

ПРОВ. 1951 г.

Ж-99

СРЕДНЕ-АЗИАТСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
САНИИРИ



ИРРИГАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИКА

1

1936

ТАШКЕНТ

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ

ИРРИГАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИКА

№ 1

ЖС-99

САНИИРИ
ТАШКЕНТ
1 9 3 6

Водозаборные сооружения в Средней Азии и их дефекты

(Очерк второй)

Плотина на р. Кугарт-сай у с. Гавриловки и мероприятия для восстановления ее работы¹

§ 1. Краткие гидрологические сведения о р. Кугарт-сай.

Река Кугарт-сай, правый приток р. Кара-дарьи, берет начало с западного склона Ферганского хребта у Кугартского перевала и до выхода в долину принимает притоки Кизыл-су, Урум-башни, Кара-амга, Уртак, Чум-кума, Ак-таук и др. До селения Таран-базар (1360 м) река стеснена горами и проходит по узким глубоким каньонах с каменистым дном. У сел. Таран-базар река выходит в долину, которая тянется на протяжении 47 км, постепенно расширяясь, ограничиваясь с боков горами, доходит до 9 км ширины и только на юго-западе имеет выход к р. Кара-дарье.

Долина до с. Гавриловка имеет равномерный уклон $i=0,016-0,017$ с небольшими в некоторых местах холмами. От с. Гавриловки уклон смягчается до 0,012.

В начале долинной части река имеет глубокую узкую галечниковую пойму; чем ниже по течению, тем пойма становится мельче и шире. Подходя к сооружению, река течет по пойме, шириной до 600 м, разделенной на отдельные рукава.

По характеру питания р. Кугарт-сай относится к рекам с преобладающим снеговым питанием.

Учет стока ее производится по Джиргитальскому гидрометрическому посту, расположенному у селения того же наименования на 20 км выше плотины.

Согласно наблюдений за 1924-1931 гг. река имеет с октября до марта медленное уменьшение расходов с минимумом, приходящимся на февраль месяц, с марта начинается повышение расходов, достигающее максимума в апреле-мае месяцах, в июне паводок уменьшается и в сентябре доходит почти до зимних расходов.

Настоящий очерк составлен по проектным материалам Кирводхоза, по обследованиям сооружения в натуре, произведенным в 1934 г. спец. Санири Туркиным Г. И., лабораторным исследованиям сооружения, выполненным под руководством автора, спец. Баном С. С. и техником Быковым В., а также по материалам, собранным автором при осмотре этого сооружения в 1935 г.

Месяцы	Р а с х о д ы												Средние расходы		
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	вегет.	невег.	годов.
Максим.	6,15	6,55	6,17	6,55	5,11	15,8	52,7	67,02	50,87	41,55	19,60	10,57	—	—	—
Миним.	3,02	2,93	2,98	3,01	1,64	5,2	12,0	24,7	12,0	6,60	4,1	3,7	—	—	—
Ср. многолетн.	4,59	4,80	4,24	4,21	4,12	9,19	33,14	45,61	34,99	20,66	9,50	64,2	25,03	5,10	15,7

Максимальный наблюдаемый расход $Q=191,0$ м³/сек.

Минимальный 1,15 „

Расход твердого стока р. Кугарт-сай не изучен. Наблюдениями за взвешенными и донными наносами, произведенными в 1934 г. отрядом Сани ири, установлено, что за период наблюдений (с 16.V по 25. IX) удельное содержание взвешенных наносов следует за колебаниями расходов и наибольшее содержание их для периода наблюдений установлено 16,5 гр/л при $Q=142$ м³/сек.; при малых расходах удельное содержание уменьшается (0,1 гр/л при 20 м³/сек.)

В районе сооружения донные наносы, слагающие пойму, хорошо окатаны и имеют размеры, доходившие до 0,30—0,40 м. Наносы этого размера при паводках движутся в реке. Движение наносов приостанавливается при расходах 16—20 м³/сек.

§ 2. Описание ула-сооружений

Выстроенный в 1930 г. на р. Кугарт-сай водозаборный узел расположен на 0,5 км выше с. Гавриловки и состоит из плотины с струенаправляющими дамбами и двух регуляторов, снабжающих водой правобережной и левобережной магистральные каналы, орошающие по проекту 8330 га земель в Кугартсайской долине. На расстоянии 500 м и выше, вверх по течению от сооружения, русло реки разбросано отдельными рукавами по всей действующей пойме, шириной до 600 м.

Правый берег поймы вплотную подходит к адырам и отделен от них проезжей грунтовой дорогой. Левый берег невысокий (3—5 м), обрывистый. Грунт коренных берегов — лесс, подстилаемый галечником. По мере приближения к сооружению действующая пойма реки сужается, прижимается к правому берегу. В расстоянии 150 м выше сооружения сужение русла производится сипайными и таштуганскими дамбами до ширины отверстия плотины, равного 68,5 м, к береговым устоям которой примыкают дамбы с отметкой верха 958 000, перерезающие поперек пойму реки.

При проработке проекта плотины на р. Кугарт-сай в основу принималась идея по возможности меньше нарушать постановкой сооружения естественные условия реки, несущей донные наносы, вследствие чего считалось, что рабочий подпор на плотине не должен быть велик, чтобы не вызвать значительных отложений наносов перед плотинной.

Паводки, с учетом силевых паводков, по той же причине должны были пропускаться при малом повышении горизонтов. Это привело к низконапорной ($H=1,0$ м) с сильно развитым фронтом ($B=68,5$ м) плотины.

Вследствие развитого фронта плотины право-и левобережные регуляторы получались значительно отдаленными друг от друга, что могло вызвать разделение потока на два рукава. Чтобы предотвратить возмож-

ость этого, правый регулятор был вынесен в средину потока, помещен в начале разборчатой части с пропуском забранного расхода через потерну, заложенную в гуське водосливной части.

Проект предусматривал наличие донных наносов и необходимость вести борьбу с завлеканием их в регуляторы, для чего для правобережного регулятора намечалось устройство суженного пролета в виде небольшого кармана с устройством промывного шлюза. Порог регулятора намечалось сделать возвышающимся на 0,1 м над полом флюты кармана.

Для левобережного регулятора, устроенного как боковой открытый шлюз без порога, предполагалось для борьбы с наносами по времени паводков ставить в отверстиях одну—две шандоры, высотой 0,5 м каждая, с промывкой наносов ближайшим к регулятору щитом.



Рис. 1.

Плотина (рис. 1) состоит из двух частей: разборчатой из 4 пролетов, по 6 м каждый, перекрытых плоскими щитами, высотой 1,0 м, на колесах, и водосливной части в виде гуська, длиной 35,0 м и высотой 1,0 м. К разборчатой части может быть отнесено и промывное отверстие кармана правобережного регулятора, расположенного между глухой и разборчатой частями плотины. Подача воды из этого регулятора производится через отверстие с порогом 0,35 м¹ по потерне, проложенной внутри гуська.

Водопропускные отверстия плотины и регуляторов

	Размер отверстия	Пропускная способность в м ³ /сек.
Разборчатая часть	$b = 6 \times 4 = 24$ м	124 при $H = 2.0$ м
Карман	$b = 4 \times 1 = 4$ м	
Гусек	$b = 35$ м	56
Левый регулятор		170
Открытый шлюз	$b = 4,0$ м	4.82 при $H = 1.0$ м
Правый регулятор		
Отверстие	$b \times a = 3 \times 1,0$ м ²	3.94 при $H = 1.0$ м

Пропускная способность сооружения рассчитана на 180 м³/с.

Водосливная часть плотины выполнена высотой 1,0 м, с устройством потерны внутри гуська; гусек очерчен с верхней части по дуге круга.

¹ При выполнении проекта порог был поднят.

Понурной части перед гуськом не имеется, водобойная часть за гуськом длиной 5 м сделана бетонной, за ней следует риеберма длиной 11,0 м из габиона.

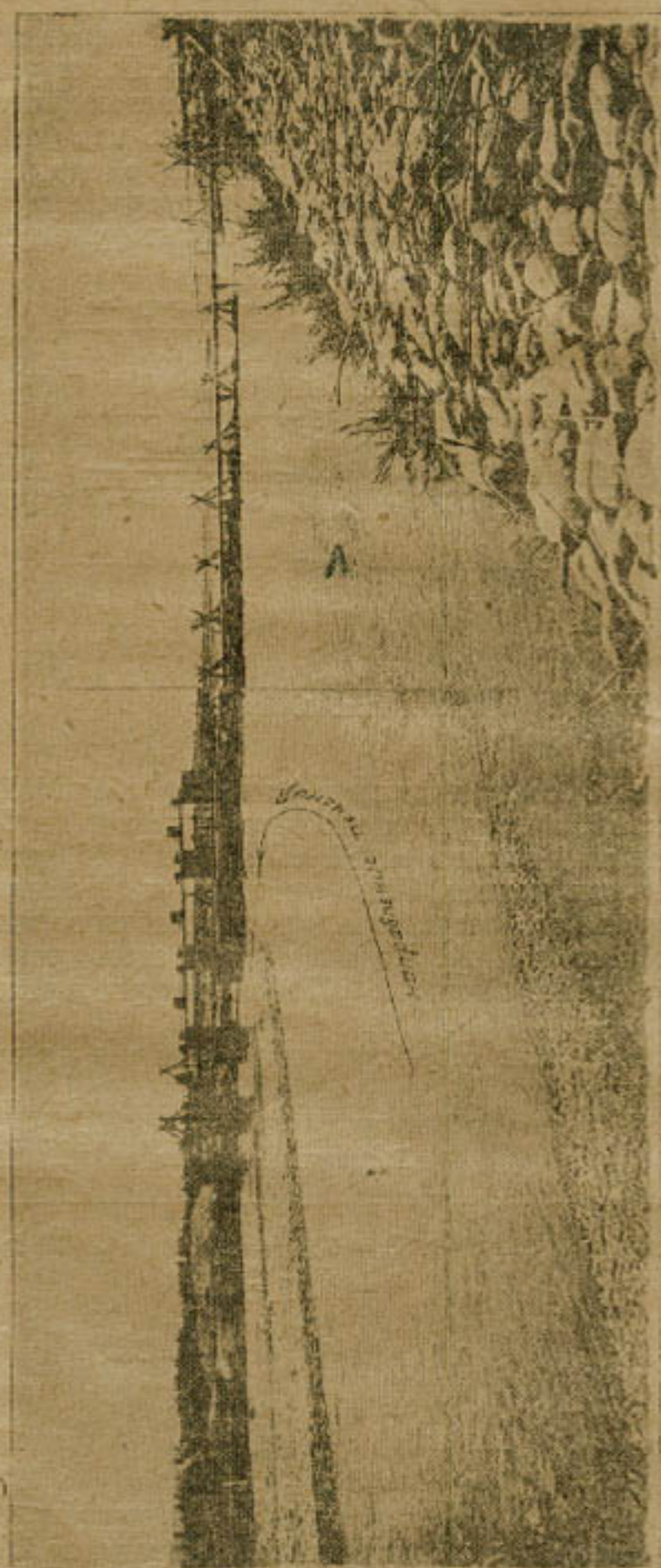


Рис. 2. Общий вид плотины на р. Кутарт-сай с верхнего бьефа. 1935 г.

Впереди разборчатой части плотины имеется бетонный понур длиной 4,0 м. Бетонная водобойная часть длиной 5,50 м оканчивается зубом глубиной 2,0 м. За водобойной частью нижний бьеф крепился на

протяжении 8 м армированными бетонными плитами и далее на протяжении 3,5 м — отсыпкой из камня, первые два метра которой перекрывают последний ряд бетонных плит, уложенных наклонно. После разрушения железо-бетонные плиты были заменены рисбермой из бутовой кладки на растворе, законченной зубом в виде деревянной контрфорсной стенки, запущенной на глубину 3,5 м.

С верховой стороны к береговым устоям примыкают дамбы с отметкой 958,00.

Отверстия регуляторов так же как и отверстия плотины перекрываются плоскими щитами. Для уменьшения высоты щитов отверстия в верхней части забраны диафрагмами.

Стоимость плотины по проекту 136.000 руб.

Общий вид ее с верхнего и нижнего бьефов по состоянию летом 1935 г. представлен на фотографиях (рис. 2, 3).

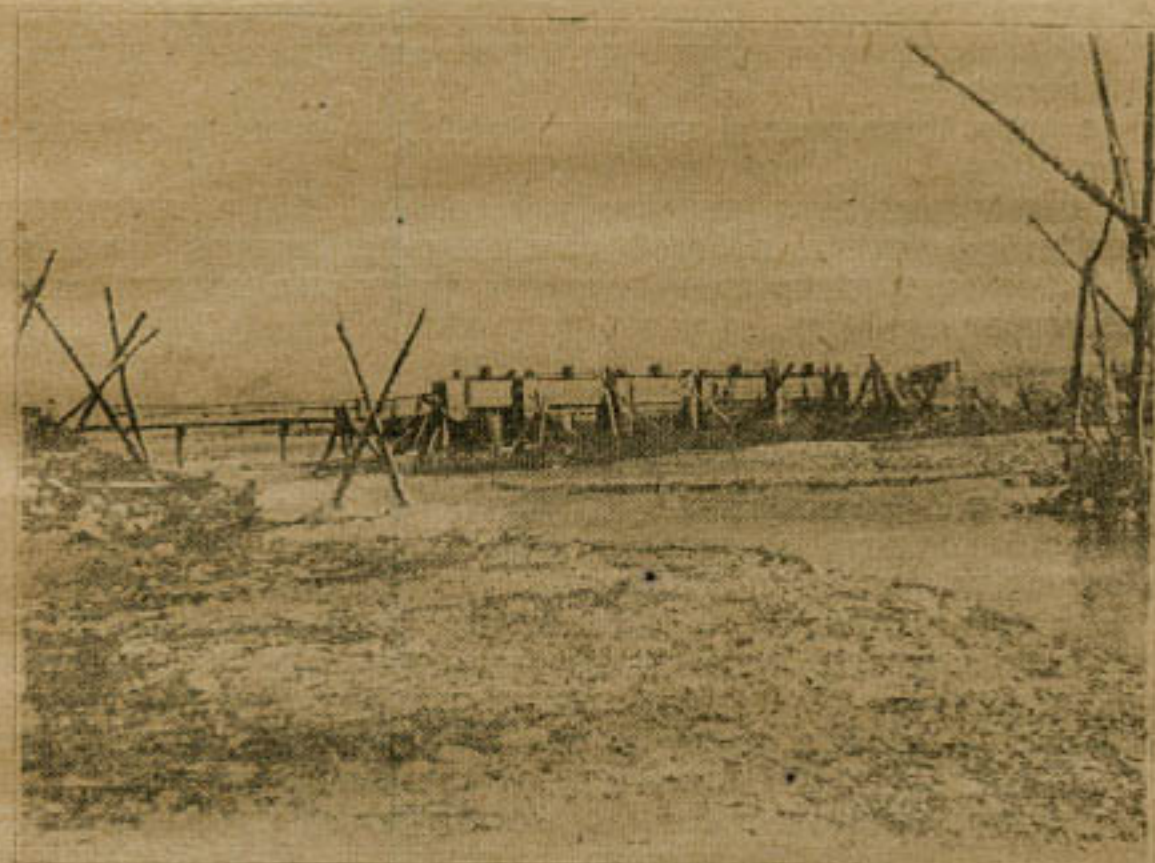


Рис. 3. Общий вид плотины на реке Кугарт-сай (1935 г.) с нижнего бьефа

§ 3. Работа сооружения после постройки

Узел вступил в эксплуатацию в 1931 г. и в том же году головной участок левого отвода был занесен наносами, и питание его совершалось через возобновленное головное сооружение неинженерного типа. Потеря правого отвода также была занесена наносами. Кроме того, при наводке была разрушена рисберма за плотиной из железо-бетонных плит, подмыты основания бычков кармана.

К вегетационному сезону 1932 г. отводы были очищены от наносов, потери также. Рисберма восстановлена кладкой из рваного камня и в конце ее был устроен зуб в виде деревянной контрфорсной заборной стенки, запущенной ниже поверхности флютбета на глубину 3,5 м. Эти работы стоили около 20.000 руб. Кроме того, на защитно-регулирующие работы на время наводков было отпущено 17.500 руб. и выделено средств населения 9000 руб. Но и в 1932 г. точно также было занесе-

ние головных частей наносами и, несмотря на многократную их очистку, магистрали необходимо было подпитывать из возобновленных голов.

В 1933 маловодном году несколько раз чистили левый отвод, потерянной пользовались только при малых расходах в реке. В основном же питание производилось через головные сооружения неинженерного типа.

Стоимость поддержания плотины в 1933 г. была 13.000 руб.

Вследствие указанных недостатков созданной Кирциупром комиссией с участием Санири, констатировавшей удовлетворительное общее состояние плотины за исключением неисправной работы щитов, которые не давали плотного закрытия и допускали переливы, были намечены мероприятия по восстановлению работы плотины, заключавшиеся:

а) в подеме рабочего напора на плотине на 0,75 м путем наращивания щитов плотины;

б) в устройстве водонаправляющих дамб для улучшения условий подхода потока к сооружению;

в) в устройстве перед отверстиями регуляторов выносных шандорных порогов в качестве мероприятия по борьбе с поступлением донных наносов в регуляторы;

г) в устройстве правой направляющей дамбы и укреплении левой в нижнем бьефе.

По выполнении этих мероприятий, весной 1934 г. предполагалось поручить наблюдение за работой плотины и регуляторов Санири с целью составления инструкции по эксплуатации узла и выработки дальнейших мероприятий по его рационализации.

§ 4. Результаты обследования работы плотины летом 1934 г. и осмотра ее в 1935 г.

Работа по обследованию Кугартсайского узла была начата Санири¹ согласно договора с Кирциупром. Но в виду большого весеннего паводка, прошедшего до выезда отряда в поле и потребовавшего работы всего эксплуатационного штата, мероприятия, намеченные комиссией, им не были выполнены, а потому намечавшаяся программа исследований работы этого сооружения также не могла быть полностью выполнена, в частности наиболее важный вопрос о работе регуляторов, т. е. питание магистральных каналов производилось попрежнему из восстановленных голов, за исключением отдельных моментов работы левобережного регулятора, которые и были захвачены исследованиями.

В результате исследований было установлено:

1. В отношении подхода потока к сооружению и работы верхнего бьефа:

а) поток полностью сохраняет в верхнем бьефе плотины характер естественной реки, проходящей в неустойчивом русле, созданном в новых отложениях наносов с блужданием русла при подходе потока к сооружению (см рис. 4, 5), на которых видно, насколько быстро меняется конфигурация отложений в верхнем бьефе. Такому блужданию русла способствовал завал наносами верхнего бьефа и слабость лесовых берегов, возвышающихся на 2,5—3,0 м над уровнем воды;

б) поверхностные скорости в верхнем бьефе также соответствовали естественному руслу, доходя до 3,5—4,0 м/сек.;

в) при блуждании потока и больших скоростях выравнивательные дамбы в верхнем бьефе оказывались недостаточно устойчивыми и были

¹ Проводилась отрядом под руководством инж. Туркина Г. П.

разрушены, что при слабых лессовых берегах вызывало опасность промыва левобережной дамбы и обхода сооружения рекой;

г) при происходивших в верхнем бьефе плановых изменениях русла происходят местные деформации его по глубине. Максимальный замеренный размыв в верхнем бьефе достигал 1,0 м, но следует предположить, что он был несколько больше, т. е. замерами по техническим причинам не были захвачены наибольшие расходы;

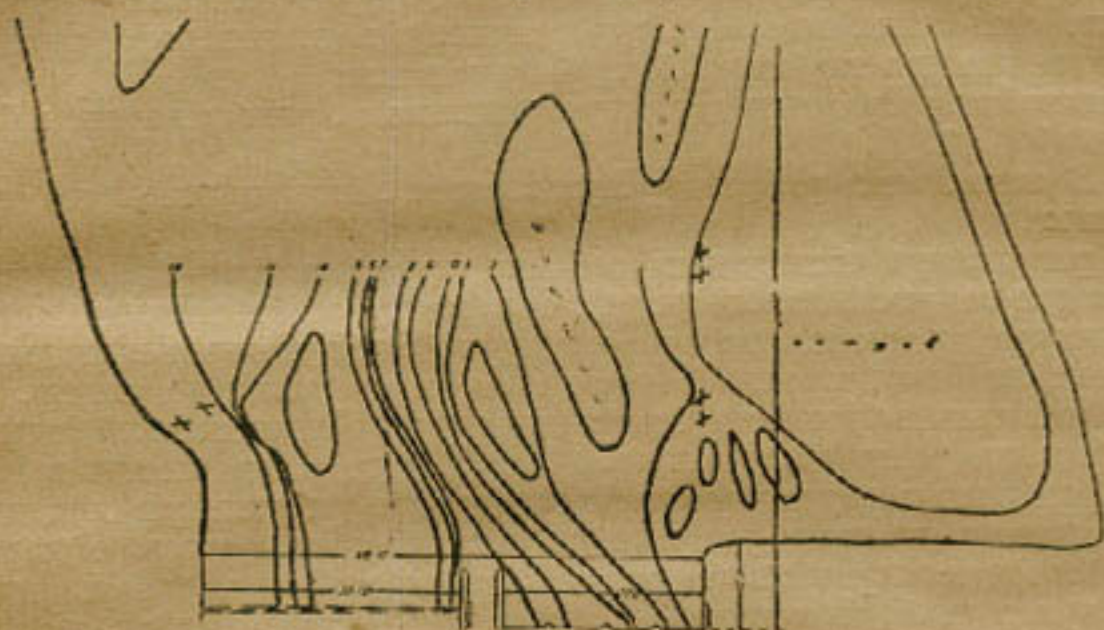


Рис. 4. Схема направлений поверхностных струй и состояния русла на 5.VI 34 г. $Q = 104,6 \text{ м}^3/\text{сек.}$



Рис. 5. Схема направления поверхностных струй и состояния русла на 8.VI 34 г. $Q = 66,50 \text{ м}^3/\text{сек.}$

д) местные размывы вблизи плотины достигали более значительных величин, так, были подмыты габiony, примыкавшие к левому устою, с образованием около него промоины, шириной 3,5 м и глубиной 2,5 м, заделанной впоследствии тяжелыми фашинами;

е) колебание средних отметок дна незначительно; замеры, произведенные во время нарастания июньского паводка при расходе $Q = 91,7 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и после летних паводков при $Q = 14,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$ дали разницу средних отметок дна 0,03 м.

2. В отношении работы нижнего бьефа:

а) Установлено, что прошедшим и июне паводком рисберма плотины была разрушена, деревянная контрофорсная стенка за рисбермой унесена, и произошло разрушение водобоя против разборчатой части и габiony против глухой части плотины. За разборчатой частью плотины

вследствие понижения горизонта нижнего бьефа образовался „вторичный“ перепад, ясно видимый на фотографии (рис. 6). Для предохранения плотины от дальнейшего разрушения были поставлены в нижнем бьефе у правого и левого берегов синайные шпоры, сужавшие реку. Часть этих синайных шпор, находящихся ниже плотины, видна на рис. 3;

б) местные деформации дна в нижнем бьефе более значительны. Установлены размывы до 1,5 м и намывы до 1,7 м, и можно предполагать, что они имели еще большую величину, т. к. контрофорсная стенка, заложенная на глубину 3,5 м, была вымыта;

в) колебание среднего дна более значительно, чем в верхнем бьефе, достигая 0,13 м.

3. В отношении работы регуляторов и попадания наносов в них выявлено:

а) регуляторы, вследствие забивки потерны правого регулятора наносами и заиливания левого регулятора, не работали, питание производилось через головы неинженерного типа. Лишь в отдельные моменты питание левой магистрали производилось через левый регулятор.

Забрасывание донными наносами отводов Кугартеайской плотины, по сообщению участкового техника Скоробрюхова произошло в 1933 г. при нарастании паводка при пропуске воды в регуляторы при полном открытии щита плотины у левого регулятора и промывного в кармане;

б) средняя мутность воды в каналах по выведенным наносам ниже, чем в реке, за счет уменьшения крупных фракций;

в) в насыщенности донными наносами расхода левой магистрали не установлено определенной зависимости ни от расхода реки, ни от забираемого расхода, а выявлена зависимость количества закладываемых наносов от открытия щита плотины у регулятора. При открытии этого щита количество наносов увеличивается.

Таким образом, устанавливалось, что при подзаборе открытия щита, ближайшего к регулятору, является вредным для работы регулятора в отношении забора наносов.

Осмотром сооружения в 1935 г. установлено, что поток в верхнем бьефе идет вдоль правой тантутанной дамбы и, подходя к плотине, поворачивает вдоль фронта ее, частично передвигаясь через гусек (рис. 2).

Вследствие такого подхода потока у бычков кармана образуются водовороты с значительным подмывом с внешней стороны правого бычка кармана.

Питание магистральных каналов производилось: левой через голову неинженерного типа, а правой через потерну, которая была очищена от наносов.

Обследование поступления наносов в потерну с выявлением зоны их передвижения показало, что наносы поступают только с верхней по течению стороны отверстия.

Осмотр гуська обнаружил значительное его истирание, местами видна арматура.

Щиты плотины полностью не закрываются, под ними всегда остается щель, также имеется и значительная фильтрация у боковых низовых конструкций щитов.

Осмотр нижнего бьефа плотины показал, что произошло его понижение вблизи плотины, что с достаточной ясностью подтверждается продольным профилем (рис. 7), построенным по наиболее низким отметкам дна. При рассмотрении этого профиля необходимо иметь в виду, что, согласно данным проекта, плотина ставилась по наиболее низкой точке дна поперечного профиля в месте плотины.

Понижение нижнего бьефа на значительном протяжении за плотинной дамбой „вторичный“ перепад за разбермой, аналогичный наблюдавшемуся в 1934 г. (рис. 6), что грозило нарушением целостности плотины,

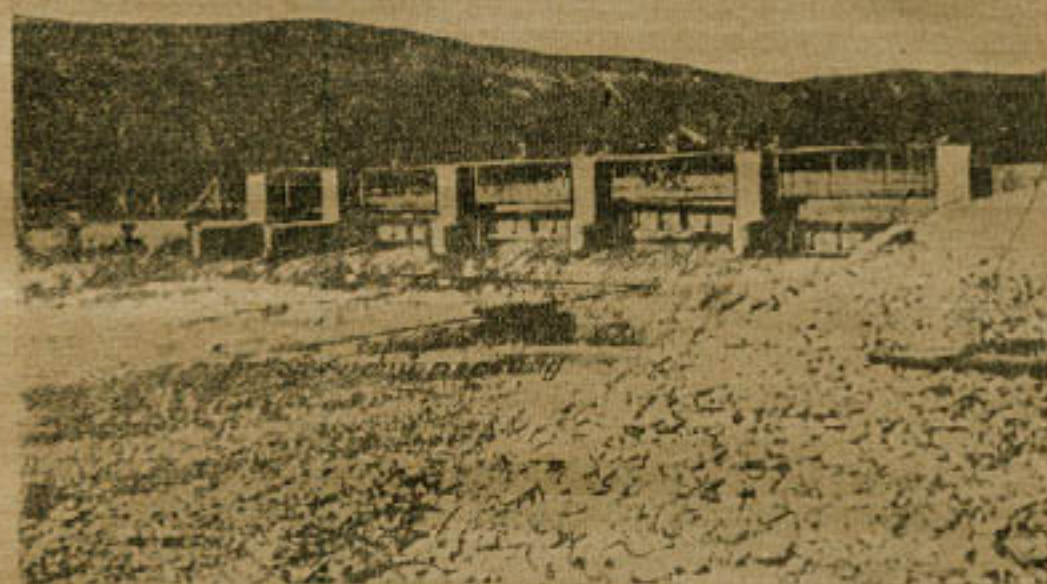


Рис. 6. Вид на плотину с нижнего бьефа после разрушения сливного хода, ясно виден „вторичный перепад“ 1934 г.

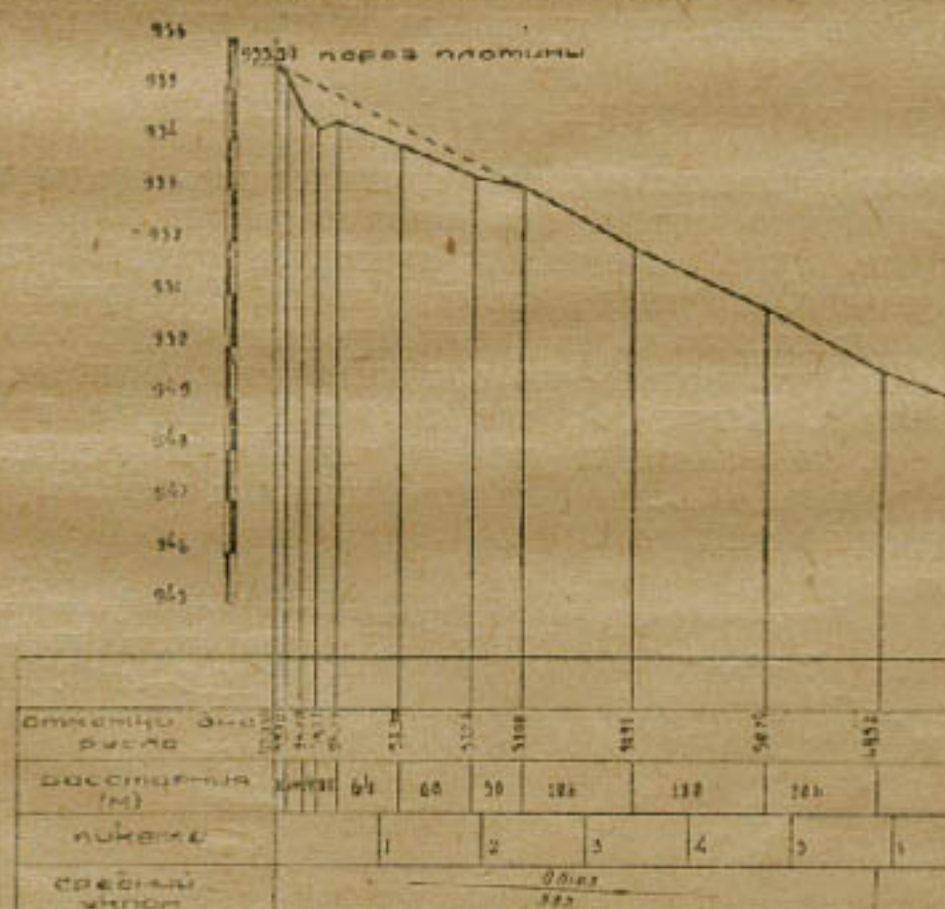


Рис. 7. Продольный профиль нижнего бьефа р. плотины на р. Кузарт-сай.

поэтому для предохранения сооружения возможность образования вторичного перепада была ликвидирована постановкой за разборчатой частью плотины поперечной сливной дамбы, которая ясно видна на рис. 3.

§ 5. Цель лабораторных исследований

Так как в результате полевых исследований не могли быть опробованы мероприятия по улучшению работы плотины, то Кирциур поручил Санири в лабораторных условиях произвести изучение работы плотины и мероприятий, намеченных комиссией, с опробированием на модели новых улучшений, которые могут быть предложены при работе на модели с целью уменьшения поступления наносов в регуляторы. Вследствие недостатка отпущенных средств, в программу работ не было включено изучение размыва и способов закрепления нижнего бьефа плотины.

Модель с размываемым руслом была изготовлена в масштабе 1/50 натуральной величины и расположена в ушпиренном гидротехническом лотке. Общий вид модели с сформированным верхним бьефом представлен на рис. 8.

В верхнем бьефе были поставлены направляющие дамбы в том виде, как они были намечены по проекту Кирциур'а. Гусек плотины был сделан с'ёмным, чтобы можно было судить об отложении наносов в потере. Подход потока к плотине, как то выяснили полевые исследования, может быть самый разнообразный, осуществление такого подхода на модели производилось с помощью направляющих стенок, поставленных в определенной части русла (справа, слева, в центре).

Перед приступом к основным исследованиям по опробированию мероприятий для улучшения условий работы плотины, были поставлены предварительные исследования с целью изучения влияния условий подхода потока к сооружению на его работу и установления количества наносов, которые необходимо пускать на модели при данном расходе.

§ 6. Предварительные исследования

Количество пускаемых наносов устанавливалось предварительными опытами для каждого расхода, при которых должно было испытываться сооружение, путем определения транспортирующей способности русла при условии, что уклон русла сохраняется постоянным и количество уловленных наносов равно количеству наносов пускаемых.

Опытами было установлено, что при взятой смеси наносов, подобной наносам поймы р. Кутарт-сай, так же как и в натуре, при расходе $Q=20,0$ м³/сек. не происходит заметного движения донных наносов; при других расходах Q количества передвигаемых наносов g для модели представлены в таблице 2.

Таблица 2

Q м ³ /сек	Удельное содержание наносов g гр/л
180	3,27
138	2,84
41	1,29

При пропуске этих расходов установлены значительные размеры дна русла, доходившие до 2,5 м. Во всех случаях наблюдался сильный подмыв флютбета впереди кармана, как то имело место и в натуре.

Паводковый расход проходил повсему сечению; при малых расходах наблюдалось сосредоточение потока в отдельно выраженные русла с образованием островов против глухой и даже разборчатой части и в отдельные

моменты русло в точности повторяло картину, которая наблюдается в натуре.

Возможность различных условий подхода потока к сооружению заставила выяснить, при каком подходе будут худшие условия работы регуляторов. Опытами было выяснено, что подход потока слева вызывал образование у прямой вставки левой направляющей дамбы, как на внутренней кривой изгибаемого потока, отложения наносов, вследствие чего левый регулятор также оказывался на внутренней стороне изгиба. То же имелось в меньшей степени при прямом подходе потока к регулятору. Поэтому, естественно, что количество завлекаемых в левый регулятор наносов должно быть для этого случая велико. Наоборот, при правом подходе потока к левый регулятор, как расположенный на внешней стороне кривой, количество завлекаемых наносов должно быть не велико. На поступление наносов в правый регулятор, занимающий центральное положение, влияние подхода должно сказываться в меньшей степени.

Этот анализ подтверждается следующими результатами опытов при $Q=138 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (для модели $Q=3,65 \text{ л/сек.}$).

Таблица 3

Подход	Удельное содерж. наносов в гр/л			Коэф. перегрузки регулятора ¹	
	Река	Регуляторы		правый	левый
		прав	лев.		
Левый	2,34	10,6	15,6	3,71	5,57
Центральный	"	5,0	10,1	1,76	3,55
Правый	"	4,45	0,041	1,57	0,01

Таким образом, наиболее невыгодным является подход потока слева, при этом подходе в регулятор завлекается наибольшее количество наносов.

Направление подхода также сказывается на качественном составе наносов, при чем:

1 Когда водозабор производится из центра потока, то в регулятор завлекаются наиболее крупные наносы.

2. Когда водозабор расположен со стороны внутренней кривой, завлекается значительное количество мелких наносов.

3. Когда водозабор расположен на внешней кривой, то в регулятор завлекается незначительное количество мелких фракций.

Распределение наносов вдоль фронта плотины также неравномерно. Если сравнить количество наносов, приходящихся на $1,0 \text{ м}^3$ расхода разборчатой и водосливной части, то в среднем оно для расхода $138,0 \text{ м}^3$ для той и другой одинаково, но распределение его вдоль гуська не одинаково. Более интенсивно работала средняя часть гуська, независимо от подхода; часть его, ближайшая к правому берегу, не работала совсем.

При предварительных исследованиях был установлен и последующими наблюдениями подтвержден значительный размыв у дамб в местах их перехода в воронку (рис. 8, точка А), что вызывается наличием в этих местах увеличенных скоростей, аналогичных тем, которые имеют-

¹ Коэффициент перегрузки наносами регулятора—отношение удельного содержания донных наносов в воде, прошедшей через регулятор, к удельному содержанию наносов в реке

ся у кромок при истечении из отверстия, как то было установлено исследованиями Базена.¹

В качестве мероприятия для борьбы с размывом у этих переходов были опробованы „глушители“, предложенные инж. Избаш,² давшие благоприятные результаты.

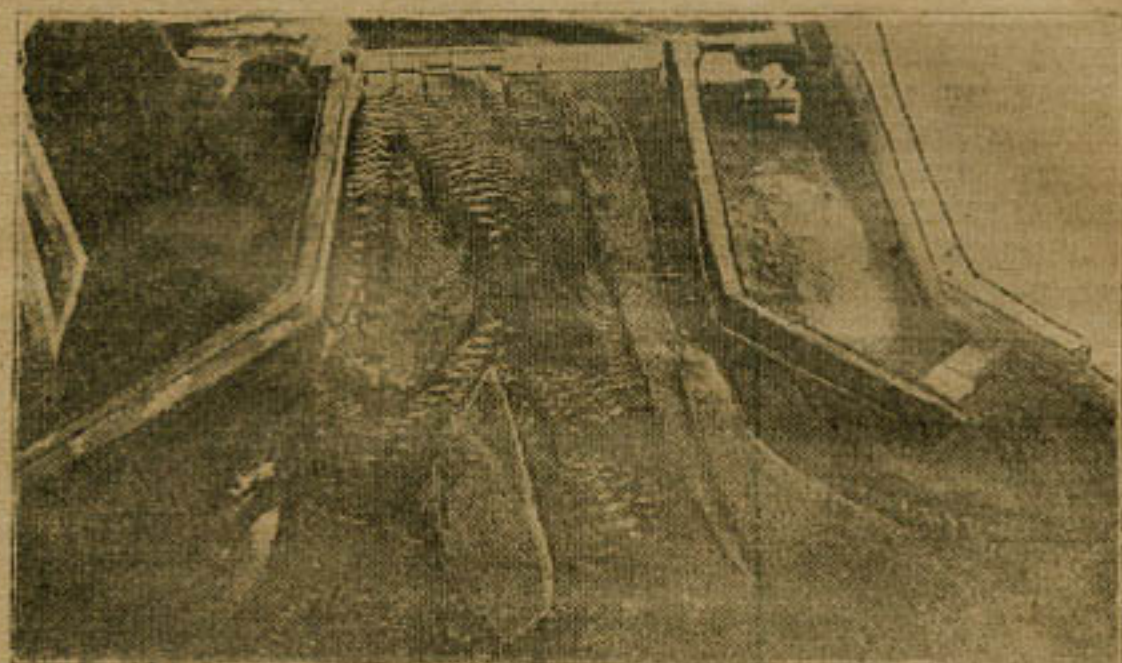


Рис. 8. Общий вид модели с верхнего бьефа во время формирования русла

§ 6. Основные исследования

Основные исследования состояли в выработке мероприятий по уменьшению поступления донных наносов в регуляторы:

- а) при существующем типе плотины (эксплуатационные мероприятия);
- б) при реконструированном типе плотины с напором, увеличенным до $H=1,7$ м.

На модели испытывалось:

1. Устройство выносного шандорного порога;
2. Устройство горизонтального полка в кармане;
3. Устройство выносного полка.

а) Эксплуатационные мероприятия

Испытание эксплуатационных мероприятий производилось при расходе $Q=138,0$ м³/сек, при чем было установлено:

1. Обычно применяемый способ борьбы с поступлением наносов в боковые регуляторы с помощью открытия для промывки щита плотины, ближайшего к регулятору, способствует завлечению наносов в регулятор, несмотря на постановку шандор в отверстие регулятора, т. е. в этом отношении лабораторные и полевые наблюдения дали согласные результаты для левого регулятора, показав с полной очевидностью несостоятельность первоначальных предположений проекта.

2. Установлено, что при закрытии щита, ближайшего к регулятору, вблизи него создается подпор (повышенное давление³), который

¹ См. например Бахметев, Гидравлика, 1924 г. стр. 184.

² Гидротехническое строительство №1 за 1935 г.

³ Вопрос о влиянии повышенных и пониженных давлений на направление движения наносов и использование этого принципа с целью борьбы с поступлением донных наносов в регуляторы, был подробно развит автором в его докладе „Борьба с донными наносами при водозаборе“, сделанном в апреле 1935 г. в УзГидронито.

препятствует поступлению донных наносов в регулятор. Таким образом при эксплуатации водозаборных сооружений для уменьшения поступления наносов в регулятор необходимо ближайший к плотине щит держать закрытым.

3. Выяснено, что при работе правого регулятора, несмотря на наличие кармана и порога высотой 0,35 м у отверстия, потеря очень быстро забрасывается наносами и движение воды в ней прекращается. Заполнение наносами потерны происходило вдоль всей ее длины, как то имело место и в натуре.

4. Для уменьшения поступления наносов в правый регулятор, необходима постройка шандор у носа раздельных стенок кармана, или постройка щита там же, для пропуска в карман расхода не большего, чем забирается в регулятор, что, устраняя возможность образования в кармане водоворотов, приносящих извне наносы, уменьшает их поступление. Постройка щита или шандор у носа раздельных стенок, создавая перед карманом повышенное давление, способствует отклонению донных струй.

5. Постройка шандор, оказывая меньшее воздействие на донные струи вблизи подзавора, является лучшим способом регулирования расхода, чем щиты: это было установлено как для правобережного, так и левобережного регулятора.

б) Выносной шандорный порог

Выносной шандорный порог представляет собой развитую по длине стенку переменной высоты, сделанную из шандор (рис. 9) и вынесенную впереди регулятора. Развитие стенки по длине делается с целью уменьшения толщины переливающегося через шандоры слоя воды. Испытание шандорного порога производилось при расходах 138 м³/сек и 41 м³/сек при напоре $H=1,7$ м.

Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4

Реки	Расход в м ³ /сек.		Коэф. перегрузки наносами регуляторов	
	прав.	левого	правого	левого
138,0	3,15	3,85	0,19	0,11
41,0	.	.	0,07	0,74

Из данной таблицы можно установить, что постройка выносного шандорного порога значительно уменьшает количество поступающих в регулятор наносов при больших расходах и в меньшей степени для левого регулятора при малых расходах, которые бывают наиболее продолжительное время. Кроме того, вследствие движения наносов отдельными грядами при подходе гряды к шандорному порогу, наносы не успевают проноситься в нижний бьеф, заваливают понижение перед порогом, по которому ранее двигались наносы, и начинают усиленно переваливаться через шандорный порог. Перебрасыванию в значительной степени способствуют образующиеся водовороты с вертикальной осью, вызываемые неплпным сопряжением порога с береговыми устоями. Наличие выступа, в виде обратной стенки впереди левобережного регулятора, создало водоворот с вертикальной осью, способствовавший перебрасыванию наносов через шандорную стенку. Замена обратной стенки (у точки А, рис. 9) косой плоскостью в значительной степе-

ни уменьшила поступление наносов. Повидимому, несколько лучших результатов возможно было бы достигнуть применением понижающего шандорного порога¹. Необходимость осуществления порога в виде стенки, высота которой должна регулироваться, что затрудняет его устройство, а также не особо благоприятные результаты, которые он дает, не позволяют рекомендовать его как окончательное решение.

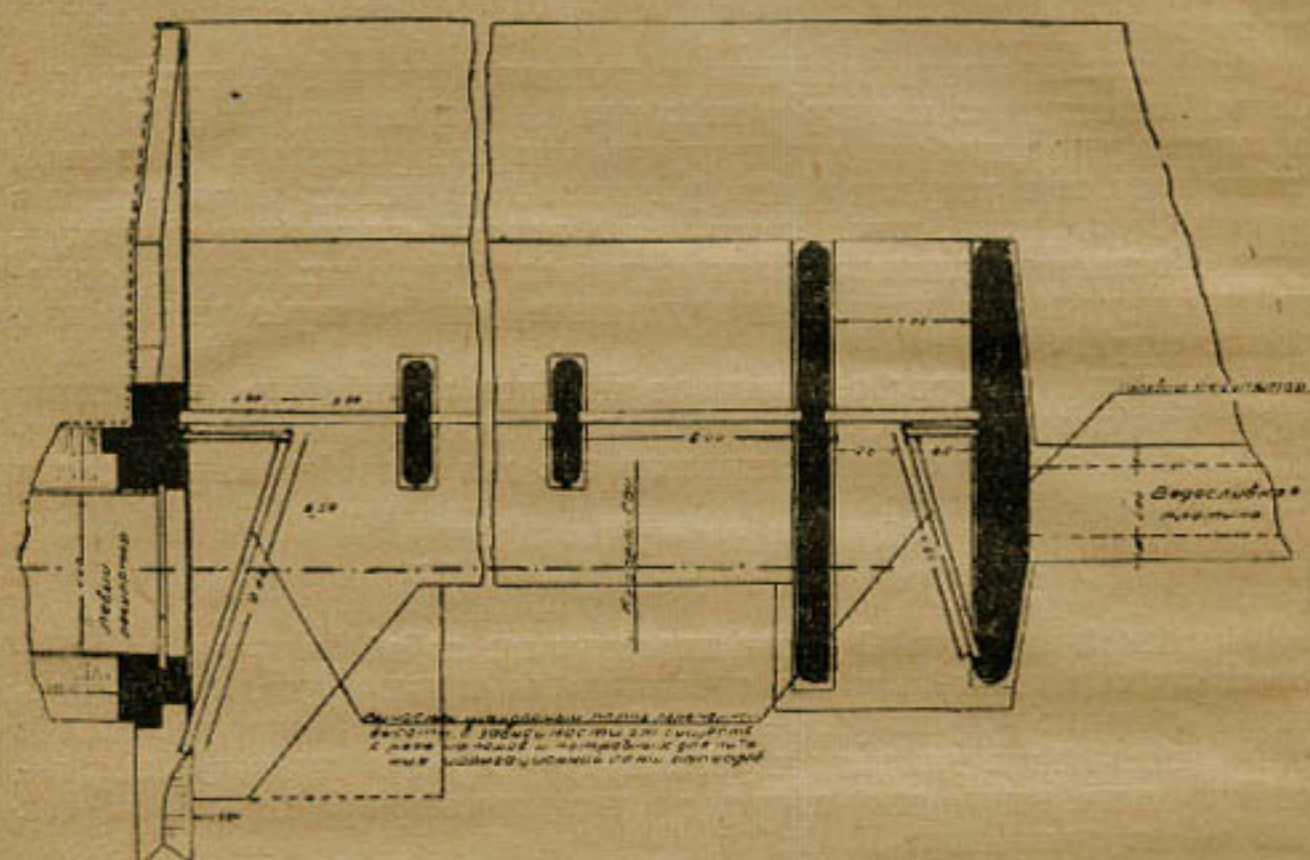


Рис. 9. Схема выпущного шандорного порога для плотина на р. Кугарт-сай

в) Устройство полка

Основания, положенные в идею данной конструкции, предложенной автором, заключались в следующем. Путем создания местного понижения давления можно направить движение наносов в сторону понижения давления. Наибольшего местного понижения давления возможно достигнуть путем создания истечения через щель с получением за ней свободной поверхности. Создавая в водозаборном сечении с помощью горизонтально расположенной плоскости (полка) разделение потока на две зоны: верхнюю, вода которой подается в регулятор, и нижнюю с сильно пониженным давлением, через которую вода с содержащимися в ней наносами направляется в нижний бьеф реки, возможно рассчитывать на хорошую работу данной конструкции. Выполнение ее было предложено в двух вариантах, указанных в том виде, в каком они испытывались, на рис. 10 и 11:

- а) полка в карманах (тип Эльсдена) рис. 10;
- б) выносной полка, рис. 11.

В первом случае полка как для правобережного, так и для левобережного регулятора, устраивалась в карманах, для чего у левобережного регулятора также создавался карман. Впереди полка устраивалась забральная стенка для того, чтобы, с одной стороны, получить свободную поверхность за полком, а с другой—использовать эту стен-

¹ A. Schoklitsch „Geschiebbewegung in Flüssen und an Stauwerken“. 1926.

бу для помещения впереди нее щита или шандор. Дну получившейся трубы для лучшего продвижения наносов желательно придавать уклон.

Испытание полка при устройстве в карманах с забральной стенкой в плоскости носа бычков показало, что у носа раздельной стенки

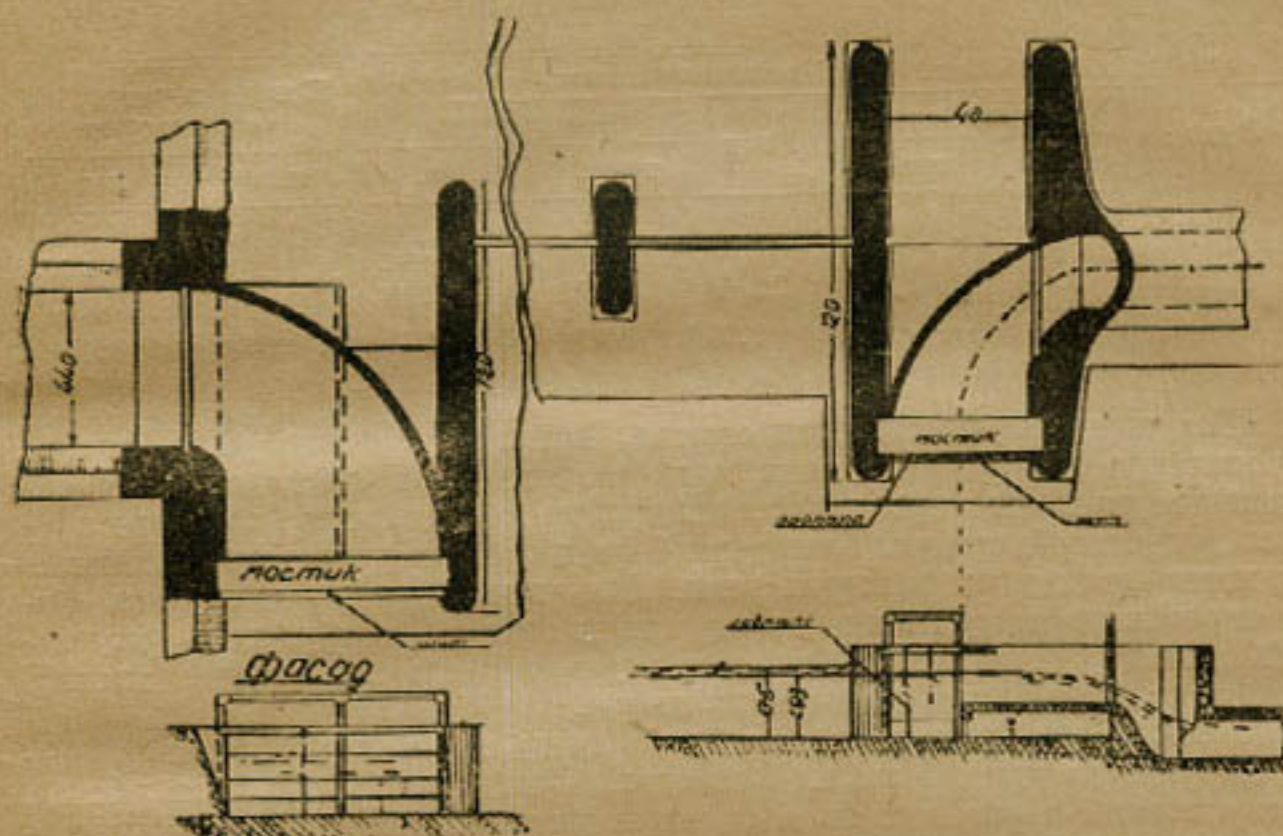


Рис. 10. Схема полка в кармане для плотины на р. Кугарт-сай

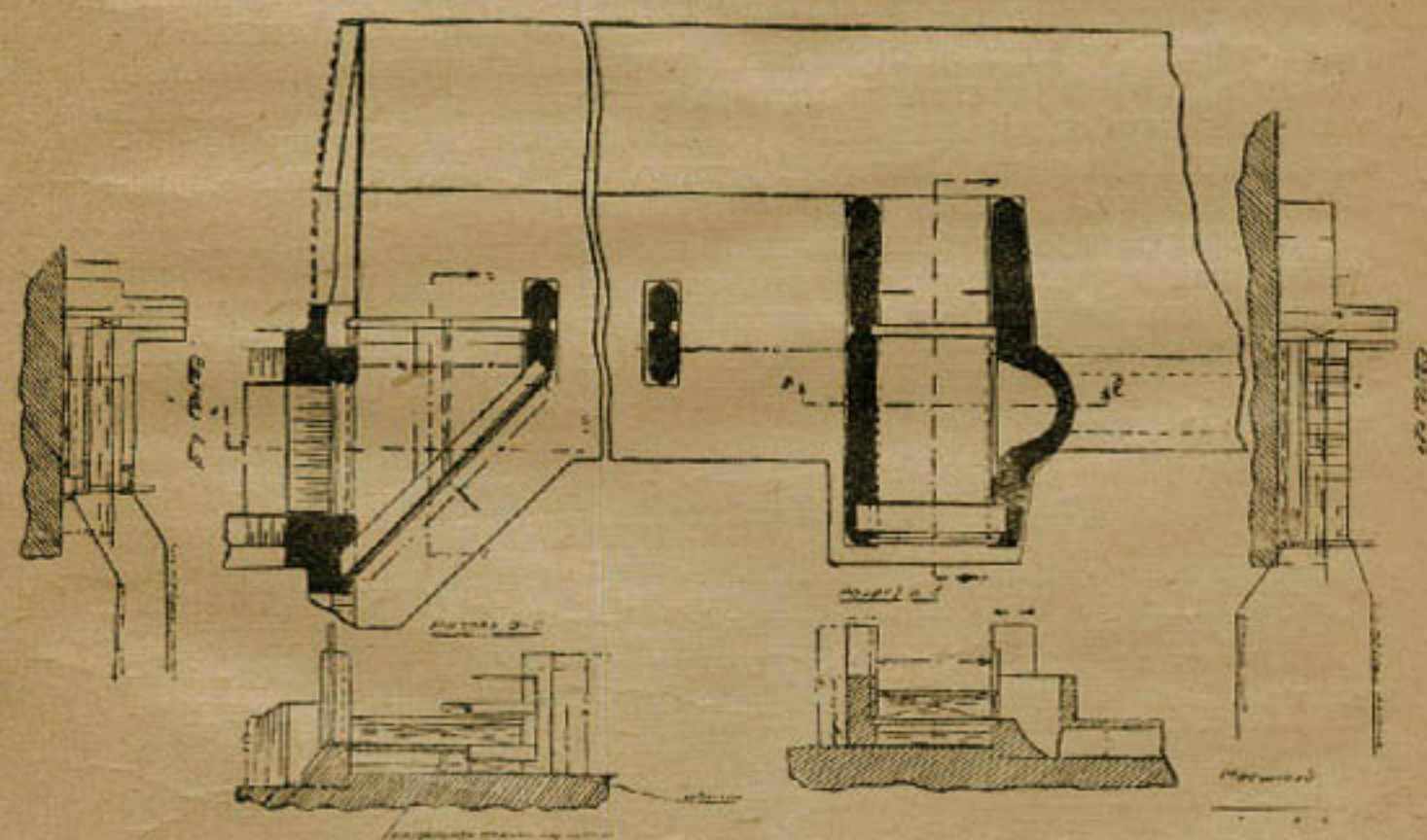


Рис. 11. Схема выносного полка для плотины на р. Кугарт-сай

при малых расходах образуются, как то имеет место и в натуре, водовороты с вертикальной осью, способные забрасывать донные наносы

на полок, что имело место при малых расходах у левобережного регулятора.

Результаты опытов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Расход воды м ³ /сек.			Расх. нанос. на модели в гр/л			Коэф. перегрузки регуляторов	
Реки	Регуляторы		Реки	Регуляторы		прав.	лев.
	прав.	левый		прав.	лев.		
180	3,15	3,85	3,27	0,006	0,03	0,002	0,01
138	.	.	2,84	0,002	0,002	0,001	0,001
41	.	.	1,29	0,06	0,55	0,04	0,43

Как видно по результатам опытов, данное решение дает вполне удовлетворительные результаты при значительных расходах и менее удовлетворительные при малых, вследствие образования водоворота у носа раздельной стенки, благодаря боковому подходу потока, имеющему место при малых расходах реки. Для улучшения работы полка было опробовано продолжение полка в виде балкона вокруг носа раздельной стенки. Этот балкон, разрезая водоворот на две зоны, препятствовал забрасыванию наносов на полок.

Наблюдавшаяся картина движения воды и наносов у кармана была следующая: при больших расходах, вследствие того, что расход, пропускаемый через карман, был менее расхода реки, соответствующего ширине кармана, перед ним образовалось повышенное давление, вызывавшее небольшое отклонение донных струй, отвлекавших наносы от регулятора. При малых расходах, наоборот, в карман забирается большее количество воды, чем идет в потоке на ширине, соответствующей ширине кармана, и перед ним создается пониженное давление, что способствует приплечению наносов к карману, но наличие у самого входа в карман местного более резкого понижения давления, вследствие устройства полка, отвлекает донные струи потока вниз совместно с наносами.

В верхней зоне для более плавного входа воды в регулятор первоначально были осуществлены направляющие по типу Эльсдена, которые потом с целью возможности использования верхней зоны на пропуск паводка были сняты и заменены постановкой щита в плоскости щитов плотины (использован существующий щит), что почти не отразилось на работе регулятора.

2) Выносной полок

Поскольку причиной образования вихрей является раздельная стенка кармана, которую поток при одностороннем подходе вынужден обходить, по предложению автора, стенка была снята, и остался прямоугольный горизонтальный полок, который был назван выносным полком и во время опытов показал хорошую работу. При дальнейших испытаниях, оставляя идею выносного полка, форма его была упрощена. Полк сделан в виде треугольного¹, что еще более упрощало его осуществление (рис. 11). Так как это решение считалось окончательным, то оно было проведено при всех подходах потока. Результаты испытания представлены в нижеприведенной таблице.

¹ Это упрощение было предложено техников В. Быковым.

Расход воды в м³/сек.			Расход наносов в гр/л			Коэф. перегруз. регуляторов	
Реки	Регулятор.		Реки	Регулятор		прав.	лев.
	прав.	лев.		прав.	лев.		
Подход потока слева							
180	3 15	3,85	3,27	0,001	0,009	0,003	0,003
138	"	"	2 84	0,006	0,009	0,002	0,003
41	"	"	1,29	0,005	0,007	0,003	0,005
22	"	"	1,14	0,014	0,014	0,012	0,012
Подход потока справа							
138	"	"	2,84	0,004	0,002	0,0015	0,001
42	"	"	1,29	0,006	0,004	0,004	0,003
Подход потока центральн.							
138	"	"	2,84	0,008	0,005	0,003	0,002
42	"	"	1,29	0,007	0,007	0,005	0,005

Наносы
более
мелкие

Рассмотрение таблицы показывает, что во всех случаях подхода потока завлечение наносов в регуляторы ничтожное (доли %), а потому как окончательное решение для левого регулятора было принято устройство выносного полка треугольной формы.

Окончательное оформление выработанного решения по борьбе с завлечением наносов в регуляторы Кугартсайской плотины было принято следующее.

Напор на плотине устанавливается $H=1,6$ м путем наращивания щитов на 0,75 м; на гребне водосливной части плотины устанавливается конструкции, допускающая подъем воды выше гуська на 0,6—0,7 м. В кармане правобережного регулятора устанавливается на высоте $h=0,85$ м от дна кармана горизонтальный полк. Для левобережного регулятора устанавливается на той же высоте горизонтальный выносной полк, согласно схемы (рис. 11) с разделением всего отверстия под горизонтальным полком на две части продольной вертикальной стенкой.

Для возможности открытия отверстий под полками на всю высоту на случай пропуска особо крупных наносов, забральная стенка внутри полка может быть выполнена подвижной из шандор, нижний из которых поднимается подъемным механизмом. Верхняя зона полка закрывается имеющимися щитами, при подъеме которых через нее может пропускаться наводковый расход.

д) Применение полка в других случаях

Выдвинутое решение устройства выносного полка может найти широкое применение и во многих других случаях бокового водозабора для борьбы с завлечением донных наносов в регуляторы.

Без больших переустройств данное решение может быть применено в случае устройства шлюза регулятора с возвышающимся порогом над порогом флютбета плотины. Для лучшего проноса наносов над полком, необходимо полу флютбета давать уклон. Выносной шандорный порог может быть применяем как для уже выстроенных сооружений, так и для вновь запроектированных. В частности для борьбы с поступлением донных наносов в канал Исса-Аулие у ~~регулятора~~ регулятора на Шарихан-сас, как недорогое мероприятие, может быть рекомендовано устройство выносного шандорного порога.

1. Существующее состояние плотины на р. Кугарт-сай таково, что оно не обеспечивает потребного забора воды в магистрали, вследствие забрасывания головных участков магистралей наносами.

2. Причиной этому следует считать сильно развитый фронт плотины, с малым напором, а также плохое взаимное расположение в плане сооружений узла, не учитывавшее направления движения наносов при боковом водозаборе.

3. Лабораторными опытами установлено, что при существующем положении плотины путем правильной работы щитами возможно достигнуть уменьшения забрасывания наносов в регуляторы.

4. Для разрешения вопроса обеспечения регуляторов водой при двухстороннем водозаборе, без забрасывания головных участков магистралей наносами в настоящее время возможно предложить значительно более совершенные типы плотин, чем примененный на Кугарт-сае¹.

5. В условиях уже выстроенной плотины, производя некоторую ее реконструкцию, возможно наметить достаточно удовлетворительное решение, заключающееся в:

1. Подъеме напора на плотине до 1,60 м.

2. В применении или выносного шандорного порога, или в устройстве полка внутри кармана правобережного регулятора и выносного полка для левобережного регулятора.

6. Нижний бьеф плотины требует значительных креплений, установление которых должно быть произведено с учетом происшедшего понижения русла².

¹ Например, тип плотины с криволинейным фронтом, прорабатываемый под руководством автора аспирантом Санири инж. Холькиным, или тип плотины, предложенный инж. С. С. Бан, см. журн. Ирригация и гидротехника № 10 за 1935 г.

² В настоящее время этот вопрос прорабатывается в Санири под руководством ст. спец. М. С. Вызго.

Гидротехнический расчет флютбетов с учетом повышенного гашения напора на вертикальных путях фильтрации

В результате ряда наблюдений и теоретических исследований за последние пятнадцать-двадцать лет выяснилось, что вертикальные пути фильтрации (глубокие зубья и шпунты) гасят напор значительно интенсивнее, чем горизонтальные пути. Это положение уже находит свое отражение в литературе, но в практике пока не находит применения за отсутствием опытных данных, на основе коих можно было бы вывести расчетные коэффициенты. И только последние работы амер. инженеров, опубликованные в *Proceedings Amer. Soc. Civ. Eng.* в 1934 г., дают возможность сделать это.

Еще Вольфом¹, на основе теоретического рассмотрения вопроса, указано, что гашение напора на вертикальных путях (шпунте) в 1,5 раза больше, чем на горизонтальном пути.

На построенной в 1923 году американской железобетонной плотине Шерман-Айленд на песчаном основании были произведены наблюдения над фильтрационным давлением, в результате коих найдено, что потеря напора на вертикальном пути в 4 раза более, чем на горизонтальном.

Проф. Калинович², на основе теоретических решений Вольфа и Павловского, предлагает длину вертикальных путей при расчете увеличивать на коэффициент $m = 1,3 - 2$, т. е. фактическую длину подземного контура вычислять по формуле

$$L = L_{\text{гор.}} + m L_{\text{вер.}}$$

где $L_{\text{гор.}}$ — горизонтальные пути фильтрации;

$L_{\text{вер.}}$ — вертикальные " "

m — коэффициент, учитывающий то, что на вертикальных путях напор гасится лучше, чем на горизонтальных.

Величина m берется 1,3 до 2,0.

Детальное разрешение вопроса, основанное на наблюдениях более 400 сооружений, дано американскими инженерами Lane,³ Burroughs⁴ и др.

¹ Андисимов Н. И. "Водоподъемные плотины" 1931 г.

² Калинович Б. Ю. "Начала теории бетонных плотин" 1934 год.

³ Lane E. W. "Security from under-seepage masonry dams on earth foundations" *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, № 7, сентябрь 1934 г.

⁴ *Proceedings Am. Soc. Civ. Eng.*, № 5, май — 1934 г. статья Burroughs.

Инж. Lane указывает, что теория Бляя основана на весьма малом эмпирическом материале и на 2 случаях разрушения плотин на песчаном основании и что обычный метод расчета флютбетов на проницаемом основании, приписываемый Бляю, ошибочен, так как не принимает во внимание, что фильтрация по горизонтальным или слабонаклонным путям значительно разнится от фильтрации по вертикальным путям. Метод электро-гидродинамических аналогий и решение сетки движения грунтовых вод он также считает ошибочными, так как здесь пренебрегается сопротивлениями вдоль стыка флютбета с грунтом.

Как результат изучения работы 250 гидротехнических сооружений Lane находит, что сопротивление фильтрации на горизонтальных путях может быть рассматриваемо как $\frac{1}{3}$ сопротивления, оказываемого вертикальными путями. Для применения этого положения в расчете он вводит понятие приведенной длины пути фильтрации, т.е. длины, состоящей из вертикальных путей, плюс $\frac{1}{3}$ горизонтальных путей и понятие приведенного коэффициента фильтрации, который равен приведенной длине, деленной на напор. Обозначим оба этих понятия следующими выражениями:

Приведенная длина пути фильтрации

$$L_n = L_{\text{вер.}} + \frac{1}{3} L_{\text{гор.}}$$

Приведенный коэффициент фильтрации.

$$C_n = \frac{L_n}{H}$$

На основе тщательного исследования 250 сооружений, произведенных Lane, и 186 сооружений, произведенных Buttroughs, нами даны значения безопасных приведенных коэффициентов фильтрации, каковые приводим в таб. 1.

Таблица безопасных приведенных коэффициентов фильтрации C_n

Таблица 1

№№	Грунт	Приведен. коэффициенты фильтрации C_n		Коэф. фильтрации по Бляю C
		по Lane	по Buttrough	
1	Очень мелкий песок или ил	8,5	7,01	18
2	Мелкий песок	7	—	15
3	Средний	6	6,4	—
4	Крупный	5	5,17	12
5	Мелкий гравий	4	—	—
6	Средний	3,5	3,18	—
7	Гравий и песок	—	3,37	9
8	Крупный гравий с булыжником	3	—	—
9	Галька с гравием и булыжником	2,5	2,67	—
10	Галька, гравий и песок	—	4,3	4,6
11	Мягкая глина	3	—	—
12	Средняя	2	2,98	—
13	Твердая	1,8	—	—
14	Очень твердая глина	1,6	2,08	—

Эта таблица как по своей большой градации грунтов, так и по богатству эмпирического материала, положенного для вывода коэффициентов C_n , является более точной и правильной, чем широко применяемая у нас таблица Бляевских коэффициентов фильтрации C . Поэтому эту таблицу и нужно применять в целях более точного расчета флют-

бетов. В соответствии с установившейся у нас практикой разбивки сооружений на классы в зависимости от крупности сооружения, его ответственности и расхода, каковых установлено пять¹:

1-й класс — сооружения с расходом более 1000 м³/сек.

2-й	а)	на реках	300—1000	"
"	в)	на каналах	более 50	"
3-й	а)	на реках	менее 300	"
"	б)	на каналах	5—50	"
"	в) дер.	на реках и каналах	более 50	"
4-й	а)	на каналах	1—5	"
"	в) дер.	"	менее 50	"
5-й	"	сооружения	менее 1,0	"

мы предлагаем коэффициенты в таблице 1 разбить на классы следующим образом:

Таблица расчетных приведенных коэффициентов фильтрации C_n

Таблица 2

№ №	Г р у н т ы	К л а с с ы			
		1 и 2	3	4	5
1	Очень мелкий песок или ил	8,0	6,0	4,0	Размеры берутся конструктивно
2	Мелкий песок	7	5,3	3,5	
3	Средний	6,2	4,6	3,1	
4	Крупный	5,1	3,8	2,5	
5	Мелкий гравий	4	3	2	
6	Средний	3,4	2,6	1,7	
7	Крупный гравий с булыжн.	3	2,3	1,5	
8	Галька с гравием и булыжн.	2,6	1,9	1,3	
9	Л е с с	3,5	2,8	1,8	
10	Мягкая глина	3	2,3	1,5	
11	Средняя	2,5	1,8	1,3	
12	Твердая	1,8	1,4	0,9	
13	Очень твердая глина	1,6	1,2	0,8	

Таблица 2 пригодна для пользования при расчете флютбетов с массивными зубьями, опущенными в грунт, и для хорошо забитых (не щелистых) шпунтов, которые прочно и плотно соединены с флютбетом. Поэтому, при проектировании флютбетов, необходимо обратить внимание на это соединение. Шпунт можно поставить с передней стороны зуба и соединить его с зубом при помощи гибких водонепроницаемых устройств (металлическим листом или деревянным брусом с листом; или же шпунт можно делать под серединой зуба, оставляя в зубе углубление, куда вставляется гребень шпунта и заливается смолой.

Чтобы показать выгодность применения шпунтов и глубоких зубьев, сделаем два гидротехнических расчета: один по методу Блая, другой с учетом повышенного гашения напора на вертикальных путях.

Пример: Сделать расчет флютбета гидротехнического сооружения при следующих данных:

Глубина воды в верхнем бьефе $H = 2,6$ м

" " в нижнем " $h_2 = 0$

Грунт основания — крупный песок;

Материал сооружения — бетон;

¹ Справочник по мелиорации и гидротехнике, том 1, 1934 г. стр. 201.

Сооружение 3-го класса $Q=60 \text{ м}^3/\text{сек.}$

1. Расчет по Бляю флютбет без глубокого зуба или шпунта (рис. 1-а.)

Длина понура $l_n=4 \text{ м}$

водобоя $l_b=10 \text{ м}$

Необходимая длина пути фильтрации (подземного контура):

$$L = CH = 7 \times 2.6 = 18.2 \text{ м.}$$

Коэффициент $C=7$ взять из справочника¹.

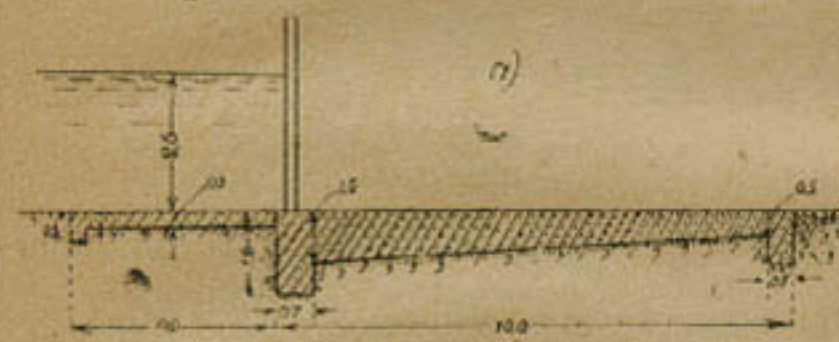


Рис. 1.

Задаемся остальными размерами флютбета и определяем фактическую длину пути фильтрации: $L_{\text{фак}} = 0.5 + 0.3 + 1.30 + 0.6 + 0.5 + 1 + 4 + 10 = 18.2 \text{ м.}$

Толщина флютбета в точке № 1, с учетом намокания бетона²

$$t = n \left(\frac{H - H \frac{L_x}{L_{\text{фак}}}}{\gamma_{\text{кл}} - 1} \right) = 0.9 \left(\frac{2.6 - 2.6 \frac{7.4}{18.2}}{2.4 - 1} \right) = 0.99 \text{ м.}$$

n — коэффициент запаса, взять по справочнику;

L_x — расстояние от начала понура до рассматриваемой точки.

2. Расчет с учетом повышенного гашения напора на вертикальных путях фильтрации

Флютбет с глубоким зубом или шпунтом (рис. 1-в и 1-с).

Длины понура и водобоя уменьшаем вследствие устройства глубокого зуба или шпунта.

Приведенный коэффициент фильтрации C_n берем по табл. 2 равным 3.8.

Необходимая приведенная длина пути фильтрации:

$$L_n \cdot C_n H = 3.8 \times 2.6 = 9.9 \text{ м.}$$

Задаемся размерами флютбета (рис. 1-в) и подсчитаем фактическую приведенную длину пути фильтрации.

$$L_{\text{н фак}} = L_{\text{вер}} + \frac{1}{3} L_{\text{гор}} = 0.5 + 0.3 + 2.4 + 2.2 + 0.5 + 1 + \frac{1}{3} + (3 + 6) = 9.9 \text{ м.}$$

Толщина водобоя в точке № 1.

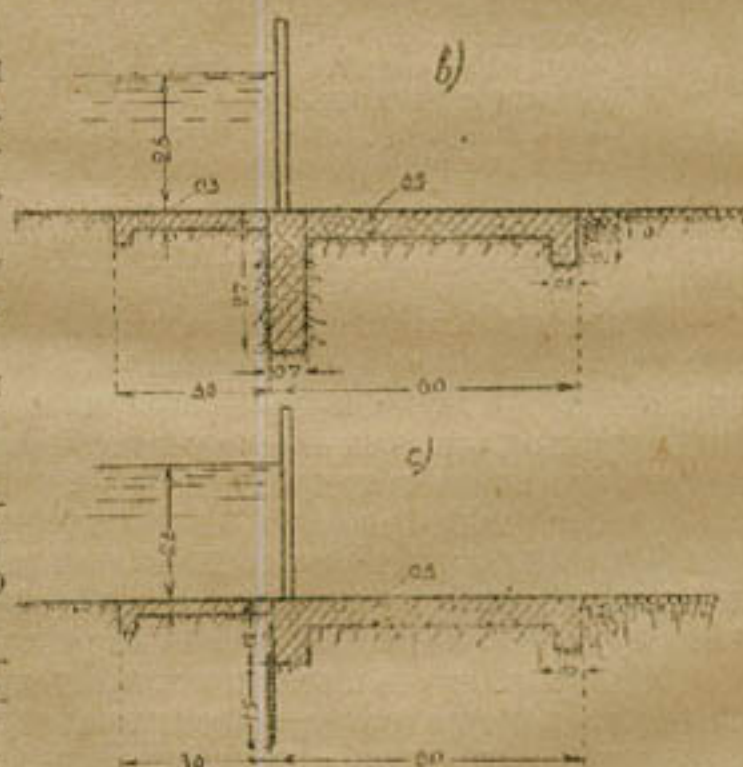


Рис. 1.

$$t = n \left(\frac{H - H \frac{L_x}{L_{\text{н фак}}}}{\gamma_{\text{кл}} - 1} \right) = 0.9 \left(\frac{2.6 - 2.6 \frac{6.64}{9.9}}{2.4 - 1} \right) = 0.54 \text{ м}$$

¹ „Справочник по гидротехнике и мелiorации“, т. I.

² „Справочник по гидротехнике и мелiorации“, т. I.

При втором расчете, при взятии короткого флютбета и учета большего гашения напора на вертикальных путях фильтрации толщина подобоя получилась почти в два раза толще.

Сравним теперь объемы флютбетов обоих типов на 1 пог. м ширины:

1-й тип объем понура	—	1,26 м ³
(рис. 1-а) „ водобоя	—	8,22 „
Всего		9,46 м ³

2-й тип

(рис. 1 — в) объем понура	0,96 м ³
„ водобоя	5,39 „
Всего	6,35 м ³

При втором типе имеем экономию в кладке на 33 %. Если же взять флютбет не с зубом, а с деревянным досчатым шпунтом, глубиной 1,5 м (рис. 1-с), то экономия получится еще большая.

Таким образом, ясно видна выгода применения глубоких зубьев и шпунтов, которые весьма интенсивно гасят фильтрационный напор. Стало быть, рациональной конструкцией флютбета будет короткий флютбет с глубоким зубом или шпунтом.

При проектировании флютбета надо все же обращать внимание на то, чтобы возможный фильтрационный поток не вымывал частиц грунта из под флютбета, поэтому в конце водобоя у заднего зуба надо в начале слива устраивать обратный фильтр.

Другим существенным уточнением при расчете, особенно флютбетов с глубоким зубом или шпунтом, является применение более точных способов для определения фильтрационного давления. Обычно в проектной практике фильтрационное давление определяется по формуле Бляя, которая может быть представлена в двух видах:

$$1. h = \frac{C_{\text{фак}} L_x}{L_{\text{фан}}}$$

$$2. h = H - H \frac{L_x}{L_{\text{фан}}}$$

Исследованиями Павловского, Замарина и ряда иностранных авторов установлено, что эпюра напоров представляет не прямую линию, а кривую, поэтому формула Бляя дает менее точные результаты.

На рис. 2 представлена сетка движения грунтовых вод под моделью плотины, полученная в стеклинном лотке амер. инж. П. Hill¹. С данными опытов Hill сходятся теоретическая формула для определения фильтрационного движения, данная американским математиком Weaver, по которой составлен график для определения фильтрационного давления при различных глубинах шпунта² (рис. 3). График этот представляет эпюры фильтрационного давления и по нему можно определять давление под флютбетом; величина в графике α есть отношение длины флютбета

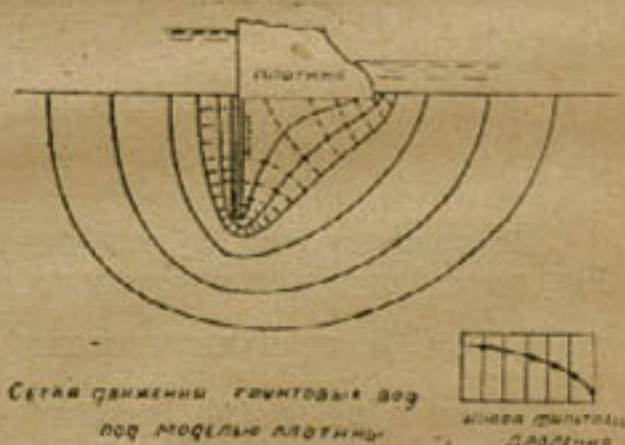


Рис. 2

(горизонтального протяжения) к глубине шпунта, т. е. $\alpha = \frac{b}{d} = \frac{l_n + l_m}{d}$

¹ Н. Hill „Seepage through Foundations and Embankments studied by Glass Models“, журнал „Civil Engineering“ № 1—1934 г.

² L. Harza „Uplift and Seepage under Dams on Sand“, журнал „Proceedings of Am. Soc. Civ. Eng.“ № 7—September—1934 г.

Другое более точное, чем по Бляю, решение дано проф. Замариным¹. Его формула для флютбета с одним шпунтом на проницаемом слое грунта безграничных размеров, имеет вид:

$$h = \frac{1}{\pi} \arccos \left[\frac{-2 \sqrt{1+x^2} + \sqrt{1+b_1^2} - \sqrt{1+b_2^2}}{\sqrt{1+b_1^2} + \sqrt{1+b_2^2}} \right] \text{ для } x < 0$$

$$h = \frac{1}{\pi} \arccos \left[\frac{2 \sqrt{1+x^2} + \sqrt{1+b_1^2} - \sqrt{1+b_2^2}}{\sqrt{1+b_1^2} + \sqrt{1+b_2^2}} \right] \text{ для } x > 0$$

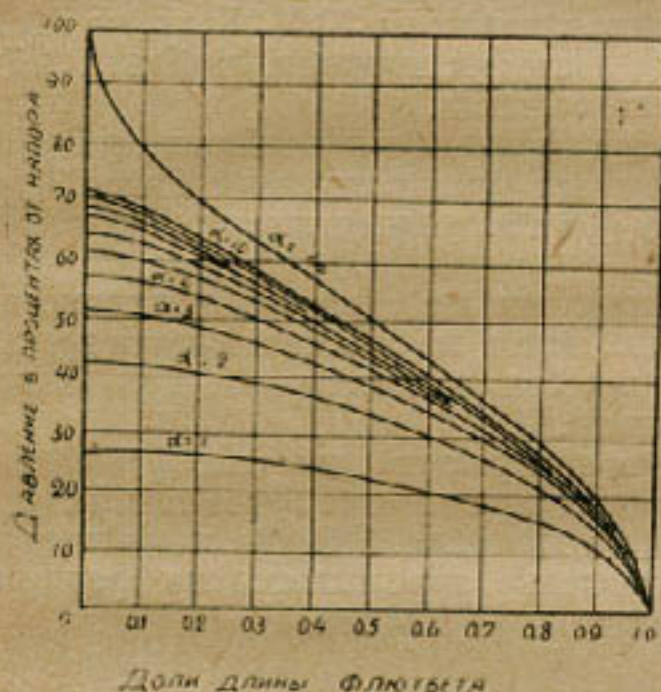


Рис. 3. Эпюры фильтрационного давления при различных глубинах шпунта

ние на флютбет в начале водобоя, равное 0,475 Н.

2. Расчет по американскому графику

$$\alpha = \frac{l_n + l_v}{d} = \frac{4 + 9}{4} = 3,26$$

По графику (рис. 3) находим для $\alpha = 3,26$ и для точки в начале водобоя, расстояние для которой от начала понура в долях длины флютбета равно $\frac{4}{9} = 0,3$, величину давления, равное 0,48 Н.

Таким образом, по графику можно получить весьма просто давление в любой точке флютбета и график дает сходные результаты с результатами, получаемыми по номограмме Замарина.

¹ Справочник по гидротехнике и мелиорации, т. I, стр. 459.

² Номограмма эта приведена:

1) В трудах проф. Замарина.

2) В справочнике по гидротехнике и мелиорации.

3) в книге Замарина и Шипенко "Номографический расчет гидросооружений" 1934 г.

Выводы

1. Теоретические и опытные исследования указывают на значительную роль глубоких зубьев и шпунтов, которые гасят напор лучше, чем горизонтальные части флютбета, поэтому для уточнения гидротехнического расчета, надо пользоваться методом приведенного коэффициента и приведенной длины пути фильтрации, предложенным американскими инженерами и опубликованным в журнале „Proceedings of Amer. Soc. Civ. Eng.“ за 1934 год.

2. Помещенная выше таблица 2 приведенных коэффициентов фильтрации, составленная на основе богатого эмпирического материала, является более точной и более правильной, чем таблица коэффициентов Бляя.

3. Методика гидротехнического расчета при пользовании таблицей 2 остается та же, что и по Бляю, только приведенная длина пути фильтрации вычисляется по формуле:

$$L_n = L_{\text{вер.}} + \frac{1}{3} L_{\text{гор.}}$$

т. е. считается, что горизонтальные части флютбета гасят напор в 3 раза менее, чем вертикальные.

4. Применение метода приведенных коэффициентов и длины пути фильтрации дает значительную экономию в 30 — 40 % в объеме флютбета.

5. Вследствие значительной роли вертикальных частей флютбета, рациональным типом флютбетов надо считать короткие флютбеты с глубоким зубом или шпунтом (типа изображенных на рис. 1-в и 1-с).

6. Другое существенное уточнение при расчете флютбетов с глубоким зубом или шпунтом, дает применение формулы и номограммы Замакина, или американского графика, дающих более правильные величины давлений на флютбет, чем формулы Бляя.

О гидротехническом расчете по инж. Е. В. Лане с повышенным гашением напора на вертикальных путях фильтрации

1. Инж. Лане считает ошибочным методы ЭГДА и сеток движения. Работы советских научно-исследовательских институтов, в том числе Санири, отчетливо указывают, что, несмотря на известные слабые стороны этих методов, они на настоящий день технически являются наиболее приемлемыми и несомненно более точными, чем прием инж. Блая, рекомендуемый Лане, с уточнением за большие потери на вертикальных путях.

2. Прием Блая в свое время, при почти полном отсутствии более или менее удовлетворительных приемов гидротехнического расчета, представлял большой шаг вперед, в настоящее время он сильно утратил свое значение расчетного приема, сохранив преимущественно значение ориентировки, предварительной наметки подземного контура.

Вносимые в него поправки на гашение по вертикальным путям (отметим, что первую поправку в работу вертикальных путей внес сам Блай), улучшают этот прием, однако, не изменяют указанного выше его значения.

Рассматривая только плоскую задачу в условиях однородного грунта, прием Блая, уточненный или неуточненный, бессилен для условий неоднородных грунтов, в то время как и метод сеток и ЭГДА здесь находят применение; более того, последние работы акад. Павловского открывают широкие перспективы для ЭГДА в условиях пространственной задачи.

3. Гидротехнический расчет нельзя ставить обособленно ни от общего комплекса расчетов сооружений с учетом конкретных естественных условий района сооружений, ни от условий эксплуатации сооружений.

Устойчивость грунта русла за сооружением будет определяться его сопротивлением выпиранию, размыву и вымыву. Работы по механике грунтов и расчету их на выпирание за последние 10 лет значительно продвинулись вперед; некоторое уточнение получили величины размывающих скоростей и, как видно из попыток Лане и др., не обошлось и без уточнений расчетных коэффициентов в гидротехническом расчете.

Широко развернувшееся стахановское движение заставляет прежде всего рассмотреть существо этих коэффициентов и потом уже, если это будет необходимо, и их величины.

В настоящее время мы считаем вымывающие уклоны для грунтов около $i=100\%$ по Терцаги (и несколько больше по Замарину), что дает для коэффициента Блая $C = \frac{1}{i}$ значение не большее единицы для всех грунтов (считая их удельный вес мало изменяющимся 2,4—2,6).

Самые минимальные технические требования (размещение затворов, служебного мостика, понур и др.) всегда обеспечат указанное значение $C < 1$ и, казалось бы, делают необязательным гидротехнический расчет, а если к тому же вспомнить, что в обратных фильтрах, устраиваемых за сооружением, уклоны могут быть допускаемы до 500% и более, то казалось бы, ненужность гидротехнического расчета становится очевидной.

Между тем мы имеем довольно значительные величины коэффициентов C , указанные Бляем; мною они были уменьшены в 1929 г. на 25—30%; Лане предлагается дальнейшее сокращение, по существу меньшее, чем в указанной им таблице. [В самом деле, если считать одинаковой длину вертикальных и горизонтальных путей, то по Лане имеем $L(1 + \frac{1}{3}) = C_1 H$, но можно написать, что $L(1+1) = C_2 H$, где C_2 —средний коэффициент по всему пути фильтрации. Беря отношения уравнений, получаем, что $C_2 = 1,5 C_1$, т. е. для сравнения с коэффициентом Блая значение коэффициентов Лане надо умножить на 1,5 и более].

Указанные значения коэффициентов C обосновывались размерами существующих сооружений, и их уменьшение отразило развитие приемов расчета, техники и, с другой стороны, ту или иную смелость и новаторство строителя.

Однако, такой путь рационализации расчета медлителен и ведется, так сказать, на-ощупь.

Из сказанного следует, что не величины коэффициентов C играют решающую роль в комплексе расчета; считая их с 2—3-кратным запасом, можно полагать средние значения $C = 2,5—3,0$ достаточными против вымыва для всех грунтов, что всегда достигается конструктивными условиями и без расчета.

Центральное внимание должно быть уделено эксплуатационному расчету сооружения и устойчивости грунтов на выпирание. Эти расчеты определяют необходимое очертание флютбета, проверяемое гидротехническим расчетом.

4. Для огромного большинства ирригационных гидротехнических сооружений (особенно сетевых) поток грунтовых вод не находится в состоянии напорного движения, грунтовые воды стоят ниже подошвы флютбета.

В таком случае вообще отпадает надобность в коэффициенте C и гидротехническом расчете флютбета.

5. Повышение потерь по вертикальным путям всегда будет наблюдаться в одношпунтовых флютбетах, однако, не всегда оно будет втрое больше чем на горизонтальных путях, как это предполагает Лане.

По существу его предложение не верно, т. к. увеличение потерь на вертикали индивидуально для каждого очертания флютбета и области фильтрации. Более того, если рассмотреть флютбеты с двумя или большим числом шпунтов (или зубьев), то и теоретическое решение и опыты согласно указывают на совершенно противоположный предложенный Лане факт—струйки грунтовой воды идут преимущественно между концами близко поставленных шпунтов, давая тем самым ничтожные потери по внутренним граням шпунтов.

Принимая во внимание, что при коротких флютбетах глубокий низовой шпунт (или зуб) в большинстве случаев обязателен, и учитывая сказанное о занижении потерь на внутренних гранях шпунтов—применение приема Лане в данном случае будет ошибочным.

6. При приеме Блая, и прием Блая-Лане не дают представления о движении грунтовых вод и только до некоторой степени приближения могут быть применены для определения толщины флютбета; они не определяют ни расчета на вымыв грунта, ни расчета на устойчивость грунта. Гораздо более продуктивнее и значительно точнее будет применение метода сеток движения или Эгда, или аналитического решения (номограммы, уравнения), как дающих расчет толщины флютбетов, расчет на вымыв грунта и материал для расчета на выпирание грунта.

Отмечу о методе сеток—он не требует лабораторных установок и не требует не только решения уравнений движения, но и их составления; методом сеток автоматически путем графики вопрос движения решается с практически приемлемой точностью при небольшом навыке в начертании сеток.

Москва

Бозсуйский шугосбросный лоток

В настоящей статье сообщаются результаты произведенных летом 1935 года в Санири опытных исследований модели шугосбросного лотка для Бозсуйской гидростанции и первые сведения о работе сооружения в натуре.

Идущая по ар. Боз-су в зимнее время шуга вызывает затруднения в работе станции, вплоть до полных ее остановок, вследствие образования заторов в верхнем бьефе перед напорным бассейном.

Производившийся до последнего времени сброс шуги при помощи запаней через расположенный справа от напорного бассейна сбросной перепад не устранял затруднений. В зиму 1934—35 г. был целый ряд вынужденных остановок станции из-за заторов от поверхностной шуги.

Предложенный Санири для Бозсуйской ГЭС лоток имеет назначением сброс идущей в зимнее время поверхностной шуги и льда.

Поток основан на принципе поперечного движения воды, предложенного А. Н. Гостунским и успешно примененного в 1934 г. на Кадырьинской ГЭС, в виде деревянного лотка с нерегулируемым порогом расположенного поперек напорного бассейна, со сбросом через вырез в стенке водослива.

Предложенный для Бозсуйской ГЭС лоток — железобетонный, цилиндрической формы с горизонтальной осью, расположен сразу вслед за тремя правыми бычками напорного бассейна. Лоток вращается по оси цилиндра под'емниками с тягами за низовой край лотка. Под'емное усилие невелико, т. к. при под'еме преодолевается лишь эксцентриситет в весе лотка. Слева лоток ограничен торцевой стенкой, а справа примыкает к прорубленному отверстию в стенке бассейна, через которое вода с шугой из лотка сбрасывается в перепад.

Преимуществом вращающегося цилиндрического лотка перед лотком на Кадырьинской ГЭС является возможность регулирования расходов. Устройство уплотнения с отоплением требуется лишь в месте примыкания лотка к отверстию в стенке и легко осуществимо.

При слишком малой глубине напорного бассейна с установкой лотка стесняется сечение входа в бассейн. Поэтому в испытаниях была

¹ Кроме поверхностной шуги по ар. Боз-су за последние год—два наблюдается образование и движение донной шуги. Это мелкие ледные образования с примесью ила и поэтому более тяжелые, чем вода. Такая шуга вылавливалась на решетках перед входом в трубопроводы. „Донная“ шуга в начале текущей зимы была причиной нескольких остановок станции вследствие забивки решетки и направляющего аппарата турбин. Повидимому, образование шуги с примесью ила связано с незакончившимся формированием верхнего бьефа, т. к. вышележащая Кадырьинская станция таких затруднений не имеет.

исследована работа лотка при углублении дна бассейна под лотком с целью уменьшения скоростей. Также была исследована работа лотка при открытии двух левых отверстий бассейна, которые первоначально предполагалось при пропуске шуги закрывать шандорами.

Основные размеры: полная длина лотка—11,20 м, радиус цилиндра 2,25 м, полная глубина лотка—1,65 м. Глубина воды у входа и в бассейне—3,30 м. Ширина одного пролета и свету—3,40 м.

Шарниры лотка закреплены на мостиках, перекинутых через два правых бычка к двум вновь установленным бычкам ниже лотка.

Целью опытных исследований являлось испытание описанной схемы лотка.

Постановка опытов и результаты

Для постановки опытов была построена модель напорного бассейна ГЭС с шугосбросным лотком и вышележащий участок ар. Боз-су на длине 100 м, в масштабе 1/25 натуральной величины.

В опытах, кроме предварительно произведенной тарировки расходов лотка, производилась оценка работы лотка пуском моделированной шуги и льда и пуском краски перед лотком.

Моделью шуги служили древесные (сосновые) опилки, вываренные в каменноугольной смоле. Во избежание слипания, опилки, проваренные в смоле, вымачивались еще в растопленном сале. Изготовленная таким образом модель шуги имела удельный вес от 0,92 до 0,98 и сохраняла его около 1,5—2 часов пребывания в воде.

Шуга высыпалась на поверхность воды в верхнем створе модели в течение трех минут полным ковром или с покрытием поверхности на 50% и вылавливалась ниже модели на ситах. Опыты производились при общем расходе ГЭС 35 м³/сек. (включая расход шугосброса) и при различных расходах шугосброса.

Краска изготовлялась растворением в воде анилиновой краски и пускалась из сосуда через трубочку с носиком диаметра 2 мм, расположенным горизонтально по направлению течения. Краска пускалась на створе верховой линии бычков перед шугосбросом в середине отверстий 3-го, 4-го и 5-го.

Пробным пуском краски на различных глубинах выяснялась та раздельная глубина, при которой окрашенная краской вода еще попадает целиком в лоток и вода в бассейне за лотком не окрашивается.

Моделями льдин служили деревянные брусочки разной формы, толщиной 1—1,5 см и размером 4,8 и 12 см, что соответствует в натуре толщине 25—38 см и длине 1,2 и 3 м.

Опыты распадаются на следующие части:

- а) тарировка шугосброса;
- б) пропуск шуги и краски в лоток при существующем дне бассейна и закрытых двух левых отверстиях входа;
- в) пропуск шуги и краски в лоток при дне бассейна, плавно углубленном под лотком, с глубиной углубления до 1 м;
- г) пропуск шуги и краски в лоток при существующем дне бассейна и открытых двух левых отверстиях входа;
- д) пропуск краски при скошенном пороге лотка с глубиной на пороге, увеличивающейся влево;
- е) пропуск модели льдин размером 1,2 и 3 метра.

Тарировка шугосброса

Пропускная способность лотка определена при опускании его водосливного порога на различную глубину при постоянном нормальном

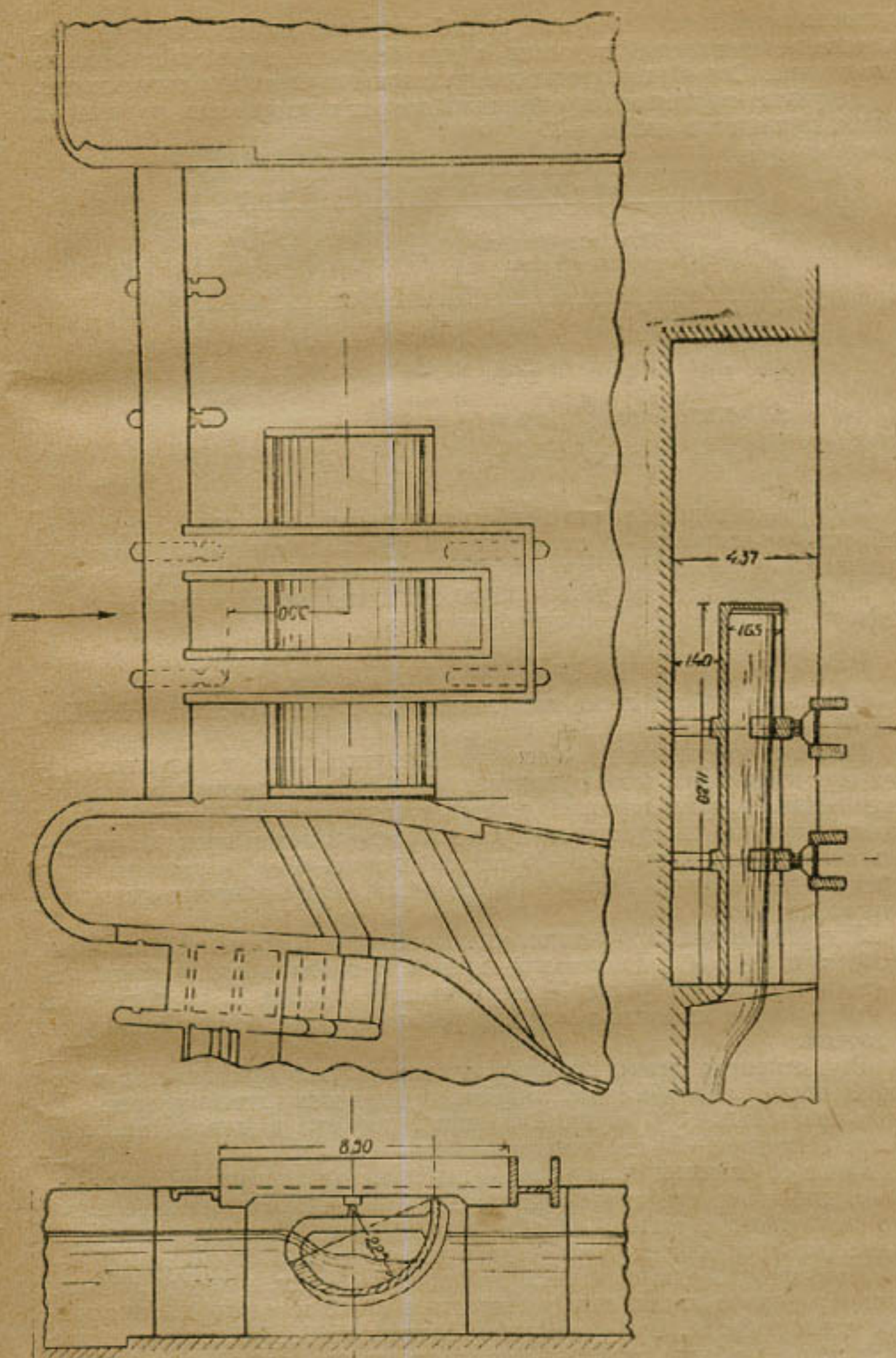


Рис. 1

горизонте воды перед напорным бассейном. При малых открытиях получается незатопленный водослив, а при больших — начинается влияние затопления. Это обуславливает двойную кривизну графика зависимости.

Результат тарирования, проведенной в трех повторностях по четырем точкам, приведен в таблице 1.

Таблица 1

№	М о д е л ь				Н а т у р а	
	Q л/с	Отм. г. в см	Отм. порога см	см	Q м³/сек	Н м
1	0,8	24,30	23,54	0,76	2,5	0,19
2	1,28	24,30	23,26	1,04	4,0	0,26
3	1,92	24,30	23,01	1,29	6,0	0,32
4	3,04	24,30	20,85	3,45	9,5	0,86

Тарировка показала, что наибольшая пропускная способность шугоброса при открытии 75 см, равна 9,2 м³/сек. Последующий пропуск шуги показал, что лучше всего работает лоток при расходе 6 м³/сек.

Увеличение расхода до 10—11 м³/сек возможно подпором верхнего бьефа на 5—10 см, что вполне осуществимо.

Работа лотка при условиях б, в, г, д и е.

Сравнение работы лотка при описанных выше условиях показало следующее.

При существующем дне бассейна (без углубления) и закрытых левых двух отверстиях лоток принимает 96—97% всей идущей по поверхности полным ковром шуги. Под лоток подныривает 3—4% шуги. Раздельная глубина, определенная пуском краски в левом пролете, равнялась всего 15 см, в среднем—65 см¹, в правом—75—80 (размеры приводятся в переводе на натуру). Наблюдается слабое волнение (размывы) воды за лотком.

Углубление дна под лотком уменьшило процент попадания шуги за лоток до 0—0,5%. Раздельная глубина в левом пролете равнялась 60 см, в среднем отверстии 75 см, в правом—больше 75 см. При этом не наблюдаются имевшие место при работе без углубления размывы воды за лотком.

При открытых левых пролетах шуга несколько прижимается к установленному выше бассейна забралу, отделяющему левые пролеты. За лоток попадает 2—3% шуги. Раздельная глубина в левом отверстии 25 см, в среднем—70 см, в правом—больше 75 см.

Опыт со скошенным порогом, с глубиной, увеличивающейся влево, проведенный при существующем дне бассейна, показал полезное влияние скошенного порога. В левом отверстии раздельная глубина увеличилась до 60 см вместо 15 см, в двух других больше 75 см.

При пропуске льдин и расходе в лоток 4 м³/сек. наблюдается временная задержка льдин между бычками в лотке и около расположенного слева забрала. При увеличении расхода до 8 м³/сек льдины проходят лоток свободно, наблюдаются лишь редкие задержки у забрала и между бычками, устраняемые слабым подталкиванием.

¹ Полевые исследования шуги показывают, что шуговые ковры имеют глубину от поверхности воды, не превышающую 75 см.

Сводные результаты опытов приведены в таблицах 2 и 3. Данные переведены в натуру.

Пропуск шуги

Таблица 2

№ опытов	Вариант	% покрытия попер-хн.	Расход в лоток м ³ /сек.	Пропуск шуги в %		Примечание
				в лоток	за лоток	
1	б	50	4	97,0	3,0	{ Наблюдается слабое волнение за лотком
2	б	100	6	96,1	3,9	
3	в	50	4	99,5	0,5	
4	в	100	6	100,0	0,0	{ Наблюдается замедление движения у забора
5	г	100	6	97,4	2,6	
6	г	50	4	96,9	3,1	

Таблица 3

№ опытов	Вариант	Расх. в лоток	Пролеты			Примечание
			3-й см	4-й см	5-й см	
1	б	4	15	20	20	
2	б	8	15	65	75	
3	в	4	30	50	50	
4	в	8	60	75	75	
5	г	8	25	70	75	
6	д	4	30	38	38	{ Без углубления под лотком
7	д	8	65	75	75	
8	д	9	75	75	75	
9	д	4	30	35	30	{ С углублением под лотком
10	д	8	75	75	75	

Выводы

При выводах следует учесть следующие обстоятельства.

Моделью шуги в опытах служил материал с удельным весом от 0,92 до 0,98. Опыты с такой моделью шуги не достаточно точно воспроизводят условия природы.

Вредное возмущающее действие больших скоростей под лотком очевидно, хотя наблюдения и не так резко подчеркивают преимущества варианта с углублением при пуске моделированной шуги.

Результаты опытов, с учетом сказанного, приводят к следующим выводам.

1. Пропускную способность лотка можно оценить в 10—11 м³/сек., учитывая возможность подпора и некоторое увеличение коэффициента расхода в натуре.

2. Лоток, установленный при существующем дне бассейна, показывает в общем удовлетворительную картину работы. Наблюдается все же небольшой процент подныривания шуги под лоток (3%) и недостаточная раздельная глубина в левом пролете (15 см).

Это объясняется, главным образом, увеличенными скоростями под лотком и частично неравномерным поступлением расхода в лоток. Частичное улучшение работы показывают опыты при открытых левых пролетах, что, однако, необходимо проверить в натуре.

3. Значительное улучшение работы наблюдается при устройстве углубления под лотком до 1 м, при этом процент шуги, попадающей за лоток, падает до 0—0,5 и раздельная глубина в левом пролете увеличивается до 60 см¹.

В натуре устройство углубления может дать еще больший эффект, чем это выявлено в модели.

4. Наблюдается неравномерность работы лотка по ширине: у левого края лоток, в результате подтопления с и/бьефа, работает хуже. Работа лотка выравнивается при устройстве скошенного порога, который получен надставкой треугольной стенки на всем пороге лотка с высотой, увеличивающейся слева направо от нуля до 35 см.

При этом раздельная глубина в левом пролете увеличилась до 60 см вместо 15 см.

4 Работа сооружения

В результате опытных исследований проект был принят к осуществлению, лоток был выстроен и пущен в эксплуатацию к зиме 1935-36 г. Лоток выстроен по варианту «б», т. е. без углубления в дне, при чем предусмотрена возможность устройства углубления в будущем.

Первые недели эксплуатации шугосброса показали удовлетворительную его работу. Наблюдаемое попадание незначительного количества шуги за лоток прекратилось после устройства забора в открытом для шуги проходе перед лотком, влево между лотком и крайним левым бычком, и открытия двух левых отверстий в напорный бассейн, произведенного с целью уменьшения скоростей под лотком.

Необходимость устройства углубления под лотком пока не установлена.

Вместе с тем нужно отметить, как указано в примечании в начале статьи, что установка лотка, разрешив вопрос борьбы с поверхностной шугой, не устранила полностью затруднения, испытываемые станцией в зимнее время вследствие наличия «донной» шуги, для борьбы с которой должны быть проведены особые мероприятия.

¹ Проект следует составить с учетом возможности углубления дна в зависимости от результатов работы лотка в натуре

О берего - защитных работах сетчатыми заграждениями на реке Аму - дарье у гор. Чарджуя в 1935 году

I. Программа работ

Целью опытных берего-защитных работ сетчатыми заграждениями (запильтеями) имелись в виду, во-первых, разработка более рациональных способов борьбы с подмывом берегов водами Аму-дарьи вообще и, во-вторых (частная задача), защита от подмыва левого берега Аму-дарьи у города Чарджуя против Керкинской пристани (Фарабский остров), где, начиная с марта месяца 1935 г., происходил интенсивный размыв левого берега. Так, с 19.II-35 г. по 15.IV 1935 г., т. е. за 56 дней, берег размывало вглубь на 115 м. С этой целью ирригационным отделом Туркмении были запроектированы передвижные снаряды, состоящие из поверхностных сеток, поддерживаемых в пловучем состоянии лодками (рис. 1).

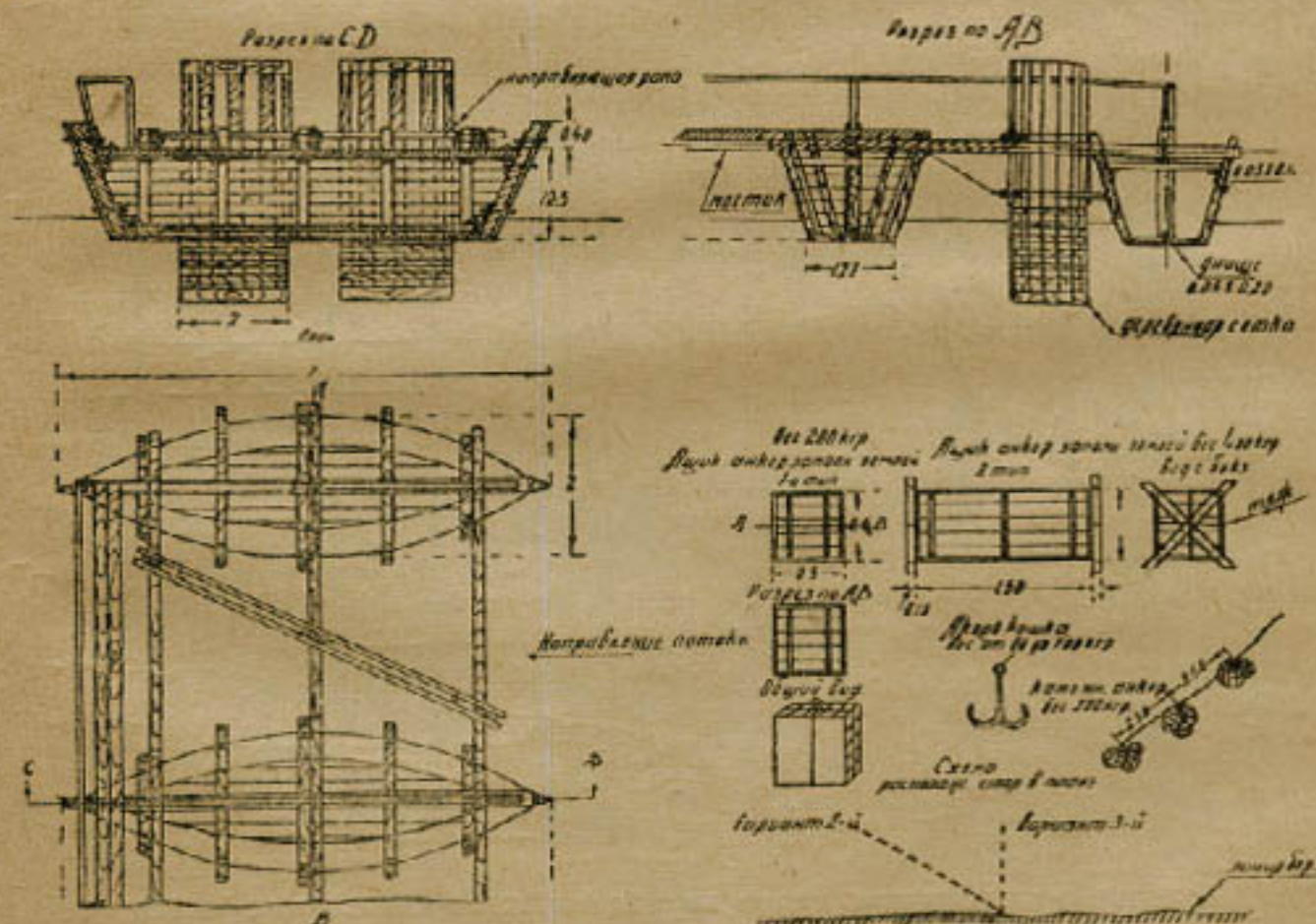


Рис. 1. ловуший снаряд заилитель с выдвижными сетями конструкции Харлампиева

Расположением снарядов несколько выше начала размыва в виде поверхностных шпор заливатель имелось в виду отклонить поток и тем самым защитить берег от дальнейшего размыва. Одновременно предполагалось для защиты берега испробовать сетчато-камышевые шторы (рис. 2), состоящие из отдельных 6 мм до дна опущенных проволок и укрепленных на дне за якоря из камня, а на поверхности за поплавок из камыша.

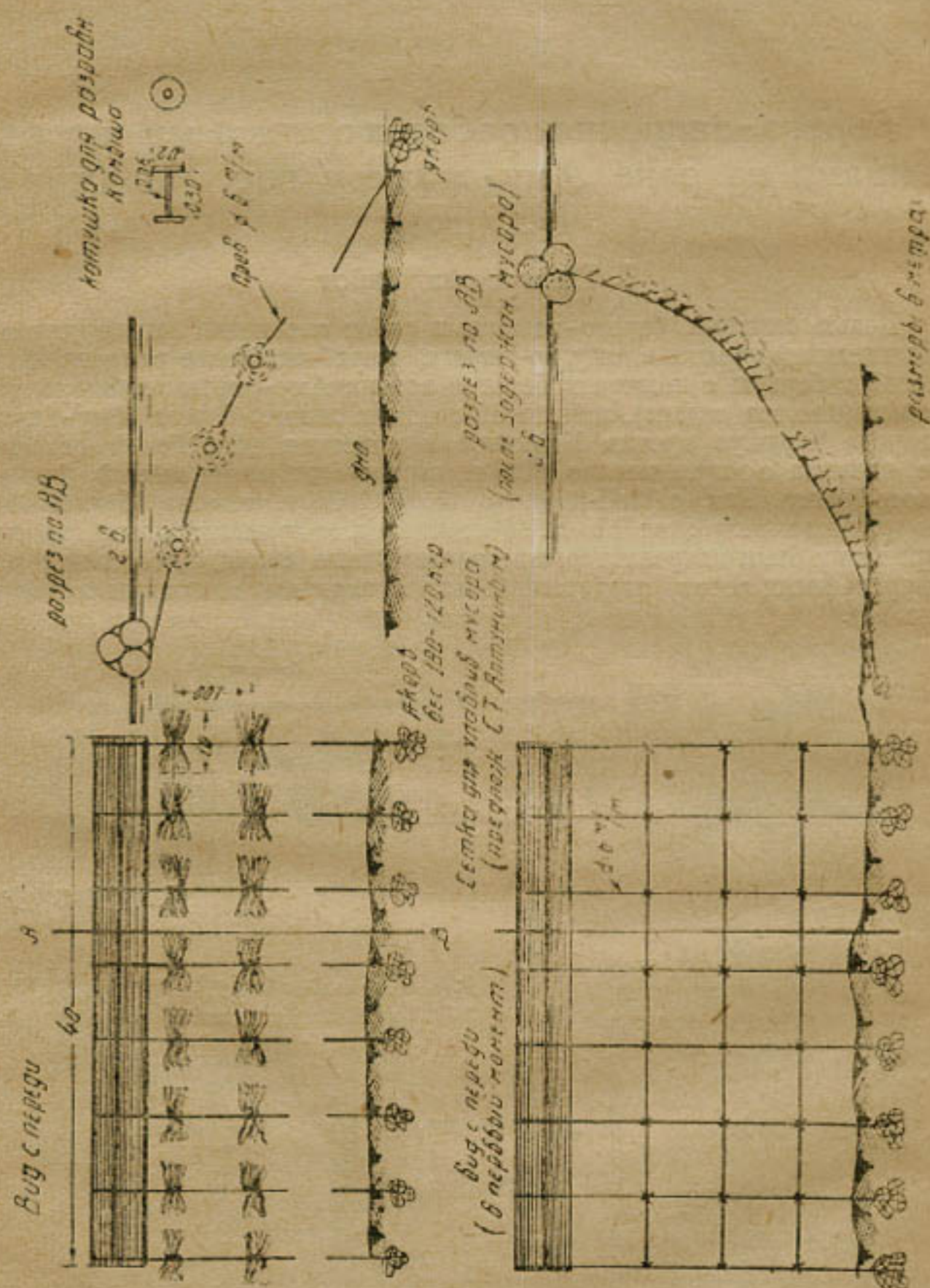


Рис. 2. Камышево-травянистая штора на поплавках из камышевых фашин, установленных в 1935 году на р. Аму-дарье у гор. Чарджуи.

Таким образом, в программе предполагалось испытать в натуре, во-первых, сетки, поддерживаемые на лодках и укрепленные в русле на якорных оттяжках и, во-вторых, проволочно-камышевые сквозные шторы с поплавами из камышевых фантин с непромокаемой мешочной обшивкой.

Для отклонения потока от места размыва и для создания в этом месте зоны затишья и, следовательно, условий для выпадения взвешенных наносов снаряды за период исследований были испытаны в 3 вариантах. В первом варианте снаряды стояли вдоль линии берега в виде отдельных коротких шнор с погружением решеток на 1,5—2 м, т. е. на половину глубины потока.

Во втором варианте снаряды были установлены в виде прерывистой поверхностной шноры, расположенной к линии берега под углом 30° , при этом каждый снаряд удерживался в определенном заданном направлении двумя оттяжками, прикрепленными за якоря.

Расстояние между отдельными такими шнорами было около шести проекций этих шнор на нормаль к линии берега.

В третьем варианте снаряды устанавливались нормально к линии берега, при этом расстояние между шнорами равнялось пяти их длинам. Проволочно-камышевые шторы устанавливались выше снарядов и имели своим назначением не допустить подмыва берега в голове описанных выше шнор.

На указанные опытно-производственные работы и содержание штата было отпущено 100 тысяч рублей, после чего был организован специальный регулировочный отряд, на который и было возложено проведение вышеописанной программы.

Для обобщения опыта производимых работ, а также для разработки программы исследований и консультации проекта, был приглашен Санириш.

Отряд выехал на место работ в марте месяце, в установкам приступил в мае месяце и пробыл там до 1-го ноября. Отряд состоял из начальника отряда (он же прорыб), старшего десятника, моториста, рулевого, и от 8 до 14 человек рабочих.

II. Режим реки Аму-дарья

I. Бассейн р. Аму-дарья занимает территорию, ограниченную с севера Гиссарским хребтом, с востока — хребтом Сары-кея, с юга — Гиндукуш, и расположен между 35-й и 39-й параллелями, имеет около 530 км в ширину и 636 км в длину в направлении с запада на восток. Большую часть воды получает от таяния ледников и снегов. Паводковыми месяцами являются май, июнь и июль.

Максимальные расходы в реке по Керкинской станции доходят до 6.840 м³/сек. Средний годовой сток воды для многоводного периода равен 62.500×10^6 куб. м. Для маловодного года сток равен 54.000×10^6 куб. м. Средний — 58.000×10^6 куб. м. По длине Аму-дарья разделяется на три участка. Верхний участок считается примерно до Термеза, средний участок от Термеза до Дарган-ата и нижний участок от Дарган-ата до Аральского моря. Своей средней и нижней частью река протекает в широкой пойме, сложенной из мелких песчано-илистых частиц, крупность которых распределяется следующим образом (у Керкинской станции).

От 1,0 до 0,5	мм	—	0,02%
" 0,5 "	0,25 "	—	0,08%
" 0,25 "	0,05 "	—	2,6 %
			2,7 %

Наименование станции	Расход воды за 1912—13 гг.			Относительная мутность гр./л за 1934 г.			Ср. скорость по сечению			Макс. скор.	Макс. глубина у места размыва Н в м	Изменение глубины за 2 суток в м	Ширина реки в м	Амплитуда колебаний в м	Уклон
	Макс. м³/сек	Ср. год. м³/сек	Миним. м³/сек	Макс.	Сред.	Мин.	Макс. м/сек	Ср. м/сек	Мин. м/сек						
Керки . .	5050	1980	690	—	—	—	2,10	1,50	0,75	3,46	23	—	1600 300	2,21	0,0002
Чарджуй .	—	—	—	8,74	4,53	1,44	2,00	1,50	0,55	3,12	20	3,5	2065 600	2,0	0,0003 0,0002
Нукус . .	—	1380	—	—	—	—	—	—	—	3,20	17	—	2000 500	2,85	0,0002

От 0,05	до 0,01	мм	— 6,5%
" 0,01	" 0,005	"	— 57,8%
" 0,005	" 0,001	"	— 13,0%
меньше	0,001	"	— 20,0%

Изменение гидравлических элементов реки на участке реки Керки-нукус представлены в нижеприведенной таблице.

В зимние месяцы часто образуются зажоры, вследствие чего горизонт изменяется и доходит в подпоре, как это и следует из таблицы 1, до 2,88 м. Наибольшие глубины вследствие неравномерных размывов русла доходят до 17—20 м.

Изменения расходов воды и мутности по месяцам для ст. Керки представлены в таблице 2.

Из указанной таблицы следует, что 94% взвешенных наносов проходит в период вегетации апрель—сентябрь месяцы при проходе 80% воды, и 6% взвешенных наносов проходит в зимние месяцы.

Небольшая средняя месячная мутность в паводок за среднее многогодичный год равна 7,74 грамма на литр, по данным 1934 г. для Чарджуй — 8,74 грамма на литр. Из приведенных данных также следует, что в Аму-дарье мутность выше чем в Ниле. Из данных наблюдений у г. Чарджуй следует, что мутность воды у дна на участках с более спокойным течением выше, чем в середине потока и у поверхности, тогда как на стрежневых вертикалях разница в мутностях по глубине не установлена.

Река Аму-дарья на исследуемом нами участке протекает в широкой пойме, сложенной из мелких песчаных илистых частиц, которые при имеющихся в реке скоростях 2—2,5 м/сек легко смываются и река беспрепятственно блуждает от одного берега к другому, смывая на пути в короткие сроки большие площади культурных земель.

и ирригационных сооружений, а временами угрожает срывом даже целых селений и городов. Насколько сильны разрушительные действия р. Аму-дарьи, можно судить хотя бы по двум наиболее известным фактам: первый—это приближение реки к г. Турткулю и явная угроза его срыву. По показаниям старожилов установлено, что в 1902—1903 гг. Аму-дарья находилась от г. Турткуля на 10—12 км, а к 1934 г. подошла вплотную к городу, т. е. в течение последних 30 лет река передвинулась вправо к городу на 12 км, размывая в некоторые годы берег вглубь на 1,5—2 км.

(По данным Цинзерлинга)

Таблица 2

Месяцы	1912—1913 гг.				Взвешенн. наносы высушен. при 105°			
	Расх. воды в м³ с	% по объему	Наносы в куб. м		Аму-дарья Нил у Каира			
			в 1000 м³	Всего	% по вест.	Кг в куб. м воды	По весу	1000 кг. в куб. м воды
Октябрь	920	0,123	1,23	3030,38				
Ноябрь	670	0,094	0,94	1632,4				
Декабрь	690	0,099	0,99	1829,6				
Январь	720	0,134	1,34	2584,1				
Февраль	810	0,137	1,37	2684,6				
Март	970	0,214	2,44	6339,2				
Апрель	1620	0,766	7,66	32164,6				
Май	431,0	0,774	7,74	89349,8				
Июнь	411,0	0,348	3,48	37072,8				
Июль	506,0	0,546	5,46	73997,7				
Август	260,0	0,351	3,51	24143,1				
Сентябрь	135,0	0,265	2,65	9272,8				
Годов.	1990	0,453	4,53	284401,9	0,176	1664	0,088	832
Вегет. период	3180	0,530	5,30	266301,0	0,292	2768	0,137	1296
Зимний период	800	0,144	1,44	18106,8	0,062	432	0,010	176

Второй случай—это блуждание реки в районе Чарджуя, где в 1929 г. река угрожала срывом городу, в 1932 г. отошла от него на 2—2,5 км и в 1934 г. интенсивно размывала правый Фарабский берег, отмыв вместе с берегом голову канала Шихбигик на участке в 5 км.

Насколько дорого обходятся проводимые на Аму-дарье берегозащитные работы, можно видеть из Турткульского проекта, где на укрепление участка длиной в 2200 м отпущено около 4500000 руб., т. е. на укрепление одного метра линии берега 2000 руб. Если же подсчитать ежегодные убытки, приносимые подмывом народному хозяйству, то очевидно, они будут исчисляться в десятках миллионов рублей.

Таким образом, необходимость защиты и укрепления берегов средней и в части нижнего течения Аму-дарьи давно назрела. По следст-

вне того, что указанные участки имеют большую протяженность и проходят в мало населенных районах и, кроме того, на сильное укрепление берега потребуется большая сумма денег, что пока не является рациональным, принимаются меры для защиты от подмыва берегов более уязвимых населенных мест и у ирригационных и других сооружений.

Сток взвешенных наносов в реке изучен достаточно, тогда как сток донных наносов не только не изучен, но еще нет сколько нибудь разработанной методики для их учета. Также нет материалов по переформированию русел и характеру размыва берега. Поэтому для некоторого уяснения происходящих в реке явлений опишем их по предварительным данным.

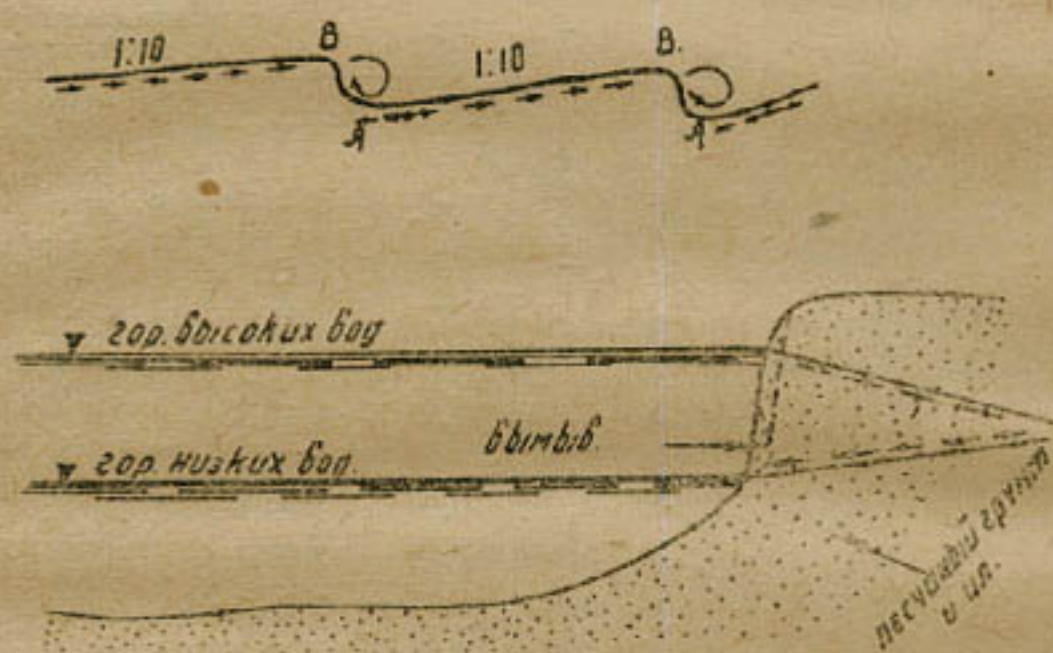


Рис. 3

Перемещение частиц грунта происходит как во взвешенном, так и в донном состоянии, при чем по дну происходит движение как бы целых рифелей (донных барханов). Частицы, составляющие рифель (рис. 3), перекашиваются с задней пологой, имеющей обратный уклон стороны, к отвесной передней, постепенно наращивая ее. Высота рифеля на Аму-дарье доходит до 2—3 м, при этом верхняя пологая сторона (установлена на каналах) имеет, независимо от высоты, довольно устойчивый обратный уклон, равный 1:10. Скорость движения частиц, составляющих рифель при донной скорости 0,5—0,6 м/сек., по лабораторным данным Санири, доходит до 7 см/сек., скорость же движения всего рифеля в этом случае лишь 0,5—1,2 см/сек. При этом в лаборатории было замечено, что чем больше донная скорость, тем рифель перемещается быстрее. Высота же рифеля и его форма от скорости почти не зависят.

Указанное обстоятельство дает возможность предполагать о том, что в период паводков по дну происходит более интенсивное перемещение донных рифелей, чем в межень. Очевидно, при спаде паводка, скорость движения рифелей также постепенно уменьшается, а отдельные большие рифели, или отмели при спаде могут останавливаться совершенно и вызывать переформирование русла и изменение направления течения. Указанным обстоятельством до некоторой степени можно объяснить

происхождение, при спаде горизонтов, свалов воды в ту или другую сторону и направление течения потоков к берегу, который от ударов воды начинает быстро разрушаться. Это явление размыва берега поперечным течением потока называют „дегши“ (место удара). Подмыв берегов происходит в течение всего года, даже зимой в период хода шуги (рис. 4) берег разрушается не только от ударов воды, но и от ударов льдин.

Более интенсивный подмыв берега в период спада вод следует



Рис. 4

объяснить не только переформированием русла и вследствие этого только изменением течения по направлению к берегу, но также и тем, что при спаде горизонта из берега в реку начинает обратно фильтровать вода, накопившаяся там во время наводки (рис. 3). Вследствие этого берег становится более рыхлым и поэтому он легче разрушается от ударов воды. Кроме того, фильтрующая в реку вода выносит с собой отдельные более мелкие частицы, образуя на уровне горизонта воды иши, после чего верхняя часть берега над ишей обваливается в воду, даже без воздействия на него потока. При этом интенсивность подобных обвалов достигает 0,5—1,0 м в сутки. Кроме того, разрушение берега происходит от ударов волн, поднимаемых ветром.

Следует также отметить то важное обстоятельство, что блуждание реки от одного берега к другому происходит по некоторой закономерности. Если в 1935 г. около г. Чарджуя на правом берегу размывалась голова канала Ших-битык, то следующий размыв ишиз по течению происходил ниже указанного участка на 3—4 км, но уже на левом берегу, против Керкинской пристани, где нами и проводилась защита берега. Далее река опять направлялась к правому берегу и угрожала его подмывом, при чем расстояние от последнего места размыва определяется также 3—4 километрами. Таким образом, расстояние между двумя правобережными подмывами около 7—8 километров, что составляет 7—8 ширин реки. Интенсивность подмыва берега доходит, по наблюде-

ниям 1935 г., по 30—40 м в сутки. При этом у места подмыва образуются большие глубины, достигающие до 12—17 м, что крайне затрудняет ведение защитных работ.

В 1936 г. затронутые выше вопросы о форме движения потока рифелей, а также картина разрушения берегов, будет нами подвергнута дальнейшему исследованию и поэтому надеемся получить более точные материалы.

В дополнение к вышеизложенному следует отметить и то обстоятельство, что правый берег Аму-дарьи более крутой, чем левый, и замечена некоторая тенденция более интенсивного подмыва правого берега.

III. Способы защиты берега на р. Аму-дарье

Для защиты берегов Аму-дарьи от подмыва применялось несколько типов сооружений. Наиболее распространенные из них следующие:

1. Продольное крепление берегов у места размыва каменно-хворостяными дамбами (таштугайная кладка) с защитой от подмыва со стороны реки хворостяными загруженными камнями тюфяками, имеющими ширину по дну около двух ширин возможного размыва. Указанный способ крепления применяется у Чарджуйского железнодорожного моста.

2. Свайные дамбы. Сваи, забитые в русло реки вдоль размываемого берега на глубину до 30 м, состоящие из 3 рядов свай, при этом первый ряд расположен гуще чем последующие два. Подобная дамба представляет собой как бы грубую сквозную решетку, расположенную вдоль линии берега. Этот способ защиты берега был применен в 1928/29 г. также у г. Чарджуя, но только на левом берегу. О результатах этих работ не имеется определенного мнения. Одни утверждают, что они помогали, т. к. давали быстрое заиливание размываемого берега, другие утверждают, что их работа не была проверена в полной мере, т. к. после забивки этих свай река добровольно ушла вправо.

3. Устройство струеотбойных шпоров из тетраидров, состоящих из бревен, установленных к линии берега под некоторым углом и удерживаемых в нужном положении якорями. В этом случае был замечен быстрый размыв шпоров и погружение тетраидров в дно.

Стоимость вышеперечисленных типов креплений на один километр ориентировочно определяется следующими суммами:

По первому способу —	2200000	руб.
„ второму „ —	3000000	„
„ третьему „ —	350000	„

Не говоря здесь о крайней дороговизне работ по приведенным способам, отметим не менее важное обстоятельство, что быстротечные сооружения требуют ежегодных дополнительных затрат на их восстановление, а также во многих случаях река обходит их с верховой стороны, начиная разрушать крепление с тыла. Кроме того, в условиях резко меняющихся направлений течений Аму-дарьи, место подмывов также часто изменяется и гоняться с такими тяжелыми сооружениями за рекой не представляется возможным, поэтому эти способы могут иметь применение для закрепления постоянной точки берега, а не по всей постоянно меняющейся длине подмыва.

Вследствие вышеизложенного, а также вследствие долготечной практики, пришли к заключению, что сооружения должны быть, во-первых, более дешевыми, а во-вторых, быстро устанавливаемыми в нужных местах, т. е. быть передвижными.

IV. Сетчатые передвижные заграждения и их конструкция

Начиная с 1928 г. по 1935 г., Ирригационным управлением Туркмении для защиты берега от подмыва водами Аму-дарьи были разработаны следующие типы заграждений:

1. Пловучие заслоны Б. Д. Девкина.
2. Пловучие сетчатые снаряды-защиты Л. Г. Харлампиева (рис. 1).
3. Проволочно-камышевые или травянистые шторы для заиливания берега (Хадасевич-Крытинский).

Пловучие заслоны Б. Д. Девкина рассчитаны на создание вдоль размываемого берега зоны затопления и, следовательно, на его заиливание. Указанный способ в натуре был применен в 1934 г. Результаты работы по заявлению автора, были удовлетворительны; ниже их была получена отмель, которая после снятия снарядов тут же смылась, других материалов о работе не сохранилось.

Назначение сетчатых снарядов создавать ниже заграждения зону замедленных скоростей с тем, чтобы вызвать выпадение взвешенных частиц и наращивание русла реки. При прохождении через прерывистую шпору, состоящую из ряда сеток и лодок, укрепленных на оттяжках за якоря, скорость потока уменьшается, а течение потока несколько смещается в сторону реки, начиная прорабатывать себе новое русло.

Сетка (деревянные решетки) погружалась на половину глубины потока, а в местах с малой глубиной (менее 2 метров) сетки погружались почти на всю глубину потока.

1-й вариант

В первый период работ нами были испытаны в работе снаряды с металлическими опускаемыми сетками, с ячейками $0,5 \times 0,5$ см и $1,0 \times 1,0$ см. Сетки опускались до самого дна, снаряды устанавливались вдоль берега один за другим в расстоянии 4-кратной проекции снаряда; размыв на участке установленных снарядов (длиною 250 м) прекратился, тогда как выше установки размыв еще продолжался. Сетки с указанными размерами ячеек быстро забивались плывущим в реке мусором и превращались в сплошные щиты.

Для получения ниже снарядов более широкой полосы затопления два снаряда соединялись вместе и ставились также вдоль линии берега. Охватить весь участок размыва лового берега, имеющего в длину до километра, при имеющемся количестве снарядов, не представлялось возможным, а поэтому защищали участок берега лишь в начале размыва.

На указанном месте по первому варианту снаряды стояли 9 дней. В результате работы установили, что размыв берега у снарядов не происходит.

2-й вариант

Снаряды были установлены в виде прерывистой шпору, направленной линия по течению под углом к линии берега 30° , а сетки под углом 20° к направлению потока. Для установки снарядов несколько выше заданного места сбрасывался якорь, состоящий из ящиков, имеющих форму куба со сторонами $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ метра, загруженного грунтом и перевязанного проволокой, которая скручивалась в петлю. К петле привязывался трос, свитый вручную из 4—6-мм проволоки в 4—5 прядей с тем, чтобы якорь заилился; последний с поплавком сбрасывался в

воду за сутки до установки снарядов. По истечении суток, снаряд подвигался и ставился на якорь. В стороне от снаряда выносился боковой якорь, к которому прикреплялся снаряд со всей нормой. После прикрепления к боковому якорю снаряд выправлялся в створе и опускались сетки на глубину до 2 метров. Под сеткой, как установлено промерами, получался размыв дна и отложение наносов ниже сетки.

После спуска сеток на участке, занятом снарядами, создавалась зона затишья, скорость воды до установки снаряда была равна 2—2,1 м/сек. После установки поверхностная скорость ниже снарядов уменьшалась до 0,80 м/сек. Струя заметно меняла свое направление, не создавая обратных течений в зоне затишья. Система выдерживалась с 7.VI по 19.VI, т. е. 12 дней. За это время размыв берега на защищаемом участке прекратился, за снарядами в зоне затишья произошло наращивание дна. Бытовая глубина с 4—4,5 м через пять суток уменьшилась до 2 м и к 19.VI при небольшом сходе горизонта мель стала выходить из-под воды в виде полосы, идущей за снарядами вдоль линии берега со средней шириной в 12 м и длиной 110 м, т. е. на 40 м дальше последнего снаряда.

Во время работы системы несколько снарядов выпадало из строя, т. е. плывущий в реке на разной глубине мусор цеплялся за якорный тросс и своей тяжестью топил снаряд. Затонувшие снаряды извлекались из-под воды с помощью рабочего понтона. На под'ем требовалось от 40 минут до 2 часов. Поломанные снаряды заменялись резервными.

Очистка якорного тросса от задержавшегося мусора в воде возможна на глубине до 2 м, глубже же чистить не представлялось возможным, поэтому возник вопрос о замене якорей поверхностными оттяжками на берег. При таком способе укрепленные снаряды не тонули, однако и в этом случае требуется постоянный надзор.

Для удержания снарядов на берегу в расстоянии от воды 100—150 м зарывался мертвяк, состоящий из бревен с вшпунченной на поверхность земли петлей из проволоки. К петле привязывался своими концами первый снаряд, который ставился сзади, и его троссы укладывались свободно на первый снаряд и крепились к концу мертвяка, третий снаряд крепился через второй и первый к мертвяку, четвертый, пятый и шестой — таким же образом, т. е. последующая оттяжка перекрывала предыдущие.

Во избежание сдвига подобной шпоры к берегу, снаряды оттягивались в сторону реки троссами, закрепленными за якоря, сброшенные в сторону и вверх по течению. Укрепленная таким способом система была очень устойчива, но безмоторный транспорт причинял бедствия — каюки, идущие сверху вниз, попадали на установку, срывая отдельные снаряды. Каюками за время с 19.VI по 17.VII было сорвано и разбито шесть снарядов, которые были заменены резервными.

Следует заметить то важное обстоятельство, что мусор, идущий на поверхности воды, поворачивал к месту размыва, т. е. в сторону установки, где забивал сетки, цеплялся за троссы, а часть проходила в промежутки между снарядами и останавливалась в зоне затишья.

Понававший на снаряды мусор образывал поле, которое постепенно увеличивалось. Через 11—12 дней пространство между снарядами и берегом представляло собой сплошное мусорное поле, толщина которого определялась в 1—1,5 м. По этому полю свободно передвигались группы людей из 4—5 человек. При падении горизонтов воды мусор оседал на дно и уплотнялся, представлял собой мусорный тьюфак, служивший продолжением берега. Размер подобного мусорного поля в длину был равен длине загражденного участка, т. е. около 100 м. При сна-

тии снарядов мусорное поле отмывалось и уходило вниз. Размыв продолжался до тех пор, пока снаряд не ставился в прежнее положение.

После проведенных работ по второму варианту, на техническом совещании работников отряда, для увеличения защитой зоны при том же числе снарядов было решено снаряды соединять в секции по 5—6 шт. и располагать нормально к линии берега с сетками, спущенными на $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{4}$ глубины потока, по т. е. имеющаяся конструкция снарядов не предусматривала таких соединений, установка ломалась. Особенно вредно на них повлиял ураган, во время которого секции, состоящие из трех пар снарядов, выкидывало на берег. Высота волны доходила до 1,5 м.

Обстоятельства эти нами были учтены, и новые лодки строились более мощными. Длина вновь выстроенных лодок была 7 м, высота в 4 м, ширина по дуу 1,20 м и по верху 2 м.

С целью предохранения берега от подмыва выше установок, нами были изготовлены и опущены на место сквозные проволоочно-камышевые шторы в количестве 24 шт. (рис. 2) с площадью затенения в 25—30% и укрепленные в русле на якорях. Штора устанавливалась под углом к потоку в 60° и опускалась на всю глубину потока. Секций таких было установлено 4, каждая длиной по 40 м. По истечении 2—3 дней мусор нанисал на камышевые шторы и приближал их к берегу. Часть из них утонула от засорения мусором. За шторной шнорой образовалась отмель, которая покрывалась мусором, и штора примыкала к вновь образованной и покрытой мусором отмели. При этом следует отметить, что место соединения с берегом было укреплено дополнительными камышевыми снопами. Образовавшаяся мель равнялась длине шторы, вследствие чего на указанном участке создавался устойчивый берег, покрытый шторой и мусором.

В начале июля, после проведения вышеуказанных работ С. Т. Алтуниным была предложена специальная сквозная сетка для улавливания плывущего в реке вдоль размываемого берега мусора для создания им зоны затинья и заиления на размываемом участке, при чем выяснилось, что более эффективную работу производит сетка с ячейками (отверстиями), равными $0,5 \times 0,5$ м. Использование плывущего в реке в большом количестве в период паводка мусора может дать значительное удешевление работ. В период межени, когда в реке нет в достаточном количестве мусора, сетку следует забрасывать камышевыми пучками или снопами, отяжеленными каким-либо грузом. Лучше для этой цели изготовить из того же камыша решетчатые маты, такие решетки можно делать из хвороста и прикреплять их также к сеткам.

3-й вариант

В сентябре месяце были установлены снаряды по 3-му варианту. Для этой цели лодки соединялись в одну линию по 6 штук, длиной в 24,5 м и поставленных нормально к линии берега. В этом варианте сетки были заменены деревянными решетками по типу ж.-д. снеговых щитов, с затенением площади в 30—40%. Из старых лодок (более мелких) были также собраны шноры длиной в 23 м. Всего было установлено 3 шноры. Установку произвели в верхней части острова в расстоянии 1000 м от места прежних работ, где глубина была около 7—8 м, при поверхностных скоростях в 2,2 м в сек. Размывы берега до установки происходили на длине 500 м, в среднем по три метра в сутки. Малые снаряды, во избежание попадания внутрь воды от волн, закрывались сверху крышками. Для удержания системы в нужном месте на

берегу оттяжки закреплялись за мертвяки на бревен. Для натягивания троссов был установлен кабестан (корабельный вертикальный шпиль), а берег срыли и придали ему вид откоса 1:1. В месте сопряжения установки с берегом для создания устойчивой опоры между берегом и снарядом был установлен досчатый щит. Каждую систему спускали сверху вниз на оттяжках с кабестана и устанавливали нормально к берегу. Щиты были опущены на глубину до 2 м под углом к потоку в 25° . В расстоянии 120 м от первой секции была установлена вторая и еще через 120 м — третья. Установку продержали с 10 октября по 25 октября. Размыв берега от ударов воды прекратился, частичное разрушение берега происходило за счет обратной фильтрации воды (при спаде) в реку. Работа установок была в исключительно тяжелых условиях, т. к. стрежень Аму-дарьи направился к месту установки. К концу работ установки у размываемого берега глубины с 7 м уменьшились до 5 м, за установкой 3-й секции на расстоянии 40 м ясно обрисовалась мель.



Рис. 5 Общий вид сетчатой установки заплотителя с образовавшимися за ней отложениями, где ранее была глубина 3-4 м.

Во время работы указанной системы имели размыв берега у места сопряжения со шпорой, вследствие чего в берегу образовались воронки. Секция уходила в берег, и их приходилось переставлять на новое место. Поэтому в дальнейшем несколько выше и у места сопряжения шпоры с берегом нужно ставить маленькие шпorkи или укреплять берег камышевыми матами.

Аварий за время работ установки по третьему варианту не было, что следует объяснить и тем, что в реке происходило понижение горизонтов и, следовательно, уменьшение влекомого мусора, который засоряет снаряды и поэтому служит причиной их сноса. Отсутствие мусора и понижения мутности воды увеличили срок образования отмели и, следовательно, срок стояния системы на месте.

В результате работы установки по третьему варианту пришли к заключению, что подобное расположение в плане более удобно в смысле ее обслуживания. Действие же ее на заплывание тождественно со шпорами, расположенными под углом 30° вниз по течению.

V. Подсобные работы

Крепление снарядов за дно в первое время производили якорем-кошкой, представлявшей собой трех или четырехлапчатый якорь, ве-

вом от 30 и до 700 кг. Так, якорем в 560 кг держали систему из 6 снарядов. Он не срывается и не ползет по дну, однако, отсутствие подобных якорей заставило нас на месте выработать ряд типов анкеров, которые могут быть легко изготовлены и использованы в любом месте.

Железный якорь-кошка, сделанный из уголкового железа, вес 60 кг, не практичен, т. к. лапы разгибаются, он начинает тянуться за установкой и в конце концов срывается с места.

Ящик-анкер кубической формы со сторонами $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ м, заполняемый грунтом, мало устойчив, благодаря небольшому весу и малому погружению в русло, поэтому за один трос пришлось привязывать два—три таких ящика, через каждые два метра. Такая связка требует предварительной выдержки в течение одних суток для их заиливания, после чего он держит хорошо.

Ящик-анкер со сторонами $1,5 \times 0,5 \times 0,5$ м с выступающими заостренными ногами, заполняемый грунтом, вес до 400 кг. Три ящика, привязанные к общему тросу через каждые 2,5 м, держат установку хорошо и даже сейчас же после их опускания.

Каменные якоря. Рваный камень свисывается между собой и соединяется в одну гроздь, вес грозди 40—50 кг. Таких 4—5 гроздей подвешиваются к одному общему тросу. Каменные якоря быстро заиливаются. Снаряды ставились на место по истечении нескольких часов работы ранее опущенных якорей.

Каменные якоря (анкеры) проще изготавливаются и дешевле, поэтому их можно рекомендовать для дальнейшего применения.

Трос изготовлялся из 3—6-мм проволоки вручную, в 4—5 прядей. Частые разрывы из-за неодинакового свертывания отдельных прядей при кручении, представляют большее неудобство при эксплуатации, поэтому необходимо на будущих работах применять настоящий трос, или, за отсутствием такового, свивание производить специальным прибором, употребляемым для кручения веревок. Кроме того, надо следить за тем, чтобы и при опускании троса не получалось петель, которые при растягивании уменьшаются, и трос в этом месте обламывается.

Поплавки для якорей. Для указания местонахождения заброшенного в русло якоря, к якорной оттяжке привязывалась треугольная рама из 26-сантиметровых бревен со сторонами в 1,5 метра, которая и плавала на поверхности воды, но вследствие насаждения на оттяжку мусора, последний прогибалась, и поплавок, обладающий незначительной пловучестью, тонул.

Затем применялся поплавок в виде герметически закупоренного ящика размером $1 \times 1 \times 1$ м с выступающей осью, вделанной в ящик, на который было надето подвижное кольцо с прикрепленной якорной оттяжкой. Указанный поплавок легко поворачивается течением вокруг оси, троса не ломает и обладает хорошей пловучестью.

Затем можно применять металлический поплавок, обычно применяемый в пароходстве для обозначения фарватера.

Укрепление на берегу оттяжек. Для удержания отдельных снарядов в определенном положении у берега, на последнем врывались сваи, за которые привязывались оттяжки от снарядов.

Для удержания целых систем, кроме свай, врывались мертвяки из бревен длиной 2—3 м и толщиной 0,20 м, врытые на глубину 1,0—2 м, и укладывались нормально к направлению оттяжки, а на поверхность выпускалась лишь петля, за которую и завязывалась оттяжка от снарядов.

Количество мертвяков и врытых свай зависит от количества перекинутых на берег самостоятельных оттяжек.

Для перевоза снарядов, материалов и рабочих к месту работ, был выстроен катер, оборудованный мотором в 30 лошадиных сил, длиной 13,6 м, шириной в 1,8 м и с осадкой в 0,8 м. Вследствие большой длины и малой ширины была большая опасность его опрокидывания при крутых поворотах. На винт часто насаждал мусор, для очистки которого приходилось затрачивать много времени.

Рабочий понтон состоял из 2 лодок, длиной в 8 м, шириной по дну 1 м и по верху в 1,20 м, высотой в 1 м. Расстояние между лодками равно 3 м. Лодки связывались между собой брусками, покрытыми настилом. На настиле была установлена лебедка грузоподъемностью в полторы тонны. Понтон был устойчив и легко поворачивался.

Все указанное оборудование и материалы доставались с большими трудностями и с опозданиями, что в значительной мере влияло на успех работы. Для будущих регулировочных работ необходимо наладить плановое снабжение материалами и инвентарем, а также специальными денежными средствами.

VI. Выводы из работ 1935 года

1. Установленными в трех вариантах снарядами конструкции Харлампиева в виде прерывистой поверхностной решетчатой шпору, состоящей из лодок и сеток (в первых двух вариантах, установленных в линии берега под углом 30° и в третьем нормально к берегу), удалось не только прекратить размыв берега, но и получить ниже установки площадь отмели длиной 400 м в первом случае и 140 м во втором случае, т. е. равной 4-5-кратной ширине шпор, при ширине отмели, равной ширине заградительного участка.

2. Нарастание русла ниже шпор в период паводка проходит быстрее, чем после его спада; так, если в первом случае отмель образовывалась через 10—12 дней, то во втором случае через 24—30 дней. Высота нарастания русла доходила до 3—3,5 м.

3. Ниже установленных сетчатых поверхностных шпор скорость движения воды уменьшалась, что вызывало выпадение взвешенных наносов; в зону затишья также завлекались со стороны реки донные наносы. Для более равномерного заиления пространства между шпорами (по второму варианту) и берегом, необходимо отдельные снаряды, составляющие шпору, ставить чаще (10—12 м) с тем, чтобы не было свободных прорывов потока в защищаемую зону. Кроме того, было установлено, что на якорные оттяжки насаждает большое количество мусора, вследствие чего оттяжки превращаются как бы в мусористые гирлянды и способствуют более быстрому заилению защищаемого участка.

В последнем случае поверхностная решетка превращалась как бы в сквозную грубую сетку с мусорными гирляндами, идущими до дна, вследствие чего и имелось более быстрое заиление.

4. Закрепление берега полупловучими проволоочно-камышевыми шторами, поддерживаемыми в рабочем положении якорями и поплавками из камыша, дает возможность создать зону затишья и, следовательно, защитить берег, но вследствие малой пловучести поплавков и оседания на проволоку в большом количестве мусора, указанные шторы тонули на 2—4-й день работы, покрывая собой берег или отмель.

Одна из таких сваленных и прибитых к берегу штор, длиной около 40 м, сохраняла линию берега в течение 35—40 дней, когда ниже и выше этого места шел подмыв.

5. Из проведенных опытных работ и наблюдений за ними, пришла к заключению, что поверхностными прерывистыми сетками, удержива-

емыми в пловучем состоянии лодками, представляется возможным защитить берег от подмыва; однако, после снятия этих снарядов полученная отмель вновь размывалась. Кроме того, вследствие интенсивного хода мусора, последний задерживается снарядами и площадь затенения резко увеличивается. В этом случае большее значение на заиление имеет уже не решетка, а мусор. Особо интенсивно задерживается мусор на якорных оттяжках, которые по этой причине превращаются в длинные гирлянды и резко ускоряют процесс заиления.

VII. Проект сетчатых сквозных заграждений

I. Общее описание конструкции

В результате полевых исследований и камеральной разработки вопроса, пришли к заключению, что для защиты берега от подмыва, а также для закрепления полученных отмелей в легко размываемых руслах, типа Аму-дарьи, необходимо применить полустационарные сквозные сетчатые заграждения (заилители), состоящие из сеток и лодок (рис. 6), установленных в виде ряда шпор нормально к линии берега. Длина шпоры принята в 42 м, расстояние между шпорами равно четырехкратной длине шпор, т. е. 168 м. В местах интенсивного размыва расстояние между отдельными такими шпорами не должно быть более трехкратной длины шпор.

Основным элементом заграждения является сетка шириной в 6 метров и длиной в зависимости от глубины (но не менее трехкратной глубины). Сетка изготавливается из отожженной мягкой проволоки при глубине 4 м, диаметром 6 мм, с ячейкой $0,5 \times 1,00$ м, при большей глубине толщина проволоки должна быть большая. Толщину сеток следует подбирать по расчету, в зависимости от площади затенения и гидродинамического давления. Указанная сетка одной стороной укрепляется за перекладину (вал) между лотками, а другой (с привязанными якорями из камней весом не менее 100—120 кг) опускается в воду вверх по течению от лодок. Такие каменные якоря располагаются на 1,5 м друг от друга, т. е. на каждую сетку по 4 штуки, при чем опускание камней (якорей) на дно производится раньше, примерно на одни сутки, чем опускаются сетки, с тем, чтобы они могли заилиться и лучше удерживать сетки. Для поддержания верхнего конца сеток в полупловучем состоянии (рис. 6) использованы лодки (ваюки) длиной 7 м и шириной 2 м, конструкция которых была испытана на работе у г. Чарджуя в 1935 г. Из таких лодок и сеток устраивается сетчатая сквозная шпора, на которой в период паводка начинает задерживаться мусор¹ и ниже шпоры создается зона затишья, в которой происходит выпадение взвешенных наносов, а также завлечение со стороны реки донных наносов и наращение русла. В период межени, когда в реке нет достаточного количества мусора, к установленной сетке поперек ее привязываются отдельные снопы камыша, или хвороста, вследствие чего сетка будет иметь форму решетки с просветами между снопами. Указанная сетка создаст ниже шпоры зону затишья и отложение наносов. В тех случаях, когда вместо камыша будет применяться хворост, размер ячеек можно увеличить, благодаря чему потребуются меньше проволоки. Отложение наносов за сетками происходит в виде бугра, который располагается близко от шпоры и постепенно наращивается до горизонта

¹ По предварительным данным в период паводка у размываемого берега в сутки на одну погруженную до дна проволоку оседает мусора от 0,5 до 1,0 тонны.

воды. По мере того, как нижняя часть сетки все больше оседает на дно, она начинает тянуть за собой вверх по течению по дну лодку; поэтому в процессе заиления должны вестись наблюдения с тем, чтобы лодка не тонула, а сетка постепенно удлинялась и покрывала полученную отмель, с ее верхней стороны, мусористо-камышевым или хворостяным ковром. На образование подобной отмели, как показал опыт работ на Аму-дарье в 1935 г. у гор. Чарджуя, требуется от 12 до 25 дней, после чего лодки могут быть убраны, а на подготовленное мусористо-камышевое основание для постоянного закрепления дополнительно можно установить тетраэдры или специально изготовленные камышовые маты, укрепленные, также как и сетки, на отмелях якорями.

После отклонения потока и получения вдоль линии берега отмели, выходящей при спаде на поверхность воды, лодки могут быть сняты и использованы на новом месте, а сетки с якорями остаются на месте навсегда, покрывая откос отмели с его верховой стороны, тем самым предохраняя отмель от размыва после снятия лодок.

В дополнение к основным вышеописанным шпорам желательно между ними и выше шпор ставить малые шпорки, которые устраняли бы, во-первых, водоворот, возможный при сильном засорении сеток, во-вторых, предохраняли от возможности обхода водой первой шпору в ее корне и, в-третьих, промежуточные шпору дополнительно укрепляли бы полученную отмель и накопившийся на них мусор.

В более ответственных береговых точках, где требуется сохранить каждый метр берега, на полученную отмель, покрытую мусористо-камышовыми коврами, можно устанавливать, под некоторым углом к линии берега, тетраэдры, также укрепленные за якоря, которые должны закрепить линию берега окончательно.

При помощи вышеописанных лодок и сеток устраивается целая сетчатая сквозная шпора следующим образом:

Сбор лодок с закрученными на валах (шириной по 6 м) сетками производится на воде в наиболее спокойной заводи и поблизости от места работ, а затем по секциям подвозится к месту установки, где уже имеются заброшенные на дно якоря с поплавами. Отвязывание от якорных оттяжек поплавков, закрепление и установка на месте сеток производится с рабочего понтона, перемещаемого катером. В начальный период сетка опускается лишь на длину 3 Н, другая ее половина, равная двум глубинам, остается намотанной на вал, и только после того, как уже мусор или искусственное затенение начнет тянуть систему вперед и ко дну, сетка постепенно удлиняется разворачиванием вала. Для вращения вала, на его концах делаются специальные отверстия, в которые вставляются стальные ломы, которыми и осуществляется его вращение. Вторая секция получается присоединением к этим трем или двум лодкам уже на месте установки. Размер шпору, а следовательно и количество сеток и лодок, зависит от длины размываемого участка, этот последний зависит от ширины и глубины реки. Вся система удерживается, во-первых, сетками и, во-вторых, с помощью троссов, привязанных за секции к берегу. Троссы свиваются вручную из 4 мм проволоки в 4-5 прядей. На берегу троссы перекинуты к вороту, закрепляются за порот или за обычную вколоченную сваю.

В тех случаях, когда конец системы чрезмерно удален от берега и закрепление за берег затруднительно, концевая часть системы удерживается, во-первых, самими сетками, а во-вторых, делается от последней лодки оттяжка на расположенную выше системы лодку поплавок, которая сама удерживается якорем, также опущенным за 1-2 дня раньше.

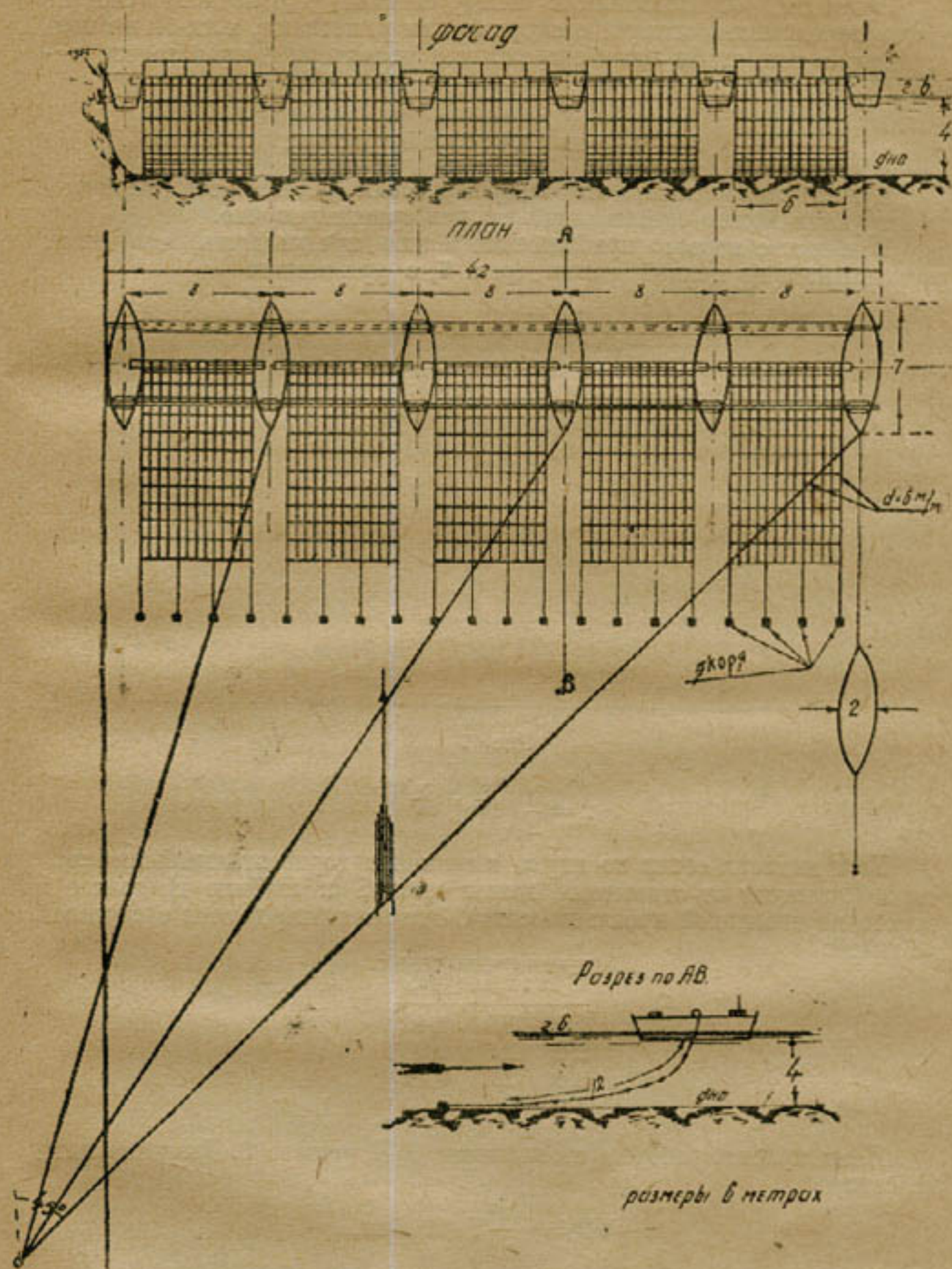


Рис. 6

Вообще следует иметь в виду, что в голове шноры образуются большие глубины и возможен даже вымыв сетки, поэтому ее надлежит делать несколько длинней (6--7 Н) и дополнительно укреплять к берегу или через поплавок-лодку за якорь.

Просветы, образовавшиеся между сетками (под лодкой) следует также перекрывать сетками с якорями или решетками, хотя-бы на пол-глубины, с тем, чтобы ниже заграждения равномернее происходило за-иление.

2. Гидравлический расчет

Нужно оговориться, что гидравлический расчет всей пловучей конструкции можно сделать лишь весьма ориентировочно.

В качестве первого приближения можно предполагать, что сетка расположится по ценной линии (рис. 7) с уравнением

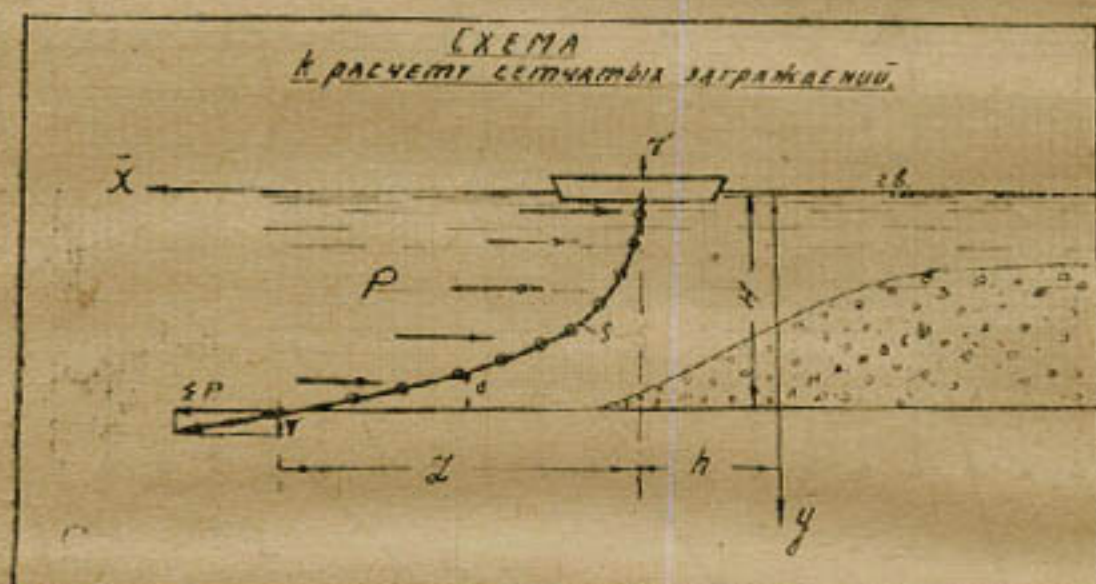


Рис. 7

$$x = \frac{h}{2} \left(\frac{y}{l_n} + \ln \frac{y}{l_n} \right)$$

Угол наклона сетки ко дну α_0 и величина горизонтальной проекции сетки L зависит от отношения длины сетки S к глубине H (точнее к высоте вертикальной проекции сетки). Эти величины даются следующей таблицей:

$S/H : L/H : \operatorname{tg} \alpha_0$		
1,5	1,0	0,40
2,0	1,6	0,20
3,0	2,6	0,12
5,0	4,7	0,06

Нами принято рабочее соотношение S/H , равное 3. Давление воды на сетку

$$\Sigma P = \varphi \cdot \frac{v^2}{2g} F \cdot 1000 \text{ кг,}$$

где F — площадь вертикальной проекции сетки на 1 м ширины, и φ — коэффициент закрытия этой площади пучками камыша или мусора, который нами принят равным 0,15 для определения веса каменных якорей и 1,0 — для определения пловучести лодок.

Расчетная скорость принята нами = 2,0 м/сек., давление для определения количества якорей на 1 м ширины сетки при $\varphi = 0,15$ равно:

*. Метод расчета сеток предложен проф. М. В. Потановым.

$$P_1 = 0,15 \frac{2.0^2}{2 \times 9,8} \times 4 \cdot 1000 = 132 \text{ кг.} \quad (1)$$

Давление на сетку при $\varphi = 1,0$

$$P_2 = 1 \times \frac{2.0^2}{2 \times 9,8} \times 4 \times 1000 = 816 \text{ кг.} \quad (2)$$

Тонящее усилие, передаваемое на поплавки (лодки) от сетки шириной в 6 м

$$v_1 = P \times \operatorname{tg} \alpha_0 \times 6 = 816 \times 0,12 \times 6 = 98 \times 6 = 588 \text{ кг.}$$

Площадь дна лодки можно ориентировочно считать равной:

$$F = \frac{2}{3} \times l \times h = \frac{2}{3} \times 1,30 \times 7,0 = 6,07 \text{ м}^2$$

Вес лодки ориентировочно принимаем равным 1 тн.

Вес бревен $3 \times 8 \times 30 = 720 \text{ кг.}$

Полное вертикальное давление (суммарное):

$$\Sigma v = 588 \times 1000 \times 720 = 2300 \text{ кг.}$$

Глубина погружения лодки равна:

$$\Delta h = \frac{2300}{6,07} = 0,38 \text{ м, кругло} = 0,40 \text{ м}$$

Горизонтальное усилие, сдвигающее якоря и удерживающее сетку, равно $122 \times 6 = 730 \text{ кг}$

Учитывая быстрое занесение анкеров (якорей) и то, что в начальный период сетка будет сравнительно чистой, нами устроено у каждой сетки лишь 4 груза, весом не менее по 120 кг.¹

3. Статический расчет

Вал, поддерживающий сетку, нагружен:

1. Вертикальным усилием от сетки.....	$g_1 = 98 \text{ кг/п. м.}$
2. Собственным весом.....	$g_2 = 30 \text{ кг/п. м.}$
Всего	$\Sigma g = 128 \text{ кг/п. м.}$

Изгибающий момент:

$$M = \frac{g l^2}{8} = \frac{128 \times 6,5^2 \cdot 100}{8} = 67700 \text{ кг/см.}$$

Напряжение в перекладине:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{67700}{1534} = 44 \text{ кг/см}^2$$

W — момент сопротивления, равный для бревна диаметром 25 см = 1534 см³

Крутящий момент на одной стороне

$$M_{\text{кр}} = \frac{98 \times 12,5 \times 6}{2} = 3680 \text{ кг/см.}$$

Напряжение на кручение

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3} = \frac{16 \times 3680}{3,14 \times 25^3} = 1,2 \text{ кг/см}^2,$$

т. е. весьма незначительно.

Напряжение на смятие в подшиннике

$$Z = \frac{p}{d \cdot l} = \frac{128 \times 3}{20 \times 30} = 0,64 \text{ кг}$$

¹ Для первой шпоры, находящейся в более тяжелых условиях работы, количество и вес якорей необходимо увеличить до 6 штук, также желательно увеличить толщину проволоки, удерживающей якоря.

Необходимое усилие для вращения вала при плече в 1, 10 м равно:

$$N = \frac{3860}{110} = 35 \text{ кг}$$

т. е. двое рабочих должны прикладывать усилие с грубым учетом коэффициента полезного действия подшипника, по 20 кг каждый.

Вследствие неточности в определении усилий, действующих на бревно, толщина бревна принята (с запасом) в 25 см, что не исключает в дальнейшем, если это будет доказано практикой, возможности уменьшить его толщину.

4. Сметные соображения

Стоимость сетчатой шноры длиной 42 м при глубине в реке 4 м можно ориентировочно считать следующей:

I. Материалы:

1. Лес круглый	6,4	×	85	—	544 руб.
2. Лес пиленный	3,85	×	105	—	405 „
3. Железо (болты)	365	×	0,60	—	219 „
4. „ (сетки)	400	×	0,60	—	240 „
5. Камень	0,3	×	50	—	40 „
6. Транспорт (ориентировочно)				—	500 „

Итого — 1.908 руб.

Начисления — 4% 76 „

Итого по I статье 1.980 рублей

II. Рабсила

Считая ориентировочно 50% от стоимости материалов 750 руб.

Итого = 750 руб.

Начисления 111% 832 „

Итого по статье II 1582 рубля

III. Лодки

Стоимость шести лодок по данным УВХ СССР

$$6 \times 750 = 4500 \text{ руб.}$$

Итого = 4500 руб.

Полная стоимость одной сетчатой шноры, состоящей из 6 лодок и 5 сеток = 8.062 рубля

Кругло = 8.100 руб.

На одном километре устанавливается около 7 больших и 7 малых шнор, на что потребуется ориентировочно 100.000 руб.

5. Заключение

1. Запроектированные сетчатые сквозные ограждения (шноры) имеют своим назначением не только защиту берега от размыва, но и закрепление полученных отмелей, дна и берега.

¹ При ином большем диаметре проволоки вес ее на одну шнору увеличивается. Также потребуется проволоки дополнительно для связывания камышовых снопов.

Плывущий в реке, особенно вдоль размываемого берега, в период высоких вод в изобилии мусор может быть уловлен теми же сквозными сетчатыми заграждениями из проволоки и использован не только как строительный материал для сеток заилителей, но также и для закрепления отмелей дна и берега.

В дальнейшем мусорный туюфак может быть использован как основание для шпор и дамб полупостоянного типа.

2. В периоды отсутствия в реке мусора затенение сеток производится путем прикрепления к сетке специальных матов из камыша или веток, а закрепление отмелей камышевыми или хворостяными коврами-матами, прикрепленными к подобным же сквозным сеткам с якорями.

3. Стоимость защиты одного километра берега сетчатыми заграждениями по предварительным данным со 100% потерей снарядов обходится 100.000 руб. На закрепление километра отмели дополнительно потребуется около 100 тысяч руб., т. е. один километр защиты берега обходится около 200.000 руб.

4. В условиях Аму-дарьи, где русло крайне легко размывается и река часто меняет свое направление, представляется возможным в период хода шуги использовать предлагаемые сквозные заграждения для создания искусственных береговых зажоров с целью переформирования русла и тем самым предохранить берега от дальнейшего размыва.

5. Предлагаемую конструкцию сетчатых заграждений считаем возможным применять в первую очередь на берего-защитных и берего-укрепительных работах на Аму-дарье, в низовьях Сыр-дарьи и Чирчика с дальнейшим уточнением как элементов расчета, так и стоимости сооружений.

Водовыпуски на распределительной и мелкой сети

Введение

В период первой пятилетки на территории Средней Азии построено значительное число гидротехнических сооружений на землях как нового, так и старого орошения.

Массовое развертывание строительных работ в этот период вызвало применение значительного количества типовых конструкций сооружений для мелкой (картовой и групповой) и распределительной сети. Изучение опыта работы этих сооружений может дать ценные выводы о достоинствах и недочетах той или иной конструкции их и внести коррективы в проектировочные нормы, а также дать методы выбора типовых сооружений, наиболее удовлетворяющих конкретным требованиям.

Развертывающиеся работы по переустройству инженерных систем обязательно предусматривают их оплуживание, почему выбор конструкций, оправдавших себя в работе, необходим. Нормально поставленная ирригационная эксплуатация требует правильного учета воды. Это требование можно удовлетворить приданием сооружению свойства водонепроницаемости. С точки зрения выполнения этого требования, необходим анализ работы выстроенных сооружений, для придания им свойства водонепроницаемости простыми, доступными в эксплуатации способами.

В последующем изложении мы приводим некоторые общие результаты обследования в натуре водовыпусков на мелкой и распределительной сети на некоторых системах Средней Азии (Атбашинской, Голодно-стенской, Дальверзинской, Кумкурганской, Исфайрам-шахимарданской и др.)

§ 2. Классификация обследованных сооружений

Конструкции сооружений, которыми оборудована мелкая и распределительная сеть обследованных систем, делятся на две основные группы — трубчатые и открытые.

По материалу — деревянные, кирпичные, бетонные, железобетонные.

По своему назначению — 1) выпуски из каналов старшего порядка в каналы младшего порядка, 2) узлы сооружений — подовыпуски, соединенные с перегораживающим сооружением, с различным числом

отверстий (от 2 до 6), 3) концевые вододелители, в которых вода канала старшего порядка распределяется между отходящими каналами.

В уздах сооружений применяются сочетания как трубчатых, так и открытых водовыпусков.

Расположение в плане водовыпусков весьма разнообразно. Желание сосредоточить в одном месте наибольшее количество точек выдела приводит к своеобразному плану („звездочки“).

На некоторых системах (Кумкурганская оросительная система) имеются объединения 3-4 выпусков при специальном отводе из питающего канала (см. рис. 1).

Щитовые устройства на сооружениях разделяются как по материалу (металлические и деревянные), так и по углу наклона щитов к полу сооружения (щиты вертикальные и наклонные).

По условиям истечения воды через сооружения имеем сооружения со свободным истечением и затопленные.

Наиболее употребительные размеры отверстий сооружений открытого типа: 1) выпуски в картовые оросители $b = 0,30 - 0,60$ м (меняясь через 10 см), 2) выпуски в групповые оросители от 0,60 до 1,20 м, 3) выпуски в распределители от 0,75 до 1,5 м.

Соответственно для трубчатого типа имеем: 1) для бетонных круглых труб для картовых оросителей $d = 0,40 - 0,60$ м, 2) для групповых от 0,60 — 1,0 м и для распределителей от 0,70 до 1,20 м.

Ниже в таблице приведены данные о пропускаемых расходах при различных размерах отверстий:

Открытые		Трубчатые	
Ширина в м	Расход в литрах	Диаметр в м	Расход в литрах
0,30 — 0,50	60 — 250	0,40 — 0,60	60 — 200
0,50 — 0,75	100 — 500	0,60 — 0,80	100 — 400
0,75 — 1,00	250 — 800	0,80 — 1,00	1.500 — 2500

В таблице указаны значения расходов как для затопленных отверстий, так и для не затопленных, чем объясняется широкий диапазон расходов, а также и перекрытие цифровых данных для различных размеров отверстий.

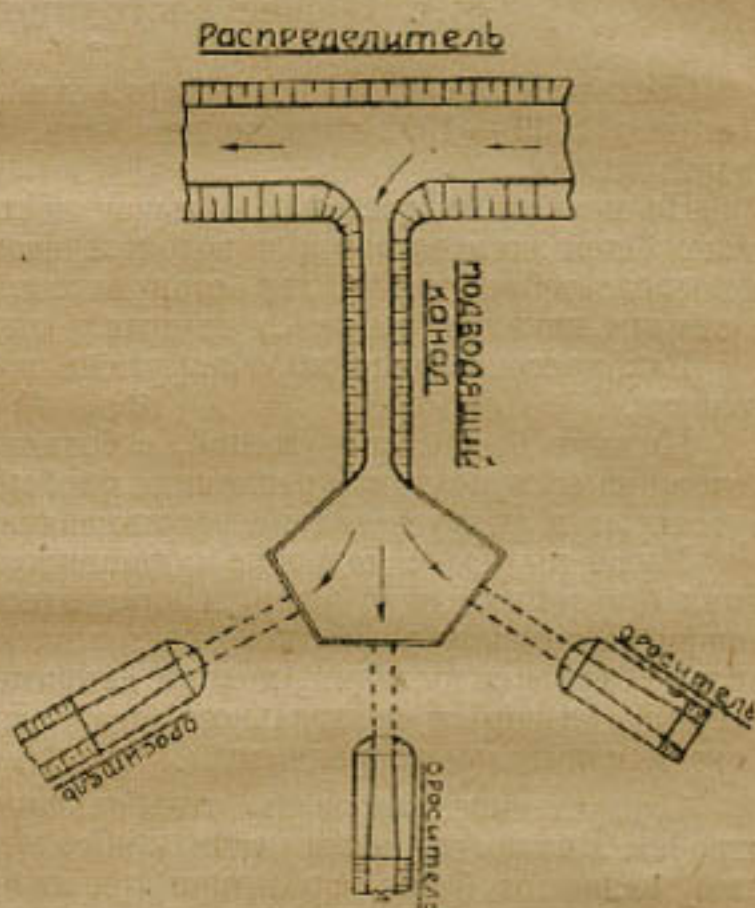


Рис. 1

Обычно расчетные ширины отверстий большие, чем показанные, разделяются на несколько пролетов, или труб.

Деревянные трубы преимущественно прямоугольного сечения, размерами от $0,25 \times 0,25$ до $0,50 \times 0,50$. Деревянные трубы в большинстве случаев не входят в состав узлов, являясь одиночными выпусками.

Обследованные сооружения имели почти все применяемые конструкции входа и выхода, как то: конуса, обратные наклонные стенки, косые плоскости.

§ 3. Общее состояние сооружений

Состояние обследованных сооружений, большей частью выстроенных в период 1929—1932 года, может быть, в общем, признано неудовлетворительным.

На некоторых системах большая часть сооружений непригодна для дальнейшей эксплуатации, и водопользователи берут воду из каналов непосредственно, минуя эти сооружения, возвращаясь, таким образом, к старым неинженерным („туземным“) способам водораспределения.

Как массовое явление, обнаружена порча затворов и подъемных устройств.

Нижние бьефы сооружений, в большинстве случаев, размыты. Предположенные проектом крепления рисбермы из местных материалов отсутствуют и разрушения не восстанавливаются.

Ниже мы более подробно остановимся на характерных повреждениях отдельных типов сооружений; здесь же необходимо указать на основную причину дефектного состояния сооружений — отсутствие правильной их эксплуатации, полное неприменение мероприятий по общему (охрана, надзор) и специальному поддержанию (планового, принудительного и капитального ремонта).

Следует констатировать, что большинство сооружений после их постройки лишаются почти каких-либо мероприятий по их поддержанию, являются безнадзорными и при явном вредительском отношении к ним (не без участия классового врага) приводятся в негодность.

Безнадзорность сооружений, отсутствие их правильной эксплуатации как в отношении их действия (правильное регулирование), так и в отношении их поддержания, чрезвычайно затрудняют оценку работы их, как конструкций.

Необходимы самые срочные мероприятия эксплуатационного порядка для ликвидации разрушения сооружений. Некоторые из этих мероприятий мы приводим ниже.

§ 4. Типичные повреждения деревянных водовыпусков

Деревянные сооружения применяются как временные конструкции, рассчитываемые на срок службы до 5 лет. Однако, в условиях обследованных систем сооружения значительно ранее этого срока приходят в полную негодность, преимущественно в силу порчи сооружений населением. Массовое приведение деревянных сооружений в негодность наблюдается на новых системах в период первоначальной эксплуатации, особенно зимой. На территории вновь осваиваемых земель, при неправильном плане освоения, обычно нет топлива, и сооружения расхищаются. Особенно страдают сооружения, расположенные по близости от организуемых на вновь орошаемых массивах населенных мест и около дорог.

Необходимо вести разъяснительную кампанию и издавать популярные брошюры; одной из таких брошюр является выпуск Саянских «Относьсь бережно к гидротехническим сооружениям на ирригационной сети».

Расстояние между сваями, поддерживающими боковые стенки деревянного сооружения, обычно определяется из расчета передачи давления земли через схватку на сваи другой стенки. Эти схватки наиболее легко обрубить. В силу этого сваи несут нагрузку значительно более расчетной, происходит крен боковых стенок.

В большинстве сооружений отсутствуют щиты, ибо они также представляют достаточно портативный материал. Отсутствие запасных щитов, или леса на изготовление новых, заставляет население производить регулирование поступающего расхода путем укладки хвороста, травы. Отверстие, при прекращении пропуска воды через сооружение заделывается перемычкой из земли, берущейся в непосредственной близости от сооружения. При открытии перемычек флютбет приводится в негодность ударами бегемота, резервы для перемычек создают возможность обхода сооружения водой, понижают его устойчивость, портят канал.

Строительные дефекты обследованных сооружений сводятся к следующим:

1. Недоделки отдельных частей сооружений, часто отсутствие крепления рисбермы, или неудовлетворительное производство работ по креплению рисбермы из местных строительных материалов. Это приводит к быстрому размыву нижнего бьефа сооружения.

2. Недостаточная глубина забивки свай.

После пуска воды — сооружение получает крен, в результате нарушается параллельность пазов, маневрирование щитом становится невозможным.

3. Недоброкачество лесных материалов — употребление сырого леса, или обладающего свилеватостью и косослоем.

Опыт работы деревянных сооружений в условиях правильной эксплуатации (надзора и своевременного ремонта) показывает возможность их использования в течение более длительного периода, чем считаем обычно предельным (3—5 лет). Например, Нарпайская ирригационная система в период строительства (переустройство с расширением канала и ошлюзование) была разделена на четыре строительных участка. Концевая часть канала Нарпай (4-й участок) находится в эксплуатации совхоза НКВД — «Нарпай». Вся сеть совхоза оборудована деревянными сооружениями, находящимися в вполне удовлетворительном состоянии, полностью выполняющими свое назначение. Эти сооружения были построены почти одновременно с сооружениями на трех остальных выше лежащих участках. На этих участках сооружения приведены в полную негодность, почти все заброшены, и население ими не пользуется.

В таком же плачевном состоянии оказались деревянные сооружения на сети совхоза Ангар в 1934 г.

Сооружения постоянного типа

Типичные повреждения «постоянных» сооружений — бетонных, железобетонных, кирпичных, сводятся к следующему:

В входной части:

а) Разрушение конусов. В вододелителях на распределителях Саянской ирригационной системы почти все бетонные конусы, играющие роль сопряжения узла с каналом в верхнем бьефе, имеют трещины,

оползания, а часть из них совсем разрушена (напр. Р—10). Конусы выпусков Голодноостепской системы (бетонные, каменная отмостка) во многих случаях имеют к настоящему времени дефекты, а частью полностью разрушены. Трещины в конусах, подмывы их в районе Р—7, Р—8, Р—9 Атбашинской ирригационной системы и т. д.

б) Несколько в меньшей степени встречается подмыв верхнего зуба как например, подмыв верхового зуба на глубину 0,65 м в узле на канале Ходжа (Шаариханской ирригационной системы), подмыв верховых зубьев трубчатых водовыпусков в распределителе из канала Савай на глубину от 30 до 50 см.;

в) Разрушение подпорных стенок из-за обхода их водой, примером чего могут служить кирпичные выпуски Кумкурганской ирригационной системы (развалились, так как подмыты; и, кроме того, был применен плохого качества как кирпич, так и раствор) разрушения стенок выпусков по Р—8 Атбашинской ирригационной системы.

В водобойной:

а) Разрушение дна (флютбета) и креплений откосов, как массовое явление, наблюдается на системах, на которых отсутствует должная постановка эксплуатации и качество строительных работ при постройке самого сооружения было неудовлетворительно. Так, например, на Савайской ирригационной системе более 70% всех сооружений на распределителях (кроме оголовков распределителей) в 1935 г. имели только одни подпорные стенки с отверстиями в них. Водобойная часть за этими стенками, выполненная бетонной, почти совсем исчезла, и лишь только отдельные осколки флютбетов, сохранившиеся в нижнем бьефе, свидетельствуют о прежнем существовании укрепления водобоя в этих сооружениях. За отверстиями (в подпорных стенках) образовались ямы глубиной до 0,50 м.

На канале Чуджа (Шаариханская ирригационная система) концевой вододелитель, состоящий из 4 труб диаметром 0,60 м каждая, из-за плохой подготовки основания под сооружением и из-за разрушения водобоя разрушился совсем в 1934 году. Все трубы вследствие подмыва провалились в образовавшиеся ямы и сооружение в 1935 году пришлось восстанавливать.

На Дальверзинской ирригационной системе выпуск в распределитель Х-8-1 (из узла распределителя Х-8), в виде быстротона после отверстия в подпорной стенке, оказался висающим в воздухе (подмыт), вследствие чего дно быстротона во многих местах провалилось.

На Голодноостепской системе за выпуском М-3-а, имеющим ширину $b=0,60$ м, вследствие разрушения водобоя, произошло разрушение дна и откосов канала на протяжении 5,5 м и лишь только после этого расстояния (5,5 м) канал имеет нормальный вид.

Вследствие разрушения водобоя за трубчатыми выпусками Кумкурганской оросительной системы, часть выпусков в картовые и групповые оросители представляют собой торчащие в воздухе трубы, удерживаемые одним концом в подпорной стенке и на половину длины трубы подмытые с нижнего бьефа (снизу и с боков). Такую поразительную картину эти выпуски представляли собой по распределителю Р-8, по распределителю и групповым оросителям Р-10. (рис. 2).

б) Разрушение рисбермы на сооружениях — еще более часто встречающееся явление, причиной которого служит, главным образом, слабый надзор за сооружениями. Эта часть сооружения выполняется обычно из местных строительных материалов и требует не только систе-

матического наблюдения над состоянием, но и частого ремонта. Особенно сильно разрушается рисберма за водовыпусками, работающими со свободным истечением. Здесь примеров можно привести множество. Так,

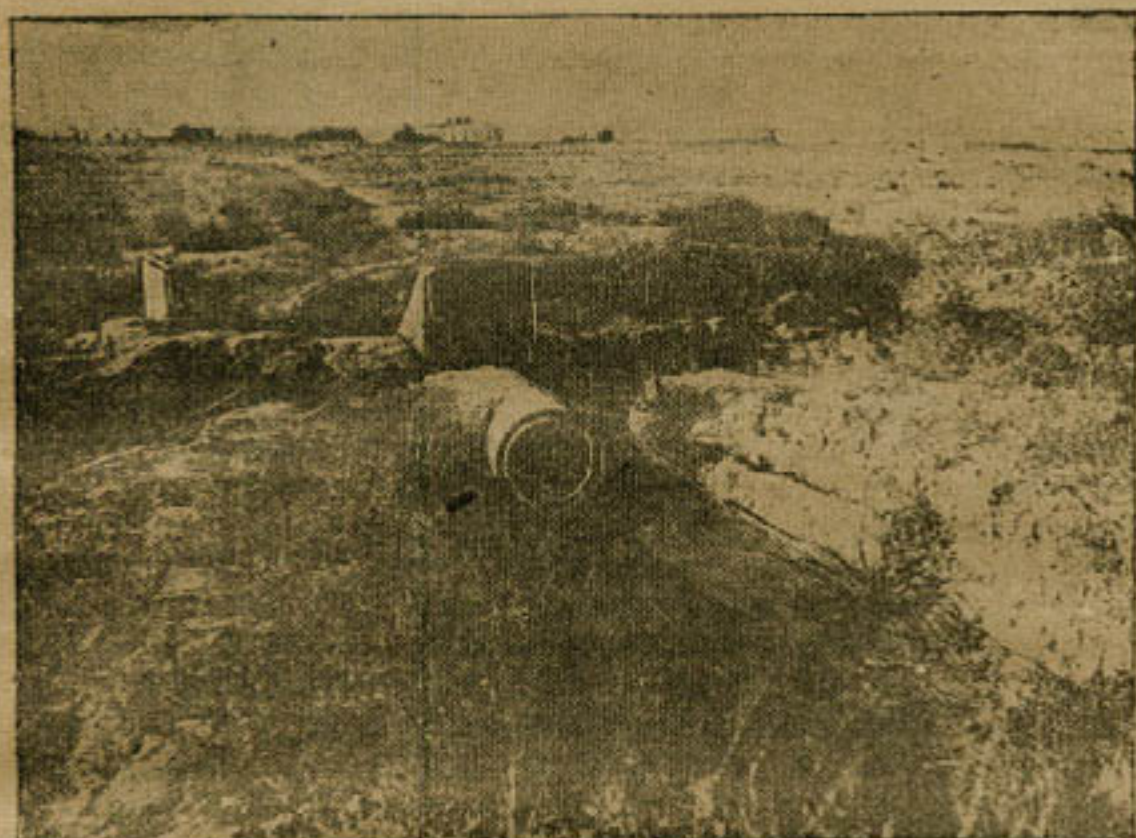


Рис. 2

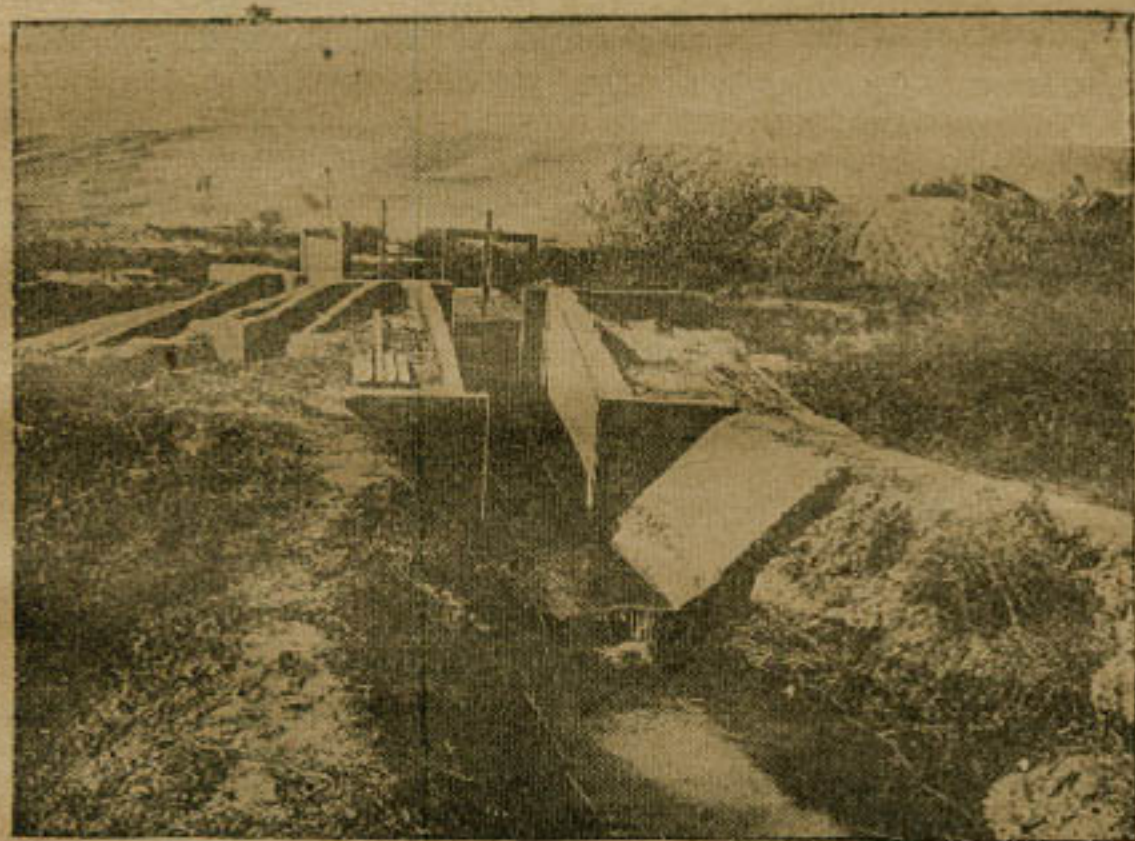


Рис. 3

за всеми трубчатыми выпусками в распределители из правой ветки Дальверзинской ирригационной системы, почти как правило, разрушена рисберма и водобойная часть подмыта. На тех же распределителях, за

перепораживающими сооружениями, из отверстий которых происходит истечение в атмосферу, рисберма разрушена. Такая же картина на многих выпусках по левой ветке.

По распределителю Хас-яз той же системы за водобойной частью трубчатых выпусков образовались ямы глубиной до 0,60 м, с распространением подмыва под одежду водобоя до одного метра (распределитель X-15).

По Кумкурганской системе характерен вододелитель на Р-8 (за земляным дюкером), в котором за водобоем (с истечением из отверстия в атмосферу) образовались ямы глубиной до метра и подмыта одежда водобоя (рис. 3).

Разрушение рисбермы сооружений происходит быстрее в тех случаях, когда они расположены на грунтах, легко размываемых (лесс, супесчанник и особенно на просадочных грунтах). Даже на системах, имеющих галечные русла в каналах, как например система Исфайрам-Шахмардан, тоже по целому ряду сооружений на сети наблюдается размыв в нижнем бьефе, хотя следует указать, что там он укрепляется, главным образом, галькой и булыжной мостовой.

Необходимо отметить, что разрушению сооружений в нижнем бьефе в большой мере способствует недостаточное гашение энергии в водобойной части, что переносит зону перераспределения скоростей (от состояния бурного к равномерному режиму) не только на рисберму, но и на участок с земляным руслом канала. В результате происходит размыв земляного русла, затем рисбермы, а дальше начинается подмываться и само сооружение.

Недостаточное гашение энергии является следствием неправильно назначаемых размеров водобоя, что существенно сказывается на работе и состоянии сооружений. Кроме того, не всегда удачно выбирается форма сопряжения сооружения с земляным руслом, происходит сосредоточение выходящих струй и более интенсивный размыв. И, наконец, еще одно обстоятельство, способствующее разрушению отдельных частей сооружений—это, с одной стороны, перегрузка каналов расходами, большими расчетных, и с другой, неправильный учет коэфф. шероховатости (при проектировании задается коэффициент шероховатости больший, чем затем оказывается в натуре). Поэтому часто наблюдается движущийся перепад вверх по каналу, который приближается к сооружению и разрушает его.

Из конструктивных недостатков во входной части выпусков должен быть отмечен следующий: во многих случаях отверстия выпусков не сопрягаются плавно с откосами дамб, вследствие чего при острых граничных углах во входе в отверстия появляются дополнительные завихрения и дополнительное сжатие в отверстиях, при работе его без щита. Закругленные края и плавное сопряжение с откосами дамб улучшают условия входа в отверстие.

§ 6. Работа щитовых и пазовых конструкций

Назначение щитов, поставленных на любом сооружении, заключается в регулировании проходящего в отверстие расхода и полного закрытия этого отверстия, если вода туда не должна поступать.

Существующее состояние постановки эксплуатации сооружений на сети систем приводит к тому, что эта важная часть сооружения не может полностью выполнять возлагаемую на нее задачу. Так, во многих случаях металлические рейки, служащие для ручного подъема щитов, изгибаются настолько (Дальверзинская ирригационная система), что не дают возможности производить точное регулирование проходящих рас-

ходов, и сам процесс под'ема и опускания щитов становится невозможным. Деревянные рейки щитов, служащие для той-же цели (под'ем и опускание), часто ломаются (Кумкурганская оросительная система), что совсем затрудняет маневрирование щитами. Часто теряются (или сознательно уничтожаются населением), болты, отдельные скрепляющие части под'емных механизмов (Исфайрам-Шахимарданская система), сгибаются под'емные винты, сбивается винтовая нарезка. Кроме этого, разрушаются металлические стойки, служащие продолжением укрепления пазов, отламываются поперечины, на которых располагаются под'емные механизмы (Дальверзин — Кум-курган).

Все это приводит к невозможности в необходимой мере производить регулирование расходов. Отсутствие же стоек, в которых движутся щиты, еще более усложняет вопрос закрепления щитов на определенной высоте открытия. Так, например, щиты водовыпусков на сети Савайской ирригационной системы укрепляются при помощи клина, вбиваемого между стенкой паза и щитом. Многие системы фактически совершенно не имеют щитов на сооружениях.

Характерным для большинства сооружений является наличие фильтрации под щитами, что объясняется отсутствием уплотняющих устройств, неточной пригонкой отдельных частей, а также повреждениями как самих щитов (выбивание нижних досок у деревянных щитов), так и пазовых конструкций. Существующая фильтрация увеличивает потери на системах. Так, например, по Голодностепской системе на выпуске Л-13 (трубчатый) при пропускаемом расходе в 600 литров—фильтрация достигала 100 л/сек., что обнаружено специальным замером; на той же системе на выпуске С-14 и при пропуске расхода в 900 литров, фильтрация достигала 227 л.

Здесь это явление объясняется несоответствием размеров щита и пазовых конструкций, вследствие чего происходит перекос щитов, а следовательно, и фильтрация.

Почти на всех сооружениях на сети систем Ср. Азии фильтрация через щитовое устройство имеется, хотя в некоторых случаях она выражается долями литра. При значительном количестве сооружений, в сумме результат становится ощутительным. В последующем проектировании и строительстве устройства пазовых конструкций должны быть улучшены.

Сравнивая конструкции вставных и приставных щитов, следует указать, что конструкция приставного щита, удерживаемого в определенном положении только давлением воды со стороны верхнего бьефа, является менее удачной. Вставной щит не всегда встает на свое место в сооружении, особенно когда изогнута под'емная рейка и малый напор перед щитом. Здесь фильтрация всегда возможна (Дальверзин, Кум-курган).

Также менее удачна и дороже (по сравнению с вертикальными щитами) конструкции наклонно расположенных щитов. Длинные стойки, длиннее и легче сгибаем винт, более труден под'ем щита. Последнее обстоятельство имеет существенное значение и эксплуатирующие организации явно указывают на это.

Обивка деревянных щитов по всей площади котельным железом, как это сделано на Кумкурганской оросительной системе, значительно увеличивает вес щита (иногда в 4—5 раз) и удорожает строительство. В то же время в этом нет такой необходимости, так как только деревянный, или только железный щиты, при соответствующем надзоре над ними, в одинаковой степени могут выполнять свое назначение.

§ 7. Работа сооружений при расходах твердого стока

Наличие наносов, проносимых потоком через сооружения (водовыпуски), часто оказывает весьма существенное влияние на работу последних. Это влияние сказывается, главным образом, на уменьшении пропускной способности отверстий сооружений при их заилинии, а также и на целостности отдельных частей примененных конструкций (истирание отдельных частей).

Заилинию сооружений в большей степени способствует явление заилиния каналов и это часто является основной причиной уменьшения пропускной способности отверстий водовыпусков. На незаиляемых же каналах наносы, проносимые потоком, часто не оказывают никакого влияния на работу сооружений. Явление заилиния сооружений имеет место на большинстве ирригационных систем, независимо от типа, размера отверстий и проносимых фракций наносов. Это заилиние отверстий бывает настолько велико, что они оказываются совершенно закрытыми и проход воды через них прекращается. Так, в 1932 г. Управление Кугартсайской ирригационной системы вынуждено было заменить трубчатые выпуски из левой магистрали в распределители выпусками открытого типа, так как отверстия труб в период паводков оказывались полностью забитыми галькой, гравием и песком, и движение воды через них прекращалось. Замененные выпуски (на распределителях Джанаршейх, Султан-ходжа, Чулак-терек, Дам и друг.) имели диаметр отверстий от 0,5 до 0,75 м с пропускаемыми расходами 0,70, 0,100 м³/сек. (замена трубчатых выпусков открытыми произведена из-за значительного удобства очистки последних от наносов). В 1935 г. выпуск в распределитель Назар-махрам из канала Чуджа (Шаариханская ирригационная система), состоящий из 3 труб диаметром 0,85 м каждая (с наклонными шитами) и пропускающий расход до 3 куб. метров в секунду, из-за заилиния вышел из строя. Все три трубы оказались полностью забитыми наносами (галька, песок), при чем дно канала за трубами поднялось до уровня верхней отметки отверстия труб. Сооружение в самый горячий поливной период было заброшено, а выше него, из канала Чуджа был сделан новый выпуск, но оборудованный инженерным сооружением.

По наблюдениям 1935 г. на Голодностепской системе распределитель Л-5 и Л-7, оборудованные трубчатыми выпусками прямоугольного сечения, размером 1,25 × 1,25, оказались в условиях почти полного заноса труб наносами и прекращения подачи необходимого расхода по ним.

Явление заилиния отверстий водовыпусков открытого типа песком наблюдалось в 1934 г. в большой степени по распределителям Р-6, Р-7 Атбашинской ирригационной системы. Особенно сильно страдают от заилиния сооружения мелкой сети (выпуски в картовые оросители и концевые сооружения групповых оросителей), имеющих малые уклоны (тысячные и десятитысячные), мелкие фракции наносов (в пределах 0,01 до 0,25 мм) и малые пропускаемые расходы (от 40 до 100 лит/сек.).

Большинство открытых картовых выпусков Кумкурганской оросительной системы, имеющих размер отверстий от 35 до 60 см для подачи в них необходимых расходов (до 100 литров), требуют не только прочистки каналов и отверстий сооружений, но даже постановки искусственных перемычек на питающих каналах для увеличения напора. Многие трубчатые выпуски в картовую сеть Дальверзинской ирригационной системы также оказываются сильно заиленными и требующими для пропуска необходимого расхода или прочистки отверстий, или создания повышенного напора.

Трубчатые выпуски в карттовую сеть и концевые сооружения той же конструкции, имеющие диаметр отверстий 0,40 до 0,60 м и большую длину от 2 до 4 м (когда выпуски служат одновременно и мостами на дорогах, как, например, на Дальверзинской ирригационной системе) при очистке от занесений наносами находятся в значительно худших условиях, нежели выпуски открытого типа (очистка труб в этом случае сложна и сопряжена с большой потерей времени).

Большое значение при заилении отверстий сооружений оказывает отсутствие щитов на них, вследствие чего прокрашивание доступа воды в отвод достигается путем устройства перемычки в отводе сразу за сооружением. Вывешенные наносы из попадающей в сооружение воды (до перемычки) быстро выпадают, и сооружение заиляется. При пропуске воды в отвод требуется не только уничтожение перемычки, но часто и изъятие осевших наносов.

Уменьшение пропускной способности сооружений происходит не только при заилении самого отверстия сооружения, но и при отложении наносов перед отверстием, особенно в тех узлах, в которых плуэв регулятор не имеет соответствующего напора для промыва образовавшихся отложений; кроме того, отлагающиеся наносы за отверстием (в канале на рисберме), повышают отметку дна и уменьшают величину действующего напора.

Энергичное выпадение наносов в верхнем бьефе водовыпуска, входящего в состав узла, происходит в том случае, когда наличие узла сильно изменяет режим потока питающего канала в сторону уменьшения скоростей. При большом количестве отверстий и при значительном уширении канала в районе сооружения, это явление сказывается в большой степени, особенно в том случае, когда не все отверстия одновременно работают (уменьшение скорости в верхнем бьефе узла и энергичное выпадение взвешенных наносов и остановка донных).

Конструкция забора воды из распределителя для группы оросителей, примененная на Кумкурганской оросительной системе (рис. 1), должна быть признана неудачной, т. к. благодаря резкому уширению подводящего участка канала в верхнем бьефе (в коробе) узла сооружения, наличие малых уклонов и малых скоростей — созданы условия для быстрого выпадения наносов (по типу отстойника).

Заиление отверстий сооружений и каналов происходит в основном донными наносами. Отводы, расположенные под углом (прямым и острым) к питающему каналу, забирают воду, главным образом, из нижних слоев потока, так как перед отводами в верхнем бьефе возникает поперечная циркуляция с усиленными донными токами в отвод. В силу этого, отвод забирает увеличенный процент донного наноса, не пропорционально забираемому расходу, при чем, для различных углов расположений отводов по отношению к питающему каналу (прямым и острым) и различных условий входа в отверстия (наличие порога и без порога, плавный вход и не плавный), процент захвата наносами различен. (При расположении отвода под прямым углом — наносов в отверстие попадает больше, нежели в отвод, расположенный под острым углом). Явление попадания увеличенного количества наносов (не пропорционально забираемому расходу) в отвод из питающего канала в настоящее время является вполне доказанным и не вызывающим сомнения.¹

¹ См. Проф. Егизаров — „Гидроэлектрические силовые установки“ — ч. II, изд. „Опыты Булле“ Исследования в гидравлической лаборатории С а н и р и

Таким образом, процент насыщенности наносами потока в отвод получается больше, нежели в участке питающего канала, расположенного по течению ниже отвода.

В потоке отвода, несущего наносы, выпадение наносов происходит тогда, когда элементы потока отвода (скорость и расход) меньше элементов потока питающего канала. Здесь наносы могут останавливаться сразу за сооружением, а также и в самом сооружении. Если скорости в отверстии водовыпуска окажутся значительно меньшими скоростей питающего канала, то наносы (особенно крупные) будут осаждаться тут-же, при входе в сооружение. В этом случае будет иметь место явление „забраивания“ отверстий сооружения. При расположении отвода под острым углом оси питающего канала — в отверстие отвода (сооружения), в некоторой степени сохраняется интенсивность потока источника питания, что может создать условия проноса наносов через сооружение в канал при наличии соответствующей скорости (или действующего напора). При расположении отвода под прямым углом к оси источника питания — возможно (и значительно чаще, нежели в первом случае) выпадение и остановка наносов в самом отверстии.

Примером этого могут служить водовыпуски, расположенные на распределителях Исфайрам-Шахимарданской системы, в которых при величине отверстия открытого выпуска $b=0,5$ м и $b=0,75$ м. при действующем напоре $z \approx 20$ см при расположении выпусков под прямым углом к оси источника питания, галька диаметром от 2 до 8 см оставалась в сооружении (выпуск из переброса Янги-сай), и при расположении под острым углом (действующий напор $z=20$ см) все проносилось в канал (выпуски на распределителе Гарымган).

Весьма характерным примером в этом случае является узел на 10-м пикете канала Балдай Вахшской ирригационной системы. Узел состоит из перегородивающего сооружения на канале, сброса в правую сторону и трех трубчатых выпусков (d — от 0,5 до 0,75 м) в левую. Верхний (по течению) трубчатый выпуск расположен под прямым углом к оси канала Балдай, средний — под углом ($\approx 50^\circ$), а нижний под острым углом ($\approx 30^\circ$). После полуторамесячной работы этого узла, верхний выпуск был полностью забит наносами (песком), средний оказался забитым меньше, а самый нижний мог еще пропускать расход до 100 л/сек. (отверстия рассчитаны на расход до 250 л/сек).

Таким образом, влияние угла расположения отвода в этом случае явно сказалось. В результате заиливания отверстий выпусков — выше узла в 40 метрах, был прорыт новый канал, для временного подпитывания трех выпусков.

Так как наличие проносимых потоком наносов (особенно, донных) сказывается не только на работе сооружений, но и на состоянии каналов систем, которые из-за сильного заиливания требуют иногда многократной очистки в течение года (в противном случае, пропускная способность каналов понижается), следует в дальнейшем предусматривать меры борьбы с возможным попаданием наносов в каналы (фракций от 0,5 мм и крупнее). Эта борьба с наносами может осуществляться или путем работы сбросов (там, где это возможно), или задерживанием их в отдельных участках каналов систем (по типу отстойников, с периодической промывкой, или механической очисткой их от отложений). Данная проблема — борьба с наносами на системах должна быть активизирована в работах научно-исследовательских институтов. Не имея в настоящее время разработанной теории борьбы с наносами на системах, находящихся в различных условиях, с фактом наличия наносов в каналах систем при-

ходится считаться и учитывать их влияние на работу гидротехнических сооружений на сети.

Влияние наносов на истирание отдельных частей сооружений не оказалось столь существенным в рассматриваемых сооружениях, как заиление отверстий, но все же должно быть отмечено. Это явление наблюдается, главным образом, на системах, в которых движущимися наносами являются галка, песок. Истиранию подвергаются больше всего флютбеты сооружений, как это наблюдалось на водовыпусках открытого типа Исфайрам-Шахимарданской системы, Кугартсайской. Здесь флютбеты сооружений уменьшились в толщине от одного до 5 см (что с течением времени может сказаться на устойчивости самого сооружения). На некоторых водовыпусках Исфайрам-Шахимарданской системы (в частности, на выпусках из распределителя Чорымган, работающих со свободным истечением) истирание достигает 8—10 см. На системах с мелкими фракциями донных наносов (мелкий песок) явно выраженного истирания частей сооружений не наблюдалось.

§ 8. Сравнение работы трубчатых конструкций и открытых

Сравнивая работу трубчатых конструкций и открытых, следует отметить, что и та, и другая группы сооружений имеют свои достоинства и недочеты.

Прежде всего, характерным является следующее явление: на каналах, где скорости достигают значений близких 1,5 м/сек., чему соответствует галечное русло в каналах (Исфайрам-Шахимардан, Кугарт), отверстия сооружений характеризуются относительно малыми высотными размерами по сравнению с шириной. Это обстоятельство исключает собой применение трубчатых выпусков на каналах с подобными значениями скоростей и заставляет пользоваться только выпусками открытого типа. В большей степени это сказывается на одиночных выпусках, не входящих в состав узлов. Так, например, на Исфайрам-Шахимарданской системе и Кугартской все водовыпуски (на Кугартской, кроме одного) выполнены открытого типа.

Вторым характерным моментом, который следует иметь в виду при сравнении работы трубчатых и открытых выпусков, является наличие проносимых наносов. Трубчатые выпуски малых диаметров (от 0,40 до 0,50 м) заиляемые — много теряют по сравнению с открытыми выпусками, работающими в тех же условиях, так как очистка их значительно сложнее и сопряжена с большой потерей времени.

При малых наполнениях в каналах — открытые выпуски имеют преимущество перед трубчатыми круглого сечения, так как живое сечение их оказывается в этих условиях больше, а поэтому, при недостатке воды в каналах, рассчитанных на большие наполнения, трубчатые выпуски потребуют искусственного повышения напора.

В остальных условиях (кроме перечисленных) как трубчатые, так и открытые конструкции, почти в одинаковой степени могут существовать и работать. Обе эти группы сооружений могут работать при малых значениях перепадов, исчисляемых иногда в миллиметрах (в последнем случае допустимы только взвешенные фракции наносов), при чем, при повышении степени подтопления, значения коэффициентов расхода для открытых понижаются, а для трубчатых затопленных не уменьшаются. (Трубы в этом случае приобретают всасывающее свойство насадок).

При больших глубинах в источниках питания и необходимости вывода малых расходов в картовые оросители — преимущество на стороне трубчатых выпусков, так как последние могут быть заглублены в тело дамбы, что иногда не требует дополнительных мостовых устройств.

§ 9. Работа сооружений в зависимости от уклонов и скоростей

Настоящий раздел требует сравнения работы однотипных конструкций в зависимости от различных значений уклонов и скоростей в каналах. Не приводя здесь таблиц значений коэффициентов, характеризующих пропускную способность отверстий сооружений (при различных расположениях сооружений в плане, изменяющихся значений скоростей, как в верхнем бьефе, так и в нижнем, при различных условиях затопления — что будет дано в дополнительном сообщении) укажем, что изменение величины скорости источника питания сказывается на пропускной способности отверстия сооружения и, в первую очередь, на увеличении степени сжатия потока при входе в отверстие при возрастании скорости. Увеличение сжатия влечет за собой уменьшение пропускной способности сооружения и требует для возрастания расхода повышения напора.

Произведенные наблюдения показывают, что при переходе от скорости (в потоке верхнего бьефа) равной 0,60 — 0,70 м/сек. к скорости 1 — 1,50 м/сек. значение величины коэф. сжатия понижается от 0,90 — 0,95 до 0,60 — 0,70, что при одинаковых значениях напора для двух сооружений, работающих в разных указанных условиях (при идентичных условиях входа в отверстие) изменяет значение забираемого расхода на 20 — 25%.

Постановка перегородивающего сооружения улучшает несколько условия водозабора, но при повышенных скоростях струи, отражающиеся от поперечного преграждения, также стесняют поток, входящий в отвод, создавая сжатие с двух сторон.

Использование сооружений в целях учета проходящих по ним расходов

Использование водовыпусков, как водомеров, может быть осуществлено путем тарировки их, которая включает в себе получение зависимостей между отдельными элементами потока и конструктивными размерами отверстий — расход, напор, размер отверстий, коэффициент расхода.¹ Тарировка сооружений на ирригационных системах Средней Азии до настоящего времени производилась, главным образом, в порядке опытных работ, с целью выяснения возможности применения таковой в вопросах учета воды. Так, Санири в 1933 году на Исфайрам-Шахимарданской системе протарировало 6 сооружений, в Голодной степи 5. В 1935 году, по предложению Упрагола, С а н и р и произведена тарировка 30 сооружений как открытого, так и трубчатого типа. В 1933 году Зердолводхозом протарировано 8 сооружений по Цайарыкской системе.

Результаты проведенных работ показывают, что этот метод учета воды дает возможность в каждый момент указать величину проходящего расхода с точностью до 5%, что вполне удовлетворяет требованиям эксплуатационной гидрометрии.

Кроме того, результаты работ указывают, что для получения необходимой высокой точности получаемых результатов весьма существенное влияние оказывает явление непостоянства истечения в отверстиях в сторону уменьшения точности. Так, например, нагромождение наносов в канале за сооружением увеличивает подпор потока и изменяет величину перепада для затопленных отверстий (а, следовательно, и коэффициент расхода). Подпоры, вызываемые постановкой всякого рода временных преграждений в верхнем и в нижнем бьефах (для улучше-

¹См. Инструкцию по тарировке.

ния условий водозабора) также изменяют зависимость между элементами потока; это вызывает частое введение поправок как в произведенную тарифовку, так и в получаемый результат.

Метод учета воды непосредственно самими сооружениями должен получить применение на системах, но, вместе с тем, это требует (для повышения точности получаемых результатов) создания условий постоянства характера истечения, или во всяком случае, не нарушения такового (например, постоянная и достаточная затопленность отверстия).

Метод выбора конструкций

Ограничиться одним исходным положением при расчетах отверстий водовыпусков (независимо от применяемой конструкции), а именно—устанавливающейся глубиной в каналах, в настоящее время недостаточно, хотя этот момент являлся основным в проектировочной практике предыдущих лет. Кроме этого условия, следует иметь в виду данные о скоростях в каналах, а также и характеристику проносимых наносов. Первое из дополнительных условий, дает возможность выбора и соответствующей постановки в заданных условиях необходимой конструкции сооружения с получением требуемой пропускной способности отверстия (уменьшения коэффициента сжатия, увеличения коэффициента расхода и, следовательно, получения наименьших размеров отверстия).

Второе дополнительное условие предупреждает возможный занос отверстий наносами, а следовательно, преждевременный выход работающего сооружения из строя. Исходя из этого, все каналы ирригационных систем, на которых располагаются сооружения, могут быть грубо подразделены на следующие три группы, в зависимости от скоростей устанавливающихся в них, и фракций наносов, проносимых при этом:

а) каналы со скоростями менее 0,80 м/сек. и влекомых фракций наносов от 0,01 до 0,25 мм;

б) каналы со скоростями в пределах от 0,80 м до 1,5 м/сек. и фракций наносов от 0,25 мм до 1 см;

в) каналы со скоростями более 1,5 м/сек. и фракций наносов от 1 см до 8 см (галка).

Подобное подразделение каналов на группы дает возможность отнести любую систему в целом, или по частям, в соответствующую группу, где назначение применимых конструкций сооружений должно быть строго выдержано. Кроме того, такая градация по группам одновременно дает и некоторую характеристику условиям местности, а именно—представление об уклонах (рельеф), гидрологии русла и грунтовых условиях.

Группа „а“ относится к системам долинным, имеющим малые уклоны в каналах и мелкие фракции проносимых наносов (например, системы Дальверзинская, Голодностенская).

Группа „в“ относится к системам, расположенным в предгорных районах, имеющих относительно большие скорости в каналах и крупные фракции проносимых наносов (например, системы Кугартсайская, Исфайрам-шахимарданская).

Группа „б“ относится к системам промежуточной категории.

Конструкции сооружений, применимые по группам

Группа „а“. В концевых узлах групповых оросителей применимы выпуски только открытого типа, так как трубчатые выпуски из-за малого диаметра отверстий сильно затрудняют очистку последних от на-

посов. Если все отверстия узла работают одновременно, число отверстий может быть доводимо до 4—5, в противном случае следует делать не более 3 отверстий. Ось выпуска может быть расположена под любым углом к оси группового оросителя. Узел со стороны верхнего бьефа (коробка) должен иметь минимально возможные размеры.

Самостоятельные выпуски в картовые оросители из групповых оросителей, а также присоединяемые к перегораживающим на групповых оросителях-могут быть выполняемы, если они работают с подтоплением со стороны нижнего бьефа, и трубчатыми, если они работают без подтопления.

Выпуски в картовые оросители непосредственно из распределителей могут быть выполнены как трубчатыми, так и открытыми.

Выпуски в групповые оросители из распределителей, самостоятельные и входящие в состав узлов, могут быть выполняемы как открытыми, так и трубчатыми. Применимость здесь трубчатых водовыпусков объясняется наличием больших перепадов (а, следовательно, и скоростей в трубах) по сравнению с концевыми узлами на тех же групповых оросителях.

Оголовки распределителей могут быть выполняемы открытого и трубчатого типа. Наличие действующего напора z , равного 0, 10 м, может создать условия проноса наносов через сооружения и каналы.

Группа „б“. За исключением концевых узлов на групповых оросителях, все выпуски могут быть выполняемы как открытого, так и трубчатого типов. Для проноса наносов перед сооружением необходим напор в пределах от 0,15 до 0,20 м.

Группа „в“. Сооружения этой группы характеризуются относительно малыми размерами высот по сравнению с шириной отверстий. Применимы выпуски только открытого типа. Расположение оси водовыпусков зон „б“ и „в“ может быть под прямым углом, а также и под острым. Наличие напора в пределах от 20 до 40 см обеспечивает пронос всех возможных наносов в распределителях и оросителях через сооружение.

Для улучшения условий водозабора на каналах зоны „в“ следует ставить перегораживающее сооружение на источнике питания.

§12. Существующие сооружения и неотложные эксплуатационные мероприятия

Помимо улучшения постановки эксплуатации существующих сооружений, систематического наблюдения над их состоянием и работой, необходимо в ближайшее время сделать следующие мероприятия:

1. Выполнить все недостающие части в сооружениях, явившиеся результатом недостройки.

2. Ликвидировать имеющиеся разрушения на сооружениях — конусов, подпорных стенок, одежды откосов в нижнем бьефе, флотбетов. Восстановление расберм за сооружениями из местных строительных материалов.

3. Полное опитование сооружений, а также исправление имеющихся разрушений лазовых конструкций, стоек, подъемных приспособлений.

4. Произвести полный учет имеющихся сооружений на сети каждой системы (что далеко не везде произведено) с точным указанием состояния сооружений. Это мероприятие позволяет в плановом порядке производить ремонт, уточнить необходимость и процесс кредитования средств на ремонтные работы.

5. Ввести в практику своевременную заготовку строительных материалов для ремонта сооружений.

6. Для использования водовыпусков, как водомеров, произвести тарировку их.

В ы в о д ы

Коротко обобщая вышеизложенное в отношении существующих типов водовыпусков, необходимо еще раз отметить, что от качества эксплуатации сооружений на сети, зависит их работа и возможность выполнения ими своего назначения. Без улучшения состояния существующей постановки эксплуатации сооружений невозможны не только новаторства в деле рационализации их, но и правильная работа существующих типов.

Дальнейшее проектирование водовыпусков обязано учитывать водомерные свойства и необходимо поставить требование, чтобы при утверждении проектов этот вопрос обязательно рассматривался.

Кроме того, при проектировании сооружений, необходимо учесть не только глубину наполнения каналов, но также скорости и наносы, проносимые потоком. Кроме того, должно быть обращено внимание на:

1) Правильное назначение размеров в водобойной и сливной (рисберма) частях, 2) применение вставных, а не приставных щитов, устанавливаемых вертикально, а не наклонно, 3) недопустимость обшивки деревянных щитов котельным железом, 4) необходимость назначать наименьшую высоту металлическим стойкам, направляющим щиты, 5) трудность эксплуатации, а потому нежелательность постройки „коробочек и звездочек“ с большим числом отверстий в узлах.

В области строительства сооружений необходимо учесть недочеты предшествующего периода, а именно: 1) качество применяемых строительных материалов, а также и производство работ должно соответствовать требуемым нормам, 2) тщательное выполнение температурных и строительных швов, 3) требуемое выполнение подготовки оснований под сооружение, с устройством обратных фильтров, 4) более тщательное скрепление концов звеньев труб, 5) необходима прочная заделка укреплений в пазах и более тщательное скрепление частей стоек, 6) выполнение щитов в строгом соответствии с пролетами, 7) более тщательная пригонка частей в деревянных сооружениях.

Применяемыми строительными материалами могут служить бетон, железобетон, жженный кирпич, дерево. Особенно следует обратить внимание на использование местных строительных материалов, как-то: хворост, камыш, камень—для производства наиболее уязвимой части сооружений—рисбермы. Часто в изобилии под руками находящийся подобный материал не используется, а тут-же сооружение без соответствующего крепления разрушается.

И, наконец, особо следует отметить необходимость и возможность использования выстроенных сооружений как водомеров, путем их тарировки.

Краткая гидрогеологическая характеристика Голодной степи, условия применения калифор- нийских колодцев

Настоящая краткая гидрогеологическая характеристика Голодной степи составлена по поручению Ленинградского Гипровода. Она имеет задачей послужить материалом для суждения о возможностях применения калифорнийских колодцев для понижения уровня грунтовой воды и использования ее для орошения.

Основными источниками, использованными при составлении записки, являются „Гидрогеологический очерк Голодной степи“ М. М. Решеткина (Материалы по гидрогеологии Узбекистана, вып. 4, 1932), „Гидрогеологический очерк Хавастского и Уратюбинского районов“ Г. И. Архангельского (Материалы по гидрогеологии Узбекистана, вып. 5, 1932) и сводные гидрогеологические карты Научно-исследовательского института по изучению подземных вод Узбекистана.

Данные о режиме уровня подземных вод, о гидрологических свойствах грунтов, о результатах опытных установок вертикального дренажа заимствованы из отчетов исследователей инженер-гидротехников и агрономов на опытных сельскохозяйственных станциях.

Первая работа „Гидрогеологический очерк Голодной степи“, составленная ранее покойным геологом М. М. Решеткинским, по своей полноте, прекрасной систематизированности материала, глубокой продуманности, богатству фактических и исторических данных и общей талантливости изложения, является наиболее ценной сводной гидрогеологической работой по Голодной степи и в дальнейшем неоднократно цитируется.

Естественно-исторические факторы, определяющие развитие и режим подземных вод

Условия образования, питания, передвижения, количества и качества подземных—грунтовых и межпластовых вод, определяются, как известно, целым комплексом природных факторов. Наиболее существенна и очевидна роль рельефа и геологического строения района, составляющих обстановку и среду для развития подземных вод. Громадное значение в среднеазиатских условиях имеет климат, определяющий процессы образования и питания подземных вод и их качество. И всестороннее и величайшее воздействие на все моменты жизни подземных вод оказывает человек, резко изменяющий естественную обстановку на площадях развития орошаемого сельского хозяйства.

Рельеф Голодной степи

Голодная степь занимает обширную территорию, располагающуюся к северу от примыкающей к подножью Туркестанского хребта предгорной равнины на участке между рр. Ак-су (восток) и Санзаром (запад). Восточной границей Голодной степи служит Сыр-дарья, на западе границей степи является окраина Кызыл-кумов.

Северный склон Туркестанского хребта представляет целый комплекс вытянутых в широтном направлении горных гряд, разделенных межгорными впадинами и котловинами и прорезанных многочисленными эпигенетическими меридионального направления долинами малых и больших горных речек, как Санзар, Санганак, Ходжа-мушкент, Бюроган, Катта-сай, Босманда, Ак-су и др.

Поднимающиеся выше снеговой линии гряды центральной части Туркестанского хребта по направлению к северу заметно снижаются и близ южной окраины степи имеют вид невысоких конгломератовых бугров и увалов, вытянутых в широтном направлении от ст. Хилково на запад к г. Джизаку. Эта линия увалов отмечена на прилагаемой к записке карте полосой и известна под именем Кошкентской грядки. К югу от нее располагается предгорная волнистая равнина, сложенная в значительной мере вынесенным из гор грубо обломочным материалом и в меньшей—щебенисто-песчаными мелоземами и лессом.

Волнистый рельеф предгорной равнины обязан деятельности оформивших ее геологических агентов, преимущественно постоянных и временных водных потоков. Последние, вырываясь из горных ущелий, выносили массы обломочного материала и отлагали его в форме конусов выноса. Слившиеся поверхности этих конусов и придали полосе их развития волнистый облик.

Такой же волнистостью обладает поверхность участков, прилегающих с севера к границе предгорной равнины. По долинам речек Хаватак и Науганды и в настоящее время выносятся иногда силевые потоки, докатывающиеся до линии железной дороги и за нее, и осевые части конусов этих речек резко поднимаются над прилегающей равниной.

К северу от Кошкентской грядки, создающей отчетливо выраженный уступ высотой до нескольких десятков метров начинается собственно Голодная степь или Голодостепское плато.

Голодная степь представляет собою покатую к северу и северозападу плоскую равнину. Уклоны поверхности от 0,006 на южной окраине (до ж.дор.) уменьшаются к северу до 0,004—0,003 и, наконец, доходят до 0,002 и 0,0015.

Абсолютные отметки на железнодорожной линии между ст. Ломатино и Обручево—373—385 м. Наименьшие отметки в северном конце степи, в пределах долины Сыр-дарьи—240 м и на западе, на берегу озера Туз-кана в 230 м. „Однообразие рельефа нарушается широким мягко выраженным прогибом, начинающимся в юго-восточном углу степи и имеющим в целом продольный уклон в сторону песков Кызыл-кум. Едва выраженная вершинная часть прогиба лежит примерно в 10-15 км к востоку от железнодорожного перегона Урсатьевская—Голодная степь. В пределах урочища Дарваза-кум описываемый прогиб выявляется вполне четко. При следовании по железнодорожной линии ясно заметный на глаз спуск к названному урочищу можно отметить в 8 км к югу от станции Голодная степь: разница высот между точкой начала спуска и осью понижения на профиле полотна доходит до 10 м; ширина понижения превосходит здесь 10 км.

Поверхность урочища усложнена многочисленными ложбинами, остающимися между собой незначительные водораздельные пространства, имеющие вид плоских или слабо выпуклых гряд. При общем направлении и уклоне к северозападу отдельные ложбины и гряды прослеживаются обычно на протяжении не более 2-3 км. Нередко наблюдается слияние двух или трех ложбин, разветвление их или переход в относительно плоские участки, подчас являющиеся бессточными. В некоторых случаях наблюдаются и слепые ложбины, величинающиеся между двумя сходящимися грядами. Разница в отметках между дном ложбин и вершинами гряд колеблется в пределах 3—6 м, лишь изредка достигая 10. Склоны гряд разнообразны—от относительно крутых, выпуклых у бровки и вогнутых в основании, до плоских и весьма пологих. Дно ложбин, имеющее 150-400 м в ширину, плоское или слабо вогнутое.

Урочище Дарбаза кум иливается верховьями понижения Джитысай. Последнее на расстоянии нескольких километров к северозападу от железнодорожной линии приобретает бессточный характер. На дальнейшем своем протяжении прогиб, судя по горизонталям карты, составленной по данным изысканий Отдела земельных улучшений, выражен значительно более мягко. В пределах урочищ Сардоба и Карой общий продольный уклон пониженности к северозападу прерывается обширными бессточными впадинами.

На северозападе Голодная степь граничит с песчано-глинистыми пространствами Кызыл-кумов. Последние в полосе, прилегающей к Голодной степи, по рельефу характеризуются значительной расчлененностью. Поверхность слагается буграми и грядами и расположенными между ними котловинами. Разница в высотных отметках колеблется от 8 до 40 м. В очертаниях и ориентировке гряд и бугров нельзя подметить какой-либо закономерности. Вершины обычно широкие, слабо выпуклые или плоские, иногда слегка волнистые. Склоны пологие, в некоторых случаях образующие незаметный переход к котловинам.

Долина Сыр-дарьи по выходе ее из Ферганской котловины резко очерчивается отвесными обрывами или крутыми склонами плато Голодной степи, достигающими высоты 16 м. Более древнюю террасу, на которой находится станция Хилково, следует рассматривать, как крайний восточный участок зоны предгорных покатых равнин. Склоны плато сохраняют резко выраженный характер на протяжении свыше 16 км вниз по течению от головного сооружения Северного Голодностепского канала. На том же протяжении передки овраги, расчленяющие этот склон. Овраги представляют извилистые каньоны, с отвесными стенками, изрезанными узкими боковыми отвершками; как стенки, так и дно оврагов, остаются незадернованными, длина их достигает 100-200 м, продольный уклон составляет примерно 0,006-0,025, у основания склона плато располагается пойма, достигающая местами ширины нескольких километров. Поверхность ее весьма неровна, благодаря многочисленным староречьям.

Заметное уменьшение высоты Голодностепской террасы над поймой и особенно сильное понижение наблюдается у Конногвардейского, где эта терраса раздваивается на две террасы, из которых нижняя постепенно сливается с тугайной (пойменной) частью долины, а верхняя терраса отклоняется в степь и там теряет свою резкую очерченность.

Террасы долины Сыр-дарьи несколько лучше изучены для Дальверзинской степи, располагающейся в пределах правобережной части Голодностепской котловины. Верхнюю террасу, очерчивающую собственно долину реки, образует здесь волнистая равнина, окаймляющая горные хребты и обладающая относительно большими уклонами в сторону Сыр-дарьи. В

северной части степи верхняя терраса возвышается уступом над второй или непосредственно над третьей террасой, и в зависимости от этого склоны имеют сильно сглаженные контуры или же представляет крутые осыпи или отвесные обрывы. Вторая терраса слагает плоскую степь, обладающую слабыми уклонами. Поверхность ее нарушается котловинами и дюнами, местами многочисленными и вытянутыми в северозападном направлении. Третья терраса — озерная, имеет наибольшее развитие и достигает местами ширины 5-8 км. Рельефу ее свойственны многочисленные впадины в виде русел часто подковообразных излучин, открытой стороной обращенных к Сыр-дарье: наиболее крупные выполнены озерами. Помимо перечисленных террас, можно отметить наличие террасы, вклинивающейся между второй и третьей в районе кишлака Чанак, и поймы, заливаемой водами невысоких паводков: самостоятельное значение этих двух террас требует проверки. Верхняя покатая терраса образует уступы высотой до 15-20 м, вторая превышает озерную на 6-7 м и, наконец, третья возвышается на 2-4 м над урезом воды в реке.

Озерная терраса, или, как ее чаще называют, тугайная, отмечается на всем протяжении между Беговатом и Конногвардейским. Проследивается она и ниже по течению вплоть до северозападного угла Голодной степи. Более затруднительным является установление для левого берега террасы, отвечающей второй террасе Дальверзинской степи. Выше упоминалось о „раздвоении“ надтугайной террасы у Конногвардейского. К северозападу от этого поселка между озерной террасой и Шурузякским понижением наблюдается невысокий водораздел, к которому приурочены правая ветвь Голодноостенского канала. Со стороны Сыр-дарьи водораздел очерчивается сглаженным, более или менее ясным склоном, высотой лишь в несколько метров; к Шуру-зьяку наблюдается плавное понижение. Можно рассматривать этот участок как непосредственное продолжение второй террасы, морфологически ясной для района Конногвардейского.

В пределах северовосточной части Голодной степи, представляющей в целом полого наклоненную к северо-северовостоку равнину, наблюдается весьма мягко выраженное Шурузякское понижение, в общем параллельное Сыр-дарье. К тальвегу Шурузьяка приурочивается хорошо развитое сухое русло. Склоны лога на всем протяжении незаметно переходит в прилегающую местность. В районе станции Сыр-дарья по обе стороны русла наблюдаются впадины и ложбины, длина которых достигает 2 км. Благодаря этому создается рельеф, чрезвычайно напоминающий рельеф озерной террасы, в которую непосредственно и переходит Шурузякское понижение ниже станции Сыр-дарья. В настоящее время к тальвегу Шуру-зьяк приурочен один из основных сбросных каналов¹.

Геологическое строение Голодной степи

Центральные гряды Туркестанского хребта сложены преимущественно осадочными породами палеозойского возраста — от кембрия до карбона. Преобладают известняки, песчаники и различные по составу сланцы. Вся толща палеозоя сильно дислоцирована и разбита сбросами.

В окраинных северных грядах обнажаются меловые и третичные известняки, гипсоносные мергели, глины и песчаники, покрываемые конгломератами. Обломки всех перечисленных пород в различной степени измельченные, окатанные и измененные процессами выветрива-

¹ В кавычки взято цитированное из статьи М. М. Ренеткина.

ния, образуют толщи современных отложений, слагающих предгорную равнину и Голодностепское плато.

В предгорной равнине развиты преимущественно грубообломочные галечнощебневые массы, покрываемые лессами. Мощность галечников и площадное их распространение уменьшаются в сторону степи, мелкоземы же получают доминирующее развитие. Сосредоточенное скопление галечников наблюдается в конусах больших рек. Наиболее крупные обломки располагаются в осевых частях конусов. К периферии их галечники сменяются песчаными разностями, а далее супесями, суглинками и глинами. Периодичность действия временных потоков является причиной яркой слоистости толщ, развивающиеся по южной окраине Голодной степи: мелкоземы чередуются часто с песком, в низах разрезов обнаруживаются галечники.

«На площади равнины Голодной степи условия рельефа почти исключают возможность нахождения естественных обнажений, и последние приурочены почти исключительно к крутым обрывам плато к долине Сыр-дарьи близ станции Хилково и ниже по течению. Прекрасные обнажения можно было наблюдать в свежих откосах Голодностепского канала в годы его сооружения. Поверхностная толща представлена здесь лессовидными породами, достигающими мощности 15 м. Подстилающими слоями служат галечники, прослеживаемые в основании обрывов на протяжении первых 16 км канала. Ниже по течению под лессом во многих местах встречаются очень плотные бурые глины, содержащие гнезда и прослойки кристаллического гипса. Кое где можно наблюдать, что бурые глины подстилают и галечные прослои. Лессовая толща характеризуется примерно горизонтальной слоистостью, часто выраженной весьма резко. Слоистость обусловлена присутствием подчиненных песчаных прослоев, то ясно выделяющихся, то образующих постепенные переходы к основной породе. Особенно хорошо можно наблюдать частую перемежаемость быстро выклинивающихся прослоев на протяжении 17—25 км Голодностепского канала. Более значительно присутствие песчаных пород в нижних горизонтах лессовой толщ. Особенно сильное развитие песчаных прослоев, наблюдаемое с 17 км, совпадает с выклиниванием галечников. Пески здесь как бы сменяют галечники.

Последние состоят из хорошо окатанных, округленных галек, величина которых доходит до 0,40 м в поперечнике. Крупность галек непостоянна: переход породы в более мелкозернистые разности наблюдается как к верхам свиты, так и вниз по течению Сыр-дарьи. Неоднородность механического состава обуславливает некоторую слоистость. Петрографически галька представлена глинистыми сланцами, доломитами, известняками, мраморами, песчаниками, кварцитами и различными изверженными породами. Песок содержится в виде постоянной примеси заполняет промежутки между гальками или образует подчиненные пропластки и линзы. В районе головного сооружения канала в толще галечников можно отметить подчиненные сцементированные горизонты. Конгломераты в сухом состоянии отличаются значительной крепостью. Цемент состоит из песка и углекислых солей кальция и магния. Углекислый магний содержится в количестве до 27%, что обуславливает легкое разрушение породы при пропитывании ее водой.

Для юговосточной части Голодностепской равнины, прилегающей к северной границе покатой предгорной зоны, отмечается развитие галечников в поверхностных горизонтах. Так, на участке между станциями Хилково и Урсатьевская галечники распространены примерно на 2 км севернее железнодорожной линии. Порода нередко содержит

скопления гипса, играющего подчас роль цемента. Северной галечной полосы, развитой, повидимому, лишь в восточной части южной окраины степи, поверхность равнины почти на всем ее протяжении сложена глинистыми или песчано-глинистыми породами.

В южной полосе равнины наблюдается переслаивание разнородных по механическому составу глинистых и песчаных разностей. Отдельные слои, имеющие различные оттенки, обладают обычно незначительной мощностью, измеряемой 10—30 см. Нередко глинистые породы характеризуются мелкой горизонтальной или волнистой слоистостью, при чем мощность отдельных компонентов составляет лишь несколько миллиметров. В виде иллюстрации можно привести нижеследующие разрезы для района Дарваза-кум:

Разрез № 4.

Наблюдательный шурф, заданный в урочище Дарваза-кум в 1926 г.

Разрез составлен по данным М. М. Решеткина. Отметка устья 283, 40 м.

Суглинок--рыхлый, содержащий известковистые конкреции (до 1 см в поперечнике), количество которых велико до глубины 0,16 м; в нижней, несколько влажной части слоя, наблюдаются редкие сростки кристаллов гипса	Глубина подошвы	Мощность слоя
1. Суглинок, переслаивающийся с глиной, границы слоев в стенке шурфа дают несколько волнистые линии, порода содержит значительное количество включений гипса в виде пропластков или вертикальных прожилков, мощностью до 1,5 см.	0,35 м	0,35 м
2. Суглинок легкий, обогащенный мелкопесчаными частицами, местами—хорошо выраженная косвенная слоистость; верхняя поверхность пласта образует небольшие карманы, выполненные вышележащей породой (то же наблюдается и для следующего пласта); включения гипса в незначительном количестве	0,97	0,62 "
3. Суглинок легкий, обогащенный мелкопесчаными частицами, местами—хорошо выраженная косвенная слоистость; верхняя поверхность пласта образует небольшие карманы, выполненные вышележащей породой (то же наблюдается и для следующего пласта); включения гипса в незначительном количестве	1,15	0,18 "
4. Глина с суглинистыми прослоями и линзами; прожилки гипса достигают 2-3 см мощности	2,88	1,73 "
5. Суглинок, легко растирающийся в пылевидную массу; включения гипса в незначительном количестве	3,50	0,62 "
6. Глина плотная, мелкослоистая, светло-бурая с прожилками гипса мощностью до 1 см	4,05	0,55 "
7. Суглинок гипсоносный	4,35	0,30 "
8. Суглинок легкий, богатый примесями мелкозернистого песка и иловатых частиц, с подчиненными, волнисто залегающими прослойками, содержащими крупный песок, и линзами глины; в залегании, близком к горизонтальному у всех вышележащих пород, наблюдается, начиная со слоя восьмого, изменение, благодаря уклону под небольшим углом к северо-востоку	4,86	0,15 "
9. Супесь серая, крупнозернистая, с суглинистыми прослоями и незначительным содержанием гипса; степень влажности, наблюдавшейся во всех породах, начиная от поверхностного горизонта, заметно увеличивается в подошве слоя	5,44	0,58 "
10. Суглинок, богатый разнородным по крупности зерен песком, с волнисто залегающими прослойками супеси, непостоянными по своей мощности	6,17	0,73 "

11. Супесь, разнородная по крупности зерен, очень богатая илистыми и глинистыми примесями; включения гипса в незначительном количестве	6,35	„	0,18	„
12. Суглинок, легко растирающийся в сухом состоянии в пылевидную массу, с редкими зернами крупного песка	6,56	„	0,21	„
13. Супесь, сходная со слоем 11	7,00	„	0,44	„
14. Плотная глина с незначительным содержанием гипса; дно шурфа.				

Разрез № 5

Наблюдательная скважина № 26, заданная в урочище Дарваза-кум в 1926 г.

Разрез составлен по данным М. М. Решеткина. Отметка устья 304,51 м

1. Суглинок рыхлый, с небольшим количеством зерен крупного песка	0,65	„	0,65	м
2. Супесь, богатая илистыми и глинистыми частицами, содержащая заметное количество зерен крупного песка и мелкого гравия	1,65	„	1,00	„
3. Супесь тонкозернистая, очень богатая глинистыми и илистыми примесями	2,10	„	0,15	„
4. Суглинок, легко растирающийся в пылевидную массу; появление влажности	2,35	„	0,25	„
5. Глина буровито-серая, легкая, с прожилками кристаллического гипса	3,45	„	1,10	„
6. Суглинок, сходный со слоем 4	3,65	„	0,20	„
7. Тяжелый суглинок, переслаивающийся с более глинистыми прослоями, с охристыми пятнами и прожилками гипса; влажность слоя книзу уменьшается	6,25	„	2,60	„
8. Суглинок влажный, в сухом состоянии легко распадается в пылевидную массу	11,95	„	5,70	„
9. Супесь серая, мелкозернистая, богатая илистыми и глинистыми примесями, количество которых книзу увеличивается; сильная влажность	12,20	„	0,25	„
10. Суглинок, сходный со слоем 8	12,60	„	0,40	„
11. Супесь серая, мелкозернистая, богатая илистыми и глинистыми примесями	13,60	„	1,00	„
12. Суглинок серый, с охристыми пятнами	14,05	„	0,45	„
13. Супесь серая, мелкозернистая, очень богатая глинистыми примесями	14,25	„	0,20	„
14. Суглинок серый, богатый песчанистыми частицами; с глубины 15,00 м в породе встречаются отдельные зерна угловато окатанного гравия и гальки, достигающей до 1,5 см в поперечнике	16,80	„	2,55	„
15. Песок серый, разнородный по крупности зерен, обогащенный илистыми и глинистыми примесями и содержащий гравий и мелкую гальку	17,75	„	0,95	„

Механический состав пород приведенных разрезов виден из табл. 1

Глинистые породы представляют собой трудно дезинтегрируемую массу; она состоит из мелких зернышек кварца, кальцита, лимонита, листочков мусковита и биотита и содержит много глинистого вещества. Все минеральные зерна часто спаяны сильно двухпреломляющей массой, по своим оптическим свойствам напоминающей лимонит.

Механический состав пород в % по весу (величины зерен даны в миллиметрах)

№ п. п.	взятая образцы	№ стоя	взятая от разна от пов. земли в м	10,00		7,00		5,00		3,00		1,00		0,50		0,25		0,05		0,01	1. Отмеченные фрак- ции состоят из кри- сталлов гипса. 2. Фракции наряду с песком содержат кри- сталлы гипса.
				10,00	7,00	7,00	5,00	5,00	3,00	3,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,25	0,25	0,05	0,05			
1	Шур № 1	3	1,00—1,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22,00	46,00	32,00			
2	"	4	1,20—1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,20	0,20	0,60	2,60	96,60			
3	"	5	3,05—3,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,60	2,60	3,00	25,40	6,00			
4	"	6	4,10—4,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,60	1,60	2,00	10,00	86,40			
5	"	11	6,17—6,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,40	19,40	60,40	9,60	10,60			
6	"	12	6,44—6,47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,20	2,20	2,00	40,00	55,80			
7	"	14	7,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,00	3,00	1,60	5,40	90,00			
Средняя				1,18	1,77	1,23	1,29	5,85	25,32	52,21	24,63	1,52	4,80								

В песках главная масса состоит из обломков горных пород, по преимуществу сланцев, среди которых можно различить глинистые, железнорудные, углестые и прочие. Минеральные зерна представлены кварцем, реже кальцитом и полевым шпатом. Встречаются также зерна бурого железняка. Величина зерен весьма различна.

Горных пород в песке
60 — 75%,
карбонатов от
10 до 30%,
кварца 5 „ 15%.

Общим для района является содержание как в глинистых, так и в песчаных породах, мелких стяжений углекислой извести и кристаллического гипса. Первые наблюдаются в виде небольших зерен, неправильно округленных, имеющих обычно до 2-3 мм в поперечнике и лишь в редких случаях достигающих 0,5—1,0 см. Встречаются они в поверхностных горизонтах, чаще всего на глубине 0-1,0 м. Сrostки кристаллов гипса содержатся обычно с глубины 0,5 м. С глубины же 1,0 м от поверхности гипс образует, преимущественно в глинистых породах, значительные включения или в виде горизонтальных пропластков или прожилков, ориентированных приблизительно вертикально и часто пересекающих, как это можно было наблюдать в стенках шур-

фов, несколько различных в петрографическом отношении слоев. Мощность таких образований достигает 3 см. Бурением включения гипса обнаружены не только в верхних горизонтах, но и в водоносных и в подстилающих породах. Помимо этого, обращает на себя внимание присутствие гидрата окиси железа в виде охристых и желтых пятен. Что же касается легко растворимых солей, то можно отметить почти постоянное их присутствие в заметных, а иногда и в значительных количествах.

Наиболее глубокий разрез, характеризующий строение Голодю-стенского плато—это буровой колодец, сооруженный у почтовой станции Мурза-рабат, примерно в центре степи, являющийся результатом первой, правда, неудачной, попытки получения напорной воды в Средней Азии.

Разрез № 7 (9)

Буровой на воду колодец у бывшей почтовой станции Мурза-рабат, сооруженный в 1883-1884 гг.

Разрез составлен по данным Я. А. Макерова. Отметка поверхности земли—278,04 м

1. Лесс типичный	14,94 м	14,94 м
2. Песчаный слой, содержащий горькосоленую воду	17,07 "	2,13 "
3. Лесс типичный	69,34 "	52,27 "
4. Песчаный слой, содержащий соленоватую воду, с легким запахом сероводорода; сильно плавучий	75,82 "	6,48 "
5. Песчаник плотный	76,05 "	0,23 "
6. Лесс типичный	84,12 "	8,07 "
7. Песчаный слой, сильно плавучий	95,09 "	10,97 "
8. Глина плотная	95,70 "	0,61 "
9. Песчаный слой	99,97 "	4,27 "
10. Лесс типичный	125,88 "	25,91 "
11. Песчаный слой, сильно плавучий	131,37 "	5,49 "
12. Глина плотная	131,98 "	0,61 "
13. Песок крупнозернистый, с прослойками плотного песчаника; содержит пресную воду	132,89 "	0,91 "

Характеристика пород, пройденных при бурении, страдает большой неопределенностью.

„Строение террас Сыр-дарьи характеризуется разнородными по своему механическому составу породами, быстро сменяющимися как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Отложения эти состоят из слоистых песков, различных по крупности зерен, гравия, галечника, грубых или, наконец, отмученных тонкослоистых глинистых пород. В строении озерной террасы в районе станции Сыр-дарья принимают участие глинистые породы, подстилающие их супеси и пески и, наконец, залегающие еще ниже галечники. Последние состоят из хорошо окатанной гальки, имеющей обычно неправильную форму, и достигающие 4 см в поперечнике. Пески и супеси, залегающие на весьма неровной поверхности галечников, нестойки по механическому составу и представлены перемежающейся свитой незначительных по мощности линз и быстро выклинивающихся прослоев, содержащих иногда мелкую гальку. Общая мощность песчаных пород достигает местами 11 м. Поверхностные глинистые слои имеют мощность, колеблющуюся в пределах до 8 м“.

„Относительно хорошо изученным следует считать участок водораздела между озерной террасой Сыр-дарьи и Шурузикским понижением, благодаря наличию двух буровых скважин, заданных в последние годы:

Разрез № 8 (2)

Калифорнийский колодец у раз'езда № 120 — Золотая орда, сооруженный в 1928 г.

Разрез составлен по данным Среднеазиатского отделения геологического комитета. Отметка поверхности земли—268,17 м

1. Суглинок лессовидный	10,28 м	10,28 м
2. Глина плотная, светло-желтая	19,28 „	9,00 „
3. Суглинок с песчанистыми линзами	22,68 „	3,40 „
4. Песок серый, мелкозернистый плавун	29,00 „	6,32
5. Галька средне- и мелкозернистая с песком	30,00 „	1,00 „
6. Песок серый мелкозернистый с пропластками суглинка и отдельными зернами гальки, книзу количество галек убывает	45,00 „	15,00 „
7. Галечник мелкозернистый с гравием и серым разнородно зернистым песком, порода содержит подчиненные прослойки серого суглинка; встречены две створки пластинчатожаберных	47,00 „	2,00 „
8. Песок серый, мелкозернистый, с отдельными мелкими и средней величины хорошо окатанными гальками	48,00 „	1,00 „
9. Галечник с гравием и серым мелкозернистым песком; галька мелкая и средняя по крупности; в породе наблюдаются серые глинистые стяжения	51,00 „	3,00 „
10. Песок серый, мелкозернистый, с гравием и галькой; порода содержит подчиненные прослойки серого суглинка; на глубине 52 м от поверхности встречена створка пластинчатожаберных	54,50 „	3,50 „
11. Галечник мелкозернистый, с гравием и незначительным содержанием песка	55,00 „	0,50 „
12. Песок серый, среднезернистый с гравием и мелкой галькой, встречаются глинистые стяжения	58,00 „	3,00 „
13. Галечник разнороднозернистый с гравием и серым мелкозернистым песком, порода содержит подчиненные прослойки глины	63,00 „	5,00 „
14. Песок серый, мелкозернистый с гравием и мелкой галькой; содержит подчиненные глинистые прослойки; в породе встречена кость животного	66,0 „	3,00 „
15. Песок серый, мелкозернистый, с отдельными зернами мелкой гальки и с подчиненными глинистыми прослойками, встречены обуглившиеся растительные остатки	70,00 „	4,00 „

По данным бывш. заведующего дренажным цехом Опытно-исследовательского института водного хозяйства Н. В. Макридина, мощность поверхностных глинистых слоев составляет лишь 20,50 м. Результаты механических анализов образцов, взятых при проходке калифорнийского колодца, приведены в таблице 2.

№ п/п.	Глубина взятия образцов в м	Механический состав в % по весу (величины зерен даны в миллиметрах)								
		>7	7—5	5—3	3—1	1—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	<0,01
1	1,00	—	—	—	—	2,27	3,61	21,50	39,37	33,15
2	3,00	—	—	—	—	1,02	0,92	16,51	50,30	31,25
3	5,00	—	—	—	—	1,12	0,46	16,10	50,39	31,93
4	7,00	—	—	—	—	—	0,31	12,52	49,90	37,18
5	12,00	—	—	—	—	—	0,46	16,63	47,86	35,05
6	15,00	—	—	—	—	—	0,30	13,90	49,98	35,82
7	18,00	—	—	—	—	—	0,26	9,25	48,41	42,08
8	20,25	—	—	—	—	0,31	0,25	3,31	35,80	60,33
9	20,50	—	—	—	—	1,01	48,64	24,10	14,32	11,93
10	35,00	2,18	0,95	2,31	9,25	63,73	17,57	0,94	0,94	2,13
11	36,00	5,22	2,01	5,49	5,74	50,88	23,24	1,10	1,20	5,12
12	37,00	1,61	1,61	2,78	4,97	51,01	33,21	1,50	1,25	2,06
13	38,00	0,31	0,15	0,61	1,84	50,20	40,34	1,36	1,79	3,40
14	39,00	—	—	0,16	0,48	56,64	38,19	0,99	1,43	2,11
15	40,00	—	—	0,15	0,22	41,45	48,85	1,09	1,19	7,05
16	41,00	—	—	—	—	49,30	41,80	1,20	1,30	3,40
17	42,00	—	0,15	—	0,42	52,70	41,06	1,29	1,09	3,29
18	43,00	—	—	—	—	46,60	48,55	1,10	1,25	2,50
19	44,00	0,08	0,08	0,10	0,46	60,76	34,30	1,29	0,89	2,04
20	45,00	14,84	3,29	3,80	4,68	52,59	13,06	6,50	0,73	0,51
21	45,50	40,91	4,08	2,85	4,31	32,79	9,36	0,48	0,81	4,41
22	46,00	21,30	10,30	10,12	13,31	30,90	11,24	0,67	1,06	1,10
23	46,50	54,05	3,11	3,80	2,52	6,97	3,21	0,62	3,29	22,43
24	47,00	44,46	3,64	4,99	2,51	25,44	4,16	4,11	0,72	8,97
25	48,00	20,86	0,00	—	1,21	47,92	26,31	1,49	0,55	1,66
26	49,00	50,34	3,72	6,14	6,50	22,64	9,26	0,29	0,37	1,74
27	50,00	77,74	3,98	3,14	2,82	1,72	1,02	0,30	0,43	8,85
28	51,00	87,64	3,26	4,33	1,28	2,45	0,71	0,06	0,06	0,21
29	51,50	21,96	1,46	0,73	—	7,96	1,29	2,88	9,78	53,94
30	52,00	—	—	—	—	56,20	40,53	1,09	0,60	1,58
31	53,00	—	—	—	—	57,22	24,22	11,96	1,20	5,40
32	54,50	0,690	1,98	2,08	3,75	72,47	8,88	1,19	2,47	6,49
33	55,00	46,96	21,54	11,73	4,93	11,29	1,19	0,22	0,24	1,90
34	56,00	—	—	—	—	55,78	23,45	3,69	0,90	16,18
35	57,00	4,08	0,70	0,93	1,17	76,52	11,68	1,49	0,37	3,06
36	58,00	24,74	0,35	1,06	1,41	52,63	15,09	1,19	0,93	2,60
37	59,00	50,76	2,72	2,54	3,45	20,32	8,76	1,93	0,42	3,10
38	60,00	57,51	3,24	2,93	3,15	21,63	7,89	1,76	0,31	1,55
39	61,00	56,63	4,13	3,48	3,37	24,88	5,04	1,44	0,18	0,85
40	62,00	60,87	3,78	4,25	3,78	18,33	6,39	1,47	0,35	0,78
41	63,00	60,51	1,36	1,36	2,09	12,98	2,22	0,40	0,74	18,34
42	64,00	51,65	0,37	0,37	0,61	15,16	4,56	1,17	2,23	23,88
43	65,00	6,19	2,31	5,71	7,79	37,00	16,28	9,42	5,53	9,77
44	66,00	8,10	1,43	2,82	7,39	38,94	16,62	1,53	1,61	21,56
45	67,00	3,53	0,64	0,92	1,91	46,13	22,57	1,40	1,02	14,88
46	68,00	3,42	0,47	0,47	0,62	55,29	28,59	1,81	1,05	8,28
47	69,00	3,79	0,47	0,63	0,63	61,44	28,49	1,75	0,94	1,86
48	70,00	48,10	0,31	0,72	1,47	22,58	55,16	1,78	0,72	9,16

Разрез № 9 (1)

Разведочная скважина в поселке Сырдарьинском, пройденная в 1925-1926 гг.

Разрез составлен по данным М. М. Решеткина. Отметка поверхности земли 261,57 м

1. Глина желтовато-серая, рыхлая в верхнем горизонте, ниже уплотненная; гипсоносная и сильно

пористая благодаря наличию многочисленных мелких пустот и канальцев	0,90 м	0,90 м
2. Глина желтовато-серая, более тяжелая, сильно пористая, содержащая большее количество мелких кристаллов гипса в виде неправильно ориентированных прожилков	1,85 "	0,95 "
3. Глина серая с охристыми пятнами, сильно пористая	2,45 "	0,60 "
4. Глина желтовато-серая, очень пористая, плотная	3,60 "	1,15 "
5. Суглинок желтовато-серый, богатый мелко песчаными частицами	4,00 "	0,40 "
6. Глина желтовато-серая, тяжелая с охристыми пятнами, плотная	5,50 "	1,50 "
7. Супесь желтовато-серая, сильно глинистая, мелкозернистая	7,20 "	1,70 "
Песок желтовато-серый, мелкозернистый, содержащий комки сцементированной породы, зерна гальки, достигающие 6—7 см в поперечнике, и небольшие известковистые стяжения неправильной формы; галька хорошо окатана, но часть зерен сохраняет некоторую угловатость; порода содержит подчиненные прослои серой глины, достигающие несколько сантиметров мощности	15,00 "	7,80 "
9. Песок серый, среднезернистый, в верхней части с подчиненными, незначительными по мощности прослоями серой и желтовато-серой глины; порода содержит примесь мелкопесчаных и илистых частиц, редкие известковистые стяжения и зерна гравия и гальки, размеры которой доходят до 1,0 см и реже—до 3,5 см в поперечнике; на глубине 16,10 м встречена прослойка более крупной гальки (до 6,5 см в поперечнике)	25,00 "	10,00 "
10. Песок серый, разнородный по крупности частиц, богатый гравием и глинистыми примесями; на глубине 30,00 м порода имеет характер гравия, обогащенного песчанистыми и глинистыми частицами; как песчаные, так и гравиевые горизонты, содержат небольшое, количество гальки, имеющей до 1—2 см в поперечнике; ниже 40,00 м порода переходит в сильно глинистый, но не содержащий песчаных частиц гравий с мелкой галькой, размеры которой доходят до 4,5 см	44,00 "	19,00 "
11. Песок серый, глинистый, разнородный по крупности зерен, с гравием и редкой мелкой галькой, внизу порода приобретает большую глинистость	56,50 "	12,50 "
12. Глина светло-желтая, плотная, тяжелая	76,00 "	19,50 "
13. Супесь желтовато-серая, разнородная по крупности песчаных зерен	79,00 "	3,00 "

Приведенные разрезы показывают, что на площади Голодной степи развиты с поверхности мелкоземы-супеси, суглинки и глины. Мощность их варьирует от 3 до 8 м на террасах Сыр-дарьи и достигает 20-35 м на самом плато. Под мелкоземами получают развитие пески, галечники и щебни. Последние на меньших глубинах вскрываются и по южной

окраине степи. Здесь не приводятся разрезов многочисленных мелких выработок, которыми разведывались отдельные участки Голодной степи.

Подавляющее большинство мелких выработок 3-5-10 м глубиной вскрывают толщу мелкоземов—слоистую толщу из глин, сунесей, суглинков с очень частым чередованием слоев и лишь при поверхностном рассмотрении кажущуюся однородной.

Верхние слои толщи мелкоземов, видоизмененные биогенетическими процессами, представляют собой преимущественно бесструктурные сероземы. По гранулометрическому составу в этих почвах доминируют пылеватые частицы; частиц глинистых очень мало, крупные песчаные—совсем отсутствуют. Темная окраска почвы наблюдается в 7-10 см от поверхности. На глубине 35-45 см известковый горизонт. С глубины 70 см—обогащение гипсом. Содержание перегноя в верхнем слое до 12% (по весу), очень мало и азота. Из минеральных соединений главную часть дает кремнезем (до 50%) и известь (до 25%).

Из легкорастворимых в воде солей развиты в почвах поваренная и глауберова соль. Количество их в почве различно, достигает иногда на засоленных землях громадных величин.

В. Климат

По климату территория Голодной степи разделяется на две полосы. Южная—предгорная равнина, обладает большим количеством осадков; сама Голодноостепенская равнина имеет пустынный климат. Характеристика температуры воздуха, атмосферных осадков и влажности воздуха дается в прилагаемых таблицах:¹

Температура воздуха

	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Джизак (1881—1925) - 0,4	2,1	7,9	15,2	21,5	26,8	29,0	27,0	21,2	13,9	6,3	2,8	14,4
Запорожский (1910—1925) 1,0	2,1	8,3	15,5	21,6	26,3	28,3	26,6	20,5	13,8	6,1	1,7	14,3
Мирзачуль (1902—1925) 0,6	1,9	7,7	15,2	21,5	26,3	28,0	25,6	19,5	14,1	4,5	-0,1	13,7

Осадки и дни с осадками

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дни- зае 64,4	9 50,8	8 76,3	10 67,9	9 35,4	6 13,0	3 5,1	1 6,1	4 6,1	28 5,4	39 6,5	43 4,7	430 0 64
Запорож- ский 23,6	7 30,4	8 46,1	9 46,4	9 22,3	6 7,3	2 0,9	0 2,1	2 1,1	19 9,4	24 7,6	23 5,7	247 7 69
Мирза- чуль 28,8	6 32,5	8 36,4	9 29,9	7 29,7	6 6,7	2 2,1	0 8,1	1 5,1	18 6,3	20 1,4	22 7,6	229 9 55

¹ Заимствованы из работы М. М. Решетнича.

Относительная влажность

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Джизак 74	70	72	68	51	39	35	37	39	53	67	72	56	
Запорожский 70	71	64	61	50	38	37	34	40	54	67	74	55	

Г. Поверхностные водотоки и бассейны

Мощная среднеазиатская река Сыр-дарья, относимая к рекам смешанного снего-ледникового питания, орошает Голодную степь с восточной стороны. По многолетним наблюдениям на посту Запорожском (близ станции Хилково) колебания расходов воды в реке очень велики — от 200 до 3200 м³/сек.

Средние месячные за время с 1898 по 1925 г. дают нижеследующие величины расходов в кубических метрах в секунду.

X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
418	400	365	344	347	375	501	825	1304	1119	768	487

Из горных рек наиболее значительными являются Санганак и Санзар. Расходы их в моменты весенних (III) и летних (V) паводков достигают десятков куб. метров в сек. Расходы рек в остальные месяцы регулируются поступающими в них подземными водами. Последние дают начало и многочисленным ручьям, бегущим по ряду долин, выходящих из гор и прорезающих предгорную равнину.

Присырдарьинская полоса богата озерами-старицами, имеющими обычно форму вытянутых или подковообразных лент. Некоторые старицы имеют площадь до 2 км². Большую часть года они бессточны; некоторые сообщаются между собою. Часть их заливается паводками Сыр-дарьи; многие питаются грунтовыми водами. К осени многие старицы мелеют или пересыхают.

На западной окраине Голодной степи расположено громадное соленое озеро Туз-кане. Главная центральная часть Голодостепенского плато лишена естественных водотоков и водоемов. Искусственная ирригационная сеть развита в полосе шириной до 30 км по восточному краю степи. Орошение начато примерно с 1900 г. Беговатским каналом и с 1913—Северным Голодостепенским. Затопление низин и впадин сбросными водами дало начало многочисленным болотам и озерам в пределах орошенной полосы. Наиболее крупная впадина, заполненная водой — Сардоба, расположена в 20 км к западу от г. Мирзачуля. В настоящее время путем устройства сбросных каналов и упорядочения водопользования водоемы указанного происхождения постепенно уничтожаются.

3. Подземные воды Голодной степи

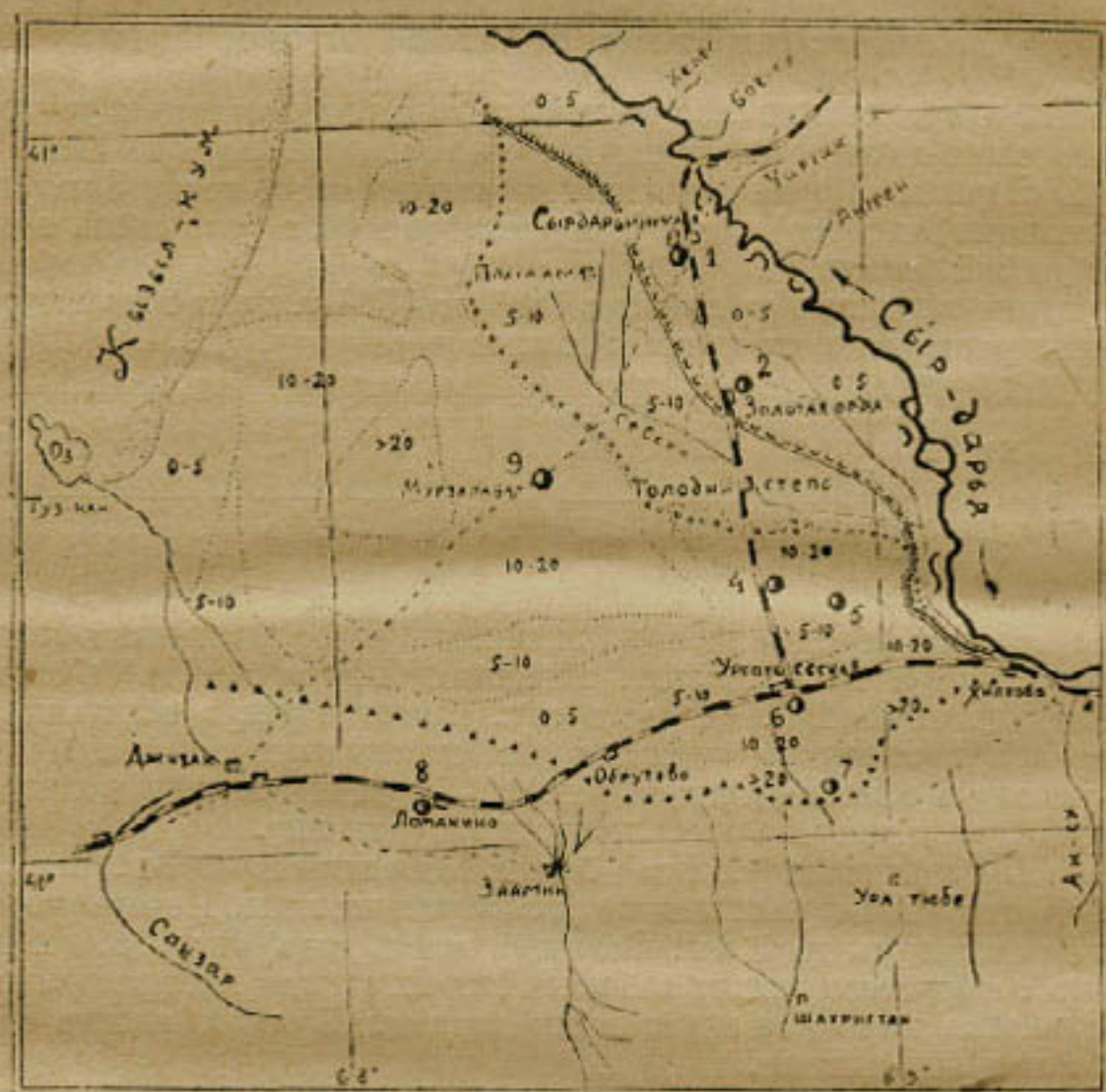
Наибольшее количество сведений имеется о грунтовых водах, насыщающих верхние слои толщи рыхлых обломочных пород Голодной степи. В распределении грунтовых вод по глубинам залегания их зеркала от

земной поверхности наблюдается отчетливо выдерживаемая закономерность, определяемая воздействием рельефа, характером вмещающей воду среды, распределением источников питания и мероприятиями человека.

Карта грунтовых вод Толодной Стени

/по М.М. Решеткину и гидрогеологич. картам Узгодзембода/

Масштаб 1:1000000



5-10 м.г. — глубина залегания зеркала грунтовой воды

..... граница орошаемых площадей бедрами Сыр-дарьи. К западу от этой границы грунты бедры солонные (плотн. вес $> 3 \frac{1}{2}$). К востоку — различие по степени минерализации (солончаки, солончато-песчаные и песчаные). Желтый цвет Хидисба-Дарьинский грунт бедры — полевые исследования пункта близ эн. наклонности от $1,3 \frac{1}{2}$

..... граница долины Сыр-дарьи.

..... южная граница Голодностепского плато.

○ 1-9 скважины и шурфы (4-5).

У подножия гор в пределах предгорной равнины грунтовые воды залегают на больших глубинах. По мере приближения к окраине предгорной равнины зеркало грунтовых вод приближается к дневной поверхности и в ряде пунктов наблюдается выклинивание грунтовых вод в

виде источников. Такая полоса неглубокого залегания зеркала тянется вдоль линии железной дороги от станции Урсатьевской на запад.

К северу за этой полосой под воздействием пустынного климата степи грунтовые воды обнаруживаются на больших глубинах, что отчетливо видно на прилагаемой карте.

В орошенной полосе степи и на сырдарьинских террасах зеркало грунтовых вод залегает на небольших до 5 м глубинах. Здесь очень резко влияет роль человека. Приводом оросительных вод зеркало грунтовых вод быстро поднимается и лишь громадное испарение не позволяет им превратить местность в сплошное болото. Наблюдения над вновь осваиваемыми участками показывают наиболее интенсивное наращивание уровня в первые годы орошения. С таким подъемом зеркала связано и повсеместное на орошенных землях засоление почв.

Процессы капиллярного подъема грунтовых вод и их испарение имеют место и во внутренних частях Голодной степи, и самые разнообразные солончаки можно встретить в любом пункте ее.

Данные о режиме уровня грунтовых вод имеются лишь для освоенной полосы. На целине уровень подчинен, вероятно, преимущественно климату и иным факторам. Высокое положение уровня падает на весенние месяцы, низкое—на осенние и зимние. Амплитуда варьирует от глубины зеркала и не превышает (1-1,5 м.)

На орошаемых площадях к воздействию климата присоединяется влияние человека. Различные мероприятия его—поливы и промывки полей, искажают естественный график уровня грунтовых вод, периоды высокого положения зеркала делаются более продолжительными и рожают временные подъемы при каждом отдельном поливе и особенно промывах. Резко увеличивается и амплитуда колебания зеркала, достигающая 2-2,5 м.

В присырдарьинской полосе, в зоне гидростатического воздействия уровней воды в реке, режим уровня грунтовых вод с некоторым запозданием повторяет кривую речных уровней—высокое положение в летнее время, низкое—осенью, зимой.

В меньшей мере отчетливо воздействие вмещающей воду среды, т. е. горных пород, рельефа, климата и человека на качественный состав грунтовых вод. В предгорной полосе, как правило, степень минерализации вод не превышает 1 г/л. По мере удаления к северу в область засоленных грунтов и мощного испарения, минерализация грунтовых вод возрастает, достигая десятков г/л.

В орошенной полосе воздействие инфильтрующихся с полей и из каналов пресных вод приводит к созданию крайней нестроты в минеральном составе грунтовых вод. Наряду с солеными и горькосолеными водами здесь получают развитие пресные линзы, иногда значительных размеров и мощности. На эксплуатации некоторых наиболее устойчивых из них строится водоснабжение местных поселков. Данные о степени минерализации грунтовых вод иллюстрируются прилагаемой картой.

Главной вмещающей грунтовые воды средой на площадях плоской степени являются мелкоземы—глины, суглинки и супеси. В присырдарьинской полосе и в зоне предгорной равнины водонасыщенными породами являются преимущественно пески и галечники. Многочисленные источники в пределах предгорной равнины обладают значительным до нескольких десятков л/сек. дебитом.

Подстилающие толщу мелкоземов Голодной степи грубо-обломочные породы—пески, пески с гравием и галькой и галечники, также насыщены водой. Относить эти воды к межпластовым нет оснований. Лишь в отдельных пунктах возможно разобщение этих вод от ближайших к земной поверхности глинистыми пластами. Гидростатические напоры, существующие в этих глубоких водах, не поднимают их уровня и буровых

колодцах выше зеркала грунтовой воды.

На периферии предгорной равнины в районе ст. Урсатьевской в последние годы были сооружены буровые колодцы, вскрывшие напорную воду.

Скважина № 7¹

Расположена в 18 км к югу от ст. Урсатьевской, у подножия уступа на предгорной равнины.

- | | |
|---|---------|
| 1. Галечник из мелких галек с песком и примесью суг-
песи | 10 м |
| 2. Конгломерат плотный | 7,40 " |
| 3. Конгломерат рыхлый, подстилаемый пропластками
гравия и мелкой гальки | 8,10 " |
| 4. Суглинок желтого цвета с галькой | 12,12 " |
| 5. Галька мелкая с песком и суглинком | 11,00 " |
| 6. Суглинок | 54,00 " |
| 7. Песок среднезернистый, с галькой, с пропластком су-
глинка в 1,5 м на глубине 113 м | 26,0 " |
| 8. Глина с гравием и галькой с пропластками конгло-
мерата и мергеля до глубины | 170,0 " |

Скважиной вскрыты 2 водоносных горизонта, один на глубине 39, 12 м (пласт 5) и другой на 104 м (пласт 7). От первого горизонта уровень установился на 15,6 м, после вскрытия второго горизонта — на 2,5 м. В некоторые моменты вода переливается через устье скважины. Вода пресная в обоих горизонтах. Откачкой, при понижении уровня на 62 м, получен расход в 9,4 л/сек.

Скважина № 6

Расположена на территории ст. Урсатьевской.

- | | |
|--|-------|
| 1. Суглинок с гравием | 1 м |
| 2. Гравий с мелкоземом, внизу песок с гравием | 22 " |
| 3. Глина с пропластками и скоплениями песка и гравия | 180 м |

Первый водоносный горизонт на глубине 23 м, второй — на глубине 189,70 м (гравий в глине). Уровень при обоих открытых горизонтах на глубине 23 м. Вода пресная (0,5—0,6 г/л). Откачкой, при понижении уровня на 37,6 м, получен расход 9,1 л/сек.

Около ст. Ломакино имеются две скважины (№ 8), пройденные до глубины 61 и 78 м сплошь в суглинках. Они вскрыли два горизонта воды. Ближайший в земной поверхности дает солоноватую воду, нижний — совершенно пресную (0,7 г/л). Расход скважин при понижении уровня на 3—7 м равен 1,5—2 л/сек.

Такая же обстановка и в приведенной выше Мурзарабатской скважине. Вверху — воды горько-соленые, у забоя скважины вода почти пресная.

Некоторое уменьшение степени минерализации грунтовой воды на больших глубинах по сравнению с верхними слоями отмечено и по сырдарьинской и калифорнийской скважинам (№ 1 и 2, разрезы приведены выше). По последней, заложенной на ст. Золотая орда, изменение химического состава характеризуется таблицей (заимствована из отчета инженера Макридина Н. В.).

Результаты испытания производительности колодца в Золотой орде очень показательны. Оборудование колодца таково: от поверхности до глубины 45 м скважина закреплена 12" трубой; с 45 до 69 м идет 10" стрелер со сверленными 15 мм отверстиями и сеткой в 1—3 мм. Мел-

¹ Разрез заимствован из статьи А. А. Бресского «К характеристике глубоких подземных вод рыхлообломочных и глинистых отложений Средней Азии» Журнал „За недра Средней Азии“ № 4, 1934, Ташкент.

кая сетка—против песчаных пластов, крупная—против галечниковых. Испытание произведено 10" центробежным насосом.

Глубина поднятия образца воды	Плотный остаток	Хлор	Серная кислота	Примечание
1,8	14,72	4,88	3,83	В граммах на литр
3,8	13,82	4,56	3,67	
5,6	13,06	4,31	3,49	
13,0	12,54	4,67	3,05	
20,5	9,24	2,5	2,88	
37,0	2,57	0,739	0,644	
65,8	6,79	1,28	2,408	

Понижение уровня по оси колодца против стояния его в почве в м.	Дебит колодца л/сек.	Удельный дебит л/сек.
3,5	11	3,1
4	14	3,5
7,9	32	4,1
8,1	37	4,5

Уровень грунтовой воды ни во время пробной откачки, ни за время непрерывной 7-месячной (с 14 мая по 24 декабря 1930 г) эксплуатации колодца на прилежащей к нему площади не понизился, а следовал в своих перемещениях общей закономерности перемещений на окружающих участках.

Таким образом, испытание калифорнийского колодца установило высокую степень водоотдачи аллювиальных песков и галечников по сравнению с таковой аналогичных пород предгорной и плоской равнины.

Отсутствие резкого разрыва между водами в мелкоземках и подстилающих их песках и галечниках в известной мере подтверждено химическими анализами проб воды с различных глубин; некоторую роль сыграла, вероятно, недостаточная изолированность верхних вод от более глубоких.

Гидрогеологические свойства мелкоземов Голодной степи изучались многими исследователями. Здесь приводятся результаты изучения водопроницаемости и других свойств мелкоземов по участку Золотой орды¹. Испытаниям подвергались легкие и средние суглинки, тяжелые суглинки, грунты с орошаемого поля и с перелогов с различной глубины почвенного слоя и ниже его. Коэффициенты фильтрации варьируют в пределах от 0,001 до 0,05 мм/сек., при чем часто значение коэффициента не отвечает гранулометрическому составу грунта: глины и тяжелые суглинки порой обладают более высокой водопроницаемостью, нежели крупнозернистые разности. Этим выявлена большая роль структуры

¹ Заимствовано из отчета проф. Малыгина В. С.

грунта. Длительная фильтрация в засоленном грунте приводит к вымыву легкорастворимых (хлористых) солей и уменьшению величины о допроницаемости.

Коэффициент фильтрации песков, полученных из калифорнийского колодца, равен 0,1—0,4 мм/сек.

При опытах установлена сильно тормозящая фильтрацию роль заземленного в грунтах воздуха. Определение величины пористости грунтов и почв показало, что при общей пористости от 40 до 50% на долю капиллярной падает основная часть 30—40%, и величина некапиллярной пористости обычно 9—10, редко 12%, что характерно для бесструктурных сероземов Голодной степи.

Из прочих наблюдений над грунтами интересны те, которые устанавливают для глинистых разностей уменьшение объема при насыщении грунтов водой. Разбухания указанных грунтов при насыщении водой не отмечается.

Попытки определения естественных скоростей движения воды в мелкоземах с помощью индикаторов в разных местах Голодной степи не дали эффекта, что позволило некоторым исследователям отрицать наличие горизонтального перемещения грунтовой воды. Равным образом ими же берется под сомнение наличие в малоземах общего грунтового потока. По отметкам уровней воды в колодцах и скважинах Голодно-степского плато устанавливается наличие строго северного направления движения грунтовых вод по южной окраине степи при уклонах в 0,001—0,002. За Джитысайкаройским понижением общий уклон поверхности грунтовых вод обращен к северо-западу. Вдоль северной окраины плато гидроизогинсы намечают падение к северо-северозападу в сторону долины Сыр-дарьи. Уклоны зеркала в центральной части плато 0,0006—0,0008, в северозападной—0,0002.

4. Возможности применения вертикального дренажа для понижения уровня грунтовой воды

Вызываемая близким к дневной поверхности положением зеркала грунтовой воды порча грунтов и снижение или полная гибель урожаев хлопка известны для Голодной степи больше, нежели для какого-либо иного района Средней Азии. Во всех старых и современных проектах орошения или переустройства ирригационной системы почтенное место отводится осушительным мероприятиям. Последние в порядке очередности осуществления проектов ставятся часто на первое место.

Можно сказать, что засоление грунтов является фактом на всей орошенной площади степи. Степень засоления, конечно, различна на землях давнего и нового орошения. Некоторые площади совершенно выведены из строя.

Крайне благоприятный для произрастания хлопка климат степи, ее освоенность, культурность, экономическая обстановка и громадные просторы для крупного хозяйства требуют приложения технических знаний и усилий для возвращения грунтам их былого плодородия.

„Почво-грунты Голодной степи“, как говорит старший специалист по дренажу бывш. Опытно-исследовательского института водного хозяйства инженер Макридин „по своей структуре и напластованию не представляют особых препятствий к успешному действию вертикального дренажа по способу насосных колодцев“. Геологическое сложение степи, очень мало исследованное, требует детального дальнейшего изучения. Опыт Золоординского колодца показывает, что геологическая об-

становка в значительной мере определяет успех понижения уровня грунтовой воды.

При подтверждении данной выше схемы геологического строения Голодной степи, по которой 20—30-метровая толща мелкоземов подстилается песками и галечниками, целесообразна комбинация глубоких колодцев, погруженных нижней частью в песчаную толщу, с колодцами, перфорированными и на высоте развития мелкоземов. Диаметр колодцев должен быть по возможности большим, дабы уровень воды в колодце наименьшим образом отрывался от уровня воды с внешней стороны колодца.

Использование воды калифорнийских колодцев для орошения встретит некоторые препятствия в связи с значительной минерализованностью грунтовой воды. Лучшее качество грунтовых вод с больших глубин позволяет, однако, надеяться на возможность без особого ущерба для урожаев пользования этой водой для орошения. Практика орошения в Средней Азии знает случаи¹ питания полей водами и сильнее минерализованными, а возможность смещения грунтовых колодезных вод с пресными водами Сыр-дарьи еще радикальнее разрешает задачу.

Количественная сторона дела уже отмечена выше, именно, песчаные и галечниковые отложения аллювиального происхождения водобильнее и легче отдают воду, нежели подобные породы, отложенные временными потоками. Поэтому скважины в полосе развития сырдарьинских отложений дадут, при прочих одинаковых условиях, большее количество воды.

Отсюда и рекомендация тех пунктов, где применение калифорнийских колодцев может дать наибольший эффект. Каждому опыту должна предшествовать глубокая геологическая разведка, так как без знания геологического разреза трудно предвидеть итог опыта и произвести целесообразную организацию колодца.

Наконец, из соображений морального порядка, калифорнийские опыты для Голодной степи резонно возобновить на участке Золотой орды, наиболее изученном и удобном. Техническая оснащенность опытного отряда должна быть достаточно высокой, чтоб неудача первого опыта была возмещена очевидным эффектом.

Ответственный редактор 

Члены Редакционной коллегии: *Н. А. Янишевский, А. Н. Аскачешский, Г. И. Антокольский, Г. Н. Виноградов, М. С. Выго, Л. Н. Исас, Миронов.*

¹ Орошение хлопковых полей водами соленых источников в долине Ян-на и в Приаральской полосе в Вахшском районе и др.

Содержание

Стр.

1. А. В. Трояцкий—Водозаборные сооружения в Средней Азии и их дефекты (очерк второй) 3
2. Н. А. Фадеев—Гидротехнический расчет флютбетон с учетом повышенного гашения напора на вертикальных путях фильтрации 21
3. Е. А. Замарин, проф.—О гидро-техническом расчете по илж. Е. В. Лапо с повышенным гашением напора на вертикальных путях фильтрации. 28
4. А. И. Гостуевский и С. X. Абальниц—Возсудейский шугосбросный лоток 31
5. С. Т. Алтушня и Л. Г. Харлампиев—О берего-защитных работах сетчатыми заграждениями на р. Аму-дарье у гор. Чарджуй в 1935 г. 37
6. Н. С. Шинин—Водовыпуски на распределительной и мелкой сети 58
7. Г. И. Архангельский—Краткая гидрогеологическая характеристика Голодной степи. Условия применения калифорнийских колодцев 71

К № 1 журнала „Ирригация и Гидротехника“ за 1936 г.

До пользования книгой просьба внести следующие исправления:

Стр.	Строка		Напечатано	Следует читать
	Свер-ху	Сни-зу		
4		13	958,000,	958, 000
5	11		0,5 м	0,15 м
6	3		из габиона	Из габионов
11	5		хода	пола
12		6	размеры	размывы
19		18	внутри	впереди
32	14		вышележащий участок	вышележащим участко
47	14		4 м	1,4 м
67	9		прокращение	прекращение

К заказу 961