С. Д. Жаманкараев

Особенности эксплуатации дельтовых ирригационных систем Амударьи

С. ДЖАМАНКАРАЕВ

КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕЛЬТОВЫХ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ АМУДАРЬИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „КАРАКАЛПАКСТАН"
НУКУС—1975

6 С7
Дж.40

Джаманкараев С.
Особенности эксплуатации дельтовых ирригационных систем Амударьи. Нукус, „Каракалпакстан“, 1975.
196 стр.

6с 7.5

2806000000
40—75—М

В настоящей книге приводится гидрологический прогноз режима Амударьи, мелиоративное состояние земель и их улучшения, особенности эксплуатации систем и пути их улучшения, русловые процессы в Амударье и способы борьбы с дейгишем.

Книга рассчитана на специалистов водного хозяйства, на широкий круг научных работников, интересующихся проблемами ирригации в низовьях Амударьи.

©Издательство „Каракалпакстан“ 1975

ВВЕДЕНИЕ

Майский (1966 г.) Пленум ЦК КПСС указал, что в дальнейшем повышении плодородия почв, культуры земледелия, урожайности посевов большое значение имеет орошение и мелиорация земель.

Отметив успехи в развитии ирригации за годы Советской власти, Пленум в то же время подчеркнул необходимость улучшения качества работ по уменьшению потерь воды в оросительных системах, по осушению земель, совершенствования организации труда.

Вопросы, поставленные на майском Пленуме ЦК КПСС, продолжают оставаться актуальными и по сей день, особенно, в связи со спецификой этих мест, в условиях низовьев Амударьи.

В дельте этой реки имеется 1 600 тыс. *га* площадей плодородных земель, в том числе на территории Каракалпакской АССР 900 тыс. *га*, из которых по состоянию на 1 января 1975 г. использовано лишь 260 тыс. *га*. Неиспользуемые громадные массивы в значительной части представляют собой земли древнего орошения, почва которых имеет большую толщу плодородного слоя. Выполняя исторические решения XXIV съезда КПСС по увеличению посева риса в низовьях Амударьи, автономная республика ежегодно осваивает более 10 тыс. *га* новых земель. Дельта реки, особенно территория, занимаемая Каракалпакской АССР, является самым северным хлопкосеющим районом Советского Союза. Континентальный климат, геологические, гидрологические, почвенные и другие условия сильно влияют здесь на эксплуатацию оросительных и мелиоративных систем, придавая ей ряд специфических особенностей по сравнению с эксплуатацией систем в других областях Узбекистана и Средней Азии.

К этим особенностям в основном относятся:

1. Низкие поливные и оросительные нормы по режиму гидромодульного районирования, обоснованному сравнительно прохладным климатом и связанной с ним малой испаряемостью влаги.

2. Сильная заиляемость оросительных каналов из-за большой мутности воды в Амударье.

3. Сильное зарастание и заиление коллекторно-дренажной сети и особенно магистральных коллекторов, сбрасывающих дренажные воды в Аральское море, из-за малых скоростей те-

чения, обуславливаемых незначительностью уклонов рельефа поверхности дельты, имеющих порядок $i=0{,}00004$.

4. Невозможность производить очистку оросительных каналов и коллекторов и другие земляные работы в зимний период, когда из-за сильных морозов почва промерзает на глубину в один метр и более.

Большое влияние на эксплуатацию оросительных систем и на всю водохозяйственную жизнь дельты оказывает река Амударья, которая характеризуется, большой мутностью воды, доходящей до 15 *кг/м*^{3}, значительными подъемами уровней в летний паводковый период и зимой во время ледостава и, особенно, при образовании заторов и зажоров и большой интенсивностью русловых процессов.

Уровень реки определяет и глубину залегания питаемых в основном ею грунтовых вод. Но наибольшую опасность высокие уровни летних поводков и особенно заторно-зажорные подъемы уровня зимой представляют вследствие возможности разливов реки и затопления прибрежных земель, которому способствуют низкие берега и поперечный уклон местности от реки. Для защиты от наводнений, вызываемых разливом реки, вдоль ее берегов построены дамбы обвалования общей длиной порядка более 400 *км*, располагающиеся на отдельных участках в две и даже в три параллельные линии. Русловой процесс на Амударье проявляется в непрерывном блуждании неустойчивого многорукавного русла, в результате чего на одних участках река отходит от берегов, образуя каиры и оставляя без воды питаемые ею оросительные каналы, а на других участках она, наваливаясь на берег, производит интенсивный его размыв, определяемый местным населением словом *дейгиш*. Дейгишем ежегодно смываются большие площади земель, занятых посевами сельхозкультур, с расположенными на них дамбами обвалования, оросительными каналами и населенными пунктами.

На стабильность климата, гидрологию, уровень грунтовых вод, пастбищ и нерестилищ дельты Амударьи оказывает большое влияние Аральское море. Оно является единственным водоприемником от всех коллекторов современной дельты. В результате резкого сокращения стока рек Амударьи и Сырдарьи, вызываемого все возрастающим забором вод из них на орошение, уровень в море в последние 15 лет (начиная с 1961 г.) понизился более чем на 2 *м*. Это в некоторой степени увеличило уклоны коллекторов, что несколько улучшило сброс по ним грунтовых вод. Однако дальнейшее понижение уровня Аральского моря может оказать отрицательное влияние на климат, вызвать расширение солончаковых площадей вдоль побережья, привести к сокращению нерестилищ и посушке пастбищ.

Намечаемая перспективой переброска части стока сибирских рек в Среднюю Азию позволит решить целый комплекс крупномасштабных задач союзного значения, среди которых для

Приаралья жизненно важное значение имеют переключение на орошение от рек Сибири, подпитывание и сохранение тем самым Аральского моря на оптимальном уровне.

Настоящая работа посвящена рассмотрению условий эксплуатации оросительных и мелиоративных систем в дельте Амударьи и возможности ее улучшения путем уточнения режима орошения, повторного использования коллекторно-дренажной воды, использования русловых процессов созданием самоформирования саморазмыва русла самим потоком при реконструкции каналов и влияния на неблагоприятное развитие русловых процессов в реке методом спрямления излучин.

В главе первой дана общая характеристика дельты, почвенные и гидрогеологические условия, а также описан гидрологический режим реки Амударьи с прогнозом ожидаемых изменений его в связи со строительством плотин.

Во второй главе приведена общая характеристика оросительных систем с кратким описанием наиболее крупных из них, а также режима орошения и способов полива. Большое внимание уделено организации и задачам службы эксплуатации, особенно очистке сети и борьбе с заилением путем правильной эксплуатации отстойников.

Третья глава посвящена вопросам мелиорации. В начале главы дана общая характеристика коллекторно-дренажной сети Каракалпакской АССР, изложенная в историческом процессе ее развития. Затем описана организация мелиоративной службы, сформулированы ее основные задачи и приведены результаты наблюдений за уровнем грунтовых вод и минерализацией коллекторно-дренажной воды. В конце главы рассмотрены вопросы организации промывок и использования коллекторно-дренажных вод на промывки и вегетационные поливы.

В четвертой главе рассмотрены русловые процессы в Амударье и каналах. Изучение таких русловых процессов каналов, как заиление, позволило разработать весьма эффективный и экономичный метод их строительства, предусматривающий использование внутренних резервов, рассчитанных на заиление, который даст возможность получить большую экономию при намечаемой реконструкции оросительных систем. Содержание главы излагает обоснованную опытом методику расчета таких каналов и оценку эффективности метода.

В конце главы изложены результаты наблюдений за ходом руслового процесса в Амударье на дейгишируемом участке в районе города и пристани Турткуль, проводившихся САНИИРИ[1] с участием автора, а также дано описание спрямления излучины, выполненного на этом участке силами АДУОС[2] в 1972—1974 *г. г.*

[1] Здесь и далее это сокращение означает: Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации.

[2] Здесь и далее—Амударьинское дельтовое управление оросительных систем.

Глава 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРАКАЛПАКСКОЙ АССР

1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И РЕЛЬЕФ

Каракалпакская автономная республика занимает территорию, расположенную в низовьях Амударьи, вблизи впадения ее в Аральское море (рис. 1). Южная часть республики, называемая южной зоной, располагается узкой полосой сначала вдоль правого, а затем вдоль левого берега Амударьи (считая по течению реки). К этой зоне относятся правобережные Турткульский и Бирунийский и левобережный Амударьинский районы. Южную зону часто относят к Хорезмскому оазису, в который входят также Хорезмская область Узбекской ССР и Ташаузская область Туркменской ССР. Северная часть, или северная зона, веерообразно располагается по обоим берегам Амударьи, до Аральского моря. Охватываемый ею участок реки представляет современную дельту Амударьи.

В состав северной зоны входят Нукусский, Кегейлийский, Чимбайский и Тахтакупырский правобережные районы; Ходжейлийский, Шуманайский, Ленинабадский и Кунградский районы, расположенные на левом берегу.

Природные условия дельты Амударьи.
Территория. Границы. Рельеф. Климат.

Каракалпакская Автономная Советская Социалистическая Республика расположена на территории, прилегающей к дельте Амударьи.

На севере и северо-востоке она граничит с Казахской ССР, на востоке и юго-востоке—с Бухарской и Хорезмской областями Узбекистана, на юге—с Ташаузской областью Туркмении. Западная и северо-западная границы проходят по берегу Аральского моря.

Поверхность автономной республики представляет равнину с ясно выраженными небольшими замкнутыми понижениями и

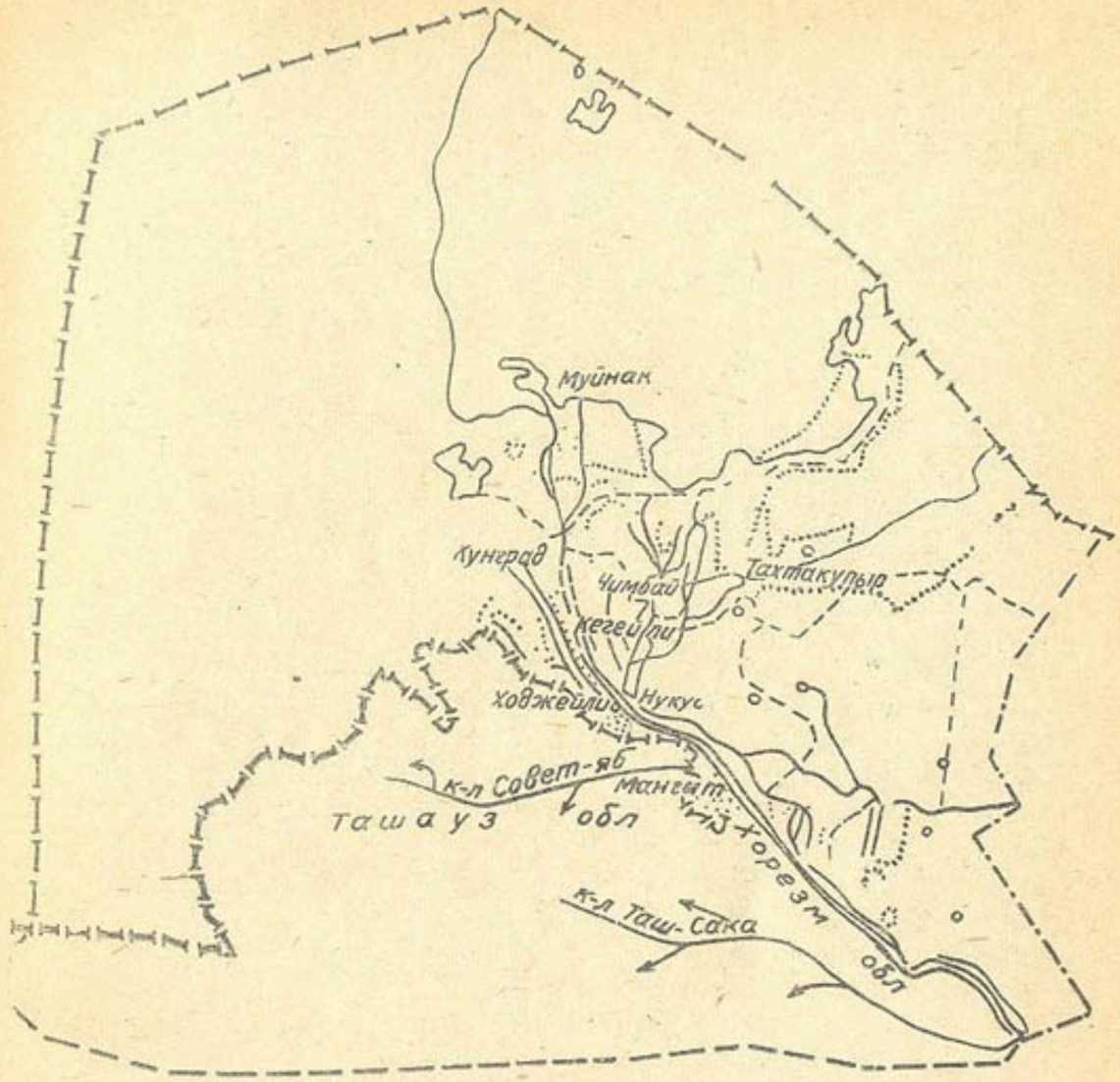


Рис. 1. Дельта реки Амударьи

общим уклоном на север, северо-запад и юго-запад порядка 0,0001.

В южной части территории располагается невысокий горный хребет Султануиздаг, а в северной—небольшие возвышенности Кушканатау и Бельтау.

Вся территория Каракалпакии пересечана многочисленными руслами сухих протоков, староречий, а также заброшенных и действующих оросительных каналов. Вдоль каналов проходят высокие валы, представляющие собою отвалы грунта, вынутого при строительстве каналов и очистке их от наносных отложений за многие годы эксплуатации. Местное население определяет подобный вал словом *раш*. Река Амударья пересекает территорию автономной республики в направлении с юга на север на протяжении более 500 *км*. Территория самой дельты реки,

прилегающая к Аральскому морю, имеет площадь более 10000 *км*². Она испещрена относительно большими и малыми озерами и сильно заболочена.

По климатическим условиям Каракалпакия относится к зоне пустынь и полупустынь с жарким, сухим летом и холодным зимним периодом. Средняя годовая температура воздуха, по данным многолетних наблюдений на метеорологических станциях, дислоцированных на ее территории, составляет +10,5°, а средняя за вегетационный период +27°. Абсолютный максимум температуры зарегистрирован +42°. Наибольшие холода наблюдаются в декабре-январе, когда температура понижается до −25°, −30°.

Сумма эффективных температур составляет: в южной зоне +2360°, в северной +2000°.

Годовые суммы осадков в среднем за многолетие составляют 80—100 *мм* в год. Относительная влажность воздуха за вегетационный период колеблется от 44% до 55%. Годовое испарение с водной поверхности доходит до 900—1500 *мм*, что превышает количество выпадающих осадков в 17 раз.

В этих местах господствуют преимущественно ветры с северо-востока. Их скорость доходит до 10 *м/сек*. В весенние и летние месяцы часто поднимаются пыльные бури.

Весенняя оттепель часто перемежается с прохладной погодой, когда в марте бывает от 3° до 5°, а в апреле от 10° до 12° тепла. В сентябре-октябре температура воздуха колеблется в пределах от 12° до 20° тепла, практически отсутствуют осадки и ветры, что благоприятствует уборке хлопка и других сельскохозяйственных культур.

2. ЗЕМЕЛЬНЫЙ ФОНД И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Каракалпакская АССР имеет большие возможности для развития многоотраслевого сельского хозяйства на основе орошаемого земледелия. В сельхозоборот могут быть включены сотни тысяч гектаров целины. Однако огромные площади свободных земель остаются пока не использованными под посевы.

Одной из причин этого является трудность их освоения и, в частности, нерешенность важного вопроса борьбы с засолением орошаемых земель, требующего устройства на всей орошаемой площади глубокого дренажа.

Валовая площадь земель, числящихся в административных границах республики, составляет 16700 тыс. *га*. Согласно почвенным обследованиям, перспективная площадь нетто земель, пригодных к использованию в сельском хозяйстве под пашню при самом низком коэффициенте земельного использования (КЗИ), равном 0,65, опрделяется в 900 *тыс. га*. В 1972 году из них фактически орошалось только 235,7 *тыс. га*. Остальные 665 *тыс. га*. представляют собою целинные, залежные и переложные

земли. Размещение существующих орошаемых и свободных, пригодных к орошению земель в привязке к оросительным каналам, приведено в табл. 1.

Таблица 1

Земельный фонд Каракалпакской АССР

Наименование оросительной системы	Общая площадь, нетто (тыс. *га*)	В том числе площадь, орошавшаяся в 1973 году (тыс. *га*)	Неиспользуемая площадь, пригодная к орошению (тыс. *га*)
Пахтаарна	114,3	44,3	69,7
Мангит-Кипчакская оросительная система	42,6	21,8	21,1
Всего по южной зоне	156,9	66,1	90,8
Имени Ленина	296,5	75,2	221,3
Кызкеткен	446,6	93,3	352,8
Всего по северной зоне	743,1	169	574,1
Всего по Каракалпакской АССР	900	235,1	664,9

Согласно схеме развития орошения в северной зоне Каракалпакии, составленной институтами „Узгипрозем“ и „Узгипроводхоз“ в 1969 году, в период до 1980 года намечено освоить 491 тыс. *га* включая площади существующего орошения, на которых предусматривается реконструкция оросительной сети. При этом на левом берегу реки должно быть освоено всего 215 тыс. *га*, из них под культуры хлопкового комплекса — 128 тыс. *га* и под культуры рисового комплекса — 87 тыс. *га*. На правом берегу намечается освоение всего 276 тыс. *га*, из которых под культуры хлопкового комплекса — 152,7 тыс. *га* и рисового — 123,3 тыс. *га*.

3. ПОЧВЫ

Почвы дельты Амударьи в границах Каракалпакской АССР сравнительно молодые и в зависимости от условий образования имеют весьма разнообразный состав. Наиболее распространенными, охватывающими более 80% всей площади, являются луговые, лугово-такырные и такырные почвы.

Образование их в северной зоне, прилегающей к дельте реки Амударьи, обусловлено биологическими, климатическими, гидрогеологическими и ирригационно-хозяйственными факторами, а также связью с пустынями и процессами эволюции самой дельты. Процесс развития и формирования почв в дельте про-

шел две стадии—гидроморфную и автоморфную. В первой стадии они длительное время находились в условиях избыточного увлажнения и проходили процессы лугового и болотного почвообразования, сочетавшиеся с процессами отложения аллювия.

После усыхания территории начался переход гидроморфных почв к автоморфным, свободным от влияния грунтовых вод, которые стали залегать глубже. Эта стадия сопровождается постепенным остепнением, засолением и приобретением признаков лугово-такырных и лугово-пустынных почв. В автоморфной стадии почвенный покров представлен такырными, пустынно-песчаными почвами и солончаками.

Подстилающими грунтами почв является большой комплекс слоистых отложений: из песков, супесей, суглинков и глин.

Наиболее распространены на территории Каракалпакии луговые и такырные почвы. Они занимают более 70% площади орошаемой зоны и более 50% целинных и залежных земель. Луговые почвы, развитые на легких отложениях аллювия, имеют большое распространение на орошаемых землях и охватывают всю территорию северной зоны.

Они перемежаются с лугово-болотными почвами, сохранившимися в понижениях рельефа, особенно вдоль берегов реки, в виде мелких пятен, а на внутриоазисных целинных массивах и по периферии—с лугово-такырными, встречающимися в виде мелких и мельчайших пятен. Комплекс луговых почв по механическому составу относится к легким и средне-суглинистым. В северной зоне они имеют маломощный агроирригационный горизонт.

Механический состав лугово-такырных почв в понижениях представлен комплексом с преобладанием глин, а на более высоких территориях—с преобладанием супесчаных и песчаных прослоек.

Пористость почв составляет 45—50%, а наименьшая полевая их влагоемкость 20—30%.

Распределение почв по степени засоленности характеризуется следующим образом: слабозасоленные—28%, среднезасоленные—22,1%, сильнозасоленные—34,9% и солончаки—15% от общей их площади.

О почвах автономной республики можно судить по нижеследующему описанию почв южной зоны Каракалпакской АССР.

Эти почвы охватывают на левобережье Амударьинский район, а на правобережье—Бируниийский и Турткульский районы.

Они представлены более распространенными и разобщенными почвенными разностями, с преобладанием луговых почв и имеют мощный агроирригационный горизонт, развитый на толще культурных наносов, достигающих в отдельных массивах до 2 *м*.

Географическое положение районов южной зоны характеризуется тем, что территория каждого из них представляет длинную узкую полосу, вытянутую вдоль Амударьи, или далеко

вклинившуюся в пески. Так, например, территория Турткульского района тянется вдоль реки узкой полосой протяженностью около 70 *км*. С севера и востока ее окружают пески пустыни Кызылкум, имеющие аллювиальное происхождение. Рельеф территории равнинный, пересеченный в направлении с востока на запад слабовыраженными водораздельными грядами, по которым проходят оросительные каналы. Основная часть территории представляет понижения между этими грядами.

Грунты в районе преимущественно песчаные и супесчаные, что обусловлено расположением ее среди пустыни. Песчаные массивы, граничащие с культурными землями, расположены на легких аллювиальных отложениях и создают условия для оттока грунтовых вод с орошаемых земель. Грунтовые воды слабо минерализованы.

В зимне-весенний период сильные ветры из пустыни Кызылкум приносят много песка, который, отлагаясь на поверхности почвы, при ее обработке равномерно распределяется в пахотном горизонте, вызывая улучшение агроирригационного слоя. Прирост и улучшение почвы происходит также за счет отложения мелких частиц взвешенных наносов, поступающих при орошении полей речной водой. Это явилось началом применения искусственного пескования почв в районе: на поля систематически вносится крупнозернистый песок.

Как было упомянуто выше, наиболее распространенными почвами на территории Турткульского района являются луговые почвы с мощным агроирригационным горизонтом, которые занимают центральную часть ее орошаемых земель.

Почвы с маломощным (до 50 *см*) агроирригационным горизонтом занимают незначительную часть территории, расположенной в северной и северо-восточной периферийной части района, вдоль головного участка канала Пахтаарна, в виде узкой полосы протяженностью 15 *км*. Луговые сильно засоленные почвы расположены небольшим массивом северо-западнее города Турткуля.

В понижениях среди луговых почв встречаются болотные и лутово-болотные почвы. Солончаки в Турткульском районе встречаются редко и их площадь составляет не более 2%.

Луговые почвы района обладают хорошими водно-воздушными и физическими свойствами, в чем значительную роль играет повышенное содержание крупнофракционного песка.

Большую площадь в границах Турткульского района занимает пустынная степь, покрытая барханными песками, среди которых расположен крупный массив земель древнего орошения—урочище Кырккыз. В настоящее время этот массив представляет собою земли перспективного освоения района, частичное орошение и освоение которых уже начато.

Почвенный покров урочища Кырккыз образован комплексом такырных почв и такыров в сочетании с грядовыми и бугрис-

тыми песками, и остаточными солончаками, а также такырами в сочетании с барханными песками. Поверхностные отложения массива относятся к двум типам четвертичных отложений: древнему слоистому мелкозернистому аллювию и эоловым пескам.

В западной части урочища лежит большой массив солончаков со следами заброшенной оросительной сети, в центре которого расположены развалины крепости Тупраккала, свидетельствующие о существовании здесь в древние времена орошаемого оазиса.

Для Бирунийского района характерны в основном луговые, лугово-болотные почвы, солончаки и пески. Этот район также расположен на правом берегу Амударьи, севернее Турткульского района. Его восточная граница проходит вдоль песчаного массива, северо-восточная—вдоль южного и западного склонов возвышенности Султануиздаг, а западной и юго-западной границей является река Амударья. Строение поверхности территории района характеризуется сочетанием двух типов рельефа: долинного и дельтового. Вблизи реки выделяется пойменная терраса, которая при удалении от реки сменяется надпойменной.

Пойменная терраса имеет равнинный рельеф с отдельными врезанными староречьями, причем ни Амударья, ни староречья не имеют четко выраженных прируслових валов. На надпойменной террасе выделяются несколко возвышенных гряд, по которым проходят оросительные каналы. Гряды сложены легкими отложениями. Межрусловые отложения сложены грунтами с преобладанием глинистых прослоек.

Почвы района, сформировавшиеся на охарактеризованной выше поверхности рельефа, представлены группами луговых и лугово-болотных почв, солончаками и песками. Луговые орошаемые почвы имеют маломощный агроирригационный горизонт, который по механическому составу и строению часто бывает легким, благодаря систематическому внесению в него населением кызылкумского песка. Среди луговых почв мелкими пятнами разбросаны пески, солончаки. Пески наиболее часто встречаются на территории колхозов имени Кирова, имени Навои, имени 50-летия Узбекской ССР и совхоза имени 40-летия Октября; солончаки—на территории колхозов „Правда", „Ленинизм" и совхозов имени Бируни и Ахунбабаева. Площади, занятые лугово-болотными почвами, весьма незначительны и встречаются только на пойменной террасе.

Амударьинский район расположен на левом берегу Амударьи ниже Бирунийского. На юге район граничит с Гурленским районом Хорезмской области Узбекистана, на западе и севере—с районами Ташаузской области Туркменистана, а восточной его границей является реки Амударья. Поверхностные группы здесь относятся к Бирунийскому почвенно-географическому району, описанному выше, и аналогичны почвам этого района.

Самое широкое распространение имеют луговые почвы, за-

нимающие всю территорию орошаемых земель. Лугово-болотные почвы встречаются мелкими пятнами среди луговых почв в понижениях и вокруг озер. На территории колхозов имени Ахунбабаева, имени XXII партсъезда, „Ленинизм", имени Энгельса и совхоза „Мангит" имеются большие массивы солончаков.

В заключение в табл. 2 приводим характеристику почв Каракалпакской АССР по ряду показателей в разрезе административно-хозяйственных районов.

4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Сложность геологического строения территории Каракалпакской АССР создала и значительное разнообразие ее гидрогеологических условий.

Грунтовые воды различных по возрасту и геологическому строению участков дельты имеют часто разные источники питания, глубину залегания, минерализацию и свойства.

Аллювиальные равнины дельты, сложенные рыхлыми песчано-глинистыми толщами, имеют единое гидравлически связанное зеркало грунтовых вод. Источником их питания являются воды Амударьи, поступающие в виде грунтового потока в результате потерь на фильтрацию из русла реки, сбросов из магистральных каналов, оросительной сети и непосредственно с поливных участков.

Атмосферные осадки в формировании грунтовых вод играют очень малую роль, которой практически можно пренебречь.

Формирование режима грунтовых вод низовьев дельты Амударьи в значительной мере определяется её литолого-геоморфологическими особенностями, климатическими условиями, а также режимом поверхностных вод.

Неоднородность, слоистость и пестрота грунтов, крайне незначительные уклоны местности создают большие затруднения движению подземного потока.

Раньше значительное влияние на формирование и подъем грунтовых вод в дельте Амударьи оказывало затопление в отдельные годы части территории паводковыми разливами реки, которые распространялись на десятки километров вглубь прибрежной территории и за короткий период резко поднимали уровень стояния грунтовых вод. Однако в результате постройки береговых дамб обвалования возможность таких разливов резко сократилась.

В последнее десятилетие среди факторов, влияющих на формирование грунтовых вод в дельте Амударьи, на первый план стали выступать фильтрационные и сбросные воды, поступающие в почво-грунты пз оросительных каналов и с поливных площадей. В сильно слоистых грунтах под очагами питания в результате фильтрации создаются водные бугры. В легкопроницаемых грунтах профильтровавшиеся воды быстро растекаются и их

Таблица 2.

Характеристика почв по административным районам Каракалпакской АССР

| Районы | Основные показатели почв | | |

новными переносчиками солей являются воды Амударьи, а также минерализованные грунтовые воды с вышележащих территорий. Предполагается, что какая-то часть солей поступает также из соленосных третичных и меловых пород, подстилающих аллювиальные отложения.

Поступление солей увеличивается также в результате подачи на орошаемые поля избыточных вод, превышающих потребности на выращивание сельхозкультур, вследствие неряшливого, бесхозяйственного отношения к водным ресурсам.

В сделанном описании мы не приводим сведений по периферийным пустынным зонам, таким как плато Устюрт, массив Джанадарья и другие массивы, относящиеся к пустыне Кызылкум, которые удалены от источников орошения на сотни километров, хотя эти земли могут быть использованы (и сейчас частично используются) как пастбища.

Таким образом гидрогеологические условия орошаемой зоны Каракалпакии в целом характеризуются следующим:

— Затруднен общий подземной отток грунтовых вод вследствие незначительных уклонов поверхности территории и особенностей строения грунтов. Положение усугубляется здесь также и подпором грунтового потока, создаваемым рекой и Аральским морем.

— Налицо слабо выраженный местный подземный отток грунтовых вод на участках русловых отложений древних протоков, а также отток (при низком значении КЗИ) с орошаемых земель на неорошаемые земли.

Имеется положительный солевой баланс, определяющий дельту как область постоянного соленакопления.

Уровень грунтовых вод понижается, а амплитуда годовых колебаний уровня уменьшается по мере удаления от Амударьи оросительных каналов и орошаемых территорий. На неорошаемых целинных и пустынных землях грунтовые воды залегают на большой глубине и имеют незначительную (0,2—0,3 *м*) амплитуду годовых колебаний.

Минерализация грунтовых вод весьма различна и изменяется от пресных вод, имеющих показатель менее 1 *г/л* до рассолов в 50 *г/л* и более на целинных землях.

5. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АМУДАРЬИ

Крупнейшая река Средней Азии—Амударья образуется в результате слияния Пянджа и Вахша[1], которые дают основную (82—83%) часть объема ее годового стока. Многочисленные

[1] Если говорить точнее, то за начало Амударьи принимается река Гунч, вытекающая из ледника Вревского на Памире, которая является истоком Пянджа.

притоки этих рек, формирующиеся в горах Памира, имеют ледниковое или снеговое питание. Это обуславливает смешанный, ледниково-снеговой тип питания Амударьи.

Ниже слияния Пянджа и Вахша в Амударью впадают еще несколько притоков. Наиболее крупные из них: правобережные Кафирниган (с расходом до 100 $м^3/сек.$) и Сурхандарья, который сейчас, в связи с устройством Южно-Сурханского водохранилища почти полностью разбирается на орошение, левобережный —Кундуздарья, протекающий по территории Афганистана. Суммарный сток Кафирнигана и Сурхандарьи (до устройства водохранилища) составляет около 11%, а Кундуздарьи 4% годового стока Амударьи.

В районе г. Керки Амударья выходит из предгорной зоны на равнину, не принимая ниже ни одного притока. Отсюда же начинается интенсивный разбор речной воды ирригационными каналами.

Можно выделить следующие основные пункты такого разбора: 1) район города Керки (Бассага-Керкинский и Каракумский каналы); 2) створ Кызылаяк, в котором намечается построить гидроузел (Каршинский канал); 3) район города Чарджоу (Амубухарский и Амукаракульский каналы и группа каналов Чарджоуской области Туркменистана) и 4) территория Хорезмской области и Каракалпакской АССР от теснины Тюямуюн до теснины Тахиаташ, где от реки отходит наибольшее число каналов (Ташсака, Пахтаарна, Клычниязбай, Кипчакбозсу, Советяб, имени Ленина, Кызкеткен и ряд более мелких).

Обилие осадков, выпадающих зимой в пределах водосборной площади бассейна Амударьи, обеспечивает многоводность реки в период таяния снега и ледников. При этом смешанное ледниково-снеговое питание Амударьи обуславливает наличие двух паводков: весеннего, образующегося от таяния сезонного снега на водосборах Кундуздарьи, Кафирнигана, Сурхандарьи, Кызылсу и Яксу, который проходит в апреле-мае, и летнего—от таяния вечных снегов и ледников в верховьях Вахша, Пянджа и их притоков, проходящего в июне-августе.

Гидрограф паводков характеризуется многовершинностью с резко выраженными пиками, число которых может доходить до 11—12 и более. При прохождении пиков расходы воды в реке могут изменяться в течение суток на величину, достигающую 1000 $м^3/сек.$

Меженный период на Амударье длится с октября до марта-апреля, когда начинается интенсивное таяние снега на нижнем ярусе гор. Как и у других рек Средней Азии, межень неустойчива: постоянство расхода часто нарушается дождями и оттепелями. Минимальные расходы межени наблюдаются в период с декабря по март месяцы.

Гидрологический режим Амударьи изучают до 20 гидрологических станций и постов, из которых наиболее надежными

являются данные наблюдений на гидрометрических станциях Керки (у города Керки) и Чатлы (в окрестностях Нукуса, ниже Тахиаташской плотины).

Средний многолетний расход воды за период почти непрерывных наблюдений с 1911 по 1969 гг. по станции Керки равен 1960 $м^3/сек.$ а по станции Чатлы—с 1913 по 1969 гг.—1410 $м^3/сек.$ Объем годового стока соответственно равен $61.8,10^9$ и $44.4,10^9$ $м^3$, т. е. сток у Нукуса на $17,4 .10^9$ $м^3$, или на 28% меньше. чем у г. Керки.

По подсчетам В. Б. Шульца, до 1970 года в Аральское море поступало в год $38,6.10^9$ $м^3$ воды,или 89% стока Амударьи у Нукуса.

Среднемесячные расходы Амударьи у Керки редко падают ниже 700 $м^3/сек.$, наименьший за все годы наблюдений показатель, зарегистрированный в феврале 1964 года был равен 525 $м^3/сек.$

Минимальный показатсль этого расхода у Нукуса, зарегистрированный в марте 1968 года, был равен 20,7 $м^3/сек.$ В отдельные декады марта сток в створе Чатлы совсем прекращается вследствие полного разбора воды каналами расположенными выше.

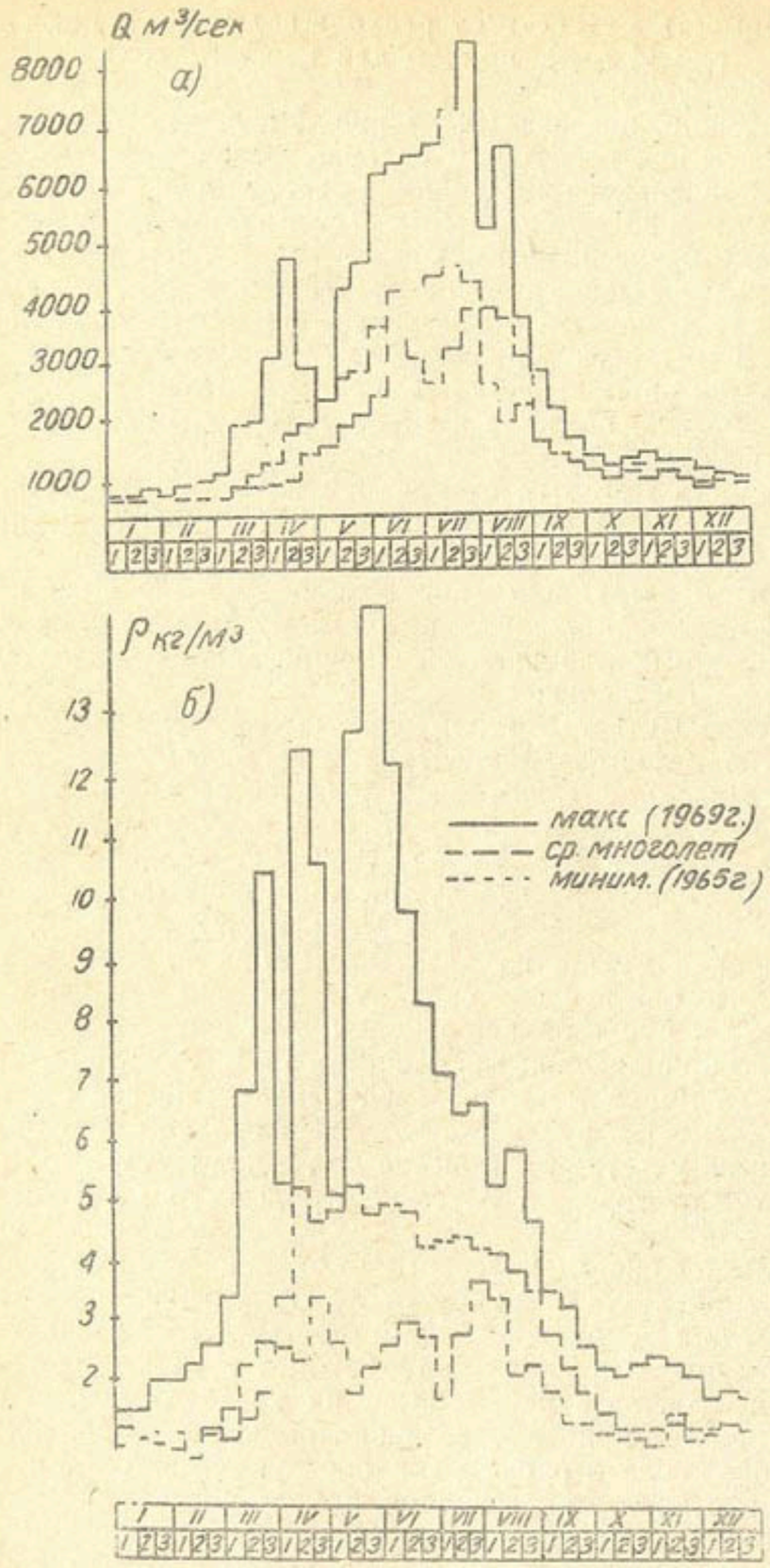
Амударья является не только самой крупной рекой Средней Азии, но и одной из самых мутных, уступая по мутности только рекам юга Туркмении—Атреку, Теджену и Мургабу. Среднегодовая мутность воды у Керки колеблется от 7,08 $кг/м^3$ (1969 г.) до 2,12 $кг/м^3$ (1965 г.), у Чатлы—от 4,46 $кг/м^3$ (1969 г.) до 1,86 $кг/м^3$ (1965 г.)

Наибольшая отмеченная на Амударье мутность в 25 $кг/м^3$ была зарегистрирована в 1969 году в створе поста урочища Кызылаяк.

Мутность воды в Амударье начинает увеличиваться в марте и достигает наибольшего значения в мае, т. е. в период прохождения весеннего паводка, когда происходит интенсивный смыв почвенного покрова с поверхности низких водосборов, размыв и углубление русла.

Гидрографы средних декадных расходов и мутности воды Амударьи по результатам измерений станций Керки и Чатлы для многоводного, среднего и маловодного года показаны на рис.. 2 и 3.

Из этих гидрографов следует, что пик мутности несколько опережает пик расхода воды. Это объясняется тем, что основным источником поступления наносов в реку являются продукты смыва с поверхности водосбора талыми и дождевыми водами, интенсивность которого при формировании стока на нижнем ярусе гор больше, чем на верхнем, где мелкозема меньше. Об этом свидетельствует также изменение фракционного состава взвешенных наносов, указывающее на преобладание мелких фракций в период апреля-мая.



Рис, 2. Гидрографы среднедекадных расходов (а) и мутности (б) воды по створу Керки.

Зависимость мутности от расхода воды имеет петлеобразный характер (рис. 4 и 5), причем для каждого года петля имеет свою особую форму.

Из графиков, показанных на рис. 4 и 5, видно, что увеличение мутности при нарастании расхода воды продолжается до некоторого предельного значения (которое для разных лет различно даже при примерно равных расходах воды), после чего мутность, несмотря на продолжающееся увеличение расходов воды, начинает уменьшаться, хотя ее значение в период пика ледникового паводка несколько стабилизируется. При уменьшении расходов воды мутность уменьшается, но не так быстро, как она увеличивается при нарастании паводка. Поэтому одинаковым расходам воды на подъеме и спаде паводка соответствуют различные мутности.

Зависимость мутности от уровней воды (рис. 6—7) выражена более слабо, чем от ее расходов (рис. 4—5). Отсутствие определенной закономерности изменения мутности в зависимости от расхода воды затрудняет прогнозирование режима наносов в реке, которое крайне необходимо для правильного планирования эксплуатационных мероприятий на ирригационных системах, питающихся из Амударьи.

Изменение мутности вдоль реки имеет следующий характер. На участке Керки-Чарджоу-Ильчик мутность практически не меняется. Далее, до Ташсака наблюдается некоторое уменьшение мутности (у Ташсака мутность составляет 80% мутности у Керки). Ниже Ташсака до Чатлы мутность еще более уменьшается, составляя у Чатлы 50—60% мутности у Керки (средняя мутность у Керки составляет 4,14 *кг/м*³, у Чатлы—2,77 *кг/м*³).

Уменьшение мутности с движением вниз по течению реки показывает, что она в своем среднем и нижнем течении ежегодно откладывает в русле большое количество наносов.

Согласно приближенным подсчетам Г. В. Лопатина, на участке от города Керки до водозабора канала Ташсака ежегодно на каждом километре русла осаждается в среднем около 70 тыс. *т* наносов; на участке от Ташсака до города Нукуса—120 тыс. *т*, а на участке от города Нукуса до Аральского моря—около 130 тыс. *т*.)

В результате систематического отложения наносов, образованное отложениями современное русло Амударьи, ниже Ташсака приподнято над окружающей местностью. Это создает угрозу разлива реки и затопления прибрежных культурных земель и населенных пунктов в период высоких уровней воды, наблюдающихся как летом при прохождении больших паводках пиков, так и зимой, когда в русле реки образуются заторы и зажоры.

Для предотвращения затопления местное население издавна построило по берегам реки защитные дамбы обвалования. В настоящее время сохранившиеся старые дамбы реконструированы и дополнительно построено много новых дамб инженерного типа.

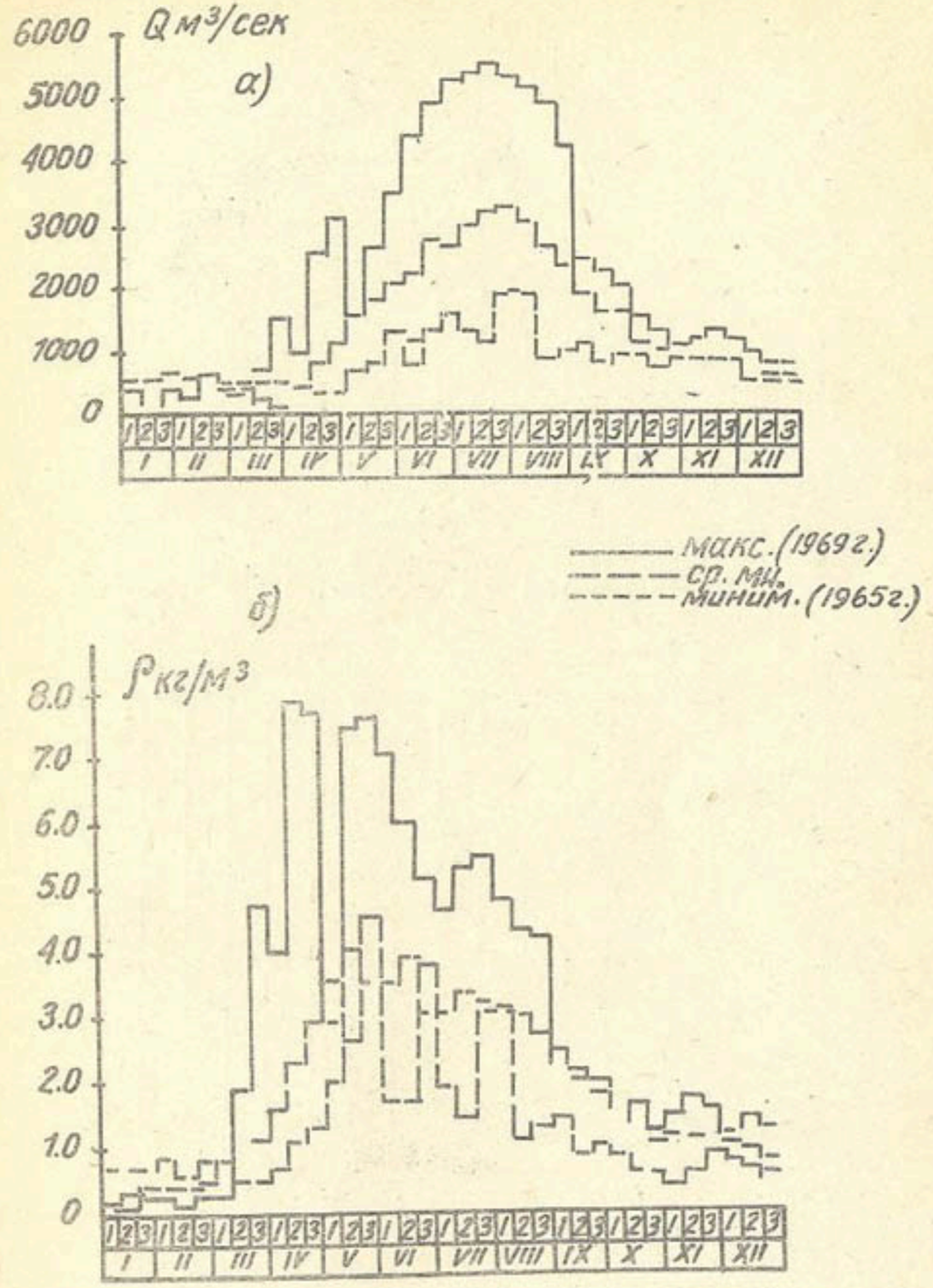


Рис. 3. Гидрографы среднедекадных расходов (а) и мутности (б) воды по створу Чатлы.

Все эти дамбы создают единую надежную систему защиты, протянувшуюся несколькими линиями вдоль обоих берегов реки от Ташсака до Раушана (в районе Кунграда).

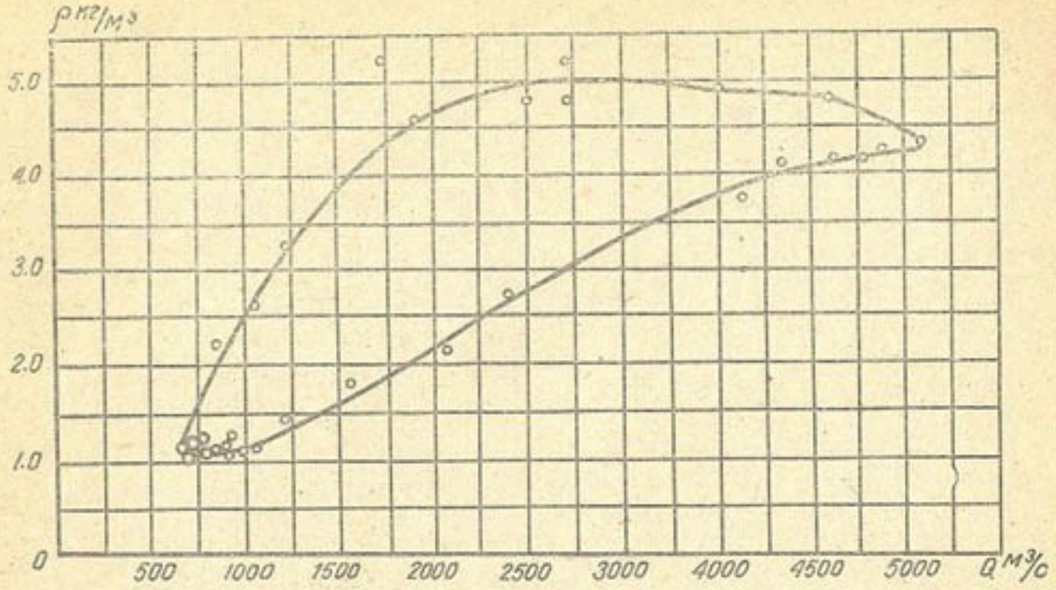


Рис. 4. Зависимость мутности от расхода воды на реке Амударье в створе Керки за 1937 г. и за 1953—1969 г. г.

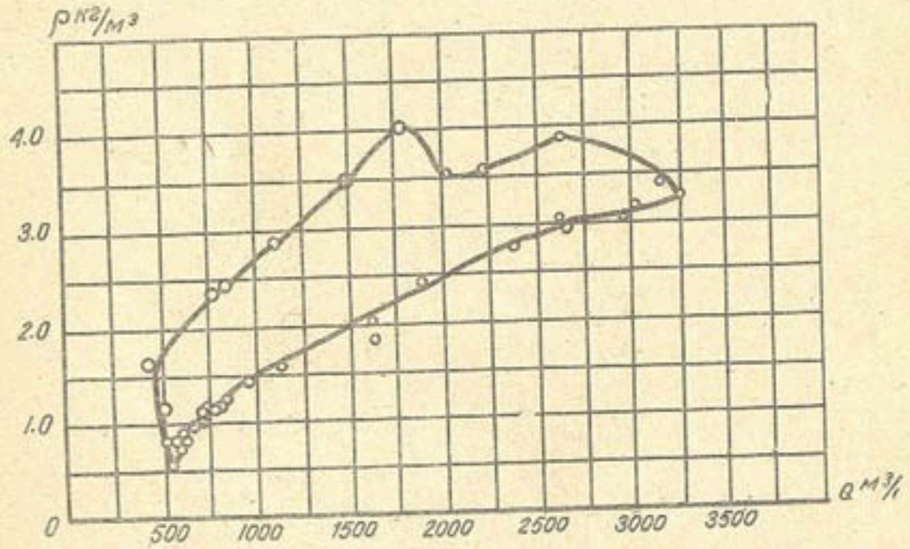


Рис. 5. Зависимость мутности от расхода воды на Амударье в створе Чатлы за 1937—1969 г. г.

Интенсивное отложение наносов, усиливающееся в периоды уменьшения расхода воды в реке, особенно на спаде паводковых пиков, вызывает разделение речного потока на ряд рукавов и проток, непрерывно изменяющих свое расположение. Поэтому такое многорукавное русло называют блуждающим. Оно очень затрудняет водозабор в оросительные каналы. Кроме того, сильное засорение рукавов наносными отложениями часто приводит

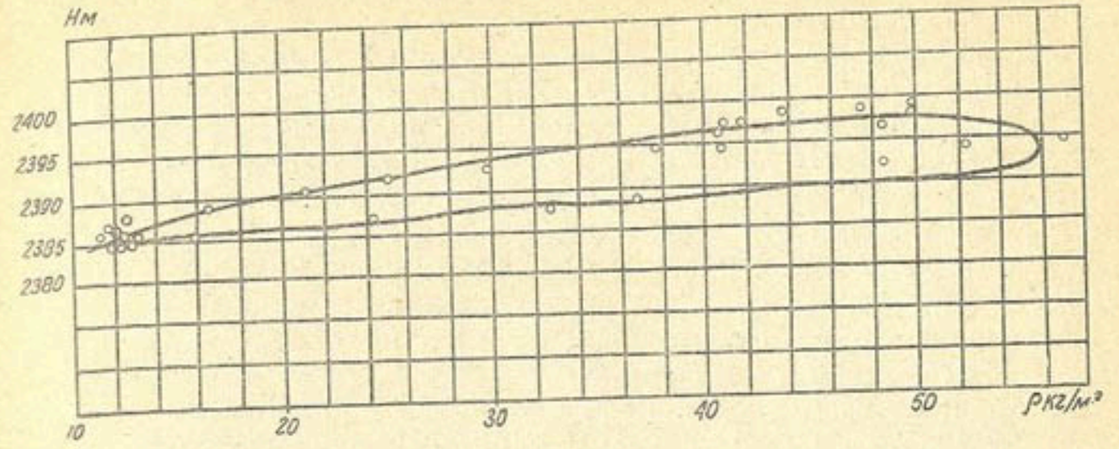


Рис. 6. Зависимость мутности от горизонта воды на Амударье у города Керки.

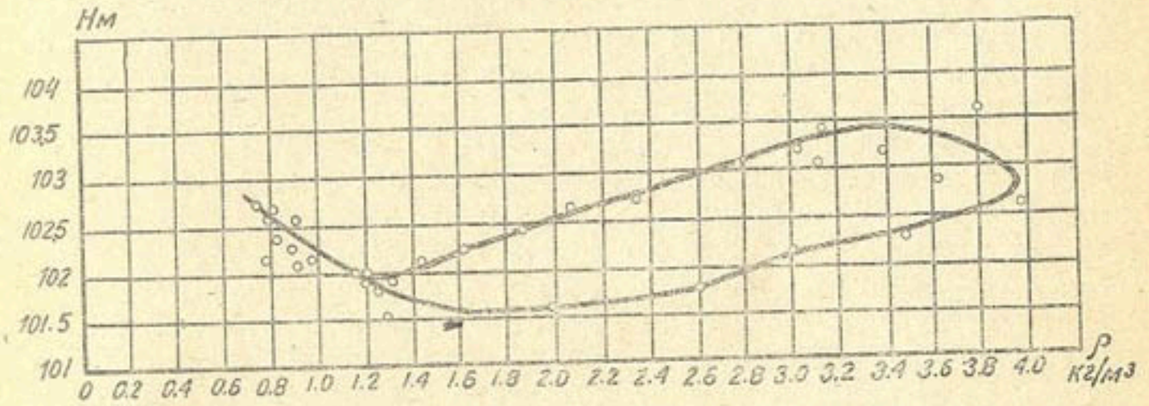


Рис. 7. Зависимость мутности от горизонта воды на Амударье у Чатлы.

к образованию поперечных направлений потока к берегу, интенсивно размывающих берега. Как уже упоминалось выше, такие размывы получили местное название *дейгиш*. Они причиняют народному хозяйству Каракалпакии и Хорезмской области громадные убытки, связанные со смывом культурных земель, дамб обвалования, оросительных каналов, населенных пунктов и даже городов. (Подробно о дамбах обвалования и дейгише—в главах II и IV.)

Взвешенные наносы Амударьи представляют большой интерес прежде всего потому, что они, поступая вместе с речной водой в оросительные каналы, вызывают быстрое заиление последних, осложняют эксплуатацию и требуют проведения трудоемких очисток. При этом интенсивность заиления зависит не только от

содержания наносов в речной воде (мутности), но и от их фракционного состава.

Состав взвешенных наносов Амударьи изменяется как во времени (в течение годового цикла и в многолетнем разрезе), так и вдоль по реке. Преобладающими являются частицы величиной до 0,05 *мм*. Частицы крупнее 0,25 *мм* встречаются главным образом на участке верхнего течения, где их содержание не превышает 3%. На всем протяжении реки в паводковый период по сравнению с меженью удельный вес мелких фракций наносов увеличивается, а крупных фракций—уменьшается. Различие фракционного состава наносов в половодье и в межень может быть очень существенным.

В среднем за год у Керки частицы размером до 0,05 *мм* составляют 73,4% общего стока взвешенных наносов, а у Чатлы их содержение возрастает до 85,6%. Наносы диаметром от 0,25 до 0,05 *мм* составляют у Керки 23,4%, а у Чатлы—14,4% стока взвешенных наносов.

Относительное содержание песчаных фракций с диаметром частиц в 0,05 *мм* у Керки изменяется в пределах от 1,9 до 70,1% при среднемесячных многолетних величинах от 16,0 до 41,0%, а у Чатлы—от 0,6 до 50,6% при среднемесячных многолетних величинах от 24,4 до 33,7%.

Супесчаные и суглинистые грунты с диаметром частиц 0.05—0,01 *мм* у Керки имеют относительное содержание от 15,6 до 67,8% при среднемесячных многолетних величинах от 33,6 до 45,7%, у Чатлы—от 10,6 до 60,3% прн среднемесячных многолетних значениях от 24,4 до 33,7%.

Пылеватые и глинистые грунты с размером фракций 0,01 *мм* составляют у Керки от 9,1 до 6,4%, при среднемесячных многолетних величинах от 20,7 до 39%, у Чатлы – от 11,7 до 85,1% при среднемесячных многолетних величинах от 50,9 до 59%, Максимальное содержание песка наблюдается в период с апреля по август. Сток взвешенных веществ у Керки равен 22 млн. *т*, что составляет около 10% всех наносов.

Сведения о среднемесячных расходах воды, мутности, объемах стока взвешенных наносов для лет разной обеспеченности и среднемесячном фракционном составе взвешенных наносов приведены в табл. 3—8.

6. ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АМУДАРЬИ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ ОРОШЕНИЯ.

Интенсивное развитие орошаемого земледелия в бассейне Амударьи, появление больших площадей нового орошения в зоне Каракумского канала, в Каршинской степи и других районах сильно изменяет режим как жидкого, так и твердого стоков реки.

Основными узловыми точками этого изменения режимов яв-

Таблица 3

Среднемесячные расходы воды р. Амударьи у г. Керки для лет разной обеспеченности

(в $м^3/сек$)

Обеспеченность P в %	Реальный год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средневек. за год	Расчетная величина
5	1914	706	727	801	1530	2720	6020	6060	4200	4100	1310	1270	1040	1540	2530
25	1956	821	848	1160	2580	3350	3440	4690	3730	1960	1060	804	811	2100	2170
50	1912	817	738	890	1970	2500	3480	5130	3530	1900	1080	711	627	1950	1940
75	1968	584	486	646	1220	2550	3910	4570	3030	1240	1010	799	898	1750	1730
95	1965	625	662	761	1080	1820	2940	3230	2230	1380	971	946	756	1450	1460

Таблица 4

Среднемесячные мутности (*кг/м³*) и объемы стока взвешенных наносов (млн *м³*) р. Амударьи у. *г.* Керки для лет разной обеспеченности

P%	Реальный год	Элемент	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
	1969	*кг/м³*	1,67	2,31	7,51	10,1	12,1	10,0	5,69	5,35	3,11	2,14	2,24	1,72	7,08
		млн. *м³*	2,88	3,91	26,2	74,3	97,8	1,32	107	58,6	14,2	5,37	5,85	3,67	525
5	1914	*кг/м³*	1,29	1,55	2,87	9,35	8,49	5,96	5,94	5,05	3,8	2,14	2,2	1,93	5,2
		млн. *м³*	1,98	2,19	4,93	29,6	49,6	74,4	77,2	45,5	32,3	6	5,79	4,31	332
25	1953	*кг/м³*	1,31	1,09	3,69	4,11	5,38	5,57	5,65	4,19	3,14	1,66	1,54	2,12	4,44
		млн, *м³*	2,32	1,68	11,1	13,9	44,9	58,3	73,4	31,6	15,6	5,39	4,13	6,12	26,4
50	1960	*кг/м³*	1,26	1,1	1,58	3,06	6,2	4,1	4,76	4,36	2,54	1,14	0,958	1,12	371
		млн. *м³*	1,91	1,49	2,58	6,85	34,3	31,1	49,4	32,2	9;75	2,36	1,74	2	174
75	1961	*кг/м³*	1,1	1,06	1,66	2,76	3,51	4,28	4,38	3,93	3,13	1,66	1,73	1,26	3,21
		млн. *м³*	1,35	1,26	2,36	6,64	15,5	24,9	32,2	27,9	14,9	3,43	2,9	1,87	131
95	1965	*кг/м³*	0,96	0,921	1,44	2,87	2,16	2,78	2,78	2,6	1,35	0,938	1,06	1,1	2,12
		млн. *м³*	1,29	1,18	2,36	6,43	8,38	16,8	19,3	12,5	4,15	1,95	2,08	1,78	77,6

Таблица 5

Среднемесячный фракционный состав взвешенных наносов р. Амударьи у г. Керки по данным наблюдений за 1952—1969 гг.

Месяц	Мутность *кг/м³*	Гидравлическая крупность частиц (*мм/сек.*) и их содержание % *кг/м³*								Максимальная гидравлическая крупность *мм/сек*
		63—54	54—32	32—20	20—12	12—2	2—0,2	0,2—0,02	0,02	
Январь	1,26	0,2	3,4	4,8	7,3	26,1	26,8	15,5	15,9	55,2
		0,003	0,043	0,06	0,092	0,329	0,338	0,195	0,2	
Февраль	1,1	—	3,6	5,3	9,9	28,7	23,9	16,4	12,2	53,8
			0,04	0,058	0,109	0,316	0,263	0,13	0,134	
Март	1,56	—	2,7	2,5	3,7	17,3	23,1	24,1	21,6	50,8
			0,041	0,058	0,056	0,263	0,424	0.364	0,323	
Апрель	3,06	—	1,2	1,5	2,4	13,2	29,5	33	19,2	49,9
			0,037	0,046	0,073	0,404	0,903	1;01	0,587	
Май	6,2	—	1,6	1,5	3.6	15,8	26,5	33,1	17.9	45,3
			0,099	0,093	0,198	0,98	1,64	2,06	1,11	
Июнь	4,1	—	1,6	1,9	3,2	18,4	29,6	25,5	20,1	51,1
			0,066	0,078	0,131	0,755	0,21	0,03	0,824	

Продолжение таблицы 5

Июль	4,76	0,4 0,019	1,6 0,076	2,1 0,1	3,7 0,176	22,3 1,06	31,2 1,49	24,4 1,16	14,3 0,681	55
Август	4,36	0,2 0,009	2,1 0,092	2,1 0,092	3,3 0,144	17,9 0,78	27,2 1,19	27,4 1,19	19,8 0,863	55,6
Сентябрь	2,54	—	1,8 0,038	1,8 0,046	3,9 0,099	19,5 0,495	25,5 0,647	29,4 0,747	18,4 0,468	54
Октябрь	1,14	0,6 0,007	2,8 0,032	3,3 0,038	5,2 0,059	23,3 0,266	25,3 0,288	23 0,262	16,5 0,188	58,2
Ноябрь	0,958	0,7 0,007	4,3 0,041	4,3 0,041	5,7 0,055	25 0,248	23,8 0,288	19,7 0,189	16,5 0,158	
Декабрь	1,12	—	3,5 0,039	3,9 0,044	6,2 0,069	27 0,302	23,6 0,264	20 0,224	15,8 0,177	53,2

* Среднемесячные мутности взяты по среднему многолетнему году (1960 г.).

Таблица 6

Среднемесячные расходы воды реки Амударьи у кишлака Чатлы для лет разной обеспеченности

(в $м^3/сек$)

P %	Расчетный расход	Реальный год	Месяцы												средне-годовые
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XII	XII	
5	2000	1945	729	714	772	1490	2730	3700	4970	4030	2250	1300	966	881	2040
25	1600	1943	423	516	1110	1020	1540	2720	3820	3120	1940	1200	987	899	1610
50	1350	1955	733	638	366	659	1220	2670	2520	3150	1690	958	753	713	1330
75	1130	1947	581	641	525	532	871	1750	1690	2150	1810	1040	740	866	1110
95	858	1962	622	366	223	393	1170	1430	1980	1580	1150	678	566	655	901

Таблица 7

Среднемесячные мутности (*кг/м³*) и объемы стока взвешенных насосов (млн. *м³*) р. Амударьи

P %	Реальный год	Элемент	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	среднего-довые.
5	1952	*кг/м³*	0,861	0,909	1,16	5,56	5,4	5,16	4,18	3,26	2,1	1,51	0,915	0,231	3,71
		млн. *м³*	1.18	0,945	1,5	19.5	32,2	37,4	38,6	20,8	6,4	3,43	1,45	0,3	164
25	1958	*кг/м³*	1,17	0,954	0,83	4,76	4,48	3,64	3,78	2,91	1,74	1,39	1,11	1,14	3,13
		млн. м³	1,44	0.813	0,47	14.5	21,4	20,6	40,8	20,8	5,39	3	1,76	1,37	131
50	1955	*кг/м³*	0,45	1,05	0,956	2,64	3,85	4,12	2,7	3,49	2,31	1,36	0,983	1,02	2,71
		млн. *м³*	0,71	1,3	0,75	3,11	10,1	22,8	14,6	23,6	8,1	2,79	1,54	1,57	90,7
75	1966	*кг/м³*	0,603	0,341	0,673	1,14	4,3	3,32	2,74	2,6	1,56	0,94	1,01	0,569	2,39
		млн. *м³*	0,56	0,087	0,06	1,06	13,3	17,2	17	11,8	4,56	1,82	1,49	0,62	68
95	1967	*кг/м³*	1,02	0,058	0,819	0,883	1,49	2,57	2,37	3,02	2,54	1,63	1,01	0,439	1,98
		млн. *м³*	1,27	1,06	0,92	0,975	2,79	9,33	8,59	14	9,55	3,65	1,76	0,82	54,4

Таблица 8

Среднемесячный фракционный состав взвешенных наносов р. Амударьи у кишлака Чатлы по данным наблюдений за 1952—1969 гг.

Месяцы	Мутность* *кг/м³*	Гидравлическая крупность частиц (*мм/сек.*) и их содержание % *кг/м³*						Максимальная гидравлическая крупность, *мм/сек.*
		32—20	20—12	12—2	2—0,2	0,2—0,02	0,02	
Январь	0,45	3,7	2,2	13,9	26,9	14,3	39	
		0,017	0,0101	0,062	0,121	0,064	0,176	
Февраль	1,05	0,5	1,4	14,7	19,2	23,4	40,8	0,4
		0,005	0,015	0,154	0,202	0,246	0,428	
Март	0,956	0,5	1	16,5	21	24,5	36,5	0,4
		0,005	0,01	0,158	0,201	0,234	0,349	
Апрель	2,64	0,8	1,2	16,3	22	23,3	36,4	0,3
		0,021	0,032	0,43	0,581	0,15	0,961	
Май	3,85	0,2	0,7	13,4	21,9	25,1	38,7	0,3
		0,008	0,027	0,516	0,843	0,966	1,49	
Июнь	4,12	1,0	1	14,9	24,1	23	36	0,4
		0,041	0,041	0,613	0,993	0,947	1,48	

Продолжен ие таблицы 8

	2,7	0,1	0,003	0,8	0.022	14,3	0,386	24,7	0,667	24,9	0,672	35,2	0,95	1,
Июль														
Август	3,49	0,4	0,012	0,6	0,021	12,9	0,45,	22,9	0,801	26,2	0,916	37	1,29	0,3
Сентябрь	2,31	1,4	0,032	2,2	0,051	18,5	0,428	20,3	0,469	21,3	0,492	36,3	0,838	0,3
Октябрь	1,36	6,2	0,034	2	0,027	14,8	0,202	26,2	0,356	15,6	0,212	35,2	0,479	0,3
Ноябрь	0,983	2,6	0,026	1,8	0,018	13,6	0,134	27,5	0,27	15,5	0,152	39	0,383	0,4
Декабрь	1,01	3	0,031	3	0,031	12,2	0,124	28,2	0,288	13,6	0,139	40	0,407	0,4

x) Среднемноголетние мутности взяты по среднему многолетнему году (1955 г.),

ляются Кызылаякский гидроузел, проектируемый для обеспечения поступления воды в Каршинский магистральный канал, створ водозабора в Амубухарский канал и Тюямуюнский гидроузел с водохранилищем, строящимся для обеспечения устойчивого снабжения водой каналов Хорезмского оазиса и южной зоны Каракалпакской АССР, особенно для обеспечения всех оросительных систем, расположенных ниже створа Тюямуюн, водой для проведения промывных поливов в марте-апреле, когда бытовой сток реки совершенно недостаточен.

В табл. 9 приведены перспективные изменения среднего за многолетие годового стока воды для указанных узлов точек, определенные Генеральной схемой использования водных ресурсов Амударьи, составленной Среднеазиатским отделением Гидроэнергопроекта.

Уменьшение стока воды вызывает изменение режима твердого стока. Так, например, значительное увеличение забора воды из реки в Каракумский и Каршинский каналы (до 26% объема стока в расчетный год) приведет к резкому снижению транспортирующей способности потока ниже створа водозабора, вследст-

Таблица 9

Перспективное изменение среднего многолетнего стока Амударьи по основным створам отбора воды

(в $км^3$)

№№ пп	Наименование	Объем годового стока воды в современных условиях	Объем годового стока воды на различных этапах развития водопотребления				
			I	II	III	IV	V
1.	Приток к Кызылаякскому гидроузлу	63,8	61,62	60.2	58,4	57,4	54,62
2.	Приток в створе водозабора в Амубухарский канал		49,9	45,6	40,28	35,9	32,0
3.	Приток к Тюямуюнскому гидроузлу		43,2	37,7	34,3	30,5	26,9
4.	Сброс в нижний бьеф Тюямуюнского гидроузла		31,1	30,9	27,5	23,3	19,8
5.	Приток к Тахиаташскому гидроузлу		35,1	30,9	26,7	22,6	19,2
6.	Сброс в Аральское море		29,2	23,3	18,3	12,5	9,1

вие чего будет происходить отложение наносов в нижем бьефе Кызылаякского гидроузла.

Принимая мутность воды, поступающей в каналы, равной мутности воды в реке, можно получить баланс наносов по длине реки и объемы отложений, приведенный в табл. 10.

Таблица 10

(млн. $м^3$)

Наименование створа	Объемы стока наносов			
	приток	сбрасывается в каналы	транспортируется ниже каналов	оседает на участке отбора воды
Створ водозабора в Каракумский и Каршинский каналы	167,0	26,0	95,5	34,0
Створ водозабора в Амубухарский канал	95,5	11,0	83,5	1,0
Нижный бьеф Тюямуюнского гидроузла	83,5	18,0	54,5	11,0
Тахиаташский гидроузел	54,5	14,0	40,5	—

Результаты аналогичных расчетов в разрезе этапов развития водопотребления приведены в табл. 11.

На участках реки большой протяженности между пунктами основного отбора воды: от Каракумского до Амубухарского каналов, от Амубухарского канала до теснины Тюямуюн, ниже зон местных деформаций, как показывают данные табл. 11, поток будет прегружен наносами, что будет обуславливать сохранение блуждания русла на этих участках.

Осаждение наносов ниже Тюямуюнского гидроузла будет происходить, в основном, за головными сооружениями больших магистральных каналов Ташсака, Карамазы, Пахтаарна и Клычниязбай. При этом непосредственно ниже каналов Ташсака и Пахтаарна будет оседать ежегодно в среднем примерно 7—8 млн. $м^3$ и около 2 млн. $м^3$ ниже канала Клычниязбай. По составу это будут наносы крупнее 0,05 *мм*.аНиже канала Клычниязбай процессы русловых деформаций будут протекать так же, как и на участках большой протяженности между каналами выше Тюямуюнского гидроузла.

Большое влияние на режим жидкого и твердого стоков, а также на русловые деформации окажет регулирование стока строящимися Нурекским водохранилищем на реке Вахш и Тюя-

Таблица 11

Изменения баланса стока наносов Амударьи в перспективе

(млн. *т*)

Створ отбора воды	I расчетный этап		II расчетный этап			III расчетный этап		
	приток	отбирается в каналы	приток*	отбирается в каналы	оседает между створами	приток	отбирается в каналы	оседает между створами
Кызкеткенский гидроузел	211,0	25,0	207,0	29,0	30,0	184,0	45,0	9,0
Амубухарский канал	176,0	7,1	148,0	10,0	5,0	130,0	10,0	9,0
Тюямуюнский гидроузел*	148,0	21,0	133,0	19,0	56,0	111,0	24,0	37,0
Тахиаташский гидроузел*	67,2	11,5	58,0	39,0	81,0	50,0	15,1	61,0
Тюямуюнский гидроузел**	148,0	—	133,0	—		111,0	24,0	
Тахиаташский гидроузел**	67,2	11,5	52,0	39,0		60,0	15,1	

* Для варианта работы Тюямуюнского водохранилища со снижением уровня в половодье.

** То же без снижения.

муюнским водохранилищем на Амударье на юге Хорезмского оазиса и намечаемыми к строительству Рагунским, Верхнеамударьинским и другими водохранилищами.

Регулирование стока воды Нурекским водохранилищем емкостью 10,5 *км*³ будет сказываться только на участке расположенном выше головных сооружений Каракумского и Каршинского каналов, где среднемесячные расходы воды в межень в 1,4 раза будут превышать бытовые. В среднем течении расходы воды в межень примерно в той же степени будут меньше бытовых. Максимальные и паводковые среднемесячные расходы воды уменьшатся по сравнению с бытовыми примерно в 1,1 раза.

Влияние Нурекского водохранилища на твердый сток проявится в том, что в течение 70—80 лет будут полностью аккумулироваться взвешенные наносы реки Вахш, составляющие 37% твердого стока Амударьи, а русла Вахша на участке от плотины до слияния с Пянджем, и самой Амударьи до створа Кызылаякского гидроузла будут размываться, в результате чего ожидается частичное восстановление твердого стока, задерживаемого водохранилищем.

Как показали расчеты института „Саогидропроект", восстановление твердого стока за счет размыва осветленным потоком только русла Вахша в первые два года после ввода водохранилища в действие будет составлять приблизительно 50% бытового расхода, но в последующие годы снизится до 30% и по мере образования в русле естественной отмостки дна крупными частицами будет сокращаться еще больше. Гораздо большую роль в восстановлении твердого стока будет играть размыв русла Амударьи, который будет продолжаться и после образования отмоски дна русла Вахша.

С постройкой Верхнеамударьинского или другого, расположенного ниже слияния Вахша с Пянджем водохранилищного узла, будет задерживаться 85% твердого стока Пянджа. Но, ниже по течению за счет общего размыва русла Амударьи опять будет происходить частичное восстановление взвесей.

Расчеты института „Саогидропроект" показали, что вынос руслоформирующих фракций в 0,05 *мм* с участка общего размыва русла в нижнем бьефе Верхнеамударьинского гидроузла будет составлять 40—60 млн. *т* в год, т. е. почти столько же, сколько несет река в бытовых условиях. Такие условия будут сохраняться до тех пор, пока размыв русла реки не дойдет до зоны выклинивания кривой подпора Кызылаякского гидроузла, на что согласно произведенным в проектных организациях расчетам потребуется более 100 лет.

Для предотвращения поступления твердого стока к Кызылаякскому гидроузлу и решения проблемы борьбы с дейгишем на этом участке радикальным мероприятием может служить строительство Келифского и Мукринского гидроузлов.

Тюмуюнское водохранилище предназначено для обеспечения поливной водой весенних промывных поливов, проводящихся в наиболее маловодный сезон режима реки. Водохранилище будет увеличивать расходы воды в своем нижнем бьефе в этот период, несколько уменьшая их в период больших расходов. Но на максимальные расходы реки водохранилище практически заметного влияния оказывать не будет.

Проектом узла намечены две схемы работы водохранилища: первая—с постоянным подпором до отметки 130, предусматривающая наполнение водохранилища сразу после окончания опорожнения за счет расходов весеннего паводка и вторая—с переменным подпором, предусматривающая пропуск паводка через водохранилище при уровне, сниженном до отметки 120, и наполнение водохранилища менее мутной, осветленной водой, что уменьшит интенсивность заиления.

По мере уменьшения стока реки из-за возрастания водозабора часть наносов в 7—9 млн. *т* будет оседать выше Тюямуюнского водохранилища, но основная их нетранспортируемая часть при второй схеме будет выпадать из потока в нижнем бьефе гидроузла. Если наносы задерживать в Тюямуюнском водохранилище, то вода в каналы будет поступать осветленная, а в нижнем бьефе этого гидроузла будет происходить общий размыв русла Амударьи.

При режиме работы Тюямуюнского водохранилища с пропуском паводковых расходов на пониженной отметке уровня воды в 120 *м* на первом этапе непосредственно за гидроузлом будет оседать 15 млн. *т* песка ежегодно и 38 млн. *т* на участке до Тахиаташского гидроузла. На втором этапе отложение наносов в нижем бьефе Тюямуюнского гидроузла составит 18 млн. *т*, а на участке до Тахиаташского гидроузла—7 млн. *т*.

Полное или частичное задержание наносов в Тяюмуюнском водохранилище даст возможность избежать завала нижнего бьефа его гидроузла, а также предотвратить или резко уменьшить отложение наносов на участке до Тахиаташского гидроузла.

При полном задержании наносов в Тюямуюнском водохранилище, емкость которого при нормальном подпертом горизонте равна 2,24 *км*³, срок заиления водохранилища составит 40—50 лет.

В нижнем бьефе Тахиаташского гидроузла механическая очистка русла потребуется с третьего этапа. Ежегодно необходимо будет удалять из русла до 1 млн. *т* песка.

Таким образом, в этой главе дано описание земельного фонда и его использования в низовьях Амударьи, гидрологическая характеристика этой реки, изменение ее гидрологического режима в связи с развитием орошения, без уяснения чего невозможно разрабатывать мероприятия по эксплуатации гидроузлов и каналов.

Глава II.

ОСНОВНЫЕ ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КАРАКАЛПАКСКОЙ АССР И ОРГАНИЗАЦИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КАРАКАЛПАКСКОЙ АССР

Низовья Амударьи являются одной из колыбелей орошаемого земледелия. Многоводность этой реки и плодородные земли вдоль ее берегов способствовали тому, что строительство оросительных каналов началось здесь в глубокой древности. Однако древние оросительные системы часто разрушались завоевателями, вторгавшимися на территорию древнего Хорезма и от многих из них сохранились лишь слабые следы, свидетельствующие о достаточно высокой по тем временам технике их строительства. Действующие в настоящее время оросительные системы являются плодом труда позднейших поколений.

За годы Советской власти, благодаря неустанным заботам партии и правительства о восстановлении и развитии орошения в нашей стране эти системы в корне реконструированы, расширены и улучшены.

До революции оросительные каналы Хорезма и Каракалпакии были паводковыми каналами. Уровень в них сильно зависел от уровня воды в Амударье и командования над поливными площадями только в период высоких паводковых уровней в реке. В период же низких уровней воды в реке в марте-начале апреля вода для полива земельных участков подавалась водоподъемными колесами—чигирями, в которые впрягали верблюдов, быков или ослов. Общее число этих устройств, работавших на полях Хорезма, оценивалось примерно в 50 тысяч единиц.

Водозабор из Амударьи в магистральные каналы осуществлялся без специальных регулирующих сооружений. Единственным способом грубого регулирования водоподачи был многоголовый водозабор, при котором речная вода подавалась в магистральный канал несколькими подводящими каналами, каждый из которых назывался „сака" и имел свою самостоятельную точку начала. Эти точки питания из реки располагались вдоль её берега на значительном расстоянии друг от друга. Перекрывая часть подпитывающих каналов-сака земляными перемычками, можно было уменьшить питание магистрального канала, а разбирая возведенные ранее перемычки—увеличивать его. Обычно разборка перемычек производилась весной в период низких уровней воды в реке. При значительным повышении уровня в реке часть каналов-сака перекрывалась перемычками. Перекрытие чаще всего производилось в порядке расположения этих подпитывающих рукавов сверху вниз по течению реки. После спада половодья перемычки на части рукавов разбирались в обратном порядке, т. е. снизу вверх, а когда поливной период заканчивался, перекрывались все „сака". Это делалось во избежание прорыва в канал воды при высоких зимних заторно-зажорных уровнях в реке. Кроме регулирования водоподачи многоголовье позволяло обеспечить потребный водозабор при перемещениях русла реки в результате отложения наносов и образования отметелей-каиров перед водозаборами отдельных сака.

Многоголовый водозабор требовал очень больших затрат труда на постройку и ликвидацию перемычек. Кроме того грубое регулирование водоподачи часта приводило к прохождению в каналы лишних вод, вызывавших разливы и затопление культурных земель в хвостовых частях оросительных систем и чрезмерное заиление головных участков, значительно увеличивавших объемы ежегодных очистительных работ.

Многоголовый водозабор имели главным образом системы южной зоны. Оросительные каналы северной зоны Каракалпакии получали воду не из действующего русла реки, а из отмирающих старых протоков, что ставило водоподачу в зависимость от жизнеспособности этих протоков. Регулирование поступающих расходов осуществлялось методом местного сужения канала наброской крупных фашин, изготовлявшихся из хвороста или камыша с земляной начинкой. Каждая из таких фашин называется „карабура". При необходимости сократить водоподачу, в сужение забрасывали дополнительные карабура. Для увеличения водоподачи часть этих фашин убирали. Наиболее крупный карабурный ошейник применялся на головном участке канала Пахтаарна, где он просуществовал до 1958 года, когда был заменен инженерным сооружением.

После установления Советской власти в Каракалпакии, также как и в других районах Средней Азии быстрыми темпами стала проводиться реконструкция существующих оросительных систем. Эта реконструкция началась с переустройства питания из реки, которое включало ликвидацию многоголовья, объединение

мелких систем с самостоятельным водозабором в единые крупные системы, строительство на крупных магистральных каналах головных регулирующих инженерных сооружений.

В результате проведенного переустройства питания каналов в Каракалпакии к началу 30-х годов в основном образовалась современная ирригационная сеть, включающая такие крупные системы, как Кызкеткен, имени Ленина и Пахтаарна. Произведенное переустройство обеспечило постоянное командование оросительной сетью на значительной площади, дало возможность перевести её на самотечное орошение, отказавшись от чигирей. Там, где требовался подъем воды, чигири были заменены насосными установками.

Оборудование магистральных каналов инженерными головными сооружениями ослабило их заиление, улучшило регулирование водоподачи, позволило устранить затопление хвостовых частей оросительных систем. Для еще большего ослабления заиления оросительной сети в целом была организована систематическая очистка землесосами их головных участков, превращенных в специальные отстойники.

Однако до последнего времени водозабор в оросительные системы Каракалпакии был бесплотинным, что ставило водоподачу (особенно для промывных поливов, производящихся в ранний весенний период при сильном уменьшении меженных расходов реки) в зависимость от плановых смещений сильно блуждающего русла реки, постоянно вынуждая производить в реке трудоемкие и дорогостоящие русловыправительные и регулировочные работы.

В настоящее время в связи с вводом в действие Тахиташской плотины водозабор магистральных каналов Кызкеткен и имени Ленина, превращается в приплотинный, что значительно облегчает обеспечение водоподачи в обслуживаемые ими системы.

Дальнейшему улучшению водоподачи в эти системы, а также в систему канала Пахтаарна будет служить строящийся сейчас выше по течению Амударьи Тюямуюнский гидроузел с водохранилищем, ввод в действие которого намечается к 1980 году.

Что же собой представляют современные оросительные системы Каракалпакской АССР? Без описания этих систем, очевидно, невозможно разъяснить особенности ирригации в низовьях Амударьи и рассматривать связанные с этим вопросы. Поэтому переходим к обрисовке основных оросительных систем автономной республики.

Кызкеткенская оросительная система.

Магистральный канал Кызкеткен питает сеть, орошающую 87 тыс. *га* земель Нукусского, Кегейлийского, Чимбайского и Тахтакупырского районов. Система расположена на правом берегу

Амударьи и забирает воду из реки в створе, расположенном на 2*км* ниже мыса Тахиаташ и на 300 *м* выше Тахиаташской плотины (см. рис.8). Головное сооружение, регулирующее водозабор системы, построено в 1935 году. Оно представляет собой трубчатый железобетонный регулятор с 15-ю прямоугольными тоннелями со сводчатым потолком, шириной 3 *м* каждый, перекрываемыми плоскими металлическими щитами. Отстойник в головной части канала Кызкеткен непрерывно очищается земснарядами. Первоначальная пропускная способнось магистрального канала в 170 *м³/сек* методом саморазмыва за счет пропуска по каналу постепенно возраставших расходов увеличена до 270 *м³/сек*.

На 25-ом километре от головного сооружения Кызкеткен разделяется на две ветви: Куванышджарма и Кегейли. В 1957 году в створе деления построен инженерный вододелитель.

Канал Кегейли орошает полностью Чимбайский и частично Кегейлийский районы. Длина его—56 *км*. Он проходит примерно по середине орошаемого им массива. В среднем и нижнем течении канал обложен дамбами, которые, несмотря на ежегодный ремонт, все еще часто прорываются и требуют к себе большого внимания и ухода. В 1963 г. на 30-ом километре канала Кегейли построен Майябский вододелитель, от которого отходят 4 распределителя. На 56-*ом* километре Кегейли заканчивается

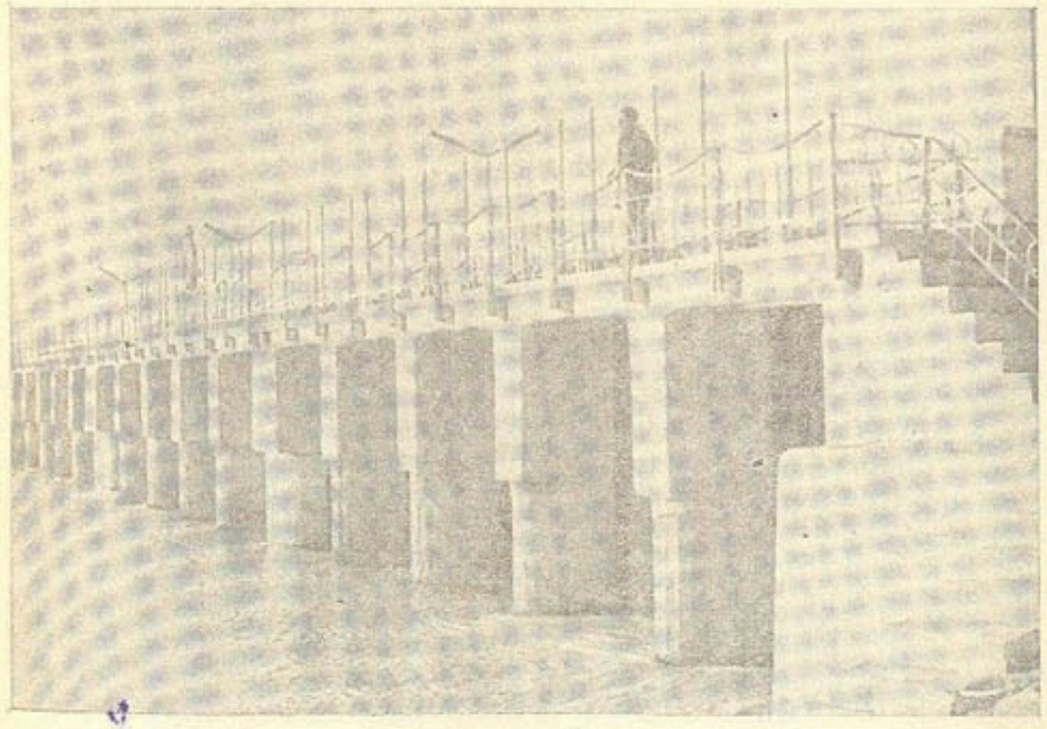


Рис. 8. Головное сооружение канала Кызкеткен.

Бекябским вододелителем, от которого отходят три распределителя: Абадяб, Октябрьабад и Ленинабад.

Канал Куванышджарма проходит вдоль границы песков Кызылкум, имея в начале восточное, а затем северо-восточное направление. Он орошает полностью Тахтакупырский и часть Кегейлийского районов. Протяженность канала до Темпияб 88 *км*. За последние годы на 35-ом километре канала Куванышджарма построен Ишимузякский вододелитель и гидроузел с перегораживающим сооружением и водовыпуском в канал Мархаузяк на пикете 502. Строится гидроузел на водозаборе канала Тельманяб на пикете 701. Общая протяженность магистрального канала, веток и межхозяйственных линий системы составляет 543 *км*.

Наиболее крупные каналы характеризуются следующими данными:

Таблица 12

	протяженность, *км*	пропускная способность $м^3/сек$	КПД	Уклоны в % %
Кызкеткен	25	270	0,94	0 8-1,1
Каттагар	18	60	0,92	1,1-1,5
Куванышджарма	88	110	0,86	1,1-1,3
Кегейли	56	110	0,9	1,3-1,4
Абадярмыш	15	30	0,89	1,5-1,7

По современному техническому состоянию оросительная система Кызкеткен относится к полуинженерному типу, не лишенному ряда существенных недостатков. Так, во-первых, ее распределительная сеть еще полностью не переустроена и не оснащена инженерными сооружениями. Во-вторых, оросительная сеть системы имеет большую протяженность и очень извилиста в плане. В-третьих, система имеет много точек водозабора непосредственно из межхозяйственных каналов.

Малый уклон каналов, большая мутность вод Амударьи и недостаточная развитость внутрисистемных отстойников приводят к интенсивному заилению оросительной сети.

В перспективе намечается увеличение посевных площадей по системе Кызкеткен до 274 тыс. *га*. Увеличение площадей по этапам на этой системе показано в следующей таблице:

Таблица 13

(тыс. *га*)

Этапы	Площади нетто	В том числе:	
		под хлопком	под рисом
1971-1975 гг:	147,2	55,4	58,7
1976-1980 гг.	193	78,3	87,4
Генеральная перспектива	274	124,8	103
Фактически орошалось в 1972 году	86,9	44,1	13,1

Такое резкое увеличение орошаемых земель требует коренной реконструкции существующих и строительства новых каналов. Поэтому уже в настоящее время производится реконструкция каналов Куванышджарма, Кегейли, Майяб и Абадяб и межхозяйственных каналов Тахтакупырского района.

В ближайшем будущем согласно проекту Тахиаташского гидроузла, составленному Средазгипроводхлопком (рис. 9), головное питание Кызкеткенской оросительной системы будет перестроено. Магистральный канал Кызкеткен будет получать воду в объеме 170 $м^3сек$ через специальный прокоп, отходящий от правых тоннелей вододелителя, расположенного в конце крупного, длиной 1050 *м* отстойника с механизированной очисткой. Этот отстойник уже построен на правом берегу подводя-

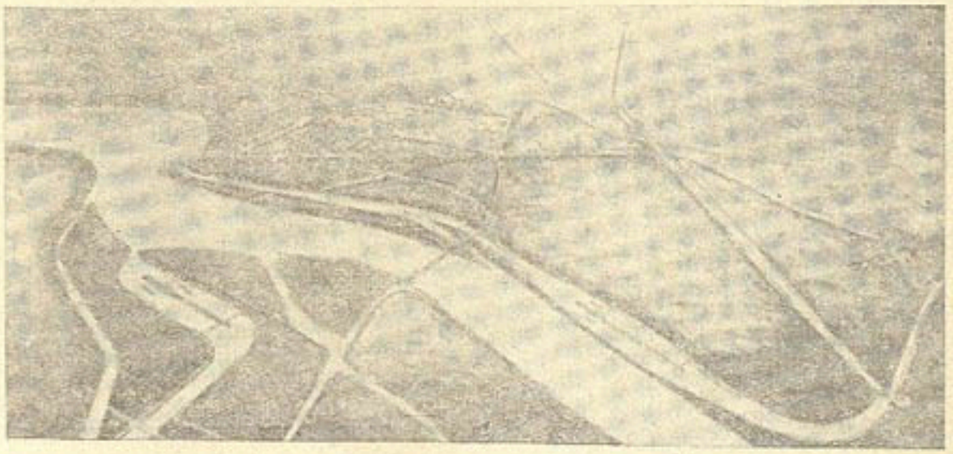


Рис. 9. План Тахиаташской плотины.

щего русла Тахиаташской плотины ниже существующего головного регулятора канала Кызкеткен. По проектным предположениям, основанным на соответствующих расчетах, отстойник будет осветлять поток воды в среднем на 20%, что гарантирует защиту от заиления не только магистральных каналов, но и их ветвей.

От левых тоннелей вододелителя в конце отстойника будет отходить второй магистральный канал с расчетным расходом до 330 *м³/сек*, который пройдет параллельно Кызкеткену сначала по трассе старого паводкового канала, а затем по насосному каналу Каттагар, подпитывая по пути три узла: имени 45-летия ВЛКСМ, Октябрьарна и Абадярмыш. Затем, в районе существующего на 27-ом километре канала Кызкеткен вододелителя, он включится в канал Кегейли.

При этом вода, поступающая по Кызкеткенскому магистральному каналу, будет использоваться для питания каналов, подвешенных к каналу Куванышджарма, а вода, поступающая по новому каналу, позволит сильно расширить систему канала Кегейли, подключив к ней ряд рисовых совхозов и кормовые угодья животноводческих совхозов, включая Дауткульское водохранилище.

Ленинская оросительная система.

Эта система подает оросительную воду на территорию четырех районов: Ходжейлийского, Шуманайского, Ленинабадского и Кунградского, с общей орошаемой площадью 75,2 тыс *га* (см. табл. 1). Канал имени Ленина расположен на левом берегу Амударьи и забирает воду из неё на излучине вблизи мыса Тахиаташ. Головное сооружение его построено в 1940 году на удаленном от реки расстоянии 250 *м* и сообщается с ней подводящим каналом. Для уменьшения завлекания в канал песчаных наносов перед сооружением устроен промывной сброс в реку длиной 100 *м* (рис. 10). Головное сооружение представляет собой железобетонный регулятор трубчатого типа с десятью прямоугольными тоннелями шириной 8 *м*. Участок канала ниже регулятора превращен в головной отстойник, непрерывно очищаемый землесосами. Роль очищаемого отстойника играет также подводящий канал.

В связи с расширением посевных площадей и организацией на системе новых рисосеющих и хлопковых совхозов, сильно увеличившими водопотребление, в 1971 году был построен подпитывающий параллельный канал. Водозабор в этот канал осуществляется из реки на 700 *м* ниже мыса Тахиаташ. Эта параллельная магистраль проходит вдоль берега реки и включается в канал имени Ленина на 42-ом километре, где имеется инженерное перегораживающее сооружение. Она представляет собой регулятор открытого типа с двумя пролетами шириной по 5 *м*,

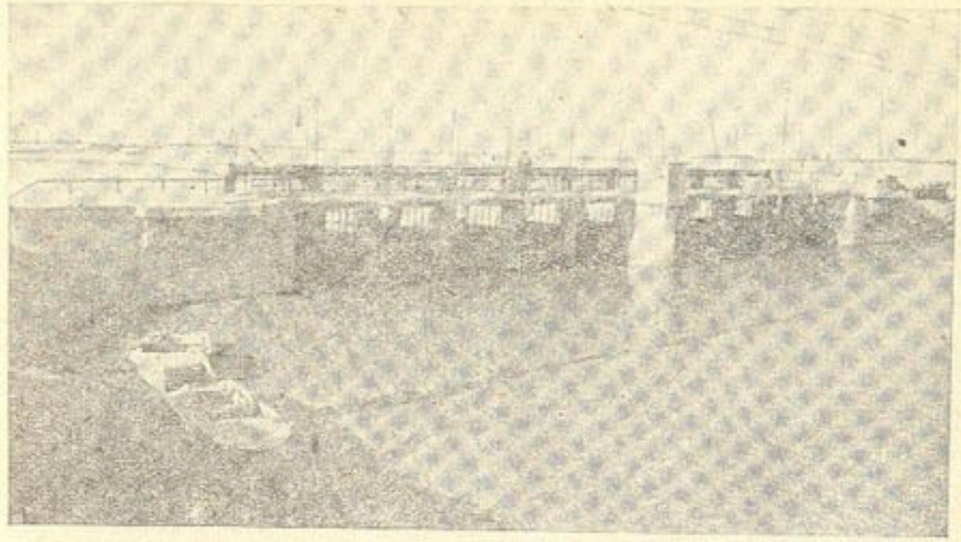


Рис. 10. Головное сооружение канала им. Ленина.

перекрываемыми сегментными щитами. В верхнем бьефе перегораживающего сооружения от канала отходит наиболее крупный распределитель системы—левая ветка или канал Шуманай.

На 54-ом километре канала имени Ленина построен Кендыузякский гидроузел, имеющий два водовыпуска: в распределитель Кендыузяк и в распределитель рисоводческого совхоза Алтынкуль, А на 75-ом километре—гидроузел „Коммунизм" с четырьмя водовыпусками в распределители: „Авангард", „Коммунизм", Р-1 и Кунград. На концевом гидроузле „Джиничке", находящемся на 110-ом километре, канал имени Ленина делится на четыре распределителя: „Джиничке", „Ворошиловяб, городской канал и канал переключения.

Магистральный канал имени Ленина построен в 1940 году в порядке реконструкции старого протока Амударьи—Суэли, использованного на протяжении 42 *км*. Нижняя часть канала представляет переустроенный проток Бекяб. В 1965 году на реке Амударье в начале этого протока построена Бекябская насосная станция производительностью 60*м³/сек*, которая подпитывает канал имени Ленина на протяжении всего оросительного сезона ниже подпорного сооружения на 42-ом километре и, кроме того, подает воду на земли рисоводческого совхоза через распределители Р-1 и Р-2.

В среднем и нижнем течении канал имени Ленина обвалован дамбами, состояние которых недостаточно удовлетворительное. Поэтому прорывы дамб происходят довольно часто.

Уклон канала имени Ленина в среднем *i*—0,0001. Поперечное

сечение канала имеет параболическое очертание с откосами преимущественно двойного заложения.

Рельеф территории, обслуживаемой системой этого канала, характеризуется незначительным уклоном поверхности земли как в направлении течения реки, так и в направлении в сторону от Амударьи. Однообразный уклон местами прерывается замкнутыии понижениями чашеобразной формы. Это привело к сильному развитию распределительной сети с большим количеством выделов непосредственно из магистрального канала и крупных распределителей.

В ближайшем будущем согласно проекту Тахиаташского гидроузла головные сооружения канала имени Ленина будут переустроены. На строящемся в настоящее время крупном отстойнике, расположенном на левом берегу подводящего русла гидроузла, будет построен вододелитель. К левым тоннелям этого вододелителя предполагается подключить канал Советяб, имеюший сейчас самостоятельный водозабор на 18 *км* выше теснины Тахиаташ. Правые тоннели будут подавать воду раздельно: через прокоп в существующий канал имени Ленина расходом до 130 *м³/сек*, и в подпитывающий параллельный канал, расширенный до пропускной способности 250 *м³/сек*.

Подаваемая по обоим каналам вода будет поступать к перегораживающему сооружению на 42-ом километре канала имени Ленина, ниже которого канал будет соответствующим образом расширен.

Пахтаарнинская оросительная система

Пахтаарнинская оросительная система расположена в южной части Каракалпакской АССР и обеспечивает поливной водой земли Турткульского и Бирунийского районов общей площадью 42 тыс. *га*. Точка водозабора в канал Пахтаарна расположена на правом берегу Амударьи, ниже створа водозабора в крупнейший канал Хорезма—Ташсака (рис. 11). В этом районе пойма реки имеет ширину до 5—6 *км*. Река протекает по пойме, в основном, двумя протоками, каждый из которых разделяется на несколько рукавов. С 1958 года началось общее усиление левого протока, сопровождающееся занесением наносами правого, из которого осуществляется водозабор в канал Пахтаарна. Из-за сильного заиления правого протока весной в период низких горизонтов воды в Амударье поступление речной воды в него сокращается. Поэтому, в целях обеспечения забора воды в канал, обмелевший проток ежегодно расчищается землесосами на всем протяжении от его начала до створа водозабора в канал Пахтаарна. Расчищенный участок затем поддерживается непрерывным землечерпанием до паводкового подъема воды в реке.

Головное сооружение канала построено в период 1955—

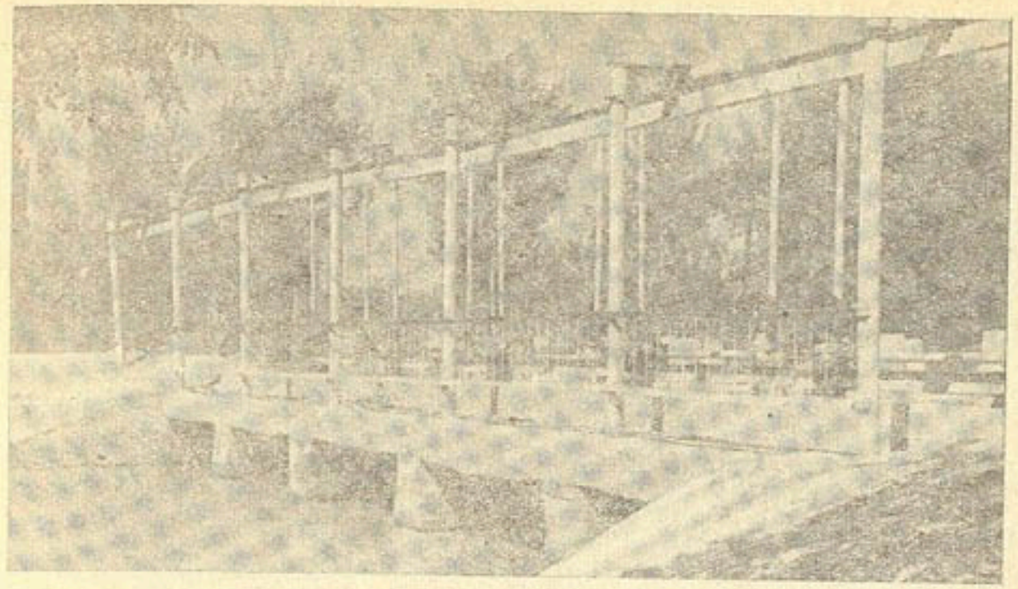


Рис. 11. Головное сооружение канала Пахтаарна.

1957 гг. причем, ввиду сильного блуждания русла реки и частого дейгиша береговой полосы, оно расположено в 4,5 *км* от реки. Это сооружение представляет собою железобетонный трубчатый регультор с пятью прямоугольными тоннелями, со сводчатым потолком.

Подводящий участок канала длиной 4,5 *км* играет роль головного отстойника с механизированной очисткой, предназначенного для защиты магистрального канала от заиления. Режим работы отстойника зависит от состава и количества поступающих из реки наносов, уровней воды в реке и режима работы канала, на который очень сильно влияет степень заиленности канала ниже сооружения.

Большое осветление потока в отстойнике наблюдатся в мае месяце, когда магистральный канал работает на подпоре, в связи с резким сокращением потребления воды после окончания промывных поливов. В годовом разрезе среднедекадное осветление воды в отстойнике колеблется от 4 до 75%. Среднегодовое осветление воды составляет 18—20%, что достаточно для защиты магистрального канала от заиления.

После постройки отстойника в 1957 г. магистральный канал Пахтаарна был разделен на две ветки: Бозяб и Багяб и межхозяйственный распределитель Амирабад. Канал Багяб не имеет головного регулятора. Головное сооружение канала Бозяб построено на пикете 8, а подводящий участок канала длиной 800 *м* используется в качестве отстойника. От каналов Бозяб и Багяб отходят 16 межхозяйственных распределителей. В начале распре-

делителя Амирабад имеется деревянное сооружение, осуществляющее регулирование расхода воды шандорами.

Кроме магистрального канала Пахтаарна в южной зоне Каракалпакии имеются более мелкие каналы, такие как Бештам, Найман, Казахяб и Каттагар, непосредственно питающиеся из реки. Они обеспечивают водой часть Бирунийского района и в настоящее время объединены в одну систему, подача воды в которую осуществляется насосной станцией „Бештам-Найман". Это связано с тем, что непосредственный водозабор из реки вызвал сильное заиление каналов. Так, например, ежегодный объем очистки только по каналу Найман колеблется от 620 до 980 тыс. $м^3$.

После ввода в действие Тюямуюнского гидроузла канал Пахтаарна будет переключен на питание из верхнего бьефа этого сооружения. Головной расход канала будет увеличен до 200 $м^3/сек$, что позволит освоить земли древнего орошения общей площадью 60 тыс. *га*, в том числе Элликкалинский массив площадью 20 тыс. *га* и Джанбаскалинский массив площадью 40 тыс. *га*, а так же подключить земли машинного орошения Бирунийского района, получающие в настоящее время воду от Бештам-Найманской насосной станции.

2. ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННАЯ СЕТЬ И УКРУПНЕНИЕ ПОЛИВНОГО УЧАСТКА.

Внутрихозяйственная оросительная сеть на территории Каракалпакии еще недостаточно переустроена, имеет большую протяженность и извилистость и очень бессистемно расположена в плане.

Удельная протяженность её составляет: по Кызкеткенской оросительной системе 70*м/га*, по Пахтаарнинской 60 *м/га*, а по отдельным совхозам достигает 80 *м/га*. Она не армирована инженерными сооружениями и имеет большое количества точен забора воды из магистралей и крупной распределительной сети.

Расходы воды участковых распределитей колеблются от 20 до 100 *л/сек* и редко достигают 250 *л/сек*. Расходы внутрихозяйственных каналов зависят от структуры и размера хозяйства. В северной зоне имеются внутрихозяйственные каналы с расходом до 5—6 $м^3/сек$.

За последние годы построено много инженерных рисовых оросительных систем и организовано 9 рисосеющих совхозов. Для примера приведем показатели рисосеющего совхоза „Октябрь".

Оросительная сеть совхоза состоит из хозяйственных распределителей типа „Р" общей длиной 50,6 *км* с расходами 2,5—3 $м^3/сек$, групповых распределителей „ГР" общей длиной 59,55 *км*

и участковых оросителей длиной 120 *км*. Посевная площадь совхоза составляет 2600 *га*, в том числе риса—1950 *га*.

Все звенья оросительной сети сильно заиляются. Групповые и участковые оросители очищаются дважды: перед вегетацией и повторно в вегетационный период. Данные наблюдений показывают, что осаждение наносов происходит во всех звеньях сети, но наибольший процент осаждения приходится на групповые распределители. На орошаемые поля выносится 1—1, 4 *кг* наносов в каждом кубометре подаваемой воды.

Фактические объемы заиления в период наблюдений приведены в табл. 14. Из-за малого количества данных наблюдений определенный вывод сделать пока затруднительно. Гидравлические условия работы всех каналов соответствуют заиляющему режиму и объем наносов в 2,2 $м^3$ на каждый погонный метр длины для каналов с расходом 2,5—3,0 $м^3/сек$ почти такой же, как и на групповых распределителях с расходом 0,12 $м^3/сек$.

В связи с сильным заилением групповых распределителей участковые оросители, имеющие расходы $Q=100$ *л/сек*, заиляются значительно слабее. Наносы на них составляют только 0,40—0,45 $м^3$ на погонный метр длины. Для борьбы с заилением оросительных каналов пока никаких специальных мероприятий кроме периодической очистки не применяется.

Современная внутрихозяйственная сеть мелких оросительных каналов автономной республики сложилась в период 1950—1958 гг., в результате работ по переходу на новую систему орошения, проводившихся во всех районах орошаемого земледелия.

Однако переустройство мелкой оросительной сети в Каракалпакии, как и в других районах Средней Азии, началось еще в 1931—1932 годах, когда организация колхозов, сопровождавшаяся механизацией наиболее трудоемких процессов сельскохозяйственного производства, потребовала укрупнения карт обработки, так как небольшие размеры карт, или поливных участков, снижали производительность тракторов на пахоте, а при механизированной обработке посевов приводили к повреждению на поворотах.

Укрупнение производилось объединением нескольких участков и уничтожением разделяющих их оросительных каналов. Большим препятствием в проведении этих работ была рельефность полей. Поэтому укрупнение карт обработки шло очень медленно, пока не была предложена новая система орошения с заменой постоянных мелких оросительных каналов временными оросителями, устраиваемыми перед началом вегетационных поливов.

Переход на новую систему орошения позволил широкими темпами развернуть работы по укрупнению поливных участков, что в свою очередь увеличило коэффициент земельного использования, облегчило внедрение достижений агрономической нау-

Таблица 14

Гидравлические элементы внутрихозяйственных каналов и их заиление

Годы	№ № пп	Наименование канала	Длина участка *м*	Расход воды $Q_{ср}$ $м^3/сек$	Скорость $V_{ср}$ $м^3/сек$	Гидравлический радиус $R_{ср}$ *м*	Уклон $x10^3$	Водозабор тыс. $м^3$	поступление наносов: на входе $м^3$	поступление наносов: осело $м^3$	факт: объем заиления на 1 погонный метр $м^3$	объем заиления на 1 погонный метр $м^3$
1972	1	РМ—1	800	2,65	0,45	0,71	0,184	27048			1696	2,1
	2	Г—1—23	480	0,12	0,205	0,15	0,915	871			816	1,7
	3	участ. распр.	500	0,1	0,209	0,164	0,585	715			226	0,45
	4	Жанбасжап	1000	0,29	0,29				4263	520	520	0,5
	5	Институтжап	1400	0,37	0,38				7830	2840	2840	2
1973	1	РМ—1	800	3,03	0,443	0,6	0,165	34116			5280	6,6
	2	Г—1—23	480	0,119	0,213	0,17	0,421	9445			1056	2,2
	3	У—285—286	500	0,115	0,168	0,228	0,202	875			200	0,4

ки, уменьшило затраты труда на один гектар орошаемой площади и т. д.

Основными недостатками старой системы орошения, сохранившейся до 1950 года, являлись прежде всего большая густота оросительной сети на орошаемой площади и малые — от 0,3 до 1,5 *га* — размеры поливных карт, негативную сторону которых мы уже описали выше. Что же касается большой густоты оросительной сети, то она приводила к недоиспользованию 4-6%, а в ряде случаев 10-12% поливных земель, отводимых под каналы, а также под разервы для насыпки дамб, расположенные вдоль каналов и незасеваемые сельскохозяйственными культурами. Наконец, серьезным недостатком старой системы были трудоемкие работы по очистке мелких постоянных оросительных каналов от наносов и, особенно, от растительности, выполнение которых производилось вручную, что отвлекало большое количество рабочей силы колхозов и совхозов от сельскохозяйственных работ.

Анализ имеющихся отчетных данных показывает, что на эту очистку сети, проводившуюся в некоторых районах несколько раз за поливной период, затрачивалось от двух до четырех человеко—дней на гектар орошаемой площади.

Густая сеть постоянных каналов и буйно развивающаяся растительность служили одной из основных причин значительных потерь оросительной воды, достигающих от объема воды, подаваемой в начале системы, 30-35% и более.

Развитие сорной растительности как в каналах, так и на полосах вдоль них, приводило к тому, что семена сорняков не только разносились ветром, но вместе с поливной водой распределялись по всей орошаемой территории, засоряя почву.

Основным преимуществом укрупненных карт явилось увеличение длины гона сельхозмашин при обработке сельхозкультур до 1000=1200 *м* и более, увеличение коэффициента использования земель за счет ликвидации постоянных каналов и резервов. Укрупнение поливных участков до 20—40 *га* создало условия для введения планового водопользования в колхозах и совхозах, облегчило проведение мероприятий по борьбе с потерями оросительной воды и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

Затраты на содержание оросительных каналов при новой системе орошения значительно сократились за счет уменьшения объема работ по очистке от наносов и растительности. При этом трудоемкие работы по устройству временной оросительной сети полностью механизировались. Оптимальными оказались размеры поливных карт в 8—10 *га*, делящихся на 4—5-гектаровые поливные чеки, каждый из которых планируется самостоятельно, без соблюдения одинаковости их уклонов.

Такие размеры карт обработки примерно соответствуют суточной производительности пахотного трактора на предпосевной

обработке почв, а размеры поливных участков — сменной производительности пропашного трактора на междурядной обработке и суточной производительности поливальщиков на поливе.

Удельный объем планировки поливных участков площадью в 4—5 *га* в два раза меньше объема планировки карт площадью в 10—15 *га*. В такой же пропорций находятся и суммарные затраты на планировочные работы. Так, например, в колхозе имени Калинина Ташаузской области затраты на планировки одного гектара участков площадью по 10—15 *га* составили 395 руб. (удельный объем работ 1900 $м^3/га$,) а на участках площадью 4—5 *га*—только 166 руб. (удельный объем работ 941 $м^3/га$).

Поскольку рельеф в низовьях Амударьи характеризуется уклонами порядка 0,0001 и менее, здесь особенно большую роль играет планировка полей без уклона. При орошаемом земледелии это имеет следуюшие преимущества.

— На безуклонной восьмигектарной карте достаточно нарезать только один двадцатисантиметровый чиль, разделяющий ее на два самостоятельно планируемых участка, тогда как при наличии значительных уклонов на каждый гектар площади нарезается около 500 *м* чилей. Таким образом, отсутствие уклона уменьшает протяженность чилей примерно в 20 раз.

— При наличии уклона для выпуска воды в поливные борозды через каждые 80—100 *м* нарезается ок-арык, причем на восьмигектарной карте длиной 400 *м* требуется не менее 4 ок-арыков протяженностью 200 *м* каждый. На безуклонных картах ок-арыки не нарезают. Вместо них в конце 4—5 гектарного участка делают небольшие соединительные борозды, соединяющие все поливные борозды между собой для свободного перехода воды из одной борозды в другую.

— На безуклонных картах поливальщик, открыв воду на два смежных поливных участка, обслуживает всю карту одновременно, что не только повышает производительность его труда в 2—3 раза, но и коренным образом облегчает этот вид труда.

— При проведении промывных и предпосевных поливов у поливальщика много труда отнимает борьба с размывом чилей, которые строятся обычно без утрамбовки и на участках с уклонами осложняются во много раз, так как протяженность чилей на каждом гектаре на них гораздо больше, чем на участках безуклонной планировки.

При проведении вегетационных поливов на безуклонных участках труд поливальщиков сводится к поделке соединительных борозд на концах карт, регулированию подачи воды на карту и определению времени прекращения полива. При этом вода сама без помощи поливальщиков равномерно распределяется по всем бороздам карты.

Одновременный полив всей карты обеспечивает равномерное

поспевание почвы, что весьма важно для качества ее последующей обработки. Продолжительность полива безуклонных карт составляет 1—1,5 суток.

3. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР И ТЕХНИКА ПОЛИВА

Работа всех звеньев оросительной системы, начиная от водозаборов в магистральные каналы и кончая водораспределением по каналам внутрихозяйственной сети, определяется режимом орошения.

Режим орошения — это совокупность числа, сроков и норм поливов, поддерживающих для данной культуры в активном слое почвы водный и питательный режимы, наиболее соответствующие потребностям растений в воде в каждую стадию и фазу развития. Он позволяет обеспечить получение высоких урожаев культуры при определенной агротехнике и осуществлять требуемое регулирование водного, питательного, теплового и солевого режимов почв, не допуская засоления и заболачивания. Общее количество воды, которое должно быть подано на гектар орошаемой площади за период вегетации для создания и поддержания оптимального увлажнения, т. е. оросительная норма, определяется выражением

$$M = E - \triangle W, \text{ где}$$

E — суммарное испарение за вегетационный период, слагающееся из испарения с поверхности почвы и транспирации воды растениями (за вычетом атмосферных осадков), а

$\triangle W$ — используемые внутренние резервы влаги, представляющие разницу между запасами влаги в активном слое в начале и конце вегетационного периода плюс влага, поступающая в активный слой за счет капиллярного поднятия с зеркала грунтовых вод, количество которой в кубических метрах на гектар может определяться по приводимой Шаровым И. О. таблице [70].

Ввиду сложности определения суммарного испарения и запаса влаги в активном слое оросительную норму для различных сельхозкультур устанавливают с учетом конкретных условий:

а) путем обобщения систематических натурных наблюдений за режимом орошения культур в разных вариантах и условиях, и

б) исходя из урожайности культуры и отвечающего данным условиям транспирационного коэффициента.

Таблица 15

Количество влаги, поступающей в активный слой почвы за счет каппиллярного поднятия с зеркала грунтовых вод.

(*м³/га*)

Почвы	Глубина грунтовых вод, *м*		
	1-1,5	1,5-2	2-2,5
Легкие супесчаные	800-1000	—	—
Легкие суглинистые	1000-1200	510-1000	—
Средние суглинистые	1200-1500	600-1200	—
Тяжелые суглинистые	1500-2000	1000-1500	500-1000
Глинистые	2000-3000	1500-2000	1000-1500

В последнем случае общее количество воды, потребное растению за период вегетации, определяется по формуле:

$$M = КУ,$$ где

У — урожайность культуры в центнерах с гектара;

К — коэффициент водопотребления в кубических метрах воды на центнер урожая, который зависит от климатических условий, характера агротехники, плодородия почвы и урожайности.

На рис. 12 показан график зависимости коэффициента водопотребления хлопчатника от урожайности, построенный по опытным данным Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия, который показывает, что повышение урожайности за счет улучшения агротехники и внесения удобрений уменьшает потребление воды на центнер урожая.

Режим орошения выражает распределение оросительной нормы в течении вегетационного периода. Расчет его теоретическим путем еще более сложен, чем определение оросительной нормы. Поэтому основным методом установления режима орошения является обобщение по возможности наиболее длительных и разносторонних по определяющим факторам данных натурных наблюдений. Производя обобщение многолетних опытных данных по изучению режима орошения, Всесоюзный научно-исследовательский институт хлопководства (СоюзНИИХИ) разработал

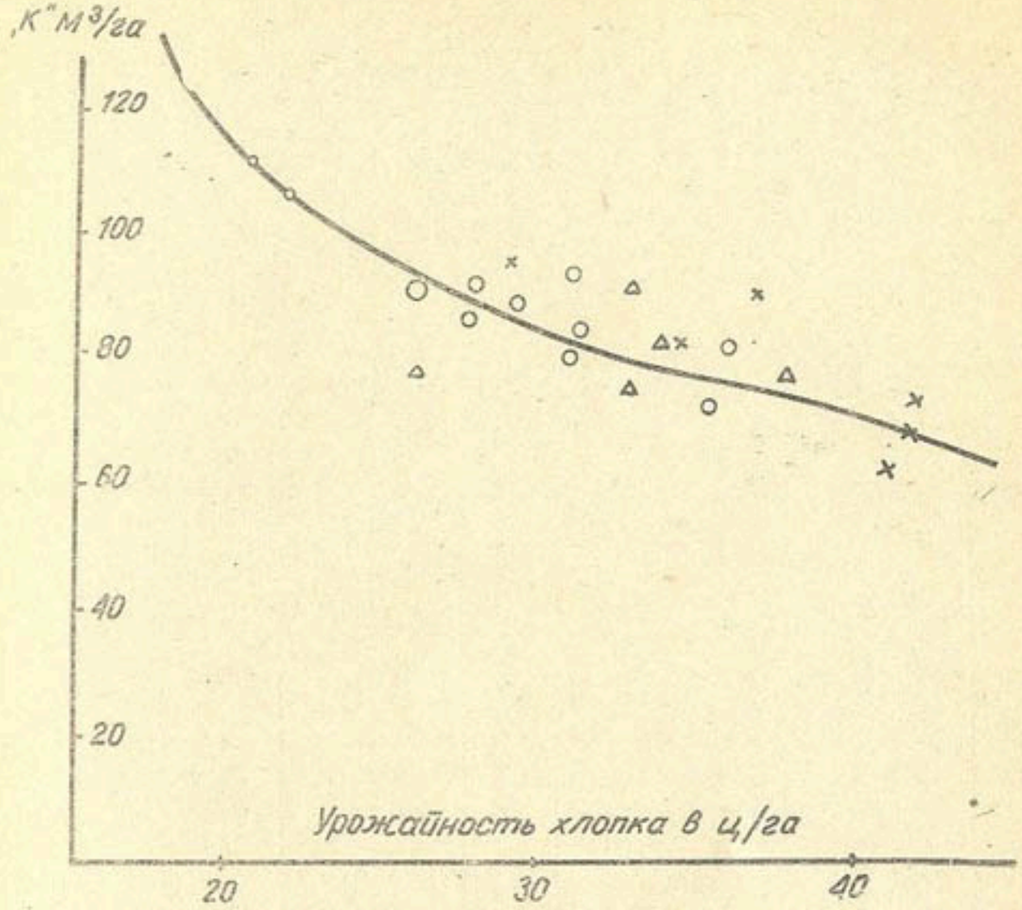


Рис. 12. Изменение водопотребления хлопчатника в зависимости от урожайности.

оптимальные режимы орошения сельскохозяйственных культур. При этом в зависимости от литологического состава почвообразующей породы и гидроморфности, связанной с глубиной залегания грунтовых вод, вся орошаемая территория СССР разделена на 9 гидромодульных районов.

Исходя из климатических условий, почв и глубины залегания грунтовых вод, территория северной зоны Каракалпакской АССР относится ко II-III-V-VII и IX, а территория южной зоны — к V и VI-й гидромодульным районам.

Рекомендуемый режим орошения предусматривает в зависимости от гидромодульного района от 2 до 8 поливов хлопчатника с поливными нормами от 600 до 900 *м³/сек*. Между тем, фактическое число поливов хлопчатника в обеих зонах Каракалпакии колеблется от 2 до 4 тогда как поливные нормы составляют от 1000 до 1200 *м³/га*.

Проведение более редких, чем рекомендуемые режимом, поливов позволяет за счет увеличения поливной нормы весьма

эффективно бороться с сезонными накоплениями солей в активном слое почвы. Практикой доказано, что рекомендуемые режимом более частые поливы ввиду небольших поливных норм не дают достаточного промывного эффекта. Особенно это относится к промывным поливам и первым поливам в южной зоне, которые, начинаясь с 1 июня по рекомендуемому режиму, должны заканчиваться 16 июня, а фактически проводятся до 5 июня за счет подачи воды на 25–50% больше рекомендуемых норм, в зависимости от степени засоления почвы (см. табл. 16).

Таблица 16

Сравнение норм на промывные поливы с фактическими затратами воды по оросительным системам Каракалпакской АССР за 1961-1971 годы.

Год	Показатели	Кратность полива	Нормы поливов, брутто $м^3/га$				Площадь промывных земель, *га*
			I	II	III	итого	
1961	Пр режиму	2	2950	2950	—	5900	149700
	Фактически	2,5	2800	2800	1500	7100	130190
1962	По режиму	2,2	2400	2400	500	5300	162653
	Фактически	2,4	2550	2550	1000	6100	169851
1963	По режиму	2,2	3200	3200	700	7100	163281
	Фактически	2,5	3450	3450	1700	8600	166419
1964	По режиму	2,4	2900	2900	1100	6900	160332
	Фактически	2,5	2800	2800	1400	7000	165159
1965	По режиму	2,4	2900	2900	1100	6900	160152
	Фактически	2,7	3100	3100	2200	8400	156248
1966	По режиму	2,5	2700	2700	1300	6700	160606
	Фактически	2,7	3400	3400	2500	9300	159444
1967	По режиму	2,5	2500	2500	1300	6300	160324
	Фактически	2,4	2700	2700	1200	6600	160840
1968	По режиму	2,5	2800	2800	1400	700	162324
	Фактически	2,1	3300	3300	400	7000	161243
1969	По режиму	2,2	3000	3000	600	6600	170200
	фактически	2,9	4900	4900	1500	11300	146752
1970	По режиму	2,3	2900	2900	900	6700	170200
	Фактически	1,8	4200	3300	—	7500	156968
1971	По режиму	2,5	2900	2900	1400	7200	165233
	Фактически						

В таблице 17 приведены средние декадные расходы планового (определенного по режиму) и фактического забора речной воды оросительными системами, а в таблице 18—фактическая кратность, сроки поливов и оросительная норма в разрезе районов, подтверждающие, что рекомендуемый СоюзНИИХИ режим орошения для Каракалпакской АССР требует тщательной корректировки с учетом природных условий каждого района.

Известное влияние на поливные нормы, а следовательно и на режим работы каналов, особенно внутрихозяйственной оросительной сети, оказывает способ полива. В настоящее время различают способы полива надземного и подземного орошения. В условиях автономной республики подземное орошение пока не применяется даже на опытных участках.

Основными способами полива надземного орошения являются: 1) полив затоплением, 2) полив по полосам, 3) полив по змеевидным бороздам, называемым джояками и 4) полив по бороздам.

Полив затоплением является основным способом промывки засоленных земель. Применяется он также для полива посевов риса в рисовых совхозах северной зоны Каракалпакии.

Полив по полосам в основном применяется в степных районах Советского Союза. При этом способе поливную воду с помощью выводных борозд или непосредственно из временного оросителя подают на узкие полосы, огороженные временными валиками высотой 12–20 *см*, возводимыми вдоль уклона местности.

Полив по джоякам применяется при выращивании бахчевых и овощных культур. Длина площадок от 40 до 80 *м*, глубина джояка 30–45 *см*, ширина гряд между джояками 0,9–1,4 *м*. Джояки на горизонтальной местности имеют длину 10—30 *м*. При больших уклонах местности для уменьшения уклона их устраивают зигзагообразными. Основными недостатками полива этим способом являются невозможность механизировать сельскохозяйственные работы, большие затраты оросительной воды, низкий коэффициент земельного использования (КЗИ). В Каракалпакии этот способ полива не применяется.

Полив по бороздам считается наилучшим способом полива поверхностного орошения. Его основными преимуществами перед другими способами являются: достаточно экономное расходование поливной воды, хорошая аэрация почв во время полива, применимость при любом рельефе земель и возможность осуществлять максимальную механизацию всех видов сельскохозяйственных работ. Борозды нарезаются на расстоянии 50,60,80 или 90 *см* друг от друга и могут делаться сквозными, со сбросом в следующий ок-арык, и тупыми—без сброса.

Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ЮжНИИГИМ) на основании накопленных опытных

Среднедекадные расходы планового (по режиму) и фактического забора воды из реки в вегетационный период оросительными системами Каракалпакской АССР за 1961—1971 гг.

Таблица 17

(в $м^3/га$)

Год	Показатели	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1961	План				186	172	201	236	251	267	301	336	334	303	303	267	204	89	—
	Фактич.				206	252	247	247	258	278,5	213	340	350	340	330	320	250	110	—
	%	—	—	—	123	147	123	105	103	104	104	101	105	112	110	120	127	124	—
1962	План				166,3	180,1	198,2	222,2	229,6	250	276,4	293,5	298,5	299,2	281,5	247,7	198,8	101,5	—
	фактич.				229,8	223,9	225	235,5	251,2	290,9	335,2	349,1	360,7	357,8	351,1	321,2	219,3	32,9	12,5
	%	—	—	—	138	124	114	106	109	116	121	119	121	120	125	129	110	33	—
1963	План				206,8	196,8	223,2	291,3	299,7	310,4	320,6	341,1	344,8	322,8	319,1	314,1	238	141	—
	фактич.				260	229,2	295,4	251,1	294,7	324,7	340,5	353,2	372,7	361,5	364,4	345,4	248,6	106,1	30,3
	%	—	—	—	122	116	132	87	99	105	106	104	107	115	114	110	105	75	—
1964	План				206,8	196,8	223,2	291,3	299	310,4	320,6	341,1	344.8	322,8	319,1	314,1	238	141	—
	Фактич.				246	229,1	272.9	304,8	349,9	383,9	378,3	387,5	410.8	392,1	396,8	343,9	260,5	88	—
	%	—	—	—	119	116	113	105	117	124	118	113	119	121	124	110	110	62	—
1965	План				190	218	255	335,4	335,4	335,4	362	362	362	347	347	347	183	188	—
	Фактич.				255,7	297	338,3	350,1	400,5	410	416,2	437	489,4	479,4	414,8	391,4	160,9	115,5	18,9
	%	—	—	—	135	137	132	104	120	122	115	121	135	138	120	113	85	61	—
1966	План				208	232,6	317,5	282,2	297,9	340	345,9	371.1	378,7	344,5	318	271,3	192,8	40,1	—
	Фактич.				251,2	362,1	396,1	393,7	453,9	573,1	592,7	571.1	572,6	618,7	582	467,3	243.7	131,4	34,8
	%	—	—	—	120	156	125	140	152	169	171	154	151	178	183	172	127	—	—
1967	План				211,9	272,7	339,9	306,5	310,4	334,4	353,4	382,8	377,4	322,8	286	265,8	186,7	71,7	—
	Фактич.				317,4	312,3	396,1	370	476,7	481,9	547,6	590,2	582.1	621,5	586,3	520,5	270,5	76,2	68.4
	%	—	—	—	150	115	117	121	153	144	154	154	155	192	205	107	137	106	—
1968	План				184,4	229,7	301	291,8	298,2	324,2	334.7	374,6	385,3	315,8	285,4	252,1	207,1	74,9	—
	Фактич.				308,5	332,9	382,1	436	516,9	572,1	581,4	640,3	632,1	617,3	597,6	480,2	173,3	54,7	51,8
	%	—	—	—	168	145	127	150	173	176	174	171	164	196	210	190	84	73	—
1969	План				184,4	229,7	301	291,3	298,2	324,2	334,7	374.6	385,3	315,8	285,4	252,1	207,1	74,9	—
	Фактич.				225,5	304,6	365,9	412,6	445,2	480,1	519,4	562,2	598,6	567,8	572,4	511,6	349,5	99,2	46,4
	%	—	—	—	122	133	121	141	150	148	155	150	155	180	200	204	170	132	—
1970	План				184,4	229.7	301	291,8	298,2	324,2	334,7	374,6	385,3	315,8	285,4	252,1	207,1	74,9	—
	Фактич.				321,1	340,8	419,9	455	499	475	679,7	557,1	538,9	517,2	547,4	511	200.7	149,4	96,8
	%	—	—	—	175	148	139	156	168	146	204	149	140	164	192	202	97	200	—
1971	План				257,4	277,6	374,1	305,7	311,7	330,6	342,4	363,4	365.8	318,1	277,5	261,6	214.3	99,9	7,3
	Фактич.				243,3	268,9	288.9	396	473,2	487.2	486,9	442,2	567,8	611,7	622,5	537,6	401.3	67	—
	%	—	—	—	95	97	78	130	152	148	142	122	155	192	224	205	188	67	—

Таблица 18

Кратность и сроки поливов хлопчатника по районам Каракалпакской АССР в вегетационный период 1970 года

№№ пп	Наименование районов	I полив		II полив		III полив		IV полив		V полив		Кратность полива	Факт. оросит. норма брутто на 1 *га*
		начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец		
1.	Турткульский	5/VI	20/VII	30/VI	20/VIII	31/VII	31/VIII	15/VIII	10/IX	—	—	4	19300
2.	Бируниийский	1/VI	20/VII	5/VII	31/VIII	31/VIII	10/IX	—	—	—	—	2,5	19200
3.	Амударьинский	5/VI	20/VII	20/VI	20/VIII	31/VII	31/VIII	15/VIII	10/IX	—	—	3,5	14700
4.	Ходжейлийский	10/VI	20/VII	5/VII	10/VIII	20/VII	31/VIII	10/VIII	10/IX	31/VIII	10/IX	3,7	12300
5.	Шуманайский	10/VI	20/VII	15/VII	10/VIII	31/VII	20/VIII	1/VIII	31/VIII	20/VIII	10/IX	4,5	25000
6.	Кунградский	10/VI	20/VII	14/VII	20/VIII	10/VIII	10/IX	—	—	—	—	2,5	29700
7.	Нукусский	5/VI	20/VII	31/VII	31/VIII	31/VIII	10/IX	—	—	—	—	2,5	29800
8.	Кегейлийский	20/VI	20/VII	20/VII	10/VIII	20/VIII	10/IX	—	—	—	—	2,5	16800
9.	Чимбайский	10/VI	20/VII	20/VII	20/VIII	31/VII	31/VIII	31/VIII	10/IX	—	—	3	22300
10.	Тахтакупырский	15/VI	30/VII	15/VII	20/VIII	20/VIII	31/VIII	31/VIII	10/IX	—	—	3	25500
	В целом по Каракалпакской АССР	1/VI	30/VII	30/VII	31/VIII	20/VII	10/IX	1/VIII	—	20/VIII	—	3	21600

данных рекомендует в зависимости от водопроницаемости почв и уклонов принимать длины поливных борозд и расходы в начале борозды, приводимые в следующей таблице.

Таблица 19

Уклоны поливного участка	Водопроницаемость почвы	Длина поливной борозды в *м*	Расход воды в борозде, *л/сек*
0,002—0,04	Высокая	120—200	2—1,5
0,004—0,007		200—250	1,5—1,2
0,007—0,01		250—350	1,2—1
0,002—0,004	Средняя	200—250	1,5—1,2
0,004—0,007		250—300	1,2—1
0,007—0,01		350—400	1—0,8
0,002—0,04	Слабая	250—300	1,2—1
0,004—0,007		300—350	1—0,8
0,007—0,01		350—450	0,8—0,5

Наиболее усовершенствованным видом полива по бороздам является полив с применением гибких трубопроводов и сифонов.

Преимуществом гибких трубопроводов, заменяющих временные оросительные и выводные борозды, является возможность подавать воду непосредственно из оросителей, что уменьшает бесполезные потери орошаемых земель, составляющие при наре зке временных оросителей 2,5—3% поливаемой площади, и повышает производительность труда поливальщиков.

Сифоны, применяемые для выпуска воды в борозды, изготовляются из полиэтиленовых, резиновых или жестяных труб диаметром 10, 20, 25, 32, 40 или 50 *мм* и толщиной стенки—1,6—2,5 *мм*. Длина сифона—130 *см*.

Для быстрого определения ориентировочного расхода сифона можно пользоваться следующей таблицей.

Таблица 20

Расход воды, подаваемой сифоном, в зависимости от диаметра трубки и напора

(л/сек)

Материалы сифона	Диаметр трубки, *мм*	Напор, *см*				
		4	6	8	10	15
Полиэтилен	20	0,19	0,23	0,26	0,28	0,36
	30	0,34	0,51	0,59	0,66	0,81
	40	0,79	0,91	1,06	1,18	1,46
	50	1,19	1,43	1,65	1,84	2,25
Резина	20	0,13	0,17	0,19	0,21	0,25
	30	0,3	0,4	0,47	0,52	0,62
	40	0,6	0,72	0,82	0,97	1,13
Жесть	20	0,14	0,17	0,2	0,22	0,25
	30	0,32	0,38	0,44	0,52	0,62
	40	0,46	0,68	0,79	0,88	1,13
	50	0,86	1,06	1,23	1,37	—

Примечание: При необходимости увеличения расхода воды можно устанавливать дополнительные сифоны в борозду, подбирая их так, чтобы в сумме получался требуемый расход.

При первом поливе хлопчатника по бороздам урожайность увеличивается в сравнении со способом затопления на 3—5 *ц/га*, причем экономится до 15—20% воды.

4. СВЯЗЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОЧИСТКЕ КАНАЛОВ С ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НАНОСОВ ИСТОЧНИКА ОРОШЕНИЯ.

Поступление из реки Амударьи в оросительные системы большого количества наносов вызывает усиленное заиление систем, приводящее к уменьшению пропускной способности каналов. Восстановление пропускной способности каналов требует

ежегодно выполнения большого объема земляных работ по их очистке от наносных отложений. В Каракалпакии годовой объем очистки оросительных систем достигает 34,8 млн. $м^3$.

Для сравнения объемов взвешенных и донных наносов, фактически поступающих в системы, с объемами очистки систем и выяснения диапазонов колебания этих величин нами проанализированы многолетние данные наблюдений за мутностью реки, а также отчетные данные о водозаборе и объеме очистки за ряд лет.

Данные наблюдений за мутностью реки в створе Чатлы показывают, что величина средней мутности за вегетационный период изменяется от 1,8 до 5 $кг/м^3$ при среднемноголетней величине 2,96 $кг/м^3$. Следовательно, при неизменном водозаборе в систему может поступать в зависимости от гидрологического года различное количество наносов, изменяющееся в пределах от минимума до максимума в 2,5 раза.

Объемы наносов, поступающих из реки в оросительные системы, и объемы ежегодной очистки систем приведены в табл. 21, 22, 23. Как следует из этих таблиц, объемы ежегодной очистки оросительных каналов колеблются от 21 млн. $м^3$ до 34,8 млн. $м^3$, а объемы наносов, поступающих в системы,— от 13,3 до 30,6 млн. $м^3$.

Таким образом, в целом по всем системам автономной республики объем очистки колеблется от 61% до 164% от объема поступивших наносов и в среднем составляет 104%. Превышение объемов очистки над объемами наносов, поступающих в системы, объясняется тем, что объемы ежегодной очистки назначаются без учета фактического поступления наносов и объема заиления системы за прошедший год. Обычно планируемые объемы очистки принимаются ориентировочно на основе данных предыдущих лет и лишь частично обосновываются съемкой поперечников. Кроме того, отчетные данные управлений оросительных систем по очистке часто завышаются включением в них земляных работ по переустройству и ремонту дамб каналов.

Очистка магистральной и межхозяйственной сети полностью механизирована. Очистка мелкой внутрихозяйственной сети из-за отсутствия специализированных механизмов выполняется пока еще вручную. Очистка магистральной сети и крупных распределителей производится землесосами в течение всего оросительного сезона. Межхозяйственная сеть очищается экскаваторами, в основном, после закрытия системы в осенне-зимний и весенний периоды. Очистка каналов от заиления производится по всей их протяженности, что нарушает кольматационный слой, вызывая после пуска воды увеличение потерь на фильтрацию.

При очистке экскаваторами, вследствие неравномерного заиления каналов вдоль оси и по сечению, допускаются переборы против проектного профиля, увеличивающие объемы работ. Кроме того, в этом случае, очистка каналов на большой длине

Таблица 21

Объем очистки и поступление наносов по Ленинский оросительной системе

Показатели	Единица измерения	1966 г.	1967. г	1968 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.
Объем очистки—всего	тыс. $м^3$	5205,6	7960,5	6442,1	8088,2	7934,8	10257,5	10602
в том числе механизмами	тыс. $м^3$	4905,6	6526,3	5360,2	6913,2	6237,8	10069,5	10425
Магистральный канал имени Ленина	тыс. $м^3$	1364,7	1697,9	1349,8	965,2	1368.4	807	864
Подводящие и отводящие каналы насосных станций Бекяб	тыс. $м^3$	397.2	108	812,3	1152.3	587,3	570,1	664
Параллельный канал имени Ленина	тыс. $м^3$	—	—	—	—	—	634,3	592
Межхозяйственная сеть	тыс. $м^3$	3288,7	2726,6	2218,1	3248.2	3686,1	357,4	2886
Внутрихозяйственная сеть	тыс. $м^3$	1155	2828	2061,9	2722	2293	4671,4	5596
Из них вручную	тыс. $м^3$	300	1434,2	1081,9	1175	1697	1888	177
Вспомогательные работы	тыс. $м^3$	1600	2473	1996	3217	3530	392	2652
Очистка без вспомогательных работ	тыс. $м^3$	3605,6	5487.4	4446,1	4871.2	4404,8	6329,5	1950
Поступление взвешенных наносов	тыс. $м^3$	3454	4542	4446,1	701,2	3167	3643	4765
Поступление донных наносов	тыс. $м^3$	345,4	454,2	466;6	701,3	3167	364,3	476,5
Итого	тыс. $м^3$	3799,4	4996,2	5132,6	7713,2	3483,7	4007,3	5241,5
Посевная площадь	*га*	54033	59442	58176	56867	60130	67511	70291
Объем очистки на 1 га орошаемой площади (беа вспомогательных работ)	$м^3$	67	92	76	86	73	94	113
Поступление наносов на 1 *га* орошаемой площади	$м^3$	76	83	88	35	58	59	75
Поступление взвешенных наносов на 1 тыс. $м^3$ водозабора	$м^3$	1,94	2,24	2,16	3,4	1,52	1,47	1,75
Объем очистки на 1 *га* орошаемой площади (от общего объема)	$м^3$	96	134	111	142	132	158	151
Объем очистки в % от общего объема поступления наносов.	$м^3$	95	122	87	63	127	159	152

Таблица 22

Объем очистки и поступление наносов по Пахтаарнинской оросительной системе

Показатели	Единица измерения	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.	Среднегодовой
Объем очистки—всего	тыс. $м^3$	6422,7	7162,4	6597,8	6096,1	7524	7524	8240,6	7080
в том числе механизмами	тыс. $м^3$	5614,7	8989,4	5577,4	5573,6	6215	6865,5	6881.	6100
Магистральный канал Пахтаарна	тыс. м³	2389,1	2235,6	1721,1	1837,8	1693.7	2004	2135,2	
в том числе Каир	тыс. $м^3$	1262,8	987,3						
канал Найман	тыс. $м^3$	643	620,6	677,7	980.6	849,9	720,4	479	
канал Бештам	тыс. $м^3$	259,3	354,5	245,2	95,1	302,6	257,8	1389	
Межхозяйственная сеть	тыс. $м^3$	2026,3	2500,8	2627,4	2108,2	3201.9	3450,9	5739	
Внутрихозяйственная сеть	тыс. $м^3$	1105	1330,9	1326,4	1074,5	1476	1106,7	1359,5	
из них вручную	тыс. $м^3$	808	1175	1020 4	522,5	1309,9	673,9	1359,5	
Вспомогательные работы	тыс. $м^3$	1354	1171	1804	1616	2208	2334	1520	
Очистка без вспомогательных работ	тыс. $м^3$	5067,7	5491,4	4793,8	4480,1	5316	5205 8	6720,6	5300
Поступление донных наносов	тыс. $м^3$	234,9	279,6	294,1	435,3	232,3	218	243,8	
Итого поступления наносов	тыс. $м^3$	2583,9	3077.8	3235,1	4788,3	2555,3	2398	2682	3045
Посевная площадь	*га*	42354	41712	41329	3858	4038,4	41174	44511	
Очистка объема 1 *га* орошаемой площади (без вспомогательных работ)	$м^3$	120	132	116	116	127	127	151	127
Поступление наносов на 1 *га* орошаемой площади	$м^3$	61	74	78	124	63	58	60	74
Поступление взвешенных наносов 1 тыс. $м^3$ водозабора	$м^3$	2,07	2,58	2,58	4,45	1,87	1,61	1,99	2,45
Объем очистки на 1 га орошаемой площади (от общего объема)	$м^3$	151	172	159	158	186	183	185	171
Объем очистки в % от общего объема поступлений наносов	$м^3$	196	178	150	94	280	216	250	160

Таблица 23

Объем очистки и поступление наносов по всем оросительным системам Каракалпакской АССР

	Единица измерения	1966г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.	Среднее годовое
Объем очистки—всего	тыс. $м^3$	23402,6	27753,5	20972,6	28120,8	30394,5	34809,7	32153,5	28215
в том числе механизмами	тыс. $м^3$	21228,6	24329,6	17186,2	23033,3	24446,6	33535,6	30170,4	24850
Магистральные и межхозяйственные каналы	тыс. $м^3$	16395,5	18368,6	14008,6	18048,3	21482,5	22505,3	21437,6	19300
Внутрихозяйственная сеть	тыс. $м^3$	6007,1	3423,9	6964	10072,5	9112	12404,4	13423,5	
в том числе вручную	тыс. $м^3$	2174	3423,9	3786,4	5087,5	6148	1274,1	1545,7	
Вспомогательные работы	тыс. $м^3$	6566	8311	6222	9386	11719	1297	7712,8	
Очистка без вспомогательных работ	тыс. $м^3$	16836,6	19442,5	14750,6	18734,8	18875,5	21838,7	24450,6	
Поступление взвешенных наносов	тыс. $т$.	15279	17292	17221	2782,5	13354	12123	15568,5	
Поступление донных наносов	тыс. $т$.	1527,9	1729,2	1722,1	2782,5	1335,4	1212,3	1556,9	
Итого поступления наносов	тыс. $т$.	16806,9	19021,2	18943,1	30607,5	14689,4	13335,3	17125,4	18630
Посевная площадь	га	207351	199034	196592	191770	200585	214461	228997	
Объем очистки на 1 га орошаемой площади (без вспомогательных работ)	$м^3$	81	98	75	98	95	102	100	93
Поступление наносов на 1 га орошаемой площади	$м^3$	81	95	97	160	74	62	56	87
Поступление взвешенных наносов 1 тыс. $м^3$ водозабора	$м^3$	2,18	2,28	2,36	3,48	1,65	1,54	1,91	2,2
Объем очистки на 1 га орошаемой площади (от общего объема)	$м^3$	113	139	106	146	153	163	121	134
Объем очистки в % от общего объема поступления наносов		100	102	78	61	128	164	109	104

затрудняет организацию производства и вызывает дополнительные работы по растаскиванию рашей для прохода экскаваторов и разравниванию отвалов. Эти дополнительные вспомогательные работы часто составляют более 30% от общего объема очистки. Выполняются они преимущественно прицепными механизмами.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ЕЕ ЗАДАЧИ

В Каракалпакской АССР руководство эксплуатационной службой на гидромелиоративных системах осуществляет АДУОС —Амударьинское дельтовое управление оросительных систем. На него возлагаются:

1) организация водозабора и распределение воды между водопользователями в соответствии с планом водопользования;

2) содержание в исправном состоянии оросительной и коллекторно-дренажной сети, гидроузлов, насосных станций, берегозащитных дамб и других водохозяйственных сооружений межхозяйственного значения;

3) своевременная и бесперебойная подача воды пользователям и осуществление контроля за эффективным ее использованием;

4) организация на гидромелиоративных системах учета воды, забираемой из источника орошения, а также учета количества воды, отводимой через коллекторно-дренажную сеть;

5) осуществление мероприятий по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и других задач, указанных в Уставе эксплуатационной службы органов мелиорации и водного хозяйства СССР.

АДУОС осуществляет возложенные на него задачи через подчиненные ему органы. Основными производственными эксплуатационными организациями при этом являются районные управления оросительных систем (РайУОС), которые делятся на гидротехнические эксплуатационные участки, отвечающие за правильную эксплуатацию закрепленных за ним объектов. Для примера мы приводим структуру службы эксплуатации Чимбайского УОС (табл. 24).

Годовые планы эксплуатационных мероприятий охватывают лишь текущие работы, требующиеся для поддержания оросительных систем в рабочем состоянии в течение года и осуществления водозабора из источника орошения. Капитальные ремонты, намечаемые на тот же год, планируются отдельно.

Одной из основных работ в эксплуатации оросительных систем является очистка каналов от заиления, на что расходуется половина всех эксплуатационных мероприятий по АДУОС за 1962 — 1972 годы.

Большие затраты связаны также с эксплуатацией насосных станций (22% от всех эксплуатационных затрат). Расходы на

Таблица 24

Линейные штаты Чимбайского райУОС в разрезе гидротехнических участков и узлов сооружений

№№ пп	Наименование гидроучастков, гидроузлов, штат	к-во штатных единиц	протяженность канала, *км*	пропускная способность *м³/сек*	площади орошения *га*	к-во гидропостов
1.	Кегейли		35	60	8646	11
	Инженер-гидротехник	1	35			
	Инженер-гидрометр	1	—			
	Техник	2	—			
	Наблюдатель	2	—			
2.	Канал Майяб		24	26	6520	10
	Инженер участка	1	24			
	Инженер гидрометр	2	—			
	Техник	2	—			
	Наблюдатель	3	—			
3.	Гидросооружение Майяб ПК—86		—	25		
	Инженер сооружения	1				
	Регулировщик	3				
4.	Гидросооружение Майяб ПК—163					
	Инженер сооружения	1				
	Регулировщик	2				
5.	Гидросооружение ПК—201					
	Инженер сооружения	1				
	Регулировщик	2				
6.	Канал Абадяб		24	11	5250	9
	Инженер участка	1	24			
	Инженер гидрометр	1				
	Техник	2				
	Наблюдатель	2				
7.	Канал Ленинабад		20	10	4220	10
	Инженер участка	1	20			
	Инженер гидрометр	1				
	Техник	2				
	Наблюдатель	1				
8.	Канал Оряб		7	2	1220	3
	Инженер участка	1				
	Техник	1				
	Наблюдатель	1				
9.	Гидроузел Майяб			60		
	Инженер сооружения	1				
	Регулировщик	3				
	Радиооператор	1				
10.	Гидроузел Бешяб	1				
	Инженер сооружение	3				
	Регулировщик	1				
	Радиооператор					
	Итого	47	110		25600	43

содержание насосных станций в 1968 году составляли 1,99 млн. руб., а в 1971 году достигли 2,6 млн. руб. В 1971 году всеми насосными станциями было подано 2 066 493 тыс. $м^3$ воды, в том числе на орошение 188 744 тыс. $м^3$ воды.

Ежегодные затраты по борьбе с маловодьем возросли с 363 тыс. руб. в 1968 г. до 3 358 тыс. руб. в 1971 году.

Эти средства были использованы в 1971 году следующим образом: на устройство глухой земляной перемычки на Амударье — 260 тыс. руб.; на расчистку русел подводящих участков магистральных каналов — 1 196 тыс. руб.; на установку и содержание 250 единиц дополнительных насосных станций типа „Алтай" на Амударье — 1 037 тыс. руб.; на установку и содержание 59 единиц дополнительных насосов НАП-1-1 на Амударье — 555 тыс. руб.; на прочие расходы — 192 тыс. руб.

Удельные эксплуатационные расходы на один гектар орошаемой площади по АДУОС возросли с 38 руб. в 1968 году до 54 руб. в 1972 году. Это связано в основном с увеличением затрат на борьбу с маловодьем, развитием машинного орошения и возрастанием объема работ по очистке оросительных систем.

Размеры эксплуатационных затрат и их структура зависят от естественных условий и, особенно, от гидрологического режима Амударьи. Например, в многоводный 1969 год затраты на борьбу с маловодьем составляли 295 тыс. руб., а в маловодный 1971 год — 3 358 тыс. руб. И наоборот, затраты на противопаводковые и защитные работы в 1969 году составили 1 130 тыс. руб., а в 1971 году — всего 500 тыс. руб.

Очистку каналов и коллекторно-дренажной сети, работы, связанные с маловодьем, паводками, техническим улучшением оросительных систем, а также ремонт дамб и другие ремонтно-строительные работы по договору с АДУОС выполняет трест „Каракалпакводстрой".

Снижения эксплуатационных расходов можно достичь главным образом за счет уменьшения затрат на очистку оросительной сети, во-первых: путем широкого применения головных и внутрисистемных отстойников, так как сосредоточение объема очистки в отстойниках на сравнительно небольших участках позволяет широко использовать гидромеханизмы, более экономные чем экскаваторы, и, во-вторых, путем отвлечения донных наносов от створа водозабора методом искусственной поперечной циркуляции, а также твердого ограничения водозабора расходами, предусмотренными планом водоподачи, что уменьшит поступление наносов в систему.

После ввода в эксплуатацию Тахиаташского гидроузла большинство каналов перейдет на самотечное орошение, что значительно снизит затраты на борьбу с маловодьем и на содержание насосных станций.

Таблица 25

Стоимость эксплуатационных мероприятий по АДУОС за 1968—1972 гг.

Наименование мероприятий	Единица измерения	1968 г.		1969 г.		1970 г.		1971 г.		1972 г.	
		сметная стоимость	%	сметная стоимость тыс. руб.	%	сметная стоимость тыс. руб.	%	сметная стоимость тыс. руб.	%	сметная стоимость тыс. руб	%
Эксплуатационные затраты всего тыс. руб.	тыс. руб.	7407	100	9421	100	11093	100	13620	100	12780	100
в том числе:											
1. Очистка оросительной и мелиоративной сети	тыс. руб.	3527	48	4895	52	6075	55	5421	40	4600	36
2. Защитно-регулировочные и противопаводковые работы	тыс. Руб.	265	4,5	112	12	840	7,6	502	3,7	942	7,4
3. Эксплуатация насосных станций	тыс. руб.	1989	27	2053	22	2116	19	2584	19	2436	18
4. Борьба с маловодьем	тыс. руб.	363	5,2	295	3,1	912,4	8.3	3358	25	2290	18
5. Внеобъемные расходы	тыс. руб.	876	12	864	9	708	6	1182	9	1010	8
Удельные эксплуатационные расходы на 1 *га* орошаемой площади—всего	руб./*га*	38	—	49	—	55	—	64	—	56	—
Удельные расходы по очистке на 1 *га* орошаемой площади	руб./*га*	18	—	25,4	—	29,5	—	25	—	20,5	—

Наименование мероприятий	%
Эксплуатационные затраты всего тыс. руб.	46
в том числе:	
1. Очистка оросительной и мелиоративной сети	7
2. Защитно-регулировочные и противопаводковые работы	21
3. Эксплуатация насосных станций	12
4. Борьба с маловодьем	9
5. Внеобъемные расходы	52
Удельные эксплуатационные расходы на 1 *га* орошаемой площади—всего	24
Удельные расходы по очистке на 1 *га* орошаемой площади	

Известную роль в снижении эксплуатационных расходов может сыграть также рациональное использование оросительной воды, повышение коэффициента полезного действия (КПД) оросительных систем и коэффициента использования воды (КИВ) на полях хозяйств.

Потери воды из оросительных систем происходят в результате:

— фильтрации через смоченную поверхность ложа каналов;

— испарения с водной поверхности каналов и водохранилищ;

— несовершенства эксплуатации каналов и сооружений (технические потери и сбросы из-за неправильного маневрирования расходами, а также потери в результате прорывов дамб каналов);

— несовершенства техники полива;

— наличия неиспользованных остатков воды в мертвых объемах в каналах после прекращения их работы;

— несоблюдения планов водопользования и отсутствия ночных поливов.

Для борьбы с потерями воды из оросительных систем возможно применять следующие эксплуатационные мероприятия:

а) не допускать сверхплановую подачу воды в системы и применение избыточных поливных и промывных норм;

б) уменьшить продолжительность работы каналов в неполивной период до минимума;

в) не допускать распыления воды по большому числу каналов малыми расходами;

г) не допускать утечек воды через закрытые щиты или переливов воды через них, а также прорывов дамб каналов;

д) по возможности укорачивать протяженность и глубину оросительных каналов, а также избегать переборов дна при их очистке;

е) проводить очистки с минимальным нарушением закольматированного слоя ложа каналов.

Потери воды из оросительной сети при составлении плана водопользования учитываются как относительные потери в процентах на километр длины канала ($\sigma\%$) или абсолютные — на всей его действующей длине (S'), измерямые в кубометрах в секунду.

Потери воды на фильтрацию зависят от степени водопроницаемости грунтов, в которых проходят каналы, глубины залегания грунтовых вод и мутности воды в канале.

Для определения потерь воды на фильтрацию в оросительной системе канала Кызкеткен в 1970—1972 гг. экспедицией САНИИРИ были проведены полевые исследования [40]. Обработка полученных данных (рис. 13 и 14) показала, что по-

тери воды на один километр длины межхозяйственных каналов могут определяться по формуле;

$$\sigma = \frac{1{,}9}{\sqrt{Q}}$$

а для каналов с расходом 0,05 — 4 *м³/сек*—по формуле:

$$\sigma = \frac{2{,}4}{\sqrt{Q}}$$

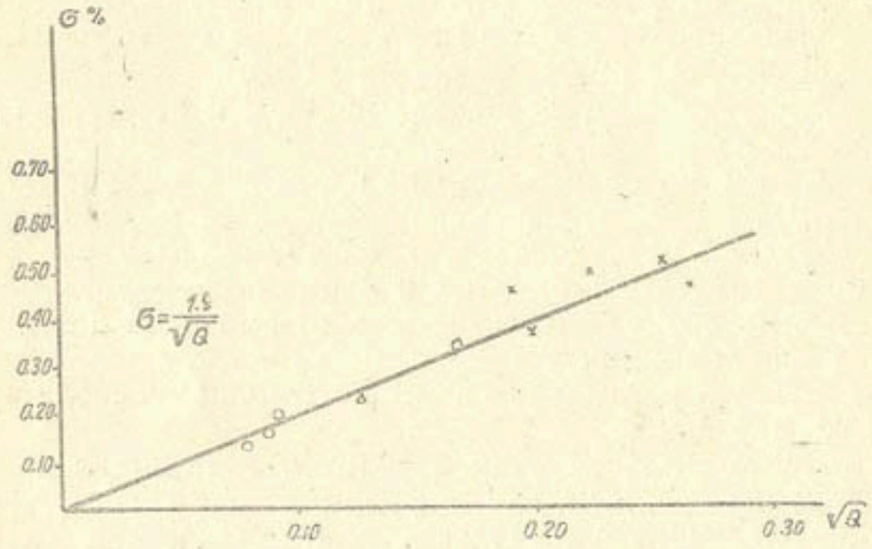


Рис. 13. Потери воды на фильтрацию на межхозяйственных каналах в зависимости от расхода воды.

Исследования потерь воды на фильтрацию проводились, когда оросительная система работала в условиях перекрытия реки и имело место нарушение кольматационного слоя очисткой.

Таким образом, приведенные формулы отражают влияние кольматации и мутности воды, что позволяет рекомендовать пользоваться ими при составлении плана водопользования.

Данные полевых исследований показали, что пропуск по каналу чистой воды увеличивает потери на фильтрацию в 2,5 раза, а нарушение слоя естественной кольматации даже при пропуске по каналу мутной воды увеличивает фильтрацию в 1,5 раза. К сожалению, влияние уровня грунтовых вод на потери остается пока не выясненным. (рис 14 а)

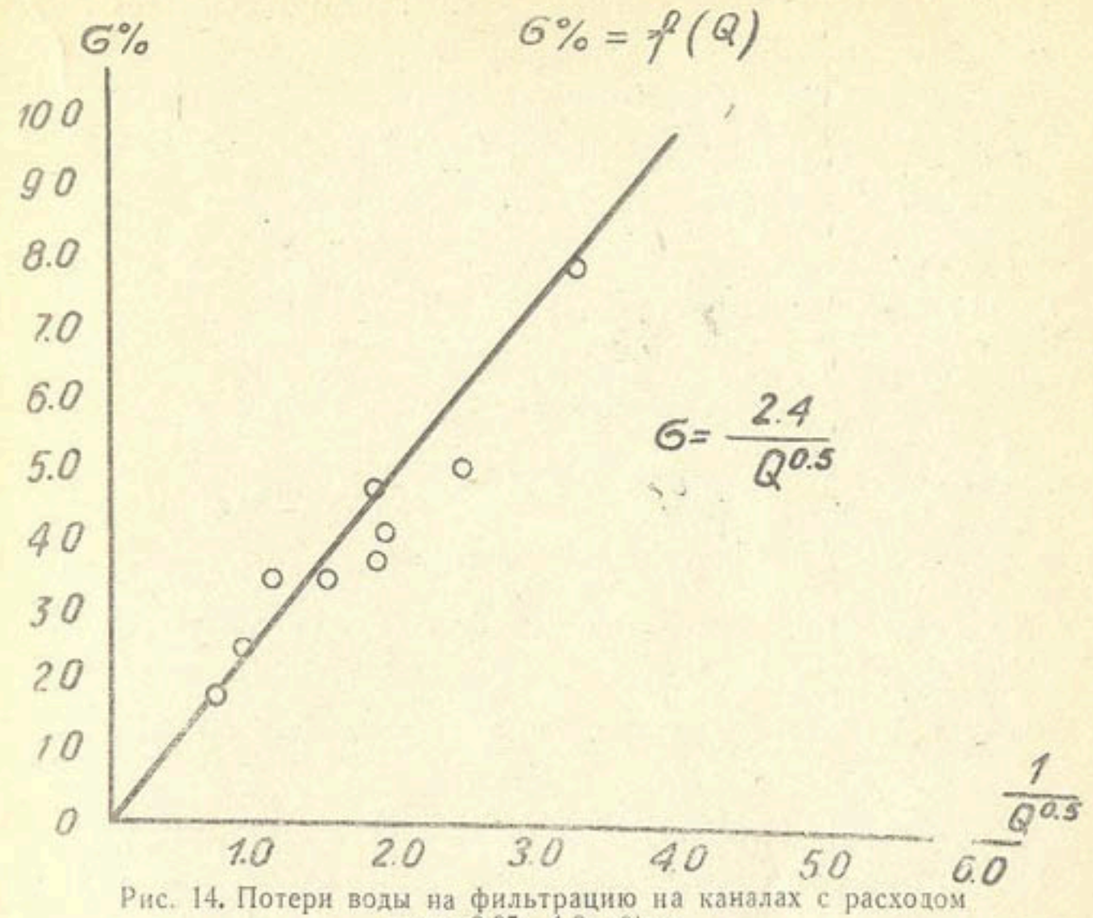


Рис. 14. Потери воды на фильтрацию на каналах с расходом воды 0,05—4,0 *м³/сек.*

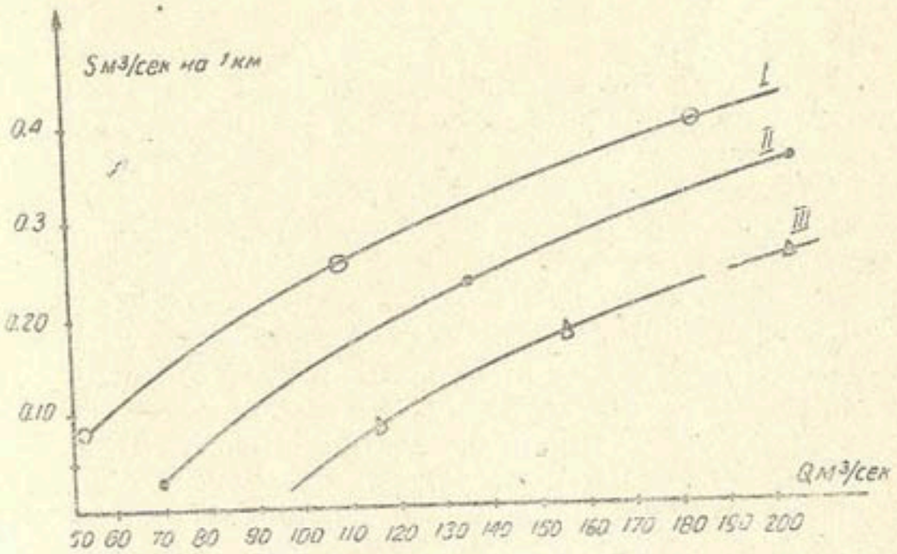


Рис. 14 а. Зависимость потерь воды (S) от расхода осветленной и мутной воды.

I. Потери при осветленной воде;
II. Потери при мутной воде после нарушения кольматации:
III. Потери после восстановления кольматации.

6. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

АДУОС ежегодно осуществляет большое число мероприятий и работ по поддержанию межхозяйственных каналов, гидротехнических сооружений и других устройств, а также улучшению водообеспеченности оросительных систем. В числе этих мероприятий выделяются так называемые объемные мероприятия, которые могут количественно оцениваться объемными измерителями. К этим мероприятиям относятся:

1. Очистка оросительных каналов и ремонт дамб.
2. Содержание и текущий ремонт гидротехнических сооружений, насосных станций, гидрометрических постов, гражданских и служебных зданий, телефонных линий и радиосвязи и тому подобное.
3. Регулировочные работы для обеспечения водозабора в период маловодья.
4. Ремонтно-регулировочные и защитные работы, проводимые для борьбы с паводками и ледовыми явлениями. Планы эксплуатационных мероприятий составляются на каждый год и охватывают работы в течение него, требующиеся для поддержания оросительных систем в рабочем состоянии и осуществления водозабора из источника орошения. Они состоят из двух разделов:

I. Внеобъемные затраты (содержание эксплуатационного штата, транспорта, административно-хозяйственные расходы и проч.). Потребности в этих средствах определяются исходя из утвержденных штатных единиц и должностных окладов, а по остальным административно-хозяйственным расходам—по опыту прошлых лет.

II. Объемные мероприятия. При планировании эксплуатационных затрат Министерство мелиорации и водного хозяйства сообщает ориентировочные лимиты расходов на предстоящий год, размеры которых определяются по их нормативам. Получив такие лимиты, АДУОС и РайУОСы приступают к определению фактических потребностей в средствах.

Объемы работ и затраты на содержание, ремонт каналов и сооружений определяются эксплуатационными работниками, путем тщательного осмотра и обмера сооружений, подлежащих ремонту. В результате осмотра составляются дефектные ведомости с указанием состава и объемов необходимого ремонта, которые предъявляются комиссии, назначенной вышестоящей организацией. Комиссия осматривает объекты работ, знакомится с дефектными ведомостями и составляет дефектные акты о необходимости производства ремонта, уточняет объемы и устанавливает сроки ремонтных работ, дальность доставки строительных материалов и т. п. К актам прикладываются дефектные ведомости. Акт утверждается вышестоящей организацией и

служит основанием для составления проектов, смет и планов ремонтных работ.

Объемы работ по очистке межхозяйственных каналов от заиления согласно правил технической эксплуатации должны определяться по данным нивелировки (с разбивкой поперечных профилей), производимой в конце поливного сезона.

Однако в настоящее время производить нивелировку всех каналов Каракалпакии, имеющих общую длину 2170 *км*, не представляется возможным. Поэтому определение объемов очистки на основе поперечных профилей, которые строятся по данным промеров глубин и нивелировки уреза воды, имеет место только на некоторых наиболее крупных или характерных каналах.

Для большинства каналов годовые объемы очистки планируют без учёта фактического их заиления, ориентируясь главным образом на объемы очистки, выполнявшиеся в предыдущие годы. Этот процесс очистки приводит часто к переборам и заглублению дна ниже проектных отметок, вызывая выполнение ненужных лишних работ.

Некоторые межхозяйственные каналы, работающие в незаиляющемся режиме, не требуют очистки, во всяком случае ежегодной.

Канал Кегейли, например, очищается лишь в головной части в объеме 128—170 тыс. $м^3$ в год, да и то лишь с 1970 г., тогда как в 1967—1969 гг. эти работы на канале не велись вовсе.

Планирование очистки каналов необходимо производить или определяя объемы заиления для каждой оросительной системы и межхозяйственного канала на основе измерения поперечного сечения в начале или конце вегетации, или исходя из возможной степени заиляемости, зависящей от поступления наносов из реки, расходов и гидравлического режима работы канала.

В последнем случае весьма полезно использовать такой показатель, как вероятную величину поступления наносов в кубических метрах в тысяче кубических метров поданной воды. В качестве примера на рис. 15 показан график для определения такой вероятной величины, представляющий зависимость объема наносов на 1000 $м^3$ воды от процента вероятности, построенную для канала Кызкеткен.

При опредении объемов с помощью такого графика объем поступления наносов на 1000 $м^3$ водозабора следует принимать исходя из 25 % или 50% вероятности. В табл. 28 приведены фактические объемы очистки по Кызкеткенской оросительной системе и расчетные объемы, определенные исходя из вероятности 5%, 25%, 50% и 75%. Как следует из этой таблицы, показатели средних многолетних объемов поступления наносов хорошо соответствуют 50% вероятности, минимально—75% а, макскимально—5%.

Сводный титульный список эксплуатационных мероприятий, с указанием их объемов, стоимости и источников финансирова-

6. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

АДУОС ежегодно осуществляет большое число мероприятий и работ по поддержанию межхозяйственных каналов, гидротехнических сооружений и других устройств, а также улучшению водообеспеченности оросительных систем. В числе этих мероприятий выделяются так называемые объемные мероприятия, которые могут количественно оцениваться объемными измерителями. К этим мероприятиям относятся:

1. Очистка оросительных каналов и ремонт дамб.

2. Содержание и текущий ремонт гидротехнических сооружений, насосных станций, гидрометрических постов, гражданских и служебных зданий, телефонных линий и радиосвязи и тому подобное.

3. Регулировочные работы для обеспечения водозабора в период маловодья.

4. Ремонтно-регулировочные и защитные работы, проводимые для борьбы с паводками и ледовыми явлениями. Планы эксплуатационных мероприятий составляются на каждый год и охватывают работы в течение него, требующиеся для поддержания оросительных систем в рабочем состоянии и осуществления водозабора из источника орошения. Они состоят из двух разделов:

I. Внеобъемные затраты (содержание эксплуатационного штата, транспорта, административно-хозяйственные расходы и проч.). Потребности в этих средствах определяются исходя из утвержденных штатных единиц и должностных окладов, а по остальным административно-хозяйственным расходам—по опыту прошлых лет.

II. Объемные мероприятия. При планировании эксплуатационных затрат Министерство мелиорации и водного хозяйства сообщает ориентировочные лимиты расходов на предстоящий год, размеры которых определяются по их нормативам. Получив такие лимиты, АДУОС и РайУОСы приступают к определению фактических потребностей в средствах.

Объемы работ и затраты на содержание, ремонт каналов и сооружений определяются эксплуатационными работниками, путем тщательного осмотра и обмера сооружений, подлежащих ремонту. В результате осмотра составляются дефектные ведомости с указанием состава и объемов необходимого ремонта, которые предъявляются комиссии, назначенной вышестоящей организацией. Комиссия осматривает объекты работ, знакомится с дефектными ведомостями и составляет дефектные акты о необходимости производства ремонта, уточняет объемы и устанавливает сроки ремонтных работ, дальность доставки строительных материалов и т. п. К актам прикладываются дефектные ведомости. Акт утверждается вышестоящей организацией и

служит основанием для составления проектов, смет и планов ремонтных работ.

Объемы работ по очистке межхозяйственных каналов от заиления согласно правил технической эксплуатации должны определяться по данным нивелировки (с разбивкой поперечных профилей), производимой в конце поливного сезона.

Однако в настоящее время производить нивелировку всех каналов Каракалпакии, имеющих общую длину 2170 *км*, не представляется возможным. Поэтому определение объемов очистки на основе поперечных профилей, которые строятся по данным промеров глубин и нивелировки уреза воды, имеет место только на некоторых наиболее крупных или характерных каналах.

Для большинства каналов годовые объемы очистки планируют без учета фактического их заиления, ориентируясь главным образом на объемы очистки, выполнявшиеся в предыдущие годы. Этот процесс очистки приводит часто к переборам и заглублению дна ниже проектных отметок, вызывая выполнение ненужных лишних работ.

Некоторые межхозяйственные каналы, работающие в незаиляющемся режиме, не требуют очистки, во всяком случае ежегодной.

Канал Кегейли, например, очищается лишь в головной части в объеме 128—170 тыс. $м^3$ в год, да и то лишь с 1970 г., тогда как в 1967—1969 гг. эти работы на канале не велись вовсе.

Планирование очистки каналов необходимо производить или определяя объемы заиления для каждой оросительной системы и межхозяйственного канала на основе измерения поперечного сечения в начале или конце вегетации, или исходя из возможной степени заиляемости, зависящей от поступления наносов из реки, расходов и гидравлического режима работы канала.

В последнем случае весьма полезно использовать такой показатель, как вероятную величину поступления наносов в кубических метрах в тысяче кубических метров поданной воды. В качестве примера на рис. 15 показан график для определения такой вероятной величины, представляющий зависимость объема наносов на 1000 $м^3$ воды от процента вероятности, построенную для канала Кызкеткен.

При опредении объемов с помощью такого графика объем поступления наносов на 1000 $м^3$ водозабора следует принимать исходя из 25 % или 50% вероятности. В табл. 28 приведены фактические объемы очистки по Кызкеткенской оросительной системе и расчетные объемы, определенные исходя из вероятности 5%, 25%, 50% и 75%. Как следует из этой таблицы, показатели средних многолетних объемов поступления наносов хорошо соответствуют 50% вероятности, минимально—75% а, макскимально—5%.

Сводный титульный список эксплуатационных мероприятий, с указанием их объемов, стоимости и источников финансирова-

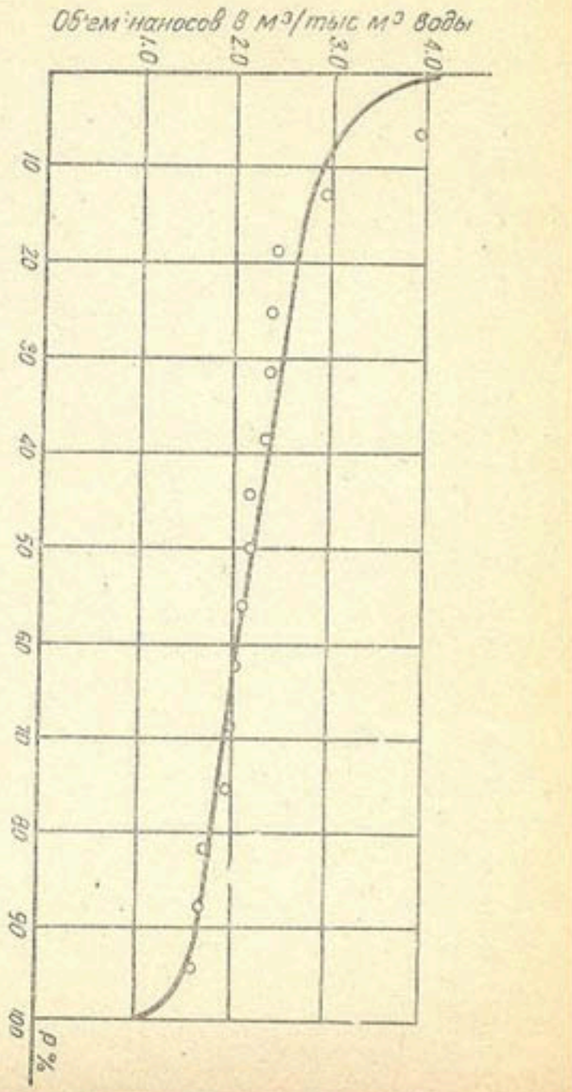


Рис. 15. Характеристика вероятности поступления взвешенных наносов на 1000 м³ водозабора по каналу Кызкеткен, в процентах.

ния, является производственно-финансовым планом системы. Он подписывается начальником райУОС и бухгалтером, а затем утверждается начальником АДУОС. Объемы и стоимости работ включенных в этот план, должны быть обоснованы дефектными ведомостями, изыскательскими материалами и необходимой проектно-сметной документацией. Сметы составляются по утвержденным калькуляциям и сборникам единичных расценок.

К плану прилагаются:

1. Квартальный план производства работ и финансирования.
2. Сметы на работы по видам и по объектам.
3. Единичные расценки и калькуляции.
4. Сметы на административно-хозяйственные и накладные расходы.
5. Ведомость необходимых материалов и оборудования.

При составлении календарного плана производства работ и финансирования учитывают конкретные условия эксплуатации системы. Ремонт и содержание транспорта, гидрометрические наблюдения, ремонт инвентаря, проектно-изыскательские работы, ремонт гражданских сооружений и другие работы планируются к осуществлению равномерно в течении всего года. А противопаводковые работы, ремонт гидросооружений, гидропостов, телефонной сети, мостов и прочие работы, связанные с подготовкой систем к поливам и пропуску паводков, выполняются в первом полугодии.

Организации, входящие в состав АДУОС, периодически отчитываются перед ним, представляя месячные, квартальные и годовые отчеты.

Вся оперативная, квартальная и годовая отчетность состав-

Таблица 26

Фактические и расчетные объемы очистки по Кызкеткенской оросительной системе

	Единица измерения	Фактические ежегодные объемы очистки			Расчетные объемы в изменении, % вероятности			
		максимум	минимум	среднемноголетние	5 %	25 %	50 %	75 %
Объем очистки и поступление наносов на 1000 м³ водозабора								
Поступление взвешенных наносов	м³	3,13	1,8	2,15	3,1	2,5	2,15	1,9
Поступление донных наносов	м³	0,32	0,18	0,21	0,31	0,25	0,22	0,19
Итого	м³	3,35	1,98	2,36	3,41	2,75	2,37	2,09
Очистка магистральных каналов	м³				0,62	0,5	0,44	0,38
Очистка межхозяйственных каналов	м³				0,93	0,76	0,67	0,57
Очистка внутрихозяйственной сети	м³				1,24	1	0,86	0,76
Наносы, выносимые на поля	м³				0,62	0,5	0,43	0,38
Объем очистки								
Объем очистки—всего	тыс. м³	11260	5300	9700				
Основная очистка	тыс. м³	7760	3600	6300	9000	7200	6250	5550
Магистральный канал Кызкеткен	тыс. м³	1723	1111	1240	1560	1260	1100	810
Магистральный канал Каттагар	тыс. м³	1472	370	760	210	165	145	123
Межхозяйственная сеть	тыс. м³	4105	1220	3100	3000	2450	2180	185
Внутрихояйственная сеть	тыс. м³	5476	3131	4600	4050	3000	2800	2460

ляется по формам, утвержденным Центральным Статистическим Управлением при Совете Министров СССР, представляется в установленные сроки. Кроме этого, УОСы и управления каналов представляют специальные отчеты по важнейшим эксплуатационным мероприятиям: о головном водозаборе и подаче воды оросительными системами, о выполнении плана очистки каналов и ремонта сооружений.

Месячная оперативная отчетность по очистке оросительных систем представляется по форме 2-ВХ в разрезе объектов с указанием объемов работ, выполненых механизмами и вручную, отдельно по межхозяйственной и по внутрихозяйственной сети. Кроме того, в период проведения осенно-зимних и весенних очисток и других работ, связанных с подготовкой оросительной сети под урожай будущего года, объемы выполненных работ сообщаются ежедневно.

Отчеты о выполнении планов текущего года и капитального ремонтов представляются раздельно. В отчетах указывается количество отремонтированных сооружений, сметная стоимость выполненных работ и источники финансирования.

Квартальные отчеты о выполнении плана эксплуатационных мероприятий и работ составляются по форме 4-ВХ. В отчетах указываются объемы работ и сметная стоимость по всем видам мероприятий, работ и разделов, предусмотренных в годовом плане.

По окончании отчетного года составляется годовой отчет о выполнении плана эксплуатационных мероприятий и работ, и всей производственной и хозяйственной деятельности управления оросительной системы. Годовой отчет включает в себя также отчетность по выполнению плана водораспределения. Он состоит из общей пояснительной записки и ряда ведомостей и таблиц, составленных по утвержденным формам. Данные о выполненных эксплуатационных мероприятиях и работах, и затратах на них сопоставляются с планом по всем показателям.

При анализе производственно-хозяйственной деятельности управления гидромелиоративных систем устанавливаются удельные показатели эксплуатационных расходов на гектар орошаемой площади.

7. РЕМОНТ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Устранение обнаруженных повреждений составляет на оросительных системах сущность ремонтных работ, проводимых для поддержания в исправном и рабочем состоянии каналов, дамб, сооружений и вспомогательных устройств. К основным видам повреждений относятся: заиление, размывы, обвалы и оползание откосов и дамб, сильная фильтрация, прорывы дамб, зарастание

и засорение каналов, сдувание береговых отложений ветром и т. п.

В состав ремонтных работ входят:

1. Очистка отстойников и каналов от заиления, растительности, оползней и обвалов.

2. Ремонт гидротехнических сооружений, насосных станций, гражданских сооружений, гидрометрических постов, дорог, линий связи и вспомогательных устройств.

3. Ремонтно-регулировочные и защитные работы в реке для поддержания и улучшения водозабора, а также борьбы с паводками, шугой и другими ледовыми явлениями.

4. Работы, связанные с техническим улучшением оросительных систем (улучшение водозабора, армирование систем сооружениями и пр.)

В зависимости от характера и объема работ ремонтные работы разделяются на: а) текущий, б) капитальный и в) аварийный ремонты.

К текущему ремонту относятся выполняемые ежегодно работы по очистке каналов от заиления, растительности и оползней, ремонт дамб, крепление сливных частей сооружений, заделка трещин, каверн, исправления облицовок и усиление отдельных элементов сооружений и каналов.

Разновидностью текущего ремонта является предупредительный (профилактический) ремонт, заключающийся в повседневном систематическом проведении эксплуатационными работниками мероприятий по предупреждению возможных повреждений каналов и сооружений. К этим мероприятиям относятся: ликвидация мелких повреждений дамб, очистка берм, заделка трещин, подтягивание маталлических креплений деревянных конструкций, околка льда у сооружений и т. п. Профилактический ремонт проводится немедленно, по мере установления его необходимости, в порядке надзора и ухода за каналами и сооружениями.

Аварийные ремонты, объемы затрат которых заранее трудно предусмотреть в плане, выполняются с разрешения вышестоящей организации. К аварийным ремонтам относятся работы по восстановлению повреждений каналов, дамб, сооружений или частей их, вызванных прохождением паводков и ледовыми явлениями, а иногда являющихся результатом плохого качества проекта или производства строительных работ.

Капитальный ремонт производится периодически—один раз в несколько лет, по мере необходимости. К нему относятся работы по исправлению крупных повреждений и разрушений участков каналов, дамб, сооружений, а также замена элементов сооружений вследствие износа.

Ремонтные работы выполняются в плановом порядке в соответствии с планом эксплуатационных мероприятий и работ, хозяйственным или подрядным способом. Ремонтно-строитель-

ные работы на каналах и сооружениях межхозяйственного значения осуществляются подрядным способом ПМК или ремонтно-строительными управлениями (РСУ) при АДУОС. Мелкие ремонты с малыми объемами по исправлению повреждений каналов и сооружений выполняются хозяйственным способом ремонтными рабочими управлений оросительных систем.

К капитальному ремонту оросительных систем обычно приступают с осени, после окончания вегетационных поливов с расчетом закончить его весной. Крупные работы могут продолжаться и в поливной период, но при обязательном условии обеспечения нормальной подачи поливной воды хозяйствам-водопользователям.

Все подрядные работы оформляются договорами, к которым прикладываются проектно-сметная документация, технические условия, календарный план производства работ и др.

Представители заказчика и подрядчика перед началом ремонтных работ должны проверить на месте соответствие намеченного планом состава и объема работ с фактической потребностью в них. В случае расхождения объемов более чем на 5% составляется дополнительный акт с указанием необходимых поправок к плану. В заключение всех проверок и уточнений составляется план и схема организации ремонтных работ с подсчетом потребных материалов, механизмов, рабочей силы и оборудования.

Приемку выполненных ремонтных работ проводят по каждому объекту отдельно. При этом обмеряют все произведенные работы и проверяют их качество, а также количество использованных материалов.

Законченные ремонтные работы принимаются комиссией с участием представителей заказчика и подрядчика, которая составляет приемо-сдаточный акт на выполненные работы с указанием состава и объема работ, сметной стоимости и условий работ. К акту прикладываются ведомости подсчетов выполненных работ и исполнительные чертежи. Акт приемки работ является основанием для расчета за работы, выполненные подрядчиком.

По окончании ремонтных работ хозяйственным способом тоже составляются акты приемки работ с приложением к нему ведомостей подсчета выполненных работ, израсходованных материалов, рабочей силы и транспорта. Согласно этих актов оплачиваются наряды на зарплату рабочим и списываются израсходованные материалы.

Включение отремонтированных каналов и сооружений в эксплуатацию допускается только после подписания акта приемки выполненных работ полностью по объекту.

Очистка отстойников и крупных каналов производится плавучими землесосными снарядами в течение года с соблюдением условия максимальной годовой загрузки каждой машины. При

этом должен быть обеспечен бесперебойный пропуск воды по каналу в соответствии с графиком водоподачи.

Очистка межхозяйственных каналов производится в осенний и весенний периоды экскаваторами, причем в осенний период необходимо выполнять возможно максимальный объем работ.

Механизированная очистка выполняется согласно проекта. Для составления проекта производится продольная нивелировка со съемкой поперечников, на основании которых определяется потребный объем работ, обеспечивающий восстановление проектной пропускной способности каналов и устойчивости их профиля. В проекте разрабатывается также организация производства работ, включающая расстановку земснарядов, схемы разработки забоев и транспортировки пульпы, и календарный план производства работ. По окончании очистки производятся инструментальные замеры для приемки выполненных работ. При производстве работ землесосами замеры поперечного профиля производятся ежедневно.

Ремонт гидротехнических сооружений, защитные и выправительные работы, а также ремонт дамб обвалования выполняются в осенне-зимний и весенний периоды. Регулировочные и противопаводковые работы производятся до наступления паводков.

8. ПОВРЕЖДЕНИЯ КАНАЛОВ И СООРУЖЕНИЙ И СПОСОБЫ ИХ ИСПРАВЛЕНИЯ

Повреждение каналов и сооружений происходит, в основном, из-за неправильной их эксплуатации. Прежде всего необходимо выяснить причины повреждений, после чего можно правильно наметить меры по их ликвидации.

Размывы русла, обвал берегов и повреждение откосов происходят вследствие больших скоростей течения, недопустимых для грунтов, слагающих русло каналов. Размывы русла особенно опасны на участках, где каналы проходят в насыпи, или в полунасыпи-полувыемке, так как здесь они могут привести к образованию прорывов. Наибольшие размывы происходят во время пропуска форсированных расходов.

В последние годы для завершения промывных поливов и затопления риса в апреле-мае практикуется пропуск по каналам повышенных расходов для компенсации нехватки воды у Тахиаташского гидроузла в марте-апреле, связанной с забором воды в верховьях Амударьи. Так, например, расход канала Кызкеткен в 1974 году был доведен до 273 $м^3/сек$ вместо проектного максимального расхода 180 $м^3/сек$. Это привело к размыву русла канала, который раньше при нормальных расходах не наблюдался.

При пропуске больших расходов с высокими скоростями течения воды, размыву в основном подвергаются каирные берего-

вые отложения и откосы дамб. Эти размывы можно предотвратить увеличением поперечного сечения канала до размеров, соответствующей неразмывающей скорости (для канала Кызкеткен она равна 0,8—0,9 *м/сек*), а также креплением отдельных участков канала, особенно на поворотах, каменно-хворостяной кладкой. Иногда вместо уширения канала выгоднее произвести усиление дамб. На участках каналов с неустойчивыми грунтами, насыщенными водой, при снижении уровня воды и под действием льда при ледоходе могут иметь место оползни, обвалы и повреждения откосов. При резком снижении уровня воды в канале снижение уровня грунтовых вод в зоне фильтрации из канала запаздывает, что вызывает появление градиента фильтрационного давления, направленного в сторону канала. Действие этого градиента вызывает суффозию и даже оползание грунта откосов. Поэтому наполнение и опорожнение каналов необходимо производить постепенно, не допуская резкого изменения уровня. Оползни откосов наблюдаются чаще всего на участках каналов, проходящих в выемках с неустойчивыми грунтами, насыщенными водой. Ослабить или предотвратить оползание откосов можно удаляя кавальеры и раши на достаточное расстояние от верхней бровки откоса или увеличивая заложение откосов. Завалы канала в результате оползня надо расчищать немедленно.

На новых оросительных системах, проходящих в грунтах с большой пористостью в лессовидных суглинках и просадочных лёссах, наблюдаются просадки каналов, которые могут достигать 2—3 *м* и продолжаться до 4—5 лет. Поэтому эксплуатация каналов в подобных грунтах вызывает большие затруднения, тем более, что в местах просадок часто возникают прорывы воды. Основные меры борьбы в этих случаях—усиленная замочка канала в процессе полива орошаемых земель и непрерывный надзор за подобными местами и систематическое наращивание дамб по мере просадки. Это требует содержания постоянных бригад ремонтных рабочих для замочки каналов и исправления повреждений.

Прорывы дамб оросительных каналов происходят вследствие переливов через их гребень, а также в результате подмывов их, фильтрации воды через тело насыпи и повреждений его землеройными животными.

Переливы воды через дамбы наблюдаются при пропуске повышенных расходов воды по каналам, имеющим недостаточный запас высоты дамбы над уровнем воды в канале. В порядке профилактики надо не допускать переполнения каналов, строго выдерживать установленные нормами запасы высоты дамб над уровнем воды и систематически производить наращивание и усиление профиля дамб.

Прорывы ликвидируют различными способами в зависимости от мощности потока в месте повреждения, его глубины и ширины, скоростей течений воды, характера грунтов и наличия материалов.

В первую очередь предупреждают расширение прорыва. Для этого зону повреждения закрепляют мешками с землей, фашинами (карабурами) или забивают ряды свай с заполнением промежутка между ними хворостом, соломой и другими материалами. Приступая к заделке прорыва, сначала устраивают скобу, т. е. временное ограждение, выдвинутое в сторону нижнего бьефа, которое представляет собой ряд свай, между которыми закладываются вязанки хвороста или соломы, пригружаемые мешками с грунтом. После устройства скобы и остановки течения воды через прорыв, разрушенный участок дамбы тщательно заделывается отсыпкой грунта с послойным трамбованием.

При отсутствии воды в прорыве заделка его существенно облегчается и сводится к восстановлению разрушенной дамбы. Поэтому по возможности следует прежде всего отгородить место прорыва от воды или уменьшить ее поступление к этому месту. При заделке прорывов особое внимание следует уделять смыканию концов перемычки и надежному сопряжению новой дамбы со старой.

9. БОРЬБА С ЗАИЛЕНИЕМ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОТСТОЙНИКОВ

Как уже указывалось, из реки Амударьи в оросительные системы вместе с водой поступает большое количество наносов, часть которых отлагается в каналах и вызывает их заиление.

Осаждение наносов в звеньях оросительной сети происходит неравномерно как по времени, так и по длине, что затрудняет механизированную очистку. Для ослабления заиления весьма эффективным является регулирование поступающего в систему твердого стока путем сосредоточения основных объемов наносных отложений на таких участках, где наиболее удобно производить их удаление механизмами, или, иначе говоря, на головных и внутрисистемных отстойниках.

В отстойнике, располагающемся на головном участке магистрального канала, целесообразно предусматривать осаждение части наносов, содержащей наиболее крупные фракции, которые не могут транспортироваться потоком вниз по течению без интенсивного отложения. Внутрисистемные отстойники, устраиваемые в конце магистрального канала или в начале больших распределителей, служат для дополнительного осветления потока путем осаждения мелких фракций, способных вызвать заиление межхозяйственной и внутрихозяйственной сети. При этом наиболее мелкие частицы, которые могут выноситься на поля, не вызывая заиления мелкой сети, остаются в потоке. В Каракалпакии, при существующей мутности амударьинской воды в головных отстойниках следует осаждать 20—25% количества

наносов, поступающих в систему, а во внутрисистемных отстойниках—дополнительно 50—56%. Мелкая сеть может транспортировать без заиления 1—1,5 *кг/м*³ наносов. Именно такое содержание наносов и следует принимать за расчетную выходящую мутность при проектировании внутрисистемных отстойников, так как при меньшем их содержании в оросительной воде происходит интенсивное зарастание каналов водной растительностью. Отстойники представляют собой расширенные и углубленные участки каналов. На оросительных системах Каракалпакской АССР длина головных отстойников колеблется от 800 до 3000 *м*, а внутрисистемных—от 400 до 1500 *м*, в зависимости от величины каналов и, прежде всего, от пропускаемого расхода воды. Борьба с заилением ведется также путем уменьшения завлекания речных наносов в магистральные каналы. Этого можно достигнуть:

— не допуская излишнего водозабора из реки в оросительную сеть, особенно в период весенних и летних паводков;

— собирая речную воду из верхних слоев переливом через шандоры, полки и пороги;

— использованием поперечной циркуляции, возникающей на криволинейных участках речного русла.

В начале 50-х годов применялся метод искусственной поперечной циркуляции, возбуждаемой на подходе потока к головному регулятору специальной системой струенаправляющих щитов, но из-за сложности эксплуатации таких систем от них пришлось отказаться.

Однако в условиях Каракалпакии осаждение наносов в отстойниках является основным мероприятием по борьбе с заилением оросительных систем. При эксплуатации отстойников должна поддерживаться их нормальная работа, которая означает обеспечение непрерывного поступления воды в оросительные каналы согласно плану водопользования и осаждение части крупных фракций наносов.

Основным эксплуатационным мероприятием в отстойниках является систематическая очистка их от наносных отложений плавучими земснарядами (землесосами).

Для улучшения работы отстойников с механической очисткой рекомендуется:

1. Очистку отстойника производить в зависимости от поступления наносов и объема возможного заиления, поддерживая в нем такие гидравлические элементы, как скорость и глубина потока, которые обеспечивают выпуск в защищаемый канал наносов в количестве, не превышающем его транспортирующую способность.

2. Регулировать процесс осветления, определяя расчетом возможные декадные объемы отложений в зависимости от прогноза поступления наносов и исходя из этих объемов устанав-

ливать режим работы земснарядов и расстановку их в отстойнике.

Мутность воды, поступающей в отстойник, определяется по данным соответствующей гидрометрической станции. Гидравлические элементы отстойника устанавливаются промерами с поправками на ожидаемый горизонт воды в отстойнике в зависимости от места его расположения и условий работы. Степень осветления и объем заиления определяются расчетом режима работы отстойника согласно методики, разработанной САНИИРИ [22].

В период максимальной мутности речной воды производительность землесосов может быть недостаточна для полного удаления образующихся наносных отложений. Поэтому отстойник должен иметь резервный объем, который следует подготавливать заранее усиленной очисткой в период малой мутности, предшествующей ожидаемому резкому её увеличению.

Как показывает опыт эксплуатации отстойников в Каракалпакии, относительно длинные и узкие отстойники по условиям регулирования наносов удобнее, чем широкие. При этом установлено, что увеличение длины отстойника сверх расчетной мало влияет на степень осветления потока. Из этого следует, что удлинять отстойник, создавая резерв, надо в прямой зависимости от уровня максимальной мутности.

При прогнозных ожиданиях резкого увеличения мутности речной воды необходимо также принимать меры по улучшению организации механизированной очистки. Так, для поддержания гидравлических элементов отстойника, обеспечивающих достаточную близость фактической выходящей мутности к расчетной, режим работы земснарядов должен соответствовать режиму поступления наносов в отстойник, т. е. интенсивность очистки должна увеличиваться с увеличением поступления наносов, и наоборот, ослабляться при их уменьшении. Однако строгого согласования режима работы земснарядов с режимом поступления наносов и их отложением в отстойнике при равномерной работе земснарядов достигнуть трудно. Поэтому необходимо установить режим работы земснарядов, исходя из наиболее рационального распределения объемов заиления по времени.

Годовой объем очистки отстойника определяется из данных мутности среднемноголетнего года, плановой водоподачи системы и установленной выходной мутности, обеспечивающей минимально возможное заиление каналов, защищаемых отстойником. Распределение объемов заиления внутри года устанавливается расчетом в зависимости от гидравлического режима отстойника и поступающих наносов.

Потребное количество механизмов принимается в зависимости от производительности и годового объема заиления. Ежегодно до начала работ составляются их плановые объемы по очистке отстойника для каждого механизма и всего парка земснарядов.

Таблица 27

Расчет объемов поступающих наносов, заиления и очистки на примере отстойника Пахтаарна

№ пп	Месяц	Скорость потока v м/сек	Глубина потока $H_{ср}$, м	Осветление потока, %	Мутность потока, ρ кг/м³	Поступление наносов, тыс. м³			Осело в отстойнике наносов, тыс. м³			План распределения объемов очистки тыс. м³	Количество землесосов шт.
						взвешенные	донные	всего	взвешенные	донные	всего		
1.	Март	0,57	2,5	—	0,75	71	7,1	78,1	—	7,1	7,1	—	
2.	Апрель	0,38	3,0	38	1,99	146	14,6	160,6	55,5	14,6	70,1	110	
3.	Май	0,38	3,1	20	4,8	380	38,0	418,0	76,0	38,0	114,0	110	
4.	Июнь	0,5	3,6	21	2,77	282	33,2	315,0	70,0	33,2	103,2	110	
5.	Июль	0,5	3,7	18	4,28	550	55,0	605,0	99,0	55,0	154,0	110	
6.	Август	0,47	3,5	23	3,9	440	44,0	484,9	101,0	44,0	145,0	110	
7.	Сентябрь	0,42	2,6	20	2,66	182	18,2	200,2	36,0]	18,2	54,2	100	6
						2101	210,1	2311	437,5	210,1	647,6	650	

Количество земснарядов определено из расчета месячной выработки землесоса 8-НЗ (18 тыс. м³)

В табл. 29 приведен пример расчета поступления наносов и объем заиления головного отстойника оросительной системы Пахтаарна, с распределением объемов очистки по времени.

Резкое колебание по времени мутности воды, поступающей в отстойник, очень затрудняет регулирование процесса осветления потока. Поэтому в практике эксплуатации головных отстойников оросительных систем Каракалпакии допускаются как переосветление, так и недоосветление потока до 20—30%, способные вызывать соответственно или размыв, или заиление каналов в отдельные периоды. При этом ставится условие, чтобы объемы размыва и заиления были бы примерно равные между собою, а среднегодовое осветление потока было бы достаточно близко к расчетному.

Для улучшения эксплуатации отстойников на всех оросительных системах низовьев Амударьи необходимо организовать контроль за режимом мутности, а работающие в отстойниках землесосы надо оборудовать самописцами времени работы помпы и пульпомерами, что облегчит и уточнит учет их выработки. Для отвода пульпы, выбрасываемой земснарядами, целесообразно применять пульпоотводящие открытые лотки.

При правильной эксплуатации отстойники, не допуская заиления оросительной сети, обеспечивают сохранение её пропускной способности в течение всей вегетации.

Определение объемов заиления и степени осветления потока в отстойниках при эксплуатации

При эксплуатации отстойников с механической очисткой часто приходится определять степень осветления потока и объемы заиления в зависимости от прогноза поступления в них наносов. Для этого можно пользоваться фракционным методом, разработанным на основе обобщения опытных данных и теоретических изысканий.

При расчете осаждения наносов удобно их разделять на три фракции с гидравлическими крупностями и пределах: 1) 32 — 2 *мм/сек*, 2) 2 — 0,02 *мм/сек* и 3) менее 0,02 *мм/сек*. Содержание каждой фракции определяется по формуле:

$$\rho'_к = \rho_к e^{-к} \quad \text{где } к = \frac{l u_в}{v h_{ср}}$$

$\rho_к'$ — содержание рассматриваемой фракции,
$u_в$ — средняя гидравлическая крупность фракции, т. е. скорость выпадения наносов в *м/сек*
v — скорость потока в *м/сек*
$h_{ср}$ — средняя глубина потока в метрах,
l — длина пути осаждения в метрах.

Средняя гидравлическая крупность фракции в расчетном интервале определяется по формуле А. Н. Гостунского [15]:

$$\grave{u}_к = \frac{3u_n + u_{n+1}}{4}$$

где u_n — наименьшая, u_{n+1} — наибольшая гидравлические крупности фракции.

Мутность фракции наносов с гидравлической крупностью 32—2 *мм/сек* после осветления определяется по формуле:

$$\rho'_{32-2} = \rho_{32-2} \cdot e^{-к}$$

а фракции 2 — 0,02 *мм/сек* — формуле $\rho'_{2-0,02} = \rho_{2-0,02} \cdot e^{-к_2}$. Значения $e^{-к_1}$ и $e^{-к_2}$ определяются по графикам $e^{-к} = f\left(\frac{ul_к}{vh_{ср}}\right)$ построения на основе опытных данных (рис. 16 и 17).

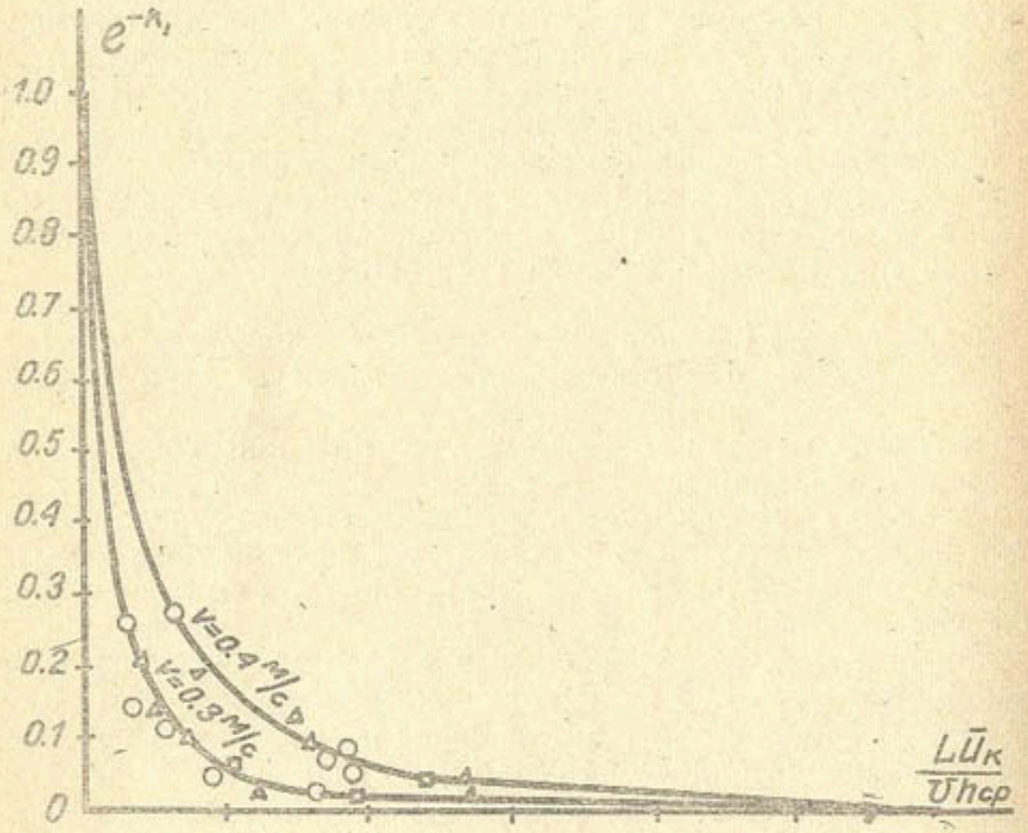


Рис. 16. Зависимость $e^{к_1} = f\left(\frac{l\hat{u}_з}{vh_{ср}}\right)$ для фракции наносов (2—32) *мм/сек*.

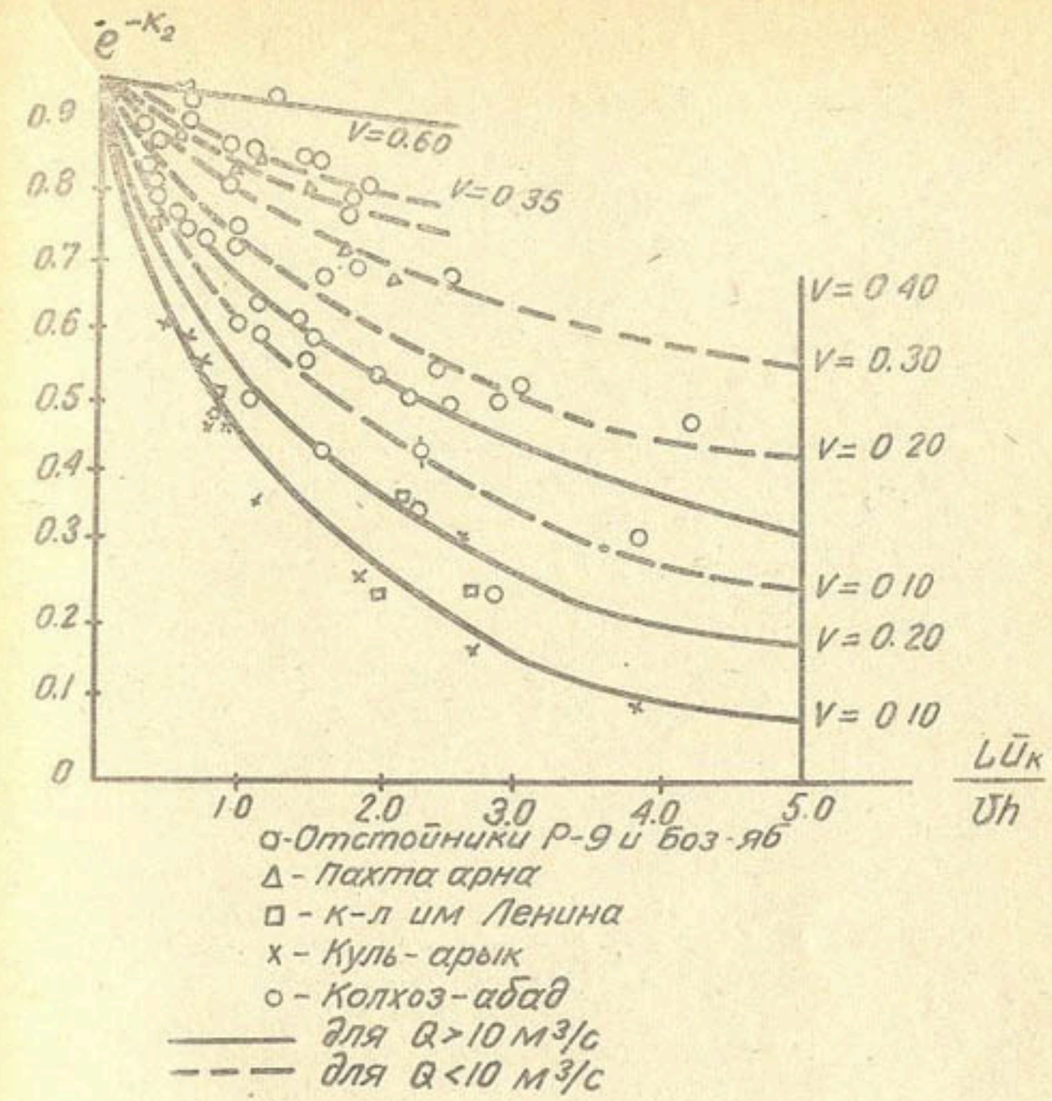


Рис. 17. Зависимость $e^{-к_2} = \psi\left(\frac{l\hat{u}_к}{vh_{ср}}\right)$ для фракции наносов (2—0.02) *мм/сек*.

Полная мутность потока после осветления в расчетных створах по участкам отстойника определяется как сумма:

$$\rho'_x = \rho'_{32-2} + \rho'_{2-0.02} + \rho_{<0,02}$$

где $\rho_{<0,02}$ — мутность фракции наносов менее 0,02 *мм/сек*, которая при осаждении наносов до 60—70% от общей мутности обычно остается неизменной и принимается равной мутности этих фракций на входе в отстойник.

Степень осветления потока определяется по формуле:

$$W = 1 - \frac{\rho'_x}{\rho_0},$$

где ρ_0—входящая мутность потока во входном створе отстойника в *кг/м³*.

А объем заиления за время t в сутках определяется по формуле:

$$U_з = \frac{86{,}4tQ}{\gamma_н}(\rho_0 - \rho'_x),$$

$\gamma_н$—объемный вес наносов, принимаемый обычно равным 1,25 *т/м³*,

Q—расход воды в отстойнике в *м³/сек*.

Наиболее интенсивное осаждение наносов происходит в начальной части отстойника, вследствие чего в процессе его работы глубина и скорость течения изменяются по длине. Поэтому график $e^{\kappa} = f\left(\frac{1\hat{u}_к}{vh_{ср}}\right)$ построен для различных значений $\frac{v}{h_{ср}}$ или v.

При расчете осаждения наносов, когда глубина и скорость потока резко изменяются по длине отстойника, $e^{-\kappa}$ определяется по графику в зависимости от $\frac{v}{h_{ср}}$; в случае же, когда скорость v—практически постоянная,—то по кривым v. Расчет ведется по средним скоростям и глубинам, принимая осредненные величины на вышележащих расчетных створах.

Данные исследований показывают, что осаждение наносов в малых отстойниках с расходом $Q < 10$ *м³/сек* отличается от осаждения в больших, вследствие чего осветление при одинаковых скоростях потока может происходить по-разному. Поэтому для расчета осаждения наносов целесообразно разделить отстойники на две группы: с расходом воды $Q < 10$ *м³/сек* и с расходом $Q > 10$ *м³/сек*.

При расчете режима работы отстойника поступающая в него мутность определяется по прогнозным данным УГМС, а распределение ее по фракциям — нарастающим итогом с помощью графика $\rho_i = f(\rho_0)$ (рис. 18) без фракционного анализа наносов в лаборатории. Гидравлические элементы устанавливаются промерами поперечного сечения с учетом ожидаемого расхода воды в отстойнике.

Пример расчета: во второй декаде июня ожидается поступление в отстойник мутности $\rho = 3{,}7$ *кг/м³*. Гидравлические элементы отстойника согласно промерам поперечных сечений с учетом пропуска потребного расхода воды $Q = 58{,}7$ *м³/сек* составляют: средняя глубина $h_{ср} = 2{,}35$, средняя скорость $v = 0{,}54$ *м/сек*. Требуется определить возможный объем заиления при длине отстойника, равном 1500 *м*.

1. По графику (рис. 18) определяем:

$$\rho_{2-0{,}02} = 3{,}07,\ \rho_{32-2} = 0{,}32,\ \rho_{<0{,}02} = 0{,}28\ кг/м^3$$

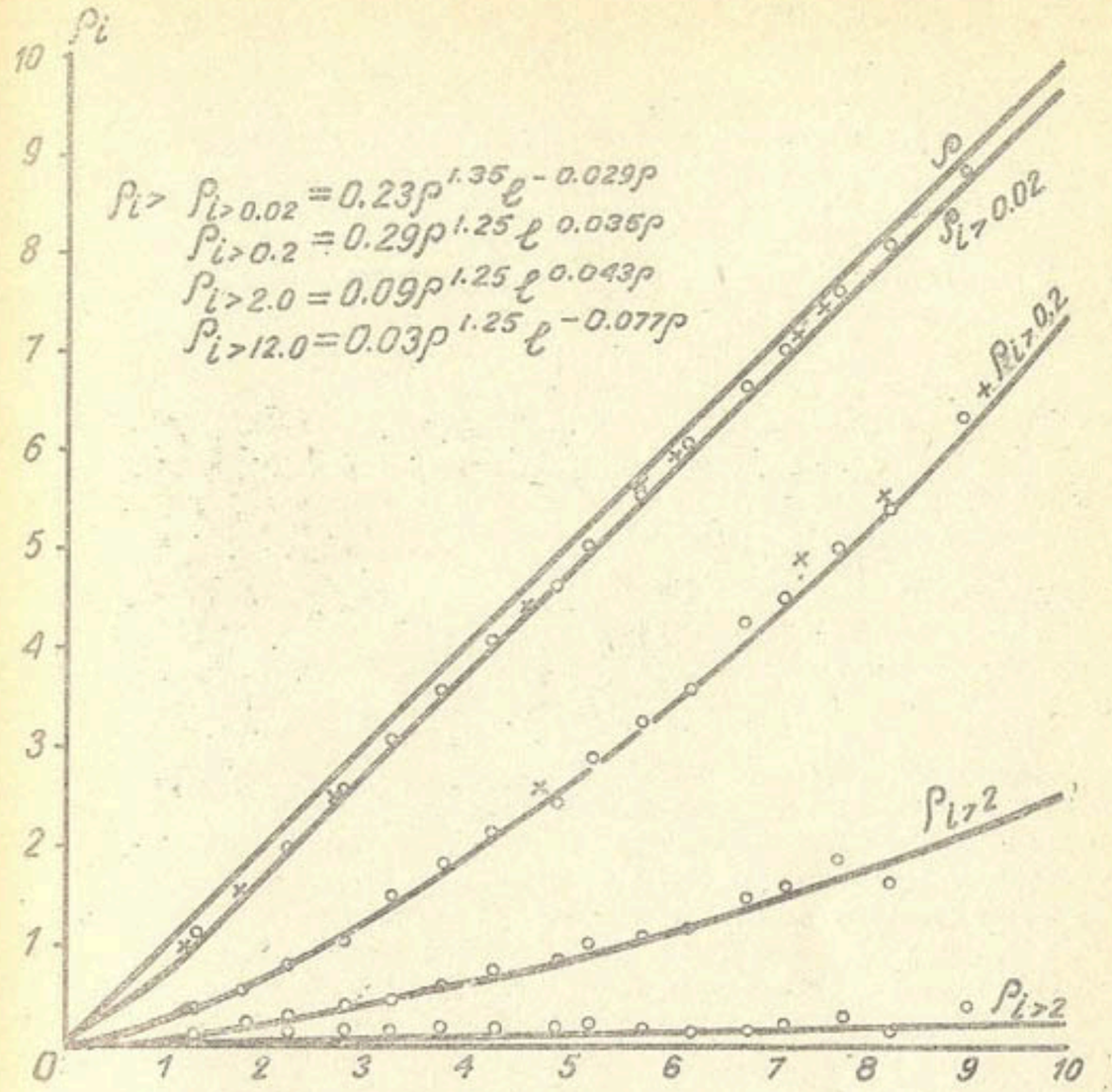


Рис. 18. Зависимость содержания отдельных фракций от общего количества взвешенных наносов.

2. $$\frac{1\hat{u}_к}{vh_{ср}} = \frac{1500 \cdot 0{,}515}{0{,}54 \cdot 2{,}35} = 0{,}6,$$

где $\hat{u}_к$—средняя гидравлическая крупность в расчетном интервале 2—0,02 и 32—2 *мм/сек*, определяемая по формуле $\hat{u}_к = \frac{3\hat{u}_п + \hat{u}_{п+1}}{4}$.

3. По графику (рис. 16 и 17) определяем $e^{-\kappa_1} = 0{,}2$ и $e^{-\kappa_2} = 0{,}95$.

4. Мутности в разрезе фракций наносов после осветления будут равны:

$$\rho^1_{32-2}=\rho_{32-2}\cdot e^{-\kappa_3}=0{,}32\cdot 0{,}2=0{,}064\ кг/м^3.$$

$$\rho^1_{2-0{,}02}=\rho_{2-0{,}02}\cdot e^{-\kappa_2}=3{,}07\cdot 0{,}95=2{,}92\ кг/м^3.$$

5. После осветления полная мутность составит:

$$\rho^1_x=\rho^1_{32-2}+\rho^1_{2-0{,}02}+\rho^1_{<0{,}02}=0{,}064+2{,}92+0{,}28=3{,}26\ кг/м^3.$$

Следовательно, общее осветление потока будет:

$$P=\left(1-\frac{\rho^1_x}{\rho_0}\right)\cdot 100=\left(1-\frac{3{,}26}{3{,}7}\right)\cdot 100=12\%.$$

Объем ожидаемого заиления за вторую декаду будет:

$$V_з=\frac{86{,}41Q}{\gamma_н}(\rho_0-\rho_x^1)=\frac{86{,}4\cdot 10\cdot 58{,}7}{1{,}25}\cdot(3{,}7-3{,}26)=13700\ м^3.$$

10. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ГИДРОМЕТРИИ

Плановый по срокам и нормам забор воды из источника питания, распределение ее по оросительной сети, выделение хозяйствам и распределение ими полученной воды по поливным участкам возможны только при правильно организованной службе учета воды и при использовании соответствующих рациональных технических средств.

Подобный учет и составляет сущность эксплуатационной гидрометрии, основные задачи которой заключаются в том, чтобы установить водные запасы системы по источникам питания с определением их многолетнего режима и обеспечить систему гидрометрическими данными: для учета и регулирования воды в любой точке водозабора, водораспределения и выделения ее в плановом количестве водопользователем для хозяйственных и технических нужд; для контроля над использованием оросительной воды; для правильной технической эксплуатации оросительных каналов и сооружений.

Выполнение этих основных задач эксплуатационной гидрометрии обеспечивается организацией соответствующих работ, позволяющих получить полные количественные данные о движении и балансе воды в системе.

Учет воды на оросительных системах осуществляется с помощью сети гидрометрических постов, которые разделяются на:

— опорные, располагающиеся на источниках орошения и предназначающиеся для определения и учета их водных ресурсов;

— головные — в началах всех магистральных каналов систе-

мы, забирающих воду из источника орошения,—для учета забора воды в оросительную систему;

— распределительные, размещающиеся в местах водозаборов ветвей магистральных каналов—для учета распределения воды по каналам системы и в пунктах выделения воды хозяйствам—для учета поданной им воды;

— сбросные — на сбросных каналах и коллекторах — для учета сбросных и возвратных вод;

— балансовые и контрольные — на источниках орошения и каналах системы — для определения баланса водных ресурсов и фактических потерь в оросительной сети;

— специальные — для выполнения исследовательских и изыскательских работ.

Основными приборами и устройствами, которыми оборудованы гидрометрические посты, являются расходографы, расходомеры, стокомеры, лимниграфы, водосливы и др.

Применение того или иного вида гидрометрических постов определяется республиканскими (областными, краевыми) органами водного хозяйства. Точность учета расходов воды гидрометрическими устройствами и постами должна составлять в среднем ±5—6%

Гидрометрические посты оросительной системы от ее начала до мест выделения воды хозяйствам-водопользователям включительно находятся в ведении управлений оросительных систем и обслуживаются их эксплуатационным штатом, а на внутрихозяйственной оросительной сети обслуживаются непосредственно самими хозяйствами-водопользователями.

На управления оросительных систем возлагается оказание технической помощи хозяйствам-водопользователям и инструктирование их в деле строительства внутрихозяйственных гидрометрических постов, организации наблюдений на них и подготовка кадров для их обслуживания.

Порядок, сроки и способы производства наблюдений на гидрометрических постах и обработки данных учета воды устанавливаются особыми инструкциями, утвержденными республиканскими органами водного хозяйства.

Работы по эксплуатационной гидрометрии включают в себя: подготовительные меры: проектирование схемы сети гидрометрических постов, их строительство, оборудование приборами и тарировку; текущие работы: наблюдения и измерения для определения расходов воды, контроль за техническим состоянием оборудования и его текущий ремонт; обработку материалов и полевых записей наблюдений и измерений для получения расчетных гидрометрических данных.

В эксплуатационной гидрометрии применяют три основных метода учета воды:

1. Русловой метод, основанный на определении расходов и стока воды путем наблюдений за уровнями воды в контрольном

створе, для которого предварительными замерами скоростей и поперечного сечения потока установлена зависимость:

$$Q=f(н).$$

2. Гидравлический метод, который заключается в установлении постоянной зависимости между расходами воды и основными элементами потока и сооружений, определяющими величину расхода.

3. Метод специальных водомерных сооружений или автоматических устройств, устанавливаемых в руслах каналов, и обеспечивающих оперативное и достаточно точное измерение расхода воды.

Водомерные сооружения по конструкции и характеру использования делятся на три основные группы:

1. Определяющие и фиксирующие только проходящие через них расходы воды. К ним относятся:

— мерные водосливы, которые применяются на каналах с расходами 1—2 *м³/сек* и работают в затопленном состоянии. Они устанавливаются на прямолинейных участках канала;

— водомерные лотки, принцип действия которых состоит в образовании перепада уровней свободной поверхности потока за счет сужения поперечного сечения; применяются на каналах с расходом до 7 *м³/сек*. Количество воды, проходящей в секунду через водомерный лоток, является лишь функцией напора во входном сечении. Размещают водомерные лотки на прямолинейном участке канала;

— водомерный порог САНИИРИ. Применяется для учета воды на крупных каналах с расходами от 2 до 50 *м³/сек* преимущественно с переменным режимом работы;

— конические сходящиеся насадки применяются на мелкой оросительной сети с расходом до 0,5 *м³/сек*, позволяют определять расход воды по выходному сечению и напору перед насадкой при свободном истечении, и по разности уровней воды верхнего и нижнего бьефа—при затопленном истечении.

2. Водомеры, применяемые для измерения и регулирования расходов на неподлежащих тарировке сооружениях. Таковыми являются:

— трубчатые водомеры с сужающими устройствами для учета воды на водовыпускных сооружениях с расходами 1,1—2,2 *м³/сек*;

— водомерные приставки (короткая труба круглого или прямоугольного сечения) для замера расходов от 0,5 до 10 *м³/сек*;

— забральная стенка с тонким ребром у отверстия; устанавливается перед затвором сооружения; позволяет измерять расходы без ограничения;

— щитовые открытые сооружения (водовыпуски, перегораживающие сооружения, водосбросы и т. д.); могут работать при свободном и при подтопленном истечении в нижний бьеф и допускают измерение расходов до 2 *м³/сек*;

— сооружения с индукционными расходами.

В различных водомерных приспособлениях и приборах подсчет расхода воды производится по-разному.

Начнем изложение этого вопроса с мерных водосливов, которые делятся на трапециедальные, треугольные и пропорциональные.

Расход воды через трапециедальный водослив с наклоном боковых ребер 1:4 (Чиполетти) или 1:1 (А. И. Иванова) при свободном истечении определяется следующей формулой:

$Q=mBH^{3/2}$ *м³/сек*, где m—коэффициент расхода;
B—длина порога *м*;
H—напор воды над порогом, *м*.

Для водослива Чиполетти $m=1{,}86$, а для водослива А. И. Иванова $m=1{,}86\cdot\frac{B+H}{B+0{,}25H}$.

Расход воды через водослив при затопленном истечении, определяется формулой: $Q_{зат}=Q-q$, где Q—подсчитывают по формуле расхода свободного истечения. q—расход воды при затопленном истечении водослива, равна 1,55в.

Для водослива Чиполетти $q=0{,}725\ h^{1{,}55в}$ а для водослива А. И. Иванова $q=0{,}67\ h^{1{,}855в}$, где: h—превышение горизонта воды нижнего бьефа над порогом водослива.

Для трапециедальных водосливов при затопленном истечении применима следующая общая формула расхода воды:

$$Q_{зат}=\sigma_{зат}mBh^{3/2},$$

где $\sigma_{зат}$—коэффициент затопления, зависящий от степени затопления с пределом до $0{,}08\cdot H$; Определение треугольными водосливами расхода воды при свободном истечении производится формулой $Q=m\,H^{3/2}$, где $m=1{,}4$, H—напор в *м*.

Пропорциональный водослив обеспечивает в определенных пределах линейную зависимость расхода от напора воды над порогом. Расход воды при этом определяется формулой: $Q=KH$, где K—экспериментальный коэффициент, H—напор в *см*, Q—расход в *л/сек*.

Водослив работает устойчиво при изменении напора в пределах (0,1—0,4)в. Точность измерения расходов воды водосливами колеблется в пределах от 1 до 3%.

Перейдем теперь к методу расчетов при применении водомерного порога САНИИРИ.

В этом случае расход воды определяется по формуле::

при $\frac{H_п}{H_в}<0{,}8$ $\quad Q=m_0m_1\sqrt{2gH_в{}^3}$

где $H_п$—глубина нижнего бьефа;

$H_в$—глубина верхнего бьефа;
g—ускорение силы тяжести;
$m_o = 0{,}37 + 0{,}04\frac{Hв}{P}$
$m_1 = в + mHв$;
m — коэффициент заложения откоса;
в — длина порога, *м*;
P— высота порога, *м*.

Погрешность измерения расхода воды водомерным порогом не превышает 6%.

Это приспособление представляет собой короткую трубу круглого и прямоугольного сечения или забральную стенку с тонким ребром отверстия, устанавливаемую перед затвором сооружения. Расход воды определяется этим приспособлением по формуле:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gZ_{пр}},$$

где: μ—коэффициент расхода приставки;
ω - площадь сечения приставки;
Z—перепад давлений на входе приставки, т. е. на участке между верхним бьефом и водомерным сечением.

3. Водомерная приставка, при применении которой методика расчета также имеет свои особенности.

Коэффициент расхода μ зависит от расстояния, на которое удалено водомерное сечение от входа приставки, формы входа и конструкции приставки. Для конкретной приставки μ—величина определенная и постоянная.

Различают приставки четырех типов: с наклонным входом, углом менее 90°, с прямым входом; углом, равным 90°, и прямо-угольного сечения, раструбом в плане, углом, равным 90°, и раструбом—в 18° и, наконец, в виде забральной стенки с тонким ребром у отверстия.

Первые два типа являются основными и измеряют расходы воды от пятидесяти до нескольких десятков кубометров в секунду. Их рекомендуют обычно использовать также и при переоборудовании регулирующих сооружений в водомерные. Третий тип используется только при переоборудовании водовыпусков, имеющих оголовки в виде ныряющих стенок, раструбом в плане. Четвертый тип устанавливают на многопролетных гидротехнических сооружениях. Для нормальной работы водомерных приставок необходимо, чтобы уровень воды в верхнем бьефе сооружения находился выше потолка приставки не менее чем на 0,3а или 0,5а, где а—высота зева затвора.

И, наконец, о методе определения расхода воды с применением щитовых открытых сооружений. Однопролетные и многопролетные гидротехнические сооружения со щитовыми затворами могут работать как при свободном, так и при подтопленном

истечении в нижний бьеф. При свободном истечении расход воды определяется по формуле: $Q = \mu.\varepsilon ab\sqrt{2g(H_o - \varepsilon a)}$, а при подтопленном—по формуле; $Q = \mu.\varepsilon.ав\sqrt{2g(H_o - h_z)}$.

где: μ—коэффициент скорости, для сооружений без порога он равен 0,95—0,97, а для сооружений с широким порогом—0,85—0,95;
а—высота зева затвора, *м*.
в—ширина отверстия, *м*.
ε—коэффициент вертикального сжатия,
$H_o = H + \frac{\alpha v^2}{2g}$—скоростной напор над порогом сооружения;
h_z—глубина за щитами.

Величина коэффициента вертикального сжатия ε зависит только от относительного открытия щита $\frac{a}{H}$.

Расход воды, протекающей через открытое щитовое сооружение как при свободном, так при подтопленном истечении, может быть определен по формуле: $Q = c\mu a\sqrt{н - h_p}$ где h_p—глубина воды за щитом на расстоянии $l = 1{,}4\ a_{ср}$ от оси затвора;
μ—коэффициент расхода.

$\mu = 1 - 0{,}8$ при $\sqrt{\frac{H - h_p}{h_p}} < 0{,}5$

$\mu = 0{,}6$ при $\sqrt{\frac{H - h_p}{h_p}} > 0{,}5$.

Подсчитав выражения μ в основную формулу, получим:

при $\sqrt{\frac{H - h_p}{h_p}} \geqslant 0{,}5$ $Q = 0{,}6\ ca\sqrt{H - h_p}$,

при $\sqrt{\frac{H - h_r}{h_p}} < 0{,}5$ $Q = (1 - 0{,}8\sqrt{\frac{H - h_p}{h_p}})\ ca\sqrt{H - h_p} >$

Расход воды через щитовое сооружение определяется путем замера напора над порогом сооружения H, глубины h_p за щитом на расстоянии $l = 1{,}4\ a_{ср}$. и открытия затвора а.

II. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Начиная с шестидесятых годов в верховьях Амударьи стало забираться больше воды на орошение и это привело к сильному систематическому понижению уровня реки в её дельте.

До строительства Тахиаташского гидроузла отсутствие на реке регулирующей плотины не позволяло компенсировать это снижение. Все это привело к резкому падению обеспеченности головного водозабора магистральных каналов в период весен-

них промывных поливов и даже в некоторые декады вегетационного периода.

Потребовалась механическая подкачка воды из реки в каналы. Было приобретено большое количество плавучих насосных установок, началось строительство ряда стационарных насосных станций.

В 1961 году из Чехословакии были приобретены пять плавучих насосных установок типа ПНС—7,5, производительностью 7,5 *м³/сек*, а также несколько насосных установок типа НАП—1,1, производительностью 1,4 *м³/сек* отечественного производства.

В 1963 году при АДУОС было организовано управление машинного орошения, в распоряжении которого в начале 1975 года было 13 насосов ПНС—7,5 и 165 установок НАП—1,1, а также Бекябская, построенная в 1965 г., Каттагарская, построенная в 1972 г. и Найманская станция с расходом 30 *м³/сек*. Общая производительность всего парка насосных станций превышала 350 *м³/сек*.

Из-за сильной разбросанности на расстоянии в 300 *км*, нехватки сезонных рабочих и трудности обслуживания, плавучие насосные установки используются только на 40—60%, тогда как стационарные насосные станции имеют значительно более высокий коэффициент использования, равный 90—95%..

Плавучие насосные установки в период с марта по апрель используются в основном для подпитывания оросительных систем южной зоны, поскольку магистральный канал Пахтаарна и другие, мелкие, не могут обеспечить плановую водоподачу ввиду очень низких уровней в реке. Начиная с мая месяца эти установки переключаются на водоподачу в оросительные каналы рисовых совхозов северной зоны Каракалпакской АССР. Большим их преимуществом является то, что они весьма маневренны и могут быть быстро перемещены на новое место работы.

Бекябская стационарная насосная станция подпитывает Ленинскую оросительную систему, Каттагарская—Кызкеткенскую и Найманская—Пахтаарнинскую. Станции работают с марта по сентябрь месяцы с расходом, изменяющимся согласно плана водоподачи с корректировкой на потребность в воде. Для ремонта насосных станций используется осенне-зимний период с сентября по март месяцы.

12. ПЕРЕКРЫТИЕ АМУДАРЬИ ЗЕМЛЯНОЙ ПЕРЕМЫЧКОЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ВОДОЗАБОРА ДО СТРОИТЕЛЬСТВА ТАХИАТАШСКОГО ГИДРОУЗЛА

В противовес увеличению водопотребления сток реки сокращается за счет происшедших некоторых естественных изменений гидрологического режима—средние расходы её в период 1961—1968 гг. по гидропосту Чатлы не превышали 1300 *м³/сек*,

а максимальный—3000 *м³/сек*, против средних 1500—1700 и максимальных 5000—6500 *м³/сек* в пятидесятые годы.

Расходы реки в критический период марта, первой и второй декадах апреля резко сократились и в период 1960—1965 гг. составляли 280—196 *м³/сек*, при горизонтах в реке в 100—67 *см*.

В период 1965—1972 гг. за исключением 1969 многоводного года, расходы в критические периоды сокращались ещё более, а в отдельные декады и месяцы поступление воды по руслу реки к Тахиаташскому водозаборному узлу снижалось до нуля. Ниже узла—до Аральского моря—русло оставалось сухим.

Оптимальные сроки весенних промывных и предпосевных поливов сельскохозяйственных культур для климатических условий Каракалпакской АССР на основе опытных данных и практики передовых хозяйств установлены с 1 марта по 20 апреля. Эти сроки совпадают с критическим периодом расходов в источнике орошения—реке Амударье.

Потребность воды на промывные предпосевные поливы для северной зоны, расположенной ниже Тахиаташского водозаборного узла, определяется равной 180—200 *м³/сек*, в том числе водозабор канала Кызкеткен—120—130 *м³/сек* и канала имени Ленина—60—70 *м³/сек*.

Приведенные выше фактические критические горизонты и расходы в реке позволяли самотеком забирать из реки следующее количество воды. В канал Кызкеткен в марте месяце—в среднем 56,8 *м³/сек*, в первой и второй декадах апреля—43,6 *м³/сек*. Водозабор составлял 38% потребного на поливы и 20% от расхода в реке. В канал имени Ленина в марте месяце—в среднем 15,5 *м³/сек*, в первой и второй декадах апреля—10,8 *м³/сек*. Суммарный водозабор этих двух каналов составлял в марте—72,3 *м³/сек* или 25% от расхода в реке, в первой и второй декадах—54,5 *м³/сек* или 20% от расхода в реке.

Таким образом, с начала 60-х годов на промывные поливы земель в северной зоне систематически не хватает воды. А проведение промывок осенью осложняется из-за продолжения уборки хлопка вплоть до наступления морозов и неготовности в связи с этим земель к промывным поливам.

Все работы по подготовке к поливам и проведению их переместились на короткий весенний период. В результате всего этого промывка засоленных земель затягивалась до июня, а следовательно, сильно затягивались и сроки сева хлопка, что в свою очередь весьма отрицательно сказывалось на урожайности культур.

Для решения этого вопроса были построены стационарные насосные станции: в 1963 году—в начале канала имени Ленина, мощностью 54 *м³/сек* и в 1964 году—Каттагарская, мощностью 60 *м³/сек*, для подпитывания оросительной системы канала Кызкеткен.

Однако, даже в первые годы эксплуатации эти насосные

станции не могли работать на полную мощность, так как подводящие русла к ним непрерывно зарастали наносами и требовали круглогодовой расчистки. Положение усугублялось низким уровнем воды в реке и довольно большой шириной её потока, равной порядка 700 *м*. Поэтому в последующие годы стационарные насосные станции не играли решающей роли в увеличении водозабора в критические периоды.

Положение с водообеспеченностью в весенние периоды из года в год становилось всё более напряженным. Забирать воду в необходимых количествах из реки у Тахиаташского узла головных сооружений каналов уже не представлялось возможным.

Решающим путем увеличения водозабора в этом случае могло быть лишь возведение водоподъемных плотин. К этому времени уже был готов проект Тахиаташского гидроузла, строительство которого ведется в настоящее время. Но вопрос увеличения водозабора не терпел отлагательств, его нужно было решать оперативно.

В 1966 году на основе прикидок и сравнений разных вариантов возможностей полного использования вод реки на поливы и окончания промывных поливов в установленные сроки, нами было предложено перекрытие её у Тахиаташа, ниже водозабора каналов имени Ленина и Кызкеткен временной глухой земляной перемычкой.

В период весеннего маловодья перемычка должна была действовать как подпорная плотина, а с прибытием большой воды—смываться рекой. Подобная перемычка впервые была возведена в 1967 году. Подготовка к её строительству была начата с осени предыдущего года. Проект перемычки разрабатывался тщательно, с достаточной полнотой и детализацией. Но главными в нем были расчеты организации и производства работ, которыми устанавливались не только объемы, сроки, потребность материалов и механизмов, но и время минимальных расходов в реке. Последнее расчитывается и устанавливается по данным и в зависимости от метеорологических и гидрологических факторов и прогноза расходов и горизонтов в реке, ожидаемых на данном участке строительства.

Наиболее приемлемым для возведения перемычек на Амударье считается период полного очищения ото льда и установления пониженных уровней в реке. Таким периодом является первая половина марта, а в годы с ранней весной—первая декада этого месяца. На этот период и на точно указанные дни с минимальными горизонтами, установленные прогнозированием, расчитывается пик работ по возведению временных перемычек на Амударье в той её части, которая проходит по территории Каракалпакской АССР.

В 1967 году строительство перемычки на реке у Тахиаташа производилось в первой половине марта при ширине реки в 800 *м*, глубине русла основного протока, проходящего вдоль

левого берега—10 *м* и расходе—150 *м*³/*сек*. Высота возводимой перемычки была расчитана на полное использование пропускной способности магистральных каналов имени Ленина и Кызкеткен, равной 300 *м*³/*сек*. Расчетный профильный объем перемычки был определен в 77 тыс. *м*³. Перемычку было предусмотрено возвести в основном из грунтов, слагающих каиры в русле реки, расположенные вблизи трассы перемычки. Каирный грунт в тело перемычки расчитано было перемещать и укладывать бульдозерами и скреперами с послойной укаткой. Грунт в тело перемычки укладывался с обеих берегов одновременно.

Наиболее трудным и ответственным технологическим процессом в строительстве явилось окончательное смыкание правобережной и левобережной насыпей перемычки. Сложность здесь заключалась в том, что укладываемые грунты были преимущественно песчаными. По мере сужения потока, скорости в нем постепенно увеличивались и переходили в размывающие. При остающейся ширине протока в 50 *м* и скорости более 1 *м*/*сек* более 30% грунта, укладываемого в насыпь, выносилось потоком.

Для предотвращения разрушения насыпи предусмотрено было одновременно с грунтом сбрасывать в проран бутовый камень диаметром 20—30 *см*, заранее заготовленный для этой цели в объеме от 1500 до 2000 *м*³.

Временная перемычка в 1967 году и последующие годы возводилась за 10—15 дней. Строительство их в критические периоды маловодья коренным образом улучшало забор воды из реки каналами имени Ленина и Кызкеткен и позволяло своевременно проводить полноценные промывки.

Так, например, в 1967 году, до постройки перемычки, в канал Кызкеткен в марте месяце самотеком поступало всего лишь 2,8 *м*³/*сек* воды, а в канал имени Ленина поступление её полностью прекратилось. Насосные станции, подпитывающие эти каналы, хотя и работали, смогли подавать воду лишь на 25—30% своей мощности. После перекрытия реки и аккумулирования воды перед перемычкой, расходы в этих каналах были доведены до нормальных, а транзитный сброс воды в Аральское море полностью прекратился. Магистральные каналы имени Ленина и Кызкеткен в этот период работали в условиях плотинного водозабора на полную мощность.

За период функционирования перемычки в 1967 году в указанные каналы поступило 428,5 млн. *м*³ воды, тогда как в условиях бесплотинного водозабора вместе с насосными станциями они смогли бы забрать всего лишь 129,9 млн. *м*³. Перемычка позволила дополнительно подать в оросительные системы названных каналов около 299 млн. *м*³ воды, которой, при промывной норме 6000 *м*³ брутто на гектар орошаемой площади, промыто 50 тыс. *га*.

Опыт 1967 года окончательно доказал жизненную необходи-

мость возведения на реке перемычки в период весеннего маловодья.

В последующем река перекрывалась перемычкой каждый год. Это позволило нормализовать подачу воды в каналы имени Ленина и Кызкеткен, в которые поступило в 1967 году—428,5 млн. $м^3$, в 1968 году—568,5 млн. $м^3$, в 1970 году – 553,8 млн. $м^3$, в 1971 году—879,5 млн. $м^3$, в 1972 году—940,3 млн. $м^3$ и в 1973 году – 26,2 млн. $м^3$.

Строительство перемычки обходилось в среднем ежегодно в 224 тыс. руб.

Возведение временной земляной плотины, разумеется, является примитивным эксплуатационным мероприятием, однако экономический эффект его неоспорим.

Так, например, за период работы перемычки, участок реки выше неё на расстоянии распространения кривой подпора представлял собой отстойник, в котором осаждались все донные и взвешенные наносы реки. Вода в магистральные каналы поступала почти полностью осветленной. За счет этого средний ежегодный объем очистки в 1967—1973 годах был меньше обычного на 3344 тыс. $м^3$, что позволяло получить экономию на очистке в 195 тыс. руб. в год. Кроме того, в период действия перемычек прекращали работу все нижние насосные станции, забирающие воду из реки, экономия за счет чего была равна ежегодно 240 тыс. руб.

Но самое главное—в период действия перемычек своевременно проводились промывка земель и посевы сельхозкультур, что позволяло выращивать хорошие урожаи и ежегодно перевыполнять плановые задания по их производству и заготовкам.

Ниже строящейся Тахиаташской водоподъемной плотины вплоть до устья Амударьи расположены залежные земли, пригодные к орошению и сельхозосвоению. Подача воды на них от плотины возможна только по руслу реки. Расходы, поступающие от плотины в весенние, а в отдельные годы—и в летние месяцы, не могут обеспечить самотечного или машинного водозабора.

В этих случаях для водозабора целесообразно возводить временные земляные перемычки. Сооружения такого типа несложны, сравнительно недороги, строятся в предельно короткие сроки и, главное, дают весьма значительный эффект.

Применение и строительство временных земляных перемычек на упомянутом отрезке реки возможно и будет обеспечивать водозабор в маловодные периоды в течение долгих лет до постройки здесь постоянных водоподъемных сооружений.

13. ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДАМБ ОБВАЛОВАНИЯ

Как уже указывалось выше, командное положение Амударьи, недостаточная пропускная способность ее русла и поперечный

уклон местности в сторону от реки создают угрозу затопления прилегающих культурных земель. Поэтому в нижнем течении Амударьи, вдоль ее берегов, почти на всем протяжении от Ташаки до Раушана построены защитные дамбы обвалования. Возведение таких дамб в Хорезмском оазисе началось в незапамятные времена.

В процессе блуждания река на одних участках смывала построенные дамбы, а на других, смещаясь в противоположную сторону, оставляла перед ними плодородные каирные земли. Местное население хорошо приспособилось к капризам реки. В случае возникновения интенсивного дейгиша, создающего угрозу подмыва существующей дамбы, оно срочно строило сзади нее, на некотором расстоянии запасную дамбу, в виде скобы, примыкающей к существующей, за пределами размываемого участка. Если же река смещалась в противоположную сторону, образуя каиры, то перед существующей дамбой строилась новая, которая, оконтуривая каирные земли, позволяла использовать их под посевы.

Так, постепенно создавалась современная система дамб обвалования, располагающаяся вдоль берегов Амударьи многочисленными переплетающимися линиями. Наиболее древними на территории Каракалпакии являются дамбы южной зоны: Турткульского, Бирунийского и Амударьинского районов. В северной зоне, ниже Ходжейли, еще в конце 20-х, начале 30-х годов дамб обвалования вдоль берегов реки практически не было. Располагавшиеся в этой зоне рыбацкие поселки и другие населенные пункты защищались от затопления паводковыми разливами реки дамбами, образовывавшими в плане замкнутое кольцо. Кольцевую дамбу имел даже такой крупный пункт как город Кунград.

В середине 30-х годов были предприняты попытки построить дамбу вдоль левого берега Амударьи до начала протоки Раушан. Эта дамба должна была защищать Кунград и земли Кунградского района. Однако расположение ее в неблагоприятной местности, вдали от населенных пунктов привело к тому, что многие участки дамбы, оставаясь безнадзорными, быстро повреждались рекою и к началу 40-х годов от нее сохранились лишь отдельные участки. К этому времени был построен канал имени Ленина (Лениняб) и было решено использовать его высокие раши в качестре дамб основной линии, а для защиты Кунграда усилить обращенную в сторону реки юго-восточную часть городской кольцевой дамбы. В результате этого кольцевая дамба превратилась в Кунградскую озерную дамбу, образовавшую вместе с рашами канала имени Ленина единую систему защиты города и района.

Озерная дамба препятствовала затоплению Кунграда водами озер Атакуль, Алтынкуль и Ходжакуль, выходивших из берегов в периоды разливов Амударьи, сообщавшейся с ними в районе

начала протока Бекяб. В период межени, а также в маловодные годы эти озера пересыхали.

С. Т. Алтунин [3] подчеркивал, что Кунградская озерная дамба работает в значительно более тяжелых условиях, нежели береговые дамбы, так как они выдерживают напор осветленной воды и находятся под полной нагрузкой 2-3 месяца в году.

Однако наибольшее разрушение дамбе наносили землеройные животные, которые в маловодные 1946—1948 годы, сопровождавшиеся пересыханием озер, так изрыли ее тело, что, при новом наполнении озер в 1949 году, во многих местах начался сквозной ток воды, закончившийся прорывами дамбы и затоплением Кунграда.

После постройки вдоль левого берега Амударьи от Ходжейли до Раушана надежных береговых дамб, Кунградская озерная дамба долго играла роль плотины водохранилища, которым являлось озере Алтынкуль, наполнявшееся осенью водой из канала имени Ленина, которая в период весенних промывных поливов откачивалась обратно в канал для компенсации недостатка вод, поступающих в канал из реки.

До 1946—1950 гг. дамбы обвалования в низовьях Амударьи были весьма примитивными сооружениями, не отвечавшими требованиям действующих технических условий. Ширина дамб по верху часто была равна всего лишь 1÷1,5 *м*, запас гребня над максимальным уровнем воды в реке редко превышал 0,5 *м*, а иногда был меньше 0,3 *м*. Заложение откосов дамб (m) не согласовывалось со свойствами грунтов, используемых для их отсыпки и, как правило, было не больше 1,5÷1. Серьезным недостатком дамб были глубокие (до 1 *м*) резервы с почти вертикальными откосами, закладывавшиеся непосредственно у подошвы дамбы, что резко увеличивало градиенты фильтрационного потока. Все это приводило к частым прорывам дамб, вызываемым оползанием низового их откоса, а иногда переливом через гребень.

В 1943 году Самаркандская проектно-изыскательская контора Узводстроя составила „Проект Кунградских дамб", явившийся первой инженерной разработкой дамб обвалования в Каракалпакии. Этим проектом предусматривалось возведение сплошной линии дамб вдоль левого берега Амударьи от селения Кзылкала до возвышенности Кзылджар, общим протяжением 37 *км*. Часть дамб предусмотренных этим проектом, была построена.

В следующем, 1944 году Самаркандской конторой был составлен „Проект Ходжейлийских дамб", предусматривавший возведение их также вдоль левого берега Амударьи от начала канала имени Ленина до селения Кзылкала протяжением 71,5 *км*, а в 1945 году—„Проект Чортамбайских дамб"—вдоль правого берега Амударьи протяжением 45,5 *км*.

Необходимость последнего стала очевидной после имевщего место в 1945 году наводнения в Караузякском и Чимбайском

районах, когда районный центр Караузяк остался под водой, а затопления города Чимбай удалось избежать лишь принятыми энергичными мерами. Тот год был одним из катастрофически многоводных, особенно в период паводка, когда расход воды на створе Чатлы достиг 5730 $м^3/сек$. Это привело к переливу воды через береговую кромку в районе Порлытау после смыва дейгишем полосы высокого берега. Дамб обвалования вдоль берега реки на этом участке еще не было. „Проект Ходжейлийских дамб" и „Проект Чортамбайских дамб" были утверждены техническим советом только в 1947 году после доработки по замечаниям экспертизы, установившей неувязку расчетных горизонтов на отдельных участках дамбы.

После затопления Кунграда и Кунградского района в 1949 году стройуправлением при министерстве водного хозяйства Каракалпакской АССР был составлен проект левобережной дамбы „Есберген-Шыганак" на участке в 12,1 *км* вниз по течению от начала канала Бекяб.

В 1951-1952 гг. был разработан проект Раушанской дамбы, которую предусмотрено было возвести вдоль левого берега протока Раушан от его начала до Кунградской пристани на промежутке в 29 *км*.

В 1954-1955 гг. Узгипроводхозом были составлены проекты: второй линии правобережной дамбы Крейтузяк-Чортамбай, второй линии левобережной дамбы Есберген-Кзылкала и правобережной дамбы от Кзылуй до начала протока Еркиндарья.

В последующем проекты строительства новых и реконструкции существующих дамб на территории Каракалпакии в основном составлялись институтом „Узгипроводхоз". Только небольшой участок дамб, прилегающих к верхнему бьефу Тахиаташского гидроузла, был запроектирован институтом „Средазгипроводхлопок" (в составе проекта этого узла). Последний проект реконструкции существующих дамб и строительства новых линии составлен Узгипроводхозом в 1970 году. Общая длина дамб, охваченных этим проектом,—390 *км*. В процессе проектирования дамб обвалования были разработаны основные правила их компановки в плане и проектирования их в поперечном и продольном профилях. В разработке этих правил большое участие принял С. Т. Алтунин, сформулировавший следующие основные положения [3].

1. Трасса дамб в плане должна быть по возможности плавной и, следуя общему очертанию русла, спрямлять резкие повороты.

2. Новые дамбы должны проектироваться в две линии с расстоянием между ними до 1 *км*.

3. Пространство между дамбами первой и второй линии должно разделяться поперечными траверсами на отсеки, имеющие по направлению основных линий длину не более 2—3 *км*.

4. Первая линия дамб должна проектироваться в удалении от существующей береговой кромки на такое расстояние, чтобы в случае возникновения интенсивного дейгиша берега, они могли быть смыты не менее чем через 5—6 лет после постройки.

Основываясь на данных своих наблюдений, С. Т. Алтунин рекомендовал принимать ширину полосы ежегодного смыва для южной зоны Каракалпакской АССР и Хорезмской области Узбекистана в 100—150 *м*, а для северной зоны—40—50 *м*.

В своих первых проектах Самаркандская проектно-изыскательская контора разработала 5 типовых поперечных профилей дамб обвалования для различных грунтов и диапазонов высот. Во всех этих профилях ширина дамб поверху принималась равной 3 *м*, а запас гребня над расчетным уровнем воды в реке—1 *м*. При высоте дамб до 1,5 *м* профиль проектировался безбанкетным, а при высоте больше 1,5 *м* низовой откос усиливался банкетом, верх которого принимался на 1 *м* ниже гребня дамбы, а ширина—2 *м*.

В дальнейшем, в связи с увеличением габаритов транспортных средств, ширина дамб поверху была увеличена до 4—4,5 *м*. а в последних проектах Узгипроводхоза и Средазгипроводхлопка доведена до 6 *м*. При этом проектами предусмотрено также устройство через каждый километр специальных площадок размером 20 х 20 *м* для разъезда автомашин. Заложение откосов дамб принято: в проектах Узгипроводхоза равным 3, в проектах Средазгипроводхлопка равным 2,5. Проектами предусмотрено использование для насыпки дамб местных песчаных и супесчаных грунтов со следующими свойствами.

Таблица 28

	Наименование грунтов	% содержания пылеватых частиц 0,05-0,005	% содержания песчаных частиц 1,0-0,05	Объемный вес $т/м^3$	Пористость в %	Коэффициенты фильтрации *м/сутки*
1.	Песчаные	12,1—16,8	74,3—82,3	1,05—1,23	55—57	2,8—4,5
2.	Супеси тяжелые; пылеватые	27—32	10—70	—	—	—
3.	Супеси легкие, пылеватые	19—80	16—76	1,37—1,54	41	1,2

Для дамб из песчаных грунтов на песчаном основании предусматривается устройство экрана толщиной 1 *м* из суглинка с коэффициентом фильтрации К=0,01 *м/сутки*, играющего одновременно роль противоэрозийной защиты тела дамбы. Для защиты от ветровой эрозии дамбы из песчаных грунтов покрываются отсыпкой суглинков, глин и других связных грунтов, а дамбы из супесей укрепляются посевом трав.

При проектировании дамб в продольном профиле, отметки их гребня определяются прибавлением запаса $\triangle H=1$ *м* к расчетному уровню воды в реке. Однако, рассматривая дамбы как плотины III-го класса правильнее принимать запас $\triangle H=1{,}15$ м. При этом определение расчетного уровня воды в реке—вопрос до сих пор не вполне ясный и не решенный до конца.

В проектах, составленных до 1951 года, расчетные уровни воды в реке определялись интерполяцией по уклону исходя из расчетных уровней в створе Чатлы и малонадежных данных уровенного поста у начала Раушана. Как показали позднейшие исследования, это привело к серьезному искажению расчетных уровней для ряда участков реки. В частности, на участке от Кзылуй до Порлытау в проекте Самаркандской конторы дамбы имели заниженные отметки гребня (в створе Кзылуй—до 1 *м*). В целях получения более надежных данных Узгипроводхозом в 1951 году было организовано пять дополнительных уровенных постов, результаты наблюдений на которых позволили существенно уточнить расчетные значения уровней на всем участке. В последних проектах в качестве расчетных приняты уровни, соответствующие расходу воды в реке с обеспеченностью 0,1%, т, е. с повторяемостью раз в тысячу лет.

Однако более опасными для дамб являются высокие зимние уровни, возникающие в реке в результате образования заторов и зажоров. Об этом говорит тот факт, что самые крупные прорывы дамб с затоплением больших площадей за последние 50 лет наблюдались зимой. Это прорывы дамб у Чубаланчи в Гурленском районе в 1934 году и в Бирунийском районе—в 1969 году. Крупное летнее затопление 1945 года, как было указано выше, произошло в результате перелива воды через береговую кромку на участке, где дамб не было, а затопление Кунграда в 1949 году было вызвано повреждением озерных дамб землероями.

Зимний режим Амударьи характеризуется ледовыми образованиями, такими как забереги, шугоходы, ледоход и ледостав. Так как Амударья течет с юга на север и средние температуры зимних месяцев в верховьях (Термез) на 8—10° выше, чем в низовьях (Нукус), то все ледовые образования развиваются снизу вверх против течения. Начинающееся в устье реки образование шуги распространяется вверх по течению со скоростью до 130 *км* в сутки. В большинстве случаев шугоход наступает на всем участке в течение одного похолодания.

Среднесуточный расход шуги по данным измерений колеблется от 12,6 до 98,9 $м^3/сек$. Самая ранняя дата шугохода у Чатлы—13 ноября (1952 г.), самая поздняя—11 января (1940 г.) Наиболее часто он начинается в III декаде ноября, II и III декадах декабря. Продолжительность его в створе Чатлы—17—20

дней. Если шугообразование не прерывается оттепелью, то заканчивается ледоставом. Ледостав как и шугоход в начале формируется в низовьях и на этой стадии характеризуется прерывностью. Причина её в том, что движение кромки льда вверх по реке происходит за счет примерзания шуги, плывущей сверху, причем часть шуги, увлекаясь под лед, образует зажор, который, стесняя русло, вызывает подпор воды в реке, составляющий по данным Э. М. Пилосова и В. П. Светицкого в створе Чатлы в среднем — 1,57 *м* и максимум — 2,47 *м*. Этот подпор, замедляя течение воды и движение шуголедяных масс на участках реки, расположенных выше по течению, способствует образованию, как правило, на ближайших излучинах и участках многорукавного русла ледяных перемычек, разделенных друг от друга полыньями, глубиной более 2—3 *м*, которые замерзают позже при сильном похолодании, вызывающем спайку покрывающей их проходящей подледной шуги. Граница самой верхней перемычки определяет положение кромки льда.

Наиболеее суровыми за последние 15 лет были зимы 1964—1965, 1966—1967, 1968—1969 и 1971—1972 гг., а ранее — зимы 1944—1945, 1949—1950, 1950—1951 и 1959—1960 гг., когда морозы продолжались 105—115 дней. В такие зимы шугоход переходит в ледоход и ледостав через 2—3 дня. Ниже Нукуса Амударья замерзает ежегодно. В створе Чатлы за период с 1931 по 1975 г. река не замерзала только в 1943—1944 и 1957—1958 гг.

Выше Тюямуюна ледостав наблюдается только в суровые зимы, в остальные зимы бывает только шугоход. Лишь в зиму 1948—1949 гг. кромка ледостава поднималась выше города Керки, а в зиму 1968—1969 гг.—выше Термеза. Первый день ледостава в створе Чатлы в среднем приходится на 13 декабря, самый ранний—на 24 ноября (1937 г.), самый поздний—на 4 февраля (1942 г.). Средняя продолжительность ледостава—57 дней, наибольшая—115 дней. Средняя толщина льда в январе—30 *см*, в феврале—50—60 *см*. В 1969 г. толщина льда у Чатлы достигала 90 *см*.

Вскрытие Амударьи происходит в направлении обратном образованию ледостава, т. е. сверху вниз по течению реки. Оно может вызываться оттепелью или весенним увеличением расхода воды. В первом случае оно называется термическим, во втором—гидродинамическим. Образующиеся в результате разрушения ледостава льдины, двигаясь вниз по течению реки, завлекаются под кромку ненарушенного ледяного покрова или задерживаются в местах резких поворотов русла и разделения на рукава, образуя заторы льда, вызывающие подпор и повышение уровня воды в реке.

Осенне-зимние зажоры и заторы вызывают повышение уровня воды в реке, продолжающееся до 10 дней, весенние заторы, менее продолжительны—в пределах 5 дней. Амплитуда колеба-

ния уровней в результате заторов и зажоров на участке Турткуль-Чатлы, составляет 2,5—4 *м*, ниже створа Чатлы, по мере продвижения к устью реки она увеличивается до 4,5—5,5 *м*.

Имеющиеся данные наблюдений показывают, что наибольшие зарегистрированные заторно-зажорные уровни превышают уровень максимальных расходов паводков в створах: Тюямуюн—на 39 *см*, Ташсака—на 101 *см*, Турткуль—на 128 *см*, Карамышташ—на 104 *см*, Чатлы—на 26 *см*, Тахиаташ—на 61 *см*, Кызылджар—на 70 см.

Поэтому в практике проектирования дамб обвалования при назначении отметки их гребня расчетный уровень воды в реке принимается на 10—15 *см* выше уровня соответствующего паводковому расходу воды в реке расчетной обеспеченности.

Однако такой учет очень груб и не точен, что, по-видимому, и явилось причиной прорыва дамб обвалования в Бируний-ском районе при образовании затора зимой 1968-1969 гг. Этот печальный опыт вызывает необходимость пересмотреть наивысшие расчетные уровни, используя для их определения метод прогноза заторно-зажорных уровней, разработанный Э. М. Пилосовым применительно к верхним бьефам плотин. Этот метод в 1974 году был успешно применен для прогнозных расчетов верхнего бьефа Тахиаташского гидроузла в условиях, близких к бытовым.

Дамбы обвалования в Каракалпакии строились и реконструировались по мере поступления готовых проектов. В период с 1946 по 1948 годы в основном была закончена реконструкция существующих дамб. Запас их гребня над расчетным уровнем воды в реке был увеличен примерно на 1 *м*, откосы сделаны более пологими а вблизи низовых откосов были засыпаны резервы. Кроме того было построено 273 *км* новых дамб, в том числе первой линии 200 *км* и второй—73 *км*, с объемом земляных работ 6432 тыс. $м^3$.

До 1948 года строительство дамб велось вручную, участками небольшой длины, без должного соблюдения проектных размеров и уплотнения грунтов. Начиная с 1948 года стало все больше поступать в Каракалпакию экскаваторов и других землеройных машин, что позволило усилить темпы строительства новых и реконструкции существующих дамб. Прежде всего была построена новая сплошная линия дамб вдоль левого берега Амударьи от начала протока Бекяб до водозабора Раушана протяжением около 60 *км* и новая Нукусская городская дамба на правом берегу.

Особенно большие работы объемов в 2,2 млн. $м^3$ с применением большого числа экскаваторов, скреперов, бульдозеров и автосамосвалов были произведены в 1952 году, когда ожидался катастрофически большой паводок. В результате произведенных работ к концу 1953 года общая протяженность дамб, построенных

по проектным разработкам только первой линии, составила 206 *км*.

Однако качество построенных дамба оставалось неудовлетворительным. Не хватало катков, из-за чего грунты при возведении дамб уплотнялись недостаточно. Тело дамб, насыпанных экскаваторами из суглинистых грунтов, представляло собой сильно пористую комковатую массу с пустотами. Попытки добиться уплотнения грунта опорожнением ковша на большой высоте не дали положительных результатов. Уплотнение грунта в теле дамб, возводимых с помощью скреперов и бульдозеров, несмотря на многократное прохождение механизмов по отсыпаемому грунту, тоже не соответствовало требованиям технических условий. Участки дамб, отсыпавшиеся из песчаных грунтов, находились в рыхлом состоянии из-за недостаточного увлажнения грунта при отсыпке. Кроме того, поперечное сечение возведенных дамб, как правило, имело по сравнению с проектными значительно уменьшенные размеры.

Низкое качество дамб, построенных и реконструированных в 1951—1953 годах, привело к ряду прорывов. Так, например, 18 июля 1953 года в момент прохождения пика паводка произошел прорыв первой линии Ходжейлийской левобережной дамбы на пикете 252, выше низины Чанашкаир, хотя уровень воды в реке был ниже гребня дамбы на 0,5—0,7 *м*. Причиной прорыва явилась интенсивная фильтрация воды через тело дамбы, вследствие недостаточной её ширины и малой плотности грунта. Принятыми энергичными мерами прорыв был заделан. В марте 1954 года произошел прорыв правобережной Нукусской дамбы на участке, расположенном на 1 *км* выше дороги Нукус-Пристань, приведший к затоплению старой части города Нукуса.

В момент прорыва в Амударье был высокий заторный уровень, который однако был ниже гребня дамбы на 0,8—1 *м*, причем в местах, где дамба имела наибольшую высоту, напор воды со стороны реки не превышал 1,75 *м*. Поэтому прорыв был вызван, очевидно, лишь просачиванием воды сквозь дамбу.

Большим недостатком построенных дамб является также отсутствие инженерных сооружений на пересечениях с дорогами, каналами и т. п. В частности, отсутствовало сооружение на пересечении Нукусских дамб с шоссе Нукус-Пристань, а прорези в местах пересечения дамб машинными каналами укреплялись деревьями и хворостом.

К настоящему времени отмеченные недостатки в основном устранены. Новые дамбы построены со строгим соблюдением всех требований технических условий.

К началу 1975 года общая протяженность дамб Каракалпакской АССР составляла 970 *км*, в том числе первой линии—590 *км*, второй линии—200 *км*, третьей линии—63 *км*, и поперечных траверс—117 *км*. Однако все еще существуют опасные участки дамб, требующие непрерывного надзора и систематического укрепления.

Для обеспечения систематического надзора за состоянием дамб и проведения необходимых ремонтных работ в 1959 году при АДУОС было организовано специальное управление берегозащитных дамб со штатом 84 человека. В функции этого управления, кроме охраны и поддержания дамб обвалования, а также организации работ по реконструкции существующих дамб и строительству новых линий, входит организация и проведение берегозащитных и русловыправительных работ в реке, для чего в его распоряжение выделено 14 землесосов, 20 бульдозеров и 10 экскаваторов. Этими механизмами ежегодно выполняются земляные работы, объемом, превышающим 4 млн. $м^3$.

* * *

На этом мы заканчиваем рассмотрение ирригационных систем Каракалпакии.

Таким образом, в этой главе дается описание существующего состояния оросительных систем и рекомандации по их поддержанию в рабочем состоянии, гидрометрии, по борьбе с заилением, по эксплуатации берегозащитных дамб и регулированию русел.

Глава III,

МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ.

Наряду с такими факторами, как механизация, химизация, электрификация, весьма важную роль в интенсификации сельскохозяйственного производства играет мелиорация земель.

Научное обоснование вопросы мелиорации земель получили в трудах видных ученых А. Н. Костякова (см.. прилагаемый в конце книги перечень литературы, [35]), С. Ф. Аверянова [5], И. П. Айдарова [6], Х. А. Ахмедова [7], И. С. Рабочева [56], А. А. Рачинского [57], В. М. Легостаева [41], А. Е. Нерозина [52] и других.

В условиях дельтовых оросительных систем Каракалпакской АССР, имеющих высокое залегание уровня грунтовых вод на большей части орошаемых земель и значительное засоление орошаемых и неорошаемых земель, инженерные мелиорации имеют особо большое значение.

Вопросы мелиорации земель ККАССР не новы, неоднократно ставились перед вышестоящими организациями, начиная с пятидесятых годов. Однако низкие коэфициенты земельного использования и переложная система землепользования затрудняли строительство мелиоративных систем. К тому же наличие сухого дренажа в некоторых местах который теоретически может обеспечить полностью отток высоко стоящих грунтовых вод с орошаемых земель на неорошаемые, создало ложное представление о возможности выхода из положения без инженерной мелиорации. На деле, при детальном изучении оказалось, что из-за сложного геологического строения территории отток грунтовых вод происходит лишь в отдельных случаях, а отнюдь, не повсеместно.

Строительство дренажной сети было начато в 1954 г. на оросительной системе Пахтаарна в Турткульском районе с прокладки ряда межхозяйственных коллекторов. За 1954—1958

гг. были построени коллекторы К-4, К-5, К-5-1, а в Бируний-ском районе были реконструированы под коллекторы старые каналы Зейкеш и Зейсалма, протяженностью 13 *км*. Общая длина коллекторов, построенных за указанный период составила 110 *км*. Однако в дальнейшем, вплоть до 1962 г., строительство коллекторов не производилось.

В период 1957—1960 гг. институтом „Узгипроводхоз" была разработана общая схема развития орошения в Каракалпакской АССР, предусмотревшая не только развитие хлопководства, но и строительство ряда крупных рисосеющих совхозов в северной зоне. Этой схемой были намечены крупные межрайонные и районные коллекторы, главным образом для северной зоны. Это коллекторы КС-1, КС-3 на правом берегу, охватывающие Кегейлийский, Чимбайский и Тахтакупырский районы, а также главный левобережный коллектор с правой Кунградской и левой Ходжейлийской ветками на левом берегу Амударьи. Дренажной сети эта схема не намечала и поэтому никаких проектных решений и рекомендаций по строительству дрен не давалось. В настоящее время эта схема устарела и требует переработки.

В 1962 г. было начато строительство коллекторов для отвода грунтовых и сбросных вод с полей строящихся рисосеющих совхозов. При этом в первую очередь были построены магистральные коллекторы КС-1 в Чимбайском районе и главный коллектор в Кунградском районе.

Однако широкое строительство коллекторно—дренажных систем в автономной республике развернулось лишь после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, поставившего вопрос об ускоренном развитии мелиорации в СССР на всех нуждающихся в этом землях.

Начатое в Каракалпакии в 1966 г. плановое мелиоративное строительство стало осуществляться из года в год во все возрастающих масштабах. При этом коллекторная сеть прокладывалась как на существующих, так и на вновь осваиваемых орошаемых землях, нуждающихся в мелиоративном улучшении.

За сравнительно короткий период с 1966 по 1973 гг. в автономной республике были построены и введены в эксплуатацию межхозяйственные коллекторы общей длиной в 1138 *км*, а также внутрихозяйственные коллекторы и дрены в хлопковой зоне протяженностью 3659 *км*.

В числе межхозяйственных коллекторов были построены крупные межрайонные магистрали северной зоны: КС-1, протяженностью 128 *км*, КС-3, протяженностью 105 *км* и КС-4, длиною 95 *км*, располагающиеся на правом берегу реки Амударьи и отводящие грунтовые воды в Аральское море. На левом берегу Амударьи построен левобережный коллектор, протяженностью 86 *км*, отводящий грунтовые воды в озеро Судочье. Общая орошаемая площадь, обслуживаемая построенными межхозяйственными коллекторами, составляет 143, 8 тыс. *га*. Для

учета расходов отводимых грунтовых вод коллекторы оборудованы соответствующими гидрометрическими устройствами. Суммарный проектный расход всех коллекторов составляет 80 *м³/сек* а фактический колеблется в пределах 50—65 *м³/сек*.

Магистральные районные и межхозяйственные коллекторы не везде имеют водоприемники. Так, в Турткульском районе вода из них отводится в озера и низины, расположенные в песках Кызылкум за пределами орошаемых земель. В Ходжейлийском районе эти воды перекачиваются насосами в магистральный оросительный канал имени Ленина.

В Кунградском районе дренажные воды рисоводческих совхозов имени XXII-партсъезда и „Алтынкуль" сбрасываются в оросительный канал Раушан. Коллекторы КС-1, КС-3, КС-4, обслуживающие Нукусский, Кегейлийский, Тахтакупырский и Чимбайский районы сбрасывают воду в Аральское море. Из коллекторов Амударьинского района вода сбрасывается в Чагагаатбинский коллектор, из которого затем поступает в проходящий по территории Ташаузский области Туркменской ССР межреспубликанский коллектор Дарьялык. Магистральный коллектор К-12 Бирунийского района, который собирает грунтовые воды со всего района, сбрасывает их в русло Амударьи.

Коллекторная сеть зоны рисосеяния строится в границах рисоводческих хозяйств. Межобластная коллекторная сеть является общей как для хлопковой, так и для рисовой зон.

К началу 1975 года в Каракалпакии было построено 10 рисоводческих совхозов с общей орошаемой площадью 33 тыс. *га*. Отвод грунтовых и сбросных вод с рисовых полей производится непосредственно в магистральные коллекторы. При этом, на правом берегу Амударьи грунтовые воды четырех хозяйств поступают в КС-1, а из остальных двух—одного—в КС-3 и другого— в КС-4. Не левом берегу воды двух хозяйств сбрасываются в канал Раушан, а еще двух—по Кунградскому коллекторному сбросу в озеро Судочье.

Внутрихозяйственная коллекторно-дренажная сеть, начиная с 1966 года, строится одновременно с межхозяйстенной сетью. В основу ее проектирования в последнее время положен режим дренирования, разработанный в „Схеме развития орошения и рисосеяния по северной зоне ниже Тахиаташского гидроузла" на территории,расположенной по обеим берегам Амударьи, которая составлена институтом „Узгипрозем" в 1966—1969 гг.

Этот режим дренирования разработан для площадей хлопкового и рисового комплекса, отдельно для земель правого и левого берега Амударьи на период до 1980 г. Согласно режиму, для площадей, занятых культурами хлопкового комплекса при КЗИ не выше 0,3 до 1970 г., дренажная сеть не предусматривалась, исходя из расчета на сухой дренаж.

На период 1971—1975 гг. для площадей, занятых под культурами хлопкового комплекса на правом берегу, рекомендуется

принимать удельную длину дрен 8 *м/га* при расстоянии между дренами 1250 *м*, а для площадей левого берега—7 *м/га*, при расстоянии между дренами 1450 *м*. Модуль дренажного стока рекомендуется принимать 0,283 *л/сек/га*, (грунтовая вода плюс сбросные воды).

На период 1975—1980 гг. для хлопковой зоны правого берега рекомендуется удельную длину дрен увеличить до 321 *м/га*, а расстояние между дренами уменьшить до 430 *м*. Для хлопковой зоны левого берега рекомендуется удельная длина дрен 24 *м/га*, и расстояние между дренами 420 *м*. Модуль дренажного стока со сбросом рекомендуется принимать 0,291 *л/сек//га*. Глубину дрен в обоих случаях рекомендуется принимать в 3 *м*. На площадях, занятых культурами рисового комплекса, рекомендуется принимать удельную длину дрен в 46 *м/га*, а модуль дренажного стока—до 0,61 *л/сек/га*.

Дренаж как в хлопковой, так и в рисовой зонах принят горизонтальный, открытого типа. Вертикальный дренаж в Каракалпакии не применяется, хотя, по данным предварительных геологических исследований, он может быть принят на землях рисового комплекса северной зоны, в том числе на левом берегу реки, на площади 80 тыс. *га* и на правом берегу—на площади 134 тыс. *га*. В настоящее время этот вид дренажа используется для осушения территории города Нукуса, где геологические условия имеют среднюю сложность. Не применяется в автономной республике и закрытый дренаж. По этому вопросу никаких исследований еще не проводилось.

По состоянию на 1 января 1975 года в среднем по Каракалпакской АССР удельная протяженность внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети составляла 17,9 *м/га*, а межхозяйственной—4,7 *м/га*. В южных районах—Турткульском, Бирунийском и Амударьинском—удельная протяженность сети больше и доходит до 25—30 *м/га*, а в северных—меньше и не превышает 15—20 *м/га*. Удельная протяженность внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети рисовых совхозов составляет 76 пог. *м*. на один гектар орошаемой площади, в том числе дрен—62 *м/га* и коллекторов-собирателей—14 *м/га*.

В последние годы коллекторной сетью республики отводится с орошаемых земель в среднем за год около одного миллиарда кубических метров грунтовых и сбросных вод, содержащих 28 тыс. *т*. соли.

Фактический модуль дренажного стока в целом по республике составляет 0,14 *л/сек/га*, а в разрезе районов и магистральных коллекторов колеблется в пределах от 0,09 до 0,165 *л/сек/га*

Представление об основных магистральных коллекторах можно получить из следующего их описания.

Коллектор КС-1, построенный в период с 1963 по 1967 гг., начинается на территории рисоводческого совхоза имени 50-летия ВЛКСМ на расстоянии 1 *км* от реки Амударьи и на протя-

жении первых 19 *км* проходит по старому руслу протока Крейтузяк. Затем он пересекает территорию Кегейлийского района в новом русле длиной 33 *км*, доходящем до Бозкульских озер. Пересекая озера на участке от пикета 520 до пикета 575, коллектор далее проходит по территории Чимбайского района и на пикете 800 подходит к возвышенности Кушканатау. Пересекая эту возвышенность от пикета 800 до пикета 908, коллектор выходит далее на пустынную равнину, прилегающую к Аралу, и на пикете 1128 впадает в море. Общая площадь, подвешанная к коллектору КС-1, составляет 300 тыс *га*. из которых в настоящее время фактически орошается 28 тыс *га*. Коллектор с учетом перспективы ближайших 5 лет расчитан на расход 22,8 *м*^{3}/*сек*. Расход коллектора ниже пикета 875 составляет 22,8 *м*^{3}/*сек*, ширина по дну—13 *м*, глубина-3,5 *м*. Коллектор на всем протяжении имеет двойное заложение откосов. Уклоны коллектора КС-1 по участкам не превышают 0,0001. На нем построено два дюкера на расход 5 и 8 *м*^{3}/*сек* и 8 мостов. Объем земляных работ, выполненных при строительстве коллектора, составил 7 867 тыс *м*^{3}. Общая их стоимость—3022 953 руб.

Коллектор КС-3, построенный в период с 1964 по 1966 гг., берет начало на территории совхоза имени Куйбышева и проходит по Кегейлийскому району на протяжении 20 *км*, вплоть до границы Чимбайского района. Далее он идет в направлении на север по границе между Чимбайским и Тахтакупырским районами, на 4—5 *км* правее магистрального канала Ишимузяк. Общая длина коллектора 95 *км*. Хотя воды его и сбрасываются в Аральское море, прямого сопряжения с морем он не имеет. Расход коллектора ниже пикета 555 составляет 14 *м*^{3}/*сек*‘ ширина по дну—10 *м*, глубина 4 *м*. Заложение откосов по всей длине коллектора равно 1,5. Уклон коллектора—0,0001. На коллекторе построено 4 железобетонных моста. Общий объем земляных работ, выполненный при строительстве коллектора, 4053,8 тыс. *м*^{3}, стоимость строительства—1 112 794 руб. Валовая площадь, подвешанная к коллектору, составляет 144, 4 тыс. *га*, из которых фактически орошается 29 862 *га*. В настоящее время проводятся работы по реконструкции коллектора КС-3. По окончании их коллектор протянется к морю на 10 *км*, а его пропускная способность на нижнем участке длиной 63 *км* за счет расширения донной части увеличится до 28,8 *м*^{3}/*сек*. Валовая площадь, обслуживаемая коллектором после реконструкции, достигнет 50,2 тыс. *га*.

Коллектор КС-4 представляет собой приспособленный старый проток Коксу. До 1900—1905 гг. по этому протоку в Аральское море сбрасывались воды, поступак щие по протоку Куванышжарма, который использовался как оросительный канал. Но, этот проток не имея регулировочного сооружения на истоке, как правило, пропускал воды больше, чем требовалось для орошения. После постройки магистрального канала Кызкеткен, поступление воды в Куванышжарму, превратившуюся в правую ветвь системы, резко сократилось до фактических потребных расходов. Вследствие этого проток Коксу стал пересыхать и заноситься песками. В 1963 г. в связи с организацией на севере Тахтакупырского района рисоводческих совхозов было решено использовать заглубленное русло Коксу в качестве магистраль ного коллектора. Для этого в 1963—1964 гг. была произведена расчистка его русла на участке в 44 *км*, обеспечившая пропускную способность в 20 *м*^{3}/*сек*. В настоящее время проводится реконструкция и дальнейшая расчистка протока на участке в 95 *км*, с увеличением пропускной способности до 30 *м*^{3}/*сек*. Площадь, охваченная коллектором КС-4, размещается в границах Тахтакупырского района и составляет: валовая—72,8 тыс. *га*, пригодная к освоению—53 тыс. *га*. Сметная стоимость всех работ по реконструкции коллектора составляет 5 478,8 тыс. руб., включая стоимость пескоукрепительных работ, составляющих 1000 тыс. руб. При проведении работ по реконструкции, коллектор продолжает работать бесперебойно.

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Для осуществления правильной технической эксплуатации мелиоративных систем в автономной республике в 1967 г. было организовано специальное управление мелиоративных систем, подчиняющееся АДУОСу. Линейная эксплуатационная мелиоративная служба организована во всех одиннадцати районах республики при райУОСах в форме мелиоративных участков, возглавляемых старшими инженерами, подчиненными управлению мелиоративных систем.

Штат линейного персонала мелиоративных участков устанавливается ежегодно по объему работ и нормативным нагрузкам из расчета 100 *км* коллекторов на одного инженера или 50 *км* на одного техника, производящего наблюдения за уровнем грунтовых вод. Линейный штат мелиоративного участка ведет работы по наблюдению за состоянием, исправностью и содержанием в рабочем состоянии коллекторов, гидротехнических сооружений и гидропостов на них, а также гидрорежимных скважин. Расходы воды в коллекторах и высота стояния уровня грунтовых вод в скважинах замеряются один раз в декаду. Очистка коллекторов и ремонтные работы на сооружениях производятся под руководством линейного штата мелиоративного участка после окончания вегетации.

Старший инженер мелиоративного участка отчитывается в выполняемых работах перед управлением один раз в месяц и за год—в конце отчетного года— по установленнным отчетным формам.

Первичные материалы, поступающие в управление от участков, проверяются, обрабатываются, анализируются и на их осно-

вании составляются месячные информации о мелиоративном состоянии орошаемых земель и выполнении работ, высылаемые вышестоящим организациям. Сведения о глубинах стояния грунтовых вод в разрезе хозяйств рассылаются также соответствующим районным управлениям сельского хозяйства.

Минерализация грунтовых вод определяется 4 раза в год: перед началом и после окончания прмывных поливов, перед началом вегетационных поливов и после их окончания. Показатели минерализации в разрезе хозяйств также рассылаются районным управлениям сельского хозяйства.

В ведении эксплуатационной службы имеется более 4600 *км* коллекторов, сотни гидротехнических сооружений, 500 гидромелиоративных скважин, насосные станции и другие объекты. Эксплуатация этой разветвленной коллекторной сети в Каракалпакии по сравнению с районами и областями других республик имеет некоторые специфические особенности. Дело в том, что коллекторы в основном проходят в аллювиальных песчаных и супесчаных грунтах, а отдельные участки многих коллекторов даже в грунтах, имеющих свойства плывуна. Уклоны водной поверхности в коллекторах не превышают 0,0001; а на отдельных участках многих коллекторов снижаются до 0,00006—0,00007.

Поступающие в коллектор сбросные воды часто содержат много илистых частиц, что при скорости течения 0,3—0,35 *см/сек* приводит к быстрому заилению коллекторов. Вместе с тем, легкие и плывунные грунты способствуют частому оплыванию откосов.

В результате всего этого в коллекторах образуются многочисленные перекаты, вызывающие подпор и препятствующие нормальному движению воды. Для их устранения прозводится систематическая очистка коллекторов, объем которой в последние годы составляет: по межхозяйственной коллекторной сети до 5 млн. $м^3$ в год и по внутрихозяйственной (хлопковой зоне)—3—3,5 млн. $м^3$

Основным видом сооружений на коллекторах являются безнапорные трубы, которыми оборудуются пересечения с оросительными каналами и дорогами. Они имеют длину от 12 до 40 *м*, а в отдельных случаях—даже до 60 *м*. Диаметр труб обычно 1 *м*. Эти сооружения часто заиляются и забиваются плывущим в дренажной воде мусором, что значительно усложняет их эксплуатацию.

Для наблюдения за уровнем грунтовых вод на всей территории орошаемых земель Каракалпакской АССР в конце 40-х, начале 50-х годов была построена сеть скважин и колодцев. Строительство их в основном велось примитивным оборудованием, без проектов и в недостаточном количестве, а многие колодцы представляли собой обычные копанцы без крепления.

Начиная с 1970 г. гидрорежимная сеть строится по проекту, составленному гидрогеологическим научно-исследовательским

институтом Министерства геологии Узбекской ССР и к 1975 г. уже имеется на большей части территории Каракалпакии. Постоянная сеть позволяет вести наблюдения за глубиной залегания грунтовых вод во всех районах автономной республики как на орошаемых землях, так и на внутрихозяйственных перелогах. В настоящее время для наблюдений используется 500 гидрорежимных скважин, число которых в ближайшим будущем увеличится до 800.

Построенные и строящиеся гидрорежимные скважины имеют глубину 5 *м*, и оборудованы металлическими трубами с фильтрами, отстойниками и крышками.

Уровни грунтовых вод в скважинах измеряются в течении суток один раз в декаду. Одновременно из скважин отбираются пробы воды для лабораторного анализа степени минерализации грунтовых вод. По данным измерений уровней определяются средние, минимальные и максимальные глубины залегания грунтовых вод на территории орошаемых земель в разрезе хозяйств и районов.

За последние четыре года в связи с увеличением протяженности коллекторно-дренажной сети и ее удельной длины на один гектар орошаемой площади, повышение уровня грунтовых вод в целом по республике прекратилось, а в отдельных районах с удельной длиной коллекторов и дрен в 25—30 *м/га* произошло даже их понижение. Средняя глубина залеганий грунтовых вод за указанный период в целом по республике не превышает 238 *см* от поверхности земли. Наиболее высокий их уровень в период вегетации—в 107—114 *см* от поверхности земли—наблюдается в последние годы в Амударьинском и Ходжейлийском районах. Наиболее же низкий уровень грунтовых вод, достигающий 300—320 *см* от поверхности земли, наблюдается на территории Шуманайского и Ленинабадского районов.

На целинных неорошаемых землях глубина залегания грунтовых вод колеблется от 3 до 10 и более метров. Глубины залегания грунтовых вод на орошаемых землях по наблюдениям 1974 г. приведены в табл. 29, а в табл. 30 показано распределение площадей по глубинам залегания грунтовых вод.

Анализы грунтовой, коллекторной и оросительной воды проводятся лабораторией управления мелиорации и мелиоративных систем с 1969 г. За последние три года лабораторией выполняется ежегодно более трех тысяч химических анализов, что позволяет получить достаточно надежные показатели степени минерализации.

Средняя минерализация грунтовых вод по автономной республике в период вегетации составляет по плотному остатку 4,1 *г/л*, в том числе по хлору 1,3 *г/л*. Минимальная минерализация по плотному остатку—1,9 *г/л*, в том числе по хлору—0,5 *г/л*, а максимальная—соответственно 7,1 и 2,2 *г/л*. Наиболее высокая минерализация грунтовых вод на орошаемых землях

Таблица 29

Глубины залегания грунтовых вод на орошаемых землях Каракалпакской АССР в 1973 г.

(в сантиметрах)

Наименование районов	За вегетационный период			За год		
	средн.	миним.	макс.	средн.	миним.	макс.
Турткульский	150	138	180	200	138	294
Бирунийский	180	176	185	164	176	240
Амударьинский	150	114	184	178	114	227
Ходжейлийский	153	107	206	174	107	252
Шуманайский	268	251	289	298	251	344
Ленинабадский	318	303	327	325	303	358
Кунградский	263	239	292	275	239	307
Кегейлийский	195	174	204	198	174	230
Чимбайский	227	184	287	251	184	317
Тахтакупырский	257	236	268	267	236	284
По Каркалпакской АССР	216	192	242	233	192	283

(до 9 *г/л* и более) наблюдается в Чимбайском и Тахтакупырском районах.

Среднегодовая минерализация грунтовых вод значительно выше средней за вегетацию и в среднем по республике составляет 5,3 *г/л*, в том числе хлора—1,4 *г/л*. Максимальный среднегодовой показатель (12 *г/л*) наблюдается при этом в Чимбайском районе. На неорошаемых и целинных землях минерализация грунтовых вод в отдельных скважинах доходит до 50—60 *г/л*.

Показатели минерализации грунтовых вод на орошаемых землях в разрезе районов приведены в табл. 31, а её солевой состав—в табл. 32.

Нередко в коллекторную сеть сбрасывается вода из оросительной сети. Поэтому минерализация воды в коллекторах в

Таблица 30

Распределения орошаемых площадей по районам Каракалпакской АССР в привязке к глубинам залегания грунтовых вод на октябрь 1974 года.

(в гектарах)

Наименование районов	Орошаемая площадь	Распределение площадей по глубинам залегания грунтовых вод				
		1 *м*	1—1,5 *м*	1,5—2 *м*	2—3 *м*	3 *м*
Турткульский	26045	1690	7930	8495	7930	—
Бирунийский	18236	1323	5554	8469	2890	—
Амударьинский	21829	2495	3861	8677	6795	7
Ходжейлийский	17146	—	1226	6708	8812	400
Шуманайский	15983	—	—	2363	10525	3095
Ленинабадский	20731	—	—	4741	7995	7995
Кунградский	21502	—	—	—	12980	8522
Кегейлийский	21241	2	4255	7086	9900	—
Чимбайский	29708	2	—	2704	21658	5346
Тахтакупырский	26342	—	—	6198	13948	6196
Нукусский	16980	—	2283	3570	9362	1765
Всего:	235743	5509	25109	59011	112794	33319
Процент от всей площади	100	2,4	10,6	25	47,8	14,2

Таблица 31

Минерализация грунтовых вод на орошаемых землях Каракалпакской АССР по данным за 1971, 1972, 1973 гг.

(граммов на литр)

Районы	Средн. за вегетац. период		Минимальная		Максимальная	
	плотный остаток	в т. ч. хлора	плотный остаток	в т. ч. хлора	плотный остаток	в т. ч. хлора
Турткульский	3	0,9	1,2	0,4	6,1	2
Бируниийский	2,6	0,8	1,9	0,8	4,6	1,4
Амударьинский	4,3	1,4	2	0,9	7,5	2,2
Ходжейлийский	3	0,7	1,7	0,4	4	1,3
Шуманайский	4,6	1,3	3	0,6	7,2	2,8
Ленинабадский	5	1,8	2,8	0,7	8	3,2
Кунградский	3,5	1	0,9	0,2	6,4	2
Кегейлийский	4,1	1,2	2	0,8	8,4	2,4
Чимбайский	5,3	1.5	1,6	0,4	9,5	2,3
Тахтакупырский	6	2	2,5	1	9	2,5
по Каракалпакской АССР	4,1	1.3	1,9	0,5	7,1	2,2

среднем по системам автономной республики по плотному остатку не превышает 3 *г/л*.

На рис. № 19, 20, 21 показаны изменения в течение года минерализации воды Ходжейлийского коллектора, коллектора КС-4 и в среднем по Каракалпакии. На этих рисунках приведены также изменения росходов воды.

Анализ данных, полученных в результате наблюдений за уровнями и минерализацией грунтовых вод показывает, что

Таблица 32

Солевой состав грунтовых вод на орошаемых землях Каракалпакской АССР по данным анализов лаборатории АДУОС

(граммов на литр)

№ пп	Районы	Дата взятия проб и выполнения анализов	Плотный остаток	Катионы			Анионы		
				Ca	M	сумма	хлор	O_4	HCO_3	сумма
1.	Турткульский	март	3,148	0,040	0,16	1,005	0,532	1,488	0,122	2,142
		сентябрь	3,253	0,290	0,140	1,046	0,532	1,440	2,235	2,207
2.	Бируниийский	март	3,932	0,053	2,025	2,658	0,070	0,079	1,125	1,274
		сентябрь	4,047	0,050	2,116	2,706	0,100	0,240	1,001	1,341
3.	Амударьинский	март	3,554	0,700	0,300	2,061	0,355	0,439	0,700	1,493
		сентябрь	4,250	0,300	0,850	2,402	0,425	0,843	*0,580	1,848
4.	Ходжейлийский	март	3,939	0,170	0,134	1,187	0,283	2,352	0,116	2,752
		сентябрь	3,117	0,090	0,377	0,822	0.461	1,776	0,058	2,295
5.	Шуманайский	март	3,439	0,080	0,055	1,117	0,425	1,824	0,073	2,322
		сентябрь	3,000	0,040	0,061	0,943	0,213	1,728	0,052	1,993
6.	Кунградский	март	4,643	0,290	0,176	1,412	0,390	2,832	0,009	3,231
		сентябрь	4,916	0,090	0,122	1,579	0,745	2,352	0,240	3,337
7.	Кегейлийский	март	3,700	0,200	0,176	1,085	0,177	2,352	0,085	2,614
		сентябрь	4,045	0,311	0,310	0,828	0,567	2 632	0,018	3,217
8.	Чимбайский	март	7,776	0,220	0,353	2 431	1,312	[illegible]	0,[illegible]	5,345
		сентябрь	10,219	0,361	0,492	3,199	1,950	[illegible]	0,[illegible]	7,020
9.	Тахтакупырский	март	3,589	0,080	0,097	1,205	0,993	1,344	0,047	2,384
		сентябрь	4,039	0,030	0,006	1,404	0,922	1,622	0,091	2,665

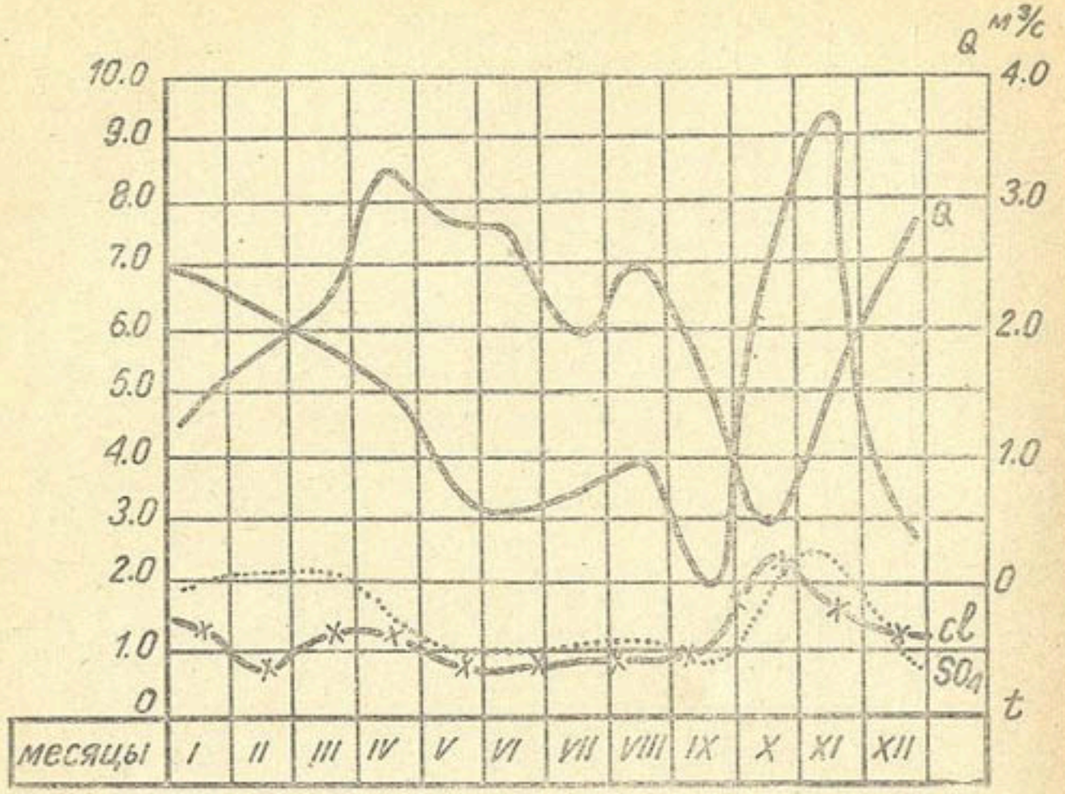


Рис. 19. Изменения расхода и минерализации воды Ходжейлийского коллектора.

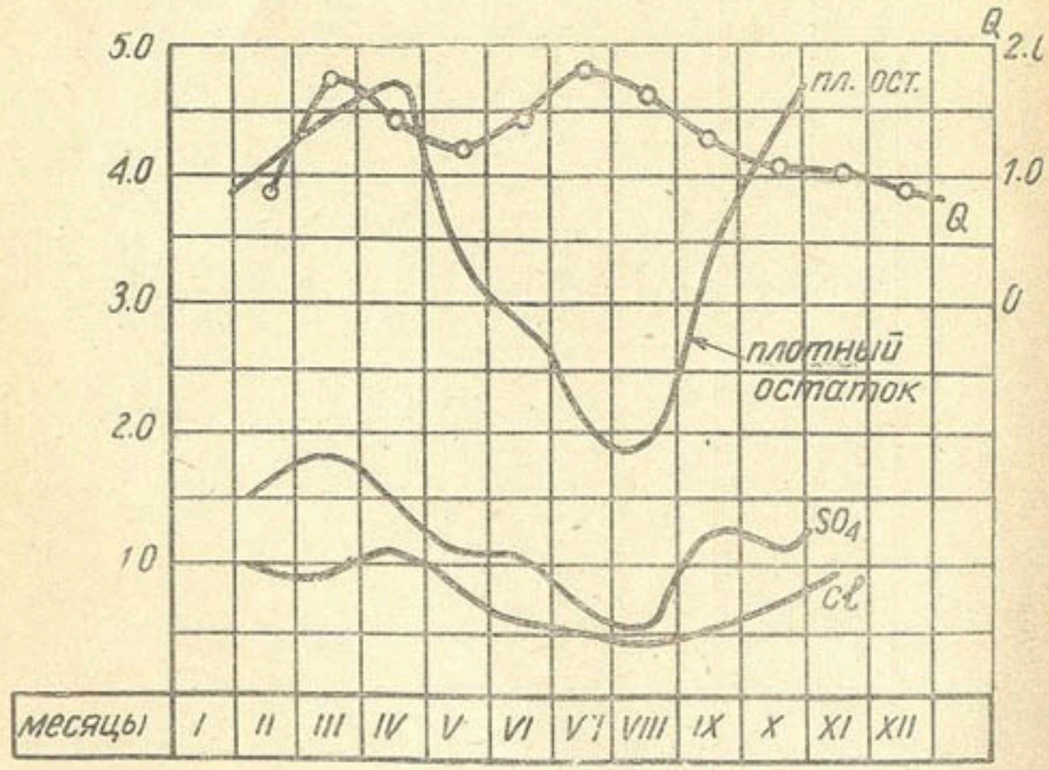


Рис. 20. Изменения расхода и минерализации воды коллектора КС—4

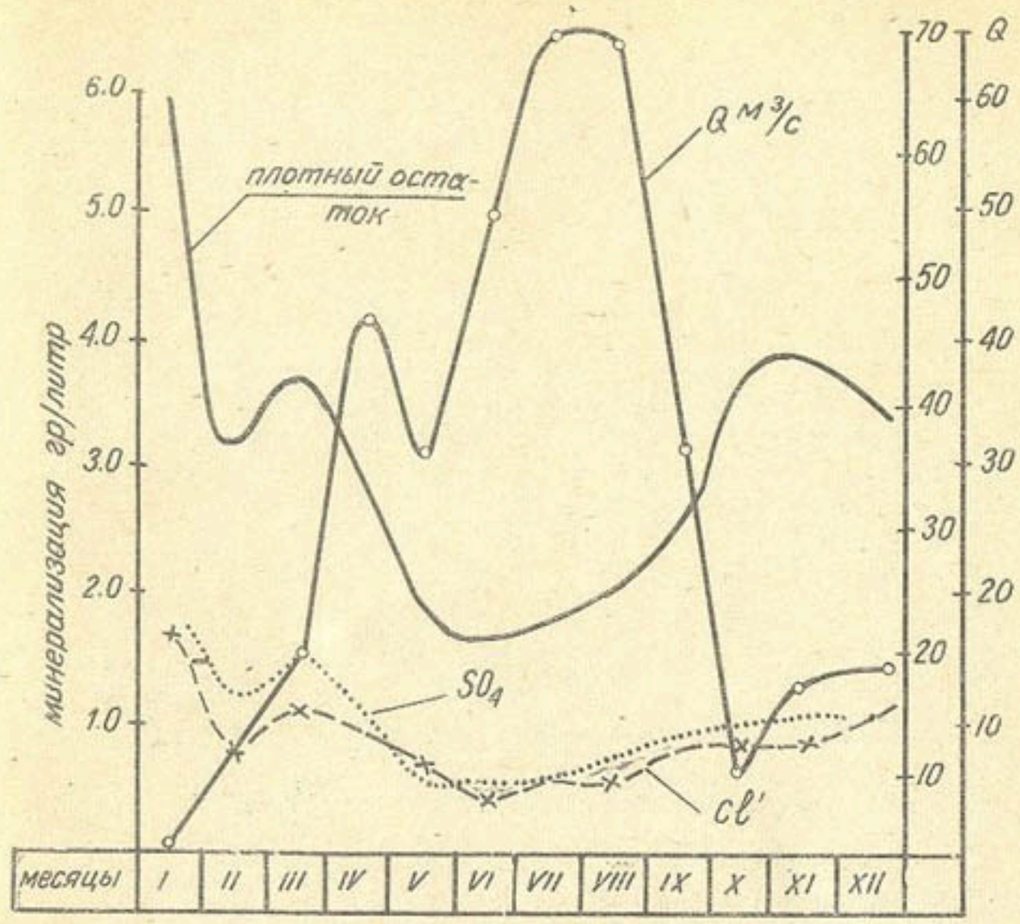


Рис. 21. Изменения минерализации коллекторных вод в среднем по Каракалпакской АССР и суммарного расхода за 1973 г.

треть площади орошаемых земель автономной республики претерпела мелиоративное улучшение.

Все это в комплексе с агротехническими мероприятиями и высоким мастерством выращивания хлопка позволило колхозам и совхозам получать высокие урожаи хлопка и других сельхозкультур.

Однако, из-за сложности географических, гидрогеологических, почвенных и климатических условий дельты Амударьи, а также высокой степени солености грунтов, снижение уровня подпочвенных вод и рассоление почв происходит медленно и для усиления этого процесса необходимо дальнейшее развитие мелиорации.

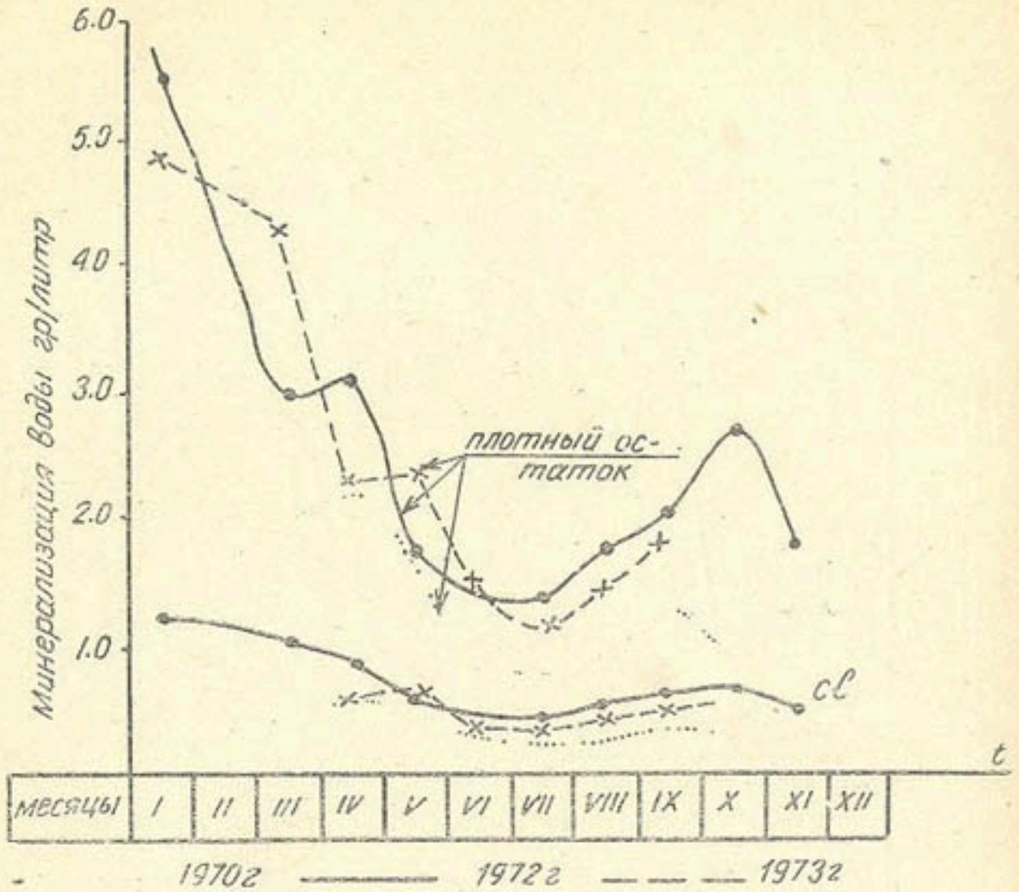


Рис. 21а. Изменения минерализации воды коллектора КС—1 по времени.

3. ПРЕДПОСЕВНЫЕ И ПРОМЫВНЫЕ ПОЛИВЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.

Как уже отмечалось, территория Каракалпакии относится к полупустынным районам. Поэтому перед посевом на незасоленных землях, в основном на вновь осваиваемых землях древнего орошения, проводят предпосевные или влагозарядные поливы, а на засоленных почвах—промывные поливы.

Орошаемые земли современной дельты Амударьи в той или иной степени подвержены засолению, которое снижает урожайность сельхозкультур. Промывка засоленных земель на фоне действующего дренажа является эффективным методом рассоления почвы до допустимой концентрации солей и предотвращения вторичного засоления.

Лучшим временем промывки является период, когда уровень грунтовых вод опускается наиболее глубоко и зона аэрации имеет наибольшую емкость, а влажность и испарение с поверхности почв незначительны. Такие условия бывают в осенне-зим-

Таблица 33

Минерализация воды в коллекторах и оросительных каналах Каракалпакской АССР

(граммов на литр)

Районы	в коллекторах		в оросит каналах		Пункты отбора проб воды в оросительных каналах
	плотный остаток	в т. ч. хлора	плотный остаток	в т. ч. хлора	
Турткульский	2,7	0,7	0,7	0,2	„Пахтаарна", гидропост на 4 км.
Бируниский	2,8	0,6	0,7	0,2	„Бозяб" гидропост
Амударьинский	2,2	0,9	1	0,2	„Мангит", гидропост на гран. района
Ходжейлийский	4,5	1,4	0,9	0,2	им. Ленина, гидропост на 1 км
Шуманайский			0,9	0,2	им. Ленина, 43 км
Лениабадский	2,3	0,5	0,8	0,2	им. Ленина, 58 км
Кунградский	2,6	0,6	0,8	0,2	им. Ленина, 105 км
Кегейлийский	2,7	0,8	0,7	0,3	„Кегейли", голов. участок
Чимбайский	3	1,1	0,7	0,2	„Кегейли", 30 км.
Тахтакупырский	2,8	1	0,9	0,3	„Куванышжарма", 38 км.
по Каракалпакской АССР	3	0,9	0,8	0,2	

ний период. Поэтому промывные поливы желательно проводить в этот период до наступления сильных устойчивых морозов. Однако осень – страдная пора, когда поля заняты ещё неубранным урожаем, т. е. фактически не подготовлены еще к промывке.

Поэтому осенне-зимние поливы проводятся по мере освобождения полей после уборки урожая, начиная обычно со второй половины октября и продолжаются до промерзания почвы на глубину не более 5 *см*. При большей глубине промерзания почвы поливы прекращаются, так как вода перестает просачиваться в грунт.

В виду позднего окончания уборки хлопка, промывка большей части площадей переносится на весеннюю пору и проводится в конце февраля—начале марта.

Поля в Каракалпакии для промывки затопляются. Для этого поля предварительно делят на участки, называемые чеками. Зимние поливы проводят на больших чеках, площадь которых зависит от рельефа местности: если уклоны чека менее 0,00001, то площадь берется до 10 *га*, в противном случае—уменьшается до 4 *га*. Полив с помощью таких чеков называют „дамбовым способом", так как чеки обваловывают дамбами, высотой 1 *м* и более, шириной по верху 0,6—1 *м*. Воду на чеки подают до полного их заполнения, соответствующего уровню воды в оросителе.

Преимуществом дамбового способа является то, что полив не требует непрерывного надзора. Когда чеки заполняются до уровня воды в оросителе, подача воды на поля прекращается сама собой. Поливная норма при поливе дамбовым способом составляет 4000 $м^3/га$ при однократном поливе и 6000 $м^3/га$ при двухкратном.

Понижение уровня грунтовых вод зимой в связи с закрытием оросительных систем делает зимние промывки весьма эффективными. Кроме того, проведение промывок в осенне-зимний период позволяет приступать к севу хлопчатника в более ранние, чем при весенних промывках сроки, что способствует получению более высоких урожаев. Так, Каракалпакский научно-исследовательский институт земледелия, проведя в 1966 году осенне-зимние промывные поливы с нормой 6000 $м^3/га$ на участке 40 *га*, получил в 1967 году урожай хлопка-сырца по 35 *ц/га*, тогда как на других участках, где промывные поливы проводились весной, из-за позднего сева, законченного 20 мая, урожайность хлопчатника не поднималась выше 17 *ц/га*.

Весенние промывные поливы проводятся обычно с 15 февраля по 20 апреля в зависимости от степени промерзания и быстроты оттаивания почвы. Чеки при том делаются площадью 0,1—0,4 *га*, окруженными валиками высотой 0,4 *м*. Норма весенних промывных поливов уменьшается до 1900—1500 $м^3/га$, а число поливов увеличивается до двух—четырех.

Промывная норма зависит от степени и характера засоления, фильтрационных и водно-физических свойств почвогрунтов, глубины залегания грунтовых вод и водоотводящей способности дрен. Для определения промывных норм предложено много расчетных формул, полученных эмпирическим путем. Одной из наиболее распространенных является формула В. А. Ковды [39]:

$$У = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \quad 400X \pm 100,$$

где У — слой промывной воды в миллиметрах,
n_1 — коэффициент, зависящий от механического состава почвы (для песков $n_1 = 0{,}5$, суглинков $n_1 = 1$, глин $n_1 = 2$)
n_2 — коэффициент, зависящий от глубины залегания уровня грунтовых вод (при глубине 7—10 *м* $n_2 = 1$
при глубине 5 *м* $n_2 = 1{,}5$
при глубине от 5 до 2 *м* $n_2 = 3$).
n_3 — коэффициент, зависящий от минерализации грунтовых вод (при средне- и маломинерализованных водах $n_3 = 1$, при сильной минерализации $n_3 = 2$, при рассолах $n_3 = 3$).
X — процент солей в верхнем двухметровом слое почвы.

Обобщая и анализируя большой материал натурных исследований, В. Р. Волобуев получил следующую формулу для определения промывной нормы:

$$N = 10000\ \beta \lg \left(\frac{S_1}{S_0}\right),$$

где: S_1 — содержание солей в промывной почве в процентах,
S_0 — допустимое содержание солей в процентах,
β — показатель солеотдачи в условиях обеспеченности оттока грунтовых вод.

Формула В. Р. Волобуева в сравнении с другими эмпирическими формулами наиболее проста и удобна для практических расчетов.

В последние годы промывные нормы определяются теоретически. Процесс передвижения солей в почвогрунтах рассматривается при этом как перенос растворенных солей движущейся водой с учетом фильтрационной диффузии, возникающей за счет разной концентрации солевого раствора.

Для этого исходным принимается следующее дифференциальное уравнение движения солей и влаги в почвогрунтах;

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D^* \cdot \frac{\partial^2 n}{\partial X^2} + v_0 \frac{\partial n}{\partial X} \pm \beta (n_m - n),$$

где n—содержание солей в рассматриваемой точке в граммах на литр или в процентах,
t—время в сутках,
X—глубина от поверхности земли до рассматриваемой точки в метрах
n_m—предельная концентрация раствора в граммах на литр или в процентах,
β—коэффициент обмена (растворение или сорбция);
D*—параметр переноса солей, характеризующий особенности переноса солей в почвогрунте в квадратных метрах в сутки;

$v_0 = \frac{v}{m}$— фактическая скорость движения влаги в почвогрунте в метрах в сутки;
v—скорость фильтрации в метрах в сутки;
m—активная пористость почвогрунтов, в долях от объема.

Промывная норма определяется по формуле:

$$N = 100\ (2A \sqrt{D^* t} + X)\ m,\ N = v_1 \cdot t,$$

где v_1—скорость фильтрации, обеспечиваемой дренажом, в метрах в сутки;
X—расчетная глубина опреснения в метрах.
$A = a\ (I - X)$; t—время промывки; $\alpha = \frac{v}{2m} \sqrt{\frac{t}{D^*}}$

Значение A может определяться по таблице:

Таблица 34

$n = \frac{n_д \cdot n_2}{n_{исх} - n_2}$	0,001	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,2
A	2,19	182	1,65	1,45	1,24	1,1	0,99	0,91	0,6

где: $n_д$—допустимое значение содержания солей;
$n_{исх}$—исходное содержание солей;
n_2—минерализация оросительных вод.

Отделом орошения и мелиорации Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия (ККНИИЗ) на основе опытов, изучались сроки и способы промывок, способы агро-

технической подготовки почвы к промывке и нормы промывок. Почвы опытных участков по механическому составу были в основном средние и тяжелые. Грунтовые воды до промывки залегали на глубине 2+2,5 *м*. Опытные участки не имели дренажа.

Анализ опытных данных показал явно выраженную зависимость нормы промывок от степени засоления и химического состава солей (см. рис. 22). Согласно результатам опытов для

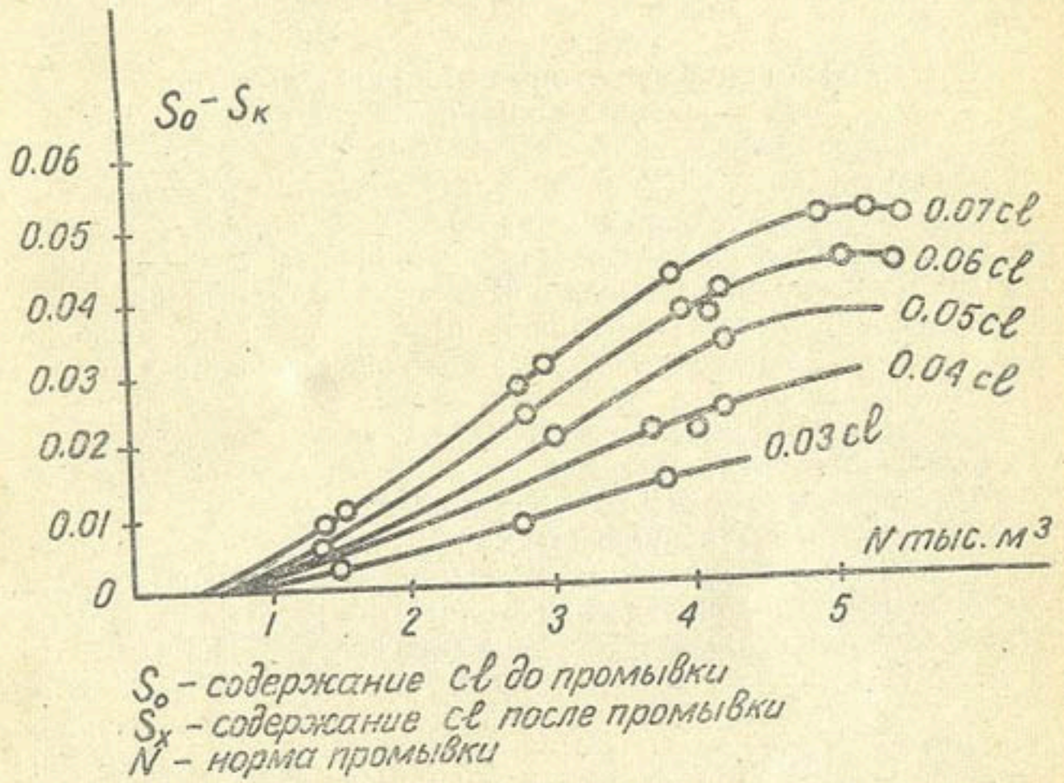


Рис. 22. Изменения ионов хлора в зависимости от нормы промывки при различном исходном содержании (по данным ККНИИЗ).

рассоления метрового слоя почвы до 0,02 % в зависимости от исходного содержания солей требуются следующие промывные нормы (табл. 35).

На орошаемых землях дельты промывные поливы часто проводятся некачественно. Перед промывкой поля плохо планируются и она проводится в условиях высокого залегания уровня грунтовых вод. Продолжительность её и подаваемое количество воды не увязываются со степенью засоления земель.

Для повышения эффективности промывные поливы необходимо перенести с весны на осень, правильно сочетая их со сбором урожая сельхозкультур. Одновременно надо улучшить мелиоративное состояние земель.

Таблица 35

	первоначальное содержание солей в % по хлору				
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Промывная норма в $м^3/га$	3000	3500	3900	4100	4250

4. Использование грунтовых и дренажных вод на орошение

Каракалпакская АССР располагает огромными земельными ресурсами. Как уже указывалось выше, из общей площади в 1,3 млн. *га*, пригодных для орошения, в настоящее время используется только 253 тыс. *га*. В девятой пятилетке в автономной республике интенсивно проводятся работы по освоению новых земель, дающие ежегодный прирост орошаемых площадей в 10–15 тыс. *га*.

До последнего времени низовья Амударьи считались одним из самых водообеспеченных районов. Однако за последние 9 лет все возрастающий водозабор в верховьях Амударьи привел к недостатку воды для нужд сельского хозяйства в низовьях, особенно в Каракалпакской АССР. Поэтому дальнейшее расширение посевных площадей в автономной республике требует изыскания дополнительных ресурсов оросительной воды.

Имеющаяся сейчас на территории Каракалпакии коллекторная сеть отводит за пределы орошаемой территории дренажно-сбросные воды объемом 800–1000 млн. $м^3$ в год, или в среднем 10% от годового водозабора оросительных систем. Только за период с 1971 по 1973 гг. коллекторами было отведено 2 644 097 тыс. $м^3$ грунтовых и сбросных вод, или в среднем за год 988 165 тыс. $м^3$.

Из этого количества 345 858 тыс. $м^3$ или 35% составляет сток грунтовых вод.

До 1960 г. грунтовые воды часто существенно пополнялись за счет фильтрации паводковых разливов реки. Реконструкция существующих и строительство новых линий береговых дамб практически устранили угрозу разлива.

Намечаемое перспективой развитие ирригации вызывает соответствующее увеличение стока дренажных и грунтовых вод. В связи с этим возникает вопрос о возможности использования их на орошение.

Использование для поливов сельхозкультур грунтовых вод, имеющих минерализацию 4 *г/л*, возможно только в смеси с пресной речной водой. При этом из общего годового стока

подпочвенных вод в 345, 9 млн. $м^3$ может быть использован лишь сток за вегетационный период, составляющий 170 млн. $м^3$ Однако практически забор воды может осуществляться только из крупных коллекторов, объем стока которых за период вегетации составляет всего 129 млн. $м^3$. Этой водой можно полить 6440 *га* посевов культур хлопкового комплекса, а при использовании ее для поливов риса при фактически практикуемых нормах всего лишь 2500 *га*.

Уже сейчас многие хозяйства автономной республики, расположенные в концевых частях каналов и испытывающие недостаток воды, используют дренажные воды на промывные и вегетационные поливы, откачивая их из коллекторов насосными установками в оросительные каналы и разбавляя таким способом пресной водой.

Так, например, совхоз Караузяк перекачивает насосами воду из коллектора Костамгалы в канал Есим, в совхозе „Мангит" Амударьинского района, начиная с 1969 года, отделения № 7 и №8 используют дренажную воду непосредственно из правого и левого Мангитских коллекторов. В этих отделениях при четырех кратной промывке первые два полива производятся только дренажной водой, а последние два—с добавкой речной воды, подаваемой каналом Мангитарна. На площадях, орошаемых частично грунтовыми водами, совхоз получил с каждого гектара посевов по 22—28 центнеров хлопка-сырца.

В 1971 маловодном году рисосеющие совхозы использовали дренажно-сбросные воды на поливы риса на площади 3427 *га*.

В 1973 году совхоз „Советская Каракалпакия" в зоне коллектора КС-I использовал его воды с минерализацией 1;7—2 *г/л* для полива риса на площади 500 *га* и получил урожай риса по 34 *ц/га*. В зоне коллектора КС—3 совхоза „Караузяк" использовал дренажную воду с минерализацией 1—1,5 *ц/га* для поливов риса на площади 240 *га* и получил урожай по 28 *ц/га*.

Официальные сведения об использовании дренажных вод для поливов в разрезе хозяйств, коллекторов и составе сельхозкультур не имеются. Эти данные можно определить только путем обследования хозяйств с выявлением места расположения насосных установок и обмером площадей.

Данные, полученные в результате такого обследования, проведенного в 1974 году управлением мелиоративных систем в разрезе коллекторов, приведены в табл. 36. В этой таблице показаны площади орошения дренажными водами (без добавки речной воды). В ней не учтены площади орошения разбавляемой дренажной водой, а также площади обводнения сенокосных угодий и пастбищ, так как обследованием была охвачена не вся территория автономной республики. Так, например, в таблице нет данных по совхозу „Советская Каракалпакия", который в 1973 году поливал дренажной водой 500 *га* риса.

В целях изучения и обобщения опыта использования дренаж-

Таблица 36

Площади орошения дренажными водами в 1974 г.

(в гектарах)

Районы	совхозы	Полито водой из коллекторов			
		всего	в том числе посевы		
			хлопка	риса	люцерны
Амударьинский	Правомангитский	250	520	—	—
Кунградский	ККС	60	—	60	—
Чимбайский	КС—1	170	—	170	—
Чимбайский	КС—1	250	—	250	—
Чимбайский	КС—1	163	—	—	163
Тахтакупырский	КС—3	170	—	170	—
Тахтакупырский	КС—3	220	220	—	—
Тахтакупырский	КС—4	100	100	—	—
Всего		1653	840	650	163

Районы	совхозы
Амударьинский	„Мангит"
Кунградский	имени XXIV партсъезда
Чимбайский	„Октябрь"
Чимбайский	„Майяб"
Чимбайский	„Каракалпак"
Тахтакупырский	„Караузяк"
Тахтакупырский	„Москва"
Тахтакупырский	имени Фрунзе
Всего	

но-сбросных вод на орошение посевов в Каракалпакской АССР в 1974 году были начаты специальные научно-исследовательские работы, программа которых состоит из следующих вопросов:

— Минерализация дренажно-сбросных вод и их пригодность для полива.

— Объемы стока дренажно-сбросных вод по годам.

— Режим и минерализация грунтовых вод и другие гидрологические условия.

В ходе исследовании были собраны и проанализированы материалы по использованию дренажно-сбросных вод, включая данные о посевных площадях (с нанесением их на карты), составе культур и способах полива дренажной водой, а также материалы по минерализации дренажно-сбросных вод, их расходам и объемам стока.

Для использования дренажной воды на орошение прежде всего необходимо установить пригодность ее для полива сельхозкультур. Допустимое для растений и почвы содержание солей в поливной воде составляет 0,1—0,15% или 1—1,5*г/л*, однако, производя поливы такой водой, следует проявлять осторожность, так как при содержании одного грамма солей в литре воды в почву каждой тысячей кубометров воды вносится тонна солей.

Если содержание солей в оросительной воде превышает 1,5—3 *г/л*, то необходим анализ их химического состава ввиду того, что действие различных солей на растения и почву неодинаково и зависит от характера почвы. На хорошо проницаемых почвах считается допустимым содержание солей: $Na_2SO_3 \leqslant 0{,}1\%$, $Na_2Cl \leqslant 0{,}2\%$, $Na_2SO_4 \leqslant 0{,}5\%$. Для суммы солей эти пределы меньше.

Если все или большинство солей представлены гипсом ($CaSO_4$), то вода безвредна. Если же большинство солей составляют хлористые соли ($NaCl$) или сернокислый натрий (Na_2SO_4), то применение соленой воды возможно только на легких или дренированных почвах и требует особых мер предосторожности. Наконец, если в составе солей преобладает сода (Na_2CO_3), то вода непригодна для орошения. Чтобы иметь возможность использовать такую воду, необходимо добавить в нее гипс, вызывающий превращение соды в сернокислый натрий.

Мелиоративная оценка поливной воды для орошения хлопчатника производится по степени общей минерализации, выражаемой плотным остатком в граммах на литр воды, а также по содержанию хлора, щелочи, гипса и соотношению натрия к кальцию. Основные показатели этой оценки согласно „Методических указаний по использованию дренажной и подземных вод для орошения хлопчатника и промывки засоленных земель", составленных научно-исследовательским институтом почвоведения и агрохимии Министерства сельского хозяйства Узбекской ССР, приводятся в следующей таблице.

Таблица 37.

Показатели оценки поливной воды для орошения хлопчатника

(в граммах на литр)

№№ пп	Оценка пригодности	Плотный остаток	Хлор	Щелочность	Гипс	Na Ca
1.	Пригодна для орошения на всех почвах	менее 4	менее 0,5	менее 0,5	более 0,7	любое
2.	Пригодна для орошения легких почвах (супеси и пески)	менее 6	0,5—1	менее 0,5	более 0,7	любое
3.	Непригодна для орошения;					
а)	на тяжелых средних почвах	более 4	более 0,5	более 0,5	менее 0,7	более 5
б)	на легких почвах	более 6	более 1	более 0,5	менее 0,7	—

Воды, имеющие минерализацию или содержание одного из компонентов выше допустимой величины, должны быть разбавлены пресной водой.

При использовании на орошение минерализованных дренажных вод часть солей остается в почвенном слое, повышая засоление земель. Профилактическими мерами против этого является промывка почвы в осенне-зимний период.

На хорошо дренированных территориях накопление солей зависит от воднофизических и химических свойств почв и других природных условий.

При поливе риса в течение сезона нисходящие токи преобладают над восходящими, вследствие чего накопление солей в почве не превышает их содержания в оросительной воде.

Использование грунтовых вод повышенной минерализации для полива должно производиться на фоне дренажа, позволяющего регулировать количество солей в почве созданием интенсивного промывного режима.

При плотном остатке в 1,5—5 *г/л* отношение натрия к кальцию в нем не должно превышать 2,5. Применение для орошения минерализованных вод с плотным остатком выше 5 *г/л* на незагипсованных почвах уже недопустимо.

Применение минерализованных вод зависит не только от содержания солей, но и от ряда условий. Допустимое содержание солей в воде при прочих одинаковых условиях может быть больше, во-первых, если почвы хорошо проницаемы и водоупорный слой залегает глубоко, что исключает возможность накопления солей, и, во-вторых, если уровень применяемой агротехники достаточно высок, что позволяет создавать и поддерживать комковатую структуру почвы, способную накоплять атмосферную влагу, снижающую концентрацию солей. Подобная агротехника предполагает применение севооборота, органических удобрений и зяблевую пахоту.

При соблюдении указанных условий в крайних случаях может допускаться орошение водой с содержанием солей до 0,6% т. е. с плотным остатком в 6 *г/л*.

Для выяснения возможности использования минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных культур СоюзНИХИ на протяжении многих лет проводил полевые исследования на Бухарской, Ферганской, Хорезмской и Центральной (ЦОМС) опытных мелиоративных станциях и в производственных условиях.

В ЦОМС опыты проводились на подверженных засолению пылевато-суглинистых сероземах, где грунтовые воды залегали на глубине от 2 до 2,5 *м*. При этом изучались возможности орошения хлопчатника и люцерны дренажной водой, содержащей от 1,2 до 3 *г/л* ион-хлора. Результаты опытов показали, что при орошении даже сильно-минерализованными (до 3 *г/л* ион-хлора) водами можно получать довольно высокие урожаи хлопка, сена, люцерны и, очевидно, также и других солеустойчивых культур.

Опыты, проводившиеся в течение трех лет на Ферганской станции, также показали, что при минерализации поливной воды до 4,5 *г/л* плотного остатка с содержанием хлора до 2 *г/л* снижения урожая по сравнению с контрольными поливами пресной арычной водой не произошло, а в большинстве случаев незначительное количество солей в оросительной воде и почве даже способствовало повышению урожайности хлопчатника. Положительные результаты были получены и в опытах по использованию минерализованных вод для поливов риса и кормовых культур. А эксперименты, проводившиеся в Бухарской области, привели к выводу, что в условиях луговых почв вполне возможен полив хлопчатника дренажной водой с минерализацией до 2 *г/л* без разбавления ее пресной водой.

Хотя специальных опытов в этом направлении в Каракалпакии и не проводилось, тем не менее, основываясь на изложенных выше данных СоюзНИХИ и результатах анализа минерализации дренажных вод в автономной республике, приведенных в таблицах 37,38, 39,40 можно сделать заключение, что на легких почвах на фоне работающего дренажа вполне допустимо использовать для орошения хлопчатника, риса и кормовых культур, без разбавления пресной водой дренажные воды коллекторов КС—1, КС—3, КС—4, Кунградского главного коллектора и К—12, содержащие в период с марта по август месяцы плотный

Таблица 38

Минерализация и сток воды по коллектору КС—1 за ряд лет по месяцам

Показатели	Годы	месяцы												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за год
Плотный остаток *г/л*	1970	—	1,6	—	2,23	1,84	0,8	0,723	0,888	1,5	0,888	—	—	
	1972	4,9	—	4,3	2,3	2,425	1,464	1,064	1,444	1,834	—	—	—	
	1973	5,7	1	3	3,1	1,7	—	1,3	1,7	2	2,7	1,8	1,4	
в том числе хлор *г/л*	1970	—	0,3	—	0,62	0,5	0,25	0,246	0,24	0,35	0,21	—	—	
	1972	—	—	—	0,56	0,645	0,35	0,255	0,42	0,47	—	—	—	
	1973	1,2	0,5	1	0,8	0,5	—	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	
Расход *м³/сек*	1970	—	0,5	—	7,5	5,5	10,1	12,4	15,3	2,8	0,7	—	—	
	1971	—	—	0,36	2,67	7,74	8,97	4,43	11	13,1	0,1	0,39	1,23	
	1972	0,876	0,65	—	3,325	5,5	6,5	13,17	13,95	6,8	—	—	—	
	1973	0,96	4,65	2,44	5,4	7,2	6,9	16,1	18,3	5,72	1,6	7,1	5,72	
Сток млн. *м³*	1970	—	1,3	—	19,4	14,7	26,1	33,8	42,2	7,3	2,2	—	—	147
	1971	—	—	0,96	6,92	20,73	23,25	30,61	29,46	23,96	0,26	1,01	3,28	140,4
	1972	2,35	1,68	—	8,44	14,73	16,89	35,28	37,37	17,66	—	—	—	134,4
	1973	2,57	11,25	6,53	14	19,3	17,9	43,12	49,01	14,83	4,28	18,4	15,32	216,49
Минерализация оросительных вод *г/л*	1970	—	0,84	—	0,84	0,8	0,56	0,425	0,445	0,54	0,54	—	—	—
	1972	—	—	—	0,8	0,844	0,67	0,473	0,468	0,56	—	—	—	—

Таблица 39

Минерализация и сток воды по коллектору КС—3 за ряд лет по месяцам

Показатели	Годы	месяцы												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за год
плотный остаток *г/л*	1970	1,43	—	2,57	2,2	1,88	1,34	1,033	1	2,73	3,42	—	—	
	1972	—	—	—	0,985	1,05	1 34	1,27	1,176	1,348	1	—	—	
	1973	—	4,1	3,7	1,5	0,9	0,8	1	1,1	2,9	2,6	2,7	4,3	
в том числе хлор	1970	0,3	—	0,3	0,6	0,46	0,347	0,25	0,26	0,68	0,87	—	—	
	1972	—	—	—	0,27	0,29	0,28	0,32	0,28	0,32	—	—	—	
	1973	—	1,5	0,8	0 8	0,4	0,2	0,5	0,4	0 4	0,4	0,4	1,3	
Расход *м³/сек*	1970	0,8	—	1,1	7,7	5,5	3,5	3	2,8	0,3	0,1	—	—	
	1971	—	—	0,88	1,96	3,83	4,15	1,99	1,71	1,83	0,92	0,09	0,36	
	1972	—	—	—	5,66	3,8 8	4,57	4,87	3,78	4,89	—	—	—	
	1973	—	2,4	3	4,9	6,5	8,1	8,8	7,5	5,2	4,5	3	2.5	
Сток млн. *м³*	1970	2,2	—	2,9	,20	14,7	9	8	7,3	0,8	0,3	—	—	65,2
	1971	—	—	2,37	5,08	10,26	10,76	5,33	4,58	4,74	2,37	0,23	0,96	46,7
	1972	—	—	—	14,7	10,4	11.89	13,05	10,12	12,7	—	—	—	72,8
	1973	—	5,81	8,03	12,7	17,41	20,99	23,57	20,9	13,48	12,05	7,78	6,7	148,6
Минерализация оросительной воды *г/л*	1972	—	—	—	0,8	0,839	0,657	0,494	0,514	0,448				

Таблица 40

Минерализация и сток воды по коллектору КС—4 за ряд лет по месяцам

Показатели	Годы	Месяцы												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за год
плотный остаток г/л	1970				—	0,928	0,95	0,89	0,87	1,148				20,4
	1972				1,46	1,588	1,58	1,595	1,064	1,132				23
	1973				1,3	0,9	1,3	1,4	1,3	2,4		6		13,14
в том числе хлор	1970				—	0,26	1,187	0,2	0,2	0,38			—	53,05
	1972				0,357	0,36	0,365	0,773	0,22	0,32			0,12	
	1973				0,7	0,3	0,3	0,7	0,4	0,6		1,8		
Расход м³/сек	1970				—	1,5	1,7	2,1	2,3	0,1			—	
	1971				0,65	0,25	2,07	1,78	2,86	1,2				
	1972				0,22	6,82	0,94	0,94	1,08	0,976				
	1973				6,5	2,86	3,48	2 25	4,05	0,64		0,38		
Сток млн. м³	1970				—	3,4	4,4	5,7	6,1	0,3			—	0,32
	1971				1,67	0,64	5,37	4,58	7,63	3,11		—		
	1972				0,57	2,19	2,44	2,51	2,89	2,54		—		
	1973				16,8	7,7	9	6,7	10,8	1,66		0,9		
Минерализация оросительной воды	1972			—	0,8	0,852	0,708	0,535	0,541	0,58				

остаток менее 2 *г/л* и ион-хлора менее 1 *г/л*. Дренажные воды коллекторов К—4, К—5 и Ходжейлийского КС можно использовать для орошения при условии добавки к ним пресной оросительной воды. При этом необходимо активно проводить профилактические меры против накопления солей и в первую очередь—осенне-зимние промывки на фоне хорошо работающего дренажа.

5. БАЛАНС ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПО СИСТЕМЕ КЫЗКЕТКЕН.

Водный баланс оросительных систем складывается в части поступлений—из вод, забираемых из реки на орошение и атмосферных осадков, а в части расхода—из суммарных испарений вод, отводимых коллекторно-дренажной сетью за пределы орошаемых земель и накопления запасов грунтовых вод.

Поэтому в этом случае уравнение баланса имеет вид

$$М+Р=Е+Д,$$

где: М—количество воды, поданной из источника орошения в млн $м^3$;

Р—количество атмосферных осадков в млн, $м^3$;

Е—суммарное испарение с орошаемых и неорошаемых полей в млн. $м^3$;

Д—дренажно-сбросные воды в млн. $м^3$.

Для установления водного баланса САНИИРИ в 1970—1972 гг. проводил исследования по системе канала Кызкеткен. Количество воды, забираемой из реки, регулярно учитывается органами водного хозяйства. Но в 1970—1973 гг. экспедиция САНИИРИ провела контрольные замеры.

Основная часть воды, поданной на орошение, расходуется транспирацией с орошаемых и неорошаемых земель. Суммарное испарение в наших условиях изучено недостаточно и определение его вызывает большие затруднения. А данных о величинах суммарного испарения влаги различными культурами в условиях низовьев Амударьи имеется сравнительно мало.

В упомянутые годы на территории экспериментальной базы Каракалпакского научно-исследовательского иститута земледелия (ККНИИЗ) в Чимбайском районе силами САНИИРИ были организованы полевые исследования по определению суммарного испарения с хлопковых полей, люцерны, риса и целины. И эти данные были использованы для составления водного баланса, приводимого в следующей таблице.

Результаты балансовых расчетов показывают, что в целом по системе происходит ежегодное накопление вод из-за превышения прихода их над отводом через коллекторную сеть и суммарными испарениями. Избыточный объем воды идет на попол-

Таблица 41

(в млн. $м^3$)

Годы	Водоподача	Осадки	Итого прихода	Испарение	Дренажный сток	Итого расхода	Разница
1970	2902	84,3	2996,3	863,3	241,7	1105	+1881,3
1971	2960	85.9	3045,9	926,1	220,4	1146	+1899,3
1972	3294,4	52,4	3346,8	919,1	230.8	1149,9	+2196,9

нение грунтовых вод, вызывая подъем их уровня и увлажнения почвогрунтов. При этом количество подаваемой воды с каждым годом растет и увеличиваются грунтовые воды.

Если в целом по территории Каракалпакии разница между приходной и расходной частями баланса положительная, то в отдельных хозяйствах в отдельные годы наблюдается и отрицательный баланс поверхностных вод. В порядке примера такого соотношения в следующей таблице приведен баланс вод по хлопководческому совхозу имени 40-летия Октября за 1971—1972 гг.

Таблица 42

(в млн. $м^3$)

	1971 г, май-сентябрь	1972 г. май-сентябрь
Водоподача	72,48	34,38
Осадки	0,6	2,69
Итого прихода	73,08	37,02
Суммарные испарения	65,7	37,35
Дренажный сток	2,66	2,34
Итого расхода	68,36	39,63
Разница	+4,72	—2,61

Разница между приходной и расходной частями баланса бывает положительной в июле-августе месяцах, когда посевы интенсивно поливаются. Отрицательная величина баланса вызывается тем, что промывные и вегетационные поливы проводятся в основном в апреле, июле и августе месяцах, а в остальные

месяцы поливаются лишь небольшие площади. В то же время, с мая по сентябрь влага интенсивно испаряется с орошаемых и неорошаемых полей, что и служит причиной отрицательного баланса вод.

Положительный водный баланс наблюдается в рисосеющих хозяйствах. Для примера приводим водный баланс совхоза „Октябрь“ за 1971—1972 гг.

Таблица 43

(в млн. $м^3$)

	1971	1972
Водоподача	97,62	110,5
Осадки	0.425	2,73
Итого прихода	98,04	113,23
Суммарные испарения	53,74	59,89
Дренажный сток	35,84	46.95
Итого расхода	89,58	106,84
Разница	+8,46	+6,39

Как видно из таблицы, в приходной части баланса наибольший удельный вес имеет водоподача, а в расходной—дренажный сток и испарения. Около 30—40% поданной воды отводится коллекторно-дренажной сетью. Из объема водозабора за вегетационный период в 110,5 млн. $м^3$ (1972 г.) 35 млн. $м^3$ идет на потери из внутрихозяйственных каналов, что составляет около 32%. Фактически оросительная норма полива риса составляет 34,6 тыс. $м^3$ на гектар, что превышает плановую.

Для регулирования водно-солевого режима территории необходимо сокращение водозабора до оптимальных величин и улучшение работы коллекторно-дренажной сети. Превышение приходной части баланса над расходной приводит в результате подъема уровня высокоминерализованных грунтовых вод к засолению и заболачиванию орошаемых земель.

* * *

Таким образом, в рассмотренной главе приведены характеристика и условия эксплуатации коллекторно-дренажной сети, солевой состав грунтовых вод, режим промывных поливов и даны некоторые рекомендации по улучшению эксплуатации мелиоративных систем Каракалпакии.

Глава IV

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В АМУДАРЬЕ И КАНАЛАХ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

По русловым процессам имеется обширная литература и, в том числе, труды таких видных ученых, как **М. А. Великанов** [11[, **В. Н. Гончаров** [14]. **С. Х. Абальянц** [1,2], **С. Т. Алтунин** [3], **А. В. Караушев** [30,31], **И. И. Леви** [43], **М. А. Мостков**]47], **Ш. Е. Мирцхулава** [46], **Ю. А. Ибадзаде** [27], **К. И. Россинский** [60], **Н. А. Ржаницын** [58], **Г. В. Железняков** [24]. **А. М. Мухамедов** [48].

В литературе по гидрологии и, в частности, у этих авторов, русловым процессом называются постоянно происходящие изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обуславливаемые действием текущей воды.

Наиболее полно этот процесс проявляется в различных деформациях русла, выражающихся в подъеме или заглублении дна, изменении продольного профиля, плановых перемещениях и бифуркации (раздвоении) русла. Эти деформации могут происходить не только в естественных водотоках, но и в водотоках, устраиваемых исскуственно: каналах, спрямлениях, прорезях и т. п.

Характер, направление и интенсивность русловых деформаций определяются режимом жидкого и твердого стока, фракционным составом и характером движения наносов, составом и свойствами грунтов, слагающих речное русло и рядом местных условий, таких как очертание русла в плане, разветвленность, отвод или сброс воды, наличие подпорных и русловыправительных сооружений и т. п.

По характеру русловые деформации можно разделить на общие, распространяющиеся на участок большой длины, охватывающий ряд противоположных основных морфологических форм: плесов и перекатов, участков биффуркации и слияния рукавов и т. п., и местные, ограниченные пределами какой-либо одной формы—только плеса или переката и. т. п.

По направлению целесообразно выделить глубинную эрозию (размыв дна) и боковую эрозию (размыв берега), рассматривая подъем дна и наращение берегов за счет отложения наносов как эрозию обратного знака.

В нижнем течении и дельте Амударьи общие русловые деформации проявляются в уже отмечавшемся нами ранее систематическом подъеме русла реки и прилегающей части поймы, вызываемом осаждением значительной части наносов, перемещаемых рекой.

В разделе IV главы I мы уже показали, что мутность амударьинской воды в створе Ташсака составляет 80%, и в створе Чатлы 50—60% от мутности в створе Керки, и что по грубо ориентировочным подсчетам Г. В. Лопатина в русле Амударьи ниже етвора Ташсака в среднем за год осаждается 120—130 тыс. *т* наносов на каждый километр длины русла.

Исходя из последних цифр и принимая среднюю ширину русла этой реки равной 1300 *м*, а плотность наносных отложений—1600 *кг/м*^{3}, можно получить среднюю высоту подъема русла за год равной примерно 60 *мм*. Однако, эта величина безусловно является завышенной, так как она не учитывает отложения в разливах реки по пойме, которыми изобилует участок реки от Ташсака до Джумуртау, а также ниже—от Чатлы до Раушана. Кроме того, при определении объемов отложений, видимо, недостаточно учтено завлечение наносов в оросительные каналы. С. Т. Алтунин, анализируя в 1945 году данные гидрометрических наблюдений по посту Чатлы за 1935—1945 годы, определил среднюю величину ежегодного повышения русла Амударьи равной примерно 13 *мм*. Но данные последующих наблюдений не подтвердили эту цифру.

Таким образом, до настоящего времени вопрос о вероятной средней многолетней величине подъема русла Амударьи все ещё остается открытым. Тем не менее, сам факт систематического подъема речного русла и поймы ни у кого не вызывает сомнений, так как только им может быть объяснено установленное топографическими съемками командное положение Амударьи над прилегающими прибрежными территориями и наличие поперечных уклонов местности в направлении от реки, в десять и более раз превышающих продольный уклон самой реки.

Отложение наносов, результатом которого явились систематический подъем дна, наращение берегов, а в период разливов—и поймы, привело к тому, что поперечное сечение русла сформировалось с ограниченной пропускной способностью. Опасным расходом для большинства створов реки следует принимать—4000—4300 *м*^{3}*/сек*, что близко к норме максимальных

расходов, составляющей при настоящем уровне развития орошения в створе Чатлы 4380 *м³/сек*.

Таким образом, разливы реки и затопление прибрежных земель возможны в период прохождения паводковых пиков почти во все годы с водностью большей, чем средняя.

Для предотвращения затопления культурных земель этими разливами вдоль берегов Амударьи, как уже отмечалось, построены дамбы обвалования. Вопросы возведения и эксплуатации этих дамб в Каракалпакии были уже рассмотрены выше в разделах 7,8 и 13 главы II.

Местные русловые деформации на Амударье проявляются прежде всего в быстрых изменениях глубины и ширины русла, которые, хотя и наблюдаются в течение всего года, наиболее резко выражены в период половодья, когда расходы воды в реке при прохождении паводковых пиков могут изменяться в в течение суток на 1000 *м³/сек* и более, что составляет 25—50% от средней величины расхода в этот период. В этих деформациях основная роль принадлежит переотложению руслоформирующих фракций наносов, к которым В. С. Лапшенков и О. А. Каюмов относят частицы крупнее 0,01—0,008 *мм*. Большое влияние имеет также движение донных наносов, сток которых для нижнего течения Амударьи принимается порядка 10% от взвешенных. Вообще понятия „взвешенные" и „донные" наносы в условиях Амударьи весьма условны, так как в составе донных наносов по сути дела лищь преобладают те наиболее крупные частицы, которые входят в состав взвешенных. При этом условная граница между взвешенными и донными наносами непрерывно меняется в зависимости от изменения скоростного поля и гидравлических элементов речного потока как в пространстве (по длине и ширине русла), так и во времени. В последнем случае эти изменения могут вызываться как изменением расхода воды, так и самим ходом русловой деформации. И все же, несмотря на такую неопределенность границы между взвешенными и донными наносами в нижнем течении Амударьи, именно характер движения донных наносов определяет характер и направление русловых деформаций.

Размеры частиц донных отложений Амударьи невелики, поэтому они перемещаются грядами (рифелями), высота которых по данным С. Т. Алтунина может достигать 2 *м*, а длина 40—60 *м* при верховом откосе равном 20—30 *м*. Скорость движения гряд в 1000—2000 раз меньше скорости течения речного потока. Поэтому при быстром уменьшении расхода воды на спаде паводка энергия потока оказывается недостаточной для дальнейшего перемещения гряд, которые останавливаются и после заполнения наносами промежутков между их гребнями превращаются в отмели (каиры).

Образующиеся отмели не только затрудняют судоходство, вызывая необходимость периодического изменения судового хода

и корректировки лоцманских карт, но в ряде случаев оказывают весьма вредное влияние на обеспечение головного водозабора в оросительные каналы, сильно ухудшая условия подхода речного потока к точке водозабора вплоть до полного отхода его от этой точки. Такое ухудшение условий водозабора довольно часто имеет место перед головными участками каналов Ташсака, Клычбай, Ургенчарна и Октябрь арна Хорезмской области.

В Каракалпакии эти явления наблюдаются на Пахтаарнинской оросительной системе, в редкие годы они имели место весною и на системе канала имени Ленина. Так, весной 1947 года в результате переформирования на подходе к мысу Тахиаташ образовалось правобережное прямолинейное русло, питавшее этот канал обратным ходом через быстро заилявшийся проток-затон.

Классический пример систематических изменений условий водозабора являет межреспубликанский канал Канчак-Бозсу, орошающий земли Амударьинского района Каракалпакской АССР и Ташаузской области Туркменистана. Несмотря на расположение головного регулятора на неразмываемом скалистом берегу вблизи сопки Тахиаташ и на достаточную устойчивость противоположного правого берега, представляющего подножье горного хребта Султануиздаг, русло реки в течение года довольно систематически перемещается то к левому, то к правому берегу. В последнем случае перед головным сооружением образуется большая отмель шириной 500—700 *м* и длиной 2—3 *км*. Обеспечение водозабора в канал в это время достигается с помощью прорези, устраиваемой в отмели и непрерывно поддерживаемой землесосами. Длина прорези в отдельные годы доходила до 1200 *м*.

Образование в русле Амударьи отмелей приводит к многорукавности. Многорукавность на Амударье наблюдается и выше по течению на участке от Керки до Чарджоу, но наиболее резко она выражена в нижнем течении между Тюямуюном и Джумуртау. На этом участке река имеет широкую пойму (5—6 *км* и более), по которой непрерывно блуждает.

Меандричность русла реки на этом участке практически выражена очень слабо. Ниже по течению многорукавность ослабевает и за створом в водозаборе Раушана река имеет одно русло с хорошо выраженными меандрами. Но первой явно выраженной меандрой является Бекябская излучина, расположенная выше Порлытау. Размыв вогнутого берега этой излучины угрожает каналу имени Ленина и железной дороге Чарджоу—Бейнеу. Однако, анализ многолетних плановых съемок изучины за период с 1874 г. по 1960 г. показал, что перемещения её в плане носят периодический характер и, видимо, серьезной опасности для указанных выше объектов не представляют. Поэтому неоднократно поднимавшийся вопрос о спрямлении Бекябской излучины до сих пор остается нерешенным, тем более, что трасса спрямления проходит в трудно размываемых глинистых

грунтах, исключающих возможность применения метода саморазмыва спрямляющего пионерного прокопа.

Возвращаясь к вопросу о многорукавности, отметим, что она является главным внешним признаком блуждающего русла, но причиной, порождающей как блуждания, так и многорукавность русла, является образование отмелей-каиров. При этом, если образующаяся отмель развивается под углом к основному направлению течения реки, то она может вызвать местное отклонение части потока в сторону берега, называемое свалом потока к берегу. По теории А. М. Мухамедова—В. Е. Тузова, поток, протекающий над такой косой отмелью, достигнув её гребня, освобождается от большей части сравнительно крупных фракций наносов, что значительно увеличивает его размывающую способность при последующем ударе в откос берега. Этим объясняются интенсивные размывы берегов боковыми свалами потока (дейгиш).

Это уникальное явление, наблюдающееся на Амударье, причиняет большой ущерб народному хозяйству Каракалпакии и смежной с ней Хорезмской области Узбекистана, подмывая расположенные в прибрежной зоне дамбы обвалования, культурные земли, оросительные каналы, дороги, хозяйственные постройки и даже населенные пункты. В период с 1937 по 1950 гг. дейгишем был полностью уничтожен целый город-старый Турткуль. В настоящее время дейгиш угрожает новому Турткулю, построенному в 15 *км* ниже места расположения прежнего города.

Обычно дейгиш проявляется на сравнительно коротком участке, редко превышающем 3—5 *км*. Причем интенсивный дейгиш, как правило, сосредотачивается на части этого участка и постепенно перемещается по периметру размыва, как правило, вверх по течению.

Продукты размыва сносятся речным потоком вниз по течению и затем откладываются у противоположного берега, создавая условия для возникновения дейгиша в новом месте. По данным С. Т. Алтунина, одновременный дейгиш возможен на $^1/_3$ общей длины берегов реки. При этом дейгишируемые участки располагаются вдоль обоих берегов реки в шахматном порядке. Наиболее интенсивный дейгиш наблюдается от Ташсака до Джумуртау. Но в этих пределах имеется ряд слабо размываемых участков, где берега сложены глинистыми грунтами или закреплены корнями деревьев (например Бадайтугай). Ниже мыса Тахиаташ и Тахиаташского гидроузла, хотя дейгиш и наблюдается, однако, интенсивность его резко понижается по мере приближения к Аральскому морю. Там, где русло Амударьи в плане имеет меандрическую форму, дейгиш заменяется размывом вогнутых берегов за счет поперечной циркуляции на изгибе, мощность которого во много раз меньше.

Для более полной характеристики дейгиша в разделе 3 настоящей главы нами приведены результаты натурных исследований, проводившихся в 1971—72 г.г. экспедицией САНИИРИ в районе пристани Турткуль. В её работе принимал участие и автор этой книги.

В каналах, питающихся из Амударьи, основным типом руслового процесса является подъем дна на большом протяжении за счет отложения клупнофракционных наносов. Однако, на участках каналов, имеющих избыточную ширину, возможно сужение русла за счет отложения наносов в пределах откосов. Сужение русла может проявляться также при сокращении расхода воды, подаваемого в канал, вследствии значительного уменьшения скоростей течения. И наоборот, при пропуске по каналу избыточных расходов воды, из-за значительного возрастания скоростей может иметь место размыв не только образовавшихся ранее отложений, но и первоначального дна и откосов канала. Такое периодическое чередование явлений заиления и размыва наблюдается, например на магистральном канале Кызкеткен, о чем, при описании Кызкеткенской оросительной системы, уже писалось выше.

Наряду с общими деформациями в каналах наблюдаются и местные деформации. Они проявляются главным образом в размыве вогнутых берегов при одновременном отложении продуктов размыва у противоположного выступающего берега.

В редких случаях имеет место проникновение в каналы песчаных гряд из реки. Перемещаясь по каналу, такая гряда вызывает местное увеличение скоростей течения, сопровождающееся размывом откосов. Иногда гряды образуются и в самом канале, особенно на участках с избыточной шириной, вызывая раздвоение русла, которое может сопровождаться слабым размывом откосов. Об этом явлении подробно написано в разделе 2 настоящей главы.

Вредные последствия русловых процессов ставят вопрос о возможности их регулирования. Подобное регулирование, очевидно, может осуществляться только путем сокращения стока наносов.

Уменьшение стока твердых взвесей в реке может быть достигнуто задержанием их в расположенных выше по течению подпертых бьефах и водохранилищах. Для низовьев Амударьи определенную роль в сокращении стока наносов будет играть строящийся Тюямуюнский гидроузел с водохранилищем, ввод в действие которого ожидается к 1980 году. Аккумуляция наносов в этом водохранилище, как уже указывалось в разделе 4 главы 1, вызовет размыв русла реки ниже гидроузла, углубляющий дно и понижающий уровни воды, который по расчетам постепенно распространится до Тахиаташского гидроузла. Однако, после полного заиления руслового водохранилища, которое по расчетам произойдет через 15—20 лет, в нижний бьеф гидроузла начнут поступать расходы воды, насыщенные наносами, что не

только прекратит дальнейший размыв дна, он может вызвать даже возобновление его подъема.

Что же касается предотвращения общего подъема дна каналов, то оно, как указывалось нами ранее при рассмотрении вопросов борьбы с заилением, вполне успешно решается задержанием наносов в головных и внутрисистемных отстойниках, с последующим удалением наносных отложений землесосами.

Регулирование местных русловых деформаций в реке необходимо для устранения или предотвращения их вредных последствий: ухудшения судового хода и условий водозабора, размыва берегов и т. п.

С этой целью могут проводиться русловыправительное землечерпание, а также работы по регулированию русла специальными регулировочными и берегозащитными сооружениями. Землечерпание в целях улучшения судового хода проводится Амударьинским управлением судоходства в очень ограниченных размерах. В гораздо большем объеме русловыпрямительные и регулировочные работы с применением землечерпания и строительством регулировочных сооружений проводятся на участках водозабора, для обеспечения плановой водоподачи в оросительные системы, особенно в период весенних промывных поливов, когда по реке проходят минимальные меженные расходы воды. Эти работы включают расчистку протоков, питающих магистральные каналы, перекрытие протоков, по которым недостающая вода может уходить в сторону от точки водозабора, устройство прорезей и перемычек, возведение различных струенаправляющих конструкций. В частности, большие работы по расчистке подводящего протока и устройству прорезей проводятся ежегодно для обеспечения водозабора в канал Пахтаарна.

До постройки Тахиаташского гидроузла, для обеспечения плановой водоподачи в каналы имени Ленина и Кызкеткен в последние годы русло Амударьи полностью перекрывалось земляной перемычкой, возводившейся ниже головного участка канала Кызкеткен. Об устройстве прорези для обеспечения водозабора в канал Кипчак-Бозсу мы указывали ранее. Интенсивный смыв берегов уже довольно давно поставил вопрос о проведении специальных противодейгишных работ. Весьма широким фронтом, с применением большого числа опытных конструкций и методов регулирования русла, эти работы проводились в период с 1937 по 1941 г. г. для защиты Турткуля. Однако, они не смогли предотвратить подмыва города из-за слабости и несовершенства применявшихся креплений и конструкций, а также малой мощности имевшихся землечерпательных механизмов.

После того, как Турткуль был окончательно разрушен рекой, противодейгишные работы проводились в основном на левом берегу Амударьи, на территории Хорезмской области, где начавшийся в конце 50-х годов интенсивный дейгиш создал угрозу размыва головных участков двух крупнейших межреспубликанских каналов: Ташсака и Клычниязбай. Первоначально эти работы органичивались креплением размываемого берега для чего применялись: заброска хворостяных фашин-карабур, пригружаемых камнями, устройство ветвистых заграждений из деревьев, к кронам которых, погружаемым в поток, подвязывались камни или мешки с землей, заброски хворостяных тетраэдров и т. п. Эти работы позволяли уменьшать интенсивность размыва берегов и в редких случаях останавливали размыв, который возобновлялся сразу после прекращения работ или их ослабления.

В то время были предприняты первые попытки организации выправительных работ. С помощью землечерпалок делались прорези, имевшие целью ослабить энергию размывающего берег потока отведением части его расхода в другую сторону. В большинстве случаев эти попытки не давали эффекта как из-за неудачного расположения прорезей, так и вследствие малой производительности парка использовавшихся землесосов.

В 1960 году Герой Социалистического Труда Ф. Ш. Шамсутдинов, бывший в то время секретарем Хорезмского обкома партии, выдвинул идею оперативного регулирования русла Амударьи мощными землесосами. По этой идее предполагалось организовать специальную службу, имеющую в своем распоряжении мощные землесосы производительностью по грунту в 500 $м^3/час$, которая на основе ежедневных промеров должна была бы устанавливать места возникновения отмелей, угрожающих образованием свалов потока к берегам, и принимать меры по их расчистке. Однако из-за отсутствия землесосов нужной производительности эта идея осталась не осуществленной.

Значительное увеличение парка землесосов к началу 70-х годов позволило вернуться к работам по выправлению русел методом прокладки прорезей. Методику расчета и проектирования таких прорезей разработал отдел русел САНИИРИ. Он обобщил материалы исследований ряда опытных спрямлений, что дало возможность составлять технически грамотные проекты прорезей. К настоящему времени на Амударье осуществлен ряд таких спрямлений, в большинстве случаев работающих хорошо. Описание спрямления, осуществленного при участии автора силами АДУОС в районе пристани Турткуль, приведено в разделе 4 настоящей главы.

Однако существенным недостатком спрямлений является то, что по мере разработки прорези и переключения в нее основной части расхода реки, прорезь начинает постепенно превращаться в обычное речное русло, в котором появляются отмели, разделяющие его на рукава, приводящие к возобновлению блужданий. Поэтому необходимо более надежное регулирование русла Амударьи защитно-регулировочными сооружениями, построенными с применением капитальных конструкций.

Проблему экономически целесообразных и эффективных конструкций защитно-регулировочных сооружений для условий Аму-

дарьи нельзя считать ещё полностью решенным. Имеющиеся предложения основываются преимущественно на результатах лабораторных опытов. Экспериментальная проверка их в натурных условиях практически ещё только намечается. Мы должны оговориться, что имеем в виду капитальные инженерные сооружения, возводимые из долговечных материалов с применением индустриальных методов производства работ, так как предшествующий богатый опыт строительства защитно-регулировочных сооружений у Турткуля и особенно у Чарджоу, где эти работы проводятся с 1892 г., ограничен применением недолговечных конструкций из местных материалов, более или менее удовлетворительная работа которых достигалась ценой громадных ежегодных затрат денежных средств, труда и материалов для их поддержания.

Попытки применять капитальные конструкции в виде сквозных шпор из железобетонных свай, шпор из сборных железобетонных тетраэдров, креплений асфальтобетонными тюфяками и т. п. пока ещё не дали желаемого результата, так как в одних случаях построенные сооружения не включились в работу из-за смещения речного потока от размываемого берега, в других — конструкции подвергались разрушению из-за низкого качества производства работ по их изготовлению или из-за неудачной установки, в частности, установки в расчете на самопогружение при размыве берега, на котором они возводились.

Тем не менее можно надеяться, что в ближайшем будущем надежные конструкции защитно-регулировочных сооружений, проверенные в натурных условиях на опытных установках, будут выработаны. Это позволит осуществить разработанную отделом русел САНИИРИ схему регулирования Амударьи от Тюямуюна до Джумуртау, предусматривающую создание устойчивого русла в виде сопрягающихся пологих меандр (излучин малой кривизны), закрепляемых системой глухих шпор. Устройство такого русла обеспечит прекращение дейгиша обоих берегов реки улучшит водозабор в канал Пахтаарна и левобережные оросительные системы Хорезмской и Ташаузской областей и, кроме того, позволит селькохозяйственно освоить значительные площади плодородных земель в пойме Амударьи.

Необходимо отметить, что регулирование русла Амударьи на рассматриваемом участке по схеме САНИИРИ увязано со строительством Тюямуюнского гидроузла и теми изменениями в ходе русловых процессов, которые ожидаются в русле реки ниже гидроузла после ввода его в действие.

Ранее ряд специалистов высказывал предположение, что в период общего размыва нижнего бьефа, на участке размыва должна наблюдаться только глубинная эрозия. Проведенные отделом русел САНИИРИ лабораторные исследования общего размыва русла на модели Тюямуюнского гидроузла, выполненной из молотого кирпича с тщательным подбором состава нано-

сов, показали, что на участке общего размыва имеет место постепенное расширение русла, с образованием в нем отмелей, делением на рукава и возникновение свалов потока, способных вызывать размывы берегов.

Учитывая это обстоятельство, а также то, что после заиления водохранилища русло реки ниже узла вновь начнет подниматься, можно полагать, что разработанная САНИИРИ схема регулирования русла Амударьи будет принята к возможно быстрому осуществлению.

В заключение настоящего раздела главы остановимся на русловых деформациях в каналах. Как правило, эти деформации не представляют какой-либо серьезной опасности для каналов. В крайнем случае размываемые откосы вогнутых берегов легко могут быть укреплены отсыпкой камня или другим типом крепления.

Особое место среди русловых деформаций в каналах занимает формирование суженного устойчивого русла на участках, имеющих избыточную ширину. Этот тип русловых деформаций нами положен в основу нового метода строительства каналов „с внутренними резервами", применение которого при реконструкции существующих оросительных систем дает высокий экономический эффект. Сущность этого метода, методика расчетов и проектирования, а также характеристики экономической эффективности его применения излагаются в следующем разделе этой главы.

2. СВЯЗЬ УСТОЙЧИВОСТИ КАНАЛА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ И НАНОСНЫМ РЕЖИМОМ И ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РУСЛА.

Согласно современным воззрениям теория движения взвешенных наносов сводится к следующим положениям. В каналах, вследствие взаимодействия потока с шероховатым руслом, возникает и поддерживается система крупномасштабных возмущений, размеры которых соизмеримы с размерами потока. Эти возмущения, имеющие почти закономерный структурный характер, вместе с вихреобразованием у стенок образуют спектр пульсации скоростей различной частоты. Наносы поддерживаются во взвешенном состоянии направленными вверх пульсационными скоростями, возникающими в зоне придонного слоя между потоком и твердым дном. При определенных гидравлических условиях устанавливается равенство между количеством наносов, поднимаемых вверх массами жидкости, перемещающимися в процессе турбулентного перемешивания, и количеством наносов, опускающимся вниз за счет силы тяжести.

Определение значений вертикальных составляющих скоростей пульсации (W) вызывает большие затруднения. В. М. Маккавеев

исходя из предположения, что интенсивность турбулентности одинакова для всех направлений, получил: $W=\sqrt{g_{ni}}$
где g ускорение силы тяжести в *м/сек*²:

H—глубина в *м.*;

i—уклон водной поверхности.

Опытные данные показывают, что максимальное значение вертикальной составляющей скорости пульсации у дна зависит от динамической скорости (v_*) и имеет однозначную связь с максимальной гидравлической крупностью взвешенных наносов, которая согласно графику на рис. 23 выражается зависимостью: $W_{max}=0{,}5v_*=0{,}5\sqrt{gRi}$, где R—гидравлический радиус.

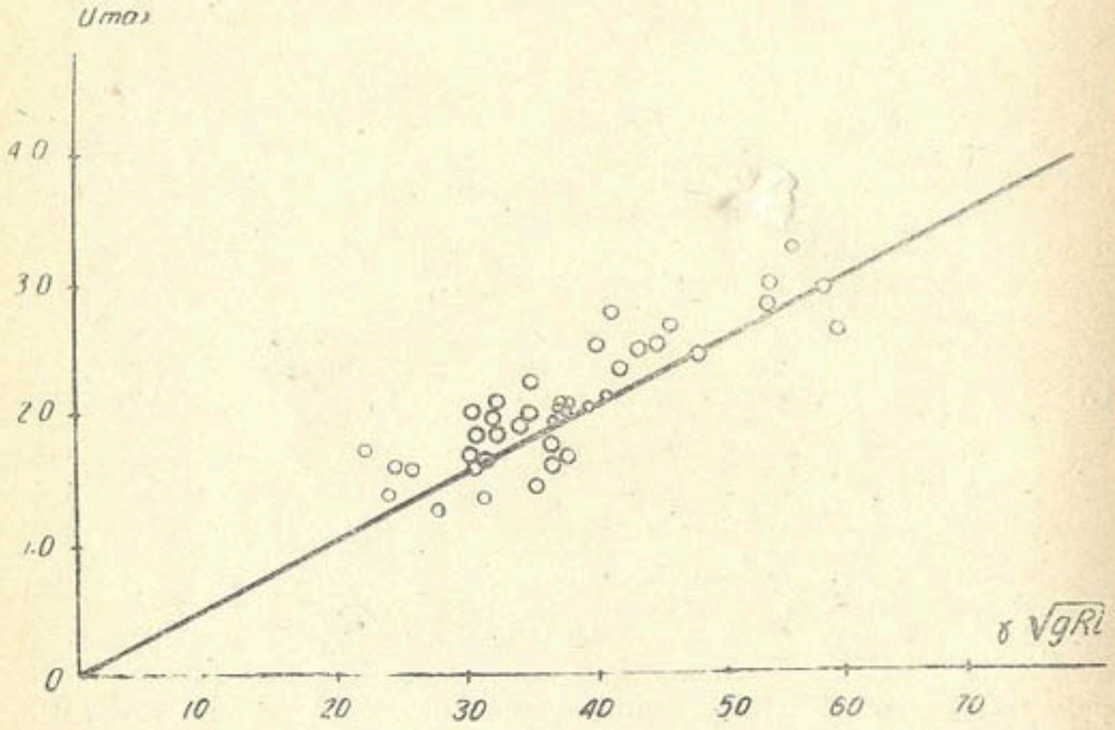


Рис. 23. Зависимость максимальной гидравлической крупности от динамической скорости потока.

Полагая, что взвешивание наносов происходит, в основном за счет пульсационной энергии, которая составляет незначительную долю основной энергии потока, напишем $\delta\rho\dot{u}=\mu v_* i$ где $\delta=\frac{\gamma_н-\gamma}{\gamma_н}$;

ρ—мутность потока *кг/м*³,

$\dot{u}$—средняя гидравлическая крупность:

γ—удельный вес воды;

$\gamma_н$—удельный вес наносов.

Данные полевых исследований, нанесенные на график на

рис. 24 показывают, что для каналов с расходом $Q>4м^3/сек$, $\mu=0{,}67$, следовательно: $\delta\rho\dot{u}=0{,}67\gamma v_* i$,

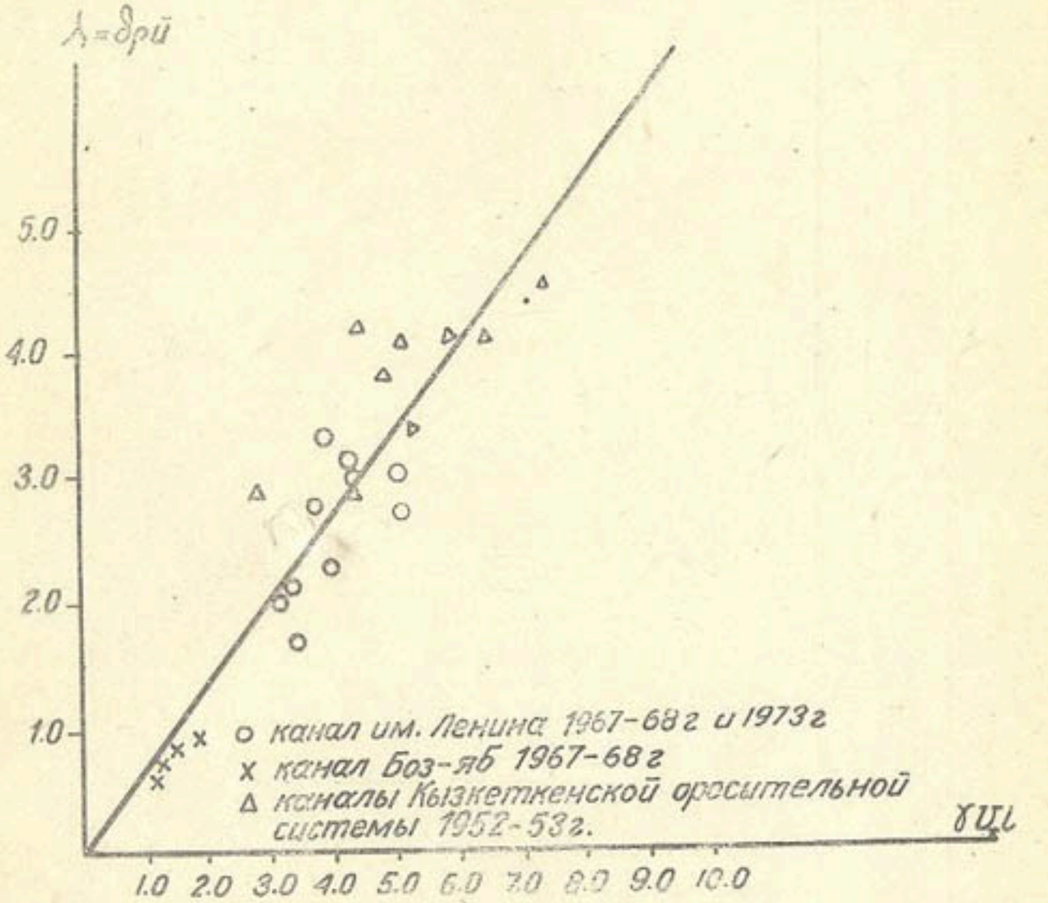


Рис. 24. Зависимость $\lambda=(\mu v_* i)$

Критерием устойчивости каналов, предполагающим отсутствие заиления и размыва, может служить отношение работы взвешивания к энергии пульсации:

$$\mu=\frac{\delta\rho\dot{u}}{\gamma v_* i}=0{,}67$$

При анализе материалов полевых исследований были отобраны данные, отвечающие критическому режиму и допускающие незначительное заиление или размыв.

Для составления графиков, показанных на рис. 23 и 24, использованы осредненные данные, отвечающие по возможности большому числу опытных точек, с тем, чтобы отдельные отклонения были сглажены, (табл. 44).

Полученную зависимость без коэффициента устойчивости можно использовать при классификации каналов по режиму их

Таблица 44

Гидравлические и наносные характеристики канала имени Ленина

Дата	кол-во замеров	ρ кг/м³	$10^3 \vartheta$ м/сек	$10^3 \vartheta_{гр}$ кг/м²	$10^4 i$	$10^3 v_*$ м/сек	R м	v м/сек	$10^3 \gamma_{ср}$ кг/м³	Фракционный состав кг/м³			
										> 2	2—0,2	0,2—0,02	<0,02
канал имени Ленина (1967 год)													
24.VI	3	3,2	1,11	2,3	1,11	35,6	1,2	0,56	2,95	0,38	0,96	1,73	1,13
13.VII	5	3,06	0,88	1,7	1,03	33,3	1,1	0,525	3,43	0,36	0,94	1,52	0,24
18.VI	5	2,93	1,1	2,06	1,35	38,3	1,16	0,625	5,1	3 48	0,82	1,44	0,19
3.VIII	7	4.2	0,04	2,78	1,07	34,6	1,08	0,54	3,7	0,54	1,39	2,04	0,24
15.VIII	7	4,7	0,805	2,08	1,04	32,1	1,06	0,52	3,35	0,38	1,14	2,2	0,35
Канал имени Ленина (1968 год)													
18.V	5	3,48	1,6	3,54	0,86	29,2	1,02	0,45	2,52	0,68	1,35	1,27	0,18
11.VI	4	3,61	1,33	3,06	1,33	38,1	1,13	0,57	5,05	0,48	1,06	1,88	0,08
22.VI	5	4,01	1,22	3,18	1,17	36,5	1,18	0,58	4,26	0,75	1,49	1,63	0,14
11.VIII	3	3,65	1,15	2,66	1,25	41	1,38	0,66	5,1	0,57	1,21	1,73	0,14
16.VIII	6	4,59	1,14	3,27	1,02	37,4	1,41	0,62	3,8	0,58	1,34	2,35	0,15
11.IX	5	2,25	1,4	2,01	1,02	30,3	0,94	0,45	3,13	0,29	0,56	1,18	0,22
канал Бозяб (1967 год)													
25.VI	4	1,1	0,8	0,56	0,58	21,1	0,86	0,296	1,2	0,08	0,42	0,41	0,2
5.VII	4	3,38	0,46	0,98	0,88	22,7	0,67	0,29	1,98	0,09	0,57	2,6	0,12
	3	2,6	0,52	0,86	0,71	21	0,64	0,27	1,5	0,11	0,85	1,47	0,17
	3	2,11	0,62	0,84	0,69	20,7	0,63	0,27	1,43	0,1	0,69	1,05	0,27
19.VIII	4	3,62	1,02	2,34	2,1	33,6	0,55	0,42	7,1	0,35	1,38	1,69	0,2
7.IX	4	1,46	0,6	0,61	0,9	22,8	0,59	0,29	2,05	0,1	0,38	0,8	0,18
канал имени Ленина (1973 год)													
I.VIII	—	4,1	1.17	3,03	1,08	40,02	1,54	0,72	4,35	0,55	1,1	1,8	0;2

работы и для разработки мероприятий по борьбе с заилением оросительных систем. В эксплуатационных условиях обычно производят замеры скоростей и других элементов, кроме уклона. Поэтому целесообразно при определении уклона принимать значения коэффициентов шероховатости по графику на рис. 25. составленному на основании многолетних данных.

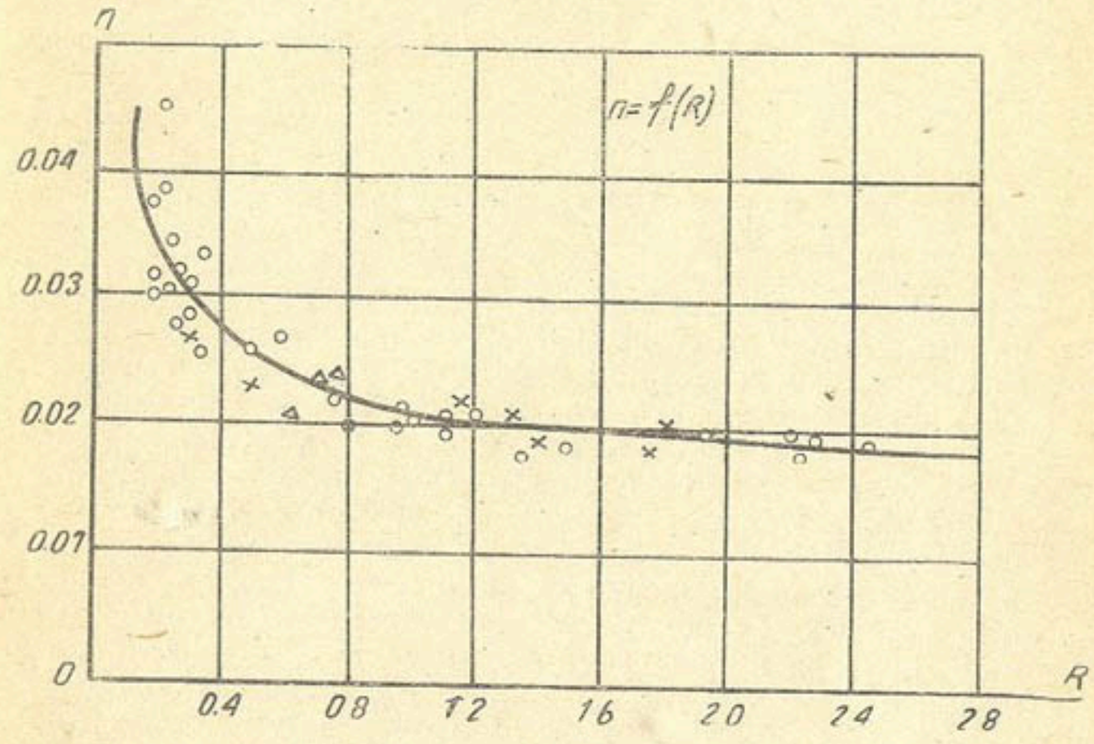


Рис. 25. Зависимость коэффициента шероховатости от гидравлического радиуса.

Поступая из канала нормального сечения на расширенный и заглубленный участок, водный поток резко ослабляет свою транспортирующую способность, результатом чего является интенсивное отложение наносов и изменение гидравлических элементов русла. Это явление, получившее название переформирования русла каналов, изучалось на участке спрямления канала имени Ленина и в канале Бозяб.

Спрямление канала имени Ленина было устроено в порядке опыта на семьдесять третьем километре для замены крупной петли длиной 6,5 *км*, проходившей по косогору (рис. 26). Правая дамба этой петли была с изъянами и почти ежегодно подвергалась прорывам во многих местах. Низкое качество дамбы

Рис. 26. План участка спрямления канала имени Ленина.

в известной степени определялось тем, что строительные резервы, из которых она была насыпана, располагались вблизи её низового откоса, что искусственно увеличило напор фильтрации из канала. Спрямление длиной 3,5 *км* сократило общую длину канала имени Ленина на 3 *км*, что привело к уменьшению потерь воды на фильтрацию, сокращению объемов очистки и потенциальному уменьшению строительных работ в случае расширения канала.

Так как трасса спрямления проходит по низине, то оно должно было бы быть осуществлено в дамбах с подсыпным дном. Насыпка дамб при имеющейся мощной землеройной технике не вызывала затруднений. Что же касается устройства подсыпного дна, то его целесообразность вызвала сомнения, поскольку, проходя по заглубленному участку канала поток сможет быстро произвести наращение ила за счет отложения наносов. Развивая эту мысль, пришли к выводу, что целесообразно резервы для насыпки дамб заложить на дно строящегося канала-спрямления, соответственно раздвинув дамбы. При этом предполагалось, что отложение в канале вызовет не только подъем ила, но и сокращение ширины русла.

Исследования спрямления канала имени Ленина были начаты 12 октября 1966 года, когда в связи с окончанием вегетационного периода расход воды в канале был уменьшен до 6,7 *м³/сек.* При этом в начале участка происходило интенсивное отложение наносов, вследствие чего на пикете 15 (от начала спрямления) имело место полное осветление потока. Наблюдения 1966 года показали, что при малых расходах, не соответствующих проектному сечению канала в русле, создавались условия для деления потока на рукава, в результате чего после трехмесячной работы канала, образовавшиеся на пикете 10 наносные отложения разделили живое сечение потока на две части. В 1967 году при пропуске по каналу расходов воды, близких к нормальным,

эти отложения были смыты и нормальное сечение канала восстановилось.

В начальной части спрямления наблюдалась незначительная извилистость русла в плане, которую можно объяснить сбойностью течения на подходе к спрямлению. Динамическая ось потока на участке канала от нулевого пикета до пикета 15 располагалась в середине сечения в створе, на пикете 19—перемещалось в левую сторону, а в створе пикета 24—в правую. Изменение глубины и ширины русла на участке выше пикета 10 происходило довольно интенсивно, а на участке ниже пикета 15 значительно медленнее (особенно ширины русла), о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 45.

Таблица 45

Изменение глубины и ширины, самоформирующегося русла спрямления по створам за период с 12 октября 1966 г. 28 августа 1967 года

(в метрах)

Отвор на пикете	Ширина в 1966 г.	Ширина на 28/VIII 1967 г.	Сужение в % к 1966 г.	Глубина в 1966 г.	Глубина на 28/VIII-1967 г.	% % уменьшения глубины от 1966 г.	Слой заиления
4	54	44	19	3	1,5	50	1,5
6	55	44	18	3,5	1,3	43	2,2
16	54	50	8	4,6	1,5	67,5	3,17
24	54	52	3,4	4,6	1,4	70	3,12

Из таблицы видно, что ширина русла в 1967 году на пикете 4 уменьшилась в 1,25 раза (или на 19% от первоначальной), а на пикете 24—в 1,04 раза, тогда как глубина уменьшилась в 2—3 раза.

Интенсивное осаждение наносов на участке спрямления канала имени Ленина наблюдалось с октября 1966 г. до апреля 1967 г. При этом на расположенном ниже участке вода в канале была полностью осветленной. Изменение мутности, степени осветления потока и средней гидравлической крупности по времени и по длине участка показаны на рис. 27, 28 и 29.

Осветление потока в 1966 году до пикета 20 было стопроцентным. С течением времени оно стало уменьшаться. В конце 1967 года осветления потока выше пикета 25 не наблюдалось, только на концевом участке от пикета 25 до пикета 85 имело место осаждение 5—10% наносов, т. е. входная и выходная мутности воды практически сравнялись.

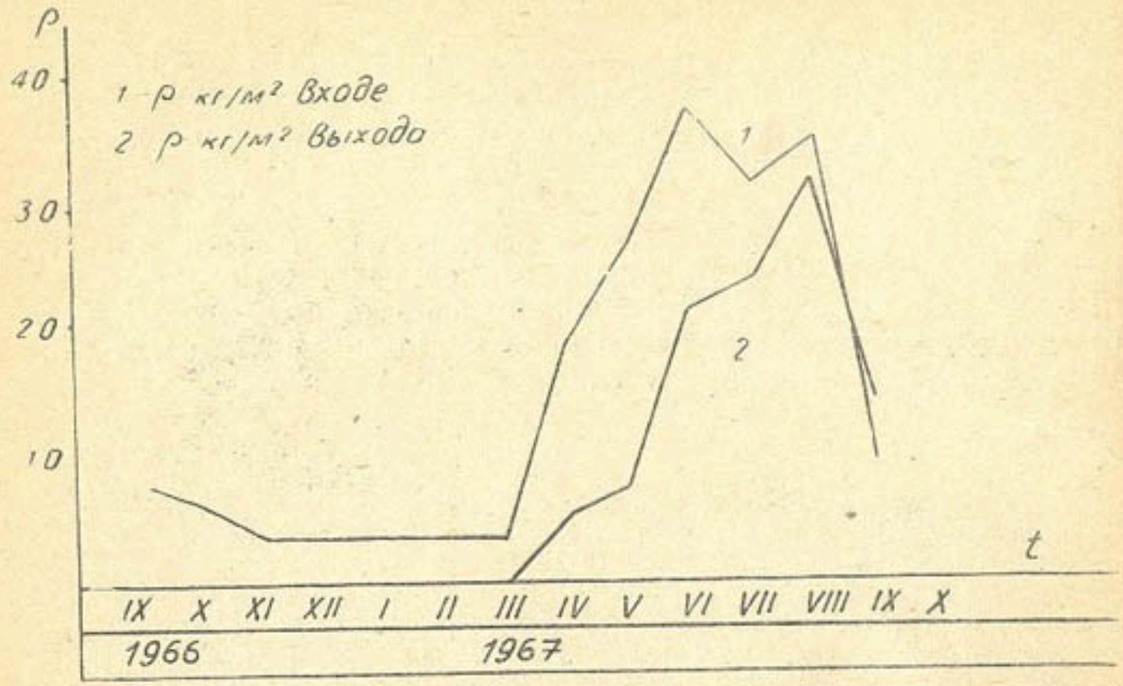


Рис. 27. Изменения мутности на входе и на выходе спрямления.

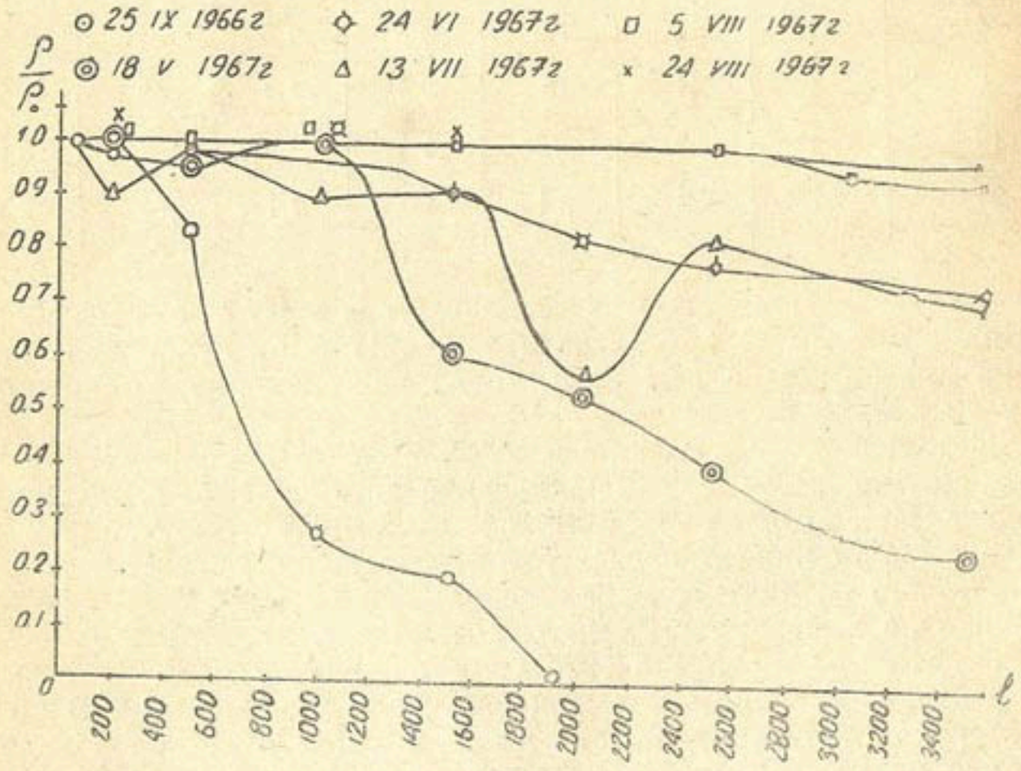


Рис. 28. Изменения степени осветления потока по длине и по времени.

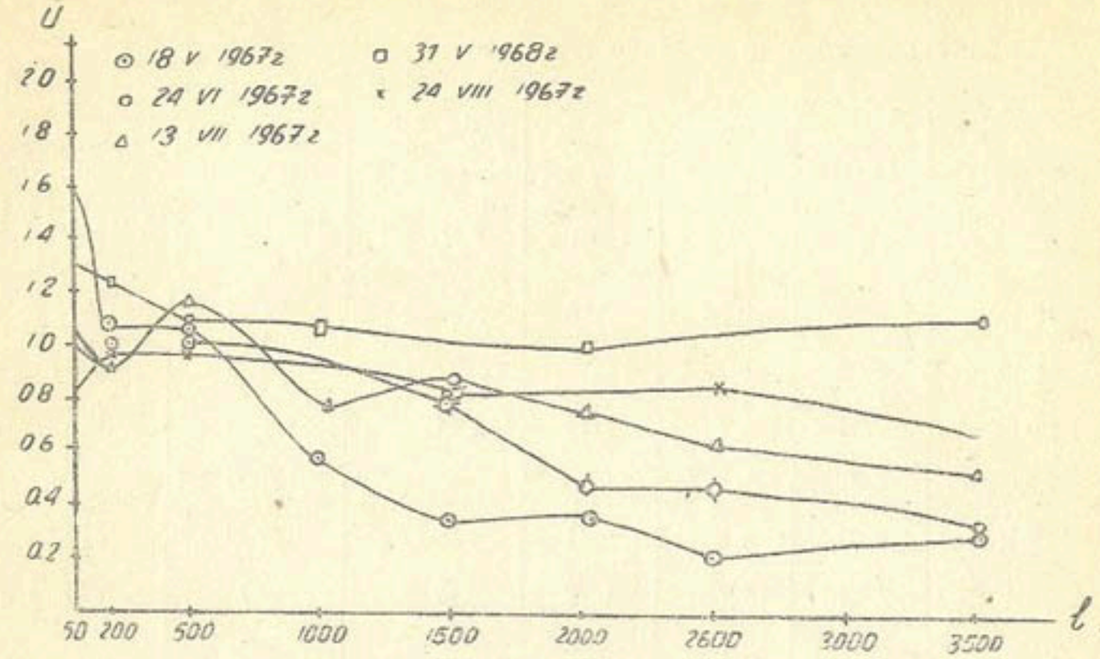


Рис. 29. Изменения среднегидравлической крупности по времени и по длине.

В течение вегетационного периода 1968 года осветление потока в зависимости от количества поступающих наносов колебалось от 0 до 10%, причем иногда выходная мутность превышала входную. Это свидетельствует о том, что в 1968 г. в канале сформировалось достаточно устойчивое сечение. В процессе осаждения наносов сначала оседали все частицы. В дальнейшем, при общем осветлении потока до 70% оседали полностью только песчаные частицы с гидравлической крупностью более 2 *мм/сек*. При осветлении до 35% оседало лишь 45% частиц наносов с гидравлической крупностью 2 *мм/сек*.

За период с 12 сентября по 31 октября 1960 г. на участок спрямления поступило 16700 $м^3$ взвешенных наносов, из которых в пределах от нулевого пикета до пикета 15 осело 12700 $м^3$. По данным промеров поперечных сечений, объем отложений на этом участке составил за этот период 12225 $м^3$, что подтверждает достоверность объема заиления, подсчитанного по мутности.

В 1966 г. интенсивное выпадение наносов происходило на начальном участке канала, причем 80% поступавших в канал наносов оседало на участке выше пикета 15 и все 100% выше пикета 17. Затем заиление постепенно стало распространяться на нижележащие участки.

Данные о поступлении наносов в канал и осаждении их по участкам приведены в табл. 46.

Таблица 46

Поступление и осаждение наносов на участке спрямления канала имени Ленина за 1966 г.

Дата	Расход воды $м^3/сек$	мутность $кг/м^3$		поступило в канал наносов тыс. $м^3$	Отложение наносов выше пикета 15 m	Объем отложившихся наносов выше пикета 15 $м^3$
		на головном участке	на пикете 15			
12.IX	6,33	0,76	0,18	3080	2360	1885
18.IX	6,92	0,79	0,19	3700	3105	2480
26.IX	7,37	0,7	0,14	2420	1815	1450
1.X	6,37	0,67	0,28	4325	3000	2400
13.X	6,47	0,64	0,11	5600	4700	3760
25.X	56,16	0,63	0,19	1710	930	745
31.X	5,16	0.66	0.39			
Итого		0,69		20836	15910	12720

Объем отложившихся наносов определен из расчета на объемный вес отложений, (γ) равный 1,25 $т/м^3$.

В 1967 году за период с января по октябрь месяцы в спрямление поступило 861,25 тыс. $м^3$ наносов, из которых осело по всей длине участка 303,1 тыс. $м^3$, или 55% поступивших наносов. Объем отложений, определенный на основе промеров поперечного сечения в 1967 году за указаный выше период составил 518,45 тыс. $м^3$. Поступление наносов и объемы заиления исследуемого участка в разрезе месяцев показаны в табл. 47.

Построенный по данным этой таблицы график изменения объема заиления по времени показан на рис. 30. Как следует из этого графика, к концу августа 1967 года русло сформировалось и его дальнейшее заиление прекратилось.

В канале Бозяб в течение вегетационного периода при расходах 2,5—4,5 $м/сек^3$ формировалось устойчивое сечение, располагавшееся в середине прямолинейного в плане русла без сколько-нибудь выраженной извилистости потока. Мутность воды на головном участке канала колебалась от 1,5 до 4,3 $кг/м^3$. Осветление потока в начале вегетации и в апреле месяце достигало 35% а в конце вегетации снизилось до 15%.

В результате полевых исследований спрямлений каналов имени Ленина и Бозяб были получены гидравлические и наносные характеристики исследуемых участков. Обработка этих данных позволила построить показанные на рис. 31 и 32 графики

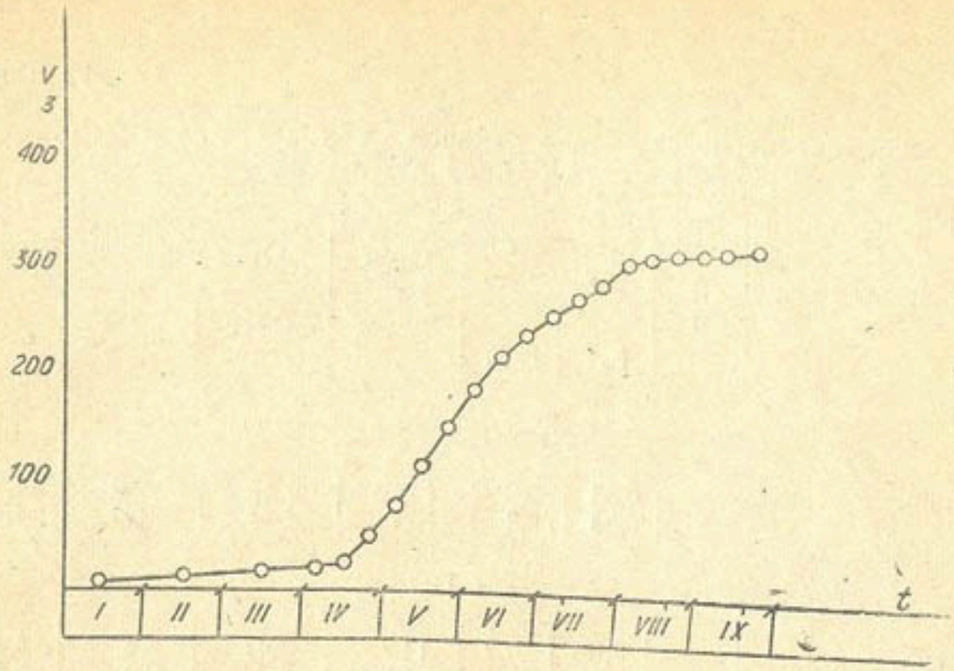


Рис. 30. Объем заиления по времени.

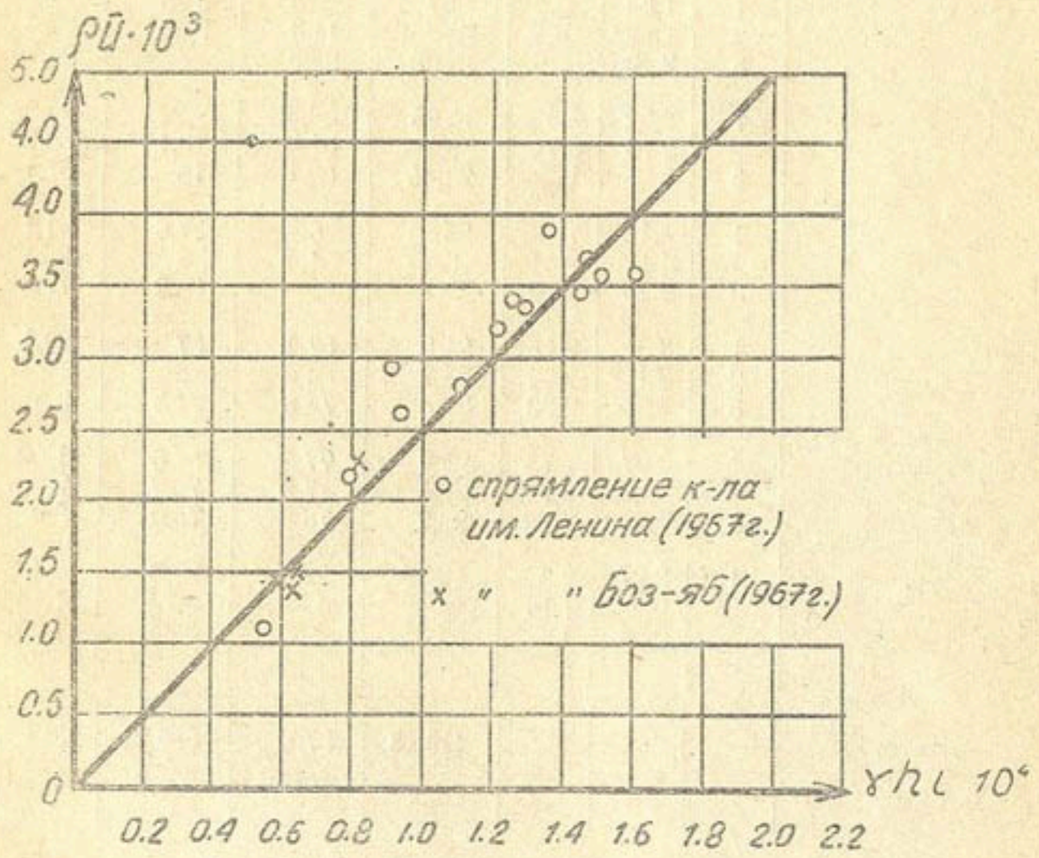


Рис. 31. Зависимость нагрузки потока от γhi

Таблица 47

Поступление и осаждение наносов на участке спрямления канала имени Ленина за 1966—1967 гг.

Месяцы	декада	Мутность кг/м³		Сток воды млн. м³	Сток наносов тыс. м³		
		ρ_0	$\rho_{вых}$		поступление	выход	осело
1966 год							
Ноябрь		0,38	0,0	14,03	4,27	0,0	4,27
Декабрь		0,38	0,2	14,7	4,47	0,0	4,47
1967 год							
Январь		0,38	0,0	14,7	4,47	0,0	4,47
Февраль		0,38	0,0	21,3	6,4	0,0	6,4
Март		0,38	0,0	16,07	4,87	0,0	4,87
Апрель	1	1,86	0,5	1,84	2,75	0,73	2,02
	2	1,86	0,5	7,58	11,3	3,04	8,26
	3	2,32	0,6	18,05	8,65	—	24,75
Май	1	2,32	0,6	19,35	35,8	9,24	26,55
	2	2,78	0,71	23,1	31,3	13,1	38,2
	3	3,08	1	22,45	55,1	18	37,1
Июнь	1	4,16	1,9	23,65	78,7	37,6	41,1
	2	4,12	2,44	19,45	64,1	38	26,1
	3	3,25	2,19	20,1	53	35,2	17,8
Июль	1	3,32	2,15	21,5	57,1	37	20,1
	2	3,1	2,24	25,7	64,0	46	18
	3	3,35	2,92	27,5	73,8	64,3	9,5
Август	1	3,37	2,78	25,9	77,5	57,6	19,9
	2	3,62	3,75	26,6	77,3	79,9	2,6
	3	3,6	3,45	27,2	78,2	75,0	3,2
Сентябрь	1	2,27	2,3	12,55	22,8	23,2	0,4
	2	0,9	1,16	6,58	4,96	6,12	1,16
	3	0,04	1,16	5,98	4,5	5,55	1,05
Итого:				415,88	870,09	558,24	311,85
в т. ч. за 1967 г.					861,25	558,24	303,11

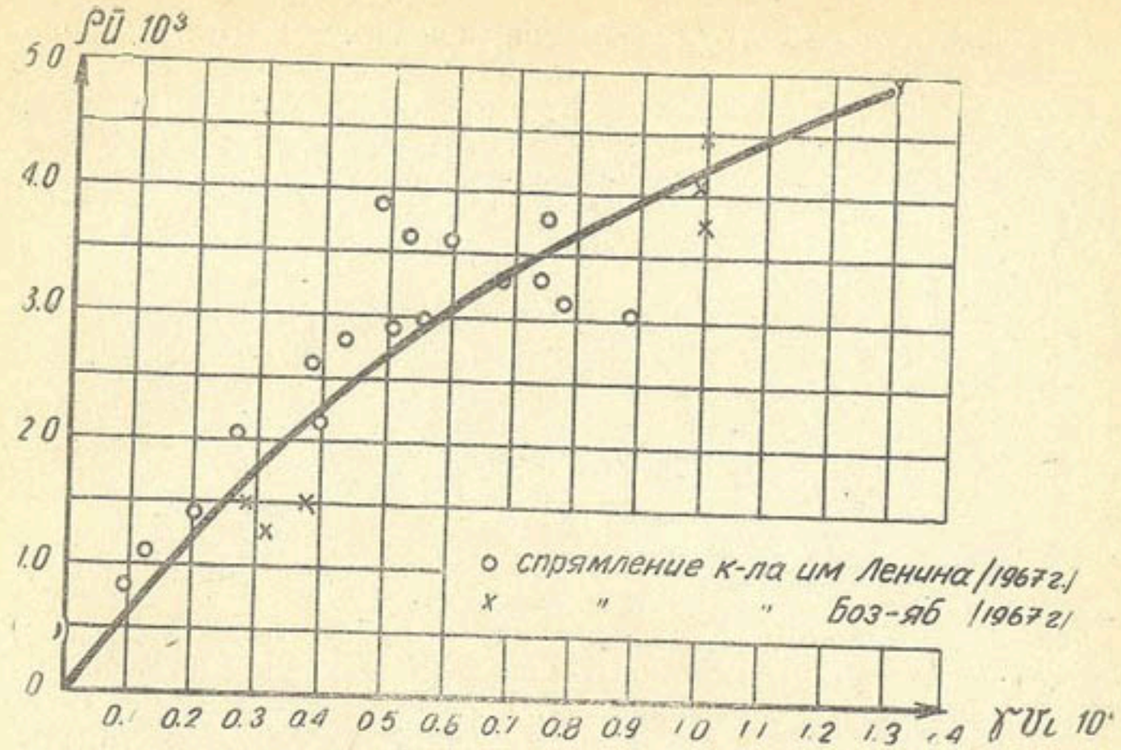


Рис. 32. Зависимость нагрузки потока от γvi

зависимости нагрузки потока от глубины (произведения γhi) и скорости течения (произведения γvi). Кривые этих графиков могут быть описаны следующими выражениями:

$$\rho\hat{u} = 25hi,$$
$$\rho\grave{u} = 45(vi)^{0.76},$$

где h—средняя глубина потока в метрах,
v—средняя скорость течения в метрах в секунду,
i—уклон водной поверхности.

Отклонение натурных точек от кривых, построенных по первому выражению, составляет для спрямления канала имени Ленина + 12 — 17%, а для канала Бозяб+22—25%. Для второго выражения соответственно, получено ±16% и ±24%.

3. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗМЕРЫ САМОФОРМИРУЮЩИХСЯ РУСЕЛ

В ходе руслообразующего процесса размеры формирующегося канала изменяются с течением времени, пока не наступит равновесие действующих и сопротивляющихся сил с учетом наносов.

Поток, формирующий свое русло из транспортируемых наносов, создает устойчивую форму сечения, соответствующую

состоянию подвижного равновесия, складывающегося как результат взаимодействия потока и русла. Расширенный и углубленный участок канала, начальные размеры которого не отвечают условию стабильности, приобретает устойчивую форму сечения в результате заиления русла. Самоформирующийся участок канала, протекающего в слабых несвязанных грунтах собственных отложений, легко деформируется до приобретения устойчивых размеров.

По результатам наших исследований размеры формирующегося русла зависят от расхода воды, уклона русла, фракционного состава и количества наносов, поступающих в канал. При этом зависимость ширины формирующегося устойчивого русла от расхода воды и уклона хорошо описывается выражением:

$$B = K\sqrt{\frac{Q}{i}},$$

Х. Ш. Шапиро для определения ширины по урезу воды, русел, формируемых потоком в каналах, имеющих водозабор из Амударьи рекомендует принимать $K = 0{,}1$.

Данные полевых исследований последних лет, проведенных на участке спрямления излучин реки, показывают, что устойчивая ширина по урезу воды согласно рис. 33а выражается уравнением

$$B = K\left(\frac{Q}{\sqrt{gi}}\right)^n,$$

где $K = 31{,}2$ $n = 0{,}84$.

Эти уравнения можно использовать при расчете ширины прокопа при проектировании спрямления излучин рек.

По данным наших исследований (рис. 33), ширину формируемого потоком устойчивого русла лучше определять по формуле:

$$B_{уст.} = 0.08\sqrt{\frac{Q}{i}},$$

дающей отклонения вычисленных величин от наблюдаемых в процессе исследований в пределах $\pm 5 : 12\%$.

Ширина участка русла, где проводились исследования, была увеличена против проектной в два раза и в начале процесса переформирования, как это показано на рис. 33, совершенно не соответствовала условию устойчивости. Однако с течением времени на исследуемом участке сформировалось стабильное прямолинейное в плане русло, хотя ширина потока оставалась большей, чем необходимой для расчетной устойчивости.

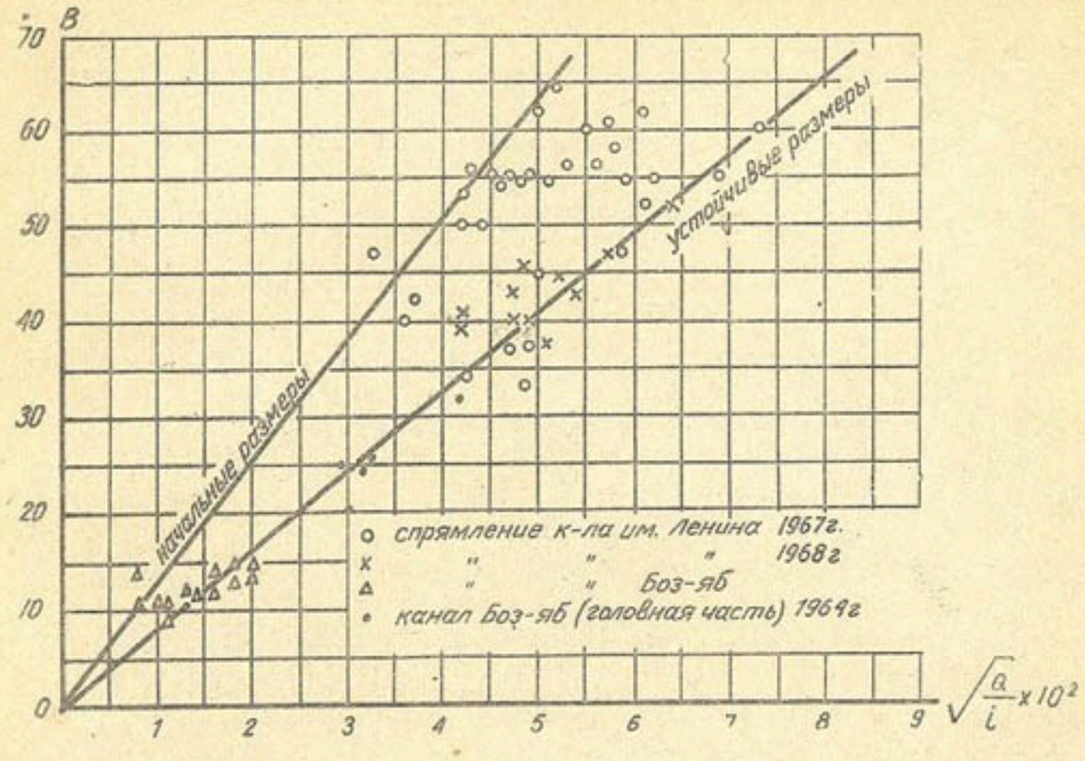


Рис. 33. Зависимость ширины потока от $\sqrt{\frac{Q}{i}}$

Предельная ширина, при которой возможно образование устойчивого русла с сохранением прямолинейности потока в плане, по данным наших исследований, может определяться по следующим формулам:

$$B_{пр} = 0.13\sqrt{\frac{Q}{i}} \text{ или}$$

$$B_{пр} = 1{,}65\, B_{ус}.$$

Эти формулы носят весьма частный вид, так как не учитывают в явной форме состава и количества наносов, поступающих в канал. Анализ данных полевых исследований показывает, что ширина устойчивого русла поверху зависит от состава и количества наносов, проходящих через сечение потока или от транспортирующей способности потока.

В целях учета влияния транспортирующей способности потока на ширину устойчивого русла, мы произвели обработку полученных нами опытных данных и построили приведенные на

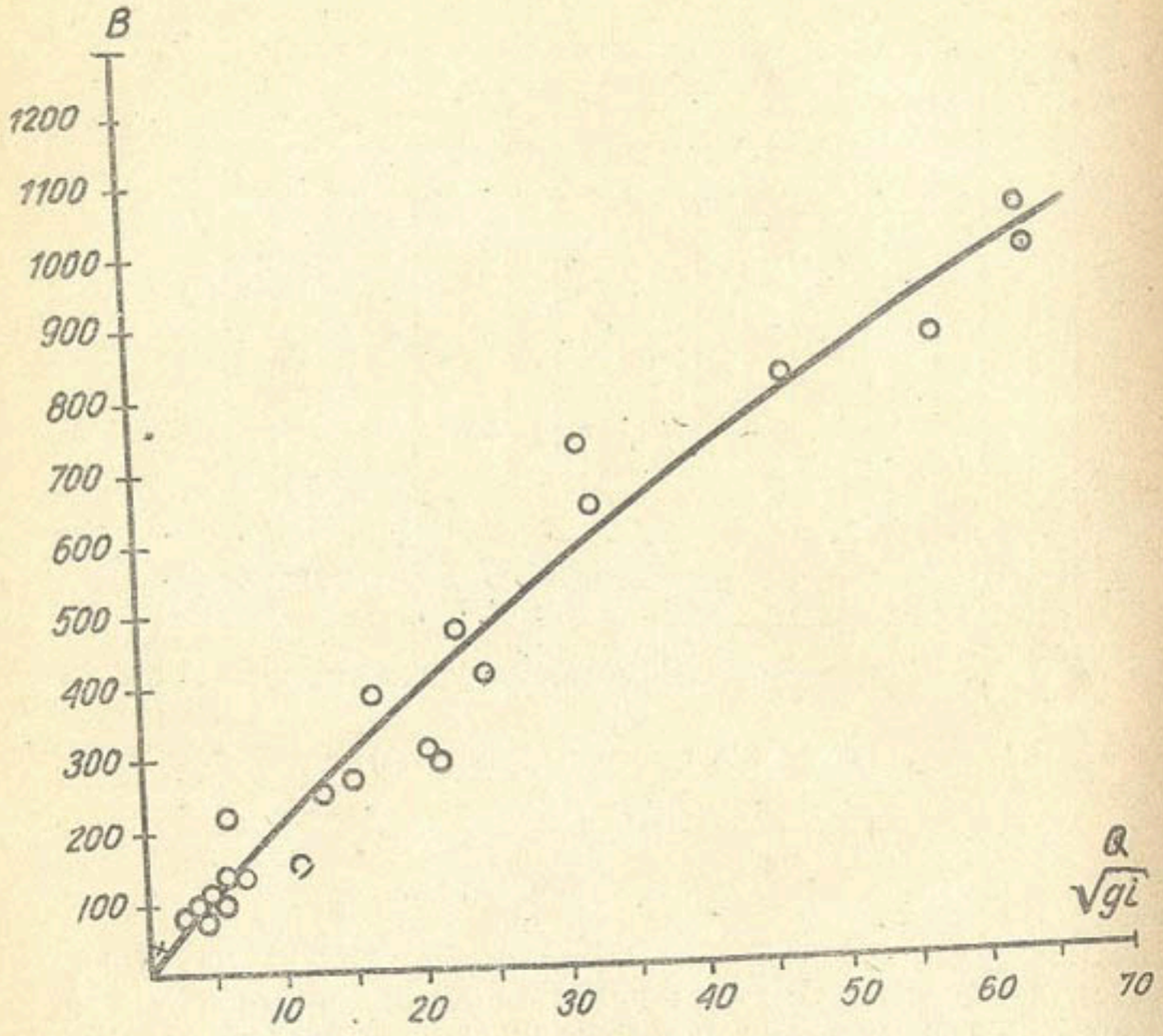


Рис. 33а Зависимость ширины потока

от $\frac{Q}{gi}$

рисунках 34 и 35 графики зависимости ширины устойчивого русла от величин, включающих нагрузку потока. Обработка построенных кривых привела к следующим выражениям для определения устойчивой ширины потока по урезу воды:

$$B_{уст} = \sqrt{\frac{\rho\hat{u}Q}{i}},$$

$$B_{уст} = 1{,}12\sqrt{\frac{\rho\hat{u}Q}{\gamma hi}},$$

где ρ — мутность потока в килограммах на кубометр.

$\hat{u}$ — средняя гидравлическая крупность наносов в миллиметрах в секунду.

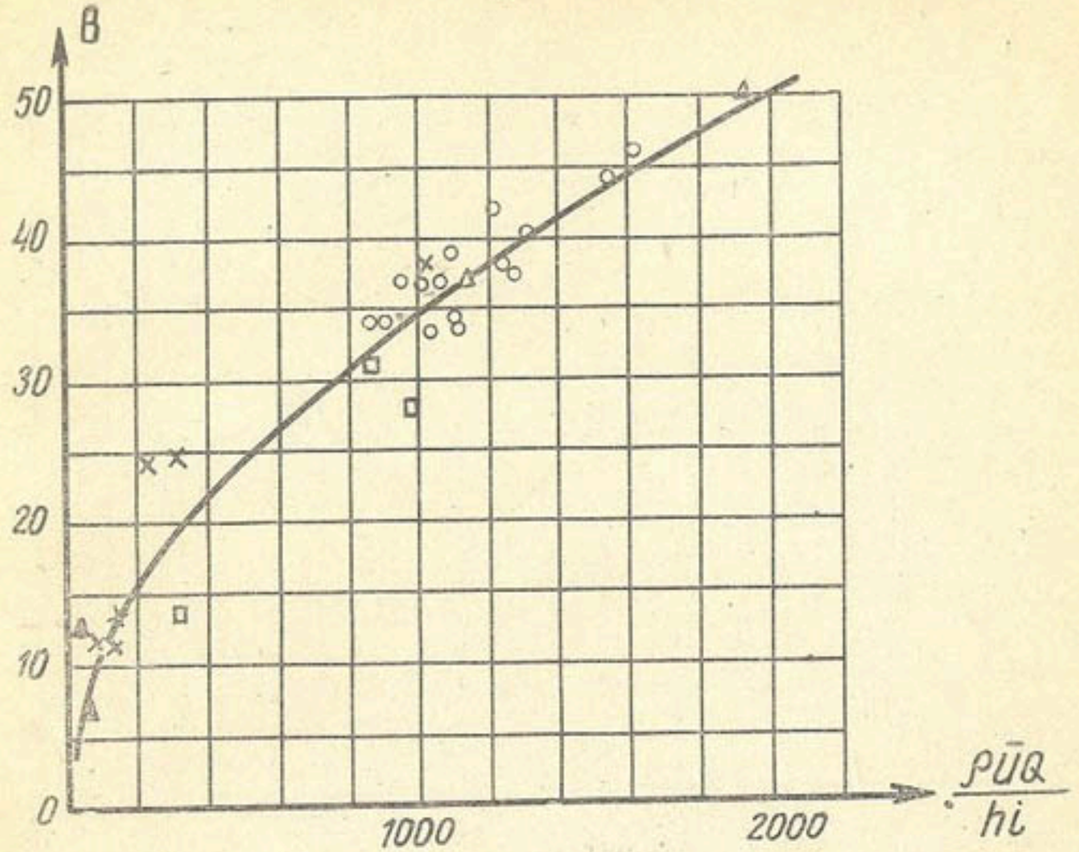


Рис. 34. Зависимость устойчивой ширины

от $\frac{\rho Q\bar{u}}{hi}$

При установлении зависимости ширины потока от транспортирующей способности были отобраны данные с предельным насыщением потока наносами, исходя из постоянства значений B по участкам и допуская лишь как исключение их незначительные отклонения.

Отклонения значений $B_{уст}$, вычисленных по приведенным формулам, от наблюдавшихся составляют $\pm 8\%$ при применении первой формулы, и $\pm 11\%$ в случае второй.

Следует подчеркнуть, что полученные формулы могут быть рекомендованы только для расчета устойчивой ширины русел,

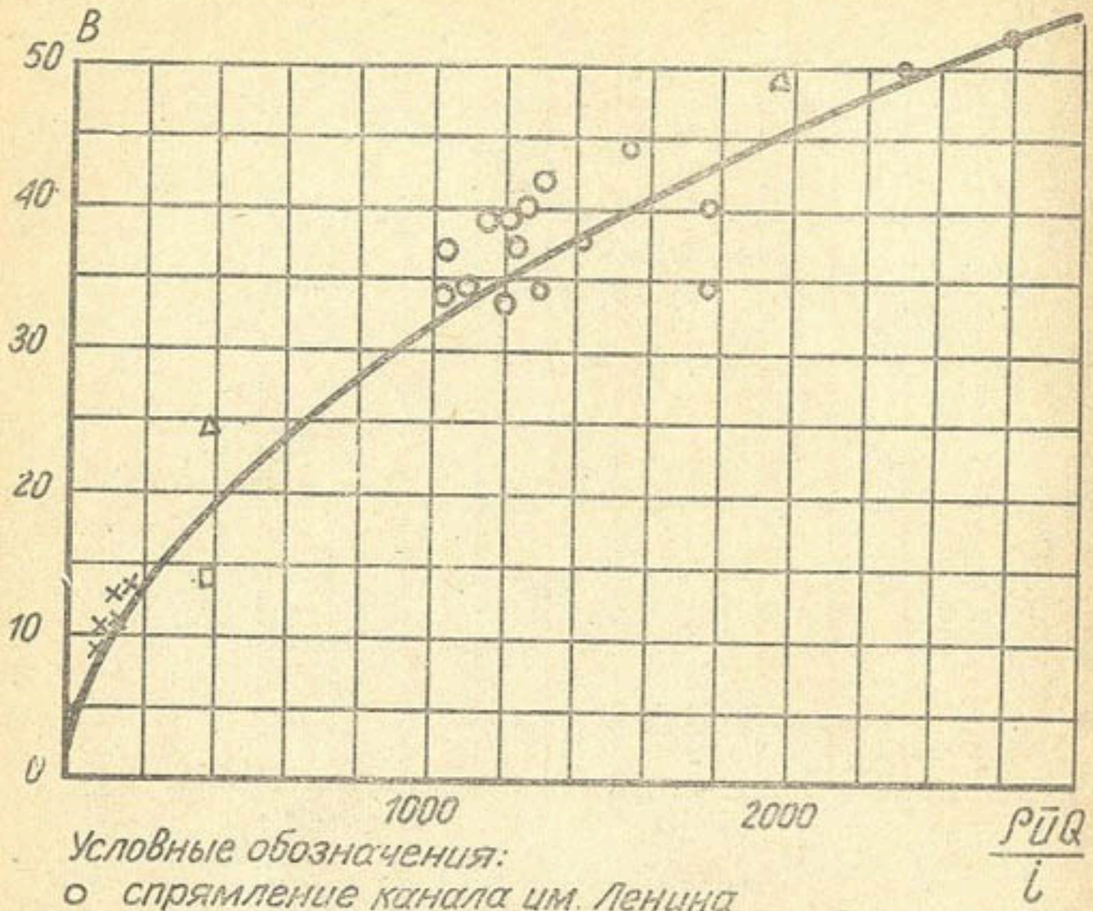


Рис. 35. Зависимость устойчивой ширины

от $\frac{\rho Q\bar{u}}{i}$

протекающих в отложениях, образованных потоком из транспортируемых им наносов.

Русла оросительных каналов, у которых оба берега уплотнены и укреплены корнями растений, обычно деформируются только в глубину, поэтому определение ширины таких каналов поверху по приведенным формулам дает завышенные результаты. Наряду с элементами сформировавшегося русла большой интерес вызывает объем заиления, откладывающийся в канале за период переформирования, так как в этот период участок, где формируется русло, работает как внутрисистемный отстойник, защищающий нижележащую часть оросительной системы от заиления.

Объем заиления на самоформирующемся участке канала складывается, во-первых, из объема внутреннего резерва, от-

куда берется грунт для возведения дамб, и во-вторых из объема превышения сечения канала перед самоформированием над сечением устойчивого канала в конце формирования. На рис. 36 приведена схема для определения расчетного объема заиления.

Площадь поперечного сечения внутреннего резерва равна площади двух дамб т. е.

$$\omega_1 = 2(h+\Delta h)[m(h+\Delta h) + в_д]$$

где h—глубина воды в канале над поверхностью земли до заиления;

Δh—запас дамбы над горизонтом воды;

$в_д$—ширина дамбы по верху.

Площадь сечения расширенного канала определяется по формуле:

$$\omega_2 = (B_{пр}+mh)\,h$$

Площадь сечения сформировавшегося устойчивого русла по формуле: $\omega_3 = (B_{уст}-mh)\,h$

Общая площадь заиления—по формуле:

$$\omega_{заил} = \omega_1 + (\omega_2 - \omega_3)$$

Подставляя в эти формулы полученные нами выражения для определения ширины по урезу воды до начала формирования—$B_{пр} = 0{,}13\sqrt{\frac{Q}{i}}$, и в конце формирования—$B_{уст} = 0{,}08\sqrt{\frac{Q}{i}}$, получим площадь заиления:

$$-\omega_{заил} = 2(h+\Delta h)[m(h+\Delta h)+в_д] + (0{,}13\sqrt{\frac{Q}{i}} - mh)h - (0{,}08\sqrt{\frac{Q}{i}} -$$

$$-mh)h = 2(h+\Delta h)[m(h+\Delta h)+в_д] + 0{,}05h\sqrt{\frac{Q}{i}},$$

В этих формулах глубина сформированного русла принята равной глубине воды над поверхностью земли. Фактически же она меньше и, значит соответственно, фактическая площадь заиления будет больше. Умножая площадь сечения заиления на длину участка получил искомый объем.

Приводим расчет самоформирующегося участка на примере спрямления канала имени Ленина. Исходные данные:

$$Q = 40\ м^3/сек;\ i = 0{,}0001;\ m = 2;$$

$$\rho\hat{u} = 3{,}6\cdot 10^{-3};\ \hat{u} = 1{,}2\ мм/сек.$$

Канал намечено построить с избыточной шириной, располагая резервы для возведения дамб внутри него. Окончательный проектный профиль канала будет получен путем формирования устойчивого русла за счет заиления этого резерва.

Предельную ширину потока по урезу воды, при которой сохраняется прямолинейность, определяем по формуле:

$$B_{пр} = 0{,}13\sqrt{\frac{Q}{i}} = 0{,}13\sqrt{\frac{40}{0{,}0001}} = 82\ м.$$

Тогда расстояние между дамбами по низу будет

$$B = B_{пр} - 2mh_д = 82 - 2\times2\times2\times4{,}5 = 64\ м.$$

Отсыпая дамбы на расстоянии в друг от друга, грунт для их возведения берем из внутреннего резерва. При этом, если уровень залегания грунтовых вод не позволяет производить разработку грунта бульдозером, то возведение дамб производится отсыпкой экскаваторами. Ширину русла, формирующегося в процессе работы уширенного и углубленного канала за счет отложения транспортируемых потоком наносов, определяем по формуле:

$$B_{уст} = \sqrt{\frac{\rho\hat{u}Q}{i}} = \sqrt{\frac{3{,}6\cdot10-3\cdot40}{0{,}0001}} = 38\ м.$$

Глубина русла будет: $h_{ср} = \frac{1.25\,\rho\hat{u}Q}{B^2\,i} = \frac{1{,}25\cdot3{,}6\cdot40}{38^2\cdot0.0001} = 1{,}3\ м.$

Принимая ширину дамб по верху $b_д = 4\ м$; высоту дамб (с учетом запаса над форсированным горизонтом воды) $h + \Delta h = 3\ м$, заложение откосов $m = 1{,}5$ получим площадь заиления $\omega_{заил} = 2{,}3\ (1{,}5\cdot3 + 4) + 0{,}5\cdot2\sqrt{\frac{40}{0{,}0001}} = 51 + 64 = 115 м^2$

Площадь сечения внутреннего резерва, равная площади сечения боковых дамб, составляет 51 $м^2$, а дополнительная площадь, связанная с избыточной шириной канала—55 $м^2$. Таким образом, площадь заиления при формировании русла вдвое превышает площадь сечения насыпей, возведенных при строительстве канала.

Заиление рассмотренного участка канала произошло в течение 5 месяцев—с апреля по август 1963 года. Наиболее интенсивное заиление происходило в апреле—июне месяцах. В последующие месяцы мутность воды во входном створе участка практически не различалась от мутности на выходном.

Участок канала имеет длину 3,5 *км*. Объем заиления на участке:

$W = \omega_{заил}\cdot L = 115\cdot3500 = 400\cdot10^3\ м^3$.

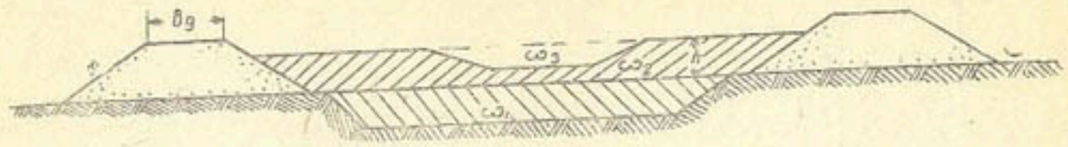


Рис. 36. Расчетная схема для определения объемов.

Осаждение на участке 400 тыс. $м^3$ наносов уменьшило объем заиления нижележащих участков канала на такую же величину и в конечном счете позволило обеспечить экономию денежных средств на очистке (принимая в условиях Каракалпакской АССР стоимость очистки 25 коп. за 1 $м^3$) на сумму $Э = 400\cdot10^6\cdot0{,}25 = 100$ тыс. руб.

Стоимость возведения дамб на спрямленном участке составила:

$P = \omega L\cdot0{,}35 = 51\cdot3500\cdot0{,}35 = 62{,}5$ тыс.руб. (при стоимости возведения 1 $м^3$ дамбы в 35 коп.)

Таким образом, общая экономия денежных средств составила

$$100{,}0 - 62{,}5 = 37{,}5\ \text{тыс. руб.}$$

Проделанный расчет показывает, что возведение каналов с расширенным сечением вполне окупается даже только за счет уменьшения очистки на нижележащих участках канала.

Для более полного учета экономической целесообразности строительства каналов с расширенным и углубленным сечением необходимо учесть следующие преимущества этого метода.

1. Отсутствуют вдоль канала резервы, в которых обычно скапливается грунтовая вода, сильно осложняющая выполнение нормальных эксплуатационных мероприятий по каналу. Занимаемые этими резервами полосы шириной по 10—25 *м* вдоль всего канала, выпадавшие из сельскохозяйственного оборота, при этом методе можно использовать.

2. Потери воды из канала на фильтрацию уменьшаются вследствие образования слоя кольматации на откосах и дне в процессе сформирования русла.

3. Ликвидируется опасность прорыва дамб, так как в конце формирования русла ширина их в 2—2,5 раза превышает требуемую.

4. При необходимости увеличить пропускаемый расход канала расширение его достигается просто за счет запаса в ширине дамб без больших дополнительных капиталовложений.

В Каракалпакской АССР подлежат реконструкции 5 каналов имени Ленина—на расход 141 $м^3/сек$, подпитывающий канал имени Ленина—на расход 36 $м^3/сек$, Куванышджарма; Кегейли и Пахтаарна.

В таблице 48 определена экономическая эффективность при-

Таблица 48

Проектные объемы и стоимость работ по реконструкции основных магистральных каналов Каракалпакской АССР

№ № пп	Канал, предполагаемый к реконструкции.	Расход $м^3/сек$	Длина км	Длина насыпного участка км	Объем насыпи на насыпном участке тыс. $м^3$	Протяженная площадь га	Стоимость одного куб. м. грунта руб.	Процент к строительному объему	Строительный объем тыс. $м^3$	Общая стоимость земляных работ тыс. руб.	В том числе за счет экономии на очистке тыс. руб.
1.	Имени Ленина	141	83	11	801.9	45381	0,35	19,3	4150	1450	
2.	Подпитывающий имени Ленина	36	41	14	1073,9	31700	0,375	35,7	3002,1	1130	
3.	Куваныш-джарма	100	52	23	1739,7	53000	0,304	51,0	3359,7	1025	
4.	„Кегейли"	81	55	12	449,7	72540	0,37	23,8	1915,8	670	
5.	„Пахта-арна"	75	124	26	1527	36000	0,32	21,4	3129	998	
	В среднем:			86	5582	23852	0,343			5273	4000

менения предлагаемого метода строительства при реконструкции этих каналов.

Объем насыпи на участках реконструкции каналов согласно проектных проработок института „Узгипроводхоз" определен в 5582 тыс. $м^3$.

При строительстве каналов с уширенным сечением только за счет уменьшения объема очистки можно обеспечить экономию равную:

$$Э = 2 \cdot 5582 \cdot 0{,}25 = 2791 \text{ тыс. руб.}$$

К этому следует добавить, что возведение дамб уширенных каналов, играющих роль временных, можно производить без укатки, трамбовки и поливки. Это дает экономию 0,09 руб, на каждом кубометре насыпи, а в целом для пяти магистральных каналов дополнительно составит:

$$Э_2 = 5582 \cdot 0.09 = 500 \text{ тыс. руб.}$$

Наконец, следует учесть экономию, получающуюся за счет лучшего использования земель, связанную с отказом от заложения резервов за пределами каналов. Поскольку общая длина участков, каналов, проходящих в насыпи, равна 86 *км*, то замена внешних резервов, имеющих ширину 20 *м* с каждой стороны канала, внутренними, даст экономию площади равную:

$$\omega = \frac{86 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 20}{10^4} = 244 \text{ га},$$

что при стоимости 1 га 2300 руб. (по данным управления земельного устройства Каракалпакской АССР) даст экономию в денежном выражении

$$Э_з = 344 \cdot 2300 = 790 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, применение предлагаемого метода для реконструкции только пяти магистральных каналов Каракалпакской АССР дает общую экономию:

$$\Delta Э = 2{,}791 + 0{,}500 + 0{,}790 = 4 \text{ млн. руб.}$$

Фактическая экономия с учетом остальных преимуществ предлагаемого способа возведения каналов составит еще большую величину.

Следует учесть, что каналы внутрихозяйственной и межхозяйственной сети имеют большую длину, вследствие чего при их реконструкции, применяя метод возведения каналов с увеличенным сечением, можно получить значительную экономию.

4. РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В АМУДАРЬЕ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Русловые переформирования принято делить на внутрирусловые переформирования и плановые деформации, интенсивность и направленность которых определяются, в основном изменением характеристик гидрогеологического режима реки.

Полевые исследования Амударьи со съемкой поперечников показывают, что во многих створах одновременно имеет место и размыв и отложение наносов, дно несколько повышается за счет отложения части наносов, а в период межени, наоборот, понижается за счет размыва.

При этом наибольший подъем дна на 1,5 *м*. выше средних отметок имел место в конце мая, когда по реке проходил максимальный расход, равный 5000 $м^3/сек$. Непосредственной причиной деформации русла является нарушение баланса наносов: на участках, где их поступает больше, чем проходит вниз по течению, дно русла повышается, а на участках, куда наносов поступает меньше—понижается.

Данные полевых исследований, проводившихся САНИИРИ в 1970—1971 г.г. на участке реки от Ташсака до Пахтаарна, показали, что общий объем отложений в границах этого участка превышает объем размыва почти на 2 миллиона кубометров. Между тем, в нижнем течении Амударьи преобладает процесс частичной аккумуляции наносов.

Обработка опытных данных показала, что ширина, глубина, средняя скорость потока и уклоны водной поверхности изменяются как во времени, так и на всем протяжении реки. Как видно из рис.37,38, 39, 40 изменение ширины, средней глубины, скорости течения и уклона подчиняются закономерностям синусоидального характера, т. е. постепенное их увеличение сменятся затем постепенным уменьшением. Это может быть объяснено изменением характеристики гидрорежима реки в течение года и влиянием крупных морфологических образований—плесов и перекатов.

Большие исследовательские работы по изучению дейгиша и гидравличсских элементов Амударьи при участии автора проводились экспедицией отдела русел САНИИРИ, возглавляемой О. А. Каюмовым в районе города и пристани Турткуль в 1972—1973 гг. В 1972 году на этом участке реки наблюдался интенсивный дейгиш правого вогнутого берега, образовавший крупную излучину. (рис. 41).

В начале размываемого участка берега ширина русла была больше, чем в конце, т, е. по длине участка размыва русло постепенно сужалось. Одновременно изменялась и форма поперечного сечения русла, которая в начале участка размыва была корытообразной, а в конце и ниже по течению—параболической. В пределах участка обе формы сечения сочетались и происходил постепенный переход одной формы в другую.

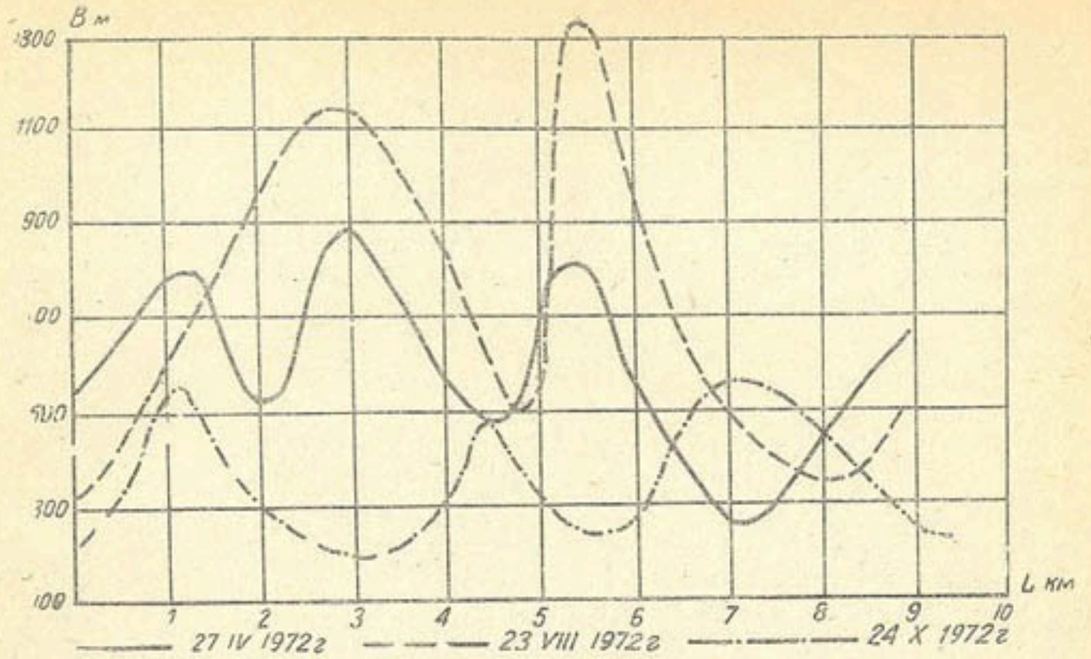


Рис. 37. Изменения ширины русла Амударьи по длине на участке Ташсака-Пахтаарна.

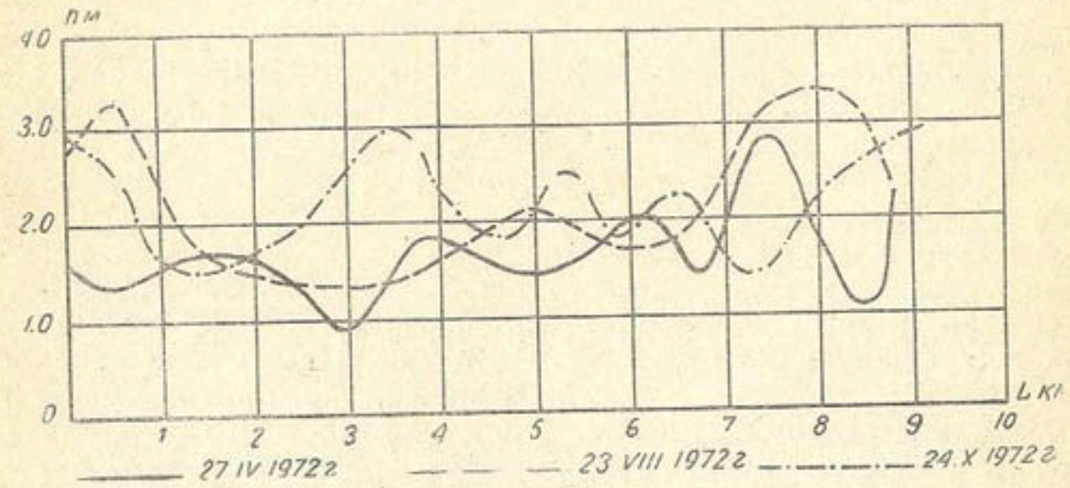


Рис. 38, Изменения средней глубины поперечного сечения Амударьи на длине участка Ташсака-Пахтаарна

Средняя глубина русла в начале участка размыва была меньше, чем в конце. Основное течение потока направлялось к размываемому берегу под углом, т. е. на участке дейгиша на-

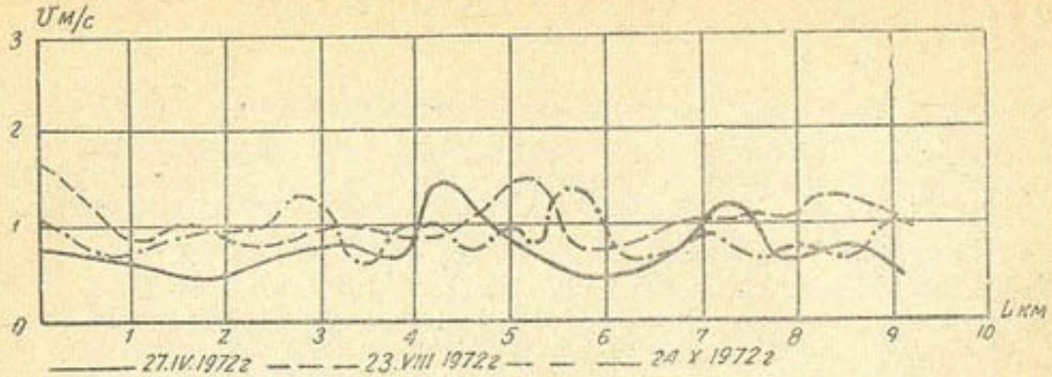


Рис. 39. Изменение средней скорости течения по длине участка Ташсака-Пахтаарна.

блюдался свал потока. Наиболшие скорости наблюдались у берега в месте наибольшего размыва.

На рассматриваемом участке реки, при прохождении расходов воды в 3000 *м³/сек* и выше, русло полностью заполняется водой и динамическая ось потока выпрямляется. Это объясняется тем, что при таких расходах энергия потока обеспечивает устойчивую форму движения.

При уменьшении расхода воды в реке до 2000 *м³/сек* на отдельных ее участках прямолинейность динамической оси потока еще сохранялась, но при дальнейшем уменьшении расхода, ослабление энергии потока вызывало интенсивное заиление русла на створах, лежащих ниже рассматриваемого участка, сопровождающееся образованием рифелей. Характеристики изменения очертании русла Амударьи в результате дейгиша пристани Турткуль в 1972 году приводятся на рис. 41, 42. Стрежень потока на дейгишируемом участке в июле 1972 года располагалась в средней части русла, глубиной до 4,5 *м*. На нижележащем участке с более широким руслом (300—500 *м*), средняя глубина воды не превышала уже 0,8 *м* и происходило интенсивное отложение наносов. Речной поток, проходя участок отложения наносов, играющий роль своеобразного водослива, довольно круто поворачивал вправо. При этом речное русло снова резко сужалось, вызывая свал потока к берегу, который, имея скорости порядка 5—6 *м/сек*, производил интенсивные размывы.

В результате размыва поток нагружался дополнительными взвесями, его мутность на нижних створах увеличивалась до 10—12 *кг/м³*.

На работу по размыву берега и транспортированию взвесей поток терял значительную часть энергии, в результате чего у противоположного берега образовались каиры, создавшие условия для перемещения фарватера в среднюю часть русла.

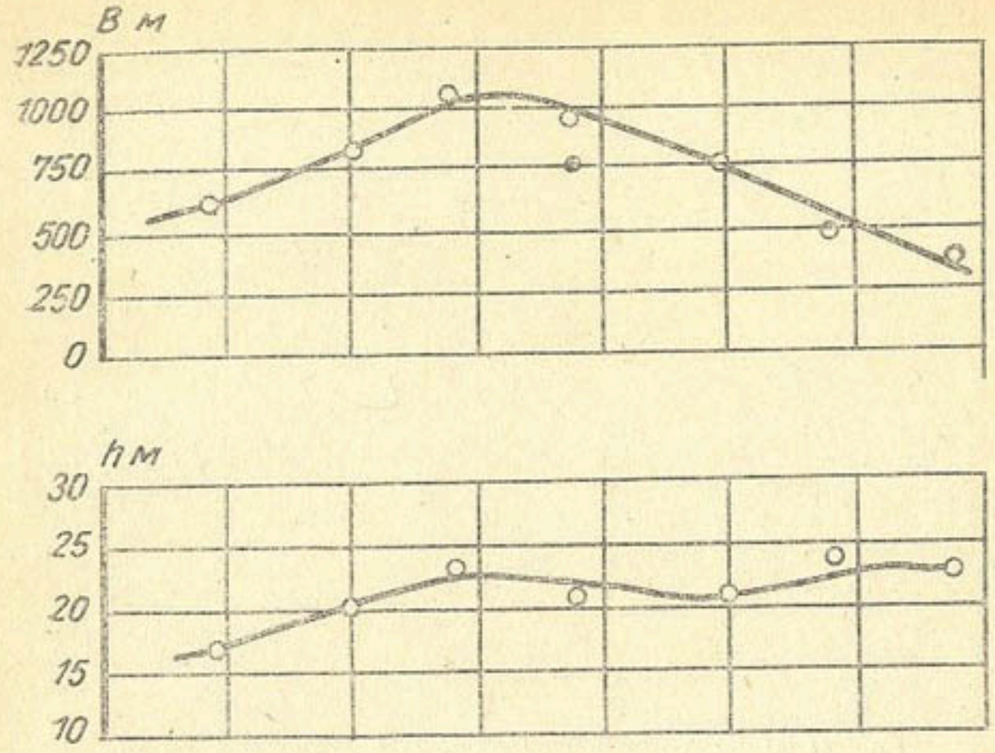


Рис. 40. Изменения ширины, глубины, скорости и уклона водной поверхности осредненных для всего участка Ташсака-Пахтаарна.

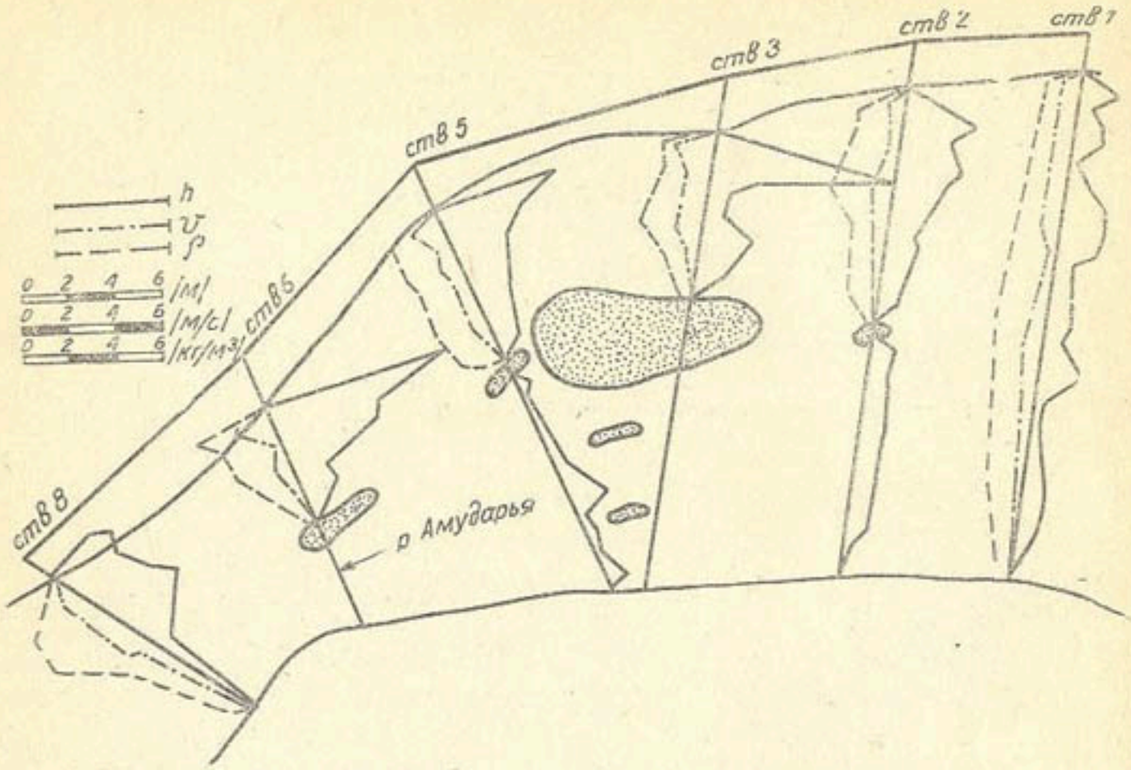


Рис. 41. План Амударьи на участке дейгиша у пристани Турткуль по съемке 7—8 июня 1972 г.

При дальнейшем уменьшении энергии поток разгружается от наносов, образуя мелководья, пороги перекаты, после чего весь ход процесса руслообразования повторяется, но уже вдоль противоположного берега.

Таким образом, руслоформирование в основном зависит от энергии потока на данном участке длиной L. При этом сопротивляющимися силами считаются: сила трения γhi, умноженная на смоченный периметр шероховатость русла n, нагрузка потока взвесями—$p\hat{u}$ и длина участка (шаг фарватера реки).

Формулу можно записать в следующем виде: $Qz=f(\gamma hi^{x},n,p\hat{u},\gamma L)$ или в частном виде: $Qz=kvhi\gamma np\hat{u}L$ В местах излучин реки и в целях предотвращения дейгиша, защиты населенных пунктов, культурных земель и гидротехнических сооружений, на реке производятся русловыправительные работы, которые дают значительный эффект.

Делением ширины полосы смыва за период между съемкой на число дней этого периода была определена средняя суточная интенсивность размыва берега. Интенсивность размыва берега по длине участка размыва сначала постепенно увеличивается, а затем также постепенно уменьшается.

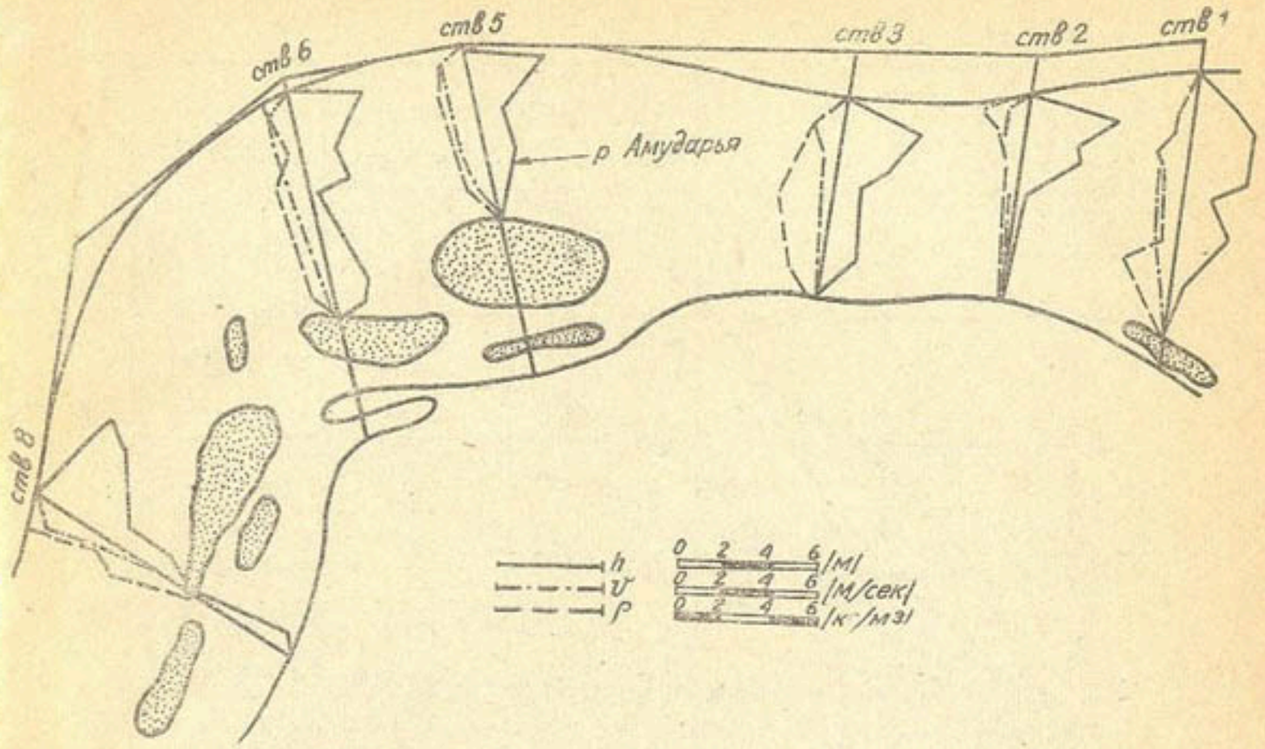


Рис. 42. План Амударьи на участке дейгиша у пристани Турткуль по съемке 5—6 октября 1972 г.

Согласно рис. 43 наибольшая ширина полосы смыва берега за 4 месяца наблюдений составила 810 *м*, при чем максимум суточной интенсивновсти смыва, наблюдавшийся в июле, доходил до 14 метров в сутки.

Опросами местных жителей было установлено, что в целом за 1972 год на участке протяженностью 3,5 *км*, было смыто не менее 200 гектаров орошаемых земель и около 100 домов.

За период наблюдений объем размыва составил 777 *млн·м*^{3}, а намыва 5,8 *млн·м*^{3}. Это говорит о том, что на исследуемом участке деформации не стабилизировались и в дальнейшем следует ожидать их продолжения. Ниже рассматриваемого участка вследствие выноса продуктов размыва следует ожидать блуждание потока и, возможно, появления дейгиша на участке пристани Турткуль. Поэтому в 1973 году были продолжены исследования, о которых изложено ниже.

Расход воды на створе верхней границы участка исследований определялся вычитанием из ежегодных расходов воды по гидрометрическому створу Тюямуюн, ежедневных расходов воды, забираемых расположенными выше ирригационными каналами.

Распределение расходов воды между главным руслом и рукавами подсчитывалось приближенно, делением общего расхода воды пропорционально площадям живых сечений.

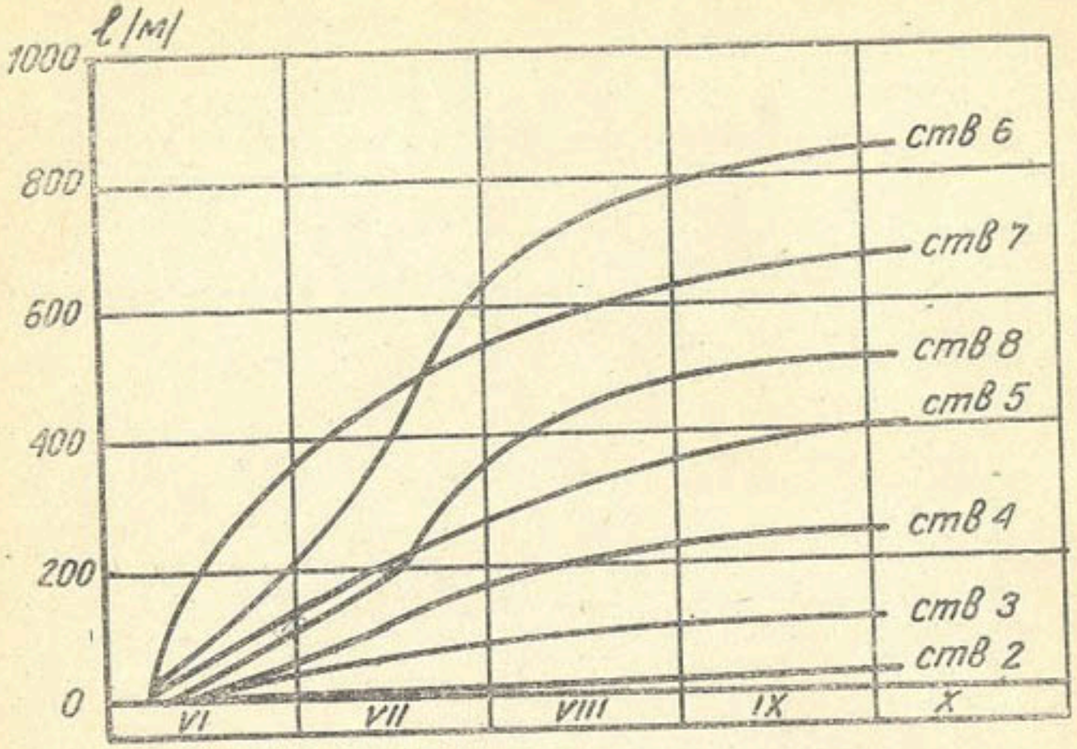


Рис. 43. Изменение ширины полосы смыва правого берега Амударьи на участке дейгиша у пристани Турткуль в течение 1972 г.

На основе поперечных профилей, построенных по данным промеров глубин и скоростей течения, замеренных поплавками, были построены графики, характеризующие изменения гидравлических элементов потока по длине участка исследования, а также изменение их средних значений для всего участка по времени, подтверждающие характер этих изменений, полученных ранее при исследовании участка Ташсака—Пахтаарна.

В целом диапазон изменений гидравлических элементов потока характеризуется следующими данными:

Сопоставление плановых и поперечных съемок показало, что на участке полевых наблюдений происходили как внутрирусловые, так и плановые деформации.

Интенсивность и направленность их определялись, в основном, изменением характеристик гидрологического режима реки.

Внутрирусловые переформирования проявлялись в размыве и намыве осередков и обочин и в периодическом изменении фарватера реки. При этом наибольшие глубинные деформации, считая от меженного уровня, достигали 4—4,5 метров.

В 1973 году ширина полосы смыва достигла максимума в 360 метров, и имела минимум 164 метра.

Общая площадь смыва по подсчетам равна—130 гектарам.

Таблица 49

Гидравлические элементы	Един. изм.	По длине участка	Среднее для всего участка
Ширина реки	*м*	600—2000	640—2000
Глубина реки	*м*	0,7—3,4	1,31—1.82
Скорость течения	*м/сек*	0,7—3	0,85—1,4
Уклон водной поверхности	%	0,02—0,71	0,22—0,26

В зону смыва попал магистральный оросительный канал Бозяб, обслуживающий Бирунийский район.

Наибольшая суточная интенсивность смыва достигала 14 метров в сутки.

Общий за весь период наблюдений объем размыва для всего участка составил 56927 млн. $м^3$ а намыв—50772 млн. $м^3$, т. е. за пределы участка было вынесено 6166 млн. $м^3$ грунта.

Изменение объемов русловых деформаций во времени показывает, что размыв преобладал в период подъема и спада половодья, а во времени пика половодья, наоборот, преобладал процесс намыва.

Продольные профили дна реки, построенные для оценки динамики изменения средних отметок дна на рассматриваемом участке, подтвердили, что дно реки в период подъема половодья повышается, а в период спада и межени понижается. Среднее повышение его у пристани Турткуль в 1973 году достигало 1 *м*.

5. СПРЯМЛЕНИЕ РЕЧНЫХ ИЗЛУЧИН

Для регулирования русел реки часто применяется спрямление изучин. Это позволяет использовать силу речного потока, который сам вырабатывает себе русло требуемой формы. В условиях нижнего течения Амударьи спрямление излучин применяется преимущественно в целях борьбы с дейгишем. Оно должно направить основной поток в сторону от размываемого берега, сосредоточив весь расход в одном русле. Поскольку уклон потока по трассе спрямления больше чем уклон излучин, то мощность потока и его транспортирующие способности в спрямлении тоже больше. Результатом этого является уменьшение аккумуляции наносов, что в свою очередь ограничивает возможность блуждания реки и возникновения свальных течений.

Несмотря на то, что спрямление излучин зарекомендовало

себя как один из экономичных и эффективных способов борьбы с размывом берегов, в настоящее время имеется сравнительно небольшое количество работ, достаточно освещающих это сложное явление. На эту тему писали Ю. А. Ибадзаде, С. Т. Алтунин, Н. А. Белинский, Г. П. Калинин, Г. А. Цой и др. Однако анализ показывает, что предложенные ими методы расчета могут быть применены в условиях Амударьи лишь при существенной корректировке.

Предложенные С. Т. Алтуниным еще в 1959 году спрямления излучин у пристани Турткуль, в районе Гурленской переправы и водозабора канала Бекяб не были осуществлены из-за отсутствия земснарядов с достаточно большой производительностью. В начале 60—х годов имели место попытки осуществить спрямление излучин у головных сооружений каналов Ташсака и Клычбай, которые закончились неудачно.

Лишь после оснащения водохозяйственных организаций в низовьях Амударьи крупными землесосами типа „Сормовец" и ДЭР-250, в 1969—1970 гг. было осуществлено первое удачное спрямление излучины в районе ниже головного сооружения Ташсака. Оно имело целью ослабить и ликвидировать дейгиш левого берега, который возник в результате русловых переформирований в 1969 году в районе двенадцатого километра канала Ташсака, вследствие чего возникла реальная угроза смыва канала на этом участке. Проект спрямления был составлен институтом „Узгипроводхоз" при консультации отдела русел САНИИРИ.

Начало спрямления заложено на правом вогнутом берегу реки в районе водозабора канала Пахтаарна. Спрямление состоит из двух участков: прокопа длиной 3 км и продолжающего его Аккамышского протока длиной 11 км. Протяженность спрямляемой излучины составила 18,5 км, что дает коэффициент извилистости 1,35. Прокоп спрямления был расчитан на пропуск в начальный период 70% общего расхода воды в реке.

Размеры и гидравлические элементы прокопа согласно проекту были следующие:

Таблица 50

Расход *м³/сек*	Ширина по верху	Глубина *м*	Скорость *м/сек*	m	n	Уклон %
345	70	3,05	1,45	2,5	0,02	0,22

Общий объем земляных работ по устройству прокопа и расчистке протока составил 3,5 млн. *м³*. Строительство осу-

ществлялось крупными землесосами ДЭР производительностью 250 *м³* грунта в час, а также более мелкими землесосами типа ЗРС и 12-НЗ, общее число которых доходило до 24 единиц. Спрямление было открыто 8 апреля 1970 г. взрывом перемычки на головном участке прокопа. Произведенная на следующий день после открытия съемка поперечников по спрямлению показала существенное отличие фактических и проектных гидравлических элементов несмотря на то, что работы производились в достаточном соответствии с проектом.

Так, средняя глубина в начальном створе спрямления оказалась в 3 раза меньше проектной. Поэтому в спрямление вместо проектного расхода 345 *м³/сек* фактически поступил расход 205 *м³/сек*, составляющий только 40% от общего расхода в реке.

В последующий период с повышением расходов реки начался интенсивный процесс саморазмыва спрямления. Этому в значительной мере способствовали большие работы по расчистке головной и концевой частей спрямления с помощью землесосов. Систематические промеры показали, что к концу половодья ширина прокопа увеличилась от 100 до 300 *м*, средняя глубина—от 2,5 до 3 *м*, а пропускаемый расход воды от 200 до 1600 *м³/сек*.

В начале октября 1970 года спрямление с учетом расходов протока, питающего канал Пахтаарна, пропускало около 80% общего расхода реки. Поэтому были начаты работы по перекрытию еще действующей излучины реки, которое было закончено 25 октября того же года. Перекрытие осуществлялось путем постепенного стеснения русла с обоих берегов одновременно в двух створах намыва пульпы землесосами.

Успешной разработке спрямления способствовали сосредоточенный подход речного потока к началу прокопа с направлением динамической оси почти по оси спрямления, а также отмеченные выше землечерпальные работы по расчистке головного и концевого участка. Однако в настоящее время спрямление начинает превращаться в обычное русло Амударьи со всеми характерными для него свойствами, в результате чего намечается возможность дейгиша его берега.

В 1971 году институтом „Узгипроводхоз" был составлен проект спрямления реки в районе пристани Турткуль и части Бирунийского района. Необходимость этого спрямления вызывалась тем, что на участке реки, протяженностью 16 *км*, стал интенсивно развиваться дейгиш, вызвавший смыв около 2—2,5 тыс. *га* культурных земель, а также ряд населенных пунктов.

Общая длина спрямления 10 *км*, из которых 5,2 *км* составляет участок, проходящий по целине, а остальные 4,8 *км*— представляют проток реки.

Согласно проекту гидравлические элементы пионерного прокопа на целинном участке приняты следующими.

Таблица 51

Расход $м^3/сек$	Уклон	Ширина $м$	Глубина $м$	Заложение откосов	Скорость $м^3/сек$
400	0,0175	100	2,5	3	1,45

Общий объем земляных работ был определен примерно в 6,3 млн. $м^3$, а стоимость строительства в—2,5 млн. руб. Поскольку на участке проектируемого спрямления река не имеет явно выраженной излучины, а распадается на систему интенсивно блуждающих рукавов по пойме шириной от 5 до 7 *км*, САНИИРИ рекомендовал для обеспечения нормальной работы спрямления предусмотреть в проекте ряд дополнительных мероприятий, включавших перекрытие правобережного протока к моменту включения спрямления в работу; насыпку вдоль правого берега спрямления дамбы для предотвращения свалов потока к правому дейгишируемому берегу, постоянную очистку землесосами головного участка спрямления в начальный период его работы.

По ряду причин спрямление в 1971 году не было осуществлено, и к строительным работам приступили только в сентябре 1972 года. Завершение работ и ввод спрямления в действие осуществлено в 1974 году.

Основные характеристики других спрямлений, запроектированных в низовьях Амударьи, приведены в табл. 52. Анализ проектных решений показывает, что в них отсутствует надежное обоснование выбора первоначального расхода, и размеров прокопа, а гидравлические расчеты спрямления производятся по формуле Шези, которая применима для равномерного движения потока. Поэтому фактический процесс саморазмыва спрямлений значительно отличается от проектного, что проявляется прежде всего в существенном расхождении между их фактическими и проектными гидравлическими элементами.

Из всего изложенного в этой главе можно сделать следующие выводы.

При реконструкции каналов спрямление участков, проходящих в насыпи, рекомендуется проектировать и строить с расширенными сечениями, используя для насыпки дамб грунт из внутренних резервов.

В условиях низовьев Амударьи, как наивыгоднейший способ борьбы против дейгиша, в настоящее время рекомендуется выправление русла реки методом строительства прокопов, иначе говоря, перенос русла реки на противоположную сторону от размываемого берега.

Таблица 52

Основные характеристики спрямлений, запроектированных к строительству в низовьях Амударьи

№ пп	Место расположения	Год составления проекта	Расход $м^3/сек$	Длина $км$	Ширина по верху $м$	Глубина $м$	расход спрямления в % % от расхода реки	Коэффициент извилистости	Уклон %	Примечание
1.	Аккум	1956		2,23	80					Не построено
2.	Пристань Турткуль	1956			80					Не построено
3.	Бекяб	1956								Не построено
4.	Ташсака	1962	240	3,4	80	2,5	50	1,6	0,28	Не удачное
5.	Клычбай	1966	309	3,5	60	2,5	50	1,6	0,28	Удачное
6.	Ташсака	1969	345	14	70	3,05	70	1,35	0,22	Удачное
7.	Алибаба	1971	250	5,1	80	3	50	1,4	0,21	Удачное
8.	Аккум	1971	400	5,9	120	5	100	1,5	0,21	Удачное
9.	Бадайтугай	1971	400	3,15	80	2,85	35	1,7	0,24	Удачное
10.	Ташсака	1971	200	1,35	70	2,1	50	1,49	0,243	Не построено
11.	Пристань Турткуль	1971	400	10	100	2,5	100	1,1	0,21	Строится

ЛИТЕРАТУРА

1. Абальянц С. Х. — Транспортирующая способность открытого равномерного потока, „Гидравлика и мелиорация“, № 7,1954 г.
2. Абальянц С. Х. — Движение взвесей в открытых потоках, Труды САНИИРИ, вып. 96, Ташкент 1958 г.
3. Алтунин С. Т. — Регулирование русел, Сельхозгиз, 1956 г.
4. Алтунин В. С. — Устойчивое русло, М. „Колос“ 1972 г.
5. Аверянов С. Ф. — Сборник „Борьба с засолением орошаемых земель“, М, „Колос“, 1967 г.
6. Айдаров И. П. — К вопросу обоснования режима орошения и параметров дренажа на засоленных или склонных к засолению земель, Сборник, М, „Колос“, 1971 г.
7. Ахмедов Х. А. — Основные вопросы орошения и улучшения водопользования, Ташкент, „Узбекистан“, 1973 г.
8. Аннаев С. Т. — Пусковые процессы на Каракумском канале. Известия АН Туркменской ССР. Серия физико-технических наук, №5, 1962 г.
9. Бекимбетов Н. — К вопросу регулирования твердого стока отстойниками на оросительных системах низовьев реки Амударьи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ташкент, 1968 г.
10. Белинский И. А. Калинин Г. П. — Об использовании закономерностей формирования речных русел при строительстве каналов. Метеорология и гидрология, №4, 1950 гг.
11. Великанов М. А. — Динамика русловых потоков, т. т. 1 и II, М. ГИЗ Технико-теоретической литературы, 1954 и 1955 г.
12. Витольс А. П. — Опыт морфологии водопотоков в размываемом грунте, IV гидрологическая конференция Балтийских стран. III секция, доклад 42.
13. Вызго М.С. — Об одном важном вопросе в проблеме русловых процессов, Русловые процессы. М. Изд. АН СССР, 1958 г.
14. Гончаров В. Н. — Динамика русловых потоков. М.Гидрометеоиздат, 1962 г.
15. Гостунский А. Н. — Устойчивое русло. Вопросы гидротехники Вып. 1, Ташкент, 1955 г.
16. Горошков И. И. — Разработка эксплуатационных мероприятий по уменьшению заиления оросительных систем в условиях дельты реки Амударьи, отв. САНИИРИ, Ташкент, 1958 г. (Машинопись).
17. Гиршкан С. А. — О транспортирующей способности каналов. „Гидротехника и мелиорация“, № 6, 1953 г.
18. Джаманкараев С. — Проектирование и строительство каналов в дамбах. Журнал „Гидротехническое строительство“, №7, 1964 г.
19. Джаманкараев С. — Определение длины отстойников на примере канала Пахтаарна. Журнал „Вестник Каракалпакского филиала Академии Наук Узбекской ССР“, № 2, 1967 г.
20. Джаманкараев С. — Тезисы докладов молодых ученых в честь 100-летия со дня рождения В. И. Ленина, Ташкент, 1970 г.
21. Джаманкараев С. — Формирование русел потоком в расширенных и углубленных участках каналов. Труды САНИИРИ, № 121, Ташкент, 1970 г.
22. Джаманкараев С. Бекимбетов Н. — Отстойники на оросительных системах низовьев реки Амударьи и процессы формирования потоков русел. Нукус. Издательство „Каракалпакия“, 1973 г.
23. Джаманкараев С. — Практика возведения временных перемычек на Амударье в Каракалпакской АССР, „Вестник Каракалпакского филиала Академии Наук Узбекской ССР“, №3, Нукус, 1973 т.
24. Железняков Г. В. — Гидрометрия, М. 1964 г.

25. Ефремов А. В. — О расчетных формулах взвешивающей способности потока. Вопросы гидротехники. Вып. 1, Ташкент, Изд—во АН Узбекской ССР, 1955 г.
26. Замарин Е. А. — Транспортирующая способность и допускаемая скорость течения в каналах, М., Госстройиздат, 1951 г.
27. Ибадзаде Ю. А. Киясбейли Т. Н. — Формирование русел рек. Баку, 1966 г.
28. Иваненко Ю. Г. — К вопросу об устойчивости сечения абсолютного русла. Известия АН Узбекской ССР, № 6, серия технических наук, Ташкент, 1966 г.
29. Кандыба Б. Н. — Регулирование рек, 1927 г.
30. Караушев А. В. — Транспорт наносов в открытых потоках. Труды государственного гидрологического института., Вып. 29, Ленинград, Гидрометеоиздат„ 1951 г.
31. Караушев А. В. — Расчет распределения мутности и деформации русла на прямых участ ках и на закругленных рек. Труды ГТМ, вып. 56, Ленинград, 1956 г.
32. Кац Д М. — Основы мелиорации М., Сельхозгиз, 1960 г,
33. Каюмов О. А. Джаманкараев С. — Научно-технических отчет, натурные исследования дейгиша на пристани Турткуль, 1973 г.
34. Каюмов О. А. — Научно- технический отчет, натурные исследования дейгиша на реке Амударье, 1972 г.
35. Костяков А. Н. — Основы мелиорации. М., Сельхозгиз, 1960 г.
36. Кондратьев П. Е. — О предвычислении русловых деформаций. Доклад на русловом совещании в АНСССР, 1953 г.
37. Каримов Р. М. — Гидравлический расчет каналов.
38. Кузьминов Ю. М. — О критерии устойчивости частиц на русловом откосе из несвязанных грунтов. Вопросы гидротехники, вып. 3, Ташкент Изд. АН Узбекской ССР, 1962 г.
39. Ковда В. А. — Происхождение и режим засоленных почв, т. П, АН СССР, 1946—1947 г. г.
40. Курмантаев Е. - Научно-технический отчет о водобалансовых исследованиях Кызкеткенской оросительной системы.

41. Легостаев В. М. — Мелиорация засоленных земель, Ташкент, 1959 г.
42. Лаптурев Н. Б. — О расчете устойчивых русел каналов в слабых мелкозернистых грунтах. „Гидротехника и мелиорация“, №10, 1969 г.
43. Леви И. И. — Динамика русловых потоков. М. Госэнергоиздат, 1948 г.
44. Лохтин В. М. — О механизме речного русла, 1897 г.
45. Лактаев Н. Т. — Водопользование в хлопкосеющих колхозах. Ташкент, Узгосиздат, 1955 г.
46. Мирцхулава Ш. Е. — Размыв русел и методика оценки их устойчивости, „Колос“, 1967 г.
47. Мостков М. А. — Очерк теории руслового потока М. Изд. АН СССР, 1959 г.
48. Мухамедов А. М. — Промыв наносов на гидроузлах. Вопросы гидротехники. Ташкент. Изд. АН Узбекской ССР. 1955 г.
49. Мухамедов А.М. Лапшенков В. С. — О некоторых формах береговой деформации пригрядовом движении наносов по наблюдениям на модели реки Амударьи.
50. Нельсон-Скоряков Ф. Б. — Устойчивые каналы в аллюзи. Ташкент Изд. ОНИВХ, 1930 г.
51. Никитин И. К. — О зависимости неразмывающей скорости от диаметра частиц наносов и глубины потока. Ташкент, ДОН УзССР №1, 1955 г.
42. Нерозин А. Е. — Основы мелиорации. М, Сельхозгиз, 1960 г.
53. Орлов И. Я. — О расчете режима потока в незаиляемых и неразмываемых каналах, в отстойниках и песколовках. Вопросы гидротехники, вып. 1, АН Узбекской ССР 1933 г.
54. Пославский В. В. — Краткие сведения об условиях питания Хорезмских систем и их заиление. Ташкент, Союзгипровод, 1933 г.
55. Потапов М. В. — Движение взвешенных наносов в циркуляционном потоке. Соч. т. II. М.“ Сельхозгиз, 1951 г.
56. Рабочев И. С. — Мелиорация засоленных почв Среднего течения Амударьи. Ашхабад, Туркменизда т, 1964 г.

57. Рачинский А. А. — Теоретические принципы и экспериментальные обоснования мелиоративных комплексов для орошаемых районов, М., Средней зоны, 1970 г.

58. Ржаницин Н. А. — Морфологические и гидравлические закономерности строения речной сети. М, Гидрометеоиздат, 1960 г,

59. Решеткина Н.М. Барон В. А. Якубов Х. Е. — Вертикальный дренаж, М., „Колос", 1966 г.

60. Россинский К.И. Кузьмин И. К. —Закономерности формирования речных русел. Русловые процессы. М., Изд. АН СССР, 1958 г.

61. Рыбкин И. С. — Морфологическая классификация рек. „Метеорология и гидрология", № 4, 1947 г.

62. Тян. В. К. — Распределение твердого стока оросительных систем рек Амударьи Ташкент, Изд. САНИИРИ, 1964 г.

63. — Техническое указание по проектированию каналов оросительных систем. М. Сельхозгиз, 1955 г.

64. Троицкий А. В. — К вопросу о форме гидравлических устойчивых сечений каналов, „Вопросы гидротехники", Ташкент, Изд. АН Узбекской ССР, 1955 г.

65. Хачатрян А. Г. — Отстойники на оросительных системах. М., Сельхозгиз, 1957 г.

66. Хачатрян А. Г. Шапиро Х. Ш. Шарова З. И. — Заиление и промыв ирригационных отстойников и водохранилищ. М., „Колос", 1966 г.

67. Хорст Г. О. — К вопросу проектирования незаиляемых ирригационных каналов. Сборник статей по ирригации и гидротехнике. Ташкент, Изд. САНИИРИ, 1939 г.

68. Чекулаев Г. С. — О показателях устойчивости русел каналов оросительных систем. Вопросы гидротехники, Вып 1, Ташкент, Изд. АН Узбекской ССР, 1955 г.

69. Черкасов А. А. — О заилении ирригационных каналов Сборник „Материалы для проектирования ирригационных каналов. „Ленинград Издательство Гидропроиз, 1936 г.

70. Шаров И. А. — Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., „Колос", 1968 г.

71. Шапиро Х. Ш. — О расчетном фракционном составе взвешенных наносов рек Амударья и Теджен. Бюллетень технико-экономической информации ГНТК Туркменской ССР, № 7, Ашхабад, 1961 г.

72. Цветикова Н. Ф. — Методика расчета осаждения взвешенных наносов в трубулентном потоке. Русловые процессы. М, Издательство АН СССР, 1957 г.

73. Цой Г. А. — Спрямление речных излучин малой кривизны. Ташкент, Изд. АН Узбекской ССР, 1965 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава 1. Общая характеристика Каракалпакской АССР

1. Географическое положение и рельеф 6
2. Земельный фонд и его использование 8
3. Почвы 9
4. Гидрогеологические условия 13
5. Гидрологическая характеристика Амударьи 16
6. Изменение гидрологического режима Амударьи . . . в связи с развитием орошения 24

Глава II. Основные оросительные системы Каракалпакской АССР и организация их эксплуатации

1. Краткая характеристика основных оросительных систем Каракалпакской АССР 38
2. Внутрихозяйственная сеть и укрупнение поливного участка 48
3. Режим орошения сельхозкультур и техника полива 53
4. Связь эксплуатационных мероприятий по очистке каналов с гидрологическими характеристиками наносов источника орошения 62
5. Организация службы эксплуатации оросительных систем и ее задачи . 67
6. Планирование эксплуатационных мероприятий 74
7. Ремонт оросительных каналов и гидротехнических сооружений
8. Повреждение каналов и сооружений и способы их исправления 81
9. Борьба с заилением оросительных систем и эксплуатация отстойников 83
10. Рекомендации по гидрометрии 92
11. Эксплуатация насосных станций 97
12. Перекрытие Амударьи земляной перемычкой для увеличения водозабора до строительства Тахиаташского гидроузла. 98
13. История строительства и эксплуатация дамб обвалования 102

Глава III. Мелиоративное состояние орошаемых земель

1. Характеристика коллекторно-дренажной сети 112
2. Эксплуатация мелиоративных систем 117
3. Предпосевные и промывные поливы сельскозяйственных культур 126
4. Использование грунтовых и дренажных вод на орошение 132
5. Баланс поверхностных вод по системе Кызкеткен 141

Глава IV. Русловые процессы в Амударье и каналах, и возможность их регулирования

1. Общая характеристика русловых процессов и их регулирования 153
2. Связь устойчивости канала с гидравлическим и наносным режимом и формирования устойчивого русла. 165
3. Условия формирования и размеры самоформирующихся русел 179
4. Русловые процессы в Амударье и некоторые результаты их изучения 183
5. Спрямление речных излучин

Джаманкараев Сауким

Кандидат технических наук.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕЛЬТОВЫХ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ АМУДАРЬИ

Издательство „Каракалпакстан"
Нукус—1975

Редактор *М. Аралбаев*
Худ. редактор *К. Нажимов*
Тех. редактор *Ж. Досжанова*
Корректоры *С. Арзымбетова, Г. Таджибаева*

Сдано в набор 7/VII—1975 г. Подписано к печати 20/X—1975 г.
Формат 60x90 $^{1}/_{16}$ Бумага № 1. Объем 12,25 п/л. 13,35 уч. изд. л.
РК 33781 Цена 1р. 10 коп. Тираж 1000
Издательство „Каракалпакстан", г. Нукус. 1975 г. Ул. К. Маркса. 9

Нукусский полиграфкомбинат им. 50-летия „Правды" управления по делам Издательство, полиграфии и книжной торговли Совета Министров ККАССР Зак 150