстие Саларского сооружения, чтобы тем самым подать воду на гидростанцию. Попытка закрыть щиты Саларского сооружения оказалась невозможной вследствие их примерзания к пазам и обмерзания льдом. Отверстие, оставшееся не закрытым на высоту 30 см, было просто заложено досками.

Указанные мероприятия позволили увеличить приток воды к гидростанции и частично возобновить ее работу.

Для дальнейших работ по борьбе с шугой, в виду создавшихся чрезвычайно трудных условий и важности во что бы то ни стало не прерывать работу гидростанции, 9 января при окружном исполнительном комитете была создана чрезвычайная комиссия, которая немедленно соединила телефонной сетью гидростанцию с головой канала Салар и установила непрерывный надзор за проходом шуги и льда у Саларского сооружения.

10 января у поселка Троицкого на канале Боз-су образовался ледяной затор, грозивший разрушить мельницу троицкого сельсовета, в связи с чем расход воды в канале Боз-су был снова уменьшен и гидростанции угрожала полная остановка.

В связи с ухудшением положения работ по борьбе с шугой и малой деятельностью комиссии Окрисполкома, при Водохозяйственном комитете 11 января была создана вторая чрезвычайная комиссия из представителей наиболее заинтересованных ведомств.

¹ Сколь значительным по своей толщине был шуговой затор, весьма характерно иллюстрирует разрез по лунке № 6, расположенный в русле Боз-су выше Саларского головного сооружения, примерно на 150 м (из отчета ОИИВХ обследований 1927-28 г.).

Как видно из приводимого разреза по лунке № 6, в этом месте, при общей глубине воды 2,32 м, толщина шугового слоя как смерзшегося, так и не смерзшегося, достигает 1,68 м (см. фиг. 6).

В лунке № 2, находящейся еще выше от сооружения Салар, толщина шугового покрова, по тем же источникам, достигала 2,65 м при глубине воды 3,80 м.

При ликвидации шуговых заторов у головы канала Салар в 1929-1930 гг. автору удавалось обнаруживать шуговой слой до 3,5 м толщиной.

После ознакомления с общим положением дела эта последняя комиссия решила довести расход воды в канале Боз-су снова до 15 куб. м/сек. и закрыть все вышележащие отводы Боз-су. Для увеличения скорости протекания воды по озеру водохранилища, горизонт воды перед турбинами гидростанции был установлен комиссией в 9,7 саж. (20,5 м)—10,0 саж. (21,3 м), вместо нормальных 10,8 саж. (22 м); тем самым был увеличен уклон по урезу воды, а, следовательно, и скорость протекания воды.

Увеличением скорости воды комиссия хотела обеспечить работу Саларского головного сооружения, так как при больших скоростях воды вся шуга должна была проходить в водохранилище гидростанции, а не создавать затора у Саларского сооружения.

Для недопущения осколков льдин и шуги из Чирчика в Боз-су комиссия наметила к устройству на сооружении Юмалак-тепе шугоотбойные запони для сбрасывания захваченной чирчикской шуги и льда обратно в Чирчик (см. чертеж устройства и план установки запоней на Юмалак-тепе в 1926-27 г. фиг. 4). У головного Саларского сооружения установка запоней не предполагалась и не была сделана.

Вся вода, сбрасываемая через турбины гидростанции, попадала в расположенные ниже каналы Анхор и Калькауз, и так как последние не имели специальных сбросов, а сбросной Бурджарский тракт не был готов, то вся вода шла по каналам Анхор и Калькауз и распределялась по мелким отводам их, за исключением совершенно незначительного количества воды, сбрасываемого через водоедействующие предприятия в Кара-камыш и Нижний Боз-су.

Морозы не прекращались, и вода, попадающая в мелкие отводы Анхора и Калькауза, замерзала, уменьшив, таким образом, их пропускную способность. Расход, а, следовательно, и горизонт воды поэтому в каналах Анхор и Калькауз стал сильно повышаться, и районы Тахтапульской и Кукчинской частей бывшего старого города Ташкента стали заливаться водой, вышедшей из берегов канала Калькауз.

В связи с этим обстоятельством явилась необходимость вновь сбросить воду из Бозсуйского водохранилища и его подводящего русла через Салар. Но к этому времени щиты Саларского головного сооружения оказались примерзшими, забитыми льдом и не поднимались, и сбросить воду через Салар оказалось невозможным.

В это же время водохранилище между Саларским головным сооружением и гидростанцией все сильнее и сильнее забивалось шугой и льдом, плывущим по каналу Боз-су, и в нем настолько сузился свободный проход и настолько затруднилось движение воды, что горизонт ее у Саларского головного сооружения поднялся до недопустимой высоты (на 5 см ниже верха сооружения).

Сильный подъем горизонта воды и невозможность сброса ее в Салар заставили комиссию полностью прекратить подачу воды в арык Боз-су, в связи с чем в 2 часа ночи 22 января гидростанция совершенно остановилась.

Остановка воды была использована для очистки за это время Саларского сооружения от льда и приведения в исправный вид пришедших к этому времени в неисправное состояние некоторых щитов сооружения.

За это время Саларское сооружение было целиком обследовано и укреплено.

26 января, в 11 час. дня, в присутствии комиссии в Боз-су была пущена вода в количестве около 12 куб. м/сек., из которых одна треть сбрасывалась в Салар, а две трети, около 8 куб. м/сек., шли на работу одной турбины гидростанции.

При первоначальном пуске 12 куб. м/сек. воды в Боз-су, в 300 м ниже сооружения Юмалак-тепе, образовался ледяной затор, который, сгрудившись, совершенно забил русло Боз-су, почему попытка пропустить 12 куб. м/сек. не удалась. Первоначально комиссия думала разбирать затор вручную, но потом решила пробить его прерывистым пуском воды по Боз-су в количестве до 30 куб. м/сек. При этом комиссия предполагала, что если затор сдвинуть не удастся, то вода размоет левый берег и вынесет весь лед за дамбу, а восстановление этой дамбы обойдется не дороже разборки затора вручную, если же затор удастся сдвинуть, то эта работа вообще ничего не будет стоить. Проба удалась блестяще: затор был сдвинут прерывистым пропуском увеличенного (до 30 куб. м/сек.) расхода воды, после чего расход в Боз-су был снова и окончательно установлен в 12 куб. м/сек.

В 2 часа дня 27 января работа гидростанции восстановилась с неполной нагрузкой. Неполная работа гидростанции продолжалась до 5 февраля, когда наступившая оттепель совершенно сдвинула ледяные заторы у сселения Троицкого и у головы Салара. Опасность сноса Саларского сооружения миновала, и явилась возможность увеличить расход воды для гидростанции до размера, потребного для ее работы полной нагрузкой.

Несмотря на незначительный в общем срок простоя гидростанции, последний все же создал громадные затруднения в нормальной жизни города Ташкента и поставил первоочередной задачей изучение всех явлений, связанных с появлением шуги, выработку мер по борьбе с шугой и прекращение в дальнейшем остановок гидростанции в зимний шуговой (наиболее морозный) период.

Работы ОИИВХ в 1926-27 г. по изучению причин появления шуги и по выработке мер борьбы с ней

Постановлением Технического совета при УВХ от 18 января 1927 г. ОИИВХ было поручено произвести исследовательские работы по изучению образования шуговых ледяных заторов на Боз-су перед гидростанцией и мер борьбы с ними.

Институт приступил к работе 27 января. В 2 часа дня 27 января по Боз-су вновь была пущена вода, и гидростанция, хотя и с неполной мощностью, заработала. Сплошной поверхностный ледяной покров остался только у головы канала Салар (выше головы на 1,5 км).

К этому времени на Юмалак-тепе Ташокрводхозом, по указанию комиссии, были установлены шугоотбойные запони (см. чертеж запоней сезона 1926-27 г. фиг. 4), которые почти всю чирчикскую шугу и лед направляли для сброса обратно в Чирчик.

По каналу Боз-су ОИИВХ наблюдалось в это время прохождение шуги местного образования (шуга, образовавшаяся в Боз-су) в размере всего лишь 10-15% от водной поверхности канала.

Самый же трудный момент борьбы с шугой и момент наибольшего шугообразования в подводящем русле Боз-су, перед сооружением Юмалак-тепе и ниже его, исследованиями ОИИВХ захвачен не был. К исследовательским работам подобного рода нужно было бы приступить не 27 января, а в начале декабря, или еще лучше 15 ноября.

Сезон 1926-27 г. для исследовательской работы был упущен. ОИИВХ зафиксировал лишь последствия, причиненные шуговыми заторами, произвел наблюдения над шуговым ходом в период его угасания и проследил за процессом таяния накопившихся шуговых и ледяных масс в районе головы канала Салар.

Несмотря на это, результаты работ ОИИВХ оказались весьма ценными: они с достаточной очевидностью определили, что шуга и лед, создавшие затор у Саларского головного сооружения, не являются исключительно чирчикского происхождения, а что в самом русле Боз-су, между Юмалак-тепе и головой Салара, могут образовываться шуга и лед как снежного, так и донного образования, и что, следовательно, одними работами по отбою шуги у Юмалак-тепе обойтись нельзя, так как при условии полного сброса из Боз-су шуги и льда через Юмалак-тепе в Чирчик, все же в водохранилище гидростанции будут попадать шуга и лед местного происхождения.

ОИИВХ в своем отчете по обследованию шугового затора отметил, что бревенчато-досчатые запони, установленные на Юмалак-тепе, работали удовлетворительно и не допускали большей части шуги и льда в канал Боз-су.

Работа Ташокрводхоза по борьбе с шугой 1926-27 г.

Работники Ташокрводхоза не имели опыта по борьбе с шугой. Никаких подготовительных противошуговых работ проделано не было, и ирригационная система, не работавшая ранее в морозный период, не была приготовлена к встрече с шугой.

Ташокрводхоз проводил в течение зимы особо трудную работу пропуска по оросительным арыкам отработанной воды гидростанции, так как специального сброса (Бурджарского) в то время не существовало.

Все работы, намеченные комиссиями в процессе шугового хода (установка запоней на Юмалак-тепе, надзор и ремонт Саларского сооружения), производились Ташокрводхозом в тесном сотрудничестве с Ташгэстрамом, финансировавшим все работы, связанные с шугой.

Результаты эксплуатации гидростанции в шуговой период 1926-27 г.

В процессе работ по борьбе с шугой в сезон 1926-27 г. Ташокрводхозом были сделаны следующие выводы:

1. Запони для отбоя шуги, установленные в 1926-27 г. в конце января на сооружении Юмалак-тепе, представляли собою три сплоченных бревна, соединенных как между собою в поперечном направлении, так и с другими тремя бревнами в продольном направлении.

Таким образом, от присоединения вдоль получались запони, первый ряд которых был установлен длиной в 30 м, а второй ряд (сзади первого) в 20 м. (Второй ряд запоней ставится как запасный на случай срыва первого ряда, а также для улавливания шуги, подныривающей под козырек первого ряда). Для улавливания шуги и направления ее вдоль запоней, для сброса в нужное отверстие сбросного сооружения, к плавающим сплоченным трем бревнам был прибит козырек, заходивший под воду на глубину до 0,5 м.

Низкий козырек давал возможность легкого подныривания под него шуги и кусков льда, малая ширина запоней не придавала им устойчивости при переворачивании, вследствие чего очень часто приходилось эти запони исправлять, ставить их вновь в надлежащее положение, что в общем давало плохой результат, и чирчикская шуга, хотя частично, но все же попадала в Боз-су. Вследствие того, что эти запони были установлены уже после прохода наиболее сильной шуги, их нельзя было испытать в наилучших условиях работы. Все же практика работ с ними в 1926-27 г. показала, что запони такого типа неустойчивы, недостаточно длинны и не обеспечивают Боз-су от попадания в него чирчикской шуги и льда.

2. В период образования затора у головы канала Салар головное сооружение его отказывалось работать вследствие примерзания щитов и забивки всего сооружения льдом. При этом был сделан вывод (оказавшийся совершенно неверным), что у сооружения канала Салар необходимо так установить запони, чтобы шуга и лед отбивались от Саларского сооружения и направлялись в водохранилище гидростанции.

3. Промерзание оросительных арыков, подтопление ими дехканских полей и построек с очевидностью показали, что оросительная сеть во время морозов не может принимать отработанную воду гидростанции.

Постройка Бурджарского сбросного тракта

К постройке Бурджарского сбросного тракта специально для пропуска отработанной воды гидростанции на расход 20 куб. м/сек. было приступлено, и в дальнейшем нужно было только лишь ускорить срок его окончания. Но так как в дальнейшем предусматривалась установка на гидростанции третьей турбины, то потребный для нее нормальный расход в течение круглого года увеличивался с 22-23 куб. м/сек. до 35 куб. м/сек.

Это последнее обстоятельство являлось побудителем отыскания варианта для устройства второго, кроме Бурджарского, сбросного тракта на расход до 15 куб. м/сек.

Результат экономических затрат ГЭС от зимних остановок и на борьбу с шугой

В течение этой зимы гидростанция не работала обими турбинами по причине шугового затора в течение 8 дней и работала только одной турбиной из-за недостатка воды по тем же причинам в течение 16 дней.

Недовыработка гидростанцией гидроэнергии в количестве 271.900 кв. в эту зиму в течение 24 дней января месяца принесла $271.900 \times 0,08 = 21.752$ рубля убытка, Стоимость работ по борьбе с шугой в эту зиму выразилась суммой 15 тысяч рублей.

Все убытки от простоя и затрат на борьбу с шугой в зиму 1926—27 г. достигали 36.752 рублей.

III. ЗИМНИЙ ПЕРИОД 1927-28 г.

Подготовка к борьбе с шугой в 1927-28 г.

Несмотря на то, что 1926-27 год показал невозможность работы гидростанции в зимний шуговой период и имелся опыт работы по борьбе с шугой в 1926-27 г., достаточных предупредительных мер предпринято не было.

Причиной тому явилось главным образом убеждение некоторой части специалистов в том, что зима 1926-27 г. являлась исключительной по своей суровости. В частности, ОИИВХ в своем отчете по шуге считал зиму 1926-27 г. необычайно суровой (см. стр. 1 отчета) и полагал, что на такие трудные условия работ по борьбе с шугой, каковые были в 1926-27 г., в дальнейшем рассчитывать нельзя.

Во всяком случае, в это время еще недостаточно была осознана необходимость регулярных ежегодных работ по борьбе с шугой.

В результате подготовки к шуговому периоду были все же проделаны некоторые подготовительные работы на сбросе Юмалак-тепе и Саларском головном сооружении.

Шугоотбойные приспособления на сооружении Юмалак-тепе

На сбросе регулятора Юмалак-тепе, по примеру 1926-27 г., были установлены шугоотбойные запони более усовершенствованного типа, чем это было в прошлом году. Длина запоней также была увеличена: например, первый ряд запоней вместо 30 м длины прошлого года в этом году имел длину 75 м, а второй ряд вместо 20 м имел 35 м. Количество бревен было оставлено прежним, то-есть было сплочено три бревна.

Направление запоней было оставлено старое, их установили таким образом, чтобы шуга, подходящая к сооружению, направлялась на сброс в Чирчик (см. план расположения и конструкции запоней на Юмалак-тепе в 1927-28 г., фиг. 8).

Шугонаправляющий козырек запони устроен высотой 0,8 м (вместо 0,5 в 1926-27 г.).

Результат работ шугоотбойных запоней все же оставлял желать лучшего. Шуга, вследствие недостаточной высоты козырьков, часто подныривала под них и попадала в Боз-су.

Запони были плохо укреплены и при напоре шуги или льдин срывались с места; в то время, пока они устанавливались на место, шуга могла заходить в Боз-су. Вследствие своей неустойчивости запони часто опрокидывались (от упора шуги и льда в козырек запони) и в такие моменты также пропускали чирчикскую шугу в Боз-су. Несмотря на все перечисленные недостатки, работа запоней у сооружения Юмалак-тепе была по сравнению с 1926-27 годом более удовлетворительной.

Шугоотбойные приспособления на сооружении Салар

У головного Саларского сооружения на канале Боз-су также были приспособлены запони по типу установленных на сооружении Юмалак-тепе.

Направление запоням придано такое, чтобы они отбивали шугу от Саларского сооружения и направляли ее в озеро гидростанции (см. план расположения запони по Салару в 1927-28 г., фиг. 5).

То, что сейчас кажется совершенно нелепым, в то время считали правильным, полагая, что главной целью работ у головы арыка Салара является предо-

хранение Саларского головного сооружения от шугового затора с тем, чтобы щиты его не были выведены из строя (как это случилось в 1926-27 г.).

При этом считали, что объем озера гидростанции достаточен для принятия всей попадающей в него шуги, не вызывая шугового затора.

Кроме того, на Саларском головном сооружении была произведена работа по наращиванию стенок сооружения и дамбы, сопрягающей сооружение с левым берегом, а также переустроены донные щиты.

Готовность сбросных трактов ниже гидростанции к зиме 1927-28 г.

Работы по устройству нижнего сбросного тракта для сброса отработанной воды гидростанции в Салар и далее в реку Чирчик затянулись, и к концу января по указанному сбросу (Бурджарскому) можно было пропускать только 7-8 куб. м/сек.

К этому времени Бурджарский перепад был окончательно готов, не был только углублен нижележащий участок Бурджарского сбросного тракта, и временно в русле сброса были устроены габионные пороги (перепады), закреплявшие некоторые точки дна тракта.

Таким образом, при пропуске воды через гидростанцию (при работе двух агрегатов) расходом около 24 куб. м/сек., обеспечивающим ее нормальную работу, Бурджарский тракт в зиму 1927-28 г. не мог облегчить работу городской оросительной сети. Как и в прошлом году, в каналы Анхор и Калькауз нужно было пропускать $24 - 7 - 2 = 15$ куб. м/сек.

Прохождение шугового хода в 1927-28 г.

Шуговой ход в 1927-28 г. начался в середине декабря (15 декабря 1927 г.), при чем количество шуги постепенно все более и более возрастало. Сверх всяких ожиданий, 1927-28 г. оказался таким же суровым и шугообильным, как и 1926-27 г. (если не в большей степени).

Шуга, направляемая в озеро гидростанции, не доходила до его конца и не могла быть сброшенной вниз (в каналы Анхор, Калькауз и сброс Бурджар).

Бурджарский тракт, частично введенный в работу, не мог быть использован для сброса по нему шуги, в него попадали только та шуга и куски льда, которые образовывались ниже гидростанции.

Озеро гидростанции вскоре наполнилось шугой и льдом; поверхность этой смеси образовала сплошную ледяную кору. Повторилась картина, наблюдавшаяся в 1926-27 г. Шуга, не имея другого пути, начала останавливаться под поверхностным льдом, и вскоре шуговой затор распространился до Саларского головного сооружения. Запони не давали возможности шуге подходить к Саларскому сооружению, и тем самым способность регулирования оно не потеряло.

Часть шуги подныривала под остановившийся шуговой затор, уменьшая тем самым отверстие для прохода воды в озеро гидростанции.

Горизонт воды у Саларского сооружения (верх распространения затора) стал быстро повышаться, и вскоре вода пошла через диафрагму щитовых затворов Саларского сооружения, — регулировать расход щитами стало невозможно.

Стенки сооружения и дамба были нарощены осенью, и поэтому перелива через сооружение не наблюдалось.

Руководители работ быстро снизили расход воды в Боз-су, горизонт пал, приток воды к гидростанции уменьшился. Вся шуга и лед опустились. Когда горизонт воды дошел до нормального, расход воды в Боз-су вновь был увеличен, но поднять шугу и лед в озере гидростанции не удалось. Несмотря на повышение горизонта у Саларского сооружения, расход воды на гидростанции не увеличивался. Тогда решили повысить горизонт воды у Саларского сооружения до возможных пределов (с переливом через диафрагму щитов) с тем, чтобы, увеличив напор, протолкнуть достаточное количество воды для гидростанции. Расчеты оправдались: вода стала проходить к турбинам гидростанции в достаточном количестве.

Как-раз в момент, когда казалось, что кризис миновал, произошла катастрофа, повлекшая за собой остановку гидростанции.

Саларское головное сооружение правым крылом врезано в „шоховый“ берег и совершенно прочно соединено с материком, левое же крыло сопрягается с берегом посредством искусственной насыпной дамбы, имеющей бетонное ядро не на полную высоту плотины.

В месте присоединения плотины к сооружению, поверх бетонного ядра, образовалась фильтрация, которая своевременно была замечена, но ликвидировать ее не удалось. Смерзшаяся земля не позволяла уничтожить фильтрацию, и вскоре последняя увеличилась до катастрофических размеров.

Боязнь прорыва, разрушения Саларского сооружения и возможного подтопления части города Ташкента, заставила руководителей работы совершенно закрыть воду в Боз-су, что и было сделано 31 января.

Гидростанция остановилась; горизонт воды упал; было приступлено к заделке прорыва. Пуск воды оказался возможным только в ночь под 7 февраля 1927 г., до этого же времени гидростанция не работала.

Подтопление полотна железной дороги у Чиназа

Зимой этого года отработанная вода Бозсуйской ГЭС, сбрасываемая из арыков Анхор и Калькауз в Нижний Боз-су, вызвала подтопление железнодорожного полотна около моста через Нижний Боз-су. Подтопление происходило потому, что из Нижнего Боз-су, выше железной дороги, не было специального сброса в р. Сыр-дарью, и вся вода направлялась по Нижнему Боз-су в р. Чирчик.

Работа Ташокрводхоза по борьбе с шугой

Вся оперативная работа по борьбе с шугой производилась работниками Ташокрводхоза и отдельным производителем работ. Техническими работниками Окрводхоз в этом году не был силен, и работа по борьбе с шугой находилась также под наблюдением инженеров Главводхоза.

Опытно-исследовательский институт водного хозяйства в этом году никаких наблюдений над шугой не производил. Второй год работы гидростанции окончился так же неблагоприятно, как и первый.

Результаты эксплуатации гидростанции в шуговой период 1927-28 г.

Этой зимой гидростанция не работала всеми 3 турбинами по причине шугового затвора в течение 6 дней и работала неполной нагрузкой по той же причине в течение 30 дней. Недовыработка гидростанцией гидроэнергии в количестве 394.534 кв в эту зиму в течение 30 дней января—февраля принесла убытка $0,08 \times 394.534 = 31.563$ руб. Стоимость работ по борьбе с шугой обошлась в 43 тыс. руб. Все убытки гидростанции в зиму 1927-28 г. выразились в 74.563 руб.

IV. ЗИМНИЙ ПЕРИОД 1928-29 г.

На Бурджарском сбросном тракте

В 1928 г. была закончена постройка 2 консолей на Бурджарском сбросном тракте, переустроены железнодорожные трубы, шоссейный мост и выстроена концевая консоль Бурджарского сбросного тракта.

Указанные работы были приняты в эксплуатацию только в октябре 1929 г. после настойчивого требования Средазводхоза и с отметкой в приемочном акте целого ряда дефектов.

На этом заканчивалось устройство Бурджарского сбросного тракта. Тракт вступил в работу с полной пропускной способностью, то-есть с расходом в 20 куб. м/сек.

На Нижнем Боз-су

20 августа 1928 года закончено устройство деревянного перегораживающего сооружения на Нижнем Боз-су, ниже Яламинской сбросной консоли. Таким обра-

вом, к зимней работе по приему сбросных вод гидростанции Нижний Боз-су был подготовлен, и угроза подтопления полотна железной дороги целиком устранялась.

Подготовка к зиме 1928-29 г

Практика работы по борьбе с шугой в два предшествовавших года заставила осознать серьезность этих работ и взяться за это дело более основательно.

Непригодность Саларского головного сооружения при работах по борьбе с шугой была признана и в 1927 году, но практически к этому вопросу удалось подойти только в 1928 году.

Был поставлен вопрос о коренном переустройстве головного Саларского сооружения с учетом необходимости сброса шуги в Салар. Эти решения послужили основой для составления проекта нового головного сооружения на Саларе.

Проект постоянного сброса в голове канала Салар

Сущность проекта переустройства Саларского сооружения, составленного Упращаном, следующая:

Существующее головное сооружение остается в том же виде, как оно есть, но со снятием верхних и нижних щитовых устройств.

За первой излучиной выше существующего сооружения на канале Боз-су устраивается новое головное сооружение.

От этого сооружения идет бетонированное русло, которое входит в существующее головное сооружение и оканчивается последним, работающим как перепад.

В нижней части существующего сооружения удлиняются колодез и крепление сливной части.

В новой голове устраиваются регулирующие приспособления, а в русле Боз-су устанавливаются запоры для направления всей шуги в канал Салар (см. фиг. 7).

Стоимость этого проекта по смете Упращана определялась в 165 тыс. руб.¹

Устройство временного деревянного шугосброса в голове канала Салар

В связи с невозможностью выполнить к началу шугового хода переустройство головы канала Салар по проекту Упращана было предложено Ташводокругу произвести все необходимые работы для сброса шуги через существующее сооружение, применяя временные меры.

Комиссия инженеров осмотрела Саларское головное сооружение на предмет приспособления его для сброса шуги. Оказалась полная невозможность сброса шуги без снятия щитов и диафрагмы и уборки подъемных винтов, т. е. иначе говоря, без работ, намеченных проектом Упращана. Комиссия решила устроить временный шугосбросный лоток, расположив его с правой стороны существующего сооружения со сбросом воды и шуги на сливную часть Саларского сооружения.

Задание по проектировке такого рода шугосбросного лотка было выполнено к 25 ноября, а 27 ноября уже приступили к его постройке.

Одновременно было приступлено к наращиванию бетонных стенок существующего Саларского сооружения и бетонной диафрагмы, заложенной в теле земляной дамбы.

12 января 1929 года закончен временный шугосбросный лоток, установка запорей по типу, принятому на Юмалак-тепе, но значительно улучшенных и усиленных (см. ниже). При этом положение запорей придано такое, чтобы шуга направлялась ими в шугосброс и не пропусклась в озеро гидростанции.

В то время, когда на голове Салара устраивалось приспособление для сброса шуги в Салар, Ташокрводхоз производил обследование этого канала и выяс-

¹ В настоящий момент окончательно принят вариант шугосброса в голове Салара несколько отличный от описанного. При этом варианте старое головное сооружение совершенно не используется, а новая голова Саларского шугосброса берется в верхней части первой излучины Боз-су. Вторая верхняя излучина Боз-су при этом намечается к спрямлению.

нил возможность пропуска по нему шуги без опасности разрушения гидротехнических сооружений, но с ущербом для вододействующих предприятий, остановка которых во время хода шуги оказалась неизбежной.

Техническая комиссия (инж. Грушкин, Вавилов и техники Панюшкин и Бочагов) в ноябре 1928 г. осмотрела канал Салар и дала следующее заключение:

1. Сброс шуги из канала Боз-су перед гидростанцией в канал Салар производить можно.

2. Относительно свободное движение шуги по каналу Салар может происходить только при условии освобождения русла Салара от заграждения подмостями строящегося железобетонного моста и конце Пушкинской улицы и открытия на все время движения шуги шлюзов перегораживающих Салар сооружений всех вододействующих предприятий, так как закрытие щитов неминуемо вызовет шуговые заторы, следствием чего может быть затопление берегов, с угрозой разрушения самих перегораживающих сооружений и прилегающих построек.

3. Местхозам быв. старого и нового городов необходимо иметь во время движения шуги рабочий отряд для срочных работ по ликвидации случайных заторов на Саларе как по всему его течению в черте города, так и у Пушкинского моста и в головах отводов из канала Салар.

4. Вододействующие предприятия могут работать при открытых щитах только при условии излишка воды, чего трудно ожидать в зимнее время при движении шуги. Поэтому предприятиям рекомендуется на этот случай иметь тепловой резерв или электромоторы, работающие на электроэнергии Бозсуйской гидростанции. Надзор за ходом шуги и борьба с ней в пределах вододействующих предприятий должны производиться за счет последних.

Временные деревянные шугосбросные лотки, выстроенные на канале Кальмауз в прошлом 1927 г. и осенью 1928 года, были отремонтированы. Лотки эти построены по типу консольных перепадов, но без соблюдения надлежащих гидротехнических размеров, и поэтому были весьма ненадежны.

Шугоотбойные приспособления на Юмалак-тене и дополнительные работы по уничтожению фильтрации в голове Боз-су

Вследствие опыта истекшего года шугоотбойные запони на сезон 1928-29 г. были перепроектированы. Для увеличения плавучести они были сделаны из пяти (4-5 вершковых) бревен, из которых три бревна расположены впереди у козырька запони, а два сзади. Для скрепления отдельных звеньев в продольном направлении и для прикрепления к бревнам брусков козырька запони, введены железные поковки, облегчающие сборку запоней и придающие им большую прочность.

Запуск козырька запоней под воду увеличен до 1,20 м (вместо 0,80 м в 1927-28 г.). Первый ряд запони удлинен до 85 м—вместо прошлогодних 75 м, и второй ряд до 51 м—вместо прежних 35 м.

Направление и прикрепление запоней были несколько изменены вследствие увеличения длины их.

К необходимым работам по обеспечению бесперебойной работы гидростанции в зимний шуговой период нужно было также отнести работы по уменьшению фильтрации сквозь неплотные водозахватные сооружения в голове канала Боз-су, в месте прорыва 1924 г., в месте сброса Янги-клык, на старом сбросе Гальбрек, в голове канала Кара-су правобережный и в головах прочих отводов из канала Боз-су между его головой и гидростанцией.

Необходимость такого рода работ вызвалась условием обеспечения гидростанции постоянным током воды, достаточным для трех турбин ГЭС, то-есть всего в количестве до 35 куб. м/сек.

Высказанное поясним более подробно:

За период с 1900 г. по 1931 г. включительно по р. Чирчик в зимний период были отмечены минимальные расходы воды:¹

от 30 до 40 куб. м/сек.	2 года
" 50 " 60 "	16 лет
" 60 " 70 "	4 года

¹ См. Труды ОИИВХ—Материалы по расходам рек Средней Азии. Том II. Река Чирчик, станция Чимбайлыкская*. Изд. 1930 г.

от 70 до 80 куб. м/сек.	5 лет
" 80 " 90 "	3 года
" 90 " 100 "	1 год
	31 год

Из приведенных данных видим, что наиболее часто минимальные расходы колеблются в пределах от 50 до 60 куб. м/сек и составляют вместе с группой минимальных расходов от 30 до 40 куб. м/сек.,—всего $\frac{16+2}{31} \times 100 = 58\%$ от числа наблюдаемых лет.

Годовое значение этих минимальных расходов за весь период наблюдений составляет $\frac{352}{365 \cdot 31} \times 100 = 3,10\%$ из числа наблюдаемых дней.

Месячное значение этих минимальных расходов составляет:

в декабре	$\frac{23}{31 \cdot 31} \times 100 = 2,5\%$	} От числа наблюденных дней
в январе	$\frac{97}{31 \cdot 31} \times 100 = 10\%$	
в феврале	$\frac{163}{28 \cdot 31} \times 100 = 18,7\%$	
в марте	$\frac{69}{31 \cdot 31} \times 100 = 7,2\%$	

Следовательно, в среднем за 1931 год по р. Чирчик может быть расход в пределах 30—60 куб. м/сек. в декабре месяце—в течение одного дня, в январе—в течение 3 дней, в феврале—в течение 5 дней и в марте—в течение 2 дней.

Цифры эти средние и могут изменяться в различные годы как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения.

Однако, значимость малых расходов не подлежит сомнению, и поэтому с минимальными расходами до 60 куб. м/сек. необходимо считаться.

При существующем водозахвате в голове канала Боз-су габрионными водосливами, сквозь неплотные габрионы и таштугайные дамбы уходит вниз по Чирчику, не попадая в канал Боз-су, до 12—15 куб. м/сек.

На головном регуляторе Юмалак-тепе для сброса шуги при существующем устройстве шугоотбойных приспособлений и наличии сооружения, не приспособленного для сброса шуги, необходимо расходовать до 15—25 куб. м/сек. воды.

Для сброса шуги из Боз-су через голову Салара в русло последнего, при существующем типе шугосброса и направляющих запонях, необходимо тратить до 8—12 куб. м/сек.

Нужно оговориться, что величина потребного для сброса шуги сбросного расхода на Юмалак-тепе и Саларе зависит от интенсивности заморозков, или, что то же самое, от количества подходящей к этим сооружениям шуги.

На фильтрацию через неплотную таштугайную кладку в голове канала Карасу, правобережный, на месте прорыва 1924 г. и на старом сбросе Гальбрек теряется до 4—5 куб. м/сек.

Таким образом, непроизводительный расход воды, теряющийся бесполезно для гидростанции, составляет:

$$(12-15) + (15-25) + (8-12) + (4-5) = 39-57 \text{ куб. м/сек.}$$

Кроме того, вследствие отсутствия ошлюзования прочих отводов канала Боз-су, расположенных между головой канала Боз-су и Бозсуйской ГЭС, последние на зимний период перекрываются чимо-хворостяными (дерновыми) перемычками, которые в общей сложности дают фильтрацию до 2—3 куб. м/сек.

Канал Зах, расположенный выше головы канала Боз-су, в зимнее время берет расход до 3—5 куб. м/сек., идущий для питьевых нужд населения, а главным образом для снабжения водой паровозов Среднеазиатской железной дороги.

Если эти последние расходы прибавить к сумме предшествовавших расходов, то общую сумму потребностей и потерь воды будем иметь:

$$(39-57) + (2-3) + (3-5) = 44-65 \text{ куб. м/сек.}$$

Русловые потери по каналу Боз-су от головы до ГЭС во внимание не принимаются, так как, по видимому, они в зимнее время при содействии выклинива-

ния грунтовых вод и уменьшения фильтрации при низких температурах, или совершенно незначительны, или равны нулю (по балансу канала Боз-су за 1930 г. Чирчик-Ангренского гидрострического района).

При размере указанных выше непроизводительных потерь и потребностях воды, остатка воды по каналу Боз-су для питания Бозсуйской гидроэлектростанции будет недостаточно, если не будут приняты соответствующие меры по уменьшению непроизводительных потерь, которые можно разбить на две группы.

Первая группа—неустраняемые расходы, к которым относятся:

1. Расход воды для сброса шуги на регуляторе Юмалак-тепе и количестве 15—25 куб. м/сек.
2. Расход воды для сброса шуги в Салар до 8—12 . . .
3. Забор воды в канал Зах 3—5 . . .

Всего неустраняемого расхода 25—42 куб. м/сек.

Вторая группа—устраняемые расходы, к которым относятся:

1. Фильтрация сквозь неплотные водосливы и таштугайные дамбы водозахватных сооружений в голове канала Боз-су 1—15 куб. м/сек.
2. Фильтрация сквозь неплотные таштугайные перемычки в голове канала Кара-су правобережный, на месте прорыва 1924 г. и на старом сбросе Гальбрек 4—5 . . .
3. Фильтрация сквозь неплотные перемычки в головах прочих отводов к Боз-су 2,3 куб. м/сек

Всего устранимого расхода 19—23 куб. м/сек.

Неустраняемый расход подсчитан при существующих типах сооружения и при наблюдаемом количестве шуги.

При изменении условий этот расход может повыситься или понизиться.

При существующем способе водозахвата, перекрытий голов отводов и существующем положении питания паровозов из канала Зах, возможно только уменьшить устранимые расходы, но нет возможности избежать их целиком. Такое уменьшение можно достигнуть:

1. В водозахватных сооружениях канала Боз-су до 3 куб. м/сек.
2. В голове канала Кара-су (правый берег) старого сброса Гальбрек и прорыва 1924 г. 1 . . .
3. В головах прочих отводов канала Боз-су 1 . . .

Итого до 5 куб. м/сек.

При неустраняемых потерях до 25—42 куб. м/сек., уменьшении устранимых потерь до 5 куб. м/сек. и расходе в Чирчике, равном 60 куб. м/сек., мы можем подвести к гидроэлектростанции, в зависимости от количества шуги:

$[60 - (25 - 42) - 5 = 30 - 13]$, от 30 до 13 куб. м/сек.

Ясно, что при полном отсутствии шуги при расходе в Чирчике в 60 куб. м/сек. гидроэлектростанция может получить $(60 - 5 = 55)$ до 55 куб. м/сек., то есть больше того, что нужно ей для полного удовлетворения 3 турбин.

Понятно, что при уменьшенных расходах р. Чирчик (против принятого для сравнения расхода в 60 куб. м/сек.) соответственно будет меньше подводимый к гидроэлектростанции полезный расход. Выше было указано, что величина потребного расхода для сброса шуги по Юмалак-тепе и Салару зависит исключительно от количества подходящей к этим пунктам шуги, то-есть при неизменном общем расходе воды в р. Чирчик полезный расход воды для гидроэлектростанции будет тем меньше, чем больше будет шуги в Чирчике и в русле канала Боз-су.

Отсюда вытекает, что недостаточное обеспечение гидроэлектростанции полным расходом воды может быть даже и при условии успешной борьбы с шугой, но в случае, когда расход воды в р. Чирчик будет мал и за вычетом бесполезных потерь на фильтрацию и сброс шуги, такового будет все же недостаточно для 3 турбин гидроэлектростанции.

Тепловой резерв, даже при благоприятной борьбе с шугой, все же необходим, чтобы в момент недостатка воды для гидроэлектростанции, тепловой резерв мог восполнить недовыработку гидроэнергии.

Как уже упоминалось выше, ко всем противошуговым работам в этом году было приступлено своевременно, только лишь устройство шугосброса в голове Салара несколько задержалось из-за неготовности проекта, но, несмотря на это, шугосброс все же был готов до начала сильного шугового хода.

Фактически работы были выполнены в следующие сроки:

1. Запони у головы Салара 27 ноября 1928 г.—1 января 1929 г.
2. Запони на сооружении Юмалак-тепе 4 ноября 1928 г.—14 декабря 1928 г.
3. Уменьшение потерь воды на подзахватных сооружениях в голове канала Боз-су 6 декабря 1928 г.—11 января 1929 г.
4. То же в голове канала Кара-су, на прорыве 1924 г. и старом сбросе Гальбрек 6 декабря 1928 г.—10 января 1929 г.
5. Деревянный шугосброс в голове канала Салар 27 ноября 1928 г.—12 января 1929 г.

Первая шуга появилась в канале Боз-су у головы канала Салар в начале января и примерно до 13 января 1929 г. шла в количестве не более 1—4%¹.

Такая шуга неприятностей не вызывала и совершенно не отражалась на работе ГЭС.

С 13 января шуга пошла в количестве 30—35%, а 20—21 января в размере до 40—50%. К этому времени шугосброс был открыт и запони установлены.

При этом наблюдалось, что работа запоней и шугосброса была удовлетворительной, так что ниже запоней в озеро гидростанции даже в период наиболее сильного шугового хода, наблюдавшегося в этом году, шуга совершенно не попадала. Вся шуга направлялась в шугосброс, а по нему беспрепятственно сбрасывалась в Салар. Но такая удовлетворительная работа, как оказалось в последующие годы, наблюдалась только при шуге не более чем в 40—50%, а при большем количестве шуги (до 75%) работа шугосброса оказалась неудовлетворительной, о чем будет сказано ниже.

В этот зимний сезон шуговой ход у головы канала Салар обычно начинался с 6—7 час. вечера и продолжался, в зависимости от температуры, до 10—11 час. утра и даже до 2 час. дня.

Наибольшее количество шуги проходило с 12 час. ночи до 8 час. утра. Днем ход шуги прекращался, а если и продолжался, то в самом небольшом количестве.

В это время обычно к шугосбросу подтапливали сверху отдельные льдины размером от 5 до 10 кв. м. Иногда наблюдались льдины до 20 кв. м и толщиной до 30 см.

Эти льдины имели неровный вид и представляли собою забереги, состоящие из смерзшейся шуги, скрепленной льдом поверхностного образования.

Такие забереги образовывались по ночам, а днем, при наступлении оттепели, откалывались от берегов и плавали вниз.

Все подносимые к шугосбросу значительные льдины раскалывались на мелкие куски обслуживающим шугосброс отрядом рабочих. Раскалыванию льда помогали быстрое течение в шугосбросе и перепад на пороге его.

Работа запоней на сооружении Юмалак-тепе также была удовлетворительна. В момент наибольшего хода шуги, когда таковой по Чирчику шло до 40—50%, в канал Боз-су проходило не больше 5—10% шуги.

Кроме того, замечено, что подплывающий сверху поверхностный лед имел большие размеры и с большим усилием (разбивка пешнями) пропускаться через существующие отверстия на сброс в Юмалак-тепе. Создавалась даже опасность ледяного затора. В последующие годы на этом сооружении, и предотвращение могущих быть здесь ледяных заторов, на весь морозный период устанавливалось дежурство подрывников и имелся запас взрывчатых веществ.

Ниже гидростанции (по каналам Анхор и Калькауз) на всех сооружениях и сбросных лотках были поставлены дежурные отряды рабочих. Бурджарский тракт

¹ Процентное количество шуги определяется по ее площади в отношении к общей площади водной поверхности (как облачность).

принимал в это время 20 куб. м/сек., остальной расход частично (до 4 куб. м/сек.) сбрасывался по Анхору и частично (до 6 куб. м/сек.) по Калькаузу (в эту зиму через ГЭС пропусклся расход до 30 куб. м/сек.).

По Салару фактически пропусклся расход от 5 до 9 куб. м/сек., а в голове канала Боз-су поддерживался расход в среднем от 40 до 45 куб. м/сек.

По Салару, в черте города, согласно протоколу и акту, все работы по борьбе с шугой должен был вести Местхоз, а за пределами городской черты, в головах канала Джун и Ниязбаш—Куру-кульдук, были выставлены дежурные рабочие Окрводхоза. На сбросе из Нижнего Боз-су в р. Сыр-дарью (Иламинская консоль) также было поставлено дежурство от Ташокрводхоза.

Прохождение шуги по Салару

Этот год был первым опытом пропуска значительного количества шуги по каналу Салар. Несмотря на запрещение создавать подпор, вододействующие предприятия, не понимая могущих быть последствий, продолжали работать днем, когда ход шуги по Салару почти прекращался, и ночью, когда шуга шла полным ходом.

Пользуясь слабым и недостаточным надзором, хлопкоочистительный завод № 49 продолжал безостановочную работу, вследствие чего в ночь с 22 на 23 января 1929 г. в верхнем бьефе подпорного сооружения шуга остановилась, и перед сооружением образовался шуговой затор.

Щиты сооружения оказались примороженными, быстро поднять их не удалось. Во всяком случае, последующий подъем щитов уже не ликвидировал затора, так как последний к этому времени ушел далеко вверх и вышел из пределов влияния подпора, создаваемого сооружением.

К утру 23 января шуговой затор успел распространиться выше Куйлюкского моста, то есть на расстояние 2.000 м, а вечером он был уже на расстоянии 250 м от моста по улице Карла Маркса, то есть подвинулся кверху на 700 м (см. схему распространения затора на канале Салар, фиг. 9).

Общее техническое руководство и наблюдение за работами по борьбе с шугой на канале Салар с 23 января взял на себя Ташокрводхоз, чтобы решительными и энергичными мерами ликвидировать в кратчайший срок затор на канале Салар. Для этого необходимо было в кратчайший срок разбить шуговой затор и спустить всю шугу вниз. 23 января горизонт воды в канале Салар по причине затора стал сильно повышаться и подтопил дома самовольных застройщиков по берегам Салара около Куйлюкского моста. В дальнейшем могли быть еще большие неприятности и затопление значительно большего числа построек и промышленных предприятий.

Для разбивки затора были мобилизованы рабочие хлопкоочистительного завода № 49 и все рабочие Местхоза.

Щиты на заводе № 49 были подняты, и разбитая шуга и лед свободно проходили через сооружение.

До вечера 23 января с разбивкой затора удалось дойти только до Куйлюкского моста. Необходимо было бы дойти в тот же день до верхнего конца шугового затора, — тогда он был бы целиком ликвидирован, — но этого сделать не удалось.

На ночь были оставлены только дежурные.

В ночь с 23 на 24 января шуговой затор распространился до мельницы № 2, пройдя за ночь расстояние в 1.400 м.

24 января разбивка затора продолжалась, но была доведена только до лесопильного завода, то есть до моста по улице Карла Маркса. На этом работу 24 января закончили.

В ночь с 24 на 25 января все сбросное русло мельницы № 2 было сплошь забито шугой, и вода вышла из берегов. Рано утром, часов около 5, шуга еще с трудом проходила по деривационному руслу мельницы № 2, а около 8—9 час. утра совершенно остановилась, и вскоре шуговой затор распространился до хлопзавода № 51, пройдя, таким образом, в эту ночь расстояние в 1.100 м.

25 января, помимо рабочих хлопзаводов № № 49 и 51 и мельницы № 2, для борьбы с шугой были вызваны воинские части и команда военных подрывников.

Воинские части и все наличные рабочие работали до 1 часа ночи и пробили затор до мельницы № 2.

25 января наступило некоторое потепление, поступление шуги в канал Салар уменьшилось, и в ночь на 26 января шуговой затор не пошел выше хлопзавода № 51.

Очистка затора у мельницы № 2 была особенно трудна и продолжалась в течение 2 дней без существенных результатов. Только 28 января утром удалось очистить остатки шугового затора и освободить канал Салара от шуги.

В случае, если бы во время ликвидации шугового затора на канале Салар, непрерывно продолжался сильный мороз и было бы непрерывное и значительное поступление шуги, ликвидировать этот затор на канале Салар так легко и в такой короткий срок не удалось бы.

Скорость нарастания затора в течение первых дней шла гораздо быстрее его ликвидации.

Такое положение, усложняемое, может быть, отдельными трудностями в смысле очистки русла от шуги, местами могло создать на Саларе сплошной шуговой затор, подтопление окружающих построек и, возможно, привело бы к необходимости прекращения пропуска воды по Салару во избежание подтоплений со всеми последствиями для ГЭС.

Работы по сбросу отработанной воды

Системы ниже гидростанции в эту зиму работали более спокойно, чем в предыдущие годы, и вследствие сравнительно слабых и кратковременных заморозков особых затруднений не представляли.

Каналы сильно не промерзали, а, следовательно, пропускная способность их значительно не уменьшилась.

Несмотря на это, оросительные системы каналов Анхор и Калькауз были сильно перегружены. В некоторых случаях было отмечено подтопление строений.

В ы в о д ы

Из практики работ борьбы с шугой 1928-1929 г. г. выяснилось, что в основном задача эта разрешена.

Были найдены пути сброса шуги, и выявилась возможность бороться с ней. Шугосбросной лоток в голове канала Салар, построенный как опытный, себя оправдал, а сброс шуги по Салару подтвердил практическую возможность этого сброса.

В то же время затор на Саларе показал необходимость и в дальнейшем установления по этому каналу более строгого надзора для гарантии против повторения шугового затора.

Гидростанция в этом году не останавливалась и при расходах в Чирчике в самый сильный шугоход 22—25 января в размере 75 куб. м/сек. была обеспечена средним полезным расходом в 28—30 куб. м/сек.

Затраты на борьбу с шугой в 1928-29 г. составили 56 тыс. руб.

V. ЗИМНИЙ ПЕРИОД 1929-30 г.

Подготовка к зиме 1929-30 г.

Благоприятный исход борьбы с шугой в 1928 г. до некоторой степени усыпил и ослабил внимание при подготовке к шуговым работам 1929-30 г.

Смета и план работ на 1929-30 г. были составлены аналогично и в объеме работ 1928-29 г. с незначительным превышением за счет увеличения числа окарауливающих рабочих, а главным образом за счет постройки помещений для рабочих на сооружении Юмалак-тепе.

Пункты борьбы с шугой были оставлены прежние с некоторым увеличением пунктов охраны по каналу Салар в связи с наличием опасности затора, выявившейся в прошлом году.

В эту зиму надзор за проходом шуги у мостов по магистральным каналам города был возложен на городскую ирригацию Местхоза, а надзор за вододействующими предприятиями по каналу Салар—на Водхоз.

В организационном отношении вся работа по борьбе с шугой производилась Водхозом и была построена нижеследующим образом.

Проведение противошуговых работ и выполнение всех мероприятий на участке канала Боз-су от головы до гидростанции и головы Салара включительно было возложено на прораба ремонтно-регулирующих работ головы канала Боз-су, а на участке ниже гидростанции и головы Салара до р. Сыр-дарьи и р. Чирчик — на инженера-гидротехника Чирчикской правобережной системы.

В этот год перед началом шуговых работ были отправлены на курсы для переподготовки 4 человека из числа лиц технического персонала, обслуживающих систему правобережного Чирчика. В момент особо напряженного положения, при недостатке технических работников на работах по борьбе с шугой, пытались отозвать этих работников обратно, но сделать этого не удалось.

Указанный недостаток технических работников неблагоприятно отразился на общем ходе противошуговых работ 1929-30 г.

Шугосбросные сооружения на каналах Анхор и Калькауз

Вследствие того, что выстроенный Бурджарский сбросной тракт не принимал всего сбросного расхода ГЭС и пропуск излишней сбросной воды по каналам Анхор и Калькауз входил в систему, осенью 1929 г. на канале Калькауз были построены два новые консольные шугосброса несколько улучшенного типа взамен пришедших к этому времени в негодность старых шугосбросных лотков. Они были, однако, построены без проекта и строились как временные.

В общей сложности эти два сброса могли пропустить до 6 куб. м/сек.

На канале Анхор был устроен один шугосброс на расход до 3 куб. м/сек. Месторасположение этого шугосброса выбрали у пересечения трассы Право-Куйлюкского канала с каналом Анхор, при чем сбрасываемая по указанному шугосбросу вода по оврагу Зах проходила в Нижний Боз-су.

Шугоотбойные приспособления на Юмалак-тепе и Саларе

Шугоотбойные запони на Юмалак-тепе и Саларе перестройке в 1929-30 г. не подвергались и были только отремонтированы.

Шугосбросной лоток в голове канала Салар был только проконопачен, но никаким конструктивным переделкам не подвергался.

Ремонт сооружения Юмалак-тепе

Осмотром комиссии весной 1929 г. установлена необходимость обязательного ремонта сливной части выпуска в канал Боз-су сооружения Юмалак-тепе. Еще ранее, в 1927 г., замечен сильный размыв дна вследствие отогнанного прыжка; этот размыв достиг таких пределов, что зуб слива в некоторой части (у правого берега) оказался висящим вследствие вымыва из-под него грунта. В качестве временной меры вдоль зуба в один ряд были заброшены габионы, которые несколько предохранили дно от дальнейшего заглубления непосредственно под зубом.

Весной 1929 г. отремонтировать сооружение не успели и перенесли ремонт на осень.

В расчете, что ход шуги начнется не ранее 15 декабря, к указанному ремонту было приступлено 15 ноября с тем, чтобы окончить все работы к 15 декабря, то-есть до начала шугового хода.

По наблюдениям прошлых лет, шуга у регулятора Юмалак-тепе обычно не появлялась ранее 15 декабря; в этом же году неожиданно для всех в конце ноября наступило значительное похолодание, пошел снег, а вслед за тем пошла шуга.

Для производства ремонта сливная часть Бозсуйского отверстия была осушена, вода в канал Боз-су подавалась по отводному руслу, а регулировка воды производилась на сбросе Янги-клык. В связи с этим установка запоней на обычном месте, то-есть в подпертом бьефе сооружения Юмалак-тепе, не имела смысла, так как обводное русло для питания канала Боз-су было расположено в нижнем бьефе сброса Юмалак-тепе.

8 декабря, когда сливная часть была уже забетонирована и нужно было дать бетону обычную выдержку для схватывания и отвердения, наступило резкое похолодание, и появилась опасность появления шуги.

Чтобы избежать образования шугового затора в канале Боз-су, в срочном порядке было приступлено к установке временных шугоотбойных запоней не на сооружении Юмалак-тепе, что было невозможно, а у сброса Янги-клык. Эти запони были сделаны облегченного типа и полного отбоя шуги дать не могли.

К тому же условия для сброса шуги на Янги-клыке были неблагоприятны. Плохая работа запоней создавала благоприятные условия для захода шуги в канал Боз-су в повышенном количестве, а так как к моменту начала шугового хода по каналу Боз-су шугоотбойные запони у головы Салара по нераспорядительности прораба не были установлены, то утром 27 ноября у головы Салара в русле канала Боз-су образовался шуговой затор. Вся шуга по каналу Боз-су прошла мимо головы Салара и заполнила озеро гидростанции, повторив картину прошлых лет. Для увеличения пропуска воды на ГЭС горизонт у головы канала Салар пришлось сильно повысить.

Затор не пошел выше головы канала Салар, так как подходящая сверху шуга направлялась стоящим ниже затором как запонями в шугосброс. В 3 часа дня запони были установлены, и шуга целиком направлялась в шугосброс. Затор ниже запони постепенно рассосался, не создав затруднений для работы гидростанции.

Так как ход шуги по реке Чирчик не уменьшался, а наоборот, увеличивался, а работа шугоотбойных запоней на Янги-клыке оставляла желать лучшего, то по каналу Боз-су также проходило значительное количество шуги.

Оказалось, что пропуск значительного количества шуги (до 70—80%) через временный деревянный шугосброс весьма затруднителен и иногда совершенно невозможен. Дело в том, что выше головы Салара русло Боз-су имеет очень крутые извилины, в которых создаются сильные вихреобразные движения воды. При большом ходе шуги в этих местах образуются шуговые скопления, вращающиеся по воле вихревого движения.

Эти шуговые скопления увеличиваются по ширине и нарастают в глубину; периодически от них отрываются массы шуги и плывут вниз к шугосбросу. До тех пор, пока этот осколок массы шуги плывет по руслу Боз-су по глубокому месту, дело идет нормально, но как только он начинает направляться к шугосбросу, где глубина воды уменьшается до 1—1,5 м, то, вследствие своей значительной толщины, садится на дно и, останавливаясь сам, приостанавливает тем самым движение идущей вслед за ним шуги.

Когда такая остановка мощных масс шуги происходит редко и при незначительном ходе шуги, эту остановку успевают разбить вручную и тем самым предотвратить затор. При значительном ходе шуги и при большом количестве „осколков“ предотвратить шуговой затор перед шугосбросом оказалось невозможным.

В результате 20 декабря по причине, указанной выше, перед шугосбросом образовался шуговой затор, проход шуги в Салар прекратился и последняя стала нагромождаться вдоль запоней и выше их, часть шуги пошла ниже запоней, подныривая под них.

К вечеру затор распространился кверху до Селекционной станции и вниз до жолоба Хальпа-тарнау.

Продолжая поддерживать высокий горизонт воды у головы к Салару и тем проталкивая к гидростанции потребный расход, приступили к ликвидации затора. Чтобы ускорить борьбу, затребовали команду подрывников из военной школы имени Ленина. Затор удалось пробить только 24 декабря.

К этому времени, 20 декабря, на сооружении Юмалак-тепе были закрыты щиты выпуска в Боз-су, и установлены постоянные запони для отбоя шуги. Отбой шуги в голове канала Боз-су улучшился.

Эксплуатация Бозсуйского водного тракта зимой 1929-30 г.

Выше было сказано, что первая шуга в этом году появилась 27 ноября и первый период хода шуги продолжался до 4 декабря. 11 декабря ход шуги возобновился и продолжался до 11 января, с 17 января снова пошла шуга и продолжалась до 3 февраля. В феврале ход шуги отмечен 8, 9, 10, 25, 27 и 28 числа и с 1 по 5 марта.

Максимальный ход шуги на Юмалак-тепе за этот период был отмечен 21 декабря, достигший 70% от общей поверхности воды.

Самая низкая температура в эту зиму была отмечена 16, 17 и 18 декабря (-23°C) и 1, 17 января (-20°C). Вообще зима этого года была очень сурова и продолжительна.

Пропуск шуги по Салару

Надзор за пропуском шуги по Салару был поставлен достаточный и надежный. Никаких заторов шуги в русле Салара в этом году не было. Однако, при образовании шугового затора в русле Боз-су у головы канала Салар, через шугосброс и диафрагму щитов, при повышении горизонта, в канал Салар был пропущен расход до 16 куб. м/сек. Этот расход подтопил строения на острове у мельницы № 1 и складские помещения мельницы.

Подтопление усугублялось, помимо увеличения расхода воды, еще тем обстоятельством, что отверстие, где помещается подавное колесо мельницы № 1, не работало, что уменьшило пропускную способность канала.

Пропуск шуги и отработанной воды ниже ГЭС

Низовые сбросные тракты с наступлением сильных морозов (середина декабря) оказались в чрезвычайно перегруженном состоянии.

В эту зиму расход по каналу Калькауз, в связи с его необорудованностью надежными сбросными сооружениями, поддерживался не больше 4—6 куб. м/сек.; такой же примерно расход забирался и в канал Анхор. По Бурджарскому сбросному тракту ниже канала Анхор пропусклось 20—22 куб. м/сек.

Понижение температуры вызвало сильное обледенение берегов и дна каналов, появились забереги, пропускная способность каналов уменьшилась, горизонт воды при тех же расходах стал возрастать и в результате увеличился против нормального (на Бурджарском сбросном тракте между вододелителем Анхор-Калькауз и перепадом Бурджар) на 0,75 м.¹

Обледенение берегов было тем сильнее, что горизонт воды в сбросных трактах в течение суток значительно колебался. Эти колебания горизонта вызывались исключительно неурегулированным пропуском воды через гидростанцию, происходящим главным образом от того, что в то время на ГЭС не было дежурных водомеров от Водхоза, которые контролировали бы количество и равномерность пропуска воды через ГЭС (лимниграфа на ГЭС нет).

Кроме того, не было увязки между ГЭС и головой Салара; тот и другой пункт работали самостоятельно и не согласовывали своих действий.

В результате повышенного сброса воды через гидростанцию в ночь с 18 на 19 декабря у перепада Бурджар произошел прорыв левой дамбы Бурджарского сбросного тракта. Утром 19 декабря обследованием установлено, что ночью, в момент прорыва, горизонт воды поднимался очень высоко, и запас в дамбах оставался только в 0,5 м. Причиной этого прорыва могло быть следующее:

- а) увеличенный сброс воды через ГЭС;
- б) колебание горизонта воды в связи с неурегулированным сбросом воды через ГЭС;
- в) промерзание дамб и появление в них трещин.

Хотя этот прорыв не принес значительных повреждений, вода, прорвав дамбу затопила лишь котловину у крепости между дамбой и основным обрывом лессового массива, однако, он показал всю опасность допускаемых ночных повышений горизонтов воды от неравномерного и преувеличенного сброса воды гидростанции.

В ночь на 1 января 1930 г. дежурным сторожем головного сооружения канала Анхор отмечен значительный подъем горизонта воды с переливом через диафрагму щитов. Сторож телефонировал об этом на перепад Бурджар бывшему там десятнику. Последний самостоятельно никаких решительных мер по снижению горизонта воды предпринять не мог и донес об угрожающем положении в Окрводхоз, где должен был находиться ответственный дежурный по борьбе с шугой.

¹ По наблюдениям автора за руслом Бурджарского тракта в сезон 1932-33 г. на дне и берегах его обнаружен донный лед слоем до 0,75—1,00 м. На ар. Калькауз в этом году слой донного льда достигал 0,5—0,6 м.

Последнего на месте не оказалось. Мер по уменьшению расхода воды через ГЭС не было принято, и система с значительной перегрузкой работала до утра. Расход и горизонт воды были значительны; как оказалось впоследствии, на Джар-тегерманской дамбе запас над горизонтом воды оставался 0,4—0,5 м, а выше вододелителя Анхор—Калькауз, у жолоба Кушхана, вода вышла из берегов и разрушила этот жолоб¹.

Около 7 час. утра 1 января 1930 г. охраной замечен начинающийся прорыв в Джар-тегерманской дамбе; были приняты меры к его заделке, но предотвратить прорыв не удалось.

В течение не более получаса прорыв достиг окончательных размеров, вся вода из Бурджарского сбросного тракта хлынула в образовавшуюся промоину и направилась вниз по Джар-тегерманскому логу, далее по Чар-су и в Нижний Боз-су, затопив на своем пути часть построек, расположенных вдоль указанных оврагов.

Свидетель начинавшегося прорыва показал, что он прошел по всей Джар-тегерманской дамбе; при возвращении обратно (примерно через 20 минут) увидел внизу, у подошвы ее, струю воды и, опасаясь, что дамба уже подмыта, пройти по ней не решился.

Прорыв произошел очень быстро. Последующие гидрогеологические изыскания обнаружили, что Джар-тегерманская дамба неоднородна, в ней обнаружены прослойки супесчаных и песчаных грунтов, а также соломы, щебня, корней и т. д.

При выявлении причин прорыва указывали как на одну из них на чрезмерное поднятие горизонта воды, считая, что при этом произошел перелив через дамбу, вследствие чего она и разрушилась.

Свидетельские показания отрицают, однако, перелив через дамбу.

Кроме того, причину повышения горизонта воды пытались объяснить наличием моста ниже места прорыва, шуговой затор у которого будто бы повысил горизонт воды выше нормального.

Но это также отрицается тем, что горизонт воды за мостом был на таком же уровне, как и перед мостом, а, кроме того, тем, что ненормально высокий горизонт воды отмечен на всем протяжении выше прорыва до вододелителя Анхор—Калькауз и выше его.

Надо полагать, что прорыв произошел по причинам:

- а) увеличения расхода воды через ГЭС и общего поднятия горизонта воды вследствие обледенения русла;
- б) трещины в дамбе, получившейся вследствие неурегулированного сброса воды через ГЭС, при котором горизонт воды не оставался постоянным и создавал условия для промерзания дамб;
- в) непрочности дамбы, состоящей, как показали исследования, из неоднородного грунта, с включением супесей и строительного мусора.

1 января, пока происходила подготовка канала Калькауз на пропуск 11—12 куб. м/сек., обеспечивающих работу одной турбины ГЭС, пропуск воды по Боз-су был совершенно прекращен, но в ночь под 2 января расход по Боз-су был доведен до 15 куб. м/сек., из которых 10 куб. м/сек. сбрасывались в Салар, а 5 куб. м/сек. пропускались через ГЭС и далее в канал Калькауз.

Чтобы увеличить расход воды по каналу Калькауз, потребовалось удалить поверхностный лед. Для ускорения применили способ взрывов, каковую работу провела военная команда подрывников. Взорванный лед спускался из Калькауза в канал Дам-аши по временному ненадежному сбросному лотку.

3 января расход в голове канала Боз-су был доведен до 25 куб. м/сек., из которых 11—12 куб. м/сек. пропускались через ГЭС, а остальные сбрасывались в Салар.

К этому времени, путем перенапряжения и с риском прорыва, канал Калькауз был нагружен расходом до 11—12 куб. м/сек., что давало работу только одной турбине ГЭС, однако, последствием этого явился снос старого лотка на Калькаузе.

¹ Значительно возросший горизонт, надо полагать, получился не только от увеличенного, против нормального, сброса воды через ГЭС, но также отчасти по причине общего поднятия горизонта воды вследствие обледенения русла.

По Бурджарскому сбросному тракту пропуск воды прекращен только вечером 1 января 1930 г., когда увеличением расхода воды по Салару и замыканием воды в голове канала Боз-су удалось прекратить пропуск воды через ГЭС. На водodelителе Анхор—Калькауз были заложены шандроры и для уничтожения фильтрации устроена перемычка из соломы и земли.

1 января организован штаб по ликвидации прорыва, и немедленно было приступлено к срочной работе в три смены по заделке его. Так как работы производились в зимнее морозное время, то метод возведения дамбы в месте прорыва был принят без утраивки, с загрузкой земли в воду, напускаемую на поверхность возводимой дамбы. Так как во время прорыва была смыта не только дамба, но и часть дна, то, чтобы избежать подсыпного дна, ось Бурджарского тракта была искривлена в нагорную сторону с расчетом, чтобы дно русла оказалось на материке.

15 января закончено закрытие прорыва, вода пущена по Бурджарскому сбросному тракту, и появилась возможность ввести в работу все три турбины ГЭС.

Так как свежая насыпная дамба не внушала особого доверия по своей прочности, то на ней до лета оставили артель рабочих, ведущую мелкий ремонт, заделку трещин, крепление откосов и т. д. Помимо того, на дамбе оставлено постоянное электрическое освещение, проведенное для трехсменного производства работ, и поставлены в три смены сторожа. Стоимость заделки прорыва выразилась суммой в 95 тыс. руб.

С момента форсирования расходов по каналу Калькауз на нем установлены усиленный надзор и дежурство ответственных технических работников.

Весь расход воды, забираемый каналом Калькауз в количестве до 12 куб. м/сек., частично сбрасывался через голову отвода Янги, в отвод Павлова, через временный шугосбросный лоток, ниже Тахтапульского лотка в хвост Калькауза.

Сброс воды через голову канала Янги производился без всякого закрепляющего перепяда сооружения и требовал бдительного надзора; временный Тахтапульский шугосброс был нагружен таким расходом, что вода вылетскивалась из его стенок; благодаря пропуску по лотку разбиваемого поверхностного льда, он был сильно расшатан и сбиты верхние насадки поперечин.

Перегруженный ненормальным сбросом воды и поврежденный льдом, лоток не выдержал и был разрушен.

Сброс воды в этом месте пришлось прекратить и, не уменьшая воду в голове Калькауза, пришлось таковую разместить по другим отводам, и без того ухудшив перенапряженное состояние канала Калькауз. Горизонт воды в канале Калькауз от Тахтапульского трамвайного моста до Тахтапульской консоли настолько возрос, что запаса в дамбах над горизонтом воды не оказалось, и во избежание перелива через дамбу и разрушения таковая была наращена на 0,5 м.

Чтобы облегчить работу Калькауза, приступили к экстренной постройке нового шугосбросного консольного лотка на расход до 13 куб. м/сек., выбрав для него место на 30 м ниже разрушенного временного лотка, со сбросом воды в Дам-аши.

Несмотря на спешность, постройка Тахтапульского шугосброса несколько затянулась; кроме того, при пробном пуске воды по шугосбросу выявилась сильная фильтрация под дном лотка, и поэтому воспользоваться им в полной мере для сброса воды не удалось.

С пропуском же воды по Бурджарскому тракту, после заделки прорыва (после 15 января) острая необходимость в Тахтапульском шугосбросе миновала.

Временный деревянный шугосброс на канале Анхор для сброса воды в овраг Зах также не был нагружен полным расходом вследствие фильтрации в голове.

Фильтрация происходила по слою песка, и никакими предупредительными мерами устранить ее не удалось. Постепенно оголовок лотка обмывался и к концу зимней своей работы совершенно вышел из строя, после чего и был разобран.

Работа Салар и Нижнего Боз-су

По каналу Салар шуга в этом году пропускалась беспрепятственно и, благодаря правильному и строгому надзору, заторов у сооружений вододействующих предприятий не создавалось.

По Нижнему Боз-су, выше Ялламинской консоли, были отмечены случаи большого хода шуги и шуговые заторы, вызвавшие повышение горизонта воды и затопление берегов. Подтопления железной дороги не наблюдалось, так как вся вода сбрасывалась через Ялламинскую консоль в Сыр-дарью, выше железнодорожного моста.

Забивка шугой и льдом решеток перед турбинами Бозсуйской ГЭС

В этом году впервые удалось обнаружить и выявить наличие забивки льдом и шугой решеток ГЭС.

Надо полагать, что такая забивка решеток случалась и в прежние годы, но гидростанция с ними боролась и о своих затруднениях умалчивала. На этот раз забивка решеток была настолько велика, что гидростанция своими силами справиться не могла, получился перерыв в подаче электроэнергии вследствие остановки турбин. Вызванный на ГЭС отряд пожарников в 15 чел. помог справиться гидростанции: решетки были очищены, и гидростанция вновь заработала нормально.

Такая сильная забивка решеток льдом получилась от того, что в напорном бассейне между грубой и частой решеткой образовался толстый поверхностный лед в то время, когда ГЭС работала только одной турбиной.

Тогда же, когда после заделки прорыва были пущены в работу три турбины, этот лед стал ломаться и, подплывая к частым решеткам, становился ребром, закрывая проход воды.

Так как из напорного бассейна нет никакого отверстия для сброса плавающих предметов, в том числе и льда, последний пришлось удалять из бассейна вручную. Работа была тяжелая и медленная, а гидростанция в это время терпела вынужденную остановку.

Разрушение плитного крепления в концевой части Бурджарского сбросного тракта

Еще летом было замечено начало разрушения левых плит бетонированного участка между железно-дорожной трубой и шоссе-мостом в конце Бурджарского тракта.

Так как для ремонта плит закрыть воду по тракту было нельзя из-за невозможности приостановить работу ГЭС, то капитального крепления плитам дать не удалось. Разрушение началось с нижней части, и пока держалась верхняя часть плит, разрушенная нижняя часть закладывалась чимом, чем и предохранялись все другие плиты от разрушения.

С наступлением зимнего периода и увеличением расхода воды разрушение плитного крепления пошло интенсивно; весной 1930 г. потребовалось прибегнуть к более радикальным работам по защите этого места.

К этому времени упали нижние части 4 плит и, чтобы перекрыть при воде образовавшуюся брешь, пришлось наложить на нее щит, сбитый из досок, а за щитом произвести заброску мешков с землей и булыжным камнем.

Правая сторона плит тоже начала разрушаться, и в нижней части одной из плит образовалось отверстие. На отверстие был опущен габионный тюфяк, прикрывающий его и защищающий грунт от размыва за плитами.

Начавшееся разрушение не угрожало железно-дорожной трубе, так как последняя имела надежный выходной оголовок с глубоким зубом, [но шоссе-мост мог быть поврежден.

Бурджарский перепад

После заделки прорыва в Джар-тегерманской дамбе и пуска воды через Бурджарский перепад, к последнему стал подплывать в значительном количестве лед поверхностного происхождения. Лдины большого размера не могли пройти

сквозь метровые отверстия шандорных стенок, становились на ребро, и, несмотря на разбивку льдин баграми и пешнями, перед перепадом создавалась угроза ледяного затора.

Организационные мероприятия по урегулированию сброса воды через ГЭС

Чтобы избежать в дальнейшем повторения повышенного сброса воды через ГЭС, являющегося в результате бесконтрольности администрации, и для правильного учета воды, пропускаемой ниже гидростанции, были намечены и выполнены следующие мероприятия:

1. На гидростанции утверждена должность водомеров с дежурством в 3 смены, подчинявшихся администрации Водхоза. На этих водомеров возложена обязанность производить наблюдения и записи горизонта воды в верхнем и нижнем бьефе гидростанции, производить замеры воды вертушкой на гидрометрическом посту ниже гидростанции, проверяя правильность кривой зависимости, осуществлять увязку с головой Салара и маневрировать расходами воды через ГЭС и Салар в пределах, установленных соответствующим распоряжением управления Водхоза.

2. На голове Салара установлено трехсменное дежурство из двух сторожей и одного старшего сторожа с подчинением последнего в отношении регулировки воды водомеру ГЭС.

Как показала практика последующих лет, указанные мероприятия оправдали себя. Должность дежурных водомеров (как контролеров) может отпасть при установке лимниграфов; тогда можно будет ограничиться только одним водомером, наблюдающим за лимниграфами и гидрометрическим постом; обязанности же маневрирования водой в пределах дозволенного можно возложить на ответственного дежурного по ГЭС.

Результаты работы ГЭС

В 1929-30 г. гидростанция работала неполной нагрузкой из-за общей недовыработки воды в р. Чирчик и частично из-за шугового затора в голове канала Салар с 18 декабря.

1 и 2 января 1930 г. гидростанция терпела полную остановку вследствие прорыва; по той же причине она работала только одной турбиной по 15 января, то есть до момента заделки прорыва. С 15 по 24 января гидростанция работала с неполной нагрузкой, так как полный расход у места прорыва не пропускался.

Всего за время с 18 декабря 1929 г. по 24 января 1930 г. гидростанция недовыработала 895,408 кв., что дало убытков в $0,08 \times 895408 = 71600$ руб.

Затраты на борьбу с шугой (помимо ликвидации прорыва) выразились суммой 70 тыс. руб.

Общие затраты гидростанции от простоев и на борьбу с шугой составили 141 тыс. руб.

Проект укрепления Джар-тегерманской дамбы

Постановлением специальной технической комиссии, обследовавшей причины прорыва Джар-тегерманской дамбы, последняя была признана ненадежной, в особенности при работе в зимнее время. Чтобы выбрать наиболее целесообразный тип укрепления Джар-тегерманской дамбы, с гарантией невозможности повторения прорыва, весной 1930 г. были сделаны топографические изыскания в этом районе и составлен схематический проект в двух вариантах: укрепление русла Бурджарского сбросного тракта путем бетонирования русла на всей длине, где он проходит в насыпи, и второй — полная засыпка оврага Джар-тегермань, где он примыкает к сбросному тракту.

Последний вариант хорош тем, что при его выполнении не нужно прекращать работу гидростанции, засыпкой оврага улучшается санитарное состояние этого района.

В отношении же надежности он также наиболее приемлем.

Вследствие того, что указанная выше комиссия решила провести укрепление

Джар-тегерманской дамбы обязательно к осени 1931 г., работы по изысканиям и составлению проекта велись форсированно. Когда же дело подошло к утверждению проекта, то различными специалистами стали предлагаться самые различные варианты укрепления этого места, и эта „вариантность“ отодвинула срок практического выполнения работы, оставив постоянную угрозу повторения прорыва.

Уширение канала Дам-аши и устройство Калькаузского сбросного тракта

В связи с новым орошением в хвостовой части канала Дам-аши, участок, работающий в зимнее время от впадения Кара-камыш до Кара-су-Сагванской консоли, уширен на пропуск до 18 куб. м/сек. (13 куб. м/сек. из Калькауза и 3 куб. м сек. из Кара-камыш). Этот участок в зимнее время не вмещал сбросного расхода, вода выходила из берегов. Работы по уширению в дальнейшем обеспечивали сброс по каналу Калькауз отработанной воды гидростанции в количестве до 15 куб. м/сек.

Это уширение одновременно с пропуском оросительного расхода для новых площадей, предусматривало зимний сброс воды по каналу Дам-аши из Калькауза в количестве до 15 куб. м/сек., ориентируясь на вариант проекта сбросного Калькаузского тракта, рассчитанного на расход 15 куб. м/сек. Но при прохождении этого проекта в техсовете САХО последний решил увеличить сбросной расход по Калькаузу до 25 куб. м/сек., в связи с чем потребовались изыскания и пересоставление проекта. Материал, подготовленный для строительства Калькаузского сбросного тракта, был израсходован на другие работы. Для постройки сбросной консоли из канала Дам-аши и Кара-камыш весной 1931 г. был вырыт котлован и заготовлены песок и гравий. Все это пришлось забросить до составления и утверждения нового проекта.

VI. ЗИМНИЙ ПЕРИОД 1930-31 г.

Подготовительные работы к встрече шуги 1930-31 г.

На 1930-31 г. была составлена смета для борьбы с шугой на сумму 136.400 руб., которой предусматривались работы по всему Бозсуйскому водному тракту. Из этой суммы 122.200 руб. финансировались Ташгестрамом, а остальные 14.200 руб. — прочими хозяйственными организациями. Кроме того, городской ирригацией Местхоза была составлена смета на охрану мостов в сумме 48.600 руб.

Подготовка к противошуговым работам проходила следующим порядком:

15 августа при Ташокрводхозе было создано совещание для рассмотрения и утверждения плана противошуговых работ на 1930-31 г. На этом заседании утвержден общий план работ, намеченный Ташокрводхозом, а также было утверждено распределение кредитов по борьбе с шугой между заинтересованными организациями. Кроме того, зафиксировано, что гидростанция должна получить средний расход в 35 куб. м/сек. с отклонением расхода в сторону уменьшения и увеличения не более 2 куб. м/сек. При этом совещанию было доложено, что Водхоз может обеспечить 35 куб. м/сек. для гидростанции только в том случае, если в р. Чирчик будет в это время расход воды не менее 75—80 куб. м/сек., и что при меньших расходах в Чирчике соответственно будет снижаться расход для ГЭС.

Принятый план противошуговых работ был следующий:

1. Перекрытие водосливов на голове канала Боз-су.
2. Ремонт и установка запоней на Юмалак-тепе.
3. Борьба с шугой на регуляторе Юмалак-тепе.
4. Ремонт и установка запоней на голове Салара.
5. Постройка жилого дома для рабочих в голове канала Салара.
6. Борьба с шугой в голове канала Салара.
7. Борьба с шугой на участке канала Салар от головы до сооружения Джуи-Салар.

¹ Помимо Ташгеса, в работах по борьбе с шугой заинтересованы и привлекаются к финансированию этих работ хлопзаводы №№ 49 и 51, мельницы №№ 1, 2, 3, 4 и 5, Кауинчинский консервный завод, Кауинчинский хлопковый завод и масло-завод, дирекция САЗ.

8. Борьба с шугой у гидротехнических сооружений.
 9. Борьба с шугой на сооружении Джун-Салар и Ниязбаш-Куру-кульдук.
 10. Борьба с шугой на участке Бурджарского сбросного тракта от Гадраганского до Бурджарского перепада.
 11. То же по каналу Калькауз от головы до сброса в Кара-камыш.
 12. То же по каналу Анхор от головы до сброса в Зах.
 13. То же по каналам Ниязбаш и Куру-кульдук и у сооружений, расположенных на них.
 14. Борьба с шугой на сооружениях Гадраган, вододелитель Анхор-Калькауз, перепад Шейхантаур, выпуск Анхор, перепад Бурджар, Тахтапульский шугосброс, Кара-су, Саганская консоль, Дамашинская консоль, Анхорский шугосброс.
 15. Борьба с шугой в концевом участке Нижнего Боз-су и у Ялламинской консоли.
 16. Ремонт Тахтапульского шугосброса.
 17. Устройство Анхорского шугосброса.
 18. Устройство временного шугосброса из канала Дам-аши в овраг Кара-камыш.
- Борьба с шугой по пункту 12 намечалась не для обеспечения нормальной работы Бозсуйской ГЭС, а исключительно:
- а) по каналу Ниязбаш—для питания водой хлопкового и маслозаводов на ст. Кауфманская;
 - б) по каналу Куру-кульдук—для обеспечения работы гидростанции, сахарно-консервного комбината и питания железнодорожной водокачки ст. Вревской.

21 августа при Ташокрводхозе состоялось вторичное совещание. На этом совещании решено пропускать по Калькаузу до 10 куб. м/сек., сбрасывая всю воду в канал Дам-аши через Тахтапульский шугосброс; по каналу Анхор—до 6 куб. м/сек., сбрасывая ее частично через вододействующие предприятия (холодильник Узбекторга, Блок-станция № 2) и полностью через шугосброс в овраг Зах, в местности Чапан тыкты.

Кроме того, совещанием намечена обязанность городской ирригации местхоза установить охрану и надзор за мостами и желобами, находящимися в ее ведении по следующим пунктам:

По каналу Салар — на 9 пунктах
. . Анхор — „ 12 „
. . Калькауз — „ 3 „
. . Дам-аши — „ 3 „
Всего на 27 пунктах.

Чтобы убедиться, что сброс воды по оврагу Зах возможен без дополнительных по нему работ, 31 августа этот овраг был осмотрен, при чем выяснилось, что расход до 6—7 куб. м/сек. по оврагу Зах пропускать можно, с условием производства ремонта одного из существующих туземных мостов через него.

Шугоотбойные приспособления на Юмалак-тепе

Практика прошлых лет показала, что плавучесть бревен, составляющих запони, из года в год уменьшается, запони начинают тонуть и становятся неустойчивыми.

Для устранения этих недостатков применили способ подвески запоней к дополнительному поддерживающему троссу. Этот способ вполне оправдал себя; запони стали работать нормально, не погружаясь в воду.

Других работ по изменению конструкции запоней не производилось. Запони спущены на воду 10 ноября.

Шугоотбойные приспособления в голове Салара

Деревянный шугосброс на голове Салара был отремонтирован. Запони переустройству не подвергались и были только отремонтированы, 10 ноября они были уже опущены на воду.

Чтобы запони не тонули, они были подвешены к поддерживающему троссу по способу, примененному на сооружении Юмалак-тепе. Имея в виду возможное

повышение горизонта воды в Боз-су у головы Салара, при котором начинается перелив воды через диафрагму щитов и тем устраняется возможность работать подъемниками, эта диафрагма была повышена на 0,30 м.

В крутом повороте русла Боз-су, выше головы канала Салар, где вследствие вихревых движений скапливаются большие массы шуги, угрожающие заторами на Саларском шугосбросе (как это было зимой 1929-30 г.), были установлены дополнительные запони, смягчающие крутизну поворота и устраняющие возможность скопления шуги. Кроме того, эти запони могли служить для прохода по ним рабочих, охраняющих это место от затора и скопления шуги.

Освещение Юмалак-тепе и Салара

Освещение запоней и сооружений в ночное время в прошлые годы производилось керосино-калильными фонарями. На сезон 1930-31 г. освещение было оставлено прежнсе, при чем на Саларе керосино-калильных фонарей было недостаточно, а достать их дополнительно не представлялось возможным.

Шугоотбойные приспособления перед грубой решеткой Бозсуйской ГЭС

Вследствие печального опыта прошлого года, когда забивка шугой частых решеток приостанавливала нормальную работу ГЭС, осенью 1930-31 г. были сделаны мелкие запони по типу применяемых на Юмалак-тепе и Саларе. Запони были установлены косо по течению перед грубыми решетками. Левый конец их упирался в левый берег, а правый направлен в первое щитовое отверстие перепада. Вследствие неудачного расположения в плане и плохого прикрепления запони были заранее обречены на неудачу, что и подтвердилось в последующем.

По каналу Калькауз

Тахтапульский сброс был капитально отремонтирован и приведен в состояние, годное для пропуска по нему полного проектного расхода, то-есть 13 куб. м/сек. По каналу Калькауз все туганы, служащие для подпора воды в голове отводов, были при наступлении заморозков разобраны.

Намеченный к сбросу из Калькауза расход в 10 куб. м/сек. оказалось возможным пропустить по арыку Дам-ащи от Тахтапульского сброса до слияния с Кара-камышем без работ по уширению русла, но при условии выполнения следующих мероприятий:

1. Уничтожения подпора по каналу Дам-ащи с разборкой подпруды подливного колеса ниже моста Тешик капкан.
2. Разборки одного тугана в голове отвода Каирма и другого в голове выше-расположенного отвода без названия.
3. Разборки временного моста Сауса через канал Дам-ащи, как могущего создать шуговой затор.
4. Очистки всего русла Дам-ащи от пней, коряг и т. д.

Вследствие того, что место для постройки сбросной консоли из Дам-ащи в Кара-камыш нельзя было увязать с общим проектом переустройства канала Дам-ащи и проектом устройства Калькаузского сбросного тракта, от постройки этого шугосброса пришлось отказаться и выполнить другие работы:

1. Отремонтировать Карасу-Сагвайский перепад на канале Дам-ащи.
2. Отремонтировать быстроток у мельницы. Сброс воды в Кара-камыш производить по примеру прошлых лет, то-есть через разрытый левый борт канала без сооружения.

По каналу Анхор

Для сброса воды в овраг Зах из канала Анхор был устроен деревянный шугосброс на расход до 6 куб. м/сек. Один из мостов на овраге Зах был отремонтирован.

Все туганы в головах отводов при наступлении заморозков были разобраны.

По Бурджарскому сбросному тракту

Вследствие того, что пропуск шуги и льда, образующихся ниже гидростанции, в канал Калькауз невозможен (для этого нужно снимать щиты и вырубать диафрагму), таковые на вододелителе Анхор-Калькауз направляются в Бурджарский сбросной тракт.

Чтобы дать беспрепятственный проход шуге, по тракту были намечены к разборке и были разобраны:

1. Жолоб из канала Галя-Джуван для мельницы.
2. Жолоб Тепа-махалля.
3. Правый (по течению) пешеходный мост в Ботаническом саду.

Проект укрепления Джар-тегерманской дамбы к осени 1930 г. не был окончательно утвержден и Системное бюро правого берега вынуждено было созвать комиссию для осмотра этого опасного места и определения мероприятий на предстоящий зимний период. Осмотр состоялся 16 ноября 1930 г.

Комиссия признала состояние дамбы весьма опасным в отношении прорыва в особенности в зимнее время и, наряду с мероприятиями, ускоряющими процесс утверждения проекта крепления этого места, наметила следующее:

1. Произвести частичную подсыпку и планировку низких мест дамбы, вскрыть и заделать все трещины.
2. Устроить на дамбе сторожку и продолжать охрану этого места в три смены.
3. При наступлении заморозков держать специальную артель для колки льда с берегов и предупреждать, таким образом, повышение горизонта воды во время морозов.
4. Не допускать никаких колебаний горизонта воды, способствующих промерзанию дамб, образованию трещин и прорывов.

Мероприятия этой комиссии были выполнены Системным бюро в полном объеме.

Состояние железнодорож

Плитное крепление в конце тракта оставалось разрушенным, и так как Ташгэстрам не соглашался на приостановку воды для ремонта или хотя бы для осмотра, была создана комиссия (16 ноября 1930 года) с участием представителей САЗ, САХО и Ташгэстрама.

Комиссия определила, что плитное крепление толщиной 10 см терпит гашение отогнанного прыжка вылетающей из железнодорожной трубы струи воды и работает как водобойный колодец; что в момент осмотра все плиты левой стороны были разрушены, а обнажившийся земляной откос укреплен досчатыми щитами, габионными тюфяками и мешками с гравием и чимом; что правая сторона плит также начинает разрушаться. Опасность положения комиссия при наличии воды определить не могла, так как не было известно, в каком состоянии находится плитное крепление на дне.

Комиссия нашла необходимым осмотреть это место без воды. Переговоры с Ташгэстрамом в дальнейшем не дали положительных результатов и закрыть воду для осмотра этого места не удалось.

Воспользовавшись уменьшением воды по Бурджару во время шугового затора в голове Салара (22 декабря 1930 г.), прораб Лоншаков единолично прошунал багром дно и установил, что, по определению на-ощупь, дно плитного крепления не разрушено.

По каналу Салар

Канал Салар был очищен от пней, коряг и т. д., сваи старого моста и решето-вание по Пушкинской улице удалены. Кроме того, были намечены разборка моста по Ассакинской улице и уничтожение подпруды у мельницы № 1 с совершенным удалением подливного колеса и решетки перед ним; к сожалению, последние мероприятия не были выполнены, и в этих местах была поставлена охрана, как и в прошлом году.

Для связи с ответственными пунктами шуговой охраны были вновь установлены телефоны на вододелителе Анхор-Калькауз, на Тахтапульском шугосбросе, на Джар-тегерманской дамбе.

Освещение

Электрическое освещение было проведено к Тахтапульскому шугосбросу, к выпуску Анхор и к Анхорскому шугосбросу.

Джар-тегерманская дамба освещалась электричеством, проведенным ранее.

Гидрометрия

Чтобы не впасть в ошибку при определении расходов по кривым зависимостей летних замеров, на постах в голове канала Боз-су и ниже ГЭС было намечено произвести во время заморозков дополнительные регулярные замеры фактического расхода воды не реже 2 раз в декаду, а в период сильных морозов еще чаще—до 3 и 4 раз в декаду.

Такая учащенность замеров требовалась потому, что во время мороза и хода шуги расход воды по летней кривой зависимости определить нельзя. Он заведомо уменьшается, но в какой степени, неизвестно, так как эти отклонения зависят от силы мороза и количества шуги. До сего времени зависимость для перехода от летней кривой к зимней при морозах в условиях Средней Азии не установлена, и поэтому приходится ориентироваться исключительно по фактическим расходам.

Кроме того, летняя кривая поста ГЭС требовала проверки, эта работа была выполнена, и кривая гидрометрического поста гидростанции исправлена согласно фактическим замерам до наступления заморозков.

Чтобы следить за повышением и понижением горизонтов воды, были установлены рейки:

1. В подпертом бьефе вододелителя Анхор-Калькауз.
2. В подпертом бьефе Шейхантаурского перепада.
3. У Джар-тегерманской дамбы.
4. Перед выпуском в канал Анхор.
5. В подпертом бьефе перепада Бурдшар.
6. " сооружении Джун-Салар.
7. " " Иназбаш-Куру-кульдук.
8. " " Анхорского шугосброса.
9. " " Тахтапульского шугосброса.
10. " Ялламинской консоли.

Рейки ставились для установления отметки наивысшего допускаемого в данном месте горизонта воды, а по записям фактически отмеченных горизонтов можно следить за повышением и понижением горизонта воды и своевременно принимать меры против повышения горизонта сверх предельно допустимого.

Организация шуговых работ

Вследствие ликвидации Окроводхоза и образования Системного бюро, вся работа по борьбе с шугой была возложена на Бюро. Последнее составило план расстановки техперсонала и рабочей силы. Все пункты борьбы с шугой были обеспечены рабсилой, технадзором и ответственным руководителем. План работ утвержден Узводхозом и принят всеми к исполнению. Центр работ по борьбе с шугой оставался в Бюро, при котором назначены ответственные дежурства технических работников.

Последние вели журнал приема-сдачи дежурств, вели запись всех получаемых и отдаваемых распоряжений и всех происшествий за время дежурства. Кроме того, дежурные вели запись расходов и горизонтов воды, температуры возду-

ха и процента шуги по наиболее ответственным пунктам, связь с которыми была налажена по телефону (Юмалак-тепе, Салар, ГЭС, Джун-Салар и др.). Эти записи явились руководящими во всей работе по борьбе с шугой и залогом успеха работы.

Помимо этого, Бюро получало ежедневно сведения о расходе воды по Чирчику (пост Чимбайлыкский) за данный день и предсказания о видах на погоду на следующий день от Бюро погоды.

В распоряжении дежурного при Бюро постоянно находилась автомашина, а для связи с пунктами, не обеспеченными телефонами—конный рассыльный. Телефонная станция при словах „шуговой разговор“ давала требуемого абонента вне всякой очереди.

Дежурный по Бюро действовал и был ответственен в пределах данных ему указаний; все вопросы, выходящие из его компетенции, разрешались инженером-гидротехником Бюро.

13 декабря 1930 г. при Ташокрводхозе организована шестерка в составе представителей Ташгорсовета, ГПУ и Системного бюро. Шестерке были предоставлены права мобилизации и пр.; она оказывала действительную помощь Системному бюро, когда последнему по ходу работ требовалось вмешательство авторитетного органа.

Прохождение шуги

Первая шуга у Юмалак-тепе и головы Салара появилась в ночь с 17 на 18 декабря. На другой день ход шуги значительно увеличился, и утром 19 декабря у сооружения Юмалак-тепе ее проходило до 90%. Ход шуги продолжался до 9 января 1931 г., после чего шуги не было до 2 февраля, и лишь 11 и 25 января вновь отмечен ход ее в количестве до 5%.

Со 2 февраля шуга шла до 12 февраля с перерывом 9 февраля.

21 февраля отмечен ход шуги до 3%, дальше шуга стала идти с 23 февраля и продолжалась до 27 февраля, после чего ход ее совершенно прекратился.

Эксплуатация Бозсуйского водного тракта зимой 1930-31 г.

Значительное и быстрое похолодание вызвало очень сильное шугообразование как в Чирчике, так и на Боз-су.

19 декабря на Юмалак-тепе проходило до 90% шуги. В результате значительного количества шуги в Чирчике, частичного подныривания ее под запони на Юмалак-тепе, сильного шугообразования в русле Боз-су и скоплений в изгибах русла Боз-су выше головы Салара, утром 19 декабря у головы Салара образовался затор. Поверхностным ледяным покровом русло Боз-су было сковано от гидростанции до головы Салара и выше ее на 2,5—3 км. Под льдом набилась шуга, создав зажор. Несмотря на то, что у головы Салара горизонт воды поддерживался только на 0,3—0,20 м ниже стенок, все же к гидростанции проходило только 10—15 куб. м/сек. Гидростанция работала только одной турбиной.

Расход воды в голове Боз-су уменьшили на 10 куб. м/сек., а сброс в Салар увеличили до 20 куб. м/сек.

20 декабря на голову Салара была вызвана подрывная команда. Вечером 20 декабря приступили к подрывным работам по очистке запоней, а 22 декабря часть запоней была очищена, и шуга получила возможность проходить в шугосброс.

23 декабря запони были целиком очищены, подрывные работы пошла выше.

К ночи 22 декабря расход воды к гидростанции увеличился до 18—20 куб. м/сек., стало возможным работать двумя турбинами. К утру 24 декабря затор ниже запоней настолько рассосался, что появилась возможность пропускать на гидростанцию до 30-35 куб. м/сек. Но в 7 час. утра произошла катастрофа с деревянным шугосбросом: сбрасываемыми по шугосбросу льдинами были выбиты доски на дне лотка, и вода пошла под шугосбросом.

Лоток уцелел только потому, что опоры его находятся на шохе, который, несмотря на значительный расход воды под лотком, совершенно не размылся.

Чтобы спасти лоток от разрушения, расход воды в голове Боз-су был немедленно снижен до 32 куб. м/сек., а расход по шугосбросу увеличен до 20 куб. м/сек.

К 12 час. дня горизонт воды снизился, стало возможным открыть донные щиты Салара и начать перекрывать шугосброс для ремонта. Так как к этому времени шуга шла в незначительном количестве, то закрытие шугосброса на время ремонта было не опасно.

К 12 час. ночи ремонт шугосброса был закончен, а в 7 час. вечера 23 декабря гидростанция снова заработала всеми тремя турбинами.

Полная ликвидация затора была закончена в 18 часов 27 декабря.

При производстве взрывов для расчистки шугового затора применялся аммонит. Заряды, вследствие очень большой толщины шугового слоя, давались значительные. В начале закладывалось на заряд до 3 кг, а потом пробовали рвать даже зарядами до 16 кг. Наиболее ходовыми были заряды от 3 до 6 кг.

Во время расчистки шугового затора необходимо было пропускать взрывающую шугу или лед через Саларский шугосброс, а так как горизонт воды стоял высокий и при таком горизонте шугосброс забирал до 20 куб. м/сек., то для уменьшения расхода по нему отверстие его закрывалось спицами.

Спицами служили отесанные бревна толщиной 18—20 см. Несмотря на такую толщину, они под ударом льдин ломались, как спички, и их регулярно приходилось возобновлять.

Причины шугового затора в голове Салара

Комиссия, выяснившая причины затора, установила следующие расходы по Чирчику, Боз-су и сбросу Юмалак-тепе:

Таблица 2

Ч и с л а	Расход воды Чир- чика, пост Чикбай- лыкский (в куб. м/сек.)	По каналу Боз-су (в куб. м/сек.)	Сброс в Юмалак- тепе (в куб. м/сек.)
18 декабря	59	49,9	9,00
19 "	60	44,65	15,35
20 "	63	40,45	22,15
21 "	65	43,60	21,40
22 "	78	40,45	37,55

Полагая, что при 90% шуги у Юмалак-тепе для сброса таковой необходимо расходовать 20—25 куб. м/сек. воды, комиссия считала, что при указанных в таблице сбросных расходах полный отбой шуги 18 и 19 декабря не производился, что и могло послужить причиной шугового затора.

Забивка шугой решеток гидростанции

В 12 час. ночи под 3 февраля 1931 г. решетки гидростанции начали сильно забиваться шугой, так как запони, установленные перед решетками, не выполняли своего назначения.

Рабочая артель в 6 человек не могла справиться с очисткой решеток (решетки очищались железными граблями, ударами кувалды по стержням решетки и т. п.), и турбины поочередно останавливались.

Наиболее интенсивно забивались частые решетки, и так как очистить их не удавалось, то они были разобраны и по секциям вытащены на берег. Турбины стали работать без решеток и уже более не садились; работать без частой решетки было безопасно, так как, во-первых, впереди их была грубая решетка и, кроме того, взвешенных или влекомых наносов в озере не имелось¹.

Работа сбросных трактов

По всем нивовым трактам сброс воды производился без особых осложнений но при усиленном надзоре специальных сторожевых пунктов и лиц технического надзора.

¹ При работе ГЭС без решеток зимой 1932-33 г. в одной из турбин, при остановке ее для очистки от льда, были обнаружены массивные металлические грабли.

Результаты работы ГЭС в 1930-31 г.

Гидростанция за эту зиму за период работы одной и двух турбин с 19 по 29 декабря недовыработала электроэнергии в количестве 242.638 киловатт,

Убыток от недовыработки электроэнергии гидростанция понесла $0,08 \times 242\,630 = 19.411$ руб. Затраты Ташгэстрама на борьбу с шугой выразились суммой (по техотчету) 165.486 руб. Убытки от простоя и затрат на борьбу с шугой составили 172.930 руб.

Расходы на борьбу с шугой в части работ, финансируемых Ташгэстрамом, по техническому отчету за 1930-31 г., по отдельным элементам противошуговых работ распределяются следующим образом:

1. Борьба с шугой—окарауливание сооружений, регулировка спицами, щитами и околка льда на запонях:	
а) на Юмалак-тепе	14 942 руб.
б) в голове Салара	12 672 "
2. Вывывные работы по ликвидации ваторов и предотвращению их:	
а) на Юмалак-тепе	5 138 руб.
б) на голове Салара	12 582 "
3. Устройство и ремонт запоней:	
а) на Юмалак-тепе	1 404 руб.
б) на голове Салара	3 274 "
4. Установка и отрегулировка запоней:	
а) на Юмалак-тепе	821 руб.
б) на голове Салара	821 "
5. Перекрытие водосливов в голове канала Боз-су и уничтожение фильтрации . . .	17 474 "
6. Устройство подьездной дороги на Юмалак-тепе	1 481 "
7. Постройка жилого дома для рабочих на голове Салара	9 627 "
8. Ремонт Саларского шугосброса	1 509 "
9. Ремонт шугосбросов:	
а) Дам-ащинского	1 825 "
б) Тахтапульского	12 656 "
10. Постройка Анхирского шугосброса	6 458 "
11. Устройство моста через Зах	937 "
12. Борьба с шугой:	
а) по Анхору	23 631 "
б) по Калькаузу	15 284 "
13. Крепление сливной части сооружения Джун-Салар	4 083 "
14. Борьба с шугой:	
а) на сооружении Джун-Салар	2 496 "
б) " " Ниязбаш-Куру-хульдук	2 729 "
в) " " Яллама	1 022 "
15. Оборудование гидрометрических постов и гидрометрических наблюдений . . .	6 397 "
16. Прочие работы	6 596 "
Итого	165 486 "

VII. ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ШУГИ

Донный лед

До момента, когда водный поток покрывается поверхностным ледяным покровом, на дне его и на подводных предметах начинается образование так называемого донного льда.

Донный лед составляется из неоформившихся кристаллов, зародышей кристаллов или центров кристаллизации, довольно своеобразного строения (пластинчатый, зернистый и губчатый). Образованию правильных кристаллов в движущейся воде мешает перемешивание ее частиц.

Донный лед, постепенно обрастающий подводные предметы и дно потока, временами отрывается от дна или предметов, на которых он образовался, и всплывает на поверхность, где он известен под названием шуги, шушки, юды, шороха и сала.

Отрыв донного льда от предметов и дна, на которых он образовался, происходит или от повышения температуры, когда силы сцепления донного льда с точками его образования ослабевают, или когда сила, поднимающая льдинки донного льда (лед легче воды) вследствие увеличения его объема, превышает силу сцепления.

В практике наблюдений за образованием и прохождением донного льда отмечено следующее:

1. Донный лед образуется в период резкого понижения температуры наружного воздуха, когда поток еще не успел покрыться поверхностным льдом.

2. Донный лед образуется только в движущейся воде потоков; в озерах же его образование может быть *только в полосе волнения*.

3. Особенно значительное образование донного льда наблюдается на быстринах и перекатах потоков, где глубина потока незначительная, а скорость течения воды большая.

4. Выделение кристаллов из воды, то-есть кристаллизация донного льда, наблюдается только лишь в случае хотя бы незначительного переохлаждения воды. Переохлаждение воды при образовании донного льда выражается понижением ее температуры ниже нуля от нескольких тысячных до $-0,2^{\circ}\text{C}$.

5. Образование донного льда происходит лишь при отсутствии поверхностного ледяного покрова и после образования последнего прекращается.

Уже в течение более двухсот лет явление донного льда служит предметом изучения многих выдающихся ученых.

Известные ученые прошлого столетия Араго и Гей-Люссак также занимались изучением этого явления. В последнее время его изучали американский профессор Г. Барнес и русский физик В. Я. Альтберг. Г. Барнес разработал свою теорию образования донного льда, согласно которой образование его происходит при ясной погоде, безоблачном небе. В холодную погоду и при безоблачном небе дно потока лучеиспускает тепло сквозь воду в межпланетное пространство, вследствие чего вода потока и дно его переохлаждаются, приобретая температуру ниже 0°C .

Последнее вызывает образование донной ледяной пленки именно на самом дне, к которой затем примерзают наносимые течением и водоворотами кристаллы донного льда. Образование поверхностного ледяного покрова прекращает теплоизлучение дна, вследствие чего образование донного льда прекращается.

Научные исследования в этой области показывают, что вода не теплопрозрачна, а опытами В. Я. Альтберга установлено, что явление образования донного льда может быть и при облачном небе и неясной погоде. Это указывает, что теория Г. Барнеса не отвечает теоретическим исследованиям и практическим наблюдениям явления донного льда.

Самая последняя и, повидимому, наиболее совершенная теория образования донного льда принадлежит В. Я. Альтбергу, по которой движущаяся вода потока на разных глубинах имеет приблизительно одинаковую температуру вследствие постоянного перемешивания частиц воды и взаимного соприкосновения, но отнюдь не по причине теплопроводности.

То же самое свойство движущейся воды потока дает постоянную зависимость температуры воды от температуры наружного воздуха. В период резкого понижения температуры наружного воздуха ниже 0°C охлаждающее влияние последнего сказывается на всей толщине воды. На основе взаимного соприкосновения неуклонно и постоянно происходит отток теплоты из воды в воздух, который тем сильнее, чем ниже температура наружного воздуха, чем сильнее течение воды (пороги, перекаты, быстрины и т. д.) и чем яснее погода, безоблачнее небо. Последнее обстоятельство—безоблачность неба, облегчает теплоизлучение с поверхности воды, а не со дна, как считает в своей теории Г. Барнес. Роль теплоизлучения здесь второстепенная, а не главная. Вследствие переохлаждения вода потока начинает выделять или зародышевый лед рыхлого строения, состоящий из неоформившихся кристаллов, или небольшие совершенно прозрачные, тонкие и круглые ледяные пластинки. По степени охлаждения воды и ее количеству можно определить количество образующегося донного льда. *К сожалению, до сих пор не установлена точная зависимость количества донного льда от степени охлаждения и количества воды.*

При быстром оттоке тепла из воды происходит более интенсивное образование донного льда, а так как выступающие части дна потока (камни, перепады, пороги и т. д.) омываются большими массами переохлажденной воды и обладают более высокой теплопроводностью, то на них и происходит наиболее интенсивное выделение кристаллов донного льда.

При кристаллизации всегда выделяется скрытая теплота, и если таковая вместе с теплотой воды оттекает в воздушное пространство над водою, то образование донного льда не приостанавливается. При образовании на потоке поверхностного ледяного покрова последний изолирует воду от непосредственного воздействия на нее воздуха и препятствует оттоку тепла из воды, почему одновременно с ледоставом на потоке прекращается образование донного льда.

Кристаллизация воды (образование донного льда) в неподвижной среде может происходить лишь при значительном переохлаждении, так как выделяющаяся при кристаллизации скрытая теплота повышает температуру воды и препятствует дальнейшей кристаллизации.

Обычно в неподвижной стоячей воде (пруды, озера) образования донного льда не наблюдается. В бассейнах со спокойной водой при понижении температуры наружного воздуха будут возникать вертикальные токи из-за неоднородной плотности вследствие разницы температуры воды на поверхности бассейна и его глубине. Такое вертикальное самоперемешивание воды будет происходить до того момента, пока вся масса воды данного бассейна не достигнет температуры наибольшей плотности, то-есть -4°C . При дальнейшем понижении температуры наружного воздуха поверхностные слои воды также приобретают пониженную температуру, но вследствие того, что при понижении температуры ниже 4°C вода приобретает все меньшую плотность, верхние, более охлажденные слои воды не имеют причины опускаться и перемешиваться с низкими, более теплыми слоями воды. При этом должно наблюдаться постепенное повышение температуры воды по мере удаления вглубь от поверхности вплоть до того слоя, где вода будет иметь постоянную температуру наибольшей плотности около -4°C . При таких условиях, когда охлаждающаяся ниже -4°C вода не опускается вниз, а остается вследствие своей легкости на поверхности, наиболее охлажденным будет поверхностный слой воды, из которого при охлаждении ниже 0°C и образовывается поверхностный ледяной покров.

При наличии глубокого волнения в бассейнах, прудах, озерах и т. д. произойдет перемешивание разных слоев воды, в результате чего может образоваться или глубинный лед, если волнение до дна не распространяется, или донный лед, если волнение распространяется до дна. В движущемся потоке выделение тепла при кристаллизации не приостанавливает образования донного льда, так как в этом случае движение воды создает условия, при которых тепло, образуемое при кристаллизации, уносится и через взаимное соприкосновение частиц воды оттекает в воздух.

VIII. ВЫВОДЫ

Влияние уклона и скорости потока на быстроту и образование поверхностного ледяного покрова

Выше было указано, что обязательным условием образования донного льда должно быть отсутствие ледяного поверхностного покрова и что после образования последнего образование донного льда прекращается. Отсюда следует, что при борьбе с донным льдом необходимо по возможности ускорить образование поверхностной ледяной корки.

В районах, где с наступлением зимы устанавливается более или менее постоянная пониженная температура, при которой раз создавшийся поверхностный лед не тает и не ломается до конца зимы, образование поверхностного ледяного покрова, спасающего полог от образования донного льда, абсолютно необходимо. В этом случае все стремления при наступлении заморозков должны быть направлены к возможному ускорению образования поверхностного льда. Для это-

¹ Явление сжимаемости воды при таянии льда и нагревании ее до 4°C объясняется разным строением молекул воды и льда. Жидкая вода состоит из уплотненных молекул $(\text{H}_2\text{O})_2$ как химический индивидуум имеет большую плотность, чем лед, состоящий из уплотненных молекул $(\text{H}_2\text{O})_2$, при плавлении молекулы льда типа $(\text{H}_2\text{O})_2$ переходят в тип $(\text{H}_2\text{O})_2$, то-есть естественно, что вода становится более плотной.

Этот процесс перехода молекул от $(\text{H}_2\text{O})_2$ к молекулам $(\text{H}_2\text{O})_2$ заканчивается при -4°C : тогда новые, уже однородные молекулы $(\text{H}_2\text{O})_2$ подчиняются общему закону, и вода от дальнейшего нагревания начинает расширяться.

го применяют протягивание на поверхности воды различного рода сеток (из соломы, хвороста, веревок и т. д.), способствующих уменьшению поверхностной скорости и тем самым ускорению образования льда на поверхности воды. Иногда применяют способ замедления скорости путем создания подпора.

Выше говорилось, что в движущемся потоке существует теплоизлучение, степень которого зависит от скорости потока. *Должна существовать зависимость между средней скоростью потока и температурой воздуха, при которой начинает образовываться поверхностный лед.* Может быть, что на потоках со значительными уклонами и скоростями, при наблюдаемых в данном районе морозах, поверхностный лед образоваться не может, даже в случае оказания ему помощи применением специальных сеток, положенных на поверхности потока¹.

В районах, где наблюдаются в зимнее время резкие переходы от пониженной температуры к повышенной, образование поверхностного льда крайне нежелательно, так как периодические заморозки и оттепели создадут периодические ледоходы и значительные затруднения в пропуске по потокам льда во время потеплений.

Вышеуказанное позволяет сделать следующие выводы:

1. В некоторых районах мы можем иметь случаи, когда при наблюдаемых в данных районах морозах поверхностный лед, вследствие большой скорости потока, образоваться не может.

2. В районах, где зимою могут быть периоды заморозков и оттепелей, необходимо поддерживать искусственными мерами (разбивка поверхностного льда, пока он еще тонок) поверхности потоков свободными от поверхностного ледяного покрова.

3. Держать свободными от поверхностного льда абсолютно необходимо потоки, которые принимают и пропускают шугу, поступающую из выше расположенных потоков, на которых поверхностный лед никогда не образуется и где всегда наблюдается образование донного и снегового, плывущего по поверхности льда.

Снеговой лед

При значительном понижении температуры наружного воздуха и переохлаждении воды потока, непокрытого поверхностным ледяным покровом, как уже говорилось выше, начинается явление образования донного льда. Если в этот период, когда вода потока переохлаждена и выделяет кристаллы донного льда, начинается снегопад, последний, попадая на поверхность переохлажденной воды, тем самым еще более ее переохлаждает.

Кристаллы снега, падая в переохлажденную воду, не растаивают в ней, а, наоборот, смерзаются и образуют зерна плывущего льда снегового происхождения. Поверхностный ледяной покров на потоке и здесь играет роль предохранителя от образования движущегося льда (шуги) снегового происхождения. При наличии ледяного покрова весь выпавший снег остается на поверхности льда.

Совпадение резкого понижения температуры наружного воздуха с наличием обильного снегопада усиливает количество плывущего по поверхности потока льда (донного и снегового происхождения), или так называемой шуги, или сала².

Если шуга, образовавшаяся и плывущая по поверхности потока идет без какой-либо задержки и поток имеет всюду (в границах, где он опасен в отношении разливов и затоплений) открытое свободное русло без поверхностного ледяного покрова, тогда движущаяся по поверхности шуга не вызывает никаких осложнений. Но достаточно незначительных иногда стеснений к пропуску шуги, чтобы в этом месте образовался шуговой затор, который в результате может причинить значительные осложнения.

Шуговые заторы

Так называемые шуговые заторы³ могут быть как на потоках естественных (ручей, река), так и на потоках искусственных (канал).

¹ Тем более, что при больших скоростях работа потока должна переходить в теплоту и тем нагревать воду, не давая ей переохлаждаться.

² На увеличение количества образующегося в потоке донного льда, кроме всех прочих факторов, оказывает большое влияние ветер. Чем сильнее ветер — тем больше шуги.

³ Существует также название „зажор“. Под „заторм“ нужно понимать временное короткое явление, происходящее от приостановки движущихся шуги или льда; под „зажором“ — более длительное явление, происходящее от скопления шуги под ледовым покровом.

Заторы на естественных потоках

На естественных потоках заторы образуются там, где поток имеет перелом уклона в профиле, переходя в этом месте от крутого уклона, соответствующего горной местности, к пологому уклону равнины.

Вся поверхность естественного потока при понижении температуры наружного воздуха ниже этого места покрывается поверхностным ледяным покровом, а выше остается свободной.

Верхняя (горная) часть такого потока, не прикрытая слоем льда, обладает всеми факторами для образования как донного, так и снегового, движущегося по поверхности льда (шуги). Последний скапливается под поверхностным ледяным покровом в начале равнинного участка и, забивая собою русло, вызывает подпор и повышение горизонта воды. Так как поступление плывущего льда с верхней части потока не прекращается, то небольшой в начале затор разрастается, вода выходит из берегов и причиняет те или иные разрушения. Иногда такие „зимние половодья“ причиняют больше вреда, чем так называемые „весенние половодья“.

Борьба с такого рода заторами в переломных точках продольного профиля потока чрезвычайно трудна, а иногда даже невозможна. Трудность борьбы с заторами в таких пунктах заключается в том, что вся поверхность потока ниже затора покрыта льдом и сплавлять лед разбитого (взорванного) затора некуда.

Шуговой затор на естественном потоке может также произойти и не в переломной точке профиля, а на (горном) участке с крутым уклоном, с незамерзающей поверхностью, если в каком-либо месте этого участка будет препятствие для свободного прохода шуги.

Таковыми препятствиями могут быть мосты с узкими отверстиями и обмерзающими устоями, мелкие перекаты потока, большое количество мелких протоков, остатки неубранных струезахватных дамб и пр.

В таких местах бывает достаточно незначительной приостановки движущейся шуги, чтобы она (при сильном морозе) моментально смерзлась и образовала поверхностный ледяной покров, который и является в дальнейшем началом шугового затора в этом месте.

Борьба с заторами в таких местах вполне возможна и достаточно проста. Однако, отнюдь не следует допускать и в таких местах шуговых заторов, так как иногда и кратковременный затор может причинить значительные затопления окружающей местности с вытекающими отсюда нежелательными последствиями. Необходимо широко применять предупредительные меры и своевременно убирать из русла потока все, что может создать затор, а там, где этого сделать нельзя, держать усиленный надзор и иметь в наличии взрывные материалы.

При ликвидации всякого рода заторов с большим эффектом всегда применяются взрывные работы; иногда, в случае грандиозности явления, затор разбивается из орудий.

Заторы на искусственных потоках

На каналах, работающих в зимнее время и построенных с малыми уклонами, при наступлении заморозков образуется поверхностный ледяной покров, и если в источнике питания этого канала также имеется поверхностный ледяной покров и шуги нет, или таковая идеально отбивается и не попадает в канал, то канал работает спокойно, без заторов.

На таких же каналах, но имеющих большие уклоны и скорости, в руслах которых лед не замерзает на поверхности и создаются благоприятные условия для образования шуги, образование шуговых заторов вполне возможно и иногда предотвращается только с большим трудом.

При проходе шуги по каналу могут создаваться заторы в следующих местах: у мостов, желобов, на перекатах, в крутых поворотах русла, в засоренной чем-либо части русла, а главным образом около перегораживающих подпорных сооружений, создающих подпорные горизонты и образующих, подобно естественным потокам, переломные точки уклона, где нормальный уклон горизонта воды в канале уменьшается, вступая в зону распространения подпора, создаваемого перегораживающим сооружением.

На таких незамерзающих каналах необходимо обеспечить беспрепятственный проход шуги по всему протяжению канала и его сбросам с тем, чтобы сбросить всю плавущую по поверхности шугу в естественный поток или бассейн, где шуговой затор если и образуется, то не принесет таких разрушений, какие могут быть на каналах, а, главное, не выведет из строя работающий в зимнее время канал и не приостановит использования на нем гидроэнергии (в зимнее время каналы, главным образом, работают для снабжения водой гидроэлектростанции и только иногда для производства зимних поливов орошаемых площадей).

Общая примерная схема противошуговых мероприятий

Мероприятия по защите каналов от шуговых заторов (зажоров) в общем сводятся к следующему:

1. В районах с устойчивой зимой:

1. Тотчас после наступления заморозков по всему каналу от начала до конца должно принять меры к ускорению образования поверхностного льда, если этот канал при существующих морозах и уклонах может покрыться льдом. При этом: а) источник питания также должен быть покрыт поверхностным ледяным покровом, то-есть на источнике питания не должно быть условий для образования шуги, или б) в голове канала должно быть устроено надежное приспособление для идеального отбоя шуги, так как в противном случае шуга, попавшая в канал, покрытый льдом, создаст шуговой затор.

2. До момента образования поверхностного льда весь плавущий по поверхности канала донный и снеговой лед должен быть пропущен по всему каналу и сброшен в естественный поток или бассейн.

II. В районах с неустойчивой зимой:

1. В голове каналов, берущих воду из источника, на котором в зимнее время наблюдается сильное шугообразование, должны быть устроены приспособления, обеспечивающие минимум поступления шуги из источника питания в канал.

2. По каналам, несущим шугу, как поступившую из источника питания, так и образовавшуюся на каналах, должны быть созданы условия беспрепятственного пропуска шуги до естественного потока или бассейна.

3. Каналы, принимающие и транспортирующие шугу, образующуюся выше, и имеющие малые уклоны и скорости, соответствующие образованию поверхностного льда, должны все время искусственными мерами (околкой) освобождаться от поверхностного льда.

4. Во время прохода шуги по каналам щиты всех подпорных сооружений должны быть подняты во избежание подпора, опасного в отношении затора.

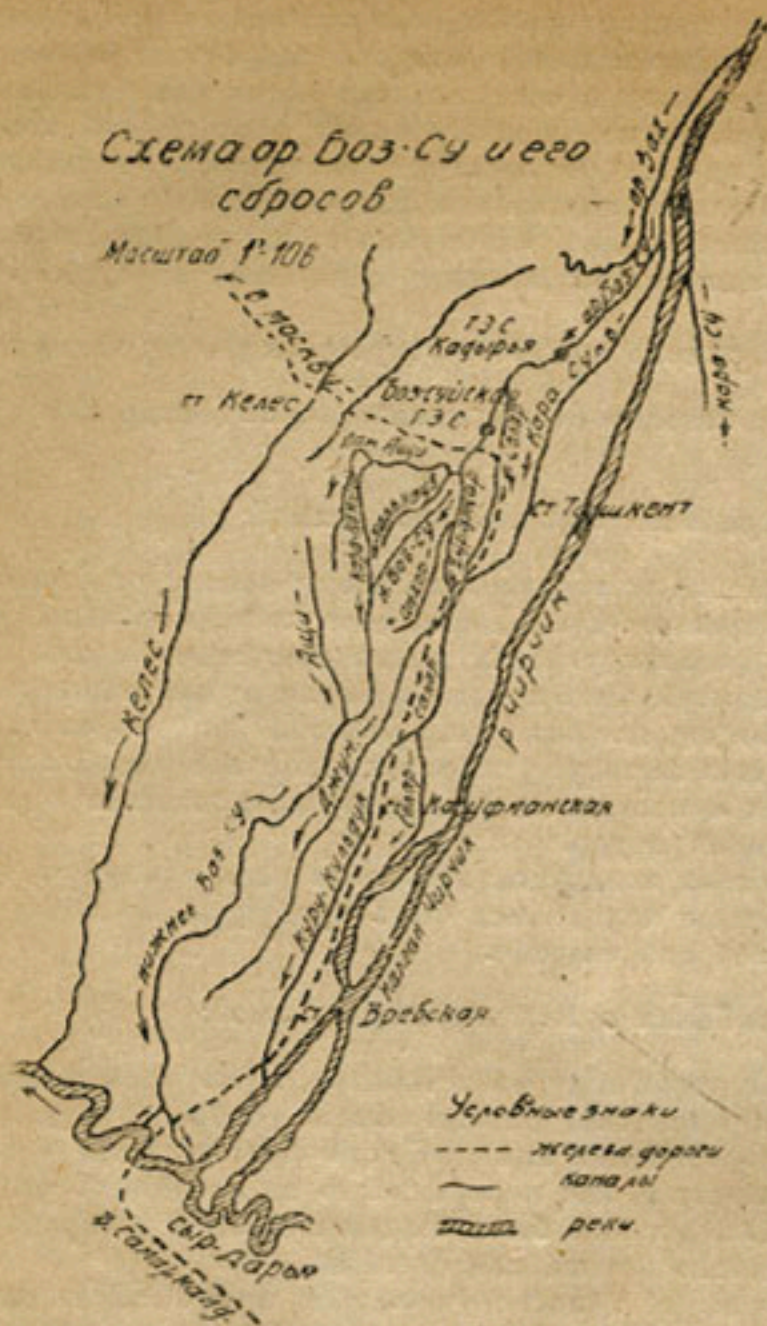
5. Все гидротехнические сооружения и мосты с малыми пролетами должны охраняться, а лед, образующийся на них, окалываться. Во всяком случае, пропускная способность этих сооружений искусственными мерами должна поддерживаться такой, какая имеет место при обычных (без мороза) условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. Я. Альтберг.—Донный лед. 1931 г.
2. А. А. Суриц.—Водоснабжение. 1926 г.
3. Опытнo-исследовательский институт водного хозяйства.—Технический отчет по обследованию шугового затора на канале Боз-су в 1927—1928 гг.
4. Ф. И. Былин.—Зимний режим р. Свири у перемычек. 1931 г.
5. А. С. Вавилов.—Отчет о научной командировке по изучению шуговых работ в 1931 г. (Рукопись с приложением собранных за время командировки материалов.)

Схема ар. Боз-Су и его сбросов

Масштаб 1:106



Фиг. 1

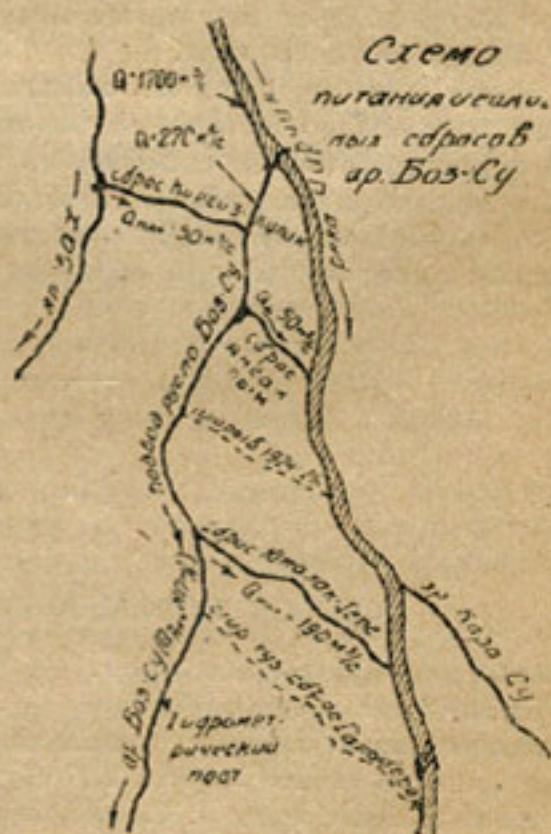
Условные знаки

----- железная дорога

——— шоссе

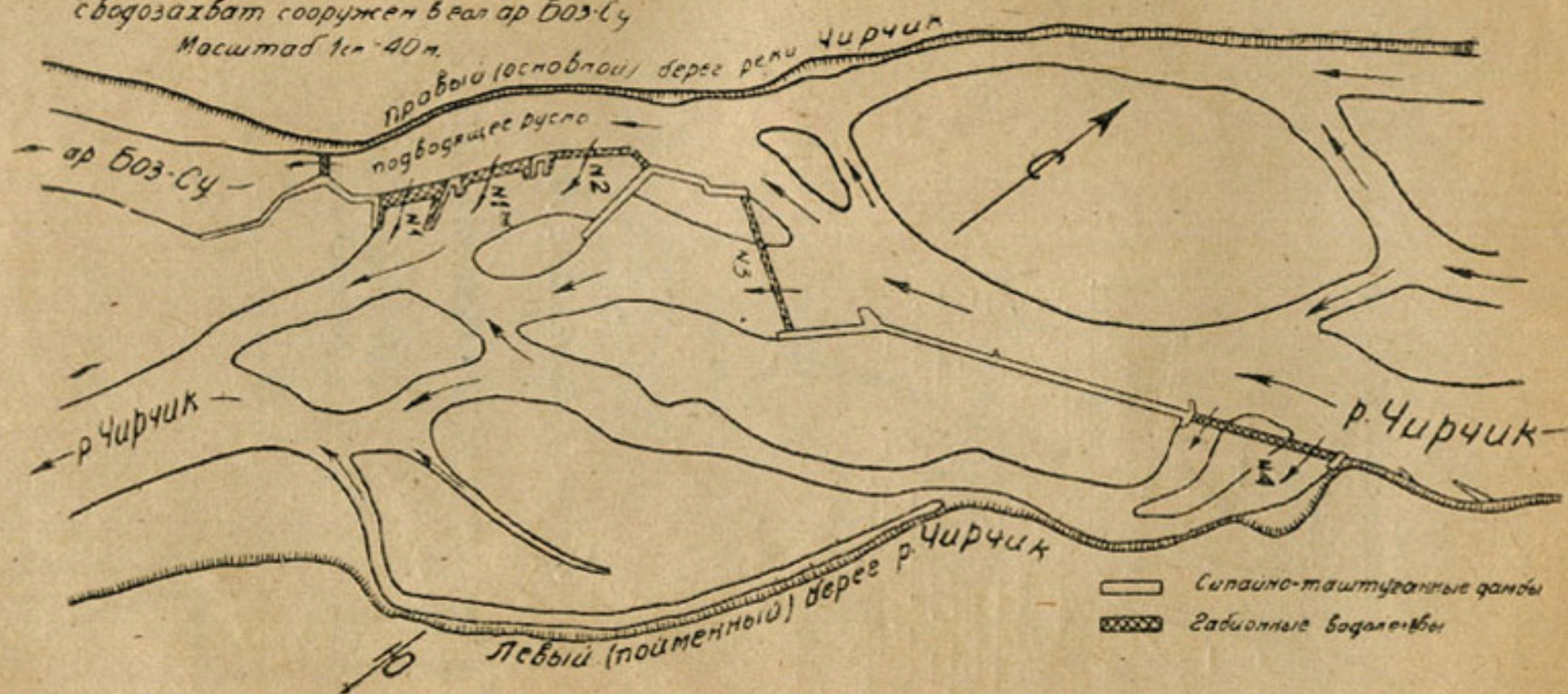
~~~~~ реки

## Схема питания и сбросов ар. Боз-Су



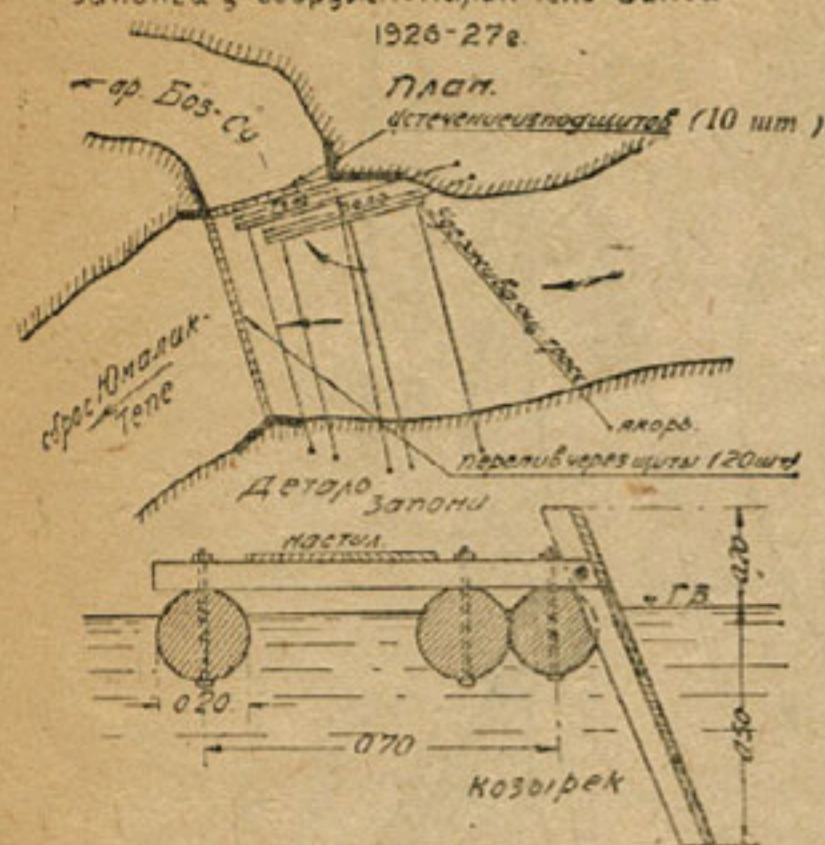
Фиг. 2

План участка реки Чирчик  
сводозахват сооружен в ел ар Боз-Су  
Масштаб 1 см = 40 м.



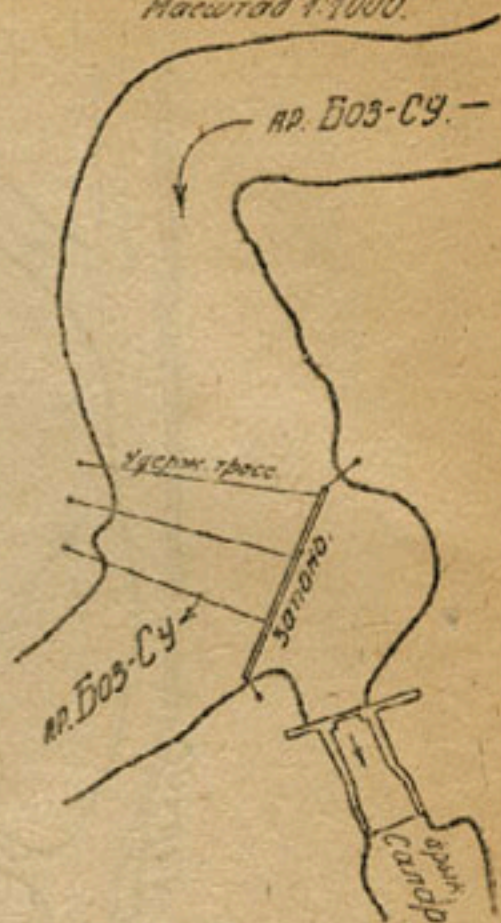
Фиг. 3

План расположения и чертеж устройства  
запоей у сооруже Юмалак-Тепе зимой  
1926-27г.



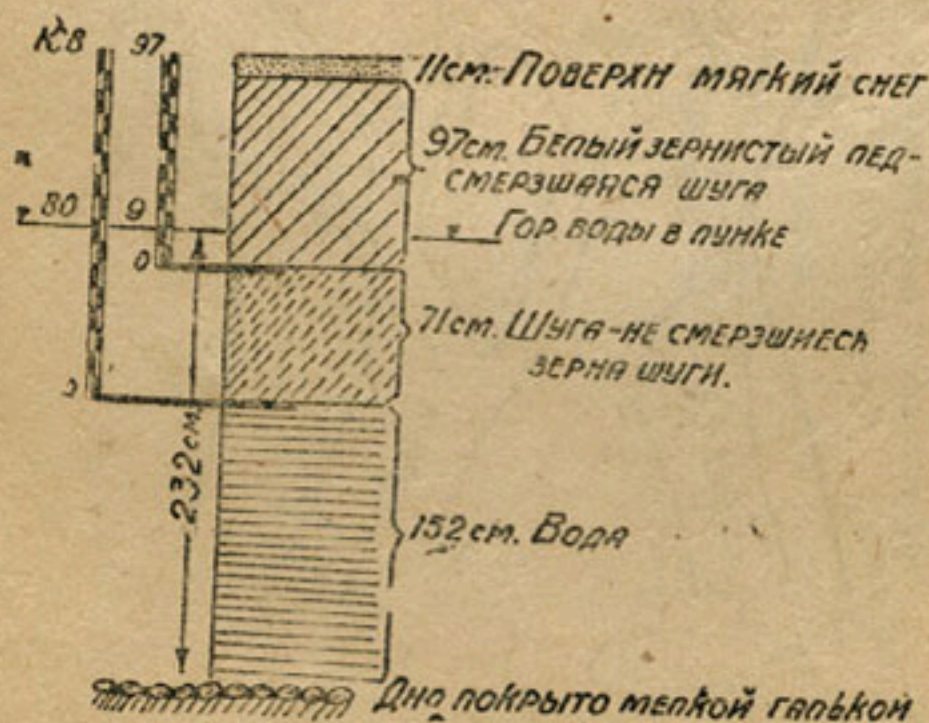
Фиг. 4

План расположения запоей  
у головы ар. Саларзимой  
1927-28 года  
Масштаб 1:1000.



Фиг. 5

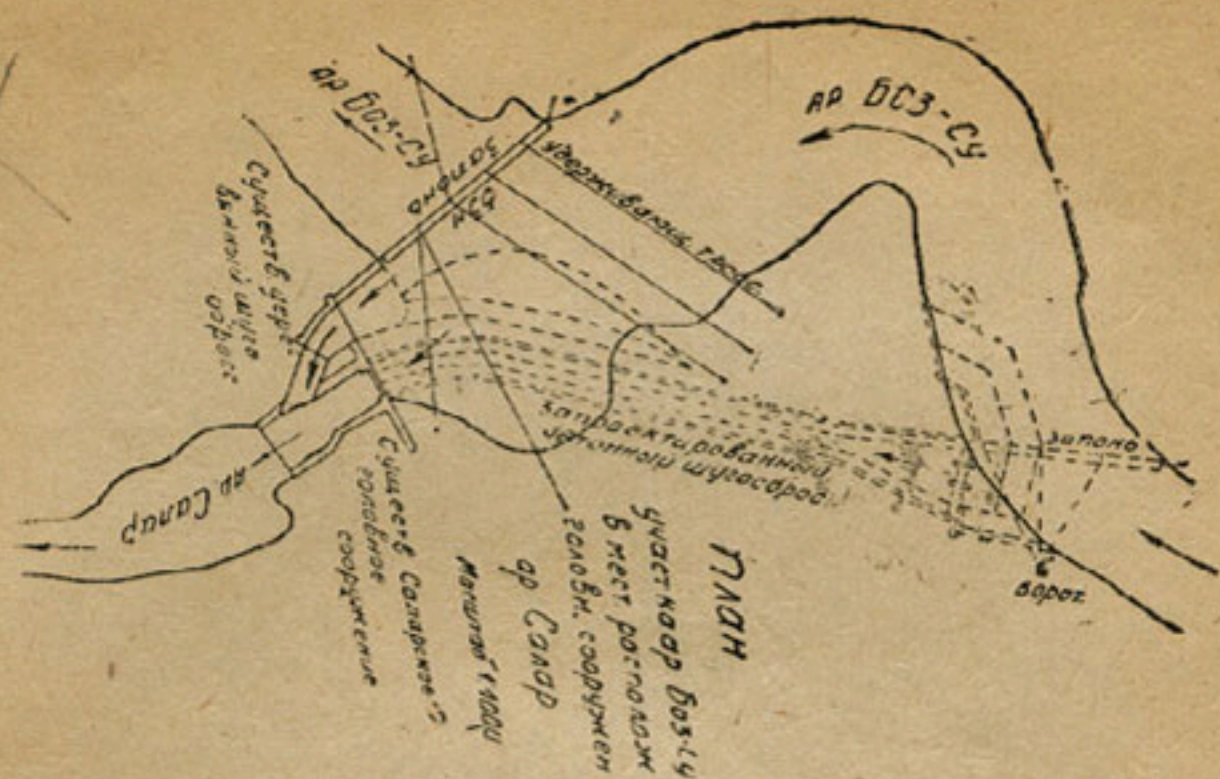
## РАЗРЕЗ ПО ПУНКЕ №6



Фиг. 6

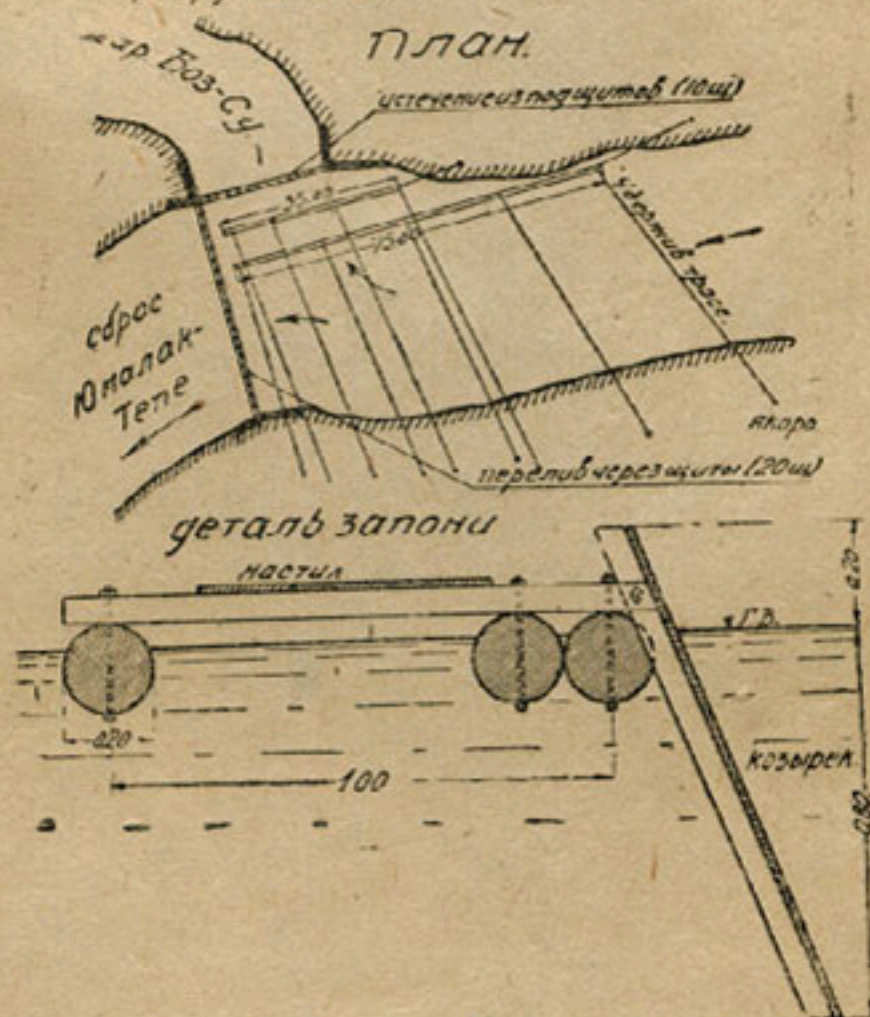
1° вод. + 15°C  
1° вод. + 1,8°C

Примечание: Лунка взята близ середины канала.

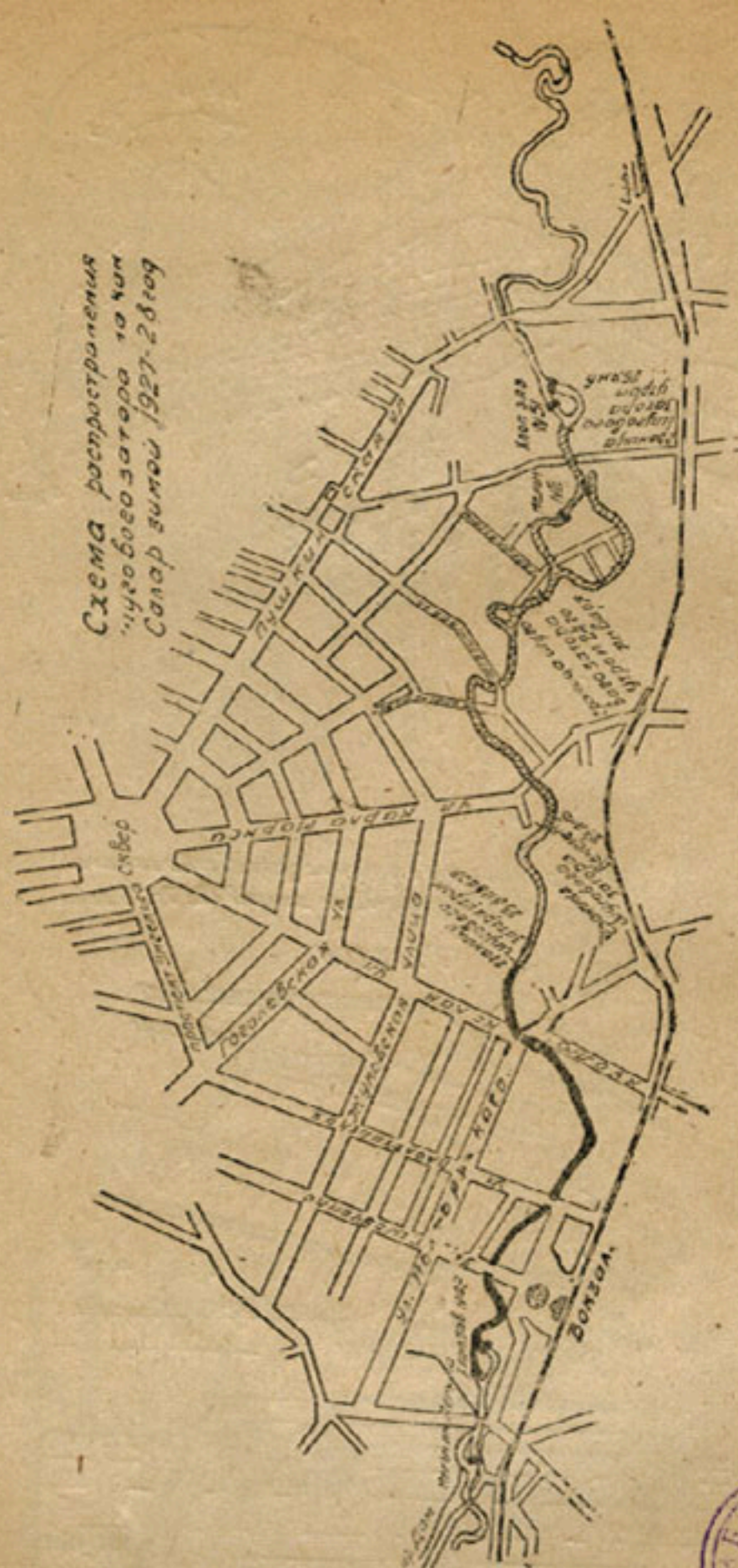


Фиг. 7

План расположения чертеж устройства запоней  
и сооружений Юналак-Тепе зимой 1927-28 года.



Фиг. 8



Фиг. 9



Редактор Ф. С. Любимова  
Техредактор Эм. Г. Балканский

10305

Сдана в производство 26-X-32  
Подписана к печати 24-III-33.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| Предисловие . . . . .                      | Стр.<br>2 |
| I. Введение . . . . .                      | 3         |
| II. Зимний период 1926-27 г. . . . .       | 9         |
| III. Зимний период 1927-28 г. . . . .      | 14        |
| IV. Зимний период 1928-29 г. . . . .       | 16        |
| V. Зимний период 1929-30 г. . . . .        | 23        |
| VI. Зимний период 1930-31 г. . . . .       | 31        |
| VII. Причины образования шуги . . . . .    | 38        |
| VIII. Выводы . . . . .                     | 40        |
| Список использованной литературы . . . . . | 43        |