

Тс
924

Л. А. ВАРТАЗАРЬЯН

**СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ
МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ
И СООРУЖЕНИЙ**



ТС
924

Л. А. ВАРТАЗАРЬЯН

СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ И СООРУЖЕНИЙ

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности „Гидромелиорация“

В предлагаемом учебном пособии рассматриваются вопросы эксплуатации магистральных каналов аридной зоны, содержания и ремонта гидротехнических сооружений, находящихся на каналах; освещаются способы устранения деформации каналов, сооружений, размывов, заиления; предлагается опыт эксплуатации каналов в аридной зоне Средней Азии и за рубежом в районах, сходных по почвенно-климатическим условиям.

Пособие рассчитано на студентов гидромелиоративных институтов и факультетов, оно будет полезно практическим работникам мелиорации и водного хозяйства.

Спецредактор доктор техн. наук А. А. РАЧИНСКИЙ

Рецензенты: А. П. АВЕРЬЯНОВ—канд. техн. наук;
А. А. РАЧИНСКИЙ—доктор техн. наук

Левон Абелович Вартазарьян

СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ И СООРУЖЕНИЙ

Ташкент — „Ўқитувчи“ — 1983

Редактор М. Н. Бондаренко
Худож. редактор В. П. Слабунов
Техн. редактор Н. Комиссарова
Корректор Л. Юлдашева

ИБ № 2276

Сдано в набор 24.06.81. Подписано в печать 18.05.1983. Р—18081. Формат 84×108¹/₃₂ Бум. жип. №3. Кегль 10 б/шп. Усл. п. л. 7,14 Изд. л. 6,64. Тираж 3500. Заказ №425 Цена 20 к.

Издательство „Ўқитувчи“. Ташкент, ул. Навои, 30. Договор 6—7—81.

Областное издательство областных газет и типография им. Ч. В. Морозова
Самарканд, ул. У. Турсунова, 82, 1983 г.

© Издательство „Ўқитувчи“, 1983 г.

В 3303000000 — 138
353(04)—83 ...+83 инф. письмо

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I. СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ	8
Глава 1. Орошение и оросительные системы аридной зоны СССР	8
1.1. Объекты эксплуатации	8
1.2. Каналы оросительных систем	10
1.3. Эксплуатация магистральных оросительных каналов	19
Примеры из производственной практики	21
1.4. Особенности эксплуатации магистральных каналов, проложенных в сильнофильтрующих грунтах	26
Примеры из производственной практики	28
Глава 2. Эксплуатация Джелалабадской ирригационной системы в Афганистане в начальный период	33
2.5. Повреждения и размывы канала	33
2.6. Противофильтрационные мероприятия по Джелалабадскому каналу и распределительной сети. Коэффициент полезного действия	37
Глава 3. Повреждения и размывы на некоторых действующих оросительных каналах республик Средней Азии и Казахстана	42
3.7. Размывы и повреждения Северного Ферганского Канала (СФК) в начальный период эксплуатации	42
3.8. Деформация и размывы канала Отуз-Адыр вследствие просадки грунта (Киргизская ССР)	44
3.9. Размывы и повреждения правобережного Зарафшанского канала на закруглениях и на участках неоднородного и недоброкачественного грунта (Узбекская ССР)	47
3.10. Внешний размыв (обмыв) канала Кескен (система р. Келес) (Казахская ССР)	47
3.11. Разрушение и повреждение оросительных каналов вследствие землетрясения	48
3.12. Прорывы подводящего канала Каттакурганского водохранилища	48
Примеры из производственной практики	49
3.13. Стоимость эксплуатации оросительных систем (каналов)	56

Глава 4. Эксплуатационные мероприятия по улучшению работы и поддержанию каналов	60
4.14. Повреждение и размыв оросительных каналов, причины и способы предупреждения повреждений . .	60
4.15. Укрепление размываемых участков канала . . .	73
4.16. Закрытие прорывов в оросительном канале . . .	77
4.17. Заиление и очистка оросительных каналов от наносов	97
4.18. Зарастание каналов, предупреждение и борьба с зарастанием	105
4.19. Фильтрация воды из каналов и меры борьбы с ней	108
4.20. Заносы, выдувание и развевание ветром (дефляция) грунта в руслах каналов	112
4.21. Повреждение каналов роющими животными и меры борьбы	114
4.22. Зимнее содержание каналов, борьба с ледовыми явлениями	116
4.23. Календарь ремонтных работ	118
ЧАСТЬ II. СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ СООРУЖЕНИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛАХ	118
Глава 5. Поддержание гидротехнических, вспомогательных сооружений и оборудования	118
5.24. Поддержание линейных сооружений (шлюзы, регуляторы, перегораживающие и сбросные сооружения)	120
5.25. Поддержание сооружений, регулирующих скорости (перепады и быстротоки)	122
5.26. Поддержание линейных сооружений на пересечениях	124
5.27. Поддержание земляных дамб	125
5.28. Поддержание плотин (дамб) из каменной наброски .	126
5.29. Поддержание бетонных плотин	128
Приложение I. Чертежи и рисунки	130
Приложение II. Журналы наблюдений за работой магистральных каналов и гидротехнических сооружений	132

За годы Советской власти площадь орошаемых земель в нашей стране увеличилась в три, а под хлопчатником более чем в четыре раза. По размерам орошаемых площадей СССР в настоящее время занимает третье место в мире, по валовому сбору хлопка—второе место (после США). По урожайности хлопчатника первое место в мире занимает Узбекская ССР. Весь урожай хлопка-сырца в стране получают с орошаемых земель.

В республиках Средней Азии, Закавказья, Казахстана и других построены и реконструированы сотни оросительных магистральных каналов общей протяженностью более 46,7 тыс. км. На конец 1985 г. их протяженность по аридной зоне превзойдет 79,0 тыс. км, а орошаемая площадь земель по СССР превысит 36 млн. га (табл. 1) [1]. Несмотря на то, что уровень технической эксплуатации этих сооружений существенно возрос, тем не менее эксплуатацию многих из них нельзя признать удовлетворительной: они недостаточно оснащены водозаборными, регулируемыми сооружениями, водомерными устройствами, средствами автоматики и телемеханики, современным техническим оборудованием, наблюдаются заиление и зарастание их русел, размывы и прорывы каналов, несвоевременное проведение ремонтов и др. Это—главная причина в нарушениях планового водозабора, неудовлетворительного водораспределения, больших потерь воды и, как следствие, неблагоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель и снижения урожайности сельскохозяйственных культур.

Вместе с тем безаварийная работа магистральных каналов и сооружений на них является основным условием бесперебойной транспортировки воды из источника орошения к орошаемым массивам, к границам хозяйств-водопользователей. Это необходимо для того,

Таблица 1

Гидромелиоративные системы СССР и перспективы их развития

Элементы системы	К-во на I. I—1980 г. по СССР	В том числе по республикам			На конец 1985 г.
		Узбекской	Казахской	Киргизской	
Орошаемая площадь, млн. га	17,5	3,2	1,8	1,41	28,0
То же, %	100,0	11,0	7,0	5,0	127,0
Осушено угодий, млн. га	14,5	—	—	—	19,0
Магистральные оросительные каналы, тыс. км	82,0	20,2	12,2	11,0	156,0
Всего ГТС, тыс. шт.	134,0	15,8	15,0	13,0	635,0
В т. ч. самотечные водозаборы, тыс. шт.	20,0	6,0	3,0	2,4	38,0
Насосные станции, тыс. шт.	1,2	0,13	—	—	2,3
Гидрометрические посты, тыс. шт.	38,0	12,2	5,4	4,55	73,0
Каналы внутрихоз. сети, тыс. км	256,0	73,1	37,0	18,0	490,0
Коллекторно-дренажная сеть, тыс. км	93,0	15,3	—	—	179,0
Водохранилище ирригац. назнач., шт.	115,0	14,0	7,0	3,0	160,0
Телефонные линии, тыс. км	20,0	7,2	3,0	2,4	38,2
Эксплуатационный штат, тыс. ед.	32,0	12,2	—	—	61,0

чтобы низовые элементы оросительных систем обеспечивали поливы орошаемых сельскохозяйственных культур в лучшие агротехнические сроки и тем создали условия для получения больших урожаев сельскохозяйственных культур.

В данном учебном пособии наиболее полно раскрываются отдельные вопросы содержания и ремонта магистральных каналов и сооружений на них, предусмотренные программой по эксплуатации гидромелиоративных институтов и факультетов.

В первой части учебного пособия рассматривается содержание и ремонт магистральных каналов, и, кроме того, такие вопросы, как орошение и оросительные системы аридной зоны СССР.

В ней освещаются объекты эксплуатации—земельно-водные ресурсы, составные элементы оросительных систем, работа магистральных, межхозяйственных, хозяйственных распределительных каналов и их эксплуатация. Раскрываются особенности эксплуатации оросительных каналов, проложенных в различных грунтах.

Отличительной особенностью учебного пособия является то, что теоретические положения подкрепляются в нем производственной практикой. Последнее может представлять значительный интерес для работников органов водного хозяйства.

СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Глава I. ОРОШЕНИЕ И ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АРИДНОЙ ЗОНЫ СССР

К объектам эксплуатации гидромелиоративных систем относятся земельные ресурсы, водные ресурсы, гидромелиоративные устройства.

I. 1. Объекты эксплуатации Земельные ресурсы

Ценность земельных ресурсов для нужд сельского хозяйства зависит от естественноисторических условий (климатические, почвенные, рельефные, геологические и др.), определяющих возможность возделывания на этих землях сельскохозяйственных культур с определенным народнохозяйственным эффектом.

На начало 1980 г. земельный фонд Союза ССР в трех зонах разного уровня естественного увлажнения (рис. 1) характеризовался следующими данными (в тыс. га): общая орошаемая площадь 2231198,5 га, из них: пашни 217783,7 га (9,7%); каменисто-галечниковые 4804,1 га (0,22% общей площади) и 2,21% площади пашни [5].

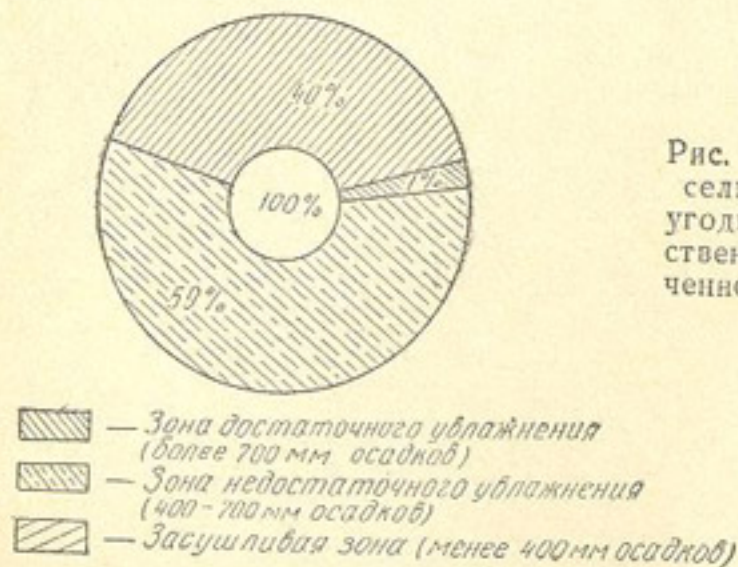


Рис. 1. Распределение сельскохозяйственных угодий по степени естественной влагообеспеченности.

Водные ресурсы

Главными источниками орошения в районах орошаемого земледелия являются реки. Иногда для орошения используют озера и водоемы, временные водные потоки, русловые и грунтовые воды. Однако их роль по сравнению с речными источниками незначительна [5].

Водные ресурсы района, области, республики состоят из вод: формирующихся на данной территории; поступающих из соседних областей; формирующихся благодаря местному стоку; запасам грунтовых вод и др.

Наименее обеспечены водой в аридной зоне орошения Туркменская, Узбекская, Киргизская и Армянская ССР (табл. 2).

Таблица 2

Водные ресурсы рек аридной зоны по союзным республикам СССР

Республика	Средний годовой сток, км³	Водообеспеченность общим стоком км³ на 1 км² территории
Грузинская	62,8	0,90
Азербайджанская	30,6	0,35
Армянская	7,9	0,26
Казахская	121,1	0,44
Узбекская	117,1	0,26
Киргизская	52,8	0,26
Таджикская	71,2	0,49
Туркменская	68,6	0,14

Водные ресурсы республик Средней Азии и Казахстана составляют лишь 8,5% всего поверхностного стока рек Союза ССР, а их территория—18% территории страны. Это указывает на недостаточность поверхностного стока водных ресурсов в этой основной зоне орошения страны [5]. Поэтому большое практическое значение в этих республиках имеют и будут иметь запасы подземных вод, особенно в мелиоративно неблагоприятных районах орошения (Голодная степь и др.).

Гидромелиоративная система — предприятие, которое состоит из технических устройств (каналов, гидротехнических вспомогательных сооружений) и оборудования, представляющих слаженный механизм, имеющий свой штат работников для решения в определенном районе или его участке мелиоративных задач.

В понятие „гидромелиоративная система“, помимо технических устройств (каналов, сооружений, специального оборудования), входят гражданские здания, дороги, телефонные линии, лесопосадки и др.

1.2. Каналы оросительных систем

Составные элементы оросительной системы

Каналы (сеть) оросительных систем по своему назначению (функции) делятся на: оросительные, коллекторно-дренажные и сбросные. В общем случае в каждой оросительной системе имеется магистральный канал, который состоит из головного, холостого участка и рабочей части [4, 7, 13].

Головной участок состоит из:

- участка русла реки, непосредственно прилегающего к головной части системы, с установленной для данного участка полосой отчуждения;

- водозаборного узла;

- головной части магистрального канала;

- сооружений, ограждающих территорию участка от затопления;

- устройства для наблюдения, учета и контроля работы головного участка и его сооружений, а также учета поданной воды и наносов;

- вспомогательных сооружений и устройств для нормальной эксплуатации головного участка канала.

Холостой участок магистрального канала это участок, на котором не происходит подача воды в распределители (участок от его головы до распределителя первого порядка).

Рабочая часть—это участок трассы магистрального канала, на котором происходит отдача воды распределительным каналам для орошения подкомандных ему земель. На крупных системах рабочая часть магистрального канала может состоять из ветвей. Так, есть правая ветка канала им. С. М. Кирова (Голодная степь),

центральная ветка Южногостепского канала имени А. А. Саркисова, Кургантепинская ветка ЮГК и др. В зависимости от конкретных условий оросительной системы ее отдельные каналы могут совмещать функции оросительные, сбросные и дренажные.

Работа магистрального канала

Режим работы магистрального канала устанавливается в соответствии с утвержденными планами водораспределения между водопользователями, потребностями промышленности, транспорта и др. Планы составляют в увязке с источником орошения и пропускной способностью канала. Магистральный канал даже при большом числе водопользователей может работать в течение года с небольшим перерывом на период его ремонта [6, 7].

Эксплуатация магистрального канала и его ветвей ведется по графикам. В них фиксируют на каждый день Q и горизонт воды H головного поступления и сбросы, узлы командования, распределения и контрольных створов, наполнения, опоражнивания канала и календарный план работ по поддержанию его в течение года. Соблюдение этих графиков и планов позволяет поддерживать канал в рабочем состоянии, правильно организовать службу эксплуатации и др. Это обеспечивает нормальную его работу в соответствии с требованиями плана водораспределения. Содержание головного участка канала заключается в его охране и обеспечении нормальной работы, а холостой части—только в охране.

Нормальная работа канала может быть нарушена вследствие заиления и зарастания его в течение вегетации растений, особенно в период максимального потребления воды на орошение сельскохозяйственных культур. Тогда канал закрывают на три—пять дней или подают воду с перерывами.

Потери воды могут быть вызваны ее фильтрацией через ложе канала в начальный период его эксплуатации, размывами и разрушениями отдельных участков канала, прорывами его.

На головном участке ежегодно проводят:

- регулировочные, защитные, крепительные работы от подмыва и размыва рекой головного сооружения и головной части магистрального канала;

— защитные работы от попадания в канал из реки твердого расхода;

— задержание наносов, попавших в канал через головное сооружение, путем осаждения в отстойниках и гидравлической промывке их в реку через сбросное сооружение или механической очистке осевших в отстойнике наносов;

— работы по предотвращению переполнения канала, его загрязнения и размыва селевыми потоками.

Для обеспечения нормальной работы в течение года на магистральных каналах, расположенных на источниках, несущих обилие наносов, чаще приходится заниматься удалением осевших наносов.

Для их задержания иногда уширяют головную часть канала и устраивают подпор и сбросные сооружения. С их помощью в период максимальных расходов воды наносы промывают и осаждают с последующей периодической промывкой через сбросное сооружение или удаляют механическим способом (экскаватором, землесосом и др.). Иногда в период наибольшего содержания наносов в реке (особенно в период нарастания паводка) целесообразно закрывать головное сооружение, чтобы избежать сильного заиления канала. Так закрываются на 5—10 дней магистральные каналы, выходящие из р. Амударьи. При смыве наносов на головной части канала в случае отсутствия бетонированных отстойников дно и откосы этой части канала приходится крепить местными материалами.

Как видно, канал в головной части работает в условиях неравномерного режима, подпора и спада горизонтов воды, частых колебаний горизонтов, изменений скоростей воды от максимума до минимума. Это затрудняет эксплуатацию данной части магистрального канала.

Когда головной участок канала проходит близко от берега реки, для того, чтобы избежать его подмыва, устанавливают защитные шпоры, спрямляют реку, переносят трассу канала и др. Наблюдения за ложем реки сводятся к ежегодной топографической съемке после прохождения паводка на участке берега реки, подверженного размыву, и нанесения его на общий план. Имея на плане очертание русла реки, ее берегов за несколько лет, можно составить представление о

характере русловых процессов реки и принять меры против явления дейгиша (размыва).

В конце головного участка, через головной гидрометрический пост вода строго по графику водоподачи поступает в холостую часть канала. Расходы воды и твердого стока регулируют головным узлом сооружения. Холостой участок магистрального канала обычно проходит под небольшим углом к горизонталям в различных условиях рельефа местности; часто по косогорам всхолмленной местности, пересеченной тальвегами, и реже—по равнинной, пересекая уступы террас. В поперечном профиле такой холостой участок проходит обычно в выемке и, реже, в полувыемке-полунасыпи. В конце холостой части устраивают первый узел командования—регулятор, через который вода поступает в ветви магистралей, в рабочую часть канала и в распределители первого порядка в количествах, установленных планом водораспределения.

Холостая часть канала работает в условиях неравномерного режима. При регулировании горизонтов и сбросов воды в верхнем бьефе узла сооружения образуются кривые спада и подпора. Это может служить причиной размывов, обвалов и других видов деформации откосов. Чтобы избежать размыва, в районе действия кривой спада расходы воды регулируют по графику, а в случае надобности своевременно проводят необходимые крепительные работы.

В холостой части канала требуются и другие виды работ:

- защита канала от размыва и загрязнения пересекаемыми селевыми потоками;
- очистка от обвалов и заиления;
- укрепление размывших частей канала на криволинейных участках;
- удаление растительности;
- борьба с оползнями на косогорах и глубоких выемках.

Если холостая часть канала проложена в глубокой выемке, возможно оползание от размыва верхового откоса канала вследствие ливневых и талых вод и быстрого заиления канала. Это уменьшает пропускную способность его и вызывает перебои в водоподаче.

В этих случаях для перехвата стекающих поверхностных вод устраивают нагорные каналы. С их помощью

стекающие воды перехватывают и отводят в близлежащие водоотводы или даже канал, в определенных, надлежащим образом укрепленных пунктах (быстро-токи или перепады).

Если холостая часть канала проложена в глубокой выемке через орошаемый массив, то может произойти размыв его откосов сбросной и дренажной водой с полей орошения. Это создает условия для оползней, обвалов и других деформаций, влияющих на нормальную работу канала и создающих перебои водоподачи. Поэтому вдоль его трассы оставляют полосы отчуждения и по их границам устраивают водосборные каналы. Эти каналы перехватывают все поверхностные и сбросные воды и подводят их к определенным пунктам для сброса через специальные сооружения (перепады, быстро-токи) в канал.

Иногда в районах глубоких выемок вдоль каналов приходится складировать кавальеры. Они образуют как бы широкие дамбы, и тем ограждают канал от попадания в него поверхностных вод.

Рабочая часть магистрального канала начинается от первого узла командования, от него отходят распределители первого порядка. На всем протяжении рабочей части канал подает воду в распределители первого порядка. По мере отдачи воды из магистрального канала в отходящие из него распределители расход воды в нем сокращается. Это ведет к уменьшению поперечного сечения и изменению других гидравлических элементов. Режим магистрального канала в рабочей части определяется главным образом графиком потребления, согласно которому наибольшие расходы воды приходятся на вегетационный период, в остальное же время года они значительно меньше вегетационных.

Режим работы рабочей части магистрального канала зависит также от принятого системного плана и характера водораспределения. Распределение воды в данном случае зависит от уклонов, амплитуды колебаний (Q и H) и величины отвода воды. Оно проводится без перегораживающих сооружений (при больших уклонах и малых отводах) или с их помощью в узлах водораспределения. В последнем случае рабочая часть магистрального канала представляет собой ряд подпертых бьефов. В обоих случаях канал работает

при переменном режиме, но характер этих режимов различен: в первом случае он способствует размыву канала, во втором — возможность размыва сведена к минимуму, но создаются условия заиливания верхних бьефов.

В распределители первого порядка вода обычно подается непрерывным током. Однако при недостаточной подаче воды или малых расходах в рабочую часть магистрального канала вводят очередное распределение воды между распределителями первого порядка. Это в общем случае нарушает равномерность режима канала и усложняет его работу.

В зимний период рабочую часть магистрального канала обычно выключают. В противном случае она должна быть оборудована сооружениями для отбоя и сброса шуги. Потери воды здесь хотя и меньше, чем потери в распределительных каналах, но их значительно больше, чем в холостой части канала (до 5 — 10%). Эксплуатация рабочей части магистрального канала требует значительных работ по водораспределению, ремонту и др.

На рис. 2 это иллюстрируется примером канала Зах с его большой амплитудой расходов воды в годовом цикле.

Работа межхозяйственных распределительных каналов

Работа межхозяйственных распределителей определяется системным планом водопользования, техническими и местными условиями. В зависимости от принятого плана водопользования распределители работают непрерывно в течение всего периода вегетации растений или периодически с постоянным расходом воды. В первом случае режим расхода воды в распределителе будет аналогичен графику водопотребления брутто или расходу магистрального канала (рис. 2). Во втором случае он примет вид, показанный пунктиром (рис. 2), т. е. когда распределители будут работать тактами, пропуская в отдельные периоды нормальный расход, а в остальное время выключаясь из работы [6, 7].

В первом случае может оказаться, что в отдельные периоды распределители первого порядка не могут подавать воду в потребном количестве всем отходящим из них распределителям второго порядка. Для обеспе-

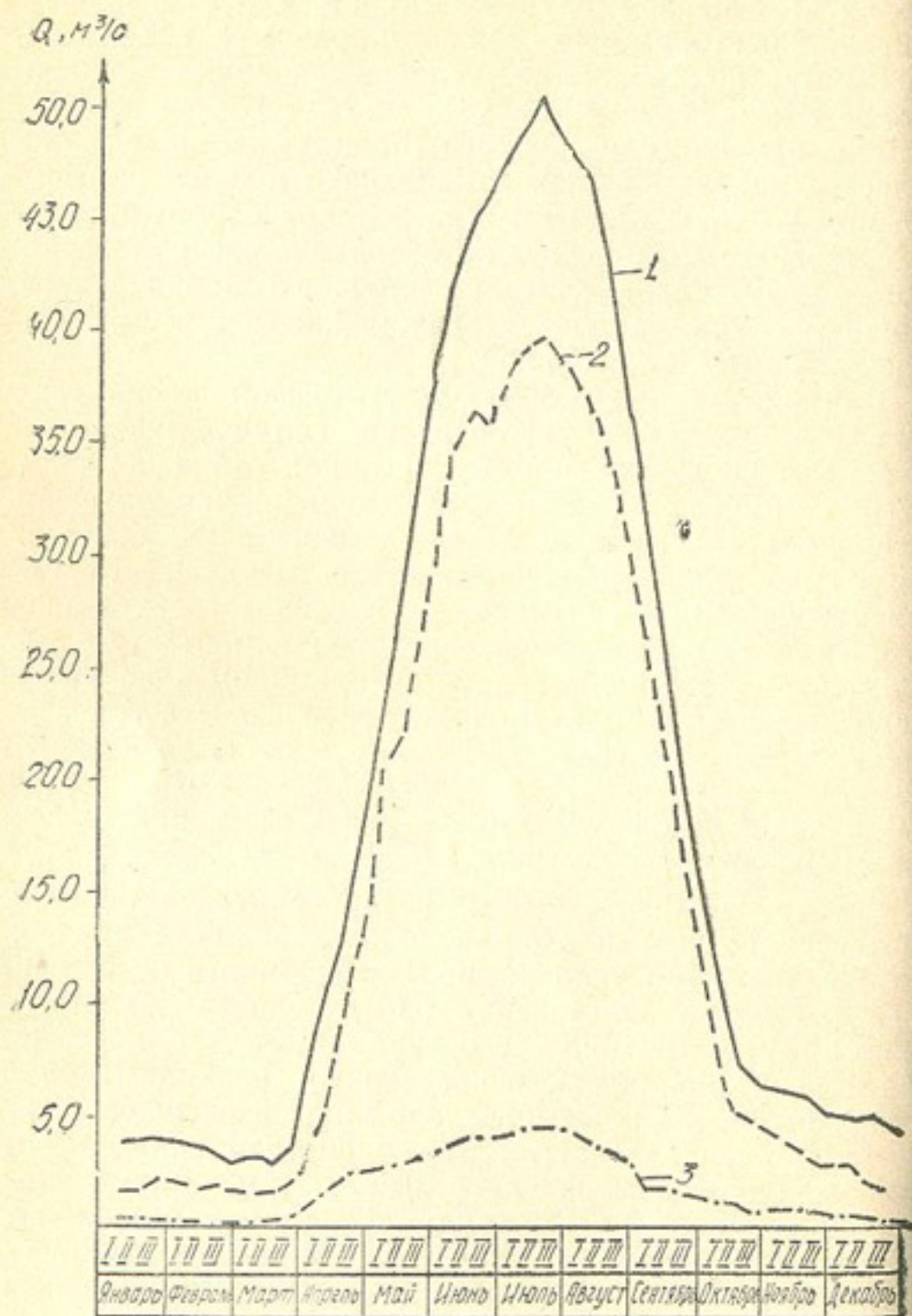


Рис 2. График колебания (1) расхода воды в магистральном канале Зах. То же в межхозяйственных (2) и внутрихозяйственных (3) распределителях.

чения водоподачи в этом случае потребуются ввести очередность между распределителями второго порядка, или создать искусственные подпоры в распределителе первого порядка. Для включения в работу одних распределителей второго порядка и выключения других, а также для поддержания необходимых горизонтов в распределителях первого порядка последние оборудуются подпорными сооружениями. Работа распределителя при подпоре создает условия для заиления и зарастания канала.

Во втором случае при периодической работе распределителей первого порядка поперечные преграждения в них не потребуются, так как они работают тактами с расходом, равным $Q_{\text{нор}}$. Отходящие из них распределители второго порядка также будут работать при $Q_{\text{нор}}$, скорости воды в них будут незаиляющими и эксплуатационные затраты наименьшими.

Однако, несмотря на такое техническое преимущество периодической работы межхозяйственного распределителя, при недостаточной согласованности в подаче воды и потребности в ней сельскохозяйственных культур, а также при проведении обработки сельскохозяйственных культур, такой порядок может стать в противоречие с требованием проведения поливов и обработки в лучшие агротехнические сроки. Поэтому чаще эти каналы работают непрерывно в течение всего периода вегетации растений.

Работа хозяйственных распределительных каналов

В хозяйственные распределительные каналы вода поступает через хозяйственные шлюзы-водомеры. Затем ее распределяют между внутрихозяйственными каналами, участковыми распределителями, а эти последние доставляют воду на поливной участок, поле севооборота в количествах и в сроки, установленные хозяйственным планом водопользования и оперативным 10 — 15-дневным планом полива и обработки [6, 7].

Таким образом, участковый распределитель в системе постоянных каналов является распределителем последнего порядка. Полив и обработки наиболее просто и легко увязываются при непрерывной подаче воды в хозяйство в течение всего вегетационного периода растений. К подаче воды хозяйству по графику водо-

оборота следует прибегать при значительном недостатке воды в источнике орошения и в маловодные годы.

При непрерывной работе хозяйственных распределителей участковые распределители работают в большинстве прерывисто, согласно принятому водообороту между полями севооборота. Хозяйственная распределительная сеть обычно подвержена зарастанию и заилению в равной мере. Работы по поддержанию хозяйственных и участковых распределителей в рабочем состоянии сводятся к периодической очистке их от заиливания и зарастания. Поэтому необходимо обеспечить согласованность работы межхозяйственной и хозяйственной сети каналов. При этом:

магистральный канал должен работать непрерывно в течение оросительного периода с переменным расходом воды, питая одновременно все выходящие из него распределители; каждый распределитель будет работать также непрерывно с переменным расходом (соответственно изменениям расходов в магистральном канале и площади орошения данного распределения).

В период маловодья допускается работа магистрального канала отдельными участками, т. е. подача воды одновременно не во все, а в часть распределителей, каждый распределитель работает периодически с нормальным расходом.

Условия нормальной работы оросительной системы

Нормальная работа оросительной системы обеспечивается наличием основных эксплуатационных требований:

— состав основных элементов оросительной системы должен отвечать поставленным задачам, а техническое состояние их работы соответствовать эксплуатационным требованиям;

— расходы и горизонты воды в источнике орошения должны быть достаточными, т. е. соответствовать водопотреблению оросительной системы—нетто плюс нормальные потери;

— каналы, гидротехнические и прочие сооружения и оборудование системы должны удовлетворять своему назначению, требованиям устойчивости и прочности, быть комплектными и гарантировать бесперебойный забор, распределение и подачу воды хозяйствам-водопользователям;

— все работы по поддержанию оросительной системы должны быть выполнены своевременно, в полном объеме и качественно;

— принятая техника полива и режим орошения должны соответствовать плановой урожайности сельскохозяйственных культур;

— воду в системе и использование ее в хозяйствах должны распределять на основе утвержденных планов водопользования и их оперативного корректирования в процессе работы с наименьшими потерями воды и наибольшими КПД, КИВ;

— контроль и регулирование режима грунтовых вод должны проводить непрерывно и своевременно принимать меры к недопущению засоления и заболачивания орошаемых земель;

— улучшение технического состояния и развитие оросительных систем должны осуществлять систематически и отвечать все возрастающим требованиям сельского хозяйства и условиям непрерывного совершенствования производства на базе новой техники;

— штат эксплуатационников по составу и квалификации должен соответствовать своему назначению и быть правильно организован.

1.3. Эксплуатация магистральных оросительных каналов

Организация эксплуатации каналов представляет собой совокупность мероприятий: по водораспределению (действия по правильному использованию сооружений и всей системы); по поддержанию в рабочем состоянии; по развитию (улучшению) использования технических устройств системы, водных, земельных и прочих производственных ресурсов, повышения производительности труда и получения наибольшего народнохозяйственного эффекта.

В процессе эксплуатации все элементы оросительной системы должны поддерживаться в хорошем рабочем состоянии, чему будет способствовать надлежащая охрана, правильные действия линейного штата, предупреждение и ликвидация повреждения каналов и сооружений. От несвоевременного устранения линейным штатом небольшого повреждения канала, сооружения, размер повреждений быстро возрастает. Это может привести к аварии на канале и перерыву в его

работе и, следовательно, перерыву водоподдачи на продолжительное время.

Как бы тщательно ни были запроектированы и построены каналы и сооружения, в процессе эксплуатации обычно выявляются их недостатки. Они бывают следствием недоучета тех или иных факторов или возникновения новых условий, а также возможности развития орошаемого земледелия.

Правильное действие штата состоит в поддержании установленных техническими нормами горизонтов и расходов воды в канале и недопущении отклонений от них; в строгом соблюдении установленного правилами эксплуатации порядка наполнения и опорожнения канала; манипулировании щитами и своевременном выполнении технического ухода, обеспечивающего полную исправность состояния и работы канала за все время его функционирования.

За правильное действие данного канала отвечает гидротехник канала и водный объездчик. Организация и обеспечение нормальной работы канала есть наиболее действенное и дешевое средство по поддержанию канала в хорошем рабочем состоянии. Наоборот, неправильные действия, нарушения технических норм и правил эксплуатации могут вывести его из рабочего состояния. В том случае, когда повреждение канала не было предупреждено, его необходимо срочно ликвидировать проведением специальных работ в зависимости от вида повреждения. В соответствии с этим различают общее и специальное поддержание канала.

Регулирование расходов и горизонтов воды в канале и организация правильного действия и обслуживания канала, обеспечивающие его цельность и сохранность, включают в себя понятие общее поддержание каждого канала. Оно выполняется линейной службой эксплуатации непрерывно в течение всего периода работы канала. Сюда входит: охрана, надзор, действия по предупреждению повреждений и текущий ремонт.

Ликвидация различных повреждений канала, как заиливание и зарастание, прорывы и размывы, фильтрация, дефляция, повреждение льдом и другое, имеющее местное распространение, временный характер и различную степень проявления, составляет задачу специального поддержания. Все работы по специальному поддержанию в рабочем состоянии каналов межхозяй-

ственного значения проводятся государственными УОС, а каналов внутривладельческого значения — хозяйствами-водопользователями.

Примеры из производственной практики

Развитие эксплуатации на Большом Ферганском Канале (БФК) имени У. Юсупова

Большой Ферганский Канал (БФК) был сдан в эксплуатацию в декабре 1939 г. За последующие сорок лет (с 1939 по 1979 гг.) в связи с развитием орошения была проведена реконструкция канала, в результате которой был проложен левобережный подпитывающий канал и пропускная способность верхнего тракта БФК поднялась до $150 \text{ м}^3/\text{с}$; нижнего (Карадарьинского) тракта — до $175 \text{ м}^3/\text{с}$ и подпитывающего канала — до $70 \text{ м}^3/\text{с}$. В 1967 г. был построен Учкурганский гидроузел на р. Нарын для гарантированного забора $365 \text{ м}^3/\text{с}$ воды в Северный Ферганский Канал и в подводящее русло подпитывающего канала БФК.

На канале имеется немало самых разнообразных ГТС, на многих узлах которых используют местное и дистанционное управление.

Эксплуатация магистрального канала имени С. М. Кирова [14]

В связи с расширением площади орошаемых земель в зоне канала, начиная с 1920 г., четырежды проводили реконструктивные работы. Водами из канала имени С. М. Кирова в основном орошают земли районов старой зоны орошения Голодной степи. Источником его питания является р. Сырдарья. Водозабор в канал ведется из сбросного тракта Фархадской ГЭС посредством головного узла сооружения, расположенного на 14-м километре канала. Головной узел сооружения регулирует водоподдачи в Кировский канал и одновременно сбрасывает излишнюю воду в р. Сырдарью. Общая площадь, пригодная к орошению (нетто) из этого канала, около 250 тыс. га.

Для нормальной работы канала его ежегодно ремонтируют (рис. 3, 4, 5):

очищают от наносов (до $3,86 \text{ м}^3/\text{п.м.}$), выкашивают

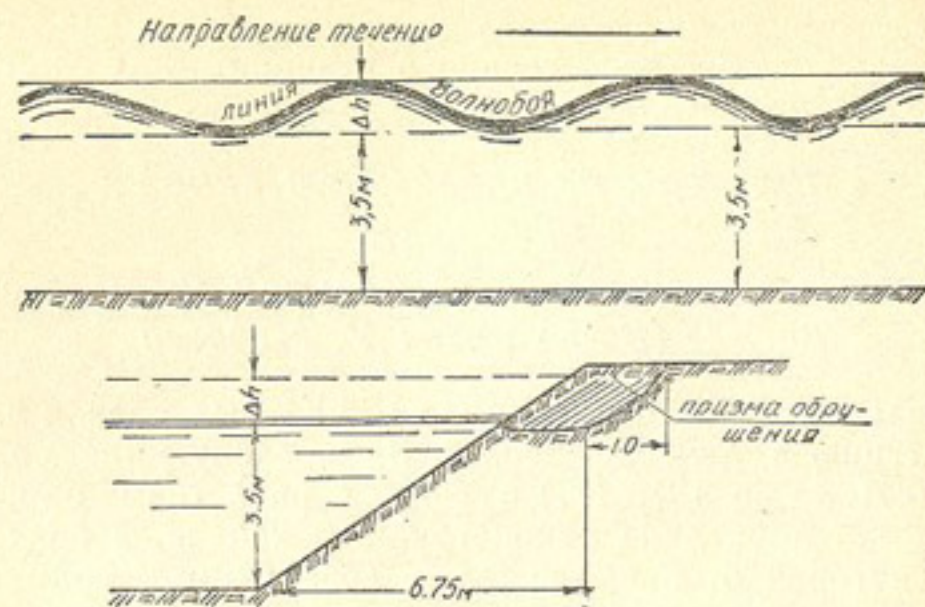


Рис. 3. Призма обрушения от волнобоя на канале им. С. М. Кирова.

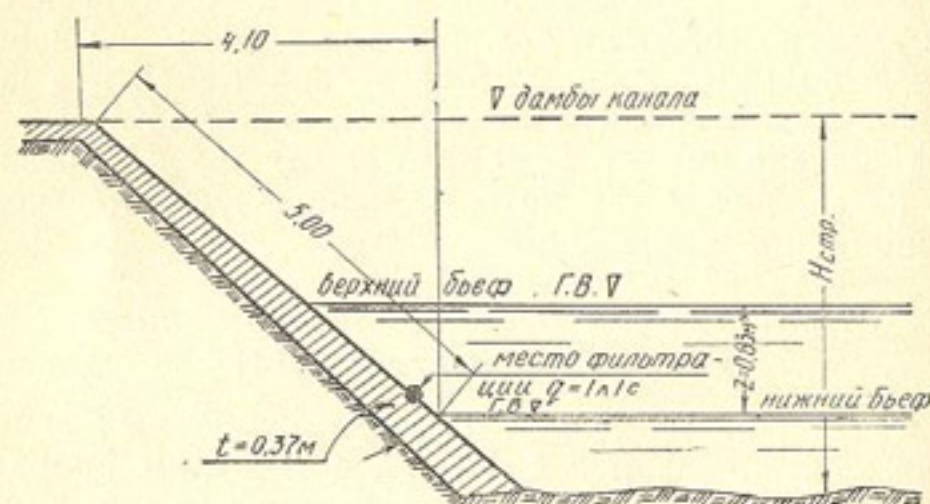


Рис. 4. Фильтрация воды в нижнем бьефе в конце правого откоса в сливной части перегораживающего сооружения на 41 км канала им. С. М. Кирова.

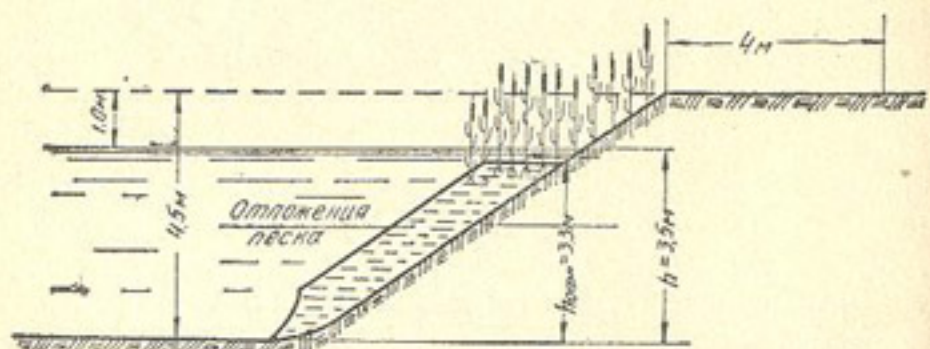


Рис. 5. Заиление канала им. С. М. Кирова с ГК 975 до ПК 1050.

места, заросшие растительностью, устраняют обрушения поперечного профиля. До 1948 г. объем работ по выкашиванию ежегодно приближался к 1 млн. м² (табл. 3, 4).

Таблица 3

Средние удельные затраты на поддержание в рабочем состоянии канала имени С. М. Кирова

Мероприятие	Затраты	
	на 1 га, коп.	на 1 млн. м ³ воды, руб.
Содержание эксплуатационного штата управления и участков	41,0	35,1
Содержание телефонных линий и радиостанций	2,6	2,3
• гидрометрических постов	2,0	1,8
• ГТС	29,0	24,8
• транспортных средств	3,8	3,3
Очистка оросительной и осушительной сетей вручную	0,4	0,3
То же, механизмами	19,2	17,7
Защитные работы	21,1	18,3
Ремонт гражданских зданий	11,5	9,9
• производственного инвентаря	0,2	0,2
• ГТС	53,8	43,5
• гидростов	0,6	0,5
• транспортных средств	1,1	0,9
Производственные исследования и мелиоративные мероприятия	1,4	1,3
Уход за лесопосадками	1,2	1,1
Итого	188,9	160,9

Таблица 4

Средние удельные затраты на ремонт дамб и гидротехнических сооружений по каналу им. С. М. Кирова

Ремонт	Затраты	
	на 1 га, коп.	на 1 млн. м ³ воды, руб.
Дамб	38,4	31,2
ГТС	37,8	30,8

Против зарастания канала растительностью принимались следующие меры.

Так, в июле 1948 г. канал был закрыт и его участок 79 — 113 км был очищен от камыша прокоской вручную. После такой прокоски в канал была пущена вода повышенной мутности с расходом до $50 \text{ м}^3/\text{с}$, при пропускной способности до $60 \text{ м}^3/\text{с}$, слоем до 2,5 — 3 м. В результате канал был заилен на 6 — 8 см. Ил под напором заполнил свежесрубленные трубочки стебля камыша (на корню) на 3 — 5 см. При такой мутности и глубине слоя потока воды солнечный свет не проникал до дна канала, корневая система камыша сгнила и дальнейшего произрастания не наблюдалось. Таким же образом было ликвидировано зарастание канала и на других участках.

Кроме этих мер, осуществляют следующие мероприятия:

- в течение продолжительного периода на бермы дамб канала укладывают грунт от очистки с частичной трамбовкой его. Это постепенно приводит к сокращению фильтрации воды из канала за счет увеличения ширины дамб;

- уничтожают роющих животных силами эксплуатационного линейного штата;

- проводят берегоукрепительные и ремонтные работы гидротехнических сооружений и пр. Все это гарантирует нормальную работу канала в течение года.

Установлено, что прямолинейные участки канала повышают действующие скорости воды до максимальных пределов и, как следствие, они не заиляются, не зарастают, фильтрационные потери — минимальные, поперечное сечение устойчивое (ПК 860 — 920).

Хорошо работают участки канала с поперечным сечением параболического вида, с поперечным уклоном дна к середине канала. В самом деле, размывы канала происходят обычно в тех случаях, когда $V_d > V_{кр.р.}$ для данного грунта, где V_d — действующая скорость потока, $V_{кр.р.}$ — критическая размывающая скорость потока.

Масса воды, движущаяся на прямолинейном участке, при переходе на криволинейный по инерции продолжает двигаться по прямой линии и ударяет о вогнутый берег. На этом участке канала вода стремится двигаться по касательной к оси потока, что постоянно

подвергает вогнутый берег удару воды. Если к такому закруглению примыкает участок прямолинейной, или иной кривизны, то на известном протяжении он остается под влиянием вышележащего поворота; вода, пройдя этот поворот, все еще отбрасывается в ту же сторону, что и при повороте, и только по мере удаления от него уменьшается угол, под которым происходит удар о берег, а, следовательно, уменьшается и сила самого удара. Отсюда понятно, почему ниже поворотов, в начале примыкающих к нему прямолинейных или криволинейных участков, у соответствующего берега наблюдаются вымоины и оползни [14].

Эксплуатация магистрального канала Зах

Канал Зах существует с давних времен. После Октябрьской революции был дважды реконструирован. Он напоминает естественное русло как в отношении поперечных сечений и уклона дна, так и по расположению в плане. Поперечное сечение меняется в значительных размерах по форме и величине живых сечений [15].

Канал в большей своей части проходит по косогору. Русло извилистое. Участок канала с ПК 9 — 60 имеет в плане прямолинейное очертание с поперечным сечением в выемке. Грунты по ложу канала на данном участке лёссовидные суглинки (в начале) и рыхлый конгломерат. Средняя скорость течения воды по сечению 0,7 — 2 м/с. Этот участок канала устойчивый: не размывается, не заиляется, не зарастает, имеет минимальное значение потерь оросительной воды на фильтрацию (около 5%).

Канал Зах работает непрерывно в течение всего года. Ремонтные работы выполняют при малых расходах на отдельных участках. Реконструкция канала и хорошая организация службы ирригационной эксплуатации обеспечивает его безаварийную работу [15, 21, 23].

Реконструкция канала в 1940 г. позволила довести скорость течения воды в канале до значения $V_d \approx V_{кр.р.}$

1.4. Особенности эксплуатации магистральных каналов, проложенных в легких сильнофильтрующих грунтах

Руслоформирующие процессы в начальный и последующие периоды временной эксплуатации каналов

Период временной эксплуатации канала длится 5—10 лет и более. На песчаных и супесчаных участках на всем протяжении сразу же после пропуска воды с расходом до 10—15% от $Q_{\text{макс}}$ происходит интенсивный размыв и обрушение откосов канала с тенденцией образования меандр.

Большие обрушения встречаются на участках, где канал проходит в барханных прорезях. В результате подмыва, обрушения берега и действия ветра в русло канала попадает масса песка, вызывая образование перекатов. На участках переката размыв откосов канала происходит более интенсивно, вследствие уменьшения глубины и увеличения скорости течения потока. Процесс размыва продолжается то у одного берега, то у противоположного, до тех пор, пока поперечное сечение не примет устойчивое положение; ширина по верху увеличивается в 1,5—2 раза и более; откосы — до 1:10—1:12 и более.

Потери воды и коэффициент полезного действия

В период временной эксплуатации (первые 1—3 года) для уменьшения потерь на фильтрацию в оросительных каналах необходимы:

— уплотнение грунтов русел распределительных каналов на глубину до 25—30 см, проложенных в мелкоземистых грунтах ($K_f = 0,4—1,0$ м/сут). Это снижает потери воды в 2—2,5 раза, т.е. до 50—60%;

— бетонная облицовка русел каналов толщиной до $t = 10—15$ см. Это снижает потери воды в 5—10 раз, или до 80—90%;

— отмостка русла булыжным камнем с кольматацией грунтом (естественным, искусственным способами) каналов, проложенных в галечниковых грунтах ($K_f \geq 5$ м/сут). Это снижает потери воды в 2,5—3,5 раза (в первые 1—2 года);

— устройство глиняных экранов на каналах, проложенных в галечниковых и песчаных грунтах ($K_f \geq 5$ м/сут). Это снижает потери воды в 3,5—5 раз, или до 80—85%;

— мощение откосов каналов, проложенных в галечниковых и песчаных грунтах ($K_f \geq 5$ м/сут), булыжником. Это снижает потери воды в 1,5—2,0 раза;

— усиление суглинком профилей дамб и откосов каналов, проложенных в галечниковых, песчаных, супесчаных грунтах. Это снижает потери воды в 1,5—2 раза;

— окашивание растительности русла канала (камыш, водорослей). Это снижает потери воды до 25—30%;

— своевременный ремонт ГТС, берегоукрепительные работы по каналу. Это снижает потери воды до 25—30% и более.

Гидравлические элементы оросительных каналов, проложенных на сильнофильтрующих грунтах, имеют значение уклона дна канала i в 12—15 раз меньше, а значение устойчивого отношения α в 1,5—2,5 раза больше, чем для каналов, проложенных в средних грунтах (табл. 5).

Таблица 5

Гидравлические элементы каналов, проложенных в сильнофильтрующих грунтах

Грунт	Q , м ³ /с	b , м	h , м	i	V доп., м/с	Значение внутренне- го откоса канала
Суглин- ки, супе- си, силь- но зарос- шие (ка- мышом, водорос- лями)	30—50	7—12 и более	1,3—3,2	0,0003— 0,00015	1—2,1	1,0—1,25
То же, гравий- но галеч- никово- песчаные	≥ 50	7—12 и более	1—2,5	0,0003— 0,00015	1,0—1,5	1,0—1,25
То же, супеси	30—50	7—12 и более	1—2,5	0,0002— 0,00025	1—2,5	1,25—1,5
То же, пески	≥ 100	15—20 и более	1—3,5	0,000055	0,5—0,7	до 10—12

Примеры из производственной практики

Эксплуатация Арзни-Шамирамской оросительной системы Армянской ССР

Арзни-Шамирамский канал берет свое начало в деривационного канала Арзнинской ГЭС (система р. Раздан). Максимальная пропускная его способность $Q = 28,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Протяженность канала 64 км.

Трасса канала проложена в сильнофильтрующих грунтах и тяжелых гидрогеологических условиях. Это требует облицовки канала бетоном, каменной кладки и других антифильтрационных средств почти на протяжении всей его трассы и питаемой им оросительной сети.

Так, из общей протяженности в 180 км межхозяйственные каналы системы проложены: в бетонной одежде — 148 км; в железобетонной одежде — 5 км; в каменной кладке — 4 км; в лотках из полутруб — 20 км; в трубах — 3 км. Все внутрихозяйственные каналы системы протяженностью 274 км также проложены в бетоне, лотках из полутруб и трубах.

Эксплуатация Талинской оросительной системы (Армянская ССР)

Талинский оросительный магистральный канал забирает воду из р. Ахурян. Пропускная способность в голове $Q_{\text{макс}} = 11,5 \text{ м}^3/\text{с}$ (первая очередь).

Протяженность магистрального канала с ветками и распределительной сетью 261,5 км. Трасса канала расположена в сильнофильтрующих грунтах. Оросительная система полностью облицована (железобетон, бетон, каменная кладка и др.).

Для поддержания оросительной системы ежегодно выполняют ремонтные работы: очистка оросительной сети от заиления в объеме 15,5—16 тыс. м^3 , в том числе механизмами — 7—8 тыс. м^3 ; каменная кладка на сложном растворе в объеме 1,3—1,4 тыс. м^3 ; то же бетонной и железобетонной облицовки 2,1—2,2 тыс. м^3 ; то же габионной кладки 1,5—1,6 тыс. м^3 ; мощение насыхо 2,5—2,8 тыс. м^3 и др.

Эксплуатация Каракумского Канала (ККК) в периоды начальной и временной эксплуатации (Туркменская ССР)

Русловые процессы

Каракумский канал (ККК) в начале имел общую протяженность 850 км, с пропускной способностью в головной части $Q_{\text{макс}} = 280 \text{ м}^3/\text{с}$. Первая очередь канала — 400 км проходит через сыпучие пески Каракумов до Мургабского оазиса.

Русловые процессы в начале эксплуатации и в последующем протекали различно при пропуске по каналу до $Q = 130 \text{ м}^3/\text{с}$. В начальный период на песчаных участках при пропуске воды происходили интенсивный подмыв, размыв и обрушение откосов канала, особенно на участках, где канал проложен в коренных берегах, барханных прорезях и на входах и выходах озерных участков. В результате масса песка, попадая в канал от подмыва и размыва, а также ветровая деятельность создавали в канале перекаты. Это уменьшало глубину канала и увеличивало скорости потока, вызывая дальнейший подмыв и разрушение берегов, изменение направления потока в русле канала. В итоге ширина канала по верху увеличивалась в два-три раза и более за счет уполаживания откосов (1:2,5; 1:4; 1:5 по проекту) до 1:10—1:12, а на Келифских озерах — до 1:25—1:30. Интенсивному размыву способствовало действие судовой волны (до 0,6 м) при движении судов по каналу. Все эти факторы привели к быстрому заилению русла канала и увеличению объема очистных работ (рис. 6).

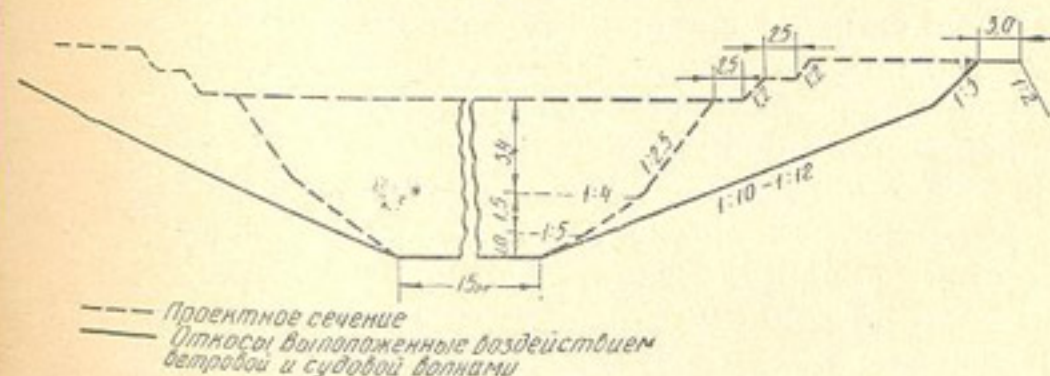


Рис. 6. Профиль Каракумского Канала, устойчивый к воздействию судовой и ветровой волн.

На криволинейных песчаных участках после пропуска воды по каналу откосы полностью переформировались и при малом радиусе закругления эта деформация откосов сопровождалась явлением дейгиша. На прямых участках правильного поперечного сечения канала явление дейгиша не наблюдалось [9,10].

В последующий период времени при пропуске расхода воды до $Q = 163 - 167 \text{ м}^3/\text{с}$ начался процесс размыва дна канала и снижение расчетных горизонтов воды на всем его протяжении. Канал значительно деформировался за рисбермами многих перегораживающих сооружений. Так, размывы на 2-м гидроузле достигли 4 м, ниже рисбермы на 3-м гидроузле — 7 м на 397 км — 6 м и т. д. Размывы нижних бьефов сооружений связаны с несовершенством конструкции сооружений.

Борьба с песчаными заносами канала

Под действием ветра откосы дамб канала разрушаются, и канал засыпается песчаными заносами. Против ветровой эрозии дамб и влияния ветровой волны на запесочивание канала в условиях пустыни наиболее эффективны:

— покрытие дамбы канала ветками саксаула и установка защитного штабеля. В этом случае вдоль дамбы (со стороны мокрого откоса) укладывают штабеля саксаула шириной до 2 м, на глубину 0,5 — 0,7 м под воду (саксаул тяжелее воды). Эти участки быстро зарастают камышом, что предупреждает разрушающее действие ветровой волны. Покрытие песчаных участков дамб канала ветками саксаула слоем 6—8 см замедляло процесс выдувания, способствовало их зарастанию и последующему надежному закреплению;

— устройство системы многорядных, полускрытых клеточных и параллельных защит, устанавливаемых перпендикулярно направлению господствующих ветров с расстоянием между рядами 3—6 м в зависимости от скорости ветра и наличия естественной растительности. Стороны квадрата защит делают размером до 3 м и располагают под углом 45° к оси канала. Механические защиты имеют размеры: в высоту 25—30 см, глубину 15—20 см, толщину 7 см. Способ этот достаточно эффективный, но очень дорогой (1—1,2 тыс. руб./га).

Большой интерес представляет метод безаккумуля-

ционного переноса песков (предложение института геологии АН Туркменской ССР, А. И. Знаменский). Сущность его заключается в таком распределении земляных масс в процессе строительства, при котором создается незаносимое песком русло канала. По этому методу на 262 км трассы канала в барханном песке был построен опытный участок протяженностью 1 км. Двухгодичная эксплуатация этого участка показала возможность широкого применения в практике строительства ирригационных каналов безаккумуляционного переноса песков в условиях песчаных пустынь, где устройство механических защит не дает должного эффекта [9, 10].

Заращение канала растительностью

В процессе строительства и эксплуатации в разливах верхних Келифских озер вследствие осветления (отстоя) воды возникло и стало развиваться заращение водными растениями (рдест гребенчатый, рдест пронзеннолистный, уруть колосистая, харовые водоросли). Подобные явления наблюдались на нижних Келифских озерах (Коргалы, Карашор, Часкак и в прорезях между ними) и затем на участке канала, примыкающем к Келифским озерам. Заращение распространилось на расстояние от 125 до 200 км (или 75 км в год).

На заросших участках каналов коэффициент шероховатости возрос в три раза ($n_{\phi} = 0,088$) против проектных ($n_{пр} = 0,025$), соответственно уменьшились скорости движения воды в канале (до 0,24 м/с). В этом случае для пропуска воды потребовались специальные меры по очистке канала. Делать это можно двумя способами: первый — с помощью тросотрала ($l = 250 - 300 \text{ м}$, $\phi = 32 \text{ мм}$) на тяге двух тракторов С-80; второй — на участках, непроходимых для тракторов, с помощью ножа, установленного на Сормовском понтоне на тяге катером БМК-90, с затратой на эти работы до 42 тыс. руб. (или до 13,3 руб. первым способом и 40 руб. вторым способом). Двигаясь по дну и откосам, трос захватывает водоросли, обрывает их и вытягивает на берег канала. Очищают трос от водорослей вручную. Наряду с этим Академия наук Туркменской ССР внедрила в производство рекомендации по искусственному разведению растительных рыб (белый амур,

пестрый и белый толстолобик). Их отличают быстрый рост, крупные размеры, высокие товарные качества. Белый амур, например, за сутки поедает столько травы, сколько весит сам. Белый и пестрый толстолобики питаются не высшей, а низшей растительностью (фитопланктоном) и микроскопическими растительными организмами, вызывающими часто „цветение“ воды. Для рыбного хозяйства ценны также растительноядный белый амурский лещ и черный амур, питающиеся моллюсками, которыми часто обрастают подводные части ГТС.

В 1960—1961 гг. было проведено массовое заселение Каракумского Канала и р. Амударьи растительноядными рыбами. Эффективность белого амура и толстолобика против зарастания гидромелиоративных систем подтверждена здесь и на других системах. Так, в одном из водоемов (Карамет-Нияз) в 1961 г. белый амур был запущен из расчета 30,6 кг/га водной поверхности. За 3,5 летних месяца водоем, в котором находилось до 12 т погруженной растительности (уруть колосистая), был полностью очищен от нее рыбой. В этих целях рыб можно успешно использовать на межхозяйственных, внутрихозяйственных оросительных каналах и коллекторно-дренажной сети. Растительноядные рыбы могут прийти на смену механическим, химическим и другим способам, применяемым для уничтожения водной растительности.

Зарастаемость канала снижается за счет его углубления (до 5—6,5 м) и увеличения мутности воды ($\rho_{\text{мин}} \geq 0,1 \text{ кг/м}^3$) — участок ККК 105—121 км [9, 10].

Потери воды в канале

Исследования ТуркменНИИГиМа и службы эксплуатации Каракумского Канала показали, что:

- на относительно установившихся его участках (31—70 км, 105—179 км) потери оросительной воды составили: абсолютные 4—4,7 м³/с, удельные 0,1—0,06 м³/с на 1 км, и в озерных разливах 70—105 км абсолютные до 12,1 м³/с, удельные 0,35 м³/с на 1 км. На неустановившихся участках потери значительно выше (в два раза и более);

- в течение года в летние месяцы (июнь—август) потери на 20—30% выше средних;

- фактически потери совпадали с проектными

предположениями и по мере стабилизации русла канала со временем уменьшились. Предполагалось, что первоначальная стадия фильтрации будет продолжаться один год, в дальнейшем наступит стадия неустановившейся фильтрации на срок до 40—60 лет с постепенным нарастанием значения КПД канала (за счет снижения потерь). Практика подтвердила справедливость предположений и фактические значения КПД в общем совпали с проектными.

Потери воды на испарение с поверхности водоемов глубиной до 4—5 м составили слой до 1 м, или до 50% емкости за год. На увеличение фильтрации воды из канала значительно повлияло высокое значение коэффициента шероховатости, за счет чего средняя скорость движения потока оказалась намного ниже проектной. Проектирующей организацией была принята средняя скорость движения воды по каналу при $Q = 130 \text{ м}^3/\text{с}$ в среднем $V_{\text{ср}}^{\text{пр}} = 0,55—0,60 \text{ м}^3/\text{с}$, а фактическая составила $V_{\text{ср}}^{\text{ф}} = 0,05—0,10 \text{ м}^3/\text{с}$ до 0,75 м/с (на отдельных участках).

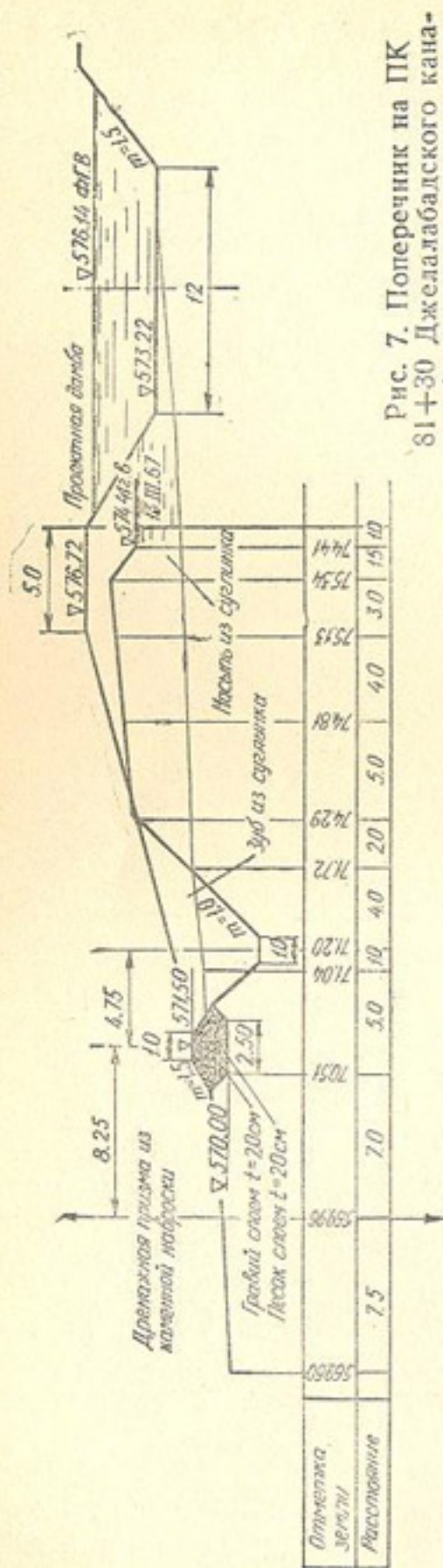
Скорость добегания воды $Q = 130 \text{ м}^3/\text{с}$ от Мукры до Мары (395 км) по проекту была принята восемь суток, с учетом замедленного течения в озерах—20 суток, а фактическая составила почти 30 суток [9, 10].

Глава 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДЖЕЛАЛАБАДСКОЙ ИРРИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В АФГАНИСТАНЕ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

2.5. Повреждения и размывы канала

Джелалабадский ирригационный канал протяженностью 70 км был запроектирован, построен и эксплуатировался при участии советских специалистов. В начальный период его эксплуатации эксплуатационный персонал столкнулся с аварийными ситуациями.

Ливневыми дождями и селевыми водами в апреле 1967 г. были размывы и разрушены отдельные участки системы: магистральный и распределительные каналы; ГТС; гражданские здания; телефонные линии, ЛЭП и др. Разрушена правая дамба на ПК 32+00 в створе трубы под каналом; то же на ПК 78+00, прорван канал ПК 81+30; разрушены входные оголовки дюкеров через р. Сурхоб, сай Гуджак, сай Мукамхам; пра-



вый откос канала (местами в 8 пунктах) на ПК 47 — 76; левая дамба канала на ПК 165+45— ПК 168 + 00; наблюдалось оползание откоса и разрушение дамбы канала, вызванные явлением механической суффозии (на ПК 44 — 260; 500 — 600) и пр.

Для улучшения технического состояния канала и предупреждения дальнейшего размыва были проведены: спрямление канала на ПК 165+45 — 168+00; построены две трубы под каналом (ПК 32 и 78) для увеличения пропускной способности сооружений; три автоматических водосброса с расходом до $Q \geq 10 \text{ м}^3/\text{с}$; семь селевых выпусков; ремонтно-регулирующие и защитные работы по саям и др. [18].

Прорыв левой дамбы
канала на ПК 81+30

Прорыв произошел в начале марта 1967 г. в результате постоянного выноса грунтовыми водами из-под основания дамбы мельчайших частиц песка (участок канала ПК 79+82 проложен в песчаных грунтах и супесях). Кроме того, на ПК 81+30 канал пересекает русло безымянного сая; на этом учас-

тке постоянно выклиниваются во многих местах напорные грунтовые воды под подошвой левой дамбы (явление механической суффозии). Чтобы предупредить и заделать прорыв, были проведены расчистка русла, устройство суглинистого зуба, засыпка размытой дамбы суглинком; устройство дренажной призмы (из песка, гравия, камня) на линии выклинивания грунтовых вод и др. (рис. 7).

Повреждения туннелей №№ 1, 2 и меры
предупреждения

Детальное обследование туннелей Джелалабадской системы на возможность дальнейшей их эксплуатации проводилось силами эксплуатационного штата два раза под руководством автора (декабрь, 1966 г.; январь 1968 г.). Было установлено, что стенки, своды, дно и порталы туннелей не подверглись каким-либо деформациям.

Однако в стенках и сводах туннелей имелись мелкие вертикальные трещины, расположенные в основном вдоль стыков бетона. Трещины способствовали просачиванию подземной воды. Так, в нескольких местах наблюдались выходы маленьких струек подземной воды (у ПК 289 + 00 и 291 + 00 — три выхода; ниже ПК 292 + 00, 297 + 00 — несколько выходов — ПК 300 + 00; ПК 309 + 00; ПК 327 + 00; ПК 345 + 00 и др.). Расход таких струек воды, просачивающейся в туннель, определялся в 0,1 — 0,2 л/с.

Встречались участки с неглубоко размытым дном. Площадь их не превышала нескольких квадратных метров, а глубина размыва — 3—4 см. В местах просачивания подземных вод в туннель наблюдались процессы выщелачивания, носившие локальный характер. Основные признаки выщелачивания — белесоватые налеты и пятна на бетонной облицовке близ ПК 342+00. Здесь сечение туннеля увеличивается, в канале резко падает напор воды и скапливаются наносные гальки размером 3—4 см. Рядом проходят боковые штольни, которые занесены илистыми отложениями мощностью до 30—35 см.

Способы предупреждения и ликвидации зарастания
на Джелалабадском ирригационном канале

Русло Желалабадского ирригационного канала (ДИК) интенсивно зарастало различной водной расти-

тельностью. Против этих явлений были приняты следующие меры:

— протаскивание по дну тяжелых цепей с режущими средствами (ножами) не менее трех раз в год. Для этого использовали выбракованную гусеничную цепь трактора С-100 (без башмаков). Чтобы добиться лучшего срезания стеблей растительности, на цепь (через одно звено) закрепляли режущее устройство из выбракованных ножей автогрейдера. Длина гусеничной цепи зависела от сечения канала по дну. Гусеничная цепь трактора С-100 была оборудована режущим устройством с правого и левого берегов канала. Ее протаскивали по дну канала трактором против течения воды при помощи троса диаметром 20 мм. Срезанная водоросль переносилась водой до первого решетчатого перегораживающего сооружения, откуда вручную или экскаватором со специальным ковшом удалялась из канала. Производительность звена (2 регулировщика, 2 тракториста, 1 экскаваторщик) за машино-смену достигала 275—325 м³;

— гидравлическая промывка русла водой при помощи имеющихся на ПК 123+36, ПК 246+75, ПК 610+45 канала катастрофических сбросов для удаления наносов и водорослей. В этом случае для беспрепятственного транзита водорослей по каналу снимают металлические решетки оголовка дюкеров (В.—Б.) на канале. Гидравлическая промывка и протаскивание тяжелых цепей по руслу канала ведутся одновременно с соблюдением техники безопасности при расходах воды не менее 0,50 Q_{пор.}

Для ослабления влияния солнечных лучей и температуры воздуха на биологический процесс развития водорослей следует постоянно повышать мутность воды за счет ежегодного подпитывания мутной водой из р. Сурхоб, сая Гуджак в течение февраля—июля месяцев.

Перед проведением техосмотра и ремонта канал закрывают, полностью удаляют из него водоросли и затем в продолжении не менее трех месяцев осуществляют кольматацию мутной водой саев. Это приводит к значительной гибели растительности (из опыта эксплуатации канала им. С. М. Кирова—Голодная степь, УзССР).

Для борьбы с зарастанием канала береговой расти-

тельностью хорошо провести опрыскивание гербицидами. В течение трех дней сорная растительность погибает. Стоимость работ по опрыскиванию гербицидами в пять-шесть раз дешевле ручной очистки (из опыта эксплуатации Тарско-Кумской обводнительно-оросительной системы, РСФСР).

Для борьбы с зарастанием канала растительностью успешно пользуются методом разведения рыб, пожирающих растительность (белый амур, толстолобик). С этой целью в водохранилище ДИК разводят породы рыб, питающихся в основном водорослями [18]: сорпен, сурух, нукрай, элафи.

Повреждения канала роющими животными и меры борьбы [18, 19]

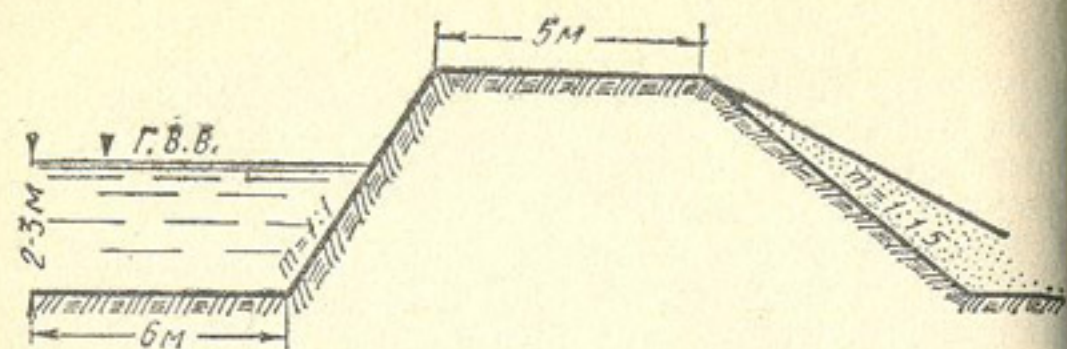
Этот вид повреждений имел место на отдельных насыпных участках: ПК 77—80; ПК 83—270; ПК 500—696. Главными вредителями являлись: земляная крыса, большая песчанка, пластинчатозубая крыса. Способы предупреждения размножения и ликвидация землеройных животных изображены графически на рис. 8. Были использованы местные средства, так как афганская сторона не располагала другими материалами. Проведенные работы оказались вполне эффективными и экономичными.

2.6. Противофильтрационные мероприятия по Желалабадскому каналу и его распределительной сети. Коэффициент полезного действия

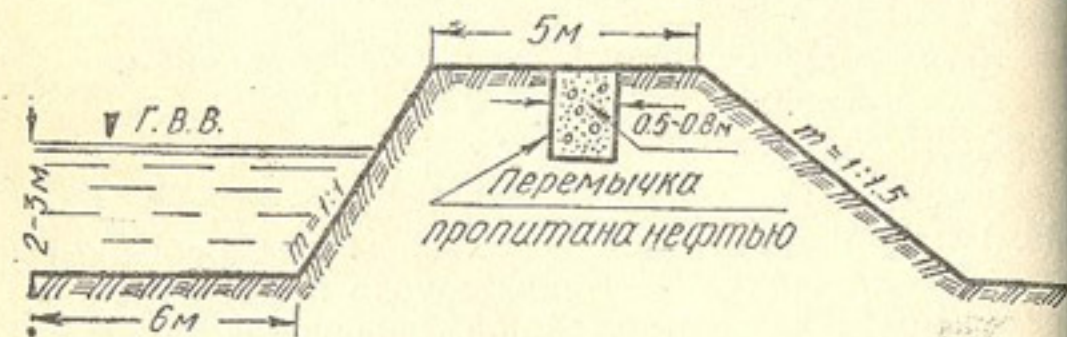
Потери воды в канале в естественных условиях в процессе освоения системы

На участках канала, проложенных в гравелисто-галечниково-песчаных грунтах Желалабадского канала: ПК 126—142, ПК 185—234, ПК 382—498, ПК 522—607, ПК 617—650 наблюдалась повышенная фильтрация оросительной воды [18, 19]. В апреле 1965 г. канал вступил в действие и примерно через полтора года в результате фильтрации воды грунтовые воды в г. Желалабаде и на территории Желалабадского аэродрома резко поднялись (с 6 до 2 м, IX—1966 г.).

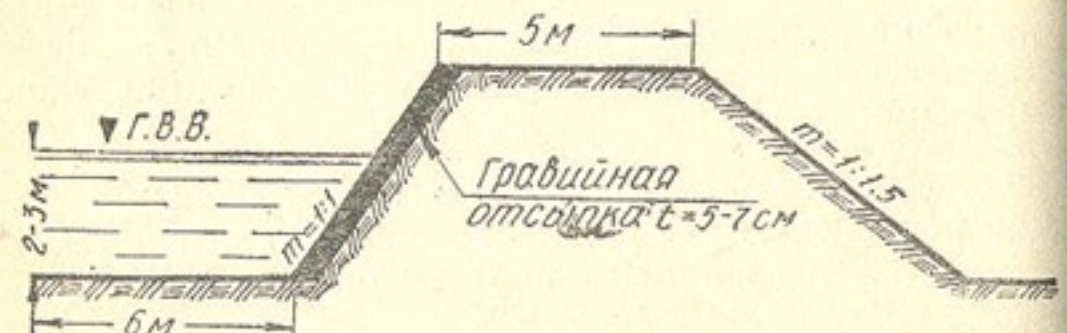
В связи с этим были проведены противофильтрационные работы по каналу: кольматация (естественная), бетонная облицовка, каменная облицовка на цементном



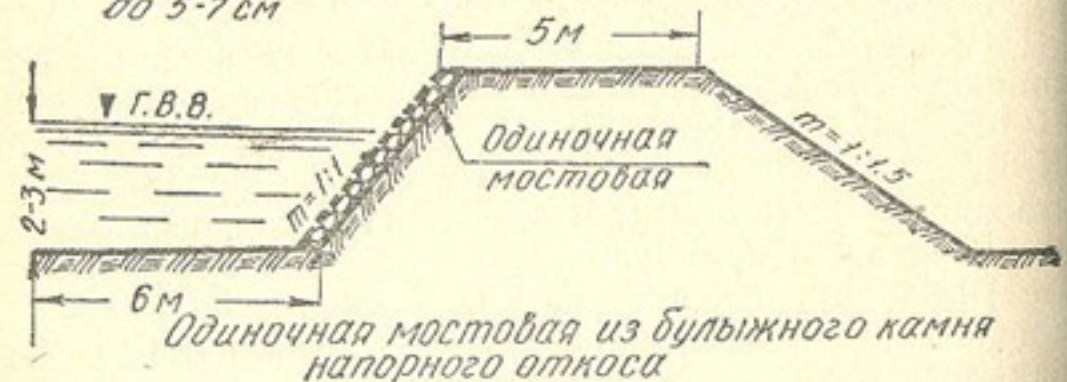
Песчаная отсыпка



Песчаная перемычка пропитана нефтью



Покрывание откосов гравийной отсыпкой площадью до 5-7 см



Одиночная мостовая из булыжного камня напорного откоса

Рис. 8. Повреждение Джелалабадского канала роющими животными и меры борьбы с ними.

чрастворе, сухая каменная кладка, уплотнение грунта. Для предупреждения подъема грунтовых вод на территории г. Джелалабада уложили створ вертикальных дрена, а на аэродроме и остальной осваиваемой территории функционировала горизонтальная коллекторно-дренажная сеть.

Из предусмотренных проектом противофильтрационных работ (табл. 6) по каналу были осуществлены в основном: каменная отмостка, сухая кладка и кольматация (естественная и искусственная). Эти мероприятия позволили значительно снизить потери воды и поднять коэффициент полезного действия в 1967 г. до величины $\eta_{\text{ф}} = 0,86$ при $\eta_{\text{п}} = 0,81$. В 1969 г. значение КПД канала продолжало повышаться в основном за счет естественной кольматации.

Стоимость противофильтрационных работ на Джелалабадской ирригационной системе составила за пять лет временной эксплуатации 2% стоимости строительно-монтажных работ, или 1269 афг/га орошения.

Таблица 6

Противофильтрационные работы, проведенные на Джелалабадском канале в Афганистане

Противофильтрационные работы	Толщина, см	Эффективность	
		в число раз	%
Уплотнение ложа канала в грунтах с $K_{\text{ф}} = 0,4 - 1,0$ м/сут	$t = 25 - 30$	2,0 - 2,5	50 - 60
Облицовка булыжным камнем с кольматацией грунта в грунтах с $K_{\text{ф}} > 5$ м/сут	$t = 12 - 15$	2,5 - 3,5	60 - 70
Устройство глиняных экранов, обратных фильтров в песчаных грунтах с $K_{\text{ф}} > 5$ м/сут	$t = 15 - 25$	3,5 - 5,0	80 - 85
Подсыпка суглинком дамб откосов каналов в грунтах с $K_{\text{ф}} > 5$ м/сут	$t = 7 - 10$	1,5 - 2,0	50 - 60
Окрашивание растительности русла канала (камыш, водоросли), грунты с $K_{\text{ф}} > 5$ м/сут	$t = 10 - 15$	1,2 - 1,5	25 - 30
Профилактический ремонт канала, ГТС и др.		1,2 - 1,5	25 - 30
Кольматация русла канала	$t = 7 - 10$	1,5 - 3,5	40 - 70

КПД Джелалабадского канала

Изучением КПД канала и распределительной сети занимались в течение 1966—1968 гг. по восьми балансовым участкам при расходах $Q = 11 - 14 \text{ м}^3/\text{с}$ и подпертых горизонтах при $Q = 20 - 25 \text{ м}^3/\text{с}$. Как оказалось, КПД канала ежегодно растет в основном за счет кольматации и увеличения водозабора в голове канала. Низкий КПД на восьмом участке объясняется малым сроком эксплуатации канала. В целом по магистральному каналу КПД составил в 1966 г. $\eta_{\text{мк}} = 0,73 - 0,84$; 1967 — $\eta_{\text{мк}} = 0,77 - 0,82$; 1968 — $\eta_{\text{мк}} = 0,84 - 0,90$; 1969 — $\eta_{\text{мк}} = 0,87 - 0,92$.

Кольматация канала и распределительной сети на участках гравелисто-галечниково-песчаных грунтов

В связи с завершением строительно-монтажных работ по каналу в конце декабря 1964 г. был произведен пробный пропуск воды при $Q = 1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ из водохранилища на р. Сурхоб и сая Гуджак (мутность воды в период апреля—июля месяцев колебалась от 8,25 до 18,1 кг/м³). Вода использовалась: для замочки дамб канала; искусственной кольматации ложа канала, проходящей в гравелисто-галечниковых грунтах; установления величины фактических потерь на фильтрацию из канала; полива сельскохозяйственных культур на ирригационно-мелиоративно подготовленных целинных землях, а также на землях старого орошения и др.

После прогона воды по каналу при $Q = 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ до концевого сброса (ПК 696 + 60), дальнейшее его наполнение проводилось в следующей последовательности. Нарращивание горизонтов воды в канале на глубину $h = 1,3 - 1,5 \text{ м}$ велось с интенсивностью до 0,30—0,35 м/сут. Повышение горизонтов воды до отметок НПГ проводилось на величину 10 см/сут. Наполнение канала шло одновременно на нескольких участках. Для этого канал был разделен на отдельные участки. Это обеспечивало безаварийный пропуск воды по всей трассе. Наполнение отдельных участков канала начинали с концевых участков. Поднятие или опускание горизонтов воды регулировали поднятием или опусканием на определенную величину щитов на дюкерах и перегораживающих сооружениях.

Максимальный расход воды, поступающей в канал из тоннеля (ПК 382 + 49), составлял $Q = 2 - 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

После полного наполнения канала расход воды уточняли с помощью замеров потерь на фильтрацию и воды, поступающей в распределители. После наполнения канала до отметок КПГ горизонта воды (в верхних бьефах дюкеров и перегораживающих сооружений) приступали к работам по искусственной кольматации ложа канала. Для этого по руслу канала устраивали перемычки из грунта, расстояние между отсыпаемыми перемычками принимали до 500 м. Грунт в перемычке взмучивался экскаватором-драглайном. Места отсыпок перемычек уточняли в процессе кольматации.

В качестве кольматирующего материала, отсыпаемого в перемычки, использовали иловатые глины и тяжелые пылеватые суглинки. Месторождение этих грунтов располагалось по саю Кот-Хвар в 3 км от канала в достаточном количестве. Два других месторождения, расположенные первый в районе 20-го распределителя в 5 км от канала, и второй в непосредственной близости от канала на ПК 610 у дюкера Пеш-Булак, представлены в основном средними пылеватыми суглинками мощностью до 1,5—3 м с прослойками супесей и глин [18].

Эффективность кольматации Джелалабадского канала и распределительной сети

Уровень грунтовой воды в начале замочки (до кольматации) и при пропуске воды по каналу резко поднялся с 20 до 6 м и менее. В процессе ведения работ по кольматации (естественным способом из р. Сурхоб и сая Гуджак) горизонты грунтовой воды снижались, несмотря на подъем горизонта воды в канале в пределах $Q = 1,0 - 25 \text{ м}^3/\text{с}$. Этому способствовала интенсивная кольматация русла канала и распределительной сети. В первый год для кольматации было завезено мелкозема 8080 м³; на второй—57365 м³; на третий—36129 м³; на четвертый—30862 м³; на пятый—26293 м³ и шестой—565 м³. Всего за все годы было завезено 151,3 тыс. м³ мелкозема, против предусмотренных проектом 136,5 тыс. м³.

В связи с проведением кольматации канала потери оросительной воды на фильтрацию постепенно снижались как в магистральном канале, так и в распределительной сети. Так, например, КПД распределительных каналов на сильнофильтрующих грунтах до кольма-

чение шероховатости, загрязнение, стеснение сечений, закупорка плавающим мусором);

— на ПК 925—968 правый откос выемки был размыв селевой водой Гавасая в виде отдельных воронок глубиной до 1,0 м;

— на ПК 968—1055 продольные трещины в левой дамбе, обвалы берегов с правой и левой сторон, заиление канала на протяжении 200 м;

— на ПК 119—1228 внешний размыв канала пересекающимися потоками (саями), трещина в дамбе канала, обвал отдельных участков дамб на уровне горизонта воды.

Предупредительные меры: устройство зуба из лёссового грунта с тщательной трамбовкой в теле дамбы против фильтрации; укрепление кольями откосов, сухой каменной кладкой; расширение канала для увеличения пропускной способности; отсыпка откоса из лёссового грунта с трамбовкой для усиления тела дамбы канала; послойная укладка соломы с грунтом, мешками (грунтом для борьбы с утечкой воды из канала и т. д.).

3.8. Деформация и размывы канала Отуз-Адыр вследствие просадки грунта (Киргизская ССР)

Общая протяженность Отуз-Адырского магистрального канала 43,4 км. Расчетный форсированный расход воды в голове канала — $Q_{\text{фор}} = 13 \text{ м}^3/\text{с}$. Водозабор осуществлялся из р. Куршаб. На всем своем протяжении канал проходил в условиях крутых косогоров, сильно извилист, а на участке с 10 до 43 км пролегал в лёссовых просадочных грунтах.

За весь период замочки канала на его лёссовых участках процесс просадок протекал нормально, образуя местами кулисообразные концентрические трещины, не сопровождавшиеся прорывами. И только на наиболее сложном и неблагоприятном в отношении возможных просадок и прорывов участке канала ПК 120—329 было отмечено до семи прорывов. Из их числа заслуживают внимания три прорыва, происшедшие в начале ноября 1950 г. при попытке пропуска незначительно повышенных расходов воды (порядка 650 л/с). Эти прорывы сопровождались разрушениями правого внешнего борта канала и выносами значительного количества грунта общим объемом около 5000 м³.

Основные причины прорыва:

— многочисленные ходы землеройных животных на дне и откосах канала, простоявшего без воды десять лет;

— образование просадочных трещин как продольных, так и поперечных, часто соединявшихся с продольными. Недостатки в работе по замочке канала:

— неудовлетворительная организация работ, связанных с предупреждением аварий на канале в процессе замочки, вследствие слабой квалификации рабочей силы и отсутствия постоянного квалифицированного технического надзора, а также недостаточной механизации трудоемких работ по заделке прорывов;

— неудовлетворительное маневрирование водой, поступающей на замочку канала, из-за отсутствия постоянного инженерного водозаборного сооружения в голове канала и сбросных сооружений на нем.

В 1951 г. удалось прогнать воду до 362 пикета с расходом воды в голове канала до 1,5 м³/с. Во время прогона произошло 46 прорывов, из которых заслуживают быть отмеченными пять, с общим объемом вынесенного грунта до 6 тыс. м³. В 1952 г. воду удалось прогнать до 435 пикета, причем были случаи прорыва канала, вызванные селевыми потоками и землероями. Для их ликвидации потребовалось выполнить земляные работы в объеме до 36 тыс. м³ (в том числе по заделке прорывов от селей 6 тыс. м³).

В период строительства канал замачивали малыми расходами по всей ширине дна с последующим доведением глубин до рабочих горизонтов.

Для предупреждения прорывов на всех угрожаемых участках на правой (подгорной) стороне канала при помощи экскаватора устраивался зуб из уплотненного лёсса шириной 0,9—1,0 м, глубиной от 1 до 1,5 м и ниже отметки дна канала. Траншею замачивали в течение суток и заполняли грунтом. Этот метод замочки оказался эффективным.

Процесс образования просадок грунта состоял в том, что по каналу возникали концентрично расположенные трещины с вертикальным смещением грунта в зоне их распространения. На отдельных участках трещины проходили четырьмя параллельными рядами с вертикальным смещением грунта по трещине на 20—30 см и общей просадкой дна дамб канала до 0,5—1,0 м. Местами трещины выходили за пределы 4 м правой бровки канала, а с левой стороны канала они поднимались по откосу

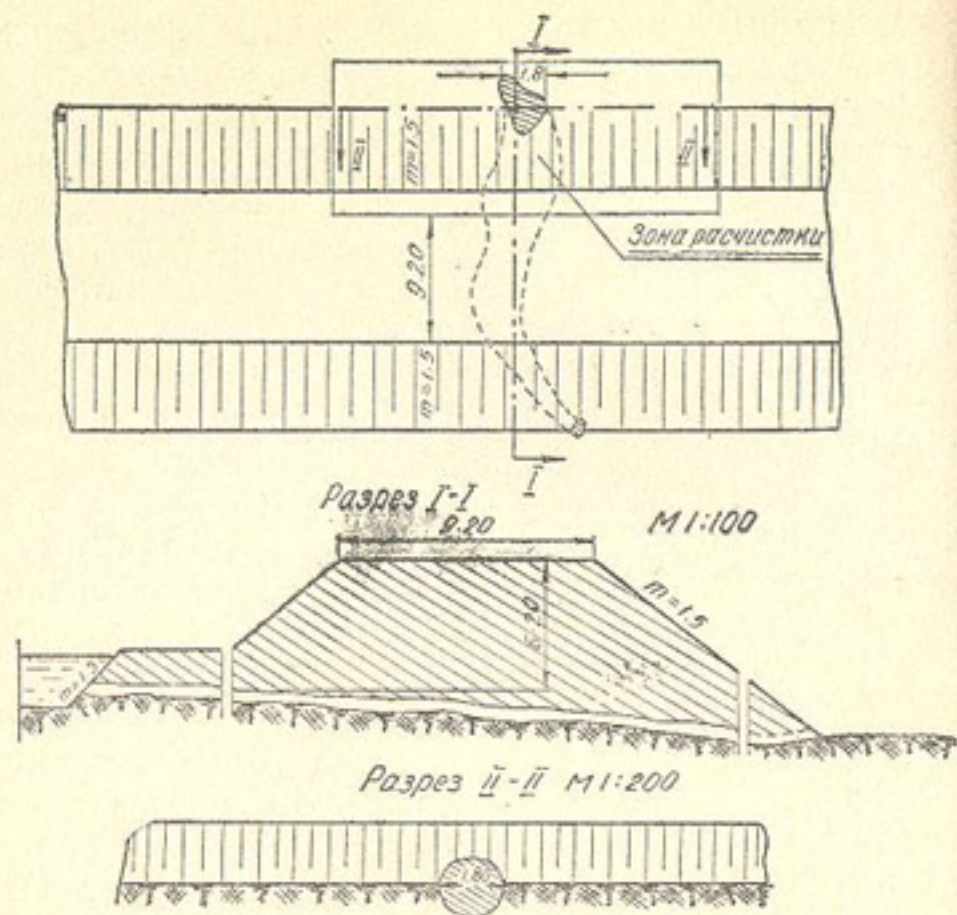


Рис. 10. Грунты просадочные. Заделка прорыва в канале заполнением галереи грунтовой пульпой без полного обрушения

на высоту до 8—10 м. Просадки дна и дамб на отдельных участках потребовали подсыпки дамб.

Характер всех имевшихся прорывов по каналу одинаков. Вначале в дне, у правого откоса, появлялся небольшой ход с выходом воды на откосе косогора, значительном удалении от самого канала. В первый период, измеряемый минутами, указанный выше ход держался, образуя как бы галерею, которая по мере дальнейшего поступления воды быстро увеличивалась в размерах, а свод грунта над ней разрушался, образуя открытый прорыв с большим выносом грунта.

Прорывы канала заделывались (рис. 10). Для этого в месте прорыва, под линией бывших откосов дамб (верхового и низового) делали дамбы засыпкой грунта вручную, поливали водой и трамбовали слоями. Прорыв перерезали траншеей с помощью экскаватора, далее траншеей и пространство между дамбами (верхней и нижней) заполняли разжиженным грунтом.

3.9. Размывы и повреждения правобережного Зарафшанского канала на закруглениях и на участках неоднородного и недоброкачественного грунта (Узбекская ССР)

Правобережный Зарафшанский канал (ПБЗК) построен в 1940 г. протяженностью в 24,2 км, с головным расходом $126,6 \text{ м}^3/\text{с}$, шириной по дну $b = 16 - 20 \text{ м}$ и уклоном $i = 0,0057 - 0,0066$.

Канал проходит по галечниковому грунту, на некоторых участках с лёссовым покрытием. После 15 дней работы канал был закрыт, так как обнаружилось следующие повреждения: размыв дна и откосов канала на закруглениях, на участках неоднородного и недоброкачественного грунта (по профилю). В результате на ПК 22 ширина канала по дну увеличилась с 17,2 до 22,5 м, а откосы уменьшились с 1:3 до 1:1,6.

Для предупреждения размыва канала было проведено крепление нижней части откосов и дна крупным ($d \geq 10 \text{ см}$) булыжным камнем (оправдавшее себя в работе). В нижней части крепление откосов произведено крупным булыжным камнем, уложенным плашмя, насухо, в треугольнике между откосами канала и дном на высоту по откосу 1,0 м и по дну от подошвы откоса на 0,5 м в виде призмы.

По дну укладывался более крупный булыжный камень, размеры которого по мере приближения кверху уменьшались. Откосы 1:3 были прикрыты более мелкой галькой и гравием. Указанное крепление осуществлено по обеим сторонам канала.

В местах, где обнаружены лёссовые или песчано-гравелистые линзы и прослойки, крепление откосов было усилено добавочным слоем из крупного булыжного камня. Для этого в откосе делали выемку, которую заделывали камнем таким образом, чтобы наружная поверхность отсыпки была в одной плоскости с прилегающими участками. После проведения работ канал действовал вполне удовлетворительно, без аварий и разрушений.

3.10. Внешний размыв (обмыв) канала Кескен система р. Келес (Казахская ССР)

Между ПК 2—3 ниже Кескентской плотины, в 250 м от нее, р. Келес размывала канал Кескен. Аналогичное явление было и ниже, на 4-м километре по каналу Кескен. Здесь р. Келес подошла вплотную к этому кана-

лу. Для предупреждения размыва канала было прокопано обводное русло в 80 м от р. Келес, по которому и пропустили воды канала.

3.11. Разрушение и повреждение оросительных каналов вследствие землетрясения

Разрушения каналов вследствие землетрясения бывают на участках, проложенных в глубокой выемке на косогорных участках, в слабых неустойчивых грунтах, а также в насыпных участках и незакрепленных тоннелях.

3.12. Прорывы подводящего канала Каттакурганского водохранилища

В конце декабря 1939 г. произошел прорыв на 8 км где трасса канала располагается на косогоре и правый берег его возвышается на 10 м над поверхностью нижних террас. Прорыв канала произошел на правом берегу. Вода, устремившаяся в открытое отверстие, образовала глубокую прорезь шириной 20 м и глубиной 10—12 м [21].

В дне канала образовалась воронка шириной по вершине до 30 м, длиной до 150 м. Вода с размывом грунта затопила 85 га культурных земель и до 30 строений кишлака Янгикурбан Каттакурганского района.

По подсчетам объема размывной воронки, количество земли, вынесенной за пределы канала, достигло 5 тыс. м³. На участке от места прорыва и до головы канала на всем своем протяжении был покрыт осевший на бортах ледяным покровом. Его наличие указывало на то, что по каналу проходила шуга, которая в некоторых местах накапливалась и создавала небольшие заторы и подпоры воды. Это подтверждали лежащие кое-где по дну ледяные бугры и скопления, что объясняло высокий горизонт воды, не соответствующий проходившему в то время расходу воды (17—18 м³/с). Хотя на канале имелась постоянная охрана из трех сторожей и 10 постоянных рабочих (ремонтная бригада), которые обычно пропускали воду из реки в подводящий канал, однако специальных мер по усилению охраны канала и сооружений на период заморозков и прохождения шуги не предпринималось.

Основными причинами катастрофического прорыва на подводящем канале являлись:

— необычное повышение горизонта воды в канале, вызванное недостаточной регулировкой поступления ее через головное сооружение и подпором, образовавшееся вследствие шуговых заторов на канале;

— высокие горизонты воды, вызвавшие его просочку на правом берегу;

— несвоевременное обнаружение и ликвидация просочки, поэтому вода свободно вымывала грунт, образуя каверны и обрушение правого берега [21]. Произошло это вследствие недостаточного надзора.

Примеры из производственной практики

Размыв оросительного магистрального канала Ханым, система р. Чирчик

В 1948 г. на этом канале произошло несколько прорывов дамб:

— в левой насыпной дамбе (грунт — лёссовидные суглинки) на ПК 31+10 при нормальном расходе воды. Причина — крупные норы землеройных животных. Для ликвидации аварии было построено обводное русло с объемом работ 2500 м³, длиной по оси $l = 75$ м;

— на ПК 49+00 левой дамбы после сокращения головного расхода были обнаружены три норы: две первые размером $d = 15$ см каждая, третья — 30 — 35 см, которые и были заделаны;

— на косогорном участке (ПК 39+90), ниже дна канала левой дамбы, была обнаружена фильтрация размером до 1—2 л/с. При пробных отрывках вдоль дамбы на длину 5 м, ширину 0,5 м и глубину 2,5 м просачивания не обнаруживалось.

Чтобы предупредить дальнейшую фильтрацию, была сделана поперечная траншея, которая была забита лёссовым грунтом с укладкой чима вдоль берега. В результате принятых мер фильтрация была прекращена;

— на косогорном участке канала (ПК 30+30) при головном расходе 6,20 м³/с была обнаружена сосредоточенная фильтрация. При этом расходе против бетонной облицовки левой дамбы выклинивалось (на 2—2,5 м ниже дна канала) через левую дамбу до 1 л/с воды. При пробных отрывках вдоль бетонной облицовки обнаружались небольшие потоки воды. Дамба состояла

из песчаного грунта с примесью лёсса и гнилых корней бывших старых деревьев.

Для борьбы с размывом была произведена отрывка нескольких поперечных траншей, забитых лёссовым грунтом.

Размыв Южного Ферганского Канала (Узбекская ССР)

На канале (ПК 67+11) в 1948 г. было обнаружено в отдельных точках правого внешнего откоса выклинивание небольших ручейков с общим дебитом $Q=0,3$ м³/с. Общая площадь высачивания составила 14 м². Поскольку в этом месте правая дамба достигает высоты 8—10 м с недостаточным заложением откосов (около 1:1) и сложена в верхней своей части из грунтов мелкой структуры, создавшееся положение вызвало необходимость немедленной ликвидации фильтрации. Для этого по верху дамбы, в непосредственной близости к смоченной части, вдоль ее (40 м длиной) была откопана траншея глубиной до 1,7 м, которую заложили мятой глиной, затем смочили водой и утрамбовали.

Условия отрывки траншей при форсированных расходах и связанная с этим опасность не позволили полностью перехватить весь фильтрующий пласт. Было решено устроить в основании дамбы обратный фильтр из песка. Это было сделано и просочка до конца вегетации больше не повторялась.

Повреждения и осадки дамб деривационного канала Чирчикских ГЭС

На участке ПК 141—154 деривационный канал проложен в дамбах, высота которых достигает у ПК 150—155—13 м (левая дамба), имея подсыпное дно до 4—5 м. Правая дамба на этом участке достигает высоты 7—8 м. Основание левой дамбы — слой делювия (суглинок с галькой) мощностью до 10 м, а правой дамбы — делювиальный суглинок и мергель.

Материал дамб в обоих случаях — лёссовидный грунт. Через месяц после пуска воды, на указанном выше участке деривационного канала, начали обнаруживаться разрушения дамб и облицовки канала в виде трещин в дамбах и в облицовке, а также осадки дамб.

Интенсивное образование трещин происходило на участках: правая дамба ПК 145+50 — 147+50; левая дамба 147+00 — 149+00. Первые трещины в дамбах канала были обнаружены в период подъема горизонта воды в канале до отметки 644,00, причем интенсивное расширение их происходило в течение одного-двух дней. Все трещины имели протяжение более или менее параллельное направлению бровки канала. На правой дамбе трещины начались на ПК 146 до ПК 145+50 и максимального развития достигли на ПК 146 до ПК 147+50. Здесь обнаружена система трещин, параллельных каналу, начинавшихся на расстоянии 1 м от бровки канала и доходивших до сухого откоса его пятью-шестью рядами с промежутками между ними до 0,5—2 м. Ширина их довольно разнообразна и достигала 8 мм, глубина же, вскрытая шурфами, составляла около 4 см. Длина трещин до 80 м.

По левой дамбе на ПК 147+00, 148+00, 148+50 и 150+50 наблюдались лишь мелкие трещины. Длина их не превышала 10 м, ширина 1,5—2,0 см. Глубина также незначительна. Более значительные трещины были приурочены к сухому откосу дамбы и наблюдались от ПК 147+00 до ПК 149+00, на расстоянии 10—12 м от бермы канала.

Длина трещин достигала здесь 70 м, ширина — 4 см. Трещины шли в два ряда с расстоянием 2—3 м между ними. По материалам исследования автора были установлены:

— максимальные осадки обнаружены у наибольшей высоты дамбы;

— осадки дамб канала до пуска воды происходили равномерно (в продолжение года) со средней скоростью около 3 мм/с. После пуска воды в канал скорость осадки значительно возросла (в начальный момент 50—60 мм/с), в дальнейшем она равномерно затухала. Интенсивность осадки зависела от уровня воды в канале.

Осадка происходила за счет основания дамбы, так как естественный грунт в ее основании оседал в 10—12 раз быстрее, чем тело дамбы, вследствие:

— переуплотнения тела дамбы по сравнению с естественным основанием;

— большой нагрузки на основание дамбы;

— большой влажности естественного основания по сравнению с телом дамбы.

При малой сжимаемости грунта основания (например, мергель) и значительной мощности дамбы каналосадки бывают незначительные.

Повреждения и размывы магистрального канала им. С. М. Кирова и сооружений (Голодная степь)

Канал стародавний. Его строительство было начато в 1911 г. с забором воды из р. Сырдарьи, с пропуском $Q=50 \text{ м}^3/\text{с}$. Первый пуск воды произведен в начале октября 1913 г. Строительство закончено в 1916 г.

В связи с расширением площадей орошения, главным образом, в концевой части канала, начиная с 1920 г. и до настоящего времени периодически производятся работы по реконструкции канала [14]. Максимальная пропускная способность канала в голове на настоящее время составляет $230 \text{ м}^3/\text{с}$.

Повреждения и размыв канала на ПК 175+00. В августе 1963 г. на 175 пикете канала произошло выпирание грунта из-под основания дамбы с мгновенным крупным ее прорывом на правом берегу. Прорыв произошел на том же 5-километровом участке канала, где 1-го апреля 1960 г. наблюдался подобный прорыв на ПК 169, а 22 июня того же года — выпирание грунта из-под основания дамбы с крупным обрушением сухого откоса на участке от ПК 185+75 до ПК 187, но без прорыва.

Пятикилометровый участок канала проходит по второй террасе р. Сырдарьи вдоль высокого обрывистого склона подошвы третьей Голодостепской террасы. На участке много кривых, радиусы которых в проекте были рассчитаны на пропуск воды в $50 \text{ м}^3/\text{с}$ и не употребленных при последующих расширениях на пропуск максимального расхода воды $230 \text{ м}^3/\text{с}$.

В 1961—1963 гг. были осуществлены работы по «усилению» отдельных участков дамб канала, устройство закрытого дренажа и банкета на участках магистрального канала ПК 36+90 и ПК 170+178. Линейным эксплуатационным персоналом перед началом прорыва в 15 час. 55 мин. на ПК 175 было замечено на 20 см повышение горизонта воды в смотровом колодце закрытого дренажа. В 17 час. 10 мин. непосредственно

перед смотровым колодцем была обнаружена просочка воды расходом 15—25 л/с. Мобилизованная рабочая сила водопользователей — 30 человек — в первое время была занята затариванием мешков с землей и песком, а также поиском просочки с напорной стороны.

Воронку просочки в канале обнаружить не удалось. Не удалось и ликвидировать ее спусканием в канал мешков, затаренных землей. Воронка на поверхности воды появилась только в 17 час. 30 мин. Попытка опускания мешков, затаренных землей, в воронку результатов не дала.

Расход в просочке непрерывно возрастал и на внешнем откосе дамбы образовался овраг, в который хлынула вода расходом до $400 \text{ м}^3/\text{с}$. Ширина прорыва в правой дамбе канала на ПК 175 к 21 час. возросла до 80 м, глубина от верха дамбы — до 10 м. На участке выше и ниже прорыва начался резкий спад горизонта воды. В результате произошли крупные обрушения внутренних откосов правобережной дамбы на участке 14—24 км. В отдельных местах обрушился и левый обрывистый берег, примыкающий к каналу (рис. 11, 12).

Мероприятия по ликвидации аварии. В 17 час. 35 мин. 2. VIII. 1963 г. началось сокращение расходов воды в голове канала. С 21 часа на головном сооружении был установлен строгий график сокращения расхода из расчета $5 \text{ м}^3/\text{с}$ через каждый час. Такой режим выдерживался до полного закрытия головного узла. Полное закрытие канала было осуществлено за 30 час. 30 мин.

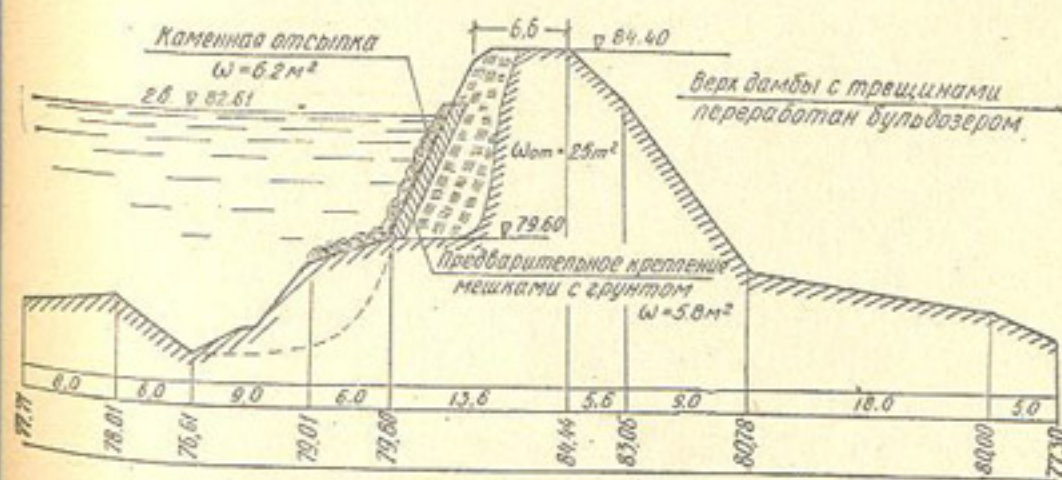


Рис. 11. Обвалы и восстановление дамбы после происшедшего прорыва на ПК 175 канала им. С. М. Кирова.



Рис. 12. Схема заделки прорыва на ПК 175+50 на канале им. С. М. Кирова.

Одновременно с сокращением головного расхода и сработкой горизонтов воды в канале были начаты работы по заделке прорыва дамбы на ПК 175; по восстановлению и креплению обвалившихся внутренних откосов дамб на участках ПК 143—149, ПК 152—154, ПК 164—166, ПК 175—185, ПК 205—218 и на перемычке 24 км. На ликвидации этой крупной аварии и последствий прорыва работало около одной тысячи водопользователей. На месте работ было сосредоточено 90 автомашин, 17 экскаваторов, 26 бульдозеров, 8 поливомоечных машин, 2 автогрейдера, передвижная электростанция и много другой техники.

На четвертый день прорыв был перекрыт и начался спуск воды с расходом $5 \text{ м}^3/\text{с}$. На пятый день расход воды был доведен до $20 \text{ м}^3/\text{с}$ и в последующие дни по мере ремонта прорыва и восстановления дамб на других участках расход увеличился. К 8 августа головной расход был доведен до потребного, равного $170 \text{ м}^3/\text{с}$.

Общая стоимость работ составила 227,8 тыс. руб. Восстановленные участки канала были укреплены мешками с грунтом. При восстановлении расходов воды в канале произошла повторная ее просочка. На этом месте пришлось вторично перерабатывать грунт устройством траншеи шириной до 2 м по верху дамбы. В траншее грунт вновь перерабатывался и уплотнялся с помощью бульдозера и ударов ковша, загруженного грунтом экскаватора.

Чтобы ускорить пропуск воды по каналу, отсыпку дамбы по высоте вели со стороны мокрого откоса

опережением. При заделке прорыва и лучшей связи вновь насыпаемого грунта с бортами сохранившихся дамб было проведено их уполаживание откосами до 1:1,7 с помощью бульдозеров.

Причины прорыва:

— напряженная работа канала за последние два года в условиях подпора воды перегораживающим сооружением на 26 км, в отличие от предыдущих лет работы канала на низких горизонтах 0—27 км;

— появление поперечной циркуляции потока воды и обрушение противоположного берега при наличии отметок существующего дна на 3—7 м ниже проектных привело к образованию каверн на мокром откосе дамб, сокращению длины пути фильтрации, выклиниванию воды на сухом откосе и опасности прорыва;

— ошибка проектирующей организации в расчете выбора расстояния от бровки дамбы до оси закрытого дренажа, его сечения и глубины заложения, что укоротило путь фильтрации;

— недостаточное освещение в проекте литологического состояния существующих дамб канала, а следовательно, и ошибок, допущенных при проектировании и выполнении строительных работ. Об этом свидетельствует состояние правой дамбы канала на участке 14—19 км до предела насыщенной водой;

— недостаточность радиусов закруглений канала.

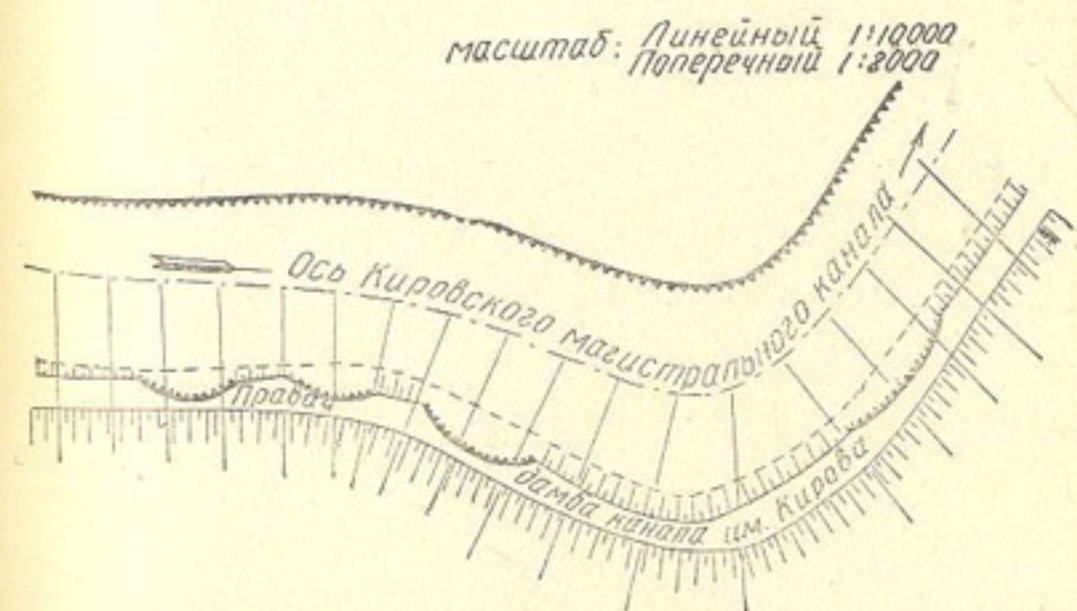


Рис. 13. Схема участка канала им. С. М. Кирова от ГК 169 до ГК 187. Обвалы правой дамбы канала.

Вследствие этого происходят разрушения внутренних откосов из-за подмыва основания дамбы донными скоростями и образования в них подводных каверн, снижающих длину пути фильтрации и вызывающих пророчку и намокание наружных откосов (рис. 13).

3.13. Стоимость эксплуатации оросительных систем (каналов)

Любые сооружения, в том числе и оросительные каналы в период их эксплуатации, требуют определенных материальных и денежных затрат. Знание стоимости эксплуатации инженерных и полунинженерных оросительных каналов необходимо для нахождения экономичных способов поддержания в рабочем состоянии наиболее ответственных составных частей канала. Такая работа была проделана по 30 магистральным каналам республик Средней Азии и Казахстана (табл. 7, 8).

В результате было установлено, что:

1. Общая удельная стоимость поддержания оросительных магистральных каналов, отнесенная на 1 га орошения, составляет в зависимости от расхода (от 7—150 м³/с) 9,1—14,4 руб. Для каналов с расходом 3—7 м³/с стоимость орошения колеблется от 10,0 до 14,4 руб./га; то же с расходом 90—150 м³/с — от 9,7 до 11,7 руб. Причем, с увеличением расхода воды в каналах с 7 до 150 м³/с (почти в 20 раз) общая стоимость поддержания возрастает на 1,7 руб., т. е. на 14,5%.

Таблица 7

Удельная стоимость эксплуатации оросительных каналов по видам поддержания в орошаемой зоне республик Средней Азии и Казахстана (за период с 1950 по 1970 г.)

Вид магистрального канала	Головной расход, м³/с	Протяженность, км	Стоимость общего поддержания, руб./га	Стоимость специального поддержания, руб./га	Общая стоимость поддержания, руб./га
Инженерный	100—150	140—110	2,7—1,4	9,0—9,2	11,7—10,6
	90—100	77—24	1,9—1,0	7,8—8,1	9,7—9,1
	3—7	12—25	до 6,1	8,4—9,0	14,4—10,0
Полунинженерный	65—47	61—90	1,4—7,0	3,0—3,6	4,4—10,6

Удельная стоимость эксплуатации распределительных каналов по видам поддержания в орошаемой зоне республик Средней Азии и Казахстана

Вид распределительного канала	Головной расход, м³/с	Протяженность, км	Стоимость общего поддержания, руб./га	Стоимость специального поддержания, руб./га	Общая стоимость поддержания, руб./га
Инженерный	до 5	до 14	3,2—4,0	3,5—4,1	6,7—8,1
	2—4	32—10	9,4—10,5	12,3—28,4	21,7—38,9
	8—13	54—23	5,3—8,5	6,8—21,3	12,1—29,8

2. Общая стоимость затрат на поддержание, отнесенная на 1 км магистрального канала, составляет:

протяженность, км	стоимость 1 км/руб.
12—25	150—240
25—77	240—470
77—140	270—500

Таким образом, с увеличением длины каналов с 12 до 140 км (в 11—12 раз) общая удельная стоимость 1 км поддержания почти не изменяется.

3. Общая стоимость поддержания магистральных каналов, отнесенная на 1 м³/с воды, составляет:

расход канала, м³/с	стоимость в расчете на 1 м³/с воды, руб.
3—7	600—840
90—150	116—200

Как видно, с увеличением расхода воды в канале с 3 до 150 м³/с (в 50 раз) общая стоимость поддержания понижается с 840 до 200 руб., или уменьшается в четыре раза.

4. Общая стоимость затрат на поддержание оросительных магистральных каналов, проложенных в сильнофильтрирующих грунтах, отнесенная на 1 га орошения, в 10—15 раз дороже, чем каналов, проложенных в средних грунтах [21].

Примеры из производственной практики

*Стоимость затрат на эксплуатацию систем (на
примере советских и зарубежных каналов)*

Из опыта эксплуатации Каракумского канала, Талинского и Арзни-Шамирамского в Армянской ССР и Желалабадского (Афганистан) в период временной эксплуатации (до 5 лет) затраты составили:

— по Каракумскому каналу 1,2% стоимости строительства;

— „ Талинскому — около 1% стоимости строительства;

— „ Арзни-Шамирамскому каналу около 0,5% стоимости строительства;

— по Желалабадской ирригационной системе — около 1,3% стоимости строительно-монтажных работ.

По видам затрат: содержание штата составляет 25,1%, а ремонтно-строительные работы — 71,3%, уход за лесопосадками 3,6% всех затрат на эксплуатацию. На период постоянной эксплуатации затраты составили: на содержание штата 40%, на ремонтные работы 54%, на уход за лесопосадками 6%.

Затраты на эксплуатацию системы в период временной ее работы составили: на содержание штата 25,2%; на ремонтные работы 71,4%; на уход за лесопосадками 3,4%. Из приведенных данных можно сделать выводы:

а) стоимость общих затрат на период временной эксплуатации системы на 40% дороже, чем на время постоянной эксплуатации;

б) затраты на ремонтно-строительные работы в период временной эксплуатации выше затрат периода постоянной эксплуатации на 25% и более;

в) в период постоянной эксплуатации за счет увеличения стоимости общего поддержания снижаются затраты на специальное поддержание системы.

*Стоимость ремонтно-строительных работ
на Желалабадском ирригационном канале
в период временной эксплуатации*

Противофильтрационные работы

В процессе временной эксплуатации системы были проведены работы, которые значительно снизили поте-

Таблица 9

Стоимость строительно-монтажных работ по строительству оросительных систем, проложенных в сильнофильтрующих грунтах, в СССР и за рубежом, тыс. руб./га [21].

Система	Длина, км	Расход Q, м³/с	Площадь орошения, тыс. га	Стоимость 1 га орошения, тыс. руб.
В СССР				
Дальверзинская, Узбекская ССР	13	78	40	2,3
Правобережная Зарафшанская, Узбекская ССР	72	104	87,0	1,6
Каракумская, Туркменская ССР (1-я очередь)	400	130	95,0	8,2
Арзни-Шамирамская, Армянская ССР	30	11,2	13,2	4,2
Талинская, Армянская ССР	10	11,5	13,3	3,8
Самур-Дивчинская (2-я очередь), Азербайджанская ССР	85	14,5	20,0	9,4
Верхне-Самгорская, Грузинская ССР	42	13	16,5	17,2
За рубежом				
Желалабадская, Афганистан	70	50,5	31,5	8,4

ри воды: кольматация, устройство глиняных экранов, подсыпка дамбы откосов канала грунтом, мощение и окашивание откосов канала, удаление из него водорослей. Стоимость произведенных работ составила 1,3% стоимости строительства.

Из общих затрат на противофильтрационные работы 11709 тыс. афгани: кольматация составила 2,1%; подсыпка дамб и откосов канала 3,6%; мощение откосов канала 3,0%.

Ремонтно-регулирующие работы. За период временной эксплуатации на эти виды работ по системе

было затрачено 1,8% стоимости строительства, в том числе на 1 га орошения 1525 против 29149 афгани по проекту (или 5,2%). Главные виды произведенных работ были: подсыпка дамб и откосов канала гравием 25% стоимости ремонтно-регулирующих работ; бетонные и железобетонные работы 29,5%, каменная кладка 18% стоимости ремонтно-регулирующих работ.

Строительные работы—дооборудование системы. Эти работы были выявлены в процессе эксплуатации системы. Они улучшили техническое состояние системы и ее безаварийную работу.

Стоимость работ определялась 1,4% стоимости строительства, в том числе на 1 га орошения 1269,3 афг. Наиболее значительным видом работ было строительство скважин вертикального дренажа.

Глава 4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ РАБОТЫ И ПОДДЕРЖАНИЮ КАНАЛОВ

4.14. Повреждение и размыв оросительных каналов, причины и способы предупреждения повреждений

Различают общее поддержание оросительных каналов, обеспечивающее сохранность мелиоративных устройств, благодаря надлежащей охране, соблюдению правил эксплуатации, техническому осмотру, надзору и др., и специальное поддержание—способы предупреждения и ликвидации повреждений: борьба с размывами и промывами, с заилением, с зарастанием, с фильтрацией воды, с роющими животными, с заносами и дефляцией, с ледовыми явлениями и др.

Вопросы общего поддержания действующих оросительных каналов и сооружений достаточно освещены в литературе и ведомственных изданиях и инструкциях. В связи с этим ниже рассмотрены вопросы специального поддержания оросительных каналов.

Установлены следующие виды повреждений действующих оросительных каналов:

- размыв и повреждения от неправильного наполнения и опоражнивания канала;
- деформация и размыв вследствие просадки грунта;
- повреждение и размыв на косогорных участках;
- разрушение и размыв на ослабленных участках каналов;
- размыв канала от переполнения водой;

- внешний размыв канала пересекающим или параллельным водотоком;
- внутренний размыв канала;
- размыв участков канала, примыкающих к бьефам сооружений;
- размыв повреждения канала вследствие ледовых явлений.

Лучшими способами борьбы с повреждениями оросительных каналов являются: воздействие на причины повреждений, предупреждение повреждений, своевременное проведение текущего ремонта.

Текущий ремонт каналов целесообразно проводить в то время, когда каналы бывают закрыты: весной в первой половине апреля и зимой с 10 по 15 декабря.

В результате своевременного проведения текущего ремонта, правильной организации охраны и действий канал Зах, например, функционирует непрерывно на протяжении всего года с расходом от 4 до 65 м³/с в довольно трудных условиях. Канал работает безотказно и за последние 35 лет значительных повреждений и перерывов в его работе не было.

Размыв и повреждение от неправильного наполнения и опоражнивания канала

При быстром наполнении канала водой откосы его разрушаются вследствие механического воздействия текущей воды, а также гидравлических ударов на закруглениях. Сила удара воды в начале кривой (P) определяется формулой

$$P = \mu \frac{Fv^2\gamma}{2g} \text{ т/м}^2 \quad (4.1)$$

где F — площадь, подверженная удару, м²;

v — скорость течения воды, м/с;

γ — вес 1 м³ воды;

$\mu = 1,0 - 1,10$ — коэффициент, зависящий от состояния ударяемой поверхности;

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с².

Точно так же быстрое понижение горизонтов воды в канале вызывает оползание и разрушение откосов, особенно в малопроницаемых грунтах [13]. Поэтому наполнять канал водой следует постепенно с тем, чтобы провести предварительную замочку до начала его нормальной работы. При замочке воду некоторое

время пропускают небольшим слоем и постепенно повышают его. Таким образом, грунт откосов канала благодаря капиллярному смачиванию может впитать воду до полной влагоемкости, прежде чем поверхность откосов придет в непосредственное соприкосновение с текущей водой.

Замочка и пуск воды в новые каналы должны проводиться еще более осторожно, так как дамбы и берега канала после замочки могут дать осадку и трещины. Продолжительность наполнения или опорожнения канала ($t_{\text{нап}}$; $t_{\text{опор}}$ в сут.) зависит от глубины наполнения, скорости капиллярного поднятия (K_n , м/сут) и коэффициента фильтрации грунта (K_f , м/сут). Они могут быть определены по формулам:

$$t_{\text{нап}} = \alpha_1 \frac{h}{K_n}, \text{ сут. (4.2); } t_{\text{опор}} = \alpha_2 \frac{h}{K_f}, \text{ сут. (4.3)}$$

Высоту поднятия воды h в природных условиях можно определить лишь приблизительно, пользуясь формулой Лапласа:

$$q = \frac{2\alpha}{r}, \text{ кг/см}^2,$$

где α — поверхностное натяжение воды, равное $\alpha = 0,000075 \text{ кг/см}^2$;

r — радиус капилляра.

Так как q выражается в кг/см^2 , то высота h определяется из уравнения $q = \frac{\Delta h}{10}$, где h — в м; Δ — в т/м^2 .

При $\Delta = 1$ $h = \frac{10}{1}$, или $h = 10 \cdot q$. Подставляя вместо q его значение из формулы Лапласа, получаем:

$$h = \frac{20}{r} = \frac{0,0015}{r} \quad (4.4)$$

Формула Лапласа справедлива для капиллярных трубок, но система пор грунта не представляет собой системы капиллярных трубок. Пory грунта имеют более сложную систему. Они не обладают однообразным поперечным сечением по всей высоте слоя, как это бывает в капиллярной трубке. Пory грунта имеют уширения и вообще неравномерное сечение по высоте и поэтому высота поднятия воды в природных грунтовых средах будет несколько меньше, чем вычислена по формуле (4).

В конечном счете капиллярное давление будет равно

$$q = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \cdot \frac{0,0015}{r},$$

где ε — коэффициент пористости.

Пример. Если $\varepsilon = 0,80$; $r = 0,0001 \text{ см}$, то

$$q = \frac{0,80}{1+0,80} \cdot \frac{0,0015}{0,0001} = 6,66 \text{ т/м}^2.$$

Капиллярное давление прижимает твердые частицы друг к другу, вследствие чего грунт становится связным.

Деформация и размывы вследствие просадки грунта

Прорывы каналов в просадочных грунтах происходят вследствие:

— уплотнения и осадки грунта при смачивании его водой и образования просадочных трещин — продольных, поперечных, часто соединяющихся между собой (порозные просадки);

— вымыва легкорастворимых солей и образования карстовых воронок (карстовые просадки).

Для просадочных грунтов характерны:

а) высокая пористость (44—56%), сильная просадочность (50% и более), малый объемный вес (1,15—1,47 г/см^3), до 70% содержат пылеватые частицы;

б) распространение высокой пористости на большую глубину (до 20 м и более), тогда как в непросадочных грунтах с глубины 3,5 м пористость уменьшается;

в) малая величина иластичности ≈ 3 ; непросадочные грунты имеют число пластичности 4—7.

Высокие показатели пористости на большую глубину, самоуплотнение грунтов под влиянием увлажнения являются причиной возникновения различного рода деформаций по трассе канала (рис. 14).

Размеры порозных просадок зависят от величины начальной и конечной пористости ($A_n - A_k$), мощности просадочного слоя грунта (H) и могут быть вычислены по зависимости:

$$\Delta H = f(H; A_n - A_k) = \alpha \frac{H(A_n - A_k)}{100}, \text{ м} \quad (4.6)$$

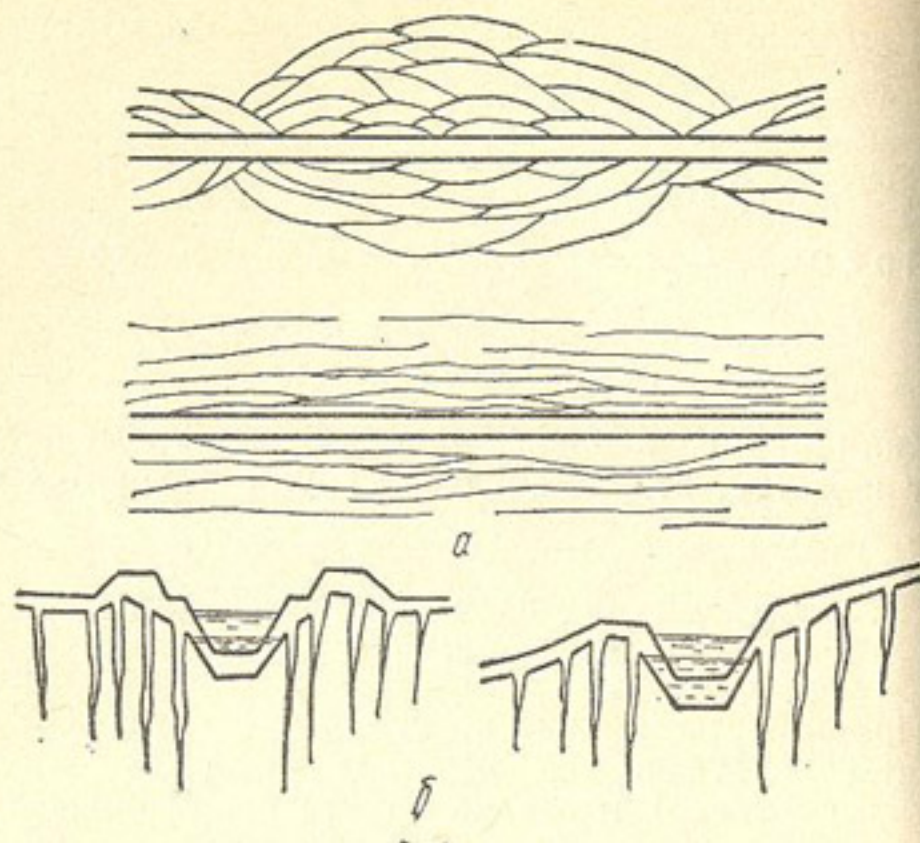


Рис. 14. Повреждения и размыв оросительных каналов:
а — схематическое изображение эллиптически смыкающихся (вверху) и параллельных (внизу) трещин на канале полой дну; б — поперечные профили каналов до и после просадки лёссового грунта.

В практике в лёссовых грунтах порозные просадки достигают 1 — 2 м и более. Лучший способ предупреждения размыва канала в таких случаях — ускорение процесса его замочки. В просадочных грунтах канал замачивают участками, фиксируемыми на нем поперечными преграждениями (перемычками с трубчатыми временными выпусками). Образованные таким образом между перемычками бассейны (участки канала) постепенно заполняют водой до установленного уровня и замачивают. Такой порядок сокращает срок замочки, уменьшает расходы воды на замочку и размеры возможных повреждений в случае прорыва. Продолжительность замочки (T_1 дней) зависит от мощности просадочного слоя, скоростей фильтрации и может быть определена по формуле:

$$T_1 = \alpha_2 \frac{H}{K_f} \cdot \frac{L}{l}, \quad (4.7)$$

где L и l — соответственно протяженность общая и единовременно замачиваемых участков канала в метрах.

И. А. Шаров рекомендует период замочки определять по формуле:

$$T_1 = \frac{H}{K_f} + \frac{l}{10}, \text{ сут.}, \quad (4.8)$$

где K_f — коэффициент фильтрации грунта, м/сут;
 H — средняя высота насыпи с подсыпкой дна. Если таких участков нет, тогда $H = h$ — глубина канала, м;
 l — длина канала, км.

Замочка новых каналов в просадочных грунтах обычно длится от нескольких месяцев (1 — 6) до года и более (канал Отуз-Адыр, Ошская область Кирг. ССР). В случае образования порозных просадок грунта, продольных и поперечных трещин необходимо продольные трещины заливать глинистым раствором. Поперечные трещины должны быть пересечены экранами, конструкции которых рассмотрены ниже. В случае образования карстовых просадок (воронок) необходимо их кольматировать пульпой из лёссового грунта. Если этого окажется мало, то может возникнуть необходимость перемещения трассы канала.

Для успешного проведения всех мероприятий по замочке и предотвращению просадок грунта и размывов канала рекомендуется:

- составить проект и план мероприятий по его освоению;
- организовать рабочие бригады с надлежащим техническим оборудованием;
- своевременно предупреждать возможные прорывы канала вследствие просадок, возникающие размывы ликвидировать в самом начале, не допуская их развития до больших размеров.

Размывы канала вследствие просадки грунта можно избежать, если правильно выбрать его трассу, провести устройство антифильтрационных одежд, экранов на просадочных участках и др.

Повреждение и размыв на косогорных участках

Эксплуатация оросительных каналов, проложенных по косогору, имеет свои специфические особенности (поддержание и работа). Они состоят в следующем (рис. 15 а, б):

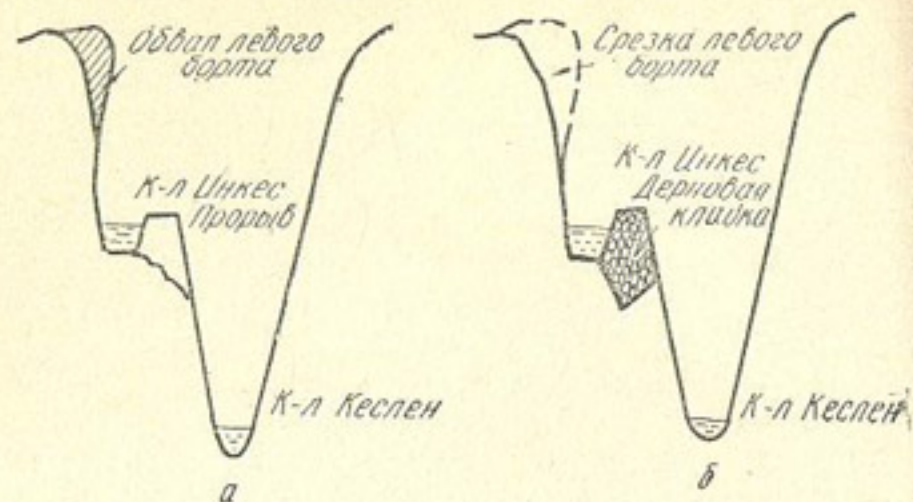


Рис. 15. Повреждения и размыв оросительных каналов.

— наблюдается фильтрация оросительной воды через дамбу канала вследствие недостаточности или ослабления профиля дамбы (оползание по откосу, по общему уклону косогора, усадка и др.). Для прекращения фильтрации воды через дамбу профиль ее должен быть соответствующим образом усилен;

— происходит смещение трассы канала в связи с оползанием косогорного участка вследствие периодического уменьшения коэффициента трения по линии контакта с водонепроницаемыми слоями грунта или нарушения условий на отдельных участках. Одна из главных причин оползания косогорного участка — деятельность поверхностных и подземных вод. Для перехвата и отвода за пределы опасной зоны косогорного участка канала устраивают водосборную сеть нагорных канав, дренаж и отводящие каналы;

— появляются просадки и обрушения нагорного откоса канала. В этом случае необходимо откос уположить и закрепить соответствующим образом, используя для этого местные материалы;

— возможно загрязнение и загромождение канала землей, камнем, мусором, попадающим в канал с поверхности косогора, а также вследствие разрушения нагорного откоса. Периодически канал требуется очищать: землю и мусор, попадающие в канал, вынимают и укладывают на низовую дамбу. Иногда (при небольших каналах и большом их загрязнении) может оказаться целесообразным прокладка канала на косогоре в закрытых трубах;

— зимняя эксплуатация канала, проложенного по косогору, представляет особые затруднения и опасности, так как возможны подъем горизонтов, перелив воды и размыв низовой дамбы вследствие образования заберегов, обмерзание и уменьшение сечения канала. Чтобы предупредить эти явления и принять своевременные меры, следует организовать специальное обслуживание таких участков в зимний период низких температур, ледовых явлений и др. [13].

Разрушение и размыв канала на ослабленных участках

На слабых и ослабленных, вследствие тех или иных причин, участках канала устойчивость их в некоторый момент оказывается недостаточной, и тогда начинается размыв, способный распространяться на соседние участки [13].

Мероприятия по борьбе с размывом канала на ослабленных участках должны быть направлены на ликвидацию причин, вызывающих ослабления, и на укрепление таких участков.

К ним относятся: ликвидация фильтрации воды через дамбы с заменой недоброкачественного грунта, усиления тела дамбы или устройством призмы из каменной наброски со стороны низового откоса, или облицовки верхового откоса; проведение известных мероприятий против явлений пучинообразования, выдувания в дамбах, против роющих животных, а также надлежащая охрана и правильные действия канала особенно на участках, прилегающих к узлам сооружений.

Размыв канала от переполнения водой

В практике эксплуатации размыв канала от переполнения его водой возможен на магистральном канале: на головном, холостом его участках, на косогоре, где он проходит в трудных условиях местности; на пересечениях канала с тальвегами и саями; переполнение канала вызывается ливневыми, селевыми водами, попадающими в канал извне.

Последствия от такого переполнения усугубляются тем, что вместе с ливневыми, селевыми водами в канал попадают продукты смыва — грязевой поток, мусор, плавник. Они загрязняют, закупоривают канал, уменьшают его пропускную способность, или, когда этот

плавающий мусор, лед (шуга) попадают в канал через головное сооружение из реки, или поступают с выше лежащих участков канала. Тогда, чтобы предупредить указанные явления и размыв канала от переполнения, необходимо на головном сооружении регулировать поступление твердого стока, а также поступление воды через головное сооружение в период паводков и селей, вплоть до полного закрытия головного сооружения.

Ливневые и селевые воды тальвега и саев должны быть уловлены водосборными каналами и выведены за пределы их с помощью селедуков или сбросных сооружений. Когда эти воды не загрязнены и расход их мал по сравнению с расходом канала, их можно принять в канал с помощью сопрягающего сооружения [13].

На магистральном канале в хвостовой и средней части на межхозяйственных распределителях разных порядков переполнение вызывается главным образом неурегулированностью водораспределения, водозабора, не предусмотренным отказом от приема воды хозяйств-водопользователей, уменьшением пропускной способности отдельных участков канала (зарастание, стеснение сечений, увеличение шероховатости и др.), неудовлетворительной их эксплуатации и пр. Переполнение также возможно на пересечениях с дорогами, волотками, в верхних бьефах перегораживающих сооружений из-за неудовлетворительного состояния их работы. Точное выполнение плана водопользования и графика распределения воды исключает возможность переполнения канала от неурегулированного водораспределения и водозабора, а соблюдение эксплуатационным штатом правил технической эксплуатации, инструкций по поддержанию каналов и сооружений — верный способ предупреждения размывов канала от переполнения его водой.

Внешний размыв канала параллельным или пересекающим водотоком

Внешний размыв возможен, когда канал проходит параллельно другому каналу или речному потоку на незначительном расстоянии от него, а русло этого потока подвержено размыву вследствие слабых грунтов, неурегулированного режима и др. (рис. 16). Условия

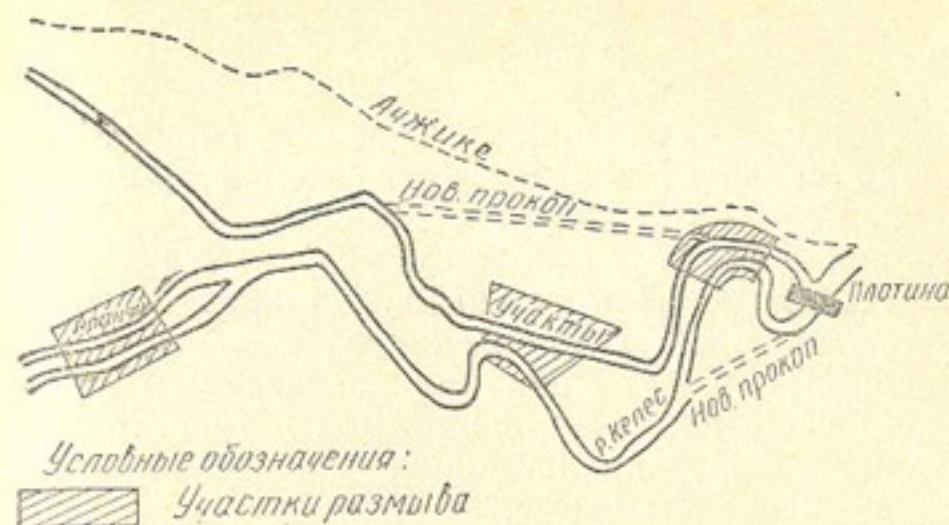


Рис. 16. Повреждения и размыв оросительных каналов.

размыва еще более ухудшаются, когда разница отметок горизонта воды двух параллельных потоков достигает значительной величины [13].

Внешний размыв канала пересекающим потоком (саем, каналом), встречающимся на одном или разных уровнях, происходит в случае прохождения по саю, каналу больших расходов воды, а также несвоевременного проведения регулировочных и укрепительных работ.

Для недопущения внешнего размыва следует организовать охрану и наблюдение на опасных в отношении размыва участках канала, своевременно провести необходимые ремонтно-регулировочные и защитные мероприятия в месте пересечения потоков или, соответственно, переместить трассу канала или потока.

Внутренний размыв канала

Внутренний размыв канала происходит при переменном режиме элементов потока и русла канала, определяющих его устойчивость (Q , h , v , b , m , J) в результате нарушения правил эксплуатации канала.

Для предупреждения размывов дна и откосов канала необходимо устранить их причины и нарушения организацией правильной эксплуатации канала и сохранением установленных нормативов. Когда же причины размыва устранить нельзя, необходимо провести укрепление размываемых участков канала [13].

Размыв участков, примыкающих к бьефам сооружений

Участки канала, примыкающие к сооружениям со стороны верхнего и нижнего бьефов, работают в условиях переменного режима, повышенных скоростей, волнений и поэтому подвергаются размыву (разрушению). Предотвратить это явление можно, если использовать специальные крепления в верхнем и нижнем бьефах на протяжении, устанавливаемым расчетом. Однако чаще наблюдаются размывы участков канала, непосредственно прилегающих к креплениям дна и откосов в нижнем бьефе, за рисбермой, и реже встречаются размывы участков канала в верхнем бьефе сооружения.

Широко распространены и опасны размывы в нижнем бьефе. Для таких случаев необходимо избегать резких (внезапных) изменений расходов воды через сооружение. Расходы воды на крупных узлах сооружений должны регулироваться по графику пропусков воды, составленному по формуле Н. Н. Павловского:

$$q_a = \frac{N}{m} h_r^{3/2}, \quad (4.9)$$

$$\text{где } m = 1,1; N = \frac{3}{\varepsilon_a^{3/2}}; \varepsilon_a = \frac{h_a}{h_{кр}}$$

и на остальных сооружениях, где наблюдается размыв, с соблюдением условий нарастаний расхода 3—5 ступенями в течение 15—30 мин. (рис. 16 а):

$$q = \frac{Q}{b} = mHN\sqrt{2gH}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.10)$$

где q — величина расхода, приходящегося на пог. м ширины порога сооружения;

h_a — глубина низового (отводящего) канала — глубина сопряжения с $h_{сж}$ (глубина в сжатом сечении) в гидравлическом прыжке;

$h_{кр}$ — критическая глубина (при которой удельная энергия E сечения при пропуске определенного расхода достигает минимума);

$$E = h_{\text{пос}} m + \frac{\alpha v^2}{2g}. \quad (4.11)$$

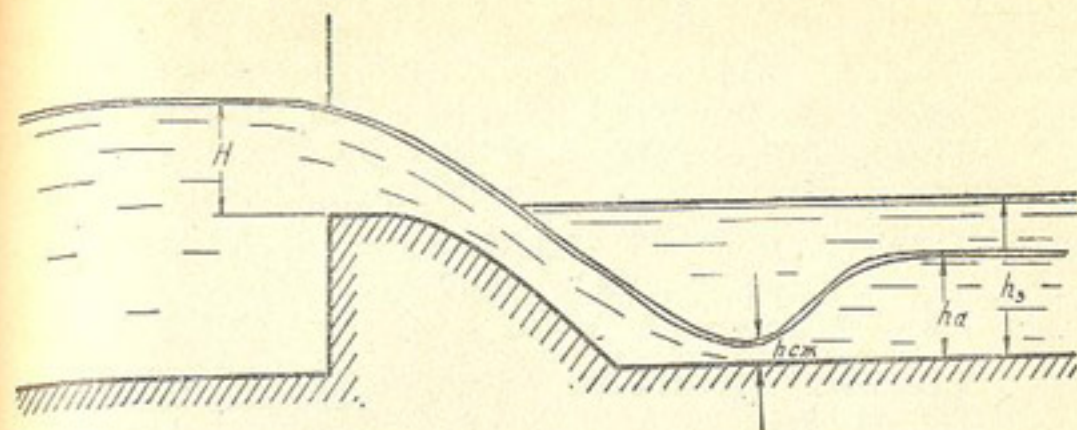


Рис. 16 а. Схема к гидравлическому расчету пропусков воды через сооружения (по графику Н. Н. Павловского).

Наиболее простым видом крепления участка канала в верхнем и нижнем бьефах, размываемых главным образом вследствие волнений воды и перераспределения ее скоростей, служат живые крепления или хворостяная выстилка с прижимными брусками или в плетень.

Расчетные данные для укрепления откоса от волнения воды в каждом отдельном случае определяют при исследовании.

Для хворостяных укреплений откосов, работающих на волнении воды в канале, можно пользоваться нормами, указанными в табл. 10.

Таблица 10

Способы укрепления грунта

Крепление — хворостяная выстилка	Укрепление коренного слежавшегося или тщательно укатанного грунта	Укрепление свежена-сыпного грунта
Без плетней	$t = 0,35 h_b$	$t = 0,40 h_b$
С плетнями	$t = 0,30 h_b$	$t = 0,35 h_b$

где t — допускаемая толщина хвороста;

h_b — расчетная интенсивность волнения.

Значения t и h_b даются в одних измерениях.

А. Ф. Печуров считает, что для устойчивости земляных подпорных сооружений верховой откос дамбы или плотины следует рассчитывать с учетом максимального волнового давления и скатывания волны с откоса, а низовой (в зоне выклинивания фильтрацион-

ных вод) — с учетом необходимости дренирования или пригрузки его хорошо фильтрующим крупнозернистым материалом как бетон, камень, галька, гравий и др. [12].

Многие авторы рекомендуют формулы для определения размеров камня — материала наброски для защиты откосов и русла водоемов от размыва (табл. 11).

Таблица 11

Размер камня (см), рекомендуемого в качестве материала крепления берегов (по различным формулам)

Коэффициент откоса, m	Высота волны h_B , см	По ф-ле Б. А. Пышкина $d_H = 0,21 h_B \times \frac{v \sqrt{1+m^2}}{(v_K - v) \cdot m}$	По ф-ле С. Бодвина $d_H = 0,63 \frac{v}{(v_K - v)} \times \sqrt{\frac{1}{(m-0,8)} - 0,15}$	По ф-ле А. Д. Шабонова $d_H = \frac{v_K - v}{v_K}$
2	100	18	43	19
	120	22	—	22
	150	27	—	28
3	100	17	33	15
	120	21	—	18
	150	25	—	23
4	100	17	27	14
	120	20	—	17
	150	25	—	21

Размыв и повреждения канала вследствие ледовых явлений

Эти явления наблюдаются в условиях зимней эксплуатации канала, когда в период низких температур ($t < -15^\circ\text{C}$) по каналу проходят шуга, плавающий лед, образуются забереги, заторы и зажоры. Вследствие ледовых явлений происходят механическое повреждение откосов и дамб канала, катастрофический подъем горизонтов воды, переполнение канала. В результате дамбы прорываются и воды канала затопляют прилегающую территорию. В этих случаях необходимо срочно организовать транзит льда и шуги на всем протяжении канала до места сброса и не допустить образования заторов,

зажоров, заберегов, а также провести отбой, т. е. промывку шуги и льда и недопущение их на участки, подверженных размыву [13].

4.15 Укрепление размываемых участков каналов Допустимые скорости течения воды для грунтов и крепления

Размывы каналов происходят тогда, когда для данного грунта или вида крепления $vg > v_{кр}$, где vg — действующая скорость потока, $v_{кр}$ — критическая скорость размыва грунта. Критическую скорость на размыв для грунтов и требуемое крепление устанавливают согласно ТУ и СН. Кроме указанных норм, имеются другие данные по размывающим скоростям для грунтов и креплений. Из сравнения этих данных можно сделать вывод, что:

— рекомендуемые различными литературными источниками допустимые на размыв скорости воды (при $R = 1$ м) для каналов в однородных грунтах отличаются между собой незначительно;

— отдельные данные в источниках отличаются различной степенью полноты и детализации применительно к условиям, где они были получены;

— за последнее время все более усиливается стремление к повышению норм допустимых скоростей за счет усиления конструкции канала и допущение работы на высшем пределе.

Многолетний опыт эксплуатации оросительных каналов им. С. М. Кирова (в Голодной степи), Зах и других подтверждает целесообразность пересмотра критических скоростей на размыв, установленных техническими нормами, в сторону их повышения на прямолинейных участках канала на 30–50% и снижения для криволинейных участков на 20–30% (в зависимости от радиуса закругления).

Так, в настоящее время по каналу Зах при $Q = 45$ – 50 м³/с на прямолинейных участках, где русло сложено из лёссовидного суглинка, а средние скорости составляют $v_c = 2,0$ м/с, размыва дна и откосов канала не наблюдается. Объясняется это тем, что в результате многолетней работы русло канала стабилизировалось — уплотнилось, закольматировалось и процесс формирования устойчивого профиля на размыв закончился.

На криволинейных участках канала Зах с малым радиусом закруглений (ПК 118—120; 365—368) происходит размыв вогнутых берегов канала, несмотря на то, что они сложены из твердых пород (рыхлый конгломерат) и существующие скорости значительно меньше допустимых на размыв по нормам проектирования.

Повышение скоростей воды в каналах имеет большое значение для форсирования мощностей наших оросительных каналов и дальнейшего развития орошения. Известно, что чем больше допустимая скорость течения воды в канале, тем меньше потери воды, размеры поперечного сечения канала и сооружений, меньше заиливание и зарастание канала и больше его пропускная способность, следовательно, меньше стоимость оросительных сооружений и их эксплуатация. Стало быть, нормы допустимых скоростей целесообразно по возможности увеличить, а в случае необходимости на участках закруглений и разрыва применять крепления из местных материалов [11, 13].

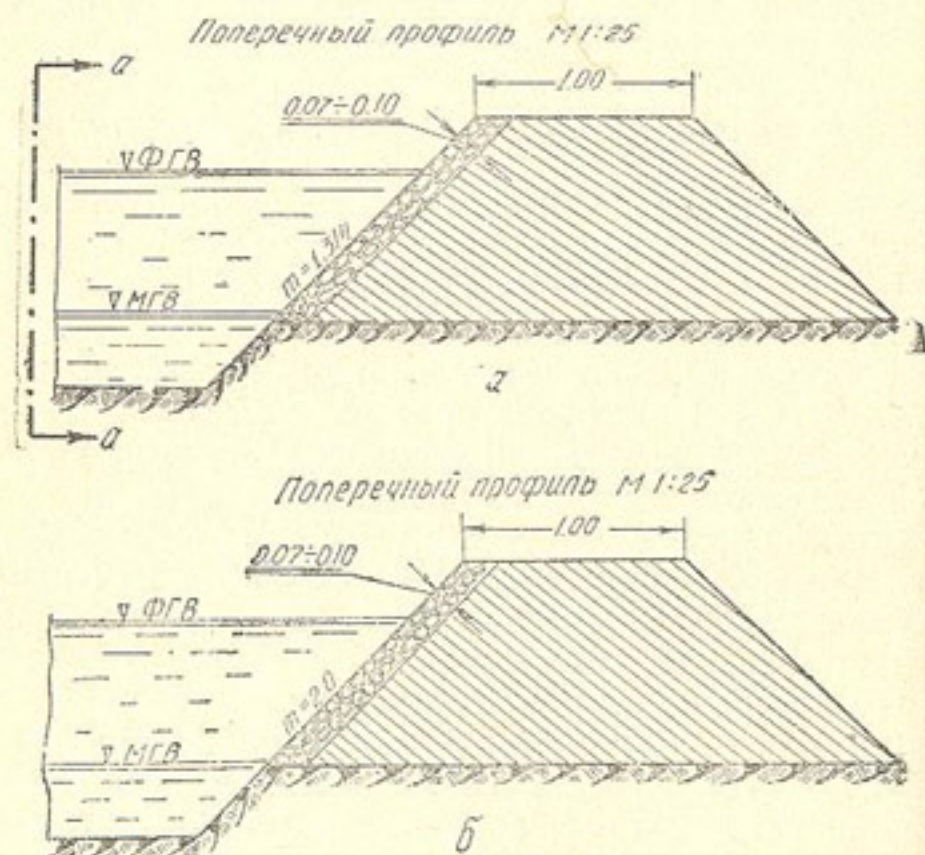


Рис. 17. Типы укрепительных работ и сооружений на оросительных каналах при $V_d < 2$ м/с:
а—защитный слой из втрамбованного гравия диаметром до 20 мм, толщина крепления 7—10 см; б—защитный слой из втрамбованной гальки диаметром от 20 до 60 мм, толщина крепления 7—10 см.

Выбор типа крепления

В связи с реконструкцией оросительных систем и повышением допустимых скоростей течения воды в каналах крепительные сооружения и работы должны получить еще более широкое распространение.

При разработке новых и выборе конструкций крепления для конкретных условий требуется, чтобы они были наиболее простыми и долговечными, основанными на применении местных материалов и наиболее полной механизации всех процессов работ, по возможности стандартными и наиболее дешевыми в строительстве и эксплуатации. Изложенным требованиям будут удовлетворять различные конструкции крепительных сооружений и работ из камня с применением металлических сеток и бетона, а также естественные методы крепления. Крепление дерном, хворостом, камышом, имеющие местное и временное значение, также должны быть механизированы в наибольшей степени (рис. 17—19).

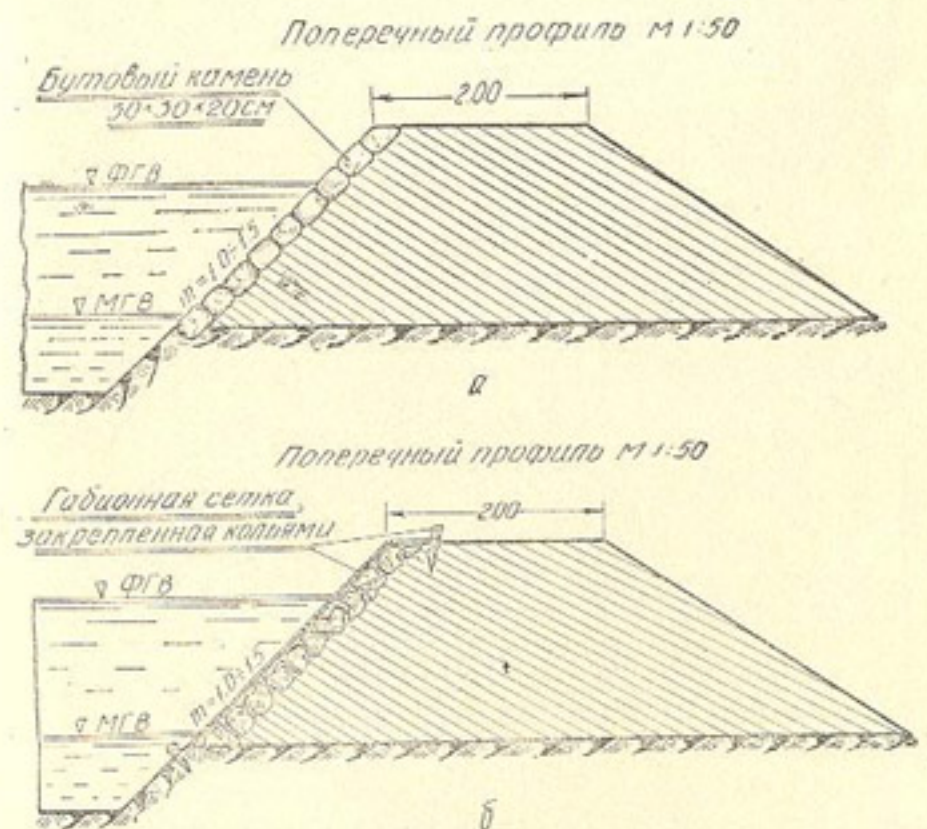


Рис. 18. Типы укрепительных работ и сооружений на оросительных каналах при $V_d < 3$ м/с:

а—крупный камень в плетень в клетку; мостовая из крупного рваного камня, бутовая кладка, габионная кладка; б—сухая кладка из булыжного или рваного камня с обтяжкой габионной сеткой.

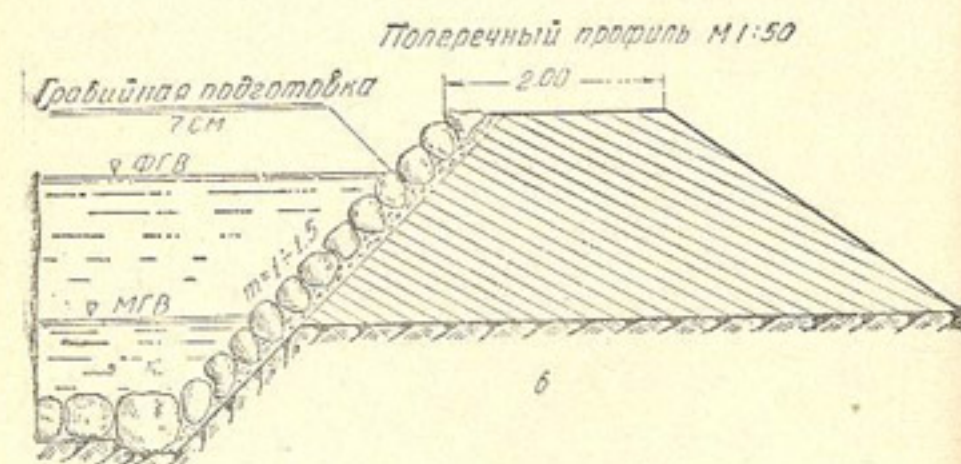
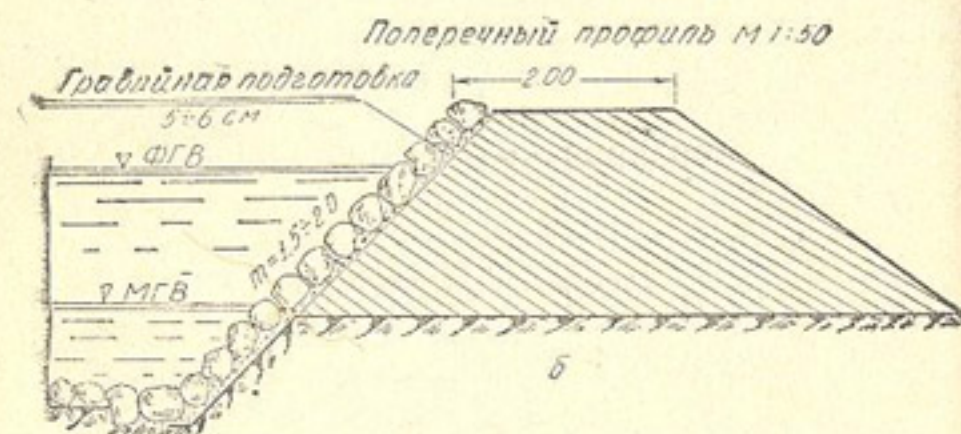
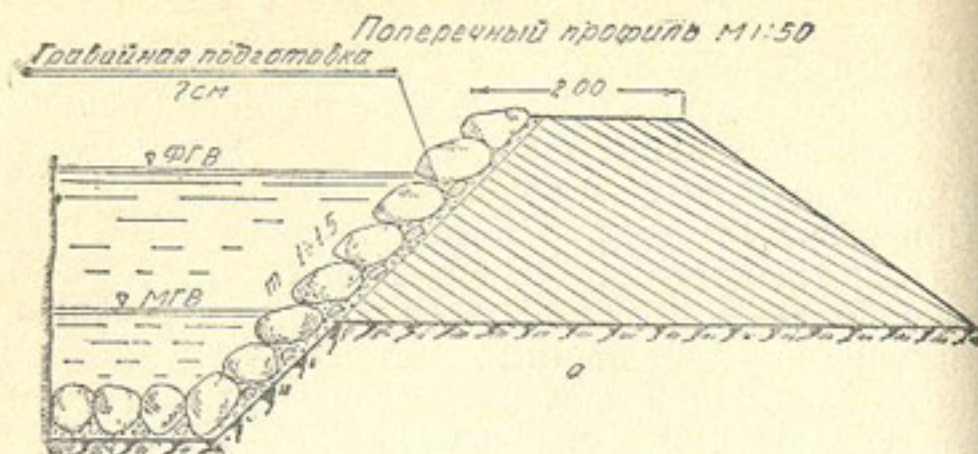


Рис. 19. Типы укрепительных работ и сооружений на оросительных каналах при $V_d > 3$ м/с:

а — укрепление вымощиванием валунами при $d > 200$ мм; б — укрепление вымощиванием булыжником при $d = 30-40$ см; в — укрепление вымощиванием булыжником при $d > 40$ см.

4.16. Закрытие прорывов в оросительном канале

Прорыв (размыв) канала должен быть обнаружен и ликвидирован в наиболее ранней стадии развития, так как трудности и объемы работ по заделке прорыва, а также последствия разрушения с течением времени и с каждой последующей стадией прогрессивно возрастают.

Способы заделки прорыва принципиально различны в зависимости от того, производятся работы по ликвидации прорыва в опорожненном или действующем канале [13].

Заделка прорыва в опорожненном канале

Прорыв в канале может быть заделан наиболее просто тогда, когда он опорожнен. Поэтому во всех случаях, где есть возможность, следует до начала работ по восстановлению канала воду из него сбросить. Это можно сделать через сбросное сооружение или распределить ее между вышерасположенными каналами. До опорожнения канала заготавливают материалы, организуют рабочую силу и необходимые механизмы, иногда даже возводят временную перемычку выше места прорыва. Затем канал опорожняют и прорыв заделывают способами, аналогичными тем, которые применяют при возведении дамбы нового канала. При этом особое внимание обращают на то, чтобы сопряжение между новой и старой (оставшейся) частью дамбы было достаточно плотным (водонепроницаемым).

Закрытие прорыва в действующем канале

В случае прорыва в магистральном или распределительном канале межхозяйственного значения с расходом до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ и более, и нет возможности прекратить подачу воды или сбросить ее, возникает необходимость закрыть прорыв в действующем канале.

В этом случае все же должны быть приняты меры к тому, чтобы уменьшить расход воды в канале на время ликвидации прорыва и в крайнем случае в критический момент закрыть поступление воды в прорыв.

Выбор способа закрытия прорыва в действующем канале зависит от величины расхода (Q , v , h) и степени размываемости грунта в прорыве. Значительные

трудности представляет закрытие прорыва при больших расходах ($Q \geq 10 \text{ м}^3/\text{с}$) и скоростях течения воды ($v \geq 1,5 \text{ м/с}$), при размываемых грунтах и больших размерах прорыва ($B \geq 5 \text{ м}$).

В общем виде методы работ по заделке в действующих каналах сводятся в основном к следующим.

На неразмываемых и среднеразмываемых грунтах при небольших расходах (до $2 \text{ м}^3/\text{с}$), небольших глубинах в прорыве (до $1,0 \text{ м}$), небольших скоростях течения воды (до 1 м/с) и небольших размерах прорыва (до $3,0 \text{ м}$) прорыв может быть заделан простейшим способом:

а) отсыпкой земли с двух сторон прорыва с использованием местных связывающих материалов (кустарника, соломы, камня и др.);

б) одновременным обрушением в прорыв грунта, накопленного по концам прорыва;

в) установкой в месте прорыва ограждающих устройств (шпор) и возведением тела дамб под их прикрытием.

При средних размерах прорыва ($3,0—5,0 \text{ м}$) и расходах, прорыв может быть заделан подобно тому, как и в предыдущем случае, но для этого потребуются отсыпкой земли с двух концов прорыва сузить его размеры до возможного предела ($\leq 3 \text{ м}$), или усилить конструкцию ограждающего устройства. В тех случаях, когда прорыв не поддается сужению, разделить поток в прорыве на части пролетом по $2—3 \text{ м}$ с расходом до $2 \text{ м}^3/\text{с}$ в каждом созданием простейшей промежуточной опоры и закрыть каждый пролет в отдельности, но одновременно.

При больших расходах $Q = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$, глубинах в прорыве $h \leq 2,0 \text{ м}$, больших скоростях в течении воды, $v \geq 1,5 \text{ м/с}$ и больших размерах прорыв $B \geq 5 \text{ м}$, поток в прорыве разбивают на участки пролетом в $2—3 \text{ м}$ с расходом $2—3 \text{ м}^3/\text{с}$ в каждом устройством устойчивых промежуточных опор из бетонных, железобетонных тетраэдров (блоков) и др. При этом каждый пролет закрывают в отдельности, но одновременно. В этом случае могут быть применены также фильтрующие перемычки. С их помощью можно значительно снизить скорости течения воды в прорыве и тем облегчить его закрытие. После заделки прорыва, чтобы не

допустить размыв внутреннего откоса при надобности проводят соответствующие укрепительные работы.

В слабых, размываемых грунтах при малых расходах (до $2 \text{ м}^3/\text{с}$), небольших глубинах в прорыве (до $1,5 \text{ м}$), небольших скоростях течения воды (до $1,0 \text{ м/с}$) и небольших размерах прорыва (до 3 м) заделка прорыва осуществляется закреплением размываемого грунта в прорыве и возведением дамбы фашинами с землей; установкой в месте прорыва ограждающих устройств и возведением дамбы под их прикрытием; устройством непроницаемой перемычки с последующей отсыпкой грунта по профилю дамбы.

При средних расходах (до $10,0 \text{ м}^3/\text{с}$), глубине в прорыве до $2,0 \text{ м}$, скоростях течения воды до $1,5 \text{ м/с}$, размерах прорыва $3,0—5,0$ прорыв может быть заделан с помощью карабур, бетонных и железобетонных тетраэдров (блоков) или возведением дамбы мокрым способом—отсыпкой грунта в воду после устройства успокоительного бассейна.

Для уменьшения скоростей течения воды в прорыве (создания успокоительного бассейна) ниже места прорыва до $7—15 \text{ м}$ устраивают временную перемычку с загрузкой местным грунтом.

После заделки прорыва, чтобы не допустить размыв внутреннего откоса канала, проводится соответствующее его укрепление.

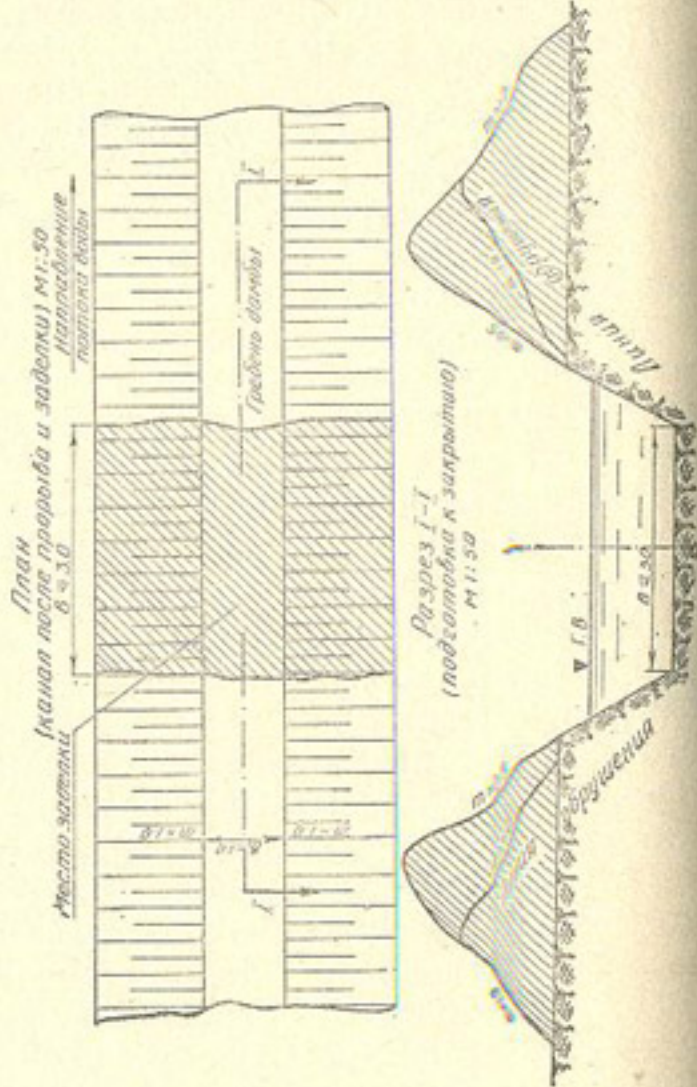
При больших расходах ($Q \geq 100 \text{ м}^3/\text{с}$), глубине в прорыве до $2,0 \text{ м}$, размывающих скоростях (до $1,5 \text{ м/с}$), больших размерах прорыва ($B \geq 5,0 \text{ м}$), после возможного сужения прорыва присыпкой грунта с обеих сторон, прорыв заделывают с помощью карабур, бетонных, железобетонных тетраэдров и др. Для уменьшения скоростей течения воды в прорыве, как и в предыдущем случае, устраивают временную перемычку ниже прорыва на расстоянии $15—25 \text{ м}$ и более.

После возведения временной перемычки прорыв может быть заделан также отсыпкой грунта в воду (мокрым способом).

При сильно размываемых грунтах и больших расходах воды ($Q \geq 100 \text{ м}^3/\text{с}$), глубине в прорыве $h \geq 2,0 \text{ м}$ и большой ширине прорыва ($B \geq 60—80 \text{ м}$), после возможного сужения прорыва отсыпкой грунта в воду, устройства перемычек и др.—закрывают прорыв карабурами, бетонными и железобетонными тетраэдра-

Способы заделки прорывов на оросительных каналах

Характеристика грунта	Гидравлические элементы в прорыве				Способ заделки прорывов
	расход, м³/с	скорость, м/с	глубина, м	ширина, м	
1	2	3	4	5	6
Среднеплотные (неразмываемые и средне-размываемые)	до 2,0	до 1,0	до 1,0	до 3,0	Отсыпка земли в прорыв одновременно с двух сторон, при надобности с усилением связности грунта, устойчивости.
					Обрушение грунта в прорыв (предложение академика Шарова И.А.), рис. 20.
					Установка в месте прорыва прогона и спиц, упертых в прогон с подгрузкой земли.



Продолжение табл. 12

1	2	3	4	5	6
					Установка в месте прорыва прогона проволочной сетки и брента для возведения дамбы под их прикрытием.
					Отсыпка земли в прорыв одновременно с двух сторон с усилением связности грунта, устойчивости.
					Устройство шунтовой или плетневой перемычки в теле дамбы с последующей отсыпкой земли.

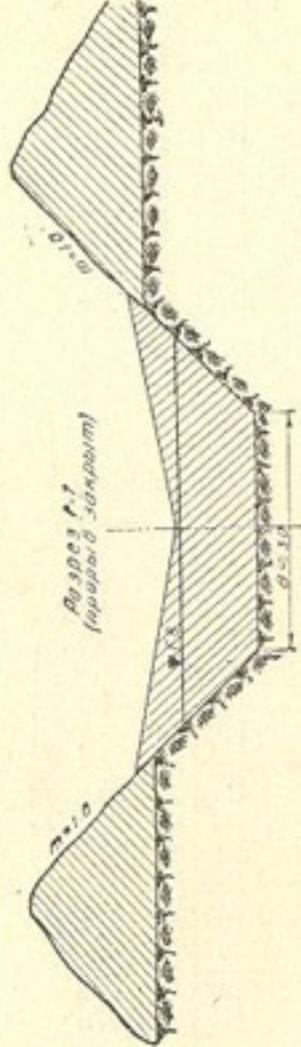


Рис 20. Заделка прорыва в канале одновременным обрушением грунта с двух сторон (предложение акад И. А. Шарова).

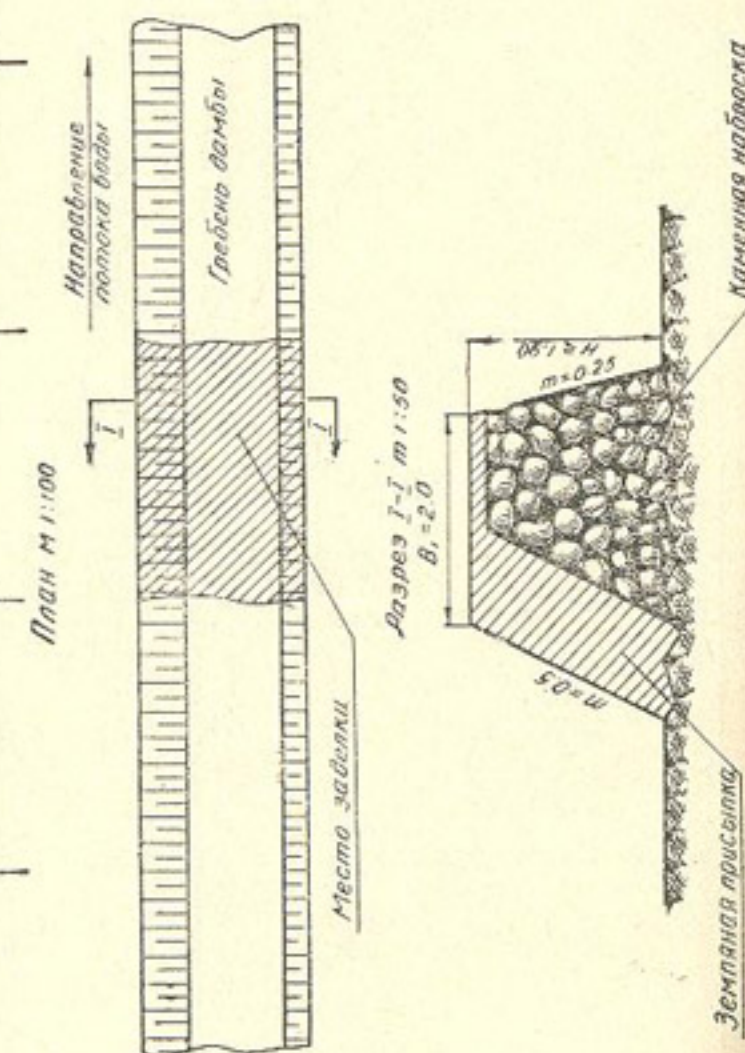
1	2	3	4	5	6
Среднеплотные (неразмываемые и среднеплотные)	2,0—10,5	1,0—1,5	1,0—1,5	3,0—5,0	Каменная наброска с земляным заполнением и присыпкой для уменьшения фильтрации, рис. 21.
					
Установка в месте прорыва прогона и спиц, упругих в прогон, с подгрузкой земли или установка в месте прорыва прогона проволоочной сетки до 5 мм, брезента и возведения дамбы под прикрытием.					

Рис. 21. Заделка прорыва в канале каменной наброской с земляным заполнением и присыпкой для уменьшения фильтрации.

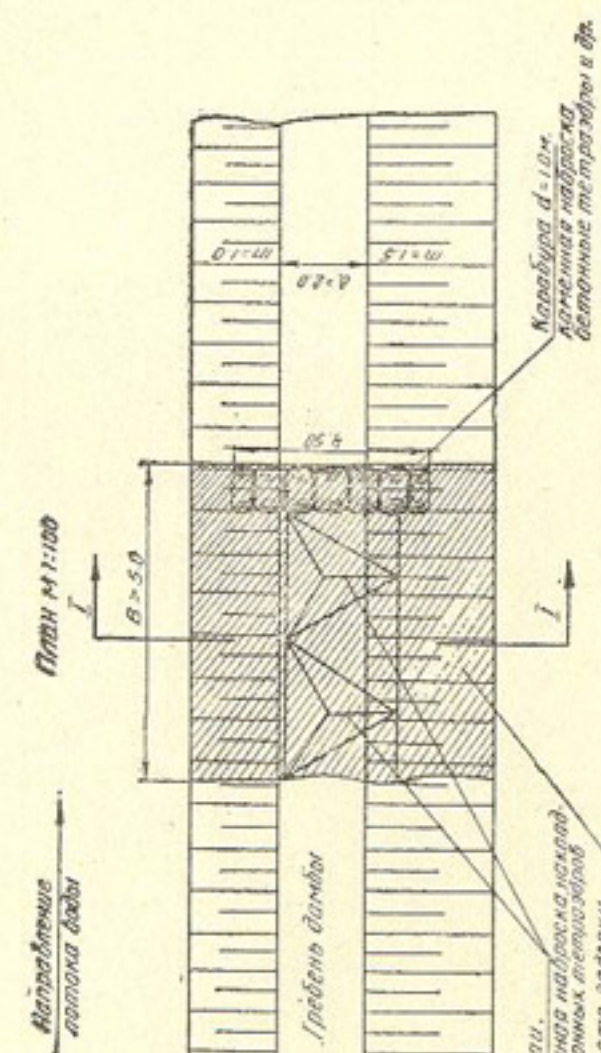
1	2	3	4	5	6
Среднеплотные (среднеплотные)	более 10,0	1,50	1,50	более 5,0	Устройство глухой сипайной дамбы, рис. 22.
					

Рис. 22. Заделка прорыва в канале устройством глухой сипайной дамбы из каменной наброски, бетонных тетраэдров и др.

1	2	3	4	5	6
То же					
Устройство промежуточных опор из сипаев, ряжей и др. для разбивки потока на участке пролетом 2-3 м, перекрытие их прогонами и установка спиц с подгрузкой земли, рис. 23.					

1	2	3	4	5	6
То же					

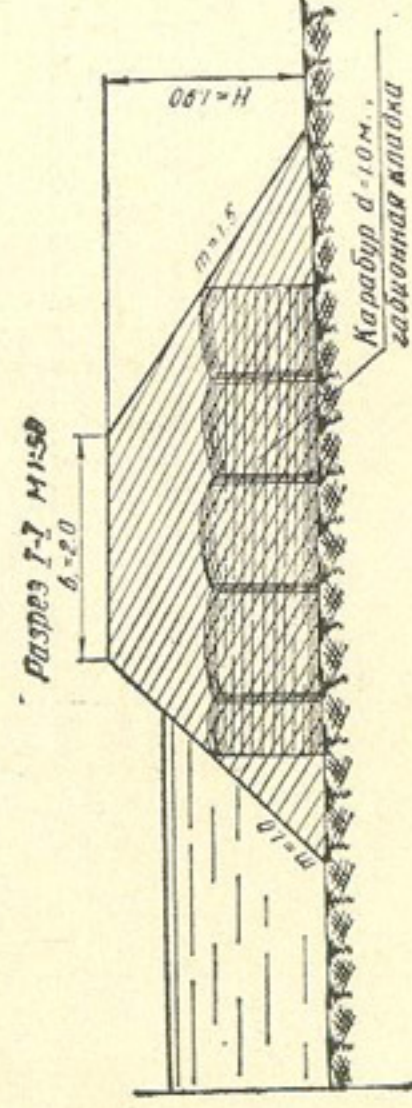


Рис. 23. Заделка прорыва отсыпкой грунта в воду с двух сторон с последующей заделкой прорыва карабурой, габрионной кладкой и др.

1	2	3	4	5	6
					Возможное сужение прорыва отсыпкой земли в воду с двух сторон с последующей заделкой прорыва с помощью тяжелых фашин (карабур), рис. 24.

Рис. 24. Заделка прорыва в канале сужением и перекрытием прорыва карабурами, габионной кладкой и др.

Таблица 13

Способы заделки прорывов на оросительных каналах

Характеристика грунта	Гидравлические элементы в прорыве				Способ заделки прорывов
	расход, м ³ /с	скорость, м/с	глубина, м	ширина, м	
1	2	3	4	5	6
Слабые (размываемые)	до 2,0	до 1,0	до 1,50	до 3,0	Отсыпка земли в прорыв одновременно с двух сторон с усилением связности грунта, устойчивости.
					Устройство низовой перемычки с загрузкой местным грунтом.
					Закрепление дна прорыва и возведение дамбы с помощью фашин и мешков с грунтом, рис. 25.
					Установка в месте прорыва оградительных устройств из прогона и спиц с подгрузкой землей и возведение дамбы под их прикрытием обычным способом.

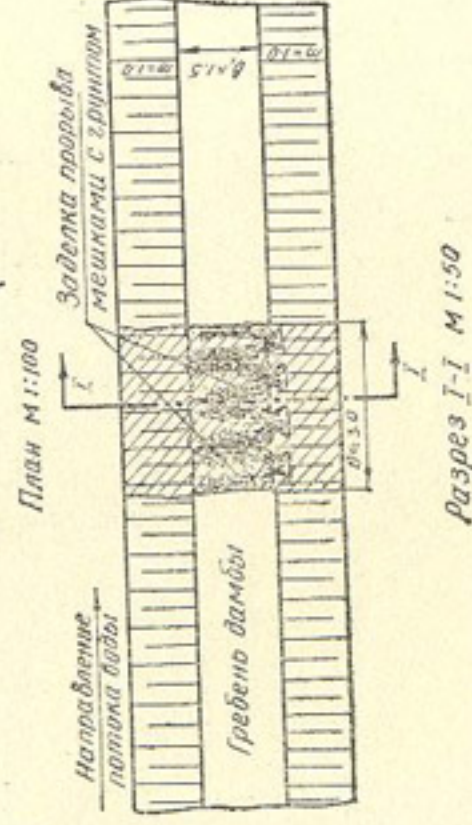


Рис. 25. Заделка прорыва в канале закреплением дна размыва и возведение дамбы с помощью мешков с грунтом

1	2	3	4	5	6
Слабые (размываемые)	до 10,0	1,0—1,5	до 2,0	3,0—5,0	Сужение и заделка прорыва карабурами, бетонными тетраэдрами. Устройство низовой перемычки с последующим возведением дамбы мокрым способом. Установка в месте прорыва оградительного устройства-перемычки со стороны низового откоса с последующим возведением мокрым способом, рис. 26. Заполнение галерей грунтовой пульпой без полного обрушения ее (при малом и большом прорывах).
Слабые (размываемые просадочные)	до 10,0 и более	1,0—1,50	1,50—2,0	3,0—5,0 и более	

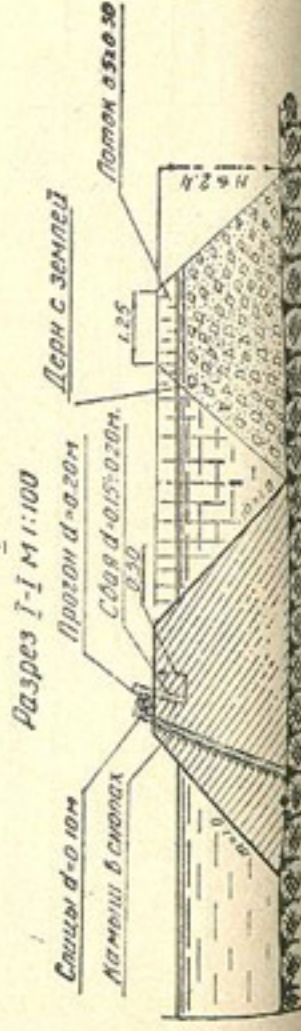
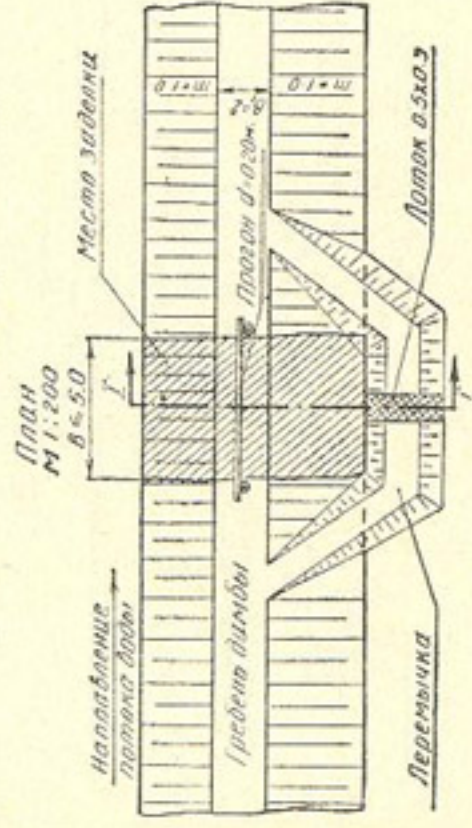


Рис. 26. Заделка прорыва в канале установкой в месте прорыва оградительного устройства из прогона и спиц с подгрузкой земли для уменьшения расхода воды и устройства перемычки со стороны низового откоса с последующим заполнением образованного бассейна грунтом (возведение дамбы мокрым способом) в прорыв.

1	2	3	4	5	6
Слабые (размываемые)	более 10,0	до 1,50	до 2,0	большие прорывы	Сужение и заделка прорыва карабурами, бетонными тетраэдрами. Устройство низовой перемычки (на расстоянии 30—50 м от оси дамбы) и возведение дамбы мокрым способом, рис. 27. При наличии местного материала устройство сипайной дамбы с укреплением дна с помощью тяжелых фашин бетонными тетраэдрами.

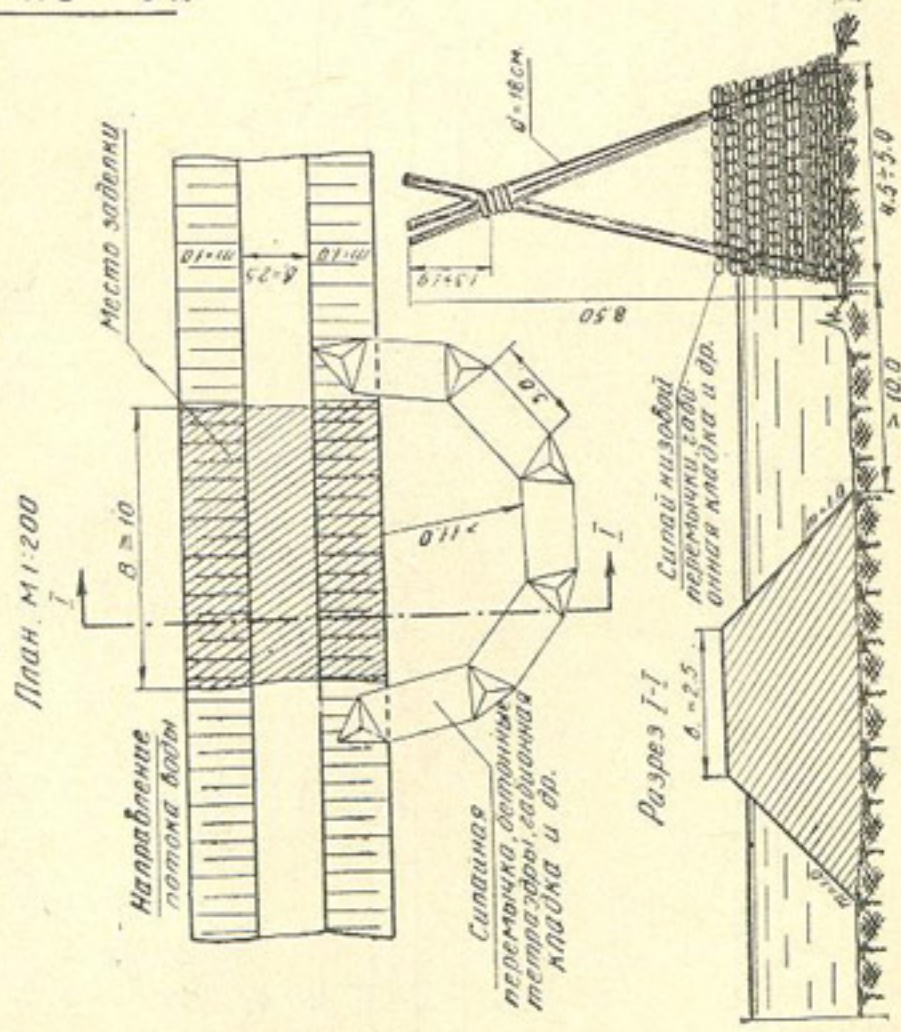


Рис. 27. Заделка прорыва в канале с помощью устройства низовой сипайной дамбы, дамбы из каменной наброски, габионной кладки и др.

1	2	3	4	5	6
Слабые (размываемые)	100 и более	1,50	более 2,0	большие прорывы 50,0 и более	Сужение прорыва и заделка прорыва карабурами.
					Сужение прорыва карабурами, бетонными тетраэдрами, устройство низовой перемычки, установка промежуточных опор из сипаев, рязей ящиков через 2—3 м и закрытие каждого пролета в отдельности, рис. 28

Наполеон Бонапарт

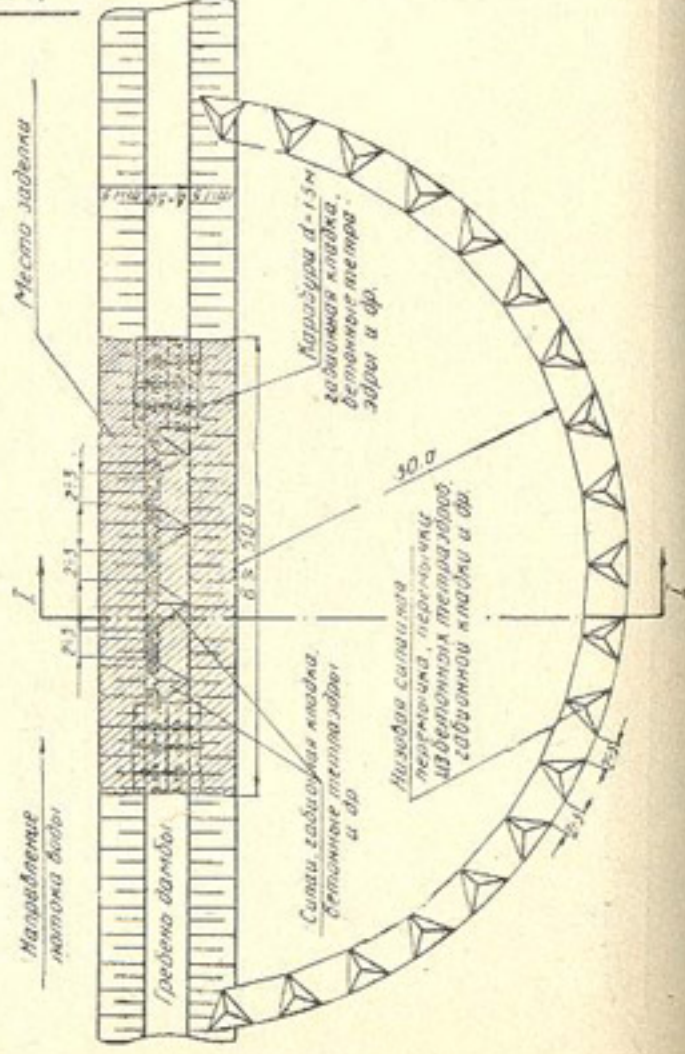


Рис. 28. Заделка прорыва в канале с помощью сужения карабурами и др., устройство низовой перемычки с установкой промежуточных опор из сипаев, бетонных тетраэдров и др.

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Нарядные
полюса воды

План М 1:500

Место заделки

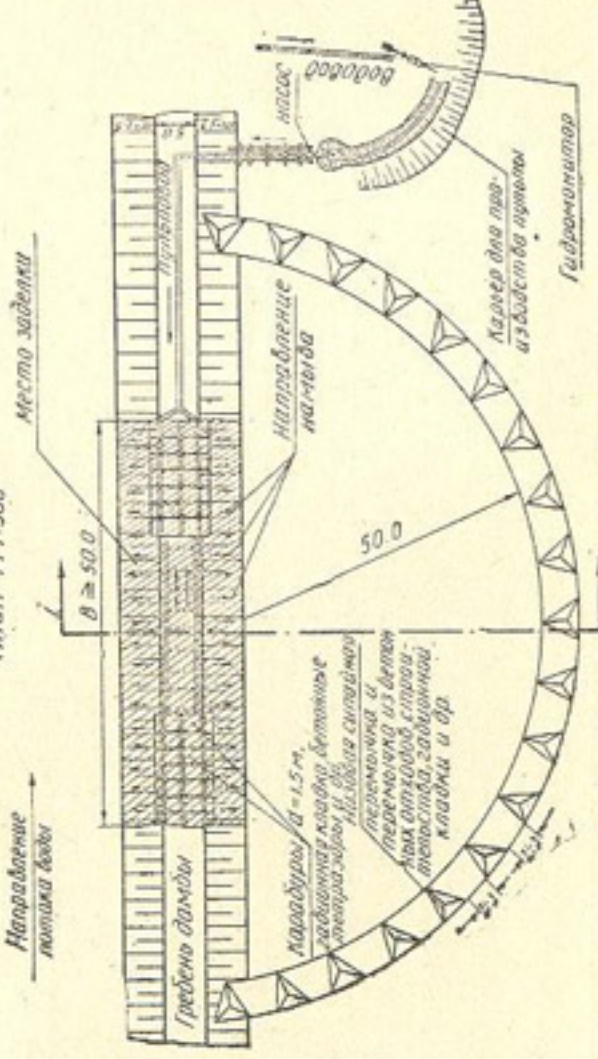


Рис. 29. Способы заделки прорывов на оросительных каналах (с использованием средств механизации).

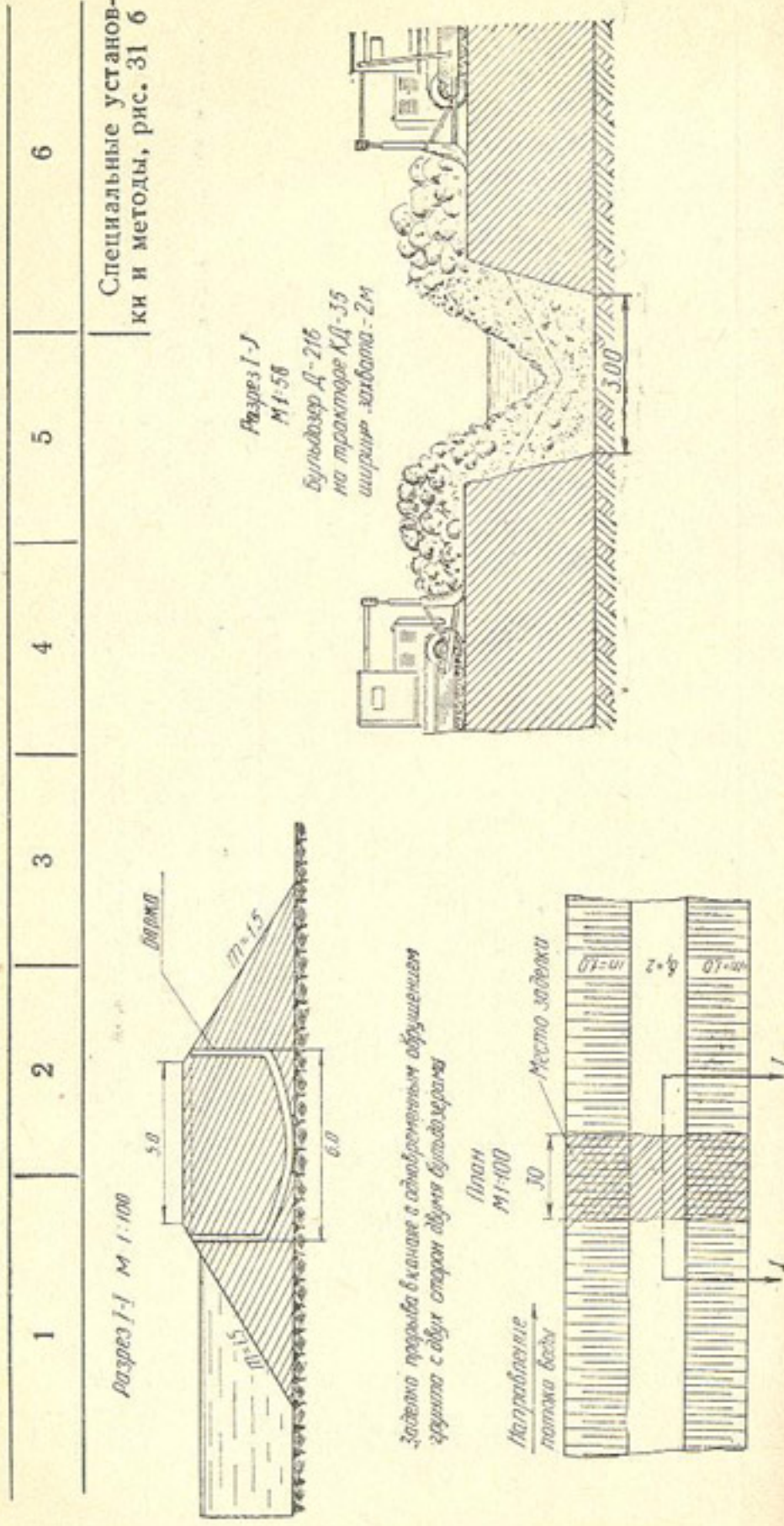


Рис. 32. Заделка прорыва с помощью бульдозера.

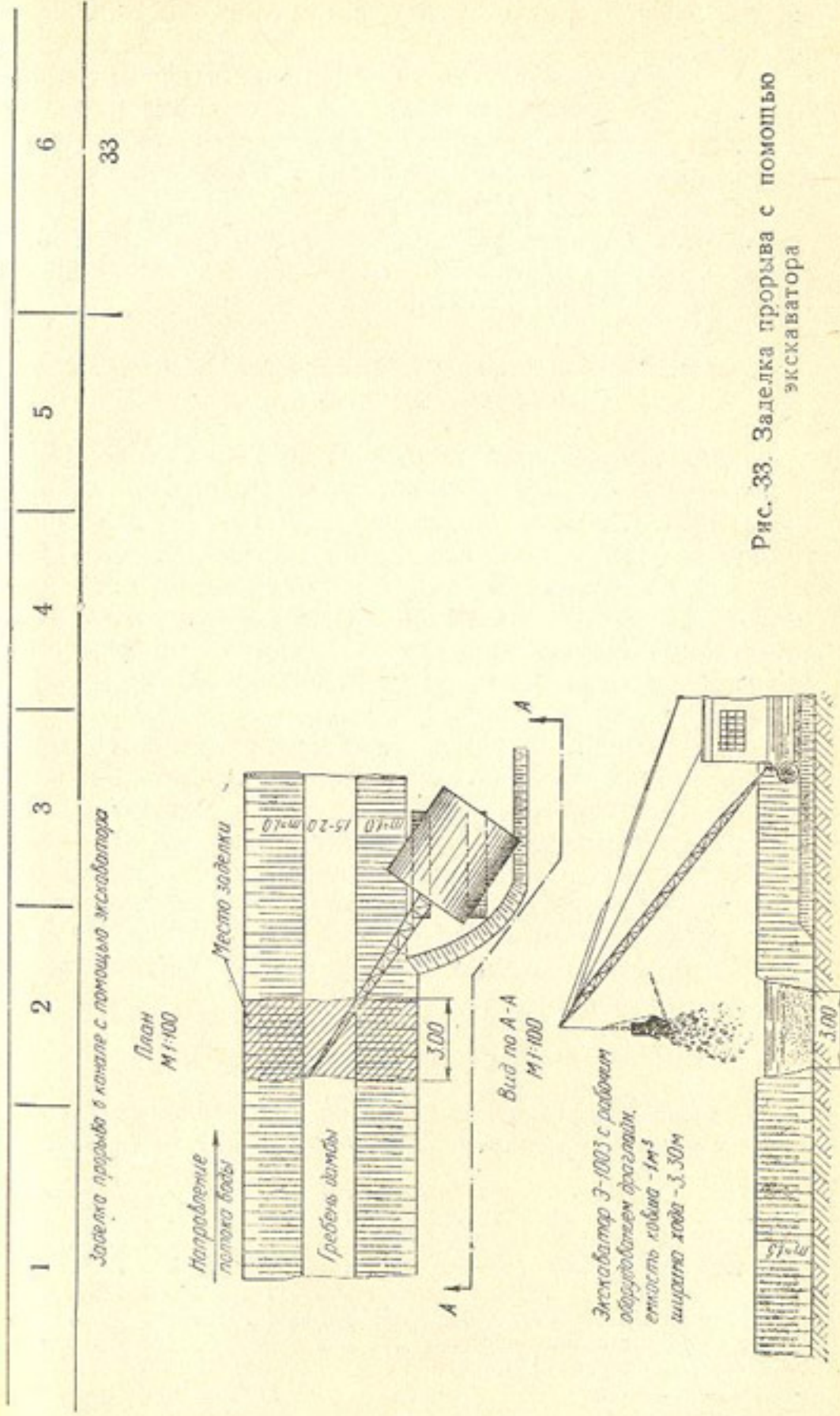


Рис. 33. Заделка прорыва с помощью экскаватора

ми (блоками) и др. сразу по всему оставшемуся пролету.

В практике известны случаи закрытия больших прорывов с помощью внезапного затопления в прорыве старых (выбракованных) барж, загруженных балластом (камнем, дерном, землей) и с помощью тросов, подтянутых к месту прорыва.

Во всех случаях успех работы по закрытию прорыва требует правильно подобранных механизмов (рис. 20—33, табл. 12, 13).

Дальнейшее изучение повреждений и прорывов оросительных каналов

В дальнейшем необходимо тщательно фиксировать и анализировать все случаи, связанные с поддержанием оросительных каналов в рабочем состоянии. В первую очередь должны быть всесторонне выявлены и полно изучены: причины повреждений оросительных каналов в различных условиях их работы, методы их предупреждения и способы ликвидации повреждений. Не менее важно знать способы производства и механизации работ по заделке прорывов; работу оросительных каналов на устойчивых и неустойчивых участках в целях установления рациональных профилей каналов; допускаемые неразмывающие скорости воды для различных грунтов и креплений и др.

Эта работа должна быть поручена соответствующим научно-исследовательским институтам и эксплуатационным организациям (УОС) и составлять основной раздел их программы работ и тщательно фиксироваться (см. учетную карточку).

УЧЕТНАЯ КАРТОЧКА

Повреждение каналов, дамб (валов) оросительных систем.

Наименование и номенклатурное обозначение (индекс)

Канал	
Дамба	
Оросительная система	
Класс (порядок)	
Канала	
Дамбы	
Оросительной системы	
Фотоснимок (рисунок) общего вида повреждения	Фотоснимок (зарисовка) детали повреждения

I. Общие сведения о канале (дамбе) в месте прорыва

1. Схема или план расположения места прорыва
2. Профиль продольный и поперечный - выше и ниже места прорыва (на 200 м)
3. Габариты (характерные)
4. Расходы
5. Гидравлические элементы канала
6. Характерные условия работы
7. Особые условия работы
8. Время постройки и передачи в эксплуатацию
9. Краткие сведения по истории постройки, реконструкции, эксплуатации
10. Сведения об авариях, повреждениях и способах ликвидации и предупреждения повреждений (по документальным данным и опросам) на данном канале (только аналогичные происшедшему прорыву)

II. Описание повреждения канала, дамбы (вала)

1. Сущность (вид и характер) повреждения
2. Место (пикет и характер) — " —
3. Время — " —
4. Причины — " —
5. Возникновение повреждения и конечная стадия — подробное описание с иллюстрацией фотоснимками; защиты — зарисовками, чертежами, схемами, дефектными актами на места разрушения и др.

III. Соображения комиссии по предупреждению и ликвидации повреждений (способ производства работ, план, порядок, организация, объем и стоимость работ)

IV. Приложение

Паспорт канала, профиля, чертежи, акты описания
Составлена комиссией

(подписи)

4.17. Заиление и очистка оросительных каналов от наносов

Заиление и объем ежегодных работ по очистке

Общий объем ежегодной очистки гидромелиоративной сети, обслуживаемой органами Министерства мелиорации и водного хозяйства (ММ и ВХ) СССР, от заиления составляет около 600 млн. м³, в том числе по коллекторно-дренажной сети около 330 млн. м³. По гидромелиоративной сети, обслуживаемой эксплуатационными органами ММ и ВХ УзССР, ежегодный объем очистки составляет около 150 млн. м³, из них по коллекторно-дренажной около 75 млн. м³. Удельные объемы очистки от заиления (в расчете на 1 га) неодинаковы.

Распределение наносов по источникам питания и отдельным системам также разнообразно. Наибольшее количество наносов, заиляющих каналы, имеют дельтовые системы. На этих системах объем очистки гидромелиоративной сети, приходящийся на 1 га, составляет в среднем по областям, м³/га: Ташкентская—до 40; Сырдарьинская—до 42; Ферганская—до 45; Андижанская и Наманганская—до 40; Самаркандская—до 30; Бухарская—до 50; Кашкадарьинская—до 35; Сурхандарьинская—до 60; Хорезмская—до 90; КК АССР—до 120. А в среднем по УзССР—до 50 м³/га.

Источники и причины заиления

А. Источники

На практике довольно часто встречаются случаи, когда вода поступает в голову системы из источника орошения в результате размыва поверхности почвы на площадях водосбора и размыва русла источника. Чем выше мутность воды в источнике питания, тем больше объем наносов, поступающих в магистральный канал, вследствие явлений дефляции и движущихся песков возможно попадание извне по пути транзитных каналов по тальвегам; в результате размывов и обвалов берегов каналов происходит размыв верхних участков и сбросы с полей; наблюдается вторичное попадание в русло канала вынутых наносов до 15–20% объема очистки (по данным исследований).

В. Причины заиления каналов

- уменьшение транспортирующей способности потока в результате водораспределения;
- увеличение мутности потока за счет потерь воды на фильтрацию;
- подпоры в верхних бьефах перегораживающих сооружений;
- недостатки проекта: отсутствие головного и регулирующего сооружений; занижение уклона канала J , скорости потока V ; расположение в плане; отсутствие сбросов; излишняя протяженность и др.;
- недостатки эксплуатации канала: излишний забор воды; несоответствие режима расходов канала режиму наносов; подпоры в каналах; неудовлетворительная работа на головных и регулирующих сооружениях;

зарастание каналов; сбросы оросительной воды через дренажные каналы и коллекторы и др. В зависимости от характера наносов в источнике орошения и различной транспортирующей способности оросительных каналов распределение наносов по длине каналов очень неравномерно. Обычно наиболее крупные донные наносы (галька $d = 20 - 200$ мм и крупный песок $d = 1 - 2$ мм) отлагаются уже на головном участке канала.

Средние и мелкие фракции (средние $d = 0,5 - 1$ мм, мелкий песок ($d = 0,25 - 0,5$ мм) оседают в каналах распределительной сети и нередко проникают в каналы хозяйственной сети.

Пылеватые фракции (мелкий песок $d = 0,25 - 0,1$ мм, песчаная пыль $d = 0,05 - 0,01$ мм) обычно проносятся в хозяйственную сеть, а наиболее мелкие глинистые частицы попадают на поля.

На оросительных каналах с большим уклоном основная масса наносов оказывается в хозяйственной сети и на полях (до 65–70% объема поступающих с водой взвешенных наносов).

На каналах со средним и малым уклонами, наоборот, основная масса наносов отлагается в магистральных и распределительных каналах (до 75–80% объема поступающих с водой наносов). Так, в отдельные годы слой заиления в головах магистральных и распределительных каналов Хорезмской области достигает 1 м и более.

Меры борьбы с заилением канала

Они основываются на следующих принципах:

- основной метод—воздействие на причины и предупреждение заиления (своевременная профилактика);
- комплексность методов—система мероприятий по предупреждению и борьбе с заилением каналов. В частности, недопущение поступления части наносов, перемещающихся в основном в донных и придонных слоях потока, из реки путем расположения водозаборной точки на вогнутой части береговой линии и т. п.;
- регулирование поступления и распределения наносов в системе, в противовес борьбе с заилением наносами на каждом отдельном участке;
- устройство отстойников различных конструкций в головных частях магистральных и межхозяйственных распределительных каналов;

— комплексная механизация и гидромеханизация очистки каналов от наносов;

— увеличение уклонов оросительных каналов с целью повышения их транспортирующей способности и т. п.

Способы регулирования водозабора и борьба с заилением каналов

— регулирование головного водозабора по установленному графику: $Q_{\text{гол}} = Q_0; Q_{\text{крит}}; Q_{\text{мин}}$. На малых каналах—закрытие их на время большого стока наносов (при паводке) в источнике орошения. Обычно это может длиться от 7 до 10 суток;

— регулирование поступления твердого стока (наносов) в оросительный магистральный канал надлежащим расположением в плане и конструкции головных сооружений: расположение на вогнутом берегу, на прямой, регулирующие сооружения и работы на головном участке, пороги, промывные галереи, направляющие системы (поперечная циркуляция), правильное закрытие и открытие щитов, головные отстойники, гидропромывка, механизированная очистка и т. д.;

— закрепление эрозионной части водосборных бассейнов и размывающихся участков источника орошения;

— аккумулярование наносов в верхних бьефах подпорных плотин;

— закрепление песков и защита от запесочивания каналов (повышение скорости, направляющие пескоукрепительные работы);

— устройство грязе-ливнедуков и сбросов с ловчими каналами;

— отложение наносов в отстойниках с последующей их промывкой или механизированной очисткой;

— транспортирование наносов до полей или фиксированных участков уменьшением $\alpha = \frac{b}{h}$; искусственным

увеличением транспортирующей способности потока каналов с помощью возбуждения поперечной циркуляцией, ворошением наносов, увеличением расходов воды, уменьшением коэффициента шероховатости, борьбой с зарастанием, бетонировка и др.;

— закрепление размываемых участков, спрямление в плане каналов, промывка заиляемых подпорных бьефов каналов;

— правильное складирование наносов и смыв, растаскивание рашей;

— специальный режим работы каналов;

— очистка каналов и отстойников от наносов средствами гидромеханизации и комплексной механизации;

— переустройство оросительной и сбросной сети.

Из практики эксплуатации гидромелиоративных систем Хорезмской области Узбекистана [16]

Для поддержания в рабочем состоянии гидромелиоративных систем в Хорезмской области ежегодно проводят их очистку в объеме около 13 млн. м³. Из них: очистка отстойников составляет объем около 3 млн. м³, выполняемая механизмами; оросительной сети—около 4,5 млн. м³ (механизмами 60—75%, а остальное вручную); коллекторно-дренажной сети—около 3,5 млн. м³ механизмами; прочие земработы в объеме до 1,0 млн. м³ механизмами. Объем всех земляных работ, выполняемых вручную, определяется ежегодно в размере до 1,4—1,5 млн. м³. Для извлечения этого объема наносов, осевших в каналах, ежегодно затрачивается до 460—465 тыс. чел.-дней рабочей силы.

Дальнейшая механизация очистных работ и эффективность эксплуатационных мероприятий будет определяться парком экскаваторов с емкостью ковша $V = 0,15 - 0,35$ м³ в потребном для выполнения этих работ количестве. Это позволит сократить потребность в рабочей силе до 35—40 тыс. чел.-дней; наличием внутрисистемных отстойников на межхозяйственной сети (до 25 шт.); обсадкой деревьями межхозяйственных каналов (из 3 тыс. км межхозяйственных каналов в настоящее время обсажено около 0,8 тыс. км).

Объекты очистки и их характеристика.

Механизация очистки каналов

К объектам очистки относятся крупные магистральные каналы, распределители первого порядка, подводящие русла. Для них характерно наличие воды, растительности (по берегам); наличие наносов илистых, песчаных, малой или средней плотности. При такой характеристике объем очистки будет большой. Габариты канала: $B > 10 - 60$ м и более; $H > 1,5$ м; $Q > 10 - 50$ м³/с. Большие удельные объемы $\frac{W}{l} > 10 - 50$ м³ на

Габариты каналов

Канал	Габариты канала					
	Q, м³/с	B, м	b, м	H, м	m	$\frac{W}{l}$
Крупные магистральные распределители	50 30—50	30—75 20—40	20—50 15—20	1,5—4,5 1,5—3,5	1:2 1:2	15—30 6—15
Подпитывающие русла	10—30	10—20	7—15	1—3	1:1,5	3—12
Распределители межхозяйственные	5—10 2—5	7—15 4—10	5—10 1—4	1,2—2,5 0,75—2	1:1 1:1,5	2—7,5 0,5—3,0
Хозяйственная постоянная сеть	1—2 < 1	2—5 1,5—3	1—2 0,5—1	0,5—2 0,5—1	1:1 0,5:1	0,2—1,0 0,1—0,4

пог. м канала. В первую очередь потребуются механизмы различного типа: землесосы, экскаваторы, гидромониторы. Причем, на слабых грунтах экскаваторы должны работать на сланях. При отсутствии воды и растительности при небольшом удельном объеме очистки (наносы различной плотности) могут быть использованы скреперы различных марок. Продолжительность работы — октябрь-апрель.

Распределители разных порядков (межхозяйственные). Наличие воды, растительности (по берегам). Наносы илистые, песчаные, мелкие. Объем пласта большой. Габариты канала: $B > 4—15$ м и более, $Q > 2—10$ м³/с, $H > 0,75—1$ м, удельный объем земляных работ $\frac{W}{l} \geq 1,5—7,5$ м³ на пог. м. Продолжительность работ октябрь-апрель. Могут быть использованы: экскаваторы, скреперы, грейдеры, бульдозеры различных марок.

Хозяйственная сеть. Габариты $B = 2,5$ м; $\frac{W}{l} = 0,20—1,0$ м³ на пог. м; $Q \leq 1—2$ м³/с; $H = 0,60—1,0$ м. Грунт: тонкий песок с некоторым содержанием глины различной степени уплотненности. Продолжительность работы октябрь-апрель. Могут быть использованы: канавокопатели, скреперы, грейдеры и другие механизмы.

Очистка отвалов (кавалеров, рашей), межхозяйственных и внутрихозяйственных отстойников. Могут быть использованы: грейдеры, бульдозеры, скреперы, гидромониторы и другие механизмы. Продолжительность работы круглый год.

Во всех случаях применение того или иного типа и марка машин на очистных работах зависит от ряда факторов:

$$M = f(F, B, b, H, Q, \Gamma_N, \frac{W}{l}, \mathcal{E}_{p.c.}), \quad (4.12)$$

где F — поперечное сечение канала; B — ширина канала по верху; b — то же по низу; H — глубина канала; Q — расход воды в канале; Γ_N — категория грунта; $\frac{W}{l}$ — удельные объемы на пог. м канала; $\mathcal{E}_{p.c.}$ — эксплуатационные показатели.

Отсюда видно (12), что основным показателем при выборе типа механизма являются габариты каналов (табл. 14).

Транспортирующая способность открытых потоков

В результате проработки обширного фактического материала по вопросу незаиляемости оросительных систем в связи с транспортирующей способностью потока (ρ), советскими учеными предложен ряд теоретических и эмпирических формул [12, 26].

В Средней Азии чаще используют формулы, основанные на законах распределения мутности внутри объемов взвешивающих циркуляций. Авторы формул:

$$A. \text{ Н. Гостунский } \rho = \Gamma \frac{H^{1/2} J^{3/2}}{\omega_{cp}}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.13)$$

$$И. И. Горошков \rho = \frac{4100A}{(J_n - 1)\omega_{cp}} \cdot \left(\frac{R}{H} \right)^J \cdot \left(1 - \frac{V_0}{V} \right) R^{1/2} J^{3/2}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.14)$$

$$E. A. \text{ Замарин } \rho = 0,022 \frac{V}{\omega_{cp}} \sqrt{\frac{R \cdot J \cdot V}{\omega_0}}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.15)$$

$$C. X. \text{ Абальянц } \rho = kD \frac{V^3}{\omega_{cp} R} \approx 17,8 \frac{V^3}{\omega_{cp} R}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.16)$$

где H — средняя глубина потока, м;
 V — средняя скорость течения, м/с, обеспечивающая транспортирование мутности наносов ρ ;

R — гидравлический радиус живого сечения потока, м.
Для речных русел $R = H$;

J — продольный уклон водной поверхности;

$\omega_{\text{ср}}$ — средняя гидравлическая крупность фракционного состава взвешенных наносов, м/с;

ρ — транспортирующая способность потока (количество взвешенных наносов в кг, содержащихся в 1 м³ воды). $\Gamma = 300\psi$ (для р. Амударьи $\psi = 1$;

для р. Сырдарьи $\psi = \frac{2}{3}$, для других рек еще меньше).

Все эти зависимости определяют величину транспортирующей способности потоков.

Формула Е. А. Замарина дана для условий равномерного установившегося движения воды. Многолетний опыт эксплуатации оросительных каналов, не имеющих головных отстойных бассейнов, показывает, что их начальные участки всегда заиляются (крупными, средними фракциями, находящимися во взвешенном состоянии в потоке). Средняя гидравлическая крупность взвешенных наносов всегда меньше 0,002 м/с. Для этих участков канала формула Е. А. Замарина (4.15) примет вид:

$$\rho = 11V \sqrt{\frac{R \cdot J \cdot V}{\omega}}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.17)$$

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРУПНЫХ КАНАЛОВ

А. Мероприятия, требующие капитальных вложений

— переустройство головного и магистрального питания оросительных каналов (водозабор, отстойник с промывкой и очисткой);

— переустройство оросительных каналов и сооружений (спрямление, профилирование каналов, отложение наносов в внутрисистемных отстойниках, на фиксированных участках каналов, с последующей промывкой или механизированной очисткой наносов);

— мелиорация эродированных участков водосборных бассейнов;

— гидромеханизация и комплексная механизация очистки каналов от наносов;

— дооборудование и техническое оснащение оросительных каналов (реперное оборудование, километраж, инструментарий — кирки, лопаты, ломы, тачки, носилки; специальное оборудование — направляющие системы — наносоворошители, нивелиры, визирки и др.).

Б. Оперативно-эксплуатационные

— уменьшение водозабора до размеров нормального водопотребления;

— правильное маневрирование затворами регулирующих сооружений;

— промывка наносов;

— транспортирование наносов до полей или фиксированных участков (сброс, промывка, очистка) установлением правильного режима работы канала или применением специальных технических средств; щиты Потапова, взмутители, гидромониторы и др.;

— рациональная организации работ. Закрепление участков, МЭС, РММ, хозрасчетная организация. Сроки выполнения работ;

— правильное техническое оформление работ.

В. Исследовательские задачи

— исследование и разработка наиболее эффективных методов борьбы с наносами для типичных условий: транспортирование и промывка наносов, эксплуатация отстойников, комплексная механизация очистки каналов от наносов;

— разработка технических условий новых конструкций машин и новых методов работ по очистке каналов и отстойников от наносов;

— исследование и установление наиболее благоприятного режима работы канала, отвечающего условиям минимального заиления и эффективных методов специального поддержания каналов по борьбе с заилением.

4.18. Зарастание каналов, предупреждение и борьба с зарастанием

Оросительные каналы зарастают, и этому особенно подвержены новые каналы в начальный период эксплуатации при высоких температурах воздуха. Наиболее

вредно прорастание со дна и откосов канала водяной и полуводяной растительности. Она уменьшает живое сечение, увеличивает коэффициент шероховатости, уменьшает скорость и пропускную способность, усиливает заиление, зарастание внутренних откосов выше уровня воды в каналах, а также берм, внешних откосов и прилегающей полосы отчуждения. Все это затрудняет доступ к каналу, следовательно, и его эксплуатацию.

Исследования на оросительных каналах Узбекской и Казахской ССР показали, что:

— магистральные, распределительные каналы зарастают до 65—70% протяженности;

— хозяйственная оросительная сеть каналов зарастает до 90—95% протяженности;

— растительность, с которой приходится бороться, в основном делится на три группы:

а) водяные растения, у которых корни, стебли и листья находятся в воде (рдест, лютик, водяной мох, чёрная трава, лишай, водоросли и др.);

б) полуводяные растения, у которых корни находятся в воде, а стебель несколько выступает из воды (камыш, тростник, водяная трава и др.). Эти растения доставляют больше всего хлопот. Они растут при глубинах воды меньше 30 см и могут отрастать в длину до 45 см в месяц;

в) сорные травы, растущие по берегам каналов и на примыкающих к ним землях (береговые растения).

Степень зарастаемости каналов растительностью зависит от ряда факторов:

$$M_{\text{зар.}} = f(M, T_0, \frac{1}{H_{\text{г. в.}}}, \frac{1}{V}, \frac{1}{h}), \quad (4.18)$$

где M —местные условия; T_0 —температура воздуха;

$H_{\text{г. в.}}$ —глубина залегания грунтовых вод; V —скорость потока воды в канале; h —глубина воды в канале.

Борьба с зарастанием оросительных каналов

В СССР и за рубежом разработано несколько способов борьбы с зарастанием каналов. Среди них следует назвать: срезывание и окашивание, протаскивание цепей, пастьбу скота, обработку русел нефтью, разведение рыб (белого амура, толстолобика и др.),

пожирающих растительность. Рыбы эти могут достигать веса 5,0 кг и более. Они быстро размножаются, прожорливы и поедают за сутки равное своему весу количество водорослей. Для разведения рыбы в каналах требуются постоянные, достаточные горизонты воды и оборудование сетками или другими заграждающими устройствами, препятствующими уходу рыб в водоприёмник. Пятнадцатилетняя практика использования рыб для очистки оросительных каналов от зарастания на оросительных системах Туркмении (Каракумский канал и др.), Узбекистана (гидромелиоративной сети каналов в Голодной степи) дала положительные результаты.

Существуют и другие методы борьбы с зарастанием оросительных каналов растительностью.

Примеры из практики эксплуатации канала им. С. М. Кирова и распределительной сети совхоза „Пахтаарал“ в Голодной степи.

На канале им. С. М. Кирова объем ручной очистки канала от зарастания ежегодно приближался к 2 млн. м². В июне 1948 г. участок канала 93—127 км был опорожнен и ручным способом прокошен камыш в объеме 300 тыс. м². На второй день в канал была пущена вода повышенной мутности с расходом до 50 м³/с, слоем в 2,5—3 м. Эта мутность поддерживалась в течение июня-августа. В результате канал был искусственно заилен на глубину $\Delta h = 6—8$ см. Это способствовало заполнению илом трубочки стебля камыша (на корню) на 3—5 см. При такой мутности потока воды и глубине ее в канале солнечный свет не проникал до дна и корневая система камыша сгнила. С 1949 г. этот участок канала не зарастает.

На третьей Тугайной ветке Кировской системы Голодной степи таким же методом было удалено зарастание русла камышом.

Хозяйственная сеть каналов совхоза „Пахтаарал“ с двух сторон обсажена деревьями и в связи с этим сеть не зарастает, не заиляется, не размывается и имеет минимум потерь оросительной воды на испарение и фильтрацию.

На Джелалабадском ирригационном канале (Афганистан) против зарастания его растительностью и водорослями применяют такие методы:

— протаскивание тяжелых цепей с режущим уст-

ройством в действующем канале против течения воды при помощи двух тракторов (или бульдозеров);

— гидравлическую промывку канала для удаления наносов и водорослей;

— поддержание повышенной мутности оросительной воды в канале и др.

Многолетний опыт эксплуатации канала показал высокую эффективность этих мер борьбы с зарастанием канала [13, 16].

4.19. Фильтрация воды из каналов и меры борьбы с ней

Общие потери воды из оросительных каналов складываются из потерь на фильтрацию в русле канала, эксплуатационных потерь (утечки через сооружения, сбросы от неправильного маневрирования расходами воды в канале, размывы, прорывы каналов и т. п.) и потерь на испарение с водной поверхности канала. Наиболее значительными являются потери на фильтрацию, затем эксплуатационные потери. Потери на испарение от общей величины потерь не превышают 1—3%.

Потери оросительной воды из каналов ухудшают мелиоративное состояние орошаемых земель, вызывая явления засоления и заболачивания почвогрунтов на территории подкомандной системы. Это приводит к выпадению из сельскохозяйственного оборота уже освоенных земель, снижению урожайности и дополнительным затратам на мелиорацию испорченных земель (не менее чем затраты на новое орошение). Размеры потерь воды в канале зависят от многих факторов. К ним относятся [18]:

$$S = f(K_0, P, \Xi, L, Q, h_{\text{г.в.}}, V), \quad (4.19)$$

где K_0 — коэффициент фильтрации; P — смоченный периметр канала; Ξ — эксплуатационные данные канала; L — длина канала; Q — расход воды в канале; V — скорость воды в канале; $h_{\text{г.в.}}$ — глубина грунтовых вод.

В Союзе ССР для оросительных каналов утверждены предельные нормы потерь воды: в магистральных и распределительных межхозяйственных каналах до 10—15%, хозяйственных до 5—10% их расходов. В соответствии с этими нормами проектируют и строят каналы (как новые, так и переустраиваемые). В проек-

тах предусматривают необходимые антифильтрационные мероприятия для обеспечения принятых норм потерь.

В американской практике эксплуатации оросительных систем принято, что каналы, теряющие на фильтрацию $S = 0,10 - 0,15$ м³/сут. воды на 1 м² смоченной их поверхности, находятся в удовлетворительном состоянии.

Приемы борьбы с потерями

Существует много способов борьбы с фильтрацией воды из каналов:

— оперативно-эксплуатационные (правильный режим работы канала, водооборот, своевременная прокоска растительности, очистка от заиления, своевременный текущий ремонт, кольматация грунтов заилением и др.);

— одежда каналов: цементно-бетонная, асфальтобетонная, смоляная, каменная, кирпичная, глинистая облицовка ложа и др.;

— водонепроницаемые экраны в теле дамбы и под дном канала: глинизация, цементирование, битумизация, солонцевание, силикатизация, карболизация (известкование); уплотнение грунта ложа канала и др.;

— антифильтрационная обработка дна и откосов каналов (механическая, химическая, термическая, биологическая);

— простейшие способы борьбы с потерями воды во внутрихозяйственных каналах;

— реконструктивные меры борьбы с потерями воды в каналах (переустройство сети, ликвидация очагов фильтрации, трубопроводы и др.).

Эффективность различных способов борьбы с потерями воды в каналах достаточно освещена в специальной литературе. Поэтому ниже описаны некоторые эффективные способы борьбы с потерями воды в оросительных каналах из практики эксплуатации каналов в орошаемой зоне республик Средней Азии и за рубежом, представляющие практический и теоретический интерес.

Влияние взрыва на водопроницаемость и устойчивость грунтов ложа канала

Чтобы придать устойчивость откосам, уплотнить грунты дна оросительных каналов, проложенных в полувыемке и выемке в связанных грунтах, уменьшить

потери воды на фильтрацию (повышение КПД за счет снижения потерь воды), оросительные каналы могут быть успешно выполнены взрывным способом. Удорожание строительных работ при этом компенсируется значительным сокращением потерь оросительной воды в канале и ее последующим использованием на орошение новых земель.

Установлено, что производительность одного кубического метра воды при взрывном способе строительства канала возрастает в 1,5 — 1,7 раза против существующей [16].

Г. И. Черный, Ю. П. Андреев, В. В. Постнов, К. Е. Церетелли, В. Д. Головачев на основании исследования на строительстве Главного Мургабского коллектора (1962 г.) предлагают расчетные формулы при производстве взрывных работ:

$$t_v = 3000 \frac{D}{V_v}, \quad (4.20)$$

где t_v — время, необходимое для вовлечения частиц грунта в движение ветром (при $D < 0,01$ м; $V_v = 10$ м/с — скорость ветра; $t_v = 3$ с).

Время нахождения поднятого грунта в воздухе

$$t_b = 0,9 \sqrt{H}, \quad (4.21)$$

где H — высота подъема грунта, превышающая для данных взрывов 80 м. Тогда $t \geq 8$ с. В этом случае частицы грунта будут перенесены на

$$L = (t - t_v) \cdot V_v = (8 - 3) \cdot 10 = 50 \text{ м.}$$

Погонный вес заряда

$$Q_{\text{пог}} = 1,5 q w^2 n^{1,7} l \text{ кг/пог. м,} \quad (4.22)$$

где q — удельный расход ВВ (для данных грунтов 1,3—1,4 кг/м³); w — глубина заложения центра заряда; n — показатель выброса; l — коэффициент работоспособности ВВ, равный для аммонита № 6ЖВ — 0,85, зерногранулита — 1, игданита — 1,2.

Видимую глубину выемки $P_{\text{вид}}$ определяют по формуле

$$P_{\text{вид}} = W + R \cdot K, \quad (4.23)$$

где K — коэффициент глубины заложения заряда, равный 0,8 — 1; R — радиус зоны расширения, равный

$$R = 0,56 \sqrt{Q_{\text{пог}} \cdot P_{\text{пр}}}, \quad (4.24)$$

где $P_{\text{пр}}$ — показатель простреливаемости (для данных грунтов 190 — 230 дм³/кг).

Одежда каналов в США. Оросительные каналы в США строят с бетонной и железобетонной облицовкой; с асфальтовой и пластмассовой изоляцией, прикрытой уплотненным защитным слоем земли, в напорных бетонных и железобетонных трубопроводах. Выбор типа крепления диктуется экономическими соображениями с учетом фильтрационных свойств грунта и факторов обеспечения устойчивости поперечного профиля канала.

Земляные каналы в основном строят с уплотнением грунта: устраивают мощные экраны 1,5—2 м толщиной по поперечному профилю канала (по откосам и дну) из специально обработанного грунта вблизи канала с последующей укладкой слоями до 30 см скреперами и укаткой катками. Степень увлажнения и плотность укладываемого грунта отвечают техническим условиям и требованиям, т. е. влажность укладываемого грунта составляет к весу сухой массы: для легких суглинков — 16%; для средних — 22%; для лёссовых грунтов — 20%; для чернозема — 25% и т. д.

Механическое уплотнение грунтов ложа каналов, обеспечивающее повышение объемного веса грунта на глубину до 2 м, уменьшает коэффициент фильтрации и тем самым снижает потери воды из каналов в 5 — 10 раз.

Большая мощность уплотненного слоя грунта предохраняет русла каналов от порчи при изменении температуры воды и воздуха; от резкого наполнения и опорожнения канала; не наблюдается прорастание корневой системы растений и т. д.

Бетонирование применяют на всех каналах, где температура воздуха не вызывает разрушения бетонной одежды из-за сильных морозов. Применяют бетон марки 200 — 300. Толщина облицовки — 10 — 15 см из монолитного бетона. Подушку и дренаж под облицовкой из бытовой гравийно-песчаной смеси делают в условиях напорной фильтрации в грунтах, при высоком стоя-

нии минерализованных грунтовых вод при слабом оседании. Бетонирование русла ведется специальными машинами.

Напорные трубопроводы применяют для мелкой и средней оросительной сети. Делают их из сборных бетонных труб с раструбами диаметром $d = 20 - 40$ см, длиной $l = 2$ м. При высоких напорах трубы изготовляют из железобетона (одиночной или двойной арматурой) $d = 25 - 100$ см, длиной $l = 2$ м.

Мощение канала булыжным камнем применяют в случаях, когда камень является местным материалом. Способ широко распространен на оросительных каналах предгорных и горных районов орошаемой зоны республик Средней Азии, Казахстана, Закавказья и за рубежом. Этот вид „одежды“ является не только способом борьбы с потерей воды, но и средством защиты каналов от размыва. Недостаток подобной „одежды“ канала — невозможность широко механизировать работы.

4.20. Заносы, выдувание и развевание ветром (дефляция) грунта в руслах каналов

Предупреждение и меры борьбы

Занесению песком, развеванию ложа и запесочиванию подвергаются каналы, проложенные в сыпучих песках, в сильно песчаных грунтах или проходящие по соседству с ними (по границе с пустыней) в период постоянно дующих сильных ветров (периферия Хорезмского и Бухарского оазисов, Сурхандарьинская область, КК АССР, Центральная Фергана, западная окраина Чарджоуской области Туркменской ССР и др.).

Интенсивность передвижения песка зависит от силы и направления ветра, а также от степени закрепленности песков растительным покровом. Так, для передвижения частиц песка $d = 0,25$ мм достаточно иметь скорость ветра $v = 3 - 4$ м/с. В зависимости от места и времени эти явления возрастают от размеров обычных эксплуатационных работ до стихийных бедствий (очистка канала за вегетацию до 8—10 раз) и вызывают нарушение планового водопользования [23].

Предупреждение, борьба с заносами и развеванием оросительных каналов

Практика эксплуатации оросительных каналов в Союзе ССР и за рубежом выработала много способов

предупреждения и борьбы с этими видами поврежденных каналов:

— устройство охранных зон и заповедников вдоль трассы каналов. Если грунты — слежавшиеся пески, слабозасоленные, то ширину охранной зоны принимают 100 — 500 м; слабо скрепленные и слабозасоленные — 250 — 1000 м, то же — подвижные и незакрепленные пески — 750 — 5000 м;

— закрепление очагов дефляции: естественным путем (дождь, снег и др.), агрообсеменением, посевами сельскохозяйственных культур, посадкой травянистой, кустарниковой растительности и т. д.;

— закрепление и регулирование движения масс песка, барханов:

а) механические защиты: скрытые щиты, явные и полужавные щиты; заборчики; сквозные деревянные щиты разной высоты на расстоянии от канала не менее $l = 20$ м (можно принять в зависимости от глубины канала H $l = 10 - 30 H$); многорядные камышовые щиты; торчковая защита из грубых трав; б) укрепление лесопосадками; в) цементация поверхности; г) очистка от песков; д) повышение скорости воды в каналах; е) укрепление дамб и откосов канала от выдувания; покрытие соломой, хворостом, угольной смолой, „одеждой“, пропитанной нефтью, и т. д.

Пример борьбы с заносами и развеванием на Каракумском канале Туркменской ССР

Опыт эксплуатации Каракумского канала (ККК) выявил необходимость организации службы охраны канала и установления четких границ зон пастбы скота, мест водопоя, полос прогона скота.

В результате отсутствия ограничения мест пастбы скота проросшие травой пески Обручевской степи (в зоне канала) были разрушены и превращены в подвижные пески. Откосы дамб Келифских озер под воздействием ветра, а также ветровой волны разрушались. Это потребовало покрытия дамб ветками саксаула. Для противоволновой защиты вдоль дамб укладывали невысокий штабель саксаула шириной до 2 м на глубину 0,5 — 0,7 м под воду. Закрепление этим методом вполне себя оправдало, так как участки быстро зарастали камышом. Все это повышало устойчивость дамб от разрушения волной.

Для предупреждения разрушения дамб ветром песчаные участки покрывали ветками саксаула слоем в 6—8 см. Это позволило значительно замедлить процесс выдувания песка.

4.21. Повреждение каналов роющими животными и меры борьбы

Существует много различных видов землеройных животных, причиняющих вред каналам и полям. Наиболее часто встречающимися видами землероев являются:

гоффер (мешетчатая крыса) по размерам средняя между кротом и крупной крысой. Рытье нор этой крысой у берегов канала объясняется стремлением укрыться от затопления, которое может ее настигнуть на прилегающих орошаемых полях. Крысы делают ходы на 15—30 см ниже поверхности берм и дамб. Диаметр ходов 3—6 см в виде длинных прямых линий или сложных извилистых ходов. Направление ходов можно определить по холмикам, расставленным примерно на расстоянии 4—5 м друг от друга. Холмики образуются в результате выбрасывания земли. Когда вся земля выброшена, остается один выход.

Суслик охотно пользуется чужими норами. Его землеройная деятельность небольшая. Норы вначале бывают невелики и увеличиваются к концу лета. Животные дневные и любят выходить на берег канала. Норы строят на возвышенностях, сильно повреждают тело каналов.

Мускусные крысы роют дамбы с внутренней стороны по направлению к наружной, причем они врываются в берег под горизонт воды (погружаясь на 0,3 м и даже ниже).

Полевые мыши и крысы причиняют вред на малых распределительных каналах в населенных пунктах.

Пластинчатозубая крыса разрушает ирригационные каналы своими норами, вызывая потери воды и даже прорывы на канале.

Водяная крыса уродует ирригационную систему, способствует прорыву дамб канала и даже земляных плотин и др.

Большая песчанка часто селится по берегам

крупных оросительных каналов. В районах с отметками выше 1000—1200 м над у. м. не встречаются.

Краснохвостая песчанка обитает в нижнем поясе гор до $H = 1200 - 1400$ над у. м. Особенно много ее в долинах рек Казахстана (Южного), Киргизии, Узбекистана, Туркмении. Наносит большой урон посевам сельскохозяйственных культур. В различных районах Средней Азии способна уничтожать 50—100% растительности вокруг своих нор (1/3 всего урожая пастбищной растительности). Нередко повреждает хлопчатник (одна семья песчанок запасает до 700—800 г семян хлопчатника). Устройством своих нор в берегах каналов песчанки способствуют их осыпанию и размыву водой, вызывая дорогостоящие ремонтные работы [18].

В одном из совхозов Ферганской долины на ремонт оросительной сети, вызванный повреждениями большой песчанки, ежегодно затрачивалось 18—20 тыс. руб., или 5 руб./га, в совхозах „Мирзаарал“, „Якатуталып“ — до 17 тыс. руб., или 4—5 руб./га. В одной колонии большой песчанки может быть от 8—20 до 900 нор. Площадь, на которой распространены норы одной такой колонии, иногда охватывает до 0,5 га. Входные отверстия нор большой песчанки имеют поперечник от 5—8 до 15—20 см (форма полукруга). Ходы нор под землей идут на глубину до 2,5—3,0 м. В каждой колонии устраивается от 1 до 9 больших кладовых для хранения запасов пищи ($\sum V = 1 \text{ м}^3$). Они имеют длину около 30 см, ширину 20 см, высоту 15 см и выстилаются тонко расщепленными вдоль растениями. Общая протяженность ходов колонии под землей достигает 20—25 п. м.

Меры борьбы с землеройными животными

Существует много способов борьбы с землеройными животными: песчаная отсыпка сухого откоса канала; устройство песчаной перемычки в теле дамбы канала, пропитанной нефтью; устройство поперечной металлической сетки в дамбе канала из оцинкованной проволоки $\varnothing = 10 - 15$ мм, $h = 1 - 1,25$ м; покрытие откосов „одеждой“, пропитанной нефтью; устройство одиночной или двойной мостовой со стороны смоченной части канала выше НГВ; применение химических отравляющих веществ: мышьяка, сероуглерода и др.; био-

логические меры борьбы: разведение хищных птиц (соколы, совы и др.) и животных (барсуки, ласки и др.); физические: уничтожение (капканы); организационные: охота (скупка шкурок, премии и др.).

4.22. Зимнее содержание каналов, борьба с ледовыми явлениями

Содержание каналов в зимних условиях

При промерзании воды объем льда увеличивается в размерах $\frac{1}{\rho_{\text{л}}} - \frac{1}{\rho_{\text{в}}} \cdot 100 \approx 100\%$ [25] и в замкнутом объеме расширяющийся лед оказывает большие механические разрушающие действия. В зимних условиях оросительные каналы используют в целях производства промывных, влагозарядковых и других видов поливов; наполнения водохранилищ; обеспечения работы ГЭС и других гидросиловых установок, расположенных на канале; водоснабжения населенных пунктов, поселков, промышленных предприятий и т. п. В связи с этим для каждого конкретного оросительного канала составляют план мероприятий по зимней ($t < -15^\circ\text{C}$) его эксплуатации [15].

Общая схема противошуговых мероприятий

В районах устойчивой зимы:

- после наступления заморозков по всему каналу необходимо принять меры к ускорению образования поверхностного льда. То же — на источнике питания;
- в голове канала должно быть устроено надежное приспособление для отбоя шуги, образовавшейся в русле источника питания;
- до момента образования поверхностного льда весь плывущий по поверхности канала донный и снеговой лед должен быть пропущен по всему каналу и сброшен в естественный поток или бассейн.

В районах с неустойчивой зимой:

- в голове канала должны быть устроены приспособления, исключающие поступление шуги из источника питания в канал;
- по каналам должны быть созданы условия беспрепятственного пропуска шуги до естественного потока или бассейна;
- во время прохода шуги по каналу щиты всех

подпорных сооружений должны быть подняты на соответствующую высоту во избежание подпора, опасного в отношении затора;

— все ГТС должны охраняться, а лед, образующийся на них, окалываться;

— поверхностный лед на каналах с малыми уклонами и скоростями должен постоянно искусственно (околкой) удаляться.

Четко разработанный план, связь, своевременная подготовка, инструктаж и проверка линейного эксплуатационного персонала, строжайшая дисциплина — необходимые условия работы по борьбе с шугой и льдом.

Борьба с вредным действием льда на сооружениях

Вредное действие льда выражается в следующем:

- покрытие льдом устоев бычков, стоек, стенок сооружения, затворов ГТС, акведуков, лотков и др.;
- удары льдин по элементам сооружения — бычки, стойки, щиты;
- повреждение откосов канала при ледоходе или резком колебании воды при ледоставе.

Меры борьбы: своевременная околка льда вручную — пешнями, баграми, топорами, ломami и другими инструментами, полив горячей водой, обжиг пламенем паяльных ламп и др.

Пример. Зимняя эксплуатация канала Зах.

Водопотребители: колхозы, совхозы, ГЭС, промышленные предприятия, насосная станция Ташкентской железной дороги и др. Канал работает круглый год. Так, с 1961 по 1971 гг. среднемесячные расходы воды в янвare колебались от 3,53 до 5,99 м³/с, в феврале от 1,13 до 5,09 м³/с. Особенно трудно прегонять воду в суровые зимы при низкой температуре воздуха ($t < -15^\circ\text{C}$) для насосной станции (ПК 556) Ташкентской железной дороги в количестве до 75—100 л/с. Для получения такого расхода воды у насосной станции необходимо в голове канала иметь расход не менее $Q_{\text{мин}} \geq 6 \text{ м}^3/\text{с}$. По пути транзита вода промерзает и в канале скопляется много льда. Для обеспечения прогона воды, сброса льда, шуги и др. проводят большие работы эксплуатационным штатом, специализированным трестом „Узбеквзрывпром“.

Стоимость дополнительных затрат, связанных с зимней эксплуатацией канала, за период декабрь-февраль выражается в сумме около 30 тыс. руб.

4.23. Календарь ремонтных работ

Для надежной работы каналов необходимо своевременно (до начала вегетационного периода) выполнить все эксплуатационные мероприятия, названные в календаре ремонтных работ (рис. 34). К ним относятся мероприятия по специальному поддержанию каналов: предупреждение и ликвидация повреждений, вызванных размывами и прорывами канала, его заилением, наносами и зарастанием растительностью, разрушением землеройными животными и др. [23].

ЧАСТЬ II

СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ СООРУЖЕНИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Глава 5. ПОДДЕРЖАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

Под поддержанием гидротехнических, вспомогательных сооружений и оборудования оросительной системы подразумевается: совокупность технических и организационных мероприятий по непрерывному (постоянному) обеспечению сохранности и хорошего рабочего состояния этих устройств путем надлежащей охраны и наблюдений за их состоянием и работой, правильного их использования (действия), предупреждения возможных повреждений, своевременного ремонта и ликвидации повреждений в возможно ранней стадии их развития.

В зависимости от видов повреждений различают: общее поддержание: противопожарные мероприятия; дежурное наблюдение; обеспечение правильной работы и действия сооружений в различных условиях эксплуатации; периодический осмотр и испытание; технический надзор; ремонты: текущий, капитальный, аварийный; документация сооружений, паспорт его, журнал или книга сооружений, правила и инструкция по эксплуатации сооружений.

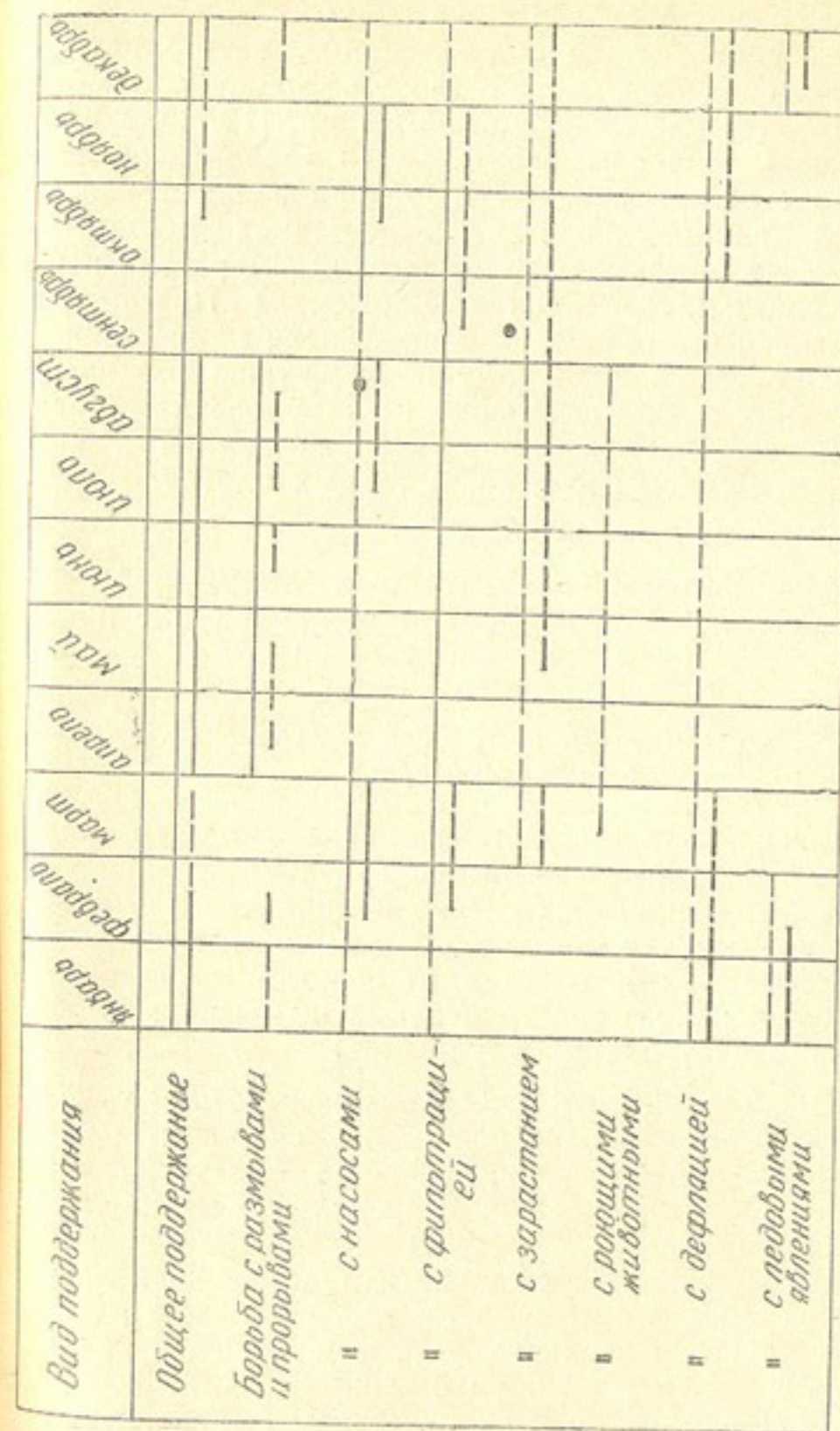


Рис. 34. Календарь ремонтных работ: сплошная толстая (—) линия и тонкая пунктир (---) — периоды проведения специального поддержания.

Специальное поддержание: борьба с наносами, с размывами, с фильтрацией под сооружением и в обход его; борьба с просадками, с ледовыми явлениями, с повреждениями отдельных элементов гидротехнических сооружений (понур, водобой, рисберма, механическое оборудование) и др. [12, 18, 20].

Вопросы общего и специального поддержания гидротехнических сооружений и оборудования на действующих гидромелиоративных системах достаточно освещены в специальной технической литературе и ведомственных инструкциях и положениях. Поэтому ниже остановимся только на конкретных рекомендациях, в основном по специальному поддержанию различных гидротехнических сооружений и оборудования: линейных ГТС, сооружений на пересечениях, земляных дамб, дамб из каменной наброски, бетонных плотин.

5.24. Поддержание линейных сооружений (шлюзы, регуляторы, перегораживающие и сбросные сооружения)

Отложения наносов в верхнем и нижнем бьефах

Причины: подпор, уменьшение скорости воды; падение транспортирующей способности потока.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: промывка наносов (без или со специальными приспособлениями); очистка от наносов и растительности сооружений; конструктивные изменения сооружения (переустройство, улучшение).

Размыв флютбета и прилегающих участков канала

Причины: большие подходные скорости; недостаточное гашение энергии; давление фильтрационных вод; ледовое повреждение; неправильное манипулирование щитами.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: уменьшение подходных скоростей воды; крепление нижнего и верхнего бьефов и откосов канала; удлинение понура, рисбермы, линии (пути) фильтрации; гашение энергии в нижнем бьефе специальными конструкциями (зубья, пирсы, расщепительные балки, трамплины, гасительные колодцы и др.).

Каптаж и гашение фильтрационных вод специальным коллектором; правильная работа щитами по сбросному модулю:

$$\text{где } N = \frac{3}{\varepsilon_a^{3/2}}; \quad \varepsilon_a = \frac{h_a}{h_{кр}}$$

в определенной последовательности и т. д.; борьба с заторами и зазорами.

Деформация сооружений (стенок, устоев, быков, тела сооружения)

Причины: неравномерная осадка сооружения; подмыв; фильтрация; суффозия; плохое основание; неудовлетворительная конструкция; чрезмерная нагрузка; истирание наносами; ледовые повреждения.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: наблюдение за трещинами, фильтрацией, просадками; укрепление, уширение, цементация основания; заглушение фильтрации, каптаж; ослабление нагрузки; облицовка быков, стенок; устройство и усиление антифильтрационных стенок, шпунтов; околка и защита от льда; заделка трещин и ремонт повреждений; переустройство сооружения.

Обмыв по контуру сооружения

Причины: недостаточная длина пути фильтрации; недоброкачественная засыпка за стенками сооружения; повреждение антифильтрационных стенок, расстройство шпунтовых рядов, уменьшение фильтрационных путей; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: зондировка и выстукивание (пустот и каверн); замена и уплотнение засыпки; укрепление сооружения; восстановление и усиление антифильтрационных стенок, шпунтов; правильная эксплуатация.

Виды повреждений

Повреждение облицовки стенок, истирание флютбета, образование котлов, раскрытие.

Причины: турбулентность потока и большие скорости; крупные наносы; неправильная работа щитами; ледовые явления; недоброкачественность материала арматуры; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: железнение, флюатирувание и др.; заделка котлов, увеличение толщины флютбета; правильное манипулирование щитами; правильная эксплуатация

5.25. Поддержание сооружений, регулирующих скорости (перепады и быстротоки)

Виды повреждений

Размыв понура, прилегающих участков канала и за стенками арматуры.

Причины: большие подходные скорости; короткие понур, зуб, недостаточный путь фильтрации; недоброкачественность материала и работы; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: уменьшение подходных скоростей; удлинение понура, зуба, линии фильтрации (шпунт); восстановление поврежденных частей; правильная эксплуатация.

Заиление, зарастание, замусоривание

Причины: наличие наносов, мусора, плавника; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: недопущение наносов, улавливание мусора; промывка, очистка от наносов и растительности.

Деформация сооружения, просадка стенок и опор

Причины: фильтрация на откосе и за стенками; суффозия; неравномерная осадка основания, просадки; подмыв; неудовлетворительная работа сооружения (вибрация, выброс воды, ударная нагрузка); расстройство дренажа и засорение фильтров.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: наблюдения за фильтрацией, осадкой, трещинами; заглушение, каптаж; укрепление, уширение, переустройство основания; ремонт, устройство дренажа, фильтров; защита от подмыва; постановка новых, дополнительных опор, успокоителей; ремонт поврежденных частей; переустройство.

Размыв гасительных колодцев (котлы), истирание быстротока

Причины: большие скорости и наличие крупных наносов; недостаточное гашение энергии; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: недопущение, удаление истирающих наносов; покрытие стойкими материалами; гашение энергии; правильная эксплуатация.

Размыв ковша, воронок, рисбермы

Причины: недостаточное гашение энергии; малые размеры ковша, воронки, гасительного колодца; слабое крепление рисбермы; недостатки конструкции, эксплуатации.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: гашение энергии и обеспечение плавного перехода; переустройство ковша, воронки, гасительного колодца, рисбермы; укрепление размытой воронки (отмостка, отсыпка); ремонт повреждений; правильная эксплуатация.

Просадки и обмыв за стенками, по контуру арматуры

Причины: фильтрация; внешний обмыв; недоброкачественность засыпки за стенками сооружения.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: удлинение пути боковой фильтрации; отвод, каптаж размывающего потока; смена засыпки; правильный уход.

Повреждение опор

Причины: размыв; недостатки конструкции; просадки.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: укрепление, наращивание опор, их замена или переустройство.

Повреждение облицовки

Причины: ледовые явления; недоброкачественность материала и работ; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: восстановление и улучшение облицовки; правильная эксплуатация.

5.26. Поддержание линейных сооружений на пересечениях

Размыв понура, рисбермы, прилегающих участков канала и за стенками сооружения.

Причины: большие скорости и вихревые движения, короткие: понур, рисберма, шпунт, линия фильтрации; недоброкачественность материала и работ; дефекты эксплуатации.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: уменьшение скорости и вихрей, сбойных течений; удлинение понура, рисбермы, зуба, шпунта, пути фильтрации; укрепление дна, откосов, канала и сопрягающих конусов; восстановление поврежденных частей; правильная эксплуатация.

Заиление, замусоривание, закупорка, зарастание

Причины: наличие наноса, мусора, льда; отсутствие защиты входного и выходного отверстия; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: постановка решеток, промывка и удаление наносов и мусора; улучшение и переустройство сооружений.

Деформации сооружений, трещины в кладке входного и выходного оголовка, отсоединение трубы от оголовка, смещение звеньев трубы, поперечные и продольные трещины и разрушение трубы.

Причины: фильтрация на откосе через стыки и швы; подмыв основания и опор; неравномерная осадка основания и просадка; расстройство (отказ) дренажа фильтров и водоотводной системы; неудовлетворительная работа сооружений; механическое повреждение; плохое основание; недостаточная засыпка; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: наблюдение за осадкой, трещинами, фильтрацией; заглушение фильтрации, каптаж и защита от подмыва; укрепление, уширение и переустройство основания и

опор; выравнивание звеньев, восстановление связи с оголовками и опорами; заделка трещин и швов; восстановление поврежденных частей и утолщение засыпки; переустройство; правильная эксплуатация.

Истирание и подмыв трубы

Причины: большие скорости и наличие жесткого наноса; недостатки конструкции и эксплуатации.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: укрепительные и защитные работы; утолщение и наращение стенок; переустройство (заглубление).

5.27. Поддержание земляных дамб

Размыв волной тела дамбы

Причины: длительное по времени ударное действие волны; плохое качество работ и материалов; отсутствие защиты от волнобоя; недостатки проекта; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: восстановление повреждений на улучшенной технической основе и своевременно; защита и укрепление внешнего откоса (одежда, лесонасаждения); устройство волнобоя; правильная эксплуатация.

Деформация тела дамбы

Причины: осадка земляной призмы (10—15%); фильтрация; природные факторы (температура, дефляция).

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: заделка трещин; смена недоброкачественного материала; усиление профиля дамбы.

Повреждение тела дамбы со стороны нижнего откоса, оползни, размывы

Причины: фильтрация, неправильное заложение откоса и короткая линия фильтрации; перелив воды через дамбу; плохое качество работ и материалов; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: устройство дренажной призмы; каптаж филь-

рационных вод; усиление земляной призмы; уположнение откоса; защита от перелива воды через дамбу (оперативные мероприятия); древонасаждения; правильная эксплуатация.

Повреждение водовыпуска

Причины: плохое сопряжение с телом земляной дамбы; слабое крепление; фильтрация; размыв в нижнем бьефе; недостаточное гашение энергии; недостатки проекта и выполнения; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: восстановление поврежденных частей на улучшенной основе; укрепительные работы (оперативные мероприятия); заглушение фильтрации; гашение энергии; переустройство; правильная эксплуатация.

Повреждение водослива

Причины: недостаточное гашение энергии; слабое крепление; чрезмерные расходы и скорости (в паводок); недостатки проекта; плохое качество работ и материалов; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: восстановление поврежденных частей на улучшенной основе; укрепительные работы (постоянные, временные—замораживание); гашение энергии; переустройство; правильная эксплуатация.

Размыв (обмыв) по линии сопряжения с берегами

Причины: малая замочка, контакт; фильтрация; внешний обмыв; просадка и оползни; недостатки проекта; плохое качество работ и материалов; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: укрепительные работы; каптаж и отвод поверхностных и фильтрационных вод; усиление профиля дамбы; переустройство; правильная эксплуатация.

5.28. Поддержание плотин (дамб) из каменной наброски

Повреждение экрана (диафрагмы в теле плотины)

Причины: деформация в теле плотины; неравномерная осадка; ледовые повреждения; воздействие при-

родных факторов (температура, влажность, выветривание и пр.); усиление фильтрации; повреждение от волнобоя; срез диафрагмы; недостатки проекта; недостатки эксплуатации.

Размыв понура водовыпуска

Причины: те же, что и в бетонных плотинах.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: те же, что и в бетонных плотинах.

Осадка и деформация тела плотины (чрезмерные)

Причины: повышенная фильтрация; повреждение экрана (призмы, диафрагмы); суффозия; плохое основание; плохое качество работ; дефекты проекта и эксплуатации.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: подсыпка верхней части; восстановление и усиление экрана; снижение уровня воды в верхнем бьефе.

Размыв тела плотины

Причины: перелив воды через гребень плотины; усиление фильтрации; ошибки проекта; недостатки производства работ и эксплуатации.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: снижение горизонтов в верхнем бьефе; повышение гребня плотины; аварийные мероприятия по ликвидации размыва; уменьшение фильтрации.

Размыв рисбермы, нижних откосов плотины и укреплений отводящего русла

Причины: те же, что и в бетонных плотинах.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: те же, что и в бетонных плотинах.

Повреждения водосливной части плотины

Причины: воздействие природных факторов; фильтрация; просадка тела плотины; ледовые явления; ошибки проекта; недостатки при эксплуатации.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: ликвидация повреждения на улучшенной основе; устранение причин, вызывающих повреждение, и ликвидация недостатков проекта.

Размыв по линии сопряжения с берегами

Причины: те же, что и в бетонных плотинах.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: те же, что и в бетонных плотинах.

5.29. Поддержание бетонных плотин

Размыв понура водовыпуска в верхнем бьефе

Причины: фильтрация и суффозия; повреждения основания; чрезмерные пропуски и напоры воды в паводок; плохое качество работ и материалов; недостатки проектов (малые отверстия водовыпуска, крепления); неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: восстановление основания, зуба, понура и улучшение качества работ и материалов; улучшение эксплуатации; переустройство (уменьшение удельных расходов на 1 пог. м крепления и др.).

Деформация плотины и ее отдельных частей

Причины: неравномерная осадка основания тела плотины; суффозия; фильтрация по подошве, по трещинам, через пористый бетон кладки и швы; чрезмерная нагрузка (напряжение); плохое качество работ и материалов (пористый бетон, выщелачивание); недостатки проекта.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: наблюдение за трещинами, осадкой и фильтрацией; каптаж и заглушение фильтрации; устройство и ремонт дренажа, цементация трещин с напорной стороны, экраны (маски для защиты пористого бетона); укрепление основания; уменьшение удельных нагрузок; восстановление разрушенных частей; переустройство.

Размыв рисбермы и креплений отводящего русла

Причины: фильтрация и суффозия; чрезмерные и длительные пропуски воды; недостатки конструкции (короткая линия фильтрации, недостаточное гашение,

крепление); плохое качество работы и материалов; неправильная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: усиление гасителей и крепления; заглушение и каптаж фильтрации; регулирование пропусков воды (по графику) и порядка маневрирования затворами; восстановление разрушенных частей; правильная эксплуатация; переустройство.

Размыв по линии сопряжения с берегами

Причины: плохая замочка, контакт; просадка, оползни; фильтрация; недостатки проекта (короткая линия боковой фильтрации); внешний обмыв и фильтрация; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: каптаж и отвод поверхностных и фильтрационных вод; укрепительные работы; переустройство.

Разрушение поверхности бетона облицовки и швов

Причины: воздействие природных факторов (температура, влажность, выветривание и др.); плохое качество работ и материалов; ледовые повреждения; неудовлетворительная эксплуатация.

Способы предупреждения и ликвидации повреждений: восстановление облицовки и швов (качественное); замена разрушенного бетона коррозиестойчивым бетоном; околка льда и зимняя эксплуатация; правильная эксплуатация.

Основным принципом работы эксплуатационного персонала является систематический надзор, грамотная фиксация замеченных деформаций и других явлений с занесением в журналы и т.д. (см. приложения).

Рис. 35. Головное сооружение канала им. С. М. Кирова в Голодной степи.

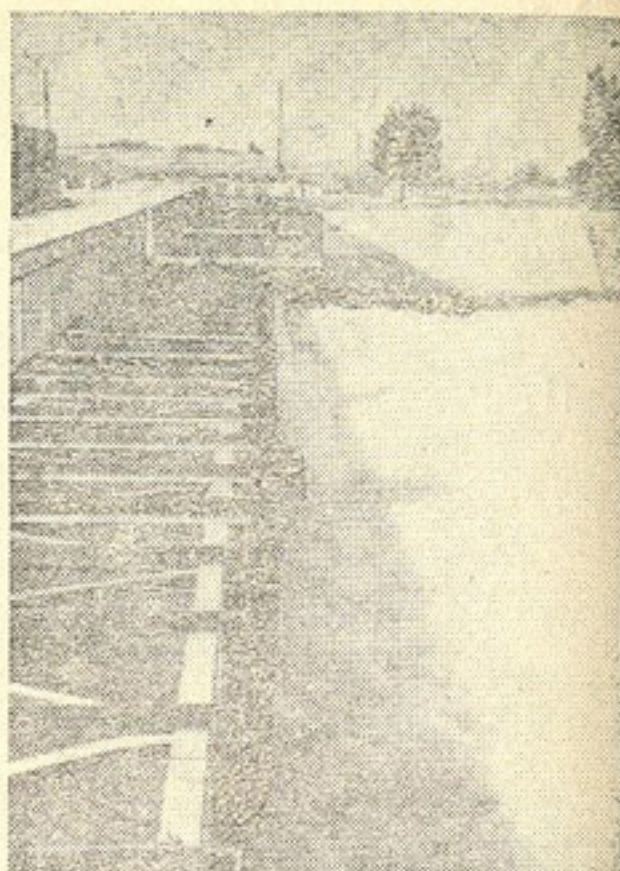


Рис. 36. Головное сооружение Учкурганского сооружения БФК им. У. Юсупова.

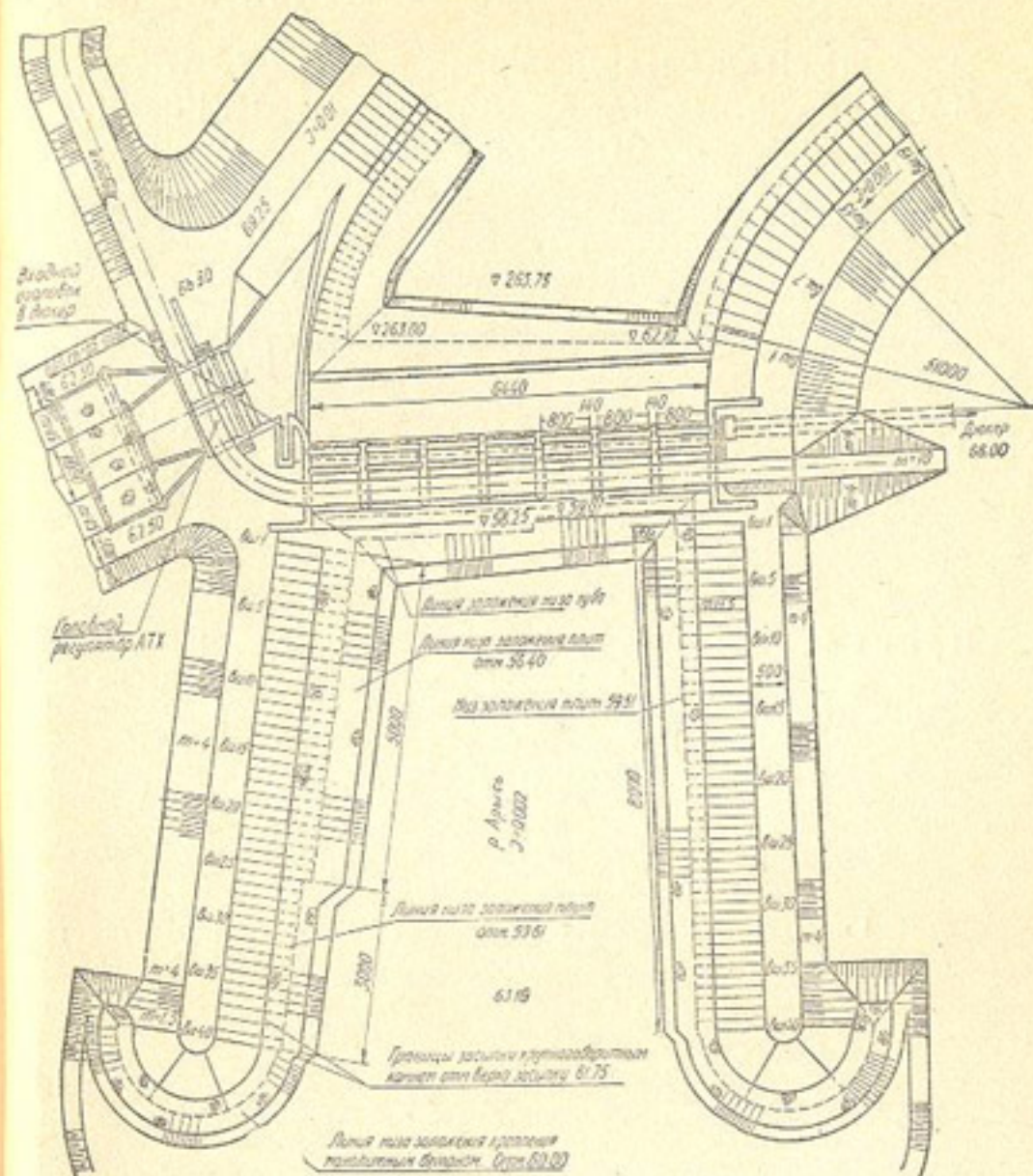


Рис. 37. Головное сооружение Арысь-Туркестанского магистрального канала (Южно-Казахстанская область).

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ЖУРНАЛЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РАБОТОЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Журнал визуальных наблюдений за трещинами

(наименование сооружения)

Дата наблюдения	№ трещины	Направление и форма	Длина, м	Ширина, мм	Дата установки маяка	Дата разрыва маяка	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

Примечание: 1. В журнале необходимо также отметить предполагаемую причину возникновения трещины, как-то: усадка бетона, осадка сооружения и т. п.
2. При наблюдениях за трещинами земляных сооружений графы 6 и 7 отсутствуют.

Гидротехник сооружения (Фамилия, имя, отчество)

Журнал визуальных наблюдений за состоянием швов

(наименование сооружения)

Дата наблюдения	Наименование шва	Ширина, мм	Состояние заполнителя	Следы вытекания заполнителя	Конструкция шва	Состояние прокладок
1	2	3	4	5	6	7

Гидротехник сооружения (Фамилия, имя, отчество)

Ведомость осадки сооружения

(наименование сооружения)

Местоположение марок (репер, пикет и др.)	№ марки	Период нивелировки и величина осадки		
		период		
		с _____ по _____	с _____ по _____	с _____ по _____

Гидротехник сооружения (Фамилия, имя, отчество)

Журнал наблюдений за деятельностью очагов фильтрации

Обнаружение очага		Описание деятельности очага	Расход очага, л/с	Отметка горизонта		Дата прекращения деятельности очага и появления его вновь
дата	место			верхнего бьефа	нижнего бьефа	

Гидротехник сооружения (Фамилия, имя, отчество)

ЖУРНАЛ

ТЕХНИЧЕСКОГО НАДЗОРА

на _____ системе

Начало записи 19__г.

Конец записи 19__г.

№ п/п	Дата	Результат осмотра канала и сооружения (замеченные отклонения от нормального состояния) и принятые меры к их устранению	Роспись
-------	------	--	---------

Ответственный технический
руководитель

(Фамилия, имя, отчество)

Журнал наблюдений в период шугохода по каналу _____

Наименование данных	Дата и часы суток	* месяц 19 г.		
		I смена		
		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Температура воздуха				
Температура воды				
Балльность шугохода, %				
Перепад на решетках, см				
Скорость воды в канале, м/с				
а) ледяной покров от ПК до ПК				
Толщина льда, см				
б) забереги левой стороны от ПК до ПК				
правой стороны от ПК до ПК				
Включение электрообогрева				
усиленный нормальный				

Гидротехник

(Фамилия, имя, отчество)

Полевой журнал дежурного обходчика

Смена с _____ час. по _____ час.

Пикет	Сторона		Пикет	Сторона		З а п и с ь
	правая	левая		правая	левая	

Толщина льда _____ см, определялась на пикете

Толщина шугового покрова _____ оп-ределялась на пикете

Балльность шугохода

на ПК _____

на ПК _____

и т. д.

Зажорные явления обнаружены на ПК

Гидротехник

(Фамилия, имя, отчество)

на реке _____
района _____ области _____

Дата	Фамилия, имя, отчество дежурного	Время дежурства (от — до —)	Роспись дежурных		Место наблюдения	Средний расход воды за смену, м³/с		Средний расход воды за смену, м³/с	Маневрирование затворами		Регистрация изменений в работе сооружения за сутки и краткое описание внешних явлений	Служебные распоряжения и отметки о нарушениях правил в работе ГТС и др.
			принял	выдал		в верхнем	в нижнем		№ щита	высота открытия щитов от порога, см		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Начало записи _____ 19 ____ г.
Конец записи _____ 19 ____ г.

Ответственный технический
руководитель

(Фамилия, имя, отчество)

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Засухин С. В., Зарудный В. В., Замятин М. М. Планы партии по мелиорации претворяются в жизнь. М., «Колос», 1976.
- Костяков А. Н. Основы мелиорации. М., Сельхозгиз, 1961.
- Шаров И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., «Колос», 1967.
- Наталячук М. Ф. Эксплуатация оросительных систем. М., «Колос», 1970.
- Штепа Б. Г., Кудрин Б. А. и др. Мелиорация земель СССР. М., «Колос», 1975.
- Ольгаренко В. И., Чуприн И. А., Иоффе П. В. Ремонтные работы на оросительных системах. М., «Колос», 1976.
- Долгушев И. А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов. М., «Колос», 1975.
- Бабаходжаев М. А. Афганистан—наш южный сосед. Т., Изд-во «Наука», 1967.
- Мамарасулов С. М. Водная проблема бассейна Зарафшана и пути ее решения. Т., Узбекистан, 1972.
- Гринберг Л. М. Каракумский канал и его народнохозяйственное значение. Ашхабад, 1959.
- Гринберг Л. М. Некоторые особенности эксплуатации Каракумского канала. М., ГТИМ, 1962.
- Гидротехнические сооружения. Части I и II Изд. 2, М., 1954.
- Озерский Е. И. Ирригация США. Т., «Узбекистан», 1970.
- Печкуров А. Ф. Защита откосов дамб и плотин от размыва и обрушения. М., ГТИМ, 1971.
- Вартазарьян Л. А. Борьба с повреждениями оросительных каналов. Т., Труды ТИИИМСХ, № 8, 1957.
- Вартазарьян Л. А. Организация эксплуатации оросительного магистрального канала им. С. М. Кирова на базе новой техники. Т., Труды АН УзССР № 15, 1958.
- Вартазарьян Л. А. Организация эксплуатации оросительного магистрального канала Зах. Т., Труды ТИИИМСХ, № 16, 1960.
- Вартазарьян Л. А. Методические указания по выполнению курсового проекта «Эксплуатация гидромелиоративных систем для студентов-заочников для гидромелиоративных техникумов по специальности «Гидромелиорация». Т., Труды МВиСС образования УзССР. 1966.
- Вартазарьян Л. А. Эксплуатация ирригационных систем в условиях сухого и жаркого климата (часть 2). Т., Труды ТИИИМСХ № 59, 1973.
- Вызго М. С. Опыт исследований и эксплуатации некоторых плотинных гидроузлов и основные пути ослабления деформации русла. М., Труды ВАСХНИЛ, «Колос», 1969.