

626

B-62

# ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО ТУРКМЕНИСТАНА



В-62

Министерство мелiorации и водного хозяйства СССР  
Туркменский научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелiorации

ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО ТУРКМЕНИСТАНА

Ответственный редактор  
Б.С. Сапаров



Ашхабад "Мами" - 1980

63354



Рецензенты: С.З.Зимов, Д. Сариев

Редколлегия:

Б.С.Сапаров (отв.ред.), Д.Н.Моргунов (отв.сек., ред.),

В.А.Калантаев, В.Н.Чавикин, В.К.Гафуров,

Б.К.Балакаев, Ф.Ш.Доктор

Водное хозяйство Туркменистана (Сб.статей) (Отв.ред. Б.С.Сапаров). - А.: Нлим, 1980. - 140 с., 20 см.

В надзаг: М-во мелиорации и водного хоз-ва СССР.

Туркменский науч.-исслед.ин-т гидротехники и мелиорации

ИБ № 265

0-85и.

500экз.

В сборнике представлены результаты исследования моделирования дренажных систем, испытания мобильных дрен и дрен с прерываемой фильтровой частью, регулирования водно-солевого режима почвогрунтов, эффективности различных конструкций фильтров закрытого горизонтального дренажа, гидротехнических сооружений, связанных с переброской стока из одних районов в другие, технико-экономических обоснований водохозяйственных мероприятий и др.

Рассчитан на научных сотрудников, специалистов проектных, строительных и эксплуатационных организаций в области мелиорации и водного хозяйства.

40.63

В 40305 - 120  
561(30)-80

107-80

33.3

© Издательство "Нлим", 1980 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Программой водохозяйственных работ, намеченной решениями XXV съезда КПСС, предусматривается широкое развитие орошения, в том числе в Средней Азии. Будут созданы новые крупные оросительные системы на юге и юго-востоке европейской части страны, в Средней Азии и Казахстане. Однако осуществление этих мероприятий требует проведения научно-исследовательских работ по проблемам: гидравлический, русловой и наносный режимы на крупных ирригационных каналах, создаваемых с целью переброски стока; борьба с дейгшем и селевыми потоками; автоматизация и механизация водохозяйственных объектов, экономическое обоснование водохозяйственных мероприятий и др. Туркменский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации работает над этими проблемами уже в течение нескольких лет и разрешил много важных проблем водного хозяйства республики.

В сборнике приводятся результаты натурных исследования пропускной способности и режима наносов на Каракумском и Советском каналах; по борьбе с дейгшем на р. Амударье и селевыми потоками; рассматриваются некоторые вопросы разработки вязных грунтов виброковшовым грунтозаборным устройством; хозрасчета в оросительных системах республики и другие.

Приведенные в сборнике конкретные рекомендации и предложения, несомненно, представляют большой интерес для проектировщиков,



строителей и эксплуатационников крупных ирригационных каналов, а также для широкого круга специалистов. Использование этих рекомендаций и предложений в практике будет способствовать дальнейшему развитию водного хозяйства в Туркменской ССР.

УДК 627.152.157.

Б.К.Балакаев, А.А.Ибраимов

#### ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОДОЗАБОРА КАРАКУМСКОГО КАНАЛА им. В.И. ЛЕНИНА

При строительстве крупных ирригационных каналов в целях перероски стока, подобным Каракумскому каналу имени В.И.Ленина, большое значение имеет изучение головного водозаборного узла. Один из основных вопросов исследования - изучение русловых процессов, регулирование режима наносов на рассматриваемом участке. Особенно это остро ощущается на такой реке как Амударья, воды которой несут большое количество наносов. Сток наносов в створе г.Керки составляет 240 млн.т. Илестные частицы наносов Амударьи содержат в себе важнейшие элементы минерального питания растений - углекислого кальция, солей калия и фосфора. Таким образом, амударьинская вода не только орошает, но и удобряет почву, т.е. наносы Амударьи (ил) осаждаясь на полях орошения, способствуют улучшению плодородия этих полей.

В связи с изложенным выше рациональное распределение наносов в крупных ирригационных каналах, подобных Каракумскому каналу, во своей важности - одна из ведущих и рентабельных проблем с водобедачей



на орошение и мероприятиями по рассоленю и дренированию орошаемых земель. При этом решающее звено системы регулирования режима наносов – оптимальное распределение их в головных водозаборных гидроузлах ирригационных каналов.

Опыт эксплуатации существующих современных типов водозаборов и действующих в бассейне р. Амударьи показывает, что они имеют недостатки и требуют существенного улучшения их конструкции с учетом особенностей грунта русла, местных гидрологических условий.

Для изучения условий водозабора Каракумского канала нами проведены натурные и лабораторные исследования в течение 1979–1978 гг.

Существующий бесплотинный водозабор в Каракумском канале осуществляется четырьмя каналами-отстойниками, обеспечивающими осветление воды до размеров транспортирующей способности Каракумского канала от головного сооружения до включения канала в Келифские озера, используемые в качестве естественных отстойников. Средняя протяженность головного участка канала (каналы-отстойники) от Амударьи до головного сооружения – 4 км.

Детальные исследования проводились в III голове канала-отстойника, где разбиты створы по 500 м по длине для замера скоростей течения потока, мутности, фракционного состава взвешенных наносов и донных отложений, съемка поперечников и др. Для дальнейшего регулирования режима наносов на Каракумском канале большой интерес представляет распределение скоростей течения, мутности и механического состава наносов по глубине потока и длине головных каналов-отстойников. Эти элементы замерялись на головном участке Каракумского канала на 100 м (ГК-1), 500 м (ГК-5), 1000 м (ГК-10), 1500 м (ГК-15) и 2000 м (ГК-20) от Амударьи.

Анализ фактических материалов по распределению скоростей течения, мутности и фракционного состава наносов по глубине показали (рис. 1), что скорость течения потока по глубине уменьшается, а

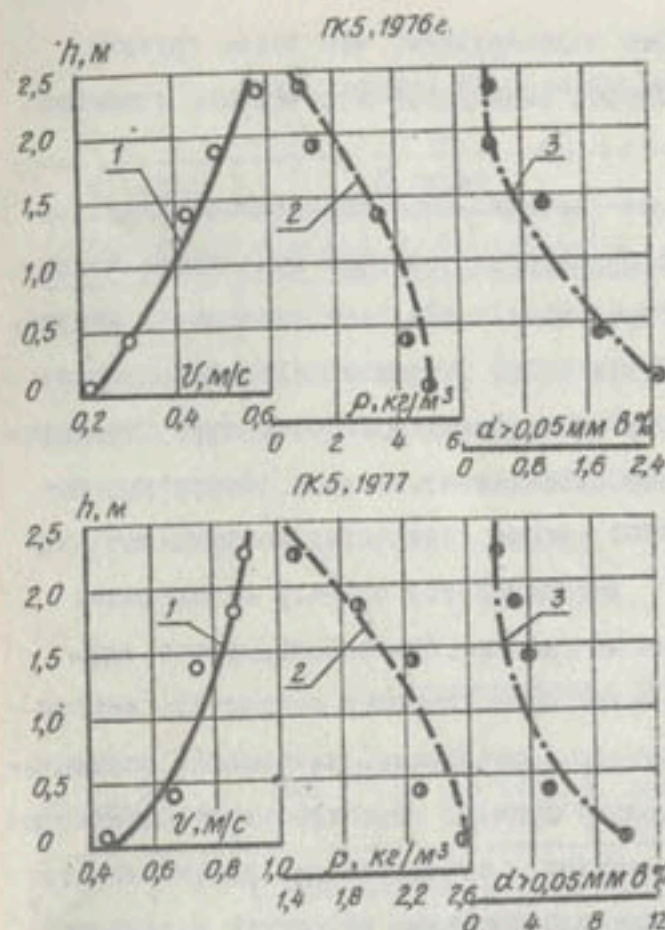


Рис. 1. Кривые распределения скорости течения, мутности и фракционного состава наносов по глубине потока Каракумского канала.

мутность и фракционный состав наносов увеличиваются. Выявление этой закономерности распределения скоростей течения потока и наносов по глубине имеет большое значение для деления наносов в количественном и качественном отношении в начальных участках крупных магистральных каналов.

При исследовании работы головных каналов-отстойников большой интерес представляют фракционные составы отложившихся наносов по длине отстойника. Результаты анализов механических составов донных отложений по длине третьей головы канала-отстойника показали, что крупность осевших вниз по течению уменьшается. Так, например, фракционный состав донных отложений на 0,7 км третьей головы канала-отстойника диаметром 0,1 мм – 84,2%, соответ-



венно на 4,2 км - 14,44%. Это подтверждает, что более крупные частицы транспортирующих наносов осаждаются в начальных участках отстойника.

Изучение режима наносов на каналах-отстойниках позволило выявить следующие явления: в определенных условиях взвешенные частицы песка концентрируются в придонных слоях, что приводит к возникновению градиента плотности взвеси по вертикали. Тяжелые нижние слои потока более устойчивы к возмущениям и способствуют ламинированию течения в целом. Это сказывается на всей структуре потока: уменьшается турбулентное трение, снижается коэффициент сопротивления русла  $\lambda = \frac{2\tau_0/\rho}{U_{cp}^2}$ , деформируется профиль осредненных скоростей, константа Кармана  $K$  много меньше 0,40, резко снижаются вертикальные составляющие пульсационных скоростей, которыми определяется транспортирующая способность, начинается интенсивное выпадение наносов. Поскольку причина перестройки и возникновения всех этих особенностей течения - стратификация плотности, то мы условно назвали это явление плотностными эффектами взвесенесущего потока [4].

Мера стратификации плотности - число Ричардсона:

$$Ri = \frac{gh}{U_{cp}^2} - \frac{\rho_n - \rho_0}{\rho_n}$$

Поэтому количественно плотностные эффекты определяются величиной

Для выявления и подробного изучения этого явления проведенные специальные исследования [4], выполнено 3 серии измерений 1974-1976 гг. (табл. I).

Таблица I  
Безразмерные профили скоростей  $\frac{U}{U_{cp}} = f(y/h)$

| I серия    |       | II серия   |       |            |       | III серия  |       |            |       |
|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| $U/U_{cp}$ | $y/h$ | $U/U_{cp}$ | $y/h$ | $U/U_{cp}$ | $y/h$ | $U/U_{cp}$ | $y/h$ | $U/U_{cp}$ | $y/h$ |
| 0,853      | 0,20  | 0,634      | 0,025 | 1,037      | 0,350 | 0,381      | 0,025 | 1,012      | 0,350 |
| 1,058      | 0,40  | 0,807      | 0,075 | 1,063      | 0,500 | 0,656      | 0,075 | 1,049      | 0,500 |
| 1,230      | 0,80  | 0,905      | 0,150 | 1,063      | 0,700 | 0,853      | 0,150 | 1,101      | 0,700 |
| 1,293      | 1,00  | 0,992      | 0,250 | 1,055      | 0,900 | 0,933      | 0,250 | 1,137      | 0,900 |

Таблица 2  
Основные геометрические и гидравлические характеристики потока

| Серия | $h, м$ | $U_{cp}, м/с$ | $J$     | $U_*, м/с$ | $S_n, г/л$ | $S_d, г/л$ | $\frac{\rho_0 - \rho_n}{\rho_n}$ | $м/с$ | $Ri$   |
|-------|--------|---------------|---------|------------|------------|------------|----------------------------------|-------|--------|
| I     | 2,77   | 0,750         | 0,0001  | 0,0522     | 1,6200     | 2,711      | 0,043                            | 0,97  | 0,0124 |
| II    | 2,40   | 1,129         | 0,00013 | 0,0477     | 2,500      | 4,880      | 0,000937                         | 1,19  | 0,0156 |
| III   | 2,75   | 1,126         | 0,00013 | 0,0510     | 1,963      | 4,977      | 0,001187                         | 1,28  | 0,0195 |

$h$  и  $U_{cp}$  - глубина и средняя скорость потока;

$J$  - уклон водной поверхности;

$U_*$  - динамическая скорость;

$S_n$  и  $S_d$  - мутность потока в г/л поверхности и дна;

$U_n$  - скорость у поверхности;

$\frac{\rho_0 - \rho_n}{\rho_n}$  - разность донной и поверхностной плотностей жидкости

$Ri$  - число Ричардсона.

Для анализа результатов измерений и математического описания полученных профилей скорости воспользуемся 2-слойной моделью тур-



булентного течения, предложенной И.К.Никитиным [4-6], согласно которой пристеночное турбулентное течение состоит из двух слоев:

пристенного подслоя толщиной  $\delta^*$  с линейным профилем и турбулентного ядра с лагорифмической эпурой. Подробная методика обработки приводится в работе [5]. Профиль скоростей однозначно определяет коэффициент сопротивления потока  $\lambda = \frac{2\tau_0/\rho}{u_*^2}$  или коэффициент Шези

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = Re_{\kappa,\delta} \sqrt{\frac{h/\delta - 1}{h/\delta}} (1 - \delta/h) (0,813 E_g h/\delta + 0,706). \quad (1)$$

Максимальные значения продольной среднеквадратичной пульсационной скорости  $\sqrt{(\bar{u}')^2_m}$  и вертикальной  $\sqrt{(\bar{v}')^2_m}$  находятся вблизи верхней границы пристенного подслоя. Величина их, распределения скоростей и коэффициента сопротивления:

$$\sqrt{(\bar{u}')^2_m} = u_{\kappa,\delta} \{-0,5 E_g [E_g (\lambda \cdot 10^3)] + 1,36\}^3; \quad (2)$$

$$\sqrt{(\bar{v}')^2_m} = 1,05 u_{\kappa,\delta} \quad (3)$$

Эта модель удобна тем, что остается справедливой для турбулентного течения у гладких и шероховатых поверхностей на всех режимах проявления шероховатости. Влияния параметра шероховатости в данном случае учитываются толщиной пристенного подслоя. Входящие в формулы параметра  $Re_{\kappa,\delta} = \frac{\delta u_{\kappa,\delta}}{E_g}$  где  $E_g = (V + V_{турб.})$  - коэффициент суммарной кинематической вязкости на внешней границе пристенного подслоя, отражает влияние на поток различных дополнительных факторов, ламинаризирующих или турбулизирующих течение: градиента плотности, внешней турбулентности и др. [5]. Параметр  $Re_{\kappa,\delta}$  - угловой коэффициент лагорифмического профиля скоростей в полулагорифмических координатах  $u = f(\lg y)$ , т.е. по своей величине обратно пропорционально константе Кармана  $\kappa$

$$Re_{\kappa,\delta} = \frac{23}{\kappa} \quad (4)$$

Для рассматриваемого случая взвесенесущего потока с плотностным эффектом  $Re_{\kappa,\delta}$  будет функцией числа Ричардсона  $Ri$ , т.е.  $Re_{\kappa,\delta} = f(Ri)$  Динамическая скорость  $u_{\kappa,\delta} = \sqrt{\tau_0/\rho}$  соответствующая величине касательного напряжения на границе пристенного подслоя  $u_* = \sqrt{g h J}$  связана с динамической скоростью на дне, соотношением:

$$u_{\kappa,\delta} = u_* \sqrt{\frac{h/\delta - 1}{h/\delta}} \quad (5)$$

Зная основные величины:  $u_{\kappa,\delta}$ ,  $\delta$  и  $Re_{\kappa,\delta}$ , с помощью формул (1-5), можно рассчитать все осредненные и пульсационные характеристики пристенного турбулентного течения.

В данном случае они находятся анализом материалов измерения, приведенные в табл. 1 и 2. Для этого используется графический способ [4] величины  $h/\delta$ ,  $u_{\kappa,\delta}$  и  $Re_{\kappa,\delta}$  по отдельным сериям приведены в табл. 4. Они дополнены значениями  $\lambda$ ,  $\lambda_c$ ,  $\sqrt{(\bar{u}')^2_m}$ ,  $\sqrt{(\bar{v}')^2_m}$  вычисленными по зависимостям (1), (2), (3), (4).

Значение пульсационных скоростей (см. табл. 4) позволяет определить формы переноса различных фракций наносов потоком. Согласно [5,6] условия их существования можно записать в следующем виде: образование отмостки

$$\frac{\omega}{\sqrt{(\bar{v}')^2_m}} > 5 \frac{d}{\delta};$$

донное вымещение

$$5 \frac{d}{\delta} > \frac{\omega}{\sqrt{(\bar{v}')^2_m}} > 3,15; \quad (6)$$

взвешенные руслоформирующие

$$3,15 > \frac{\omega}{\sqrt{(\bar{v}')^2_m}};$$

транзитные

$$0,05 > \frac{\omega}{\sqrt{(\bar{v}')^2_m}} \quad \text{II}$$



Анализируя состав наносов (табл. 3) видим, что частицы  $d < 0,06$  мм относятся к транзитным наносам, не участвующим в обмене с донными отложениями, а фракция  $d 2,0 + 0,06$  мм составляют взвешенные руслоформирующие. Поток в данном случае способен переносить во взвешенном состоянии все частицы наносов, поступающих в канал, и дно его формируется в результате динамического равновесия процессов осаждения и взвешивания при движении, их руслоформирующих фракций, которые согласно табл. 3 составляют 30% от суммарной мутности.

Основная часть транспортируемых каналом наносов (70% от их суммарного количества) в данном случае относится к транзитным фракциям и не участвует в руслоформирующих процессах.

При расстановке землесосных механизмов и других эксплуатационных мероприятий в головных каналах-отстойниках, необходимо учесть закономерность распределения объемов и фракционных составов осаждаемых наносов по живому сечению и длине их.

Основные объемы осаждения наносов в головных каналах-отстойниках (до 700 тыс.м<sup>3</sup> в месяц) приходятся на период наибольшей мутности в реке (апрель-август), что определяет количество и мощность механизмов на очистке отстойников и необходимость создания резервных емкостей для откладывания наносов с целью обеспечения равномерной загрузки механизмов в течение года.

Каналы-отстойники в голове Каракумского канала очищаются электрическими земснарядами. Вследствие непрерывного изменения береговой линии, связанного с отходом реки от точек водозабора, содержится и парк дизельных земснарядов для работы в русле реки. Всего на участке головных каналов-отстойников Каракумского канала содержится 20 земснарядов, в том числе: дизельных - 13, электрических - 7. Указанный парк земснарядов полностью обеспечивает очистку отложившихся наносов в каналах-отстойниках и регулировоч-

Таблица 3

Фракционный состав донных отложений и взвешенных наносов на головном участке Каракумского канала

| Наносы            | Диаметр частиц в мм и содержание их в % по весу |           |           |           |      |     |          |       |
|-------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------|-----|----------|-------|
|                   | 1,0-0,25                                        | 0,25-0,10 | 0,10-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01 | 2,0 | 2,0-0,06 | <0,06 |
| Взвешенные наносы | 1,4                                             | 4,7       | 31,3      | 36,1      | 26,5 | 0,0 | 30       | 70    |
| Донные отложения  | 24,4                                            | 49,1      | 4,2       | 7,7       | 14,6 | 0,0 | 75       | 25    |

Таблица 4

Пульсационные характеристики канала

| Серия | $U_{нф},$<br>см/с | $\delta,$<br>см | $h/\delta$ | $Re_{нф}$ | $\alpha$ | $C,$<br>м <sup>2.5</sup> /с | $\sqrt{(a')^2},$<br>см/с | $\sqrt{(b')^2},$<br>см/с | $2 \cdot 10^3$ |
|-------|-------------------|-----------------|------------|-----------|----------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| I     | 5,03              | 18,8            | 14,7       | 6,88      | 0,334    | 45,5                        | 12,8                     | 5,28                     | 9,5            |
| II    | 4,73              | 1,41            | 170        | 7,00      | 0,328    | 77,7                        | 16,2                     | 5,00                     | 3,25           |
| III   | 5,05              | 5,62            | 48,9       | 7,37      | 0,312    | 65,5                        | 15,5                     | 5,30                     | 4,55           |

ные работы при отходе форватера реки от отдельных точек водозабора Каракумского канала. За период исследования объем наносов, отложившихся в головных каналах-отстойниках и извлеченных из них механизмами, колеблется от 4,5 до 5,5 млн.м<sup>3</sup> в год, что зависит от мутности, поступающей в отстойники и объема воды, поступающей в Каракумский канал.

Как показал опыт эксплуатации головного водозабора Каракумского канала в течение двадцати пяти лет, выбранная схема головного бесплотинного водозабора обеспечила подачу воды в канал в необходимых количествах, без срывов и перебоев в водоподаче.



Келифские озера все еще основные естественные отстойники по трассе канала, несмотря на интенсивное заиление. В настоящее время происходит отложение ил в конечных участках Келифских озер и поступление наносов в канал в небольшом количестве из мелких фракций ниже озер. Поэтому в ближайшее время необходимо предусмотреть мероприятия по дальнейшему регулированию режимов наносов на Каракумском канале.

Результаты многолетних исследований по регулированию режима наносов на Каракумском канале показали, что пропуск мутности по Каракумскому каналу до определенного количества и фракционного состава имеет положительные стороны: улучшаются гидравлические условия работы канала; уменьшается объем заиления в головном водохранилище; обуславливается уменьшение фильтрационных потерь за счет коагуляции; уменьшается зарастание канала водной растительностью; осуществляется вынос на орошаемые поля илистых амударьинских наносов, которые способствуют улучшению плодородия почв и выполняют микропланировку орошаемых полей.

Взвешенные наносы Амударьи содержат в себе важнейшие элементы минерального питания растений — углекислый кальций, соли калия и фосфора. Таким образом, амударьинская вода не только орошает, но и удобряет почву; наносы Амударьи (ил), осаждаясь на орошаемых полях, способствуют улучшению плодородия этих полей.

Большое практическое значение имеет зависимости между механическим составом и содержанием во взвешенных наносах гумуса, азота и карбонатов кальция. Содержание гумуса во взвесах более тесно связано с фракциями мельче 0,05 мм. Это вполне закономерно, поскольку мелкие фракции обладают большой активной поверхностью, являющийся местом развития микроорганизмов и гумусообразования. Поэтому практическая задача состоит в том, чтобы регулируя эксплуатационными методами соотношения тех или иных фракций, обеспечить доставку на

орошаемые поля наиболее ценных в мелиоративном отношении взвешенных наносов — илистых плодородных частиц.

Результаты лабораторных и натурных исследований оросительных систем, расположенных в зоне Каракумского канала, показали, что оросительная сеть может пропускать на орошаемые поля мутность до  $\rho = 1,5 \text{ кг/м}^3$ , с соответствующим механическим составом наносов — мельчайших плодородных илистых частиц ( $d < 0,05 - 0,01 \text{ мм}$ ), которые будут транспортироваться на орошаемые поля без осаждения в оросительной сети [2].

Проектным институтом "Туркменгипроводхоз" при участии "ТуркмениНИИГиМ" разработана система головного регулирования режима наносов на Каракумском канале им. В.И.Ленина (рис.2).

Система сооружений, обеспечивающих регулирование твердого и жидкого стока на головном участке Каракумского канала рассмотрена для двух взаимно увязанных этапов развития:

- 1 Конечная стадия бесплотинного водозабора.
- 2 Первый этап плотинного водозабора.

Конечная стадия бесплотинного водозабора — развитие идеи существующего многоголового водозабора со строительством на головном участке Каракумского канала Зеидского (Головного) водохранилища емкостью 3,5 млрд.  $\text{м}^3$  (см.рис.2).

Для регулирования твердого стока на 15-м км существующей трассы Каракумского канала будет построен узел-делитель, который должен обеспечить пропуск в канал до  $\rho = 1,5 \text{ кг/м}^3$  наносов мельчайших фракций ( $d < 0,05 - 0,01 \text{ мм}$ ) с отбором с верхнего слоя потока и сброса придонной мутности в зеидское водохранилище. После смешивания транзитных расходов воды канала и водохранилища мутность —  $1,0 - 1,5 \text{ кг/м}^3$  без песчаных фракций в потоке. А если она будет, то составит практически незначительную величину от общего состава наносов. Расчетами колебания расходов воды канала и речной





Рис. 2. Схема комплекса сооружений на головном участке Каракумского канала

1 - существующая трасса канала; 2 - канал для сброса в головное водохранилище; 3 - канал для заполнения водохранилища; 4 - отводящий канал; 5-6 - соединительные каналы; 7 - распределительный узел на 15-м км канала с последним водозабором

мутности установлено, что дополнительное осветление в водохранилище необходимо с мая по сентябрь включительно для 75% жидкого стока канала, а в остальное время речная мутность не превышает 1,0 - 1,5 кг/м³, поэтому намечается ее пропуск по каналу транзитом, т.е. без дополнительного осветления.

По исследуемой схеме компоновки узла-делителя послонный водозабор осуществляется двумя разделительными сооружениями (см. рис. 2). Водозабор в канал осуществляется в двух горизонтальных плоскостях, из которых с мая по сентябрь включительно работают верхний слой глубиной 8,8 м, а нижний второй слой, глубиной 1,2 м, с боковым донным забором поступает в водохранилище. Верхний фронтальный водозабор работает с октября по апрель включительно для подачи в Каракумский канал без осветления в водохранилище. Для улучшения

условий пофракционного отбора наносов в канал проектируется криволинейный подводящий канал - ковш. Двухслойный водозабор в Каракумский канал располагается на вогнутом участке канала-ковша (см. рис. 2).

С целью изучения работы узла-делителя на 15-м км Каракумского канала по распределению наносов по фракциям и отбора их сооружениями при различных условиях его эксплуатации нами в течение 1976-1978 гг. проводились лабораторные гидравлические исследования на двух идентичных пространственных моделях в масштабе 1:70 и 1:30 натурной величины, построенных в закрытом зале и на открытой производственной площадке ТуркменНИИГиМа. Модель на открытой площадке оснащена циркуляционной установкой, глиномешалкой, а также жалюзями для поддержания подпора и регулирования уровня воды на модели.

Для изучения гидравлического и наносного режимов в подводящем канале разбиты гидрометрические створы в начальном, среднем и конечном участках, где измерялись скорости течения потока, распределение мутности по ширине и глубине, характер отложения наносов и их механические составы и т.д. Скорости течения потока измерялись микровертушкой типа Х-6-20, расходы воды на модель подавались от 70 л/с до 110 л/с. Уклоны определялись с помощью водомерных реек, установленных в начале подводящего канала, перед и за сооружениями и перед регуляторами уровня. Уровни воды в подводящем и отводящем каналах устанавливались в соответствии с проектным режимом расходов воды и наносов. Пробы мутности отбирались специальным прибором ИРД-1.

Наносы моделированы приготовлением смеси из грунта (Кешинокий или Казанджикский карьер). Механический состав этих грунтов очень близок к мехсоставу амударьинских наносов (табл. 1), поэтому в лабораторных исследованиях использовались указанные грунты.

При моделировании узла-делителя на 15-м км Каракумского канала





Таблица 5

Механический состав грунтов, использованных для создания мутности в экспериментальных установках

| Место взятия проб<br>и дата проведения<br>анализа | Фракции, мм   |               |               |               |                |                 |        |
|---------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------|
|                                                   | 1,00-<br>0,25 | 0,25-<br>0,10 | 0,10-<br>0,05 | 0,05-<br>0,01 | 0,01-<br>0,005 | 0,005-<br>0,001 | <0,001 |
| Взвешенные наносы<br>р. Амударьи<br>1960-1969 гг. | 0,96          | 6,45          | 11,25         | 37,76         | 16,22          | 10,06           | 17,30  |
| Грунт из карьера<br>пос. Кени<br>26.II.1968 г.    | 1,17          | 4,35          | 18,76         | 28,36         | 10,56          | 15,40           | 21,40  |
| Грунт из карьера<br>пос. Куртли<br>15.IV.1971 г.  | 0,45          | 6,27          | 41,72         | 29,20         | 3,86           | 5,06            | 13,44  |
| Грунт из карьера<br>г. Казанджик<br>10.V.1972 г.  | 0,19          | 0,14          | 5,55          | 12,54         | 19,26          | 32,10           | 30,22  |

исходим из условия моделирования сооружения и гидравлических явлений [3].

Минимальный масштаб определяется по формуле

$$\lambda_{min} = \left( \frac{Re_{доп} \cdot \nu_n}{q_n} \right)^{2/3}, \quad (7)$$

где  $Re_{доп}$  - допустимое число Рейнольдса, принимается равным

$$Re_{доп} = 2500 \div 5000;$$

$\nu_n$  - кинематический коэффициент вязкости воды в натуре

$$\nu_n = 0,012 \text{ см}^2/\text{с};$$

$q_n$  - погонный расход воды в натуре  $\text{см}^2/\text{с}$

$$q_n = \frac{500}{70} = 71500 \text{ см}^2/\text{с} \quad (8)$$

$Q$  - максимальный расход воды,  $Q = 500 \text{ м}^3/\text{с};$

$B$  - максимальная ширина русла,  $B = 70 \text{ м}$

$$\lambda_{min} = \left( \frac{5000 \cdot 0,012}{71500} \right)^{2/3} = 0,0089 = \frac{1}{112} = \frac{1}{30} = \frac{1}{70}$$

Таким образом, принятые нами масштабы моделей узла-делителя вполне соответствуют условиям моделирования.

На моделях выдержано подобие шероховатостей, путем изготовления модели из тщательно остроганных, хорошо пригнанных, окрашенных досок. Отводящие каналы выполнены из мелкозернистых песков, доставленных из Анауского карьера.

Модельные расходы определялись по формуле

$$Q_m = \frac{Q_n}{\lambda^{2,5}}, \quad (9)$$

где  $Q$  - расход воды в натуре,  $\text{м}^3/\text{с};$

$\lambda$  - масштаб модели,  $\lambda = 70$  и  $\lambda = 30$

Модельные расходы на моделях в масштабах 1:70 и 1:30 соответственно равны

$$Q_m = \frac{500}{70^{2,5}} = 12,2 \text{ л/с};$$

$$Q_m = \frac{500}{30^{2,5}} = 101,5 \text{ л/с}$$

На модели М:1:30 изучались вопросы, связанные с наносным режимом узла-делителя. Первая серия опытов проведена для определения характера распределения скоростей по глубине и ширине подводящей части узла-делителя, выполненного в виде криволинейного в плане отстойника, а также распределения мутности по глубине и ширине узла-делителя. Для наблюдений и замеров разбиты промерные отворы по длине криволинейного отстойника, расположенные на 0,40 и 10-м от сооружения.



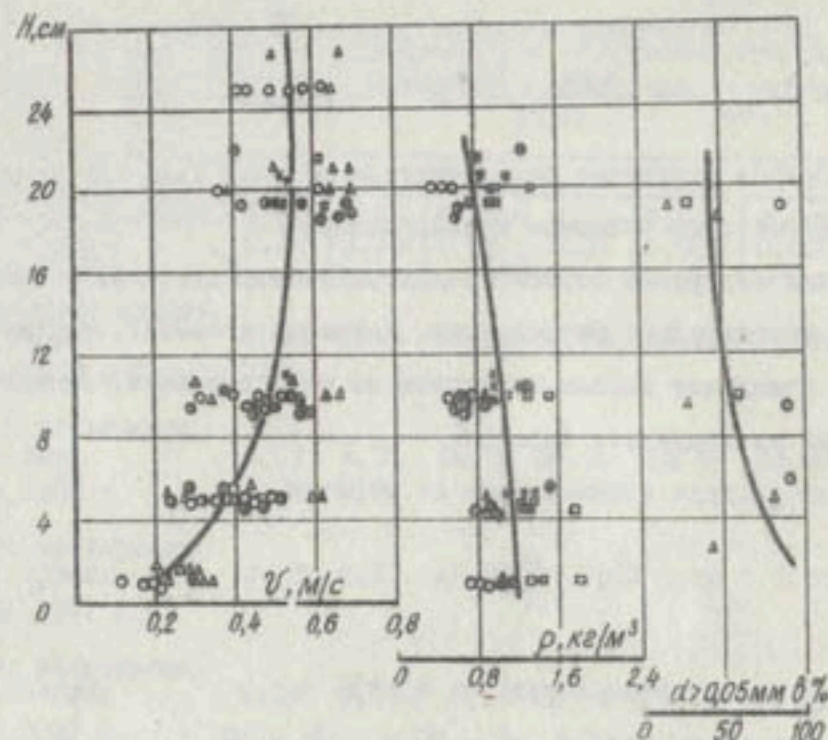


Рис. 3. Кривые распределения скоростей течения ( $V$ ), мутности ( $\rho$ ) и фракционного состава по глубине потока на модельной установке узла-делителя на 15-м км Каракумского канала

В результате лабораторных исследований получена эпюра распределения по вертикали взвешенных наносов в подводящей части узла-делителя (рис. 3). Она аналогична натурным эпюрам распределения скоростей течения, мутности потока и фракционного состава взвешенных наносов.

Для выявления зоны осаждения наносов в подводящей части сооружения выбрали 3 участка наблюдения (в начале, середине и конце) и застелили подводящую часть канала полиэтиленовыми пленками для оп-

ределения объема заиления. После создания заданной мутности в экспериментальной установке брались пробы на мутность и устанавливался необходимый режим потока (уровень воды, скорость, расход и т.д.). Момент установления соответствующего режима потока считался началом опыта.

Пробы воды на мутность отбирались в зависимости от продолжительности опыта. Так, например, при 4-часовом опыте отбирались 2-3 пробы, 6-часовом - 3-4, 8-часовом - 4-5 проб. В расчетах осредненная мутность определялась по формуле

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\sum \rho_i \cdot 10^3}{A},$$

где  $\sum \rho_i$  - вес наносов, забранных во всех пробах по данному опыту; г;

$A$  - общий объем взятых проб, см<sup>3</sup>.

В продолжении опыта в циркуляционную систему экспериментальной установки периодически добавлялся грунт 10-15% от объема ушедшего на заиления. Периодически поток перемешивался с осаждавшимися наносами в головном и регулирующем бассейнах. После каждого опыта объем отложившихся наносов измерялся.

Выявлено, что подводящая часть заиляется незначительно. Так, например, при изменении мутности от 0,820 кг/м<sup>3</sup> до 1,902 кг/м<sup>3</sup> объем заиления - 0,0032 м<sup>3</sup>-0,0085 м<sup>3</sup>.

Конструктивные элементы сооружения исследовались на модели узла-делителя, построенном в масштабе 1:70 натурной величины. Первые опыты проводились без гасителей в нижнем бьефе пропускного сооружения в Каракумский канал и сбросного сооружения в Зейдское водохранилище. Анализ эпюр распределения скоростей течения потока в пропускном и сбросном каналах показал, что интенсивный размыв происходит на левом берегу пропускного канала.



В результате лабораторных исследований с целью улучшения работы узла-делителя нами рекомендованы внесения следующих конструктивных изменений в проектную конструкцию сооружения:

а) дно подводящего канала при подходе к сооружению выполнить в виде криволинейного порога переменной высоты, способствующего усилению эффекта поперечной циркуляции и выпрямлению эсперы распределения потока при выходе из нижнего бьефа сооружения;

б) для гашения энергии в нижнем бьефе пропускного сооружения применять гасители, разработанные САНИИРИ;

в) выход сбросного канала из нижнего бьефа сооружения выполнить без применения коша. А также в нижнем бьефе сбросного сооружения вместо обычных гасителей использовать дырчатые гасители для увеличения скорости течения потока в сбросном канале, что увеличит транспортирующую способность потока и этим создаст условия складирования наносов в водохранилища дальше от сооружения.

#### В ы в о д ы

Результаты натурных исследований существующих условий водозабора Каракумского канала показали, что течение потока в каналах-отстойниках сложного характера. Профили скоростей течения потока по отдельным вертикалям определяются, в основном, местными особенностями дна и поэтому резко различаются как по сечению, так и во времени.

Скорости течения в канале-отстойнике по глубине потока уменьшаются, а мутность и фракционный состав наносов увеличиваются. Выявление этой закономерности распределения скоростей течения потока и наносов по глубине имеет большое значение для деления наносов в количественном и качественном отношении в головных участках круп-

ных магистральных каналов.

Анализ эксплуатационных материалов по заилению и очистке головных каналов-отстойников Каракумского канала за 1976-1978 гг. по-

**показали, что эффективность их работы различна. Это** явление объясняется следующими причинами: большим отставанием производства очистки от заиления, увеличением водозабора (поступление наносов) в канал и неравномерность загрузки парка земснарядов при очистных работах в подводящих каналах-отстойниках,

Результаты лабораторных исследований узла-делителя на 15-м км Каракумского канала показали:

а) правильность проектного решения применения криволинейного коша для улучшения условий фракционного отбора наносов на канале;

б) для нормального плавного выхода потока в нижний бьеф пропускного сооружения необходимо предусмотреть донный направляющий порог переменной высоты;

в) скорости течения потока на модели узла-делителя по глубине уменьшаются, мутности и фракционный состав увеличиваются аналогично натурным данным, что **целесообразно** для установления высоты донных галерей для пофракционного деления наносов;

г) разработанная конструкция наносорегулирующего сооружения институтом "Туркменгипроводхоз", с учетом наших конструктивных изменений вполне приемлема и может быть использована для условий Каракумского канала.

#### Л и т е р а т у р а

1. Балакаев Б. К., Ибраимов А. А. Разработать конструкции наносорегулирующих сооружений для условий больших



отборов воды. Научно-технические отчеты за 1976, 1977, 1976-1978 гг. Фонды ТуркменНИИГиМа, Ашхабад, 1978.

2. Балакаев Б. К. Рекомендации по регулированию режима наносов на Каракумском канале им. В.И.Ленина. ТуркмениНТИ и П. № 145 (1815), Ашхабад, 1975.

3. Левин И. И. Моделирование гидравлических явлений. Л., Энергия, 1967.

4. Никитин Н. К., Ибраимов А. А. Плотностные эффекты взвешенного потока Каракумского канала. - Изв. АН ТССР. Сер. физ.-техн., хим. и геол. наук, Ашхабад, 1976, № 5.

5. Никитин И. К. Особенности структуры пристеночных турбулентных течений в осложняющих движение условиях. - В кн.: Турбулентные течения, М. Наука, 1974.

6. Никитин И. К. Турбулентный русловой поток и процесс в придонной области. Изд-во АН УССР, 1963.

7. Технический проект Зендского водохранилища в головной части Каракумского канала им. В.И.Ленина, Т. IУ, кн. 3, фонды "Туркменгипроводхоз", Ашхабад, 1974.

УДК 532.5(07)

Б.К.Балакаев

### О ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА им.В.И.ЛЕНИНА

Каракумский канал поистине беспрецедентное сооружение, так как в мировой гидротехнической практике не было и нет аналогии пересороски стока на большие расстояния через пустыни, подобную Каракумам, при помощи крупных ирригационных каналов.

В настоящее время закончено строительство трех очередей протяженностью 840 км и начато строительство IV очереди, предусматривающее дальнейшее развитие орошения и удлинение канала. При полном завершении канал будет иметь длину почти 1500 км с головным расходом воды около 1000 м<sup>3</sup>/с (рис. 1).

Каракумский канал - уникальная русловая лаборатория и с первых же дней его строительства начаты натурные исследования по различным вопросам. Все гидравлические параметры последующих очередей - уклоны, коэффициенты шероховатости, форма сечения, допускаемые скорости - корректировались по натурным исследованиям.

Все очереди Каракумского канала запроектированы на режим круглогодичного действия. Предусматривается максимальное использование



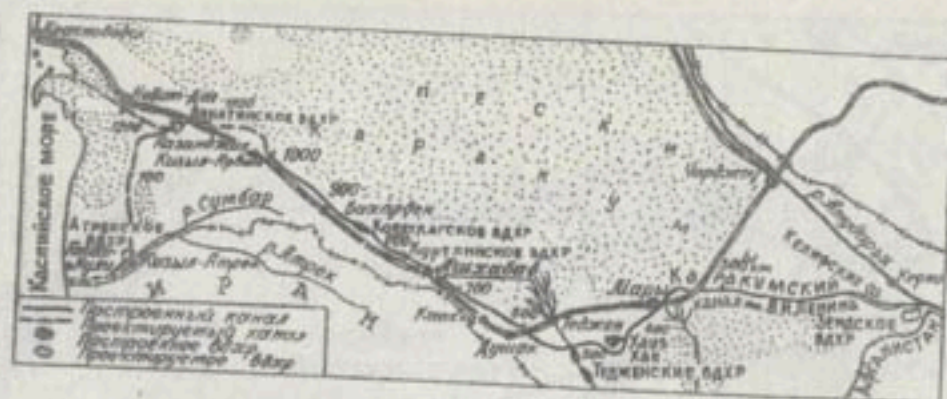


Рис. 1. Схема развития Каракумского канала им. В.И.Ленина

пропускной способности водного тракта с резервированием свободного зимнего стока в Хаузаханском, Ашхабадском, Копетдагском, Дана-тинском и Мадауском водохранилищах и последующим использованием его летом для орошения.

Режим круглогодичного действия канала обеспечивает судоходство и устраняет необходимость сработки огромной емкости канала неизбежной при перерыве в подаче воды. Кроме того, в фильтрационном отношении полное осушение канала нежелательно, так как в песчаной пустыне будут увеличиваться потери при заполнении канала. Постоянный пропуск воды положительно сказывается на устойчивости откосов канала.

Гидравлические условия работы канала по участкам во времени развития резко отличаются, в связи с прохождением его трассы в различных топографических и геологических условиях, а также в результате нарастания расходов. По условиям режима сопротивления, движению потока и наносов трассу Каракумского канала можно разбить на характерные участки: а) участок канала выше Келифских озер (0-52 км); б) Келифские озера (52-100 км); в) участок ниже Келифских озер (100-840 км) [1]. Русло канала первого участка (0-52 км) сложе-

но смесь мелкозернистого песка с супесью (0-31 км) и суглинистыми грунтами (31-52 км). В пределах Келифских озер (52-100 км) наблюдаются отложения приносимых наносов.

Грунты дна канала - 3-го участка (100-840 км) - тонкозернистые пески (100-420 км), песчаные, супесчаные и суглинистые грунты (421-840 км), чередующиеся между собой, встречающиеся на отдельных небольших участках.

На протяжении 1-го участка наблюдается транзит наносов, поступающих в канал из Амударьи. Русло здесь находится в динамически равновесном состоянии, подвергаясь обратимым деформациям при смещении грядовых форм. Лишь в конце участка, в зоне подпора от Келифских озер, начинается отложение части наносов. Келифские озера - естественный отстойник, осветляющий воды канала.

3-й участок характерен эрозионной деятельностью потока. Здесь нет четко русловых отложений. Часто встречаются вскрытые потоком неоднородности грунта, нередко создающие возмущения потока и неправильности русловых форм, повышающие сопротивление движению потока.

Расход воды и уровень в канале ежегодно, начиная с марта-апреля, плавно увеличиваются и доводятся до максимального значения в июле-августе, с конца сентября постепенно уменьшается водоподача в связи с окончанием основного сезона.

Максимальный расход воды канала ежегодно увеличивается на 7-10% по сравнению с предыдущим годом, а нарастание расходов воды сопровождалось изменением гидравлических характеристик потока. Значительные продольные уклоны, имевшиеся в первое время эксплуатации Каракумского канала, пропуск по нему повышенного, по сравнению с проектным, расхода воды, и легкоразмываемые грунты способствовали интенсивному переформированию русла канала на всем его протяжении. Эти переформирования выражались разрывом русла в



ширину и падением глубины потока. При этом на участке с песчаными грунтами увеличение ширины русла канала несколько больше по сравнению с участками глинистыми и супесчаными грунтами.

В результате анализа поперечников русла всех очередей Каракумского канала, установлено, что независимо от первоначальных сечений, выполненных землеройными машинами, русло канала в процессе его эксплуатации приобретает форму, близкую к параболической.

Каракумский канал вводится в действие очередями с постепенным увеличением пропускной способности его. Опыт строительства и эксплуатации Каракумского канала показал целесообразность проектирования отдельных участков таких каналов с расчетом на последующее увеличение поперечных сечений самим потоком.

В период строительства пионерной траншеи I очереди Каракумского канала на песчаном участке с целью увеличения пропускной способности применены разработки канала саморазмывом, использованием естественных понижений местности, в виде котловин, глубина которых доходила до 20 м. Был найден эффект, заключающийся в том, что незначительными расходами срабатывались значительные объемы грунта. Строители умело и рационально использовали этот эффект, что позволило значительно сократить затраты на строительство водного тракта. В частности, бывший главный инженер треста "Каракумгидрострой" К.Б.Церетели внедрил разработку пионерного канала гидравлическим размывом на полный проектный профиль на протяжении 51 км (193-244 км). Этот участок канала, подверженный саморазмыву, проходит в наиболее тяжелых условиях песчаной пустыни с сильно и резко выраженным котловинным рельефом. Разность отметок достигает здесь 25 м, а глубина выемки в канале 17 м [2].

Наблюдения, проводимые на 235-м км за размывом пионерной траншеи при перепадах II м дали следующие показатели: размыв 4-километрового участка продолжался 36 часов. За это время было смыто за

пределы канала 321 тыс.м<sup>3</sup> грунта. Нарастание расхода воды составило от I до 18 м<sup>3</sup>/с. Особенно интенсивно проходил размыв в первые 23 часа за счет быстрого продвигающегося вверх по течению перепада. Обрушение песчаных берегов происходило непрерывно на протяжении 900 м. Интенсивность размыва начала снижаться после 23 часов смыва. Это позволило за 2,5 месяца разработать методом размыва 2,0 млн.м<sup>3</sup> грунта, из них профильный — 1,1 млн.м<sup>3</sup>. Кроме того, в результате сокращения сроков строительства и объема земляных работ получена экономия на 670 тыс.р. Сметная стоимость выполненных работ составила 700 тыс.р., а фактические затраты — всего 30 тыс. рублей. Стоимость 1м<sup>3</sup> разработанного грунта (профильной кубатуры) 2,1 копеек, (2).

Как указывает И.Ф.Карасев [3], возможность применения саморазмыва для постепенного увеличения размеров сечения всецело определяется общим уклоном канала, который им рекомендуется определять исходя из следующих условий:

- 1) скорость потока должна быть оптимальной ( $V_p = 1,5 V_n$ ) или близкой к ней;
- 2) коэффициенты шероховатости должны приниматься с учетом более высоких гидравлических сопротивлений в размываемом русле; они обусловлены неудоботекаемостью берегов и дна, на котором проявляются гряды, хотя по условию I последние и не достигают максимального развития.

Уклон, обеспечивающий размыв русла, И.Ф.Карасев [3], рекомендует определить по следующей формуле:

$$J_p = 2,6 \left( \frac{\omega}{\omega_p} \right)^{2/3} J,$$

где  $\omega$  — площадь устойчивого русла;  
 $\omega_p$  — площадь размываемого русла;  
 $J$  — общий уклон дна канала.



Натурные данные по Каракумскому каналу на участке в мелкозернистых песках (200-310 км) показали, что для увеличения площади поперечного сечения в 1,5 раза требуется уклон, по крайней мере в 2 раза превышающий уклон устойчивого русла.

На Каракумском канале имеются многочисленные изгибы русла разных радиусов закругления. Одни изгибы возникли в процессе соединения отдельных естественных впадин, другие обусловлены уклоном местности, третьи образовались в результате интенсивных размывов берега. Исключительно слабая сопротивляемость грунтов интенсивное судоходство на канале привели к большим переформированиям берегов на местах изгиба русла.

С целью увеличения пропускной способности и более благоприятного гидравлического режима канала приведены спрямления его русла. Как подтверждает опыт эксплуатации, во многих участках канала это давало большой экономический эффект, так как на крупных изгибах требовались систематические чистки фарватера землесосами, что удорожало эксплуатационные затраты. Например, на участке канала в районе 289-292 км, где проводилось спрямление, начиная с февраля 1961 г. по настоящее время не потребовалось дополнительных затрат для поддержания устойчивого фарватера. Естественное развитие русловых процессов на отдельных участках, начиная с 1963 г. временами нарушалось производством землечерпательных работ по уширению и углублению канала с целью пропуска расхода последующей очереди строительства.

При расчете гидравлических сопротивлений или коэффициента Шези для мутного потока необходимо вводить дополнительный коэффициент, который определяется из следующего соотношения:

$$\psi = \frac{C_p}{C_0} = \frac{v_p / \sqrt{R J_p}}{v_0 / \sqrt{R J_0}} = \frac{v_p / \sqrt{J_p}}{v_0 / \sqrt{J_0}}, \quad (1)$$

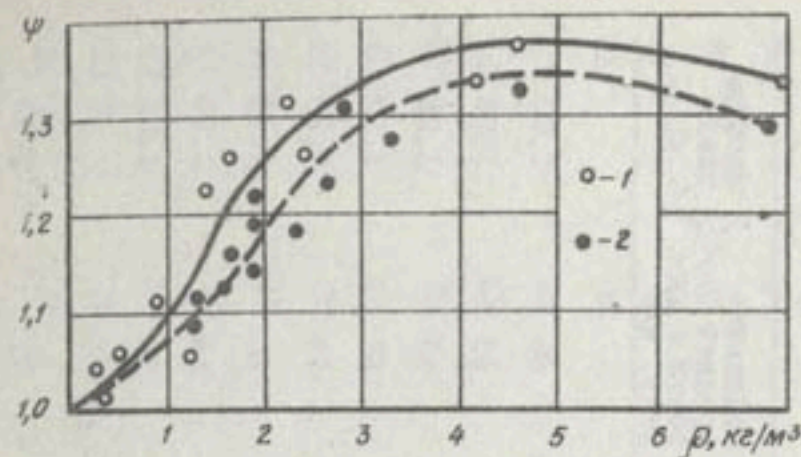


Рис. 2. Влияние мутности потока на пропускную способность канала при  $h = 3,0$  м; 1 - пески, 2 - суглинки

или

$$C_p = \psi C_0 \text{ при } R = \text{const}, \bar{B} = \frac{X}{R} = \text{const}, \quad (2)$$

где  $C_p$  - коэффициент Шези для мутного потока;

$C_0$  - коэффициент Шези для осветленного потока.

Таким образом, влияние мутности на пропускную способность канала может быть учтено по зависимости типа:

$$\psi = f(\rho) \text{ при } R = \text{const} \text{ и } \bar{B} = \text{const}. \quad (3)$$

Для построения такой зависимости на участке 0-50 км Каракумского канала использованы наблюдаемые гидравлические элементы выше Келифских озер, т.е. где поток неосветленный.

На основании данных натурных наблюдений за гидравлическими элементами потока и за мутностями в створе 0,7, 31 и 50 км Каракумского канала (табл.1) построены графики зависимости  $\psi$  от мутности потока для условий песчаных грунтов (0,7 и 31 км) и суглинков (50 км) при гидравлическом радиусе 3,0 (рис.2). Зависимость



Таблица I

Вычисленные значения коэффициентов  $\psi$  для песчаных и глинистых участков  
Каракумского канала

| Дата<br>замера       | Гидравлический<br>радиус, м | Средняя<br>скорость<br>потока,<br>м/с | Уклон водной<br>поверхности | Коэффи-<br>циент<br>Шези,<br>м/с | Мутность<br>потока,<br>кг/м <sup>3</sup> | Отношение<br>средней ско-<br>рости к ук-<br>лону, м/с | Коэффи-<br>циент<br>$\psi$ |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|
| Отвор 0,7 км (пески) |                             |                                       |                             |                                  |                                          |                                                       |                            |
| 3.П-60 г.            | 2,80                        | 0,74                                  | 0,000150                    | 36                               | 0,54                                     | 60                                                    | 1,00                       |
| 24.П-60 г.           | 2,81                        | 0,77                                  | 0,000150                    | 37                               | 0,42                                     | 63                                                    | 1,05                       |
| 22.Ш-60 г.           | 2,80                        | 0,81                                  | 0,000156                    | 39                               | 0,67                                     | 65                                                    | 1,08                       |
| 11.ИУ-60 г.          | 3,18                        | 0,83                                  | 0,000155                    | 38                               | 0,84                                     | 67                                                    | 1,12                       |
| 12.У-60 г.           | 3,10                        | 0,93                                  | 0,000154                    | 41                               | 2,56                                     | 75                                                    | 1,25                       |
| 4.УШ-60 г.           | 2,93                        | 1,01                                  | 0,000158                    | 48                               | 2,02                                     | 80                                                    | 1,33                       |
| 5.У-61 г.            | 3,08                        | 0,81                                  | 0,000159                    | 38                               | 1,30                                     | 64                                                    | 1,06                       |
| 20.П-63 г.           | 3,00                        | 0,90                                  | 0,000140                    | 42                               | 1,35                                     | 76                                                    | 1,26                       |
| Отвор 31 км (пески)  |                             |                                       |                             |                                  |                                          |                                                       |                            |
| 15.У-63 г.           | 2,82                        | 0,91                                  | 0,000140                    | 49                               | 1,40                                     | 77                                                    | 1,28                       |
| 12.УИ-63 г.          | 2,86                        | 0,94                                  | 0,000138                    | 47                               | 7,00                                     | 80                                                    | 1,33                       |
| 15.УИ-63 г.          | 2,98                        | 0,98                                  | 0,000142                    | 48                               | 4,15                                     | 82                                                    | 1,36                       |

|                        |      |      |          |    |      |    |      |
|------------------------|------|------|----------|----|------|----|------|
| 25.УИ-63 г.            | 2,92 | 1,00 | 0,000145 | 49 | 4,50 | 83 | 1,36 |
| Отвор 50 км (суглинки) |      |      |          |    |      |    |      |
| 9.УШ-60 г.             | 3,17 | 1,41 | 0,000229 | 52 | 3,36 | 93 | 1,28 |
| 14.УШ-60 г.            | 3,03 | 1,46 | 0,000229 | 56 | 4,38 | 97 | 1,33 |
| 22.ИХ-60 г.            | 2,88 | 1,21 | 0,000226 | 47 | 1,63 | 81 | 1,11 |
| 10.ХП-60 г.            | 2,97 | 1,25 | 0,000224 | 49 | 1,73 | 84 | 1,15 |
| 29.ХП-60 г.            | 2,90 | 1,24 | 0,000218 | 50 | 1,55 | 84 | 1,15 |
| 21.У-61 г.             | 2,95 | 1,28 | 0,000215 | 51 | 2,47 | 87 | 1,19 |
| 28.У-61 г.             | 2,98 | 1,41 | 0,000216 | 55 | 2,65 | 96 | 1,39 |
| 30.У-61 г.             | 2,99 | 1,32 | 0,000216 | 48 | 2,73 | 89 | 1,22 |
| 20.И-62 г.             | 3,05 | 1,18 | 0,000205 | 47 | 1,10 | 82 | 1,12 |
| 19.У-62 г.             | 3,11 | 1,18 | 0,000200 | 48 | 1,55 | 83 | 1,14 |
| 14.И-63 г.             | 3,20 | 1,08 | 0,000194 | 43 | 1,40 | 78 | 1,07 |
| 9.П-63 г.              | 2,96 | 1,24 | 0,000194 | 52 | 1,75 | 80 | 1,22 |
| 18.П-63 г.             | 3,24 | 1,13 | 0,000194 | 45 | 1,20 | 81 | 1,11 |
| 23.П-63 г.             | 3,11 | 1,11 | 0,000198 | 42 | 1,60 | 79 | 1,08 |
| 5.ИУ-63 г.             | 3,20 | 1,23 | 0,000197 | 49 | 1,70 | 88 | 1,20 |
| 18.У-63 г.             | 3,01 | 1,46 | 0,000239 | 55 | 6,83 | 95 | 1,30 |



$\psi=f(\rho)$  сохраняется при различных грунтовых условиях, причем пропускная способность канала при мутном потоке больше, чем при чистом и в количественном отношении зависит от концентраций наносов и грунтовых условий.

### В ы в о д ы

Пропускную способность Каракумского канала определяет комплекс морфологических и гидравлических факторов, создающих тот или иной характер сопротивления движению потока. Каждое изменение расходов сопровождается перестройкой динамического равновесия потока и русла.

Максимальный расход воды канала ежегодно увеличивается почти на 10% по сравнению с предыдущим годом, это достигается в результате естественного саморазмыва, и проведения землечерпательных работ и регулирования русла.

Перевозка переброски стока с одного бассейна в другие в пустынной зоне — Каракумский канал им. В.И.Ленина, поэтому обобщение и систематизирование инженерного опыта строительства и научных исследований по гидравлике водного тракта имеет большое значение при переброске стока в аналогичных условиях.

### Л и т е р а т у р а

1. Балакаев Б. К. Проблемные вопросы исследования на Каракумском канале в связи с предстоящим увеличением расходов воды. — Сельское хозяйство Туркменистана, 1966, № 4.

2. Гринберг Л. М. Каракумский канал, Ашхабад, Илим, 1963.

3. Карасев И. Ф. Русловые процессы при переброске стока. Л., Гидрометеоиздат, 1975.

УДК 556.535.6

С.А. Аннаев, Х.Аидов

### К УСТАНОВЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОЙ МУТНОСТИ ПОТОКА В КАНАЛАХ СОВЕТСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Результаты проведенных в 1976 г. натурных исследований на каналах Советской оросительной системы показали, что значительному загрязнению подвергаются головной отстойник и отводы-каналы — внутрихозяйственные и распределительные [1,2]. Поэтому в 1977 г. мы изучали движение наносов в межхозяйственном, внутрихозяйственном и распределительных каналах (рис. 1). Это вызывалось еще и тем, что имеющиеся машины для очистки русла канала от наносов имеют рабочий орган с относительно большими размерами и поэтому при их работе приходится допускать переборы, т.е. увеличенное живое сечение, что приводит к перерасходу денежных средств. Сильно увеличенное сечение из-за падения в нем скорости течения быстро заиляется и, следовательно, это неэффективно.

Самый крупный отвод ветвей от магистрального канала Советской оросительной системы — канал Вас [2,3]. Он отходит от 20-го км влево и имеет длину около 70 км. Водозабор в него регулируется головным сооружением. На 16-м км от канала Вас влево отходит канал

Напруд. Угловое сооружение Гир-кирей расположено на ка-



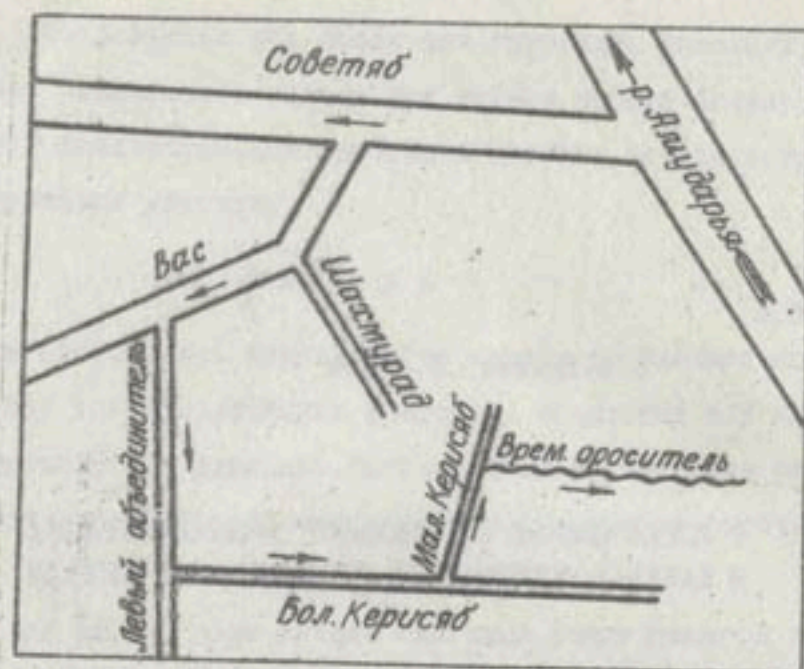


Рис. 1. Схематический план участков исследуемых каналов Советябской оросительной системы

От этого узла отходят каналы Левый Объединитель и Правый Объединитель.

Канал Вас на протяжении первых 18 км проходит в насыпи. Его дамбы временами утолщались путем подсыпки грунта скреперами и другими землеройными машинами. Это вызывалось возрастанием из года в год пропускаемого по каналу расхода воды и увеличением размеров его поперечного сечения.

Величина поступающего в голову канала Вас расхода воды в 1977 г. доходила до  $76 \text{ м}^3/\text{с}$ . При этом максимальная ширина русла по верху воды на головном участке — 33 м, средняя глубина потока — 2,7 м, средняя скорость течения —  $0,9 \text{ м/с}$  и продольный уклон водной поверхности —  $0,0001$ .

Расход воды канала Вас уменьшался по длине вниз по течению.

Поэтому уже в районе 18-го км (верхний бьеф) его максимальная величина —  $36 \text{ м}^3/\text{с}$ . Соответственно уменьшались по длине вниз по течению величины параметров канала. Так, ширина русла по верху воды при максимальном расходе на участке 17–18-го км — 18 м и средняя глубина потока — 2,2 м. С 14 марта по 14 апреля 1977 г. из-за не-которой очередности подачи воды в каналы, вследствие ее нехватки, канал Вас был закрыт.

Наши опытные участки расположены между 0,5–1,5; 14,0–15,5 и 16,8–17,8-м км канала.

Канал Левый Объединитель транспортирует оросительную воду до рисовых полей колхоза "ХХП партсъезд" Ленинского района. На этом канале мы выбрали 2 опытных участка протяженностью по 0,6 км каж-дый, расположенные между 0,2–0,8 и 3,2–3,8-м км. Величина макси-мального расхода воды, поступившего в голову канала Левый Объеди-нитель —  $8,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , при этом ширина русла по верху воды — 15–17 м, средняя глубина потока — 1,2 м, средняя скорость течения —  $0,5 \text{ м/с}$  и продольный уклон водной поверхности —  $0,000075$ . С 14 марта по 14 апреля 1977 г. в канале не было воды.

Большой Керисяб отходит влево на 4-м км канала Левый Объедини-тель. Наши опытные участки расположены между 0,3–0,9 и 2,4–3,0 км канала. С мая по август 1977 г. величина расхода воды в канале колебалась в пределах от 1,5 до  $2,0 \text{ м}^3/\text{с}$ , ширина русла по верху воды — от 5,4 до 6,6 м, средняя глубина потока — от 0,9 до 1,1 м, средняя скорость течения — от  $0,30$  до  $0,34 \text{ м/с}$  и продольный уклон водной поверхности — от  $0,00005$  до  $0,00007$ . Большой Керисяб — груп-повой распределительный канал. С 20 по 29 июня и с 10 по 23 июля 1977 г. в канале Большой Керисяб воды не было.

Малый Керисяб берет свое начало на 3-м км канала Большой Кери-сяб и течет в левую сторону. Он гудает воду на рисовые поля колхо-за и, следовательно, является участковым распределительным кана-



лом. Им исследовали его участок от головы до 0,8-го км. За период исследований величина расхода воды в канале - 0,56 м<sup>3</sup>/с, ширина русла по верху воды - 4 м, средняя глубина потока - 0,6 м, средняя скорость течения - 0,23 м/с и продольный уклон водной поверхности - 0,000065.

На приустьевой части откосов каналов Большой Керисяб и Малый Керисяб имелись густые заросли камыша, что вызывало снижение скорости течения и отложение транспортируемых взвешенных наносов у берегов. А у берегов канала Вас росло мало камыша. По-видимому, этому способствовали значительная насыщенность потока наносами и сравнительно высокая скорость течения воды в канале.

Каждый опытный участок разбит на 3-5 поперечных створов, расстояние между ними - 100-200 м. На каждом поперечнике обоих берегов канала установлено по одному столбу для натяжения между ними троса при промерах глубин русла.

**Мутность воды канала Вас в некоторые**  
периоды времени несколько уменьшалась вниз по течению, а в другие наоборот увеличивалась или оставалась неизменной (табл. I). Периоды увеличения мутности воды по длине вниз по течению канала Вас чередовались весь вегетационный период. Например, с 14 апреля по 6 мая мутность воды до его 18-го км несколько уменьшалась, а с 16 мая по 1 июня увеличилась, с 3 по 20 июня опять уменьшилась и т.д. В общей сложности значительного изменения мутности воды по длине канала Вас не наблюдалось. Величину мутности воды мы определяли в створах на 0,5, 15 и 18-м км канала Вас (см. табл. I). Входная мутность в голову канала в основном колебалась в пределах от 0,7 до 1,7 кг/м<sup>3</sup>.

Из сопоставления поперечных профилей русла канала Вас, снятых 22 апреля и 23 августа 1977 г. на 0,5-1,5, 14,0-15,5 и 16,8-17,8-м км (рис. 2, а) видно, что за это время по всей длине канала

Таблица I

Изменение мутности воды в каналах (кг/м<sup>3</sup>)

| Дата       | Вас канал, км |      |      | Левый Объединитель, км |      | Большой Керисяб, км |      | Малый Керисяб, 0,3 км | Начало поля (временный ороситель) |
|------------|---------------|------|------|------------------------|------|---------------------|------|-----------------------|-----------------------------------|
|            | 0,5           | 15   | 18   | 0,2                    | 4    | 0,3                 | 3    |                       |                                   |
| I          | 2             | 3    | 4    | 5                      | 6    | 7                   | 8    | 9                     | 10                                |
| 14.IV-77г. | 2,22          | 2,18 | 2,18 |                        |      |                     |      |                       |                                   |
| 24.IV      | 2,25          | 1,64 | 1,60 |                        |      |                     |      |                       |                                   |
| 29.IV      | 1,47          | 0,84 | 0,92 |                        |      |                     |      |                       |                                   |
| 6.V        | 1,76          | 1,65 | 1,02 |                        |      |                     |      |                       |                                   |
| 16.V       | 1,08          | 1,23 | 1,45 |                        |      | 0,94                | 0,84 | 0,41                  | 0,58                              |
| 24.V       | 1,12          | 1,15 | 1,07 | 0,75                   |      |                     |      |                       |                                   |
| 30.V       | 0,78          | 0,88 | 0,96 | 0,72                   | 0,56 | 0,54                |      |                       |                                   |
| 1.VI       | 0,77          | 0,80 | 0,86 | 0,88                   | 0,53 | 0,58                | 0,57 | 0,58                  | 0,59                              |
| 3.VI       | 1,06          | 0,88 | 0,83 | 0,70                   | 0,60 | 0,64                | 0,58 | 0,61                  | 0,60                              |
| 6.VI       | 1,09          | 0,90 | 0,64 | 0,62                   | 0,59 | 0,50                | 0,49 | 0,49                  | 0,30                              |
| 8.VI       | 0,78          | 0,80 | 0,73 | 0,48                   | 0,60 | 0,57                | 0,30 | 0,30                  | 0,31                              |
| 9.VI       | 0,71          | 0,88 | 0,74 | 0,64                   | 0,46 | 0,50                | 0,52 | 0,43                  | 0,36                              |
| 14.VI      | 1,40          | 1,10 | 0,80 | 1,48                   | 0,78 | 0,79                | 0,90 | 0,94                  | 0,82                              |
| 15.VI      | 1,60          | 1,40 | 0,60 | 1,56                   | 0,76 | 0,84                | 0,81 | 0,80                  | 0,80                              |
| 16.VI      | 1,70          | 1,45 | 1,00 | 1,48                   | 0,70 | 0,80                | 0,84 | 0,86                  | 0,76                              |
| 20.VI      | 1,08          | 1,10 | 0,86 | 0,80                   | 0,78 | 0,80                | 0,80 | 0,81                  | 0,77                              |
| 28.VI      | 0,66          | 0,80 | 0,86 | 0,80                   | 0,74 | 0,72                | 0,70 | 0,65                  | 0,45                              |
| 30.VI      | 1,04          | 1,40 | 1,04 | 0,96                   | 0,58 | 0,66                | 0,65 | 0,49                  | 0,26                              |
| 5.VII      | 0,90          | 1,18 | 0,80 | 1,06                   | 0,88 | 1,16                | 0,80 | 0,78                  | 0,52                              |
| 8.VII      | 1,24          | 2,35 | 1,78 | 1,96                   | 0,64 | 0,46                | 0,48 | 0,40                  | 0,36                              |
| 11.VII     | 1,00          | 0,80 | 0,80 | 0,78                   | 0,60 | 0,60                | 0,60 | 0,60                  | 0,40                              |
| 13.VII     | 1,01          | 1,02 | 1,00 | 1,00                   | 0,62 | 0,61                | 0,63 | 0,62                  | 0,50                              |
| 15.VII     | 1,06          | 1,04 | 1,20 | 1,20                   | 1,14 | 1,20                | 0,60 | 0,20                  | 0,20                              |



| I       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 19.VII  | 1,10 | 1,20 | 1,20 | 1,04 | 0,80 | 0,86 | 0,76 | 0,90 | 0,88 |
| 20.VII  | 1,20 | 1,20 | 1,18 | 1,08 | 0,83 | 0,82 | 0,64 | 0,62 | 0,96 |
| 25.VII  | 1,00 | 1,10 | 1,20 | 1,00 | 0,88 | 0,96 | 0,80 | 0,81 | 0,86 |
| 28.VII  | 1,56 | 1,60 | 1,72 | 1,50 | 1,40 | 1,38 | 1,20 | 1,20 | 1,08 |
| 4.VIII  | 1,40 | 1,38 | 1,38 | 1,40 | 1,40 | 1,36 | 1,34 | 1,32 | 0,98 |
| 11.VIII | 1,30 | 1,10 | 0,92 | 1,50 | 1,36 | 1,32 | 1,33 | 1,31 | 1,10 |
| 15.VIII | 1,00 | 1,10 | 0,96 | 1,00 | 1,10 | 0,96 | 0,96 | 0,92 | 0,90 |
| 16.VIII | 0,92 | 0,90 | 0,92 | 1,16 | 1,10 | 0,97 | 1,16 | 0,93 | 0,96 |
| 23.VIII | 1,50 | 1,31 | 1,28 | 1,40 | 1,40 | 1,40 | 1,24 | 1,30 | 1,28 |
| 24.VIII | 1,40 | 1,32 | 1,10 | 1,35 | 1,30 | 1,35 | 1,32 | 1,34 | 1,22 |
| 29.VIII | 1,40 | 1,40 | 1,18 | 1,40 | 1,20 | 1,44 | 1,36 | 1,34 | 1,29 |
| 1.IX    | 0,60 | 0,90 | 0,80 |      |      |      |      |      |      |
| 6.IX    | 0,38 | 0,50 | 0,45 |      |      |      |      |      |      |
| 9.IX    | 0,36 | 0,35 | 0,30 |      |      |      |      |      |      |

произошло небольшое заиление дна, глубина отложения наносов колебалась от 0 до 0,6 м. Это заиление в некоторых створах расположено не по всему смоченному периметру русла канала, а только в отдельных его частях, т.е. в середине русла или у одного из его берегов. Часть таких локальных объемов заиления может смыться потоком и унести вниз по течению в случае резкого изменения величины пропускаемого по каналу расхода воды. Объем заиления русла на первоначальном 18-километровом участке канала Вас с 22 апреля по 26 июля 1977 г. - 18,4 тыс.м<sup>3</sup> и с 26 июля по 23 августа 1977 г. - 15,9 тыс.м<sup>3</sup> (табл. 2). Отсюда суммарный объем заиления русла на этом участке за весь период наблюдения 1977 г. - 34,3 тыс.м<sup>3</sup>. Разделив этот объем заиления на длину участка канала получим объем заиления на одном погонном метре длины - 1,84 м<sup>3</sup>. Разделив эту ве-

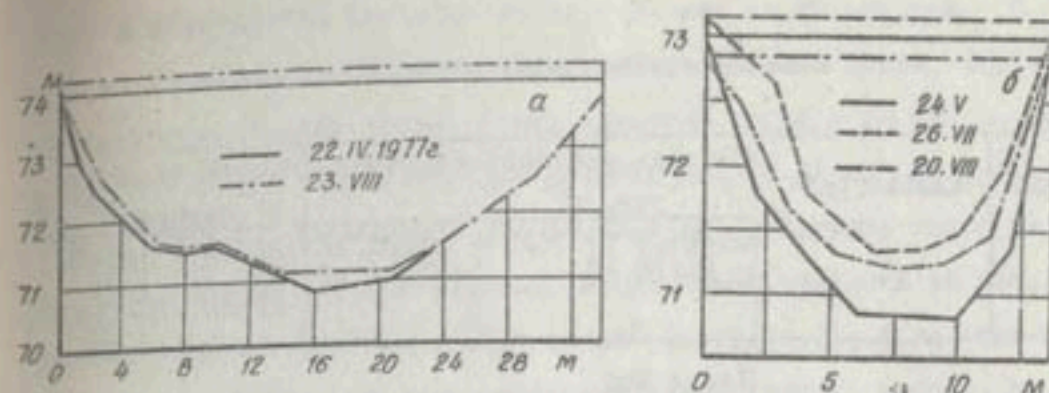


Рис. 2. Изменение поперечного сечения русла канала по времени:  
а - Вас, 15-й км; б - Левый Объединитель, 3,5-й км

личину объема на среднюю ширину русла по исследуемому участку канала (28 м) получим объем заиления на 1 м<sup>2</sup> дна русла - 0,066 м<sup>3</sup>.

Результаты определения величины входящей мутности воды в канал Левый Объединитель показывает (см. табл. I), что она в голове канала за период наблюдений колебалась в основном в пределах от 0,7 до 1,5 кг/м<sup>3</sup>, а в районе 4-го км - от 0,6 до 1,4 кг/м<sup>3</sup>. Величина мутности воды в этом канале почти все время заметно уменьшалась по длине вниз по течению. Так, например, если 30 мая в створе 0,2-го км мутность воды - 0,72 кг/м<sup>3</sup>, то в створе 4-го км - 0,56 кг/м<sup>3</sup>. По данным наших наблюдений первоначальный 4-километровый участок этого канала работает в некоторой степени как отстойник, потому что из абсолютного большинства наблюдений за величиной мутности воды видно, что она несколько уменьшается по длине вниз по течению.

Уменьшение мутности воды по длине канала Левый Объединитель подтверждается также и результатами сопоставления поперечных профилей русла, снятых 24 мая, 26 июля и 20 августа 1977 г. (рис. 2, б). Из совмещенных поперечных сечения русла видно, что канал заиления подвергался как в своем начальном участке, так и в концевом (см.



Таблица 2  
Объем заиления русла исследуемых каналов

| Отвор              | Километраж | Площадь заиления по периодам, м <sup>2</sup> |                        | Объем заиления по периодам <sup>м<sup>3</sup></sup> |                                    |
|--------------------|------------|----------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|
|                    |            | 22+24.У (22.ІУ)-<br>- 21+26.УП               | 21+26.УП<br>- 20+27.УШ | 22+24.У<br>(22.ІУ)-<br>- 21+26.УП                   | 21+26.<br>.УП -<br>- 20+27.<br>.УШ |
| Канал Вас          |            |                                              |                        |                                                     |                                    |
| 1                  | 0,0        | 1,00                                         | 1,00                   | 500                                                 | 500                                |
| 2                  | 0,5        | 1,00                                         | 1,00                   | 500                                                 | 500                                |
| 3                  | 1,0        | 1,00                                         | 1,00                   | 500                                                 | 500                                |
| 4                  | 1,5        | 1,00                                         | 1,00                   | 500                                                 | 500                                |
| 5                  | 14,0       | 1,00                                         | 1,00                   | 12500                                               | 11250                              |
| 6                  | 14,5       | 0,65                                         | 0,80                   | 412                                                 | 326                                |
| 7                  | 15,0       | 0,60                                         | 0,50                   | 312                                                 | 250                                |
| 8                  | 15,5       | 0,25                                         | 0,50                   | 637                                                 | 563                                |
|                    | 16,8       | 2,56                                         | 0,25                   | 703                                                 | 485                                |
|                    | 18,6       | 2,56                                         | 1,69                   | 2334                                                | 1526                               |
| Итого:             |            |                                              | 1,69                   | 18400                                               | 15900                              |
| Левый Объединитель |            |                                              |                        |                                                     |                                    |
| 1                  | 0,0        | 5,13                                         | 3,35                   | 1031                                                | 670                                |
| 2                  | 0,5        | 5,13                                         | 3,35                   | 1270                                                | 886                                |
| 3                  | 3,2        | 3,34                                         | 2,56                   | 7196                                                | 7506                               |
| 4                  | 3,5        | 1,99                                         | 3,00                   | 548                                                 | 838                                |
|                    | 4,5        | 1,67                                         | 2,56                   | 1665                                                | 2560                               |
| Итого:             |            | 1,67                                         | 2,56                   | 11710                                               | 11660                              |
| Большой Керисюб    |            |                                              |                        |                                                     |                                    |
| 1                  | 0,0        | 0,51                                         | 1,05                   | 153                                                 | 315                                |
| 2                  | 0,3        | 0,51                                         | 1,05                   | 174                                                 | 278                                |
| 3                  | 0,6        | 0,65                                         | 0,80                   | 1044                                                | 1215                               |
| 4                  | 2,4        | 0,50                                         | 0,55                   | 150                                                 | 202                                |
|                    | 2,7        | 0,50                                         | 0,80                   | 250                                                 | 400                                |
|                    | 3,2        | 0,50                                         | 0,80                   |                                                     |                                    |
| Итого:             |            |                                              | 0,80                   | 1770                                                | 2410                               |
| Малый Керисюб      |            |                                              |                        |                                                     |                                    |
| 1                  | 0,0        | 1,20                                         | 0,70                   | 360                                                 | 210                                |
|                    | 0,3        | 1,20                                         | 0,70                   | 600                                                 | 350                                |
|                    | 0,8        | 1,20                                         | 0,70                   |                                                     |                                    |
| Итого:             |            |                                              | 0,70                   | 960                                                 | 560                                |

\*Примечание: начало и конец периодов точно указаны в тексте.

рис. 2,6). Глубина заиления русла с 24 мая по 20 августа - 0,4-0,8 м. Из совмещенных поперечных профилей канала видно, что все время шло занесение русла. Объем заиления русла с 24 мая по 26 июля 1977 г. на 4-километровом участке канала Левый Объединитель - 11,7 тыс.м<sup>3</sup> (см.табл.2) и с 26 июля по 20 августа этого же года - 11,7 тыс.м<sup>3</sup>. Таким образом, общий объем заиления за весь период наблюдений 1977 г. - 23,4 тыс.м<sup>3</sup> (см.табл.2). Если этот объем заиления разделить на 4-километровую длину участка канала, то получим объем заиления на 1 пог.м - 5,85 м<sup>3</sup>. Разделив этот объем заиления на ширину русла по верху воды, равную в начальном участке 17 м, в концевом - 14 м и в среднем - 15,5 м получим 0,38 м<sup>3</sup>. В канал Большой Керисюб за период наблюдения поступала муть воды, колебавшаяся в пределах от 0,5 до 1,4 кг/м<sup>3</sup> (см.табл.1). Наибольшая муть в этот канал поступала во второй половине июля и августе, до этого ее величина не превышала 0,8 кг/м<sup>3</sup>. Изменение мутности воды на протяжении 3,2-километрового участка канала не большое. Только в определенные периоды времени наблюдалось незначительное уменьшение величин мутности воды по длине канала вниз по течению.

Из анализа совмещенных поперечных профилей русла на участке 0,3-0,9-го км канала Большой Керисюб видно, что с 23 мая по 23 июля и с 23 июля по 27 августа 1977 г. происходило несущественное заиление дна канала на участке 2,4-3,2-го км-русла (рис. 3, а). Общая глубина заиления русла за этот период времени - 0,2-0,3 м в средней глубокой части поперечного сечения русла канала.

Подсчитанный объем заиления по совмещенным поперечникам на участке от головы до 3,2-го км канала Большой Керисюб с 23 мая по 23 июля 1977 г. - 1770 м<sup>3</sup> (см.табл. 2) и с 23 июля по 27 августа на этом же участке - 2410 м<sup>3</sup>. Отсюда общий объем заиления русла на этом участке канала за весь период наблюдения - 4180 м<sup>3</sup>. Если эту



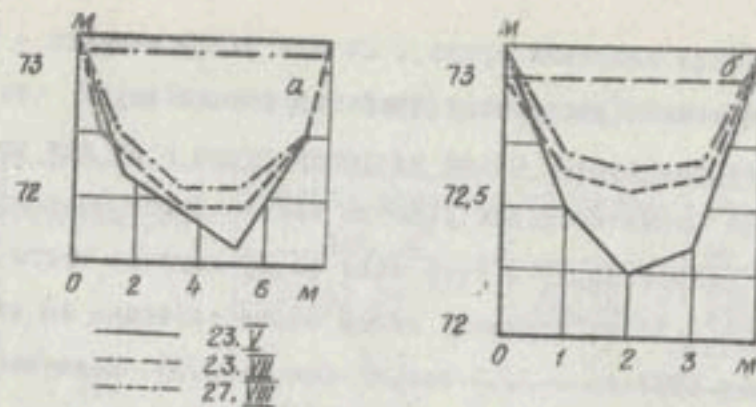


Рис. 3. Изменение поперечного сечения русла канала по времени:  
а - Большой Керисьяб, 2,7 км; б - Малый Керисьяб, 0,3 км.

величину разделить на 3,2-километровую длину канала, то получим объем заиления на 1 пог. м длины канала -  $1,31 \text{ м}^3$ . Отсюда объем заиления, приходящийся на  $1 \text{ м}^2$  ширины русла канала (7,5 м) -  $0,18 \text{ м}^3$ .

Величина поступившей в канал Малый Керисьяб за период исследования 1977 г. мутности воды колебалась в основном в пределах от  $0,4$  до  $1,3 \text{ кг/м}^3$ . Наибольшая мутность воды в этом канале наблюдалась в августе, а в мае, июне и июле - до  $0,8-0,9 \text{ кг/м}^3$  (см. табл. 1). Мутность воды, поступившая в канал Малый Керисьяб не полностью транспортирована водным потоком вниз по течению, часть наносов оседала в русле канала и заиляла его (рис. 3, б). Из совмещенных поперечных профилей русла, снятых в створе 0,3-го км 23 мая, 21 июля и 27 августа 1977 г. видно, что все время заилялось русло канала. Общая глубина заиления за весь период наблюдения в средней глубокой части русла -  $0,4 \text{ м}$ . Отсюда можно заключить, что Малый Керисьяб, как бы отстойник.

На 0,8-километровом участке канала Малый Керисьяб с 23 мая по 21 июля 1977 г. объем заиления русла -  $960 \text{ м}^3$  и с 21 июля по 27 августа этого же года -  $560 \text{ м}^3$ . Отсюда общий объем заиления русла на исследуемом участке канала за период наблюдений 1977 г. -  $1520 \text{ м}^3$ .

Если разделить эту величину на длину участка канала (0,8 км), то получим объем заиления, приходящийся на 1 пог. м длины -  $1,9 \text{ м}^3$ . Разделив  $1,9 \text{ м}^3$  на ширину русла по верху воды (4 м), получим объем заиления на  $1 \text{ м}^2$  ширины дна канала -  $0,47 \text{ м}^3$ .

Величина мутности воды в начале рисового поля с 16 мая по 29 августа 1977 г. колебалась в пределах от  $0,3$  до  $1,2 \text{ кг/м}^3$  (см. табл. 1), наибольшая мутность воды, превышавшая  $1,0 \text{ кг/м}^3$  наблюдалась только в августе. Начало рисового поля можно принять за временный ороситель, так как мутность воды нами измерялась на выходе воды из канала Малый Керисьяб на рисовое поле за дамбой канала. От начала поля до места взятия пробы воды на мутность, водный поток уже успевал несколько отстаиваться. Поэтому здесь мутность воды несколько меньше, чем в канале Малый Керисьяб.

Фракционный состав наносов разбит на 3 основные фракции применительно к условиям формул транспортирующей способности потока А.Г.Хачатряна и Х.Б.Шапиро [4] (табл. 4).

Транспортирующая способность потока в канале Вас колебалась в пределах от  $1,0$  до  $1,5 \text{ кг/м}^3$  и превышала наблюдаемую мутность (табл. 5). В отдельные периоды времени фактически наблюдаемая мутность воды превышала в некоторой степени транспортирующую способность потока. Например, мутность воды 14 и 24 апреля, 6 мая, 15 и 16 июня была больше транспортирующей способности канала.

Транспортирующая способность канала Левый Объединитель почти в 50% проведенных наблюдений за мутностью воды меньше фактической (см. табл. 5). Если величина транспортирующей способности потока в канале -  $0,82-1,26 \text{ кг/м}^3$ , то максимальная фактическая мутность воды доходила до  $1,40-1,96 \text{ кг/м}^3$ . Поэтому за лето заметно заилялось его русло наносами.

Транспортирующая способность канала Большой Керисьяб летом 1977 г. -  $1,04-1,12 \text{ кг/м}^3$ . Эти величины больше фактически наблюдаемой мут-



Таблица 3

Фракционный состав взвешенных наносов в каналах

| Канал, км          | Процентное содержание фракции частиц, мм |          |          |           |            |             |        |       |
|--------------------|------------------------------------------|----------|----------|-----------|------------|-------------|--------|-------|
|                    | 1-0,25                                   | 0,25-0,1 | 0,1-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | <0,001 | <0,01 |
| 29 апреля 1977 г.  |                                          |          |          |           |            |             |        |       |
| Вас, 0,5-я км      | 0,06                                     | 3,03     | 21,73    | 58,84     | 5,38       | 4,22        | 6,74   | 16,34 |
| " 18-я км          | 0,04                                     | 1,14     | 7,14     | 65,37     | 8,83       | 8,26        | 9,26   | 26,35 |
| Левый Объединитель | 0,02                                     | 1,03     | 6,71     | 50,60     | 13,32      | 14,92       | 13,40  | 41,64 |
| 24 мая 1977 г.     |                                          |          |          |           |            |             |        |       |
| Вас, 0,5-я км      | 0,70                                     | 4,85     | 23,04    | 48,22     | 8,90       | 6,56        | 7,72   | 23,18 |
| " 18-я км          | 0,05                                     | 0,71     | 9,64     | 63,52     | 9,38       | 7,84        | 8,86   | 26,08 |
| Левый Объединитель | 0,03                                     | 0,40     | 6,93     | 65,84     | 9,64       | 7,90        | 9,26   | 26,80 |
| 3 июня 1977 г.     |                                          |          |          |           |            |             |        |       |
| Вас, 0,5-я км      | 0,38                                     | 3,08     | 10,32    | 51,04     | 13,18      | 10,60       | 11,40  | 35,18 |
| " 18-я км          | 0,14                                     | 0,08     | 0,93     | 28,75     | 24,14      | 23,00       | 22,96  | 70,10 |
| Левый Объединитель | 0,05                                     | 0,06     | 0,81     | 26,70     | 25,00      | 24,04       | 23,34  | 72,38 |
| Большой Керисаб    | 0,01                                     | 0,05     | 0,65     | 24,59     | 25,44      | 30,36       | 18,90  | 74,70 |
| 12 июля 1977 г.    |                                          |          |          |           |            |             |        |       |
| Вас, 0,5-я км      | 0,05                                     | 0,07     | 9,68     | 57,70     | 11,92      | 9,90        | 10,68  | 32,50 |
| " 18-я км          | 0,01                                     | 0,05     | 0,70     | 50,66     | 17,26      | 15,48       | 15,84  | 48,58 |
| 18 августа 1977 г. |                                          |          |          |           |            |             |        |       |
| Левый Объединитель | 0,05                                     | 0,09     | 0,86     | 45,90     | 13,06      | 19,24       | 20,80  | 53,10 |
| Большой Керисаб    | 0,01                                     | 0,06     | 0,27     | 39,66     | 15,46      | 20,00       | 24,54  | 60,00 |

ности воды с мая по июль и несколько меньше в августе. Отсюда следует, что канал Большой Керисаб в основном транспортирует илмущую муть воды. Поэтому заиливание его русла небольшое.

Из анализа данных наблюдений за мутностью воды видно, что тран-

Таблица 4

Удельное содержание фракции и гидравлические крупности наносов

| Канал, мм          | Удельное содержание фракции частиц |                        |                    | Гидравлическая крупность наносов, мм/с |                     | $\alpha = \frac{P_2}{P_3}$ |
|--------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------------|---------------------|----------------------------|
|                    | <0,01<br>( $P_1$ )                 | 0,01-0,05<br>( $P_2$ ) | >0,05<br>( $P_3$ ) | наибольшая<br>$w_{n+1}$                | наименьшая<br>$w_1$ |                            |
| 29 апреля 1977 г.  |                                    |                        |                    |                                        |                     |                            |
| Вас, 0,5-я км      | 0,163                              | 0,806                  | 0,031              | 4,0                                    | 0,051               | 26,0                       |
| " 18-я км          | 0,264                              | 0,724                  | 0,012              | 3,9                                    | 0,032               | 60,3                       |
| Левый Объединитель | 0,416                              | 0,573                  | 0,011              | 3,1                                    | 0,015               | 52,1                       |
| 24 мая 1977 г.     |                                    |                        |                    |                                        |                     |                            |
| Вас, 0,5-я км      | 0,232                              | 0,712*                 | 0,056              | 5,0                                    | 0,034               | 12,7                       |
| " 18-я км          | 0,261                              | 0,731                  | 0,008              | 5,1                                    | 0,030               | 91,4                       |
| Левый Объединитель | 0,268                              | 0,728                  | 0,004              | 4,9                                    | 0,027               | 182,0                      |
| 3 июня 1977 г.     |                                    |                        |                    |                                        |                     |                            |
| Вас, 0,5-я км      | 0,352                              | 0,613                  | 0,035              | 4,3                                    | 0,019               | 17,5                       |
| " 18-я км          | 0,701                              | 0,297                  | 0,002              | 3,5                                    |                     | 148,5                      |
| Левый Объединитель | 0,724                              | 0,275                  | 0,001              | 4,0                                    |                     | 275,0                      |
| Большой Керисаб    | 0,747                              | 0,252                  | 0,001              | 4,0                                    |                     | 252,0                      |
| 12 июля 1977 г.    |                                    |                        |                    |                                        |                     |                            |
| Вас, 0,5-я км      | 0,325                              | 0,674                  | 0,001              | 4,2                                    | 0,023               | 674,0                      |
| " 18-я км          | 0,486                              | 0,513                  | 0,001              | 4,2                                    | 0,007               | 513,0                      |
| 18 августа 1977 г. |                                    |                        |                    |                                        |                     |                            |
| Левый Объединитель | 0,531                              | 0,468                  | 0,001              | 4,1                                    | 0,003               | 468,0                      |
| Большой Керисаб    | 0,600                              | 0,399                  | 0,001              | 3,0                                    | 0,001               | 399,0                      |

спортирующая способность потока в канале Малый Керисаб - 0,9 кг/м<sup>3</sup>



Таблица 5  
Транспортирующая способность потока в каналах

| Дата                     | Наибольш.<br>взвешив.<br>скорость,<br>м/с<br>$U_0$ | Постоянная кривой<br>распределения на-<br>носов, кг/м <sup>3</sup> |       | Транспорти-<br>рующая спо-<br>собность по-<br>тока,<br>$P$ , кг/м <sup>3</sup> | Наблю-<br>денная<br>мут-<br>ность<br>воды,<br>кг/м <sup>3</sup> |
|--------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                          |                                                    | $C_0$                                                              | $C_T$ |                                                                                |                                                                 |
| Канал Вас                |                                                    |                                                                    |       |                                                                                |                                                                 |
| 29.IV-77 г.              | 0,00475                                            | 0,468                                                              | 0,950 | 1,48                                                                           | 1,47                                                            |
| 24.V                     | 0,00454                                            | 0,189                                                              | 0,908 | 1,02                                                                           | 1,10                                                            |
| 3.VI                     | 0,00434                                            | 0,165                                                              | 0,868 | 1,43                                                                           | 1,06                                                            |
| 12.VII                   | 0,00507                                            | 0,172                                                              | 1,132 | 1,51                                                                           | 1,00                                                            |
| Канал Левый Объединитель |                                                    |                                                                    |       |                                                                                |                                                                 |
| 29.IV-77 г.              | 0,00178                                            | 0,135                                                              | 0,356 | 0,82                                                                           | 0,92                                                            |
| 24.V                     | 0,00150                                            | 0,091                                                              | 0,300 | 0,91                                                                           | 0,75                                                            |
| 3.VI                     | 0,00165                                            | 0,102                                                              | 0,330 | 1,18                                                                           | 0,70                                                            |
| 18.VII                   | 0,00158                                            | 0,175                                                              | 0,306 | 1,26                                                                           | 1,40                                                            |
| Канал Большой Керисаб    |                                                    |                                                                    |       |                                                                                |                                                                 |
| 3.VI-77 г.               | 0,00138                                            | 0,082                                                              | 0,276 | 1,04                                                                           | 0,64                                                            |
| 18.VII                   | 0,00153                                            | 0,175                                                              | 0,306 | 1,12                                                                           | 1,36                                                            |

и во временном оросителе (начало рисового поля) - 0,7 кг/м<sup>3</sup>.

Проведенный анализ транспортирующей способности потока исследованных каналов Советской оросительной системы показал, что хорошо работали каналы Вас и Большой Керисаб, так как их русло почти не заилялось взвешенными наносами, поступающими в них с выше расположенного канала. Каналы Левый Объединитель и Малый Керисаб подверглись значительному заилению. На основании натурных исследований можно сделать следующий предварительный вывод о том, что в условиях Советской оросительной системы максимальная транспорти-

рующая способность потока в междоустьевном канале Вас - 1,5 кг/м<sup>3</sup>, внутрихозяйственном канале Левый Объединитель - 1,3 кг/м<sup>3</sup>, групповом распределительном канале Большой Керисаб - 1,1 кг/м<sup>3</sup>, участковом распределительном канале Малый Керисаб и временном оросителе - 0,7 кг/м<sup>3</sup>.

В последнее время для защиты от заиления междоустьевных, междоустьевных и распределительных каналов началось применение внутрисистемных отстойников. Внутрисистемные отстойники построены в Ташкентской, Кичикузбайской и Ленинской оросительной системах Узбекской ССР, а также в Главном Муганском канале Азербайджанской ССР. До настоящего времени в нашей республике имеется внутрисистемный отстойник только на Кулярикской оросительной системе в Чаркской области.

Внутрисистемные отстойники в условиях Советской и других оросительных систем бассейна р. Амударьи очень необходимы. Потому что значительно заиляются русла как крупных ветвей-отводов, так и небольших постоянно действующих распределительных каналов [1,2].

Для недопущения заиления русла необходимо расположить внутрисистемный отстойник в нескольких местах по длине оросительного канала, начиная от его головы и кончая участковым распределителем. Рациональное место расположения внутрисистемного отстойника можно отыскать только на основании результатов полученных величин мутности воды во всех звеньях оросительной системы.

Для незаиления русла каналов Вас, Левый Объединитель, Большой Керисаб и Малый Керисаб, Советской оросительной системы можно рекомендовать устройство внутрисистемного отстойника. Результаты проведенных нами исследований показали, что внутрисистемный отстойник можно разместить в нескольких вариантах.

1. Устройство отстойника в голове внутрихозяйственного канала Левый Объединитель с годовой емкостью 26 тыс. м<sup>3</sup> и участкового распределительного канала Малый Керисаб - 1,7 тыс. кубометров. При



этой емкости отстойника необходимо будет ежегодно очищать его от осевших наносов. Можно увеличить годовую величину емкости отстойника во столько раз, через сколько лет будет проведена очистка этого отстойника от заиления.

II. Расположить отстойник в верхнем бьефе гидроузла I 8,6-го км канала Вас (узел Кырккыз-ой) и в голове канала Малая Керисаб. В отстойнике канала Вас нужно осветлять поток до мутности  $I, I + 1,3 \text{ кг/м}^3$  и тогда каналы Левый Объединитель и Большой Керисаб не займутся наносами.

III. Расположить отстойник в верхнем бьефе гидроузла канала Вас (узел Кырккыз-ой) со значительно увеличенной емкостью и переосветлять поток до мутности воды  $0,9 \text{ кг/м}^3$  и тогда, содержащиеся в воде наносы полностью транспортируются до временного оросителя.

IV. Расположить отстойник с годовой емкостью 33-35 тыс.  $\text{м}^3$  в голове канала Левый Объединитель и переосветлять поток в нем до мутности воды  $0,9 \text{ кг/м}^3$ . Тогда мутность, выходящая из отстойника транзитом дойдет до временного оросителя.

V. Устройство отстойника в голове канала Левый Объединитель с годовой емкостью 26 тыс.  $\text{м}^3$ , канала Большой Керисаб - 4,6 тыс.  $\text{м}^3$  и канала Малая Керисаб - 1,7 тыс.  $\text{м}^3$ .

Величину емкости отстойника во всех вариантах его расположения нетрудно определить, исходя из величины годового объема заиления русла каждого канала и пропускаемого по каналу расхода воды.

Объединение друг с другом нескольких внутрисистемных отстойников выгодно, так как при этом упрощается организация их эксплуатации, не требуется перегонять механизмы между отстойниками при их очистке, производить планировочные работы бульдозерами (дорога) для прохода экскаватора и т.д.

Все отмеченные соображения - предварительные из-за сложно-

сти изучения процесса движения наносов в канале и краткости периода наблюдения (один год). Дальнейшие исследования позволят дополнить и откорректировать уже полученные результаты.

Результаты исследования 1977 г. показали, что при дальнейших исследованиях процесса движения наносов в канале нужно чаще брать пробы на общую мутность и фракционный состав, наметить побольше поперечных профилей, определить продольный уклон и расход воды.

## Л и т е р а т у р а

1. Абальиц С. Х. Движение взвеси в открытых потоках. Труды САНИИРИ. Ташкент, 1958. № 96.
2. Аннаев С. А., Аидов Х. Разработка рекомендаций по проектированию внутрисистемных отстойников бассейна Амударьи (по Ташаузской области). Научный отчет за 1976 г. Фонды ТуркменНИИГМ, Ашхабад, 1976.
3. Аннаев С. А., Аидов Х. Разработка рекомендаций по проектированию внутрисистемных отстойников в бассейне Амударьи. Научный отчет за 1977 г. Фонды ТуркменНИИГМ, Ашхабад, 1977.
4. Материалы к техническим условиям и нормам проектирования оросительных систем. Отстойники на оросительных системах. М., 1964.
5. Замарин Е. А. Транспортирующая способность и допускаемая скорость течения в каналах. М.-Л., "Госстройиздат", 1951.



С. А. Аннаев, А. В. Кречко

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СПРЯМЛЕНИЯ, ИСПОЛЬ- ЗУЕМОГО ПРИ БОРЬБЕ С ДЕЙТИЕМ

Для борьбы с разрушением берегов р. Амударьи в последнее время часто применяются искусственные прорезы, спрямляющие излучины реки. Отводя часть потока реки от основного русла (излучины) прорез способствует тому, что старое русло заиливается, а сама она, благодаря повышенным уклонам в ней, интенсивно размывается и превращается в новое русло реки, отстоящее от некогда размываемого берега на значительном расстоянии. Для повышения надежности в защите берега наряду с разработкой прорезы перекрывает старое русло несколькими рядами дамб, тем самым пропуская весь расход реки по прорезу. Подобный способ защиты, осуществляемый ПК-11 треста Чарджоуремводстрой, широко применяется в среднем течении р. Амударьи. К достоинствам этого варианта помимо надежности можно отнести и возможность спрямления излучин даже при очень малом коэффициенте их извилистости и отсутствие эксплуатационных затрат на поддержание работы прорезы. В настоящее время можно насчитать более 10 приме-

ров осуществления спрямления излучин с перекрытием основного русла. Однако частое использование прорезов отнюдь не исключает проблемы в проектировании и строительстве подлежащие изучению - изменение начальных параметров прорезы, формы ее поперечного сечения, плановые очертания и месторасположение относительно участков реки выше и ниже ее и другие. К малоизученным можно отнести и вопрос о прогнозировании хода саморазмыва прорезы, который невозможно решить, не зная закономерностей изменения гидравлических элементов прорезы. Вопросу взаимосвязи ширины и площади поперечного сечения прорезы от проходящего по ней расхода и посвящена настоящая работа.

Данные, полученные авторами при проведении натурных исследований спрямляющих прорезов в Дейнауском районе (1973) [1], в районе головного сооружения канала Берзен (1975) [2], на территории колхоза им. Халтурина Чарджоуского района (1976) [3] и в Фарабском районе колхозе им. Ленина (1977), позволяют проследить за ходом изменения некоторых гидравлических элементов.

Как известно [4, 5], саморазмыв в прорезы происходит, в основном, за счет плановых деформаций, т.е. увеличения ширины. Происходит это потому, что поток реки стремится двигаться по естественному поперечному сечению, у которого параметр Глушкова  $\Gamma = \sqrt{B} h_{cp}$  (B - ширина и  $h_{cp}$  - средняя глубина) находится в пределах 6-16 (достигая иногда 22-25), в то время как начальное поперечное сечение прорезы имеет этот параметр равный 2,5-3,0.

На рис. 1 отчетливо видно, что параметр Глушкова на участках реки перед прорезью и за ней намного больше, чем в самой прорези и такое соотношение сохраняется вплоть до осени, т.е. до спада паводка. К осени форма поперечного сечения прорезы та же, что и у естественного русла, поэтому значения параметра Глушкова мало отличается по участкам.



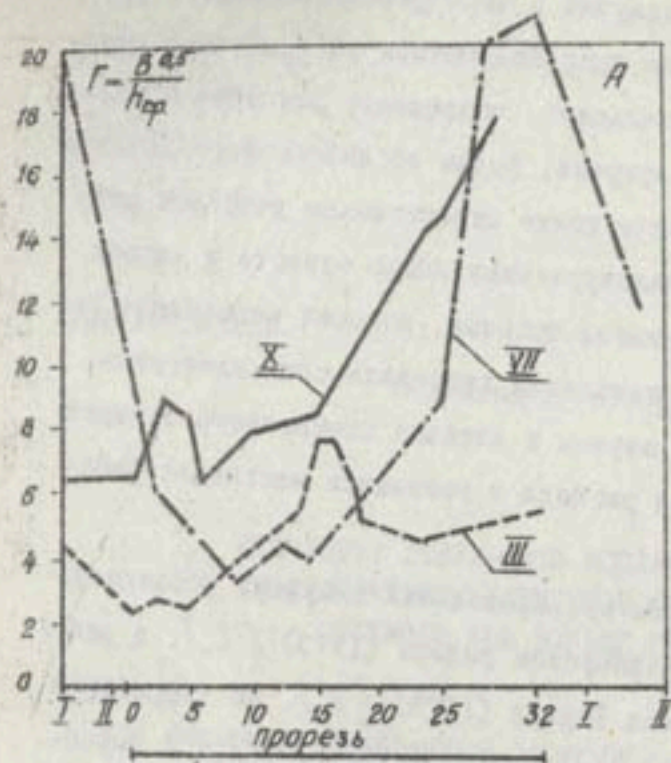
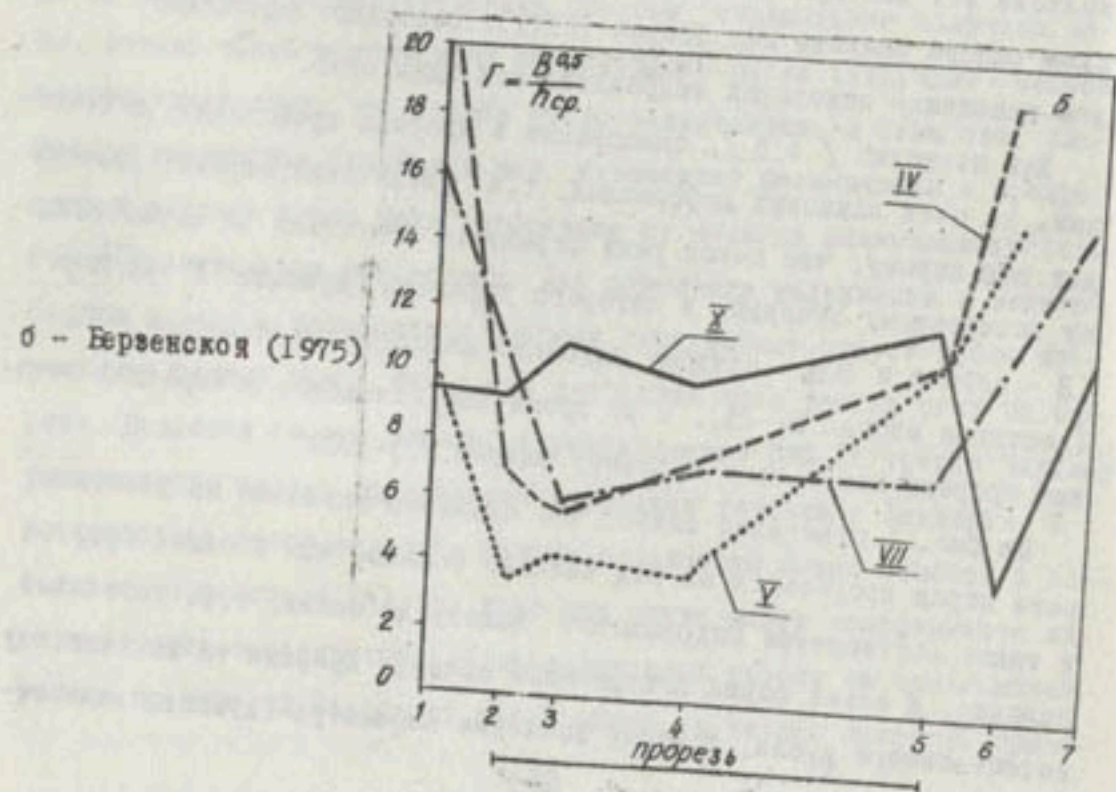


Рис. 1. График изменения параметра  $\Gamma$  Глушкова по времени и по длине прорези:

а - Фарабский (1977);



б - Берзёнская (1975)

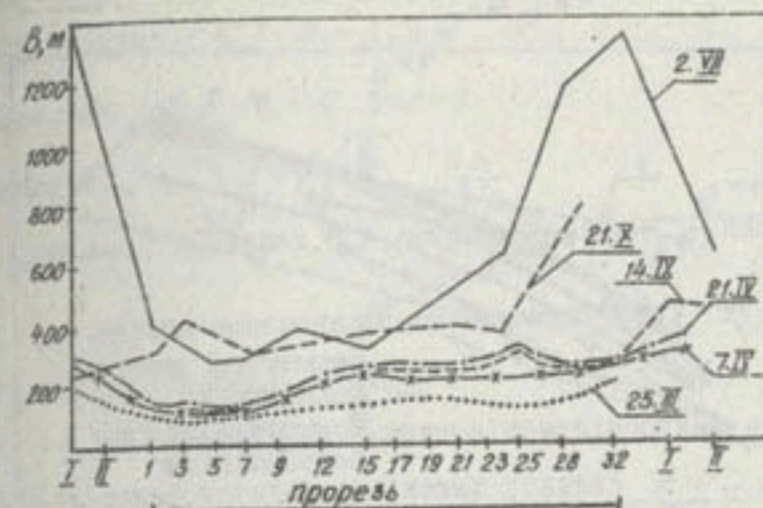


Рис. 2. График изменения ширины поперечного сечения по длине Фарабской прорези (1977)

Как видно из рис. 2, характер изменения ширины русла такой же, как и параметры Глушкова. Ширина перед и за прорезью больше, чем в ней. Такое соотношение сохраняется вплоть до осени, когда эти величины мало отличаются друг от друга. Ширина к концу прорези возрастает быстрее, чем в первой ее половине.

Приведенный анализ изменения коэффициента Глушкова и ширины поперечного сечения по длине прорези, хоть и учитывает фактор времени, но очень мало связан с проходящими по прорези расходами и потому не может быть применен в дальнейших расчетах. Учитывая это, нами сделана попытка проследить за ходом изменения ширины прорези в ее начале в зависимости от величины проходящего по ней расхода.

Для построения графика авторами использованы результаты собственных измерений [1, 2, 3] и данные, заимствованные из литературных источников [5]. Для большей наглядности ход изменения ширины в наиболее типичных створах прорезей показан ломаными линиями. На этом же графике нанесены кривые  $B = f(q)$ , отражающие за-



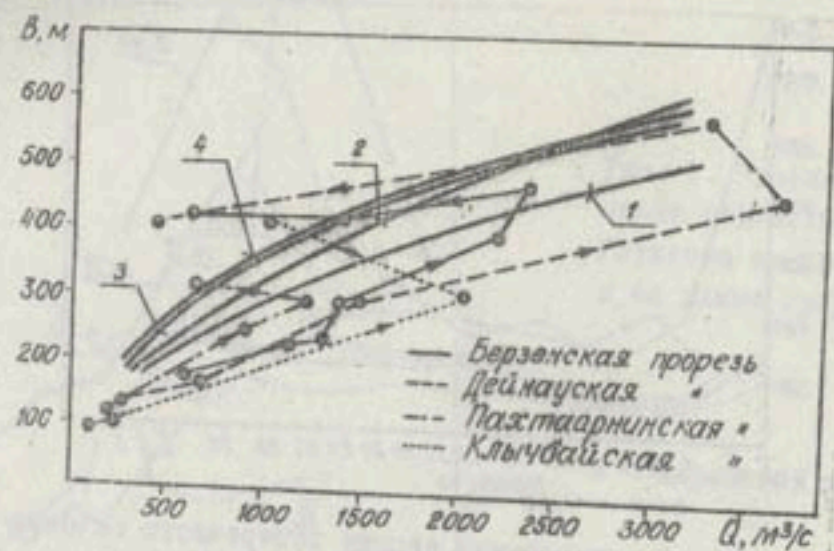


Рис. 3. График изменения ширины прорези в зависимости от расхода воды

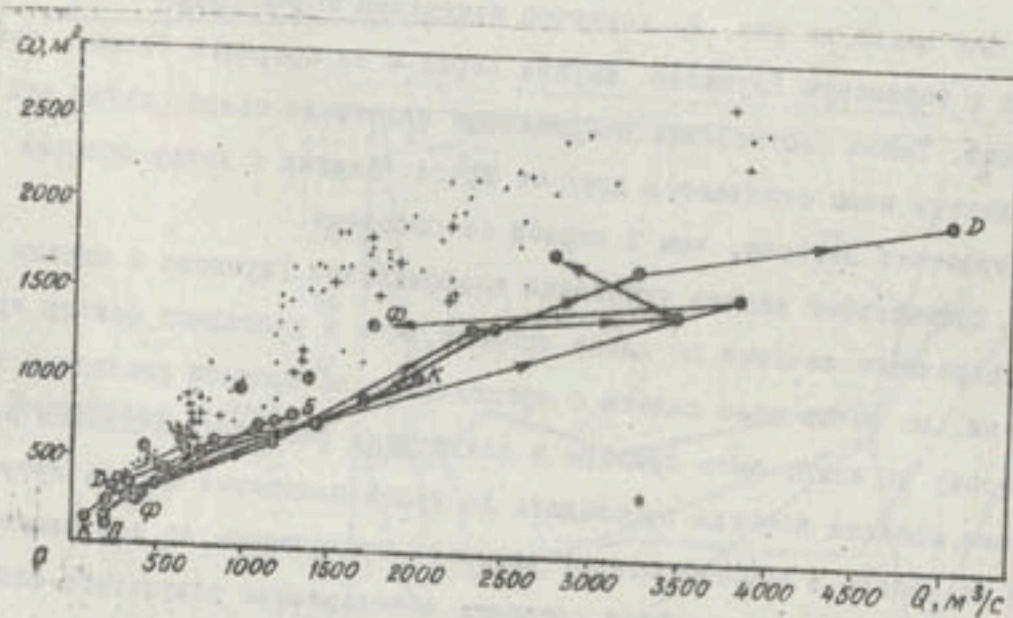


Рис. 4. График зависимости площади живого сечения прорези от расхода воды

зисимости следующих авторов:

$$\text{А.Н. Гостунокий [6]} \quad B = 1,5 Q^{0,456} J^{-0,10}; \quad (1)$$

$$\text{С.Т. Алтуни [7]} \quad B = A \frac{Q^{0,45}}{J^{0,42}}; \quad (2)$$

$$\text{Х.Ш. Шапиро [8]} \quad B = f \sqrt{\frac{Q}{J}}; \quad (3)$$

$$\text{В.С. Алтуни, С.А. Аннаев, С.А. Аширов} \quad B = A_0 \frac{Q^{0,45}}{(gJ)^{0,22} d^{0,11}}; \quad (4)$$

где  $B$  — ширина поперечного сечения по верху, м;

$Q$  — расход воды, м³/с;

$J$  — продольный уклон водной поверхности;

$f, A, A_0$  — коэффициенты, для наших условий  $f = 0,16$ ;  $A = 1,7$ ;

$A_0 = 2$ ;

$d$  — средний диаметр частиц ложа русла;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение силы тяжести.

Большинство точек, относящихся к прорезям при расходах до 2000 м³/с, ложатся ниже кривых  $B = f(Q)$ , что говорит о запаздывании роста ширины в прорези по сравнению с естественным руслом. Происходит это, по-видимому, по следующим причинам: при быстром повышении расходов, а значит, и уровней, поток, идущий по естественно сложившемуся руслу, уширяется за счет двух факторов. Первый — размыв берегов, второй — растекание потока. В прорези же уширение поперечного сечения в большинстве случаев происходит только за счет первого фактора — размыва берегов, так как возможности растекания потока из-за сравнительно крутых берегов. Поэтому-то происходит запаздывание в ходе увеличения ширины прорези по сравнению с естественным руслом в период нарастания расходов воды.

Характерно, что подобную картину имеем и на рис. 4 — графике изменения живого сечения естественного русла и прорези в зависимости от величины проходящего расхода воды. За естественное русло был принят гидрометрический створ "Ильчик" (данные 1972) и собственные измерения авторов по прорезям, упомянутым выше.



на рисунке, как и на предыдущем, отчетливо просматривается, что точки, относящиеся к прорезам ложатся ниже точек естественного русла, а это и говорит о запаздывании в ходе увеличения живого сечения прорези по сравнению с естественным руслом при нарастании расходов. Это объясняется следующим образом. Так как саморазмыв прорези, т.е. поперечное сечение повышается за счет увеличения ширины и увеличение ширины прорези по сравнению с естественным руслом запаздывает, то естественно, что запаздывает и нарастание живого сечения прорези по сравнению с естественным руслом.

Совпадение ширины и живого сечения прорези и естественного русла происходит к концу первого года ее работы, т.е. при общем снижении горизонтов. На это указывают точки, отражающие осеннее русло прорези, лежащие в то поле графика, которое относится к естественному руслу.

Изложенный выше анализ изменения ширины и площади живого сечения прорези в зависимости от величины проходящего расхода не претендует на абсолютную строгость, однако, качественный характер явления, по-видимому, он отражает.

### Выводы

При саморазмыве прорези ее форма поперечного сечения меняется таким образом, что параметр Глушкова увеличивается с 2,5-3,0 до 8-16.

Основной фактор, определяющий увеличение ширины прорези при возрастании расхода воды - размыв берегов, в то время как в естественном русле, наряду с размывом, имеет место еще простое растекание потока в поперечном направлении.

В силу некоторых причин ход повышения ширины и живого сечения прорези отстает от хода увеличения тех же элементов естественного русла при одинаковом возрастании расходов в них.

### Литература

1. Аннаев С. А., Аширов С. А., Кречко А. В., Адабердыев А. Изучить процессы разрушения берегов (действа) реки Амударьи и Каракумского канала и разработать мероприятия по их защите. Научно-технический отчет (заключительный) (рукопись). Фонды ТуркменНИИГиМ, Ашхабад, 1974.
2. Кречко А. В. Исследование работы русловыправительной прорези в районе канала Берзен. Научно-технический отчет (рукопись). Фонды ТуркменНИИГиМ, Ашхабад-Чарджоу, 1975.
3. Кречко А. В. Изучение работы прорези, расположенной на территории колхоза им. Халтурина. Научно-технический отчет (рукопись). Фонды ТуркменНИИГиМ, Ашхабад-Чарджоу, 1976.
4. Шапиро Х. Ш., Катышев М. С. Опыт борьбы с действием на р. Амударье. - Гидротехника и мелиорация, 1969, № 9.
5. Мухамедов А. М. Результаты исследований по спрямлению излучин в условиях р. Амударьи. Сборник докладов Всесоюзного совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам. Ташкент, 1974.
6. Гостунский А. Н. Устойчивое русло. - В кн.: Вопросы гидротехники, АН УзССР, Ташкент, 1965, вып. I.
7. Алтуни С. Т. Регулирование русел. М., Сельхозиздат, 1962.
8. Шапиро Х. Ш. Расчет русловых деформаций в бьефах гидроузлов и методика их моделирования. М., ВНИИГиМ, 1968.
9. Алтуни В. С., Аннаев С. А., Аширов С. А. Интенсивные русловые деформации реки Амударьи. Ашхабад, Илим, 1975.



# О ПОВЫШЕНИИ СРОКА СЛУЖБЫ РУСЛОВЫПРАВИТЕЛЬНОЙ ПРОРЕЗИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ПРИ БОРЬБЕ С ДЕЙГИШЕМ

Интенсивный размыв берегов (дейгиш) — явление характерное для р. Амударьи. Возникая в местах расположения поселков, мостов, водозаборов, культурных земель и т.п., он часто разрушает их, чем причиняет огромный ущерб народному хозяйству, нередко исчисляемый миллионами. Особенно больших размеров дейгиш достигает в излучине реки, там где русло искривлено так, что происходит свал потока на берег.

Один из эффективных способов борьбы с дейгишем в настоящее время — спрямление речных излучин искусственными прорезями, отылекающими основную часть потока от излучины (размываемого берега), чем способствует уменьшению интенсивности дейгиша и даже прекращению его (рис. I, а).

Однако часто поток реки перестает идти по прорези и возвращается в старое русло. Причины, вызывающие это явление — частая смена русловой обстановки, порой ухудшающей условия подхода потока к голове прорези; завал русла в конце прорези продуктами размыва лежащих выше участков, снижающего пропускную способность и др.

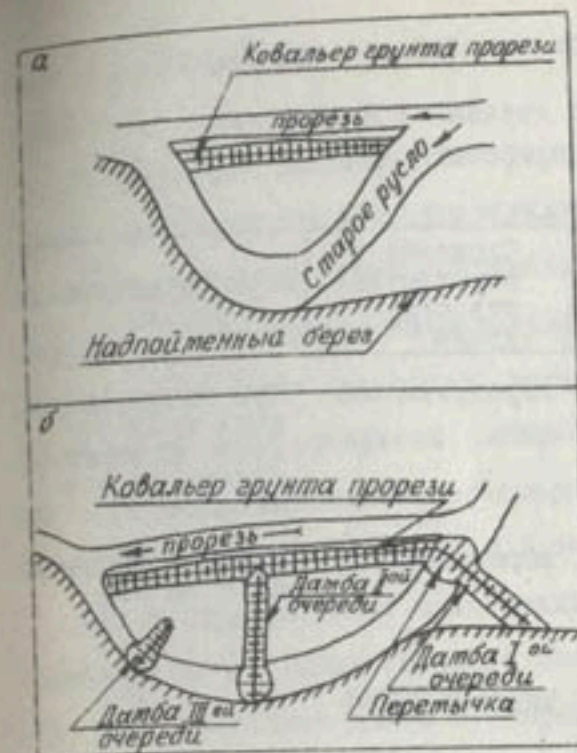


Рис. I. Схемы производства русловыправительных работ на р. Амударье:

- а — без перекрытия основного (старого) русла;
- б — с перекрытием основного русла несколькими рядами отсечных дамб

Чтобы исключить факторы, ухудшающие работу прорези ВНИИГиМом совместно с ТуркмениНИИГиМом и трестом "Чарджоуремводстрой" [1, 2] предложена схема русловыправительных работ, в которой наряду с расчисткой прорези старое русло перекрывается несколькими рядами дамб (см. рис. I б). В этом случае оно совершенно отмирает и весь расход реки проходит по прорези.

Несмотря на то, что строительная стоимость производства работ по этой технологии в 1,5–2 раза больше по сравнению с первой, преимущества ее очевидны.

В течение 1973–1978 гг. проводились натурные исследования четырех прорезей, сооружаемых в среднем течении р. Амударьи в следующих местах, указанных в табл. I [1, 3, 4].

Результаты натурных исследований показывают прежде всего:

- а) большую надежность сооружений в защите некогда размываемого берега;



Таблица I  
Краткие сведения об изученных в натуральных  
условиях прорезях

| Год пуска в работу | Наименование прорези                                                    | Сведения о перекрытии старого русла | Характеристика работы                                          |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1973               | Деянауская                                                              | перекрывалось                       | При исследованиях в 1973 - 1974 гг. берег больше не размывался |
| 1975               | Берзенская (напротив головного сооружения)                              | перекрывалось                       | Берег защищается и по сей день                                 |
| 1976               | Халтуринская (напротив полей колхоза им. Халтурина, Чардауского района) | перекрывалось                       | " " "                                                          |
| 1977               | Фарабская (напротив полей колхоза им. Ленина Фарабского района)         | перекрывалось                       | " " "                                                          |

б) возможность осуществления защиты по второй схеме, там где первая схема не применима (малый коэффициент извилистости, плохие условия подхода и т.д.);

в) отсутствие каких-либо эксплуатационных затрат и др.

Однако возможности второй схемы этим не исчерпываются. Как уже говорилось, в старом русле возводятся несколько рядов дамб. Эти дамбы преграждают путь для движения потока реки по старому руслу, т.е. являются защитниками размываемого берега в случае возвращения реки в старое русло. Значит, чем дольше сохранятся эти дамбы, тем дольше берег не разрушится.

Но поток прорези отнюдь не сохраняет отсечные дамбы, а наоборот, при укреплении своего русла стремится их и кавальер грунта прорези интенсивно размывать. Этот процесс размыва дамб еще бо-

лее усиливается при появлении в прорези деформационного руслового процесса.

Для изучения возможности сохранения отсечных дамб на более длительный срок автором проводился специальный комплекс натурных исследований около этих сооружений, включавший в себя: промеры глубин; измерение продольных уклонов водной поверхности; измерение поверхностных скоростей, направлений течения и др. Некоторые результаты этих измерений показаны на рис. 2, представляющие из себя планы поверхностных скоростей течений перед отсечными дамбами I очереди (рис. 2, а) и II очереди (рис. 2, б).

При возведении дамб земснаряды неизбежно оставляют после себя траншеи-канал, грунт которого собственно и составляет "тело" дамбы. При возведении дамбы I очереди технология производства работ такова, что, если принять за направление отчета - направление течения, то сначала шел канал, а за ним дамба (см. рис. 2, а - дамба справа - канал слева), а дамбы II очереди иначе - сначала дамба, а потом канал (см. рис. 2, б - канал справа - дамба слева).

Взаимное расположение дамбы и канала (с точки зрения технологии возведения дамбы) особого значения, понятно не имеет. А вот с точки зрения сохранности дамбы, оно может оказаться решающим. Более подробно на этом вопросе мы и остановимся.

Со временем (по мере размыва кавальера) дамба и канал обнажатся и непосредственно соприкасаются с потоком прорези (см. рис. 2). В этом случае в канале слева от дамбы (см. рис. 2, а) возникает движение потока воды, направленное от корня дамбы к ее голове, а в канале справа от дамбы, движение будет от головы дамбы к ее корню, т.е. к старому руслу (см. рис. 2, б). Значит, придерживаясь теперь нашего конкретного случая, у дамбы I очереди потоки прорези соединятся с каналом, а у дамбы II очереди - наоборот, деление потока прорези. Какое из этих двух явлений оказывается предпочтительней в



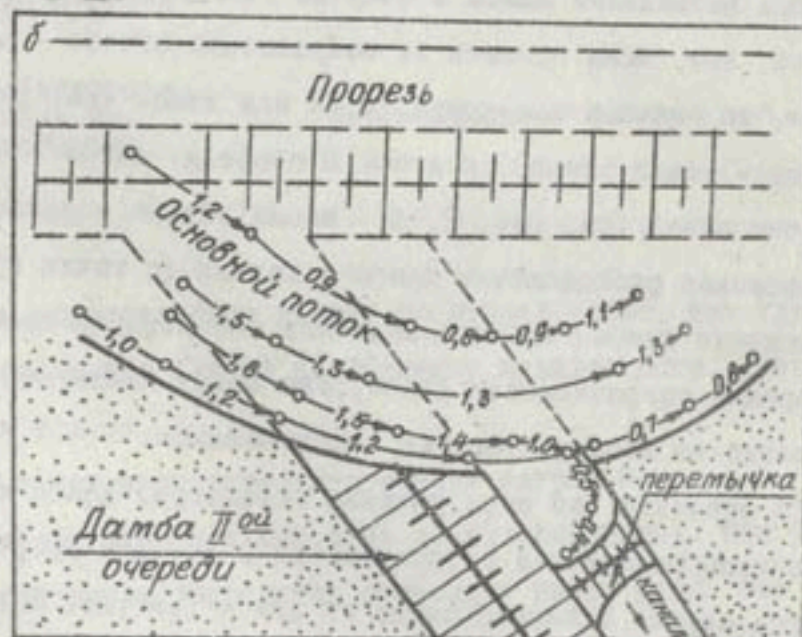
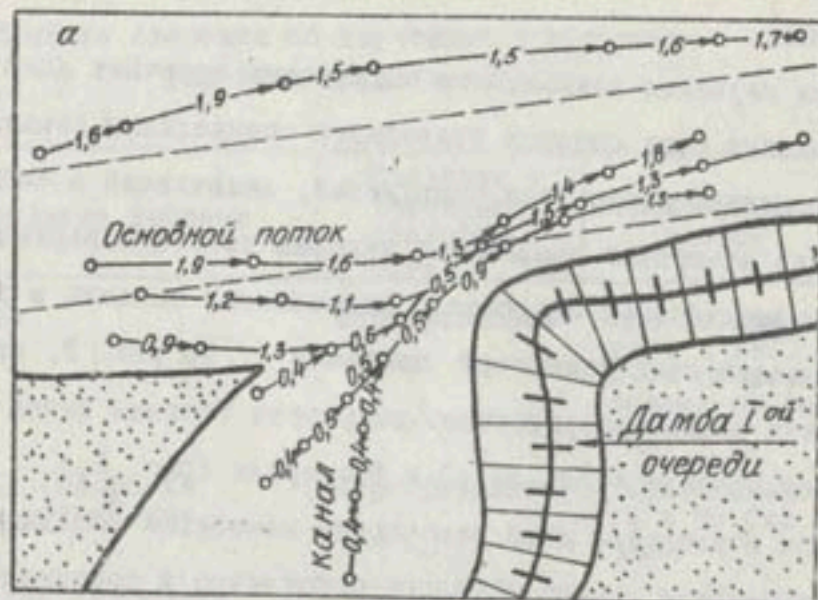


Рис. 2. Планы поверхностных скоростей и линий тока на участке Фарабского спрямления: а - у дамбы I очереди и б - у дамбы II очереди

отношении сохранности дамбы очевидно из приведенных планов (см. рис. 2). В первом случае дамба защищается, во втором - нет. Поток канала у дамбы I очереди, имея сравнительно небольшие скорости, защищает ее оголовок от основного потока, оттесняя его в сторону. У дамбы II очереди поток прорези проходит в непосредственной близости и поэтому интенсивно ее размывает.

Таким образом, приведенный анализ объясняет, почему дамба II очереди размывается намного быстрее, чем дамба I очереди. Так, например, у Фарабской прорези 1977 г. дамба I очереди за период с октября 1977 г. по июль 1978 г. размывалась не более чем на 20-25 м в то время, как дамба II очереди за тот период размывалась потоком более чем на 500 м.

Однако для того, чтобы еще больше убедиться в справедливости сделанных выводов рассмотрим к каким результатам приведет анализ теории процессов соединения и деления потоков жидкости. Для анализа будем использовать теорию деления потоков, разработанную А.Я.Миловичем для установившегося, плоского, потенциального движения жидкости [5].

А.Я.Милович рассматривал процесс деления жидкости, когда основной поток, движущийся с постоянной скоростью  $C \mathcal{K} \cos \varphi$  делился и вытекал отделяющейся частью в неподвижную жидкость. Схема такого движения жидкости представлена на рис. 3. При этом поле скоростей движения было следующим:

В пространстве I выше оси OX (или плоскости щели OA):

$$\left. \begin{aligned} v_x^I &= C \left( \mathcal{K} \cos \varphi + \varepsilon n \frac{R_1}{R_2} \sin \varphi \right) \\ v_y^I &= -C \theta_0 \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (I, a)$$

В пространстве II ниже оси OX между вихревыми слоями:

$$\left. \begin{aligned} v_x^II &= C \left( 2\mathcal{K} \cos \varphi + \varepsilon n \frac{R_1}{R_2} \sin \varphi \right) \\ v_y^II &= -C (2\mathcal{K} - \theta'_0) \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (I, б)$$



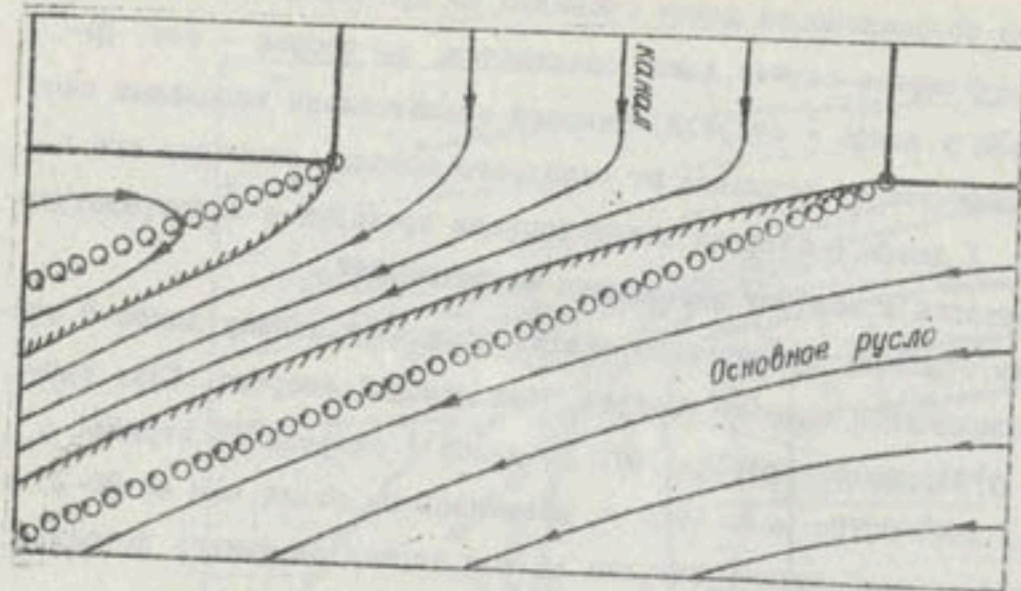


Рис. 3. Движения жидкости при слиянии потоков, описываемых формулами (см. 2, а, б)

В пространстве III и IV ниже оси OX за вихревыми слоями:

$$\left. \begin{aligned} v_x^{III} &= C \ln \frac{R_1}{R_2} \sin \varphi \\ v_y^{III} &= C \theta_0' \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (I, в)$$

где  $v_x$  и  $v_y$  — проекции скорости в точке  $m$  на оси координат (соответственно на OX и OY),

$C$  — напряженность вихревых слоев;

$\varphi$  — угол между направлением основного потока и направлением вытекающей струи;

$R_1$  и  $R_2$  — расстояния от рассматриваемой точки  $m$  до краев щели A и C;  $R_1^2 = y^2 + (x-e)^2$ ,  $R_2^2 = y^2 + x^2$ ;

$x$  и  $y$  — координаты рассматриваемой точки  $m$ ;

$\theta_0$  — угол, под которым видна ширина щели  $e$  из рассматриваемой точки  $m$ ,  $\theta_0 = (\pi - x_1) - x_2 = \arccos \frac{y}{x-e} - \arccos \frac{y}{x}$

Точный чертеж всего течения, описываемого полем скоростей (I а, б, в) при  $\varphi = 35^\circ$ ; имеется в работе [5].

**Движение жидкости без особого труда можно представить** в другое, аналогичное тому, которое мы можем иметь у отсечной дамбы в случае деления потока около нее (применительно к нашим условиям — дамбы II очереди; рис. 2, б). Для этого, используя свойства потенциального движения, заменяем линии предельных токов в пространстве II неподвижными стенками. В результате получаем движение между этими стенками, как движение жидкости в канале, отвечающем от основного потока. Чтобы оценить разрывающую способность потока у отсечной дамбы, необходимо проанализировать изменение скоростей течений у стенки CD, т.е. там, где она располагалась дамба. Для этого воспользуемся формулами (I, а):

$$\begin{aligned} v_x^I &= C (\pi \cos \varphi + \ln \frac{R_1}{R_2} \sin \varphi); \\ v_y^I &= -C \theta_0 \sin \varphi = -C (\pi - \alpha_1 - \alpha_2) \sin \varphi. \end{aligned}$$

На плоскости стенки CD имеем  $R_1 = e + x$ ;  $R_2 = x$ ;  $\alpha_1 = 0$ ,  $\alpha_2 = \pi$ , поэтому:  $v_x = C (\pi \cos \varphi + \ln \frac{e+x}{x} \sin \varphi)$ ,

$$v_y = -C (\pi - 0 - \pi) \sin \varphi = 0.$$

Значит на плоскости стенки CD или близко от нее,  $v_y = 0$ , или пренебрежимо мало. Другая составляющая  $v_x$  складывается из скорости основного потока плюс  $\ln \frac{e+x}{x} \sin \varphi$ , которая больше нуля.

Таким образом, если основной поток (скажем поток прорези) имеет большие скорости, способные размыть дамбу, то при делении скорости течения у дамбы еще больше усиливаются (на  $\ln \frac{e+x}{x} \sin \varphi$ ), что естественно, увеличивает разрывающую способность, т.е. размыв дамбы.

Теперь рассмотрим процесс соединения потоков, для чего в нашу



расчетную схему (см. рис. 3), а именно, в пространство ниже оси ОХ введем еще один поток-равномерный прямолинейный со скоростью течения. Поле скоростей, в этом случае, будет выражаться следующими зависимостями для пространства ниже оси ОХ:

$$\left. \begin{aligned} v_x^H &= C(2\pi \cos \varphi + \epsilon n \frac{R_1}{R_2} \sin \varphi) - v_0 \\ v_y^H &= -C(2\pi - \theta_0') \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (2, a)$$

$$\left. \begin{aligned} v_x^H &= C \epsilon n \frac{R_1}{R_2} \sin \varphi - v_0 \\ v_y^H &= -C \theta_0' \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (2, b)$$

По полученным формулам скоростей течения (см. рис. 2, а, б) простым интегрированием можно определить функцию течения в пространствах II, III, IV.

Не останавливаясь подробно на этих вычислениях, так как они **второстепенные для нашего анализа**, из окончательно полученного движения находим поле скоростей (см. рис. 2, а, б) в определенной мере отражает условие движения жидкости при слиянии потоков.

Теперь перейдем к анализу изменения скоростей течений у стенок ОД, т.е. в том месте, где примыкает дамба. Скорости в этом пространстве определяются формулами (см. рис. 2, б). На плоскости стенок имеем:  $R_1 = x + \epsilon$ ;  $R = x$ ;  $\theta_0' = 0$ ,

$$\left. \begin{aligned} v_x^H &= C \epsilon n \frac{x + \epsilon}{x} \sin \varphi - v_0 \\ v_y^H &= -C \theta_0' \sin \varphi = 0 \end{aligned} \right\} \quad \text{поэтому:} \quad (3)$$

Отсюда видно, что скорость основного потока  $v_0$  в случае слияния потоков жидкости у дамбы **сокращается** на величину  $C \epsilon n \frac{x + \epsilon}{x} \sin \varphi$  что, вероятно, и является одним из решающих факторов, уменьшающих размыв дамбы.

Из формулы (3) к тому же видно, что скорость дамбы **снижается**

в случае увеличения  $2\pi \frac{x + \epsilon}{x} \sin \varphi$ , что возможно при соблюдении трех условий:

- 1 когда угол слияния потока стремится к прямому ( $\varphi \approx 90^\circ$ ), потому что тогда  $\varphi \approx 1,0$ , т.е. принимает наибольшее значение;
- 2 ширина цели  $\epsilon$  должна быть больше принимаемых значений  $x$ , т.к. тогда будет большим и логарифм отношений;
- 3 при достаточно больших значениях напряженности вихревых слоев, т.е. скорости вытекающей струи.

Таким образом, изложенный выше анализ процессов деления и соединения потоков в определенной мере объясняет, почему в первом случае (случай деления) дамба размывается быстрее, чем во втором (при соединении потоков).

## Выводы

Для борьбы с дейгишем весьма эффективно применяются искусственные прорезы, спрямляющие излучины р. Амударьи.

Вторая схема русловыправительных работ, включающая в себя перекрытие старого русла несколькими рядами дамб более надежное, менее требовательное к топографическим условиям и, в конечном итоге, более эффективное противодействующее мероприятию, чем первая схема, где перекрытия не производят.

Для повышения срока службы прорезы, целесообразно при возведении отсечных дамб располагать их так, чтобы траншея канал была выше по течению от них.



1. Аннаев С. А., Аширов С. А., Аширов А., Кречко А. В., Аллабердиев А. Изучить процессы разрушения берегов (дейгиша) реки Амударьи и Каракумского канала и разработать мероприятия по их защите. Научно-технический отчет (заключительный). (рукопись). Фонды ТуркменНИИГим, Ашхабад, 1974.

2. Голубев Н. К., Стеценко Н. Р. Технология гидромеханизированных работ по защите берегов реки Амударьи от дейгиша. Чарджоу, 1974.

3. Кречко А. В. Исследование работы русловыправительной прорези в районе канала "Берзен". Научно-технический отчет (рукопись). Фонды ТуркменНИИГим, Ашхабад-Чарджоу, 1975.

4. Кречко А. В. Изучение работы прорези, расположенной на территории колхоза им. Халтурина. Научно-технический отчет (рукопись). Фонды ТуркменНИИГим, Ашхабад-Чарджоу, 1976.

5. Милович А. Я. Теория динамического взаимодействия тел и жидкостей. М.-Л., Госэнергоиздат, 1940.

УДК 627.141.1

В. Н. Коробов

# К ВОПРОСУ О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

В Туркменской ССР горы занимают 10% всей площади (134,8 тыс. км<sup>2</sup>).

Характерная особенность горных областей Туркменистана - широкое развитие здесь селевых процессов, ежегодно наносящих народному хозяйству республики значительный ущерб. Размеры материального ущерба в среднем за один год - 1-2 **млн. рублей**.

По условиям формирования стока, вся территория республики может быть разделена на 6 районов:

- 1 Восточный Копетдаг
- 2 Центральный Копетдаг
- 3 Юго-Западный район Копетдага
- 4 Западный Копетдаг и Малый Балхан
5. Большой Балхан
- 6 Горная цепь Кугитанг-Тау

Около 176 водотоков селевого характера выявлено на территории ТССР менее чем за 100 лет (с 1888 г.) наблюдения за селями, хотя в горных районах формируется сток - 241 водотока. За это вре-



ия отмечено более 600 случаев селей. Следует так же иметь в виду, что многие горные районы Туркменистана исследованы далеко недостаточно в селевом отношении, а прошедшие там сели не были учтены.

Горные системы СССР-молодые. Здесь энергично протекают тектонические, денудационные и эрозионные процессы, способствующие накоплению и перемещению огромного количества рыхлообломочного материала, сосредоточенного, главным образом, в верхних зонах гор. Обычно формирование рыхлообломочного материала связано с участками распространения сильно трещиноватых пород, образовавшихся в зонах тектонических дробления.

В перемещении этого материала вниз по склонам и тальвегам, кроме гравитационного сноса участвуют вода, снежные лавины и селевые потоки [1]. Наибольшей селевой активностью отличаются верхние притоки главной реки. Уклоны склонов и тальвегов здесь достигают наибольших значений.

В верховьях главной реки обычно сосредоточены основные селевые очаги, являющиеся накопителями рыхлообломочного материала, заполняющего днище селевых очагов и образующего так называемый потенциальный селевой материал. Потенциальный селевой материал, находясь в состоянии неустойчивого равновесия (вследствии залегания на крутых склонах и в тальвегах селевого очага), при значительном увлажнении может прийти в движение, давая начало формированию селевого потока.

Протяженность 72 селевых русел, которые удалось измерить по имеющимся для Туркменистана картам, характеризуется таким образом, что в диапазоне от 5-50 км находятся 80% всех измеренных селеопасных русел.

В горных районах Средней Азии и Казахстана образование селей обусловлено многими причинами [2]. Основные из них - дожди и деятельность ледников, прорыв высокогорных озер, искусственных водо-

хранилищ, временных водоемов, образованных оползневыми и завальными запрудами, лавинами, землетрясения, деятельность человека (бессистемный вынос скота, вырубка леса, распашка склонов и т.д.).

По нашим натурным данным (1972-78 гг.), а также по имеющимся наблюдениям в УГИС СССР, на территории Туркменистана 90% всех зарегистрированных селевых потоков сформированы за счет выпадения ливневых дождей. Причем их образованию предшествовал, как правило, ливень с интенсивностью, иногда не превышавшей - 0,8 мм/мин. (13-14 апреля 1969 г. в Ашхабаде прошел дождь с максимальной интенсивностью 0,18 мм/мин и вызвал небывалые за последние 83 года селевые потоки по всем догам имевшим выход на город. Многие исследователи приводят цифру "необходимого" количества жидкости осадков для формирования селеопасного стока при "среднем" состоянии почвогрунтов - 30 мм за дождь.

С точки зрения генезиса селевые потоки на территории республики формируются обычно после выпадения ливневых дождей и сопровождаются грозами. Нельзя исключать и другие причины образования селей: обложной дождь, снеготаяние, выпадение дождя и одновременно с этим снеготаяние, но это факторы второстепенные. Хотя при определенных погодных условиях (и наличии в русле потенциального селевого материала) они могут стать причиной формирования селевого потока катастрофического характера.

Пример формирования селей катастрофического характера - потоки, прошедшие в республике в 1969 г., когда средняя высота снежного покрова достигала 30 и более см, а сумма выпавших осадков составила 3-5 нори, но подобные явления в Туркменистане весьма редкие и с 1900 г. не наблюдались. Горные селевые потоки, сформировавшиеся после выпадения ливневых дождей, проходят почти ежегодно. Среднее значение количества селевых потоков, приходящееся на один год имеющихся наблюдений - 12,0.



В связи с тем, что в горных районах республики нет бассейнов с современным оледенением сели гляциального происхождения не зарегистрированы.

Говоря о внутригодовом распределении селей можно отметить, что около 60% этих потоков проходят по логам в апреле-мае около 30% в июне-августе, а остальные 10% селевых потоков - оставшиеся месяцы года [3]. Такая статистика типична для условий республики, причем наибольшее число случаев прохождения селей наблюдается с апреля по август. Этот период (апрель-август) можно также разделить на два: весенний (апрель-май); летний (июнь-август).

На территории ТССР имели место грязескаменные, грязевые и водные наносонесущие селевые потоки. Причем 90% из всех - водные наносонесущие селевые потоки. Типичный случай прохождения водного наносонесущего селевого потока был 7-8 мая 1972 г., лог. Большие Каранги и Гяи. Примерный гранулометрический состав селевой массы определен анализом из отобранной селевой массы по обоим логам.

Таблица I

Механический анализ проб, отобранных по логам Гяи и Большие Каранги

| Наименование образца | Фракция, % |              |              |               |                |          |
|----------------------|------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------|
|                      | 1-0,25 мм  | 0,25-0,05 мм | 0,05-0,01 мм | 0,01-0,005 мм | 0,005-0,001 мм | 0,001 мм |
| Лог Гяи              | 11,44      | 19,10        | 27,13        | 10,29         | 17,34          | 14,70    |
| Лог Б.Каранги        | 12,11      | 28,35        | 23,80        | 11,60         | 11,20          | 12,94    |

Для наглядности сказанного приводим данные разных лет наблюдения [4], дающие представления об основных параметрах потоков, проходящих на территории республики.

Таблица 2

Основные параметры селевых потоков

| Название лога          | Дата прохождения<br>днем | $V_{\text{ср.}}$ , л/с | $\rho$ , т/м <sup>3</sup> | $R$ , (м) | $C$ , ( $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ ) | $w$ , (м <sup>2</sup> ) | $Q_0$ , м <sup>3</sup> /с | $i$    | $w$ , л/с | $f_c$ , т/м <sup>3</sup> |
|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------|-----------|--------------------------|
| Арваз                  | 20.V.72                  | 6,25                   | 0,328                     | 0,712     | 56,8                                    | 161,1                   | 1005,9                    | 0,017  | 0,0011    | 1,21                     |
| Нухур                  | 27.VI.75                 | 6,5                    | 0,120                     | 1,1       | 43,3                                    | 153,6                   | 998,4                     | 0,020  | 0,0045    | 1,07                     |
| Фирюза                 | 7.VI.76                  | 7,0                    | 0,447                     | 1,04      | 37,1                                    | 34,9                    | 244,3                     | 0,029  | 0,0036    | 1,28                     |
| ул. Худайбер-<br>дыева | 8.V.76                   | 6,7                    | 0,056                     | 0,65      | 53,4                                    | 7,5                     | 50,3                      | 0,0056 | 0,0006    | 1,04                     |
| Арваз                  | 25.V.76                  | 5,33                   | 0,124                     | 0,70      | 48,5                                    | 5,31                    | 28,3                      | 0,018  | 0,0031    | 1,08                     |



Такое большое количество наносонесущих водных селевых потоков объясняется отсутствием селевых очагов и потенциальной селевой массы ~~вследствие~~ выноса материала предыдущим селем.

Определение типа селевого потока — задача весьма сложная и зависит от многих факторов. Даже опытные исследователи часто не в состоянии, особенно, визуально определить тип селевого потока, если, скажем, в наличии только следы его происхождения. Однако вопрос этот в значительной степени становится определенным, если тип селевого потока приходится определять в период его прохождения по руслу горного водотока.

В лаборатории ГТС ТуркменНИИГТим в 1976-1977 гг. на основании многолетних натурных наблюдений разработана методика определения типа селевого потока (по натурной или расчетной величине объемного веса) не только в период его прохождения по руслу горного водотока, но и по следам селевых отложений [5].

По натурным данным установлено, что водные наносонесущие селевые потоки обычно образуются в бассейнах горных водотоков, где имеются значительные площади водосборов с сильно обнаженными склонами (склоны гор, не подверженные эрозии на территории ТССР, составляют менее 10% [6]), а потенциальная селевой массы содержится весьма незначительное количество. Примеры водных наносонесущих селевых потоков можно почти ежегодно наблюдать на р. Фирвзинке, где формирование других типов селевых потоков мало вероятно, в связи с уменьшением запасов рыхлообломочного материала, лучшей залесенностью и задернованностью склонов и тальвега.

В основном же растительность гор ТССР травянисто-кустарниковая, имеет вертикальную западность; лесопокрытая площадь — 2% от общей площади гор (преимущественно арча) [6]. Водные наносонесущие селевые потоки — особое явление материального мира со своими свойствами, особенностями и присущими только им законами. Поэтому для

более глубокого изучения процессов формирования селевых потоков, прогнозирования момента их образования, а так же для разработки способов их регулирования и создания рациональных противоселевых сооружений необходимо развернуть широкую сеть исследований по Программе, разработанной Селевой комиссией СССР, где предусматривалось бы для условий республики организация шести опорных пунктов наблюдений.

## Выводы

Установлено, что на территории республики основной фактор формирования селевых потоков — осадки, выпадающие весной. Наибольшее их количество (60%) приходится на апрель-май.

В Туркменской ССР среди всех зарегистрированных в горных районах потоков селевых или водных — 90% ~~водных наносонесущих селевых~~ потоков.

## Литература

1. Калеецкая И. С., Авсюк Г. А., Матвеев С. Н. Горы Гис-Восточного Казахстана. Алма-Ата, КазСАН, 1945.
2. Раушенбах Н. О. Некоторые вопросы генезиса селей в Казахстане и Средней Азии. — Тр. КазНИГМИ, 1969, вып. 18.
3. Шошкин З. Н., Джуманизов К. Селевые паводки в горных районах Туркмении. В кн.: **Работы Англоазиатской гидрометеорологической обсерватории.** Ашхабад, Илим, 1972, вып. 7.



4. Отчет ТНИИГиМ - "Разработать и внедрить новые типовые и усовершенствовать существующие конструкции противоселевых сооружений". Ашхабад, 1977.

5. К о р о б о в В. Н. Определение типа селевого потока. Инфор.листок № 139 (24202) ТуркмениНТИ Госплана ТССР, Ашхабад, 1976.

6. Г о п п е А. А. Ливнезащитные мероприятия на Каракумском канале им. В.И.Ленина. Тезисы доклада научно-технического совещания по вопросам повышения эффективности комплексного использования земельно-водных ресурсов в зоне Каракумского канала им. В.И.Ленина. Ашхабад, 1967.

УДК 65.011.56:626.8

А.Т.Белоус, А.И.Мищенко

### КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЛОКАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

Комплекс технических средств локального контроля и регулирования КТС ЛКиР "Ашхабад" - составная часть аппаратуры общей схемы автоматизации водораспределения на протяженных оросительных системах, описанной в работе [1].

КТС ЛКиР "Ашхабад" включает:

цифровой датчик технологических параметров, оцифрованный в коде Грея; цифровой дискретный регулятор пропорционального типа с коррекцией длительности управляющего импульса по перепаду уровня верхнего и нижнего бьефов гидротехнического сооружения; цифровое запоминающее устройство с нестираемой, в отсутствие электроэнергии, памятью, используемое в качестве задатчика регулятору.

КТС ЛКиР обеспечивает: цифровое измерение технологических параметров, представляющих линейные и угловые перемещения при контроле объектов средствами телемеханики; цифровое регулирование объектов, в том числе и объектов с запаздыванием; цифровое задание уставки средствами телемеханики.



Цифровые датчики технологических параметров, используемые в составе КТС ЛМР, описаны в работе [2]. Лучшим среди них - кодовый преобразователь уровня жидкости, выполненный на основе кодовой линейки, оцифрованной в коде Грея. Этот датчик обладает наименьшим моментом трения среди известных датчиков, что повышает точность измерений, медленно изменяющихся значений уровня воды. Однако он имеет значительные геометрические размеры, создающие определенные трудности при использовании его в качестве датчика положения затворов гидротехнического сооружения.

Универсальным в этом отношении является датчик, выполненный по типу счетчика, шкала которого оцифрована также в коде Грея. Для длительных испытаний и конструктивная доработка требует более детального его описания. Датчик содержит ходовые колеса, соединяемые между собой механизмом дискретного переключения. Отличительная особенность этого датчика заключается в необходимости переключения кодовых колес старших разрядов кода кодовыми колесами младших разрядов кода с помощью механизма дискретного переключения два раза за каждую половину оборота кодового колеса младших разрядов кода, через каждую половину его оборота, что обусловлено структурой кода Грея, которой оцифрованы кодовые колеса универсального датчика.

Применение кода Грея для оцифровки кодовых колес и механизма дискретного их переключения, осуществляющего переключение кодовых колес через каждую половину оборота, позволило создать цифровые датчики без применения средств согласования отсчетов, что значительно упрощает их по сравнению с известными и исключает грубые ошибки считывания при использовании безысходного кода.

Для обеспечения этих преимуществ на кодовые колеса датчика за-

писывается требуемое число разрядов кода Грея без старшего разряда. Старший же разряд используется только на кодовом колесе старших разрядов и записывается лишь для удобства расположения устройств считывания кода, так как без его записи на одной кодовой дорожке необходимо устанавливать 2 элемента считывания кода, сдвинутые на  $90^\circ$  друг относительно друга, что в некоторых случаях неприемлемо.

Поясним это на простейшем примере. Пусть на кодовое колесо требуется записать 3-разрядный код Грея:

0 0 0  
0 0 1  
0 1 1  
0 1 0  
1 1 0  
1 1 1  
1 0 1  
1 0 0

При такой записи второй и третий разряды будут записаны одинаковыми по коду оцифровки, сдвинутыми на  $90^\circ$ . Таким образом, при необходимости, старший разряд кода может быть сохранен лишь на колесе старших разрядов кода. Для образования кода Грея в многооборотном датчике, на кодовых колесах младших разрядов кода достаточно записать двух младших разрядов. Поэтому старший разряд кода на этих колесах не записывается и не считывается. Коммутация кодовых колес старших разрядов кодами младших разрядов кода осуществляется в момент перехода младших кодовых колес от комбинации 10 к комбинации 10 и от комбинации 00 к комбинации 00, чем и обеспечивается безошибочность считывания кода, так как в этот момент на смежном колесе старших разрядов код изменяется на одну соседнюю комбинацию, отличающуюся от предыдущей лишь в одном разряде кода.



Для выполнения требования ГОСТа по диапазонам измерений предложено две модификации универсального цифрового датчика:

а) 9-разрядный, с двумя кодовыми колесами, обеспечивающий диапазон измерения 0-4 и через каждый сантиметр (512 уровней квантования),

б) 10-разрядный датчик с тремя кодовыми колесами, обеспечивающий диапазон измерения 0-10 и через каждый сантиметр (1024 уровней квантования).

Кроме того, для обеспечения ведомственных измерений (измерение уровней воды в водохранилищах) предусмотрен 13-разрядный датчик с тремя кодовыми колесами, обеспечивающий диапазон измерения 0-80 и через каждый сантиметр. Этот датчик получается добавлением одного кодового колеса к 9-разрядному датчику.

Конструктивно, обе модификации имеют одинаковое исполнение. Однако датчик по п. б), как имеющий 32 уровня квантования на каждом диске, может быть упрощен за счет исключения зубчатой передачи, так как в этом случае применение шкива диаметром 102 мм обеспечивает достаточный момент для надежного переключения кодовых колес. Это позволяет совместно устанавливать кодовые колеса и шкивы для помывки и противовеса. При использовании иного, более мощного привода, таким же образом может быть выполнен и 10-разрядный датчик.

Размеры кодовых колес определяются применяемым типом устройства считывания кода, а так же степенью сложности изготовления механизма переключения. Исходя из этих соображений, оптимальной оказалась длина кодовой шкалы в 1 см на шаг квантования. При этом для датчика по п. а) диаметр кодовой шкалы составляет 102 мм. Такой же диаметр (неоптимальный) принят и для датчика по п. б). При этом, зубчатые колеса механизма переключения для датчика по п. а) содержат 64 зуба, а диаметр 8-зубой шестерни равен 15 мм, а для датчика

по п. б) соответственно 32 и 30 мм.

Для обеспечения надежной работы датчика в условиях повышенной влажности применено бесконтактное считывание информации с кодовой шкалы преобразователя. Съем информации осуществляется с магнитоуправляемых контактов [3]. Однако в отличие от известного способа считывания информации, при использовании которого кодовая шкала содержит магнитные участки, разделенные диамагнитными зазорами, в данном датчике для управления герконами применены подвижные магниты, а кодовые дорожки шкал состоят из ферромагнитных участков, фиксированных постоянными магнитами. Это повысило разрешающую способность датчика, а для повышения помехозащищенности при воздействии внешних магнитных полей и для исключения влияния смежных подвижных магнитов на работу герконов, в данном датчике осуществляется их магнитное экранирование [4].

Конструктивные особенности элементов датчика отображены на рис. 1. Датчик содержит кодовые колеса 1, соединенные между собой механизмом дискретного переключения 2, включающим зубчатое колесо 3, шестерню со орезанными через один зубьями 4, 4-зубую шестерню 5 и диск с двумя впадинами 6. Шкалы кодовых колес 1 нанесены участкими 7 ферромагнитного материала. Элементы считывания 8 имеют магниты 9 для бесконтактного считывания информации и магниты 10, управляющие герконом 11, размещенном в магнитном экране 12. Притяжение магнита 9 к ферромагнитному участку 7 ведет к размыканию геркона, а его отброс при выходе за пределы этого участка - к замыканию. Для лучшего отбрасывания магнитов 9, концы ферромагнитных участков 7 фиксированы магнитами 13, направляемыми одноименными полюсами в сторону того же полюса магнита 9.

Заметим, что для удобства использования датчика совместно с цифровым регулятором, замкнутое состояние геркона определяет кодовый символ "0", а разомкнутое - символ "1".



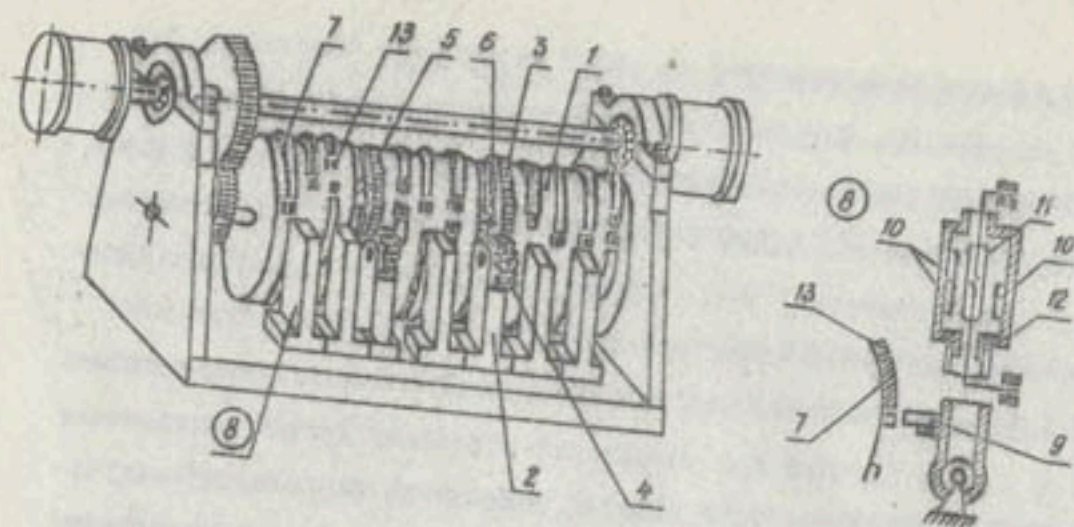


Рис. 1. Устройство цифрового датчика уровня

### Цифровой авторегулятор

Цифровой авторегулятор представляет специализированное вычислительное устройство, которое через интервалы времени, определяемые программным устройством (блоком управления) осуществляет опрос датчика, вычисление модуля и знака величины рассогласования, преобразование модуля величины рассогласования в пропорциональную длительность управляющего импульса, обеспечивающего устранение рассогласования и, при необходимости, коррекцию длительности импульса по выбранному параметру (перенаду уровня в верхнем и нижнем бьефах гидротехнического сооружения).

Блок-схема регулятора приведена на рис. 2. Регулятор включает цифровой датчик ЦД, цифровой задатчик ЦЗ, блок промежуточной памяти БПП, преобразователь кода Грея в двоичный ПКГ, двоичный сумматор по числу разрядов кода ДС, преобразователь "цифра-длительность импульса" ПЦД, блок зоны нечувствительности БЗН,

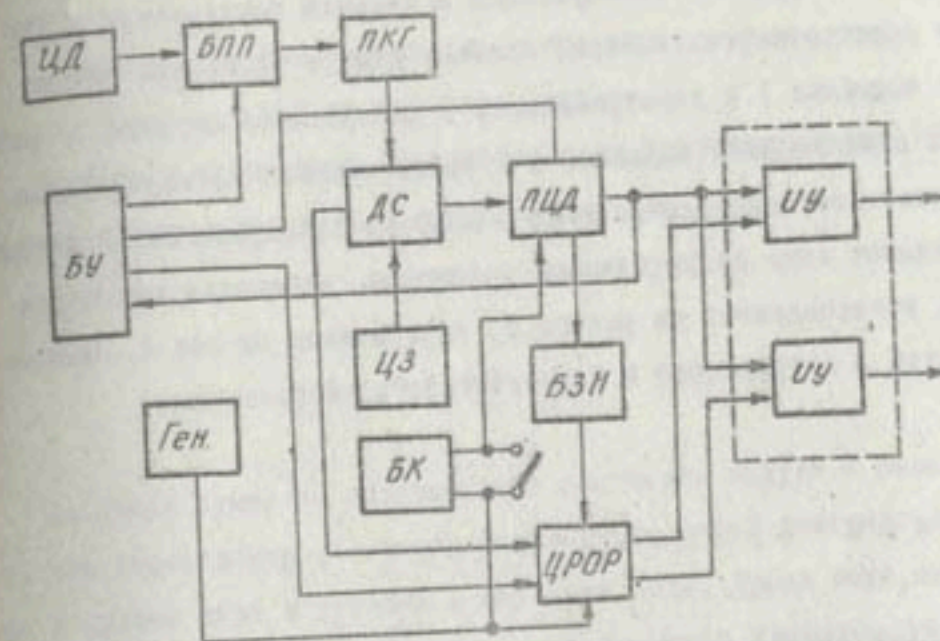


Рис. 2. Блок-схема цифрового авторегулятора  
цепи разрешения отработки рассогласования ЦРОР, управления БУ,  
и по требованию - блок коррекции БК.

### Цифровой задатчик

Рассматривались 2 варианта задатчика:  
а) задатчик на D-триггерах с аккумулятором в буферном режиме;

б) задатчик на магнитоуправляемых контактах, управляемых постоянными магнитами, устанавливаемыми электромагнитом в одно из двух устойчивых состояний. Принят вариант задатчика на магнитоуправляемых контактах [5], как не требующий

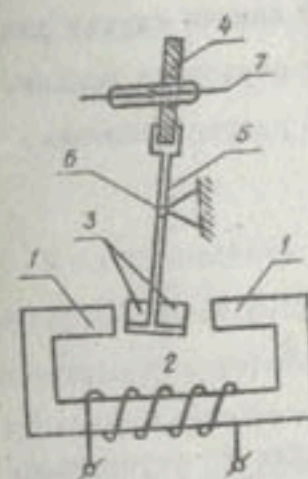


Рис. 3. Запоминающее устройство



обслуживания в процессе эксплуатации и имеющий нестираемую в отсутствие электроэнергии память. Элемент памяти изображен на рис. 3.

Между полюсами 1 и электромагнита 2 расположены магниты 3, направленные одноименными полюсами в сторону полюсов электромагнита. В зависимости от направления тока в обмотке электромагнита, магниты 3 принимают одно из устойчивых положений, перемещая кольцевой магнит 4, установленный на рычаге 5, укрепленном на оси 6. Положение магнитов 3 сохраняется и в отсутствие электроэнергии.

### Блок промежуточной памяти

Блок промежуточной памяти выполнен на Д-триггерах, Д-входы которых соединены с делителями напряжения, параллельно одному ~~сопротивлению~~ подсоединены магнитоуправляемыми контактами датчика. При замкнутом контакте с датчика считывается кодовый символ "0", так как этот контакт замыкает сопротивление делителя. Запись показаний датчика в блок промежуточной памяти осуществляется импульсом от блока управления. Блок промежуточной памяти служит для исключения ошибок, которые могут возникнуть при отработке рассогласования за счет изменения в этот момент знака рассогласования.

### Преобразователь кода Грея в двоичный

Преобразователь выполнен на сумматорах по модулю 2, осуществляющих операции:

$$a_n = b_n$$

$$a_{n-1} = a_n + b_{n-1}$$

$$a_{n-2} = a_{n-1} + b_{n-2},$$

где  $a_n$  - n-тый разряд двоичного кода;

$b_n$  - n-тый разряд кода Грея.

Благодаря применению преобразователя комбинационного типа, полнотой исключаются ошибки преобразования.

### Двоичный сумматор

Двоичный сумматор обеспечивает получение модуля и знака величины рассогласования. На вход сумматора подается измеренная величина в прямом коде и уставка в обратном коде. Кроме того, для получения дополнительного кода, на вход "перенос младшего разряда" подается 1. На выходе сумматора ~~образуется~~ разность между измеренной датчиком величиной и уставкой и знак этой разности. Модуль величины рассогласования используется для получения длительности управляющего импульса, а знак величины рассогласования определяет направление его отработки - "поднять" или "опустить".

### Преобразователь цифра - длительность импульса

Преобразователь "цифра - длительность ~~импульса~~" служит для преобразования модуля величины рассогласования в пропорциональную длительность управляющего импульса. В качестве преобразователя используется реверсивный счетчик, управляемый генератором тактовых импульсов и знаковых выходов двоичного сумматора. Входы "запись числа" реверсивного счетчика соединены с выходами соответствующих разрядов двоичного сумматора. Разрешение на запись поступает от



блока управления.

В зависимости от знака рассогласования, тактовые импульсы поступают либо на вход "суммирование", либо на вход "вычитание" реверсивного счетчика. Инверсные выходы всех разрядов счетчика объединены схемой "И-НЕ", выход которой соединен через согласующие цепи с цепями разрешения отработки рассогласования и цепями сброса реверсивного счетчика. После устранения рассогласования, сигнал, поступивший со схемы "И-НЕ", перечисленные схемы устанавливаются в исходное состояние.

В качестве генератора тактовых импульсов используются сигналы делителя частоты, переменным коэффициентом деления которого устанавливается своя тактовая частота для каждого объекта регулирования, чем достигается требуемая длительность управляющего импульса.

В случае необходимости, коррекция длительности управляющего импульса также осуществляется путем изменения тактовой частоты генератора в зависимости от величины выбранного параметра коррекции.

### Б л о к   з о н ы   н е ч у в с т в и т е л ь н о с т и

Блок зоны нечувствительности служит для повышения устойчивости системы автоматического регулирования уровня при воздействии случайных помех, например, ветра. Рассогласование, лежащее в пределах зоны нечувствительности, регулятор не обрабатывает. При отработке рассогласования, вышедшего за пределы зоны нечувствительности, регулятором вырабатывается длительность управляющего импульса, стремящаяся свести рассогласование к нулю, т.е. установить регулируемую величину в середину зоны нечувствительности. Зону нечувствительности образуют устройства, выдающие разрешающий сигнал только после превышения заданной величины рассогласования. В данном

регуляторе для этой цели используются две схемы "И", соединенные согласующими элементами с цепями разрешения отработки рассогласования. Установленная зона нечувствительности составляет  $\pm 1$  см.

### Ц е п и   р а з р е ш е н и я   о т р а б о т к и р а с с о г л а с о в а н и я

Цепи разрешения отработки рассогласования служат для предотвращения ложного включения исполнительного механизма, а так же обеспечивают получение длительности импульса, в точности отвечающей модулю величины рассогласования.

Цепи разрешения отработки рассогласования включают 3 триггера и 2 схемы "И": 2 триггера определяют направление отработки рассогласования, а 3-й - начало отработки.

Для образования сигнала разрешения необходимыми условиями являются: а) величина рассогласования, модуль которого превышает установленную зону нечувствительности; б) запись знака рассогласования в один из триггеров направления отработки рассогласования.

При выполнении этих условий, разрешающий сигнал с блока управления опрокидывает триггер разрешения отработки рассогласования и осуществляется его отработка - исполнительный механизм включает рабочий орган на время, равное длительности управляющего импульса, опуская его или поднимая, в зависимости от знака рассогласования.

### Б л о к   у п р а в л е н и я

Блок управления обеспечивает последовательность операций, выполняемых блоками цифрового регулятора. Он содержит реле времени, вы-



рабатывающее последовательно сигналы, обеспечивающие выполнение следующих операций: а) длительность паузы цикла регулирования; б) контрольный сброс всех блоков регулятора; в) запись показания датчика в блок промежуточной памяти; г) запись модуля величины рассогласования в преобразователь "цифра — длительность управляющего импульса"; д) разрешение на отработку величины рассогласования.

В качестве реле времени используется счетчик, вход которого соединен с генератором тактовых импульсов.

Испытание комплекса технических средств локального контроля и регулирования КТС и ЛКИР "Ашхабад", проводившиеся в течение 1977-78 гг. показали его преимущества в подборе параметров настройки, отвечающих конкретным параметрам регулируемого органа (скорости изменения затворов ГТС), в быстродействии и точности регулирования, а так же в повышении устойчивости системы автоматического регулирования при воздействии внешних помех.

#### Л и т е р а т у р а

1. Белоус А. Т., Сапаров Б. Основные вопросы автоматизации водораспределения на протяженных оросительных системах. В сб.: "Мелиорация земель в Туркменистане. Ташкент, 1978 вып. 4.
2. Белоус А. Т. Цифровые датчики технологических параметров. В сб.: Водохозяйственные исследования в Туркменистане. Ашхабад. Издм. 1977.
3. Белоус А. Т., Рогачевский Л. Я. Преобразователь "угол-код", авторское свидетельство № 449362.
4. Белоус А. Т., Рогачевский Л. Я. Преобразователь "угол-код", авторское св. № 576579.
5. Белоус А. Т., Миденко А. И. Запоминающее устройство, авторское свидетельство № 510745.

УДК 626.81

А. Кулов

### АКТУАЛЬНОСТЬ ХОЗРАСЧЕТА В ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Один из важнейших показателей научно-технического прогресса в орошении — рациональное потребление водных ресурсов. В масштабе Союза на долю орошения уже сейчас приходится примерно половина потребляемой воды. В зоне Каракумского канала на орошение используется более 90% стока, значит основным потребителем воды являются сельскохозяйственные предприятия. Строятся закрытые системы, а магистральные каналы оснащаются противофильтрационными покровами. Реконструируются старые ирригационные системы с целью повышения их коэффициента полезного действия. Уже сегодня известно, что реконструкция систем даже в близком будущем полностью не устранит дефицит водных ресурсов в таких крупных регионах как Средняя Азия и Казахстан. Поэтому необходимо ускорить переброску части стока Сибирских рек.

Эффективность ирригационно-мелиоративных мероприятий можно повысить созданием экономических условий, постоянно стимулирующих снижение потерь оросительной воды. Более действенной и конкретной фор-



ной стимуляции может стать перевод оросительных систем на хозрасчет.

Использование воды, особенно в вегетационный период убедительно показывает, что без применения таких экономических рычагов как хозрасчет, орошение не дает необходимого эффекта. На современном этапе развития орошения, особенно в зоне Каракумского канала, где осуществляется широкое освоение целинных и залежных земель, вопросы хозрасчета приобретают особую актуальность. Анализ производственной деятельности управлений оросительных систем и водопотребителей показывает, что существуют различные формы хозрасчетных отношений между государственными оросительными системами и водопотребителями.

При элементарном хозрасчете или, так называемом внедрении элементов хозрасчета управления оросительных систем (УОС) находятся в прямой бюджетной финансировании. Вода в пределах плана отпускается хозяйствам бесплатно, а сверхплановый отпуск воды оплачивается водопотребителем из собственных доходов. Хотя и существует такая форма хозрасчетных отношений, но внедрение в производство этой формы менее эффективно, поскольку водопотребители не находятся под контролем и стараются не выявлять сверхплановое получение воды.

При частично хозрасчете УОС снимаются с бюджетного финансирования. Ассигнования на эксплуатацию орошаемых систем перечисляются через районные управления сельского хозяйства, которые, в пределах плана, оплачивают УОСам каждый кубометр поданной воды. Сверхплановое водопотребление оплачивается водопользователями из собственных доходов. По этой форме хозрасчета работают все УОСы Киргизской ССР. На наш взгляд основной недостаток этой формы хозрасчета то, что требуется функционирование посредствующего звена — районных управлений сельского хозяйства. Было бы гораздо луч-

ше, если бы УОСы имели взаимоотношение непосредственно с водопотребителями.

При неполном или компенсируемом хозрасчете УОСы снимаются с бюджетного финансирования и осуществляют свою деятельность за счет поступлений за воду. Расходы колхозов и совхозов за воду, в размере плановых затрат на эксплуатацию и капитальный ремонт систем, возмещаются путем снижения обязательных платежей в бюджет. В результате исследования хозяйств Тедженского (хлопкового направления) и Алхабадского (плодоовощного направления) районов нами доказано, что полностью возмещают стоимость воды в Тедженском районе лишь некоторые передовые хозяйства — колхозы "Правда", "Победа" и совхоз "Теджен". В остальных же хозяйствах стоимость воды возмещается лишь частично, около 50%.

Необходимо отметить, что применение хозрасчета при помощи регулирования обязательных платежей в бюджет не совсем верный путь к переходу на новую систему планирования и экономического стимулирования. Дело в том, что эти платежи — источники дохода госбюджета и предназначаются для финансирования определенных мероприятий народного хозяйства, социально культурных мероприятий и обороны. С другой стороны платежами в бюджет финансовые органы осуществляют контроль за деятельностью хозяйств — водопотребителей по выполнению плана производства, особенно по обеспечении рентабельной работы. Отсюда следует, что внедрение этой формы хозрасчета **невозможно**.

Компенсируемый хозрасчет также осуществляется путем регулирования цен. На сумму издержек по доставке планового объема воды в хозяйства, водопользователям необходимо будет повышать цен: на сельскохозяйственные продукты. Эта форма также имеет крупные недостатки. Переход к хозрасчету путем регулирования цена на сельскохозяйственные продукты сопровождается увеличением себестоимости хлопка и других продуктов сельского хозяйства. Повышение цены на хлопок — сырец



не так заметно, чем на плодосовоющие продукты, непосредственно потребляющиеся населением. С другой стороны регулирование цен является одной из сложных проблем, связанных с многими отраслями (текстильной, легкой, пищевой) народного хозяйства. Научные исследования, проведенные нами в 1975 г., еще раз доказывают сложность ценообразования и переход Уос к хозрасчету путем регулирования цен.

При **п о л н о м** хозрасчете Уосы полностью снимаются с бюджетного финансирования и существуют за счет средств, поступающих за воду. Водопотребители возмещают не только затраты, связанные с содержанием Уос, но и обеспечивают получение плановых накоплений.

Эта форма самая прогрессивная и надежная во многих других отраслях промышленности и строительства. Но в настоящее время переход Уосов на полный хозрасчет не во всех хозяйствах возможен. Имеются трудности, связанные с сезонностью работы оросительных систем. Максимальный объем воды в канале подается в вегетационный период, зимой водоподача резко падает. Зимой Уосы используют для работ по очистке и ремонту сети, связанные с крупными расходами. Доходы же хозрасчетного Уос прямо пропорциональны объему водоподачи. Другая трудность связана с планированием водопользования. Планы водопользования, составленные по так называемым **научно обоснованным** нормам и срокам полива, носят чисто теоретический характер. В результате многочисленных корректировок, связанных с изменением источника орошения, климатических, агротехнических и организационных факторов первоначальный план водопользования изменяется. Кроме того, такое планирование при хозрасчете создает финансовые трудности. В **отдельные** периоды года в результате сложившейся обстановки плановый объем воды не забирается и для Уос создается затруднительное положение, в другие периоды плановый объем воды оказывается недостаточным и водопотребитель должен **оплачивать** сверх-

плановый водозабор. Поэтому планирование водопользования необходимо упростить и приобщить к практике водораспределения. Одна из важнейших задач при внедрении хозрасчета — полное обеспечение сети водомерными приборами, автоматизация, телемеханизация сети. В настоящее время основой учета воды служит русловый метод измерения расхода вертушкой, степень точности которого зависит от частоты измерения состояния канала, квалификации исполнителя и т.д. Измерение расхода вертушкой в крупных каналах связано с большими затратами труда и денежными средствами. Перевод Уос на хозрасчет непосредственно зависит от улучшения водопользования, рационального использования земельных и водных ресурсов, что приведет к увеличению сырьевой и продовольственной базы нашей республики.



УДК 631.879.456:627.744

В.Д. Лях

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ ВИБРОКОВШОВЫМ  
ГРУНТОЗАБОРНЫМ УСТРОЙСТВОМ ЗЕМСНАРЯДА

На гидротехнических и мелиоративных объектах республик Средняя Азии способом гидромеханизации осуществляется строительство и реконструкция отстойников, каналов и коллекторов, возводятся земляные плотины и дамбы, земснаряды практически незаменимы на русловыправительных работах, реконструкции ныне действующих магистральных строительных и осушительных каналов, при очистке ирригационных систем от заиления.

Суммарный объем гидромеханизированных работ, ежегодно выполняемых в Средней Азии — около 180 млн. м<sup>3</sup>, причем вязные наносные отложения и глинистые грунты У-УІ групп разрабатываются земснарядами в объеме 60-70 млн. м<sup>3</sup>, т.е. 35-50% от суммарного объема.

Разработка слежавшихся наносных отложений и глин У-УІ групп в настоящее время ведется только земснарядами типа ЗОС-50 и ДЗР-250, оборудованными фрезами КЛІ, СиОШНІСа, а также открытыми фрезами с зубьями чехословацкого производства. Если месячная производительность ДЗР-250 на строительстве каналов в грунтах III-IV групп находится в пределах 70-95 тыс. м<sup>3</sup>, то в условиях глин она умень-

шается до 30-35 тыс. м<sup>3</sup>, а себестоимость землессной разработки возрастает с 0,55-0,6 р/м<sup>3</sup> до 1,0-1,2 р/м<sup>3</sup>, т.е. практически в 2 раза.

Возможность значительного повышения производительности земснарядов при разработке тяжелых вязных грунтов целесообразно было искать на пути совершенствования ковшовых рыхлителей — питателей, просор грунта в которых практически сведен к минимуму и вследствие "закрытого" всасывания из полости ковша, в нем можно готовить гидросмесь объемной консистенцией не менее 25%, т.е. в достаточной степени загрузить грунтозаборную часть земснаряда. Для снижения тяговых усилий, предохранения поверхностей рабочего органа от налипания на них грунта использован вибропривод. В результате исследований, проведенных в ТуркменНИИГМ изучены закономерности виброрезания вязного грунта, установлены функциональные связи между параметрами изучаемого процесса, разработана конструкция виброрежущего грунтозаборного устройства земснаряда.

Полный расход мощности  $N$  на процесс подводной разработки вязного грунта виброковшовым грунтозаборным органом земснаряда складывается из мощности  $N_T$  на преодоление тягового сопротивления перемещению ковша в забое и мощности  $N_с$  вибропривода ковша.

$$N = N_T + N_с \quad (1)$$

При установившемся движении

$$N_T = \frac{P_T \cdot v_n}{\rho_s} \cdot \text{кВт}, \quad (2)$$

где  $P_T$  — тяговое усилие;

$v_n$  — скорость напильничного;

$\rho_s$  — х.п.д. лебедки.

Значению  $P_T$  можно определить из значения, полученного на базе



$$P_r = 45 \delta h C_{уд} \left( \frac{v_n}{A \omega} \right)^{0.5}, \text{ кН.} \quad (3)$$

где  $\delta$  - ширина ковша;  
 $h$  - толщина срезаемого слоя;  
 $C_{уд}$  - плотность грунта, измеренная плотномером ДорНИИ;  
 $A, \omega$  - амплитуда и частота колебания рабочего органа.  
 Затраты мощности вибратора определяются по выражению:

$$N_{\theta} = \frac{N_{рез.} + N_{\theta c}}{\eta_{\theta}}, \text{ кВт,} \quad (4)$$

где  $N_{рез.}$  - потребная мощность вибратора на разработку грунта;  
 $N_{\theta c}$  - мощность, необходимая на преодоление сопротивления вод-  
 ной среды в процессе колебания ковша;  
 $\eta_{\theta}$  - к.п.д. вибратора.

Численные значения  $N_{рез.}$  и  $N_{\theta c}$  определяются по предлагае-  
 мым зависимостям

$$N_{рез.} = 210 v_n \delta h C_{уд}^{3/4} \left( \frac{v_n}{A \omega} \right)^{1/4}, \text{ кВт;} \quad (5)$$

$$N_{\theta c} = 15 \cdot 10^{-6} \frac{\delta A \omega}{\gamma}, \text{ кВт,} \quad (6)$$

где  $\gamma$  - кинематический коэффициент вязкости воды.

Критерий эффективности работы рыхлителя земснаряда - мощность его привода, отнесенная к 1 м<sup>3</sup>-часовой производительности земсна-  
 рья по грунту. Этот показатель, в частности, дает возможность оп-  
 ределить область оптимального использования виброковшового устрой-  
 ства и провести его сравнение с существующими грунтозаборными ор-  
 ганами, работающими в условиях тяжелых связных грунтов.

Для ковшевого органа удельные энергозатраты  $\alpha$  на вибропривод

могут быть записаны в виде

$$\alpha = \frac{N_{рез.} + N_{\theta c}}{\eta_{\theta} \cdot Q_{гр}}, \quad (7)$$

здесь  $Q_{гр}$  - часовая производительность ковшевого устройства, оп-  
 ределяемая по зависимости

$$Q_{гр} = 3600 v_n \delta h k_{пр}, \quad (8)$$

в выражении (8) скорость папильонирования имеет размерность м/с

$k_{пр} = 0,95$  - коэффициент просора грунта из ковша.

С учетом формул (5), (6) и (8) получаем

$$\alpha = \frac{210 v_n \delta h C_{уд} \left( \frac{v_n}{A \omega} \right)^{1/4}}{3600 v_n \delta h k_{пр} \eta_{\theta}} + \frac{15 \cdot 10^{-6} \frac{\delta A \omega}{\gamma}}{3600 v_n \delta h k_{пр} \eta_{\theta}} \quad (9)$$

Если подставить в полученную зависимость величины  $k_{пр} = 0,95$   
 $\gamma = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , приняв толщину срезаемого слоя грунта  $h =$   
 0,5 м, то энергоемкость процесса чисторезания имеет вид:

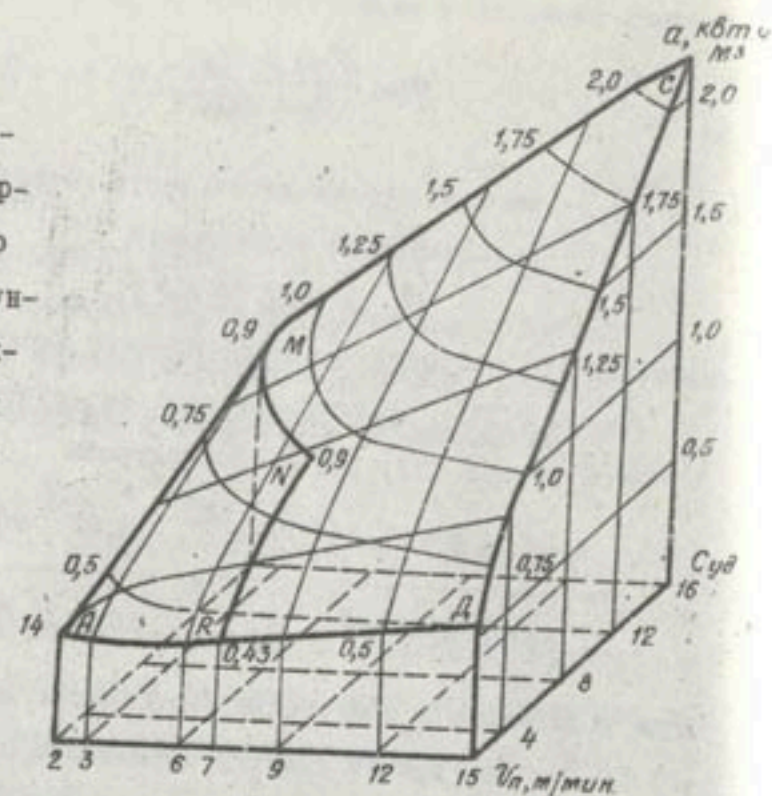
$$\alpha = \frac{0,615 C_{уд}^{3/4} \left( \frac{v_n}{A \omega} \right)^{1/4}}{\eta_{\theta}} + \frac{0,008 A \omega}{v_n \eta_{\theta}} \quad (10)$$

Полученное выражение сделало возможным анализировать удельные энер-  
 гозатраты по скорости резания и прочностным свойствам грунта. По  
 зависимости (10) проведены соответствующие вычисления, позволив-  
 шие построить фигуру  $\alpha = f(v_n, C_{уд})$ , изображенную на рис. 1.  
 Поверхность ABCD фигуры представляет собой численные значения энер-  
 гозатрат вибропривода ковша, отнесенные к часовой производительности  
 рыхлителя в зависимости от изменения скорости резания и прочности  
 связного грунта. Из рисунка видно, что рост энергоемкости наблюда-  
 ется как при увеличении прочности грунта, так и с возрастанием ско-  
 рости резания.

По данным Б.М.Шкундина / 1 / удельная мощность привода фрезер-



Рис. 1. Функциональная зависимость энергоемкости подводного резания связного грунта виброковшовым рыхлителем от прочности грунта  $C_{уд}$  и скорости резания



ных рыхлителей при их работе в плотных глинах составляет  $0,75 - 0,9 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$ . Рекомендуемая лабораторией гидромеханизации КПИ скорость папильонирования при фрезеровании связного грунта находится в пределах 3-7 м/м. Для сравнения по грунтовым условиям предлагаемого виброковшового устройства с современными фрезами земснарядов на поверхности фигуры выделен участок, соответствующий энергоемкости подводного фрезерования, ограниченный сверху энергоемкостью фрезерования, а справа - скоростью папильонирования. Анализ участка показывает, что при равенстве энергоемкости обоих процессов область использования виброковшового рыхлителя ограничивается связными грунтами, для которых  $C_{уд} = 7-16$ . Такой прочностью, согласно исследованиям А.Н.Зеленина [2], обладают

коренные глины при влажности 24-34%, что соответствует условиям подводной разработки. Можно констатировать тот факт, что энергоемкость виброрезания грунта соответствует энергоемкости фрезерования в одинаковых грунтовых условиях. Вместе с тем виброковшовое устройство имеет **преимущества** перед фрезами. Вследствие того, что грунт всасывается из полости ковша, просор грунта сводится практически к минимуму (5%), консистенцию гидросмеси можно поднять до 1:4. Это дает возможность оптимально загрузить гидротранспортирующую часть земснаряда. Для удержания виброрыхлителя в забое практически не требуется дополнительных усилий пригрузки, что позволяет использовать земснаряды малой и средней производительности при разработке тяжелых глин. Однако для виброрыхления таких грунтов необходимо оснастить указанные земснаряды энергетическим оборудованием, мощность которого достаточна для ведения процесса.

#### Л и т е р а т у р а

- 1 Шкудин Б. М. Землесосные снаряды. М., Энергия, 1973.
- 2 Зеленин А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. М., Машиностроение, 1968.



ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОЛЕБАНИЯ ВИБРОРЕЖУЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА  
ПРИ ПОДВОДНОЙ РАБОТКЕ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

Рассмотрим колебания виброконусового рыхлителя в подводном состоянии. Грунт режется с отделением стружки. Вибратор, смонтированный на раме сосуда земснаряда, сообщает колебания конусу, направление которых перпендикулярно направлению резания.

Как установлено многими исследователями [1, 2, 3], характер взаимодействия виброрежущего органа с грунтом в направлении действия вынуждающей силы с достаточной точностью может быть описан линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами.

Если вибрационное устройство рассматривать как жесткое тело с одной степенью свободы, а связанный грунт представить моделью с упруго-линейными свойствами, тогда с учетом демпфирующего сопротивления воды система виброрыхлитель-грунт будет находиться под воздействием вынуждающей синусоидальной силы, сил упругости грунта и пружины вибратора, а также сил вязкого сопротивления грунта и воды, пропорциональных скорости виброперемещения (рис. 1). В результате чего движение системы будет описываться дифференциальным уравне-

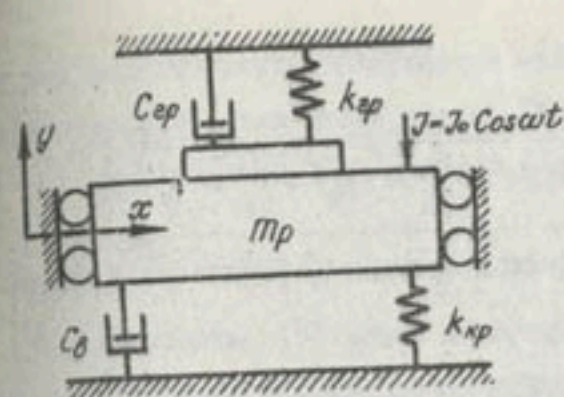


Рис. 1. Схема механизма взаимодействия виброрежущего рыхлителя с обрабатываемой средой.

нием

$$(m_p + m_{ep})\ddot{y} + (C_{ap} + C_{\theta})\dot{y} + (k_p + k_y \theta_{ск} \cos \alpha) y = J_0 \cos \omega t, \quad (1)$$

где  $m_p$  — масса вибрирующих частей рыхлителя;  
 $m_{ep}$  — масса слоя грунта, вовлеченного в колебательный процесс;

$C_{ap}, C_{\theta}$  — коэффициенты вязкого сопротивления грунта и воды;

$k_p$  — жесткость пружины вибратора;

$k_y \theta_{ск} \cos \alpha$  — жесткость срезаемого слоя грунта, приведенная к направлению вибрации [4], здесь  $k_y$  — динамический коэффициент упругого сжатия грунта;  $\theta$  — ширина рабочего органа;  $\theta_{ск}$  — длина периодически скалываемых участков грунта при виброрезании;

$\alpha$  — угол резания;

$J_0$  — амплитуда возмущающей силы вибратора;

$\omega$  — угловая частота возмущающей силы.

Решение уравнения (1), отвечающее установившимся колебаниям системы грунт — виброрыхлитель, отыщется в форме [5]

$$y = A \cos(\omega t - \varphi). \quad (2)$$

Амплитуда вынужденных колебаний рабочего органа  $A$  найдется после подстановки решения (2) и его первой и второй производных в



$$A = \frac{J_0}{\sqrt{[(k_p + k_y v_{\text{ск}} \cos \varphi) (m_p + m_{\text{ер}}) \omega]^2 + (C_{\text{гр}} + C_{\text{в}})^2 \omega^2}} \quad (3)$$

Разность фаз между вынужденными колебаниями рыхлителя и возмущающей силой вибратора будет

$$\varphi = \arctg \frac{(C_{\text{гр}} + C_{\text{в}}) \omega}{k_p + k_y v_{\text{ск}} \cos \varphi (m_p + m_{\text{ер}}) \omega} \quad (4)$$

Частота и амплитуда колебания режущего устройства — заданные величины, т.к. находятся в функциональной связи с принятым режимом виброрезания (с отрывом или без отрыва ножа от грунта), скорости резания, динамических свойств грунта, а также от ширины, толщины и угла резания. Исходя из этого, практический интерес представляет установление на базе уравнения (3) амплитуды возмущающей силы вибратора достаточной для поддержания режима виброрезания с периодическим отрывом передней грани клина от грунта. Для этого частота колебания ножа должна назначаться так, чтобы соблюдалось условие [4]:

$$\omega > \omega_0$$

где  $\omega_0$  — собственная частота колебаний срезаемого слоя грунта

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k_y v_{\text{ск}}}{m_{\text{ер}}}}$$

Если в зависимости (3) вместо амплитуды колебаний  $A$  также подставить ее значение [4]

$$A = \frac{2\pi v_n}{\omega_0} \operatorname{tg} \alpha + \frac{C_{\text{в}}}{k_y} \cos \alpha,$$

где  $v_n$  — скорость резания;

$C_{\text{в}}$  — удельная вязкость грунта,

то искомая амплитуда возмущающей силы вибратора, обеспечивающая резонансный режим виброрезания, будет

$$J_0 = \left( \frac{2\pi v_n}{\omega} \operatorname{tg} \alpha + \frac{C_{\text{в}}}{k_y} \cos \alpha \right) \times \sqrt{[(k_p + k_y v_{\text{ск}} \cos \alpha) (m_p + m_{\text{ер}}) \omega]^2 + (C_{\text{гр}} + C_{\text{в}})^2 \omega^2}.$$

В зависимости (5) вошли коэффициенты  $C_{\text{гр}}$  и  $C_{\text{в}}$ , характеризующие силы вязкого сопротивления грунта и водной среды. Для их определения воспользуемся применяемой в теории вибронампи формулой средней мощности, затрачиваемой вибратором на поддержание колебаний заданного режима в среде с вязкими свойствами [5]

$$N_{\text{гр}} = \frac{C A^2 \omega^2}{2} \quad (6)$$

Тогда коэффициент вязкого сопротивления грунта

$$C_{\text{гр}} = \frac{2 N_{\text{гр}}}{A^2 \omega^2} \quad (7)$$

и воды

$$C_{\text{в}} = \frac{2 N_{\text{в}}}{A^2 \omega^2} \quad (8)$$

В выражениях (7) и (8)  $N_{\text{гр}}$  и  $N_{\text{в}}$  соответственно средняя мощность, расходуемая вибратором на процесс виброрезания грунта и мощность, теряемая на рассеивание колебаний в водной среде, значения которых можно установить только на базе экспериментальных исследований.

Таким образом, расчетная зависимость (5) дает возможность найти возмущающую силу вибратора с учетом физико-механических характеристик разрабатываемого грунта, скорости резания, размеров срезаемого слоя, угла резания, а также демпфирующих сил сопротивления водной среды.



1. И в а н о в П. Н. Исследование процесса подводной разработки песчано-гравийных грунтов земснарядами с вибрационно-гидравлическими рыхлителями. Автореф. на соиск.учен.степени канд.технических наук. М., 1972.
2. Д о к т о р Ф. Ш. Применение вибрационно-всасывающих устройств при разработке тяжелых грунтов. В сб.: Гидромеханизация при разработке тяжелых грунтов. М., ЦНИИТЭСТРОМ, 1968.
3. Д у б р о в с к и й А. А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. М., Машиностроение, 1968.
4. Л я х В. Д. Исследование закономерностей взаимодействия виброрежущего органа со связным грунтом. В сб.: Мелиорация земель в Туркменистане. Ташкент, 1979.
5. Г о н ч а р е в и ч И. Ф., С е р г е е в П. А. Вибрационные машины в строительстве. М., "Машгиз", 1963.
6. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов. М., Машиностроение, 1970.

УДК 624.131.4.001.5:627.824.32

Р.З. Утяганов

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСОЛИДАЦИИ ПЫЛЕВАТЫХ СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ, НАМЫТЫХ МЕЖДУ ПРОДОЛЬНЫМИ ВАЛАМИ

Опыты, проведенные на строительстве дамб Каракумского канала показали, что применение сухой отсыпки сокращает время консолидации намывного суглинистого грунта на 25-30%.

Однако, как выяснилось в натурных исследованиях, отсыпка сухого грунта по намывному на большой площади затруднена непроходимостью техники по незаконсолидированной грунтовой массе. Кроме того, отсыпка сухого грунта как самостоятельная операция значительно удорожает строительство. Поэтому ТуркменНИИГиМом совместно с ВНИИГиМом и институтом "Туркменгипроводхоз" на основе анализа результатов полунатурных исследований консолидации намывных суглинистых грунтов отсыпкой на него слоя сухого грунта и изучения технологии строительства дамб в зоне Ак-су, предложен новый способ возведения земляных сооружений, преимущественно из лессовых и суглинистых грунтов (а.с. № 667644). Этот способ отличается тем, что в целях ускорения обезвоживания и уплотнения намывного грунта, перед намывом последующего слоя устраивают в нем продоль-



ние отвальные вали, увеличивающие фильтрацию и испарение влаги.

Производственные исследования консолидации намывного между продольными валами грунта проведены на строительстве правобережной дамбы Каракумского канала в зоне Ак-су (726-731 км). При этом изучались: 1) влияние процесса намыва между продольными валами на раскладку грунта, уклоны поверхности намыва и унос грунта со сбросной водой; 2) динамика замыва пространства между продольными валами; 3) динамика влагообмена между намывом и сухим грунтом валов; 4) изменение основных геотехнических показателей намывного грунта.

Технология намыва включала следующие операции: а) устройство на картах продольных отвальных валов; б) просушка валов до влажности 15-20%; в) последующий намыв грунта слоем, не превышающим высоту гребней валов; г) естественная сушка намывного слоя до влажности 20-25%.

Продольные вали нарезались каналокопателями КЗУ-03, агрегатируемыми тракторами Т-4, ДТ-75 или ДТ-75Б. Вали вырезались перпендикулярно распределительному пульпопроводу и отстояли от него на  $1/3$  ширины карты, т.е. в промежуточной и прудковой зонах, где консолидация грунта длится 3-5 и более месяцев. Высота валов колебалась в пределах 0,6-0,9 м. Объемная масса и влажность грунта определялись радиометрическими приборами НИВ-2 и ГП-2, а также отбором и анализом проб грунта. Прочностные свойства грунта определялись микропенетрометром МВ-2, а фильтрационные испытания проводились с грунтами ненарушенной структуры на приборе КФ-01.

Частицы грунта, в зависимости от их гидравлической крупности, выпадают из потока на различных расстояниях от места выпуска, формируя пляж намыва. Поверхность карты не является прямолинейной; наибольшую крутизну (0,02) она имеет в начале и минимальную (0,002) - в конце пляжа намыва. В прудке-отстойнике первые 10-20 м имеют уклон 0,015-0,020, затем уклон снижается до 0,005-0,003 и около

сбросного колодца приближаются к нулю. Среднее значение уклона по поверхности карты намыва равно 0,01. При намыве между продольными валами уклоны поверхности не отличаются от уклонов при обычном рассредоточенном способе намыва суглинистых грунтов.

В опытах по намыву грунта между продольными валами использовался карьерный грунт следующего гранулометрического состава:

Таблица I

Гранулометрический состав карьерных грунтов

| Размеры фракция, мм            | 1,0-0,25 | 0,25-0,1 | 0,1-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | < 0,005 |
|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|---------|
| Содержание фракций в % по весу | 2,73     | 9,11     | 38,76    | 18,99     | 6,32       | 24,09   |

При намыве плотин и дамб рассредоточенным способом происходит плавное фракционирование грунта по длине пляжа намыва. Наиболее крупные частицы размером 0,25-0,1 мм откладываются на расстоянии 20-25 м от места выпуска пульпы, формируя 20-30% объема намывного грунта. Пылеватые фракции, размером 0,05-0,005 мм в начале пляжа составляют 9%, в конце, на расстоянии 90 м от места выпуска - 50%. Фракции размером 0,1-0,05 мм, являющиеся переходными между пылью и песком, распределяются по поверхности пляжа намыва более равномерно и составляют в среднем 50% грунта. Средневзвешенный диаметр частиц по пляжу намыва изменяется плавно и при длине пляжа 80-90 м составляет 0,25-0,03 мм. При намыве грунта между продольными валами фракционирование частиц существенно не отличается от состава грунтов при обычном способе намыва. Однако грунт, намываемый между продольными валами, имеет меньшую анизотропность, благодаря чему улучшается фильтрация влаги.

Динамика консолидации грунта, намывного между продольными вала-



ни, сопоставляясь с данными, полученными на контрольном участке шириной 40 м, расположенном на той же карте. В процессе намыва грунта между продольными валами и на контрольном участке объемная влажность подстилающих слоев до глубины 1,2 м в течение 6 сут. увеличилась в среднем с 18 до 33%. Через 16 сут. после прекращения намыва влажность подстилающих слоев грунта уменьшилась в обоих случаях в среднем до 29%. Влажность грунта, намытого между продольными валами, за тот же период уменьшилась до 16,5%, а на контрольном участке всего лишь до 3%.

На основании полученных данных можно утверждать, что между намытым и сухим грунтом валов происходит интенсивный влагообмен. Кроме того, влага, перемещенная из намытого грунта в грунт валов, интенсивно испаряется, о чем свидетельствует наличие большой засоленности на гребнях, составляющей в среднем по всей карте 2,8%. Весоленность грунта, намытого между продольными валами и на контрольном участке соответственно составляет 0,28 и 0,38%. Наличие большой засоленности на гребнях наблюдалось также визуально.

Динамика влагообмена между намытым и сухим грунтом валов изучалась на участке дамб (ПК2). Продольные вали имели высоту в среднем 0,8 м и начинались в 10 м от пульпопровода. Слой намыва составлял 0,5 м. Для определения динамики влажности отбирались пробы грунта на гребне валов и в свеженамытом грунте на глубинах 20, 40 и 60 см от дневной поверхности. На основании полученных данных построен график, характеризующий динамику влагообмена между свеженамытым и сухим грунтом валиом (рис. 1). График показывает, что после прекращения намыва процесс увлажнения грунта валов, начавшийся в период намыва, продолжается. Весовая влажность увеличилась с 6,8-12,6% в начале намыва до 16-25% через 1 сут. после его прекращения. Далее за счет интенсивного испарения с незамытой части гребней, уменьшается влажность грунта валов и за 7 сут. она состав-

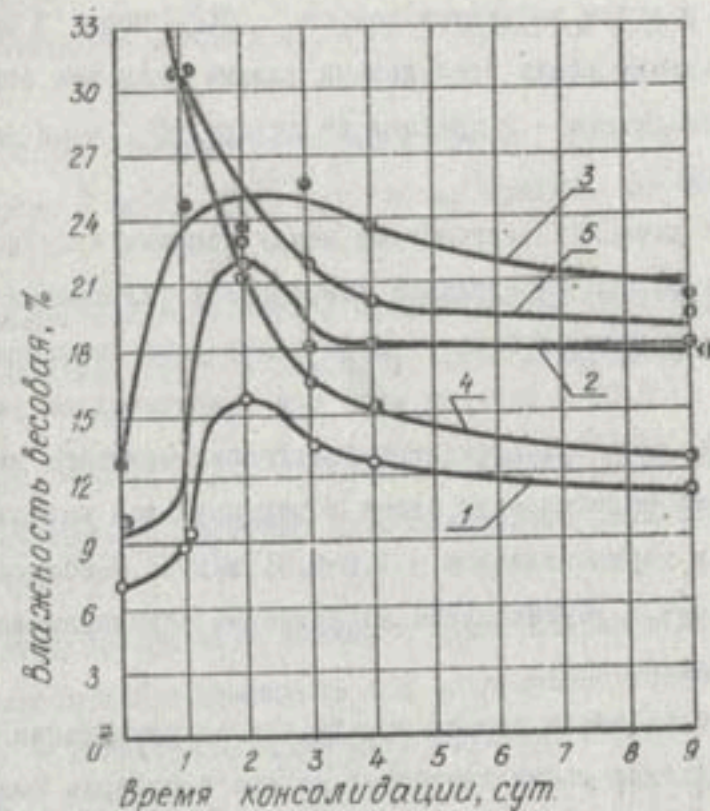


Рис. 1. Динамика влагообмена между намытым и сухим грунтом продольных валов

- 1 — 20 см от гребня валов;
- 2 — 40 — " — "
- 3 — 50 — " — "
- 4 — 20 см от поверхности намыва между валами;
- 5 — 30 — " — " — "

ляет 10,6% на глубине 20 см и 20% на глубине 60 см. Влажность намытого между валами грунта, благодаря впитыванию влаги сухим грунтом гребней и ее испарению уменьшается, достигая за 7 сут. значения 12,5 и 18,6%, соответственно на глубине 20 и 30 см.



Прочность грунта в опытах оценивалась по показаниям микропенет-  
рометра ИВ-2 с углом раскрытия конуса  $30^\circ$ . Через 3 сут. после  
прекращения намыва между продольными валами удельное сопротивле-  
ние пенетрации грунта - в среднем по створу 40, а на контрольном  
участке 30 кПа.

Для оценки динамики влагообмена между намытым и сухим грунтом  
гребней валов на ПК2 определялся коэффициент фильтрации в различ-  
ных точках. В сухом состоянии грунт валов имел коэффициент филь-  
рации от 0,1 до 0,03 м/сут., по мере его увлажнения он уменьшался  
до 0,001-0,006 м/сут. Коэффициент фильтрации намытого между валами  
грунта и грунта подстилающих слоев в вертикальном направлении -  
0,1-0,006, а в горизонтальном - 1,0-0,01 м/сут. Небольшой коэффи-  
циент фильтрации в вертикальном направлении обуславливается слоис-  
тостью намытого грунта.

В связи с блужданием потока пульпы при ее растекании по пляжу  
намыва и вследствие малых скоростей на его периферии пылеватые и  
глинистые частицы образуют в намытом грунте малопроницаемую для  
фильтрационного потока пленку. Нарезая на карте намыва продольные  
отвальные валы, мы тем самым нарушаем сплошность этой пленки, что  
приводит в конечном счете к ускорению водоотдачи свеженамытого  
грунта и валов с подстилающими слоями.

### В ы в о д ы

Среднезвезденный диаметр частиц грунта, намытого рассредоточен-  
ным способом из пылеватых суглинистых карьерных грунтов, содержа-  
щих 80% и более фракция менее 0,1 мм, в начале пляжа при его длине  
80-90 м - 0,25, а в конце - 0,03 мм. При намыве грунта между про-  
дольными валами происходит такое же фракционирование грунта по

длине карты.

Среднее значение уклонов по всей поверхности карты намыва -  
- 0,01.

Удельное сопротивление пенетрации грунта, намытого между про-  
дольными валами, через 10-15 сут. после прекращения намыва не ни-  
же 30 кПа.

Консолидация намытого грунта происходит за счет влагообмена меж-  
ду намытым и сухим грунтом валов, а также испарения с ее незакрытых  
гребней.

При намыве грунта между продольными валами время его консолида-  
ции, по сравнению со временем консолидации обычным способом, умень-  
шается на 30%.

Намыв между продольными валами с целью сокращения времени консо-  
лидации целесообразно применять при возведении плотин и дамб из  
лессовидных и пылеватых суглинистых грунтов.



УДК 556.332.52(575.4)

Б.М. Джораев

### РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД В ЗОНЕ КРУПНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ЧАРДЖОУСКОГО ОАЗИСА

В Чарджоуском оазисе имеется 16 крупных магистральных каналов, берущих начало из р. Амударьи, проходящих некоторые расстояния по пойме реки и выходящие на надпойменные террасы. В пределах поймы они пересекают полосу тугаев, а на надпойменных террасах орошаемую зону — поливные поля, перелог, залежи, песчаные массивы. В связи с этим на площади каждого из перечисленных ландшафтов влияние каналов на режим грунтовых вод осложняется воздействием некоторых других факторов. Одна из особенностей режима в зоне влияния — распространение его площади в виде узких полос.

Песчаные отложения, представленные мелкозернистыми песками, в верхней части разреза перекрыты супесчано-суглинистыми грунтами мощностью 1 — 4 м. Грунтовые воды залегают на глубине 0,5—3 м.

В зоне влияния магистральных и ирригационных каналов под влиянием почти круглогодочной фильтрации (9—10 месяцев в году) формируются слабоминерализованные грунтовые воды (1—2 г/л). На залежах и перелогах, находящихся вблизи каналов, минерализация грунтовых

вод возрастает до 2—4 г/л. По химическому составу грунтовые воды с минерализацией до 1 г/л — смешанные, а с минерализацией 2—4 г/л — хлоридно-натриевого состава. Несмотря на значительную пестроту химического состава грунтовых вод по площади, состав их во времени остается более или менее постоянным. Характерная особенность химизма грунтовых вод на прилегающих к каналам участках — распространение пресных грунтовых вод на глубину до 20—25 м и более метров. За пределами зоны влияния каналов минерализация грунтовых вод с глубиной возрастает значительно интенсивнее.

Влияние магистральных каналов на режим уровня грунтовых вод изучалось путем сопоставления горизонтов воды в каналах и уровня грунтовых вод по двум створам наблюдательных скважин (к Каракумскому каналу в районе пос. Кызыл-Аяк и Боссага-Керкинского на юго-западе г. Керки).

Анализ режима грунтовых вод в зоне влияния ирригационных каналов в целом по оазису проведен по данным 35 одиночных наблюдательных скважин, расположенных на небольшом расстоянии (до 200—300 м) от каналов. Так как грунтовые воды залегают на небольшой глубине от поверхности (до 3 м), взаимосвязь фильтрационных вод ирригационных каналов и грунтовых вод происходит в стадии подпертой фильтрации. В этих условиях существенную роль в режиме грунтовых вод играет гидравлическая связь между водами каналов и грунтовыми водами.

Режим грунтовых вод в зоне магистральных каналов формируется под влиянием инфильтрации воды из ирригационных каналов и испарения, достигающего значительных размеров, в виду сухого жаркого климата и неглубокого залегания уровня грунтовых вод. По данным Чарджоуского УОС коэффициент полезного действия ирригационных систем в целом по оазису — 0,55—0,60. Следовательно, около 40—45% воды, забираемой каналами, расходуется на фильтрацию в грунты и испарение.



Сезонный режим грунтовых вод в зоне магистральных каналов в зависимости от местных условий различен: резкий подъем уровня в конце февраля, начале марта на 0,75-1,50 м с максимумом в апреле. Далее в течение 2-3 месяцев наблюдается понижение уровня на 0,25-0,50 м, сменяющееся вторым подъемом грунтовых вод в июле-августе. Затем до конца года уровень грунтовых вод непрерывно понижается с минимумом в декабре или январе. В зависимости от местных условий вторая пик в ряде скважин не проявляется. Таким образом, в зоне влияния крупных ирригационных каналов наблюдается 2 пика: весенний (апрель) — сравнительно большой, образование которого связано с промывными и предпосевными поливами и летний (июль-август), обусловленный вегетационными поливами. Высота весеннего подъема уровня — 1,2-1,5 м, а летнего — 0,60-0,90 м. Годовая амплитуда колебания уровня грунтовых вод в зоне влияния магистральных каналов изменяется от 45 до 187 см. Скорость сезонного подъема грунтовых вод колеблется в пределах от 8 до 54 см/мес, а спада — от 4 до 25 см/мес.

Средняя годовая глубина грунтовых вод в зоне влияния каналов на протяжении 1962-1977 гг. изменялась в небольших пределах (5-25 см), увеличиваясь в отдельных случаях до 30-50 см, что связано с особенностями орошаемого земледелия — изменением расходов воды в каналах, развитием коллекторно-дренажной сети, севооборотом, освоением переделов и залежей и т.п. Большое влияние на режим грунтовых вод оказывают Каракумский и Боссага-Керкинский каналы. Режим колебания уровня грунтовых вод в наблюдательных скважинах, расположенных в зоне влияния этих каналов аналогичен режиму других каналов оазиса.

В зоне влияния каналов минерализация грунтовых вод по мере удаления от каналов постепенно увеличивается. Но такая последовательность смены минерализации грунтовых вод часто нарушается, в связи

с разнообразием характера массивов, прилегающих к каналам-переделам, залежи, орошаемые поля и т.п. В этих условиях на засоленных залежах, находящихся вблизи каналов, могут формироваться более минерализованные воды по сравнению с орошаемыми массивами, расположенными на большем расстоянии от каналов. Возможны и более сложные изменения минерализации грунтовых вод по мере удаления от ирригационных каналов.

Минерализация грунтовых вод в направлении от Каракумского канала повышается от 0,35 г/л в 160 м от канала до 2,9 г/л в 1860 м, а в зоне Боссага-Керкинского канала наблюдается повышение минерализации от 0,43 до 1,84 г/л (110 м), далее минерализация снижается до 0,58 г/л под влиянием коллекторно-дренажной сети (табл. I).

Таблица I

Минерализация грунтовых вод в зоне магистральных каналов

| Канал              | Номер скважины | Расстояние от канала, м | Минерализация, г/л |
|--------------------|----------------|-------------------------|--------------------|
| Каракумский        | 563            | 160                     | 0,35               |
|                    | 562            | 500                     | 0,90               |
|                    | 558            | 1860                    | 2,9                |
| Боссага-Керкинский | 609            | 21                      | 0,43               |
|                    | 610            | 110                     | 1,84               |
|                    | 611            | 280                     | 0,67               |
|                    | 612            | 420                     | 0,58               |

Химический состав грунтовых вод зоны влияния ирригационных каналов на различных участках очень пестрый. Встречаются воды смешанного, сульфатно-натриево-кальциевого, хлоридно-натриевого и др. составов. Несмотря на значительную пестроту химического состава и минерализации грунтовых вод по площади в зоне влияния каналов



состав вод и минерализация во времени остаются более или менее постоянными.

### Выводы

В зоне каналов режим грунтовых вод формируется под влиянием фильтрационных потерь и передачи гидростатического напора крупных ирригационных каналов. Наблюдается два пика подъема - весенний высокий и летний низкий, образованные двумя пиками расходов воды в каналах - предпосевным и вегетационным с максимумом стояния уровня грунтовых вод - в апреле и минимумом в январе-феврале.

Зона влияния каналов достигает 200-300 м, а частично до 500 м, далее перекрываемое такими факторами, как искусственный дренаж и орошение.

УДК 624.152.612.2

В.В. Поплавский

### ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ВПУСКА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ИГЛОФИЛЬТРЫ НА ПРОЦЕСС ВОДОПОНИЖЕНИЯ

В процессе вакуумного водопонижения по всасывающей системе иглофильтровой установки движутся вода и воздух. При их движении от наружной поверхности иглофильтров до насосного агрегата давление во внутренней полости системы падает. Преобладающие потери давления имеют место в надфильтровых трубах - вертикальных элементах всасывающей системы установки с относительно большой длиной. В обычных условиях применения установок ЛИУ и УВВ эти потери значительно превышают сумму других потерь давления в системе [1].

Как свидетельствует опыт и расчетные данные при строительном осушении грунтов с невысокими коэффициентами фильтрации и плохой водоотдачей приток воздуха к иглофильтрам установки во многих случаях оказывается небольшим и по надфильтровым трубам движется преимущественно вода. При этом имеет место максимальное падение давления по длине надфильтровых труб, определяемое высотой столба транспортируемой воды. Уменьшить величину падения давления при неизменной высоте подъема становится возможным при движении по трубам



2-фазного потока, имеющего меньшую чем вода плотность.

В условиях вакуумного водопонижения установками УВВ выравнивание давления в коллекторе и иглофильтрах целесообразно осуществить искусственным впуском умеренного количества атмосферного воздуха в каждый иглофильтр установки. Попавший в нижнюю часть надфильтровых труб воздух смешивается с водой, образуя водовоздушную смесь. При этом в трубах создается движение водовоздушной смеси, как это имеет место в трубах эрлифтов, с тем лишь различием, что мелкие и крупные пузыри воздуха под влиянием вакуума приобретают значительно больший объем. Подъем воздушной смеси плотностью отличной от плотности воды, сопровождается меньшими потерями давления (вакуума), чем движение только воды.

Так как во многих случаях несущая фаза — воздух, то плотность такой смеси можно определить по формуле:

$$\rho_{см} = \frac{\rho_{возд.} + C_p \rho_{возд}}{1 + C_p \rho_{возд} / \rho_{ж}}$$

где  $\rho_{возд}$  и  $\rho_{ж}$  — плотности соответственно воздуха и воды, например, при 20°C  $\rho_{возд} = 1,16 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{ж} = 998,2 \text{ кг/м}^3$ ;

$C_p$  — массовая (весовая) концентрация смеси.

Как известно из работ В.М. Григорьева [2] и К.С. Боголюбова [3] установки УВВ создают наибольшие понижения в слабопроницаемых грунтах при условии поступления к нижнему сечению надфильтровой трубы каждого иглофильтра достаточного, но вместе с тем и нечрезмерного расхода атмосферного воздуха. Эффективность работы установки регулируемого вакуумного водопонижения можно оценить вакуумом в приемных звеньях иглофильтров [3]. Очевидно, что оптимальный режим работы такой установки характеризуется минимальными гидравлическими потерями в надфильтровых трубах и высокими

значениями вакуума в иглофильтрах, особенно на их наружных поверхностях [1]. В связи с этим изучен регулируемый процесс водопонижения вакуумной установкой с иглофильтрами, оборудованными иглочатыми вентилями и воздушными трубками [1].

Цель исследования — в оценке влияния искусственного впуска атмосферного воздуха в иглофильтры на режим работы агрегата и установки в целом, а также на ход понижения уровня грунтовых вод и в отработке приемов регулирования.

Как то и предусматривалось методикой исследования [1], первоначально водопонижение производилось агрегатом УВВ-2 при закрытых ventилях, что соответствовало работе установки с иглофильтрами обычной конструкции. Затем, после 5-7-суточной откачки, когда данные по наблюдательным скважинам свидетельствовали о некоторой стабилизации понижения, установка эксплуатировалась с постепенным регулированием режима ее работы.

Так, при водопонижении однорядной установкой на исходе шестых суток откачки в приемном блоке УВВ-2 отмечен вакуум 93,5 кПа, внутри приемных звеньев иглофильтров — 53,7. Уровень грунтовой воды в скважине № 3, расположенной в 8 м от линии иглофильтров, за это время был понижен на 236 см от поверхности земли (табл. I). После первой подрегулировки, которой предшествовал одинаковый по высоте подъем запорных игл над седлами на 0,25 мм, вакуум в приемном блоке УВВ-2 снизился до 90 кПа, а в приемных звеньях иглофильтров повысился до 59,5 кПа. В дальнейшем для установления целесообразной высоты подъема запорных игл над седлами, позволяющей в течение всего времени работы установки подавать в иглофильтры расход воздуха, близкие к оптимальным, подрегулировки проводились в несколько этапов [табл. I]. При этом оптимальный расход воздуха при оптимальном создававшем при данном расходе воды минимальное давление  $P_{д+1}$  в нижней части приемных звеньев, определялся по совместной характе-



Таблица I

Изменение параметров вакуумного водопонижения при регулировании режима работы I-рядной иглофильтровой установки

| Дата и время опыта | Вакуум, кПа                |       |                    |       | Приток воздуха к I иглоф., см <sup>3</sup> /с | Понижение уруши, см | Расход воды, л/с | Высота подъема запорной иглы вентилля, мм |
|--------------------|----------------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------------------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------------|
|                    | в патрубке приемного блока |       | в приемных звеньях |       |                                               |                     |                  |                                           |
|                    | до                         | после | до                 | после |                                               |                     |                  |                                           |
| 20. XI             |                            |       |                    |       |                                               |                     |                  |                                           |
| 7-30               | 93,5                       | 90,0  | 53,7               | 59,5  | 89,3                                          | 236                 | 0,234            | 0,25                                      |
| 8-00               | 90,0                       | 87,0  | 59,5               | 68,0  | 159,0                                         | -                   | 0,404            | 0,50                                      |
| 8-30               | 88,0                       | 85,0  | 68,0               | 73,0  | 195,0                                         | -                   | 0,272            | 0,75                                      |
| 8-50               | 85,0                       | 82,5  | 73,0               | 69,5  | -                                             | -                   | 0,294            | 1,00                                      |
| 9-30               | 82,5                       | 81,7  | 69,5               | 70,0  | 207,0                                         | -                   | 0,264            | 1,25                                      |
| 19-30              | 80,0                       | 82,0  | 67,5               | 56,5  | 204,0                                         | 250                 | 0,288            | 1,00                                      |
| 21. XI             |                            |       |                    |       |                                               |                     |                  |                                           |
| 12-15              |                            |       |                    |       |                                               |                     |                  |                                           |
| 19-30              | 82,8                       | 84,5  | 59,0               | 67,0  | 191,4                                         | 255                 | 0,238            | 0,75                                      |
|                    | 84,5                       | 82,5  | 67,0               | 59,8  | 195,0                                         | 254                 | 0,265            | 1,00                                      |
| 22. XI             |                            |       |                    |       |                                               |                     |                  |                                           |
| 11-30              | 83,2                       | -     | -                  | 73,5  | 186,0                                         | 260                 | 0,262            | 1,00                                      |
| 23. XI             |                            |       |                    |       |                                               |                     |                  |                                           |
| 7-30               | 85,2                       | 82,0  | 71,0               | 74,0  | 157,5                                         | 259                 | 0,226            | 1,00                                      |
| 16-40              | 80,0                       |       |                    | 73,5  | 195,0                                         | -                   | 0,255            | 0,75                                      |
| 24. XI             |                            |       |                    |       |                                               |                     |                  |                                           |
| 7-30               | 84,5                       | 87,5  | 70,0               | 70,0  | 164,4                                         | 256                 | 0,263            | 0,75                                      |
| 12-30              | 86,5                       | 87,5  | 74,5               | 74,5  | 127,0                                         | -                   | 0,258            | 0,50                                      |
| 16-00              |                            |       | 73,5               | 74,5  | 118,0                                         | -                   | 0,261            | 0,375                                     |
| 25. XI             |                            |       |                    |       |                                               |                     |                  |                                           |
| 7-30               | 83,2                       | -     | -                  | 73,5  | 123,4                                         | 253                 | 0,262            | 0,375                                     |

риотике [2], соответствующей намеченной схеме установки с учетом поправки, учитывающей меньшую длину (550 см), иглофильтров опытной установки.

Регулировки проводились 2-3 раза в сутки: в дневные часы, когда на режим работы насосного агрегата дополнительно влияла высокая температура воздуха, вентили прикрывались на 0,125-0,25 мм; в ночные - вновь приоткрывались. Это позволило осуществить водопонижение с неизменно малыми напорами на иглофильтрах.

Анализ имеющихся данных об изменении параметров водопонижения при регулировании режима работы вакуумной установки путем выпуска воздуха в иглофильтры (табл. I) позволяет отметить следующее:

1 Искусственный выпуск атмосферного воздуха в приемные звенья иглофильтров снижает вакуум во всасывающем коллекторе установки и одновременно увеличивает вакуум в приемных звеньях иглофильтров.

2 Диапазон изменения вакуума внутри приемных звеньев иглофильтров весьма значителен: от 53,7 до 74,5 кПа.

Наибольшее значение вакуума (74,5 кПа) отмечается при высоте подъема запорной иглы 0,50 и 0,375 мм. Это обусловливается тем, что в этом случае расход атмосферного воздуха, поступающего в иглофильтр по воздушной трубке близок к оптимальному при данном расходе откачиваемой воды.

Несколько меньшие значения вакуума (56,5-70 кПа) соответствуют таким положениям запорной иглы, когда поступающий через воздушные трубки расход атмосферного воздуха занижен или увеличен по сравнению с оптимальным его значением.

3 На различных этапах регулирования режима работы установки расход воды значительно больше, чем до регулировки. Наибольший расход (0,4 л/с) наблюдается в первые 0,5 ч после начала регулирования, а наименьший - 0,226 л/с - через 74 часа.

4 Увеличение вакуума в приемных звеньях при выпуске воздуха



приводит к ускоренному снижению уровня грунтовой воды за счет снижения действующего напора на иглофильтрах.

Аналогичное перераспределение вакуума во всасывающей системе и ускоренное понижение наблюдается и при других схемах установок. Так, при работе регулируемой кольцевой установки уровень грунтовой воды в центре кольца за 4 сут. дополнительно снижен с 281 до 312 см при шаге иглофильтров  $b = 150$  см и за 30 ч с 224 до 243 см при  $b = 300$  см. Между двух рядов иглофильтров за 1 сут. понижение увеличилось с 346 до 375 см при  $b = 150$  см и за 4 ч с 258 до 282 см при  $b = 300$  см. Полученные результаты подтверждают практическую возможность эффективного использования искусственного впуска атмосферного воздуха в иглофильтры для интенсификации водопонижения в слабопроницаемых грунтах, в том числе и в жарком климате.

Достигнутое в ходе искусственного воздействия на гидродинамический режим грунтовых вод дополнительное понижение уровня различно по величине. Определяется это влиянием на режим работы регулируемой вакуумной установки таких факторов как число присоединенных к коллектору иглофильтров, степень открытия вентиля, расход откачиваемой воды и др. Несмотря на это, данные опытов показывают, что дополнительное вакуумирование дает ощутимый эффект, возрастающий по мере повышения вакуума в приемных звеньях иглофильтров.

Описанный характерный режим регулируемого вакуумного водопонижения, как это выявилось при экспериментах на опытной установке, может наблюдаться также в аналогичных грунтовых условиях при изменении длины иглофильтров и их количества, присоединенных к одному насосному агрегату.

Анализ полученных результатов позволяет дать приближенную оценку влияния впуска воздуха в иглофильтры на отдельные параметры водопонижения в слабопроницаемых грунтах с коэффициентами фильтрации от 1 до 0,05 м/сут. Результаты наших исследований и проработки

В.М. Григорьева [2] показывают, что в указанных грунтах расход одного иглофильтра  $Q_{\text{ж}}$  редко превышает 50 см<sup>3</sup>/с. Поэтому регулируемый процесс строительного водопонижения установками УВВ будет характеризоваться в этом случае вакуумом в приемных звеньях иглофильтров равным или превышающим 50 кПа и изменяющихся в весьма широком диапазоне 50-225 см<sup>3</sup>/с расходами воздуха, поступающих в иглофильтры по воздушным трубкам. Это позволяет при оптимальном режиме работы водопонижительной установки эффективно осушать слабопроницаемые грунты во многих случаях гидромелиоративного строительства в том числе и в жарком климате. Регулируемый процесс вакуумного водопонижения с учетом гидрогеологических, производственных и технологических факторов следует рассчитывать по методике, предложенной В.М. Григорьевым [2]. Им же установлена зависимость изменения давления (вакуума) в приемном звене иглофильтра от откачиваемых расходов воды  $Q_{\text{ж}}$  и воздуха  $Q_{\text{г}}$ , отнесенных к одному иглофильтру установок УВВ-1М и УВВ-2.

Из закономерностей для УВВ-2 следует, что в наиболее благоприятных условиях работы установки (число иглофильтров  $n = 20$ , расход воды  $Q_{\text{ж}} < 10$  см<sup>3</sup>/с, расход воздуха  $Q_{\text{г}} = 125$  см<sup>3</sup>/с) она способна создавать в приемных звеньях вакуум  $V_{\text{п+I}}$  порядка 70 кПа. В аналогичных условиях, но при расходах воздуха  $Q_{\text{г}}$  меньших 125 см<sup>3</sup>/с вакуум  $V_{\text{п+I}}$  уменьшается. Например, при  $Q_{\text{г}} = 50$  см<sup>3</sup>/с имеем вакуум  $V_{\text{п+I}} = 53$  кПа, при  $Q_{\text{г}} = 25$  см<sup>3</sup>/с -  $V_{\text{п+I}} = 33$  кПа. Аналогично при  $Q_{\text{г}} = 200$  см<sup>3</sup>/с имеем вакуум  $V_{\text{п+I}} = 68$  кПа, при  $Q_{\text{г}} = 300$  см<sup>3</sup>/с -  $V_{\text{п+I}} = 64$  кПа. Однако в последнем случае чрезмерный выпуск воздуха в иглофильтры приводит к чувствительному падению вакуума на насосном агрегате и в системе в целом.

Приведенные данные дают весьма наглядное представление о влиянии, которое оказывает изменение расхода воздуха на величину вакуума  $V_{\text{п+I}}$ .



и, следовательно, на величину понижения уровня. Основываясь на имеющемся опыте вакуумного водопонижения легкими иглофильтровыми установками и прикидочные расчеты допустимо считать, что происходящее за счет впуска воздуха в иглофильтры увеличение вакуума  $V_{п+I}$  в них на 10, 20 и т.д. кПа позволяет дополнительно понизить уровень соответственно на 0,5, 1 м и т.д.

### Л и т е р а т у р а

1. П о п л а в с к и й В. В. Исследование насосных агрегатов и всасывающих систем легких иглофильтровых установок. - В кн.: Водохозяйственные исследования в Туркменистане. Ашхабад, Нлим, 1977.
2. Г р и г о р ь е в В. М. Вакуумное водопонижение. М., Стройиздат, 1973.
3. Б о г о л ь б о в К. С. Гидравлика всасывающих систем легких иглофильтровых установок вакуумного водопонижения. - Тр. ин-та ВОДГЕО. М., 1969, вып. 22.

УДК 626.81+631.67.(575.4)

С.А.Аширов, С.А.Атаев, В.А.Соколова

### ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АШХАБАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В материалах XXV съезда КПСС ставится задача по комплексному и рациональному использованию и охране земельных, водных и лесных ресурсов.

С развитием производительных сил в республике водопотребления возрастает и в ряде районов Туркменистана требуется безотлагательное решение проблем водообеспечения различных отраслей народного хозяйства. Сложность в удовлетворении воды требует организации государственного учета водопотребления, что необходимо для разработки перспективных водохозяйственных балансов по республике и по отдельным орошаемым массивам. Для этого явилось необходимо-сть составления и ведения водохозяйственного паспорта речных бассейнов, которые войдут в водохозяйственный кадастр в раздел "Использование вод".

На северо-восточном склоне Копетдага насчитывается около 30 водотоков. Величина этих водотоков незначительная. Площадь водосбора имеет несколько сотен или десятков квадратных километров (табл. I).



Воды четвертичных пролонгальных отложений. Интенсивное применение подземных вод в настоящее время привело к сильному понижению их уровня. Подземные воды используются полностью на орошение. Запасы подземных вод в бассейнах водотоков северо-восточного склона Копетдага - 870,54 тыс.м<sup>3</sup>/сут., суммарный водозабор их - 706,14 тыс.м<sup>3</sup>/сут. Количество эксплуатационных скважин достигает 560 (табл.2).

Таблица 2  
Водозаборы подземных вод главного хребта Копетдага

| Водозабор          | Суммарный водоотбор подземных вод, тыс.м <sup>3</sup> /сут. | Использование вод по отраслям народного хозяйства | Количество скважин | Глубина скважин |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|-----------------|
|                    |                                                             | Сельского хоз.                                    |                    |                 |
| Чаача              | 4,0                                                         | 4,0                                               | 8                  |                 |
| Меанечай           | 4,26                                                        | 4,26                                              | 4                  |                 |
| Кельчай            | 3,71                                                        | 3,71                                              | 3                  |                 |
| Доинсу и Арчиньянц | 9,28                                                        | 9,28                                              | 13                 |                 |
| Казганчай          | 19,74                                                       | 19,74                                             | 12                 |                 |
| Сирозинка          | 133,6                                                       | 133,6                                             | 97                 | 20              |
| Чули               | 44,24                                                       | 44,24                                             | 35                 | 60              |
| Секизяп            | 55,77                                                       | 55,77                                             | 69                 | 55              |
| Заудчасу           | 91,4                                                        | 91,4                                              | 68                 |                 |
| Арваз              | 52,9                                                        | 52,9                                              | 68                 |                 |
| Беурменский        | 14,3                                                        | 14,3                                              | 19                 |                 |
| Сунчинский         | 27,6                                                        | 27,6                                              | 35                 |                 |
| Арчманский         | 18,2                                                        | 18,2                                              | 18                 |                 |
| Пантышская         | 6,5                                                         | 6,5                                               | 10                 |                 |
| Ашхабадский        | 59,0                                                        | 59,0                                              | 59                 |                 |
| Багирский          | 151,8                                                       | 151,8                                             | 27                 |                 |
| Кельтечинарский    | 2,97                                                        | 2,97                                              | 7                  |                 |
| Новинский          | 6,87                                                        | 6,87                                              | 7                  | 50              |
| Итого по бассейнам | 706,14                                                      | 706,14                                            | 560                | -               |

Полное водопотребление со склонов северо-восточного Копетдага водотоками - 469,6 млн.м<sup>3</sup>/сут, в том числе безвозвратные потери - 406,27 млн.м<sup>3</sup>/сут. (табл.3).

Основной потребитель воды из водотоков - сельское хозяйство - 73% от общего водопотребления водотоками. Потери воды в магистральных каналах - 11,6% от общего водопотребления.

Таблица 3  
Водопотребление по бассейну реки главного хребта Копетдага (млн.м<sup>3</sup>)

| Виды водопотребления                                              | Водопотребление | Водоотведение | Безвозвратные потери |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------|
| Хозяйственно-бытовые нужды                                        | 55,061          | 30,10         | 24,96                |
| Промышленность                                                    | 20,78           | 9,46          | 11,32                |
| Сельское хозяйство                                                | 340,25          | 23,81         | 316,44               |
| Рыбное хозяйство                                                  | -               | -             | -                    |
| Потери в магистральных каналах на испарение водохранилищ и прудов | 53,55           | 0,0           | 53,55                |
| Итого:                                                            | 469,64          | 63,37         | 406,27               |

С Каракумского канала в этой области водопотребления составляет 2153 млн.м<sup>3</sup>/сут, безвозвратные потери - 1255 млн.м<sup>3</sup>/сут.

### Выводы

Водные ресурсы водотоков северо-восточного хребта Копетдага ограничены и поэтому основная задача водопользователей - бережное и эффективное использование воды. Эта задача может выполняться



ся за счет максимального использования стока водотоков и снижения непроизводительных потерь воды внутри оросительных систем. Переустройство существующих оросительных систем и создание новых, оборудованных современной техникой эксплуатации повысит коэффициент полезного действия оросительных систем и сократит количество безвозвратных вод.

### Л и т е р а т у р а

1. Ш у л ь ц В. Л. Реки Средней Азии. Л., "Гидрометиздат", 1965.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР, том 14, Средняя Азия, вып. 4 Туркмения. Л., Гидрометиздат, 1977.
3. Водохозяйственный паспорт реки северо-восточного склона Копетдага (рукопись), Ашхабад. 1978.

УДК 627.152.157

Б.К.Балакаев, А.А.Ибраимов  
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОДОЗАБОРА  
КАРАКУМСКОГО КАНАЛА им.В.И.ЛЕНИНА

Сб. Водное хозяйство Туркменистана. Ашхабад, "Илим", 1980

Рассмотрены вопросы регулирования режима наносов на крупных ирригационных каналах для условий больших отборов воды на примере натуральных и лабораторных исследований водозабора Каракумского канала.

Ил. 3, биол. 7

УДК 532:5 (07)

Б.К.Балакаев  
О ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ  
КАРАКУМСКОГО КАНАЛА им.В.И.ЛЕНИНА

Сб. Водное хозяйство Туркменистана. Ашхабад, "Илим", 1980

Сведены результаты натуральных исследований по увеличению пропускной способности Каракумского канала с поэтапным увеличением расходов воды. Рекомендуется вводить дополнительный коэффициент при расчете гидравлических сопротивлений или коэффициенты Шези для



мутного потока.

Табл. I, ил. 2, библ. 3.

УДК 556.535.6

С.А. Аннаев, Х. Андов

К УСТАНОВЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОЙ МУТНОСТИ ПОТОКА  
В КАНАЛАХ СОВЕТСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана. Ашхабад, "Ндым", 1980

В статье дается краткое описание Советской оросительной системы. На основании проведенных натурных исследований установлена величина оптимальной мутности потока в межхозяйственном, внутрихозяйственном, групповом и участковом распределительных каналах и во временном оросителе. Рекомендованы различные варианты расположения внутрисистемного отстояника по длине каналов.

Табл. 5, ил. 3, библ. 4

УДК 627.152.1

С.А. Аннаев, А.В. Кречко

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ  
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СПРЯМЛЕНИЯ, ИСПОЛ-  
ЗУЕМОГО ПРИ БОРЬБЕ С ДЕЙТИЕМ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана. Ашхабад, "Ндым", 1980

В статье излагается характер морфометрических характеристик русла прорези во времени.

Ил. 4, библ. 9

УДК 627.152.1

А.В. Кречко

О ПОВЫШЕНИИ СРОКА СЛУЖБЫ РУСЛОВЫПРАВЛЯЮЩЕЙ  
ПРОРЕЗИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ПРИ БОРЬБЕ С ДЕЙТИЕМ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана. Ашхабад, "Ндым", 1980

В статье приводится краткое описание исследованных прорезей и рекомендуется оптимальная схема расположения их элементов.

Табл. I, ил. 3, библ. 5.

УДК 627.141.1

В.Н. Коробов

К ВОПРОСУ О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И  
РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕЛЕННЫХ ПОТОКОВ НА ТЕРРИТО-  
РИИ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Сб. Водное хозяйство Туркменистана. Ашхабад, "Ндым", 1980

В статье дается анализ водотоков на территории ТССР, приводятся основные причины, вызывающие формирование селевых потоков, анализируется внутригодовое распределение селей.

Табл. 2, библ. 6

УДК. 65.011.56:626.8

А.Т. Белоус, А.И. Миценко

КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЛОКАЛЬНОГО  
КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана. Ашхабад, "Ндым", 1980



В статье рассмотрен комплекс средств локального контроля и регулирования, содержащий цифровой датчик технологических параметров, шкала которого оцифрована в коде Грея, цифровое запоминающее устройство с нестираемой в отсутствие электроэнергии памятью и цифровой регулятор, вместе составляющий низовое звено автоматики автоматизированной системы управления водораспределением.

Ил. 3

УДК 626.81

А. Кулов

#### АКТУАЛЬНОСТЬ ХОЗРАСЧЕТА В ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Сб. Водное хозяйство Туркменистана, Ашхабад, "Нлим", 1980

В статье показана актуальность хозрасчета в оросительных системах Туркменской ССР, подробно характеризуются наиболее приемлемые формы хозрасчета в условиях нашей республики.

УДК 621.879.456:627.744

В.Д. Лях

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ ВИБРОКОШОВЫМ ГРУНТОЗАБОРНЫМ УСТРОЙСТВОМ ЗЕМСНАРЯДА

Сб. Водное хозяйство Туркменистана, Ашхабад, "Нлим", 1980

В статье рассмотрены затраты мощности на процесс виброрезания как сумма затрат на перемещение ковша в забое, мощности вибропривода ковша с учетом преодоления сопротивления водной среды. Полу-

чено выражение энергоемкости процесса подводного виброрезания и проанализировано ее изменение в зависимости от скорости резания и прочности грунта.

Ил. 1, общ. 3.

УДК 621.879.456:627.744

В.Д. Лях

#### ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОЛЕБАНИЙ ВИБРОРЕЖУЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРИ ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКЕ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана, Ашхабад, "Нлим", 1980

В статье рассмотрено взаимодействие виброрежущего рабочего органа с обрабатываемой средой, представленной моделью с упруголинейными средствами. В результате решения дифференциального уравнения получена зависимость возмущающей силы вибратора от параметров виброрезания и свойств связных грунтов.

Ил. 1, общ. 6

УДК 624.131.1.001.5:627.824.32

Р.З. Утяганов

#### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСОЛИДАЦИИ ПЫЛЕВАТЫХ СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ, НАМЫТЫХ МЕЖДУ ПРОДОЛЬНЫМИ ВАЛАМИ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана, Ашхабад, "Нлим", 1980

Статья включает результаты производственных исследований консолидации намытых между продольными валами пылеватых суглинистых



грунтов. Даны результаты исследования по определению основных геотехнических характеристик намывных грунтов.

Ил. I, табл. I

УДК 556.332.52 (575.4)

Б.М.Джораев

РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ  
КРУПНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ  
ЧАРДЖОУСКОГО ОАЗИСА

Сб. Водное хозяйство Туркменистана, Ашхабад, "Нылым", 1980

В статье рассматриваются данные наблюдений за уровнем грунтовых вод в зоне крупных каналов Чарджоуского оазиса в 1959-1977 гг. Рассматриваются сезонные и многолетние колебания уровня и динамики химизма грунтовых вод в зоне влияния каналов.

Табл. I

УДК 624.152.612.2

В.В.Поплавский

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ВПУСКА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
В ИГЛОФИЛЬТРЫ НА ПРОЦЕСС ВОДОПОНИЖЕНИЯ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана, Ашхабад, "Нылым", 1980

В статье дается оценка и рассматриваются результаты исследования влияния искусственного впуска воздуха в иглофильтры на режим работы насосного агрегата и водопонижительной установки в целом, а также на ход понижения уровня.

Табл. I, сбл. 3

УДК 626.81+631.67. (575.4)

С.А.Аширов, С.А.Атаев, В.А.Соколова

ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
В АШХАБАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Сб. Водное хозяйство Туркменистана, Ашхабад, "Нылым", 1980

В статье приведены водохозяйственные материалы по использованию водных ресурсов водотоков северо-восточного склона Копет-дага и подземных вод в бассейне, а также характеристики водопользования по категориям. Даны существующие и перспективные орошаемые и обводняемые подвешиваемые площади к ним.



# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Предисловие . . . . .                                                                                                                                                      | 3   |
| Б а л а к а е в Б.К., И б р а н и о в А.А. Исследо-<br>вание условий водозабора Каракумского канала им.В.И.Ленина . . . . .                                                | 5   |
| Б а л а к а е в Б.К.: О пропускной способности Кара-<br>кумского канала им.В.И.Ленина . . . . .                                                                            | 25  |
| А н н а е в С.А., А н д о в Х.: К установлению опти-<br>мальной мутности потока в каналах Советской ороситель-<br>ной системы . . . . .                                    | 35  |
| А н н а е в С.А., К р е ч к о А.В.: Некоторые резуль-<br>таты исследований изменения гидравлических элементов<br>спрямления, используемого при борьбе с дейгишем . . . . . | 52  |
| К р е ч к о А.В.: О повышении срока службы русло-<br>выправительной прорези, используемой при борьбе с дейгишем . . . . .                                                  | 60  |
| К о р о б о в В.Н.: К вопросу о закономерностях воз-<br>никновения и распространения селевых потоков на террито-<br>рии Туркменской ССР . . . . .                          | 71  |
| Б е л о у с А.Т., М и щ е н к о А.И.: Комплексы тех-<br>нических средств локального контроля и регулирования . . . . .                                                     | 79  |
| К у л о в А.: Актуальность хозрасчета в оросительных<br>системах Туркменской ССР . . . . .                                                                                 | 91  |
| Л я х В.Д.: Определение энергозатрат при разработке<br>связных грунтов виброковшовым грунтозаборным устройством<br>земснаряда . . . . .                                    | 96  |
| Л я х В.Д.: Закономерности колебаний виброрежущего<br>рабочего органа при подводной разработке связных грунтов . . . . .                                                   | 102 |
| У т я г а н о в Р.З.: Производственные исследования<br>консолидации пылеватых суглинистых грунтов, намытых между<br>продольными валами . . . . .                           | 107 |
| Д ж о р а е в Б.М.: Режим грунтовых вод в зоне влия-<br>ния крупных магистральных каналов Чарджоуского оазиса . . . . .                                                    | 114 |
| П о п л а в с к и й В.В.: Влияние искусственного<br>впуска атмосферного воздуха в иглофильтры на процесс<br>водопонижения . . . . .                                        | 119 |
| А ш и р о в С.А., А т а е в В.А., С о к о л о -<br>в а В.А.: Водно-земельные ресурсы и их использование в<br>Ашхабадской области . . . . .                                 | 127 |

## ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Выпущено по заказу Туркменского научно-исследовательского  
института гидротехники и мелиорации

Редактор Л. А. Леонтович  
Технический редактор Г. А. Артыкова

ИБ № 265

Подписано в печать 25. 07. 1980 г. И — 14369. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага писчая. Печать плоская. Физ. печ. л. 8,75. Усл. печ. л. 8,137.  
Уч.-изд. л. 5,67. Тираж 500 экз. Изд. № 63. Заказ № 2874. Цена 85 к.

Издательство «Ылым» АН ТССР. 744000, Ашхабад, ул. Энгельса, 6.  
Типография АН ТССР. 744012, Ашхабад, ул. Советских погранич-  
ников, 92а.